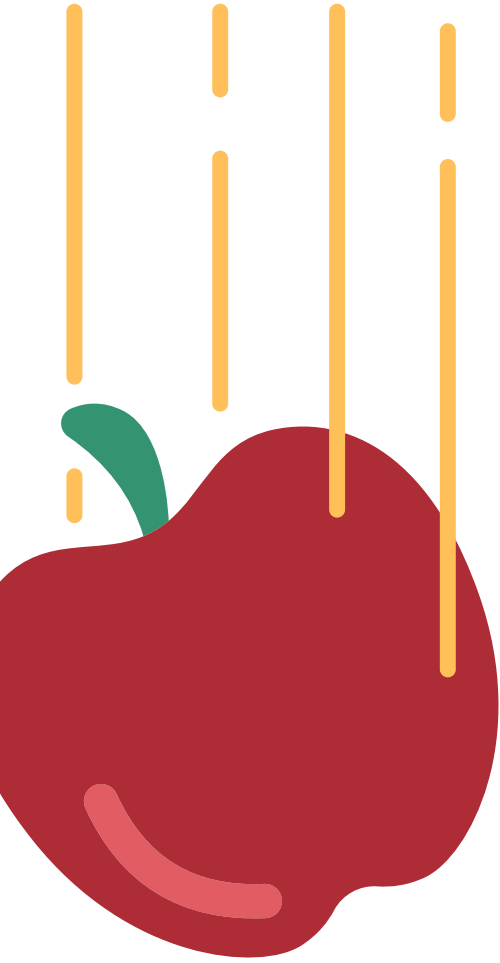


دليل معلمي الفيزياء

فيزياء 3 - 1

يتضمن أيضاً دليل حلول المسائل



تجميع: عايدة العتيبي

<https://physics-with-ayda.com>

مخطط الفصل

الفصل 6

الأهداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
6-1 خصائص الموائع	
1. تصف كيف تُحدث الموائع الضغط. 2. تحسب ضغط الغاز وحجمه وعدد مولاته. 3. تقارن بين الغازات والبلازما.	تجارب الطالب تجربة استهلاكية ميزان نابضي، أسطوانة مدرّجة 500 ml، ماء، عبوة صغيرة (مرفقة بغطاء أو سدادة)، 12 قطعة نيكل. تجربة مسطرة مترية. قلم رصاص، ورقة. عرض المعلم عرض سريع مجفف شعر، بالون مصنوع من البولستر منفوخ جزئياً بغاز الهيليوم، خيط، جسم صغير.
6-2 القوى داخل السوائل	
4. توضح كيف تسبب قوى التماسك التوتر السطحي. 5. توضح كيف تسبب قوى التلاصق الخاصية الشعرية. 6. تناقش التبريد التبخري ودور التكاثف في تكوّن السحب.	
6-3 الموائع الساكنة والمتحركة	
7. تربط مبدأ باسكال مع بعض الظواهر والآلات البسيطة. 8. تطبق مبدأ أرخميدس للطفو. 9. تطبق مبدأ برنولي على تدفق الهواء.	عرض المعلم عرض سريع علبة، دبوس أو مثقب، مطرقة، ماء، حوض أو وعاء كبير، شريط لاصق.
6-4 المواد الصلبة	
10. تربط خصائص المواد الصلبة بتراكيبها. 11. تفسر لماذا تتمدد المواد الصلبة وتقلص عندما تتغير درجة الحرارة. 12. تحسب تمدد المواد الصلبة. 13. توضح أهمية تمدد المواد بالحرارة.	تجارب الطالب تجربة إضافية أقراص قفازة (رقائق ثنائية الفلز). مختبر الفيزياء ميثانول (كحول الميثيل)، إيثانول (كحول إيثيلي)، 2-بروبانول (كحول الأيزوبروبيلي)، قطعاً شريط لاصق، مقياس حرارة (غير زئبقي)، ورق ترشيح (ثلاث قطع 2.5 cm×2.5 cm)، رباطات مطاطية صغيرة.

طرائق تدريس متنوعة

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

التقنية	شرائح ومصادر قابلة للنسخ
تتضمن أعمال المعلم: نسخة المعلم التفاعلية، تخطيط الدرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.	الملف الخاص بمصادر الفصول 6-1، الفصل 6. ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 156 تقويم الفصل، ص 184 اختبار قصير 1-6، ص 168 الإثراء، ص 173 شريحة التدريس 1-6 ص 176 ربط الرياضيات مع الفيزياء
مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: Obeikaneducation.com	تقويم الفصل، ص 184 اختبار قصير 2-6، ص 169 تعزيز الفهم ص 172 شريحة التدريس 2-6 ص 178 ربط الرياضيات مع الفيزياء
	تقويم الفصل، ص 184 اختبار قصير 3-6، ص 170 شريحة التدريس 3-6 ص 180
	تقويم الفصل، ص 184 اختبار قصير 4-6، ص 171 شريحة التدريس 4-6 ص 182 دليل التجارب العلمية 1-6 ص 45 دليل التجارب العلمية 2-6 ص 49

مصادر التقويم

التقنية
الموقع الإلكتروني

Obeikaneducation.com

الملف الخاص بمصادر الفصول 6-1، الفصل 6
تقويم الفصل 6 ص 184
اختبارات الفيزياء التحضيرية

ما الذي سنتعلمه في هذا الفصل؟

- تفسير تمدد المادة وتقلصها بسبب التغيرات في درجات الحرارة.
- تطبيق مبادئ باسكال وأرخميدس وبرنولي في مواقف الحياة اليومية.

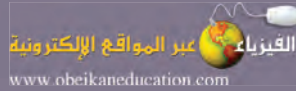
الأهمية

إن الموائع والقوى التي تبذلها تمكّننا من السباحة والغطس، وتمكّن المناطيد من الطفو، والطائرات من الطيران، يؤثر التمدد الحراري في تصميم المباني، والطرق، والجسور، والآلات.

الغواصات تُصمّم الغواصات النووية لتقوم بمناورات بحرية في أعماق مختلفة في المحيط؛ لذا يجب أن تقاوم الاختلافات الهائلة في الضغط والحرارة عندما تغوص تحت الماء.

فكر

كيف تستطيع الغواصة أن تطفو على سطح المحيط وتغوص في أعماقه؟



تجربة استهلاكية

المزاح، واطلب إليهم وضع علامة تحدد المستوى الابتدائي لسطح الماء؛ وذلك لإجراء المقارنة.

النتائج المتوقعة عندما تكون العبوة فارغة فإن جزءاً قليلاً منها ينغمر تحت سطح الماء. وكلما أضاف الطلاب قطعاً من النيكل انغمرت العبوة في الماء أكثر، حتى تنغمر تماماً. ويكون وزن العبوة المغمورة في الهواء أكبر من وزنها الظاهري في الماء.

الهدف عرض مفهوم الطفو.

المواد والأدوات أسطوانة مدرّجة سعتها 500 ml، ماء، ميزان نابضي، عبوة صغيرة مرفقة بغطاء أو سدادة، 12 قطعة نيكل.

استراتيجيات التدريس

تحذير: ذكر الطلاب بضرورة مسح أي كمية من الماء قد تنسكب على الأرض، وذلك تجنباً للانزلاق أو السقوط.

• يخلط بعض الطلاب بين مفهومي الحجم والكتلة. لذا ساعد الطلاب على الربط بين حجم العبوة تحت سطح الماء وحجم الماء

نظرة عامة إلى الفصل

يجمع هذا الفصل مفاهيم الطاقة الحرارية والقوة لوصف السوائل والغازات والمواد الصلبة. ويصف الجزء الأول خصائص الموائع (السوائل والغازات)، ويطور فهم موضوع الضغط. كما يرد موضوع درجة الحرارة مرة أخرى في وصف التمدد الحراري للمواد الصلبة والغازات.

فكر

تحافظ الغواصة على التوازن بين قوة الجاذبية الأرضية التي تسحبها إلى أسفل وقوة طفو الماء التي تدفعها إلى أعلى كالأسماك تماماً. فبعض أنواع الأسماك تنظم عمقها في الماء بوساطة المثانة الهوائية والتي باستطاعتها التمدد والانكماش لزيادة الطفو أو تقليله. تحوي الغواصة خزانات يمكن ملؤها بالماء لتقليل الطفو، مما يمكنها من الغوص إلى أعماق أكبر. ولكي ترتفع إلى السطح تملأ الخزانات بالهواء لزيادة قوة الطفو.

المفردات الرئيسية

- الموائع
- الضغط
- مبدأ أرخميدس
- مبدأ برنولي
- قانون العام للغازات
- قانون الغاز المثالي
- التمدد الحراري
- البلازما
- قوى التماسك
- قوى التلاصق
- مبدأ باسكال
- قوة الطفو
- خطوط الانسياب
- الشبكة البلورية
- المواد الصلبة غير البلورية
- معامل التمدد الطولي
- معامل التمدد الحجمي

1. التركيز

نشاط

الرافعة الهوائية اصنع وسادة قابلة للنفخ، وذلك بإغلاق كيس صغير فارغ بوساطة شريط لاصق، ثم أدخل ماصة عصير من خلال ثقب في الكيس، وأحكم إغلاق المنطقة التي تدخل منها. اطلب إلى أحد الطلاب أن ينفخ هذه الوسادة ببطء، ثم ضع كتابين على الكيس، واطلب إلى أحد الطلاب أن يرفعهما. ثم اطلب إلى الطلاب وصف القوى التي يؤثر بها الكيس في الكتابين، ووصف القوة والشغل اللذين بذلها الطالب من خلال النفخ بوساطة الماصة.

القوى المؤثرة في الكتابين: قوة الجاذبية الأرضية والقوة التي يؤثر بها الكيس إلى أعلى. القوة التي يؤثر بها الكيس في الكتابين تساوي مساحة سطح الكتاب السفلي مضروبة في الضغط داخل الكيس. يُبذل الشغل على الكتابين بتحريك الهواء إلى داخل الكيس.

1م حركي

الربط مع المعرفة السابقة

القوى ذكّر الطلاب بالقوى وارسم مخطط الجسم الحر. وذكرهم أيضا أنه عندما يكون الجسم ساكناً فإن مجموع القوى المؤثرة فيه يجب أن يساوي صفراً. وبيّن للطلاب أن الضغط عبارة عن قوة مقسومة على مساحة، وأنه كمية قياسية وليس كمية متجهة، ويؤثر الضغط بقوة عمودية على أسطح الأجسام.

الأهداف

- تصف كيف تُحدث الموائع الضغط.
- تحسب ضغط الغاز وحجمه وعدد مولاته.
- تقارن بين الغازات والبلازما.

المفردات

الموائع	الضغط
الباسكال	القانون العام للغازات
قانون الغاز المثالي	التمدد الحراري
البلازما	

الماء والهواء من أكثر المواد شيوعاً في حياة الإنسان اليومية، ونشعر بتأثيرهما عندما نشرب، وعندما نستحم، ومع كل هواء نستنشقه.

في ضوء خبراتك اليومية، قد لا يبدو أن هناك خصائص مشتركة بين الماء والهواء، أما إذا فكّرت في طريقة أخرى فسوف تدرك أن لهما خصائص مشتركة؛ فكل من الماء والهواء يتدفقان وليس لأي منهما شكل محدد، على عكس المواد الصلبة. ولذرات المادة وجزيئاتها الغازية والسائلة حرة كبيرة لتحرك.

سوف تستكشف في هذا الفصل حالات المادة، مبتدئاً بالغازات والسوائل، وتتعلم المفاهيم التي توضح كيف تستجيب المادة لتغيرات الحرارة والضغط، وكيف تستطيع الأنظمة الهيدروليكية مضاعفة القوى، وكيف تستطيع السفن المعدنية الضخمة الطفو على سطح الماء. وستعرّف أيضاً خصائص المواد الصلبة، مكتشفة كيف تتمدد وتتقلص، ولماذا تكون بعض المواد الصلبة مرنة، ويكون بعضها كأنه في حالة بين الصلابة والسيولة.



تجربة استهلاكية

هل تطفو أم تغطس؟

سؤال التجربة كيف تقيس طفو الأجسام؟

الخطوات

1. أحضر عبوة صغيرة (مرفقة بغطاء أو سدادة) ومخبار مدرج 500 ml، وصل شريطاً مطاطياً بالعبوة؛ لتعليقها بميزان نابضي.
2. استخدم الميزان النابضي لإيجاد وزن العبوة، ثم استخدم الأسطوانة المدرجة لإيجاد حجم الماء الذي أزيح عن طريق العبوة المغلقة عندما طفت. وسجل كلتا القراءتين؛ وامسح أي سائل مسكوب.
3. ضع قطعة نيكل في العبوة ثم أغلقها جيداً. كرّر الخطوة الثانية، ثم سجل وزن العبوة وقطعة النيكل، وحجم الماء المزاح. وسجل أيضاً هل طففت العبوة أم غطست.
4. كرّر الخطوتين 2 و 3، وأضف في كل مرة قطعة نيكل حتى تغطس العبوة، وعندما تغطس استخدم الميزان النابضي لإيجاد الوزن الظاهري لها. تأكد أن العبوة لا تلامس الأسطوانة المدرجة عندما تكون تحت سطح الماء.

التحليل

استخدم المعلومات التي دوّنتها في حساب كثافة نظام العبوة - قطعة النيكل، ثم احسب كتلة الماء المزاح عن طريق النظام في كل مرة. كيف ترتبط الكثافة بالطفو؟

التفكير الناقد كيف ترتبط كتلة نظام العبوة - قطعة النيكل مع كتلة الماء المزاح عن طريق النظام؟ وهل تستمر هذه العلاقة بغض النظر عن طفو النظام؟

التفكير الناقد على الطلاب أن يكونوا قادرين على استنتاج أن وزن العبوة في الهواء مطروحاً منها وزن العبوة في الماء يساوي القوة التي تحمل العبوة عندما تنغمر في الماء وهي قوة الطفو.

التحليل يتعلم الطلاب في هذا الفصل أن قوة الطفو تساوي وزن الماء المزاح بوساطة الجسم. وستطفو العبوة عند مستوى ما على أن يتساوى وزنها مع وزن الماء المزاح. وكلما أضاف الطلاب المزيد من قطع النيكل ازدادات الكثافة الكلية للعبوة، فتزيح المزيد من الماء، لذا فإنها تطفو عند عمق أكبر من العمق السابق. وفي اللحظة التي تنغمر عندها العبوة اطرح وزنها وهي في الماء من وزنها في الهواء، حيث يكون الناتج هو قوة الطفو المؤثرة في العبوة المغمورة.

2. التدريس

تطوير المفهوم

القوة والضغط قد يخلط بعض الطلاب بين مفهومَي الضغط والقوة، لذا أكد أن الضغط يساوي ناتج قسمة القوة على المساحة التي تؤثر فيها القوة.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اتجاه الضغط قد يعتقد بعض الطلاب أن ضغط الهواء أو الماء يؤثر إلى أسفل فقط؛ وذلك عندما يتعلمون أن الضغط الذي يؤثر به عمود الهواء أو الماء يضغط على المساحة التي أسفله. لذا وضح لهم أن الضغط يؤثر في الاتجاهات جميعها، حتى في اتجاه الجوانب أو إلى أعلى، مثلاً على ذلك ببالون مملوء بالهواء.

التفكير الناقد

الهواء والماء المائعان اللذان يؤثران كثيراً في حياتنا هما الهواء والماء. اطلب إلى الطلاب أن يكتبوا خصائص كل منهما. واكتب خصائصهما في عمودين لتسهيل المقارنة بينهما. ثم اسأل الطلاب: ماذا يحدث عندما يتحركون خلال هذين المائعين؟

ستتنوع الإجابات. الماء مقابل الهواء: ثقيل / خفيف، يُشرب / يستنشق، يتدفق في النهر / يهب، يوضع في الكأس / يُحصر في المنطاد، سطحه مقعر / سطحه غير مقعر، يبلل الأجسام / يجفف الأجسام، مرئي / غير مرئي، لزج / غير لزج. يمكن أن يقارن الطلاب بين الجهد الذي تتطلبه السباحة في الماء أو التجديف والجهد المبذول عند التلويع بأيديهم في الهواء.

الضغط Pressure

افترض أنك وضعت مكعباً من الجليد في كوب فارغ ستلاحظ أن مكعب الجليد له كتلة معينة وشكل محدّد، ولا تعتمد هاتان الكميتان على حجم الكوب أو شكله. لكن ماذا يحدث عندما ينصهر مكعب الجليد؟ تبقى كتلته كما هي، ولكن شكله يتغير، ويتدفق الماء ليأخذ شكل الإناء الذي يحتويه، بحيث يتخذ السطح العلوي شكلاً محدّداً ومستوياً، كما في الشكل 1-6. من جهة أخرى، إذا غليت الماء، فسوف يتحول إلى الحالة الغازية في صورة بخار ماء، ويتشبع ليملأ الغرفة ولن يكون له سطح محدّد. وتشترك كل من السوائل والغازات في كونها موائع؛ حيث إنها موادّ تتدفق، وليس لها شكل محدّد.

سنوجه اهتمامنا في الوقت الحالي لدراسة الموائع المثالية، التي يمكن التعامل معها على اعتبار أن جزيئاتها لا تشغل حيزاً، وليس لها قوى تجاذب تربطها بعضها مع بعض.

الضغط في الموائع لقد طبقت قانون حفظ الطاقة على الأجسام الصلبة، فهل يمكن تطبيق هذا القانون على الموائع؟ يمكن أن نعرّف كلاً من الشغل والطاقة باستخدام مفهوم الضغط، الذي يمثل القوة المؤثرة في سطح ما مقسومة على مساحة ذلك السطح. ولأن الضغط قوة تؤثر في السطح فإن أي شيء يولد ضغطاً لابد أن يكون قادراً على إحداث تغيير وإنجاز شغل.

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{الضغط}$$

الضغط يساوي القوة مقسومة على مساحة السطح.

ويعد الضغط P كمية قياسية (غير متجهة)، ويقاس الضغط وفقاً للنظام العالمي للمقاييس SI بوحدة باسكال (Pa) وهي تعادل 1 N/m^2 . ولأن الباسكال وحدة صغيرة فإن الكيلو باسكال (kPa) الذي يُساوي 1000 Pa أكثر استخداماً وشيوعاً.

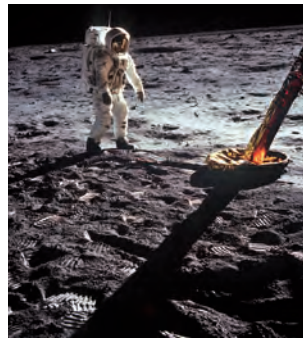
ويُفترض عادة أن القوة F المؤثرة في سطح ما عمودية على مساحة ذلك السطح A ، ما لم تتم الإشارة إلى غير ذلك. ويوضح الشكل 2-6 العلاقات بين القوة، والمساحة والضغط، حيث يؤدي الضغط الناتج عن وزن المركبة الفضائية إلى إحداث حفرة صغيرة في سطح القمر، أما الضغط الناتج عن وزن رائد الفضاء، فيكون قليلاً جداً. ويوضح الجدول 1-6 كيف يتغير الضغط في حالات مختلفة.

المواد الصلبة والسوائل والضغط تخيل أنك تقف على سطح بحيرة متجمدة، إن القوى التي تؤثر بها قدمك في الجليد تنوزع على مساحة حداثك مولدة ضغطاً على الجليد. إن الجليد مادة صلبة تتكون من جزيئات الماء المتذبذبة، والقوى التي تحافظ على جزيئات الماء في مكانها تجعل الجليد يؤثر بقوى رأسية في قدميك إلى أعلى تساوي وزنك، أما إذا انصهر الجليد فإن معظم الروابط بين جزيئات الماء تصبح ضعيفة. وعلى الرغم من أن الجزيئات ستستمر في التذبذب وتبقى قريبة كل منها من الأخرى، إلا أنها



■ الشكل 1-6 مكعبات الجليد الصلبة لها شكل محدّد، في حين يأخذ الماء السائل (مائع) شكل الإناء الذي يحتويه. ما المائع الذي يملأ الفراغ فوق الماء؟

■ الشكل 2-6 إن رائد الفضاء ومركبته يولدان ضغطاً على سطح القمر. إذا كانت كتلة المركبة 7300 kg تقريباً، وتستقر على أربعة أقدام قطر كل منها 91 cm، فما مقدار الضغط الذي تؤثر به على سطح القمر؟ وكيف تستطيع أن تقدر الضغط الذي يؤثر به رائد الفضاء.



1-6 إدارة المصادر

اختبار قصير 1-6، ص 168	الملف الخاص بمصادر الفصول 1-6
شريحة التدريس 1-6 ص 176	تقويم الفصل 6، ص 184
ربط الرياضيات مع الفيزياء	ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 156

المناقشة

سؤال يمكن أن تتحطم المواد الصلبة عند الضغوط الكبيرة، بل إن بعضها ستتغير خصائصه، ويتدفق كما لو كان سائلاً. اطلب إلى الطلاب أن يناقشوا لماذا تكون الحيوانات البرية الضخمة على اليابسة أصغر من الحيوانات البحرية الضخمة التي في المحيطات.

الجواب إذا كان الحيوان على اليابسة كبيراً جداً فإن الضغط على العظام يؤدي إلى تحطمها لأن الضغط الناتج عن قوة الجاذبية الأرضية يسبب الإجهاد. أمّا في البيئة البحرية فإن الماء المحيط بجسم الحيوان، كالحوت مثلاً، سوف يدعمه بانتظام، في حين أن وزن الفيل كله يتركز على أربعة أقدام. **2٢ منطقي - رياضي**

ستصبح قادرة على الانزلاق بعضها فوق بعض، وتبعاً لذلك ستكون قادراً على اختراق سطح الماء. من جهة أخرى، ستستمر جزيئات الماء المتحركة في التأثير بقوى في جسمك.

جزيئات الغاز والضغط إن الضغط الذي تؤثر به الغازات يمكن فهمه بتطبيق نظرية الحركة الجزيئية للغازات التي توضح خصائص الغاز المثالي. وعلى الرغم من أن جزيئات الغاز الحقيقي تحتل حيزاً من الفراغ، ولها قوة تجاذب جزيئية، إلا أن الغاز المثالي (غير الحقيقي) عبارة عن نموذج جيد للغاز الحقيقي تحت معظم الظروف، بحيث يمكن تطبيق قوانينه على الغازات الحقيقية، وتكون النتائج عالية الدقة.

بناءً على نظرية الحركة الجزيئية فإن جزيئات الغاز تتحرك عشوائياً وبسرعة عالية، وتخضع لتصادمات مرنة بعضها ببعض. وعندما يرتطم جزيء الغاز بسطح الإناء فإنه يرتد مغيراً زخمه الخطي، أي أنه ينتج دفعة، ويتولد ضغط للغاز عند السطح بفعل الدفع الذي تؤثر به التصادمات العديدة للجزيئات.

الضغط الجوي Atmospheric Pressure

في كل سنتيمتر مربع من سطح الأرض يؤثر غاز الغلاف الجوي بقوة مقدارها 10 N تقريباً عند مستوى سطح البحر. وتعاود هذه القوة وزن جسم كتلته 1 kg. إن ضغط الغلاف الجوي على الجسم يتعاود بصورة جيدة مع قوى الجسم المتجهة إلى الخارج، والتي نادراً ما نلاحظها. ويثير هذا الضغط اهتمامنا فقط عندما تؤلمنا آذاننا نتيجة تغيرات الضغط. فعندما نصعد مبنى شاهق الارتفاع بالمصعد مثلاً، أو عندما نتنقل بالطائرة فإننا نشعر بذلك. إن الضغط الجوي يساوي 10 N لكل cm^2 ، والذي يساوي $1.0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ أو 100 kPa تقريباً.

هناك كواكب أخرى في المجموعة الشمسية لها أيضاً غلاف غازي، ويتباين الضغط الناتج عن أغلفتها الغازية كثيراً، فمثلاً الضغط الجوي على سطح كوكب الزهرة أكبر من الضغط الجوي على سطح الأرض 92 مرة تقريباً، في حين أن الضغط الجوي على سطح المريخ أقل مما على سطح الأرض بـ 1%.

الجدول 1-6	
بعض قيم الضغط النموذجية	
الموقع	الضغط (Pa)
مركز الشمس	3×10^6
مركز الأرض	4×10^{11}
أخدود المحيط الأكثر عمقاً	1.1×10^8
الضغط الجوي المعياري	1.01325×10^5
ضغط الدم	1.6×10^4
ضغط الهواء على قمة إفرست	3×10^4

من معلم إلى آخر

نشاط

عرض الضغط مقابل المساحة يقل ضغط القوة الثابتة المؤثرة إذا زادت المساحة.

المواد والأدوات كؤوس ورقية، لوح أبعاده 15 cm × 120 cm تقريباً.

الخطوات ضع إحدى قدميك على إحدى الكؤوس، وأثر فيها بوزن جسمك. سيؤدي ذلك إلى تحطم الكأس. ثم ضع 10 إلى 16 كأساً مقلوبة على سطح الأرض، ثم ضع اللوح فوقها، وقف فوقه بحذر، فلن تتحطم الكؤوس. واطلب إلى طالبين الانضمام إليك على كل جانب من اللوح دون أن يقتربا من الحافة، فسوف يتحمل اللوح والكؤوس الوزن.

مثال 1

حساب الضغط يجلس طفل وزنه 364 N على كرسي ثلاثي الأرجل يزن 41 N، بحيث تلامس قواعد الأرجل سطح الأرض على مساحة مقدارها 19.3 cm^2 .



- a. ما متوسط الضغط الذي يؤثر به الطفل والكرسي في سطح الأرض؟
b. كيف يتغير الضغط عندما يميل الطفل وتلامس رجلان فقط من أرجل الكرسي الأرض؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم الطفل والكرسي، وعيّن القوة الكلية التي يؤثران بها في سطح الأرض.
- حدد المتغيرات، متضمنة القوة التي يؤثر بها الطفل والكرسي في سطح الأرض والمساحة المرتبطة بكل من الحالة A حيث الارتكاز على ثلاث أرجل، والحالة B حيث الارتكاز على رجلين.

المجهول

$$P_A = ?$$

$$P_B = ?$$

المعلوم

$$F_{\text{الطفل}} = 364 \text{ N}$$

$$F_{\text{الكرسي}} = 41 \text{ N}$$

$$F_{\text{الكلية}} = F_{\text{الطفل}} + F_{\text{الكرسي}} = 364 \text{ N} + 41 \text{ N}$$

$$= 405 \text{ N}$$

$$A_A = 19.3 \text{ cm}^2$$

$$A_B = \frac{2}{3} \times 19.3 \text{ cm}^2$$

$$= 12.9 \text{ cm}^2$$

$$= 405 \text{ N}$$

دليل الرياضيات

حسابات الوحدات 229

2 إيجاد الكمية المجهولة

$$P = \frac{F}{A} \text{ : أوجد قيمة كل ضغط باستخدام العلاقة:}$$

$$a. \text{ عوّض مستخدماً } F = F_{\text{الكلية}} = 405 \text{ N}, A = A_A = 19.3 \text{ cm}^2$$

$$b. \text{ عوّض مستخدماً } F = F_{\text{الكلية}} = 405 \text{ N}, A = A_B = 12.9 \text{ cm}^2$$

$$P_A = \left(\frac{405 \text{ N}}{19.3 \text{ cm}^2} \right) \frac{(100 \text{ cm})^2}{(1 \text{ m})^2} = 2.1 \times 10^2 \text{ kPa}$$

$$P_B = \left(\frac{405 \text{ N}}{12.9 \text{ cm}^2} \right) \frac{(100 \text{ cm})^2}{(1 \text{ m})^2} = 3.14 \times 10^2 \text{ kPa}$$

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ يجب أن تكون وحدات الضغط هي الباسكال Pa أو $1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$.

مثال صفي

الأقدام والوزن

سؤال كيف نقارن بين متوسط ضغط فيل يقف على الأرض وضغط شخص واقف؟ علمًا بأن الشخص يزن 640 N، ومساحة كل حذاء 0.016 m^2 تقريبًا، أما الفيل فيزن $4.13 \times 10^4 \text{ N}$ ، وله أربع أقدام، مساحة كل منها 0.14 m^2 تقريبًا.

الجواب أوجد متوسط ضغط كل منهما، باستخدام

$$P = F / A \text{ : العلاقة}$$

$$P_{\text{الشخص على الأرض}} = (640 \text{ N}) / (2) (0.016 \text{ m}^2) = 2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{الفيل على الأرض}} = (4.13 \times 10^4 \text{ N}) / (4) (0.14 \text{ m}^2) = 7.4 \times 10^4 \text{ Pa}$$

على الرغم من أن وزن الفيل يعادل 65 ضعف وزن الشخص تقريبًا، إلا أن الضغط الذي يؤثر به الفيل في الأرض يساوي تقريبًا أربعة أضعاف الضغط الذي يؤثر به وزن الشخص في حذائه.

مسائل تدريبية

1. $1.2 \times 10^5 \text{ N}$
2. $1.0 \times 10^2 \text{ kPa}$
3. 23 kPa
4. $2.7 \times 10^4 \text{ N}$ تتجه من داخل المنزل إلى خارجه.
5. $8.9 \times 10^{-2} \text{ m}^2$

عرض سريع

قانون شارلز

الزمن المقدر 5 دقائق.

المواد والأدوات مجفف شعر، بالون مصنوع من البولستر منفوخ جزئياً بغاز الهليوم، خيط، جسم صغير.

الخطوات نفذ النشاط في يوم بارد على أن يكون دافئاً نسبياً داخل غرفة الصف. اربط الجسم الصغير بالبالون، على أن يطفو البالون دون أن يطير. ثم احمِل البالون خارجاً. سيتقلص البالون وينكمش، ويصبح أقل طفوًا. لذا يستقر بالقرب من سطح الأرض تقريباً. احمِل البالون عائداً به إلى الداخل، ثم اطلب إلى الطلاب توقع ما يحدث له عندما تسخنه بوساطة مجفف الشعر. سيرتفع البالون إلى أعلى في اتجاه السقف ويمكن أن يحمل الجسم الصغير.

استخدام الشكل 3-6

تقدم قوانين الغازات فرصة جيدة لتقوية مهارات تفسير الرسوم البيانية. يشير قانون بويل مثلاً إلى علاقة عكسية بين الضغط والحجم إذا بقيت درجة الحرارة ثابتة، في حين يشير قانون شارلز إلى علاقة طردية بين الحجم ودرجة الحرارة إذا بقي الضغط ثابتاً. **2م بصري-مكاني**

1. إذا كان الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر يساوي $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ تقريباً، فما مقدار القوة التي يؤثر بها الهواء عند مستوى سطح البحر في سطح مكتب طوله 152 cm وعرضه 76 cm؟
2. يلامس إطار سيارة سطح الأرض بمساحة مستطيلة عرضها 12 cm وطولها 18 cm، فإذا كانت كتلة السيارة 925 kg، فما مقدار الضغط الذي تؤثر به السيارة في سطح الأرض إذا استقرت ساكنة على إطاراتها الأربعة؟
3. كتلة من الرصاص أبعادها $5.0 \text{ cm} \times 10.0 \text{ cm} \times 20.0 \text{ cm}$ تستقر على الأرض على أصغر وجه، فإذا علمت أن كثافة الرصاص 11.8 g/cm^3 ، فما مقدار الضغط الذي تؤثر به كتلة الرصاص في سطح الأرض؟
4. يمكن أن يصبح الضغط في أثناء الإعصار أقل 15% من الضغط الجوي المعياري، افترض أن الإعصار حدث خارج باب طوله 195 cm وعرضه 91 cm، فما مقدار القوة المحصلة التي تؤثر في الباب نتيجة هبوط مقداره 15% من الضغط الجوي المعياري؟ وفي أي اتجاه تؤثر القوة؟
5. يلجأ المهندسون في المباني الصناعية إلى وضع المعدات والآلات الثقيلة على ألواح فولاذية عريضة، بحيث يتوزع وزن هذه الآلات على مساحات أكبر. فإذا خطط مهندس لتركيب جهاز كتلته 454 kg على أرضية صُممت لتحمل ضغطاً إضافياً مقداره $5.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ ، فما مساحة صفيحة الفولاذ الداعمة؟

قوانين الغاز The Gas Laws

عندما بدأ العلماء دراسة الغازات والضغط لاحظوا وجود بعض العلاقات المثيرة للاهتمام، وكانت أول علاقة يتم اكتشافها هي قانون بويل، نسبة للكيميائي والفيزيائي روبرت بويل، أحد أشهر علماء القرن السابع عشر. ينص قانون بويل على أن حجم عينة محددة من الغاز يتناسب عكسياً مع الضغط المؤثر عليه عند ثبوت درجة الحرارة، ولأن حاصل ضرب المتغيرات المتناسبة عكسياً ثابت، فيمكن كتابة قانون بويل على النحو الآتي:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \text{ أو } PV = \text{ثابت}$$

إن الرموز السفلية التي تلاحظها في قانون الغاز تساعدك على تحديد مسار المتغيرات المختلفة- ومنها الضغط والحجم- عندما تتغير في المسألة. ويمكن إعادة ترتيب هذه المتغيرات لحل المسألة بالنسبة لضغط أو حجم مجهول. وكما يتضح من الشكل 3-6، فإن



هناك علاقة بين ضغط الغاز وحجمه تتمثل في حجم الفقاعات الخارجة من المنظم، حيث يزداد حجم هذه الفقاعات في أثناء ارتفاعها في الماء؛ بسبب نقصان الضغط المؤثر فيها من الماء، مما قد يؤدي إلى انفجار كثير منها في أثناء ارتفاعها.

تم اكتشاف العلاقة الثانية بعد 100 سنة تقريباً من اكتشاف بويل على يد العالم جاك شارلز Jacques Charles. لاحظ العالم شارلز في أثناء تبريده للغاز أن حجمه يتقلص بمقدار $\frac{1}{273}$ من حجمه الأصلي عند انخفاض درجة حرارته بمقدار درجة كلفن واحدة، أي أن العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته علاقة خطية. أراد العالم شارلز أن يعرف ما إذا كانت

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

البارومتر الزئبقي في عام 1643 برهن العالم إيفنجيلستا تورشيلي أن الزئبق يرتفع داخل الأنبوب إلى المستوى نفسه حتى لو كان الأنبوب مائلاً. ولأنه لا يسمح للهواء بالدخول في الأنبوب فإن الضغط عند قاعدة عمود الزئبق يكون مساوياً للضغط المؤثر بوساطة الهواء المحيط. وأدرك تورشيلي أن باستطاعته قياس الضغط الجوي المؤثر بقياس الارتفاع الذي يصل إليه عمود الزئبق. ولأن ارتفاع عمود الزئبق في الأنبوب يتناسب مع الضغط الجوي فقد استعمل البارومتر الذي يقيس الضغط الجوي باستخدام هذا المبدأ في تحديد تغيرات الطقس.

تجربة

الضغط

تحذير: على الطلاب أن يكونوا حذرين للحفاظ على التوازن المناسب عند الوقوف والتوازن باستخدام قدم واحدة.

الهدف تحديد الضغط المؤثر عند الوقوف على قدم واحدة، ومقارنة ذلك الضغط بالضغط المؤثر عند استخدام أجسام أخرى.

المواد والأدوات مسطرة مترية، ورقة، قلم رصاص.

النتائج المتوقعة إن مقدار ضغط الطالب أقل كثيرًا من الضغط الجوي.

عينة حساب (الضغط المؤثر بواسطة الطالب):

$$P = F / A = 600 \text{ N} / 0.030 \text{ m}^2$$

$$= 2 \times 10^4 \text{ Pa}$$

التحليل والاستنتاج

4. لأن الحذاء ذا الكعب يوزع الضغط على مساحة صغيرة فإن الضغط يزداد مقارنة بالضغط المؤثر في حالة الوقوف على حذاء نعله منبسط.

تجربة

الضغط

ما مقدار الضغط الذي يؤثر به عندما تقف على إحدى رجليك؟ اطلب إلى زميلك رسم مخطط لقدملك، ثم استخدم ذلك المخطط لتقدير مساحة قدمك.

1. حدّد وزنك بوحدة النيوتن ومساحة مخطط قدمك بوحدة cm^2 .

2. احسب مقدار الضغط.

3. قارن بين الضغط الذي يؤثر به أنت في الأرض، والضغط الذي يؤثر به أجسام مختلفة. فمثلاً تستطيع أن تزن كتلة طوبية بناءً، ثم تحسب الضغط الذي يؤثر به عندما تستقر على أوجه مختلفة.

التحليل والاستنتاج

4. كيف يؤثر الحذاء ذو الكعب العالي الرفيع في قيمة الضغط الذي يؤثر به شخص في الأرض؟

■ الشكل 4-6 تستطيع أن تستخدم القانون العام للغازات لاشتقاق كل من قانوني بويل وشارلز، فماذا يحدث إذا حافظت على الحجم ثابتاً؟

هناك حدود دنيا لانخفاض درجات الحرارة، لكنه لم يستطع تبريد الغاز إلى درجات حرارة منخفضة جداً كما يحصل في المختبرات الحديثة الآن، ولذلك قام بمد المنحنى البياني لبياناته عند درجات الحرارة المنخفضة تلك، فتبين له من ذلك أنه إذا انخفضت درجة الحرارة إلى -273°C فإن حجم الغاز يصبح صفراً، وسميت درجة الحرارة التي يصبح عندها حجم الغاز يساوي صفراً بالصفّر المطلق، والتي تمثل الآن الصفر بمقياس كلفن الحراري.

تشير التجارب إلى أنه عند ثبوت الضغط فإن حجم عينة الغاز يتغير طردياً مع درجة حرارتها، وتسمى هذه النتيجة بقانون شارلز، ويمكن صياغة قانون شارلز على النحو التالي:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \text{أو ثابت}$$

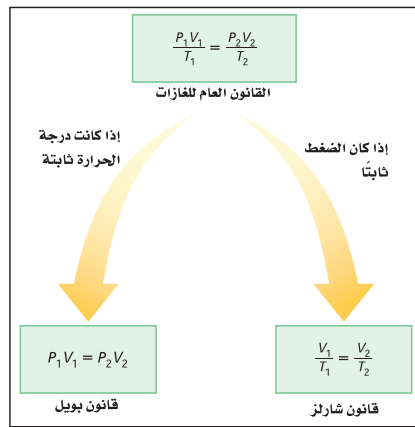
إن دمج كل من قانوني بويل وشارلز يربط بين الضغط، والحرارة، والحجم لكمية معينة من الغاز المثالي، والتي تقود إلى معادلة تسمى القانون العام للغازات.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \text{ثابت}$$

القانون العام للغازات ثابت يكون حاصل ضرب ضغط الغاز في حجمه مقسوماً على درجة حرارته بوحدة الكلفن يساوي قيمة ثابتة.

وكما يتضح من الشكل 4-6، فإن القانون العام للغازات يُختزل لقانون بويل عند ثبات درجة الحرارة، ويُختزل أيضاً لقانون شارلز عند ثبات الضغط.

قانون الغاز المثالي تستطيع استخدام نظرية الحركة الجزيئية لتكتشف كيف أن الثابت في القانون العام للغازات يعتمد على عدد الجزيئات N . افترض أن حجم الغاز المثالي ودرجة حرارته ثابتان، فإذا ازداد عدد الجزيئات فسوف يزداد عدد التصادمات التي تؤثر بها الجزيئات في الإناء؛ لذا يزداد الضغط، وفي المقابل تقلل إزالة بعض الجزيئات من عدد



مهن في الحياة اليومية

معلومة للمعلم

الغازات التجارية يُعد إنتاج الغازات وتخزينها ونقلها وتوزيعها من الصناعات المهمة. لذا على المهندسين العاملين في أعمال إمدادات الغازات فهم مبدأ عمل الأنظمة ذات الضغط العالي بالإضافة إلى فهم كيمياء المواد الغازية؛ حيث تباع أسطوانات غازات التنفس التي تعد بشكل أساسي خليطاً من O_2 و N_2 ، للمستشفيات والأطباء ورياضيي الغوص في خزانات ذات ضغط عالٍ. وتنقل الأنابيب الكبيرة الغاز الطبيعي المستخدم في تدفئة المنازل وفي الصناعات الكيميائية. كما تنقل الشاحنات المعزولة الغاز الطبيعي المُسال عند درجات حرارة منخفضة. وينقل غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يُحدث الفوران في المشروبات الغازية والذي يستخدم في الكثير من العمليات الكيميائية، وهو في حالته السائلة أو الصلبة، وحتى غاز الهيليوم يُنقل غالباً وهو في حالته السائلة.

التصادمات؛ لذا يقل الضغط، كما تستطيع أن تستنتج أن الثابت في معادلة القانون العام للغازات يتناسب طرديًا مع N .

$$\frac{PV}{T} = kN$$

ويسمى الثابت k بثابت بولتزمان، ويساوي $1.38 \times 10^{-23} \text{ Pa.m}^3/\text{K}$ ، وبالطبع فإن N الذي يمثل عدد الجزيئات هو عدد كبير جدًا، لذلك بدلاً من استخدام N لجأ العلماء إلى استخدام وحدة تسمى المول (mole)، وتختصر (mol) وتمثل في المعادلات بالحرف (n) ، والمول الواحد يساوي 6.022×10^{23} من الجزيئات، ويسمى هذا العدد بعدد أفوجادرو نسبة إلى العالم الإيطالي أميديو أفوجادرو.

يساوي عدد أفوجادرو عدد الجزيئات في عينة من المادة كتلتها تساوي الكتلة المولية (الكتلة الجزيئية) من المادة. ونستطيع أن نستخدم هذه العلاقة للتحويل بين الكتلة والعدد n (عدد المولات الموجودة). إن استخدام المولات عوضًا عن عدد الجزيئات يغير ثابت بولتزمان، ويختصر هذا الثابت بالحرف R ، وقيمه تساوي $8.31 \text{ Pa.m}^3/\text{mol.K}$. وبإعادة الترتيب نستطيع كتابة قانون الغاز المثالي بأكثر الصيغ شيوعًا.

$$PV = nRT$$

قانون الغاز المثالي

للغاز المثالي، يكون حاصل ضرب ضغط الغاز في حجمه يساوي عدد المولات مضروبًا في الثابت R ودرجة حرارته بوحدة كلفن.

لاحظ أنه إذا كانت قيمة R معلومة فإن الحجم يجب أن يعبر عنه بوحدة m^3 ، ودرجة الحرارة بوحدة K والضغط بوحدة Pa . يتوقع قانون الغاز المثالي عمليًا سلوك الغازات بصورة جيدة، ما عدا الحالات التي تكون تحت ظروف الضغط العالي أو درجات الحرارة المنخفضة.

تعزير الفهم

نشاط قانون الغاز المثالي اطلب إلى الطلاب التحقق من الوحدات في معادلة الغاز المثالي، وذلك بحل المعادلات أولاً بدلالة الثابت k ($\text{Pa.m}^3/\text{K}$) وبدلالة R ($\text{Pa.m}^3/\text{mol.K}$). ثم اطلب إليهم تعويض الوحدات المناسبة للكميات التالية:

P, V, T, N, n في المعادلتين التاليتين:

$$k = PV / NT$$

$$R = PV / nT$$

2 م منطقي-رياضي

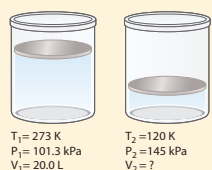
مثال 2

قوانين الغازات عينة من غاز الأرجون حجمها 20.0 L ، ودرجة حرارتها 273 K عند ضغط جوي مقداره 101.3 kPa ، فإذا انخفضت درجة الحرارة حتى 120 K ، وازداد الضغط حتى 145 kPa ،

- فما الحجم الجديد لعينة الأرجون؟
- أوجد عدد مولات ذرات الأرجون في العينة؟
- أوجد كتلة عينة الأرجون، إذا علمت أن الكتلة المولية M لغاز الأرجون 39.9 g/mol ؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- وضح الحالة بالرسم.
- حدّد الشروط في وعاء غاز الأرجون قبل التغير في درجة الحرارة والضغط وبعده.
- عيّن المتغيرات المعلومة والمجهولة.



المجهول

$V_2 = ?$
عدد مولات الأرجون (n) = ?
عينة الأرجون $m = ?$

المعلوم

$V_1 = 20.0 \text{ L}$, $P_1 = 101.3 \text{ kPa}$
 $T_1 = 273 \text{ K}$, $P_2 = 145 \text{ kPa}$
 $T_2 = 120 \text{ K}$
 $R = 8.31 \text{ Pa.m}^3/\text{mol.K}$
 $M_{\text{الأرجون}} = 39.9 \text{ g/mol}$

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. استخدم القانون العام للغازات، وحل المعادلة بالنسبة للحجم V_2 .

عوض مستخدماً $P_1 = 101.3 \text{ kPa}$, $P_2 = 145 \text{ kPa}$

$V_1 = 20.0 \text{ L}$, $T_1 = 273 \text{ K}$, $T_2 = 120 \text{ K}$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1}$$

$$= \frac{(101.3 \text{ kPa}) (20.0 \text{ L}) (120 \text{ K})}{(145 \text{ kPa}) (273 \text{ K})}$$

$$= 6.1 \text{ L}$$

b. استخدم قانون الغاز المثالي، وحل المعادلة لحساب n

عوض مستخدماً $P = 101.3 \times 10^3 \text{ Pa}$, $V = 0.0200 \text{ m}^3$

$R = 8.31 \text{ Pa.m}^3/\text{mol.K}$, $T = 273 \text{ K}$

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$n = \frac{(101.3 \times 10^3 \text{ Pa})(0.0200 \text{ m}^3)}{(8.31 \text{ Pa.m}^3/\text{mol.K})(273 \text{ K})}$$

$$= 0.893 \text{ mol}$$

c. استخدم الكتلة المولية للتحويل من المولات لغاز الأرجون في العينة لكتلة العينة.

عوض مستخدماً $M = 39.9 \text{ g/mol}$, $n = 0.893 \text{ mol}$

$$m = Mn$$

$$m_{\text{عينة الأرجون}} = (39.9 \text{ g/mol}) (0.893 \text{ mol})$$

$$= 35.6 \text{ g}$$

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ الحجم V_2 بوحدة اللترات، وكتلة العينة بوحدة الجرامات.
- هل الجواب منطقي؟ إن التغير في الحجم يتكافأ مع الزيادة في الضغط والانخفاض في درجة الحرارة. والكتلة المحسوبة لعينة الأرجون منطقية.

مثال صفي

سؤال أسطوانة تخزين غاز الأكسجين -المخصص

للمرضى الذين يعانون من صعوبة في التنفس -

حجمها 4.0 L، وتحوي غازًا ضغطه

$1.3 \times 10^7 \text{ Pa}$ عند درجة حرارة 300.0 K. وتزود

الأسطوانة المريض بالغاز حتى يستنشق عند ضغط

يعادل الضغط الجوي. ما حجم الأكسجين المعطى

للمريض عند ضغط يعادل الضغط الجوي؟ وما

عدد مولات الأكسجين في الأسطوانة؟

الجواب لإيجاد الحجم استخدم قانون بويل أو

القانون العام للغازات عند $T_1 = T_2$ ، وحل المعادلة

بدلالة V_2 .

$$(P_1 V_1)/T_1 = (P_2 V_2)/T_2$$

$$V_2 = (P_1 V_1) / P_2 \text{ فإن } T_1 = T_2$$

$$= (1.3 \times 10^7 \text{ Pa})(4.0 \text{ L}) /$$

$$(1.013 \times 10^5 \text{ Pa}) = 510 \text{ L}$$

ولإيجاد عدد المولات استخدم قانون الغاز المثالي

$PV = nRT$. وحل المعادلة لحساب n.

$$n = (P_1 V_1) / RT_1$$

$$n = (1.3 \times 10^7 \text{ Pa})(4.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3)$$

$$/ (8.31 \text{ Pa.m}^3/\text{mol.K})(300.0 \text{ K})$$

$$n = 21 \text{ mol.}$$

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

نشاط

قانون الغاز المثالي يمكن مساعدة بعض الطلاب بالعمل من خلال برنامج محاكاة

حاسوبي حول قانون الغاز المثالي الذي يُظهر حركة جزيئات الغاز ودرجة الحرارة والضغط

عندما يتغير حجم وعاء الغاز. إن برامج المحاكاة تلك متوفرة في صورة مجموعات تجارية.

أو متوفرة في الإنترنت على هيئة صور ورسوم متحركة والتي يمكن تحميلها عبر الإنترنت،

ثم تشغيلها. **1٢ بصري - مكاني**

6. 3.4 m^3
7. $5.1 \times 10^2 \text{ g}$
8. $2.4 \times 10^2 \text{ kPa}$
9. 0.83 m^3

استخدام النماذج

رقائق الجليد اسأل الطلاب لماذا يستطيعون تمرير أيديهم خلال الماء ولا يستطيعون ذلك خلال الجليد. **عندما يتجمد الماء يصبح صلباً.** ووضح لهم أن للماء خصائص غير عادية؛ فمعظم المواد الصلبة مثلاً تتمدد عندما تنصهر، وبذلك تصبح كثافتها أقل، أما الماء فيتمدد عندما يتجمد. كما يطفو الجليد للسبب نفسه الذي يؤدي إلى تكسره إلى رقائق صغيرة، ألا وهو تركيبه الجزيئي. ولتوضيح ذلك احصل على صندوق من كرات الفلين البلاستيكية الصغيرة، حيث تمثل كل واحدة منها جزيء ماء. ثم اسكب الكرات على سطح طاولة، فستبدو كأنها تتدفق. وأشر للطلاب إلى تركيب الشبكة البلورية الموضحة في الشكل 19b-6. اطلب إلى الطلاب العمل في مجموعات ثنائية لتوصيل الكرات الصغيرة (جزيئات الماء) مستخدمين نكاشات الأسنان، بحيث يكونون تركيباً بلورياً مشابهاً لنموذج مكعب الجليد. عند محاولة سكب جزيئات هذه الكرات المتصلة بعضها مع بعض فإنها لا تجري؛ حيث يكون تركيبها مشابهاً لمكعب الجليد. ثم اطلب إليهم المقارنة بين نماذجهم وتبادلها فيما بينهم. واسألهم عما إذا كان بإمكانهم تفسير نموذج مكعب الجليد إلى رقائق. **1٢ حركي**

6. يُستخدم خزان من غاز الهيليوم ضغطه $15.5 \times 10^6 \text{ Pa}$ ، ودرجة حرارته 293 K ، لنفخ بالون على صورة دمية، فإذا كان حجم الخزان 0.020 m^3 ، فما حجم البالون إذا امتلأ عند 1.00 ضغط جوي، ودرجة حرارة 323 K ؟
7. ما مقدار كتلة غاز الهيليوم في المسألة السابقة إذا علمت أن الكتلة المولية لغاز الهيليوم 4.00 g/mol ؟
8. يحتوي خزان على 200.0 L من غاز الهيدروجين درجة حرارته 0.0°C ومحمّل عند ضغط مقداره 156 kPa ، فإذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 95°C ، وانخفض الحجم ليصبح 175 L ، فما الضغط الجديد للغاز؟
9. إن معدل الكتلة المولية لمكونات الهواء (ذرات الأكسجين الثنائية وذرات غاز النيتروجين الثنائية بشكل رئيس) 29 g/mol تقريباً. ما حجم 1.0 kg من الهواء عند ضغط يساوي الضغط الجوي ودرجة حرارة تساوي 20.0°C ؟

التمدد الحراري Thermal Expansion

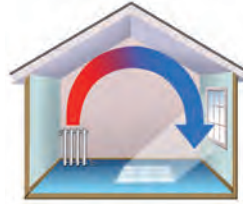
لعلك اكتشفت بعد تطبيق القانون العام للغازات أن الغازات تتمدد كلما ارتفعت درجة حرارتها. فعندما تسخن المادة في حالاتها الصلبة والسائلة والغازية تصبح أقل كثافة، وتتمدد لمتلاً حيزاً أكبر. وتسمى هذه الخاصية التمدد الحراري، ولها عدة تطبيقات مهمة، منها دوران الهواء في الغرفة.

عندما يُسخّن الهواء الملامس لأرضية الغرفة فإن قوة الجاذبية تسحب الهواء البارد الأكثر كثافة واللامس لسقف الغرفة إلى أسفل، فيدفع بدوره الهواء الأكثر سخونة إلى أعلى. ويُسمى دوران الهواء في الغرفة تيار الحمل. انظر الشكل 5-6 الذي يوضح تيارات الحمل في الغرفة. وتستطيع أن تشاهد أيضاً تيارات الحمل في وعاء ماء ساخن، دون درجة الغليان؛ فعندما يسخن الوعاء من القاع فإن الماء الأبرد ذا الكثافة الكبرى يهبط إلى أسفل، حيث يسخن، ثم يُدفع إلى أعلى عن طريق تدفق الماء الأبرد من أعلى.

يحدث التمدد الحراري في معظم السوائل، وليس هناك نموذج مثالي ينطبق عليها جميعاً، ولكن من المفيد أن تفكر في السائل كما لو كان مسحوقاً ناعماً لمادة صلبة، حيث تتحرك المجموعات المكونة من جسيمين أو ثلاثة جسيمات أو أكثر من ذلك معاً كما لو كانت قطعاً صغيرة جداً من المواد الصلبة. وعندما يسخن السائل، وتتمدد هذه المجموعات بفعل الحركة الجزيئية، تماماً كما تُدفع الجسيمات في المواد الصلبة فيبتعد بعضها عن بعض في أجزاء متفرقة، كما تتزايد الفراغات بين المجموعات، ويتمدد السائل كله.

وعندما تتغير درجة الحرارة بصورة متساوية تتمدد السوائل بصورة أكبر كثيراً من المواد الصلبة، ولكن ليس بالقدر الذي تتمدد به الغازات.

الشكل 5-6 تيارات الحمل الحراري أداة للتدفئة، إذ يرتفع الهواء الدافئ الأقل كثافة إلى أعلى ثم يبرد، وينخفض الهواء البارد الأعلى كثافة.



الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

اشتعال الشموع عندما يكون الوزن الظاهري صفراً يختلف الاحتراق في الفضاء عن الاحتراق على الأرض. فشكل لهب الشمعة يشبه شكل القطرات الساقطة، وهو ينتج عن الجاذبية الأرضية التي تنشئ تيارات حمل طفوية. أما عندما تكون الجاذبية قليلة جداً، حيث يكون الوزن الظاهري يساوي صفراً فإنه بدلاً من مشاهدة لهب أزرق قليل الكثافة بالقرب من الفتيلة التي يعلوها لهب أبيض مصفر يسطع إلى أعلى، سوف ترى قبة من اللهب الأزرق الكثيف. ففكر في لون اللهب الصافي جداً من دون تأثير الجاذبية، عندما لا توجد تيارات حمل لحمل الغبار إلى اللهب؛ لأن الشوائب هي التي تجعل الشمعة تشتعل باللون الأصفر.

استخدام التشابه

الحالتان الصلبة والسائلة للماء أسأل الطلاب: أيهما أكبر حجماً الجليد أم الماء؟ **الجليد** واطلب إليهم توضيح إجاباتهم بدلالة الجزيئات. كما يمكن استخدام التشابه التالي لتفسير ذلك: أسأل الطلاب: لكم شخص يتسع المصعد؟ وعندما يتفقون على إجابة أسألهم: لكم شخص يتسع المصعد إذا كان ذراعاً كل منهم تمتد إلى جانبي جسمه وهما مثبتتان بجبيرتين من الجبس؟ وفسر الحالة الصلبة (الأشخاص ثابتون دون حراك) والحالة السائلة للماء (الأشخاص غير ثابتين)، بدلالة هذا التشابه. **م 2**

لماذا يطفو الجليد؟ لأن المادة تتمدد عند تسخينها فقد تتوقع أن الجليد أكثر كثافة من الماء، وفي ضوء توقعاتك لا بد أن يغطس الجليد في الماء! لكن الحقيقة أنه عند رفع درجة حرارة الماء من 0°C إلى 4°C فإنه يقلص بدلاً من أن يتمدد، وذلك بسبب تزايد قوى الترابط بين جزيئات الماء، وانهميار بلورات الجليد وضمورها. وهذه القوى التي بين جزيئات الماء قوى كبيرة والبلورات المكونة للجليد لها تركيب مفتوح بصورة كبيرة. عندما ينصهر الجليد تبقى بعض البلورات المتناهية في الصغر، ومع استمرار التسخين تأخذ البلورات المتبقية في الانصهار، ويتناقص حجم الماء حتى تصل إلى 4°C . لكن بمجرد أن ترتفع درجة حرارة الماء فوق 4°C يتزايد حجمه بسبب تزايد الحركة الجزيئية. والنتيجة أن الماء يكون أكبر كثافة عند 4°C ؛ لذا يطفو الجليد فوق الماء. وهذه الحقيقة مهمة جداً في حياتنا وفي البيئة من حولنا؛ فلو كان الجليد يغطس تحت الماء لبدأت تجمد البحيرات عند قيعانها بدلاً من سطوحها، وما انصهر العديد من البحيرات تماماً في فصل الصيف.

البلازما Plasma

إذا سخّنت مادة صلبة فإنها تنصهر لتكوّن سائلاً. ومع استمرار التسخين يتحول السائل إلى غاز، فماذا يحدث إذا استمر تسخين الغاز؟ تصبح التصادمات بين الجزيئات كبيرة إلى حدّ يكفي لانتزاع الإلكترونات من الذرات، وتنتج أيونات موجبة الشحنة. إن الحالة شبه الغازية للإلكترونات السالبة الشحنة والأيونات الموجبة الشحنة تسمى البلازما. وتعد البلازما حالة أخرى من حالات الموائع للمادة.

قد يبدو أن البلازما حالة غير شائعة، رغم أن معظم المواد في الكون في حالة البلازما؛ فمعظم مكونات النجوم بلازما في درجات حرارة عالية جداً، كما أن أكثر المواد الموجودة بين النجوم والمجرات تتكون من ذرات الهيدروجين الفعالة النشطة التي لا تحتوي على إلكترونات، ويكون غاز الهيدروجين في حالة البلازما.

والفرق المبدئي بين الغاز والبلازما أن البلازما لها قدرة على التوصيل الكهربائي، في حين أن الغازات ليس لها هذه القدرة، والصواعق المضيئة تكون أيضاً في حالة البلازما. وإشارات النيون كما في الشكل 6-6 أعلاه، ومصابيح الفلورسنت، ومصابيح غاز الصوديوم تحتوي جميعها البلازما المتوهجة.



■ الشكل 6-6 تنتج التأثيرات الضوئية الملونة في إشارات النيون عن البلازما المضيئة المتكوّنة في الأنابيب الزجاجية.

3. التقويم

التحقق من الفهم

تقدير الضغط اطلب إلى كل طالب تقدير المساحة السطحية لجسمه **غالبًا ستكون بين 1 m^2 و 2 m^2** . ثم اطلب إليهم حساب القوة الكلية الناتجة عن ضغط الهواء المؤثرة في سطح الجسم. ثم اسألهم: لماذا لا ينكمش جسم الإنسان تحت تأثير مثل هذه القوة الكبيرة؟ **في جسم كل شخص هناك قوة مساوية تؤثر إلى الخارج. م 2**

التوسع

العيش في الفضاء يريدي رواد الفضاء بدلات فضاء خاصة على القمر بسبب عدم وجود غلاف جوي هناك. اسأل الطلاب عما إذا كان بمقدور رائد الفضاء السير على القمر مستخدمًا الأدوات الخاصة بتنفس الهواء فقط التي يستخدمها الغطاسون. ثم اطلب إليهم توضيح إجاباتهم. لا، ستزودهم مثل هذه الأدوات بالأكسجين فقط. ولأن سطح القمر يشبه الفراغ، لذا فإن رواد الفضاء بحاجة إلى أن يحاطوا ببيئة فيها ضغط. حيث تحافظ بدلة رائد الفضاء على هذا المحيط المضغوط جزئيًا، حتى لا تصبح مستويات الأكسجين في الدم منخفضة على نحو خطير. وإذا كان الضغط منخفضًا أو معدومًا فسوف يتحرر الأكسجين المذاب في الدم، كتحرر فقائيع الهواء من عبوة الماء المشبع بثاني أكسيد الكربون عند فتح العبوة. م 3

13. **الكثافة ودرجة الحرارة** إذا كانت درجة الحرارة الابتدائية للماء 0°C ، فكيف تتغير كثافة الماء إذا سُخِّنَ إلى 4°C ، وإلى 8°C ؟
14. **الكتلة المولية المعيارية** ما حجم 1.00 mol من الغاز عند ضغط يعادل الضغط الجوي ودرجة حرارة تساوي 273 K ؟
15. **الهواء في الثلاجة** ما عدد مولات الهواء الموجودة في ثلاجة سعتها 0.635 m^3 عند 2.00°C ؟ وما مقدار كتلة الهواء في ثلاجة إذا كان متوسط الكتلة المولية للهواء 29 g/mol ؟
16. **التفكير الناقد** الجزيئات المكونة لغاز الهيليوم صغيرة جدًا مقارنة بالجزيئات المكونة لغاز ثاني أكسيد الكربون. ماذا يمكن أن تستنتج حول عدد الجزيئات في عينة من غاز ثاني أكسيد الكربون حجمها 2.0 L مقارنة بعدد الجزيئات في عينة من غاز الهيليوم حجمها 2.0 L إذا تساوت العيتان في درجة الحرارة والضغط؟

10. **الضغط والقوة** افترض أن لديك صندوقين، أبعاد الأول $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ ، وأبعاد الثاني $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$. قارن بين:
- a. ضغطي الهواء في المحيط الخارجي لكل من الصندوقين.
- b. مقدار القوة الكلية للهواء المؤثرة في كل من الصندوقين.
11. **علم الأرصاد الجوية** يتكون منطاد الطقس الذي يستخدمه الراصد الجوي من كيس مرن يسمح للغاز في داخله بالتمدد بحرية. إذا كان المنطاد يحتوي على 25.0 m^3 من غاز الهيليوم وأطلق من منطقة عند مستوى سطح البحر، فما حجم الغاز عندما يصل المنطاد ارتفاع 2100 m ، حيث الضغط عند ذلك الارتفاع $0.82 \times 10^5 \text{ Pa}$ ؟ افترض أن درجة الحرارة ثابتة لا تتغير.
12. **انضغاط الغاز** تحصر آلة احتراق داخلي في محرك كمية من الهواء حجمها 0.0021 m^3 عند ضغط يعادل الضغط الجوي ودرجة حرارة 303 K ، ثم تضغط الهواء بسرعة ليصل إلى ضغط مقداره $20.1 \times 10^5 \text{ Pa}$ وحجم 0.0003 m^3 ، ما درجة الحرارة النهائية للهواء المضغوط؟

1-6 مراجعة

10. a. إن ضغطي الهواء متساويان على الصندوقين.
- b. بما أن $F=PA$ لذا تكون القوة الكلية للهواء أكبر على الصندوق ذي المساحة الكبرى. ولأن المساحة السطحية للصندوق الثاني ضعف المساحة السطحية للصندوق الأول، لذا تكون القوة الكلية عليه ضعف القوة الكلية على الصندوق الأول.
11. $3.1 \times 10^1 \text{ m}^3$
12. $9 \times 10^2 \text{ K}$

13. عندما يسخن الماء من 0°C تزداد كثافته حتى تصل إلى قيمتها العظمى عند 4°C . وتتناقص كثافة الماء عند الاستمرار في التسخين حتى 8°C .
14. 0.0224 m^3
15. 28.1 mol ; $8.2 \times 10^2 \text{ g}$
16. هناك عددان متساويان من الجسيمات في العيتتين. في الغاز المثالي لا يؤثر حجم الجسيمات في حجم الغاز أو ضغطه.

1. التركيز

نشاط

اللزوجة ودرجة الحرارة اسكب مائعا كثيفا ببطء كسائل غسيل الشعر أو الدبس مثلاً في إناء مختبر فارغ، ثم بين للطلاب أن هناك عاملاً واحداً يؤثر في كيفية حركة السوائل، وهو اللزوجة أو مقاومة التدفق. تحدد قوى التجاذب بين الجزيئات مدى سهولة حركتها بعضها فوق بعض. كما تسبب هذه القوى (بين الجزيئية) أيضاً التوتر السطحي في السائل. لذا اطلب إلى الطلاب وصف كيفية حركة المائع عند سكه. **يتحرك ببطء، كما يلتصق أيضاً بسطح إناء المختبر.** وأشر إلى أن درجة الحرارة تؤثر في اللزوجة. إن صعوبة انسكاب العسل والديبس في الأجواء الباردة تعود إلى أن اللزوجة تزداد في الطقس البارد.

1م بصري - مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

نماذج المواد ترتبط الطاقة الحرارية للمادة مع الطاقة الحركية للجسيمات التي تكوّنهما (الفصل السابق). لذا قم بمراجعة وصف جسيمات الغاز التي تتحرك بحرية ونموذج المادة الصلبة المتمثل في الجسيمات المتصلة معاً بوساطة النوابض.

2. التدريس

التفكير الناقد

قوى التماسك واللزوجة تنتج اللزوجة عن قوى التماسك في المائع. اسأل الطلاب إذا كان من الممكن وجود قوى تماسك في الغاز. **نعم** للهواء - وهو خليط الغازات الأكثر شيوعاً - لزوجة قليلة جداً، كما أن قوى التماسك بين جزيئاته صغيرة جداً. اسأل الطلاب: كيف يمكن ملاحظة لزوجة الهواء؟ **يتضح ذلك في نفق الهواء، حيث يجعل الدخان حركة الهواء مرئية وواضحة.** 2م **منطقي - رياضي**

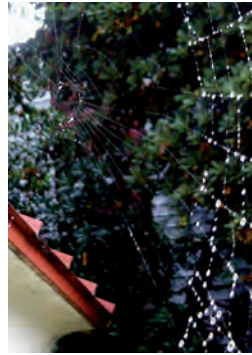
الأهداف

- توضيح كيف تسبب قوى التماسك التوتر السطحي.
- توضيح كيف تسبب قوى التلاصق الخاصية الشعرية.
- تناقش التبريد التبخري ودور التكثف في تكوين السحب.

المفردات

- قوى التماسك
- قوى التلاصق

الشكل 7-6 تصطف قطرات صغيرة من مياه الأمطار على شبكة العنكبوت؛ لأن قطرات الماء لها خاصية التوتر السطحي.



تعاملنا مع السوائل، حتى الآن، باعتبارها سوائل مثالية تمتاز جميع جزيئاتها بحرية الحركة، والانزلاق بعضها فوق بعض. ولكن خصوصية الماء في تمدده بين درجتي حرارة 0°C و 4°C تبين أنه في حالة السوائل الحقيقية تؤثر الجزيئات بعضها في بعض بقوى تجاذب كهرومغناطيسية تسمى قوى التماسك، تؤثر هذه القوى وغيرها في سلوك الموائع.

قوى التماسك Cohesive Forces

هل سبق أن لاحظت أن قطرات الندى على خيوط العنكبوت - وكذلك قطرات الزيت الساقطة - تتخذ شكلاً كروياً تقريباً؟ ماذا يحدث عندما يسقط المطر على سيارة مغسولة حديثاً ومشمعة؟ تتكوّن قطرات الماء وتتخذ أشكالاً كروية، كما في شبكة العنكبوت في الشكل 7-6.

تعد جميع الظواهر السابقة أمثلة على التوتر السطحي، وهي الخاصية المتمثلة في ميل سطح السائل إلى التقلص لأقل مساحة ممكنة. وخاصية التوتر السطحي ناجمة عن قوى التماسك بين جزيئات المائع.

لاحظ أن جميع جزيئات السائل الموجودة تحت سطحه تتأثر بقوى جذب متساوية المقدار تشدها إلى جميع الاتجاهات عن طريق الجزيئات المجاورة لها، كما تنجذب أيضاً إلى الجزيئات المكونة لجدار الإناء الذي يحتوي السائل كما في الشكل 8a-6، ونتيجة لذلك ليس هناك قوة محصلة تؤثر في أي من الجزيئات تحت سطح السائل. أما عند السطح فتتنجذب الجزيئات إلى أسفل وفي اتجاه الجوانب، ولكن ليس إلى أعلى؛ لذا يكون هناك قوة محصلة إلى أسفل تؤثر في الطبقات العلوية، مما يؤدي إلى ضغط الطبقة العلوية قليلاً. وتعمل الطبقة السطحية في السائل كغشاء مطاطي مشدود، قوي بما يكفي لحمل الأجسام الخفيفة جداً ومنها صرصور الماء كما في الشكل 8b-6. ويكون التوتر السطحي للماء كبيراً بحيث يحمل مشبك ورق فولاذي على الرغم من أن كثافة الفولاذ أكبر تسع مرات من كثافة الماء. جُزب ذلك.

لماذا يكون التوتر السطحي قطرات كروية؟ تدفع القوة الجزيئات السطحية بحيث يصبح السطح صغيراً قدر الإمكان، كما أن الشكل الكروي هو الشكل الذي له أقل مساحة سطح لحجم معين. وكلما زاد التوتر السطحي للسائل زادت ممانعة السائل لتحطيم سطحه، فلسائل الزئبق مثلاً قوة تماسك أكبر من قوة تماسك الماء، ولهذا يشكل الزئبق السائل قطرات كروية حتى عندما يوضع على سطح مصقول. وفي المقابل، بعض السوائل - ومنها الكحول والإيثر - لها قوى تماسك ضعيفة، ولذلك تتسطح قطراتها على السطح المصقول.

2-6 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 6-1	اختبار قصير 2-6، ص 169
دليل مراجعة الفصل 6، ص 184	شريحة التدريس 2-6 ص 178
ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 156	ربط الرياضيات مع الفيزياء

استخدام الشكل 8-6

وضح للطلاب كيف يقف صرصور الماء بأرجله على سطح الماء كما لو كان سطح الماء مادة لينة مثل شبكة قفز البهلوان. يؤثر التوتر السطحي بقوة سحب موازية لسطح الماء، ولا يؤثر بقوة دفع إلى أعلى. تقاوم بعض أنواع الحشرات - ومنها البق مثلاً - صرصور الماء؛ إذ تشر تلك الحشرات مواد كيميائية على سطح الماء تؤدي إلى تدمير خاصية التوتر السطحي للماء. لذا لا يستطيع صرصور الماء المشي على سطح الماء.

الربط مع علم الأرض

الشكل 8-6 تنجذب الجزيئات في داخل السائل إلى كل الاتجاهات (a). يتمكن صرصور الماء من السير على سطح الماء؛ لأن جزيئات الماء عند السطح لها قوة تجاذب محصلة في اتجاه الداخل تولد التوتر السطحي (b).

وتعد اللابة والصخور المنصهرة التي تندفق من البركان وتتصاعد نحو سطح الأرض واحدة من أشد الموائع لزوجة، ولأنواع اللابة المتعددة لزوجات تتباين وفق تركيبها ودرجة حرارتها.



قوى التلاصق Adhesive Forces

قوى التلاصق تشبه قوى التماسك؛ فهي عبارة عن قوى تجاذب كهربومغناطيسية تؤثر بين جزيئات المواد المختلفة. فإذا وضع أنبوب زجاجي نصف قطره الداخلي صغير في الماء فسيرتفع الماء داخل الأنبوب؛ لأن قوى التلاصق بين سطح الزجاج وجزيئات الماء أكبر من قوى التماسك بين جزيئات الماء.

وتعرف هذه الخاصية بالخاصية الشعرية، ويستمر الماء في الارتفاع حتى يتوازن وزن الماء الذي ارتفع مع قوة التلاصق الكلية بين سطح الزجاج وجزيئات الماء. وإذا ازداد نصف قطر الأنبوب فإن كلاً من حجم الماء ووزنه سيتزايد طردياً وبمقدار أسرع من المساحة السطحية للأنبوب. وعليه، فسيرتفع الماء في الأنبوب الضيق أكثر من ارتفاعه في الأنبوب الأكثر اتساعاً.

إن الخاصية الشعرية هي التي تسبب ارتفاع الوقود في فتيلة القنديل، كما تسبب أيضاً ارتفاع الماء من أسفل التربة إلى أعلاها وارتفاعه أيضاً في جذور النبات.

عندما يوضع أنبوب في وعاء من الماء يرتفع سطح الماء على السطح الخارجي للأنبوب كما في الشكل 9a-6؛ لأن قوى التلاصق بين جزيئات الزجاج وجزيئات الماء أكبر من قوى التماسك بين جزيئات الماء. وفي المقابل، فإن قوى التماسك بين جزيئات الزئبق أكبر من قوى التلاصق بين الزئبق وسطح الزجاج؛ لذا لا يرتفع الزئبق في الأنبوب، وتسبب هذه القوى أيضاً انخفاضاً في سطح الزئبق حول الأنبوب الزجاجي كما في الشكل 9b-6.

تطبيق الفيزياء

◀ إن قوة الخاصية الشعرية التي تدفع الماء إلى أعلى داخل الشجرة هي نفسها القوة التي تسمح للمنشفة الورقية بامتصاص الماء. ولتوضيح ذلك ضع إحدى نهايتي شريط طويل من منشفة ورقية في وعاء مختبر فيه ماء، ولاحظ كيف ينتقل الماء إلى أعلى. ▶

تطوير المفهوم

التوتر السطحي تحدّ الطلاب واسألهم بعد أن تجعل مشبك ورق يطفو على سطح الماء: ماذا يحدث إذا جعلوا قطعة صابون تلامس سطح الماء؟ **ستنهار** خاصية التوتر السطحي. **ويغرق مشبك الورق.**

1م حركي

المناقشة

سؤال نستخدم الحبر يومياً للكتابة على أنواع مختلفة من السطوح. اسأل الطلاب الأسئلة التالية: هل لأنواع الحبر جميعها الخصائص نفسها؟ وما الخصائص المرغوب فيها لأنواع الحبر المستخدم في أقلام الحبر الجاف والأقلام ذات الرأس المصنوع من اللباد وفي الطابعات؟ وهل من المناسب لكل أنواع السطوح استخدام نوع واحد من الحبر؟

الجواب ستختلف الإجابات. الحبر المستخدم في الأقلام الجافة لزج، لذا يمكنه دحرجة الكرة الصغيرة. وينبغي أن يكون الحبر المستخدم في الطابعة أقل لزوجة، ولكن يجب أن يُمكنه توتره السطحي من تكوين نقاط صغيرة. وقد ينتشر الحبر كثيراً بوساطة الخاصية الشعرية عند استخدام بعض أنواع الورق.

1م منطقي - رياضي



■ الشكل 9-6 يصعد الماء على جدار الأنبوب الزجاجي من الخارج (a)، في حين ينخفض سطح الزئبق حول الأنبوب (b)، إن قوى التجاذب بين ذرات الزئبق أقوى من قوى التلاصق بين الزئبق والزجاج.

التبخّر والتكثّف Evaporation and Condensation

لماذا يخفّي الماء من بركة صغيرة في يوم حار وجاف؟ تتحرك جزيئات السائل بسرعات عشوائية، كما تعلمت سابقاً. وإذا استطاعت الجزيئات المتحركة بسرعة كبيرة أن تنفذ خلال الطبقة السطحية، فإنها ستنتفد من السائل، لكن وجود قوة تماسك محصلة إلى أسفل على السطح يعيق ذلك؛ لذا لا تغلت من السطح إلا الجزيئات التي لها طاقة كبيرة، ويسمى هروب الجزيئات التبخر.

التبريد بالتبخّر لعملية التبخر أثر في خفض الحرارة (التبريد)؛ ففي الأيام الحارة يفرز الجسم عرقاً، وتبخر العرق يجعلك تشعر بالبرودة. ويؤدي التبخر في بركة الماء الصغيرة إلى تبريد الماء المتبقي. وكلما كانت الطاقة الحركية لجزيء ما أكبر من متوسط الطاقة الحركية لمجموع الجزيئات كانت فرصته في التحرر من الماء أكبر. وعند تحرره ينخفض متوسط الطاقة الحركية للجزيئات المتبقية. وكما تعلمت سابقاً، فإن الانخفاض في متوسط الطاقة الحركية يؤدي إلى انخفاض درجة الحرارة. وتستطيع أن تختبر أثر التبريد عند سكب كمية قليلة من الكحول وفركها براحة يديك؛ إذ تبخر جزيئات الكحول بسهولة؛ لأن قوى التماسك بينها قليلة جداً. وعندما تبخر الجزيئات يمكن ملاحظة أثر التبريد، وتسمى السوائل التي تبخر بسرعة السوائل المتطايرة.

لماذا تشعر أن الجو في الأيام الرطبة أكثر دفئاً منه في الأيام الجافة عند درجة الحرارة نفسها؟ في اليوم الرطب تكون كمية بخار الماء في الهواء مرتفعة، بسبب وجود الكثير من جزيئات الماء في الهواء، ويقل تبعاً لذلك احتمال تبخر جزيئات الماء في العرق. ويعد التعرق ميكانيكية التبريد الرئيسة في جسم الإنسان؛ لذا فإن الجسم لا يكون قادراً على تبريد نفسه بصورة فعالة في اليوم الرطب.

تطبيق الفيزياء

النباتات

تسمح قوى التماسك في السوائل بتمدها كما لو كانت شريطاً مطاطياً مرناً. ومن الصعب تحقيق حالة التمدد هذه في المختبر، ولكنها شائعة في النباتات.

وتحفظ شدة قوى التماسك الماء من أن ينقطع اتصاله ببعضه ببعض، أو يشكل فقاعات، عندما ينتقل إلى الأوراق عبر أنسجة النبات. ولولا هذه القوى ما تمكنت الأشجار من النمو أكثر من 10 أمتار. ▶

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

تطبيقات الزوجة تُعد الزوجة من خصائص الموائع المهمة، بدءاً من زيوت المحركات وانتهاءً بالطلاء ومستحضرات التجميل. ففي زيت المحرك تتحكم الزوجة في تدفق الزيت الذي يستخدم لتقليل الاحتكاك الناشئ عن انزلاق السطوح بعضها فوق بعض. فإذا كان الزيت لزجاً بدرجة كبيرة فسوف يسبب التصاق السطوح بعضها ببعض، أما إذا كانت لزجته قليلة فسوف يتدفق مبتعداً من بين السطوح. لذا تصمم زيوت المحركات الحديثة للمحافظة على اللزوجة المناسبة في الأيام الباردة كما في الأيام الحارة على حد سواء. ومن الممكن أن يصبح الهيليوم بحالة سائلة وذا لزوجة تساوي صفراً عند درجات الحرارة المنخفضة جداً. ويتسلك هذا المائع المميز بسرعة جدران الوعاء الذي يحويه وينساب بعيداً. لذا اطلب إلى الطلاب إجراء بحث حول كيفية قياس اللزوجة وابتكار طريقة لمقارنة لزوجة السوائل مثل: زيت المحرك، والزيوت النباتية، وشامبو غسيل الشعر، والماء. **2م حركي**

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

عرض التبخر ودرجة الحرارة يعتقد بعض الطلاب أن الماء يجب أن يغلي حتى تتغير حالته من السيولة إلى الغازية. لذا اسأل الطلاب: هل يمكن أن تتغير حالة الماء من السيولة إلى الغازية عند درجة حرارة أقل من درجة غليانه 100°C ؟ **نعم**. ضع وعاءً مسطحاً يحوي ماء على سطح الطاولة طوال الليل، ودع الطلاب يلاحظوا الدليل على التبخر في اليوم التالي. **2م** **منطقي-رياضي**

تعزيز الفهم

تلخيص الخصائص اطلب إلى الطلاب مقارنة قوائم خصائص الغازات والسوائل، ثم تحديد أي تلك الخصائص أكثر ملاءمة للغازات، وأيها أكثر ملاءمة للسوائل؟ ثم اطلب إليهم تحديد الخصائص اعتماداً على الطاقة الحركية والقوى بين جزيئات الغاز أو السائل. **2م**

3. التقويم

التحقق من الفهم

الضباب في الليل غالباً ما تبدأ أفلام الغموض بمشهد ليلى ضبابي. اسأل الطلاب: لماذا يتكوّن الضباب في الليل؟ **في غياب الحرارة الصادرة عن الشمس يبرد الهواء، وتتكاثر الرطوبة التي امتصها خلال ساعات النهار، وهذا هو السبب نفسه وراء ظهور الندى على الأعشاب في ساعات الصباح.** **1م**

التوسع

الخاصية الشعرية والملابس تُصمم بعض الملابس المخصصة للرياضيين أو للأشخاص الذي يعملون خارج المباني بحيث تكون قادرة على امتصاص الرطوبة من الجسم وطرحها خارجاً، كما تساعد على الاحتفاظ بدرجة حرارة الجسم. اسأل الطلاب: كيف تعمل تلك الملابس؟ **تستخدم المواد الخاصة الشعرية لامتصاص العرق من الجلد لتطرحه خارج الملابس؛ حيث تتبخر الرطوبة خارج الملابس، وليس عندما تكون على الجلد. لذا تعزل الملابس الجلد عن تأثير التبريد الناتج عن التبخر.** **2م**



الشكل 10-6 يرتفع الهواء الدافئ والرطب القريب من سطح الأرض حتى يصل إلى ارتفاع تكون درجة الحرارة عنده مساوية لدرجة تكثف بخار الماء، فتتشكل الغيوم عند هذا الارتفاع.

إن جزيئات السائل التي تبخرت في الهواء تستطيع العودة أيضاً إلى الحالة السائلة إذا انخفضت طاقتها الحركية أو درجة حرارتها، وتسمى هذه العملية التكثف.

ماذا يحدث عندما تحمل كأساً باردة في منطقة حارة ورطبة؟ سيغطي السطح الخارجي للكأس بالماء المتكثف، وستتحرك جزيئات الماء عشوائياً في الهواء المحيط بالكأس وترتطم بالسطح البارد، وإذا فقدت طاقة كافية فإن قوى التماسك تصبح قوية إلى درجة تمنعها من الإفلات.

يحتوي الهواء الواقع فوق أي مسطح مائي - كما موضح في الشكل 10-6 - على بخار ماء؛ فهو إذن ماء في الحالة الغازية. وإذا انخفضت درجة الحرارة يتكاثف بخار الماء حول جزيئات الغبار المتناهية في الصغر الموجودة في الهواء، ويكوّن قطرات من الماء قطرها 0.01 mm . وتسمى السحابة المتكوّنة من هذه القطرات الضباب. ويتكون الضباب غالباً عندما يبرد الهواء الرطب عن طريق سطح الأرض البارد. ويمكن أن يتكون الضباب داخل المنزل؛ فعندما تفتح زجاجة مياه غازي يحدث انخفاض مفاجئ في الضغط يؤدي إلى انخفاض درجة حرارة الغاز في الزجاجة، مما يُكثف بخار الماء المذاب في ذلك الغاز.

6-2 مراجعة

17. **التبخر والتبريد** في الماضي، عندما يصاب طفل بالحمى كان الطبيب يقترح أن يُمسح الطفل بقطعة إسفنجة مبللة بالكحول. كيف يمكن أن يُساعد هذا الإجراء؟
18. **التوتر السطحي** لمشبك الورق كثافة أكبر من كثافة الماء، ومع ذلك يمكن أن يطفو على سطح الماء. فما الخطوات التي يجب أن تتبعها لتحقيق ذلك؟ وضّح إجابتك.
19. **اللغة والفيزياء** نستخدم في لغتنا العربية مصطلحات، منها "الشريط اللاصق" و "العمل كمجموعة متماسكة"، فهل استخدام المفردتين (التلاصق والتماسك) في سياق كلامنا مطابق لمعانيهما في الفيزياء؟
20. **التلاصق والتماسك** وضّح لماذا يلتصق الكحول بسطح الأنبوب الزجاجي في حين لا يلتصق الزئبق.
21. **الطفو** كيف يمكن لمشبك الورق في المسألة 18 ألا يطفو؟
22. **التفكير الناقد** تجلس فاطمة في يوم حار ورطب في باحة منزلها، وتحمل كأساً من الماء البارد، وكان السطح الخارجي للكأس مغطى بطبقة من الماء، فاعتقدت أختها أن الماء ينسرب من خلال الزجاج من الداخل إلى الخارج. اقترح تجربة يمكن لفاطمة أن تجربها لتوضح لأختها من أين يأتي الماء.

6-2 مراجعة

17. بما أن الكحول يتبخر بسهولة فإنه يوجد تأثير تبريد بالتبخر يمكن ملاحظته بسهولة.
18. ينبغي أن يوضع مشبك الورق بحذر وبشكل مستو على سطح الماء؛ فهذا من شأنه تقليل الوزن لكل وحدة مساحة على سطح الماء الذي سيستقر عليه مشبك الورق.
19. نعم، يلتصق الشريط اللاصق بأشياء أخرى تختلف عنه؛ ليست من النوع نفسه. المجموعة المتماسكة مجموعة من الأشخاص الذين يعملون معاً.
20. قوة تلاصق الكحول بالزجاج أكبر كثيراً من قوة تلاصق الزئبق بالزجاج. كما أن قوى التماسك للزئبق أقوى من قوة التصاقه بالزجاج.
21. إذا اخترق مشبك الورق سطح الماء فإنه يغطس.
22. قد تزن فاطمة الكأس قبل تبريدها في الثلاجة، ثم تخرجها من الثلاجة وتدع الرطوبة تتجمع على سطحها الخارجي، ثم تزن مرة أخرى.

تعلمت سابقاً أن الموائع تولد ضغطاً، هو القوة المؤثرة في وحدة المساحة. وتعلمت أيضاً أن الضغط الذي تولده الموائع يتغير، فمثلاً ينخفض الضغط الجوي كلما زاد ارتفاعك في أثناء تسلقك جبلاً مثلاً. وستدرس في هذا الفصل القوى الناتجة عن الموائع الساكنة والموائع المتحركة.

الموائع الساكنة Fluids at Rest

إذا غطست في بركة سباحة أو بحيرة إلى عمق معين فستدرك عندئذ أن جسمك - وخصوصاً أذنيك - حساس جداً لتغيرات الضغط. ومن المحتمل أنك لاحظت أن الضغط الذي شعرت به على أذنيك لا يعتمد على وضع رأسك إذا كان مرفوعاً أو مائلاً إلى أسفل، ولكن يزداد الضغط إذا غطست إلى أعماق كبيرة.

مبدأ باسكال لاحظ عالم الفيزياء الفرنسي بليز باسكال أن الضغط في المائع يعتمد على عمق المائع، ولا علاقة له بشكل الوعاء الذي يحوي المائع، وقد اكتشف أيضاً أن أي تغير في الضغط المؤثر في أي نقطة في المائع المحصور ينتقل إلى جميع نقاط المائع بالتساوي، وتُعرف هذه الحقيقة بمبدأ باسكال.

ويظهر مبدأ باسكال في كل مرة تعصر فيها أنبوب معجون الأسنان، إذ ينتقل الضغط الذي تؤثر به أصابعك في مؤخرة الأنبوب إلى معجون الأسنان، بحيث يندفع المعجون خارجاً من مقدمة الأنبوب. وبطريقة مماثلة، إذا عصرت إحدى نهايتي بالون غاز الهيليوم فإن نهايته الأخرى تنتفخ.

وعندما تستخدم الموائع في الآلات بهدف مضاعفة القوى فإنك في هذه الحالة تطبق مبدأ باسكال، ففي النظام الهيدروليكي عموماً، يُحصر المائع في حجرتين متصلتين معاً، كما في الشكل 6-11، حيث يوجد في كل حجرة مكبس حر الحركة، ولكل من المكبس مساحة سطح مختلفة، فإذا أثرت القوة F_1 في المكبس الأول الذي مساحته سطحه A_1 أمكن حساب الضغط P_1 المؤثر في المائع باستخدام المعادلة الآتية:

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

والتي تمثل تعريف الضغط، حيث الضغط يساوي القوة المؤثرة في وحدة المساحة. ويمكن حساب الضغط الناتج عن المائع في المكبس الثاني الذي مساحته سطحه A_2 باستخدام المعادلة الآتية:

$$P_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

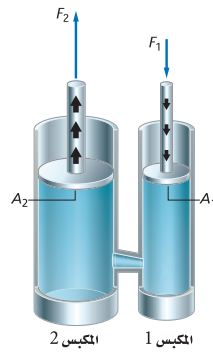
الأهداف

- تربط مبدأ باسكال بالآلات البسيطة وحالاتها.
- تطبق مبدأ أرخيدس للطفو.
- تطبق مبدأ برنولي لتدفق الهواء.

المفردات

- مبدأ باسكال
- قوة الطفو
- مبدأ أرخيدس
- مبدأ برنولي
- خطوط الانسياب

■ الشكل 6-11 ينتقل الضغط الناشئ عن تأثير القوة في المكبس الصغير خلال المائع، بحيث ينتج كقوة مضاعفة في المكبس الكبير.



1. التركيز

نشاط

■ **الموائع والضغط** املاً وعاء مختبر كبيراً إلى منتصفه بالماء. ثم ضع فيه وعاء آخر أصغر منه مقلوباً، ثم اطلب إلى الطلاب ملاحظة مستوى الماء في كلا الوعائين قبل وضع الوعاء المقلوب وبعد وضعه، ثم اطلب إليهم أن يفسروا التغيرات في مستويات الماء، ولماذا لم يرتفع الماء داخل الوعاء الصغير؟ **يرتفع مستوى الماء في الوعاء الكبير لأن الوعاء الصغير والهواء المحصور فيه يزيحان الماء. ولا يرتفع الماء في الوعاء الصغير لأن ضغط الهواء يجبر الماء على الانخفاض. 16 بصري - مكاني**

الربط مع المعرفة السابقة

قوى الطفو تستكشف من خلال هذا البند أيضاً أن الضغط يساوي ناتج قسمة القوة على المساحة التي تؤثر فيها (6-1). وينبغي أن يكون لدى الطلاب الكثير من الخبرة الحياتية حول خاصية الطفو، مثل: السباحة، الطفو بالعوامات، مشاهدة مناطيد غاز الهليوم.

3-6 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 6-1

اختبار قصير 3-6، ص 170

شريحة التدريس 3-6 ص 180

ربط الرياضيات مع الفيزياء

تقويم الفصل 6، ص 184

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 156

2. التدريس

نشاط



انعدام الضغط اطلب إلى الطلاب إنشاء رسم تخطيطي للقوى التي تؤثر في سباح. يجب أن يظهر من خلال المخطط أن قوة الجاذبية الأرضية تؤثر بقوة سحب إلى أسفل، ولكن قد لا يتضح من خلال المخطط مصدر الدفع إلى أعلى. ثم اسأل الطلاب: كيف يغير ارتداء سترة النجاة هاتين القوتين؟ تؤدي هذه السترة إلى إضافة بعض الوزن ولكنها تزيد من قوة الطفو. اطلب إلى الطلاب إنشاء رسم تخطيطي مماثل يوضح القوى المؤثرة في منطاد هواء ساخن يحمل زورقًا، وتأثير زيادة حجم المنطاد. من الممكن أن يضيف وزنًا، ولكن ستكون الزيادة في قوة الطفو أكبر.

2م - بصري - مكاني

واعتمادًا على مبدأ باسكال، ينتقل الضغط دون تغيير خلال المائع؛ لذا فإن مقدار P_2 يساوي مقدار P_1 ، وتستطيع أن تحسب القوة المؤثرة في المكبس الثاني باستخدام العلاقة:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

وبحل المعادلة بالنسبة للقوة F_2 ، يمكن تحديد هذه القوة باستخدام المعادلة الآتية:

$$F_2 = \frac{F_1 A_2}{A_1}$$

القوة الناتجة عن الرافعة الهيدروليكية
القوة المؤثرة في المكبس الثاني تساوي القوة التي يؤثر بها المكبس الأول مضروبة في نسبة مساحة المكبس الثاني إلى مساحة المكبس الأول.

مسائل تدريبية

23. تُعد كراسي أطباء الأسنان أمثلة على أنظمة الرفع الهيدروليكية. فإذا كان الكرسي يزن 1600 N ويرتكز على مكبس مساحة مقطعه العرضي 1440 cm^2 ، فما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر في المكبس الصغير الذي مساحة مقطعه العرضي 72 cm^2 لرفع الكرسي؟
24. تؤثر آلة بقوة مقدارها 55 N في مكبس هيدروليكي مساحة مقطعه العرضي 0.015 m^2 ، فترفع سيارة صغيرة. فإذا كانت مساحة المقطع العرضي للمكبس الذي ترتكز عليه السيارة 2.4 m^2 ، فما وزن السيارة؟
25. يحقق النظام الهيدروليكي الهدف نفسه تقريبًا الذي تحققه الرافعة ولعبة الميزان، وهو مضاعفة القوة. فإذا وقف طفل وزنه 400 N على أحد المكبين بحيث يتزن مع شخص بالغ وزنه 1100 N يقف على المكبس الثاني، فما النسبة بين مساحتي مقطعي المكبين العرضيين؟
26. تستخدم في محل صيانة للآلات رافعة هيدروليكية لرفع آلات ثقيلة لصيانتها. ويحتوي نظام الرافعة مكبسًا صغيرًا مساحة مقطعه العرضي $7.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ ، ومكبسًا كبيرًا مساحة مقطعه العرضي $2.1 \times 10^{-1} \text{ m}^2$ ، وقد وضع على المكبس الكبير محرك يزن $2.7 \times 10^3 \text{ N}$.
 - a. ما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر في المكبس الصغير لرفع المحرك؟
 - b. إذا ارتفع المحرك 0.20 m، فما المسافة التي تحركها المكبس الصغير؟

مسائل تدريبية

23. $8.0 \times 10^1 \text{ N}$
24. $8.8 \times 10^3 \text{ N}$
25. 0.4
26. a. $9.0 \times 10^2 \text{ N}$
b. 0.60 m

السباحة تحت الضغط swimming under pressure

عندما تسبح تشعر أن ضغط الماء يتزايد كلما غطست إلى مسافة أعمق، وينشأ هذا الضغط حقيقة عن قوة الجاذبية الأرضية، التي ترتبط مع وزن الماء فوق الجسم. فإذا غطست إلى أعماق كبيرة فستكون كمية أكبر من الماء فوق جسمك؛ لذا سيكون الضغط عليك أكبر. إن ضغط الماء يساوي وزن عمود الماء F_g فوقك مقسوماً على مساحة المقطع العرضي لعمود الماء A . وعلى الرغم من أن قوة الجاذبية الأرضية تسحب فقط في الاتجاه الرأسي إلى أسفل فإن المائع ينقل الضغط في الاتجاهات جميعها، إلى أعلى وإلى أسفل وإلى الجوانب. وتستطيع أن تجد ضغط الماء بتطبيق العلاقة الآتية:

$$P = \frac{F_g}{A}$$

وزن عمود الماء $F_g = mg$ ، والكتلة تساوي كثافة الماء ρ مضروبة في حجمه، $m = \rho V$. وتعلم أيضاً أن حجم الماء يساوي مساحة قاعدة عمود الماء مضروبة في ارتفاعه $V = Ah$ ؛ لذا فإن $F_g = \rho Ahg$ عوض بـ ρAhg بدلاً من F_g في معادلة ضغط الماء فستجد أن $P = \frac{F_g}{A} = \frac{\rho Ahg}{A}$ ، ثم اختزل A من البسط والمقام للوصول إلى الصورة المبسطة لمعادلة الضغط الذي يؤثر به عمود الماء في جسم الغطاس.

$$P = \rho hg$$

ضغط الماء على الجسم

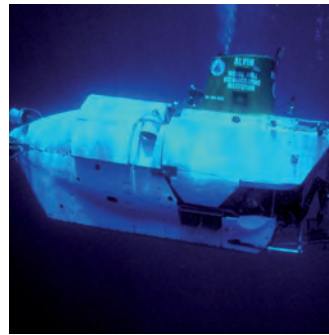
الضغط الذي يؤثر به عمود الماء في الجسم يساوي حاصل ضرب كثافة الماء في ارتفاع عمود الماء في تسارع الجاذبية الأرضية.

تطبق هذه المعادلة على الموائع جميعها، وليس فقط على حالة الماء. ويعتمد ضغط المائع الذي يؤثر في الجسم على كثافة المائع، وعمقه، و g . وإذا كان هناك ماء على سطح القمر فإن قيمة ضغطه عند أي عمق ستكون سُدس قيمته على الأرض. يوضح الشكل 12-6 غواصة تنتقل في أعماق المحيط العميقة، وتتعرض لضغوط تزيد 1000 مرة على مقدار ضغط الهواء المعياري.

قوة الطفو ما الذي يولد القوة الرأسية إلى أعلى التي تسمح لك بالسباحة؟ إن زيادة الضغط الناجمة عن زيادة العمق تولد قوة رأسية إلى أعلى تسمى **قوة الطفو**. وبالمقارنة بين قوة الطفو المؤثرة في جسم ووزنه نستطيع أن نتوقع ما إذا كان الجسم سيغوص أم يطفو.

افترض أن صندوقاً ارتفاعه l ومساحة سطحه العلوي والسفلي A غمر في الماء، فيكون حجم الصندوق $V = lA$ ، ويؤثر ضغط الماء بقوى في كل جوانبه، كما هو موضح في الشكل 13-6. هل يغوص الصندوق أم يطفو؟ كما تعلم، يعتمد الضغط المؤثر في الصندوق على عمقه h . ولتعرف ما إذا كان الصندوق سيطفو على سطح الماء أم لا فإنك تحتاج أن تعين مقدار الضغط المؤثر في السطح العلوي للصندوق مقارنة بالضغط المؤثر في

■ الشكل 12-6 في عام 1960 م نزل طاقم الغطس تريست (Triste) إلى أعماق الأخدود مارياناس (Marianas) الذي يزيد عمقه على 10500 m. وتمكن أحد الغواصين، كما هو موضح في الشكل، من الغطس بأمان إلى عمق 4500 m في مياه المحيط.



المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

الوزن الظاهري والكتلة يعرف الطلاب أنه يمكن رفع الأجسام بسهولة تحت الماء. لذا قد يعتقدون أن الأجسام لها وزن أقل أو كتلة أقل. وضح لهم أن كتلة الجسم المغمور لا تتغير، وأن قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في الجسم ($F_g = mg$) تبقى كما هي ولا تتغير. ويؤاثر الوزن في اتجاه الأسفل بقوة الطفو المؤثرة في اتجاه الأعلى، لذا يكون الوزن الظاهري أقل.

عرض سريع

الضغط والعمق

الزمن المقدر 5 دقائق.

المواد والأدوات علبة، مسمار أو مثقب، مطرقة، ماء، وعاء كبير أو حوض، شريط لاصق.

الخطوات اثقب ثلاثة ثقوب صغيرة على ارتفاعات مختلفة في جانب علبة كبيرة. ثم غطّ هذه الثقوب بشريط لاصق قوي مضاد للماء. ثم املاً العلبة بماء ملون، وضعها في حوض كبير أو في وعاء كبير، ثم أزل قطع الشريط اللاصق، واطلب إلى الطلاب أن يفسّروا لماذا تقطع التيارات المائية المتدفقة من الثقوب مسافات مختلفة من العلبة؟ إن تيار الماء المتدفق من الثقب الأسفل له أكبر سرعة أفقية (v)؛ لأن الضغط داخل العلبة يكون كبيراً عند القاع. أما تيار الماء المتدفق من الثقب الأعلى فله أقل سرعة أفقية؛ لأن الضغط داخل العلبة يكون قليلاً عند الأعلى.

من معلم إلى آخر

نشاط

تأثير الضغط الجوي

الهدف إظهار تأثير الضغط الجوي في مادة صلبة.

المواد والأدوات ماء ثلج، علبة صودا فارغة مصنوعة من الألومنيوم، ملقط، موقد بنزن وحامل حلقي أو صفيحة تسخين، نظارات واقية، قفازات حماية، حوض معدني مملوء بماء ثلج.

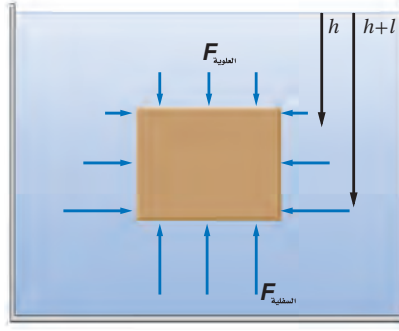
الخطوات ضع النظارات الواقية، والبس قفازات الحماية، ثم ضع 5 ml من الماء في علبة الصودا، وسخنها حتى يخرج البخار من أعلى العلبة. مستعيناً بالملقط ارفع العلبة عن مصدر الحرارة، واقبلها مباشرة في حوض الماء الثلج بحيث يكون أعلى العلبة (فتحة العلبة) عند قاع الحوض. إن انخفاض درجة الحرارة يؤدي إلى انخفاض الضغط في العلبة. لذا يؤدي الضغط الجوي الخارجي إلى انكماش العلبة.

استخدام الشكل 13-6

يوضح هذا الشكل كيف تنشأ قوة الطفو من الاختلافات في الضغط عند أعلى الجسم وعند أسفله. لذا اطلب إلى الطلاب أن يعيدوا رسم الشكل مستخدمين أشكالاً ذات أطوال وارتفاعات مختلفة، واطلب إليهم كذلك تثبيت متجهات القوة في الرسم. ثم افترض أنه تم غمر صندوق مستطيل المقطع ذي جوانب أطوالها مختلفة. ناقش الطلاب كيف أن قوة الطفو المؤثرة في مثل هذا الصندوق ستكون هي نفسها مهما كان اتجاه الصندوق. **2م بصري - مكاني**

التفكير الناقد

الطفو في الهواء لقد كانت المناطيد الأولى المعدّة لحمل الإنسان في الهواء مملوءةً بالهواء المسخن وليس بالهليوم. اطلب إلى الطلاب التفكير في كيفية توفير منطاد الهواء الساخن قوة حمل كافية لرفع عربة معلقة به بالإضافة إلى الركاب. واسألهم إذا كان هذا المنطاد سيعمل على نحو أفضل أم أسوأ في يوم بارد. واطلب إليهم تفسير ذلك بدلالة معرفتهم بالغازات والحركة الحرارية. **على الطلاب أيضًا أن يكونوا قادرين على توضيح ذلك بدلالة قانون الغاز المثالي الذي يقود إلى مفهوم درجة الحرارة بدلالة حركة الجزيء.** سوف يعمل المنطاد على نحو أفضل في اليوم البارد لأن كثافة الهواء الجوي تكون أكبر؛ فيكون الهواء الساخن في المنطاد أقل كثافة من الهواء المحيط به؛ إذ تزداد الطاقة الحرارية لجزيئات الهواء داخل المنطاد وتتحرك بعيدًا بعضها عن بعض. ويولد فرق الكثافة بين الهواء الساخن داخل المنطاد والهواء البارد المحيط به قوة الطفو التي ترفع المنطاد. اسأل الطلاب ما العلاقة بين الهواء الساخن الذي يرتفع في المنطاد والهواء الساخن الذي يرتفع من مدخنة؟ إن خاصية الطفو للهواء المسخن هي التي تدفع الهواء الساخن إلى أعلى في الحاليتين. **2م**



الشكل 13-6 يؤثر المائع بقوة إلى أعلى في قاع الجسم المغمور أكبر من القوة المؤثرة إلى أسفل في السطح العلوي للجسم. وتسمى محصلة القوة إلى أعلى بقوة الطفو.

نظرية عملية
لماذا تبدو الصخرة خفيفة في الماء؟
ارجع إلى دليل التجارب العملية

قاع الصندوق. قارن بين المعادلتين الآتيتين:

$$F_{\text{العلوي}} = P_{\text{العلوي}} A = \rho h g A$$

$$F_{\text{السطحي}} = P_{\text{السطحي}} A = \rho (l+h) g A$$

إن القوى المؤثرة في الجوانب الأربعة الرأسية متساوية في جميع الاتجاهات؛ لذا ليس هناك قوة محصلة أفقية. والقوة الرأسية إلى أعلى المؤثرة في قاع الصندوق أكبر من القوة الرأسية إلى أسفل المؤثرة في سطحه العلوي؛ لذا فهناك قوة محصلة رأسية. ويمكن الآن حساب مقدار قوة الطفو.

$$\begin{aligned} F_{\text{الطفو}} &= F_{\text{السطحي}} - F_{\text{العلوي}} \\ &= \rho (l+h) g A - \rho h g A \\ &= \rho l g A = \rho V g \end{aligned}$$

وتبين هذه الحسابات أن القوة المحصلة الرأسية إلى أعلى تتناسب طرديًا مع حجم الصندوق، وهذا الحجم يساوي حجم المائع المزاح أو المدفوع خارجًا عن طريق الصندوق؛ لذا فإن مقدار قوة الطفو $\rho V g$ تساوي وزن المائع المزاح عن طريق الجسم.

$$F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{المائع}} V g$$

قوة الطفو

قوة الطفو المؤثرة في الجسم تساوي وزن المائع المزاح عن طريق الجسم، والتي تساوي كثافة المائع المغمور فيه الجسم مضروبًا في حجم الجسم وفي تسارع الجاذبية الأرضية.

اكتشف هذه العلاقة في القرن الثالث قبل الميلاد العالم الإغريقي أرخميدس، وينص مبدأ أرخميدس على أن الجسم المغمور في مائع تؤثر فيه قوة رأسية إلى أعلى تساوي وزن المائع المزاح عن طريق الجسم. ولا تعتمد القوة على وزن الجسم، ولكن تعتمد فقط على وزن المائع المزاح.

هل يغوص الجسم أم يطفو؟ إذا أردت أن تعرف ما إذا كان الجسم سيطفو أم يغوص فإنه يجب أن تأخذ بعين الاعتبار كل القوى المؤثرة في الجسم. فقوة الطفو تدفع الجسم إلى أعلى، ولكن وزن الجسم يسحبه إلى أسفل، ويجدد الفرق بين قوة الطفو ووزن الجسم ما إذا كان الجسم سيغوص أم يطفو. افترض أنك غمرت ثلاثة أجسام في خزان مملوء بالماء ($\rho_{\text{الماء}} = 1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)، وكان حجم كل جسم منها 100 cm^3 أو $1.00 \times 10^{-4} \text{ m}^3$. فإذا كان الجسم الأول قالبًا فولاذيًا كتلته 0.90 kg ، والجسم الثاني عبوة صودا من الألومنيوم كتلتها 0.10 kg ، أما الجسم الثالث فمكعب من الجليد كتلته 0.090 kg ، فكيف يتحرك كل من الأجسام الثلاثة عندما تغمر في الماء؟

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

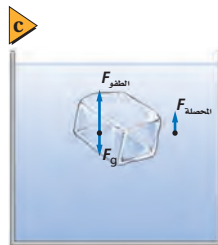
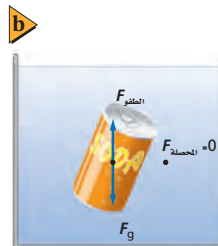
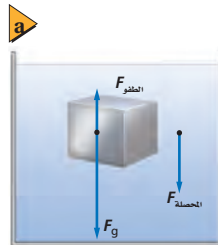
مبدأ أرخميدس طلب الملك هيرو حاكم سيراكيوس من أرخميدس أن يحدد ما إذا كان تاجه الجديدي يحتوي على كمية الذهب كلها التي أعطيت للحر في لصناعته. ووفقًا للأسطورة، عندما غمر أرخميدس جسده في حوض حمامه الممتلئ بالماء أدرك أن الماء قد أزيح، وبدا أن جسمه يزن أقل مما سبق. عندئذ قفز من حوض الحمام وبدأ يعدو في الشارع ويصيح "يوريكا" يعني "وجدتها". لقد استنتج أرخميدس أنه عند ثبات الوزن فإن الجسم الأكثر كثافة، كالذهب، يزيح حجمًا أقل من الماء. وقد وجد في النهاية أن التاج ليس مصنوعًا من الذهب الخالص. فالتاج الجديدي أزاح كمية أكبر من الماء مقارنة بما يزيحه الوزن نفسه من الذهب؛ ذلك لأن له حجمًا أكبر.

التفكير الناقد

الطفو وعملية الوزن تُعد عملية الوزن من أفضل الطرائق لدراسة قوة الطفو. لذا اطلب إلى الطلاب استخدام موازين مزودة بخطافات عند وزن أجسام صغيرة ذات أحجام ومواد مختلفة، بحيث توزن تلك الأجسام مرة في الهواء، ومرة أخرى في الماء، وأخيرًا في ماء مالح مُحضّر. واطلب إليهم تسجيل مشاهداتهم. بعض المشاهدات:

(1) **الوزن الظاهري للأجسام الطافية يساوي صفرًا عندما يُقاس بواسطة الميزان. (2) يتناقص الوزن الظاهري للجسم المغمور جزئيًا عندما يُغمر الجسم أكثر. (3) الوزن الظاهري للجسم الغاطس لا يساوي صفرًا، ولكن وزنه أقل من وزنه في الهواء. (4) الوزن الظاهري للجسم في الماء المالح أقل من وزنه الظاهري في الماء العذب؛ لأن الحجم نفسه يزيح وزنًا أكبر من السائل.**

1م حركي



الشكل 14-6 قالب من الفولاذ (a)، عبوة ألومنيوم لمشروب الصودا (b) ومكعب جليد (c) لكل منها الحجم نفسه، تزيح كمية متساوية من الماء، وتخضع لتأثير قوى طفو متماثلة. ولأن أوزانها مختلفة فإن محصلة القوى المؤثرة في الأجسام الثلاثة مختلفة أيضًا.

إن القوة الرأسية على الأجسام الثلاثة متساوية، انظر إلى الشكل 14-6، لأن كلاً منها قد أزاح الوزن نفسه من الماء، ويمكن حساب قوة الطفو على النحو الآتي:

$$F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{الماء}} Vg$$

$$= (1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3) (1.00 \times 10^{-4} \text{ m}^3) (9.80 \text{ m/s}^2)$$

$$= 0.980 \text{ N}$$

إن وزن قالب الفولاذ يساوي 8.8 N وهو أكبر كثيرًا من قوة الطفو. وتبعًا لذلك تكون القوة المحصلة الرأسية المؤثرة فيه إلى أسفل؛ لذا يغوص القالب. لاحظ أن القوة المحصلة الرأسية إلى أسفل هي وزن الجسم الظاهري، وهي أقل من وزنه الحقيقي، وكل الأجسام التي في سائل، - ومنها تلك التي تغوص - لها وزن ظاهري أقل من وزنها عندما تكون في الهواء. ويمكن التعبير عن الوزن الظاهري بالمعادلة الآتية:

$$F_{\text{الظاهري}} = F_g - F_{\text{الطفو}}$$

وبالنسبة لقالب الفولاذ فإن وزنه الظاهري يساوي (8.8 N - 0.98 N) أو 7.8 N.

ووزن عبوة الصودا يساوي 0.980 N، وهذا يماثل وزن الماء المزاح؛ لذا لا توجد قوة محصلة تؤثر في العبوة، ولذلك تبقى العبوة حيث توضع في الماء ولها قوة طفو متعادلة. وتوصف الأجسام ذات قوة الطفو المتعادلة بالأجسام العديمة الوزن، أي أن وزنها الظاهري صفر. إن هذه الخاصية ماثلة لتلك التي يعاني منها رواد الفضاء في الفضاء. وهذا يفسر تدريب رواد الفضاء أحيانًا في برك السباحة.

أما وزن مكعب الجليد فيساوي 0.88 N، وهو أقل من قوة الطفو، ولذلك توجد قوة محصلة رأسية إلى أعلى؛ لذا يرتفع مكعب الجليد إلى أعلى. إن القوة المحصلة الرأسية إلى أعلى ستجعل جزءًا من مكعب الجليد خارج الماء. ونتيجة لذلك، تزيح كمية أقل من الماء وتقلل القوة الرأسية إلى أعلى، ويطفو مكعب الجليد في الماء ويكون جزء منه داخل الماء والآخر خارجه حتى يتساوى وزن الماء المزاح مع وزن مكعب الجليد. وعمومًا يطفو الجسم إذا كانت كثافته أقل من كثافة المائع المغمور فيه.

السفن يفسر مبدأ أرخيدس كيف يمكن للسفن المصنوعة من الفولاذ أن تطفو على سطح الماء، فإذا كان جسم السفينة مفرغًا وكبيرًا بما يكفي فإن معدل كثافة السفينة يكون أقل من كثافة الماء، ولذلك تطفو.

طرائق تدريس متنوعة

نشاط

إعاقة بصرية يمكن التحقق من الطفو والضغط واللزوجة عن طريق الشعور. لذا يجب أن يُعطى الطالب الفرصة لكي يشعر بتأثير الطفو عن طريق دفع أو رفع الأجسام الطافية أو المغمورة في حوض ماء أو المغمورة في مغسلة مملوءة بالماء. كما يستطيع الطالب دراسة اللزوجة عن طريق تحريك الماء أو شامبو غسيل الشعر بوساطة إصبعه. لذا اطلب إلى الطلاب وصف أحاسيسهم التي يشعرون بها. واسألهم الأسئلة التالية: ما الذي اختبروه عندما حاولوا غمر جسم من الفلين أو مكعب من الجليد في الماء؟ وبم يخبرهم هذا عن الطفو؟ وكيف يمكن مقارنة عملية تحريك شراب الكاكاو بعملية تحريك (الكريما)؟ وبم تخبرهم هذه المقارنة عن لزوجة الموائع؟

1م

مثال صفي

سؤال شكّل طفل قطعة من رقائق ألومنيوم كتلتها 0.012 kg ليصنع منها قاربًا يطفو على الماء. ما حجم الماء الذي يزيحه قارب الألومنيوم؟

الجواب

بما أن القارب طفا لذا تكون قوة الطفو:

$$F_{\text{الطفو}} = F_g \text{ الألومنيوم}$$

$$\rho_{\text{الماء}} V_{\text{الماء}} g = m_{\text{الألومنيوم}} g$$

لذا فإن

$$V_{\text{الماء}} = \frac{m_{\text{الألومنيوم}}}{\rho_{\text{الماء}}}$$

$$= 0.012 \text{ kg} / 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$= 1.2 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

سؤال إذا قام الطالب بتحطيم القارب في السؤال أعلاه وتجميعه على شكل كرة صغيرة مصممة فإنها تغطس في الماء. ما حجم الماء الذي تزيحه كرة الألومنيوم، مع افتراض أنه لا يوجد هواء داخلها؟ وما الوزن الظاهري لكرة الألومنيوم في الماء؟

الجواب حجم كرة الألومنيوم V

$$V = \frac{m_{\text{الألومنيوم}}}{\rho_{\text{الألومنيوم}}}$$

$$= (0.012 \text{ kg}) / (2.70 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)$$

$$= 4.4 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

وهذا يمثل حجم الماء المزاح بواسطة الكرة المغمورة. أما وزنها الظاهري فيساوي وزنها في الهواء مطروحًا منه قوة الطفو المؤثرة في الكرة المغمورة:

$$F_{\text{الظاهري}} = m_{\text{الألومنيوم}} g - \rho_{\text{الماء}} V_{\text{الماء}} g$$

$$= (0.012 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2) - (1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(4.4 \times 10^{-6} \text{ m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2)$$

$$= 0.74 \text{ N}$$

ويمكن أن تلاحظ أن السفينة المحملة بالبضائع تبحر بحيث تنخفض في الماء أكثر من السفينة الفارغة. وتستطيع توضيح هذا من خلال صنع قارب صغير من رقائق الألومنيوم، حيث يطفو هذا القارب بسهولة، وينغمر جزء أكبر منه في الماء إذا أضيف إليه حولة من مشابك الورق. وإذا حطمت القارب وجمعت رقائق الألومنيوم التي تكونه على شكل كرة مصمتة، فإنها في هذه الحالة تغطس بسبب زيادة كثافتها.

وبطريقة مماثلة، تطفو القارات الأرضية فوق مواد ذات كثافة كبيرة تحت السطح، وحركة الانجراف للصفائح القارية هي المسؤولة عن الأشكال والمواقع الحالية للقارات.

وهناك أمثلة تطبيقية أخرى على مبدأ أرخيدس، منها الغواصات البحرية والأسماك؛ إذ توظف الغواصات مبدأ أرخيدس في عملها، فكلما ضُخ الماء داخل عدد من الحجرات المختلفة وخارجها يتغير متوسط كثافة الغواصة، مما يجعلها تطفو أو تغطس. أما بالنسبة للأسماك، فلدى بعضها انتفاخ غشائي للسباحة يسمى مثانة العوم، وهي تطبق مبدأ أرخيدس للتحكم في العمق الذي توجد فيه، فالأسماك تنفخ مثانة العوم أو تقلصها كما ينفخ الإنسان خديه. فتنفخه لإزاحة كمية أكبر من الماء، وبذلك تزيد من قوة الطفو وترتفع، وفي المقابل تنزل إلى أسفل في الماء بتقليص حجم مثانة العوم.

الربط مع علم الأرض

لماذا نؤمّن أذنّاك عندما نفوس في الماء؟
ارجع الى دليل التجارب العملية

مثال 3

مبدأ أرخيدس ينغمر قالب بناء من الجرانيت حجمه $(1.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3)$ ، في الماء، فإذا كانت كثافة الجرانيت $2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ، فما مقدار:

- قوة الطفو المؤثرة في قالب الجرانيت؟
- الوزن الظاهري لقالب الجرانيت؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم قالب جرانيت مغمورًا في الماء.
- بين قوة الطفو الرأسية إلى أعلى وقوة الجاذبية الأرضية الرأسية إلى أسفل اللتين تؤثران في القالب.

المجهول

$$F_{\text{الطفو}} = ?$$

$$F_{\text{الظاهري}} = ?$$

المعلوم

$$V = 1.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\rho_{\text{الجرانيت}} = 2.70 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{الماء}} = 1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

2 إيجاد الكمية المجهولة

- احسب قوة الطفو على قالب الجرانيت.

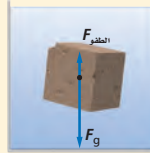
عوض مستخدمًا $\rho_{\text{الماء}} = 1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

$g = 9.80 \text{ m/s}^2$ و $V = 1.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

$$F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{الماء}} V g$$

$$= (1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(1.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2)$$

$$= 9.80 \text{ N}$$



مسائل تدريبية

27. $1.6 \times 10^3 \text{ N}$

28. $6.2 \times 10^{-2} \text{ m}^3$

29. $1.09 \times 10^3 \text{ N}$

30. $8.8 \times 10^2 \text{ N}$

31. $4.9 \times 10^{-2} \text{ m}^3$

b. احسب وزن قالب الجرانيت، ثم أوجد وزنه الظاهري.

عوض مستخدماً $\rho_{\text{جرانيت}} = 2.70 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
 $V = 1.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ و $g = 9.80 \text{ m/s}^2$

$F_g = \rho_{\text{الجرانيت}} Vg$

$= (2.70 \times 10^3 \text{ kg/m}^3) (1.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3) (9.80 \text{ m/s}^2)$

$= 26.5 \text{ N}$

$F_{\text{الظاهر}} = F_g - F_{\text{الطفو}}$

$= 26.5 \text{ N} - 9.80 \text{ N}$

$= 16.7 \text{ N}$

عوض مستخدماً $M = 39.9 \text{ g/mol}$ ، $n = 0.893 \text{ mol}$

3. تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ تقاس كل من القوى والوزن الظاهري بوحدة النيوتن، كما هو متوقع.
- هل الجواب منطقي؟ قوة الطفو تساوي تقريباً ثلث وزن قالب الجرانيت، وهذه إجابة منطقية؛ لأن كثافة الماء تساوي ثلث كثافة الجرانيت تقريباً.

مسائل تدريبية

27. إن كثافة القرميد الشائع الاستخدام أكبر 1.8 مرة من كثافة الماء. ما الوزن الظاهري لقالب من القرميد حجمه 0.20 m^3 مغمور تحت الماء؟
28. يطفو سباح في بركة ماء، بحيث يعلو رأسه قليلاً فوق سطح الماء. فإذا كان وزنه 610 N فما حجم الجزء المغمور من جسمه؟
29. ما مقدار قوة الشد في حبل يحمل كاميرا وزنها 1250 N مغمورة في الماء، إذا علمت أن حجم الكاميرا $16.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ؟
30. لوح من الفلين الصناعي كثافته تساوي 0.10 مرة من كثافة الماء تقريباً. ما أكبر وزن من قوالب القرميد تستطيع وضعها على لوح الفلين الصناعي الذي أبعاده $1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 0.10 \text{ m}$ ، بحيث يطفو اللوح على سطح الماء، وتبقى قوالب القرميد جافة؟
31. يوجد عادة في الزوارق الصغيرة قوالب من الفلين الصناعي تحت المقاعد؛ لتساعدها على الطفو في حال امتلاء الزورق بالماء. ما أقل حجم تقريبي من قوالب الفلين اللازمة ليطفو قارب وزنه 480 N ؟



■ الشكل 15-6 يوضح النفخ فوق سطح صفيحة من الورق مبدأ برنولي.

حاول تنفيذ التجربة الموضحة في الشكل 15-6. ضع قطعة من ورق دفتر ملاحظاتك أسفل شفتك السفلى قليلاً، ثم انفخ بقوة فوق سطحها العلوي. لماذا ترتفع قطعة الورق؟ يقلل نفخ الهواء الضغط فوق الورقة. وبسبب انخفاض الضغط أعلى الورقة فإن ضغط الهواء الساكن نسبياً أسفل الورقة يدفع الورقة إلى أعلى. إن العلاقة بين السرعة والضغط المؤثر عن طريق الموائع المتحركة يسمى مبدأ برنولي نسبة إلى العالم السويسري دانييل برنولي.

ينص مبدأ برنولي على أنه عندما تزداد سرعة المائع يقل ضغطه. وهذا المبدأ تمثيل لمبدأ حفظ الشغل والطاقة عند تطبيقه على الموائع. ويعتبر تدفق المائع عبر مقطع ضيق حالة من الحالات التي تزداد فيها سرعة المائع. فصناير الماء في بعض خراطيم الحدائق يمكن أن تتسع أو تضيق؛ لذا تتغير سرعة تدفق الماء.

ولعلك لاحظت أن سرعة الماء تزداد في جدول الماء (الوادي) عندما يمر عبر مقطع ضيق في مجرى الجدول، وعموماً يغير اتساع أو تضيق مجرى المائع - كخرطوم الماء أو قناة جدول الماء - من سرعة المائع، بحيث يبقى معدل التدفق للمائع محفوظاً. وبالإضافة إلى الجداول وخرطوم الماء فإن ضغط الدم في دورتنا الدموية يعتمد جزئياً على مبدأ برنولي. كما تتضمن معالجة أمراض القلب إزالة الانسداد في الشرايين والأوردة، وتجنب حدوث الجلطات في الدم.

لنأخذ حالة أنبوب أفقي مملوء بهائع مثالي يتدفق بسهولة؛ فإذا عبرت كمية معينة من المائع في أحد طرفي الأنبوب، فإن الكمية نفسها يجب أن تخرج من الطرف الآخر. افترض الآن أن المقطع العرضي أصبح أضيق، كما في الشكل 16-6، فيجب أن تزداد سرعة تدفق المائع للحفاظ على كتلته المنتقلة عبر المقطع الضيق خلال فترة زمنية ثابتة. لكن كلما ازدادت سرعة المائع ازدادت طاقته الحركية، وهذا يعني أن هناك محصلة شغل بُذلت على المائع السريع الحركة، وينتج هذا الشغل المحصل عن الفرق بين الشغل الذي بُذل لانتقال كمية من المائع داخل الأنبوب والشغل الذي بذل عن طريق المائع لدفع الكمية نفسها من المائع خارج الأنبوب. ويتناسب الشغل طردياً مع القوة المؤثرة في المائع، والتي تعتمد بدورها على الضغط. فإذا كانت محصلة الشغل موجبة وجب أن يكون ضغط المائع في المدخل عند بداية المقطع (حيث تكون سرعة المائع أقل) أكبر من الضغط في المخرج عند نهاية المقطع، حيث تكون سرعة المائع أكبر.

تطبيقات على مبدأ برنولي هناك بعض التطبيقات العملية الشائعة على مبدأ برنولي، ومنها مرش (بخاخ) الطلاء، ومرذاذ العطر. ويعمل المرذاذ البسيط في زجاجة العطر بنفخ الهواء عبر الجزء العلوي من الأنبوب المغمور في العطر، فينخفض الضغط عند قمة الأنبوب، بحيث يصبح أقل من الضغط داخل الزجاجة، ونتيجة لذلك، يندفع العطر عبر تيار الهواء.

تطوير المفهوم

عرض مبدأ برنولي أمسك ورقتين بصورة رأسية أمام وجهك، ثم انفخ بينهما. واسأل الطلاب: لماذا تنجذب الورقتان إحداهما إلى الأخرى. **التدفق الكبير للهواء يعني سرعة كبيرة** لجزيئات الهواء بين الورقتين مما يسبب تقليل ضغط الهواء. والضغط الكبير على الجوانب الخارجية للورقتين يدفعهما معاً إلى الداخل.

24 بصري - مكاني

تعزيز الفهم

مبدأ برنولي ذكر الطلاب أن الضغط والطفو، ومبدأ برنولي خصائص للسوائل والغازات على حد سواء. واسألهم: لماذا لا تظهر خاصية الطفو جلية في الهواء، ولماذا نستخدم غالباً أمثلة تتضمن الغازات لتوضيح مبدأ برنولي؟ **إن الكثافة القليلة للهواء تجعل من قوة طفوه أقل.** وتتحرك معظم الأجسام خلال السوائل ببطء، لذا تكون تأثيرات مبدأ برنولي في السوائل قليلة غالباً. 24

الفيزياء في الحياة

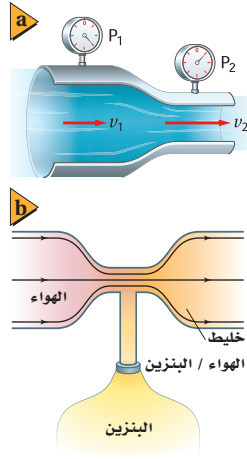
معلومة للمعلم

البوميرنج (عصا معقوفة مرتدة) اكتشف سكان أستراليا الأصليون مبدأ عمل الجناح، وذلك بتغيير انحناء الحافة الخارجية للذراع العلوية للعصا والحافة الداخلية للذراع السفلية بالطريقة نفسها، وبهذه التعديلات تعود العصا إليهم عند قذفها. يفسر مبدأ برنولي كيفية حدوث ذلك. ففكر في العصا وكأنها على شكل حرف I كبير. فعندما تدور العصا في الهواء يتحرك الهواء على أحد جانبي ذراع العصا أسرع من الجانب الآخر. ويتضح من مبدأ برنولي أن هناك فرقاً في ضغط الهواء على جانبي الذراعين. ولأن كلاً من الحافتين المقوستين تتبع الأخرى عندما تدور العصا فإن هناك دائماً فرقاً في ضغط الهواء يؤثر في أحد جانبي العصا، لذا ستتحرك العصا في مسار لولبي.

يُعدّ المازج (carburetor) في محرك البنزين، حيث يختلط الهواء بالبنزين، تطبيقاً شائعاً آخر على مبدأ برنولي. إن أحد أجزاء المازج عبارة عن أنبوب فيه ضيق في منطقة معينة، كما في الشكل 16b-6. ويكون الضغط على البنزين في خزان الوقود مماثلاً للضغط في الجزء الأكثر اتساعاً في الأنبوب. لكنّ تدفق الهواء عبر المقطع الضيق من الأنابيب والموصول بخزان الوقود يجعل الضغط منخفضاً؛ لذا يندفع الوقود في منطقة تدفق الهواء. وتتغير كمية الوقود المزوجة بالهواء في الأنبوب تبعاً لتنظيم هذا التدفق. تتجه السيارات الحديثة إلى استخدام محقنة الوقود أو نفثه بدلاً من نظام المازج، ولكن لا تزال أنظمة المازج شائعة الاستخدام في السيارات القديمة، وفي الآلات ذات المحركات الصغيرة التي تدار بالبنزين ومنها آلات جزّ العشب.

خطوط الانسياب يستند صانعو السيارات والطائرات الكثير من الوقت والجهد في اختبار تصاميم جديدة للسيارات والطائرات داخل أنفاق هوائية للتحقق من قدرتها على العمل بكفاءة عظمى في أثناء حركتها خلال الهواء. ويُمثّل تدفق الموائع حول الأجسام بخطوط الانسياب الموضحة في الشكل 17-6. وتحتاج الأجسام إلى طاقة أقل لتحرك عبر تدفق منتظم من خطوط الانسياب.

يمكن توضيح خطوط الانسياب بصورة أفضل من خلال التمثيل البسيط التالي: تخيل أنك تضيف بعناية قطرات صغيرة من صبغة الطعام داخل مائع ينساب بشكل منتظم، فإذا بقيت الخطوط الملونة التي تشكلت دقيقة ومحددة قيل عندئذٍ إن التدفق انسيابي. لاحظ أنه إذا ضاق مجرى التدفق فإن خطوط الانسياب تتحرك مقتربة بعضها من بعض. وتشير خطوط الانسياب التي تفصلها مسافات قليلة إلى سرعة انسياب كبيرة؛ لذا يكون الضغط منخفضاً. من جهة أخرى إذا تحركت خطوط الانسياب حركة ملتفة كالدوّامة بحيث أصبحت منتشرة، فعندئذٍ يقال: إن المائع مضطرب. ولا يطبق مبدأ برنولي في حالة التدفق المضطرب للموائع.



■ الشكل 16-6 يكون الضغط P_1 أكبر من P_2 ، لأن v_1 أقل من v_2 (a). يعمل الضغط المنخفض في الجزء الضيق من أنبوب المازج (carburetor) على سحب الوقود إلى مجرى الهواء (b).

■ الشكل 17-6 خطوط الانسياب المنتظمة لتدفق الهواء فوق سيارة.



تحفيز

نشاط

تصميم القوارب والزلاجات الطائرة إن تصميم الزوارق السريعة ووسائل الترفيه - ومنها الدراجات المائية والزلاجات الطائرة - تتضمن فهم قوى الطفو، وحجم الماء المزاح، ومركز كتلتها (من أجل الاتزان)، بالإضافة إلى مبدأ برنولي. فعلى سبيل المثال، يصمّم الكثير من القوارب الترفيهية والدراجات المائية لتطفو في المياه الضحلة. وعندما تتحرك بسرعة كبيرة ترفع جزئياً ويتناقص الجزء المغمور منها، فتزيح كمية أقل من الماء، مما يؤدي إلى مواجهتها قوة مقاومة أقل لحركتها. اطلب إلى الطلاب البحث عن كيفية تصميم مثل هذه الآلات بحيث تكون مستقرة وقادرة على الارتفاع عن سطح الماء عند سرعات معينة. **2م لغوي**

3. التقويم

التحقق من الفهم

مبدأ برنولي والقيادة على الطرق السريعة
عندما تتجاوز شاحنة كبيرة سيارة تتحرك على الطريق السريع قد تتأثر السيارة بقوة جانبية في اتجاه الشاحنة. اسأل الطلاب: ما سبب حدوث ذلك؟ يتحرك الهواء بين السيارة والشاحنة بسرعة أكبر من الهواء المحيط، لذا يقل ضغط الهواء بين السيارة والشاحنة. **م 2**

التوسع

الأجنحة كان ابتكار الأشرعة المتحركة للقوارب أحد الابتكارات العظيمة في التاريخ. وأصبح بمقدور الشراع بوساطة هذا الابتكار الدوران بزوايا مختلفة، حتى أصبح بإمكان القارب فعلياً الإبحار نحو الرياح، حيث كانت القوارب قبل ذلك تبحر فقط مع اتجاه الرياح. اسأل الطلاب كيف تستخدم الأشرعة المتحركة مبدأ برنولي؟ يتم تركيب الشراع بحيث تتحرك الرياح على سطحي الشراع، فينحني الشراع على هيئة جناح. ولذا يُحدث تدفق الهواء فرقاً في الضغط على سطوح الشراع. **م 3**

36. **الضغط والقوة** رُفعت سيارة تزن $2.3 \times 10^4 \text{ N}$ عن طريق أسطوانة هيدروليكية مساحتها 0.15 m^2 .

a. ما مقدار الضغط في الأسطوانة الهيدروليكية؟

b. ينتج الضغط في أسطوانة الرفع عن طريق التأثير بقوة في أسطوانة مساحتها 0.0082 m^2 ، ما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر في هذه الأسطوانة الصغيرة لرفع السيارة؟

37. **الإزاحة** أي مميلي يزيع ماء أكثر عندما يوضع في حوض مائي؟

a. قالب ألومنيوم كتلته 1.0 kg ، أم قالب رصاص كتلته 1.0 kg ؟

b. قالب ألومنيوم حجمه 10 cm^3 ، أم قالب رصاص حجمه 10 cm^3 ؟

38. **التفكير الناقد** اكتشفت في المسألة التدريبية رقم 4، أنه عندما يمر إعصار فوق منزل فإن المنزل ينهار أحياناً من الداخل إلى الخارج. فكيف يفسر مبدأ برنولي هذه الظاهرة؟ وماذا يمكن أن نفعل لتقليل خطر اندفاع الباب أو الشباك إلى الخارج وتحطمه؟

32. **الطفو والغوص** هل تطفو علبة شراب الصودا في الماء أم تغوص فيه؟ جرب ذلك. وهل يتأثر ذلك بكون الشراب خالياً من السكر أم لا؟ تحتوي جميع علب شراب الصودا على الحجم نفسه من السائل 354 ml ، وتزيج الحجم نفسه من الماء، فما الفرق بين العلبة التي تغوص والأخرى التي تطفو؟

33. **الطفو والكثافة** تزود صنارة الصيد بقطعة فلين تطفو بحيث يكون عشر حجمها تحت سطح الماء. ما كثافة الفلين؟

34. **الطفو في الهواء** يرتفع منطاد الهيليوم؛ لأن قوة طفو الهواء تحمله، فإذا كانت كثافة غاز الهيليوم 0.18 kg/m^3 وكثافة الهواء 1.3 kg/m^3 ، فما حجم منطاد الهيليوم اللازم لرفع قالب من الرصاص وزنه 10 N ؟

35. **انتقال الضغط** صُممت لعبة قاذفة للصواريخ بحيث يدوس الطفل على أسطوانة من المطاط، مما يزيد من ضغط الهواء في أنبوب القاذف فيدفع صاروخاً خفيفاً من الرغواي الصناعية في السماء، فإذا داس الطفل بقوة 150 N على مكبس مساحته $2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ ، فما القوة المنتقلة إلى أنبوب القذف الذي مساحته مقطعه $4.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ؟

3-6 مراجعة

37. a. سيزيح قالب الألومنيوم كمية أكبر من الماء.

b. سيزيح كل منهما الحجم نفسه من الماء.

38. يكون ضغط هواء الإعصار السريع أقل من ضغط الهواء الساكن نسبياً داخل المنزل. مما يولد قوة هائلة على النوافذ والأبواب وجدران المنزل. ويمكن تقليل هذا الفرق في الضغط عن طريق فتح الأبواب والنوافذ؛ وذلك للسماح للهواء بالتدفق بحرية خارج المنزل.

32. يذوب $\frac{1}{4}$ كأس من السكر تقريباً في كأس من شراب الصودا العادي، مما يجعله أكثر كثافة من الماء. أما شراب الصودا الخالي من السكر فيحتوي على كمية قليلة من المحليات الصناعية. لذلك يكون شراب الصودا الخالي من السكر أقل كثافة من شراب الصودا العادي (المحلى).

33. كثافة الفلين عُشر كثافة الماء تقريباً.

34. 0.9 m^3 35. 24 N

36. a. $1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$

b. $1.3 \times 10^3 \text{ N}$

1. التركيز

نشاط

معجون اللعب الهلامي يكون الفرق بين المادة الصلبة والسائلة أحياناً دقيقاً. ومن الأمثلة الجيدة على ذلك، معجونة اللعب، التي تحضر من البورق (مسحوق أبيض متبلور) والغراء الأبيض أو من كحول البولي فينيل المتوافر تجارياً. وزع كميات من معجون اللعب على الطلاب لدراستها، واسأل الطلاب: هل هذا المعجون مادة صلبة أم سائلة؟ وهل يحتفظ بشكله أم يتدفق؟ وهل يرتد؟ وهل من الممكن تقطيعه؟ وهل يصبح صلباً عند وضعه في الثلاجة، ثم ينصهر عندما تشكّله بيدك (درجة حرارة جسمك)؟ تعتمد الإجابات على المعجون المستخدم (هناك عدة أنواع منه) ولكنها جميعها تعد نوعاً من أنواع الزجاج البوليمري ذي اللزوجة العالية، وقوة تماسكه قوية جداً، ودرجة انصهاره غير محددة تماماً. لذا يجمع هذا المعجون بين خصائص المواد الصلبة وخصائص المواد السائلة. ¹⁴ حركي

الربط مع المعرفة السابقة

التمدد الحراري والطاقة الحركية راجع نموذج المواد الصلبة الممثل بتركيب مكوّن من جسيمات متصل بعضها ببعض بواسطة نوابض. وناقش كيف تؤدي إضافة الطاقة إلى تحريك الجسيمات بنشاط كبير، كما يمكن أن تدفعها لتحرك مبتعداً بعضها عن بعض. ثم ناقش كيف تؤثر حركة هذه الأجزاء في حجم المادة الصلبة في بعد، وفي بعدين، وفي ثلاثة أبعاد.

الأهداف

- تربط خصائص المواد الصلبة بتركيبها.
- تفسر لماذا تتمدد المواد الصلبة وتقلص عندما تتغير درجة الحرارة.
- تحسب تمدد المواد الصلبة.
- توضح أهمية تمدد المواد بالحرارة.

المفردات

- الشبكة البلورية
- المواد الصلبة غير البلورية
- معامل التمدد الطولي
- معامل التمدد الحجمي

كيف تختلف المواد الصلبة عن السائلة؟ المواد الصلبة قاسية، ويمكن أن تُقطع عدة قطع، وتحتفظ بشكلها، كما يمكنك دفع المادة الصلبة. أمّا السوائل فتتدفق، وإذا دفعت سائلاً، كالماء مثلاً، بإصبعك، فإن إصبعك يتحرك خلاله، فخصائص المواد الصلبة تختلف عن خصائص المواد السائلة، لكنك إذا شاهدت قطعة من الزبد تُسخّن، وتفقد شكلها، فقد تتساءل عما إذا كان الحد الفاصل بين حالتي الصلابة والسيولة واضحاً ومحدداً دائماً.

الأجسام الصلبة Solid Bodies

يصعب التفريق بين المواد الصلبة والسائلة تحت ظروف معينة، فمثلاً في أثناء تسخين عبوة زجاجية لصهرها، يتم التغير من حالة الصلابة إلى حالة السيولة بشكل تدريجي، بحيث يصعب معرفة الحالة في لحظة ما. وبعض المواد الصلبة (ومنها الكوارتز البلوري) يتكون من جزيئات مصطفة بأنماط مرتبة ومنظمة، وبعض المواد الصلبة الأخرى (ومنها الزجاج) مكونة من جزيئات ليس لها ترتيب منتظم، وحالها في ذلك مشابه للسوائل. وكما ترى في الشكل 18-6، فالكوارتز والكوارتز غير البلوري (ويسمى أيضاً الكوارتز الزجاجي) متماثلان كيميائياً، ولكن خصائصهما الفيزيائية مختلفة تماماً.

فعندما تنخفض درجة حرارة السائل ينخفض متوسط الطاقة الحركية لجزيئاته، وعندما تبدأ الجزيئات في التباطؤ تؤثر قوة التماسك بصورة أكبر. وتصبح جزيئات بعض المواد الصلبة متجمدة على نمط ثابت يُسمى الشبكة البلورية، الموضحة في الشكل 19-6. وعلى الرغم من أن قوة التماسك تحجز الجزيئات في مكانها إلا أن الجزيئات في المواد الصلبة البلورية لا تتوقف عن الحركة تماماً، بل تتذبذب حول أماكن ثابتة. وهناك مواد أخرى - منها الزبد والزجاج - لا تشكّل جزيئاتها نمطاً بلورياً ثابتاً ومحدداً. وهذه المواد التي ليس لها تركيب بلوري منتظم ولكن لها حجم وشكل محددان تُسمى المواد الصلبة غير البلورية، كما تصنّف أيضاً على أنها سوائل لزجة أو بطيئة التدفق.

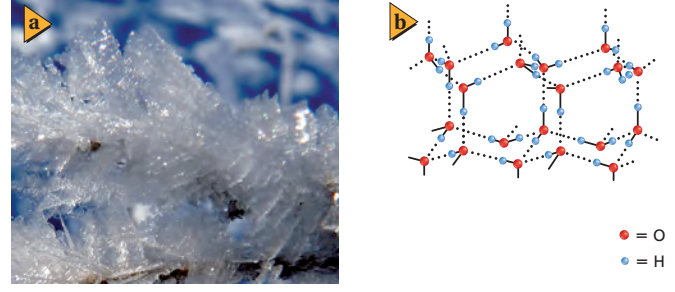


الشكل 18-6 تتربط الجزيئات في الشبكة البلورية في نمط منظم (a). تنصهر المواد الصلبة البلورية عند درجة حرارة معينة. الكوارتز غير البلوري متماثل كيميائياً مع الكوارتز البلوري، ولكن جزيئاته عشوائية الترتيب. وعندما ينصهر الكوارتز غير البلوري تتغير خصائصه ببطء على مدى معين من درجات الحرارة، مما يسمح بتشكيله بطريقة مشابهة للزجاج المعروف (b).

4-6 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 1-6	اختبار قصير 4-6، ص 171
تقويم الفصل 6، ص 184	شريحة التدريس 4-6 ص 182
ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 156	ربط الرياضيات مع الفيزياء

■ الشكل 19-6 الجليد هو الشكل الصلب للماء، وله حجم أكبر من الشكل السائل للكتلة نفسها من الماء (a)، التركيب البلوري للجليد على شكل شبكة بلورية (b).



الضغط والتجمد عندما يتحول سائل إلى مادة صلبة فإن جزيئاته عادة تُعيد ترتيب نفسها لتصبح قريبة بعضها من بعض أكثر مما كانت عليه في الحالة السائلة، بحيث تجعل المواد الصلبة أكثر كثافة من السوائل. وكما تعلمت سابقاً، فإن للماء حالة خاصة في تمدده؛ حيث تكون كثافته أكبر ما يمكن عند 4°C . وللماء خصوصية أخرى بالنسبة إلى قاعدة عامة أخرى؛ فعند زيادة الضغط على سطح سائل عموماً، تزيد درجة تجمده، ولأن الماء يتمدد عند تجمده فإن الزيادة في الضغط تجبر الجزيئات على الاقتراب بعضها من بعض لتقاوم التجمد؛ لذا فإنه عند التعرض لضغط أكبر تنخفض درجة تجمد الماء على نحو طفيف.

كانت هناك فرضية مقترحة لتفسير تكون طبقة رقيقة من الماء السائل بين الزلاجات والجليد. تزعم الفرضية أن الضغط الناجم عن الزلاجات فوق سطح الجليد يخفض درجة التجمد، مما يؤدي إلى صهر بعض الجليد. لكن الحسابات الفعلية لمقدار الضغط الناتج عن الزلاجات (حتى الرفيعة منها) لا يكفي لصهر الجليد بسبب درجة حرارته المنخفضة جداً، وقد بينت القياسات الحديثة أن الاحتكاك بين الشفرات والجليد يولد طاقة حرارية كافية لصهر الجليد وتشكيل طبقة رقيقة من الماء. وقد عزز هذا التفسير عن طريق بعض القياسات التي بينت أن درجة حرارة رذاذ الجليد المتطاير أعلى بشكل ملحوظ من درجة حرارة الجليد نفسه، وعملية انصهار الجليد بالطريقة نفسها هي التي تحدث خلال التزلج على الثلج.

مرونة المواد الصلبة من الممكن أن تؤدي القوى الخارجية المؤثرة في الأجسام الصلبة إلى انحناء هذه الأجسام. وتسمى قدرة الأجسام الصلبة على العودة إلى شكلها الأصلي عندما يزول تأثير القوى الخارجية بمرونة المواد الصلبة. أمّا إذا حدث تشوه كبير جداً فإن الجسم لا يعود إلى شكله الأصلي؛ لأنه قد تجاوز حد مرونته. وتعتمد المرونة على القوى الكهرومغناطيسية التي تحافظ على بقاء جزيئات المادة معاً.

إن قابلية الطرق وقابلية السحب خاصيتان تعتمدان على تركيب المادة ومرونتها؛ فالذهب يمكن تشكيله على صورة رقائق دقيقة جداً، ولذلك يُقال: إنه قابل للطرق. والنحاس يمكن سحبه على شكل سلك، ولذلك يُقال: إنه قابل للسحب.

مهن في الحياة اليومية

معلومة للمعلم

الهندسة وعلم المواد يبحث العلماء والمهندسون عن مواد يصممونها لاستخدامات معينة تدخل في الآلات، أو المركبات أو الأجهزة الإلكترونية. وتتطلب مثل هذه التطبيقات مواد ذات خصائص معينة، منها القوة والصلابة والمرونة، أو ذات مزايا معينة في تمددها الحراري. لذا فإن المهندسين يعملون على تراكيب المادة وتكويناتها الكيميائية للحصول على هذه الخصائص. فمثلاً، تُستخدم بعض السبائك المعدنية في تصنيع قطع خفيفة قوية مقاومة للحرارة؛ حيث تحتاج الطائرات النفاثة ذات السرعات العالية إلى مثل هذه الخصائص. وقد يقوم علماء آخرون بتصميم قطع مقاومة للحرارة، وتمدها قليل وذات موصلية حرارية عالية، وذلك لتصنيع محركات المركبات أو الأجهزة الإلكترونية الخاصة.

2. التدريس

■ استخدام الشكل 20-6

سيشاهد الطلاب في هذا الشكل كيف أدى التمدد الحراري للسكك الحديدية إلى أن تصبح في صورة متعرجة. واسأل الطلاب: لماذا تنثني سكة القطار لمجرد أن القضبان تتمدد بالحرارة؟ **ينتج عن التمدد الحراري لقضبان السكك الحديدية قوة كبيرة تؤثر في المسامير التي تثبت نهايات القضبان بالمرباط، ويمتد تأثير هذه القوى على طول القضبان، وينتج عن ذلك انحناء قضبان سكك الحديد، فإذا كانت قضبان سكة الحديد مستقيمة تمامًا فإن الانحناء يكون محدودًا أما سكك الحديد المنحنية أصلاً فقد تؤدي القوى الكبيرة المؤثرة فيها إلى انبعاجها وتقوسها كما في شكل 20-6.** ولا يزال السبب وراء عدم تعرض قضبان سكة الحديد المستقيمة تمامًا لمثل هذا الانحناء موضع خلاف، إلا أن التمدد الحراري للمواد الصلبة غير قابل للنقاش؛ إذ يتناسب التغير في طول المادة مع طولها الأصلي. وتكون الحافة الخارجية للقضبان المنحنية أطول من حافتها الداخلية.

تطوير المفهوم

مادة هلامية أم صلبة؟ نُحدث التغيرات في الحركة الحرارية لذرات المادة الصلبة تغيرات في البنية التركيبية للمادة وأبعادها. كما أن قوى الربط بين جزيئات المادة الصلبة تُبقيها معًا، حيث تميل المادة الصلبة للحفاظ على شكلها، على عكس الموائع. لذا تكون المواد الصلبة مرنة، وتمتد أو تنقلص بطريقة معروفة جيدًا. وتتكوّن أكثر المواد الصلبة إثارة من جزيئات قابلة للدوران كجزيئات الماء مثلاً أو مصنوعة من جزيئات بوليميرية كبيرة تستطيع أن تدور وتنحني كالمطاط أو البلاستيك أو المعجون الهلامي الذي نوقش في النشاط المحفز.

التمدد الحراري للمواد الصلبة Thermal Expansion of Solids

من الإجراءات المعتادة عند تصميم الجسور الخرسانية والفولاذية على الطرق السريعة، أن يترك المهندسون فجوات صغيرة (فواصل)، تسمى وصلات التمدد، بين أجزاء الجسور، وذلك للسماح بتمدد أجزاء الجسر في أيام الصيف الحارة. تتمدد الأجسام بمقدار يسير فقط عندما تتعرض للتسخين، ولكن هذا المقدار اليسير قد يكون عدة سنتيمترات في حالة جسر طوله 100 m، وإذا أغفلت فجوات التمدد هذه في التصميم فقد يتقوس الجسر أو تنحطم أجزاؤه. وقد تحطم درجات الحرارة العالية كذلك مسارات السكك الحديدية التي تُغفل فيها وصلات التمدد، انظر الشكل 20-6. وتصمم بعض المواد -ومنها زجاج الأفران التي تستخدم في الطبخ في التجارب المخبرية لتمدّد بأقل ما يمكن. وتصنع مرايا التلسكوبات الكبيرة من مادة السيراميك، والتي تصمّم لتعمل دون تمدد حراري يذكر.

ولكي تفهم تمدد المواد الصلبة المسخنة، تصور المواد الصلبة مجموعة من الجزيئات المتصلة معًا من خلال نواض، حيث تمثل النواض قوى التجاذب بين الجزيئات؛ فعندما تصبح الجزيئات قريبة جدًا بعضها من بعض فإن النابض يدفعها بعيدًا. وعندما تسخن المادة الصلبة تزداد الطاقة الحركية لجزيئاتها وتبدأ في الاهتزاز السريع، وتتحرك مبتعدة بعضها عن بعض، مما يُضعف قوى التجاذب بين الجزيئات فتتهتز باضطراب أكثر من السابق؛ بسبب زيادة درجة الحرارة، ويزداد متوسط التباعد بين الجزيئات، فتتمدد المادة الصلبة.

يتناسب التغير في طول المادة الصلبة طرديًا مع التغير في درجة حرارتها، كما هو موضح في الشكل 21-6. فإذا ازدادت درجة حرارة جسم صلب بمقدار 20°C فإن تمدده يساوي ضعف تمدده عندما تكون الزيادة في درجات حرارته بمقدار 10°C . ويتناسب التمدد أيضًا طرديًا مع طول الجسم؛ لذا يتمدد قضيب طوله 2 m ضعف تمدد قضيب طوله 1 m عند التغير نفسه في درجة الحرارة. ويمكن إيجاد الطول الجديد L_2 للمادة الصلبة عند درجة حرارة T_2 باستخدام المعادلة الآتية، حيث L_1 الطول عند درجة الحرارة T_1 ؛ أمّا α ، فتمثل معامل التمدد الطولي للمادة.

$$L_2 = L_1 + \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$

■ الشكل 20-6 لقد تسببت درجات الحرارة العالية أيام الصيف الحارة في تقوس مسارات سكة الحديد.



التفكير الناقد

التمدد والكثافة اسأل الطلاب: ماذا يحدث لكتلة جسم ما وكثافته عندما يتمدد؟ **عدد ذرات الجسم وكتلته الكلية لا يتغيران، في حين يزداد حجمه. لذا فإن كثافة المادة (كتلة وحدة الحجم) تقل عندما تتمدد.**

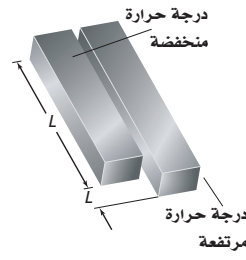
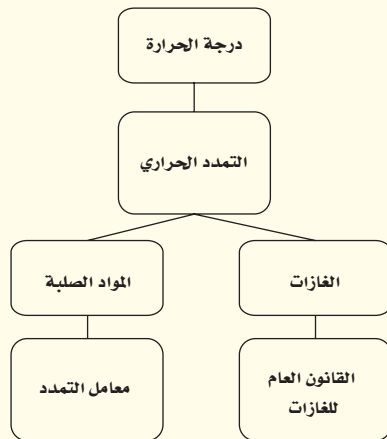
المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

التمدد النسبي قد لا يدرك الطلاب أن مقدار التمدد الحراري للجسم هو تأثير نسبي؛ فعندما تُسخن مسطرة معدنية طولها متر واحد 10°C ، سيزداد طولها بمقدار عشر مرات أكثر من مسطرة معدنية طولها 0.1 m تحت الظروف نفسها. وبسبب هذا التأثير فإن الجسم المصنوع من مادة واحدة فقط سيحتفظ بشكله عندما يسخن أو عندما يُبرّد.

التمدد السالب لا تتمدد جميع المواد عندما تُسخن. فالمطاط مثلاً يتقلص عند تسخينه كما أن بعض المواد مفيدة جداً؛ فأبعادها لا تتغير أبداً عندما تسخن.

تعزيز الفهم

بناء المفهوم تُعد درجة الحرارة مقياساً لمتوسط الطاقة الحركية للجسيمات في الجسم، كما يعتمد التمدد الحراري على حركة هذه الجسيمات. لذا اطلب إلى الطلاب تكوين خريطة مفاهيمية باستخدام درجة الحرارة، والتمدد الحراري، ومعامل التمدد، والمواد الصلبة، والغازات، والقانون العام للغازات. واطلب إليهم مناقشة الطلاب الآخرين في هذه الخريطة تحت إشرافك. ستكون إحدى الخرائط الممكنة شبيهة بالخريطة التالية: **م 2**



الشكل 21-6 يتناسب التغير في طول المادة طردياً مع الطول الأصلي والتغير في درجة الحرارة.

باستخدام مبادئ الجبر البسيطة، يمكنك حل المعادلة بالنسبة للمعامل α .

$$L_2 - L_1 = \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$$

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T}$$

معامل التمدد الطولي

معامل التمدد الطولي يساوي التغير في الطول مقسوماً على الطول الأصلي والتغير في درجة الحرارة.

ووحدة معامل التمدد الطولي هي $(^{\circ}\text{C}^{-1})$ أو $(\frac{1}{^{\circ}\text{C}})$. ولأن المواد الصلبة تتمدد في ثلاثة أبعاد فإن معامل التمدد الحجمي β ، يعادل ثلاثة أضعاف معامل التمدد الطولي.

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_1 \Delta T}$$

معامل التمدد الحجمي

معامل التمدد الحجمي يساوي التغير في الحجم مقسوماً على الحجم الأصلي والتغير في درجة الحرارة.

إن وحدة المعامل β هي $(\frac{1}{^{\circ}\text{C}})$ أو $(^{\circ}\text{C}^{-1})$. ويبين الجدول 2-6 معاملي التمدد الحراري لمجموعة من المواد المختلفة.

الجدول 2-6		
معامل التمدد الحراري عند 20°C		
المادة	معامل التمدد الطولي $(^{\circ}\text{C}^{-1}) \alpha$	معامل التمدد الحجمي $(^{\circ}\text{C}^{-1}) \beta$
المواد الصلبة		
الألومنيوم	25×10^{-6}	75×10^{-6}
الزجاج (الناعم)	9×10^{-6}	27×10^{-6}
الزجاج (واقى الفرن)	3×10^{-6}	9×10^{-6}
الأسمنت	12×10^{-6}	36×10^{-6}
الفولاذ	12×10^{-6}	36×10^{-6}
النحاس	16×10^{-6}	48×10^{-6}
السوائل		
الميثانول		1200×10^{-6}
البنزين		950×10^{-6}
الماء		210×10^{-6}

مشروع فيزياء

نشاط

عالم المواد اطلب إلى الطلاب اختيار مادة لدراستها واستقصاء خصائصها الفيزيائية التي تجعلها مفيدة. ثم اسألهم: أي حالة من حالات المادة تستخدم فيها تلك المادة؟ وما قيم خصائصها، كتمدها الحراري وكثافتها؟ وما المواد التي تُملأ في منافذ وفجوات داخل أجسام مصنوعة من تلك المادة؟ فالألومنيوم مثلاً معدن رخيص الثمن نسبياً، وخفيف وقوي، ولكنه مرن، وليس قوياً كالفولاذ ويتمدد بمقدار أكبر عندما يسخن. لذا يستخدم الألومنيوم في الطائرات وأواني الطبخ، في حين يستخدم الفولاذ في صناعة المركبات. وللخشب تمدد حراري قليل، كما أن وزنه قليل، ويمتاز بتوصيل حراري ضعيف، لذا يُعد الخشب مناسباً جداً لبناء المنازل التي لا تتكون من طبقات عديدة. **م 2**

مثال صفي

سؤال شريط من الألومنيوم مستطيل الشكل، وله الأبعاد التالية: $0.015 \text{ m} \times 0.125 \text{ m} \times 1.45 \text{ m}$ عند درجة حرارة 30.0°C . إذا سُخِّنَ القضيب بشكل منتظم لدرجة حرارة 310.0°C فما الأبعاد الجديدة للشريط؟

الجواب

$$L_2 = L_1 + \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$

$$L_2 = L_1 (1 + \alpha (T_2 - T_1)) \quad \text{أو}$$

حيث

$$(1 + \alpha (T_2 - T_1)) = 1 + (25 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C})$$

$$(310.0^\circ \text{C} - 30.0^\circ \text{C}) = 1.007$$

لذا فإن الأبعاد الجديدة هي:

$$(0.0150 \text{ m})(1.007) = 0.0151 \text{ m}$$

$$(0.125 \text{ m})(1.007) = 0.126 \text{ m}$$

$$(1.45 \text{ m})(1.007) = 1.46 \text{ m}$$

مثال 4

التمدد الطولي قضيب معدني طوله 1.60 m عند 21°C ، فإذا وضع هذا القضيب في فرن وسُخِّنَ إلى درجة حرارة 84°C ، وقيس طوله فوجد أنه ازداد بمقدار 1.7 mm ، فما معامل التمدد الطولي للمادة المصنوع منها القضيب؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- وضح بالرسم القضيب الذي ازداد طوله بمقدار 1.7 mm عند درجة حرارة 84°C وأصبح طوله أكبر مما كان عليه عند درجة حرارة 21°C .
- حدد الطول المبدئي للقضيب L_1 ، والتغير في الطول ΔL .

المجهول

$$\alpha = ?$$

المعلوم

$$L_1 = 1.60 \text{ m}$$

$$\Delta L = 1.7 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$T_1 = 21^\circ \text{C}$$

$$T_2 = 84^\circ \text{C}$$

2 إيجاد الكمية المجهولة

احسب معامل التمدد الطولي مستخدماً الطول المعلوم، والتغير في كل من الطول ودرجة الحرارة.

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T}$$

$$\text{عوض مستخدماً } \Delta L = 1.7 \times 10^{-3} \text{ m}, L_1 = 1.60 \text{ m}, \Delta T = (T_2 - T_1) = 84^\circ \text{C} - 21^\circ \text{C}$$

$$\alpha = \frac{1.7 \times 10^{-3} \text{ m}}{(1.60 \text{ m})(84^\circ \text{C} - 21^\circ \text{C})}$$

$$= 1.7 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ \text{C}^{-1}$$

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ تم التعبير عن الوحدات بطريقة صحيحة بوحدة $^\circ \text{C}^{-1}$.
- هل الجواب منطقي؟ إن مقدار المعامل قريب من القيمة المقبولة للنحاس.

تجربة إضافية

الأقراص القفازة

الهدف إظهار معدلات مختلفة لتمدد الفلزات. **المواد والأدوات** أقراص قفازة (رقائق ثنائية الفلز)

الخطوات افحص القرص القفاز، ولاحظ أنه منحني قليلاً. وادلك القرص ثواني عدة حتى يصبح منحنياً في الاتجاه الآخر. ثم ضعه على سطح مستو وقف بعيداً عنه. تؤدي الحرارة الناتجة عن يدك إلى تمدد السطح السفلي للقرص بمقدار أكبر من سطحه العلوي. فينتج عن هذا التباين في التمدد انحناء القرص بشكل عكسي مما يجعل القرص يقفز.

التقويم هل يتغير انحناء الجسم المصنوع من نوع واحد من الفلزات عندما يسخن؟ لا؛ فالأجسام المصنوعة من أكثر من مادة هي وحدها التي يتغير انحناءها عند تسخينها.

مسائل تدريبية

39. 6.1 mm

40. 11.7 cm

41. 2 ml

42. a. 4.4×10^4 L

b. يتناقص حجم البنزين؛ لأن درجة الحرارة انخفضت. في حين تبقى كتلة البنزين كما هي.

43. 1.6×10^{-4} cm

44. -0.072 %

مسائل تدريبية

39. قطعة من الألومنيوم طولها 3.66 m عند درجة حرارة 28°C . كم يزداد طول القطعة عندما تصبح درجة حرارتها 39°C ؟

40. قطعة من الفولاذ طولها 11.5 cm عند 22°C ، فإذا سُخِّنَتْ حتى أصبحت درجة حرارتها 1221°C ، وهي قريبة من درجة حرارة انصهارها، فكم يبلغ طولها بعد التسخين؟ (معامل التمدد الطولي للفولاذ $12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$)

41. مُلئ وعاء زجاجي سعته 400 ml عند درجة حرارة الغرفة بهاء بارد درجة حرارته 4.4°C . ما مقدار الماء المسكوب من الوعاء عندما يسخن الماء إلى 30.0°C ؟

42. مُلئ خزان شاحنة لنقل البنزين سعته 45,725 L بالبنزين لينقله من مدينة الدمام نهارًا حيث كانت درجة الحرارة 38.0°C ، إلى مدينة تبوك ليلاً حيث درجة الحرارة -2.0°C .

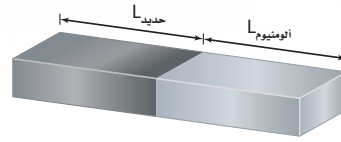
a. كم لترًا من البنزين سيكون في خزان الشاحنة في تبوك؟

b. ماذا حدث للبنزين؟

43. حُفِر ثقب قطره 0.85 cm في صفيحة من الفولاذ عند 30.0°C فكان الثقب يتسع بالضبط لقضيب من الألومنيوم له القطر نفسه. ما مقدار الفراغ بين الصفيحة والقضيب عندما يبردان لدرجة حرارة 0.0°C ؟

44. دُرِّجَت مسطرة من الفولاذ بوحدة المليمترات، بحيث تكون دقيقة بصورة مطلقة عند 30.0°C . فما النسبة المئوية التي تمثل عدم دقة المسطرة عند 30.0°C ؟

مسألة تحفيز



تحتاج إلى صنع قضيب طوله 1.00 m يتمدد بازدياد الحرارة بالطريقة نفسها التي يتمدد بها قضيب من النحاس طوله 1.00 m. يشترط في القضيب المطلوب أن يكون مصنوعًا من جزأين، أحدهما من الفولاذ والآخر من الألومنيوم موصولين معًا، كما يبين الشكل. فكم يجب أن يكون طول كل منهما؟

مسألة تحفيز

$$L_{\text{فلاد}} = L_{\text{ألومنيوم}} + L_{\text{نحاس}}$$

$$\alpha_{\text{نحاس}} L_{\text{نحاس}} \Delta T = (\alpha_{\text{ألومنيوم}} L_{\text{ألومنيوم}} + \alpha_{\text{فلاد}} L_{\text{فلاد}}) \Delta T$$

$$L_{\text{فلاد}} = L_{\text{نحاس}} - L_{\text{ألومنيوم}}$$

عوض مستخدمًا

$$L_{\text{فلاد}} = \frac{(\alpha_{\text{نحاس}} - \alpha_{\text{ألومنيوم}}) L_{\text{نحاس}}}{\alpha_{\text{فلاد}} - \alpha_{\text{ألومنيوم}}}$$

فينتج

$$= \frac{(16 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} - 25 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(1.00 \text{ m})}{12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} - 25 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}}$$

$$= 0.69 \text{ m}$$

$$L_{\text{ألومنيوم}} = L_{\text{نحاس}} - L_{\text{فلاد}}$$

$$= 1.00 \text{ m} - 0.69 \text{ m} = 0.31 \text{ m}$$

3. التقويم

التحقق من الفهم

التمدد الحراري اسأل الطلاب: ماذا تعني قيمة الإجابة السالبة إذا حصلوا عليها في حسابهم للتغير في الطول في المسائل المتعلقة بالتمدد الحراري؟ **تشير الإجابة السالبة إلى التقلص وليس إلى التمدد.** واسألهم كيف يختبرون ما إذا كانت إجاباتهم عن مثل هذه المسائل منطقية؟ **تتمدد معظم الأجسام عند تسخينها، إلا أن التغير في الطول يكون قليلاً جداً عادة. فإذا كانت نتيجة حساباتك تشير إلى تضاعف طول الجسم عند تبريده فاعلم أن شيئاً ما غير صحيح.** 2م

إعادة التدريس

فتح برطمان المايونيز اسأل الطلاب: لماذا يصبح غطاء معدني محكم الإغلاق لبرطمان زجاجي أقل إحكاماً في اغلاقه بعد تسخينه بسكب الماء الساخن عليه؟ **عندما ترتفع درجة حرارة المعدن يتمدد الغطاء مما يؤدي إلى توسيع فتحته؛ لأن المعدن يسخن أسرع من الزجاج، ويتمدد أكثر منه.** 3م

تطبيقات التمدد الحراري تتمدد المواد المختلفة بمعدلات مختلفة، كما أُشير إليها بمعاملات التمدد المختلفة الموضحة في الجدول 2-6. وعلى المهندسين الأخذ بعين الاعتبار معدلات التمدد المختلفة هذه عند تصميم المباني. فمثلاً تستخدم القضبان الفولاذية غالباً لتقوية الأسمنت؛ لذا يجب أن يكون للفولاذ والأسمنت معامل التمدد نفسه، وإلا لم يكن كذلك فإن المبنى سيتصدع في الأيام الحارة. وبطريقة مماثلة، يكون على طبيب الأسنان استخدام المواد التي يحشو بها الأسنان بحيث تتمدد وتقلص بالمعدل نفسه لتمدد مينا الأسنان.

إن المعدلات المتباينة للتمدد لها تطبيقات مهمة؛ فمثلاً يستفيد المهندسون من هذه الاختلافات في صنع أداة مفيدة تُسمى المزدوج الحراري، وهي عبارة عن شريحة ثنائية الفلز تستخدم في منظمات الحرارة (أجهزة الترموستات).

يتكون المزدوج الحراري من شريحتين من فلزين مختلفين، ملحومتين أو مثبتتين إحداها إلى جوار الأخرى، وتكون إحداها عادة من النحاس الأصفر، والأخرى من الحديد، وعند تسخينها يتمدد النحاس الأصفر أكثر من الحديد. وعندما يُسخّن الشريط الثنائي الفلز (النحاس الأصفر والحديد)، يصبح جزء النحاس أطول من جزء الحديد، ونتيجة لذلك ينحني الشريط الثنائي الفلز بحيث يكون النحاس على السطح الخارجي للمنحنى، وعندما يبرد ينحني في الاتجاه العكسي، حيث يكون النحاس في الجزء الداخلي للمنحنى.

يُركّب الشريط الثنائي الفلز في منظم الحرارة (الترموستات) في أجهزة التدفئة المنزلية، كما في الشكل 22-6، بحيث ينحني في اتجاه نقطة التوصل الكهربائي عندما تبرد الغرفة؛ فعندما تنخفض درجة حرارة الغرفة أقل من درجة الحرارة المحددة في جهاز الترموستات ينحني الشريط الثنائي الفلز بمقدار كافٍ لإحداث توصيل كهربائي مع المفتاح حيث يُشغّل المُسخّن، وحينئذ تصل درجة حرارة الغرفة إلى درجة الحرارة المحددة في جهاز الترموستات تفتح الدائرة الكهربائية، ويتوقف المُسخّن عن العمل. أما في أجهزة التبريد فيصمم الشريط الثنائي الفلز بحيث ينحني لإحداث توصيل كهربائي يشغل المبرد إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى حد معين في جهاز الترموستات، وعندما تنخفض الحرارة عن حد معين ينحني في الاتجاه المعاكس، فيوقف عمل المبرد.



■ الشكل 22-6 في منظم الحرارة (الترموستات) المبين هنا، يتحكم شريط حلزوني الشكل مصنوع من فلزين (مزدوج حراري) في تدفق الزئبق لفتح الدوائر الكهربائية وإغلاقها.

49. **المواد الصلبة والسوائل** يمكن تعريف المادة الصلبة على أنها تلك المادة التي يمكن ثنيها على الرغم من أنها تقاوم الانحناء. فسر كيف ترتبط هذه الخصائص مع ترابط الذرات في المواد الصلبة لكنها لا تنطبق على السوائل؟

50. **التفكير الناقد** قُطع من الحلقة الحديدية الصلبة في الشكل 6-23 قطعة صغيرة. فإذا سُخِّنت الحلقة التي في الشكل، فهل تصبح الفجوة أكبر أم أصغر؟ وضح إجابتك.



الشكل 6-23 ■

45. **التقلص الحراري النسبي** إذا رُكِّب بابًا من الألومنيوم في يوم حار على إطار باب من الأسمنت، وأردت أن يكون الباب محكم الإغلاق تمامًا في أيام الشتاء الباردة، فهل ينبغي أن تجعل الباب محكمًا في الإطار أم تترك فراغًا إضافيًا؟

46. **حالات المادة** لماذا يعد الشمع مادة صلبة؟ ولماذا يُعد أيضًا سائلًا لزجًا؟

47. **التمدد الحراري** هل يمكنك تسخين قطعة من النحاس بحيث يتضاعف طولها؟

48. **حالات المادة** هل يزودنا الجدول 6-2 بطريقة للتمييز بين المواد الصلبة والسوائل؟

4-6 مراجعة

48. **معاملات التمدد الحجمي للسوائل أكبر**

كثيرًا من معاملات التمدد الحجمي للمواد الصلبة.

49. **جسيمات المادة السائلة متباعدة وأقل ارتباطًا.** وبما أن الجسيمات حرة التدفق بعضها فوق بعض فإن السوائل لا تنحني.

50. **ستصبح الفجوة أكثر اتساعًا؛ حيث** تزداد أبعاد الحلقة جميعها عند تسخينها.

45. **أحكم إغلاق الباب.**

46. **يمكن أن يُعد الشمع مادة صلبة لأن** حجمه وشكله محددان. ويمكن اعتباره مائعًا لزجًا لأن جسيماته لا تشكّل نمطًا بلوريًا ثابتًا.

47. **لمضاعفة طول قطعة النحاس يجب** أن تزداد درجة حرارتها بمقدار 6.3×10^4 °C. وعند تلك الدرجة يتبخر النحاس.

مختبر الفيزياء

مختبر الفيزياء

التبريد بالتبخير

هل سبق أن سكبت كمية صغيرة من الكحول على جلدك؟ من المحتمل أنك قد شعرت بالبرودة. وقد تعلمت سابقاً أن هذه البرودة تكون نتيجة التبخر. ستختبر في هذه التجربة المعدلات التي تتبخر بها أنواع مختلفة من الكحول. إن الكحول مادة مكونة من مجموعة الهيدروكسيل الوظيفية (OH-) مرتبطة مع الكربون أو مع سلسلة كربونية. وستستنتج من خلال ملاحظاتك عن التبريد بالتبخير الشدة النسبية لقوى التماسك في الكحول الخاضع للاختبار.

سؤال التجربة

ما الفرق بين معدلات تبخر أنواع مختلفة من الكحول؟ وما أوجه الشبه بينها؟

المواد والأدوات

ميثانول (كحول الميثيل)
إيثانول (كحول إيثيلي)
2- بروبانول (كحول)
إيزوبروبيل
شريط لاصق (قطعتان)
مقياس حرارة (غير زئبقي)
ورق ترشيح (ثلاث قطع 2.5 cm × 2.5 cm)
رباطات مطاطية صغيرة

الخطوات

1. غلّف مقياس الحرارة بقطعة مربعة من ورق الترشيح، وثبتها جيداً برابط مطاطي صغير. ولتنفيذ ذلك ضع الرباط المطاطي أولاً على مقياس الحرارة، ثم لف الورقة حول مقياس الحرارة، ولف الرباط المطاطي حول الورقة، واحرص على أن تكون الورقة ملفوفة بإحكام حول نهاية مقياس الحرارة.
2. أحضر إناء صغيراً فيه ميثانول، وضع نهاية مقياس الحرارة المغطاة بالورقة فيه. ولا تدع الإناء ينقص، واترك مقياس الحرارة في الإناء دقيقة واحدة.
3. سجّل بعد دقيقة واحدة درجة الحرارة التي يقرأها مقياس الحرارة في جدول البيانات في العمود T₁. حيث تمثل هذه القراءة درجة الحرارة الابتدائية للميثانول.



الأهداف

- تجمع البيانات حول تبخر أنواع مختلفة من الكحول وتنظمها.
- تقارن بين معدلات تبخر أنواع مختلفة من الكحول.
- تحلل سبب تبخر بعض أنواع الكحول بمعدل أكبر مقارنة بالأنواع الأخرى.
- تستنتج العلاقة بين قوى التماسك ومعدلات التبخر.

احتياطات السلامة



- المواد الكيميائية المستخدمة في هذه التجربة قابلة للاشتعال وسامة، فلا تستنشق الأبخرة المتصاعدة من هذه الكيماويات، ولا تترك مصدراً مشتعلاً بالقرب من هذه المواد، واستخدم هذه المواد في غرفة جيدة التهوية أو تحتوي على جهاز طرد الغازات.
- احذر ملامسة هذه المواد لجلدك أو ملابسك، وأخبر معلمك فوراً إذا وقع حادث أو انسكبت إحدى هذه المواد.
- اغسل يديك جيداً بعد إنهاء التجربة.

الزمن المقدر حصّة مختبر كاملة.

المهارات العملية استخدام التفسير العلمي، الملاحظة والاستنتاج، المقارنة، صنع النماذج، التفكير الناقد، القياس، استخلاص النتائج، جمع البيانات وتصنيفها.

احتياطات السلامة

- يجب إجراء هذه التجربة داخل خزانة طرد الغازات أو في أي مكان ذي تهوية جيدة.
- المواد الكيميائية المستخدمة في التجربة سامة وقابلة للاشتعال.
- راجع دليل إجراءات الأمن والسلامة لمعرفة المواد الخطرة المستخدمة في التجربة.
- لا تستنشق الغازات.
- لا تستخدم أي مصدر لهب بالقرب من السوائل.
- تجنب ملامسة المواد الكيميائية للجلد أو الملابس.
- أرشد الطلاب لاتباع احتياطات الأمن والسلامة والتعليمات العملية عندما يتخلصون من الكحول وأوراق الترشيح المبللة.
- على الطلاب أن يغسلوا أيديهم إذا لامست الكحول، كما يجب غسلها بعد إجراء التجربة.
- **المواد البديلة** لا تستخدم ميزان الحرارة الزئبقي في هذه التجربة.

استراتيجيات التدريس

- اختبر الكحول المستخدم في هذه التجربة قبل تنفيذ التجربة مع الطلاب، وذلك بمساعدة مدرسي الكيمياء في مدرستك. ويجب حفظ الكحول في خزانة خاصة؛ لأنه مادة متطايرة وقابلة للاشتعال.

عينة بيانات

ستختلف البيانات اعتماداً على ظروف درجة الحرارة والرطوبة.

السائل	T ₂ (°C)	T ₁ (°C)	ΔT (°C)
كحول الميثيل	24.0	12.0	12.0
كحول الإيثيل	24.1	16.3	7.8
كحول الأيزوبروبيل	24.2	18.5	5.7

جدول البيانات			
سائل	$T_2 (^{\circ}\text{C})$	$T_1 (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$
الكحول الميثيلي			
الكحول الإيثيلي			
الكحول الأيزوبروبيلي			

الاستنتاج والتطبيق

1. استخدم معدلات التبخر للكحول التي درستوها، كيف يمكن أن تحدد أي أنواع الكحول قوة تماسكه أكبر؟
2. أي أنواع الكحول قوة تماسكه أقل؟
3. ما العلاقة العامة التي وجدتها بين التغير في درجة الحرارة (ΔT) والكتلة المولية للكحول؟
4. **كُونْ فرضية** هل يؤدي تشغيل مروحة في المختبر إلى تغيير درجة حرارة الغرفة؟ وهل يغير قيمة ΔT التي راقبتها؟ وضح ذلك.

التوسع في البحث

توقع مقدار ΔT لكحول 1-بيوتانول الذي صيغته الكيميائية $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{OH}$ بالنسبة إلى قيم ΔT لأنواع الكحول التي اختبرتها.

الفيزياء في الحياة

بدأت دائرة الأرصاد الجوية الوطنية في استخدام دليل برودة الرياح عام 2001م، وكانت خرائط الطقس القديمة تعتمد على البيانات المستخلصة من تجارب تجمد الماء التي أجريت في منطقة القطب الجنوبي سنة 1940م. وضح كيف ترتبط برودة الرياح مع التبريد بالتبخير؟ ولماذا تعد هذه الظاهرة مهمة في الطقس البارد؟ وما التعديل الذي أضافته الخرائط الحديثة للخرائط القديمة؟

الفيزياء

لمزيد من المعلومات حول حالات المادة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obcikaneducation.com

التحليل

1. تنخفض درجة الحرارة. فالتبخير يعد عملية تبريد.
2. عينة إجابات: ميثانول 12.0°C ، إيثانول 7.8°C ، كحول أيزوبروبيل 5.7°C
3. ميثانول 32 g/mol ، إيثانول 46 g/mol ، كحول أيزوبروبيل 60 g/mol .
4. كلما زادت قيمة ΔT زاد معدل التبخر.
5. لأن الورق يمتص الكحول ويبقى قريباً من مقياس الحرارة على العكس من الزجاج. كما تحتفظ الورقة بالكحول فترة زمنية أطول تكون كافية للحصول على القراءات الضرورية.

الاستنتاج والتطبيق

1. لأن كحول الأيزوبروبيل هو الأبطأ في التبخر، فستكون قوى تماسكه هي الأكبر.
2. الميثانول هو الأسرع في التبخر، لذا فقوى تلاصقه هي الأضعف.
3. كلما ازدادت الكتلة المولية للكحول ازدادت قوى التماسك وتناقص معدل التبخر.
4. ستعمل المروحة على زيادة معدل التبخر، ويزيد معدل التغير في درجة الحرارة (ΔT).

التوسع في البحث

إن ΔT للـ 1-بيوتانول (كتلته المولية 74 g/mol) ستكون أقل من التغيرات الملاحظة للكحول قيد الاختبار.

الفيزياء في الحياة

تزيد برودة الرياح معدل تبخر الرطوبة من الجلد. يأخذ دليل برودة الرياح بعين الاعتبار تأثيرات زيادة التبريد التبخري والحملي. ويمكن خلال الطقس البارد أن تزيد الرياح كثيراً من خطر الإصابات المرتبطة مع البرد، ومنها قرصة الصقعة.

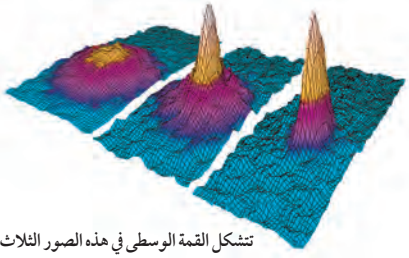
4. أزل مقياس الحرارة من الميثانول وضعه على حافة الطاولة بحيث يمتد طرف مقياس الحرارة 5 cm تقريباً خلف الحافة. واستخدم الشريط اللاصق لتثبيت مقياس الحرارة في مكانه.
5. راقب درجة الحرارة خلال التجربة، وبعد مضي أربع دقائق راقب، ثم سجل درجة الحرارة في جدول البيانات في العمود T_2 .
6. أزل الرباط المطاطي من مقياس الحرارة، وتخلص من ورقة الترشيع حسب تعليمات المعلم.
7. كرر الخطوات من 1 إلى 6، متخذاً الإيثانول سائلاً في هذه الحالة، وسجل النتائج في جدول البيانات.
8. كرر الخطوات من 1 إلى 6، متخذاً كحول الأيزوبروبيل سائلاً في هذه الحالة، وسجل النتائج في جدول البيانات.

التحليل

1. **فسر النتائج** هل أظهر مقياس الحرارة في أثناء محاولتك ارتفاعاً في درجة الحرارة أم انخفاضاً؟ ولماذا؟
2. احسب ΔT لكل من السوائل، وذلك بإيجاد الفرق بين درجة الحرارة النهائية ودرجة الحرارة الابتدائية للسوائل ($T_2 - T_1$).
3. استخدم الصيغ الكيميائية للميثانول (CH_3OH)، والإيثانول ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)، وكحول الأيزوبروبيل ($\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$)؛ لتحديد الكتلة المولية لكل من المحاليل التي تم اختبارها. ستحتاج إلى الرجوع للجدول الدوري لحساب الكتلة المولية.
4. **استنتج** ماذا تستنتج من قيمة ΔT في كل محاولة بالنسبة لمعدل التبخر لأنواع المختلفة من الكحول؟
5. **التفكير الناقد** لماذا وُضع الورق على مقياس الحرارة بدلاً من استخدام مقياس الحرارة وحده؟

تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية يستطيع الطلاب إحضار أو اقتراح أنواع أخرى من السوائل لاختبارها؛ للإجابة عن الأسئلة التالية: أي أنواع السوائل تتبخر أسرع؟ وأيها له أقل معدل تبخر؟ وهل لتلك السوائل خصائص مشتركة أخرى؟ أسأل الطلاب إذا كان بإمكانهم استخدام نتائج تجاربهم لتطوير نظام لتصنيف السوائل. وحفزهم على استخدام النتائج؛ وذلك لابتكار طريقة ما لمعرفة سائل مجهول وتحديد من قائمة تحتوي على خيارات متعددة. واتبع احتياطات السلامة لجميع السوائل المتوفرة لدى الطلاب.



تشكل القمة الوسطى في هذه الصور الثلاث عند تكثف الذرات لتكوين BEC.

درجة حرارة العينة، ولكن أشعة الليزر لن تُبرّد العينة إذا لم يتم ضبطها بدقة عالية. وعندما تُضبط أشعة الليزر عند التردد المناسب فإن النتيجة تكون عبارة عن عينة ذراتها باردة جدًا. تُحفظ هذه المادة المتكوّنة في حيزٍ يحده شعاع الليزر مع المجال المغناطيسي، ولا تُحفظ في وعاءٍ ماديٍّ لمنع حدوث تماسٍ حراريٍّ يكسبها حرارة. تُبرّد هذه العينة عن طريق الليزر إلى درجة حرارة ($\frac{1}{10000}K$) تقريبًا، لكنها بذلك لن تكون باردة بما يكفي لتكوين BEC؛ لذا يستخدم العلماء التبريد بالتبخير لإنجاز الخطوة النهائية للوصول إلى درجة الحرارة المطلوبة. وتتم عملية التبريد بالتبخير كالآتي:

تحتوي المادة الناتجة عن طريق وعاءٍ مغناطيسيٍّ أقوى من ذي قبل، مما يسمح للذرات ذات الطاقة الأعلى بالانطلاق تاركة الذرات ذات الطاقة المتدنية جدًا، وهذه هي الذرات التي تتكثف فجأة لتكوين BEC.

التوسع

1. **قزم الصعوبات** التي يمكن أن تواجه العلماء للتغلب على إيجاد تطبيقات لحالة BEC.
2. **قارن** هل عملية التبريد بالتبخير التي توجد حالة BEC هي العملية نفسها التي تساعدك على الحفاظ على برودتك في يوم حار؟ وضع ذلك

المادة العجيبة A Strange Matter

أصبحت حالات المادة الأربع الأكثر شيوعًا (الصلبة، والسائلة، والغازية، والبلازما) مألوفة لديك، ولكن هل علمت أن هناك حالة خامسة للمادة؟ تُعرّف تكثف بوز-أينشتاين (BEC).

ما تكثف بوز-أينشتاين؟ إن بدايات BEC كانت عام 1920م من خلال الدراسات التي قام بها ستندراناث بوز على قوانين فيزياء الكم التي تخضع لها طاقات الفوتونات. فقد طبق أينشتاين معادلات بوز على الذرات، وأظهرت المعادلات أنه إذا كانت درجة الحرارة للذرات معينة منخفضة فإن معظم الذرات ستكون في مستوى الطاقة الكمي نفسه. وبعبارة أخرى، عند درجات الحرارة المنخفضة جدًا تهبط الذرات التي تحتل مستويات مختلفة للطاقة فجأة إلى أقل مستوى ممكن للطاقة. وعند درجات الحرارة هذه - والتي لا توجد في الطبيعة، ولكن يمكن إيجادها في المختبر باستخدام تقنية متقدمة جدًا - لا يمكن التمييز بين ذرات BEC كما تكون مواقعها متماثلة.

كيف نشأت BEC؟ تمكن العالمان إيرك كورنيل وكارل وايم من التوصل إلى أول حالة BEC في عام 1995م، ولإيجاد BEC استخدم العالمان ذرات عنصر الروبيديوم. وكان عليها أن يقررا كيفية تبريد هذه الذرات إلى درجة حرارة أخفض من أي درجة تم الوصول إليها حتى تلك اللحظة. وقد تدهش عندما تعلم أن إحدى الخطوات المهمة للوصول إلى درجات حرارة منخفضة جدًا هي استخدام أشعة الليزر لتبريد ذرات الروبيديوم. يمكن لليزر صهر الفلز، ويمكنه أيضًا تبريد عينة من الذرات إذا ضُبط؛ لكي ترتد فوتوناته عن الذرات، وفي هذه الحالة ستحمل الفوتونات جزءًا من طاقة الذرات مما يؤدي إلى انخفاض

الخلفية العلمية

في أثناء عملية التبريد بالليزر ترتد فوتونات الليزر عن الذرات، لكنها أيضًا تدفع الذرات، وتعد عملية دفع الذرات هذه عاملاً محددًا لكفاءة التبريد بالليزر؛ إذ تنتقل إلى الذرات طاقة حرارية تعيق وصولها إلى درجات الحرارة المنخفضة التي يتطلبها تكوين تكاثف بوز-أينشتاين (BEC). أما التبريد بالتبخير فإن المصائد المغناطيسية تحجز الذرات في موقع لا يوجد فيه فوتونات لتسخينها. ومن الصعوبات التي لا بد من التغلب عليها في إيجاد تطبيقات لـ BEC، الهشاشة المفرطة، فحتى التغيرات الطفيفة في البيئة المسيطر عليها بعناية فائقة يمكن أن تدمر العينة، كما تتلف خصائص العدد القليل من الذرات (بعض ملايين فقط) التي تم تجميعها حتى الآن. ويسعى الفيزيائيون أيضًا إلى استخدام ذرات مختلفة في حالة تكاثف بوز-أينشتاين (BEC).

استراتيجيات التدريس

- اطلب إلى الطلاب كتابة قصة تتضمن التفاصيل العلمية الدقيقة حول كيفية استخدام تقنية تكاثف بوز-أينشتاين في المستقبل.
- اطلب إلى الطلاب بناء اختبار قصير (مع الإجابات) اعتمادًا على المقال. واجمع الاختبارات القصيرة، واطرح على طلاب صفك أفضل الأسئلة.

المناقشة

تصوير تكاثف بوز-أينشتاين يؤدي التصوير دورًا مهمًا في فهم بنية الذرات في تكاثف بوز-أينشتاين. ناقش الطلاب في الطرائق التي يمكن من خلالها الحصول على صورة لتكاثف بوز-أينشتاين. أولاً ناقش الطلاب في كيفية الحصول على صور للحالات الأخرى للمادة (التصوير بالأشعة، التصوير بالفيديو)، وفي مزايا هذه التقنيات، وعيوبها، وهل من الممكن تطبيق أي من التقنيات السابقة على تكاثف بوز-أينشتاين؟ واطلب إلى الطلاب التفكير في أي خصائص تكاثف بوز-أينشتاين (مثل درجة الحرارة والحجم وقابلية التحطم (الهشاشة)) يمكن أن تشكّل تحديًا لعملية التصوير.

التوسع في البحث

1. **ستختلف الإجابات.** قد يذكر الطلاب أنه من الصعب جدًا إيجاد حالة BEC، وتكون قابلة للتطبيق فقط تحت ظروف خاصة جدًا محدودة ومقيدة في مختبر الفيزياء.
2. **مع أن الظرفين الذين تحدث فيها العمليتان تبدوان ظاهريًا مختلفين جدًا، إلا أن ظرف العملية الأساسية للتبريد التبخيري ماثل لظرف الأخرى.** فعندما تغادر الجسيمات (الذرات أو الجزيئات) ذات الطاقة الحركية الكبيرة العينة تكون الجسيمات المتبقية ذات متوسط طاقة حركية منخفض أو درجة حرارة منخفضة.

دليل مراجعة الفصل

المفاهيم الرئيسية

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



6-1 خصائص الموائع Properties of fluids	
المفاهيم الرئيسية - من خصائص المواد في الحالة السائلة القدرة على التدفق وعدم ثبات الشكل. - الضغط يساوي القوة مقسومة على المساحة التي تؤثر فيها القوة. $P = \frac{F}{A}$ - يمكن استخدام القانون العام للغازات لحساب التغير في الحجم، ودرجة الحرارة، وضغط الغاز المثالي. - يمكن كتابة قانون الغاز المثالي على النحو التالي: $PV = nRT$	المفردات - الموائع - الضغط - باسكال - القانون العام للغازات - قانون الغاز المثالي - التمدد الحراري - البلازما
6-2 القوى داخل السوائل Forces within Liquids	
المفاهيم الرئيسية - قوى التماسك هي قوى التجاذب التي تؤثر بها الجزيئات المتماثلة بعضها في بعض، وينتج كل من التوتر السطحي واللزوجة عن قوى التماسك. - قوى التلاصق هي قوى تجاذب تؤثر بها جزيئات المواد المختلفة بعضها في بعض، وتنتج الخاصية الشعرية عن قوى التلاصق.	المفردات - قوى التماسك - قوى التلاصق
6-3 الموائع الساكنة و الموائع المتحركة Fluids at Rest and in Motion	
المفاهيم الرئيسية - ينتقل التغير في الضغط، دون نقصان، خلال السائل اعتماداً على مبدأ باسكال. $F_2 = \frac{F_1 A_2}{A_1}$ - يتناسب الضغط عند عمق معين طردياً مع وزن المائع عند ذلك العمق. $P = \rho h g$ - قوة الطفو تساوي وزن المائع المزاح عن طريق جسم اعتماداً على مبدأ أرخيدس. $F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{المائع}} V g$ - ينص مبدأ برنولي على أن ضغط المائع ينخفض كلما ازدادت سرعته.	المفردات - مبدأ باسكال - قوة الطفو - مبدأ أرخيدس - مبدأ برنولي - خطوط الانسياب
6-4 المواد الصلبة Solids	
المفاهيم الرئيسية - تترتب الجزيئات في المواد الصلبة البلورية وفق نمط منتظم، أما المواد الصلبة غير البلورية فلا يوجد لجزيئاتها نمط منتظم. - يتناسب التمدد الحراري طردياً مع التغير في درجة الحرارة والحجم الأصلي، ويعتمد ذلك على نوع المادة. $\alpha = \frac{\Delta L}{L_i \Delta T}$ $\beta = \frac{\Delta V}{V_i \Delta T}$	المفردات - الشبكة البلورية - المواد الصلبة غير البلورية - معامل التمدد الطولي - معامل التمدد الحجمي

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



الشكل 24-6

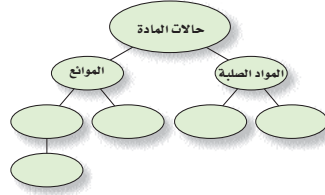
61. قارن بين ضغط الماء على عمق 1 m تحت سطح بركة صغيرة وضغط الماء عند العمق نفسه تحت سطح بحيرة؟ (6-3)
62. كيف يختلف ترتيب الذرات في المادة البلورية عن ترتيبها في المادة غير البلورية؟ (6-4)
63. هل يعتمد معامل التمدد الطولي على وحدة الطول المستخدمة؟ فسر ذلك. (6-4)

تطبيق المفاهيم

64. يستقر صندوق على شكل متوازي مستطيلات على وجهه الأكبر على طاولة. فإذا أدير الصندوق بحيث أصبح يستقر على وجهه الأصغر، فهل يزداد الضغط على الطاولة، أم ينقص أم يبقى دون تغيير؟
65. بين أن وحدة الباسكال تكافئ وحدة kg/m.s^2 .
66. شحن البضائع أيها تغطس لمسافة أعمق في الماء: باخرة مملوءة بكرات تنس الطاولة أم باخرة فارغة ممتلئة لها؟ فسر إجابتك.
67. ما عمق وعاء من الماء الضغط عند قاعه يساوي قيمة الضغط في قاع وعاء مملوء بالزئبق، وعمقه 10.0 cm، علماً بأن كثافة الزئبق تزيد 13.55 مرة على كثافة الماء؟

خريطة المفاهيم

51. أكمل خريطة المفاهيم أدناه مستخدماً المصطلحات التالية: الكثافة، اللزوجة، المرونة، الضغط. ويمكن استخدام المفهوم الواحد أكثر من مرة.



إتقان المفاهيم

52. كيف تختلف القوة عن الضغط؟ (6-1)
53. حُصر غاز في وعاء مغلق بإحكام، ووضع سائل في وعاء له الحجم نفسه وكان لكل من الغاز والسائل حجم محدد، فكيف يختلف أحدهما عن الآخر؟ (6-1)
54. ما أوجه التشابه والاختلاف بين الغازات والبلازما؟ (6-1)
55. تتكون الشمس من البلازما، فكيف تختلف بلازما الشمس عن تلك التي على الأرض؟ (6-1)
56. تنصهر البحيرات المتجمدة خلال فصل الربيع، فما تأثير ذلك في درجة حرارة الهواء فوق البحيرة؟ (6-2)
57. الكشاف تُغطي المطرات التي يستخدمها الكشاف أحياناً بكيس من قماش الكتان. إذا رطبت الكيس الذي يغطي المطرة فإن الماء في المطرة سيبرد. فسر ذلك. (6-2)
58. ماذا يحدث للضغط عند قمة الإناء إذا ازداد الضغط عند قاعه اعتياداً على مبدأ باسكال؟ (6-3)
59. ينتقل تيار مائي خلال خرطوم ويخرج من فوهته. فإذا حدث لضغط الماء عندما تزداد سرعته؟ (6-3)
60. بم تحريك الأواني المستطرقة الموضحة في الشكل 24-6 عن الضغط المؤثر بواسطة السائل؟ (6-3)

تطبيق المفاهيم

64. يزداد الضغط، ويبقى الوزن كما هو، فالضغط هو الوزن المؤثر في وحدة المساحة.
65. $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = (\text{kg.m/s}^2) / \text{m}^2 = 1 \text{ kg/m.s}^2$
66. سوف تغطس الباخرة المملوءة بكرات التنس إلى عمق أكبر داخل الماء؛ لأن لها وزناً أكبر.
67. 136 cm

خريطة المفاهيم

51. انظر دليل حلول المسائل.

إتقان المفاهيم

52. تعتمد القوة فقط على دفع الجسم أو سحبه. في حين يعتمد الضغط على القوة كما يعتمد على المساحة التي تؤثر فيها القوة.
53. لن يتغير حجم السائل، وسيتمدد الغاز حسب حجم الوعاء الذي يحويه.
54. كلاهما ليس له حجم أو شكل محدد. إن جسيمات البلازما ذات طاقة عالية جداً، وتستطيع البلازما إيصال الكهرباء.
55. بلازما الشمس حارة جداً، والأكثر أهمية من ذلك أن كثافتها عالية جداً لدرجة أن كثافتها أكبر من كثافة أغلب المواد الصلبة على الأرض.
56. لكي ينصهر الجليد يجب أن يمتص كمية من الطاقة الحرارية اللازمة لانصهاره من الهواء والماء، مما يؤدي إلى تبريد الهواء فوقه.

57. يتبخر الماء الموجود في كيس القماش ممتصاً الطاقة من المطرة (القربة) ومن الماء الذي داخلها.
58. تتوزع التغيرات في الضغط بالتساوي على جميع أجزاء الإناء، حيث يتزايد الضغط عند الأعلى.

59. يتناقص ضغط الماء حسب مبدأ برنولي.
60. توضح أنابيب الاتزان أن الضغط لا يعتمد على شكل الوعاء.
61. حجم الماء أو شكله غير مهمين، بل المهم هو العمق فقط. لذا يكون الضغط متساوياً في كلتا الحالتين.

62. تترتب الذرات في المادة البلورية في نمط مرتب، أما في المادة غير البلورية فتكون الذرات عشوائية، أي ليس لها نمط مرتب.

63. لا؛ فمعامل التمدد مقياس لتمدد الجسم بالنسبة لطوله الكلي. أما الوحدات والطول الكلي فلا يغيران من قيمة α .

68. تكون قوى التماسك الأقوى في الزئبق، في حين تكون الأضعف في الأسيتون، وكلما كانت قوة التماسك أكبر اتخذت القطرة شكلاً كروياً أكثر.

69. إن قوى التماسك للماء أكبر من قوى التماسك للكحول.

70. كلما سُخِّنَت الصفيحة أكثر ازداد حجم الثقب.

71. a. 1

b. 2

c. 6

d. 6

e. 6

72. يتمدد الزجاج المستخدم في الأفران بمقدار أقل من الزجاج العادي عند التسخين. فلا يرتفع الماء في الأنبوب (A) كثيراً؛ لأن أنبوب الزجاج العادي قد تمدد وازداد حجمه.

إتقان حلّ المسائل

6-1 خصائص الموائع

73. a. 8.3 N

b. $1.7 \times 10^2 \text{ Pa}$

74. $4.8 \times 10^4 \text{ Pa}$

75. $2.5 \times 10^3 \text{ N}$

76. a. 0.32 mol

b. 14 g

72. تم تسخين حجمين متساويين من الماء في أنبوبين ضيقين ومتماثلين، إلا أن الأنبوب A مصنوع من الزجاج العادي، والأنبوب B مصنوع من الزجاج القابل للتسخين في الأفران. وعندما ارتفعت درجة الحرارة، ارتفع مستوى الماء في الأنبوب B أكثر من الأنبوب A. فسر ذلك.

إتقان حلّ المسائل

6-1 خصائص الموائع

73. الكتاب المقرر كتاب فيزياء كتلته 0.85 kg، وأبعاد سطحه $24.0 \text{ cm} \times 20.0 \text{ cm}$ ، يستقر على سطح طاولة.

a. ما القوة التي يؤثر بها الكتاب في الطاولة؟

b. ما الضغط الذي يؤثر به الكتاب؟

74. أسطوانة مصممة كتلتها 75 kg وطولها 2.5 m ونصف قطر قاعدتها 7.0 cm تستقر على إحدى قاعدتيها.

ما مقدار الضغط الذي تؤثر به؟

75. ما مقدار القوة الرأسية الكلية أسفل الغلاف الجوي التي تؤثر في قمة رأسك الآن؟ افترض أن مساحة قمة رأسك 0.025 m^2 تقريباً.

76. المشروبات الغازية إن غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) المذاب في شراب الصودا يجعله ينفور، ويتم عادة إذابة كمية من غاز ثاني أكسيد الكربون تساوي 8.0 L تقريباً عند ضغط يساوي الضغط الجوي ودرجة حرارة 300.0 K في زجاجة مشروبات غازية سعتها 2. L.

إذا كانت الكتلة المولية للغاز CO_2 تساوي 44 g/mol.

a. فما عدد المولات من غاز ثاني أكسيد الكربون في زجاجة سعتها 2 L؟

b. وما كتلة غاز ثاني أكسيد الكربون الموجودة في زجاجة صودا سعتها 2 L؟

68. وضعت قطرات من الزئبق، والماء، والإيثانول والأسيتون على سطح مستو أملس، كما في الشكل 25-6. ماذا تستنتج عن قوى التماسك في هذه السوائل من خلال هذا الشكل؟



الشكل 25-6

69. يتبخر الكحول بمعدل أسرع من تبخر الماء عند درجة الحرارة نفسها، ماذا تستنتج من هذه الملاحظة عن خصائص الجزيئات في كلا السائلين؟

70. افترض أنك استخدمت مثقباً لإحداث ثقب دائري في صفيحة من الألومنيوم. إذا سخنت الصفيحة، فهل يزداد حجم الثقب أم يقل؟ فسر ذلك.

71. وضعت خمسة أجسام في خزان من الماء كثافتها على النحو الآتي:

a. 0.85 g/cm^3 d. 1.15 g/cm^3

b. 0.95 g/cm^3 e. 1.25 g/cm^3

c. 1.05 g/cm^3

وكثافة الماء 1.00 g/cm^3 . ويوضح الشكل 26-6 ستة مواقع محتملة لهذه الأجسام، اختر المواقع من 1 إلى 6 لكل من الأجسام الخمسة. (ليس من الضروري اختيار المواقع كلها)



الشكل 26-6

التقويم

77. $3 \times 10^1 \text{ cm}$

78. 0.14 m^3

79. a. $3.2 \times 10^5 \text{ Pa}$

b. 32 psi

6-3 الموائع الساكنة والموائع المتحركة

المستوى 1

80. a. $1.7 \times 10^5 \text{ Pa}$

b. $3.9 \times 10^4 \text{ Pa}$

81. $8.4 \times 10^2 \text{ Pa}$

82. a. $6.33 \times 10^{-5} \text{ m}^3$

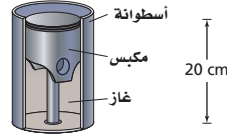
b. $19.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ، مصنوع من الذهب

(واحد باوند لكل إنش مربع يساوي $6.90 \times 10^3 \text{ Pa}$) ومصطلح ضغط معيار يعني الضغط الأعلى من الضغط الجوي. إن الضغط الحقيقي داخل الإطار يساوي $1.01 \times 10^5 \text{ Pa} + (30.0 \text{ psi}) (6.90 \times 10^3 \text{ Pa/psi}) = 3.08 \times 10^5 \text{ Pa}$ ، وعندما تتحرك السيارة تزداد درجة حرارة الإطار ويزداد الضغط والحجم كذلك. افترض أنك ملأت إطار السيارة للحجم 0.55 m^3 عند درجة حرارة 280 K وكان الضغط الابتدائي 30.0 psi ، ولكن ازدادت درجة حرارة الإطار في أثناء القيادة لغاية 310 K وازداد الحجم ليصبح 0.58 m^3 .
a. ما مقدار الضغط الجديد في الإطار؟
b. ما الضغط المعيار الجديد؟

6-3 الموائع الساكنة والموائع المتحركة

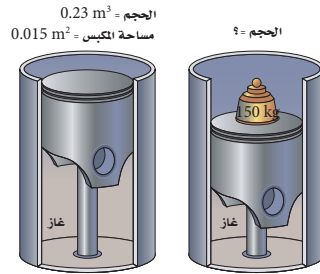
80. **الخزان** إذا كان عمق الماء خلف سد 17 m ، فما ضغط الماء عند المواقع المختلفة الآتية؟
a. عند قاعدة السد.
b. على عمق 4.0 m من سطح الماء.
81. يستقر أنبوب اختبار رأسياً على حامل أنابيب اختبار، ويحتوي على زيت ارتفاعه 2.5 cm وكثافته 0.81 g/cm^3 ، وماء ارتفاعه 6.5 cm . ما مقدار الضغط المؤثر للسائلين عند قاع أنبوب الاختبار؟
82. **الأثريات** تمثال طائر أثري مصنوع من معدن أصفر مُعلق بميزان نابضي، تشير قراءة الميزان النابضي إلى 11.81 N عندما يُعلق التمثال في الهواء، وتشير إلى 11.19 N عندما يُغمر التمثال كلياً في الماء.
a. أوجد حجم التمثال.
b. هل تمثال الطائر مصنوع من الذهب ($\rho = 19.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) أم مصنوع من الألومنيوم ($\rho = 2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) المطلي بالذهب؟

77. كما هو موضح في الشكل 27-6، يتكوّن مقياس الحرارة ذو الضغط الثابت من أسطوانة تحتوي على مكبس يتحرك بحرية داخل الأسطوانة، ويبقى كل من الضغط وكمية الغاز داخل الأسطوانة ثابتين. وعندما ترتفع درجة الحرارة أو تنخفض يتحرك المكبس إلى أعلى الأسطوانة أو إلى أسفلها. إذا كان ارتفاع المكبس في الأسطوانة 20 cm عند 0°C ، فما ارتفاع المكبس عندما تكون درجة الحرارة 100°C ؟



الشكل 27-6

78. يَحصر مكبس مساحته 0.015 m^2 كمية ثابتة من الغاز في أسطوانة حجمها 0.23 m^3 . فإذا كان الضغط الابتدائي للغاز $1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ ، ووضع جسم كتلته 150 kg على المكبس، فتتحرك المكبس في اتجاه الأسفل إلى موقع جديد كما موضح في الشكل 28-6، فما الحجم الجديد للغاز داخل الأسطوانة؟، علماً بأن درجة الحرارة ثابتة؟



الشكل 28-6

79. **التركيبات** يصمم إطار سيارة معينة ليستخدم عند ضغط معيار مقداره 30.0 psi ، أو 30.0 باوند لكل إنش مربع

التقويم

83. a. 203 N

b. 197 N

84. 26.0 N

85. 10.0 N

86. $5.0 \times 10^1 \text{ N}$

87. 0.70 m

4-6 المواد الصلبة

المستوى 1

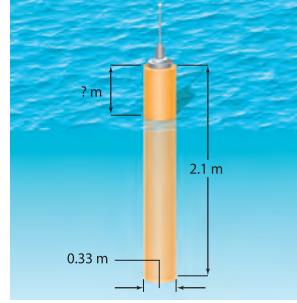
88. $1.4 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

89. $1.3 \times 10^{-5} \text{ m}$

90. 0.1 m

91. $3.1 \times 10^{-2} \text{ m}$

بانتظام، فكم يكون ارتفاع العوامة فوق سطح الماء عندما تطفو؟



الشكل 29-6

4-6 المواد الصلبة

88. إذا كان طول قضيب مصنوع من معدن مجهول 0.975 m عند 45°C ، وتناقص طوله ليصبح 0.972 m عند 23°C ، فما معامل تمدده الطولي؟

89. صمّم مخترع مقياس حرارة من قضيب ألومنيوم طوله 0.500 m عند درجة حرارة 273 K. واعتمد المخترع قياس طول قضيب الألومنيوم لتحديد درجة الحرارة. فإذا أراد المخترع أن يقيس تغيراً في درجة الحرارة مقداره 1.0 K، فكم يجب أن تكون دقة قياس طول القضيب؟

90. الجسور جسر أسمنتي طوله 300 m في شهر أغسطس عندما كانت درجة الحرارة 50°C ، فكم يكون مقدار الفرق في الطول في إحدى ليالي شهر يناير إذا كانت درجة الحرارة 10°C ؟

91. أنبوب من النحاس طوله 2.00 m عند 23°C . ما مقدار التغير في طوله إذا ارتفعت درجة حرارته إلى 978°C ؟

83. خلال تجربة في علم البيئة وضع حوض لتربية الأسماك مملوء حتى منتصفه بالماء على ميزان، فكانت قراءة الميزان 195 N.

a. أضيف حجر وزنه 8 N إلى الحوض، فإذا غطس الحجر إلى قاع الحوض، فما قراءة الميزان؟
b. أزيل الحجر من الحوض، وعدلت كمية الماء حتى عادت قراءة الميزان ثانية 195 N، فإذا أضيفت سمكة تزن 2 N إلى الحوض، فما قراءة الميزان في حالة وجود السمكة في الحوض؟

84. ما مقدار قوة الطفو المؤثرة في كرة وزنها 26.0 N إذا كانت تطفو على سطح ماء عذب؟

85. ما مقدار أقصى وزن يستطيع أن يرفعه في الهواء بالون مملوء بحجم 1.00 m^3 من غاز الهيليوم؟ افترض أن كثافة الهواء 1.20 kg/m^3 وكثافة غاز الهيليوم 0.177 kg/m^3 ، وأهمل كتلة البالون.

86. تزن صخرة 54 N في الهواء، وعندما غمرت في سائل كثافته ضعف كثافة الماء أصبح وزنها الظاهري 46 N. ما وزنها الظاهري عندما تغمر في الماء؟

87. جغرافية المحيطات انظر إلى الشكل 29-6، تستخدم عوامة كبيرة لحمل جهاز يستخدم في دراسة جغرافية المحيطات، وكانت العوامة مصنوعة من خزان أسطواني مجوف. فإذا كان ارتفاع الخزان 2.1 m، ونصف قطره 0.33 m، والكتلة الكلية للعوامة وجهاز البحث 120 kg تقريباً. ويجب على العوامة أن تطفو بحيث يكون أحد طرفيها فوق سطح الماء؛ وذلك لحمل جهاز بث راديوي. افترض أن العوامة تحوي الجهاز، وأن كتلتها موزعة

التقويم

92. $1.6 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

93. $-1.2 \times 10^2 \text{ }^\circ\text{C}$

المستوى 2

94. 0.55 m^3

95. $7.6 \times 10^{-2} \text{ cm}^3$

96. 2.4 cm^3

المستوى 3

97. a. $3.8 \times 10^{-4} \text{ m}$

b. 2.3×10^{-3}

98. a. 0.348 m^3

b. 0.703 m

99. يعاني الجزآن 1 و 2 انكماشاً أكبر في الطول من الجزأين 3 و 4. لذا فإن الجزأين 1 و 2 يجب أن يكونا مصنوعين من الألومنيوم الذي معامل تمدده أكبر من معامل تمدد الفولاذ.

مراجعة عامة

المستوى 1

100. $7.4 \times 10^5 \text{ Pa}$

101. $6.2 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

المستوى 2

102. a. 0.19 m

b. غطس نصف كرة البولنج عندما كان وزنها 18 N. يجب أن يكون الوزن الظاهري لكرة 36 N قريباً من الصفر.

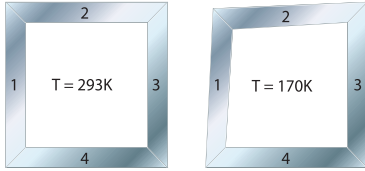
103. معامل التمدد الحجمي للزئبق أكبر من معامل التمدد الحجمي للألومنيوم. لذا فعند تسخينها يصبح الألومنيوم أكثر كثافة من الزئبق، وسوف يغطس إلى عمق أكبر في الزئبق.

104. يتمدد الماء: 0.735 ml

يتمدد الوعاء: 0.756 ml

سوف ينخفض مستوى الماء قليلاً، ولكن ليس إلى المستوى الذي يمكن ملاحظته.

99. الصناعة صمم مهندس قطعة ميكانيكية مربعة الشكل لنظام تبريد خاص. تتألف القطعة الميكانيكية من قطعتين مستطيلتين من الألومنيوم، وقطعتين مستطيلتين من الفولاذ، وكانت القطعة المصممة مربعة تماماً عند درجة K 293، ولكن عند درجة K 170 أصبحت القطعة مفتولة كما في الشكل 30-6. حدد أي القطع المبيّنة في الشكل مصنوعة من الفولاذ، وأياها مصنوعة من الألومنيوم؟



الشكل 30-6

100. ما مقدار الضغط المؤثر في جسم الغواصة عند عمق 65 m؟
101. جهاز الغطس يسبح غطاس مستخدماً جهاز الغطس على عمق 5.0 m تحت الماء مطلقاً $4.2 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ من فقاعات الهواء. ما حجم تلك الفقاعات قبل وصولها إلى سطح الماء تماماً؟
102. تطفو كرة بولنج وزنها 18 N بحيث ينغمر نصفها فقط في الماء.
- a. ما مقدار قطر كرة البولنج؟
- b. ما الوزن الظاهري تقريباً لكرة بولنج تزن 36 N؟
103. يطفو قضيب من الألومنيوم في حوض زئبق. فهل يطفو القضيب إلى أعلى أكثر أم أن جزءاً أكبر منه سينغمر عند تسخين الزئبق والألومنيوم معاً؟
104. وضع 100.0 ml من الماء في وعاء من الزجاج العادي سعته 800.0 ml عند $15.0 \text{ }^\circ\text{C}$. كم سيرتفع مستوى الماء أو ينخفض عندما يُسخن كل من الإناء والماء إلى $50.0 \text{ }^\circ\text{C}$ ؟

92. ما التغير في حجم قالب من الأسمنت حجمه 1.0 m^3 إذا ارتفعت درجة حرارته بمقدار $45 \text{ }^\circ\text{C}$ ؟
93. الجسور يستخدم عمال بناء الجسور عادة مسامير فولاذية بحيث تكون أكبر من ثقب المسار؛ وذلك لجعل الوصلة مشدودة أكثر. ويُبرّد المسار قبل وضعه في الثقب. افترض أن العامل حفر ثقباً نصف قطره 1.2230 cm لمسار نصف قطره 1.2250 cm، فلأي درجة حرارة يجب أن يُبرّد المسار ليدخل في الثقب بشكل محكم إذا كانت درجة حرارته الابتدائية $20.0 \text{ }^\circ\text{C}$ ؟
94. خزان مصنوع من الفولاذ نصف قطره 2.000 m وارتفاعه 5.000 m مملئ بالميثانول عند درجة حرارة $10 \text{ }^\circ\text{C}$. فإذا ارتفعت درجة الحرارة حتى $40.0 \text{ }^\circ\text{C}$ ، فما مقدار الميثانول الذي سيتدفق خارج الخزان إذا تمدّد كل من الخزان والميثانول؟
95. سُخِّنَت كرة من الألومنيوم حتى أصبحت درجة حرارتها $580 \text{ }^\circ\text{C}$ ، فإذا كان حجم الكرة 1.78 cm^3 عند درجة حرارة $11 \text{ }^\circ\text{C}$ ، فما مقدار الزيادة في حجم الكرة عند $580 \text{ }^\circ\text{C}$ ؟
96. إذا أصبح حجم كرة من النحاس 2.56 cm^3 بعد تسخينها من $12 \text{ }^\circ\text{C}$ إلى $984 \text{ }^\circ\text{C}$ ، فما حجم الكرة عند $12 \text{ }^\circ\text{C}$ ؟
97. صفيحة من الفولاذ مربعة الشكل طول ضلعها 0.330 m، سُخِّنَت من $0 \text{ }^\circ\text{C}$ حتى أصبحت درجة حرارتها $95 \text{ }^\circ\text{C}$.
- a. ما مقدار تغير طول جوانب المربع؟
- b. ما نسبة التغير في مساحة المربع؟
98. مكعب من الألومنيوم حجمه 0.350 cm^3 عند درجة حرارة 350.0 K، فإذا بُرِدَ إلى 270.0 K فما مقدار: a. حجمه عند درجة 270.0 K؟ b. طول ضلع المكعب عند درجة 270.0 K؟

التقويم

105. a. $2.5 \times 10^3 \text{ N}$ b. 75 cm

106. يكون الضغط الجوي منخفضاً عند الارتفاعات العالية، لذا فإن كتلة حجم المائع المزاح بوساطة منطاد حجمه ثابت تكون أقل عند الارتفاعات الكبيرة. وللحصول على قوة الطفو نفسها عند الارتفاعات الكبيرة ينبغي للمنطاد أن ينفث غازاً أكثر، حيث تلزمه درجة حرارة أكبر.

107. a. $8.7 \times 10^7 \text{ Pa}$

b. سوف تكون كثافة الهواء أكبر بمقدار 860 مرة من كثافة الهواء عند سطح المحيط.

التفكير الناقد

108. سينخفض مستوى الماء في الحوض.

109. يتوافق سطح فرشاة الماء ويتكيف مع تضاريس الجسم أكثر من الفرشة العادية. كما يهبط الجسم في فرشاة الماء بسهولة أكبر. ولأن $\rho_{\text{الفرشة}} < \rho_{\text{H}_2\text{O}}$ فإن قوة الطفو من فرشاة الماء تكون أقل.

110. يزن الطبيب الشخص بشكل طبيعي ثم يزنه وهو مغمور تماماً في الماء. وللتأكد من الانغمار التام لابد من إضافة أثقال إلى الشخص؛ لأن كثافة الإنسان عادة أقل من كثافة الماء. كما يجب أن يقاس حجم الماء المزاح بوساطة الشخص. أما متوسط كثافة الشخص فيمكن حسابه من توازن القوى التي تبقي الشخص في حالة اتزان تحت الماء.

111. a. سينغمر 9.5% من الكرة الطافية.

b. $7 \times 10^1 \text{ N}$ c. $8 \times 10^{-2} \text{ m}^3$

التفكير الناقد

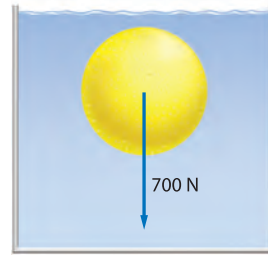
108. تطبيق المفاهيم إذا كنت تغسل الأواني في حوض، فطفأ أحد الأواني في الحوض، فقامت بملئه بهاء الحوض فغطس إلى القاع، فهل ارتفع مستوى الماء في الحوض أم انخفض عندما انغمر الإناء؟

109. تطبيق المفاهيم إن الأشخاص الملازمين للسريز أقل احتمالاً للإصابة بمرض تَقْرُحُ الفراش إذا استخدموا فرشاة الماء بدلاً من الفرشات العادية. فسّر ذلك.

110. حلّ تعتمد إحدى طرائق قياس النسبة المئوية لمحتوى الدهون في الجسم على حقيقة أن الأنسجة الدهنية أقل كثافة من الأنسجة العضلية. كيف يمكن تقدير معدل كثافة شخص باستخدام ميزان وبركة سباحة؟ وما القياسات التي يحتاج الطبيب إلى تدوينها لإيجاد معدل النسبة المئوية للدهون في جسم شخص ما؟

111. حلّ واستنتج يلزم قوة رأسية إلى أسفل مقدارها 700 N لغمر كرة من البلاستيك كلياً كما في الشكل 31-6. إذا علمت أن كثافة البلاستيك 95 kg/m^3 ، فما مقدار: a. النسبة المئوية للجزء المغمور من الكرة إذا تركت تطفو بحرية؟

b. وزن الكرة في الهواء؟
c. حجم الكرة؟



الشكل 31-6

105. صيانة السيارات تُستخدم رافعة هيدروليكية لرفع السيارات لصيانتها، وتسمى رافعة الأطنان الثلاثة. فإذا كان قطر المكبس الكبير 22 mm، وقطر المكبس الصغير 6.3 mm. افترض أن قوة ثلاثة أطنان تعادل $3.0 \times 10^4 \text{ N}$.

a. فما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر في المكبس الصغير لرفع وزن مقداره ثلاثة أطنان؟
b. تستخدم معظم رافعات السيارات رافعة لتقليل القوة اللازمة للتأثير فيها في المكبس الصغير. فإذا كان طول ذراع المقاومة 3.0 cm، فكم يجب أن يكون طول ذراع القوة لرافعة مثالية لتقليل القوة إلى 100.0 N؟

106. المنطاد يحتوي منطاد الهواء الساخن على حجم ثابت من الغاز. عندما يُسخّن الغاز يتمدد ويبرد بعض الغاز خارجاً من النهاية السفلى المفتوحة، لذلك تنخفض كتلة الغاز في المنطاد. فلماذا ينبغي أن يكون الغاز في المنطاد أكثر سخونة لرفع حولة من الأشخاص إلى قمة ارتفاعها 2400 m عن سطح البحر، مقارنة بمنطاد مهمته رفع الحمولة ذاتها من الأشخاص إلى ارتفاع 6 m عن مستوى سطح البحر؟

107. عالم الأحياء تستطيع بعض النباتات والحيوانات العيش تحت ضغط مرتفع جداً.

a. ما مقدار الضغط المؤثر بوساطة الماء في جسم سمكة أو دودة تعيش بالقرب من قاع أخدود مائي في منطقة بورتوريكو الذي يبلغ عمقه 8600 m تحت سطح المحيط الأطلنطي؟ افترض أن كثافة مياه البحر 1030 kg/m^3 .

b. ما كثافة الهواء عند ذلك الضغط بالنسبة لكثافته فوق سطح المحيط؟

التقويم

112. إن كثافة الماء في الكيس بالإضافة إلى كثافة السمك والبلاستيك مجتمعة قريبة من كثافة الماء في حوض الماء. لذا يجب أن يطفو الكيس على مستوى الماء في الكيس وعلى ارتفاع مستوى الماء نفسه في حوض الماء.

الكتابة في الفيزياء

113. تُصنع الأربطة المطاطية من جزيئات المطاط الطويلة التي تسمى البوليمرات، والتي تتخذ هيئة سلاسل مزودة ببعض الوصلات الطويلة. وتنشأ خصائص المطاط من قدرة هذه الوصلات على الالتواء والدوران. وعندما يُبرّد المطاط تتمدد هذه الوصلات بخط مستقيم تمامًا كوصلات سلسلة الحديد التي تمسكها من أحد طرفيها وتسمح لها أن تتدلى بحرية. ولأن الوصلات مرتبة بتلك الطريقة فإن للبوليمرات فوضى (إنتروبي) صغيرة نسبيًا. إن إضافة الحرارة إلى هذه البوليمرات تزيد من حركتها الحرارية، وتبدأ عندها الوصلات في الاهتزاز ويزيد عدم ترتيبها. وإذا جُعِلت هذه الوصلات تهتز بهذه الطريقة فإنك ستري أن متوسط طولها يصبح أقل مقارنة بحالة بقاء السلسلة معلقة دون حركة.

114. كان العالم الفرنسي جاي لوساك مهتمًا أيضًا بصعود المنطاد إلى ارتفاعات عالية. ولقد اكتشف أنه عندما يكون للغازات درجة الحرارة نفسها والضغط نفسه فسوف تتفاعل حجوماتها بنسب ذات أعداد صغيرة وصحيحة. لقد ساهم إنجاز جاي لوساك في اكتشاف صيغة الماء، وذلك بإثباته أن حجمين من غاز الهيدروجين يتفاعلان مع حجم واحد من غاز الأكسجين. ولقد بنى أفوجادرو نتائجه على ما توصل إليه جاي لوساك، وذلك عند صياغة العلاقة بين مولات الغاز والحجم.

مراجعة تراكمية

- 115.** تتحرك سيارة كتلتها 875 kg في اتجاه الجنوب بسرعة 15 m/s فتصطدم بسيارة أخرى كبيرة كتلتها 1584 kg وتتحرك في اتجاه الشرق بسرعة 12 m/s، فتلتصقان معًا بعد التصادم، بحيث يكون الزخم الخطي محفوظًا. (الفصل 2)
- a. مثل الحالة بالرسم، معينًا محاور الإحداثيات ومحددًا الحالة قبل التصادم وبعده.
- b. أوجد سرعة حطام السيارتين مقدارًا واتجاهًا بعد التصادم مباشرة، وتذكر أن الزخم كمية متجهة.
- c. ينزلق الحطام على سطح الأرض ثم يتوقف، فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي عندما كان الحطام ينزلق 0.55، ومع افتراض أن التسارع ثابت، فما مقدار مسافة الانزلاق بعد التصادم؟
- 116.** يرفع محرك قدرته 188 W حبلًا بمعدل (سرعة) 6.50 cm/s. ما مقدار أكبر حمل يمكن للمحرك أن يرفعه عند هذا المعدل؟ (الفصل 3)

112. تطبيق المفاهيم تُوضع الأسماك الاستوائية التي تُربى في أحواض السمك المنزلية عند شرائها في أكياس بلاستيكية شفافة مملوءة جزئيًا بالماء. إذا وضعت سمكة في كيس مغلق داخل الحوض، فأأي الحالات المبينة في الشكل 6-32 تمثل أفضل ما يمكن أن يحدث؟ فسر استدلالك.



الشكل 6-32

الكتابة في الفيزياء

- 113.** تتمدد بعض المواد الصلبة عندما تبرد، ومن أكثر الأمثلة شيوعًا تتمدد الماء عند انخفاض درجة حرارته بين 4°C و 0°C ، ولكن تتمدد الأربطة المطاطية أيضًا عند تبريدها، ابحث عن سبب هذا التمدد.
- 114.** بحث العالم جاي-لوساك في قوانين الغاز، فكيف ساهم إنجاز جاي-لوساك في اكتشاف صيغة الماء؟

مراجعة تراكمية

- 115.** a. انظر دليل حلول المسائل.
- b. 9.4 m/s ، 55° شرق الجنوب
- c. 8.2 m
- 116.** $2.89 \times 10^3 \text{ N}$

سَلَم تقدير

يمثل الجدول التالي نموذجًا لسلم تقدير أسئلة الإجابات المفتوحة:

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

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. غاز حجمه 10.0 L محصور في أسطوانة قابلة للتمدد، فإذا تضاعف الضغط ثلاث مرات وازدادت درجة الحرارة 80.0 % عند قياسها بمقياس كلفن، فما الحجم الجديد للغاز؟

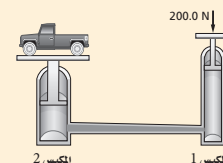
- (A) 2.70 L (B) 6.00 L (C) 16.7 L (D) 54.0 L

2. حجم عينة من غاز النيتروجين يساوي 0.080 m^3 عند ضغط جوي معياري 101.3 kPa، فإذا كان يوجد 3.6 mol من الغاز، فما مقدار درجة الحرارة؟

- (A) 0.27 K (B) 270 K (C) 0.27 °C (D) 270 °C

3. يؤثر عامل بقوة مقدارها 200.0 N في مكبس مساحته 5.4 cm^2 ، فإذا كان هذا المكبس هو المكبس الأول لرافعة هيدروليكية، كما هو موضح في الرسم أدناه، فما مقدار الضغط المؤثر في المائع الهيدروليكي؟

- (A) $3.7 \times 10^1 \text{ Pa}$ (B) $2.0 \times 10^3 \text{ Pa}$ (C) $3.7 \times 10^3 \text{ Pa}$ (D) $3.7 \times 10^5 \text{ Pa}$



4. إذا كان المكبس الثاني في الرسم أعلاه يؤثر بقوة مقدارها 41000 N، فما مساحة المكبس الثاني؟

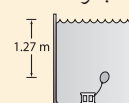
- (A) 0.0049 m^2 (B) 0.026 m^2 (C) 0.11 m^2 (D) 11 m^2

5. ما مقدار الوزن الظاهري لنموذج مصنوع من خشب خاص كثافته 1.10 g/cm^3 ، إذا أراح 786 ml ماء،

- عندما غمر في بحيرة من الماء العذب؟
(A) 0.770 N (B) 0.865 N (C) 7.70 N (D) 8.47 N
6. ما مقدار قوة الطفو لجسم كتلته 17 kg إذا أراح 85 L من الماء؟
(A) $1.7 \times 10^2 \text{ N}$ (B) $8.3 \times 10^2 \text{ N}$ (C) $1.7 \times 10^3 \text{ N}$ (D) $8.3 \times 10^3 \text{ N}$
7. أي الأجسام الآتية لا يحتوي على مادة في حالة البلازما؟
(A) إضاءة النيون (B) النجوم (C) البرق (D) المصابيح العادية
8. ما كتلة عينة من غاز ثاني أكسيد الكربون حجمها 365 ml عند 3.0 ضغط جوي (1 atm = 101.3 kPa) ودرجة حرارة 24°C ، إذا علمت أن الكتلة المولية لثاني أكسيد الكربون 44.0 g/mol؟
(A) 0.045 g (B) 2.0 g (C) 45 g (D) 2.0 kg

الأسئلة الممتدة

9. بالون مملوء بالهواء حجمه 125 ml عند ضغط جوي معياري 101.3 kPa. فإذا استقر البالون على عمق 1.27 m تحت سطح الماء في بركة سباحة، كما في الشكل، فما الحجم الجديد للبالون؟



إرشاد

مرّن العضلة الضعيفة، وحافظ على العضلة القوية

إذا كنت تحضّر لاختبار نهائي، فقد يكون من الصعب أحياناً أن تركز على الموضوعات كلها؛ لذا ركّز معظم طاقتك على المواضيع التي تكون فيها ضعيفاً، وراجع المواضيع التي تكون فيها قوياً باستمرار.

أسئلة الاختيار من متعدد

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

الأسئلة الممتدة

9.

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_{\text{جوي}} + \rho h g}$$

$$V_2 = \frac{(101.3 \times 10^3 \text{ Pa})(125 \text{ ml})}{101.3 \times 10^3 \text{ Pa} + (1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(1.27 \text{ m})(9.80 \text{ m/s}^2)}$$

$$= 111 \text{ ml}$$

مسائل تدريبية

1-6 خصائص الموائع (صفحة 183-173)

صفحة 177

1. إذا كان الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر يساوي $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ تقريبًا، فما مقدار القوة التي يؤثر بها الهواء عند مستوى سطح البحر في سطح مكتب طوله 152 cm وعرضه 76 cm؟

$$\begin{aligned} F &= PA \\ &= Plw \\ &= (1.0 \times 10^5 \text{ Pa})(1.52 \text{ m})(0.76 \text{ m}) \\ &= 1.2 \times 10^5 \text{ N} \end{aligned}$$

2. يلامس إطار سيارة سطح الأرض بمساحة مستطيلة عرضها 12 cm وطولها 18 cm، فإذا كانت كتلة السيارة 925 kg، فما مقدار الضغط الذي تؤثر به السيارة في سطح الأرض إذا استقرت ساكنة على إطاراتها الأربعة؟

$$\begin{aligned} P &= \frac{F}{A} = \frac{F_{\text{سيارة}}}{A} = \frac{m_{\text{سيارة}} g}{4 lw} \\ &= \frac{(925 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2)}{(4)(0.12 \text{ m})(0.18 \text{ m})} \\ &= 1.0 \times 10^2 \text{ kPa} \end{aligned}$$

3. كتلة من الرصاص أبعادها $5.0 \text{ cm} \times 10.0 \text{ cm} \times 20.0 \text{ cm}$ تستقر على الأرض على أصغر وجه، فإذا علمت أن كثافة الرصاص 11.8 g/cm^3 ، فما مقدار الضغط الذي تؤثر به كتلة الرصاص في سطح الأرض؟

$$\begin{aligned} m_{\text{الرصاص}} &= \rho V = \rho lwh \\ &= (11.8 \text{ g/cm}^3)(5.0 \text{ cm})(10.0 \text{ cm})(20.0 \text{ cm}) \\ &= 1.18 \times 10^4 \text{ g} = 11.8 \text{ kg} \\ P &= \frac{F_{\text{الرصاص}}}{A} = \frac{m_{\text{الرصاص}} g}{lw} \\ &= \frac{\rho V g}{lw} = \frac{\rho lwh g}{lw} = \rho h g \\ &= (11.8 \text{ g/cm}^3)(20.0 \text{ cm})(9.80 \text{ m/s}^2) \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right) \left(\frac{(100 \text{ cm})^2}{(1 \text{ m})^2} \right) \\ &= 23 \text{ kPa} \end{aligned}$$

تابع الفصل 6

4. يمكن أن يصبح الضغط في أثناء الإعصار أقل 15% من الضغط الجوي المعياري، افترض أن الإعصار حدث خارج باب طوله 195 cm وعرضه 91 cm، فما مقدار القوة المحصلة التي تؤثر في الباب نتيجة هبوط مقدار 15% من الضغط الجوي المعياري؟ وفي أي اتجاه تؤثر القوة؟

الفرق في الضغط على جانبي الباب يساوي

$$P_{\text{الفرق}} = (15\%)(P_{\text{الجوي المعياري}})$$

$$= (0.15)(1.0 \times 10^5 \text{ Pa}) = 1.5 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$F = P_{\text{الفرق}} A = P_{\text{الفرق}} lw$$

$$= (1.5 \times 10^4 \text{ Pa})(1.95 \text{ m})(0.91 \text{ m})$$

$$= 2.7 \times 10^4 \text{ N}$$

تتجه من داخل المنزل إلى خارجه

5. يلجأ المهندسون في المباني الصناعية إلى وضع المعدات والآلات الثقيلة على ألواح فولاذية عريضة، بحيث يتوزع وزن هذه الآلات على مساحات أكبر. فإذا خطط مهندس لتركيب جهاز كتلته 454 kg على أرضية صُممت لتحمل ضغطاً إضافياً مقداره $5.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ ، فما مساحة صفيحة الفولاذ الداعمة؟

أقصى مقدار للضغط يساوي

$$P = \frac{F_g}{A} = \frac{mg}{A}$$

لذا فإن

$$A = \frac{mg}{P}$$

$$= \frac{(454 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2)}{5.0 \times 10^4 \text{ Pa}}$$

$$= 8.9 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

صفحة 181

6. يُستخدم خزان من غاز الهيليوم ضغطه $15.5 \times 10^6 \text{ Pa}$ ، ودرجة حرارته 293 K، لنفخ بالون على صورة دمية، فإذا كان حجم الخزان 0.020 m^3 ، فما حجم البالون إذا امتلأ عند 1.00 ضغط جوي، ودرجة حرارة 323 K؟

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

لذا فإن

$$V_2 = \frac{T_2 P_1 V_1}{P_2 T_1}$$

$$1.00 \text{ ضغط جوي} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ atm}$$

$$V_2 = \frac{(323 \text{ K})(15.5 \times 10^6 \text{ Pa})(0.020 \text{ m}^3)}{(1.013 \times 10^5 \text{ Pa})(293 \text{ K})}$$

$$= 3.4 \text{ m}^3$$

تابع الفصل 6

7. ما مقدار كتلة غاز الهيليوم في المسألة السابقة إذا علمت أن الكتلة المولية لغاز الهيليوم 4.00 g/mol ؟

$$PV = nRT$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{PV}{RT} \\ &= \frac{(15.5 \times 10^6 \text{ Pa})(0.020 \text{ m}^3)}{(8.31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{mol} \cdot \text{K})(293 \text{ K})} \\ &= 127.3 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= (127.3 \text{ mol})(4.00 \text{ g/mol}) \\ &= 5.1 \times 10^2 \text{ g} \end{aligned}$$

8. يحتوي خزان على 200.0 L من غاز الهيدروجين درجة حرارته 0.0 °C ومحفوظ عند ضغط مقداره 156 kPa، فإذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 95 °C، وانخفض الحجم ليصبح 175 L، فما الضغط الجديد للغاز؟

$$\begin{aligned} \frac{P_1 V_1}{T_1} &= \frac{P_2 V_2}{T_2} \\ T_1 &= 273 \text{ K} \\ T_2 &= 95^\circ\text{C} + 273^\circ\text{C} \\ &= 368 \text{ K} \\ P_2 &= \frac{T_2 P_1 V_1}{V_2 T_1} \\ &= \frac{(368 \text{ K})(156 \text{ kPa})(200.0 \text{ L})}{(175 \text{ L})(273 \text{ K})} \\ &= 2.4 \times 10^2 \text{ kPa} \end{aligned}$$

9. إن معدل الكتلة المولية لمكونات الهواء (ذرات الأكسجين الثنائية وذرات غاز النيتروجين الثنائية بشكل رئيس) 29 g/mol تقريبًا. ما حجم 1.0 kg من الهواء عند ضغط يساوي الضغط الجوي ودرجة حرارة تساوي 20.0 °C ؟

$$PV = nRT$$

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

حيث إن

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1.0 \times 10^3 \text{ g}}{29 \text{ g/mol}}$$

و

$$T = 20.0^\circ\text{C} + 273 = 293 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{\left(\frac{1.0 \times 10^3 \text{ g}}{29 \text{ g/mol}} \right) (8.31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{mol} \cdot \text{K}) (293 \text{ K})}{(1.013 \times 10^5 \text{ Pa})} \\ &= 0.83 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

مراجعة القسم

1-6 خصائص الموائع (صفحة 183-173)

صفحة 183

10. الضغط والقوة افترض أن لديك صندوقين، أبعاد الأول

$$20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$$

$$20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}.$$

قارن بين:

a. ضغطي الهواء في المحيط الخارجي لكل من الصندوقين.

ضغطا الهواء متساويان على الصندوقين.

b. مقداري القوة الكلية للهواء المؤثرة في كل من الصندوقين.

لما كان $F = PA$ ؛ لذا فإن القوة الكلية للهواء أكبر على

الصندوق ذي المساحة الكبرى. ولما كانت المساحة السطحية

للصندوق الثاني ضعف المساحة السطحية للصندوق الأول،

فإن القوة الكلية عليه تكون ضعف القوة الكلية على الصندوق

الأول.

11. علم الأرصاد الجوية يتكون منطاد الطقس الذي يستخدمه

الراصد الجوي من كيس مرن يسمح للغاز في داخله بالتمدد

بحرية. إذا كان المنطاد يحتوي على 25.0 m^3 من غاز الهيليوم

وأطلق من منطقة عند مستوى سطح البحر، فما حجم الغاز

عندما يصل المنطاد ارتفاع 2100 m ، حيث الضغط عندذلك الارتفاع $0.82 \times 10^5 \text{ Pa}$ ؟ افترض أن درجة الحرارة

ثابتة لا تتغير.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$$

$$= \frac{(1.013 \times 10^5 \text{ Pa})(25.0 \text{ m}^3)}{0.82 \times 10^5 \text{ Pa}}$$

$$= 3.1 \times 10^1 \text{ m}^3$$

12. انضغاط الغاز تحصر آلة احتراق داخلي في محرك كمية من

الهواء حجمها 0.0021 m^3 عند ضغط يعادل الضغط الجويودرجة حرارة 303 K ، ثم تضغط الهواء بسرعة ليصل إلىضغط مقداره $20.1 \times 10^5 \text{ Pa}$ وحجم 0.0003 m^3 ، ما درجة

الحرارة النهائية للهواء المضغوط؟

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{T_1 P_2 V_2}{P_1 V_1}$$

$$= \frac{(303 \text{ K})(20.1 \times 10^5 \text{ Pa})(0.0003 \text{ m}^3)}{(1.013 \times 10^5 \text{ Pa})(0.0021 \text{ m}^3)}$$

$$= 9 \times 10^2 \text{ K}$$

13. الكثافة ودرجة الحرارة إذا كانت درجة الحرارة الابتدائية للماء

 0°C ، فكيف تتغير كثافة الماء إذا سُخِّن إلى 4°C ، وإلى 8°C ؟عندما يسخن الماء من 0°C تزداد كثافته حتى تصل إلى قيمتهاالاعظمى عند 4°C . وتتناقص كثافة الماء عند الاستمرار فيالتسخين حتى 8°C .14. الكتلة المولية المعيارية ما حجم 1.00 mol من الغاز عندضغط يعادل الضغط الجوي ودرجة حرارة تساوي 273 K ؟

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

$$= \frac{(1.00 \text{ mol})(8.31 \text{ Pa.m}^3/\text{mol.K})(273 \text{ K})}{1.013 \times 10^5 \text{ Pa}}$$

$$= 0.0224 \text{ m}^3$$

15. الهواء في الثلاجة ما عدد مولات الهواء الموجودة في ثلاجة

سعتها 0.635 m^3 عند 2.00°C ؟ وما مقدار كتلة الهواء فيثلاجة إذا كان متوسط الكتلة المولية للهواء 29 g/mol ؟

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$= \frac{(1.013 \times 10^5 \text{ Pa})(0.635 \text{ m}^3)}{(8.31 \text{ Pa.m}^3/\text{mol.K})(275 \text{ K})}$$

$$= 28.1 \text{ mol}$$

$$m = nM$$

$$= (28.1 \text{ mol})(29 \text{ g/mol})$$

$$= 0.81 \text{ kg}$$

تابع الفصل 6

16. التفكير الناقد الجزيئات المكونة لغاز الهيليوم صغيرة جدًا مقارنة بالجزيئات المكونة لغاز ثاني أكسيد الكربون. ماذا يمكن أن تستنتج حول عدد الجزيئات في عينة من غاز ثاني أكسيد الكربون حجمها 2.0 L مقارنة بعدد الجزيئات في عينة من غاز الهيليوم حجمها 2.0 L إذا تساوت العينتان في درجة الحرارة والضغط؟
هناك عددان متساويان من الجسيمات في العينتين. وفي الغاز المثالي لا يؤثر حجم الجسيمات في حجم الغاز أو ضغطه.

مراجعة القسم

2-6 القوى داخل السوائل (صفحة 187-184)

صفحة 187

17. التبخر والتبريد في الماضي، عندما يصاب طفل بالحمى كان الطبيب يقترح أن يُمسح الطفل بقطعة إسفنج مبللة بالكحول. كيف يمكن أن يُساعد هذا الإجراء؟
لما كان الكحول يتبخر بسهولة فإنه يوجد تأثير تبريد بالتبخر يمكن ملاحظته بسهولة.

18. التوتر السطحي لمشبك الورق كثافته أكبر من كثافة الماء، ومع ذلك يمكن أن يطفو على سطح الماء. فما الخطوات التي يجب أن تتبعها لتحقيق ذلك؟ وضح إجابتك.
ينبغي أن يوضع مشبك الورق بحذر وبشكل مستو على سطح الماء؛ فهذا من شأنه تقليل الوزن لكل وحدة مساحة على سطح الماء الذي سيستقر عليه مشبك الورق، ومن ثم سيكون التوتر السطحي للماء كافياً لدعم الوزن القليل لكل وحدة مساحة لمشبك الورق.

19. اللغة والفيزياء نستخدم في لغتنا العربية مصطلحات، منها «الشريط اللاصق» و «العمل مجموعة متماسكة»، فهل استخدام المفردتين (اللاصق والتماسك) في سياق كلامنا مطابقاً لمعانيهما في الفيزياء؟
نعم، يلتصق الشريط اللاصق بأشياء أخرى تختلف عنه؛ ليست من النوع نفسه. المجموعة المتماسكة مجموعة من الأشخاص الذين يعملون معاً.

20. التلاصق والتماسك وضح لماذا يلتصق الكحول بسطح الأنبوب الزجاجي في حين لا يلتصق الزئبق.
قوة تلاصق الكحول بالزجاج أكبر كثيراً من قوة تلاصق الزئبق بالزجاج. كما أن قوى التماسك للزئبق أقوى من قوة التماسك بالزجاج.

21. الطفو كيف يمكن لمشبك الورق في المسألة 18 ألا يطفو؟
إذا اخترق مشبك الورق سطح الماء فإنه يغطس. فالجسم الطافي هو الجسم الذي يمكن أن يخرج ويظهر بسهولة مرة أخرى على السطح.

22. التفكير الناقد تجلس فاطمة في يوم حار ورطب في باحة منزلها، وتحمل كأساً من الماء البارد، وكان السطح الخارجي للكأس مغطى بطبقة من الماء، فاعتقدت أختها أن الماء يتسرب من خلال الزجاج من الداخل إلى الخارج. اقترح تجربة يمكن لفاطمة أن تجربها لتوضح لأختها من أين يأتي الماء.

قد تزن فاطمة الكأس قبل تبريدها في الثلاجة، ثم تخرجها من الثلاجة وتدع الرطوبة تتجمع على سطحها الخارجي، ثم تزنها مرة أخرى. فإذا كان الماء يتسرب بسهولة من الداخل إلى الخارج فإن مجموع كتلة الماء والكأس لن يتغير. أما إذا تكثفت الرطوبة على الكأس من الخارج فسيكون هناك زيادة في الكتلة.

مسائل تدريبية

3-6 الموائع الساكنة والموائع المتحركة (صفحة 197-188)

صفحة 189

23. تُعد كراسي أطباء الأسنان أمثلة على أنظمة الرفع الهيدروليكية. فإذا كان الكرسي يزن 1600 N ويرتكز على مكبس مساحة مقطعه العرضي 1440 cm^2 ، فما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر في المكبس الصغير الذي مساحة مقطعه العرضي 72 cm^2 لرفع الكرسي؟

$$F_2 = \frac{F_1 A_2}{A_1} = \frac{(1600 \text{ N})(72 \text{ cm}^2)}{1440 \text{ cm}^2}$$

$$= 8.0 \times 10^1 \text{ N}$$

24. تؤثر آلة بقوة مقدارها 55 N في مكبس هيدروليكي مساحة مقطعه العرضي 0.015 cm^2 ، فترفع سيارة صغيرة. فإذا كانت مساحة المقطع العرضي للمكبس الذي ترتكز عليه السيارة 2.4 m^2 ، فما وزن السيارة؟

$$F_2 = \frac{F_1 A_2}{A_1} = \frac{(55 \text{ N})(2.4 \text{ m}^2)}{(0.015 \text{ m}^2)} = 8.8 \times 10^3 \text{ N}$$

25. يحقق النظام الهيدروليكي الهدف نفسه تقريبًا الذي تحققه الرافعة ولعبة الميزان، وهو مضاعفة القوة. فإذا وقف طفل وزنه 400 N على أحد المكبسين بحيث يتزن مع شخص بالغ وزنه 1100 N يقف على المكبس الثاني، فما النسبة بين مساحتي مقطعي المكبسين العرضيين؟

$$F_2 = \frac{F_1 A_2}{A_1}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{F_2}{F_1} = \frac{400 \text{ N}}{1100 \text{ N}} = 0.4$$

يقف الشخص البالغ على المكبس ذي مساحة المقطع الكبير.

26. تستخدم في محل صيانة للآلات رافعة هيدروليكية لرفع آلات ثقيلة لصيانتها. ويحتوي نظام الرافعة مكبسا صغيرا مساحة مقطعه العرضي $7.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ ، ومكبسا كبيرا مساحة مقطعه العرضي $2.1 \times 10^{-1} \text{ m}^2$ ، وقد وضع على المكبس الكبير محرك يزن $2.7 \times 10^3 \text{ N}$.

a. ما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر في المكبس الصغير لرفع المحرك؟

$$F_2 = \frac{F_1 A_2}{A_1}$$

$$= \frac{(2.7 \times 10^3 \text{ N})(7.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2)}{2.1 \times 10^{-1} \text{ m}^2}$$

$$= 9.0 \times 10^2 \text{ N}$$

b. إذا ارتفع المحرك 0.20 m، فما المسافة التي تحركها المكبس الصغير؟

$$V_1 = V_2$$

و

$$A_1 h_1 = A_2 h_2$$

$$h_2 = \frac{A_1 h_1}{A_2} = \frac{(2.1 \times 10^{-1} \text{ m}^2)(0.20 \text{ m})}{7.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2}$$

$$= 0.60 \text{ m}$$

تابع الفصل 6

صفحة 194

27. إن كثافة القرميد الشائع الاستخدام أكبر 1.8 مرة من كثافة الماء. ما الوزن الظاهري لقلب من القرميد حجمه 0.20 m^3 مغمور تحت الماء؟

$$\begin{aligned} F_{\text{الظاهري}} &= F_g - F_{\text{الطفو}} \\ &= \rho_{\text{القرميد}} Vg - \rho_{\text{الماء}} Vg \\ &= (\rho_{\text{القرميد}} - \rho_{\text{الماء}}) Vg \\ &= (1.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 - 1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(0.20 \text{ m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2) \\ &= 1.6 \times 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

28. يطفو سباح في بركة ماء، بحيث يعلو رأسه قليلاً فوق سطح الماء. فإذا كان وزنه 610 N فما حجم الجزء المغمور من جسمه؟
لما كان السباح طافياً، فإنه يزيح كمية من الماء وزنها يساوي وزن السباح.

$$\begin{aligned} F_g &= F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{الماء}} Vg \\ V &= \frac{F_g}{\rho_{\text{الماء}} g} \\ &= \frac{610 \text{ N}}{(1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2)} \\ &= 6.2 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

29. ما مقدار قوة الشد في حبل يحمل كاميرا وزنها 1250 N مغمورة في الماء، إذا علمت أن حجم الكاميرا $16.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ؟
لحمل الكاميرا وهي مغمورة في الماء فإن قوة الشد في الحبل يجب أن تساوي الوزن الظاهري للكاميرا.

$$\begin{aligned} T &= F_{\text{الظاهري}} \\ &= F_g - F_{\text{الطفو}} \\ &= F_g - \rho_{\text{الماء}} Vg \\ &= 1250 \text{ N} - (1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(16.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2) \\ &= 1.09 \times 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

30. لوح من الفلين الصناعي كثافته تساوي 0.10 مرة من كثافة الماء تقريباً. ما أكبر وزن من قوالب القرميد تستطيع وضعها على لوح الفلين الصناعي الذي أبعاده $1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 0.10 \text{ m}$ ، بحيث يطفو اللوح على سطح الماء، وتبقى قوالب القرميد جافة؟
سيزيح لوح الفلين حجماً مقداره

$$V = (1.0 \text{ m})(1.0 \text{ m})(0.10 \text{ m}) = 0.10 \text{ m}^3 \text{ من الماء}$$

وزن لوح الفلين يساوي

$$\begin{aligned} F_{g, \text{لوح الفلين}} &= \rho_{\text{لوح الفلين}} Vg \\ &= (1.0 \times 10^2 \text{ kg/m}^3)(0.10 \text{ m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2) \\ &= 98 \text{ N} \end{aligned}$$

قوة الطفو تساوي

$$F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{الماء}} Vg$$

تابع الفصل 6

$$F_{\text{الطفو}} = (1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(0.10 \text{ m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2) \\ = 980 \text{ N}$$

وزن قوالب القرميد التي تستطيع وضعها على لوح الفلين

$$F_{g, \text{قوالب القرميد}} = F_{\text{الطفو}} - F_{g, \text{لوح الفلين}} \\ = 980 \text{ N} - 98 \text{ N} \\ = 8.8 \times 10^2 \text{ N}$$

31. يوجد عادة في الزوارق الصغيرة قوالب من الفلين الصناعي تحت المقاعد؛ لتساعدها على الطفو في حال امتلاء الزورق بالماء. ما أقل حجم تقريبي من قوالب الفلين اللازمة ليطفو قارب وزنه 480 N؟
قوة الطفو على قوالب الفلين يجب أن تساوي 480 N. ونحن نفترض أن الزورق مصنوع من مادة كثيفة.

$$F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{الماء}} V g \\ V = \frac{F_{\text{الطفو}}}{\rho_{\text{الماء}} g} \\ = \frac{480 \text{ N}}{(1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2)} \\ = 4.9 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

مراجعة القسم

3-6 الموائع الساكنة والموائع المتحركة (صفحة 197-188)

صفحة 197

32. الطفو والغطس هل تطفو علبة شراب الصودا في الماء أم تغوص فيه؟ جرّب ذلك. وهل يتأثر ذلك بكون الشراب خاليًا من السكر أم لا؟ تحتوي جميع علب شراب الصودا على الحجم نفسه من السائل 354 ml، وتزيح الحجم نفسه من الماء، فما الفرق بين العلبة التي تغوص والأخرى التي تطفو؟
يذوب $\frac{1}{4}$ كأس من السكر تقريبًا في كأس من شراب الصودا العادي، مما يجعله أكثر كثافة من الماء. أما شراب الصودا الخالي من السكر فيحتوي على كمية قليلة من المحليات الصناعية؛ لذا يكون شراب الصودا الخالي من السكر أقل كثافة من شراب الصودا العادي (المحلى).

33. الطفو والكثافة تُزوّد صنارة الصيد بقطعة فلين تطفو بحيث يكون عشر حجمها تحت سطح الماء. ما كثافة الفلين؟
وزن الماء المزاح يساوي وزن قطعة الفلين.

$$F_g = \rho_{\text{الماء}} V_{\text{الماء}} g = \rho_{\text{الفلين}} V_{\text{الفلين}} g$$

لذا فإن

$$\frac{\rho_{\text{الفلين}}}{\rho_{\text{الماء}}} = \frac{V_{\text{الماء}}}{V_{\text{الفلين}}} \\ = \frac{1}{10}$$

كثافة الفلين عُشر كثافة الماء تقريبًا.

تابع الفصل 6

34. الطفو في الهواء يرتفع منطاد الهيليوم؛ لأن قوة طفو الهواء تحمله، فإذا كانت كثافة غاز الهيليوم 0.18 kg/m^3 وكثافة الهواء 1.3 kg/m^3 ، فما حجم منطاد الهيليوم اللازم لرفع قالب من الرصاص وزنه 10 N ؟
القوة الظاهرية؛ $F_{\text{الظاهرية}}$ يجب أن تساوي 10 N - حتى تعاكس وزن قالب الرصاص

$$\begin{aligned} F_{\text{الظاهري}} &= F_g - F_{\text{الطفو}} \\ &= \rho_{\text{المنطاد}} V_{\text{المنطاد}} g - \rho_{\text{الهواء}} V_{\text{المنطاد}} g \\ &= (\rho_{\text{المنطاد}} - \rho_{\text{الهواء}}) V_{\text{المنطاد}} g \end{aligned}$$

لذا فإن:

$$\begin{aligned} V_{\text{المنطاد}} &= \frac{F_{\text{الظاهري}}}{(\rho_{\text{المنطاد}} - \rho_{\text{الهواء}})g} \\ &= \frac{-10 \text{ N}}{(0.18 \text{ kg/m}^3 - 1.3 \text{ kg/m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2)} \\ &= 0.9 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

35. انتقال الضغط صُممت لعبة قاذفة للصواريخ بحيث يدوس الطفل على أسطوانة من المطاط، مما يزيد من ضغط الهواء في أنبوب القاذف فيدفع صاروخًا خفيفًا من الرغاوي الصناعية في السماء، فإذا داس الطفل بقوة 150 N على مكبس مساحته $2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ ، فما القوة المنتقلة إلى أنبوب القذف الذي مساحته مقطعه $4.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ؟

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{F_1 A_2}{A_1} \\ &= \frac{(150 \text{ N})(4.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2)}{2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \\ &= 24 \text{ N} \end{aligned}$$

36. الضغط والقوة رُفعت سيارة تزن $2.3 \times 10^4 \text{ N}$ عن طريق أسطوانة هيدروليكية مساحتها 0.15 m^2 .

a. ما مقدار الضغط في الأسطوانة الهيدروليكية؟

$$\begin{aligned} P &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{2.3 \times 10^4 \text{ N}}{0.15 \text{ m}^2} \\ &= 1.5 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

b. ينتج الضغط في أسطوانة الرفع عن طريق التأثير بقوة في أسطوانة مساحتها 0.0082 m^2 ، ما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر في هذه الأسطوانة الصغيرة لرفع السيارة؟

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{F_1 A_2}{A_1} \\ &= \frac{(2.3 \times 10^4)(0.0082 \text{ m}^2)}{0.15 \text{ m}^2} \\ &= 1.3 \times 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

تابع الفصل 6

37. الإزاحة أيّ مما يلي يزيح ماءً أكثر عندما يوضع في حوض مائي؟

a. قالب ألومنيوم كتلته 1.0 kg، أم قالب رصاص كتلته 1.0 kg؟

سيغطس كل من قالب الألومنيوم وقالب الرصاص إلى قاع الحوض المائي. ولما كانت كثافة الألومنيوم أقل من كثافة الرصاص فإن قالب الألومنيوم الذي كتلته 1kg له حجم أكبر من حجم قالب الرصاص الذي كتلته 1kg. وعليه سيزيح قالب الألومنيوم كمية أكبر من الماء.

b. قالب ألومنيوم حجمه 10 cm^3 ، أم قالب رصاص حجمه 10 cm^3 ؟

سيغطس كلا القالبين، وسيزيح كل منهما الحجم نفسه من الماء، 10 cm^3 .

38. التفكير الناقد اكتشفت في المسألة التدريبية رقم 4، أنه عندما يمر إعصار فوق منزل فإن المنزل ينهار أحياناً من الداخل إلى الخارج. فكيف يفسر مبدأ برنولي هذه الظاهرة؟ وماذا يمكن أن نفعل لتقليل خطر اندفاع الباب أو الشباك إلى الخارج وتحطمه؟ يكون ضغط هواء الإعصار السريع أقل من ضغط الهواء الساكن نسبياً داخل المنزل؛ مما يولّد قوة هائلة على النوافذ والأبواب وجدران المنزل. ويمكن تقليل هذا الفرق في الضغط عن طريق فتح الأبواب والنوافذ؛ وذلك للسماح للهواء بالتدفق بحرية خارج المنزل.

مسائل تدريبية

4-6 المواد الصلبة (صفحة 205-198)

صفحة 203

39. قطعة من الألومنيوم طولها 3.66 m عند درجة حرارة -28°C . كم يزداد طول القطعة عندما تصبح درجة حرارتها 39°C ؟

$$L_2 = L_1 + \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$

لذا فإن:

$$\begin{aligned} \Delta L &= \alpha L_1 (T_2 - T_1) \\ &= (25 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(3.66 \text{ m})(39^\circ\text{C} - (-28^\circ\text{C})) \\ &= 6.1 \times 10^{-3} \text{ m} = 6.1 \text{ mm} \end{aligned}$$

40. قطعة من الفولاذ طولها 11.5 cm عند 22°C ، فإذا سُخِّنت حتى أصبحت درجة حرارتها 1221°C ، وهي قريبة من درجة حرارة انصهارها، فكم يبلغ طولها بعد التسخين؟ (معامل التمدد الطولي للفولاذ $12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$).

$$\begin{aligned} L_2 &= L_1 + \alpha L_1 (T_2 - T_1) \\ &= (0.115 \text{ m}) + (12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(0.115 \text{ m})(1221^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}) \\ &= 1.2 \times 10^{-1} \text{ m} = 12 \text{ cm} \end{aligned}$$

41. مُلئ وعاء زجاجي سعته 400 ml عند درجة حرارة الغرفة بماء بارد درجة حرارته 4.4°C ، ما مقدار الماء المسكوب من الوعاء عندما يسخن الماء إلى 30.0°C ؟

في البداية كان الوعاء الزجاجي يحوي ماءً حجمه 400 ml ودرجة حرارته 4.4°C . أوجد التغير في الحجم عند 30.0°C .

$$\begin{aligned} \Delta V &= \beta V \Delta T \\ &= (210 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(400 \times 10^{-6} \text{ m}^3)(30.0^\circ\text{C} - 4.4^\circ\text{C}) \\ &= 2 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 2 \text{ ml} \end{aligned}$$

تابع الفصل 6

42. مُلئ خزان شاحنة لنقل البنزين سعته 45725 L بالبنزين لنقله من مدينة الدمام نهارًا حيث كانت درجة الحرارة 38.0°C ، إلى مدينة تبوك ليلاً حيث درجة الحرارة -2.0°C .

a. كم لترًا من البنزين سيكون في خزان الشاحنة في تبوك؟

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_1 \Delta T} = \frac{V_2 - V_1}{V_1 \Delta T}$$

$$V_2 = \beta V_1 \Delta T + V_1$$

$$= (950 \times 10^{-6} ^\circ\text{C}^{-1})(45725 \text{ L})(-2.0^\circ\text{C} - 38.0^\circ\text{C}) + 45725 \text{ L}$$

$$= 4.4 \times 10^4 \text{ L}$$

b. ماذا حدث للبنزين؟

يتناقص حجم البنزين؛ لأن درجة الحرارة انخفضت، في حين تبقى كتلة البنزين كما هي.

43. حُفر ثقب قطره 0.85 cm في صفيحة من الفولاذ عند 30.0°C فكان الثقب يتسع بالضبط لقضيب من الألومنيوم له القطر نفسه.

فما مقدار الفراغ بين الصفيحة والقضيب عندما يبردان لدرجة حرارة 0.0°C ؟

يتقلص الألومنيوم بدرجة أكبر من الفولاذ. افترض أن L تمثل قطر القضيب.

$$\Delta L_{\text{الألومنيوم}} = \alpha L \Delta T$$

$$= (25 \times 10^{-6} ^\circ\text{C}^{-1})(0.85 \text{ cm})(0.0^\circ\text{C} - 30.0^\circ\text{C})$$

$$= -6.38 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

بالنسبة إلى الفولاذ: يتقلص قطر الثقب في صفيحة الفولاذ وفق المعادلة التالية

$$\Delta L_{\text{الفولاذ}} = \alpha L \Delta T$$

$$= (12 \times 10^{-6} ^\circ\text{C}^{-1})(0.85 \text{ cm})(0.0^\circ\text{C} - 30.0^\circ\text{C})$$

$$= -3.06 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

مقدار الفراغ بين القضيب والصفيحة يساوي:

$$\frac{1}{2} (6.4 \times 10^{-4} \text{ cm} - 3.1 \times 10^{-4} \text{ cm}) = 1.6 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

44. دُرِّجَت مسطرة من الفولاذ بوحدة المليمترات، بحيث تكون دقيقة بصورة مطلقة عند 30.0°C . فما النسبة المئوية التي تمثل عدم

دقة المسطرة عند -30.0°C ؟

ستقل المسافات الفاصلة بين تدريجات المليمترات على المسطرة الفولاذية؛ بسبب أن الفولاذ يتقلص عند التبريد.

$$\% \text{ عدم الدقة} = (100) \left(\frac{\Delta L}{L} \right)$$

$$= (100) \alpha (T_f - T_i)$$

$$= (100) (12 \times 10^{-6} ^\circ\text{C}^{-1}) (-30.0^\circ\text{C} - 30.0^\circ\text{C})$$

$$= -0.072\%$$

مراجعة القسم

4-6 المواد الصلبة (صفحة 205-198)

صفحة 205

49. المواد الصلبة والسوائل يمكن تعريف المادة الصلبة على أنها تلك المادة التي يمكن ثنيها على الرغم من أنها تقاوم الانحناء. فسر كيف ترتبط هذه الخصائص مع ترابط الذرات في المواد الصلبة لكنها لا تنطبق على السوائل؟

تكون جسيمات المادة الصلبة متقاربة ولذلك تكون أكثر ارتباطاً، كما تهتز تلك الجسيمات حول موضع ثابت، مما يسمح للمادة الصلبة بالانثناء على الرغم من أنها تقاوم الانحناء. وتكون جسيمات المادة السائلة متباعدة وأقل ارتباطاً. ولما كانت الجسيمات حرة التدفق بعضها فوق بعض فإن السوائل لا تنثني.

50. التفكير الناقد قُطع من الحلقة الحديدية الصلبة في الشكل 23-6 قطعة صغيرة. فإذا سُخِّنت الحلقة التي في الشكل، فهل تصبح الفجوة أكبر أم أصغر؟ وضح إجابتك.



الشكل 23 - 6

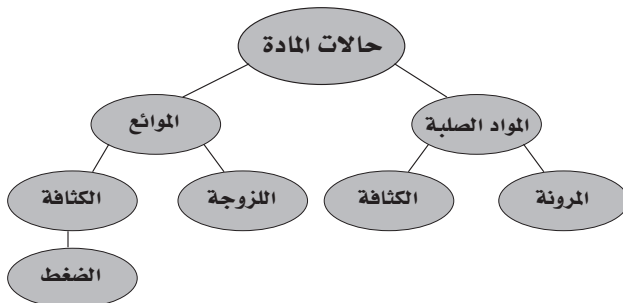
ستصبح الفجوة أكثر اتساعاً. وستزيد أبعاد الحلقة جميعها عند تسخينها.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 210

51. أكمل خريطة المفاهيم أدناه مستخدماً المصطلحات التالية: الكثافة، اللزوجة، المرونة، الضغط. ويمكن استخدام المفهوم الواحد أكثر من مرة.



45. التقلص الحراري النسبي إذا رُكِّب باباً من الألومنيوم في يوم حار على إطار باب من الأسمنت، وأردت أن يكون الباب محكم الإغلاق تمامًا في أيام الشتاء الباردة، فهل ينبغي أن تجعل الباب محكمًا في الإطار أم تترك فراغًا إضافيًا؟ أحكم إغلاق الباب؛ لأن الألومنيوم عند التبريد يتقلص أكثر من تقلص الأسمنت.

46. حالات المادة لماذا يعد الشمع مادة صلبة؟ ولماذا يُعد أيضًا سائلاً لزجًا؟

يمكن أن يُعد الشمع مادة صلبة لأن حجمه وشكله محددان. ويمكن اعتباره مائعًا لزجًا لأن جسيماته لا تتشكل نمطًا بلوريًا ثابتًا.

47. التمدد الحراري هل يمكنك تسخين قطعة من النحاس بحيث يتضاعف طولها؟

معامل التمدد الطولي للنحاس يساوي $16 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. وعند مضاعفة طول قطعة النحاس تكون: $\Delta L = L = \alpha L \Delta T$ ، أي أن:

$$\alpha \Delta T = 1$$

$$\Delta T = \frac{1}{\alpha}$$

$$= \frac{1}{16 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}}$$

$$= 63000^\circ\text{C}$$

لمضاعفة طول قطعة النحاس يجب أن تزداد درجة حرارتها بمقدار $6.3 \times 10^4 \text{ } ^\circ\text{C}$. وعند تلك الدرجة يتبخّر النحاس.

48. حالات المادة هل يزودنا الجدول 2-6 بطريقة للتمييز بين المواد الصلبة والسوائل؟

معاملات التمدد الحجمي للسوائل أكبر كثيرًا من معاملات التمدد الحجمي للمواد الصلبة.

تابع الفصل 6

إتقان المفاهيم

صفحة 210

59. ينتقل تيار مائي خلال خرطوم ويخرج من فوهته. فماذا يحدث لضغط الماء عندما تزداد سرعته؟ (6-3)
يقل ضغط الماء حسب مبدأ برنولي.

60. بم تخبرك الأواني المستطرقة الموضحة في الشكل 24-6 عن الضغط المؤثر بواسطة السائل؟ (6-3)



الشكل 24 - 6

توضح الأواني المستطرقة أن الضغط لا يعتمد على شكل الوعاء.

61. قارن بين ضغط الماء على عمق 1 m تحت سطح بركة صغيرة وضغط الماء عند العمق نفسه تحت سطح بحيرة؟ (6-3)
حجم الماء أو شكله غير مهمين، بل المهم هو العمق فقط؛ لذا يكون الضغط متساوياً في كلتا الحالتين.

62. كيف يختلف ترتيب الذرات في المادة البلورية عن ترتيبها في المادة غير البلورية؟ (6-4)

تترتب الذرات في المادة البلورية في نمط مرتب، أما في المادة غير البلورية فتكون الذرات عشوائية، أي ليس لها نمط مرتب.

63. هل يعتمد معامل التمدد الطولي على وحدة الطول المستخدمة؟ فسر ذلك. (6-4)

لا؛ فمعامل التمدد مقياس لتمدد الجسم بالنسبة إلى طوله الكلي. أما الوحدات الطول الكلي فلا يغيران من قيمة α .

52. كيف تختلف القوة عن الضغط؟ (6-1)

تعتمد القوة فقط على دفع الجسم أو سحبه، في حين يعتمد الضغط على القوة، كما يعتمد على المساحة التي تؤثر فيها القوة.

53. حُصر غاز في وعاء مغلق بإحكام، ووضع سائل في وعاء له الحجم نفسه وكان لكل من الغاز والسائل حجم محدد، فكيف يختلف أحدهما عن الآخر؟ (6-1)
لن يتغير حجم السائل، وسيتمدد الغاز بحسب حجم الوعاء الذي يحويه.

54. ما أوجه التشابه والاختلاف بين الغازات والبلازما؟ (6-1)

كلاهما ليس له حجم أو شكل محدد. يتكوّن الغاز من ذرات، أما البلازما فتتكوّن من أيونات موجبة الشحنة وإلكترونات سالبة الشحنة. وجسيمات البلازما ذات طاقة عالية جداً مقارنة بجسيمات الغاز. وتوصل البلازما الكهرباء، أما الغازات فلا توصل الكهرباء.

55. تتكون الشمس من البلازما، فكيف تختلف بلازما الشمس عن تلك التي على الأرض؟ (6-1)

بلازما الشمس حارة جداً، والأكثر أهمية من ذلك أن كثافتها عالية جداً لدرجة أن كثافتها أكبر من كثافة أغلب المواد الصلبة على الأرض.

56. تنصهر البحيرات المتجمدة خلال فصل الربيع، فما تأثير ذلك في درجة حرارة الهواء فوق البحيرة؟ (6-2)

لكي ينصهر الجليد يجب أن يمتص كمية من الطاقة مساوية للحرارة اللازمة لانصهاره من الهواء والماء، مما يؤدي إلى تبريد الهواء فوقه.

57. الكشافة تُغطي المطرات التي يستخدمها الكشافة أحياناً بكيس من قماش الكتّان. إذا رطبت الكيس الذي يغطي المطرة فإن الماء في المطرة سيبرد. فسر ذلك. (6-2)

يتبخر الماء الموجود في كيس القماش ممتصاً الطاقة من المطرة (القربة) ومن الماء داخلها.

58. ماذا يحدث للضغط عند قمة الإناء إذا ازداد الضغط عند قاعه اعتماداً على مبدأ باسكال؟ (6-3)

تنتقل التغيرات في الضغط بالتساوي إلى جميع أجزاء الإناء؛ حيث يزداد الضغط عند قمته.

تابع الفصل 6

تطبيق المفاهيم

صفحة 210-211

68. وضعت قطرات من الزئبق، والماء، والإيثانول والأسيتون على سطح مستو أملس، كما في الشكل 25-6. ماذا تستنتج عن قوى التماسك في هذه السوائل من خلال هذا الشكل؟



■ الشكل 25-6

تكون قوى التماسك الأقوى في الزئبق، في حين تكون الأضعف في الأسيتون، وكلما كانت قوة التماسك أكبر اتخذت القطرة شكلاً كروياً أكثر.

69. يتبخر الكحول بمعدل أسرع من تبخر الماء عند درجة الحرارة نفسها، ماذا تستنتج من هذه الملاحظة عن خصائص الجزيئات في كلا السائلين؟
أن قوى التماسك للماء أكبر من قوى التماسك للكحول.

70. افترض أنك استخدمت مثقباً لإحداث ثقب دائري في صفيحة من الألومنيوم. إذا سخنت الصفيحة، فهل يزداد حجم الثقب أم يقل؟ فسر ذلك.

كلما سخنت الصفيحة أكثر ازداد حجم الثقب؛ فالتسخين ينقل المزيد من الطاقة لجسيمات الألومنيوم مما يسبب زيادة حجم الألومنيوم.

64. يستقر صندوق على شكل متوازي مستطيلات على وجهه الأكبر على طاولة. فإذا أدير الصندوق بحيث أصبح يستقر على وجهه الأصغر، فهل يزداد الضغط على الطاولة، أم ينقص أم يبقى دون تغيير؟
يزداد الضغط، ويبقى الوزن كما هو، فالضغط هو الوزن المؤثر في وحدة المساحة.

65. بين أن وحدة الباسكال تكافئ وحدة $\text{kg/m} \cdot \text{s}^2$.

$$\text{Pa} = \text{N/m}^2$$

$$= (\text{kg} \cdot \text{m/s}^2) / \text{m}^2$$

$$= \text{kg/m} \cdot \text{s}^2$$

66. شحن البضائع أيهما تغطس لمسافة أعمق في الماء: باخرة مملوءة بكرات تنس الطاولة أم باخرة فارغة مماثلة لها؟ فسر إجابتك.

سوف تغطس الباطنة المملوءة بكرات التنس إلى عمق أكبر داخل الماء؛ لأن لها وزناً أكبر.

67. ما عمق وعاء من الماء الضغط عند قاعه يساوي قيمة الضغط في قاع وعاء مملوء بالزئبق، وعمقه 10.0 cm، علماً بأن كثافة الزئبق تزيد 13.55 مرة على كثافة الماء؟

$$P_{\text{الماء}} = P_{\text{الزئبق}}$$

$$\rho_{\text{الماء}} h_{\text{الماء}} g = \rho_{\text{الزئبق}} h_{\text{الزئبق}} g$$

$$h_{\text{الماء}} = \left(\frac{\rho_{\text{الزئبق}}}{\rho_{\text{الماء}}} \right) h_{\text{الزئبق}}$$

$$= (13.55)(10.0 \text{ cm})$$

$$= 136 \text{ cm}$$

تابع الفصل 6

71. وضعت خمسة أجسام في خزان من الماء كثافتها على النحو الآتي:

a. 0.85 g/cm^3

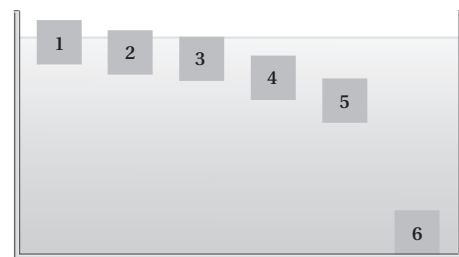
b. 0.95 g/cm^3

c. 1.05 g/cm^3

d. 1.15 g/cm^3

e. 1.25 g/cm^3

وكثافة الماء 1.00 g/cm^3 ، ويوضح الشكل 6-26 ستة مواقع محتملة لهذه الأجسام، اختر الموقع من 1 إلى 6 لكل من الأجسام الخمسة. (ليس من الضروري اختيار المواقع كلها).



الشكل 6-26 ■

يجب أن تكون مواقع الأجسام على النحو الآتي:

a-1, b-2, c-6, d-6, e-6

72. تم تسخين حجمين متساويين من الماء في أنبوبين ضيقين ومتماثلين، إلا أن الأنبوب A مصنوع من الزجاج العادي، والأنبوب B مصنوع من الزجاج القابل للتسخين في الأفران. وعندما ارتفعت درجة الحرارة، ارتفع مستوى الماء في الأنبوب B أكثر من الأنبوب A. فسر ذلك. يتمدد الزجاج المستخدم في الأفران بمقدار أقل من الزجاج العادي عند التسخين. فلا يرتفع الماء في الأنبوب (A) كثيراً؛ لأن أنبوب الزجاج العادي قد تمدد وازداد حجمه.

إتقان حل المسائل

صفحة 215-211

1-6 خصائص الموائع

صفحة 212-211

73. الكتاب المقرر كتاب فيزياء كتلته 0.85 kg ، وأبعاد سطحه $24.0 \text{ cm} \times 20.0 \text{ cm}$ ، يستقر على سطح طاولة.

a. ما القوة التي يؤثر بها الكتاب في الطاولة؟

القوة التي يؤثر بها الكتاب في الطاولة تساوي وزن الكتاب.

$$W = mg = (0.85 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2)$$

$$= 8.3 \text{ N}$$

b. ما الضغط الذي يؤثر به الكتاب؟

الضغط الذي يؤثر به الكتاب يساوي:

$$P = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{mg}{lw}$$

$$= \frac{(0.85 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2)}{(2.40 \times 10^{-1} \text{ m})(2.00 \times 10^{-1} \text{ m})}$$

$$= 1.7 \times 10^2 \text{ Pa}$$

74. أسطوانة مصممة كتلتها 75 kg وطولها 2.5 m ونصف قطر قاعدتها 7.0 cm تستقر على إحدى قاعدتيها. ما مقدار الضغط الذي تؤثر به؟

$$P = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{mg}{\pi r^2}$$

$$= \frac{(75 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2)}{\pi (0.070 \text{ m})^2}$$

$$= 4.8 \times 10^4 \text{ Pa}$$

75. ما مقدار القوة الرأسية الكلية أسفل الغلاف الجوي التي تؤثر في قمة رأسك الآن؟ افترض أن مساحة قمة رأسك 0.025 m^2 تقريباً.

$$F = PA$$

$$= (1.01 \times 10^5 \text{ Pa})(0.025 \text{ m}^2)$$

$$= 2.5 \times 10^3 \text{ N}$$

تابع الفصل 6

76. المشروبات الغازية إن غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) المذاب في شراب الصودا يجعله يفور، وتتم عادة إذابة كمية من غاز ثاني أكسيد الكربون تساوي 8.0 L تقريبًا عند ضغط يساوي الضغط الجوي ودرجة حرارة 300.0 K في زجاجة مشروبات غازية سعتها 2 L. إذا كانت الكتلة المولية للغاز CO_2 تساوي 44 g/mol.

a. فما عدد المولات من غاز ثاني أكسيد الكربون في زجاجة سعتها 2 L؟

وفق قانون الغاز المثالي فإن

$$\begin{aligned} n &= \frac{PV}{RT} \\ &= \frac{(1.01 \times 10^5 \text{ Pa})(0.0080 \text{ m}^3)}{(8.31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{mol} \cdot \text{K})(300.0 \text{ K})} \\ &= 0.33 \text{ moles} \end{aligned}$$

b. وما كتلة غاز ثاني أكسيد الكربون الموجودة في زجاجة صودا سعتها 2 L؟

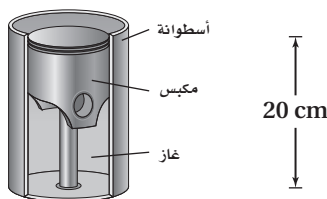
الكتلة المولية لغاز ثاني أكسيد الكربون تساوي

$$\begin{aligned} M &= 12 + 2(16) \\ &= 44 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

لذا فإن الكتلة تساوي

$$\begin{aligned} m &= nM \\ &= (0.32 \text{ mol})(44 \text{ g/mol}) \\ &= 14 \text{ g} \end{aligned}$$

77. كما هو موضح في الشكل 27-6، يتكون مقياس الحرارة ذو الضغط الثابت من أسطوانة تحتوي على مكبس يتحرك بحرية داخل الأسطوانة، ويبقى كل من الضغط وكمية الغاز داخل الأسطوانة ثابتين. وعندما ترتفع درجة الحرارة أو تنخفض يتحرك المكبس إلى أعلى الأسطوانة أو إلى أسفلها. إذا كان ارتفاع المكبس في الأسطوانة 20 cm عند 0°C ، فما ارتفاع المكبس عندما تكون درجة الحرارة 100°C ؟



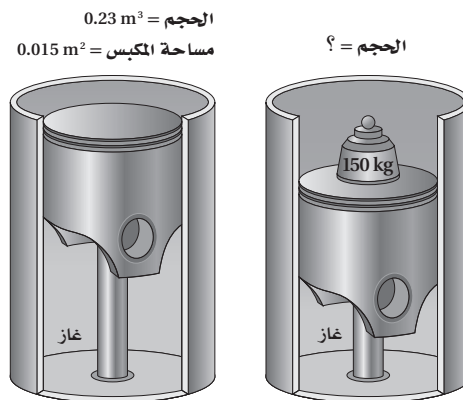
■ الشكل 27-6

لما كان الضغط ثابتًا فإن، $V_1/T_1 = V_2/T_2$. ويتناسب ارتفاع المكبس طرديًا مع حجم الأسطوانة؛ لذا فإن

$$\begin{aligned} \frac{h_1}{T_1} &= \frac{h_2}{T_2} \\ h_2 &= \frac{h_1 T_2}{T_1} \\ &= \frac{(20 \text{ cm})(373 \text{ K})}{273 \text{ K}} \\ &= 3 \times 10^1 \text{ cm} \end{aligned}$$

تابع الفصل 6

78. يحصر مكبس مساحته 0.015 m^2 كمية ثابتة من الغاز في أسطوانة حجمها 0.23 m^3 . فإذا كان الضغط الابتدائي للغاز $1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ ، ووضع جسم كتلته 150 kg على المكبس، فتحرك المكبس في اتجاه الأسفل إلى موقع جديد كما موضح في الشكل 28-6، فما الحجم الجديد للغاز داخل الأسطوانة؟ علمًا بأن درجة الحرارة ثابتة.



الشكل 28-6 ■

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$$

$$= \frac{P_1 V_1}{\left(P_1 + \frac{mg}{A}\right)}$$

$$= \frac{(1.5 \times 10^5 \text{ Pa})(0.23 \text{ m}^3)}{1.5 \times 10^5 \text{ Pa} + \frac{(150 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2)}{0.015 \text{ m}^2}}$$

$$= 0.14 \text{ m}^3$$

79. المركبات يصمم إطار سيارة معينة ليستستخدم عند ضغط معايير مقداره 30.0 psi ، أو $30.0 \text{ باوند لكل إنش مربع}$ (واحد باوند لكل إنش مربع يساوي $6.90 \times 10^3 \text{ Pa}$) ومصطلح ضغط معايير يعني الضغط الأعلى من الضغط الجوي. إن الضغط الحقيقي داخل الإطار يساوي $3.08 \times 10^5 \text{ Pa}$ ($30.0 \text{ psi} + 6.90 \times 10^3 \text{ Pa/psi} = 3.08 \times 10^5 \text{ Pa}$)، وعندما تتحرك السيارة تزداد درجة حرارة الإطار ويزداد الضغط والحجم كذلك. افترض أنك ملأت إطار السيارة للحجم 0.55 m^3 عند درجة حرارة 280 K وكان الضغط الابتدائي 30.0 psi ، ولكن ازدادت درجة حرارة الإطار في أثناء القيادة إلى 310 K وازداد الحجم ليصبح 0.58 m^3 .

a. ما مقدار الضغط الجديد في الإطار؟

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 V_2}$$

$$= \frac{(3.08 \times 10^5 \text{ Pa})(0.55 \text{ m}^3)(310 \text{ K})}{(280 \text{ K})(0.58 \text{ m}^3)}$$

$$= 3.2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

تابع الفصل 6

b. ما الضغط المعايير الجديد؟

$$P_{\text{المعايير}} = \frac{(30.0 \text{ psi})(0.55 \text{ m}^3)(310 \text{ K})}{(280 \text{ K})(0.58 \text{ m}^3)} = 32 \text{ psi}$$

3-6 الموائع الساكنة والموائع المتحركة

صفحة 212-213

80. الخزان إذا كان عمق الماء خلف سد 17 m، فما ضغط الماء عند المواقع المختلفة الآتية؟

a. عند قاعدة السد.

$$P = \rho h g = (1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(17 \text{ m})(9.80 \text{ m/s}^2) = 1.7 \times 10^5 \text{ Pa}$$

b. على عمق 4.0 m من سطح الماء.

$$P = \rho h g = (1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(4.0 \text{ m})(9.80 \text{ m/s}^2) = 3.9 \times 10^4 \text{ Pa}$$

81. يستقر أنبوب اختبار رأسياً على حامل أنابيب اختبار، ويحتوي على زيت ارتفاعه 2.5 cm وكثافته 0.81 g/cm³، وماء ارتفاعه 6.5 cm. ما مقدار الضغط المؤثر للسائلين عند أنبوب الاختبار؟

$$P = P_{\text{الماء}} + P_{\text{الزيت}} = \rho_{\text{الزيت}} h_{\text{الزيت}} g + \rho_{\text{الماء}} h_{\text{الماء}} g = (810 \text{ kg/m}^3)(0.025 \text{ m})(9.80 \text{ m/s}^2) + (1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(0.065 \text{ m})(9.80 \text{ m/s}^2) = 8.4 \times 10^2 \text{ Pa}$$

82. الأثرية تمثال طائر أثري مصنوع من معدن أصفر مُعلق بميزان نابضي، تشير قراءة الميزان النابضي إلى 11.81 N عندما يُعلق التمثال في الهواء، وتشير إلى 11.19 N عندما يُغمر التمثال كلياً في الماء.

a. أوجد حجم التمثال.

$$F_{\text{المظفر}} = \rho_{\text{الماء}} V g = F_g - F_{\text{الظاهر}}$$

لذا فإن

$$V = \frac{F_g - F_{\text{الظاهر}}}{\rho_{\text{الماء}} g} = \frac{11.81 \text{ N} - 11.19 \text{ N}}{(1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2)} = 6.33 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

تابع الفصل 6

b. هل تمثل الطائر مصنوع من الذهب ($\rho = 19.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) أم مصنوع من الألومنيوم المطلي بالذهب ($\rho = 2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)؟

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{V} \\ &= \frac{F_g}{Vg} \\ &= \frac{11.81 \text{ N}}{(6.33 \times 10^{-5} \text{ m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2)} \\ &= 19.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

تمثال الطائر مصنوع من الذهب

83. خلال تجربة في علم البيئة وضع حوض لتربية الأسماك مملوء حتى منتصفه بالماء على ميزان، فكانت قراءة الميزان 195 N.

a. أُضيف حجر وزنه 8 N إلى الحوض، فإذا غطس الحجر إلى قاع الحوض، فما قراءة الميزان؟

$$\begin{aligned}F_g &= 195 \text{ N} + 8 \text{ N} \\ &= 203 \text{ N}\end{aligned}$$

b. أُزيل الحجر من الحوض، وعدّلت كمية الماء حتى عادت قراءة الميزان ثانية 195 N، فإذا أُضيفت سمكة تزن 2 N إلى الحوض، فما قراءة الميزان في حالة وجود السمكة في الحوض؟

$$\begin{aligned}F_g &= 195 \text{ N} + 2 \text{ N} \\ &= 197 \text{ N}\end{aligned}$$

قوة الطفو، في كلتا الحالتين، تساوي وزن الماء المزاح.

84. ما مقدار قوة الطفو المؤثرة في كرة وزنها 26.0 N إذا كانت تطفو على سطح ماء عذب؟

إذا كانت الكرة طافية

$$F_{\text{الطفو}} = F_g = 26.0 \text{ N}$$

85. ما مقدار أقصى وزن يستطيع أن يرفعه في الهواء بالون مملوء بحجم 1.00 m^3 من غاز الهيليوم؟ افترض أن كثافة الهواء 1.20 kg/m^3 وكثافة غاز الهيليوم 0.177 kg/m^3 ، وأهمل كتلة البالون.

$$\begin{aligned}F_{\text{الظاهري}} &= F_g - F_{\text{الطفو}} \\ &= \rho_{\text{الهواء}} Vg - \rho_{\text{الهيليوم}} Vg \\ &= (\rho_{\text{الهيليوم}} - \rho_{\text{الهواء}}) Vg \\ &= (0.177 \text{ kg/m}^3 - 1.20 \text{ kg/m}^3)(1.00 \text{ m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2) \\ &= -10.0 \text{ N}\end{aligned}$$

أقصى وزن يستطيع أن يرفعه البالون في الهواء يساوي 10.0 N.

تابع الفصل 6

86. تزن صخرة 54 N في الهواء، وعندما غمرت في سائل كثافته ضعف كثافة الماء أصبح وزنها الظاهري 46 N، ما وزنها الظاهري عندما تُغمر في الماء؟

$$F_{\text{الظاهري، الماء}} = F_g - \rho_{\text{الماء}} Vg$$

و

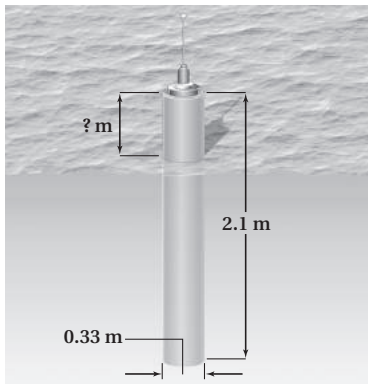
$$F_{\text{الظاهري، السائل}} = F_g - 2\rho_{\text{الماء}} Vg$$

أو

$$V = \frac{F_g - F_{\text{الظاهري، السائل}}}{2\rho_{\text{الماء}} g}$$

عوض مقدار V من المعادلة السابقة في المعادلة الأولى

$$\begin{aligned} F_{\text{الظاهري، الماء}} &= F_g - \rho_{\text{الماء}} g \left(\frac{F_g - F_{\text{الظاهري، السائل}}}{2\rho_{\text{الماء}} g} \right) \\ &= F_g - \left(\frac{1}{2} \right) (F_g - F_{\text{الظاهري، السائل}}) \\ &= \left(\frac{1}{2} \right) (F_g - F_{\text{الظاهري، السائل}}) \\ &= \left(\frac{1}{2} \right) (54 \text{ N} + 46 \text{ N}) \\ &= 5.0 \times 10^1 \text{ N} \end{aligned}$$



87. جغرافية المحيطات انظر إلى الشكل 29-6، تستخدم عوامة كبيرة لحمل جهاز يستخدم في دراسة جغرافية المحيطات، وكانت العوامة مصنوعة من خزان أسطواني مجوف. فإذا كان ارتفاع الخزان 2.1 m، ونصف قطره 0.33 m، والكتلة الكلية للعوامة وجهاز البحث 120 kg تقريبًا. ويجب على العوامة أن تطفو بحيث يكون أحد طرفيها فوق سطح الماء؛ وذلك لحمل جهاز بث راديوي. افترض أن العوامة تحوي الجهاز، وأن كتلتها موزعة بانتظام، فكم يكون ارتفاع العوامة فوق سطح الماء عندما تطفو؟

ارتفاع العوامة فوق سطح الماء يساوي

■ الشكل 29-6

$$\begin{aligned} L_{\text{الكلية}} &= \left(1 - \frac{V_{\text{الماء}}}{V_{\text{العوامة}}} \right) L_{\text{الكلية}} \\ &= \left(1 - \frac{\left(\frac{m}{\rho} \right)}{\pi r^2 h} \right) L_{\text{الكلية}} \\ &= \left(1 - \frac{m}{\pi r^2 h \rho} \right) L_{\text{الكلية}} \\ &= \left(1 - \frac{120 \text{ kg}}{\pi \left(\left(\frac{1}{2} \right) (0.33 \text{ m}) \right)^2 (2.1 \text{ m}) (1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)} \right) (2.1 \text{ m}) \\ &= 0.70 \text{ m} \end{aligned}$$

88. إذا كان طول قضيب مصنوع من معدن مجهول 0.975 m عند 45°C، وتناقص طوله ليصبح 0.972 m عند 23°C، فما معامل تمدده الطولي؟

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{L_2 - L_1}{L_1(T_2 - T_1)} \\ &= \frac{0.972 \text{ m} - 0.975 \text{ m}}{(0.975 \text{ m})(23^\circ\text{C} - 45^\circ\text{C})} \\ &= 1.4 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}\end{aligned}$$

89. صمّم مخترع مقياس حرارة من قضيب ألومنيوم طوله 0.500 m عند درجة حرارة 273 K. واعتمد المخترع قياس طول قضيب الألومنيوم لتحديد درجة الحرارة. فإذا أراد المخترع أن يقيس تغيراً في درجة الحرارة مقداره 1.0 K، فكم يجب أن تكون دقة قياس طول القضيب؟

$$\begin{aligned}\Delta T &= 1.0 \text{ K} = 1.0^\circ\text{C} \\ \Delta L &= \alpha L_1 \Delta T \\ &= (25 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(0.500 \text{ m})(1.0^\circ\text{C}) \\ &= 1.3 \times 10^{-5} \text{ m}\end{aligned}$$

90. الجسور جسر أسمتي طوله 300 m في شهر أغسطس عندما كانت درجة الحرارة 50 °C، فكم يكون مقدار الفرق في الطول في إحدى ليالي شهر يناير إذا كانت درجة الحرارة 10 °C؟

$$\begin{aligned}\Delta L &= \alpha L_1 \Delta T \\ &= \alpha L_1 (T_2 - T_1) \\ &= (12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(300 \text{ m})(50^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) \\ &= 0.1 \text{ m}\end{aligned}$$

91. أنبوب من النحاس طوله 2.00 m عند 23 °C. ما مقدار التغير في طوله إذا ارتفعت درجة حرارته إلى 978 °C؟

$$\begin{aligned}\Delta L &= \alpha L_1 \Delta T \\ &= \alpha L_1 (T_2 - T_1) \\ &= (16 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(2.00 \text{ m})(978^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C}) \\ &= 3.1 \times 10^{-2} \text{ m}\end{aligned}$$

92. ما التغير في حجم قالب من الأسمنت حجمه 1.0 m³ إذا ارتفعت درجة حرارته بمقدار 45 °C؟

$$\begin{aligned}\Delta V &= \beta V_1 \Delta T \\ &= (36 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(1.0 \text{ m}^3)(45^\circ\text{C}) \\ &= 1.6 \times 10^{-3} \text{ m}^3\end{aligned}$$

تابع الفصل 6

93. الجسور يستخدم عمال بناء الجسور عادة مسامير فولاذية بحيث تكون أكبر من ثقب المسمار؛ وذلك لجعل الوصلة مشدودة أكثر. ويُبرّد المسمار قبل وضعه في الثقب. افترض أن العامل حفر ثقبًا نصف قطره 1.2230 cm لمسمار نصف قطره 1.2250 cm، فلأي درجة حرارة يجب أن يُبرّد المسمار ليدخل في الثقب بشكل محكم إذا كانت درجة حرارته الابتدائية 20.0°C ؟

$$L_2 = L_1 + \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$

$$T_2 = T_1 + \frac{(L_2 - L_1)}{\alpha L_1}$$

$$= 20.0^\circ\text{C} + \frac{1.2230 \text{ cm} - 1.2250 \text{ cm}}{(12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(1.2250 \text{ cm})}$$

$$= -1.2 \times 10^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

94. خزان مصنوع من الفولاذ نصف قطره 2.000 m وارتفاعه 5.000 m مملئ بالميثانول عند درجة حرارة 10°C . فإذا ارتفعت درجة الحرارة حتى 40.0°C ، فما مقدار الميثانول الذي سيتدفق خارج الخزان إذا تمدّد كل من الخزان والميثانول؟

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T$$

$$= (\beta_{\text{الميثانول}} - \beta_{\text{الفولاذ}})(\pi r^2 h)(T_2 - T_1)$$

$$= (1200 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} - 35 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(\pi)(2.000 \text{ m})^2 (5.000 \text{ m})(40.0^\circ\text{C} - 10.0^\circ\text{C})$$

$$= 2.3 \text{ m}^3$$

95. سُخّنت كرة من الألومنيوم حتى أصبحت درجة حرارتها 580°C ، فإذا كان حجم الكرة 1.78 cm^3 عند درجة حرارة 11°C ، فما مقدار الزيادة في حجم الكرة عند 580°C ؟

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T$$

$$= (75 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(1.78 \text{ cm}^3)(580^\circ\text{C} - 11^\circ\text{C})$$

$$= 7.6 \times 10^{-2} \text{ cm}^3$$

96. إذا أصبح حجم كرة من النحاس 2.56 cm^3 بعد تسخينها من 12°C إلى 984°C ، فما حجم الكرة عند 12°C ؟

$$V_2 = V_1 + V_1 \beta \Delta T = V_1 (1 + \beta \Delta T)$$

$$V_1 = \frac{V_2}{1 + \beta \Delta T}$$

$$= \frac{2.56 \text{ cm}^3}{(1 + (48 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(984^\circ\text{C} - 12^\circ\text{C}))}$$

$$= 2.4 \text{ cm}^3$$

97. صفيحة من الفولاذ مربعة الشكل طول ضلعها 0.330 m، سُخّنت من 0°C حتى أصبحت درجة حرارتها 95°C .

a. ما مقدار تغير طول جوانب المربع؟

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T = \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$

$$= (12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(0.330 \text{ m})(95^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C})$$

$$= 3.8 \times 10^{-4} \text{ m}$$

تابع الفصل 6

b. ما نسبة التغير في مساحة المربع؟

$$\begin{aligned}
 \text{نسبة التغير} &= \frac{\Delta A}{A_1} \\
 &= \frac{A_2 - A_1}{A_1} \\
 &= \frac{L_2^2 - L_1^2}{L_1^2} \\
 &= \frac{(L_1 + \Delta L)^2 - L_1^2}{L_1^2} \\
 &= \frac{(0.330 \text{ m} + 3.8 \times 10^{-4} \text{ m})^2 - (0.330 \text{ m})^2}{(0.330 \text{ m})^2} \\
 &= 2.3 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

98. مكعب من الألومنيوم حجمه 0.350 cm^3 عند درجة حرارة 350.0 K ، فإذا بُرد إلى 270.0 K فما مقدار:

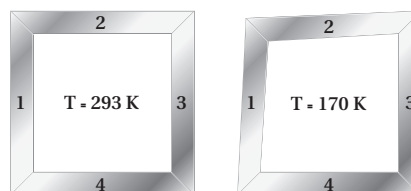
a. حجمه عند درجة 270.0 K ؟

$$\begin{aligned}
 V_2 &= V_1 + V_1 \beta \Delta T \\
 &= V_1 (1 + \beta \Delta T) \\
 &= V_1 (1 + \beta (T_2 - T_1)) \\
 &= (0.350 \text{ m}^3) (1 + (75 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(270.0 \text{ K} - 350.0 \text{ K})) \\
 &= 0.348 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

b. طول ضلع المكعب عند درجة 270.0 K ؟

$$\begin{aligned}
 L &= (V_2)^{\frac{1}{3}} \\
 &= (0.348 \text{ m}^3)^{\frac{1}{3}} \\
 &= 0.703 \text{ m}
 \end{aligned}$$

99. الصناعة صمّم مهندس قطعة ميكانيكية مربعة الشكل لنظام تبريد خاص. تتألف القطعة الميكانيكية من قطعتين مستطيلتين من الألومنيوم، وقطعتين مستطيلتين من الفولاذ، وكانت القطعة المصممة مربعة تمامًا عند درجة 293 K ، ولكن عند درجة 170 K أصبحت القطعة مفتولة كما في الشكل 30-6. حدد أي القطع المبيّنة في الشكل مصنوعة من الفولاذ، وأيها مصنوعة من الألومنيوم؟



الشكل 30-6 ■

يعاني الجزءان 1 و 2 انكماشًا أكبر في الطول من الجزأين 3 و 4؛ لذا فإن الجزأين 1 و 2 يجب أن يكونا مصنوعين من الألومنيوم الذي معامل تمدده أكبر من معامل تمدد الفولاذ.

تابع الفصل 6

مراجعة عامة

100. ما مقدار الضغط المؤثر في جسم الغواصة عند عمق 65 m؟

$$\begin{aligned} P &= P_{\text{الجوي}} + \rho_{\text{الماء}} gh \\ &= (1.01 \times 10^5 \text{ Pa}) + (1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2)(65 \text{ m}) \\ &= 7.4 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

101. جهاز الغطس يسبح غطاس مستخدماً جهاز الغطس على عمق 5.0 m تحت الماء مطلقاً $4.2 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ من فقاعات الهواء. ما حجم تلك الفقاعات قبل وصولها إلى سطح الماء تماماً؟

$$\begin{aligned} P_1 V_1 &= P_2 V_2 \\ V_2 &= \frac{P_1 V_1}{P_2} \\ &= \frac{(P_{\text{الجوي}} + \rho_{\text{الماء}} gh) V_1}{P_{\text{الجوي}}} \\ &= \frac{(1.01 \times 10^5 \text{ Pa} + (1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2)(5.0 \text{ m}))(4.2 \times 10^{-6} \text{ m}^3)}{1.01 \times 10^5 \text{ Pa}} \\ &= 6.2 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

102. تطفو كرة بولنج وزنها 18 N بحيث ينغمر نصفها فقط في الماء.

a. ما مقدار قطر كرة البولنج؟

$$F_g = \rho V_{\text{الماء}} g = \rho \left(\frac{V_{\text{الكرة}}}{2} \right) g$$

حيث إن

$$V_{\text{الكرة}} = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2} \right)^3 = \frac{\pi d^3}{6}$$

ومن ثم فإن

$$F_g = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{\pi d^3}{6} \right) g$$

لذا فإن

$$\begin{aligned} d &= \sqrt[3]{\frac{12 F_g}{\pi \rho g}} \\ &= \sqrt[3]{\frac{(12)(18 \text{ N})}{\pi (1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2)}} \\ &= 0.19 \text{ m} \end{aligned}$$

b. ما الوزن الظاهري تقريباً لكرة بولنج تزن 36 N؟

غطس نصف كرة البولنج عندما كان وزنها 18 N؛ لذا يجب أن يكون الوزن الظاهري لكرة وزنها 36 N قريباً من الصفر.

تابع الفصل 6

b. تستخدم معظم رافعات السيارات رافعة لتقليل القوة اللازمة للتأثير فيها في المكبس الصغير. فإذا كان طول ذراع المقاومة 3.0 cm، فكم يجب أن يكون طول ذراع القوة لرافعة مثالية لتقليل القوة إلى 100.0 N؟

$$\begin{aligned} F_r L_r &= F_e L_e \\ L_e &= \frac{F_r L_r}{F_e} \\ &= \frac{(2.5 \times 10^3 \text{ N})(3.0 \text{ cm})}{100.0 \text{ N}} \\ &= 75 \text{ cm} \end{aligned}$$

106. المنطاد يحتوي منطاد الهواء الساخن على حجم ثابت من الغاز. وعندما يُسخَّن الغاز يتمدد ويتردد بعض الغاز خارجاً من النهاية السفلى المفتوحة، لذلك تنخفض كتلة الغاز في المنطاد. فلماذا ينبغي أن يكون الغاز في المنطاد أكثر سخونة لرفع حمولة من الأشخاص إلى قمة ارتفاعها 2400 m عن سطح البحر، مقارنة بمنطاد مهمته رفع الحمولة ذاتها من الأشخاص إلى ارتفاع 6 m عن مستوى سطح البحر؟ يكون الضغط الجوي منخفضاً عند الارتفاعات العالية؛ لذا فإن كتلة حجم المائع المزاح بمنطاد له الحجم نفسه تكون أقل عند الارتفاعات الكبيرة. وللحصول على قوة الطفو نفسها عند الارتفاعات الكبيرة ينبغي للمنطاد أن ينفث غازاً أكثر، وهذا يتطلب درجة حرارة أكبر.

107. عالم الأحياء تستطيع بعض النباتات والحيوانات العيش تحت ضغط مرتفع جداً.

a. ما مقدار الضغط المؤثر بوساطة الماء في جسم سمكة أو دودة تعيش بالقرب من قاع أخدود مائي في منطقة بورتوريكو الذي يبلغ عمقه 8600 m تحت سطح المحيط الأطلنطي؟ افترض أن كثافة مياه البحر 1030 kg/m^3 .

الضغط يساوي

$$\begin{aligned} P &= \rho gh \\ &= (1030 \text{ kg/m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2)(8600 \text{ m}) \\ &= 8.7 \times 10^7 \text{ Pa} \end{aligned}$$

103. يطفو قضيب من الألومنيوم في حوض زئبق. فهل يطفو القضيب إلى أعلى أكثر أم أن جزءاً أكبر منه سينغمر عند تسخين الزئبق والألومنيوم معاً؟

لما كان معامل التمدد الحجمي للزئبق أكبر من معامل التمدد الحجمي للألومنيوم. فإن الألومنيوم يصبح أكثر كثافة من الزئبق عند تسخينهما، وسوف يغطس إلى عمق أكبر في الزئبق.

104. وضع 100.0 ml من الماء في وعاء من الزجاج العادي سعته 800.0 ml عند 15.0°C . كم سيرتفع مستوى الماء أو ينخفض عندما يُسخن كل من الإناء والماء إلى 50.0°C ؟ يتمدد الماء:

$$\begin{aligned} \Delta V &= \beta V \Delta T \\ &= (210 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(100.0 \text{ ml})(35.0^\circ\text{C}) \\ &= 0.735 \text{ ml} \end{aligned}$$

يتمدد الوعاء:

$$\begin{aligned} \Delta V &= \beta V \Delta T \\ &= (27 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(800.0 \text{ ml})(35.0^\circ\text{C}) \\ &= 0.756 \text{ ml} \end{aligned}$$

سوف ينخفض مستوى الماء قليلاً، ولكن ليس إلى المستوى الذي يمكن ملاحظته.

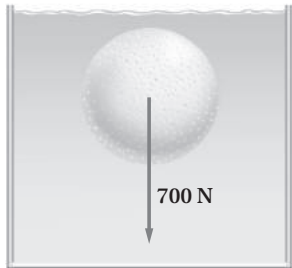
105. صيانة السيارات تُستخدم رافعة هيدروليكية لرفع السيارات لصيانتها، وتسمى رافعة الأطنان الثلاثة. فإذا كان قطر المكبس الكبير 22 mm، وقطر المكبس الصغير 6.3 mm. افترض أن قوة ثلاثة أطنان تعادل $3.0 \times 10^4 \text{ N}$.

a. فما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر في المكبس الصغير لرفع وزن مقداره ثلاثة أطنان؟

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{F_1 A_2}{A_1} \\ &= \frac{F_1 \pi r_2^2}{\pi r_1^2} \\ &= F_1 \left(\frac{d_2^2}{d_1^2} \right) \\ &= (3.0 \times 10^4 \text{ N}) \left(\frac{6.3 \text{ mm}}{22 \text{ mm}} \right)^2 \\ &= 2.5 \times 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

تابع الفصل 6

111. حلل واستنتج يلزم قوة رأسية إلى أسفل مقدارها 700 N لغمر كرة من البلاستيك كلياً كما في الشكل 31-6. إذا علمت أن كثافة البلاستيك 95 kg/m^3 ، فما مقدار:



الشكل 31-6 ■

- a. النسبة المئوية للجزء المغمور من الكرة إذا تُركت تطفو بحرية؟

كثافة الكرة البلاستيكية بالنسبة إلى كثافة الماء تساوي

$$\frac{95 \text{ kg/m}^3}{1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3} = 0.095$$

لذا ينغمر 9.5% من الكرة الطافية.

- b. وزن الكرة في الهواء؟

وزن الماء المزاح بـ 9.5% من الكرة الطافية يساوي وزن الكرة كاملة وهي في الهواء، F_g . وتلزم قوة رأسية إضافية مقدارها 700 N لغمر النسبة المتبقية من حجم الكرة؛ 90.5%، لذا فإن

$$\frac{F_g}{0.095} = \frac{700 \text{ N}}{0.905}$$

$$F_g = 7 \times 10^1 \text{ N}$$

- c. حجم الكرة؟

$$F_{\text{الطفو}} = F_g + F_{\text{رأسية إلى أسفل}}$$

$$\rho_{\text{الماء}} Vg = \rho_{\text{الكرة}} Vg + F_{\text{رأسية إلى أسفل}}$$

$$V = \frac{F_{\text{رأسية إلى أسفل}}}{(\rho_{\text{الماء}} - \rho_{\text{الكرة}})g}$$

$$= \frac{700 \text{ N}}{(1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 - 95 \text{ kg/m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2)}$$

$$= 8 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

- b. ما كثافة الهواء عند ذلك الضغط بالنسبة لكثافته فوق سطح المحيط؟

$$(8.7 \times 10^7 \text{ Pa}) / (1.01 \times 10^5 \text{ Pa}) = 860$$

الضغط داخل الماء أكبر 860 مرة من الضغط الجوي المعياري؛ لذا سوف تكون كثافة الهواء أكبر 860 مرة من كثافة الهواء عند سطح المحيط.

التفكير الناقد

صفحة 215–216

108. تطبيق المفاهيم إن إذا كنت تغسل الأواني في حوض، فطفأ أحد الأواني في الحوض، فقامت بملئه بماء الحوض فغطس إلى القاع، فهل ارتفع مستوى الماء في الحوض أم انخفض عندما انغمر الإناء؟

عندما يكون الإناء طافياً، يكون قد أزاح كمية من الماء؛ ووزن هذه الكمية المزاحة يساوي وزن الإناء. أما عندما يغطس الإناء فيكون قد أزاح كمية من الماء، ووزن هذه الكمية المزاحة أقل من وزن الإناء، وذلك لأن قوة الطفو تساوي وزن الماء المزاح. وفي الحالة الثانية أزاح الإناء كمية أقل من الماء وسيخفض مستوى الماء في الحوض.

109. تطبيق المفاهيم إن الأشخاص الملازمين للسريير أقل احتمالاً للإصابة بمرض تَقَرُّح الفراش إذا استخدموا فرشاة الماء بدلاً من الفرشات العادية. فسّر ذلك.

يتوافق سطح فرشاة الماء ويتكيف مع تضاريس الجسم أكثر من الفرشة العادية. كما يهبط الجسم في فرشاة الماء بسهولة أكبر. ولأن $\rho_{\text{الفرشة}} > \rho_{\text{H}_2\text{O}}$ فإن قوة الطفو من فرشاة الماء تكون أقل.

110. حلل تعتمد إحدى طرائق قياس النسبة المئوية لمحتوى الدهون في الجسم على حقيقة أن الأنسجة الدهنية أقل كثافة من الأنسجة العضلية. كيف يمكن تقدير معدل كثافة شخص باستخدام ميزان وبركة سباحة؟ وما القياسات التي يحتاج الطبيب إلى تدوينها لإيجاد معدل النسبة المئوية للدهون في جسم شخص ما؟

يزن الطبيب الشخص بشكل طبيعي، ثم يزنه وهو مغمور تماماً في الماء. وللتأكد من الانغمار التام لا بد من إضافة أنقال إلى الشخص؛ لأن كثافة الإنسان عادة أقل من كثافة الماء. كما يجب أن يقاس حجم الماء الذي يزيحه الشخص. أما متوسط كثافة الشخص فيمكن حسابه من توازن القوى التي تبقي الشخص في حالة اتزان تحت الماء.

تابع الفصل 6

112. تطبيق المفاهيم تُوضع الأسماك الاستوائية التي تُربى في أحواض السمك المنزلية عند شرائها في أكياس بلاستيكية شفافة مملوءة جزئياً بالماء. إذا وضعت سمكة في كيس مغلق داخل الحوض، فأى الحالات المبينة في الشكل 6-32 تمثل أفضل ما يمكن أن يحدث؟ فسر استدلالك.



الشكل 6-32

إن كثافة الماء في الكيس بالإضافة إلى كثافة السمك والبلاستيك مجتمعة قريبة من كثافة الماء في حوض الماء. لذا يجب أن يطفو الكيس على مستوى الماء في الكيس وعلى ارتفاع مستوى الماء نفسه في حوض الماء.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 216

113. تتمدد بعض المواد الصلبة عندما تبرد، ومن أكثر الأمثلة شيوعاً تمدد الماء عند انخفاض درجة حرارته بين 4°C و 0°C ، ولكن تتمدد الأربطة المطاطية أيضاً عند تبريدها، ابحث عن سبب هذا التمدد.

تُصنع الأربطة المطاطية من جزيئات المطاط الطويلة التي تسمى البولييمرات، والتي تتخذ هيئة سلاسل مزودة ببعض الوصلات الطويلة. وتنشأ خصائص المطاط من قدرة هذه الوصلات على الالتواء والدوران. وعندما يُبرّد المطاط تستطيل هذه الوصلات بخط مستقيم تماماً كوصلات سلسلة الحديد التي تمسكها بأحد طرفيها وتسمح لها بأن تتدلى بحرية. ولما كانت الوصلات مرتبة بتلك الطريقة فإن للبوليمرات فوضى (إنتروبي) صغيرة نسبياً. إن إضافة الحرارة إلى هذه البولييمرات تزيد من حركتها الحرارية، وتبدأ عندها الوصلات في الاهتزاز ويتزايد عدم ترتيبها. وإذا جعلت هذه الوصلات تهتز بهذه الطريقة فإنك ستري أن متوسط طولها يصبح أقل مقارنة بحالة بقاء السلسلة معلقة دون حركة.

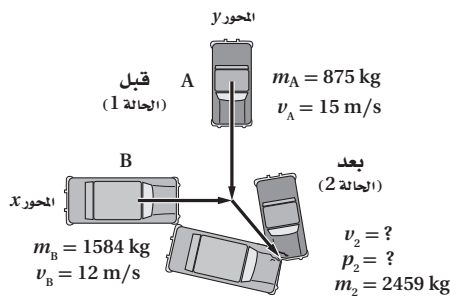
114. بحث العالم جاي - لوساك في قوانين الغاز، فكيف أسهم إنجاز جاي - لوساك في اكتشاف صيغة الماء؟ كان العالم الفرنسي جاي - لوساك مهتماً أيضاً بصعود المنطاد إلى ارتفاعات عالية. وقد اكتشف أنه عندما يكون للغازات درجة الحرارة نفسها والضغط نفسه فإن أحجامها تتفاعل بنسب ذات أعداد صغيرة وصحيحة. وقد أسهم إنجاز جاي - لوساك في اكتشاف صيغة الماء، وذلك بإثباته أن حجمين من غاز الهيدروجين يتفاعلان مع حجم واحد من غاز الأكسجين. وبني أفوجادرو نتائجه على ما توصل إليه جاي - لوساك، وذلك عند صياغة العلاقة بين مولات الغاز والحجم.

مراجعة تراكمية

صفحة 216

115. تتحرك سيارة كتلتها 875 kg في اتجاه الجنوب بسرعة 15 m/s فتصطدم بسيارة أخرى كبيرة كتلتها 1584 kg وتتحرك في اتجاه الشرق بسرعة 12 m/s ، فتلتصقان معاً بعد التصادم، بحيث يكون الزخم الخطي محفوظاً. (الفصل 2)

a. مثل الحالة بالرسم، معيناً محاور الإحداثيات ومحددًا الحالة قبل التصادم وبعده.



تابع الفصل 6

b. أوجد سرعة حطام السيارتين مقدارًا واتجاهًا بعد التصادم مباشرة، وتذكر أن الزخم كمية متجهة.

$$p_{A1} = m_A v_A = (875 \text{ kg})(15 \text{ m/s})$$

$$= 1.31 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s} \text{ جنوبًا}$$

$$p_{B1} = m_B v_B = (1584 \text{ kg})(12 \text{ m/s})$$

$$= 1.90 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s} \text{ شرقًا}$$

$$\begin{aligned} p_2 &= \sqrt{p_{A1}^2 + p_{B1}^2} \\ &= \sqrt{(1.31 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s})^2 + (1.90 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s})^2} \\ &= 2.3 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s} \end{aligned}$$

$$\tan \theta = \frac{p_{B1}}{p_{A1}}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{p_{B1}}{p_{A1}} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{1.90 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{1.31 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}} \right)$$

$$= 55^\circ \text{ شرق الجنوب}$$

$$v_2 = \frac{p_2}{m_2} = \frac{2.3 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{2459 \text{ kg}}$$

$$= 9.4 \text{ m/s}$$

c. ينزلق الحطام على سطح الأرض ثم يتوقف، فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي عندما كان الحطام ينزلق 0.55. ومع افتراض أن التسارع ثابت، فما مقدار مسافة الانزلاق بعد التصادم؟

لحساب المسافة، استخدم معادلة الحركة:

$$v^2 = v_i^2 + 2a(d - d_i)$$

ولما كانت السرعة النهائية تساوي صفرًا، وأن $d_i = 0$ ، فحل المعادلة بالنسبة إلى d

$$d = \frac{-v_i^2}{2a}$$

لحساب التسارع، لاحظ أن القوة التي تقلل من سرعة السيارات تساوي قوة الاحتكاك

$$(m_A + m_B)a = -\mu_k(m_A + m_B)g$$

$$a = -\mu_k g$$

لذا فإن المسافة تساوي

$$\begin{aligned} d &= \frac{v_0^2}{2\mu_k g} \\ &= \frac{(9.4 \text{ m/s})^2}{(2)(0.55)(9.80 \text{ m/s}^2)} \\ &= 8.2 \text{ m} \end{aligned}$$

تابع الفصل 6

116. يرفع محرك قدرته 188 W حملاً بمعدل (سرعة) 6.50 cm/s. ما مقدار أكبر حمل يمكن للمحرك أن يرفعه عند هذا المعدل؟ (الفصل 3)

$$v = 6.50 \text{ cm/s} = 0.0650 \text{ m/s}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = F\left(\frac{d}{t}\right) = Fv$$

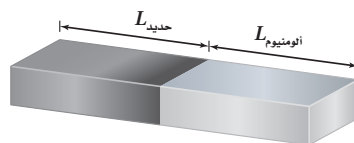
$$P = F_g v$$

$$F_g = \frac{P}{v} = \frac{188 \text{ W}}{0.0650 \text{ m/s}} = 2.89 \times 10^3 \text{ N}$$

مسألة تحفيز

صفحة 203

تحتاج إلى صنع قضيب طوله 1.00 m يتمدد بازدياد الحرارة بالطريقة نفسها التي يتمدد بها قضيب من النحاس طوله 1.00 m. ويشترط في القضيب المطلوب أن يكون مصنوعاً من جزأين، أحدهما من الفولاذ والآخر من الألومنيوم موصلين معاً، كما يبين الشكل. فكم يجب أن يكون طول كل منهما؟



$$L_{\text{نحاس}} = L_{\text{ألومنيوم}} + L_{\text{فولاذ}}$$

$$\alpha_{\text{نحاس}} L_{\text{نحاس}} \Delta T = (\alpha_{\text{ألومنيوم}} L_{\text{ألومنيوم}} + \alpha_{\text{فولاذ}} L_{\text{فولاذ}}) \Delta T$$

عوض مستخدماً

$$L_{\text{ألومنيوم}} = L_{\text{نحاس}} - L_{\text{فولاذ}}$$

فينتج

$$\begin{aligned} L_{\text{فولاذ}} &= \frac{(\alpha_{\text{نحاس}} - \alpha_{\text{ألومنيوم}}) L_{\text{نحاس}}}{\alpha_{\text{فولاذ}} - \alpha_{\text{ألومنيوم}}} \\ &= \frac{(16 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} - 25 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1})(1.00 \text{ m})}{12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} - 25 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}} \\ &= 0.69 \text{ m} \end{aligned}$$

$$L_{\text{ألومنيوم}} = L_{\text{نحاس}} - L_{\text{فولاذ}}$$

$$= 1.00 \text{ m} - 0.69 \text{ m} = 0.31 \text{ m}$$

مخطط الفصل

الفصل 7

الأهداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
7-1 الحركة الدورية	
1. تصف القوة في نابض مرن. 2. تحدّد الطاقة المخزنة في نابض مرن. 3. تقارن بين الحركة التوافقية البسيطة وحركة البندول.	تجارب الطالب تجربة استهلاكية نابض حلزوني
7-2 خصائص الموجات	
4. تحدّد كيف تنقل الموجات الطاقة دون أن تنقل مادة الوسط. 5. تميز بين الموجات المستعرضة والموجات الطولية. 6. تربط بين سرعة الموجة وطولها الموجي وترددها.	تجارب الطالب عرض سريع نابض، وساعة إيقاف. عرض سريع نابض.
7-3 سلوك الموجات	
7. تربط بين سرعة الموجة وطبيعة الوسط الذي تتحرك فيه. 8. تصف كيفية انعكاس الموجات وانكسارها عند الحد الفاصل بين وسطين. 9. تطبّق مبدأ التراكب على ظاهرة التداخل.	تجارب الطالب تجربة إضافية حوض موجات مزوّد بنظام إسقاط الضوء، وساعة إيقاف. تجربة نابض حلزوني. مختبر الفيزياء خيط طوله 1.5 m. ثلاثة أثقال رصاصية صغيرة، مشبك ورق، حامل حلقي، ساعة إيقاف.

طرائق تدريس متنوعة

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

التقنية	شرائح ومصادر قابلة للنسخ
تتضمن أعمال المعلم: نسخة المعلم التفاعلية، تخطيط الدرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.	
	الملف الخاص بمصادر الفصول 12-7، الفصل 7. ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 8 تقويم الفصل، ص 32 اختبار قصير 1-7، ص 19 التعزيز ص 22 ربط الرياضيات مع الفيزياء
مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: Obeikaneducation.com	تقويم الفصل، ص 32 اختبار قصير 2-7، ص 20 شريحة التدريس 1-7 ص 26 شريحة التدريس 2-7 ص 28 ربط الرياضيات مع الفيزياء الإثراء ص 24
	تقويم الفصل، ص 32 اختبار قصير 3-7، ص 21 شريحة التدريس 3-7 ص 30 ربط الرياضيات مع الفيزياء دليل التجارب العملية، ص 55

مصادر التقويم

الملف الخاص بمصادر الفصول 12-7، الفصل 7

تقويم الفصل 7 ص 32

اختبارات الفيزياء التحضيرية

التقنية | الموقع الإلكتروني

Obeikaneducation.com

الاهتزازات والموجات

نظرة عامة إلى الفصل

يقدم هذا الفصل مفهوم الحركة الدورية، وطبيعة الموجات الميكانيكية وخصائصها، كما يناقش أنواعاً متعددة من السلوك الموجي كالانعكاس والانكسار والتداخل.

فكر

تُطرح عادة ظاهرة الاهتزاز الذاتي الناتج عن الديناميكا الهوائية كمثال على الرنين الميكانيكي القسري وذلك لأهميتها. ولزيد من التفاصيل حول الرنين وهذه الأنواع من الموجات ارجع إلى الصفحتين 14، و15.

المفردات الرئيسية

- الحركة الدورية
- الحركة التوافقية
- البسيطة
- الزمن الدوري
- سعة الاهتزازة
- قانون هوك
- البندول البسيط
- الرنين
- الموجة
- نبضة موجية
- الموجة الدورية
- الموجة المستعرضة
- الموجة الطولية
- الموجة السطحية
- القاع
- القمة
- الطول الموجي
- التردد
- الموجة الساقطة
- الموجة المنعكسة
- مبدأ التراكب
- التداخل
- العقدة
- بطن الموجة
- الموجة الموقوفة (المستقرة)
- مقدمة الموجة
- الشعاع
- العمود المقام
- قانون الانعكاس
- الانكسار

ما الذي سنتعلمه في هذا الفصل؟

- التوصل إلى خصائص الحركة الاهتزازية وربطها بالموجات.
- تعرّف كيف تنقل الموجات الطاقة.
- وصف سلوك الموجات ومعرفة أهميتها العملية.

الأهمية

إن معرفة سلوك الموجات والاهتزازات ضروري جداً لفهم ظاهرة الرنين، وكيفية بناء الجسور والأبنية الآمنة، وللمعرفة كيف تتم الاتصالات من خلال المذياع والتلفاز أيضاً.

"جسر جالوبنج جيتي Galloping Gertie" بعد فترة قصيرة من افتتاح جسر مضيق تاكوما (قريباً من تاكوما في واشنطن) أمام حركة المركبات بدأ هذا الجسر في الاهتزاز عند هبوب الرياح. وكانت الاهتزازات شديدة في أحد الأيام، فتحطم الجسر، وانهار في الماء.

فكر

كيف يمكن للرياح الخفيفة أن تؤدي إلى اهتزاز الجسر بموجات كبيرة تؤدي إلى انهياره في النهاية؟

القياس عبر المواقع الإلكترونية
www.obeikaneducation.com

تجربة استهلاكية

الهدف استقصاء حركة النبضات في نابض حلزوني.

المواد والأدوات نابض حلزوني.

استراتيجيات التدريس

- اطلب إلى الطلاب شدّ النابض على الأرض بالتعاون مع بعضهم بعضاً.
- ذكّر الطلاب ألا يُفلتوا النابض المشدودة بسرعة؛ لأنها قد تتشابك، وقد تسبّب إصابات.

النتائج المتوقعة يتولّد عند تنفيذ كل من الخطوات 1 و 2 نبضة مستعرضة تنعكس عند الطرف المقابل. أما عند تنفيذ الخطوة 3 فتتولد موجة ضغط تبدو أنها تنتقل بسرعة أكبر من النبضة المستعرضة، كما أنها تنعكس. وعند تنفيذ الخطوة 4 تتولد نبضة دورانية تنعكس أيضاً.

7-1 الحركة الدورية

1. التركيز

نشاط

الحركات الاهتزازية (الدورية) اطلب إلى الطلاب مراقبة أنواع مختلفة من الحركة الاهتزازية، مثل تأرجح مجموعة من البندولات، وطرق شوكة رنانة، وإفلات نابض مشدود، ومسطرة فلزية أو مسطرة مترية مثبتة على حافة سطح طاولة، ثم تحريك طرف المسطرة الحر إلى أعلى وإلى أسفل. ساعد الطلاب على تكوين أسئلة ومناقشتها، مثل: ما الشيء الضروري لبدء الحركة؟ وما الذي يعمل على استمرار الحركة؟ وما الذي يحدث للحركة في نهاية الأمر؟ وهل الحركة منتظمة بالنسبة للإزاحة و/أو الزمن؟ **14 بصري-مكاني**

الربط مع المعرفة السابقة

x, v, a ، و T يستعمل الطلاب مفاهيم الإزاحة، والسرعة المتجهة، والتسارع، والزمن الدوري - التي عرفها الطلاب سابقاً - لتحليل الحركة التوافقية البسيطة.

7-1 الحركة الدورية Periodic Motion

الأهداف

- تصف القوة في نابض مرن.
- تحدد الطاقة المخزنة في نابض مرن.
- تقارن بين الحركة التوافقية البسيطة وحركة بندول.

المفردات

الحركة الاهتزازية (الدورية)	الزمن الدوري
الحركة التوافقية البسيطة	قانون هوك
سعة الاهتزاز	الزمن
البندول البسيط	

لعلك شاهدت بندول ساعة يتأرجح ذهاباً وإياباً، ولاحظت أن كل تأرجح يتبع المسار نفسه، وتحتاج كل رحلة ذهاب وإياب إلى المقدار نفسه من الزمن. تعتبر هذه الحركة مثالاً على الحركة الاهتزازية. ومن الأمثلة الأخرى على ذلك تذبذب جسم فلزي مثبت بنابض إلى أعلى وإلى أسفل. هذه الحركات التي تتكرر في دورة منتظمة أمثلة على الحركة الاهتزازية (الدورية).

ويكون للجسم في تلك الأمثلة كلها موضع واحد، تكون عنده القوة المحصلة المؤثرة في الجسم تساوي صفراً، ويكون الجسم في ذلك الموضع في حالة اتزان. وعند سحب الجسم بعيداً عن موضع اتزانه تصبح القوة المحصلة المؤثرة في النظام لا تساوي صفراً، وتعمل هذه القوة المحصلة على إعادة الجسم في اتجاه موضع الاتزان. وإذا كانت القوة التي تعيد الجسم إلى موضع اتزانه تتناسب طردياً مع إزاحة الجسم فإن الحركة الناتجة تسمى حركة توافقية بسيطة.

هناك كميّتان تصفان الحركة التوافقية البسيطة، هما: الزمن الدوري T ؛ وهو الزمن الذي يحتاج إليه الجسم ليكمل دورة كاملة من الحركة ذهاباً وإياباً، وسعة الاهتزاز A ؛ وهي أقصى مسافة يتحركها الجسم مبتعداً عن موضع الاتزان.

تجربة استهلاكية

كيف تنتقل الموجات في نابض؟

سؤال التجربة كيف تنتقل النبضات التي ترسل عبر نابض عندما يكون طرفه الآخر ثابتاً؟

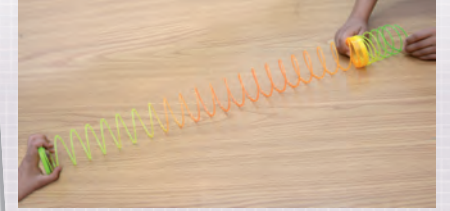
الخطوات

1. شدّ نابضاً لولبياً دون مبالغة في ذلك، ثم اطلب إلى أحد زملائك تثبيت أحد طرفي النابض، بينما يحرك زميل آخر الطرف الحر للنابض جانبياً ليولّد نبضات فيه. راقب النبضات خلال انتقالها في النابض إلى أن تصل الطرف المثبت، وسجل ملاحظاتك.
2. كرّر الخطوة 1، بتوليد نبضات أكبر، وسجل ملاحظاتك.
3. ولّد نبضات مختلفة في النابض بشدة بالقرب من أحد طرفيه، ثم اتركه حرّاً، وسجل ملاحظاتك.
4. ولّد نوعاً ثالثاً من النبضات عن طريقيّ (لف) (أحد طرفي النابض، ثم تركه، وسجل ملاحظاتك).

التحليل

ماذا يحدث للنبضات في أثناء انتقالها خلال النابض؟ وماذا يحدث عندما ضربت النبضات الطرف الثابت من النابض؟ وكيف كانت النبضة المتولدة في الخطوة 1 مقارنة بالنبضة المتولدة في الخطوة 2؟

التفكير الناقد اذكر بعض الخصائص التي تبدو أنها تتحكم في حركة النبضة خلال النابض.



النبضة في الخطوة 1 أقل منه في الخطوة 2، ويظهر أنها تتحركان بالسرعة نفسها. **التفكير الناقد** اطلب إلى الطلاب مناقشة بعض الخصائص، مثل شد النابض واحتكاكه الحركي بالأرض. سيؤدي الاحتكاك إلى تخامد (اضمحلال) النبضات، ولكنه لن يؤثر في الخصائص الموجية الأخرى.

التحليل تحتفظ النبضتان في الخطوتين 1 و 2 بأشكالهما إلا أن اتساعهما يقل. وتظهر النبضات جميعها أنها تنتقل بسرعة ثابتة، كما تنعكس كل نبضة. وتنقلب النبضة المنعكسة في الخطوتين 1 و 2. في الخطوة 4 تنعكس النبضة التي في اتجاه حركة عقارب الساعة في اتجاه معاكس لاتجاه حركة عقارب الساعة، وتنعكس أيضاً النبضة التي في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة لتصبح في اتجاه حركة عقارب الساعة. كما أن اتساع

2. التدريس

تعزيز الفهم

العلاقة البيانية $F-x$ ذكر الطلاب أن المساحة المحصورة تحت منحني الرسم البياني بين القوة والإزاحة تمثل الشغل. وقانون مساحة المثلث هو: $A = \frac{1}{2}lh$ ، ولذلك فإن:

$$W = \frac{1}{2} x_1 F_1 = \frac{1}{2} x_1 kx_1$$

$$W = \frac{1}{2} kx_1^2$$

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

القوة المتغيرة ربما يظن بعض الطلاب أن القوة الابتدائية المؤثرة في جسم عند سحبه بوساطة نابض مشدود تبقى ثابتة في المقدار والاتجاه. وضح للطلاب أنه إذا كان الأمر كذلك فإن الجسم سيكون خاضعاً لتأثير قوة محصلة ثابتة، ومن ثم يكون له تسارع ثابت؛ لذا فإنه لن يتباطأ، ولن يغير اتجاه حركته. ووضح لهم أيضاً أن الشكل 7-2 يبين كيف تتناقص القوة F إلى الصفر في أثناء عودة النابض إلى موضع اتزانها ($x=0$)، ووضح لهم كيف تغير القوة F اتجاهها عندما تبدأ لفات النابض بالانضغاط.

المناقشة

سؤال ماذا تعني الإشارة السالبة في قانون هوك؟
الإجابة الإشارة السالبة تعني أن قوة الإرجاع تكون في اتجاه معاكس للإزاحة (إستطالة النابض).

The Mass on a Spring الكتلة المعلقة بنابض

كيف يتفاعل النابض مع القوة المؤثرة فيه؟ يبين الشكل 7-1a دعامة معلقاً بها نابض دون تعليق أي شيء في نهايته. والنابض في هذا الموضع لا يستطيل؛ لأنه لا يوجد قوة خارجية تؤثر فيه. أما الشكل 7-1b فيبين النابض نفسه معلقاً في نهايته جسم وزنه mg ، وقد استطال النابض مسافة x ؛ بحيث تُوازن قوة النابض المؤثرة إلى أعلى قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة إلى أسفل. وبين الشكل 7-1c النابض نفسه مستطالاً مسافة مقدارها $2x$ ؛ وذلك عند تعليق ضعف الوزن السابق $2mg$ في نهايته. وهذا يتفق مع قانون هوك الذي ينص على أن القوة التي يؤثر بها نابض تتناسب طردياً مع مقدار استطالته، والنوابض التي تنطبق عليها هذه الحالة تسمى نوابض مرنة وتحقق قانون هوك، المعبر عنه بالعلاقة الآتية:

$$F = -kx \quad \text{قانون هوك}$$

القوة التي يؤثر بها نابض تساوي حاصل ضرب ثابت النابض في الإزاحة التي يستطيلها أو ينضغطها النابض عن موضع اتزانها.

في هذه المعادلة تمثل k ثابت النابض الذي يعتمد على صلابة النابض وخصائص أخرى له، وتمثل x الإزاحة التي يستطيلها أو ينضغطها النابض عن موضع اتزانها.

طاقة الوضع عندما تؤثر قوة ما لاستطالة نابض، مثل تعليق جسم في نهايته، فسيكون هناك علاقة طردية خطية بين القوة المؤثرة واستطالة النابض، كما يوضح الشكل 7-2، حيث يمثل ميل الخط البياني ثابت النابض، مقاساً بوحدة N/m . وتمثل المساحة تحت المنحني الشغل المبذول لاستطالة النابض، وهي تساوي طاقة الوضع المرورية المخزنة فيه نتيجة لهذا الشغل. وتمثل قاعدة المثلث المسافة x ، أما ارتفاع المثلث فيمثل مقدار القوة التي تساوي kx وفق قانون هوك؛ لذا يُعبر عن طاقة الوضع المرورية المخزنة في النابض بالمعادلة الآتية:

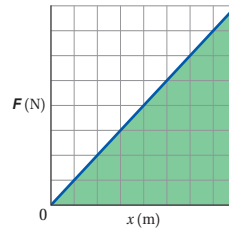
$$PE_{sp} = \frac{1}{2} kx^2 \quad \text{طاقة الوضع المرورية في نابض}$$

طاقة الوضع المرورية في نابض تساوي نصف حاصل ضرب ثابت النابض في مربع إزاحته.

وستكون وحدة طاقة الوضع "N.m" أو جول J.

كيف تعتمد القوة المحصلة على الموضع؟ عند تعليق جسم بنهاية نابض يستطيل النابض حتى تُوازن القوة الرأسية إلى أعلى F_{sp} وزن الجسم F_g كما في الشكل 7-3a، وسيكون الجسم عندئذ في موضع اتزانها. وإذا سحبت الجسم المعلق إلى أسفل كما في الشكل 7-3b تزداد قوة النابض، منتجةً قوة محصلة إلى أعلى تساوي قوة السحب عن طريق يدك، إضافة إلى وزن الجسم. وعندما تترك الجسم حراً فإنه يتسارع إلى أعلى كما في الشكل 7-3c. وعند حركة الجسم، إلى أعلى تتناقص استطالة النابض؛ لذا تتناقص القوة المتجهة إلى أعلى.

الشكل 7-2 يمكن تحديد ثابت النابض من العلاقة البيانية بين القوة المؤثرة وإزاحة النابض.



7-1 إدارة المصادر

اختبار قصير 7-1، ص 19
ربط الرياضيات مع الفيزياء

الملف الخاص بمصادر الفصول 7-12
تقويم الفصل 7، ص 32
ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 8

■ استخدام الشكل 7-3

كون الجدول الآتي الخاص بالشكل 7-3a، وحدد عناوين الأعمدة:

a	F نابض		F محصلة	
	أعلى/أسفل	F نابض	أعلى/أسفل	F محصلة
a	↑	F _g = F _{نابض}	لا يوجد	0

اطلب إلى الطلاب إكمال الجدول الخاص بالجسم كما هو موضح في الأشكال 7b-7e.

b, c	↑	F _{نابض} > F _g	↑	F _{نابض} - F _g
d	↑	F _{نابض} = F _g		0
e	↓	F _{نابض} < F _g	↓	F _{نابض} + F _g
f	↑	F _{نابض} = F _g		0

2م منطقي - رياضي

مثال صفي

سؤال يجلس راكب دراجة هوائية وزنه 560 N على مقعد دراجته بحيث يضغط على النابضين الداعمين للمقعد. إذا علمت أن ثابت كل نابض يساوي 2.2 × 10⁴ N/m، فاحسب:

a. المسافة التي ينضغطها.

b. الزيادة في طاقة الوضع المرونية لكل نابض (PE) والناجمة عن هذا الانضغاط.

الجواب

a.

$$F = kx$$

$$x = \frac{F}{k} = \frac{\frac{1}{2}F_w}{k}$$

$$x = \frac{\frac{1}{2}(560 \text{ N})}{2.2 \times 10^4 \text{ N/m}}$$

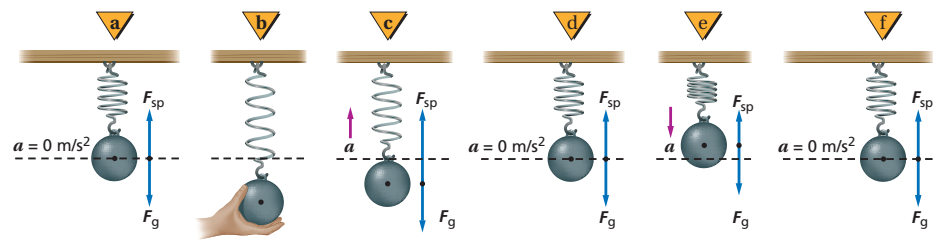
$$= 1.3 \times 10^{-2} \text{ m}$$

b.

$$PE_{\text{نابض}} = \frac{1}{2} kx^2$$

$$= \frac{1}{2} (2.2 \times 10^4 \text{ N/m}) (1.3 \times 10^{-2} \text{ m})^2$$

$$= 1.9 \text{ J}$$



وفي الشكل 7-3d تتساوى قوة النابض إلى أعلى مع وزن الجسم، وتصبح القوة المحصلة صفرًا، فلا يتسارع النظام، ويستمر الجسم في حركته إلى أعلى فوق موضع الاتزان. وفي الشكل 7-3e تكون القوة المحصلة معاكسة لاتجاه إزاحة الجسم، وتتناسب طرديًا معها؛ لذا يتحرك الجسم حركة توافقية بسيطة، ويعود إلى موضع اتزانه كما في الشكل 7-3f.

مثال 1

ثابت النابض والطاقة المختزنة فيه استطال نابض مسافة 18 cm عندما علّقَ بنهايته كيس بطاطس وزنه 56 N، احسب مقدار:

a. ثابت النابض.

b. طاقة الوضع المرونية المختزنة في النابض والناجمة عن هذه الاستطالة.

1 تحليل المسألة ورسمها

- مثل الوضع
- بين المسافة التي استطالها النابض وموضع اتزانه، وحددتهما.

المعلوم

$$k = ? \quad x = 18 \text{ cm}$$

$$PE_{sp} = ? \quad F = 56 \text{ N}$$

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. استخدم $F = -kx$ ، ثم أوجد قيمة k

يمكن حذف إشارة السالب؛ لأنها تعني أن القوة قوة إرجاع فقط.

$$F = 56 \text{ N}, x = 0.18 \text{ m}$$

b.

$$k = 310 \text{ N/m}, x = 0.18 \text{ m}$$

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ N/m هي الوحدة الصحيحة لثابت النابض. والوحدة الصحيحة للطاقة هي (N/m)(m²) = N.m = J
- هل الجواب منطقي؟ ثابت النابض متناسق مع القيم المستخدمة في ميزان البقالة مثلاً. الطاقة 5.0 J تساوي القيمة التي نحصل عليها من $W = Fx = mgh$ ، عندما يكون متوسط القوة المؤثرة 28 N.

تحفيز

نشاط

محصلة F في الشكل 7-3b إذا كان الطول الأصلي للنابض الموضح في الشكل 7-3 يساوي x_0 ، وفي الشكل 7-3a يساوي x_1 ، أما في الشكل 7-3b فيساوي x_2 . اطلب إلى الطلاب أن يثبتوا أن مقدار القوة المحصلة المؤثرة في الجسم لحظة تركه في الشكل 7-3b تساوي:

$$F_{\text{محصلة}} = mg \left(\frac{x_2 - x_1}{x_1 - x_0} \right)$$

في الشكل 7-3a: $F_{\text{محصلة}} = 0$ ؛ لذا فإن $F_{\text{نابض}} = F_g$ ، وبالتالي فإن

$$k(x_1 - x_0) = mg; k = mg \left(\frac{1}{x_1 - x_0} \right)$$

وفي الشكل 7-3b: $F_{\text{محصلة}} = F_{\text{نابض}} - F_g$

$$F_{\text{محصلة}} = mg \left(\frac{1}{x_1 - x_0} \right) (x_2 - x_0) - mg = mg \left(\frac{x_2 - x_0 - (x_1 - x_0)}{x_1 - x_0} \right) = mg \left(\frac{x_2 - x_1}{x_1 - x_0} \right)$$

3م منطقي - رياضي

1. ما مقدار استطالة نابض عند تعليق جسم وزنه 18 N في نهايته إذا كان ثابت النابض له يساوي 56 N/m؟
2. ما مقدار طاقة الوضع المرونية المخزنة في نابض عند ضغطه مسافة 16.5 cm، إذا كان ثابت النابض له يساوي 144 N/m؟
3. ما المسافة التي يستطيلها نابض حتى يخزن طاقة وضع مرونية مقدارها 48 J، إذا كان ثابت النابض له يساوي 256 N/m؟

عندما تُحرر القوة الخارجية الجسم الذي كانت تُمسكه، كما في الشكل 3c-7 تكون القوة المحصلة المؤثرة في الجسم والتسارع أكبر ما يمكن، أما السرعة المتجهة فتساوي صفراً. وعندما يمر الجسم بنقطة الاتزان - كما في الشكل 3d-7 - تصبح القوة المحصلة المؤثرة فيه صفراً، وكذلك التسارع. فهل يتوقف الجسم؟ لا؛ لأن الجسم يحتاج إلى أن تؤثر فيه قوة محصلة إلى أسفل لإبطاء حركته، وهذا لن يحدث ما لم يرتفع الجسم فوق موضع الاتزان. وعندما يصل الجسم إلى أعلى نقطة في اهتازته تعود القوة المحصلة والتسارع إلى قيمتهما العظميين، وتصبح السرعة المتجهة صفراً، فيتحرك الجسم إلى أسفل ماراً بموضع الاتزان إلى نقطة البداية، ويستمر في الحركة بهذه الطريقة الاهتزازية. ويعتمد الزمن الدوري للاهتزاز T على مقدار كل من كتلة الجسم ومرونة النابض.

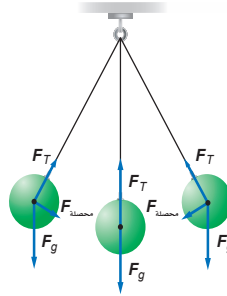
البندول البسيط Simple Pendulums

يمكن توضيح الحركة التوافقية البسيطة أيضاً من خلال حركة تأرجح البندول. حيث يتكون البندول البسيط من جسم صلب كثافته عالية يُسمى ثقل البندول، معلق بخيط طوله l . وعند سحب ثقل البندول جانباً وتركه فإنه يتأرجح جيئة وذهاباً، كما في الشكل 4-7، حيث يؤثر الخيط بقوة شد F_T في ثقل البندول وتؤثر الجاذبية الأرضية أيضاً في الثقل بقوة F_g ، والجمع الاتجاهي لهاتين القوتين يمثل القوة المحصلة، وقد تم تمثيلها في ثلاثة مواضع مختلفة في الشكل 4-7. ففي الموضعين الأيمن والأيسر في الشكل 4-7 تكون القوة المحصلة المؤثرة في ثقل البندول وتسارعه أكبر ما يمكن، بينما سرعته المتجهة صفراً. وفي الموضع الوسط (الاتزان) في الشكل نفسه تكون القوة المحصلة والتسارع صفراً، بينما السرعة المتجهة أكبر ما يمكن. يمكنك أن تلاحظ أن القوة المحصلة هي قوة إرجاع؛ حيث تكون دائماً معاكسة لاتجاه إزاحة ثقل البندول، وتعمل على إرجاع الثقل إلى موضع اتزانه. وعندما تكون زاوية انحراف الخيط صغيرة (أقل من 15° تقريباً)، فإن قوة الإرجاع تتناسب طردياً مع الإزاحة، ويطلق على هذه الحركة حينئذٍ حركة توافقية بسيطة. وبحسب الزمن الدوري للبندول باستخدام المعادلة التالية:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

الزمن الدوري للبندول $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ يساوي 2π مضروبة في الجذر التربيعي لحاصل قسمة طول خيط البندول على تسارع الجاذبية الأرضية.

الشكل 4-7 محصلة F ، المجموع المتجه لـ F_T و F_g ، هي القوة العائدة (الإرجاع) في البندول.

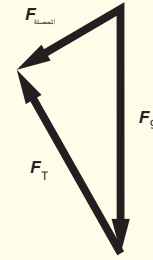


مسائل تدريبية

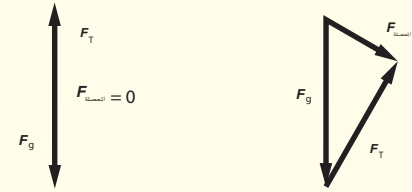
1. 0.32 m
2. 1.96 J
3. 0.61 m

تطوير المفهوم

فائدة اتجاه القوة وضح للطلاب أن $F_{\text{محصلة}} = F_T + F_g$ ، كما هو موضح في الشكل 4-7، وذلك برسم مخطط الجسم الحر للبندول عند موضعه في الجهة اليمنى.



اطلب إلى الطلاب رسم مخطط الجسم الحر عند موضعه في الجهة اليسرى، وعند موضع التوازن (الوسط).



2م بصري - مكاني

التفكير الناقد

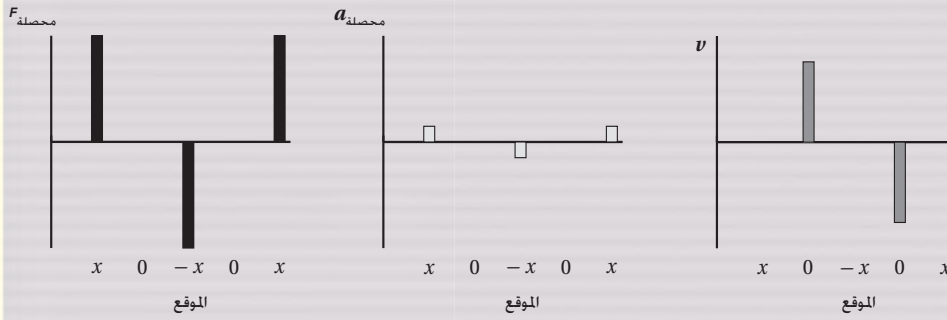
الزمن الدوري للبندول البسيط اطلب إلى الطلاب أن ينظروا إلى الشكل 4-7 وأن يفكروا في العوامل التي تعتمد عليها قوة الإرجاع محصلة F في البندول البسيط، ثم اطلب إليهم أن يفسروا لماذا لا يعتمد الزمن الدوري للبندول على كتلة كرة البندول المعلقة. تعتمد قوة الإرجاع على mg ، وحيث إن $F_{\text{محصلة}} = mg$ ، وبالتعويض عن محصلة F بـ mg فإن $a_{\text{محصلة}}$ لا تعتمد على الكتلة. لأن الحركة توصف بـ $a_{\text{محصلة}}$ وتحت هذا الشرط فإن الزمن الدوري للبندول لا يعتمد على الكتلة.

2م بصري - مكاني

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

نشاط

حركة البندول مثل كلاً من $F_{\text{محصلة}}$ ، a ، v حركة بندول بواسطة الرسوم التوضيحية التالية: 1م بصري - مكاني



لاحظ أن الزمن الدوري للبندول البسيط يعتمد فقط على طول خيط البندول وتسارع الجاذبية الأرضية، ولا يعتمد على كتلة ثقل البندول أو سعة الاهتزازة. ومن التطبيقات على البندول استخدامه في حساب g التي تتغير قليلاً من موقع إلى آخر على سطح الأرض.

مثال صفي

سؤال ما الزمن الدوري لبندول طوله 0.25 m؟

الجواب 1.0 s

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{0.25 \text{ m}}{9.80 \text{ m/s}^2}} = 1.0 \text{ s}$$

مسائل تدريبية

4. 0.16 m

5. 9.1 m/s²

تطبيق الفيزياء

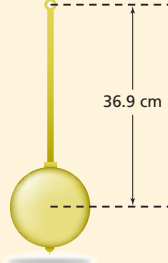
رُكِّبَت مجموعة من بندولات فوكو في أماكن متعددة في بعض الدول العربية والأجنبية. هل تتأرجح هذه البندولات دون توقف؟ قد يتوقف تأرجح بندول فوكو خلال بضع ساعات بسبب احتكاك سلك البندول بالتيارات الهوائية، واهتزازات السلك، بالإضافة إلى عوامل أخرى. ويجب تعويض الطاقة التي يفقدها البندول خلال كل اهتزازة؛ لتجنب تخامد حركة البندول، وللحفاظ على استمرار اهتزازه. لذلك يتم تركيب طوق من الحديد على السلك ثم يحاط بمغناطيس كهربائي حلقي الشكل؛ للتقليل من آثار المقاومة. وهناك جهاز إلكتروني يعمل على تشغيل المغناطيس الكهربائي عندما يتأرجح ثقل البندول مبتعداً، أما عندما يتأرجح الثقل عائداً في الاتجاه المعاكس فيعمل الجهاز الإلكتروني على إيقاف تشغيل المغناطيس الكهربائي. وتحافظ هذه العملية على استمرار تأرجح ثقل البندول، دون أن تؤثر في اتجاه التأرجح.

مثال 2

استخدام البندول لحساب g إذا كان الزمن الدوري لبندول طوله 36.9 cm يساوي 1.22 s، فما مقدار تسارع الجاذبية الأرضية g عند موقع البندول؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- مثل الوضع
- وضح طول البندول على الرسم.
- المعلوم** $l = 36.9 \text{ cm}$
- المجهول** $g = ?$
- $T = 1.22 \text{ s}$



دليل الرياضيات

فصل المتغير 199

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \\ g = \frac{(2\pi)^2 l}{T^2} \\ = \frac{4\pi^2 (0.369 \text{ m})}{(1.22 \text{ s})^2} = 9.78 \text{ m/s}^2$$

2 إيجاد الكمية المجهولة

حل المعادلة لحساب g .

عوض مستخدماً $T = 1.22 \text{ s}$, $l = 0.369 \text{ m}$

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ m/s^2 هي الوحدة الصحيحة للتسارع.
- هل الجواب منطقي؟ قيمة g المحسوبة كانت قريبة جداً من القيمة المعيارية 9.80 m/s^2 ، وبالتالي يكون البندول في منطقة أعلى من مستوى سطح البحر.

مسائل تدريبية

4. ما طول بندول موجود على سطح القمر حيث $g = 1.6 \text{ m/s}^2$ حتى يكون الزمن الدوري له 2.0 s؟
5. إذا كان الزمن الدوري لبندول طوله 0.75 m يساوي 1.8 s على سطح أحد الكواكب، فما مقدار g على هذا الكوكب؟

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

الاهتزازات بزوايا صغيرة القوة المحصلة المؤثرة في ثقل البندول والتي تعيده إلى موضع اتزانته في الشكل (4-7) تساوي $-mg \sin \theta$ ، حيث تمثل θ الزاوية المحصورة بين خيط البندول والرأسي. وتعد هذه المعادلة صحيحة بالنسبة لحركة بندول ضمن المدى $0 < \theta \leq 90^\circ$ ، ولا تعد كل حركة للبندول حركة توافقية بسيطة. فعند حركة البندول بزوايا أقل من 15° فإن $\sin \theta \approx \theta$ عندما تكون θ مقاسة بالتقدير الدائري، وتكون الإزاحة الأفقية للثقل $s = \theta l$ ، ولذا فإن $s = -\left(\frac{mg}{l}\right)s$ متصلة. وتلاحظ أنه في حالة الحركة بزوايا صغيرة فإن قوة الإرجاع تتناسب طردياً مع الإزاحة، وهذا هو المطلوب للحصول على حركة توافقية بسيطة.

مسألة تحفيز

1. يشير مبدأ حفظ الطاقة إلى أن طاقة وضع الجاذبية للسيارة عند أعلى التل تساوي طاقة الوضع المرونية في النابض عندما يتسبب النابض في توقف السيارة. وبمساواة معادلتَي هاتين الطاقتين وحلّهما بالنسبة للمتغير x :

$$PE_g = PE_{\text{نابض}}$$

$$mgh = \frac{1}{2} kx^2$$
وينتج أن

$$x = \sqrt{\frac{2mgh}{k}}$$
2. ستزداد قيمة x بمقدار $\sqrt{2}$
3. في حالة النابض المثالي سيدفع النابض السيارة إلى أعلى التل.

3. التقويم

التحقق من الفهم

موضع الاتزان أسأل الطلاب ما القوة المحصلة المؤثرة في جسم في أثناء حركته التوافقية البسيطة، وما مقدار تسارعه وسرعته لحظة مروره بموضع اتزانه؟ $0 = \text{محصلة } F, a=0, v=v_{\text{عظمى}}$ **2م**

التوسّع

حركة البندول ركب بندولاً طوله 1.0 m ودعه يتحرك. ثم اطلب إلى الطلاب رسم مسار ثقل البندول باستخدام ورقة وقلم رصاص، بحيث يتحرك القلم إلى الأمام والخلف بالتوافق مع حركة ثقل البندول. بعد ذلك اطلب إليهم تكرار النشاط، على أن يبقوا في هذه المرة اليد التي ترسم ثابتة في مكانها ويحركوا الورقة باليد الأخرى بسرعة ثابتة، وبصورة متعامدة مع اتجاه حركة قلم الرصاص. ثم اطلب إليهم مناقشة مخططاتهم وتوضيح أنها تمثل الرسم البياني لتغير السعة مع الزمن. ثم اسأل الطلاب: ما الذي يمثل الزمن الدوري للبندول على الرسم البياني؟ **المسافة بين نقطتين متتاليتين لها السعة نفسها واتجاه الحركة نفسه.** **3م حركي**

مسألة تحفيز

- سيارة كتلتها m (kg) تستقر على قمة تل ارتفاعه h (m) قبل أن تهبط على طريق عديم الاحتكاك في اتجاه حاجز تصادم عند أسفل التل. فإذا احتوى حاجز التصادم على نابض مقدار ثابته يساوي k (N/m) مصمّم على أن يوقف السيارة بأقل الأضرار.
1. بيّن أقصى مسافة x ينضغطها النابض عندما تصطدم به السيارة بدلالة m و h و g .
 2. كم ينضغط النابض إذا هبطت السيارة من قمة تل ارتفاعه ضعف ارتفاع التل السابق؟
 3. ماذا يحدث بعد أن تتوقف السيارة؟

تطبيق الفيزياء

بندول فوكو

Foucault Pendulum

يتكون بندول فوكو من سلك طوله 16 m معلق بتهايته كتلة كبيرة مقدارها 109 kg. ووفق القانون الأول لنيوتن في الحركة يستمر البندول المتأرجح في الحركة في الاتجاه نفسه ما لم يُسحب أو يُدفع في اتجاه آخر. وبما أن الأرض تدور تحت البندول كل 24 ساعة، فإن اتجاه ذبذبة البندول يظهر متغيراً بالنسبة للمشاهد. ولبيان ذلك قم بما يلي: رتب أوتاداً خشبية في دائرة على الأرض تحت البندول المتأرجح على أن يضربها ثقل البندول ويوقعها مع دوران الأرض. ويدور البندول عند القطب الشمالي ظاهرياً بمعدل $15^\circ/h$.

الرنين Resonance

لكي تجعل أرجوحة تتأرجح وأنت جالس عليها قم بدفعها بالانحناء إلى الخلف وسحب الحبل (أو السلسلة) من النقطة نفسها في كل شوط، أو أن يدفعك زميلك دفعات متكررة في اللحظات المناسبة. ويحدث الرنين عندما تؤثر قوى صغيرة في جسم متذبذب أو مهتز في فترات زمنية منتظمة، بحيث تؤدي إلى زيادة سعة الاهتزازة أو الذبذبة، وتكون الفترة الزمنية الفاصلة بين تطبيق القوة على الجسم المهتز مساوية للزمن الدوري للذبذبة. ومن الأمثلة الشائعة على الرنين أرجوحة السيارة إلى الأمام والخلف من أجل تحرير عجلاتها من الرمل عندما تنغمر فيه، والقفز المتواتر عن لوح القفز أو الغوص. وقد ينتج عن السعة الكبيرة الناتجة عن الرنين شعور بالإجهاد.

ويعد الرنين شكلاً مميزاً للحركة التوافقية البسيطة؛ حيث تؤدي زيادات بسيطة في مقدار القوة في أزمنة محددة في أثناء حركة الجسم إلى زيادة أكبر في الإزاحة. فالرنين الناتج عن حركة الرياح مثلاً بتوافقها مع تصميم دعائم الجسر قد يكون السبب وراء انهيار جسر مضيق تاكوما.

7-1 مراجعة

6. **قانون هوك** علّقت أجسام مختلفة الوزن بنهاية شريط مطاطي مثبت بخطاف، ثم رسمت العلاقة البيانية بين وزن الأجسام المختلفة واستطالة الشريط المطاطي. كيف تستطيع الحكم - اعتماداً على الرسم البياني - ما إذا كان الشريط المطاطي يحقق قانون هوك أم لا؟
7. **البندول** ما مقدار التغير اللازم في طول بندول حتى يتضاعف زمنه الدوري إلى الضعف؟ وما مقدار التغير اللازم في طوله حتى يقل زمنه الدوري إلى نصف زمنه الدوري الأصلي؟
8. **طاقة النابض** ما الفرق بين الطاقة المخزنة في نابض استطال 0.40 m والطاقة المخزنة في النابض نفسه عندما يستطيل 0.20 m؟
9. **الرنين** إذا كانت عجلات سيارة غير متوازنة فسوف تهتز السيارة بقوة عند سرعة محدّدة، ولا يحدث ذلك عند سرعات أقل أو أكبر من هذه السرعة. فسّر ذلك.
10. **التفكير الناقد** ما أوجه الشبه بين الحركة الدائرية المنتظمة والحركة التوافقية البسيطة؟ وما أوجه الاختلاف بينهما؟

7-1 مراجعة

6. إذا كانت العلاقة البيانية خطية، فإن الشريط المطاطي يحقق قانون هوك، أما إذا كانت العلاقة البيانية على شكل منحني فإنه لا يحقق قانون هوك.
7. لمضاعفة الزمن الدوري للبندول ضاعف طوله أربع مرات، ولتقليل زمنه الدوري إلى النصف اضرب طوله في $\frac{1}{4}$.
8. تكون الطاقة المخزنة أكبر أربع مرات عندما يستطيل النابض إلى 0.40 m.
9. عند تلك السرعة يقترب تردد دوران الإطار من التردد الطبيعي للسيارة؛ مما يؤدي إلى حدوث الرنين.
10. الحركتان دوريتان إلا أنه في الحركة الدائرية المنتظمة لا تتناسب القوة التي تُحدث التسارع مع الإزاحة. بالإضافة إلى أن الحركة التوافقية البسيطة تحدث في بعد واحد أما الحركة الدائرية المنتظمة فتحدث في بعدين.

7-2 خصائص الموجات

1. التركيز

نشاط

حركة الموجة

تحذير: على الطلاب جميعهم ارتداء نظارات واقية. قبل أن تبدأ الحصة علّق نابضاً حلزونياً بسقف الغرفة الصفية بشكل أفقي، وأربط خيطاً عند نهاية كل خمس لفات للنابض المشدود قليلاً، ثم علّق الطرف الآخر من كل خيط في السقف، وحتى تحافظ على الشد في النابض اربط كلاً من طرفي النابض في الجدار القريب منه بخيط.

علّق في بداية الحصة بالوناً صغيراً باللفة القريبة من وسط النابض. ثم حفّز الطلاب لإيجاد طريقة لتحريك البالون في اتجاه عمودي على طول النابض. **حرّك طرف النابض بسرعة إلى اليمين أو اليسار**، وبعد استعراض الطرائق التي اقترحها الطلاب، ابدأ بمناقشة موضوع الموجات المستعرضة. **2٢ بصري - مكاني**

الربط مع المعرفة السابقة

الحركة التوافقية البسيطة يوظّف الطلاب المفاهيم التي تعلّموها عن الحركة التوافقية البسيطة؛ مثل الزمن الدوري والسعة؛ ليصفوا النبضات والموجات.

2. التدريس

استخدام النماذج

"الموجة" اطلب إلى الطلاب تمثيل الموجات التي يؤديها جمهور المشجعين في الملاعب الرياضية الكبيرة، ثم أشر إلى أنهم يمثلون في هذه الحالة الموجات المستعرضة. **1٢ حركي**

الأهداف

- تحلّد كيف تنتقل الموجات الطاقة دون أن تنقل مادة الوسط.
- تميّز بين الموجات المستعرضة والموجات الطولية.
- تربط بين سرعة الموجة وطولها الموجي وترددها.

المفردات

- الموجة
- نبضة موجية
- الموجة الدورية
- الموجة المستعرضة
- الموجة الطولية
- الموجة السطحية
- القاع
- القمة
- الطول الموجي
- التردد

تحمّل كل من الجسيمات المادية والموجات طاقة، ولكن هناك اختلافاً مهماً بينهما في كيفية حمل الطاقة. إن الكرة جسيم مادي، فإذا قذفناها نحو زميلك فسوف تنتقل من يدك إلى يده حاملة معها طاقة. أما إذا أمسكت أنت وزميلك بطرفي حبل وهزّزت الطرف الذي تمسكه بسرعة، فسيبقى الحبل بيدك ولا تنتقل مادته إلى زميلك، ولكن الطاقة تنتقل في الحبل خلال الموجة التي أحدثتها. وتُعرّف الموجة بأنها اضطراب يحمل الطاقة خلال المادة أو الفراغ.

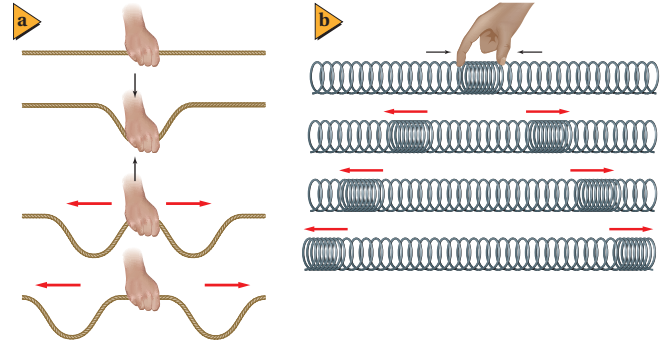
الموجات الميكانيكية Mechanical Waves

تُعد موجات الماء وموجات الصوت والموجات التي تنتقل خلال حبل أو نابض أشكالاً للموجات الميكانيكية. وتحتاج الموجات الميكانيكية إلى وسط ناقل مثل الماء أو الهواء أو الحبال أو النابض. ولأن كثيراً من الموجات الأخرى لا يمكن مشاهدتها مباشرة، لذا يمكن اعتبار الموجات الميكانيكية بمنزلة نموذج للموجات.

الموجات المستعرضة يبين الشكل 5a-7 اضطرابين يسميان نبضات موجية. والنبضة الموجية ضربة مفردة أو اضطراب ينتقل خلال الوسط. وإذا انتشرت الموجة إلى أعلى وإلى أسفل بالمعدل نفسه تتولّد موجة دورية. لاحظ الشكل 5a-7 حيث يتحرك الحبل رأسياً، في حين تنتقل النبضة أفقياً. وتُسمى الموجة التي لها هذا النمط من الحركة موجة مستعرضة، ويمكن تعريف الموجة المستعرضة بأنها الموجة التي تتذبذب عمودياً على اتجاه انتشار الموجة.

الموجات الطولية يمكنك توليد نبضة موجية في ملف نابض بالألعاب بطريقة مختلفة؛ فإذا ضمت عدة لفات من النابض بعضها إلى بعض بشكل متراسّ ثم تركتها فجأة فستتحرك نبضتان - تتكون كل منهما من لفات متقاربة معاً - في اتجاهين متعاكسين، كما في الشكل 5b-7، وتُسمى هذه الموجات الموجات الطولية، وهي اضطراب ينتقل في اتجاه حركة الموجة نفسه؛ أي موازياً لها. والموجات الصوتية مثال على ذلك.

الشكل 5-7 يولّد الاهتزاز السريع باتجاه عمودي على محور الحبل نبضات موجية مستعرضة في الاتجاهين (a). يولّد ضمّ لفات نابض بعضها إلى بعض ثم تركها نبضات موجية طولية في الاتجاهين (b).



7-2 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 7-12

اختبار قصير 2-7، ص 20

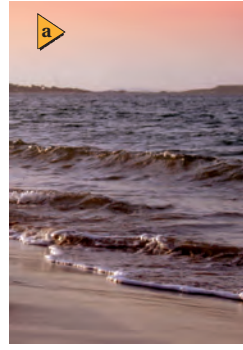
شريحة التدريس 1-7 ص 26

شريحة التدريس 2-7 ص 28

ربط الرياضيات مع الفيزياء

تقويم الفصل 7، ص 32

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 8



■ الشكل 6-7 للموجات السطحية
خصائص الموجات المستعرضة والموجات
الطولية (a). مسارات الجسيمات المفردة
دائرية (b).

الموجات السطحية الموجات في أعماق البحيرات والمحيطات موجات طولية، بينما تتحرك الجسيمات على سطح الماء في اتجاه مواز وعمودي على اتجاه حركة الموجة، كما في الشكل 6-7. وكل موجة من هذه الموجات هي موجة سطحية لها خصائص كل من الموجات المستعرضة والموجات الطولية. إن مصدر طاقة موجات الماء يأتي عادة من العواصف البعيدة التي بدورها استمدت طاقتها من تسخين الأرض بالطاقة الشمسية. وهذه الطاقة انتقلت بدورها من الشمس إلى الأرض بواسطة الموجات الكهرومغناطيسية المستعرضة.

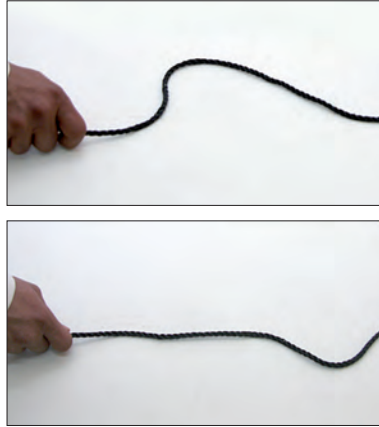
قياس الموجة Measuring a Wave

هناك طرائق عديدة لوصف الموجة أو قياسها؛ إذ تعتمد بعض خصائص الموجة على كيفية توليدها، في حين تعتمد خصائصها الأخرى على الوسط الذي تنتقل خلاله.

السرعة ما السرعة التي تتحرك بها الموجة؟ يمكن إيجاد سرعة انتقال النبضة - الموضحة في الشكل 7-7 - بالطريقة نفسها التي نحدد بها سرعة انتقال سيارة. قس أولاً إزاحة قمة الموجة Δd ، ثم اقسم الناتج على الفترة الزمنية Δt لتجد السرعة $v = \Delta d / \Delta t$. ويمكن إيجاد سرعة الموجة الدورية بالطريقة نفسها. وتعتمد سرعة الموجة في معظم الموجات الميكانيكية المستعرضة والطولية على الوسط الذي تنتقل خلاله فقط.

السعة كيف تختلف النبضة المتولدة عند هز الحبل برفق عن تلك النبضة الناتجة عن الهز العنيف له؟ يشبه الاختلاف بينها الفرق بين موجات حوض السباحة الخفيفة وموجات المحيط القوية، حيث تختلف سعات كل منها. وسعة الموجة هي الإزاحة القصوى للموجة عن موضع سكونها أو اتزانها. ويوضح الشكل 8-7 موجتين متشابهتين، لكنها تختلفان في السعة.

تعتمد سعة الموجة على كيفية توليدها، ولا تعتمد على سرعتها. ويجب أن يُبذل شغل أكبر لتوليد موجة سعتها كبيرة. فمثلاً، تولد الرياح القوية موجات ماء سعتها أكبر من سعة الموجات الناتجة عن النسيم اللطيفة. وتنقل الموجة ذات السعة الكبيرة طاقة أكبر؛ فالموجة ذات السعة القليلة تحرك الرمل ستمترات عدة على الشاطئ، أما الموجة ذات السعة الكبيرة فيمكنها اقتلاع الأشجار وتحريكها من مكان إلى آخر. وإذا تحركت الموجات بالسرعة نفسها فإن معدل نقلها للطاقة يتناسب طردياً مع مربع سعتها. لذا فمضاعفة سعة إحدى الموجات يضاعف الطاقة التي تنقلها أربع مرات في الثانية الواحدة.



■ الشكل 7-7 تم التقاط هاتين الصورتين بفارق زمني 0.20 s، وخلال هذه الفترة تحركت القمة مسافة 0.80 m فتكون السرعة المتجهة للموجة 4.0 m/s.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

السعة وسرعة النبضة أسأل الطلاب عما إذا كانت سعة الموجة تؤثر في سرعتها، واطلب إليهم أن يكتبوا فقرة تدعم فكرتهم. وبعد ذلك نفذ العرض السريع الآتي. **2م نفوي**

عرض سريع

السعة وسرعة النبضة

الزمن المقدر 10 دقائق

المواد والأدوات نابض، وساعات إيقاف. **الخطوات** نفذ العرض التالي في مدخل طويل. مد النابض وكلف أحد الطلاب تثبيت أحد طرفيه، ثم اطلب إلى طلاب آخرين استخدام ساعات إيقاف لقياس الزمن الذي يتطلبه انتقال نبضة ذات سعة قليلة، ثم نبضة أخرى ذات سعة كبيرة حتى تقطعا مسافة تعادل طول النابض. يستنتج الطلاب أن سرعتي النبضتين متماثلتان؛ لأن قياسات الزمن والإزاحة متماثلة.

مشروع فيزياء

نشاط

الموجة الكاملة (المثالية) اطلب إلى الطلاب إجراء بحث حول خصائص موجات المحيط، فيما يتعلق بسرعتها وسعاتها وأطوالها الموجية، وخصائصها الأخرى. ويمكن أن يتضمن البحث وصف تعاقب الموجات وتزايد نموها، وموجات المد والجزر، وتداخل الموجات، وسبب تكسر الموجات وكيفية ذلك، وأنواع الكواثر المختلفة، وكيف يحدد راكب الموجات المثالية. كذلك قد يهتم الطلاب بمعلومات مثل: ما الأدوات المستخدمة في قياس الموجات، وكيف تُقاس الموجة من قبل شخص ما موجود على ظهر سفينة، وما أكبر موجة تم تسجيلها. شجّع الطلاب على إنشاء رسوم بيانية لمقارنة وصف هذه المفاهيم. **2م نفوي**

التفكير الناقد

السعة والطاقة والوسط أسأل الطلاب هل الموجة ذات السعة القليلة المتولدة في نابض ثقيل الوزن تحمل طاقة أكبر من الموجة ذات السعة الكبيرة المتولدة في نابض خفيف الوزن؟ ولماذا؟ من الممكن ولكن ليس ذلك ضرورياً. فقد تتضمن العوامل التي تؤثر في طاقة الموجة وفي سعتها بعض هذه الخصائص، كما قد تتضمن القوة المؤثرة في النابض، ومقاومة النابض، ومرونة المادة. كما أن التأثير بالقوة نفسها في نابض مصنوعة من مواد مختلفة يؤدي إلى اختلاف ساعاتها؛ حيث تقل السعة كلما زادت كتلة النابض. أما إذا كانت سعات النابضين متساويتين فإنك تستنتج أن القوة التي أثرت في النابض الكبير أكبر من تلك التي أثرت في النابض الصغير؛ لأننا احتجنا إلى مزيد من الشغل للتغلب على قوى مقاومة النابض الأكبر.

3 م

عرض سريع

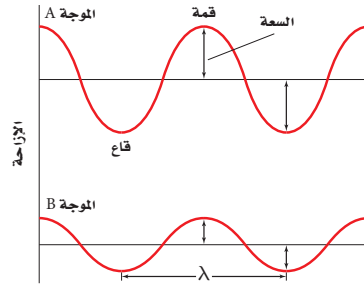


الموجات الطولية

الزمن المقدر 10 دقائق

المواد والأدوات نابض .

الخطوات نفذ العرض التالي في مدخل طويل. اسحب النابض، واطلب إلى أحد الطلاب تثبيت أحد طرفيه، ثم اطلب إلى الطلاب مراقبة النابض وأنت تضغط عدة لفات منه عند أحد طرفيه وتُفَلِّتُها بالتناوب، ووصف ملاحظاتهم. سيلاحظ الطلاب سلسلة من التضاضعات والتخلخلات المتعاقبة تتحرك في النابض.



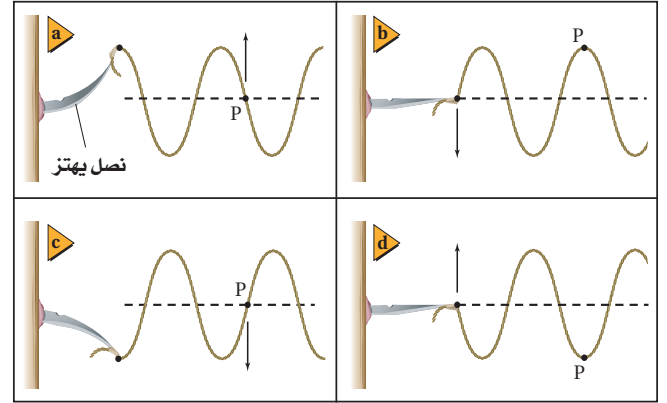
الشكل 8-7 سعة الموجة A أكبر من سعة الموجة B.

الطول الموجي تخيل أنك التقطت صورة فوتوغرافية للموجة كاملة بدلاً من التركيز على نقطة واحدة عليها بحيث ترى موجة كاملة في لحظة ما. وبين الشكل 8-7 النقاط السفلية التي تُسمى قاع الموجة، والنقاط العلوية التي تسمى قمة الموجة. ويطلق على أقصر مسافة بين أي نقطتين يتكرر فيها نمط الموجة نفسه اسم **الطول الموجي**. فالمسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليتين تساوي الطول الموجي، ويميز للطول الموجي لموجة ما بالحرف اللاتيني λ (لدا).

الطور أي نقطتين في الموجة تكونان في الطور نفسه إذا كانت المسافة بينهما تساوي طولاً موجياً واحداً أو مضاعفاتة. ويُعد جسيان في وسط ما في الطور نفسه أيضاً إذا كان لهما الإزاحة نفسها عن موضع الاتزان، ولهما السرعة المتجهة نفسها. أما إذا كان الجسيان في الوسط متعاكسين في الإزاحة وفي السرعة المتجهة فإنها يكونان مختلفين في الطور بـ 180° . فمثلاً هناك اختلاف في الطور بين القمة والقاع بـ 180° . وأي نقطتين في الموجة يمكن أن تختلفا في الطور بين 0° و 180° إحداها بالنسبة إلى الأخرى.

الزمن الدوري والتردد يمكن استخدام سرعة الموجة وسعتها لوصف أي موجة. أما الزمن الدوري T والتردد f فيطبقان فقط على الموجات الدورية. ودرست سابقاً أن الزمن الدوري للحركة التوافقية البسيطة (كما في حركة البندول) هو الزمن الذي يحتاج إليه الجسم المهتز حتى يكمل دورة كاملة. وعادة يكون مثل هذا الجسم هو مصدر الموجة الدورية أو المسبب لها. ويكون الزمن الدوري للموجة مساوياً الزمن الدوري للمصدر. وتوضح الأشكال من 7-9a إلى 7-9d أن الزمن الدوري T يساوي 0.04 s؛ وهو الزمن الذي يحتاج إليه المصدر حتى يكمل دورة كاملة، وهو أيضاً الزمن نفسه الذي تتطلبه نقطة مثل P على الحبل حتى تعود إلى طورها الابتدائي.

الشكل 9-7 يهتز أحد طرفي نابض متصل بنصل اهتزازة في الثانية، وعليه قطعة من شريط لاصق عند النقطة P. لاحظ تغير موضع النقطة مع الزمن.



الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

الاختراع والفيزياء عاشت المخترعة الفيزيائية البريطانية هرثا أرتون Hertha Marks Ayrton بين عامي 1854-1923. وقد حصلت في بداية حياتها المهنية على براءة اختراع لجهاز يدعى مقسّم الخطوط؛ إذ يمكن أن يقسم هذا الجهاز قطعة مستقيمة إلى أي عدد من الأجزاء المتساوية. وقد أجرت أرتون باعتبارها متخصصة في الفيزياء بحوثاً حول مصابيح قوس الكربون، ودرست كذلك دور الموجة في تشكيل الشواطئ المتموجة. ولأن أبحاثها تهتم بالموائع فقد اخترعت مروحة أرتون التي يمكنها إزالة الغازات من الغرف تحت الأرض بأمان، حيث استخدمت في مقاومة الهجوم بالغازات زمن الحرب. ولقد كانت أرتون أول امرأة تُقدم بحثاً لصالح الجمعية الملكية البريطانية. وقد مُنحت لاحقاً وسام هيوز Hughes عن بحثها الأصيل.

■ استخدام الشكل 10-7

جَهِّز قائمة بخصائص الموجات، واطلب إلى الطلاب أن يحددوا الخصائص التي يوضحها كل رسم بياني أو التي يمكن تحديدها من خلال كل رسم. **في الشكل 10a-7: السعة، والقمة، والقاع، والطول الموجي.** **في الشكل 10b-7: السعة، والقمة، التردد، الزمن الدوري، القاع.**

2م بصري - مكاني

نشاط

■ ديناميكا الموجة اطلب إلى

الطلاب استخدام الشكل 10-7 لرسم منحنى الإزاحة y بالنسبة للمتغير x ، لموجة بعد أن تتحرك خلال الوسط لمسافة تكافئ λ ، $\frac{3}{4}\lambda$ ، $\frac{1}{2}\lambda$ ، $\frac{1}{4}\lambda$ وبطريقة مماثلة اطلب إلى الطلاب استخدام الشكل 10-7 لرسم منحنى الإزاحة y بالنسبة للزمن t للموجة عند الزمن $t = \frac{3}{4}T$ ، $t = \frac{1}{2}T$ ، $t = \frac{1}{4}T$ في الشكل 10a-7 تكون القمة الابتدائية عند 4.0 m ، 3.0 m ، 2.0 m ، 1.0 m على التوالي. أما في الشكل 10b-7، فتكون القمة الابتدائية عند 2.0 s ، 1.5 s ، 1.0 s ، 0.5 s على التوالي. **2م بصري - مكاني**

تعزيز الفهم

الحركة التوافقية البسيطة اطلب إلى الطلاب الذين نفذوا النشاط السابق مقارنة رسومهم البيانية بـ الشكل 10b-7، وبين لهم أن حركة معظم الموجات الميكانيكية يمكن إظهارها كنموذج للحركة التوافقية البسيطة.

أما تردد الموجة f فهو عدد الاهتزازات الكاملة التي يُتمّها الجسم المهتز في الثانية الواحدة، ويُقاس بوحدة هرتز Hz، والهرتز الواحد هو اهتزازة واحدة في الثانية. وبناءً عليه فإن العلاقة التي تربط بين الزمن الدوري للموجة وترددها هي:

$$f = \frac{1}{T}$$

تردد الموجة يساوي مقلوب زمنها الدوري.

ويعتمد الزمن الدوري للموجة وترددها على مصدرها فقط، ولا يعتمدان على الوسط الذي تنتقل خلاله أو على سرعة الموجة.

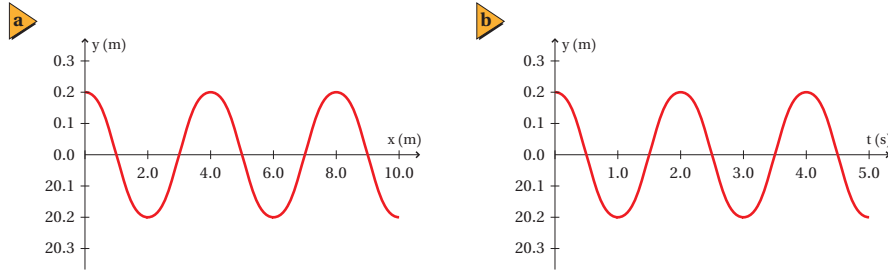
وتتحرك الموجة خلال فترة زمنية تساوي زمنًا دوريًا واحدًا مسافة تساوي طولاً موجيًا واحدًا، لذا فالطول الموجي يساوي سرعة الموجة مضروبًا في الزمن الدوري، $\lambda = vT$. ولأن الحصول على التردد يكون عادة أسهل من الحصول على الزمن الدوري فإن هذه المعادلة تكتب على الشكل الآتي:

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

الطول الموجي للموجة يساوي سرعتها مقسومة على ترددها.

تمثيل الموجات إذا التقطت صورة فوتوغرافية لموجة مستعرضة في حبل، فستجدها مشابهة لإحدى الموجتين الموضحتين في الشكل 8-7. ويمكن وضع هذه الصورة على ورقة رسم بياني للحصول على مزيد من المعلومات عن الموجة، كما هو موضح في الشكل 8a-7. وبالمثل إذا رصدت حركة جسم واحد، مثل حركة النقطة P في الشكل 9-7، أمكنك تمثيل هذه الحركة بيانيًا على ورق رسم بياني، بحيث ترسم الإزاحة بوصفها متغيرًا مع الزمن، كما في الشكل 10b-7، والذي يمكن من خلاله إيجاد الزمن الدوري، كما يمكن تمثيل الموجات الطولية بيانيًا على ورق رسم بياني، بحيث يتم تمثيل التضاغطات على المحور y مثلاً.

■ الشكل 10-7 يمكن تمثيل الموجات بيانيًا، فالطول الموجي لهذه الموجة (a) 4.0 m ، والزمن الدوري (b) 2.0 s . الإزاحة أو السعة في كلا الرسمين تساوي 0.2 m فإذا مثل هذان الرسمان البيانيان الموجة نفسها، فما سرعتها؟



طرائق تدريس متنوعة

نشاط

إعاقة بصرية لتحضير عروض ملموسة للموجات اعمل نسخة للشكل 10-7 وألصقها على قطعة خشبية رقيقة. مثل محور الإزاحة والمنحنى في كل رسم بياني، بتتبع دقيق للمحور الرأسي والمنحنى باستخدام إبرة رأسها مطلي بالصمغ. ثم رش رملًا أو مادة لاصقة على الصمغ، ودعه بضع دقائق ليجف، ثم تخلص من أي كمية زائدة من الرمل أو المادة اللاصقة بتحريك القطعة الخشبية. لتمثيل محور x ألصق أصابع معكرونة (غير مطبوخة) على المحور الأفقي في الشكل 10a-7. أعد الخطوة باستخدام ماصّة عصير ليمثل المحور t في الشكل 10b-7. اطلب إلى الطلاب استقصاء الرسم البياني في أثناء توضيحك ما يمثله كل محور ومنحنى في الرسم البياني. **2م حركي**

خصائص الموجة قطعت موجة صوتية ترددها 192 Hz ملعب كرة قدم طوله 91.4 m خلال 0.271 s، احسب مقدار:

- a. سرعة الموجة.
b. الطول الموجي للموجة.
c. الزمن الدوري للموجة.
d. الطول الموجي والزمن الدوري، إذا أصبح تردد الموجة 442 Hz.

1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم نموذجًا للموجة.
- مثل متجه السرعة.

المعلوم

$$f = 192 \text{ Hz}$$

$$d = 91.4 \text{ m}$$

$$t = 0.271 \text{ s}$$

المجهول

$$v = ?$$

$$\lambda = ?$$

$$T = ?$$

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. أوجد السرعة v .

$$v = \frac{d}{t} = \frac{91.4 \text{ m}}{0.271 \text{ s}} = 337 \text{ m/s}$$

b. أوجد طول الموجة λ .

$$v = 337 \text{ m/s}, f = 192 \text{ Hz}$$

c. أوجد الزمن الدوري T .

$$f = 192 \text{ Hz}$$

d. أوجد الطول الموجي الجديد.

$$v = 337 \text{ m/s}, f = 442 \text{ Hz}$$

أوجد الزمن الدوري الجديد.

$$f = 442 \text{ Hz}$$

3 تقويم الجواب

هل الوحدات صحيحة؟ الهرتز Hz هو نفسه s^{-1} ، لذا فإن $s = m/s$ وهذا صحيح.

هل الجواب منطقي؟ السرعة القياسية لموجات الصوت في الهواء 343 m/s تقريبًا، لذا فالجواب 337 m/s منطقي، وكذلك التردد والزمن الدوري منطقيان بالنسبة لموجات الصوت، فالتردد 442 Hz قريب من التردد 440 Hz وهو التردد القياسي لموجات الصوت.

مثال صفي

سؤال تنتقل موجة صوتية ترددها

855 Hz خلال قضبان سكة حديد بسرعة

5130 m/s. أحسب مقدار:

a. طولها الموجي.

b. زمنها الدوري.

الجواب

$$v = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{5130 \text{ m/s}}{855 \text{ Hz}} = 6.00 \text{ m}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{855 \text{ Hz}} = 0.00117 \text{ s}$$

تطوير المفهوم

$v = \lambda f$ وضح للطلاب أنهم سيستخدمون العلاقة $v = \lambda f$ عندما يدرسون الصوت، والضوء، ونظرية الكم.

استخدام التشابه

السجل الزمني للجسيم يمكن اعتبار الشكل 10a-7 نقطة سريعة تبين ساعات النقاط عند لحظة معينة خلال وسط ما، كما يمكن اعتبار الشكل 10b-7 بوصفه سجلًا زمنيًا يمثل ساعات جسيم مفرد في موضع معين خلال الوسط.

المناقشة

سؤال ذكّر الطلاب أن الموجات المستعرضة يمكن تمثيلها بيانيًا كما في الشكل 10-7، ثم اسأل الطلاب كيف يمكنهم تمثيل الموجات الطولية بيانيًا؟

الإجابة ستختلف الإجابات، يمكن أن يرسم الطلاب التضامطات والتخلخلات بصريًا بحسب تغير كثافة الظل، أو رقميًا كعدد اللغات لكل وحدة طول كدوال رياضية بدلالة الزمن والموقع. 2م

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

الأوساط المشتتة لا تعتمد سرعة موجة في بعض المواد على الوسط فقط، ولكن تعتمد أيضًا على تردد الموجة، ويسمى مثل هذا الوسط -الوسط المشتت. فالماء الضحل مثلاً يعد وسطًا مشتتًا للموجات السطحية. وكذلك تعاني موجات الضوء من التشتت أثناء انتقالها خلال الزجاج أو الماس. وعلى الرغم من أن تشتت الموجات المسموعة يكون قليلًا عند انتقالها في الهواء إلا أن سرعة الموجات الصوتية فوق المسموعة (فوق الصوتية) ذات الترددات العالية في الهواء أكثر قابلية للقياس من سرعة الموجات الصوتية في المدى المسموع.

11. أطلق فادي صوتاً عاليًا في اتجاه جرف رأسي يبعد 465 m عنه، وسمع الصدى بعد 2.75 s. احسب مقدار:
- a. سرعة صوت فادي في الهواء.
- b. تردد موجة الصوت إذا كان طولها الموجي يساوي 0.750 m.
- c. الزمن الدوري للموجة.
12. إذا أردت زيادة الطول الموجي لموجات في حبل فهل تهز الحبل بتردد كبير أم بتردد صغير؟
13. ولّد مصدرٌ في حبل اضطرابًا تردده 6.00 Hz، فإذا كانت سرعة الموجة المستعرضة في الحبل 15.0 m/s، فما طولها الموجي؟
14. تتولّد خمس نبضات في خزان ماء كل 0.100 s، فإذا كان الطول الموجي للموجات السطحية 1.20 cm، فما مقدار سرعة انتشار الموجة؟

توصلت إلى أن الموجات تحمل طاقة مما يمكنها من إنجاز شغل، وربما شاهدت الأضرار الهائلة الناجمة عن العواصف الشديدة والأعاصير القوية، أو التآكل البطيء للمنحدرات والشواطئ الناجم عن الموجات الضعيفة اليومية. ومن المهم أن تتذكر أن سعة الموجة الميكانيكية هي التي تحدّد مقدار الطاقة التي تحملها الموجة، بينما يحدّد الوسط وحده سرعة الموجة.

7-2 مراجعة

15. السرعة في أوساط مختلفة إذا سحبت أحد طرفي نابض، هل تصل النبضة إلى طرفه الآخر في اللحظة نفسها؟ ماذا يحدث لو سحبت حبلًا؟ ماذا يحدث عند ضرب طرف قضيب حديدي؟ قارن بين سرعة انتقال النبضات في المواد الثلاث.
16. خصائص الموجة إذا ولّدت موجة مستعرضة في حبل عن طريق هزّ يدك وتحريكها من جانب إلى آخر، ثم بدأت تهزّ الحبل أسرع من دون تغيير المسافة التي تتحركها يدك، فإذا يحدث لكل من: السعة، والطول الموجي، والتردد، والزمن الدوري، وسرعة الموجة؟
17. الموجات تنقل الطاقة افترض أنه طُلب إليك أنت وزميلك في المختبر توضيح أن الموجة المستعرضة تنقل الطاقة دون انتقال مادة الوسط، فكيف توضح ذلك؟
18. الموجات الطولية صِف الموجات الطولية. وما أنواع الأوساط التي تنقل الموجات الطولية؟
19. التفكير الناقد إذا سقطت قطرة مطر في بركة فستولّد موجات ذات سعات صغيرة. أما إذا قفز سباح في البركة فستولّد موجات ذات سعات كبيرة. فلماذا لا تولّد الأمطار الغزيرة في أثناء العواصف الرعدية موجات ذات سعات كبيرة؟

11.a. 338 m/s

11.b. 451 Hz

11.c. 2.22×10^{-3} s

12. أقل

13. 2.50 m

14. 0.600 m/s

3. التقويم

التحقق من الفهم

خصائص الموجات اطلب إلى الطلاب أن يرسموا بيانًا العلاقة بين الإزاحة y والموقع، والعلاقة بين الإزاحة y والزمن لموجة مستعرضة. حدّد أجزاء الموجة التي يوضحها كل رسم بياني، واطلب إلى الطلاب أن يبيّنوا كيفية تحديد الزمن الدوري للموجة أو طولها الموجي. **2م بصري-مكاني**

إعادة التدريس

خصائص الموجات راجع الخصائص الأساسية للموجات، ثم صمّم قائمة بثلاثة أعمدة، وعنونها كما يأتي: الخاصية التي تعتمد على المصدر، والخاصية التي تعتمد على الوسط، والخاصية التي تعتمد على التصنيف المناسب. الزمن الدوري والتردد يعتمدان على المصدر، والسعة والسرعة تعتمدان على الوسط، والطول الموجي يعتمد عليهما معًا. ثم اطلب إلى الطلاب مناقشة كيفية التحقق من هذه القوائم. **1م متفاعل**

7-2 مراجعة

- بالقرب من منتصف حبل، ثم اطلب إلى زميلك أن يثبت أحد طرفي الحبل، ثم حرّك الحبل إلى أعلى وإلى أسفل لتوليد موجة مستعرضة. لاحظ أنه عندما تتحرك الموجة خلال الحبل إلى أسفل فإن قطعة الصوف تتحرك إلى أسفل وإلى أعلى، ولكنها تبقى في المكان نفسه على الحبل.
18. في الموجات الطولية تهتز دقائق الوسط في اتجاه مواز لاتجاه حركة الموجة. وتسمح الأوساط جميعها تقريبًا للموجات الطولية بالانتقال خلالها سواءً أكانت أوساطًا صلبة أو سائلة أو غازية.
19. تنتقل طاقة السباح إلى الموجة عبر مساحة صغيرة وخلال فترة زمنية قصيرة، في حين تنتشر طاقة حبات المطر على مساحة أوسع خلال فترة زمنية أكبر.

15. تحتاج النبضة إلى فترة زمنية حتى تصل إلى الطرف الآخر في كل حالة ويكون انتقالها في الحبل أسرع منه في النابض، والنبضة الأسرع تكون في قضيب الحديد.
16. لا تتغير كل من السعة والسرعة، إلا أن التردد يزداد، في حين يقل كل من الزمن الدوري والطول الموجي.
17. اربط قطعة من الصوف في مكان ما

7-3 سلوك الموجات

1. التركيز

نشاط

قمم الموجات وقيعائها يتعرّف الطالب خصائص الموجات، ويتدرب على استخدام حوض الموجات؛ لأنه سيدرس انعكاس الموجات باستخدام حوض الموجات في الصفحات القادمة (24). وفي هذا النشاط يقوم المعلم بإسقاط قطرات من الماء من قطارة على ماء الحوض، ثم يطلب إلى الطلاب مراقبة تكون الموجات وتحديد كل من قممها وقيعائها وكيفية انتشارها. **القمة** هي أعلى إزاحة عن موضع الاستقرار من أعلى، والقاع هي أكبر إزاحة عن موضع الاستقرار من أسفل. **2م بصري - مكاني**

الربط مع المعرفة السابقة

خصائص الموجات يطبّق الطلاب مفاهيم القمة، والقاع، والطول الموجي، والمعادلة $v = \lambda f$ في تحليل ظاهري الانعكاس والانكسار.

2. التدريس

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

انعكاس الموجة اطلب إلى الطلاب- قبل تنفيذ التجربة الإضافية في الصفحة التالية- كتابة فقرة توضح إجاباتهم عن السؤال الآتي: هل تتباطأ الموجة بعد الانعكاس؟ **2م لغوي**

الأهداف

- تربط بين سرعة الموجة وطبيعة الوسط الذي تتحرك فيه.
- تصف كيفية انعكاس الموجات وانكسارها عند الحد الفاصل بين وسطين.
- تطبق مبدأ التراكب على ظاهرة التداخل.

المفردات

- الموجة الساقطة
- الموجة المنعكسة
- مبدأ التراكب
- الموجة الموقوفة (المستقرة)
- التداخل
- العقدة
- بطن الموجة
- مقدمة الموجة
- الشعاع
- العمود المقام
- قانون الانعكاس
- الانكسار

عندما تصل موجة إلى الحد الفاصل بين وسطين فإنها غالباً تنعكس وترتد إلى الخلف داخل الوسط نفسه. وفي حالات أخرى تمر الموجة كلها أو جزء منها خلال الحد الفاصل إلى وسط آخر، ويتغير اتجاهها عند الحد الفاصل. وبالإضافة إلى ذلك ينتج العديد من خصائص سلوك الموجة عن الحقيقة التي تنص على أنه: يمكن أن يكون هناك موجتان أو أكثر في الوسط نفسه خلال الزمن نفسه؛ بخلاف الجسيمات المادية؛ إذ لا يمكن لجسمين شغل الحيز نفسه خلال الزمن نفسه.

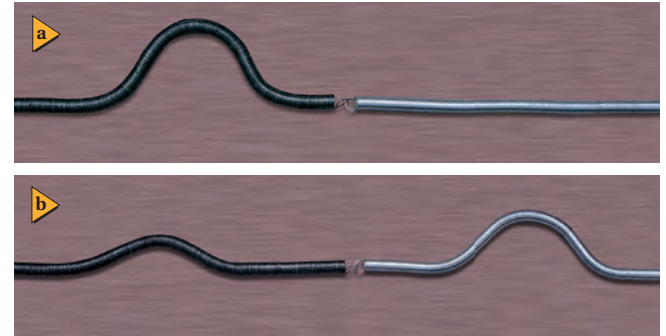
الموجات عند الحواجز Waves at Boundaries

تذكر من القسم السابق أن سرعة الموجة الميكانيكية تعتمد فقط على خصائص الوسط الذي يمر خلاله، ولا تعتمد على سعة الموجة أو ترددها. فمثلاً، يؤثر عمق الماء في سرعة موجات الماء المتكونة فيه، كما تؤثر درجة حرارة الهواء في سرعة موجات الصوت التي تنتشر فيه، وتعتمد سرعة موجات النابض على مقدار قوة شدّه وعلى كتلة وحدة أطواله.

بيّن ماذا يحدث عندما تمر موجة خلال حد فاصل بين وسطين كما في نابضين مختلفي السمك ومتصلي الطرفين. يبين الشكل 7-11 نبضة تتحرك من النابض الأكبر سمكاً إلى النابض الأقل سمكاً، حيث تسمى الموجة التي تصطدم بالحد الفاصل بين النابضين الموجة الساقطة. لاحظ أن هناك اختلافاً في سرعة النبضة التي تنتقل من النابض الأسمك إلى النابض الأقل سمكاً، كما تبقى نبضة الموجة المنقلة متجهة إلى أعلى.

ينعكس جزء من طاقة نبضة الموجة الساقطة إلى الخلف في اتجاه النابض السميك على شكل موجة مرتدة تسمى الموجة المنعكسة. وتحدّد خصائص كلا النابضين ما إذا كان اتجاه الموجة المنعكسة معتدلاً أو مقلوباً. فعلى سبيل المثال، تنقلب الموجة المنعكسة إذا كانت سرعة الموجات في النابض الأقل سمكاً أكبر؛ لأنه أثقل أو أكثر صلابة.

■ الشكل 7-11 تمثل نقطة الاتصال بين طريفي النابضين الحد الفاصل بين الوسيطين. فعندما تصل النبضة إلى الحد الفاصل (a) ينعكس جزء من النبضة وينفذ جزء آخر (b).



7-3 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 7-12

اختبار قصير 7-3، ص 21

شريحة التدريس 7-3 ص 30

ربط الرياضيات مع الفيزياء

تقويم الفصل 7، ص 32

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 8

انعكاس الموجة



الهدف تعزيز مفهوم أن الانعكاس لا يغير سرعة الموجة.

المواد والأدوات حوض موجات مزود بنظام إسقاط الضوء، وساعة إيقاف.

الخطوات

1. املاً حوض الموجات إلى منتصفه.
2. انقر سطح الماء بالقرب من أحد طرفي الحوض بممحاة قلم رصاص؛ لكي تتكوّن موجة.

3. قس الزمن الذي تستغرقه الموجة الساقطة وانعكاسها بحيث تقطعان مسافة تساوي ضعف طول حوض الموجات، ثم أربعة أضعاف طول الحوض. يكون الزمن اللازم للموجة لقطع مسافة تساوي أربعة أضعاف طول الحوض مساوياً تقريباً ضعف الزمن اللازم للموجة لقطع مسافة تساوي ضعف طول الحوض.

التقويم وضح ما إذا كانت بياناتك تتضمن أن سرعة الموجة تبقى كما هي. نعم؛ لأن الزمن اللازم لانتقال الموجة مسافة تساوي أربعة أضعاف طول الحوض يساوي ضعف الزمن اللازم لانتقال الموجة مسافة تساوي ضعف طول الحوض، وتتضمن البيانات أن سرعة كل من الموجة وانعكاسها متساويتان.



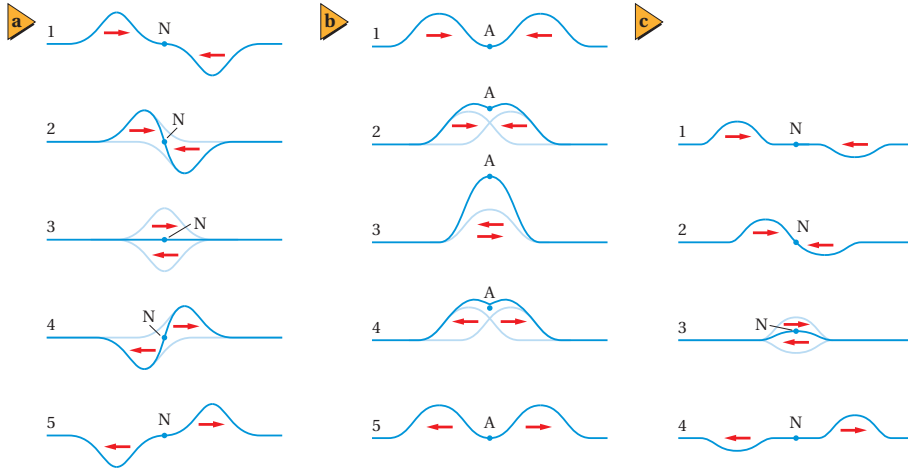
■ الشكل 12-7 تقترب الموجة من الحائط الصلب (a)، وتنعكس عنه مرتدة إلى الخلف (b). لاحظ أن سرعة الموجة المنعكسة تساوي تقريباً سرعة الموجة الساقطة، إلا أنها مقلوبة.

ماذا يحدث لو كان الحد الفاصل حائطاً وليس نابضاً آخر؟ عندما تُطلق موجة في نابض مثبت في حائط صلب مصقول تنعكس هذه الموجة عن الحائط إلى الخلف كما في الشكل 12-7، ويكون الحائط هو الحد الفاصل لوسط جديد حاولت الموجة المرور خلاله، حيث تنعكس الموجة عن الحائط بدلاً من مرورها خلاله، وتساوي سرعة الموجة المرتدة تقريباً سرعة الموجة الساقطة. لذا تنعكس معظم طاقة الموجة إلى الخلف، والقليل منها ينتقل إلى الحائط. ولاحظ أيضاً أن الموجة انقلبت إلى أسفل، أما لو كان النابض متصلاً بحلقة حرة الحركة حول قضيب - حد فاصل حر الحركة - فإن الموجة لن تنقلب.

تراكّب الموجات Superposition of Waves

افترض أن نبضة تنتقل في نابض وقابلت نبضة منعكسة. ما الذي يحدث في هذه الحالة؟ سيكون هناك نبضتان في الوسط في المكان والزمان نفسيهما، وتؤثر كل من النبضتين في الوسط بصورة مستقلة. وينص مبدأ التراكّب على أن الإزاحة الحادثة في الوسط، الناتجة عن نبضتين أو أكثر، تساوي المجموع الجبري للإزاحات الناتجة عن كل نبضة على حدة؛ أي أنه يمكن اتحاد نبضتين أو أكثر لتكوين نبضة واحدة جديدة. وإذا انتقلت النبضتان في اتجاهين متعاكسين فيما أن تلغي كل منهما تأثير الأخرى، أو تنتج نبضة لها سرعة أكبر أو أصغر من سرعة كل منهما. ويسمى الأثر الناتج عن تراكّب نبضتين أو أكثر التداخل.

■ الشكل 13-7 عندما تلتقي نبضتان متساويتان تتكون نقطة تسمى العقدة (N)؛ حيث يبقى الوسط دون اضطراب (a)، وينتج التداخل البناء في أكبر صورة له عند تكون بطن الموجة (A) (b). وإذا كانت سرعتا النبضتين المتعاكستين غير متساويتين فسيكون الهدم غير تام (c).



مشروع فيزياء

نشاط

سلوك الموجة اطلب إلى مجموعات من الطلاب تحليل سلوك الموجة باستخدام كاميرات فيديو. وامنح كل مجموعة الوقت الكافي لمناقشة أفكارهم، ثم احصر التحليل لدراسة سلوك موجي محدد (الانتشار، الانعكاس، الانكسار، والتداخل البناء أو التداخل الهدام الناتج عن تراكّب الموجات)، في وسط محدد (نابض، أو حبل، أو ماء)، وطريقة تصوير الفيديو لهذا السلوك الموجي. حث الطلاب على استغلال الإمكانيات الفنية (التوقف - التشغيل) لجهاز الفيديو VCR وذلك لتحليل بياناتهم، ثم عرض التحليل في الغرفة الصفية. وإذا لم يتمكن الطلاب من استخدام كاميراتهم فاطلب إلى أعضاء قسم الوسائط التعليمية في المدرسة تنظيم لقاءات مع الطلاب حتى يتعلموا كيفية استخدام الأجهزة والمعدات والتسهيلات الفنية المتوفرة في المدرسة. 2م متفاعل

تجربة

تداخل الموجات

الهدف استقصاء تداخل الموجات باستخدام نابض حلزوني.

المواد والأدوات نابض حلزوني.

النتائج المتوقعة ينبغي أن يلاحظ الطلاب أنه على الرغم من تداخل الموجتين إلا أن أيًا منهما لا تغير الأخرى.

التحليل والاستنتاج

3. لا، لم تتغير سرعة أي موجة.

4. تمر الموجتان كل منهما خلال الأخرى.

تجربة

تداخل الموجات

يمكنك باستعمال نابض حلزوني توليد موجة تضاعفية متغيرة في سعتها وسرعتها واتجاهها، كما في الموجة المستعرضة.

1. صمم تجربة لاختبار ما يحدث عند التقاء موجتين من اتجاهين مختلفين.

2. نفذ التجربة وسجل ملاحظاتك.

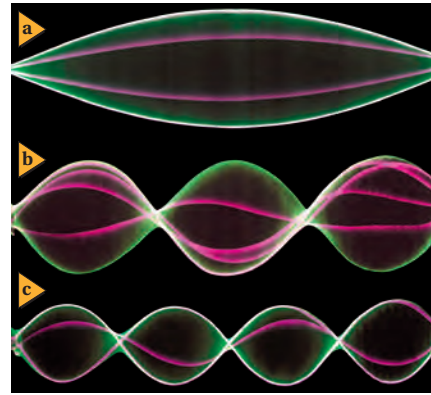
التحليل والاستنتاج

3. هل تغيرت سرعة أي موجة منهما؟

4. هل تترد هاتان الموجتان إحداهما عن الأخرى؟ أم تمر كل منهما خلال الأخرى؟

الشكل 14-7 يُنتج التداخل موجات

موقوفة في الحبل، ويزداد التردد بزيادة عدد العقد والبطون، كما هو واضح من أعلى الشكل إلى أسفله.



تداخل الموجات يوجد التداخل على شكلين: فيكون تداخلًا بناءً، أو تداخلًا هدامًا. فعندما تلتقي نبضتان لهما السعة نفسها ولكن في اتجاهين متعاكسين - أي قمة من الموجة الأولى مع قاع من الموجة الثانية - تقل إزاحة الوسط عند النقاط كلها في منطقة التداخل، ويكون التداخل هدامًا. وإذا كانت سعتا الموجتين متساويتين كما في الشكل 13a-7 فإن مقدار الإزاحة سيساوي صفرًا. وتسمى النقطة N التي لم تتحرك مطلقًا العقدة. وتواصل النبضتان حركتهما بعد التداخل، وتستعيدان شكلهما الأصلي.

ينتج التداخل البناء عندما تكون إزاحات الموجات في الاتجاه نفسه، وتكون النتيجة موجة لها سعة أكبر من سعة أي من الموجات منفردة. وبين الشكل 13b-7 تداخلًا بناءً لنبضتين متساويتين، حيث تتكون نبضة ذات سعة أكبر عند النقطة A عندما تلتقي النبضتان، وتسمى هذه النبضة الناتجة البطن، وتكون إزاحتها هي الأكبر. وتمر النبضتان بعد ذلك إحداهما خلال الأخرى دون أي تغير في شكلها أو حجمها. وإذا كانت سعتا النبضتين غير متساويتين فإن النبضة الناتجة من التداخل تساوي المجموع الجبري لإزاحتي النبضتين، كما في الشكل 13c-7.

الموجات الموقوفة (المستقرة) يمكنك تطبيق مفهوم تراكب الموجات للتحكم في تكوين موجات ذات سعة كبيرة. فإذا ثبت أحد طرفي حبل أو نابض حلزوني في نقطة ثابتة مثل مقبض باب، ثم بدأت بهز الطرف الآخر فإن الموجات تنطلق من يدك متحركة في اتجاه الطرف الآخر الثابت، ثم ترد عند هذه النهاية الثابتة وتنقلب من جديد، وتعود إلى يدك ثانية. وعندما تصل الموجة المرتدة إلى يدك تنعكس وتنقلب من جديد وتتحرك إلى الخلف مرة أخرى. وتكون إزاحة الموجة عندما تنطلق من يدك للمرة الثانية في الاتجاه نفسه الذي انطلقت منه أول مرة.

ماذا تفعل لو أردت زيادة سعة الموجة التي ولدتها؟ افترض أنك ضبطت حركة يدك بحيث يكون الزمن الدوري لاهتزازها مساويًا للزمن الذي تحتاج إليه النبضة حتى تكمل دورة كاملة: من يدك إلى الباب ثم العودة. عندئذٍ سوف تضاف الإزاحة التي تولدها

يدك في كل مرة إلى إزاحة الموجة المنعكسة. والنتيجة أن اهتزاز الحبل سيكون أكبر من حركة يدك، ويمكن توقع ذلك استنادًا إلى معرفتك بالتداخل البناء. وتعتبر هذه الاهتزازة ذات السعة الكبيرة مثالًا على الرنين الميكانيكي. وتكون العقدتان عند طرفي الحبل، في حين يكون البطن في وسط النبضة، كما في الشكل 14a-7. وتبدو الموجة موقوفة ولذا تسمى الموجة الموقوفة أو المستقرة؛ أي أن الموجة الموقوفة هي تداخل موجتين تتحركان في اتجاهين متعاكسين. وإذا ضاعفت تردد الاهتزاز تتولد عقدة جديدة وبطن جديد في الحبل، ويظهر الحبل مهتزًا في قسمين. وعند زيادة التردد أكثر تتولد عقد وبطون أكثر، كما في الشكلين 14b-7، 14c-7.

تطوير المفهوم

الانعكاس عن الحواجز الصلبة أشر للطلاب إلى أن النبضة المنعكسة الموضحة في الشكل 12b-7 في الصفحة السابقة قد انقلبت بالنسبة إلى النبضة الساقطة. و يفسر القانون الثالث لنيوتن هذا الانقلاب؛ حيث تؤثر النبضة التي تصل إلى الحاجز الثابت بقوة فيه في اتجاه إزاحتها، وبما أن الحاجز ثابت فإنه يؤثر في الوسط بقوة مساوية في المقدار ومعاكسة في الاتجاه. ولأن الوسط مرن فإنه سيتشوّه (يتشكّل) وينعكس كنبضة مقلوبة.

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

أنواع الموجات الزلزالية تُنتج الزلازل أربعة أنواع من الموجات الزلزالية. فالموجات الزلزالية الأولية P، والموجات الزلزالية الثانوية S، تنتقل مبتعدة عن بؤرة الزلزال تحت سطح الأرض. وتعد موجات P من الموجات الطولية، أما موجات S فهي من الموجات المستعرضة. وعندما تصل طاقة هذه الموجات إلى سطح الأرض تولّد الموجات السطحية موجات Love وموجات Raleigh. تسبّب موجات Love تذبذب سطح الأرض إلى الأمام والخلف. أما موجات Raleigh فتسبب الحركة المتموجة والإهليلجية التي تؤدي إلى صعود سطح الأرض وهبوطه. وتسبّب الموجات السطحية معظم الأضرار التي تُنتجها الزلازل.

تعزير الفهم

سرعة الموجة اطلب إلى الطلاب ملاحظة أن سرعة الموجة في الوسط الواحد لا تتغير بالانعكاس أو التداخل، ثم اطلب إليهم توقع سبب عدم تغير السرعة. قد يقترح الطلاب أن الموجة تستمر في حركتها خلال الوسط نفسه بعد أن تنعكس عن الحد الفاصل. وينبغي أن تؤكد المناقشة أن سرعة الموجة تتغير بتغير الوسط فقط. **1م**

المناقشة

سؤال اطلب إلى الطلاب تذكر أن "الموجة" التي يشكّلها الجمهور خلال الأحداث الرياضية تعد نموذجًا للنضبة المستعرضة. واسأل الطلاب كيف يمكن أن تتغير الموجة لتظهر تداخلًا بناءً وتداخلًا هدامًا لمجموعة من النبضات المفردة.

الإجابة يجب أن تقدم النماذج التي ينفذها الطلاب عرضًا لخمسة ارتفاعات ممكنة للنضبة (1، 2، 0، -2، -1) في موقع واحد. يمكن أن تمثل ارتفاعات النضبة من خلال الوقوف مع رفع الأيدي، والوقوف، والجلوس، والقفصاء، والقفصاء مع خفض الأيدي، على التوالي، دع الطلاب يعرضوا نماذجهم الخاصة بالتداخل.

2م حركي

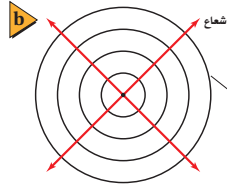
استخدام الشكل 7-16

اطلب إلى الطلاب أن يوضحوا ما إذا كان الشكل 7-16b يشير إلى أن الموجة المنعكسة مقلوبة. الموجة ليست مقلوبة لأن الشكل 7-16b يبين أن القمة انعكست كقمة لاحقة. **2م**

التفكير الناقد

الموجات الساقطة والمنعكسة اسأل الطلاب لماذا تبدو الموجات الساقطة المتوازية متكسرة بالقرب من الحاجز في الشكل 7-16a. لأنها تتداخل تداخلًا هدامًا مع الموجات المنعكسة. **2م**

الشكل 7-15 تنتشر الموجات الدائرية إلى الخارج بعيدًا عن مصدرها (a). ويمكن تمثيل الموجة بدوائر ترسم عند قمم الموجات الدائرية (b). لاحظ أن الأشعة متعامدة مع مقدمة الموجة.



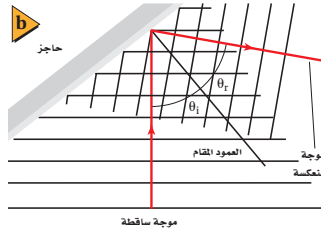
الموجات في بعدين Waves in Two Dimensions

درست الموجات في حبل أو نابض، عندما تنعكس عن حاجز صلب، حيث تصبح السعة صفرًا نتيجة التداخل الهدام. هذه الموجات الميكانيكية تتحرك في بُعد واحد. أما الموجات على سطح الماء فتتحرك في بعدين، وسندرس لاحقًا الموجات الكهرومغناطيسية وموجات الصوت التي تتحرك في ثلاثة أبعاد. فكيف يمكن توضيح الموجات في بعدين؟

تمثيل الموجات في بعدين عندما ترمي حجرًا صغيرًا في بركة ماء ساكنة، ترى قمم وقيعان الموجات الدائرية الناتجة تنتشر إلى الخارج في جميع الاتجاهات. ويمكن تمثيل هذه الموجات برسم دوائر تُعبّر عن قمم هذه الموجات. فعندما تضع رأس إصبعك في الماء وتحركه بتردد ثابت ستنتج دوائر متتابعة متحدة في مراكزها، ويكون إصبعك مركز تلك الدوائر التي تُسمى مقدمات الموجة. فمقدمة الموجة هي الخط الذي يمثل قمة الموجة في بعدين. ويمكن استعمال مقدمة الموجة لتوضيح الموجات بأي شكل كانت، ومن ذلك الموجات الدائرية والموجات المستقيمة. ويوضح الشكل 7-15a الموجات الدائرية في الماء بينما يوضح الشكل 7-15b مقدمات هذه الموجات. وتُرسّم مقدمات الموجات بمقياس رسم يبيّن الطول الموجي لهذه الموجات، ولكن لا يبين سعاتها.

ومهما يكن شكل الموجات التي تتحرك في بعدين فإنها تتحرك في اتجاه متعامد مع مقدماتها، ويُمثل هذا الاتجاه بشعاع على شكل خط يصنع زاوية قائمة مع قمة الموجة. وإذا أردت بيان اتجاه انتقال الموجة فقط فمن الملائم أن ترسم أشعة بدلاً من مقدمات الموجات.

انعكاس الموجات في بعدين يستعمل حوض الموجات لبيان خصائص الموجات المنتشرة في بعدين؛ إذ يحتوي على طبقة ماء ضحلة، وألواح اهتزاز تولّد نبضات موجية، كما موضح في الشكل 7-16a، أو تولّد موجات ماء تتحرك بتردد ثابت. وعند إضاءة المصباح الموجود فوق الحوض يتكون ظل تحت الحوض يبين موقع قمم الموجات وقيعانها. وعندما تنتشر موجة نحو حاجز ماء، فإنها تنعكس عنه في اتجاه محدد.



الشكل 7-16 نبضة موجة مرتدة عن حاجز في حوض الموجات (a). يوضح المخطط الشعاعي التسلسل الزمني لاقترب الموجة من الحاجز وانعكاسها عنه إلى اليمين (b).

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

الموجات المستوية يمكن اعتبار مجموعة الأشعة التي تشير إلى اتجاه مقدمة الموجة عند مسافات بعيدة عن نقطة الاضطراب متوازية، وعند هذه المسافات تظهر مقدمة الموجة كقمة خطية أو موجة مستوية. كما يمكن أيضًا أن يعمل جسم مستقيم (مسطرة مثلاً) متذبذب بوصفه مصدرًا للموجات المستوية؛ حيث تولّد كل نقطة مجاورة مقدمة موجة دائرية. ولأن مقدمات الموجة القريبة تتداخل تداخلًا بناءً بعضها مع بعض فإن مقدمة الموجة المحصلة هي موجة مستوية تكون موازية للمصدر وتتحرك عموديًا مبتعدة عنه.

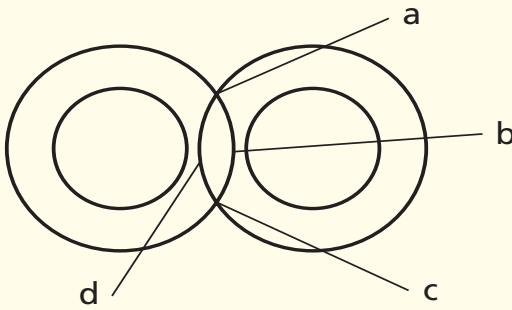
3. التقويم

التحقق من الفهم

تغيّر خصائص الموجة اسأل الطلاب: ما خصائص الموجة التي تتغير عند انكسارها؟ السرعة والطول الموجي. اسأل: ما الخاصية الثالثة للموجة التي تتغير أيضًا؟ الاتجاه **1م**

التوسع

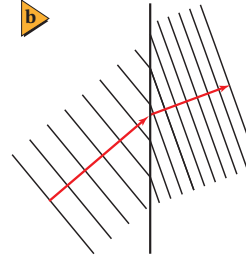
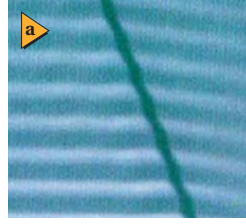
مصدران نقطيان ارسم الشكل الآتي على السبورة. ووضح للطلاب أن الشكل يبين موجات دائرية من مصدرين نقطيين. ثم اطلب إليهم تحديد موضعين يحدث للوسط عندهما أقصى تداخل بناء، وموضعين آخرين يحدث للوسط عندهما أقصى تداخل هدام.



a ، c أقصى تداخل بناء

b ، d أقصى تداخل هدام

2م بصري - حركي



الشكل 17-7 عندما تتحرك موجات الماء فوق منطقة الماء الضحلة، حيث يوجد لوح الزجاج في حوض الموجات تتباطأ ويقل طولها الموجي (a). ويمكن تمثيل الانكسار بمخطط مقدمات الموجات والأشعة (b).

ويمكن تمثيل اتجاه انتشار الموجات بالمخطط الشعاعي المبين في الشكل 16b-7، حيث يُمثّل الشعاع المتجه إلى أعلى الموجة الساقطة، في حين يُمثّل الشعاع المتجه إلى اليمين الموجة المنعكسة. أما الحاجز فيُمثّل بخط مستقيم يفصل بين الوسيطين، والخط المتعامد مع الحاجز عند نقطة السقوط يُسمى العمود المقام. وتسمى الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام زاوية السقوط. أما الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس والعمود المقام فتسمى زاوية الانعكاس. وينص قانون الانعكاس على أن زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس.

انكسار الموجات في بعدين يمكن استخدام حوض الموجات كذلك لتمثيل سلوك الموجات عندما تنتقل من وسط إلى آخر. ويوضح الشكل 17a-7 لوحًا زجاجيًا موضوعًا في حوض الموجات، وسمك طبقة الماء فوقه أقل من سمك طبقة الماء في بقية الحوض؛ حيث يؤثر ذلك وكأنه وسط مختلف. وبانتقال الموجة من منطقة الماء العميق إلى منطقة الماء الضحل تقل سرعتها ويتغير اتجاهها. ولأن الموجات في منطقة الماء الضحلة تولدت من الموجات القادمة من منطقة الماء الأعظم فإن ترددها لن يتغير. واستنادًا إلى المعادلة $\lambda = v/f$ فإن تناقص سرعة الموجات يعني أن الطول الموجي يكون أقصر في منطقة الماء الضحلة. ويعرف التغير في اتجاه انتشار الموجات عند الحد الفاصل بين وسطين مختلفين بالانكسار. ويبين الشكل 17b-7 مقدمة الموجة ونموذج المخطط الشعاعي للانكسار، وعندما تدرس انعكاس الضوء وانكساره في الفصول القادمة ستتعرف قانون الانكسار المعروف بقانون سنل.

قد تعلم أن سبب الصدى هو انعكاس الصوت عن سطح صلب مثل حائط كبير، أو انعكاسه عن جرف صخري بعيد، وأن الانكسار مسؤول جزئيًا عن تكون قوس المطر؛ فعندما يمر الضوء الأبيض خلال قطرات المطر تعمل هذه القطرات على تحليل الضوء الأبيض إلى ألوانه (ألوان الطيف المرئي السبعة) بفعل الانكسار.

7-3 مراجعة

23. **التفكير الناقد** هناك طريقة أخرى لفهم انعكاس الموجات، وهي أن تغطي الطرف الأيمن لكل رسم في الشكل 13a-7 بقطعة ورق، على أن يكون طرف الورقة موجودًا عند النقطة N (العقدة)، ثم تركز على الموجة الناتجة التي تظهر باللون الأزرق الغامق، وتلاحظ أنها تبدو مثل موجة منعكسة عن حد فاصل. فهل هذا الحد الفاصل حائط صلب أم ذو نهاية مفتوحة؟ كرّر هذا التمرين مع الشكل 13b-7.

20. **الموجات عند الحدود الفاصلة** أيّ خصائص الموجة الآتية لا تتغير عندما تمر الموجة خلال حد فاصل بين وسطين مختلفين: التردد، السعة، الطول الموجي، السرعة، الاتجاه؟

21. **انكسار الموجات** لاحظ الشكل 17a-7، وبين كيف يتغير اتجاه الموجة عندما تمر من وسط إلى آخر. وهل يمكن أن تعبر موجة في بعدين حدًا فاصلًا بين وسطين دون أن يتغير اتجاهها؟ وضح ذلك.

22. **الموجات الموقوفة** ما العلاقة بين عدد العقد وعدد البطون في موجة موقوفة في نابض مثبت الطرفين؟

7-3 مراجعة

22. يزيد عدد العقد دائمًا واحدة على عدد البطون.

23. الشكل 14a-7 يسلك سلوك جدار صلب لأن الموجة المنعكسة منقلبة. أما الشكل 14b-7 فيسلك سلوك النهاية المفتوحة لأن الحد الفاصل بطن، والموجة المنعكسة غير منقلبة.

20. لا يتغير التردد. بينما يتغير كل من السعة والطول الموجي والسرعة عندما تعبر الموجة وسطًا جديدًا. أما الاتجاه فيمكن أن يتغير أو لا يتغير وذلك اعتمادًا على الاتجاه الأصلي للموجة.

21. تنكسر ويتغير اتجاهها وفقًا لمعامل انكسار الوسيطين. نعم، إذا سقطت الموجة عموديًا على الحد الفاصل، أو إذا كان لها السرعة نفسها في الوسيطين.

مختبر الفيزياء

مختبر الفيزياء

تذبذب البندول Pendulum Vibrations

يمكن أن يوفر البندول البسيط نموذجًا لاستقصاء خصائص الموجات. ستصمم في هذه التجربة طريقة لاستعمال البندول لإيجاد سعة موجة، وزمنها الدوري، وترددها. وستحدد أيضًا تسارع الجاذبية الأرضية باستعمال البندول البسيط.

سؤال التجربة

كيف يوضح البندول البسيط خصائص الموجات؟

الخطوات

1. صمم بندولًا باستعمال المواد والأدوات المتوفرة لديك. وتحقق من فحص المعلم لتصميمك إذا كان ملائمًا أم لا، وذلك قبل المضي قدمًا في إجراء التجربة.
2. يكون طول البندول في هذا الاستقصاء مساويًا لطول الحيط مضافًا إليه نصف طول ثقل البندول. والسعة هي البعد بين النقطة التي سُحب إليها ثقل البندول ونقطة اتزانها. والتردد هو عدد دورات ثقل البندول في الثانية. أما الزمن الدوري فهو الزمن الذي يتطلبه ثقل البندول حتى يعمل دورة واحدة. وعند جمع البيانات حول الزمن الدوري يتعين عليك إيجاد الزمن الذي يحتاج إليه البندول حتى يكمل عشر دورات، ثم تجد بعد ذلك الزمن الدوري بوحدة ثانية (s). كما يتعين عليك عدّ الدورات التي تحدث في 10 s، ومنها تجد التردد بوحدة s^{-1} .
3. صمم طريقة بحيث تبقى كتلة ثقل البندول وسعة حركته ثابتتين، في حين تُغيّر طول البندول، ثم تحدّد تردده وزمنه الدوري. سجّل نتائجك في جدول البيانات، وكرّر المحاولات مع أطوال مختلفة للبندول لجمع البيانات.
4. صمم طريقة بحيث تُبقي طول البندول وسعته ثابتين، بينما تغيّر كتلة ثقل البندول، ثم حدد تردده وزمنه الدوري. سجّل نتائجك في جدول البيانات. وكرّر المحاولات لجمع البيانات.
5. صمم طريقة أخرى بحيث تبقى طول البندول وثقله ثابتين، في حين تغيّر سعة حركته، ثم حدد تردده وزمنه الدوري. سجّل نتائجك في جدول البيانات، وكرّر المحاولات لجمع البيانات.

الأهداف

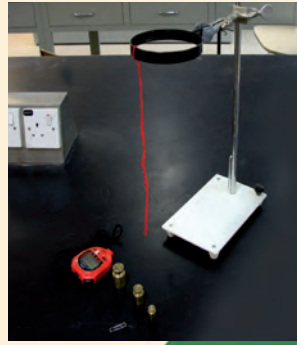
- تحدّد المتغيرات التي تؤثر في الزمن الدوري للبندول.
- تستقصي تردد البندول وزمنه الدوري وسعة اهتزازه.
- تقيس قيمة تسارع الجاذبية الأرضية g .

احتياطات السلامة



المواد والأدوات

- خيوط طوله 1.5 m
- ثلاثة أثقال رصاصية صغيرة
- مشبك ورق
- ساعة إيقاف
- حامل حلقي



الزمن المقدر حصّة مختبر واحدة.

المهارات العملية استخدام التفسيرات العلمية، والملاحظة والاستنتاج، والمقارنة، وتشكيل النماذج، والتفكير الناقد، والقياس، واستخلاص النتائج، وجمع البيانات وتنظيمها.

احتياطات السلامة اطلب إلى الطلاب الابتعاد عن المواقع التي يصلها ثقل البندول لكيلا يؤذيهم.

استراتيجيات التدريس

- ذكّر الطلاب أن الدورة الواحدة هي حركة واحدة للجسم ذهابًا وإيابًا.
- اطلب إلى الطلاب تحديد المتغيرات المستقلة والمتغيرات الضابطة في كل خطوة يصممونها.
- يمكنك أن تشبك خيط البندول بحافة الطاولة إذا لم يكن الحامل الحلقي ثابتًا في أثناء حركة البندول.
- أطوال خيوط البندول المقترحة 25 cm (قصير)، 75 cm (وسط) و 1m (طويل).

عينة بيانات

ستختلف الإجابات. عينة ملاحظات للخطوات 3-5:

3. T ، و f تعتمدان على l .

4. T ، و f لا تعتمدان على m .

5. T ، و f لا تعتمدان على A ($A < 15^\circ$)

يوضح الجدول التالي كيفية حساب الزمن الدوري كما هو موضح في الخطوة 2

الزمن الذي تتطلبه 10 دورات (s)			
المحاولة 1	المحاولة 2	المحاولة 3	
25	25	25	الطول 1
متوسط الزمن الذي تتطلبه 10 دورات (s)	الزمن الدوري (s/cycle)	طول الخيط (m)	
25	2.5	1.5	الطول 1

التحليل

1. التغير في السعة لا يغير الزمن الدوري.
2. تغير كتلة ثقل البندول لا يغير الزمن الدوري.
3. الزمن الدوري يتناسب طردياً مع $\sqrt{l}$.
4. $g = 4\pi^2 l / T^2$ ، ستختلف الإجابات، عينة بيانات: $g = 9.6 \text{ m/s}^2$
5. ستختلف الإجابات، عينة بيانات: النسبة المئوية للخطأ (الخطأ النسبي) $\% \text{error} = \frac{9.80 \text{ m/s}^2 - 9.6 \text{ m/s}^2}{9.80 \text{ m/s}^2} \times 100\% = 2.0\%$ المصادر المحتملة للخطأ تتضمن دقة القياسات، والاحتكاك، وحركة الحامل الحلقي.

الاستنتاج والتطبيق

1. يؤثر الطول في الزمن الدوري كما تؤثر g عند تغير المكان.
2. يتحرك البندول حركة توافقية بسيطة، شبيهة جداً بحركة الموجة.
3. يصبح تأثير خطأ القياس أقل.
4. أكبر طاقة حركية (KE) لثقل البندول عند أسفل نقطة في مسار تأرجحه.
5. أكبر طاقة وضع (PE) لثقل البندول عند النقطة التي تمثل أكبر سعة.

التوسع في البحث

إجابة محتملة: يمكن أن يلاحظ الطلاب الدوران الظاهري لمستوى حركة البندول؛ بسبب دوران الأرض.

الفيزياء في الحياة

ستتوقف حركة البندول بعد زمن تحت تأثير الاحتكاك الميكانيكي. ويصعب الوصول إلى دقة عالية في حال حركة البندول بسعة كبيرة، بالإضافة إلى أنه يجب معايرة البندول لفترة زمنية منطقية، مثل دورة كاملة أو نصف دورة لكل ثانية.

جدول البيانات 1

جدول البيانات هذا مصمم للخطوات 2-5						
التردد (s^{-1})	الزمن الدوري (s)	المتوسط	المحاولة 3	المحاولة 2	المحاولة 1	
	_____					الطول 1
	_____					الطول 2
	_____					الطول 3
	_____					الكتلة 1
	_____					الكتلة 2
	_____					الكتلة 3
	_____					الاتساع 1
	_____					الاتساع 2
	_____					الاتساع 3

جدول البيانات 2

جدول البيانات هذا مصمم للخطوة 6، لإيجاد قيمة g						
طول الخيط (m)	الزمن الدوري (s)	المتوسط	المحاولة 3	المحاولة 2	المحاولة 1	
						الطول 1
						الطول 2
						الطول 3

6. صمم طريقة باستعمال البندول لحساب تسارع الجاذبية الأرضية g ، مستخدماً المعادلة التالية: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ حيث تمثل T الزمن الدوري، و l طول خيط البندول، تذكر تنفيذ عدة محاولات لجمع البيانات.
3. حلل لماذا يفضل تكرار الخطوة ثلاث مرات أو أكثر لإيجاد التردد والزمن الدوري للبندول؟
4. حلل واستنتج متى يكون لثقل البندول أكبر طاقة حركية؟
5. حلل واستنتج متى يكون لثقل البندول أكبر طاقة وضع؟

التوسع في البحث

افترض أن لديك بندولاً طويلاً، ما الملاحظات التي تتوقعها على حركة هذا البندول مدة يوم كامل؟

الفيزياء في الحياة

يستعمل البندول في تشغيل بعض أنواع الساعات. استعن بملاحظاتك خلال هذه التجربة لتحديد مشكلات التصميم الموجودة في بندولك عند استعماله أداة لضبط الوقت.

الفيزياء

عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من المعلومات عن سلوك الموجات ارجع إلى الموقع الإلكتروني obcikaneducation.com.

التحليل

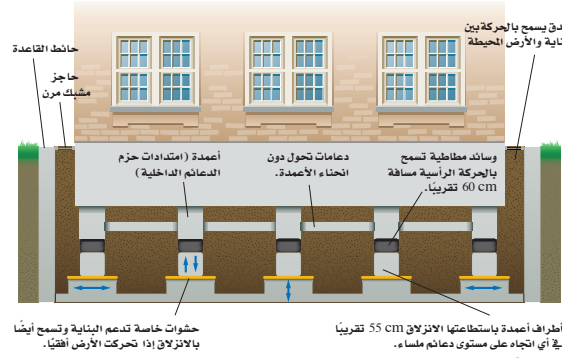
1. رخص ما العلاقة بين سعة حركة البندول وزمنه الدوري؟
2. رخص ما العلاقة بين كتلة ثقل البندول وزمنه الدوري؟
3. قارن كيف يرتبط الزمن الدوري للبندول مع طوله؟
4. حلل أوجد مقدار g من البيانات في الخطوة 6.
5. تحليل الخطأ ما النسبة المئوية للخطأ في التجربة عند إيجاد قيمة g ؟ وما الأسباب المحتملة لوجود فرق بين القيمة التجريبية لـ g والقيمة المقبولة لها؟

الاستنتاج والتطبيق

1. استنتج ما التغير أو المتغيرات التي تؤثر في الزمن الدوري للبندول؟
2. قارن كيف تكون حركة البندول مشابهة لحركة الموجة؟

تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية عزز المفاهيم التي يستكشفها الطلاب، واطلب إليهم التفكير في التشابه بين الحركة الاهتزازية للموجات والبندول، ثم تحديد الكميات المشتركة التي تصف هذه الحركة في كل من الموجات والبندول. دع الطلاب يفكروا في العلاقات بين هذه الكميات. ودعهم يضعوا الفرضيات، واطلب إليهم تصميم تجربة لاختبار كل فرضية، واختيار الأدوات المناسبة، ثم راجع الخطوات مع الطلاب، وحدد الزمن الكافي الذي ينفذ الطلاب فيه تجاربهم.



تقلل التصميم الحديثة للأبنية الدمار الناتج عن الهزات الأرضية

والقوي. كما يمكن التقليل من الاهتزاز الجانبي بوضع دعائم انزلاقية تحت أعمدة البناء، تحفظ هيكل البناء ثابتاً إذا تحركت الأرض تحته إلى جانب من الجوانب.

أما التراكيب البنائية الطويلة - ومنها الأنفاق والجسور - فيجب أن تبنى بحيث تبقى رأسية أو أفقية إذا حدث قص أو صدع في الأرض أسفلها. فالجسر الذي يربط مملكة البحرين بالمملكة العربية السعودية له وصلات وروابط مرنة تجعله ثابتاً.

التوسع

1. ابحث ما المواد التي يتركب منها بناء مدرستك؟ وكيف بُنيت قواعد هذا البناء؟
2. لاحظ ابحث عن بناء فيه تصدع أو تشقق في أحد جدرانه، وبين سبب حدوثه، ولماذا اتخذ ذلك الشكل أو المسار؟ وماذا يحدث للبناء إذا تعرض لزلزال؟

الزلازل يعادل انفجاراً شديداً وعنيفاً في مكان ما تحت سطح الأرض. وتكون الموجات الميكانيكية المنتشرة من الزلازل موجات مستعرضة وموجات طولية. فتعمل الموجات المستعرضة على هز المباني أفقياً، في حين تهز الموجات الطولية المباني رأسياً. ولا يمكن توقع وقت حدوث الزلازل أو منع حدوثها حتى الآن، وما دام الأمر كذلك فكيف يمكن اتقاء أضرارها؟

نتيجة المعرفة المتزايدة حول الزلازل، بعد الاكتشافات الحديثة للكيفية التي تسبب بها الزلازل، تدمير المنشآت المختلفة، يجب أن تصمم المباني بحيث تصمد في وجه الزلازل وتكون قادرة على مقاومة آثارها التدميرية، بالإضافة إلى تحديث المباني القائمة.

تقليل الدمار تبنى معظم الجسور والممرات المنحدرة باستعمال طبقات خرسانية مدعومة بالفولاذ بعضها فوق بعض، وتحافظ قوة الجاذبية الأرضية عليها في مكانها. وتكون هذه التراكيب والمباني قوية جداً في ظل الظروف العادية. ولكنها تهتز جزئياً إذا تعرضت لزلزال قوي. لذا تتطلب قواعد البناء الحديثة ربط أجزاء المبنى معاً بواسطة قطع فولاذية ثقيلة وقوية.

ويمكن الحد من الأضرار التي يسببها الزلازل للمباني عن طريق السماح بحدوث كمية صغيرة من الحركة المسيطر عليها بين هيكل البناء وقواعده. ولتقليل الاهتزاز الرأسي للبناء توضع نوابض رأسية داخل الأجزاء الرأسية لهيكل البناء، وتصنع هذه النوابض من مَرَكَب مطاطي قوي مضغوط داخل أسطوانات مصنوعة من الفولاذ الثقيل

الخلفية النظرية

إن تطوير الأبنية المقاومة للزلازل يرتبط مع عملية تقويم الخسائر الناجمة عنها أكثر من ارتباطه بعلم الزلازل نفسه؛ إذ إن الأساليب المستخدمة قد طوّرت من خلال دراسة الأضرار التي لحقت بالمباني بعد الزلازل، ثم تصميم مبان بديلة بحيث لا تحدث مثل تلك الأضرار مرة أخرى. ويعرف هذا النوع من التطوير بالنهج الإرشادي. وتكون عادة طرائق البناء التقليدية في المناطق المعرضة للزلازل مقاومة للزلازل.

استراتيجيات التدريس

■ أحضر إلى غرفة الصف عينات من مواد البناء الشائعة (طوب، خشب، حديد تسليح، أسمنت، زجاج)، وناقش مع الطلاب كيف تستجيب هذه المواد لإجهادات الزلازل المختلفة. قد يرغب بعض الطلاب المهتمين في استقصاء مواضيع متقدمة ذات صلة بعلم المواد.

■ اطلب إلى الطلاب إحضار مقالة حديثة حول الزلازل الأرضية لمناقشتها في الصف. اسألهم عن قوة الزلازل، والتصاميم المناسبة للمنشآت، ونوع طبقات الأرض تحت المنشآت. (سلسلة صخور أو حواف صخور أو عروق أو ردم)

نشاط

النموذج اطلب إلى الطلاب البحث في تقنيات البناء التقليدي والحديث المقاوم للزلازل، ثم عمل نماذج أبنية مقاومة للزلازل.

البناء اطلب إلى الطلاب تصميم نماذج لأجهزة قياس الزلازل (السيزمومتر)، على أن يحتوي أحد الأنواع على ثقل معلق بواسطة خيط مثبت فيه قلم رصاص، بحيث يترك أثراً على شريط ورقي تحته.

التوسع

1. ستختلف الإجابات. مديريات الهندسة في المدينة أو المحافظة تزودك بمعلومات حول الأبنية المدرسية.
2. تبدأ الصدوع عادة وتنتهي عند نقاط حادة؛ مثل زوايا النوافذ. وتتحرك الصدوع عادة على امتداد النقاط الضعيفة في البناء. وتشكّل الصدوع التي تحدث في الطبقات الصخرية عادة بالطريقة نفسها.

دليل مراجعة الفصل

المفاهيم الرئيسية

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



7-1 الحركة الدورية Periodic Motion

المفاهيم الرئيسية	المفردات
- الحركة الدورية هي أي حركة تتكرر في دورة منتظمة، وفي أزمنة متساوية. - تنتج الحركة التوافقية البسيطة عندما تتناسب قوة الإرجاع المؤثرة في الجسم طردياً مع إزاحة الجسم عن وضع الاتزان. وتحقق هذه القوة قانون هوك.	- الحركة الدورية - الحركة التوافقية البسيطة - الزمن الدوري - السعة - قانون هوك - البندول البسيط - الرنين
$F = -kx$ تحتسب طاقة الوضع المرورية المخزنة في نابض يحقق قانون هوك بالمعادلة التالية: $PE_{sp} = \frac{1}{2} kx^2$ يمكن حساب الزمن الدوري لبندول بسيط بالمعادلة التالية: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$	

7-2 خصائص الموجات Waves Properties

المفاهيم الرئيسية	المفردات
- تنقل الموجة الطاقة دون أن تنقل مادة الوسط. - تكون إزاحة الوسط في الموجة المستعرضة متعامدة مع اتجاه حركة الموجة، أما في الموجة الطولية فتكون الإزاحة موازية لاتجاه حركة الموجة. - التردد هو عدد الدورات في الثانية، ويرتبط بالزمن الدوري من خلال المعادلة التالية:	- الموجة - نبضة موجية - الموجة الدورية - الموجة المستعرضة - الموجة الطولية - القاع - القمة - الطول الموجي
$f = \frac{1}{T}$ يمكن حساب طول موجة منتشرة باستخدام المعادلة التالية: $\lambda = \frac{v}{f}$	

7-3 سلوك الموجات Waves Behavior

المفاهيم الرئيسية	المفردات
- عندما تعبر موجة خلال حد فاصل بين وسطين مختلفين ينفذ جزء منها وينعكس الجزء الآخر. - ينص مبدأ التراكب على أن الإزاحة الحادثة في الوسط، والنتيجة عن موجتين أو أكثر تساوي المجموع الجبري للإزاحات الناتجة عن كل موجة على حدة. - يحدث التداخل عندما تتحرك موجتان أو أكثر في الوسط ذاته وفي الوقت نفسه. - إذا انعكست موجة في بُعدين عن حد فاصل بين وسطين فإن زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس. - الانكسار هو تغير اتجاه الموجات عند حد فاصل بين وسطين مختلفين.	- الموجة الساقطة - الموجة المنعكسة - مبدأ التراكب - التداخل - العقدة - بطن الموجة - الموجة الموقوفة - مقدمة الموجة - قانون الانعكاس - الانعكاس - الانكسار

خريطة المفاهيم

24. انظر دليل حلول المسائل.

إتقان المفاهيم

25. الحركة الدورية حركة تعيد نفسها بشكل

دوري منتظم. ومن الأمثلة عليها: اهتزاز نابض معلق في نهايته كتلة وتأرجح بندول بسيط والحركة الدائرية المنتظمة.

26. التردد هو عدد الدورات أو التكرارات في

الثانية، والزمن الدوري هو الزمن الذي يتطلبه إكمال دورة واحدة. والتردد يساوي مقلوب الزمن الدوري.

27. ينضغط النابض أو يستطيل مسافة تتناسب طردياً مع القوة المؤثرة فيه.

28. ثابت النابض يساوي ميل المنحنى البياني لتغير F مع x .

29. طاقة الوضع تساوي المساحة تحت المنحنى البياني لتغير F مع x .

30. لا. نعم. يعتمد على تسارع الجاذبية الأرضية g .

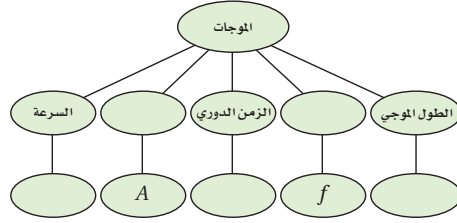
31. طريقتان. تُنقل الطاقة بانتقال الجسيمات والموجات. وهناك أكثر من مثال على كل منهما: البيسبول والرصاصة لانتقال الجسيمات، وموجات الصوت والضوء لانتقال الموجات.

32. الاختلاف الرئيس هو أن الموجات الميكانيكية تحتاج إلى وسط ناقل لتنتقل خلاله، أما الموجات الكهرومغناطيسية فلا تحتاج إلى وسط ناقل.

33. تسبب الموجات المستعرضة اهتزاز جسيمات الوسط الناقل في اتجاه عمودي على اتجاه انتشار الموجة. أما الموجات الطولية فتسبب اهتزاز جسيمات الوسط في اتجاه مواز لاتجاه انتشار الموجة. أما الموجات السطحية فلها صفات الموجتين الطولية والمستعرضة.

خريطة المفاهيم

24. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات والرموز التالية: السعة، التردد، T ، λ ، v .



إتقان المفاهيم

25. ما الحركة الدورية؟ أعط ثلاثة أمثلة عليها (7-1).

26. ما الفرق بين الزمن الدوري والتردد؟ وكيف يرتبطان؟ (7-1)

27. إذا حقق نابض قانون هوك؛ فكيف يكون سلوكه؟ (7-1)

28. كيف يمكن أن نستخلص من رسم بياني للقوة والإزاحة لنابض ما قيمة ثابت النابض؟ (7-1)

29. كيف يمكن أن نستخلص من الرسم البياني للقوة والإزاحة طاقة الوضع في نابض ما؟ (7-1)

30. هل يعتمد الزمن الدوري للبندول على كتلة ثقله؟ وهل يعتمد على طول خيطه؟ وعلامة يعتمد الزمن الدوري للبندول أيضاً؟ (7-1)

31. ما الطرائق العامة لانتقال الطاقة؟ أعط مثالين على كل منها (7-2).

32. ما الفرق الرئيس بين الموجات الميكانيكية والموجات الكهرومغناطيسية؟ (7-2)

33. ما الفروق بين كل من: الموجة المستعرضة، والموجة الطولية والموجة السطحية؟ (7-2)

34. ما الفرق بين النبضة الموجية والموجة الدورية؟ (7-2)

35. انتقلت موجات خلال نابض طوله ثابت. أجب عن السؤالين التاليين: (7-2)

a. هل تتغير سرعة الموجات في النابض؟ وضح ذلك.

b. هل يتغير تردد الموجة في النابض؟ وضح ذلك.

36. افترض أنك ولدت نبضة خلال حبل، فكيف تقارن موضع نقطة على الحبل قبل وصول النبضة بموضعها بعد مرور النبضة؟ (7-2)

37. افترض أنك ولدت موجة مستعرضة بهزّ أحد طرفي نابض جانبيّاً، فكيف يكون تردد يدك مقارنة بتردد الموجة؟ (7-2)

38. متى تكون النقاط في موجة في الطور نفسه؟ ومتى تكون في حالة اختلاف في الطور؟ أعط مثالاً على كل حالة (7-2).

39. صف العلاقة بين سعة موجة والطاقة التي تحملها (7-2).

40. عندما تمر موجة خلال حد فاصل بين حبل رفيع وآخر سميك، كما في الشكل 18-7، ستتغير سرعتها وطولها الموجي، ولن يتغير ترددها. فسر لماذا يبقى التردد ثابتاً (3-7).



الشكل 18-7

41. بُنيت شريحة فلزية رقيقة من مركزها، ونُثر عليها سكر. فإذا نقر على قوس بالقرب منها فإن أحد طرفيها يبدأ في الاهتزاز، ويبدأ السكر في التجمع في مساحات محدّدة، ويتحرك مبتعداً عن مساحات أخرى. صف هذه المناطق بدلالة الموجات الموقوفة. (7-3)

34. النبضة الموجية عبارة عن اضطراب مفرد في الوسط، أما الموجة الدورية فتتكوّن من عدة اضطرابات متجاورة.

35. a. لا تتغير سرعة الموجات، لأنها تعتمد فقط على الوسط للناقل.

b. يمكن تغيير التردد عن طريق تغيير تردد مولّد الموجات.

36. بمجرد مرور النبضة فإن هذه النقطة تعود تمامًا كما كانت قبل وصول النبضة.

37. يكونان متساويين.

38. تكون النقاط في الطور نفسه إذا كان لها نفس الإزاحة والسرعة المتجهة. وخلاف ذلك تكون النقاط في حالة

اختلاف في الطور. فمثلاً تكون قمتان في الموجة في الطور نفسه إحداهما بالنسبة إلى الأخرى. أما القمة والقاع فلا يكونان في الطور نفسه إحداهما بالنسبة إلى الآخر.

39. تتناسب الطاقة التي تحملها الموجة طردياً مع مربع سعتها.

40. يعتمد التردد فقط على معدل اهتزاز الحبل الرفيع، والذي بدوره يؤدي إلى اهتزاز الحبل السميك بالتردد نفسه.

41. المساحات الخالية هي مناطق البطون؛ حيث يكون فيها أكبر اهتزاز. أما المساحات التي يتجمع فيها السكر فهي مناطق العقْد والتي لا يكون عندها اهتزاز.

التقويم

42. تتكوّن موجة موقوفة، ويتكون خمس نقاط.
43. يتغير كل من الطول الموجي واتجاه مقدمات الموجة. أما التردد فلا يتغير.

تطبيق المفاهيم

44. تكون طاقة الوضع المرونية عند أسفل الحركة عند قيمتها العظمى، وطاقة وضع الجاذبية عند قيمتها الصغرى، والطاقة الحركية صفرًا. أما عند وضع الاتزان فتكون الطاقة الحركية (KE) عند قيمتها العظمى، وطاقة الوضع المرونية صفرًا. وعند أعلى نقطة في مسار الحركة - لحظة الارتداد إلى أسفل - تكون الطاقة الحركية (KE) صفرًا، وطاقة وضع الجاذبية عند قيمتها العظمى، وطاقة الوضع المرونية عند قيمتها العظمى. وتكون الطاقة الميكانيكية الكلية محفوظة.

45. لا، تكون المحطة الفضائية في حالة سقوط حر، ولذلك تكون القيمة الظاهرية لثابت الجاذبية g صفرًا، ولا يتأرجح البندول.
46. تتولد في الحالة الأولى موجات طولية؛ أما في الحالة الثانية فتتولد موجات مستعرضة.
47. يزداد تردد الموجات؛ وتبقى السرعة نفسها؛ ويقل الطول الموجي.

48. تقريبًا أربعة أضعاف الطاقة.

49. يكون الحد الفاصل A أكثر صلابة؛ أما الحد الفاصل B فيكون أقل صلابة، ويكون الحد الفاصل C أقل صلابة، ويكون الحد الفاصل D أكثر صلابة.

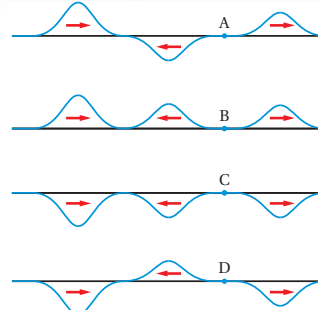
إتقان حل المسائل

7-1 الحركة الدورية

50. 0.12 m

51. 27 N/m

52. 0.29 m

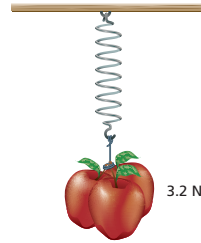


الشكل 7-19

إتقان حل المسائل

7-1 الحركة الدورية

50. ماصات الصدمات إذا كان ثابت كل نابض من نوابض سيارة وزنها 1200N يساوي 25000 N/m. فكم ينضغط كل نابض إذا تحملت السيارة ربع وزنها؟
51. إذا استطال نابض مسافة 0.12 m عندما علّق في أسفله عدد من التفاحات وزنها 3.2 N كما في الشكل 7-20، فما مقدار ثابت النابض؟



الشكل 7-20

52. قاذفة الصواريخ تحتوي لعبة قاذفة الصواريخ على نابض ثابت يساوي 35 N/m. ما المسافة التي يجب أن ينضغطها النابض حتى يخزن طاقة مقدارها 1.5 J؟

42. إذا اهتز جبل مشكلاً أربعة أجزاء أو أقسام فإنك تستطيع أن تلمس عددًا من النقاط عليه دون أن تحدث اضطرابًا في حركته. بين عدد هذه النقاط (7-3).
43. مرّت مقدمات موجات بزواوية من وسط إلى آخر، وتحركت فيه بسرعة مختلفة. صفّ تغيرين في هذه المقدمات، وما الذي لم يتغير؟ (7-3)

تطبيق المفاهيم

44. تهتز كرة إلى أعلى وإلى أسفل عند طرف نابض مثبت رأسياً. صفّ تغيرات الطاقة التي تحدث خلال دورة كاملة. وهل تغيرت الطاقة الميكانيكية الكلية؟
45. هل يمكن استخدام ساعة بندول في محطة فضائية دولية تتحرك في مدارها؟ وضح ذلك.
46. افترض أنك أمسكت قضيباً فلزيًا طوله 1 m، وضربت أحد طرفيه بمطرقة، في اتجاه مواز لطوله أولاً، ثم في اتجاه يصنع زاوية قائمة مع طوله ثانيًا. صفّ الموجات المتولدة في الحالتين.
47. افترض أنك غمست إصبعك بشكل متكرر في حوض مملوء بالماء لتوليد موجات دائرية، فإذا يحدث لطول الموجة إذا حركت إصبعك بسرعة؟
48. افترض أنك أحدثت نبضة واحدة في نابض مشدود، فما الطاقة التي يتطلبها إحداث نبضة لها ضعف السعة؟
49. تكون النبضة اليسرى في كل واحدة من الموجات الموضحة في الشكل 7-19 هي النبضة الأصلية، وتتحرك إلى اليمين، وتكون النبضة التي في المركز هي النبضة المنعكسة، بينما تكون النبضة اليمنى هي النبضة النافذة. صفّ صلابة الحد الفاصل عند النقاط A، B، C، D.

53. 0.35 J

54. a. 20 N/m

b. 2.50 J

2-7 خصائص الموجات

55. 4.0 m/s

56. a. 1.9 m/s

b. 2.1 m

57. a. 1.50×10^3 m/s

b. 1.00×10^{-6} s

c. 1.00×10^{-6} s

58. 3.6 m/s

59. 8.1×10^2 km

3-7 سلوك الموجات

60. a. 2.4×10^{-3} s

b. تنقلب النبضات عندما تنعكس عن وسط أكثر صلابة، لذلك يكون اتجاه النبضة المنعكسة إلى أسفل.

c. 15 cm من الطرف الآخر.

مراجعة عامة

61. 2.4 s

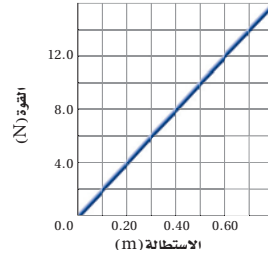
62. a. المدى من 190 m إلى 550 m

b. المدى من 2.78 m إلى 3.4 m

53. ما مقدار طاقة الوضع المخزنة في نابض عندما يستطيل مسافة 16 cm علماً بأن مقدار ثابتة يساوي 27 N/m ؟

54. يبين الشكل 21-7 العلاقة البيانية بين القوة المؤثرة في نابض ومقدار استطالته. احسب مقدار: a. ثابت النابض.

b. الطاقة المخزنة في النابض عندما يستطيل ويصبح طوله 0.50 m



الشكل 21-7

2-7 خصائص الموجات

55. موجات المحيط إذا كان طول موجة محيطية 12.0 m، وتمر بموقع ثابت كل 3.0 s، فما سرعة الموجة؟

56. تنتقل موجة ماء في بركة مسافة 3.4 m في 1.8 s. فإذا كان الزمن الدوري للاهتزاز الواحدة يساوي 1.1 s، فاحسب مقدار:

a. سرعة موجات الماء.

b. الطول الموجي لهذه الموجات.

57. السونار يرسل سونار (جهاز يكشف المواقع تحت سطح الماء عن طريق الصدى) في الماء إشارة ترددها 1.00×10^6 Hz وطولها الموجي يساوي 1.50 mm. احسب مقدار:

a. سرعة الإشارة في الماء.

b. الزمن الدوري للإشارة في الماء.

c. الزمن الدوري للإشارة في الهواء.

58. جلس عمر وطارق بعد السباحة على شاطئ بركة، وقدرًا المسافة الفاصلة بين قاع الموجة السطحية وقمتها بمقدار 3.0 m، فإذا عدًا 12 قمة مرت بالشاطئ خلال 20.0 s، فاحسب سرعة انتشار الموجات.

59. الزلازل إذا كانت سرعة الموجات المستعرضة الناتجة عن زلزال 8.9 km/s وسرعة الموجات الطولية 5.1 km/s، وسجل جهاز السيزموجراف زمن وصول الموجات المستعرضة قبل وصول الموجات الطولية بـ 68 s، فكم يبعد مركز الزلزال؟

3-7 سلوك الموجات

60. إذا كانت سرعة الموجة في وتر طوله 63 cm تساوي 265 m/s، وقد حركته من مركزه بسحبه إلى أعلى ثم تركته، فتحركت نبضة في الاتجاهين، ثم انعكست النبضتان عند نهايتي الوتر:

a. فما الزمن الذي تحتاج إليه النبضة حتى تصل طرف الوتر ثم تعود إلى مركزه؟

b. هل يكون الوتر أعلى موضع سكونه أم أسفله عندما تعود النبضتان؟

c. إذا حركت الوتر من نقطة تبعد 15 cm عن أحد طرفيه فأين تلتقي النبضتان؟

مراجعة عامة

61. ما الزمن الدوري لنبول طوله 1.4 m ؟

62. موجات الراديو تبث إشارات راديو Am بترددات بين 550 kHz و 1600 kHz وتنتقل بسرعة

التقويم

63. 0.57 N/m

64. 3.17 s

b. لن يكون هناك اختلاف.

c. عند أسفل التآرجح.

d. عند قمة التآرجح.

e. عند قمة التآرجح.

f. عند أسفل التآرجح.

65. $22,000 \text{ N/m}$

b. 1.1 J

التفكير الناقد

66. 40 N/m

b. 5 J

c. القوة غير ثابتة في أثناء انضغاط النابض.

ويعطي حاصل ضرب متوسط القوة 10 N

في المسافة الشغل الصحيح.

67. a. انظر دليل حلول المسائل.

b. 21 N/m

c. 2.5 J

68. 3 Hz

b. طاقة الوضع الإضافية المخزنة في كل من النابضين الخلفيين بعد تحميل صندوق السيارة.

التفكير الناقد

66. حل واستنتج إذا لزم قوة مقدارها 20 N لإحداث استطالة في نابض مقدارها 0.5 m ، فأجب عما يلي:

a. ما مقدار ثابت النابض؟

b. ما مقدار الطاقة المخزنة في النابض؟

c. لماذا لا يكون الشغل المبذول لإطالة النابض مساوياً لحاصل ضرب القوة في المسافة، أو 10 J ؟

67. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها علقت عدة كتل في نهاية نابض، وقيست الزيادة في طول النابض. ويبين الجدول 7-1 المعلومات التي تم الحصول عليها:

الجدول 7-1	
الأوزان المعلقة في النابض	
الاستطالة x (m)	القوة F (N)
0.12	2.5
0.26	5.0
0.35	7.5
0.50	10.0
0.60	12.5
0.71	15.0

a. مثل بيانياً القوة المؤثرة في النابض مقابل الاستطالة فيه، على أن ترسم القوة على المحور y .

b. احسب ثابت النابض من الرسم البياني.

c. استخدم الرسم البياني في إيجاد طاقة الوضع المرونية المخزنة في النابض عندما يستطيل مسافة 0.50 m

68. تطبيق المفاهيم تتكون موجات ترابية في الغالب على الطرق الترابية، ويكون بعضها متباعداً عن بعض بصورة منتظمة، كما تكون هذه التموجات

$3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ ، أجب عما يلي:

a. ما مدى الطول الموجي لهذه الإشارات؟

b. إذا كان مدى ترددات FM بين 88 MHz

(ميغا Hz) و 108 MHz وتنتقل بالسرعة

نفسها، فما مدى الطول الموجي لموجات FM؟

63. القفز بالحبل المطاطي قفز لاعب من منطاد على ارتفاع عالٍ بواسطة حبل نجاة قابل للاستطالة طوله 540 m ، وعند اكتمال القفزة كان اللاعب معلقاً بالحبل الذي أصبح طوله 1710 m . ما مقدار ثابت النابض لحبل النجاة إذا كانت كتلة اللاعب 68 kg ؟

64. تآرجح جسر يتأرجح طارق وحسن على جسر بالحبال فوق أحد الأنهار، حيث يربطان حبالهما عند إحدى نهايتي الجسر، ويتأرجحان عدة دورات جيئة وذهاباً، ثم يسقطان في النهر. أجب عن الأسئلة التالية:

a. إذا استخدم طارق حبالاً طوله 10.0 m ، فما الزمن الذي يحتاج إليه حتى يصل قمة الدورة في الجانب الآخر من الجسر؟

b. إذا كانت كتلة حسن تزيد 20 kg على كتلة طارق، فكم تتوقع أن يختلف الزمن الدوري لحسن عما هو لطارق؟

c. أي نقطة في الدورة تكون عندها KE أكبر ما يمكن؟

d. أي نقطة في الدورة تكون عندها PE أكبر ما يمكن؟

e. أي نقطة في الدورة تكون عندها KE أقل ما يمكن؟

f. أي نقطة في الدورة تكون عندها PE أقل ما يمكن؟

65. نابض السيارات إذا أضيفت حمولة مقدارها 45 kg إلى صندوق سيارة صغيرة جديدة، ينضغط النابضان الخلفيان مسافة إضافية مقدارها 1.0 cm ، احسب مقدار:

a. ثابت النابض لكل من النابضين الخلفيين.

الكتابة في الفيزياء

69. **بحث** درس العالم كريستيان هويجنز الموجات، وحدث خلاف بينه وبين نيوتن حول طبيعة الضوء. قارن بين تفسير كل منهما لظواهر الانعكاس والانكسار. أي النموذجين تؤيد؟ ولماذا؟

مراجعة تراكمية

70. تقطع سيارة سباق كتلتها 1400 kg مسافة 402 m خلال 9.8 s. فإذا كانت سرعتها النهائية 112 m/s، فأجب عما يلي: (الفصل 4)
- a. ما مقدار الطاقة الحركية النهائية للسيارة؟
- b. ما أقل مقدار من الشغل بذله محرك السيارة؟ ولماذا لا يمكنك حساب مقدار الشغل الكلي المبذول؟
- c. ما مقدار التسارع المتوسط للسيارة؟

عمودية على الطريق كما في الشكل 7-22. وينتج هذا التموج بسبب حركة معظم السيارات بالسرعة نفسها واهتزاز النواض المتصلة بعجلات السيارة بالتردد نفسه. فإذا كان بعد التموجات بعضها عن بعض 1.5 m، وتحرك السيارات على هذا الطريق بسرعة 5 m/s، فما تردد اهتزاز نواض السيارة؟



■ الشكل 7-22

الكتابة في الفيزياء

69. وضع هويجنز النظرية الموجية للضوء. أما نيوتن فقد وضع النظرية الجسيمية للضوء. ويمكن تفسير قانون الانعكاس باستخدام النظريتين، أما في تفسير قانون الانكسار فهما متناقضتان.

مراجعة تراكمية

70. a. $8.8 \times 10^6 \text{ J}$
- b. أقل مقدار من الشغل يجب أن يساوي الطاقة الحركية (KE)؛ أي $8.8 \times 10^6 \text{ J}$. ويبدل المحرك شغلاً أكبر للتعويض عن الشغل الضائع ضد قوة الاحتكاك.
- c. 11 m/s^2

سَلَم تقدير

يمثل الجدول الآتي نموذجاً لسلم تقدير لإجابات الأسئلة الممتدة.

العلامات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهماً كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، فيمكن أن تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهماً للمواضيع الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة وتظهر فهماً أساسياً، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهماً جزئياً للمواضيع الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل، أو قدّم حلاً صحيحاً، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسية.
1	يُظهر الطالب فهماً محدوداً جداً للمواضيع الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدم الطالب حلاً غير صحيح تماماً، أو لا يستجيب على الإطلاق.

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. ما قيمة ثابت نابض يخزن طاقة وضع مقدارها 8.67 J عندما يستطيل مسافة 247 mm؟

(A) 70.2 N/m (B) 71.1 N/m (C) 142 N/m (D) 284 N/m

2. ما مقدار القوة المؤثرة في نابض له ثابت مقداره 275 N/m ويستطيل مسافة 14.3 cm؟

(A) 2.81 N (B) 19.2 N (C) 39.3 N (D) 3.93×10^{30} N

3. إذا علقت كتلة في نهاية نابض فاستطال 0.85 m كما في الشكل أدناه، فما مقدار ثابت النابض؟

(A) 0.25 N/m (B) 0.35 N/m (C) 26 N/m (D) 3.5×10^2 N/m



4. يسحب نابض باباً لكي يغلقه. ما مقدار الشغل المبذول عندما يسحب النابض الباب بسرعة ثابتة بحيث تتغير استطالة النابض من 85.0 cm إلى 5.0 cm، علماً بأن ثابت النابض 350 N/m؟

(A) 112 N.m (B) 130 J (C) 224 N.m (D) 1.12×10^3 J

5. ما الترتيب الصحيح لمعادلة الزمن الدوري لـ بندول بسيط لحساب طوله؟

(A) $l = \frac{4\pi^2 g}{T^2}$ (B) $l = \frac{gT}{4\pi^2}$ (C) $l = \frac{T^2 g}{(2\pi)^2}$ (D) $l = \frac{Tg}{2\pi}$

6. ما تردد موجة زمنها الدوري 3 s؟

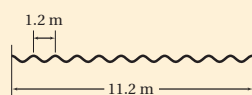
(A) 0.3 Hz (B) 30 Hz (C) $\frac{\pi}{3}$ Hz (D) 3 Hz

7. أي الخيارات التالية يصف الموجة الموقوفة؟

الموجات	الاتجاه	الوسط
(A) متطابقة	نفسه	نفسه
(B) غير متطابقة	متعاكس	مختلف
(C) متطابقة	متعاكس	نفسه
(D) غير متطابقة	نفسه	مختلف

8. تحركت موجة طولها 1.2 m مسافة 11.2 m في اتجاه جدار، ثم ارتدت عنه وعادت ثانية خلال 4 s، فما تردد الموجة؟

(A) 0.2 Hz (B) 2 Hz (C) 5 Hz (D) 9 Hz



9. ما طول بندول بسيط زمنه الدوري 4.89 s؟

(A) 5.94 m (B) 11.9 m (C) 24.0 m (D) 37.3 m

الأسئلة الممتدة

10. استخدم تحليل الوحدات للمعادلة $kx = mg$ لاشتقاق وحدة k.

إرشاد

تدرب، تدرب، تدرب

تدرب لتحسين أدائك في الاختبار المقنن، ولا تقارن نفسك بالآخرين.

أسئلة الاختيار من متعدد

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

الأسئلة الممتدة

10. $k = \frac{mg}{x}$

$k = \frac{\text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2}{\text{m}}$

ولأن $1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$ فإنه يمكنك تعويض 1 N

في بسط المعادلة السابقة للتوصل إلى: $k = \frac{\text{N}}{\text{m}}$

مسائل تدريبية

1-7 الحركة الدورية (صفحة 14-9)

صفحة 12

1. ما مقدار استطالة نابض عند تعليق جسم وزنه 18 N في نهايته إذا كان ثابت النابض له يساوي 56 N/m؟

$$F = kx$$

$$x = \frac{F}{k} = \frac{18 \text{ N}}{56 \text{ N/m}} = 0.32 \text{ m}$$

2. ما مقدار طاقة الوضع المرونية المخزنة في نابض عند ضغطه مسافة 16.5 cm، إذا كان ثابت النابض له يساوي 144 N/m؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2} kx^2$$

$$= \frac{1}{2} (144 \text{ N/m})(0.165 \text{ m})^2 = 1.96 \text{ J}$$

3. ما المسافة التي يستطيلها نابض حتى يخزن طاقة وضع مرونية مقدارها 48 J، إذا كان ثابت النابض له يساوي 256 N/m؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2} kx^2$$

$$x = \sqrt{\frac{2PE_{sp}}{k}} = \sqrt{\frac{(2)(48 \text{ J})}{256 \text{ N/m}}} = 0.61 \text{ m}$$

صفحة 13

4. ما طول بندول موجود على سطح القمر، حيث $g = 1.6 \text{ m/s}^2$ حتى يكون الزمن الدوري له 2.0 s؟

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$l = g \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2 = (1.6 \text{ m/s}^2) \left(\frac{2.0 \text{ s}}{2\pi} \right)^2 = 0.16 \text{ m}$$

5. إذا كان الزمن الدوري لبندول طوله 0.75 m يساوي 1.8 s على سطح أحد الكواكب، فما مقدار g على هذا الكوكب؟

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$g = l \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 = (0.75 \text{ m}) \left(\frac{2\pi}{1.8 \text{ s}} \right)^2 = 9.1 \text{ m/s}^2$$

مراجعة القسم

1-7 الحركة الدورية (صفحة 14-9)

صفحة 14

6. قانون هوك علقت أجسام مختلفة الوزن بنهاية شريط مطاطي مثبت بخطاف، ثم رسمت العلاقة البيانية بين وزن الأجسام المختلفة واستطالة الشريط المطاطي. كيف تستطيع الحكم - اعتماداً على الرسم البياني - ما إذا كان الشريط المطاطي يحقق قانون هوك أم لا؟

إذا كانت العلاقة البيانية خطية فإن الشريط المطاطي يحقق قانون هوك، أما إذا كانت العلاقة البيانية على شكل منحني فإنه لا يحقق قانون هوك.

7. البندول ما مقدار التغير اللازم في طول بندول حتى يتضاعف زمنه الدوري إلى الضعف؟ وما مقدار التغير اللازم في طوله حتى يقل زمنه الدوري إلى نصف زمنه الدوري الأصلي؟

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

لذا فإن

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}}$$

لتضاعفة الزمن الدوري

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}} = 2$$

لذا فإن

$$\frac{l_2}{l_1} = 4$$

يجب مضاعفة طول البندول أربع مرات.

ولتقليل الزمن الدوري للبندول إلى النصف

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}} = \frac{1}{2}$$

لذا فإن

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{1}{4}$$

يجب تقليل طول البندول ليساوي ربع طوله الأصلي.

تابع الفصل 7

8. طاقة النابض ما الفرق بين الطاقة المخزنة في نابض استطال 0.40 m والطاقة المخزنة في النابض نفسه عندما يستطيل 0.20 m ؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2} kx^2$$

$$\frac{PE_1}{PE_2} = \frac{x_1^2}{x_2^2}$$

$$= \frac{(0.40 \text{ m})^2}{(0.20 \text{ m})^2} = 4.0$$

تكون الطاقة المخزنة أكبر أربع مرات عندما يستطيل النابض إلى 0.40 m.

9. الرنين إذا كانت عجلات سيارة غير متوازنة فسوف تهتز السيارة بقوة عند سرعة محدّدة، ولا يحدث ذلك عند سرعات أقل أو أكبر من هذه السرعة. فسّر ذلك.

عند تلك السرعة يقترب تردد دوران الإطار من التردد الطبيعي للسيارة؛ مما يؤدي إلى حدوث الرنين.

10. التفكير الناقد ما أوجه الشبه بين الحركة الدائرية المنتظمة والحركة التوافقية البسيطة؟ وما أوجه الاختلاف بينهما؟

الحركتان دوريتان إلا أنه في الحركة الدائرية المنتظمة لا تتناسب القوة التي تحدث التسارع مع الإزاحة. بالإضافة إلى أن الحركة التوافقية البسيطة تحدث في بعد واحد، أما الحركة الدائرية المنتظمة فتحدث في بعدين.

مسائل تدريبية

7-2 خصائص الموجات (صفحة 20-15)

صفحة 20

11. أطلق فادي صوتاً عاليًا في اتجاه جرف رأسي يبعد 465 m عنه، وسمع الصدى بعد 2.75 s. احسب مقدار:

a. سرعة صوت فادي في الهواء.

$$v = \frac{d}{t} = \frac{(2)(465 \text{ m})}{2.75 \text{ s}} = 338 \text{ m/s}$$

b. تردد موجة الصوت إذا كان طولها الموجي يساوي 0.750 m.

$$v = \lambda f$$

لذا فإن

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{338 \text{ m/s}}{0.750 \text{ m}} = 451 \text{ Hz}$$

c. الزمن الدوري للموجة.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{451 \text{ Hz}} = 2.22 \times 10^{-3} \text{ s}$$

12. إذا أردت زيادة الطول الموجي لموجات في حبل فهل تهز الحبل بتردد كبير أم بتردد صغير؟

تهز الحبل بتردد صغير؛ وذلك لأن الطول الموجي يتناسب عكسيًا مع التردد.

13. ولّد مصدرٌ في حبل اضطرابًا تردّده 6.00 Hz، فإذا كانت سرعة الموجة المستعرضة في الحبل 15.0 m/s، فما طولها الموجي؟

$$v = \lambda f$$

لذا فإن

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{15.0 \text{ m/s}}{6.00 \text{ Hz}} = 2.50 \text{ m}$$

14. تولّد خمس نبضات في خزان ماء كل 0.100 s، فإذا كان الطول الموجي للموجات السطحية 1.20 cm، فما مقدار سرعة انتشار الموجة؟

$$\frac{0.100 \text{ s}}{5 \text{ نبضات}} = 0.0200 \text{ s/نبضة}$$

لذا فإن

$$T = 0.0200 \text{ s}$$

$$\lambda = vT$$

لذا فإن

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$v = \frac{1.20 \text{ cm}}{0.0200 \text{ s}}$$

$$= 60.0 \text{ cm/s}$$

$$= 0.600 \text{ m/s}$$

مراجعة القسم

7-2 خصائص الموجات (صفحة 20-15)

صفحة 20

15. السرعة في أوساط مختلفة إذا سحب أحد طرفي نابض، هل تصل النبضة إلى طرفه الآخر في اللحظة نفسها؟ ماذا يحدث لو سحب حبلًا؟ ماذا يحدث عند ضرب طرف قضيب حديدي؟ قارن بين سرعة انتقال النبضات في المواد الثلاث.

تحتاج النبضة إلى فترة زمنية حتى تصل إلى الطرف الآخر في كل حالة، ويكون انتقالها في الحبل أسرع منه في النابض، والنبضة الأسرع تكون في قضيب الحديد.

16. خصائص الموجة إذا ولدت موجة مستعرضة في حبل عن طريق هز يدك وتحريكها من جانب إلى آخر، ثم بدأت تهز الحبل أسرع من دون تغيير المسافة التي تتحركها يدك، فماذا يحدث لكل من: السعة، والطول الموجي، والتردد، والزمن الدوري، وسرعة الموجة؟

لا يتغير كل من السعة والسرعة، إلا أن التردد يزداد، في حين يقل كل من الزمن الدوري والطول الموجي.

17. الموجات تنقل الطاقة افترض أنه طُلب إليك أنت وزميلك في المختبر توضيح أن الموجة المستعرضة تنقل الطاقة دون انتقال مادة الوسط، فكيف توضح ذلك؟

اربط قطعة من الصوف في مكان ما بالقرب من منتصف الحبل، ثم اطلب إلى زميلك أن يثبت أحد طرفي الحبل، ثم حرك الحبل إلى أعلى وإلى أسفل لتوليد موجة مستعرضة. لاحظ أنه عندما تتحرك الموجة خلال الحبل فإن قطعة الصوف تتحرك إلى أعلى وإلى أسفل، ولكنها تبقى في المكان نفسه على الحبل.

18. الموجات الطولية صف الموجات الطولية. وما أنواع الأوساط التي تنقل الموجات الطولية؟

تهتز دقائق الوسط، في الموجات الطولية، في اتجاه مواز لاتجاه حركة الموجة. وتسمح الأوساط جميعها تقريبًا للموجات الطولية بالانتقال خلالها سواء أكانت أوساطًا صلبة أم سائلة أم غازية.

19. التفكير الناقد إذا سقطت قطرة مطر في بركة فستولد موجات ذات سعات صغيرة. أما إذا قفز سباح في البركة فسيولد موجات ذات سعات كبيرة. فلماذا لا تولد الأمطار الغزيرة في أثناء العواصف الرعدية موجات ذات سعات كبيرة؟

تنتقل طاقة السباح إلى الموجة عبر مساحة صغيرة وخلال فترة زمنية قصيرة، في حين تنتشر طاقة حبات المطر على مساحة أوسع خلال فترة زمنية أكبر.

مراجعة القسم

7-3 سلوك الموجات (صفحة 25-21)

صفحة 25

20. الموجات عند الحدود الفاصلة أي خصائص الموجة الآتية لا تتغير عندما تمر الموجة خلال حد فاصل بين وسطين مختلفين: التردد، السعة، الطول الموجي، السرعة، الاتجاه؟ لا يتغير التردد، في حين يتغير كل من السعة والطول الموجي والسرعة عندما تعبر الموجة وسطًا جديدًا. أما الاتجاه فقد يتغير أو لا يتغير، وذلك اعتمادًا على الاتجاه الأصلي للموجة.

21. انكسار الموجات لاحظ الشكل a 17-7، وبين كيف يتغير اتجاه الموجة عندما تمر من وسط إلى آخر. وهل يمكن أن تعبر موجة في بعدين حدًا فاصلًا بين وسطين دون أن يتغير اتجاهها؟ وضح ذلك.

نعم، إذا سقطت الموجة عمودياً على الحد الفاصل، أو إذا كان لها السرعة نفسها في الوسطين.

22. الموجات الموقوفة العلاقة بين عدد العقد وعدد البطون في موجة موقوفة في نابض مثبت الطرفين؟

يزيد عدد العقد دائمًا واحدة على عدد البطون.

23. التفكير الناقد هناك طريقة أخرى لفهم انعكاس الموجات، وهي أن تغطي الطرف الأيمن لكل رسم في الشكل 13a-7 بقطعة ورق، على أن يكون طرف الورقة موجودًا عند النقطة N (العقدة)، ثم تركز على الموجة الناتجة التي تظهر باللون الأزرق الغامق، وتلاحظ أنها تبدو مثل موجة منعكسة عن حد فاصل. فهل هذا الحد الفاصل حائط صلب أم ذو نهاية مفتوحة؟ كرر هذا التمرين مع الشكل 13b-7.

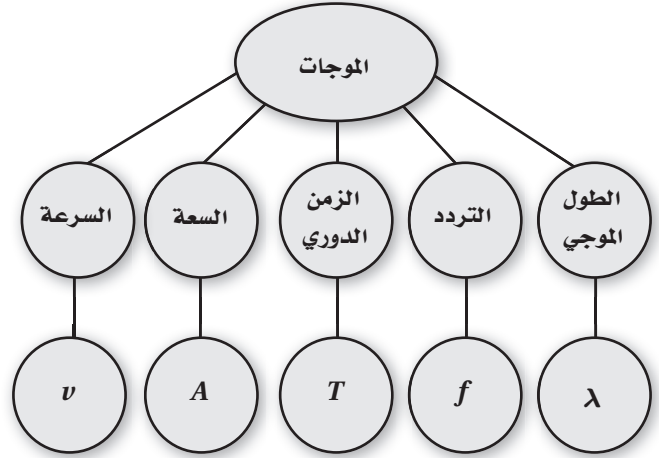
الشكل 13a-7 يسلك سلوك جدار صلب؛ لأن الموجة المنعكسة منقلبة. أما الشكل 13b-7 فيسلك سلوك النهاية المفتوحة؛ لأن الحد الفاصل بطن، والموجة المنعكسة غير منقلبة.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 30

24. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات والرموز التالية: السعة، التردد، v , λ , T .



إتقان المفاهيم

صفحة 30-31

25. ما الحركة الدورية؟ أعط ثلاثة أمثلة عليها. (7-1)

الحركة الدورية حركة تعيد نفسها في دورة منتظمة. ومن الأمثلة عليها: اهتزاز نابض، وتأرجح بندول بسيط، والحركة الدائرية المنتظمة.

26. ما الفرق بين الزمن الدوري والتردد؟ وكيف يرتبطان؟ (7-1)

التردد هو عدد الدورات أو التكرارات في الثانية، والزمن الدوري هو الزمن الذي يتطلبه إكمال دورة واحدة. ويمثل التردد مقلوب الزمن الدوري.

27. إذا حقق نابض قانون هوك؛ فكيف يكون سلوكه؟ (7-1)

ينضغط النابض مسافة تتناسب طردياً مع القوة المؤثرة فيه.

28. كيف يمكن أن نستخلص من رسم بياني للقوة والإزاحة لنابض ما قيمة ثابت النابض؟ (7-1)

ثابت النابض يساوي ميل العلاقة البيانية بين F و x .

29. كيف يمكن أن نستخلص من الرسم البياني للقوة والإزاحة طاقة الوضع في نابض ما؟ (7-1)

طاقة الوضع تساوي المساحة تحت منحنى العلاقة بين F و x .

30. هل يعتمد الزمن الدوري لبندول على كتلة ثقله؟ وهل يعتمد على طول خيطه؟ وعلامَ يعتمد الزمن الدوري للبندول أيضاً؟ (7-1)

لا يعتمد على كتلة ثقله، ويعتمد على طول خيطه، وتسارع الجاذبية الأرضية g .

31. ما الطرائق العامة لانتقال الطاقة؟ أعط مثالين على كل منها. (7-2)

طريقتان. تُنقل الطاقة بانتقال الجسيمات والموجات. وهناك أكثر من مثال على كل منهما: البيسبول والرصاصة لانتقال الجسيمات، وموجات الصوت والضوء لانتقال الموجات.

32. ما الفرق الرئيس بين الموجات الميكانيكية والموجات الكهرومغناطيسية؟ (7-2)

الاختلاف الرئيس هو أن الموجات الميكانيكية تحتاج إلى وسط ناقل لتنتقل خلاله، أما الموجات الكهرومغناطيسية فلا تحتاج إلى وسط ناقل.

33. ما الفرق بين كلٍّ من: الموجة المستعرضة، والموجة الطولية والموجة السطحية؟ (7-2)

تسبب الموجات المستعرضة اهتزاز جسيمات الوسط في اتجاه عمودي على اتجاه انتشار الموجة. أما الموجات الطولية فتسبب اهتزاز جسيمات الوسط في اتجاه مواز لاتجاه انتشار الموجة. أما الموجات السطحية فلها صفات الموجتين الطولية والمستعرضة.

34. ما الفرق بين النبضة الموجية والموجة الدورية؟ (7-2)

النبضة عبارة عن اضطراب مفرد في الوسط، أما الموجة الدورية فتتكون من عدة اضطرابات متجاورة.

35. انتقلت موجات خلال نابض طوله ثابت. أجب عن السؤالين التاليين: (7-2)

a. هل تتغير سرعة الموجات في النابض؟ وضح ذلك.

لا تتغير سرعة الموجات؛ لأنها تعتمد فقط على الوسط الناقل.

b. هل يتغير تردد الموجة في النابض؟ وضح ذلك.

يمكن تغيير التردد عن طريق تغيير تردد توليد الموجات.

36. افترض أنك ولدت نبضة خلال حبل، فكيف تقارن موضع نقطة على الحبل قبل وصول النبضة بموضعها بعد مرور النبضة؟ (7-2)

بمجرد مرور النبضة فإن هذه النقطة تعود تماماً كما كانت قبل وصول النبضة.

تابع الفصل 7

43. مرّت مقدمات موجات بزاوية من وسط إلى آخر، وتحركت فيه بسرعة مختلفة. صف تغيرين في هذه المقدمات، وما الذي لم يتغير؟ (7-3)

يتغير كل من الطول الموجي واتجاه مقدمات الموجة، أما التردد فلا يتغير.

تطبيق المفاهيم

صفحة 31

44. تهتز كرة إلى أعلى وإلى أسفل عند طرف نابض مثبت رأسياً. صف تغيرات الطاقة التي تحدث خلال دورة كاملة. وهل تغيرت الطاقة الميكانيكية الكلية؟

تكون طاقة الوضع المرونية عند أسفل الحركة عند قيمتها العظمى، وطاقة الوضع الجاذبية عند قيمتها الصغرى، والطاقة الحركية صفراً. أما عند وضع الاتزان فتكون الطاقة الحركية (KE) عند قيمتها العظمى، وطاقة الوضع المرونية صفراً. أما عند أعلى نقطة في مسار الحركة — لحظة الارتداد إلى أسفل — فتكون الطاقة الحركية (KE) صفراً، وتكون كل من طاقة الوضع الجاذبية وطاقة الوضع المرونية عند قيمتها العظمى، وتكون الطاقة الميكانيكية الكلية محفوظة.

45. هل يمكن استخدام ساعة بندول في محطة فضائية دولية تتحرك في مدارها؟ وضح ذلك.

لا، تكون المحطة الفضائية في حالة سقوط حر، لذا تكون القيمة الظاهرية لثابت الجاذبية g صفراً، ولا يتأرجح البندول.

46. افترض أنك أمسكت قضيباً فلزياً طوله 1 m ، وضربت أحد طرفيه بمطرقة، في اتجاه مواز لطوله أولاً، ثم في اتجاه يصنع زاوية قائمة مع طوله ثانياً. صف الموجات المتولدة في الحالتين.

تتولد في الحالة الأولى موجات طولية؛ أما في الحالة الثانية فتتولد موجات مستعرضة.

47. افترض أنك غمست إصبعك بشكل متكرر في حوض مملوء بالماء لتوليد موجات دائرية، فماذا يحدث لطول الموجة إذا حركت إصبعك بسرعة؟

يزداد تردد الموجات؛ وتبقى السرعة نفسها؛ ويقل الطول الموجي.

48. افترض أنك أحدثت نبضة واحدة في نابض مشدود، فما الطاقة التي يتطلبها إحداث نبضة لها ضعف السعة؟ أربعة أضعاف الطاقة تقريباً.

37. افترض أنك ولدت موجة مستعرضة بهزّ أحد طرفي نابض جانبيّاً، فكيف يكون تردد يدك مقارنة بتردد الموجة؟ (7-2) يكونان متساويين.

38. متى تكون النقاط في موجة في الطور نفسه؟ ومتى تكون في حالة اختلاف في الطور؟ أعط مثلاً على كل حالة. (7-2)

تكون النقاط في الطور نفسه إذا كان لها الإزاحة نفسها والسرعة المتجهة نفسها. وخلاف ذلك تكون النقاط في حالة اختلاف في الطور. فمثلاً تكون قمتان في الموجة في الطور نفسه إحداهما بالنسبة إلى الأخرى. أما القمة والقاع فلا يكونان في الطور نفسه أحدهما بالنسبة إلى الآخر.

39. صف العلاقة بين سعة موجة والطاقة التي تحملها. (7-2) تتناسب الطاقة التي تحملها الموجة طردياً مع مربع سعتها.

40. عندما تمر موجة خلال حد فاصل بين حبل رفيع وآخر سميك، كما في الشكل 18-7، ستتغير سرعتها وطولها الموجي، ولن يتغير ترددها. فسر لماذا يبقى التردد ثابتاً. (7-3)



الشكل 18-7

يعتمد التردد فقط على معدل اهتزاز الحبل الرفيع، الذي بدوره يؤدي إلى اهتزاز الحبل السميك بالتردد نفسه.

41. تُثبت شريحة فلزية رقيقة من مركزها، وتُثر عليها سكر. فإذا نقر على قوس بالقرب منها فإن أحد طرفيها يبدأ في الاهتزاز، ويبدأ السكر في التجمع في مساحات محدّدة، ويتحرك مبتعداً عن مساحات أخرى. صف هذه المناطق بدلالة الموجات الموقوفة. (7-3)

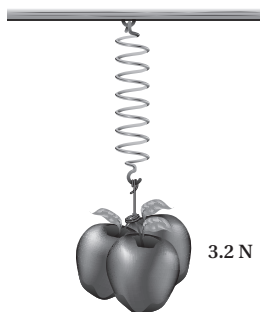
المساحات الخالية هي مناطق البطن؛ حيث يكون فيها أكبر اهتزاز. أما المساحات التي يتجمع فيها السكر فهي مناطق العقد التي لا يكون عندها اهتزاز.

42. إذا اهتز حبل مشكلاً أربعة أجزاء أو أقسام فإنك تستطيع أن تلمس عدداً من النقاط عليه دون أن تحدث اضطراباً في حركته. بين عدد هذه النقاط. (7-3)

تتكوّن موجة موقوفة، ويمكن أن تلمس الحبل عند أي نقطة من العقد الخمس.

تابع الفصل 7

51. إذا استطال نابض مسافة 0.12 m عندما علّق في أسفله عدد من التفاحات وزنها 3.2 N كما في الشكل 7-20، فما مقدار ثابت النابض؟



الشكل 7-20 ■

$$F = kx$$

لذا فإن

$$k = \frac{F}{x} = \frac{3.2 \text{ N}}{0.12 \text{ m}} = 27 \text{ N/m}$$

52. قاذفة الصواريخ تحتوي لعبة قاذفة الصواريخ على نابض ثابتة يساوي 35 N/m. ما المسافة التي يجب أن ينضغطها النابض حتى يخزن طاقة مقدارها 1.5 J؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2} kx^2$$

لذا فإن

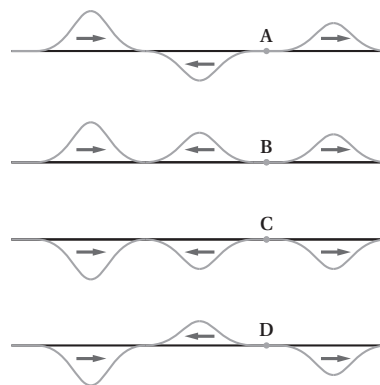
$$x = \sqrt{\frac{2PE_{sp}}{k}} = \sqrt{\frac{(2)(1.5 \text{ J})}{35 \text{ N/m}}} = 0.29 \text{ m}$$

53. ما مقدار طاقة الوضع المختزنة في نابض عندما يستطيل مسافة 16 cm علماً بأن مقدار ثابتته يساوي 27 N/m؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2} kx^2$$

$$PE_{sp} = \frac{1}{2} (27 \text{ N/m})(0.16)^2 = 0.35 \text{ J}$$

49. تكون النبضة اليسرى في كل واحدة من الموجات الموضحة في الشكل 7-19 أدناه هي النبضة الأصلية، وتتحرك إلى اليمين، وتكون النبضة التي في المركز هي النبضة المنعكسة، بينما تكون النبضة اليمنى هي النبضة النافذة. صف صلابة الحد الفاصل عند النقاط A، B، C، D.



الشكل 7-19 ■

يكون كل من الحدين الفاصلين A و D أكثر صلابة؛ أما الحدين الفاصلان، B و C فيكونان أقل صلابة.

إتقان حل المسائل

صفحة 31-32

7-1 الحركة الدورية

صفحة 31-32

50. ماصّات الصدمات إذا كان ثابت كل نابض من نوابض سيارة وزنها 1200 N يساوي 25000 N/m. فكم ينضغط كل نابض إذا حُمّلت السيارة برّبع وزنها؟

$$F = kx$$

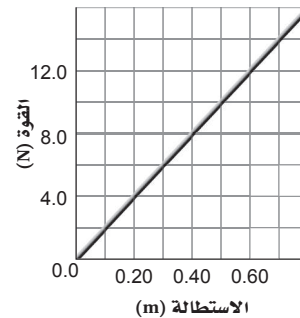
لذا فإن

$$x = \frac{F}{k}$$

$$x = \frac{\left(\frac{1}{4}\right)(1200 \text{ N})}{25000 \text{ N/m}} = 0.012 \text{ m}$$

تابع الفصل 7

54. يبين الشكل 7-21 العلاقة البيانية بين القوة المؤثرة في نابض ومقدار استطالته. احسب مقدار:



■ الشكل 7-21

a. ثابت النابض.

الميل $k =$

$$= \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{12.0 \text{ N} - 4.0 \text{ N}}{0.6 \text{ m} - 0.2 \text{ m}} = 20 \text{ N/m}$$

b. الطاقة المخزنة في النابض عندما يستطيل ويصبح طوله 0.50 m.

$$PE_{sp} = \text{المساحة} = \frac{1}{2}bh$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(0.50 \text{ m})(10.0 \text{ N}) = 2.50 \text{ J}$$

7-2 خصائص الموجات

صفحة 32

55. موجات المحيط إذا كان طول موجة محيطية 12.0 m، وتمر بموقع ثابت كل 3.0 s، فما سرعة الموجة؟

$$v = \lambda f = \lambda \left(\frac{1}{T}\right) = (12.0 \text{ m}) \left(\frac{1}{3.0 \text{ s}}\right) = 4.0 \text{ m/s}$$

56. تنتقل موجة ماء في بركة مسافة 3.4 m في 1.8 s. فإذا كان الزمن الدوري للاهتزاز الواحدة يساوي 1.1 s، فاحسب مقدار:

a. سرعة موجات الماء.

$$v = \frac{d}{t} = \frac{3.4 \text{ m}}{1.8 \text{ s}} = 1.9 \text{ m/s}$$

b. الطول الموجي لهذه الموجات.

$$\lambda = \frac{v}{f} = vT$$

$$= (1.9 \text{ m/s})(1.1 \text{ s}) = 2.1 \text{ m}$$

57. السونار يرسل سونار (جهاز يكشف المواقع تحت سطح الماء عن طريق الصدى) في الماء إشارة ترددها $1.00 \times 10^6 \text{ Hz}$ وطولها الموجي يساوي 1.50 mm. احسب مقدار:

a. سرعة الإشارة في الماء.

$$v = \lambda f$$

$$= (1.50 \times 10^{-3} \text{ m})(1.00 \times 10^6 \text{ Hz})$$

$$= 1.50 \times 10^3 \text{ m/s}$$

b. الزمن الدوري للإشارة في الماء.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1.00 \times 10^6 \text{ Hz}}$$

$$= 1.00 \times 10^{-6} \text{ s}$$

c. الزمن الدوري للإشارة في الهواء.

$$1.00 \times 10^{-6} \text{ s}$$

الزمن الدوري والتردد لا يتغيرا.

58. جلس عمر وطارق بعد السباحة على شاطئ بركة، وقدّرا المسافة الفاصلة بين قاع الموجة السطحية وقمتها بمقدار 3.0 m، فإذا عدّا 12 قمة مرت بالشاطئ خلال 20.0 s، فاحسب سرعة انتشار الموجات.

$$\lambda = (2)(3.0 \text{ m}) = 6.0 \text{ m}$$

$$f = \frac{(12 \text{ موجة})}{20.0 \text{ s}} = 0.60 \text{ Hz}$$

$$v = \lambda f$$

$$= (6.0 \text{ m})(0.60 \text{ Hz})$$

$$= 3.6 \text{ m/s}$$

59. الزلازل إذا كانت سرعة الموجات المستعرضة الناتجة عن زلزال 8.9 km/s وسرعة الموجات الطولية 5.1 km/s، وسجّل جهاز السيزموجراف زمن وصول الموجات المستعرضة قبل وصول الموجات الطولية بـ 68 s، فكم يبعد مركز الزلزال؟

نبدأ بالمعادلة: $d = vt$ ، ونحن لا نعلم مقدار الزمن t ، ولكننا نعلم مقدار الفرق في الزمن Δt فقط. المسافة التي قطعتها الموجات المستعرضة $d_T = v_T t$ تساوي المسافة التي قطعتها الموجات الطولية $d_L = v_L(t + \Delta t)$. استخدم المعادلة الآتية وحلها بالنسبة إلى t :

$$v_T t = v_L(t + \Delta t)$$

تابع الفصل 7

62. موجات الراديو تبث إشارات راديو Am بترددات بين 550 kHz و 1600 kHz وتنتقل بسرعة 3.00×10^8 m/s. أجب عما يلي:

a. ما مدى الطول الموجي لهذه الإشارات؟

$$v = \lambda f$$

$$\lambda_1 = \frac{v}{f_1} = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{5.5 \times 10^5 \text{ Hz}}$$

$$= 550 \text{ m}$$

$$\lambda_2 = \frac{v}{f_2} = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.6 \times 10^6 \text{ Hz}}$$

$$= 190 \text{ m}$$

المدى من 190 m إلى 550 m.

b. إذا كان مدى ترددات FM بين 88 MHz (ميغا هرتز) و 108 MHz وتنتقل بالسرعة نفسها، فما مدى الطول الموجي لموجات FM؟

$$v = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{8.8 \times 10^7 \text{ Hz}}$$

$$= 3.4 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.08 \times 10^8 \text{ Hz}}$$

$$= 2.78 \text{ m}$$

المدى من 2.78 m إلى 3.4 m.

63. القفز بالجبل المطاطي قفز لاعب من منطاد على ارتفاع عالٍ بواسطة جبل نجاة قابل للاستطالة طوله 540 m، وعند اكتمال القفزة كان اللاعب معلقاً بالجبل الذي أصبح طوله 1710 m. ما مقدار ثابت النابض لجبل النجاة إذا كانت كتلة اللاعب 68 kg؟

$$k = \frac{F}{x} = \frac{mg}{x} = \frac{(68 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2)}{1710 \text{ m} - 540 \text{ m}} = 0.57 \text{ N/m}$$

$$t = \frac{v_L \Delta t}{v_T - v_L}$$

$$t = \frac{(5.1 \text{ km/s})(68 \text{ s})}{8.9 \text{ km/s} - 5.1 \text{ km/s}} = 91 \text{ s}$$

ثم عوض قيمة t في المعادلة الآتية:

$$d_T = v_T t = (8.9 \text{ km/s})(91 \text{ s})$$

$$= 8.1 \times 10^2 \text{ km}$$

7-3 سلوك الموجات

صفحة 32

60. إذا كانت سرعة الموجة في وتر طوله 63 cm تساوي 265 m/s، وقد حركته من مركزه بسحبه إلى أعلى ثم تركته، فتحرّكت نبضة في الاتجاهين، ثم انعكست النبضتان عند نهايتي الوتر: a. فما الزمن الذي تحتاج إليه النبضة حتى تصل طرف الوتر ثم تعود إلى مركزه؟

$$d = \frac{(2)(63 \text{ cm})}{2} = 63 \text{ cm}$$

لذا فإن

$$t = \frac{d}{v} = \frac{0.63 \text{ m}}{265 \text{ m/s}} = 2.4 \times 10^{-3} \text{ s}$$

b. هل يكون الوتر أعلى موضع سكونه أم أسفله عندما تعود النبضتان؟

تنقلب النبضات عندما تنعكس عن وسط أكثر كثافة، لذا يكون اتجاه النبضة المنعكسة إلى أسفل.

c. إذا حرّكت الوتر من نقطة تبعد 15 cm عن أحد طرفيه فأين تلتقي النبضتان؟

15 cm من الطرف الآخر، حيث المسافات المقطوعة هي نفسها.

مراجعة عامة

صفحة 32-33

61. ما الزمن الدوري لبندول طوله 1.4 m؟

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$= 2\pi \sqrt{\frac{1.4 \text{ m}}{9.80 \text{ m/s}^2}}$$

$$= 2.4 \text{ s}$$

تابع الفصل 7

64. تأرجح جسر يتأرجح طارق وحسن على جسر بالحبال فوق أحد الأنهار، حيث يربطان حبالهما عند إحدى نهايتي الجسر، ويتأرجحان عدة دورات جيئة وذهاباً، ثم يسقطان في النهر. أجب عن الأسئلة التالية:

a. إذا استخدم طارق حبالاً طوله 10.0 m، فما الزمن الذي يحتاج إليه حتى يصل قمة الدورة في الجانب الآخر من الجسر؟

$$T = \frac{1}{2} T = \text{التأرجح إلى قمة الدورة}$$

$$= \pi \sqrt{\frac{l}{g}} = \pi \sqrt{\frac{10.0 \text{ m}}{9.80 \text{ m/s}^2}} = 3.17 \text{ s}$$

b. إذا كانت كتلة حسن تزيد 20 kg على كتلة طارق، فكم تتوقع أن يختلف الزمن الدوري لحسن عما هو لطارق؟

لن يكون هناك اختلاف، فالزمن الدوري T لا يتأثر بالكتلة.

c. أي نقطة في الدورة تكون عندها KE أكبر ما يمكن؟

عند أسفل التأرجح.

d. أي نقطة في الدورة تكون عندها PE أكبر ما يمكن؟

عند قمة التأرجح.

e. أي نقطة في الدورة تكون عندها KE أقل ما يمكن؟

عند قمة التأرجح.

f. أي نقطة في الدورة تكون عندها PE أقل ما يمكن؟

عند أسفل التأرجح.

65. نوابض السيارات إذا أُضيفت حمولة مقدارها 45 kg إلى صندوق سيارة صغيرة جديدة، ينضغط النابضان الخلفيان مسافة إضافية مقدارها 1.0 cm، احسب مقدار:

a. ثابت النابض لكل من النابضين الخلفيين.

$$F = mg = (45 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2) = 440 \text{ N}$$

لذا تساوي القوة المؤثرة في كل نابض 220 N.

$$F = kx$$

لذا فإن

$$k = \frac{F}{x}$$

$$k = \frac{220 \text{ N}}{0.010 \text{ m}} = 22000 \text{ N/m}$$

b. طاقة الوضع الإضافية المخزنة في كل من النابضين الخلفيين بعد تحميل صندوق السيارة.

$$PE = \frac{1}{2} kx^2$$

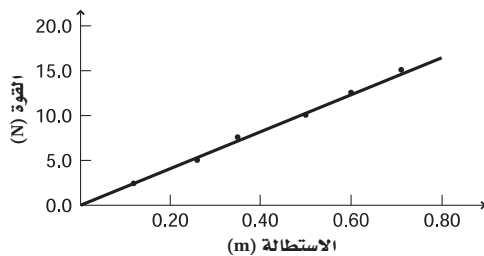
$$= \left(\frac{1}{2}\right) (22000 \text{ N/m})(0.010 \text{ m})^2 = 1.1 \text{ J}$$

تابع الفصل 7

التفكير الناقد

صفحة 33-34

a. مثل بيانياً القوة المؤثرة في النابض مقابل الاستطالة فيه، على أن ترسم القوة على المحور y.



b. احسب ثابت النابض من الرسم البياني.

ثابت النابض يساوي الميل.

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{15.0 \text{ N} - 2.5 \text{ N}}{0.71 \text{ m} - 0.12 \text{ m}} = 21 \text{ N/m}$$

c. استخدم الرسم البياني في إيجاد طاقة الوضع المرونية المخزنة في النابض عندما يستطيل مسافة 0.50 m

طاقة الوضع المرونية تساوي المساحة تحت المنحنى.

$$PE_{sp} = \text{المساحة} = \frac{1}{2}bh$$

$$= \frac{1}{2} (0.50 \text{ m})(10.0 \text{ N}) = 2.5 \text{ J}$$

68. تطبيق المفاهيم تتكون موجات ترابية في الغالب على الطرق الترابية، ويكون بعضها متباعدًا عن بعض بصورة منتظمة، كما تكون هذه التموجات عمودية على الطريق كما في الشكل 7-22. وينتج هذا التموج بسبب حركة معظم السيارات بالسرعة نفسها واهتزاز النوابض المتصلة بعجلات السيارة بالتردد نفسه. فإذا كان بعد التموجات بعضها عن بعض 1.5 m، وتحرك السيارات على هذا الطريق بسرعة 5 m/s، فما تردد اهتزاز نوابض السيارة؟



الشكل 7-22 ■

$$v = \lambda f$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{5 \text{ m/s}}{1.5 \text{ m}} = 3 \text{ Hz}$$

66. حلل واستنتج إذا لزمتم قوة مقدارها 20 N لإحداث استطالة

في نابض مقدارها 0.5 m، فأجب عما يلي:

a. ما مقدار ثابت النابض؟

$$F = kx$$

لذا فإن

$$k = \frac{F}{x} = \frac{20 \text{ N}}{0.5 \text{ m}} = 40 \text{ N/m}$$

b. ما مقدار الطاقة المخزنة في النابض؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2} kx^2$$

$$= \frac{1}{2} (40 \text{ N/m})(0.5 \text{ m})^2 = 5 \text{ J}$$

c. لماذا لا يكون الشغل المبذول لإطالة النابض مساوياً

لحاصل ضرب القوة في المسافة، أو 10 J؟

القوة غير ثابتة في أثناء انضغاط النابض. ويُعطي حاصل ضرب متوسط القوة 10 N في المسافة الشغل الصحيح.

67. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها علقت عدة كتل في نهاية نابض، وقيست الزيادة في طول النابض. ويبين الجدول 1-7 المعلومات التي تم الحصول عليها.

الجدول 1 - 7	
الأوزان المعلقة في النابض	
الاستطالة x(m)	القوة F(N)
0.12	2.5
0.26	5.0
0.35	7.5
0.50	10.0
0.60	12.5
0.71	15.0

سيارة كتلتها $m(\text{kg})$ تستقر على قمة تل ارتفاعه $h(\text{m})$ قبل أن تهبط على طريق عديم الاحتكاك في اتجاه حاجز تصادم عند أسفل التل. فإذا احتوى حاجز التصادم على نابض مقدار ثابته يساوي $k(\text{N/m})$ مصمَّم على أن يوقف السيارة بأقل الأضرار.

1. بين أقصى مسافة x ينضغطها النابض عندما تصطدم به السيارة بدلالة m و h و k و g .

يشير مبدأ حفظ الطاقة إلى أن طاقة الوضع الجاذبية للسيارة عند أعلى التل تساوي طاقة الوضع المرونية في النابض عندما يتسبب النابض في توقف السيارة. وبمساواة معادلتين هاتين الطاقتين وحلها بالنسبة إلى المتغير x ينتج:

$$PE_g = PE_{\text{نابض}}$$

لذا فإن

$$mgh = \frac{1}{2} kx^2$$

$$x = \sqrt{\frac{2mgh}{k}}$$

2. كم ينضغط النابض إذا هبطت السيارة من قمة تل ارتفاعه ضعف ارتفاع التل السابق؟

تضاعف الارتفاع، ولما كانت x تتناسب مع الجذر التربيعي للارتفاع، لذا؛ ستزداد قيمة x بمقدار $\sqrt{2}$.

3. ماذا يحدث بعد أن تتوقف السيارة؟

في حالة النابض المثالي، سيدفع النابض السيارة إلى أعلى التل.

69. بحث درس العالم كرسيتيان هيجنز في الموجات، وحدث خلاف بينه وبين نيوتن حول طبيعة الضوء. قارن بين تفسير كل منهما لظواهر الانعكاس والانكسار. أي النموذجين تؤيد؟ ولماذا؟

وَضَعَ هيجنز النظرية الموجية للضوء. أما نيوتن فقد وضع النظرية الجسيمية للضوء. ويمكن تفسير قانون الانعكاس باستخدام النظريتين، أما في تفسير قانون الانكسار فهما متناقضتان.

مراجعة تراكمية

صفحة 34

70. تقطع سيارة سباق كتلتها 1400 kg مسافة 402 m خلال 9.8 s . فإذا كانت سرعتها النهائية 112 m/s ، فأجب عما يلي: (الفصل 4)

a. ما مقدار الطاقة الحركية النهائية للسيارة؟

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

$$KE = \left(\frac{1}{2}\right)(1400 \text{ kg})(112 \text{ m/s})^2$$

$$= 8.8 \times 10^6 \text{ J}$$

b. ما أقل مقدار من الشغل بذله محرك السيارة؟ ولماذا لا يمكنك حساب مقدار الشغل الكلي المبذول؟

أقل مقدار من الشغل يجب أن يساوي الطاقة الحركية (KE)؛ أي $8.8 \times 10^6 \text{ J}$. ويبذل المحرك شغلا أكبر للتعويض عن الشغل الضائع ضد قوة الاحتكاك.

c. ما مقدار التسارع المتوسط للسيارة؟

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\bar{a} = \frac{112 \text{ m/s}}{9.8 \text{ s}} = 11 \text{ m/s}^2$$

مخطط الفصل

الفصل 8

الأهداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
8-1 خصائص الصوت والكشف عنه	
1. تبين الخصائص المشتركة بين الموجات الصوتية والموجات الأخرى. 2. تربط الخصائص الفيزيائية للموجات الصوتية بإدراكنا للصوت. 3. تحدّد بعض التطبيقات على تأثير دوبلر	تجارب الطالب تجربة استهلاكية كؤوس زجاجية ذات سيقان يختلف بعضها عن بعض في السمك والارتفاع، كؤوس زجاجية بدون سيقان، وماء. تجربة إضافية عملات معدنية ذات فئات مختلفة: ربع ريال، ونصف ريال، وريال. عرض المعلم عرض سريع كرة فلين، وجرس إلكتروني (مذبذب)، وبطاريات.
8-2 الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار	
4. تصف مصدر الصوت. 5. توضح مفهوم الرنين، وتطبيقاته على أعمدة الهواء والأوتار. 6. توضح سبب وجود الاختلافات في صوت الآلات وفي أصوات الناس	تجارب الطالب تجربة شوكة رنانة، مطرقة خاصة بالشوكات الرنانة، عمود هوائي مغلق. مختبر الفيزياء ثلاث شوكات رنانة معلومة التردد، ومخبار مدرج سعته 1000 ml، وماء، ومطرقة خاصة بالشوكات الرنانة، ومسطرة مترية، ومقياس درجة حرارة (غير زئبقي)، وأنبوب زجاجي (طوله 40 cm تقريباً وقطره 3.5 cm تقريباً) عرض المعلم عرض سريع قضيب ألومنيوم يتراوح طوله بين 50 cm و 200 cm، وبقطر من 10 mm إلى 15 mm، وصمغ.

طرائق تدريس متنوعة

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

التقنية	شرائح ومصادر قابلة للنسخ
تتضمن أعمال المعلم: نسخة المعلم التفاعلية، تخطيط الدرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.	الملف الخاص بمصادر الفصول 12-7، الفصل 8. تقويم مختبر الفيزياء ص 39 تقويم الفصل، ص 64 اختبار قصير 1-8، ص 50 شريحة التدريس 1-8 ص 56 شريحة التدريس 2-8 ص 58 ربط الرياضيات مع الفيزياء
مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: Obeikaneducation.com	تقويم الفصل، ص 64 اختبار قصير 2-8، ص 51 شريحة التدريس 3-8 ص 60 شريحة التدريس 4-8 ص 62 ربط الرياضيات مع الفيزياء دليل التجارب العلمية 1-8 ص 67 دليل التجارب العلمية 2-8 ص 73

مصادر التقويم

التقنية	الملف الخاص بمصادر الفصول 12-7، الفصل 8
الموقع الإلكتروني	تقويم الفصل 8 ص 64
	اختبارات الفيزياء التحضيرية

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- وصف الصوت بدلالة خصائص الموجات وسلوكها.
- اختبار بعض مصادر الصوت.
- توضيح الخصائص التي تميز بين الأصوات المنتظمة والضجيج.

الأهمية

يُعدّ الصوت وسيلة مهمة للتواصل، ونقل الثقافات المختلفة بين الشعوب. وحديثاً تعد موجاته إحدى وسائل المعالجة. فترق النشيد تحتوي فرقة النشيد الواحدة على أكثر من شخص، ولكل شخص منهم صوت مختلف عن الآخر، وعندما ينشدون معاً تنتج أصوات مختلفة، ولكنها تكون ذات إيقاعات مريحة للنفس.

فكر

تختلف الأصوات الصادرة عن الأجسام باختلاف طبيعة هذه الأجسام، وبسبب هذا الاختلاف نستطيع التمييز بين هذه الأصوات. فما سبب هذا الاختلاف؟

الفيديو عبر المواقع الإلكترونية
www.obeikaneducation.com

نظرة عامة إلى الفصل

الصوت عبارة عن تغير في الضغط ينتقل في صورة موجة طولية. يعرض الفصل خصائص الصوت مثل اتجاه الصوت، وحدّة الصوت، والعلو، وسرعة الصوت. ثم يربط الفصل بين تلك الخصائص والرنين من خلال مناقشة الرنين في أعمدة الهواء والأوتار. ويختتم الفصل بمناقشة جودة الصوت، وإعادة إنتاج الصوت، والضجيج.

فكر

تولد الآلات والأجسام الصوت بطرائق متعددة، فقد يكون الصوت ناتجاً عن اهتزاز عمود هواء، أو سطح مهتز، أو اهتزاز أوتار وسطح في حالة رنين. وترتبط الاختلافات في الأصوات الناتجة عن الآلات أو الأجسام بنمط موجات الصوت التي تشكلها.

المفردات الرئيسية

- الموجة الصوتية
- حدّة الصوت
- علو الصوت
- مستوى الصوت
- الديسبل
- تأثير دوبلر
- التردد الأساسي (الأساس)
- الإيقاع

تجربة استهلاكية

- **الهدف** تقديم موضوع توليد موجات صوتية بوساطة حافة مهتزة.
- **المواد والأدوات** كؤوس زجاجية ذات سيقان يختلف بعضها عن بعض في السمك والارتفاع، وكؤوس زجاجية بدون سيقان، وماء.
- **استراتيجيات التدريس**
- أتح للطلاب وقتاً كافياً للتمرين؛ لن يتمكن جميع الطلاب في البداية من جعل الكأس تهتز.
- تأكد أن الطلاب يجربون الكؤوس ذات السيقان بوجود كمية قليلة من الماء فيها، واطلب إليهم ملاحظة سطح الماء عند سماعهم أصوات الرنين التي تُصدرها الكؤوس.
- تحذير: يجب التعامل مع الكؤوس الزجاجية بحذر لأنها قابلة للكسر.

8-1 خصائص الصوت والكشف عنه

1. التركيز

نشاط

الصوت والطاقة استخدم شوكة رنانة ودورقًا يحتوي على كمية قليلة من الماء لإثبات أن فرعي الشوكة الرنانة ينقلان الطاقة إلى المادة المحيطة بهما. اطرق الشوكة الرنانة ودع الطلاب يسمعون صوتها، واجعلهم يشاهدوا حركة فرعيها من خلال غمرها في ماء الدورق. ثم دعهم يستنتجوا أن فرع الشوكة المهتز ينقل طاقة حركية إلى المادة المحيطة به بنمط متكرر. **1م سمعي**

الربط مع المعرفة السابقة

خصائص الموجات يوسع الطلاب فهمهم لخصائص الموجات المستعرضة (التردد، والطول الموجي، والسعة) للخصائص المماثلة التي تصف الموجات الطولية، ومن ضمنها الموجات الصوتية.

8-1 خصائص الصوت والكشف عنه Properties and Detection of Sound

الأهداف

- تبيين الخصائص المشتركة بين الموجات الصوتية والموجات الأخرى.
- تربط الخصائص الفيزيائية للموجات الصوتية بإدراكنا للصوت.
- تحدد بعض التطبيقات على تأثير دوبلر.

المفردات

الموجة الصوتية	حدة الصوت
علو الصوت	مستوى الصوت
الدوبلر	تأثير دوبلر

الصوت جزء مهم في حياة العديد من المخلوقات الحية، ومنها الإنسان؛ إذ تستخدم الحيوانات الصوت للصيد والتزاوج والتحذير من اقتراب الحيوانات المفترسة. يزيد صوت صفارة الإنذار من القلق لدى الناس، في حين تساعد أصوات أخرى - ومنها صوت الأذان أو تلاوة القرآن - على التهدئة وإراحة النفس. ولقد أصبح مألوفًا لديك - من خلال خبرتك اليومية - العديد من خصائص الصوت، ومنها علوه ونغمته وحدته. ويمكنك استخدام هذه الخصائص وغيرها لتصنيف العديد من الأصوات التي تسمعها. فعلى سبيل المثال، تعد بعض أنماط الصوت من مميزات الكلام، في حين يعد غيرها من ميزات فرق النشيد. وستدرس في هذا الفصل المبادئ الفيزيائية للموجات الصوتية.

درست في الفصل السابق وصف الموجات بدلالة السرعة، والتردد، والطول الموجي، والسعة. كما استكشفت كيفية تفاعل الموجات بعضها مع بعض وتفاعلها مع المادة. ولأن الصوت أحد أنواع الموجات فإنه يمكنك وصف بعض خصائصه وتفاعلاته. والسؤال الذي تحتاج إلى إجابته أولاً هو: ما نوع موجة الصوت؟

تجربة استهلاكية

كيف يمكن لكأس زجاجية أن تصدر أصواتًا مختلفة؟

سؤال التجربة كيف يمكنك استخدام كؤوس زجاجية لإصدار أصوات مختلفة؟ وكيف تختلف الأصوات الصادرة عن الكؤوس ذات السيقان عن الأصوات الصادرة عن الكؤوس التي بلا سيقان؟

الخطوات

1. اختر كأسًا زجاجية ذات ساق ولها حافة رقيقة.
2. **حضر** تفحص بحذر الحافة العلوية للكأس؛ حتى لا يكون هناك حواف حادة، وأخبر معلمك إذا وجدت أي حواف حادة، وتحقق من تكرار الفحص في كل مرة تختار فيها كأسًا مختلفًا.
3. ضع الكأس أمامك على الطاولة، وثبت قاعدة الكأس بإحدى يديك، ثم بلل إصبعك وحكها ببطء حول الحافة العلوية للكأس. تحذير: تعامل مع الزجاج بحذر؛ لأنه هش.
4. سجل مشاهداتك، ثم زد أو قلل سرعة إصبعك قليلًا. ماذا يحدث؟
5. اختر كأسًا ذات ساق أطول أو أقصر من الكأس الأولى، وكرر الخطوات 2-4.
6. اختر كأسًا بلا ساق، وكرر الخطوات 2-4.

التحليل

لخص مشاهداتك، وبيّن أي الكؤوس لها المقدرة على إصدار أصوات: ذات السيقان، أم التي لا سيقان لها، أم كلا النوعين؟ وما العوامل التي تؤثر في الأصوات الصادرة؟

التفكير الناقد اقترح طريقة لإصدار أصوات مختلفة من الكأس نفسها، واختبر طريقتك، ثم اقترح اختبارًا لاستقصاء خصائص الكؤوس التي يمكن استعمالها في إصدار أصوات.



النتائج المتوقعة

السيقان بصورة جيدة وتولد نغمات. بينما لا تولد الكؤوس ذات القاع المسطح (الأكواب) نغمات لأنها تستقر مباشرة على الطاولة، التي تمتص الطاقة الاهتزازية. سيلاحظ الطلاب أن أصابعهم تنزلق وتلتصق بالتناوب على محيط الحافة، مما يؤدي إلى توليد موجة موقوفة (مستقرة) في الكأس.

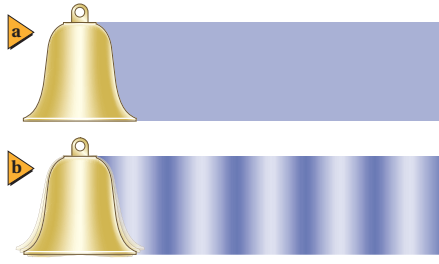
التحليل

يجب أن يشير الطلاب إلى أن الكؤوس ذات السيقان تولد نغمات، وتتحكم عوامل عدة في النغمات الناتجة،

منها: سرعة تحريك الأصابع حول الحافة، وقطر الكأس الزجاجية، وطول الساق، وكمية الماء في الكأس، كما ستؤثر نوعية الكأس في النغمة المتولدة؛ حيث لا تصدر الكؤوس ذات الزجاج المضغوط نغمات.

التفكير الناقد

سيجد الطلاب أن سكب القليل من الماء داخل الكؤوس يرفع من حدة الصوت قليلًا؛ لأن ذلك يغير من حجم المادة المهتزة. وقد يقترح الطلاب تغيير سُمْك الكؤوس الزجاجية، وشكلها، وارتفاع سيقانها.



الموجات الصوتية Sound Waves

ضع أصابعك على حنجرتك وأنت تتكلم أو تُنشد. هل تشعر بالاهتزازات؟ هل حاولت مرة وضع يدك على سماعة مسجل؟ يوضح الشكل 1-8 جرسًا يهتز، وهو يشبه أوتار كزيتية أو سماعة المسجل أو أي مصدر للصوت؛ فعندما يهتز الجرس إلى الخلف وإلى الأمام، تصدم حافة الجرس جزيئات الهواء، وتتحرك جزيئات الهواء إلى الأمام عندما تتحرك الحافة إلى الأمام؛ أي أن جزيئات الهواء ترتد عن الجرس بسرعة كبيرة. وعندما تتحرك الحافة إلى الخلف، ترتد جزيئات الهواء عن الجرس بسرعة أقل.

وينتج عن تغيرات سرعة اهتزاز الجرس ما يلي: تؤدي حركة الجرس إلى الأمام إلى تشكيل منطقة يكون ضغط الهواء فيها أكبر قليلاً من المتوسط، في حين تؤدي حركته إلى الخلف إلى تشكيل منطقة يكون ضغط الهواء فيها أقل قليلاً من المتوسط. وتؤدي التصادمات بين جزيئات الهواء إلى انتقال تغيرات الضغط بعيداً عن الجرس في الاتجاهات جميعها. وإذا ركزت على بقعة واحدة فستشاهد ارتفاع ضغط الهواء وانخفاضه، بخلاف سلوك البندول. وهذه الطريقة تنتقل تغيرات الضغط خلال المادة.

وصف الصوت يسمى انتقال تغيرات الضغط خلال مادة موجة صوتية. وتنتقل موجات الصوت خلال الهواء؛ لأن المصدر المهتز ينتج تغيرات أو اهتزازات منتظمة في ضغط الهواء. وتتصادم جزيئات الهواء، وتنقل تغيرات الضغط بعيداً عن مصدر الصوت. ويتذبذب ضغط الهواء حول متوسط الضغط، كما في الشكل 2-8. ويكون تردد الموجة هو عدد اهتزازات قيمة الضغط في الثانية الواحدة. أما الطول الموجي فيمثل المسافة بين مركزي ضغط مرتفع أو منخفض متتاليين. ويُعد الصوت موجة طولية؛ لأن جزيئات الهواء تهتز موازية لاتجاه انتشار الموجة.

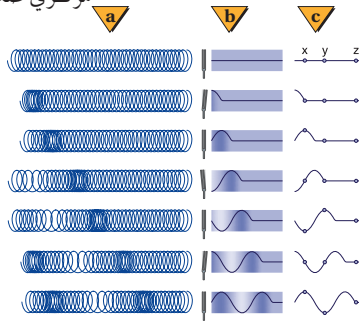
تعتمد سرعة الصوت في الهواء على درجة الحرارة؛ حيث تزداد سرعته في الهواء 0.6 m/s لكل زيادة في درجة حرارة الهواء مقدارها 1°C . فمثلاً، تتحرك موجات الصوت خلال هواء له درجة حرارة الغرفة 20°C ، عند مستوى سطح البحر بسرعة 343 m/s . وينتقل الصوت خلال المواد الصلبة والموانع أيضاً. وتكون سرعة الصوت عموماً في المواد الصلبة أكبر منها في السائلة، وأكبر منها في الغازات. ويبين الجدول 1-8 سرعات موجات الصوت في أوساط متعددة. ولا ينتقل الصوت في الفراغ؛ وذلك لعدم وجود جزيئات تصادم وتنقل الموجة.

الشكل 1-8 يكون الهواء حول

الجرس قبل قرعته إذا ضغط متوسط (a). وعند قرعته تحدث الحافة المهتزة مناطق ذات ضغط مرتفع، وأخرى ذات ضغط منخفض؛ حيث تمثل المساحات الداكنة مناطق الضغط المرتفع، وتمثل المساحات الفاتحة مناطق الضغط المنخفض (b). ويبين الرسم التخطيطي تحرك المناطق في اتجاه واحد للتبسيط، في حين أن الموجات تتحرك فعلياً من الجرس في الاتجاهات جميعها.

يبين الشكل 2-8 نمذجة تضاعفات

وتضاعفات موجة صوت باستخدام نابض (a). يرتفع ضغط الهواء وينخفض مع انتشار الموجة الصوتية خلال الهواء (b). ويمكنك استعمال منحنى الجيب وحده لتعبير عن تغيرات الضغط. لاحظ أن المواضع x, y, z تبين أن الموجة هي التي تتحرك إلى الأمام وليست المادة (c).



2. التدريس

استخدام النماذج

موجة صوتية في ثلاثة أبعاد نمذج انتشار موجة صوت في ثلاثة أبعاد من خلال نفخ بالون كروي. وأشر إلى أن حركة سطح البالون تمثل نموذجاً لموجة صوت تتحرك بعيداً عن مصدرها في الاتجاهات جميعها.

إستخدام التشابة

شدة الصوت اطلب إلى الطلاب تذكر أن لون البالون الكروي يبهت في أثناء تمدده، حيث تتناقص شدة لونه؛ لأن الصبغة تنتشر على مساحة سطح أكبر. وبالمثل ستتناقص شدة الصوت كذلك عندما يتحرك مبتعداً عن مصدره؛ وذلك لأن شدة طاقة الصوت (الطاقة/ وحدة مساحة) تقل كلما ابتعد عن مصدره. ويحدث الانخفاض في شدة الصوت لأن طاقته تتوزع على مساحة سطح أكبر ومتزايدة مع استمرار انتشار الموجة.

1-8 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 7-12

اختبار قصير 1-8، ص 50

شريحة التدريس 1-8 ص 56

شريحة التدريس 2-8 ص 58

ربط الرياضيات مع الفيزياء

تقويم الفصل 8، ص 64

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 39

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

عرض علاقة حدة الصوت وشدته اسأل الطلاب ماذا يحدث لحدة صوت شوكة رنانة إذا تناقص علو الصوت؟ قد تُظهر إجابات بعض الطلاب الفهم الشائع غير الصحيح بأن حدة الصوت ستتناقص. وضح لهم أن حدة الصوت لا تتناقص من خلال مطابقة تردد الشوكة الرنانة بعد طرقها مع تردد مولد نغمات. وبعد ذلك قم بطرق الشوكة الرنانة والتقليل من شدة مولد النغمات حتى تتطابق مع شدة الشوكة الرنانة كلما قلت شدتها، ويجب أن يلاحظ الطلاب أن حدة الصوت لا تتناقص. **1م سمعي**

تعزيز الفهم

خصائص الموجات الطولية اطلب إلى الطلاب أن يرسموا مخططاً توضيحياً، يوضح كيف تشير حركة جسيمات الوسط الذي تتحرك فيه موجات الصوت إلى أنها موجة طولية. **تتحرك الجسيمات إلى الأمام والخلف، بشكل موازٍ لاتجاه انتشار الموجات. 1م**

مسائل تدريبية

1. 19 m
2. 140 m
3. 1490 m/s؛ تقابل هذه السرعة سرعة الصوت في الماء عند 25°C

الجدول 1-8	
سرعة الصوت في أوساط متعددة	
الوسط	m/s
الهواء (0 °C)	331
الهواء (20 °C)	343
الهيليوم (0 °C)	972
الماء (25 °C)	1493
ماء البحر (25 °C)	1533
النحاس (25 °C)	3560
الحديد (25 °C)	5130

تتشترك الموجات الصوتية مع الموجات الأخرى في خصائصها العامة، مثل انعكاسها عن الأجسام الصلبة، كجدران غرفة مثلاً. وتُسمى موجات الصوت المنعكسة عند وصولها إلى مصدرها الصدى. ويمكن استخدام الزمن الذي يحتاج إليه الصدى حتى يعود إلى مصدر الصوت في إيجاد المسافة بين مصدر الصوت والجسم الذي انعكس عنه. ويستخدم هذا المبدأ الخفافيش، وبعض الكاميرات، وبعض السفن التي تستخدم السونار. ومن الممكن أن تتداخل موجتان صوتيتان مما يؤدي إلى نشوء يقع تدعى البقع الميتة، ويكون موقعها عند العقد، حيث يكون الصوت عندها ضعيفاً جداً. ويرتبط تردد الموجة وطولها الموجي بسرعتها، كما درست في الفصل السابق، من خلال المعادلة الآتية: $\lambda = v/f$

مسائل تدريبية

1. ما الطول الموجي لموجة صوتية ترددها 18 Hz تتحرك في هواء درجة حرارته 20 °C؟ (يُعد هذا التردد من أقل الترددات التي يمكن للأذن البشرية سماعها).
2. إذا وقفت عند طرف وادٍ صرخت، وسمعت الصدى بعد مرور 0.80 s، فما عرض هذا الوادي؟
3. تنتقل موجة صوتية ترددها 2280 Hz وطولها الموجي 0.655 m، في وسط غير معروف. حدّد نوع الوسط.

الكشف عن موجات الضغط Detection of Pressure Waves

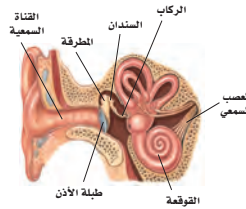
تحوّل كاشفات الصوت الطاقة الصوتية - الطاقة الحركية لجزيئات الهواء المهتزة - إلى شكل آخر من أشكال الطاقة. ويُعد الميكروفون أحد الكاشفات الشائعة؛ حيث يحول طاقة الموجات الصوتية إلى طاقة كهربائية. ويتكوّن الميكروفون من قرص رقيق يهتز استجابة للموجات الصوتية، وينتج إشارة كهربائية. وستدرس عملية التحويل هذه في المقررات اللاحقة، خلال دراستك لموضوع الكهرباء والمغناطيسية.

الأذن البشرية تعد الأذن البشرية، كما في الشكل 3-8، كاشفاً يستقبل موجات الضغط، ويحوّلها إلى نبضات كهربائية؛ حيث تدخل الموجات الصوتية القناة السمعية، وتُسبب اهتزازات لغشاء طبلة الأذن، ثم تنقل ثلاثة عظام دقيقة هذه الاهتزازات إلى سائل في القوقعة. وتلتقط شعيرات دقيقة تبطن القوقعة الحزونية ترددات معينة في السائل المتذبذب، فتُشغّل هذه الشعيرات الخلايا العصبية، والتي ترسل بدورها نبضات - سيالات عصبية - إلى الدماغ، وتولّد الإحساس بالصوت.

تستشعر الأذن الموجات الصوتية مدى واسع من الترددات، وهي حساسة لمدى كبير جداً من السعات. كما يستطيع الإنسان التمييز بين أنواع مختلفة من الأصوات. لذا يتطلب فهم آلية عمل الأذن معرفة بالفيزياء والأحياء. ويعد تفسير الأصوات في الدماغ أمراً معقداً، وما زالت الأبحاث مستمرة لفهمه بصورة تامة.

الربط مع الأحياء

الشكل 3-8 تُعد الأذن البشرية أداة إحساس معقدة؛ إذ تترجم اهتزازات الصوت إلى سيالات عصبية ترسل إلى الدماغ لتفسيرها. وهناك ثلاثة عظام في الأذن الوسطى، هي: المطرقة، والسندان، والركاب.



مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

نشاط

الرسوم البيانية لـ (الضغط - الزمن) أشر إلى أن موجة الصوت هي تغير في الضغط، وينتقل هذا التغير خلال المادة. وأن التعريف يتضمن أن الضغط يتغير مع الزمن. فسر ذلك من خلال رسم منحني بياني يبين العلاقة بين الضغط والزمن، بحيث تُمثّل الموجة على صورة منحني جيبي. أكد أن الرسم البياني يُمثّل شريطاً سينمائياً يُعبّر عن كيفية تغير الضغط عند نقطة مفردة تقع في مسار الموجة الصوتية. اسأل الطلاب: ما المصطلح الذي يصف الفترة الزمنية للشريط السينمائي ليكرّر نفسه؟ **الزمن الدوري** بين أن منحني (الضغط - الزمن) يقدم توضيحاً للزمن الدوري للموجة الصوتية. **2م**



خصائص الصوت

الهدف تمييز العوامل الفيزيائية التي تحدد أصوات عملات معدنية عندما تسقط.

المواد والأدوات ربع ريال، نصف ريال، ريال.

الخطوات

1. بعد توزيع الطلاب إلى مجموعات في المختبر، اطلب إلى أحدهم أن يسقط كل عملة عشوائياً (دون ترتيب).

2. اطلب إلى طالب آخر أن يحدد صوت كل عملة على أن يغمض عينيه.

يكون لنصف الريال أكبر حدة صوت، ويكون ربع الريال أقل حدة صوت. فكل عملة تصدر صوتاً مميزاً خاصاً بها.

التقويم اطلب إلى الطلاب المقارنة بين العوامل الفيزيائية التي قد تؤثر في تردد الصوت الناتج عن كل عملة، ومنها: الشكل الهندسي، ونوع المادة، والحجم.

التفكير الناقد

مستويات الصوت السالبة اطلب إلى الطلاب أن يوضحوا مفهوم مستوى الصوت السالب، مثل -10 dB . ابدأ بالمقدار 0 dB . فلأن الديسيبل يقاس بالنسبة إلى صوت آخر، فإن القياس 0 dB يحدث عندما يكون ضغط الصوت مساوياً للمستوى المرجعي، لذا يكون الضغط السالب لمستوى الصوت أقل من الضغط المرجعي. ²⁴

إدراك (تمييز) الصوت Perceiving Sound

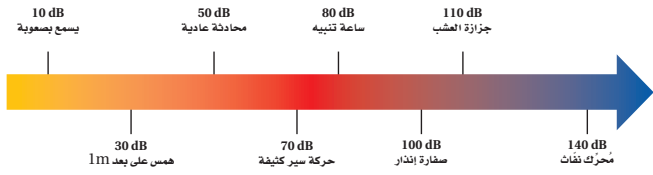
حدة الصوت كان مارن ميرسن وجاليليو أول من توصلوا إلى أن حدة الصوت الذي نسمعه تعتمد على تردد الاهتزاز. ولا تكون الأذن حساسة بالتساوي للترددات جميعها؛ فأغلب الأشخاص لا يستطيعون سماع أصوات تردداتها أقل من 20 Hz أو أكبر من $20,000\text{ Hz}$. ويكون إحساس الأشخاص الأكبر سنّاً بالترددات الأكبر من $10,000\text{ Hz}$ أقل مقارنة بالأشخاص الأصغر سنّاً. ولا يتمكن أغلب الناس عند عمر 70 سنة تقريباً، من سماع أصوات تردداتها أكبر من $8,000\text{ Hz}$ ، مما يؤثر في مقدرتهم على فهم الحديث.

علو الصوت التردد والطول الموجي خاصيتان فيزيائيتان للموجات الصوتية. ومن الخصائص الأخرى لموجات الصوت السعة؛ وهي مقياس لتغير الضغط في الموجة. وتعد الأذن البشرية كاشفاً للصوت، وتنقله إلى الدماغ ليتم تفسيره هناك. ويعتمد علو الصوت - عند إدراكه بحاسة السمع - على سعة موجة الضغط في المقام الأول.

إن الأذن البشرية حساسة جداً لتغيرات الضغط في الموجات الصوتية، والتي تمثل سعة الموجة. فإذا علمت أن 1 atm من الضغط يساوي $1.01 \times 10^5\text{ Pa}$ ، فإن الأذن تستطيع تحسّس سعات موجات ضغط قيمها أقل من واحد من المليار من الضغط الجوي، أو $2 \times 10^{-5}\text{ Pa}$. أما الحد الأقصى للمدى المسموع فإن تغيرات الضغط المقاربة لـ 20 Pa أو أكثر تسبب الألم للأذن. ومن المهم تذكر أن الأذن تتحسّس تغيرات الضغط عند ترددات معينة فقط. فالصعود إلى الجبل يغير الضغط على أذنيك بمقدار الآلاف من الباسكال، ولكن هذا التغير لا يعد ذا أهمية أو تأثير في الترددات المسموعة.

ولأن البشر يستطيعون تحسّس مدى واسع من تغيرات الضغط فإن هذه السعات تُقاس على مقياس لوغاريتمي يُسمّى مستوى الصوت، ووحدة قياسه هي الديسيبل (dB). حيث يعتمد مستوى الصوت على نسبة تغير الضغط لموجة صوتية معينة إلى تغير الضغط في أضعف الأصوات المسموعة، ويساوي $2 \times 10^{-5}\text{ Pa}$. ومثل هذه السعة لها مستوى صوت يعادل 0 dB . ويكون مستوى الصوت الذي سعة ضغطه أكبر عشر مرات $2 \times 10^{-4}\text{ Pa}$ مساوياً لـ 20 dB ، ومستوى صوت سعة ضغطه أكبر عشر مرات من ذلك هو 40 dB . ويدرك أغلب الأشخاص زيادة بمقدار 10 dB في مستوى الصوت وكأنها مضاعفة لعلو الصوت الأصلي بمقدار مرتين. ويبين الشكل 4-8 مستوى الصوت للعديد من الأصوات. وبالإضافة إلى وصفها تغيرات الضغط، تستعمل مقياس الديسيبل أيضاً لوصف قدرة موجات الصوت وشدها.

إن التعرض للأصوات الصاخبة يسبب فقدان الأذن لحساسيتها، وخصوصاً للترددات العالية. وكلما تعرض الشخص للأصوات الصاخبة فترة أطول كان التأثير أكبر. ويستطيع



الشكل 4-8 يبين مقياس الديسيبل هذا مستويات الصوت لبعض الأصوات المتوقعة.

طرائق تدريس متنوعة

نشاط

إعاقة سمعية في الأنشطة التي يجب أن يميز فيها الطلاب الاختلافات بين حدة الصوت، استخدم زوجاً من المصباح، على أن يكون أحدهما مزوداً بمرشح أحمر اللون والآخر مزوداً بمرشح أزرق اللون (يمكن صنع المرشحين من ورق السلوفان وتثبيتهما على المصباحين بوساطة أربطة مطاطية). وزّع الطلاب في مجموعات ثنائية على أن يكون الطالب ضعيف السمع مع طالب سمعه جيد. يستطيع الطالب الذي سمعه جيد تشغيل الضوء الأزرق ليشير إلى زيادة الحدة خلال العروض أو الأنشطة المتضمنة تغيرات في الحدة (كما يعزز اللون الأزرق مفهوم الترددات الكبيرة للضوء التي سترد في الفصل اللاحق). كما يستطيع الطالب الذي سمعه جيد أن يشير أيضاً إلى تناقص الحدة من خلال

تشغيل الضوء الأحمر. ²⁴ بصري - مكاني

■ استخدام الشكل 6-8

اسأل الطلاب كيف يقارنون بين الطول الموجي لموجة الصوت التي يلتقطها المراقب A والطول الموجي لموجة الصوت التي يلتقطها المراقب B. **إنها أقصر.** دع الطلاب يربطوا بين الطول الموجي والتردد لموجة الصوت التي تصل إلى أذن كل مراقب. **تردد موجة الصوت التي تصل إلى المراقب A أكبر من تلك التي تصل إلى المراقب B.** كيف تقارن بين حدة الصوت التي يدرکہا المراقبان والحدة التي سيسمعانها إذا كان مصدر الصوت ثابتاً؟ **تكون حدة الصوت التي يسمعها المراقب A أكبر من الحدة التي يسمعها عندما يكون مصدر الصوت ساكناً، وستكون الحدة أقل للمراقب B.**

2م

تطوير المفهوم

مدى تأثير دوبلر أكد أن تأثير دوبلر يُستخدم لقياس السرعة المتجهة لأجسام بحجوم مختلفة، تتراوح بين الذرة والمجرة، وذلك بقياس السرعة المتجهة للموجات الصادرة عن الجسم أو المرتدة عنه. ويمكن أن تكون هذه الموجات ميكانيكية مثل الصوت، أو كهرمغناطيسية مثل الضوء.



■ الشكل 5-8 قد يؤدي التعرض المستمر للأصوات الصاخبة إلى ضعف في السمع أو فقدانه تماماً. وعلى العاملين في بعض المهن مثل مراقب الطيران استعمال أداة لحماية السمع.

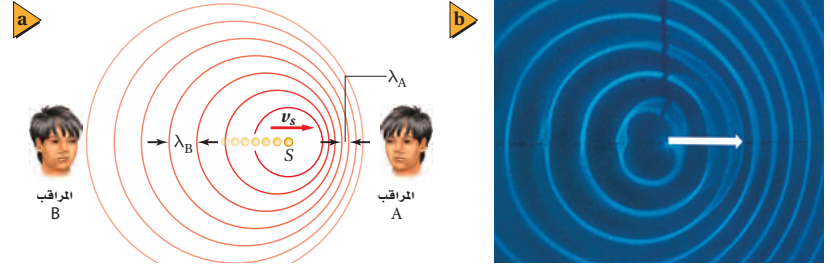
الشخص التخلص من أثر التعرض لفترة قصيرة للصوت الصاخب خلال ساعات معدودة، ولكن يمكن أن يستمر أثر التعرض لفترة طويلة إلى أيام أو أسابيع. ويؤدي التعرض الطويل إلى مستوى صوت 100 dB أو أكبر من ذلك إلى ضرر دائم. وقد ينتج ضعف السمع عن الأصوات الصاخبة في ساعات الرأس الموصولة بالراديو أو مشغلات الأقراص المدمجة. وفي بعض الحالات يغفل المستمعون عن مستويات الصوت المرتفعة. وللتقليل من الأضرار الناجمة عن الأصوات الصاخبة تم استعمال سدّادات الأذن القطنية التي تُخفّض مستوى الصوت بمقدار 10 dB فقط. وقد تختزل بعض الملحقات الخاصة بالأذن 25 dB. فيما تُخفّض سدّادات الأذن والملحقات الأخرى المصمّمة بصورة محدّدة، كما يبين الشكل 5-8 مستوى الصوت بمقدار 45 dB.

لا يتناسب علو الصوت طردياً مع تغيرات الضغط في موجات الصوت عند إحساسه بالأذن البشرية؛ حيث تعتمد حساسية الأذن على كل من حدة الصوت وسعته. كما أن إدراك الأصوات النقية بالأذن يختلف عن إدراك الأصوات المختلطة.

تأثير دوبلر The Doppler Effect

هل لاحظت أن حدة صوت سيارة الإسعاف أو الإطفاء أو صفارة الشرطة تتغير مع مرور المركبة بجانبك؟ تكون حدة الصوت أعلى عندما تتحرك المركبة في اتجاهك، ثم تتناقص حدة الصوت لتصبح أقل عندما تتحرك المركبة مبتعدة عنك. ويُسمى انزياح أو تغير التردد تأثير دوبلر، كما هو موضح في الشكل 6-8. حيث يتحرك مصدر الصوت S إلى اليمين بسرعة v_s ، وتنتشر الموجات المنبعثة من المصدر في دوائر مركزها المصدر، في الوقت الذي تنتج فيه هذه الموجات. ومع تحرك المصدر في اتجاه كاشف الصوت، الذي هو المراقب A في الشكل 6a-8، فإن العديد من الموجات تتقارب في المنطقة بين المصدر والمراقب، لذا يقل الطول الموجي ويصبح λ_A . ولأن سرعة الصوت ثابتة في الوسط الواحد فإن قِماً أكثر تصل إلى أذن المراقب في كل ثانية، مما يعني أن تردد الصوت عند المراقب A قد ازداد. في حين يزداد الطول الموجي عند تحرك المصدر بعيداً عن الكاشف، وهو المراقب B في الشكل 6a-8، ويصبح λ_B ، ويقل تردد الصوت عند المراقب B. ويبين الشكل 6b-8 تأثير دوبلر لمصدر صوتي متحرك في موجات الماء داخل حوض الموجات. ويحدث تأثير دوبلر أيضاً إذا كان الكاشف متحركاً والمصدر ثابتاً، إذ ينتج تأثير دوبلر في هذه الحالة عن السرعة المتجهة النسبية لموجات الصوت والمراقب. فمع اقتراب المراقب من المصدر الثابت تصبح السرعة المتجهة النسبية أكبر، مما يؤدي إلى زيادة في قِمْم الموجات التي تصل إليه في كل ثانية. ومع ابتعاد المراقب عن المصدر تقل السرعة المتجهة النسبية، مما

■ الشكل 6-8 يقل الطول الموجي مع تحرك مصدر الصوت في اتجاه المراقب A، ويصبح λ_A ؛ ويزداد الطول الموجي مع تحرك مصدر الصوت بعيداً عن المراقب B ويصبح λ_B (a). وتوضح حركة مصدر الموجات الصوتية تأثير دوبلر في حوض الموجات (b).



مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

نشاط

الرسوم البيانية لعلاقة الضغط - الموقع أشر إلى أن تعريف الموجة الصوتية يتضمن أيضاً أن الضغط يتغير مع الموقع. فسر هذا المضمون من خلال إنشاء رسم بياني للعلاقة بين الضغط والموقع، بحيث تُرسم الموجة في صورة منحني جيبي، وقد تبدأ بمقدار سرعة غير الصفّر، وأشر إلى أن هذا الشكل البياني عبارة عن "لقطة فوتوجرافية" للضغط في مسار الموجة عند لحظة معينة. اسأل الطلاب عن المصطلح الذي يصف المسافة بين المواقع التي لها لقطات متطابقة. **الطول الموجي** وبين أن الرسم البياني للضغط والموقع يوضح الطول الموجي للموجة الصوتية. 2م

تأثير دوبلر

الزمن المقدر 15 دقيقة

المواد والأدوات كرة فلين، وجرس إلكتروني (مذبذب)، وبطاريات.

الخطوات ركب الجرس والبطاريات قبل إجراء العرض، ثم جوف كرة الفلين، بحيث يمكنك وضع الجرس والبطاريات داخلها بشكل مناسب. ثم شغل الجرس، وضعه داخل الكرة. ارم الكرة إلى طالب، واجعله يلاحظ أي تغير في حدة الصوت في أثناء التقاط الكرة، وكرّر ذلك مع طلاب آخرين. يجب أن يلاحظ الطلاب نقصان حدة الصوت بصورة قليلة في أثناء التقاطهم للكرة. أشر إلى أن الكرة تصبح ساكنة عند التقاطها. تكون حدة صوت الجرس كبيرة في أثناء انتقال الكرة نحو الطلاب، بينما تقل حدته لحظة التقاط الكرة، ثم وضح للطلاب أن هذا الاختلاف في حدة الصوت كان نتيجة حركة مصدر الصوت، ويعد هذا مثالاً على تأثير دوبلر.

يؤدي إلى نقصان في قيم الموجات التي تصل إليه في كل ثانية. يمكن حساب التردد الذي يسمعه المراقب إذا كان المصدر وحده متحركاً، أو المراقب وحده متحركاً، أو كان كلاهما متحركين، وذلك باستخدام المعادلة التالية:

$$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right)$$

التردد الذي يدركه مراقب يساوي السرعة المتجهة للمراقب بالنسبة إلى السرعة المتجهة للموجة، مقسوماً على السرعة المتجهة للمصدر بالنسبة إلى السرعة المتجهة للموجة، وكله مضروب في تردد الموجة.

تمثل v في معادلة تأثير دوبلر السرعة المتجهة لموجة الصوت، و v_d السرعة المتجهة للمراقب، و v_s السرعة المتجهة لمصدر الصوت، و f_s تردد الموجة المنبعثة من المصدر، و f_d التردد الذي يستقبله المراقب. وتطبق هذه المعادلة عند حركة المصدر، أو حركة المراقب، أو عند حركة كليهما. عند حل المسائل باستخدام المعادلة السابقة، تأكد من تعريف نظام الإحداثيات، بحيث يكون الاتجاه الموجب من المصدر إلى المراقب. وتصل الموجات الصوتية إلى المراقب من المصدر، لذا تكون السرعة المتجهة للصوت موجبة دائماً. حاول رسم مخططات للتحقق من أن المقدار $(v - v_d) / (v - v_s)$ يعطي نتائج كما تتوقع، اعتياداً على ما تعلمته حول تأثير دوبلر. ولاحظ أنه بالنسبة إلى مصدر يتحرك في اتجاه المراقب (الاتجاه الموجب، الذي ينتج مقام أصغر مقارنة بالمصدر الثابت)، والمراقب يتحرك في اتجاه المصدر (الاتجاه السالب، الذي ينتج زيادة البسط مقارنة بمراقب ثابت) فإن التردد الذي يستقبله المراقب f_d يزداد. وبالمثل إذا تحرك المصدر بعيداً عن المراقب، أو إذا تحرك المراقب بعيداً عن المصدر فإن f_d تقل. اقرأ الرياضيات في الفيزياء أدناه لترى كيف تختصر معادلة تأثير دوبلر عندما يكون المصدر أو المراقب ثابتاً.

الرياضيات في الفيزياء

اختصار المعادلات عندما يساوي عنصر ما صفراً في معادلة معقدة فإن المعادلة قد تختصر في صورة أكثر سهولة للاستخدام.

مراقب ثابت، المصدر متحرك: $v_s = 0$	مراقب ثابت، المصدر متحرك: $v_d = 0$
$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right)$ $= f_s \left(\frac{v - v_d}{v} \right)$ $= f_s \left(\frac{v - \frac{v_d}{v}}{v} \right)$ $= f_s \left(\frac{1 - \frac{v_d}{v}}{1} \right)$ $= f_s \left(1 - \frac{v_d}{v} \right)$	$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right)$ $= f_s \left(\frac{v}{v - v_s} \right)$ $= f_s \left(\frac{\frac{v}{v}}{v - \frac{v_s}{v}} \right)$ $= f_s \left(\frac{1}{1 - \frac{v_s}{v}} \right)$

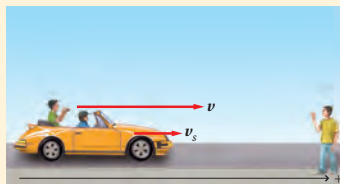
الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

نظام الإنذار المبكر استخدم الصينيون جرّاراً فخارية للكشف عن الأصوات التي تبين تقدم جيش العدو. حيث يتم شد أغشية جلدية على أفواه جرّار فخارية فارغة سعة كل منها 80 L، ثم توضع الجرّار في حفر على شكل أعمدة عميقة تفصل بينها مسافات قصيرة، ويتمركز الجنود ذوو السمع الجيد بالقرب من هذه الأعمدة المحفورة. ولا تقتصر أهمية هذه الجرّار على سماع أصوات تقدم جيش العدو فقط، بل يتمكن الجنود أيضاً باستخدامها من تحديد الاتجاه الذي يأتي منه العدو ومدى بعده عنهم؛ وذلك من خلال الاستماع إلى الأصوات المختلفة من الأعمدة. ويتمكنون من فعل ذلك لأن اهتزازات أقدام الجنود في أثناء تحركهم تنتقل إلى الأرض، وتنتشر في الاتجاهات جميعها، بما في ذلك الجرّار الفخارية، وأعطيتها الجلدية، والتي تهتز بدورها وتولّد صوتاً يمكنهم سماعه وتمييزه.

مثال 1

تأثير دوبلر يركب شخص سيارة تسير في اتجاهك بسرعة 24.6 m/s ، ويصدر صوتاً تردده 524 Hz . ما التردد الذي ستسمعه، مع افتراض أن درجة الحرارة تساوي 20°C ؟



1 تحليل المسألة ورسمها

- مثل الحالة.
- أسس محاور إحداثيات، وتحقق أن الاتجاه الموجب من المصدر إلى المراقب.
- بين السرعة المتجهة لكل من المصدر والمراقب.

المعلوم
 $v = +343 \text{ m/s}$, $v_s = +24.6 \text{ m/s}$
 $f_d = ?$ $f_s = 524 \text{ Hz}$
 $v_d = 0 \text{ m/s}$

2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم المعادلة التالية، وعوض القيمة $v_d = 0 \text{ m/s}$:

$$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right)$$

$$f_d = f_s \left(\frac{1}{1 - \frac{v_s}{v}} \right)$$

$$= 524 \text{ Hz} \left(\frac{1}{1 - \frac{24.6 \text{ m/s}}{343 \text{ m/s}}} \right)$$

$$= 564 \text{ Hz}$$

عوض مستخدماً $f_s = 524 \text{ Hz}$, $v = 343 \text{ m/s}$, $v_s = +24.6 \text{ m/s}$

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ يقاس التردد بوحدة الهرتز.
- هل الجواب منطقي؟ يتحرك المصدر في اتجاهك، لذا يجب أن يزداد التردد.

مثال صفي

سؤال أطلقت صفارة إنذار ترددها 975 Hz في محطة إطفاء حريق. فإذا كنت تقود دراجتك الهوائية مبتعداً عن المحطة بسرعة 6.00 m/s ، فما تردد الموجات الصوتية التي تسمعها؟ افترض أن درجة حرارة الهواء 20°C

الجواب

استخدم المعادلة المبسطة لمصدر ثابت ومراقب متحرك.

$$f_d = f_s \left(1 - \frac{v_d}{v} \right)$$

وبتعويض سرعة الصوت في الهواء 343 m/s ، ينتج

$$f_d = 975 \text{ Hz} \left(1 - \frac{6.00 \text{ m/s}}{343 \text{ m/s}} \right)$$

$$= 958 \text{ Hz}$$

مسائل تدريبية

4. 392 Hz

5. 548 Hz

6. 3.52 MHz

7. 11.4 m/s

المناقشة

مشاهدة تأثير دوبلر

سؤال استنتج كيف يستخدم علماء الفلك تأثير دوبلر؟

الإجابة يستطيع الفلكيون ملاحظة التغير في الطول الموجي للضوء المنبعث من مصدر بعيد متحرك؛ وذلك لأن تأثير دوبلر يحدث لموجات الضوء بالطريقة نفسها التي يحدث فيها لموجات الصوت. فعندما تتحرك مجرة مبتعدة عن الأرض، يتناقص التردد الظاهري للضوء المنبعث منها، ويزداد طول الموجي. حيث يشار إلى ذلك بالانزياح نحو الأحمر. ويكافئ ذلك في الصوت ظاهرة تناقص حدته التي يمكن ملاحظتها بشكل أكثر سهولة. **2م**

مسائل تدريبية

- افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة 25.0 m/s في اتجاه صفارة إنذار. إذا كان تردد صوت الصفارة 365 Hz ، فما التردد الذي ستسمعه؟ علماً بأن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s .
- افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة 24.6 m/s ، وتتحرك سيارة أخرى في اتجاهك بالسرعة نفسها. فإذا انطلق المنبه فيها بتردد 475 Hz ، فما التردد الذي ستسمعه؟ علماً بأن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s .
- تتحرك غوّاصة في اتجاه غوّاصة أخرى بسرعة 9.20 m/s ، وتصدر موجات فوق صوتية بتردد 3.50 MHz . ما التردد الذي تلتقطه الغوّاصة الأخرى وهي ساكنة؟ علماً بأن سرعة الصوت في الماء 1482 m/s .
- يرسل مصدر صوت موجات بتردد 262 Hz . ما السرعة التي يجب أن يتحرك بها المصدر لتزيد حدة الصوت إلى 271 Hz ؟ علماً بأن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s .

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

دوي الصوت كما نلاحظ من خلال الشكل 6-8، فإن حركة مصدر الصوت تشوّه موجة الصوت التي تتحرك أمامه. فعندما يتحرك مصدر الصوت بسرعة أكبر من سرعة الصوت (سرعات فوق صوتية) تتولد موجة مخروطية تدعى موجة الصدمة، وتتركز طاقة موجة الصدمة على سطح المخروط، وهي التي تسبب دوي صوت الطائرة النفاثة. وعلى مقياس أصغر نسبياً فإن صوت فرقة السوط هي أيضاً دوي صوتي؛ لأن رأس السوط يتحرك بسرعة أكبر من سرعة الصوت.

3. التقويم

التحقق من الفهم

نمذجة الموجات الصوتية مثل موجة الصوت بمنحنى جيبي على الرسم البياني لعلاقتي الضغط مع الموقع والضغط مع الزمن، ثم اطلب إلى الطلاب وضع إشارة على أجزاء الرسم البياني التي تحدد الطول الموجي، والزمن الدوري، والسعة. ثم اطلب إليهم ربط الإشارات بخصائص الصوت، ومنها الحدة والشدة. **2م بصري - مكاني**

التوسّع

تأثير دوبلر اسأل الطلاب عن أمثلة اختبروا فيها تأثير دوبلر. واطلب إليهم تحليل هذه الحالات. وتأكد من ملاحظة الطلاب أن الانزياح هو تغير في الحدة الظاهرية للصوت التي تحدث بسبب حركة المراقب و/ أو مصدر الصوت. **2م**



■ الشكل 7-8 تستخدم الخفافيش تأثير دوبلر لتعيين موقع الفريسة، بعملية تسمى تحديد الموقع باستخدام الصدى.

يحدث تأثير دوبلر في كل حركة موجية، في الموجات الميكانيكية والموجات الكهرومغناطيسية. وله تطبيقات عدّة؛ فمثلاً تستخدم كواشف الرادار تأثير دوبلر لقياس سرعة كرات البيسبول والمركبات. ويراقب علماء الفلك الضوء المنبعث من المجرات البعيدة، ويستخدمون تأثير دوبلر لقياس سرعتها، ويستنتجون بُعدها عن الأرض. كما يُستخدم في الطب لقياس سرعة حركة جدار قلب الجنين بجهاز الموجات فوق الصوتية. وتستخدم الخفافيش تأثير دوبلر في الكشف عن الحشرات الطائرة واقتناسها؛ فعندما تطير الحشرة بسرعة أكبر من سرعة الخفاش يكون تردد الموجة المنعكسة عنها أقل. أما عندما يلحق الخفاش بالحشرة ويقترّب منها فيكون تردد الموجة المنعكسة أكبر، كما هو موضح في الشكل 7-8. ولا تستخدم الخفافيش الموجات الصوتية فقط لتحديد موقع الفريسة والطيّان، ولكن تستخدمها أيضاً لاكتشاف وجود خفافيش أخرى. وهذا يعني أنها تميز الأمواج الخاصة التي ترسلها وانعكاساتها عن مجموعة كبيرة من الأصوات والترددات الموجودة. ويستمر العلماء في دراسة الخفافيش وقدرتها المدهشة على استخدام الموجات.



8-1 مراجعة

12. **اكتشف الميكرو** كان الناس في القرن التاسع عشر يضعون آذانهم على مسار سكة الحديد ليترقبوا وصول القطار. لماذا تُعد هذه الطريقة نافعة؟
13. **الخفافيش** يرسل الخفاش نبضات صوت قصيرة بتردد عالٍ ويستقبل الصدى. ما الطريقة التي يميز بها الخفاش بين:
 - a. الصدى المرتد عن الحشرات الكبيرة والصدى المرتد عن الحشرات الصغيرة إذا كانت على البعد نفسه منه؟
 - b. الصدى المرتد عن حشرة طائرة مقترّبة منه والصدى المرتد عن حشرة طائرة مبتعدة عنه؟
14. **التفكير الناقد** هل يستطيع شرطي يقف على جانب الطريق استخدام الرادار لتحديد سرعة سيارة في اللحظة التي تمر فيها أمامه؟ وضح ذلك.

8. **رسم بياني** تتحرك طبلة الأذن إلى الخلف وإلى الأمام استجابة لتغيرات ضغط موجات الصوت. مثل بيانياً العلاقة بين إزاحة طبلة الأذن والزمن لدورتين لنغمة ترددها 1.0 kHz، ولدورتين لنغمة ترددها 2.0 kHz.
9. **تأثير الوسيط** اذكر خصيصتين من خصائص الصوت تتأثران بالوسيط الذي تتحرك فيه موجة الصوت، وخصيصتين من الخصائص التي لا تتأثر بالوسيط.
10. **خصائص الصوت** ما الخصيصة الفيزيائية التي يجب تغييرها لموجة صوت حتى تتغير حدة الصوت؟ وما الخصيصة التي يجب تغييرها حتى يتغير علو الصوت؟
11. **مقياس الديسبل** ما نسبة مستوى ضغط صوت جزازة العشب (110 dB) إلى مستوى ضغط صوت محادثة عادية (50 dB)؟

8-1 مراجعة

- b. إن الحشرة التي تطير نحو الخفاش تعيد الصدى بتردد أكبر (انزياح دوبلر)، أما الحشرة التي تطير مبتعدة عن الخفاش فتعيد الصدى بتردد أقل.
14. لا. يجب أن تتحرك السيارة مقترّبة أو مبتعدة عن المراقب لملاحظة تأثير دوبلر؛ حيث لا تنتج الحركة المستعرضة أي أثر لتأثير دوبلر.

12. إن سرعة الصوت في المواد الصلبة أكبر من سرعته في الغازات. لذلك تنتقل موجات الصوت بسرعة أكبر في القضبان الفولاذية مقارنة بسرعة انتقالها في الهواء. وتساعد القضبان على عدم انتشار طاقة الموجات الصوتية على مساحة أكبر؛ لذا لا تتلاشى موجات الصوت خلال مسافات قصيرة.
13. a. سيختلفان في الشدة، حيث تعكس الحشرات الأكبر طاقةً صوتية أكبر في اتجاه الخفاش.

8. انظر دليل حلول المسائل.
9. الخصيصتان اللتان تتأثران: السرعة والطول الموجي، والخصيصتان اللتان لا تتأثران: الزمن الدوري والتردد.
10. التردد، السعة.
11. يزداد مستوى ضغط الصوت بمقدار 10 مرات مقابل كل زيادة مقدارها 20 dB في مستوى الصوت. لذا فإن 60 dB تقابل زيادة بمقدار 1000 ضعف في مستوى ضغط الصوت.

2-8 الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار

1. التركيز

نشاط

الأربطة المطاطية وزرع أربطة مطاطية على الطلاب، واطلب إليهم شدّها. يستطيع الطلاب مع قليل من التمرين الضرب على هذه الأربطة وتوليد نغمات. ثم اطلب إليهم شد الأربطة بشكل أكبر، ثم المقارنة بين النغمات التي يولّدونها. ثم اجعل الطلاب يناقشوا كيف تعمل الأربطة المطاطية على توليد الصوت، وكيف ترتبط حدة الصوت مع مقدار شدّ هذه الأربطة. 1 سمعي

الربط مع المعرفة السابقة

الرنين يطبّق الطلاب فهمهم للموجات الصوتية على مفهوم الرنين وعلى خصائص الموجات الموقوفة (المستقرة) في الأعمدة الهوائية والأوتار.

الأهداف

- تصف مصدر الصوت.
- توضح مفهوم الرنين، وتطبيقاته على أعمدة الهواء والأوتار.
- توضح سبب وجود الاختلافات في صوت الآلات وفي أصوات الناس.

المفردات

- التردد الأساسي
- الإيقاع

درس العالم الألماني هيرمن هلمهولتز في منتصف القرن التاسع عشر أصوات الناس، ثم طوّر علماء ومهندسون في القرن العشرين أداة إلكترونية لا تكتفي بدراسة مفصلة للصوت، بل بإنشاء آلات إلكترونية لإنتاج الأصوات أيضًا، بالإضافة إلى آلات تسجيل تسمح لنا بسماع القرآن والخطب والقصائد وتسجيلات متعددة في أي مكان وأي زمان نريده.

مصادر الصوت Sources of Sound

ينتج الصوت عن اهتزاز الأجسام؛ إذ تؤدي اهتزازات الجسم إلى تحريك الجزيئات التي تسبب في إحداث تذبذب في ضغط الهواء. فمثلاً يحتوي مكبر الصوت على مخروط مصمّم ليهتز بواسطة التيارات الكهربائية، ويولّد سطح المخروط الموجات الصوتية التي تنتقل إلى أذنك، مما يسمح لك بسماع القرآن أو الأذان. وتعدّ الصنوج والدفوف والطبول أمثلة على السطوح المهتزة، وتعدّ جميعها مصادر للصوت.

ينتج الصوت البشري عن اهتزاز الأوتار الصوتية، وهي عبارة عن زوج من الأغشية في الحنجرة، حيث يندفع الهواء من الرئتين مازًا عبر الحنجرة، فتبدأ الأوتار الصوتية في الاهتزاز. ويتم التحكم في تردد الاهتزاز بعضلات الشد الموجودة على الأوتار الصوتية.

أما الآلات الوترية فإن الأسلاك أو الأوتار هي التي تهتز؛ إذ يُنتج ضرب الأوتار أو سحبها أو احتكاكها بقوس الوتر، اهتزاز الأوتار. وتتصل الأوتار عادة بلوحة صوتية تهتز مع الأوتار. وتؤدي اهتزازات اللوحة الصوتية إلى إحداث تذبذبات في قيمة ضغط الهواء الذي نشعر به بوصفه صوتًا.

الرنين في الأعمدة (الأببيب) الهوائية

Resonance in Air Columns

عند وضع شوكة رنانة فوق عمود هواء يهتز الهواء داخل الأنبوب بالتردد نفسه، أو برنين يتوافق مع اهتزاز معين للشوكة الرنانة. تذكر أن الرنين يزيد من سعة الاهتزاز من خلال تكرار تطبيق قوة خارجية صغيرة بالتردد الطبيعي نفسه. ويحدد طول عمود الهواء ترددات الهواء المهتز التي ستكون في حالة رنين، في حين يؤدي تغيير طول عمود الهواء إلى تغيير حدة صوت الآلة. ويعمل عمود الهواء في حالة الرنين على تضخيم مجموعة محدّدة من الترددات لتضخيم نغمة منفردة، وتحويل الأصوات العشوائية إلى أصوات منتظمة.

2-8 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 7-12

اختبار قصير 2-8، ص 51

شريحة التدريس 3-8 ص 60

شريحة التدريس 4-8 ص 62

ربط الرياضيات مع الفيزياء

تقويم الفصل 8، ص 64

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 39

2. التدريس

المناقشة

سؤال اطلب إلى الطلاب التمييز بين انعكاس تضاعف موجة صوتية في عمود هوائي مغلق وبين انعكاسه في عمود هوائي مفتوح.

الإجابة في العمود الهوائي المفتوح ينعكس التضاعف تخلصاً. أما في العمود الهوائي المغلق فينعكس تضاعفاً. فمثلاً ينعكس الضغط المرتفع في صورة ضغط مرتفع. انظر الشكل 8-9.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

الأعمدة الهوائية ذكر الطلاب أن الموجات الموقوفة (المستقرة) تحدث في عمود الهواء داخل الأنبوب وليس في المادة المصنوع منها الأنبوب. ووضح لهم أن الصوت يتحرك خلال الهواء؛ لأن المصدر المهتز يولد تذبذبات منتظمة في ضغط الهواء. ويندفع الهواء في كل دورة للموجة إلى داخل طرفي الأنبوب وخارجه ليحدث التضاعف والتخلخل للموجة.



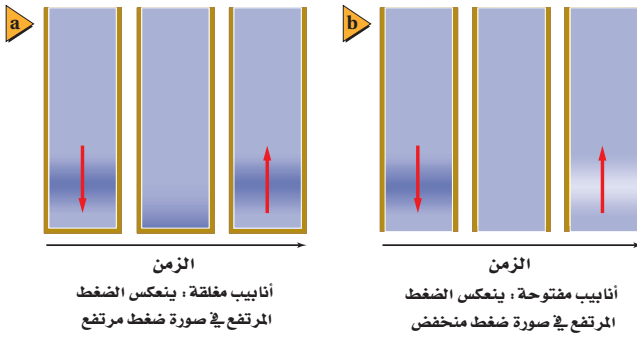
■ الشكل 8-8 يغير رفع الأنبوب أو إنزاله، طول عمود الهواء، ويكون الصوت عاليًا عند حدوث رنين بين عمود الهواء والشوكة الرنانة.

وتحدث الشوكة الرنانة فوق أنبوب مجوف رنينًا في عمود الهواء، كما يبين الشكل 8-8، إذا تم وضع الأنبوب في الماء، بحيث تصبح إحدى نهايتي الأنبوب أسفل سطح الماء، حيث يتكون أنبوب مغلق - بالنسبة إلى الهواء - يكون في حالة رنين. ويتم تغيير طول عمود الهواء بتعديل ارتفاع الأنبوب فوق سطح الماء. فإذا ضربت الشوكة الرنانة بمطرقة مطاطية، وتم تغيير طول عمود الهواء بتحريك الأنبوب إلى أعلى أو إلى أسفل في الماء فإن الصوت يصبح أعلى أو أخفض على التناوب. ويكون الصوت عاليًا عندما يكون عمود الهواء في وضع رنين مع الشوكة الرنانة. وعندما يكون عمود الهواء في حالة رنين فإنه يؤدي إلى تقوية صوت الشوكة الرنانة.

موجة الضغط (الطولية) الموقوفة (المستقرة) كيف يحدث الرنين؟ تولد الشوكة الرنانة موجات صوتية، تتكون من تذبذبات مرتفعة ومنخفضة الضغط، وتتحرك هذه الموجات إلى أسفل عمود الهواء. وعندما تصطدم هذه الموجات بسطح الماء تنعكس مرتدة إلى الشوكة الرنانة، كما في الشكل 8-9a. فإذا وصلت موجة الضغط المرتفع المنعكسة إلى الشوكة الرنانة في اللحظة نفسها التي تنتج فيها الشوكة الرنانة موجة ضغط مرتفع أخرى فعندها تقوى الموجة الصادرة عن الشوكة والموجة المنعكسة إحداهما الأخرى. وهذه التقوية أو التعزيز للموجات يولد موجة مستقرة، ويحدث الرنين.

أما الأنبوب المفتوح فهو أنبوب مفتوح الطرفين، ويكون في حالة رنين مع مصدر صوت عندما تنعكس موجات المصدر من طرف مفتوح. ويكون ضغط الموجة المنعكسة مقلوبًا. فعلى سبيل المثال، إذا وصلت موجة ضغط مرتفع إلى الطرف المفتوح فسوف ترتد موجة ضغط منخفض، كما يبين الشكل 8-9b.

طول عمود هواء الرنين يمكن تمثيل موجة صوتية موقوفة في أنبوب بموجة جيبية، كما يوضح الشكل 8-10. كما يمكن أن تمثل الموجات الجيبية إما تغيرات ضغط الهواء أو إزاحة جزيئاته. ولأن للموجات المستقرة عقدًا وبطونًا، لذا فإنه عند التمثيل البياني لتغير الضغط تكون العقد هي مناطق الضغط الجوي المتوسط، أما مناطق البطون فيتذبذب



■ الشكل 8-9 يمثل الأنبوب الموضوع في ماء أنبوبًا مغلقًا. وتنعكس موجات الضغط المرتفع في الأنبوب المغلقة موجات ضغط مرتفع (a). أما في الأنبوب المفتوحة فتكون الموجات المنعكسة مقلوبة (b).

تحفيز

نشاط

تمثيل موجات الصوت بيانيًا اقترح على الطلاب استخدام معدات عرض الصوت لتبيين العلاقة بين الضغط والزمن لموجات صوتية لنغمات نقية. وقد تحتوي هذه المعدات على آلة حاسبة راسمة مع CLB، ورأس مذبذبات، أو لوحات إلكترونية توصل بالحاسوب. وقد تحتوي مصادر النغمات النقية على شوكات رنانة، ومولدات نغمات، أو دمي معينة. ثم اطلب إلى الطلاب تحليل الرسوم البيانية بالنسبة للزمن الدوري والتردد. حث الطلاب على عرض الرسوم البيانية التي قاموا بتحليلها في الغرفة الصفية لكي يعاينها زملاؤهم.

2 م بصري - مكاني

الشكل 10-8 تمثل موجات الجيب
الموجات المستقرة في الأنابيب.

تطوير المفهوم

تمثيل الموجات الموقوفة يمكن تمثيل موجة موقوفة بيانياً في وتر أو داخل عمود هوائي. بالنسبة للوتر فإن تمثيل إزاحة الوتر مع الزمن يكون ذا معنى، ويمكن الاستفادة منه. أما في عمود الهواء فيمكن عرض كل من تغير الضغط وإزاحة جزيئات الهواء كدالة رياضية مع الزمن.

تجربة

الرنين في الأعمدة الهوائية

الهدف دراسة العلاقة بين طول عمود هوائي والرنين.

المواد والأدوات شوكة رنانة، ومطرقة خاصة بالشوكات الرنانة، وعمود هوائي مغلق. **النتائج المتوقعة** يحدث تقوية للصوت عند أطوال معينة للعمود الهوائي.

التحليل والاستنتاج

4. يحدث تقوية لصوت اهتزاز الشوكة الرنانة بواسطة العمود الهوائي؛ أي يحدث رنين عند أطوال معينة للعمود الهوائي.

5. يحدث الرنين عندما يتساوى تردد اهتزاز العمود الهوائي مع تردد الشوكة الرنانة.

تجربة

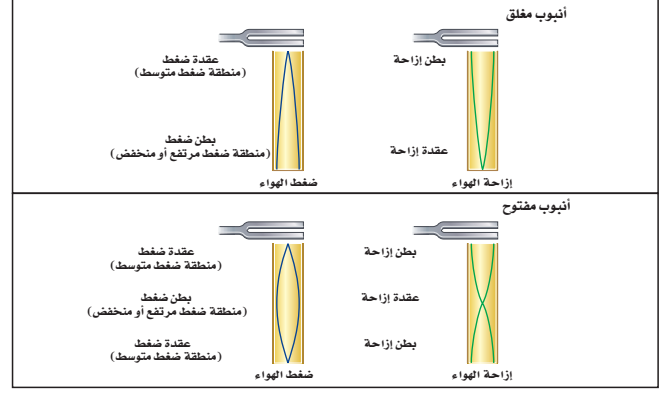
الرنين في الأعمدة الهوائية

تحتاج في هذه التجربة إلى: شوكة رنانة، ومطرقة خاصة، وأنبوب مغلق.

1. اطرق الشوكة الرنانة ثم قربها من فوهة الأنبوب.
2. غير طول العمود الهوائي عن طريق تغيير عمق الماء فيه. وقرب الشوكة الرنانة بعد طرقتها من فوهة الأنبوب.
3. أعد الخطوة السابقة، واستمر في زيادة طول عمود الهواء أكثر من الحالة الأولى.

التحليل والاستنتاج

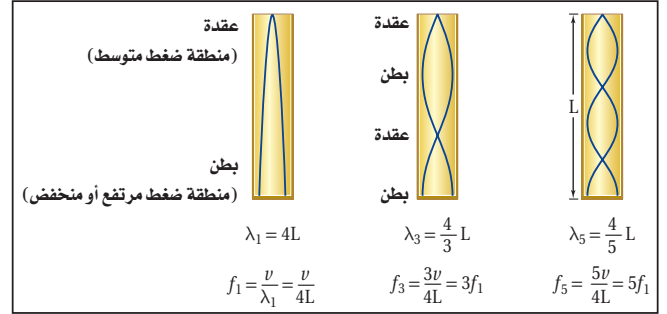
4. لاحظ ماذا لاحظت بعد تنفيذ الخطوة 2 والخطوة 3؟
5. استنتج متى يحدث الرنين؟



الضغط عندها بين قيمته العظمى والصغرى. وفي حالة رسم الإزاحة تكون البطون هي مناطق الإزاحة الكبيرة، وتكون العقد هي مناطق الإزاحة القليلة. وفي كلتا الحالتين تكون المسافة بين بطنين أو بين عقدتين متتاليتين مساوية لنصف الطول الموجي.

ترددات الرنين في أنبوب مغلق إن طول أقصر عمود هوائي له بطن ضغط عند الطرف المغلق وعقدة ضغط عند الطرف المفتوح يكون مساوياً لربع الطول الموجي، كما يبين الشكل 11-8. ومع زيادة التردد يكون هناك أطوال أعمدة هوائي إضافية عند فترات مساوية لنصف الطول الموجي. لذا تكون الأعمدة التي أطوالها $\lambda/4, 3\lambda/4, 5\lambda/4, 7\lambda/4, \dots$ وهكذا، في حالة رنين مع الشوكة الرنانة.

يكون طول عمود هوائي الرنين الأول عملياً أطول قليلاً من ربع الطول الموجي؛ وذلك لأن تغيرات الضغط لا تنخفض إلى الصفر تماماً عند الطرف المفتوح من الأنبوب. وتكون العقدة فعلياً أبعد عن الطرف بمقدار 0.4 قطر الأنبوب. وتفصل بين أطوال أعمدة هوائي الرنين الإضافية مسافات مقدارها نصف الطول الموجي. ويستخدم قياس هذه المسافة بين كل رنينين في إيجاد سرعة الصوت في الهواء، كما يبين المثال 2.



الشكل 11-8 يكون الأنبوب المغلق في حالة رنين عندما يكون طوله عدداً فردياً من مضاعفات ربع الطول الموجي.

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

الرسوم البيانية للضغط والإزاحة كما هو موضح في الشكل 10-8، فإن عقد الإزاحة ترتبط مع بطون الضغط. وتحدث هذه العلاقة لأن الجزيئات على جانبي عقدة الإزاحة تتحرك مبتعداً بعضها عن بعض، ثم يتحرك بعضها نحو بعض، حيث يزداد الضغط إلى قيمة عظمى عند تقارب الجزيئات، ثم ينقص إلى أقل قيمة عند تباعدها. لذلك فإن هذا الموقع هو بطن ضغط؛ لأن الضغط يتذبذب خلاله بين قيمته العظمى والصغرى. وفي بطون الإزاحة تتحرك الجزيئات بالطور نفسه؛ حيث يكون التغير في الضغط هنا صفراً، لذا فإن موقع إزاحة البطن يرتبط بعقدة الضغط.

تطبيق الفيزياء

تعمل قناة السمع البشرية مثل عمود هواء مغلق.

فعندما يدخل الصوت إلى الأذن الخارجية يكون على شكل موجة ضغط. وعندما تصل موجة الضغط هذه إلى الأذن الوسطى أو الطرف المغلق من الأنبوب فإنها تتحول إلى موجة ميكانيكية، حيث تبدأ عظام وطبلة الأذن في الأذن الوسطى في الاهتزاز، فتعمل على عكس موجات الصوت نحو الجزء الخارجي من الأنبوب المغلق، كما تعكس أيضاً الموجة نحو سائل الأذن الداخلية خلف طبلة الأذن. ولكي ندرك الصوت فإن حركة هذا السائل تنشط خلايا الشعر الموجودة في الأذن الداخلية؛ حيث إن كلاً منها حساس لتردد معين من الاهتزاز. وتدفع هذه الخلايا بنبضات عصبية إلى الدماغ الذي يعمل على تفسير الصوت.

التفكير الناقد

الاختلافات في الموجات الموقوفة (المستقرة)
أشر إلى أن قضيب نحاس طوله 1.0 m محمول من وسطه يمكن أن يولد رنيناً مع موجة طولية موقوفة طولها الموجي 2 m وترددها الأساسي 1750 Hz. حيث يعمل القضيب كأنبوب مفتوح أو وتر بترددات رنين مساوية لمضاعفات صحيحة للتردد f ، بحيث يكون $f = v/2L$ و $\lambda = 2L$. أما لأنبوب مغلق فإن $f = v/4L$ ، ويولد أنبوب مغلق طوله 1.0 m موجة موقوفة (مستقرة) بطول موجي مماثل ولكن بتردد أساسي يساوي 85.8 Hz فقط. اسأل الطلاب: ما الكميات الأخرى المختلفة بين الأنبوبين؟ تختلف سرعة الصوت، ويكون التردد الأساسي للموجة الموقوفة في القضيب النحاسي أكبر لأن سرعة الموجات الطولية في النحاس أكبر من سرعتها في الهواء. **2م** منطقي-رياضي

الشكل 12-8 يكون الأنبوب المفتوح

في حالة رنين عندما يكون طوله عدداً زوجياً من مضاعفات ربع الطول الموجي.

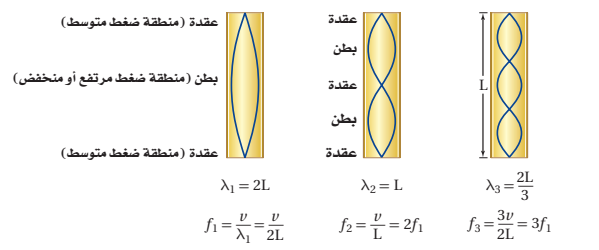
ما مقدار سرعة الصوت؟
ارجع إلى دليل التجارب العملية

تطبيق الفيزياء

السمع والتردد

تعمل القناة السمعية البشرية كأنها أنبوب مغلق في حالة رنين. يؤدي إلى زيادة حساسية الأذن للترددات بين 2000 و 5000 Hz، في حين يمتد المدى الكامل لترددات الصوت التي يسمعها البشر من 20 إلى 20000 Hz. ويمتد سمع الكلب لترددات مرتفعة تصل إلى 45000 Hz، أما القط فيمتد السمع لديه إلى ترددات تصل إلى 100000 Hz.

الشكل 13-8 تعمل الصدفة عمل أنبوب مغلق في حالة رنين. يضحّم ترددات معينة من الأصوات المحيطة



ترددات الرنين في أنبوب مفتوح يكون طول أقصر عمود هواء يحتوي على عقدة عند كل من طرفيه مساوياً نصف الطول الموجي، كما يبين الشكل 12-8. ومع زيادة التردد يكون هناك أطوال رنين إضافية عند فترات نصف الطول الموجي. لذا تكون الأعمدة في حالة الرنين مع الشوكة الرنانة بأطوال $\lambda, \lambda/2, 3\lambda/2, 2\lambda, \dots$ وهكذا.

إذا استعملت أنبوبين مفتوحاً ومغلقاً على أنها أنبوبان في حالة رنين فإن الطول الموجي لصوت الرنين في الأنبوب المفتوح يكون نصف الطول الموجي الذي للأنبوب المغلق. لذا يكون التردد في الأنبوب المفتوح ضعف التردد الذي في الأنبوب المغلق. وتكون أطوال أعمدة هواء الرنين لكلا الأنبوبين مفصولة بفترات مقدارها نصف الطول الموجي.

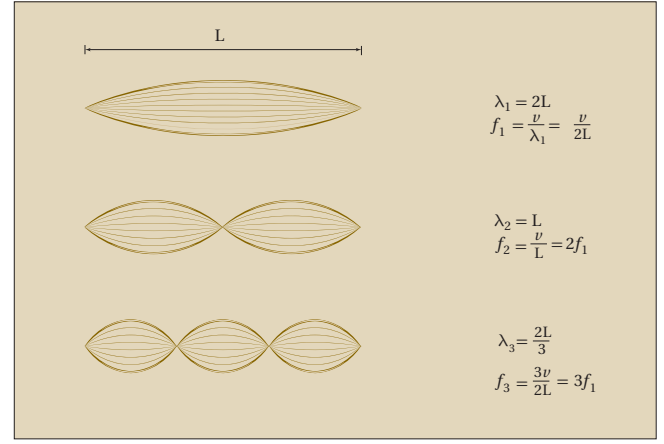
سماع الرنين يؤدي الرنين إلى زيادة علو ترددات مخصصة. فإذا صرحت داخل نفق طويل فإن الصوت الذي يدوي وتسمعه يكون بسبب النفق بوصفه أنبوباً في حالة رنين. كما تعمل الصدفة في الشكل 13-8 عمل أنبوب مغلق في حالة رنين.

الرنين فيه الأوتار Resonance on Strings

تختلف أشكال الموجة في الأوتار المهتزة اعتماداً على طريقة توليدها. ومن ذلك النقر أو الشد أو الضرب، إلا أن لها خصائص عديدة مشتركة مع الموجات المستقرة في النواويس والحبال، كما درست في الفصل السابق. ويكون الوتر في آلة ما مشدوداً من الطرفين، لذا فإنه عندما يهتز يكون له عقدة عند كل طرف من طرفيه. وتستطيع أن ترى في الشكل 14-8 أن النمط الأول للاهتزاز له بطن عند المنتصف، وطوله يساوي نصف الطول الموجي. ويحدث الرنين التالي عندما يكون طول الوتر مطابقاً لطول موجي واحد. وتظهر موجات مستقرة إضافية عندما يكون طول الوتر $2\lambda, 3\lambda/2, 2\lambda, 5\lambda/2, \dots$ وهكذا. وكما هو الحال للأنبوب المفتوح فإن ترددات الرنين تساوي مضاعفات أقل تردد.

تعزير الفهم

موجات الضغط الموقوفة اطلب إلى الطلاب تفسير لماذا تعد الأشكال 8-12 و 8-14 رسومًا بيانية لعلاقة الضغط - الموقع. **يبين كل منها تغير الضغط من موقع إلى آخر خلال انتقاله في الوسط.** 2م

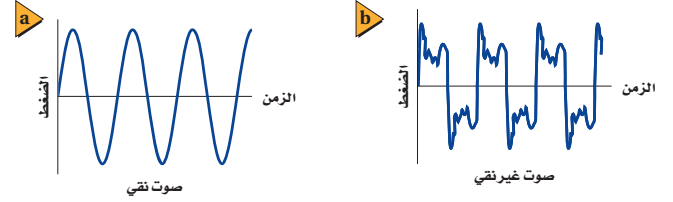


وتعتمد سرعة الموجة في الوتر على قوة الشد فيه، وعلى كتلة وحدة طوله. لذا فإن الآلة الوترية تُضبط بتغيير شد أو تارها. فكلما كان الوتر مشدودًا أكثر كانت سرعة حركة الموجة أكبر، لذا تزداد قيمة تردد موجاته المستقرة.

جودة الصوت Sound Quality

تولّد الشوكة الرنانة صوتًا معتدلاً غير مرغوب فيه؛ لأن أطرافها تهتز بحركة توافقية بسيطة، وتنتج موجة جيبية بسيطة، كما يبين الشكل 8-15a. أما الأصوات البشرية فهي أكثر تعقيداً، ومنها الموجة المبينة في الشكل 8-15b. تولّد الموجة المعقدة باستخدام مبدأ التراكب لجمع موجات ذات ترددات مختلفة؛ إذ يعتمد شكل الموجة على السعات النسبية لهذه الترددات. ويُسمى الفرق بين الموجتين طابع الصوت، أو لون النغمة، أو جودتها.

الشكل 8-15 رسم بياني لصوت نقي مقابل الزمن (a). ورسم بياني لموجات صوتية غير نقية (معقدة) مقابل الزمن (b).



عرض سريع

الرنين في القضبان

الزمن المقدر 10 دقائق

المواد والأدوات قضيب ألومنيوم يتراوح طوله بين 50 cm و 200 cm وبقطر بين 10 mm و 15 mm، وصمغ.

الخطوات

أمسك القضيب بشكل آمن من منتصفه بواسطة الإبهام والسبابة، ثم ضع بعض الصمغ على إبهام وسبابة اليد الأخرى، ثم حرك الإبهام والسبابة بسرعة على امتداد القضيب حتى يبدأ في الاهتزاز. ثم عدل ضغط الأصابع على القضيب حتى يبدأ بالاهتزاز بعلو، واطلب إلى الطلاب أن يلاحظوا حدة الصوت. ثم كرر العرض، وعندما يظهر صوت القضيب، أمسك منتصف الجزء المهتز باليد الحرة.

يتولّد في القضيب موجة موقوفة طولية. ويعد مركز القضيب عقدة؛ لأنك تمسكه من منتصفه، وتكون $\lambda = 2L$. وعندما تمسك منتصف الجزء المهتز للقضيب، فإنك تكون أزلت البطن، ويتوقف القضيب عن الاهتزاز.

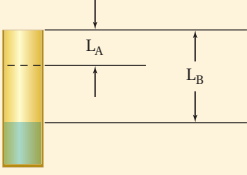
طرائق تدريس متنوعة

نشاط

إعاقة بصرية اسمح للطلاب الضعاف البصر تفحص آلة وترية أو أعمدة هوائية. ثم اطلب إليهم أن يحددوا مصدر موجات الصوت (مثل شوكة رنانة، وتر) ووسائل التحكم في التردد الأساسي (مثل طول عمود الهواء، والشد وطول الوتر). ثم اطلب إليهم استقصاء كيفية التحكم في حدة، وعلو، ونوعية النغمة. 1م **سمعي - بصري**

مثال 2

إيجاد سرعة الصوت باستخدام الرنين عند استخدام شوكة رنانة بتردد 392 Hz مع أنبوب مغلق، سُمع أعلى صوت عندما كان طول عمود الهواء 21.0 cm و 65.3 cm. ما سرعة الصوت في هذه الحالة؟ وهل درجة الحرارة في الأنبوب أكبر أم أقل من درجة الحرارة الطبيعية للغرفة، وهي 20°C؟ وضح إجابتك.



1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم الأنبوب المغلق.
- عَيّن طولي عمود الهواء لحالتي الرنين.

المعلوم
 $f = 392 \text{ Hz}$

$L_A = 21.0 \text{ cm}$

$L_B = 65.3 \text{ cm}$

المجهول
 $v = ?$

دليل الرياضيات

ترتيب العمليات 197 ، 198

2 إيجاد الكمية المجهولة

حل لإيجاد طول الموجة باستخدام علاقة: الطول - الطول الموجي للأنبوب المغلق.

بإعادة ترتيب المعادلة لـ λ

عوض مستخدمًا $L_A = 0.210 \text{ m}$ ، $L_B = 0.653 \text{ m}$

$\lambda = 2(L_B - L_A)$

$= 2(0.653 \text{ m} - 0.210 \text{ m})$

$= 0.886 \text{ m}$

استخدم المعادلة التالية لإيجاد السرعة

بإعادة ترتيب المعادلة لـ v

عوض مستخدمًا $f = 392 \text{ Hz}$ ، $\lambda = 0.886 \text{ m}$

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

$v = f\lambda$

$= (392 \text{ Hz})(0.886 \text{ m})$

$= 347 \text{ m/s}$

السرعة أكبر قليلًا من سرعة الصوت عند درجة الحرارة 20°C، مما يشير إلى أن درجة الحرارة أعلى قليلًا من درجة الحرارة الطبيعية للغرفة.

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ وحدات الجواب صحيحة $(\frac{1}{s})(\text{m}) = \text{m/s}$
- هل الجواب منطقي؟ السرعة أكبر قليلًا من 343 m/s، التي هي سرعة الصوت عند درجة الحرارة 20°C.

التفكير الناقد

حدة الصوت ودرجة الحرارة اطلب إلى

الطلاب أن يفسروا لماذا تزداد حدة النغمات التي تصدرها الأعمدة الهوائية، في حين يقل تردد الآلات الوترية عندما ترتفع درجة الحرارة. **تزداد سرعة الصوت مع ازدياد درجة الحرارة، ولأن طول الأنبوب - في الأعمدة الهوائية - الذي يحدد الطول الموجي يتغير بمقدار قليل لذا فإن تردد النغمات الناتجة يتغير مع تغير سرعة الصوت فقط. أما الوتر - في الآلة الوترية - فيتمدد مسببًا تناقصًا لقوة الشد فيه، مما يؤدي إلى نقصان التردد.**

مثال صفي

سؤال أنبوب هوائي مفتوح ارتفاع عمود هواء الرنين فيه يساوي 9.75 m. ما تردد أطول موجة صوتية يولدها هذا الأنبوب، بإهمال تصحيحات النهاية؟ وبافتراض أن سرعة الصوت تساوي 343 m/s

الجواب

حدد طول عمود هواء الرنين لأخفض نغمة باستخدام $L = \lambda / 2$ ، ثم استخدم $v = \lambda f$ لتجد قيمة f ، وهي 17.6 Hz

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

الطيف السمعي إن المخططات البيانية الصوتية هي تمثيلات تخطيطية لسمع شخص، وهي مشابهة لطيف الصوت؛ لأنها تمثل بياني للشدة مقابل التردد. وتستخدم المخططات البيانية الصوتية في القياس السمعي، وهو عبارة عن فحص طبي لضعف السمع، حيث يُعرض المريض إلى أصوات عشوائية بترددات 1000 Hz، 750 Hz، 500 Hz، 250 Hz، 2000 Hz، 4000 Hz، 6000 Hz و 8000 Hz، على أذن واحدة في كل مرة من خلال سماعات الأذن. وتسجل أدنى شدة يُدرك عندها المريض الصوت. ثم يُحلّل المخطط البياني السمعي الناتج، مقارنة بالمخطط الطبيعي ليُحدّد بعد ذلك مدى الضعف في السمع.

مسائل تدريبية

15. 0.39 m

16. 970 m/s

17. 859 Hz

مسألة تحفيز

1. إن الطول الموجي الأساسي في الأنبوب المغلق يساوي $4L$ ، لذلك فإن التردد $f = \frac{v}{4L}$. والطول الموجي الأساسي في الوتر يساوي $2L$ ، لذلك فإن تردد الوتر $f = \frac{u}{2L}$ حيث u هي سرعة الموجة في الوتر؛

$$u = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$$

والكتلة لكل وحدة طول للوتر هي $\mu = m/L$ ، وبترتيب الترددات وترتيبهما بعلاقة مساواة ينتج أن:

$$\begin{aligned} \frac{v^2}{16L^2} &= \frac{u^2}{4L^2} \\ &= \frac{F_T}{4L^2 \mu} \\ &= \frac{F_T L}{4L^2 m} \\ &= \frac{F_T}{4Lm} \end{aligned}$$

أخيرًا، بإعادة الترتيب بالنسبة لقوة الشد ينتج أن $F_T = \frac{mv^2}{4L}$.

2. بالنسبة لوتر كتلته 1.0 g وطوله 0.40 m ، فإن قوة الشد تساوي

$$\begin{aligned} F_T &= \frac{mv^2}{4L} \\ &= \frac{(0.0010 \text{ kg})(343 \text{ m/s})^2}{4(0.400 \text{ m})} \\ &= 74 \text{ N} \end{aligned}$$

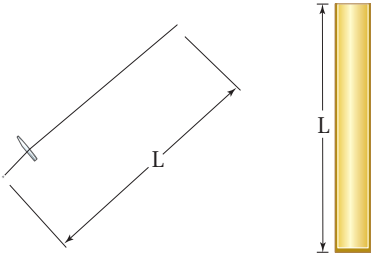
15. إذا وضعت شوكة رنانة تهتز بتردد 440 Hz فوق أنبوب مغلق، فأوجد الفواصل بين أوضاع الرنين عندما تكون درجة حرارة الهواء 20°C .
16. استخدمت شوكة رنانة تهتز بتردد 440 Hz مع عمود رنين لتحديد سرعة الصوت في غاز الهيليوم. فإذا كانت الفواصل بين أوضاع الرنين 110 cm ، فما سرعة الصوت في غاز الهيليوم؟
17. استخدم طالب عمود هواء عند درجة حرارة 27°C ، ووجد فواصل بين أوضاع الرنين بمقدار 20.2 cm . ما تردد الشوكة الرنانة؟ استخدم سرعة الصوت في الهواء المحسوبة في المثال 2 عند درجة الحرارة 27°C .

طيف الصوت، التردد الأساسي والإيقاعات إن موجة الصوت المعقدة في الشكل 15b-8 ناتجة عن عمود هواء مغلق. ارجع إلى الشكل 11-8 الذي يبين ثلاثة ترددات رنين لأنبوب مغلق؛ حيث يكون أقل تردد رنين f_1 ، يحدث في أنبوب مغلق طوله L مساويًا $v/4L$. ويُسمى هذا التردد الأقل التردد الأساسي. ويكون الأنبوب المغلق في وضع رنين عند ترددات $f_1, 3f_1, 5f_1, \dots$ وهكذا. وتُسمى هذه الترددات المرتفعة - وهي مضاعفات فردية من التردد الأساسي - الإيقاعات. وإضافة هذه الإيقاعات معًا هو الذي يُعطي الصوت طابعًا مميزًا. أما التردد الأساسي - وهو الإيقاع الأول أيضًا - لأنبوب مفتوح في حالة رنين فيكون مساويًا $f_1 = v/2L$ مع إيقاعات لاحقة عند $f_1, 2f_1, 3f_1, 4f_1, \dots$ وهكذا. وتعطي التركيبات والسعات المختلفة لهذه الإيقاعات كل صوت أو آلة وترية طابعها المميز. ويسمى الرسم البياني لسعة الموجة مقابل ترددها طيف الصوت.

طرائق تدريس متنوعة

نشاط

إعاقة سمعية في الأنشطة التي يحتاج فيها الطالب إلى التمييز بين الاختلافات في شدة الصوت، استخدم مصباحًا يحتوي على مفتاح يقلل من شدة الضوء؛ لتمثيل التغيرات في شدة الصوت. فمثلاً، في مختبر الفيزياء في نهاية الفصل، اجعل الطالب الضعيف السمع مع طالب جيد السمع في مجموعة واحدة. حيث يشغل الطالب الضعيف السمع الجهاز، في حين يستخدم الطالب الجيد السمع المصباح ليشير إلى الزيادة في مستوى الصوت من خلال زيادة سطوع إضاءة المصباح لحظة حدوث الرنين. ويشير الطالب الجيد السمع إلى تناقص شدة الصوت - حيث يتعدى نقطة الرنين - بجعل إضاءة المصباح خافتة. **بصري - مكاني**



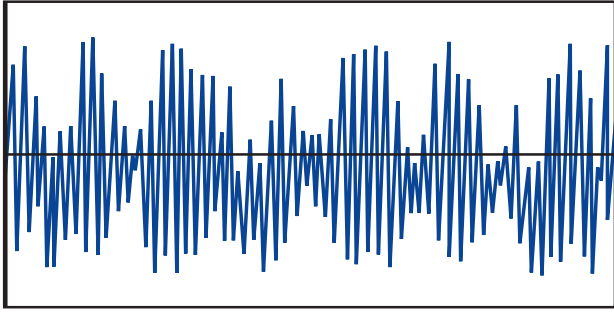
1. حدّد قوة الشد، F_T ، في وتر كتلته m وطوله L ، عندما يهتز بالتردد الأساسي، والذي يساوي التردد نفسه لأنبوب مغلق طوله L . عبّر عن إجابتك بدلالة m و L وسرعة الصوت في الهواء v . استخدم معادلة سرعة الموجة في وتر $(u = \sqrt{F_T/\mu})$ ؛ حيث تمثل F_T قوة الشد في الوتر، و μ الكتلة لكل وحدة طول من الوتر.
2. ما مقدار قوة الشد في وتر كتلته 1.0 g وطوله 40.0 cm يهتز بالتردد نفسه لأنبوب مغلق له الطول نفسه؟

إعادة إنتاج الصوت والضجيج

Sound Reproduction and Noise

هل استمعت إلى شخص يتلو القرآن أو آلة تسجيل؟ في أغلب الأوقات يتم تسجيل الأصوات وتشغيلها عن طريق أنظمة إلكترونية. ولإعادة إنتاج الصوت بإتقان يجب أن يلائم النظام جميع الترددات بالتساوي. فالنظام الصوتي (الاستيريو) الجيد يحافظ على السعات لكل الترددات بين 20 و 20000 Hz ضمن 3 dB.

أما نظام الهاتف فيحتاج إلى إرسال المعلومات بلغة منطوقة، وتكون الترددات بين 300 و 3000 Hz كافية. ويساعد تخفيض عدد الترددات الموجودة على تخفيض الضجيج. ويبين الشكل 16-8 موجة ضجيج يظهر فيها العديد من الترددات تقريباً بالسعات نفسها.



الشكل 16-8 يتكون الضجيج من ترددات متعددة، ويتضمن تغيرات عشوائية في التردد والسعة.

تحفيز

نشاط

الأوتار أحضر عدة أوتار إلى الصف، واطلب إلى الطلاب تحديد طول أطول الأوتار وأقصرها، إذا كان لها الشد نفسه والكتلة نفسها لكل وحدة طول. وذلك بافتراض أن أقل تردد تصدره هذه الأوتار هو 27.5 Hz، وأكبر تردد هو 4190 Hz، وسرعة الصوت تساوي 343 m/s. في هذه الحالة، تحدّد حدة الصوت (التردد) لكل نغمة وحدها طول الوتر. وبمعرفة أن أطول وتر يولد التردد الأقل، وأن الطول الموجي = السرعة / التردد، فإن الطول الموجي للنغمة التي يصدرها أطول وتر هو $343 \text{ m/s} / 27.5 \text{ Hz} = 12.5 \text{ m}$. وحيث إن $\lambda_{\text{الأطول}} = \frac{2L}{n}$ ، و $n=1$ تمثل نمط الموجة الموقوفة، فإن $L_{\text{الأطول}} = 12.5 \text{ m} / 2 = 6.24 \text{ m}$. أما الوتر الأقصر فيولد التردد الأكبر، ويكون الطول الموجي للنغمة التي يصدرها هذا الوتر هو $343 \text{ m/s} / 4190 \text{ Hz} = 0.0819 \text{ m}$ ، ويكون طول هذا الوتر $L_{\text{الأقصر}} = 0.0819 / 2 = 0.0409 \text{ m}$. **3 م حركي**

18. مصادر الصوت ما الشيء المهتز الذي ينتج الأصوات في كل مما يلي؟

a. الصوت البشري

b. صوت المذياع

19. الرنين في الأنابيب المفتوحة ما النسبة بين طول الأنبوب المفتوح والطول الموجي للصوت لإنتاج الرنين الأول؟

20. الرنين في الأوتار يصدر وتر نغمة حادة ترددها 370 Hz. ما ترددات الإيقاعات الثلاثة اللاحقة الناتجة بهذه النغمة؟

21. الرنين في الأنابيب المغلقة يبلغ طول أنبوب مغلق 2.40 m. ما تردد النغمة التي يصدرها هذا الأنبوب؟

22. التفكير الناقد اضرب شوكة رنانة بمطرقة مطاطية واحملها بحيث تكون ذراعك ممدودة، ثم اضغط بمقبضها على طاولة، وباب، وخزانة، وأجسام أخرى. ما الذي تسمعه؟ ولماذا؟

3. التقويم

التحقق من الفهم

الإيقاعات في الأعمدة الهوائية اطلب إلى الطلاب أن يرسموا تمثيلاً بيانياً لعلاقة الضغط والموقع للموجات الموقوفة في أنبوب مغلق وأنبوب مفتوح. واسألهم كيف ترتبط الأطوال الموجية للموجات الموقوفة مع طول كل أنبوب.

الأنبوب المغلق: $\lambda = 4L, 4L/3, 4L/5$

الأنبوب المفتوح $\lambda = 2L, L, 2L/3$

2 م بصري - مكاني

8-2 مراجعة

18. a. الحبال الصوتية

b. غشاء رقيق (غشاء الساعة)

19. طول الأنبوب يساوي نصف الطول الموجي.

20. 1500 Hz, 1100 Hz, 740 Hz

21. 35.7 Hz

22. يتضخم صوت الشوكة الرنانة كثيراً عندما تضغط بمقبضها على الأجسام المختلفة؛ لأن هذه الأجسام تولد رنيناً. وتختلف الأصوات الناتجة من جسم إلى آخر؛ لأن كلاً منها يولد رنيناً مع ترددات وإيقاعات مختلفة؛ لذلك يكون لها طابع صوت مختلف.

مختبر الفيزياء

الزمن المقدر حصّة مختبر واحدة.

المهارات العملية الملاحظة، وجمع البيانات وتنظيمها، والاستنتاج، والقياس، والتحليل. **احتياطات السلامة** ضع النظارات الواقية، والبس معطف المختبر، واستخدم مقاييس درجة الحرارة غير الزئبقية فقط، ونبه الطلاب إلى ضرورة مسح أي ماء ينسكب على الأرض، وذكرهم أن الزجاج هش قابل للكسر، لذا يجب التعامل معه بحذر.

المواد البديلة أنابيب بلاستيكية قاسية، حيث يمكن استخدامها بدلاً من الأنابيب الزجاجية؛ إذ يمكن قطعها باستخدام منشار للحصول على الأطوال المطلوبة. اطلب إلى الطلاب طرق الشوكات الرنانة بوساطة جسم مطاطي قاسٍ إذا لم تتوافر المطرقة المناسبة.

استراتيجيات التدريس

- ساعد الطلاب على تحديد طول عمود الهواء الذي يحدث عنده الرنين من خلال عرض توضّح فيه حدوث الرنين في أنبوب مفتوح قبل بدء الحصّة الصفية، بحيث يستطيع الطلاب تمييز كيف يصبح الصوت عاليًا أو منخفضًا كلما اقترب أو ابتعد طول عمود الهواء من الطول المناسب لحدوث الرنين.

عينة بيانات

مختبر الفيزياء

سرعة الصوت Speed of Sound

إذا وضعت شوكة رنانة تهتز فوق أنبوب مغلق طوله مناسب فإن الهواء داخل الأنبوب يهتز بالتردد نفسه f للشوكة الرنانة. وإذا وضع أنبوب زجاجي في مخبر كبير مملوء بالماء ومدرج فإنه يمكن تغيير طول الأنبوب الزجاجي من خلال رفعه أو إنزاله في الماء. وسيكون طول أقصر عمود هواء يحدث رنينًا عندما يساوي طوله ربع الطول الموجي. ويُنتج هذا الرنين أعلى صوت، ويوصف الطول الموجي عند هذا الرنين بالعلاقة $\lambda = 4L$ ؛ حيث تمثل L المسافة من سطح الماء إلى الطرف المفتوح للأنبوب. وستحدّد في هذا المختبر الطول L ، لكي تحسب λ ، ثم تحسب سرعة الصوت.

سؤال التجربة

كيف تستطيع استخدام أنبوب مغلق في حالة رنين لكي تحدّد سرعة الصوت؟

الخطوات

1. ارتد نظارة واقية، واملأ المخبر المدرج بالماء إلى فوهته تقريبًا.
2. قس درجة حرارة الغرفة، وسجلها في جدول البيانات 1.
3. اختر شوكة رنانة، وسجل ترددها في جدولي البيانات 2 و 3.
4. قس قطر الأنبوب الزجاجي، وسجله في جدول البيانات 2.
5. ضع بحذر الأنبوب الزجاجي في المخبر المدرج المملوء بالماء.
6. أمسك الشوكة الرنانة من قاعدتها، ثم اضرب بسرعة على طرفها بمطرقة الشوكة الرنانة. ولا تضرب الشوكة الرنانة بطاولة المختبر أو أي سطح قاسٍ.
7. أمسك الشوكة الرنانة المهتزة فوق الطرف المفتوح للأنبوب الزجاجي، وارفع الأنبوب والشوكة ببطء حتى تسمع صوتًا عاليًا. وعندما تعين هذه النقطة حرّك الأنبوب إلى أعلى وإلى أسفل قليلًا لتحديد نقطة الرنين تمامًا، ثم قس المسافة من الماء إلى أعلى الأنبوب الزجاجي، وسجل هذه المسافة في جدول البيانات 2.
8. كرّر الخطوات 3 و 6 و 7 لشوكتين رنانتين إضافيتين، وسجل نتائجك في المكان المخصّص للمحاولتين 2 و 3 في جداول البيانات. يجب أن تكون ترددات الرنين الثلاثة للشوكات الرنانة الثلاث مختلفة.
9. أفرغ المخبر المدرج من الماء.

الأهداف

- تجمع البيانات وتنظمها للحصول على نقاط رنين في أنبوب مغلق.
- تقيس طول أنبوب مغلق في حالة رنين.
- تحلّل البيانات لتحديد سرعة الصوت.



احتياطات السلامة

- امسح مباشرة أي سوائل منسكبة.
- تعامل مع الزجاج بحذر؛ فهو هش.

المواد والأدوات

- ثلاث شوكات رنانة معلومة التردد
- مخبر مدرّج سعته 1000 ml
- مطرقة خاصة بالشوكات الرنانة
- مقياس درجة حرارة (غير زئبقي)
- أنبوب زجاجي (طوله 40 cm تقريبًا وقطره 3.5 cm تقريبًا)
- ماء
- مسطرة متريّة



الجدول 3

المحاولة	تردد الشوكة الرنانة (Hz)	السرعة المقبولة للصوت (m/s)	الطول الموجي المحسوب المُصَحَّح (m)	سرعة الصوت التجريبية المُصَحَّحة (m/s)
1	480	345	0.722	346
2	493.9	345	0.694	342
3	320	345	1.074	343

الجدول 2

المحاولة	تردد الشوكة الرنانة (Hz)	القطر (m)	طول الأنبوب فوق الماء (m)	الطول الموجي المحسوب (m)
1	480	0.034	0.167	0.668
2	493.9	0.034	0.160	0.64
3	320	0.034	0.255	1.02

الجدول 1

المحاولة	درجة الحرارة (°C)	السرعة المقبولة للصوت (m/s)	السرعة التجريبية للصوت (m/s)
1	24	345	320
2	24	345	316
3	24	345	326

التحليل

1. انظر إلى الجدولين 1 و 3
2. انظر إلى الجدول 2
3. انظر إلى الجدول 1
4. تعد الأخطاء 10-20% مقبولة.
5. انظر إلى الجدول 3
6. يجب أن تكون الأخطاء النسبية 5% أو أقل.

الاستنتاج والتطبيق

1. الأطوال: $3\lambda/4$ ، $5\lambda/4$
2. نعم؛ بتوفير أنبوب طوله على الأقل $3\lambda/4$ ، يمكن الحصول على نقطة الرنين التالية.

التوسع في البحث

إن تقنية التحليل باستخدام القيم المصححة للطول الموجي يجب أن تكون أكثر دقة.

الفيزياء في الحياة

يتناقص تردد الرنين بزيادة طول الأنبوب.

جدول البيانات 2				
الحالة	تردد الشوكة الرنانة (Hz)	القطر (m)	طول الأنبوب فوق الماء (m)	الطول الموجي المحسوب (m)
1				
2				
3				

جدول البيانات 3				
الحالة	تردد الشوكة الرنانة (Hz)	السرعة المقبولة للصوت (m/s)	الطول الموجي المحسوب (m)	سرعة الصوت التجريبية المصححة (m/s)
1				
2				
3				

6. تحليل الخطأ حدّد لكل محاولة في جدول البيانات 3 الخطأ النسبي بين السرعة التجريبية المصححة والسرعة المقبولة للصوت، واستخدم الصيغة نفسها التي استخدمتها في الفقرة 4 سابقاً.

الاستنتاج والتطبيق

1. استنتج تحدث نقطة الرنين الأولى عندما يكون طول الأنبوب مساوياً $\lambda/4$. ما الطولان اللذان يحدث عندهما الرنين اللاحقان؟
2. التفكير الناقد هل يمكن تعيين موقع آخر لحدوث الرنين إذا كان لديك أنبوب أطول؟ وضح إجابتك.

التوسع في البحث

أي النتائج تعطي دقة أكثر لسرعة الصوت؟

الفيزياء في الحياة

فسّر العلاقة بين حجم الأنابيب المغلقة وترددات الرنين لها.



الفيزياء

مزيد من الطومات عن خصائص الموجات الصوتية ارجع إلى الموقع الإلكتروني obeikaneducation.com

جدول البيانات 1			
الحالة	درجة الحرارة (°C)	السرعة المقبولة للصوت (m/s)	السرعة التجريبية للصوت (m/s)
1			
2			
3			

التحليل

1. احسب السرعة المقبولة للصوت باستخدام العلاقة $v = 331 \text{ m/s} + 0.60 T$ ، حيث T درجة الحرارة عند درجة الحرارة T ، و v سرعة الصوت عند درجة الحرارة T ، و T درجة حرارة الهواء بالسلسيوس. سجّل هذه النتيجة على أنها السرعة المقبولة للصوت في جدول البيانات 1 و 3 للمحاولات جميعها.

2. لأن نقطة الرنين الأولى عُيّن عندما كان جزء الأنبوب الذي فوق الماء يساوي ربع الطول الموجي، لذا استخدم الطول المقيس للأنبوب في تحديد الطول الموجي المحسوب لكل محاولة. سجّل الأطوال الموجية المحسوبة في جدول البيانات 2.

3. اضرب قيمتي الطول الموجي والتردد في جدول البيانات 2، لتحديد السرعة التجريبية للصوت، وسجّل ذلك في جدول البيانات 1 لكل محاولة.

4. تحليل الخطأ حدّد الخطأ النسبي بين سرعة الصوت المقبولة والتجريبية لكل محاولة في جدول البيانات 1.

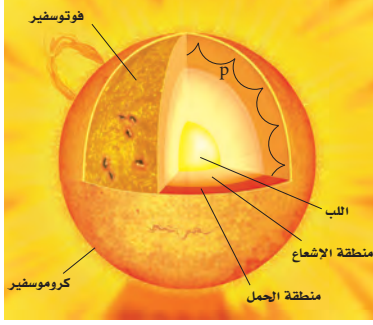
$$\% \text{error} = \frac{|\text{Accepted value} - \text{Experimental value}|}{\text{Accepted value}} \times 100\%$$

$$\text{الخطأ النسبي} = \frac{|\text{القيمة المقبولة} - \text{القيمة التجريبية}|}{\text{القيمة المقبولة}} \times 100\%$$

5. النقد يجب أخذ قطر الأنبوب بعين الاعتبار لتحسين دقة الحسابات. وتزداد العلاقة التالية حسابات الطول الموجي بدقة أكثر: $\lambda = 4(L + 0.4d)$ ؛ حيث تمثل λ الطول الموجي، و L طول الأنبوب فوق الماء، و d القطر الداخلي للأنبوب. استخدم قيم الطول والقطر الواردة في جدول البيانات 2، وأعد حساب λ ، وسجّل القيمة في جدول البيانات 3 على أنها الطول الموجي المصحح، ثم احسب سرعة الصوت التجريبية المصححة بضرب تردد الشوكة الرنانة في الطول الموجي المصحح، ثم سجّل القيمة الجديدة لسرعة الصوت التجريبية المصححة في جدول البيانات 3.

تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية اطلب إلى الطلاب استقصاء كيفية تغير الموقع الذي يحدث عنده الرنين في أنبوب مغلق مع تغير تردد الصوت. يمكن أن يحدّد الطلاب المواد والأدوات اللازمة للتجربة التي صمّموها. شجّعهم على ملاحظة النتائج بدقة، وتسجيل الاستفسارات التي تظهر في أثناء تنفيذهم للتجربة. ويمكن أن يساعد هذا النشاط الطلاب على استيعاب كيفية عمل الأذن البشرية كعمود هوائي مغلق.



تنتقل الموجات الصوتية (موجات P) خلال منطقة الحمل في الشمس

أطلقت وكالة ناسا عام 1995م المرصد الشمسي (SOHO). وهو قمر اصطناعي يدور حول الأرض، ويستطيع مراقبة الشمس دائماً.

تُقاس حركة سطح الشمس من خلال مراقبة انزياح دوبلر في ضوء الشمس. ويكون للاهتزازات المقيسة أنماط معقدة تساوي مجموع الموجات الموقوفة كلها في الشمس. ويوجد في الشمس نغمتان توافقيتان كالنغمتان التي تظهر عند دق الجرس. ويمكن حساب الموجات الموقوفة الفردية وشدتها في الشمس بالتحليل الدقيق.

النتائج: تزود اهتزازات موجات الشمس العلماء بمعلومات تتعلق بتركيبها الداخلي؛ وذلك أن كلاً من تركيبها ودرجة حرارتها وكثافتها يؤثر في انتشار الموجات الصوتية. وقد قدمت نتائج تحليل بيانات القمر الاصطناعي (SOHO) المزيد لفهم عميق حول معدل دوران الشمس على صورة دالة رياضية تعتمد على خط العرض والعمق، وعلى درجة حرارة الشمس وكثافتها أيضاً. وتقارن هذه النتائج بالحسابات النظرية لتحسين فهمنا للشمس.

التوسع

1. **كُونْ هِرْضِيَّة** كيف يفرق العلماء بين حركة سطح الشمس الناجمة عن الموجات الصوتية وحركتها الناجمة عن دوران الشمس؟
2. **التفكير الناقد** هل يمكن أن يكون هناك موجات صوتية في نجم آخر مشابه للشمس، لكنه مختلف في حجمه، ولهذه الموجات الطول الموجي نفسه الذي للموجات الشمسية الصوتية؟

Sound Waves in the Sun موجات الصوت في الشمس

تُسمى دراسة اهتزازات الموجات في الشمس بالسيزمولوجية الشمسية (علم زلازل الشمس)، حيث تحدث الموجات التالية طبيعياً في الشمس، وهي: الموجات الصوتية (موجات P)، وموجات الجاذبية، وموجات الجاذبية السطحية. وتتكون كل هذه الموجات من جزيئات مهتزة، سببها قوى مختلفة.

وتسبب اختلافات الضغط اهتزاز الجزيئات في الموجات الصوتية. أما في الشمس فتنتقل موجات الصوت خلال منطقة الحمل الحراري التي تقع أسفل السطح مباشرة، أو أسفل الفوتوسفير. ولا تنتقل الموجات الصوتية في خط مستقيم، كما هو موضح في الصورة.

تقعر كالجرس تسبب موجات الصوت في الشمس اهتزاز السطح في الاتجاه القطري، مثل اهتزاز جرس يقرع. فعندما يقرع الجرس تضرب مطرقة الجرس في مكان واحد، وتنتج موجات موقوفة. ولسطح الشمس موجات موقوفة، رغم أنها لم تنتج عن حدث واحد كبير. ويفترض العلماء بدلاً من ذلك أن العديد من العوائق الصغيرة في منطقة الحمل الحراري بدأت منها معظم موجات الصوت في الشمس، مثل ضجيج الماء المغلي في قدر، إلا أن حجم الفقاعة المتكونة عند سطح الشمس يفوق مساحتي المغرب والعراق معاً، ويصدر عنها موجات صوتية.

ويكون الصوت القادم من الشمس منخفضاً جداً بالنسبة لنا؛ إذ إن الزمن الدوري لنغمة ترددها 440 Hz يساوي 0.00227 s، ومتوسط اهتزاز الموجات في الشمس له زمن دوري 5 min، فيكون ترددها $f = 0.003 \text{ Hz}$.

ولأننا لا نستطيع سماع موجات الصوت الصادرة من الشمس فقد قاس العلماء حركة سطح الشمس لتعرف موجاتها الصوتية. ويجب مراقبة الشمس فترات زمنية طويلة؛ لأن موجات الصوت تحتاج إلى ساعتين للانتقال من جانب إلى آخر في الشمس، وهذا يجعل المراقبة من الأرض صعبة؛ لأنه لا يمكن رؤية الشمس في أثناء الليل. لذا فقد

الخلفية النظرية

في حين يمكن نمذجة الموجات الموقوفة (المستقرة) في وتر بدلالة دوال الجيب وجيب التمام فإن موجات الصوت في الشمس تنسجم مع التوافقيات (الإيقاعات) الكروية. وتستخدم هذه الدوال المتعامدة لمطابقة الموجات السطحية المقيسة، وتوقع سلوك موجات الصوت داخل الشمس.

استراتيجيات التدريس

■ يبين الرسم جزءاً مقطوعياً من الشمس، يُشير إلى أحد المسارات المحتملة لموجة صوتية في الشمس، حيث لا تخترق موجات الصوت منطقة الإشعاع أو القلب؛ لأن كثافة هاتين المنطقتين تبلغ عشرة أضعاف كثافة الرصاص. وتتولد عدة موجات صوتية في منطقة الحمل، غير أن الموجات التي تتداخل تداخلاً بناءً لتكوّن موجات موقوفة هي فقط موجات ذات تراكيب محدّدة للزمن الدوري والطول الموجي.

■ حتى لو انتقلت الموجات الصوتية في الشمس إلى الأرض فإنه لا يمكننا سماعها؛ وذلك لأن تردداتها قليلة جداً، ومن الممكن سماع الموجات الصوتية التي في الشمس إذا صدرت بشكل معين؛ حيث يحتاج تردد موجاتها إلى أن يُضخّم بمقدار 42,000 مرة لكي يتم سماعه. يستطيع الطلاب المهتمون بالبحث في مثل هذه الملفات الصوتية للحصول على معلومات إضافية حول السيزمولوجية الشمسية (علم زلازل الشمس).

نشاط

الموجات الموقوفة يستطيع الطلاب رؤية الموجات الموقوفة من خلال وضع فنجان قهوة مملوء حتى نصفه بالماء أو الزيت في مغسلة، وتشغيل آلة خاصة تحدث ضجيجاً كآلة التخلص من النفايات. لاحظ أن السوائل التي تختلف في لزوجتها تُشكّل أنماطاً مختلفة من الموجات الموقوفة. اطلب إلى الطلاب اختبار سواائل مختلفة، ثم توضيح ما إذا كان بإمكانهم تحديد أي اختلافات في الموجات المتولدة.

التوسع

1. **يحصل العلماء على العديد من اللقطات التصويرية لسطح الشمس، ويقومون بحساب متوسط البيانات، حيث تلغي موجات الصوت بعضها بعضاً، وتبقى الحركة بسبب دوران الشمس فقط. ومن خلال اختزال الحركة الدورانية من لقطة واحدة، تبقى الحركة بسبب الموجات الصوتية فقط.**
2. **لا، تتداخل موجات صوتية مختلفة تداخلاً بناءً إذا اختلف حجم النجم؛ وهذا يؤدي إلى تشكّل مجموعة مختلفة من الموجات الموقوفة.**

دليل مراجعة الفصل

المفاهيم الرئيسية

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



قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:
www.obeikaneducation.com

8-1 خصائص الصوت والكشف عنه Properties and Detection of Sound

المفاهيم الرئيسية	المفردات
- الصوت تغيّر في الضغط ينتقل خلال مادة على هيئة موجة طولية. - لموجة الصوت تردد، وطول موجي، وسرعة، وسعة. كما تنعكس موجات الصوت وتتناقل. - سرعة الصوت في الهواء عند درجة حرارة الغرفة (20 °C) تساوي 343 m/s. وتزداد سرعة الصوت بزيادة درجة الحرارة 0.6 m/s تقريباً مع كل زيادة 1 °C في درجة الحرارة. - تحول كواشف الصوت الطاقة التي تحملها موجة الصوت إلى شكل آخر من أشكال الطاقة. وتعد الأذن البشرية كاشفاً حساساً ذا كفاءة عالية لموجات الصوت. - يُميّز تردد موجة صوت من خلال حدّته. - يُقاس اتساع ضغط موجة صوت بوحدة الديسبل (dB). - يعتمد علو الصوت - عندما يُدرك بالأذن والدماغ - على اتساعه. - يُعرف تأثير دوبلر بأنه التغير في تردد موجات الصوت الناتج عن حركة المصدر أو المراقب أو كليهما. ويمكن حسابه بالمعادلة التالية:	- الموجة الصوتية - حدّة الصوت - علو الصوت - مستوى الصوت - الديسبل - تأثير دوبلر

$$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right)$$

8-2 الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار Resonance in Air Columns and Strings

المفاهيم الرئيسية	المفردات
- ينتج الصوت عن تذبذب جسم في وسط مادي. - معظم الأصوات موجات معقدة، تتكوّن من أكثر من تردد واحد. - يمكن أن يحصل رنين لعمود هواء مع مصدر صوت، مما يزيد سعة تردّد رنينه. - يحصل رنين لأنبوب مغلق عندما يكون طوله $\lambda/4$، $3\lambda/4$، $5\lambda/4$ وهكذا. وتكون ترددات رنينه مضاعفات فردية للتردد الأساسي. - يحصل رنين لأنبوب مفتوح عندما يكون طوله $\lambda/2$، $2\lambda/2$، $3\lambda/2$، وهكذا. وتكون ترددات رنينه مضاعفات صحيحة للتردد الأساسي. - يكون للوتر المثبت عقدة عند كل طرف، ويحدث له رنين عندما يكون طوله مساوياً لـ $3\lambda/2$، $2\lambda/2$، وهكذا، مثل الأنبوب المفتوح. وتكون ترددات رنينه مضاعفات صحيحة للتردد الأساسي. - ترددات وشدة الموجات المعقدة الناتجة عن حنجرة شخص تحدّد طابع الصوت الذي يحدّ خاصية له. - يمكن وصف التردد الأساسي بدلالة الرنين.	- التردد الأساسي - الإيقاع

خريطة المفاهيم

23. انظر دليل حلول المسائل.

إتقان المفاهيم

24. يمكن وصف الموجات الصوتية بوساطة

التردد، والطول الموجي، والسعة، والسرعة.

25. ينتقل الضوء بسرعة $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ بينما

ينتقل الصوت في الهواء بسرعة 343 m/s .

سيرى المراقبون الدخان قبل سماع صوت

إطلاق المسدس. وسيكون الزمن أقل من

الزمن الفعلي لو اعتمد على سماع الصوت.

26. الحدة - التردد؛ العلو - السعة.

27. لجميع أنواع الموجات.

28. يستطيع الأطباء قياس انزياح دوبلر من

الصوت المنعكس عن خلايا الدم المتحركة.

وبما أن الدم يتحرك، لذا يحدث انزياح دوبلر

لهذا الصوت، وتتقارب الانضغاطات أو

تتباعدها، مما يؤدي إلى تغيير تردد الموجة.

29. توافر جسم يهتز ووسط مادي.

30. عندما يسير الجنود بخطوات منتظمة ينشأ

تردد معين يؤدي إلى اهتزاز الجسر بالتردد

نفسه؛ أي يحدث رنين مع الجسر؛ مما يؤدي

إلى زيادة سعة اهتزازة ومن ثم زيادة الطاقة

الناجمة عنها مما يؤدي إلى انهياره. ولا يكون

هناك تضخيم لتردد معين عندما يسيرون

بخطوات غير منتظمة.

تطبيق المفاهيم

31. إن سرعة الصوت تساوي:

$$343 \text{ m/s} = 0.343 \text{ km/s} = (1/2.92) \text{ km/s}$$

أو ينتقل الصوت تقريباً 1 km خلال 3 s.

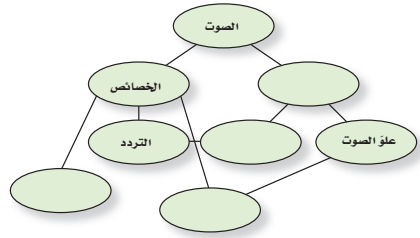
لذلك قسم عدد الثواني على 3.

32. a. لا يوجد تغير في التردد.

b. يزداد الطول الموجي.

خريطة المفاهيم

23. أكمل الخريطة المفاهيمية أدناه باستخدام المصطلحات التالية: السعة، الإدراك، حدة الصوت، السرعة.



إتقان المفاهيم

24. ما الخصائص الفيزيائية لموجات الصوت؟ (8 - 1)

25. عند قياس زمن الركض لمسافة 100 m يبدأ المراقبون

عند خط النهاية تشغيل ساعات الإيقاف لديهم عند

رؤيتهم دخاناً يتصاعد من المسدس الذي يشير إلى

بدء السباق، وليس عند سماعهم صوت الإطلاق.

فسّر ذلك. وما الذي يحدث لقياس زمن الركض إذا

ابتدأ التوقيت عند سماع الصوت؟ (8 - 1)

26. اذكر نوعين من أنواع إدراك الصوت والخصائص

الفيزيائية المرتبطة معها. (8 - 1)

27. هل يحدث انزياح دوبلر لبعض أنواع الموجات فقط

أم لجميع أنواع الموجات؟ (8 - 1)

28. الموجات فوق الصوتية موجات صوتية ترددها أعلى

من تلك التي تسمع بالأذن البشرية، وتنتقل هذه

الموجات خلال الجسم البشري. كيف يمكن استخدام

الموجات فوق الصوتية لقياس سرعة الدم في الأوردة

أو الشرايين؟ وضح كيف تتغير الموجات لتجعل هذا

القياس ممكناً. (8 - 1)

29. ما الضروري لتوليد الصوت وانتقاله؟ (8 - 2)

30. انشأ عند وصول جنود المشاة في الجيش إلى جسر

فإنهم يسرون على الجسر بخطوات غير منتظمة.

فسّر ذلك. (8 - 2)

تطبيق المفاهيم

31. التقدير لتقدير المسافة بينك وبين وميض برق

بالكيلو مترات، عدّ الثواني بين رؤية الوميض وسماع

صوت الرعد، واقسم على 3. وضح كيف تعمل

هذه القاعدة.

32. تزداد سرعة الصوت بمقدار 0.6 m/s لكل درجة

سلسيوس عند ارتفاع درجة حرارة الهواء بمقدار

درجة واحدة. ماذا يحدث لكل مما يلي بالنسبة لصوت

ما عند ارتفاع درجة الحرارة؟

a. التردد b. الطول الموجي

33. الأفلام انفجر قمر اصطناعي في فيلم خيال علمي؛

حيث سمع الطاقم في مركبة فضائية قريبة من الانفجار

صوته وشاهده فوراً. إذا اخترت مستشاراً فم الخطأ

الفيزيائي اللذان تلاحظهما ويتعين عليك تصحيحهما؟

34. الانزياح نحو الأحمر لاحظ الفلكيون أن الضوء

القادم من المجرات البعيدة يبدو مُزاحاً نحو الأحمر

أكثر من الضوء القادم من المجرات القريبة. فسّر لماذا

استنتج الفلكيون أن المجرات البعيدة تتحرك مبتعدة

عن الأرض، اعتياداً على الشكل 17-8 للطيف المرئي.

35. يبلغ مستوى صوت 40 dB. هل تتغير ضغطه أكبر

100 مرة من عتبة السمع، أم 40 مرة؟

36. انشأ عند وصول جنود المشاة في الجيش إلى جسر

فإنهم يسرون على الجسر بخطوات غير منتظمة.

فسّر ذلك. (8 - 2)

تطبيق المفاهيم

31. التقدير لتقدير المسافة بينك وبين وميض برق

بالكيلو مترات، عدّ الثواني بين رؤية الوميض وسماع

صوت الرعد، واقسم على 3. وضح كيف تعمل

هذه القاعدة.

32. تزداد سرعة الصوت بمقدار 0.6 m/s لكل درجة

سلسيوس عند ارتفاع درجة حرارة الهواء بمقدار

درجة واحدة. ماذا يحدث لكل مما يلي بالنسبة لصوت

ما عند ارتفاع درجة الحرارة؟

a. التردد b. الطول الموجي

33. الأفلام انفجر قمر اصطناعي في فيلم خيال علمي؛

حيث سمع الطاقم في مركبة فضائية قريبة من الانفجار

صوته وشاهده فوراً. إذا اخترت مستشاراً فم الخطأ

الفيزيائي اللذان تلاحظهما ويتعين عليك تصحيحهما؟

34. الانزياح نحو الأحمر لاحظ الفلكيون أن الضوء

القادم من المجرات البعيدة يبدو مُزاحاً نحو الأحمر

أكثر من الضوء القادم من المجرات القريبة. فسّر لماذا

استنتج الفلكيون أن المجرات البعيدة تتحرك مبتعدة

عن الأرض، اعتياداً على الشكل 17-8 للطيف المرئي.

35. يبلغ مستوى صوت 40 dB. هل تتغير ضغطه أكبر

100 مرة من عتبة السمع، أم 40 مرة؟

36. انشأ عند وصول جنود المشاة في الجيش إلى جسر

فإنهم يسرون على الجسر بخطوات غير منتظمة.

فسّر ذلك. (8 - 2)

تطبيق المفاهيم

31. التقدير لتقدير المسافة بينك وبين وميض برق

بالكيلو مترات، عدّ الثواني بين رؤية الوميض وسماع

صوت الرعد، واقسم على 3. وضح كيف تعمل

هذه القاعدة.

32. تزداد سرعة الصوت بمقدار 0.6 m/s لكل درجة

سلسيوس عند ارتفاع درجة حرارة الهواء بمقدار

درجة واحدة. ماذا يحدث لكل مما يلي بالنسبة لصوت

ما عند ارتفاع درجة الحرارة؟

a. التردد b. الطول الموجي

33. الأفلام انفجر قمر اصطناعي في فيلم خيال علمي؛

حيث سمع الطاقم في مركبة فضائية قريبة من الانفجار

صوته وشاهده فوراً. إذا اخترت مستشاراً فم الخطأ

الفيزيائي اللذان تلاحظهما ويتعين عليك تصحيحهما؟

34. الانزياح نحو الأحمر لاحظ الفلكيون أن الضوء

القادم من المجرات البعيدة يبدو مُزاحاً نحو الأحمر

أكثر من الضوء القادم من المجرات القريبة. فسّر لماذا

استنتج الفلكيون أن المجرات البعيدة تتحرك مبتعدة

عن الأرض، اعتياداً على الشكل 17-8 للطيف المرئي.

35. يبلغ مستوى صوت 40 dB. هل تتغير ضغطه أكبر

100 مرة من عتبة السمع، أم 40 مرة؟

36. انشأ عند وصول جنود المشاة في الجيش إلى جسر

فإنهم يسرون على الجسر بخطوات غير منتظمة.

فسّر ذلك. (8 - 2)

تطبيق المفاهيم

31. التقدير لتقدير المسافة بينك وبين وميض برق

بالكيلو مترات، عدّ الثواني بين رؤية الوميض وسماع

صوت الرعد، واقسم على 3. وضح كيف تعمل

هذه القاعدة.

32. تزداد سرعة الصوت بمقدار 0.6 m/s لكل درجة

سلسيوس عند ارتفاع درجة حرارة الهواء بمقدار

درجة واحدة. ماذا يحدث لكل مما يلي بالنسبة لصوت

ما عند ارتفاع درجة الحرارة؟

a. التردد b. الطول الموجي

33. الأفلام انفجر قمر اصطناعي في فيلم خيال علمي؛

حيث سمع الطاقم في مركبة فضائية قريبة من الانفجار

صوته وشاهده فوراً. إذا اخترت مستشاراً فم الخطأ

الفيزيائي اللذان تلاحظهما ويتعين عليك تصحيحهما؟

34. الانزياح نحو الأحمر لاحظ الفلكيون أن الضوء

القادم من المجرات البعيدة يبدو مُزاحاً نحو الأحمر

أكثر من الضوء القادم من المجرات القريبة. فسّر لماذا

استنتج الفلكيون أن المجرات البعيدة تتحرك مبتعدة

عن الأرض، اعتياداً على الشكل 17-8 للطيف المرئي.

35. يبلغ مستوى صوت 40 dB. هل تتغير ضغطه أكبر

100 مرة من عتبة السمع، أم 40 مرة؟

36. انشأ عند وصول جنود المشاة في الجيش إلى جسر

فإنهم يسرون على الجسر بخطوات غير منتظمة.

فسّر ذلك. (8 - 2)

تطبيق المفاهيم

31. التقدير لتقدير المسافة بينك وبين وميض برق

بالكيلو مترات، عدّ الثواني بين رؤية الوميض وسماع

صوت الرعد، واقسم على 3. وضح كيف تعمل

هذه القاعدة.

32. تزداد سرعة الصوت بمقدار 0.6 m/s لكل درجة

سلسيوس عند ارتفاع درجة حرارة الهواء بمقدار

درجة واحدة. ماذا يحدث لكل مما يلي بالنسبة لصوت

ما عند ارتفاع درجة الحرارة؟

a. التردد b. الطول الموجي

33. الأفلام انفجر قمر اصطناعي في فيلم خيال علمي؛

حيث سمع الطاقم في مركبة فضائية قريبة من الانفجار

صوته وشاهده فوراً. إذا اخترت مستشاراً فم الخطأ

الفيزيائي اللذان تلاحظهما ويتعين عليك تصحيحهما؟

34. الانزياح نحو الأحمر لاحظ الفلكيون أن الضوء

القادم من المجرات البعيدة يبدو مُزاحاً نحو الأحمر

أكثر من الضوء القادم من المجرات القريبة. فسّر لماذا

استنتج الفلكيون أن المجرات البعيدة تتحرك مبتعدة

عن الأرض، اعتياداً على الشكل 17-8 للطيف المرئي.

35. يبلغ مستوى صوت 40 dB. هل تتغير ضغطه أكبر

100 مرة من عتبة السمع، أم 40 مرة؟

36. انشأ عند وصول جنود المشاة في الجيش إلى جسر

فإنهم يسرون على الجسر بخطوات غير منتظمة.

فسّر ذلك. (8 - 2)

تطبيق المفاهيم

31. التقدير لتقدير المسافة بينك وبين وميض برق

بالكيلو مترات، عدّ الثواني بين رؤية الوميض وسماع

صوت الرعد، واقسم على 3. وضح كيف تعمل

هذه القاعدة.

32. تزداد سرعة الصوت بمقدار 0.6 m/s لكل درجة

سلسيوس عند ارتفاع درجة حرارة الهواء بمقدار

درجة واحدة. ماذا يحدث لكل مما يلي بالنسبة لصوت

ما عند ارتفاع درجة الحرارة؟

a. التردد b. الطول الموجي

33. الأفلام انفجر قمر اصطناعي في فيلم خيال علمي؛

حيث سمع الطاقم في مركبة فضائية قريبة من الانفجار

صوته وشاهده فوراً. إذا اخترت مستشاراً فم الخطأ

الفيزيائي اللذان تلاحظهما ويتعين عليك تصحيحهما؟

34. الانزياح نحو الأحمر لاحظ الفلكيون أن الضوء

القادم من المجرات البعيدة يبدو مُزاحاً نحو الأحمر

أكثر من الضوء القادم من المجرات القريبة. فسّر لماذا

استنتج الفلكيون أن المجرات البعيدة تتحرك مبتعدة

عن الأرض، اعتياداً على الشكل 17-8 للطيف المرئي.

35. يبلغ مستوى صوت 40 dB. هل تتغير ضغطه أكبر

100 مرة من عتبة السمع، أم 40 مرة؟

36. انشأ عند وصول جنود المشاة في الجيش إلى جسر

فإنهم يسرون على الجسر بخطوات غير منتظمة.

فسّر ذلك. (8 - 2)

تطبيق المفاهيم

31. التقدير لتقدير المسافة بينك وبين وميض برق

بالكيلو مترات، عدّ الثواني بين رؤية الوميض وسماع

صوت الرعد، واقسم على 3. وضح كيف تعمل

هذه القاعدة.

32. تزداد سرعة الصوت بمقدار 0.6 m/s لكل درجة

سلسيوس عند ارتفاع درجة حرارة الهواء بمقدار

درجة واحدة. ماذا يحدث لكل مما يلي بالنسبة لصوت

ما عند ارتفاع درجة الحرارة؟

a. التردد b. الطول الموجي

33. الأفلام انفجر قمر اصطناعي في فيلم خيال علمي؛

حيث سمع الطاقم في مركبة فضائية قريبة من الانفجار

صوته وشاهده فوراً. إذا اخترت مستشاراً فم الخطأ

الفيزيائي اللذان تلاحظهما ويتعين عليك تصحيحهما؟

34. الانزياح نحو الأحمر لاحظ الفلكيون أن الضوء

القادم من المجرات البعيدة يبدو مُزاحاً نحو الأحمر

أكثر من الضوء القادم من المجرات القريبة. فسّر لماذا

استنتج الفلكيون أن المجرات البعيدة تتحرك مبتعدة

عن الأرض، اعتياداً على الشكل 17-8 للطيف المرئي.

35. يبلغ مستوى صوت 40 dB. هل تتغير ضغطه أكبر

100 مرة من عتبة السمع، أم 40 مرة؟

36. انشأ عند وصول جنود المشاة في الجيش إلى جسر

فإنهم يسرون على الجسر بخطوات غير منتظمة.

فسّر ذلك. (8 - 2)

تطبيق المفاهيم

31. التقدير لتقدير المسافة بينك وبين وميض برق

بالكيلو مترات، عدّ الثواني بين رؤية الوميض وسماع

صوت الرعد، واقسم على 3. وضح كيف تعمل

هذه القاعدة.

32. تزداد سرعة الصوت بمقدار 0.6 m/s لكل درجة

سلسيوس عند ارتفاع درجة حرارة الهواء بمقدار

درجة واحدة. ماذا يحدث لكل مما يلي بالنسبة لصوت

ما عند ارتفاع درجة الحرارة؟

a. التردد b. الطول الموجي

33. الأفلام انفجر قمر اصطناعي في فيلم خيال علمي؛

حيث سمع الطاقم في مركبة فضائية قريبة من الانفجار

صوته وشاهده فوراً. إذا اخترت مستشاراً فم الخطأ

الفيزيائي اللذان تلاحظهما ويتعين عليك تصحيحهما؟

التقويم

36. a. يزداد التردد.

b. يقل الطول الموجي.

c. تبقى سرعة الموجة نفسها.

d. تبقى السعة نفسها.

37. $\lambda = 4L$ و $v = \lambda f$ ، لذا فإن $v = 4fL$. إذاازدادت v وبقيت L ثابتة فإن f تزداد، وتزداد حدة الصوت أيضًا.

38. تزداد حدة الصوت؛ حيث يكون التردد أكبر بمقدار الضعف للأنبوب المفتوح مقارنة بالأنبوب المغلق.

إتقان حل المسائل

8-1 خصائص الصوت والكشف عنه

39. 1.7 km

40. 5.1×10^2 m

41. 5200 m/s

42. 9.8×10^4 Hz

43. 5.707 m

44. 0.0175 s

45. 7.92×10^2 m/s

46. 11.6 m

47. a. إن مستوى صوت النشيد 110 dB، لذلك يلزم تخفيضًا بمقدار 40 dB.

b. إن الهمس الذي يكون بالكاد مسموعًا له مستوى صوت 10 dB، لذا فإن المستوى الفعلي سيكون 50 dB، أو مماثل لمستوى متوسط صوت طلاب صف دراسي.

48. a. كل زيادة مقدارها 20 dB تؤدي إلى زيادة في الضغط بمقدار 10 مرات لذلك ينتج ضغط أكبر بمقدار 10 مرات.

b. $10 \times 10 = 100$ ؛ أي 100 مرة ضغط أكبر.

36. إذا ازدادت حدة الصوت فما التغير الذي يحدث لكل مما يلي؟

a. التردد

b. الطول الموجي

c. سرعة الموجة

d. سعة الموجة

37. تزداد سرعة الصوت بازدياد درجة الحرارة. هل تزداد حدة صوت أنبوب مغلق عند ارتفاع درجة حرارة الهواء أم تقل؟ افترض أن طول الأنبوب لا يتغير.

38. يولد أنبوب مغلق نغمة معينة، فإذا أزيلت السدادة من نهايته المغلقة ليصبح مفتوحًا فهل تزداد حدة الصوت أم تقل؟

إتقان حل المسائل

8-1 خصائص الصوت والكشف عنه

39. إذا سمعت صوت إطلاق قذيفة من مدفع بعيد بعد 5.0 s من رؤيتك للوميض فما بُعد المدفع عنك؟

40. إذا صحت في وإد وسمعت الصدى بعد 3.0 s، فما مقدار عرض الوادي؟

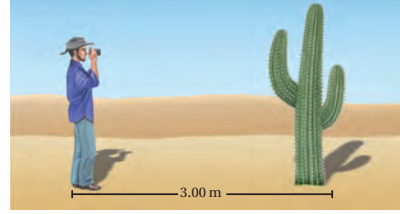
41. إذا انتقلت موجة صوت ترددها 4700 Hz في قضيب فولاذي، وكانت المسافة بين التضاضعات المتتالية هي 1.1 m، فما سرعة الموجة؟

42. الخفافيش يرسل الخفافش موجات صوتية طولها الموجي 3.5 mm. ما تردد الصوت في الهواء؟

43. ينتقل صوت تردده 261.6 Hz خلال ماء درجة حرارته 25°C . أوجد الطول الموجي لموجات الصوت في الماء. (لا تخطئ بين الموجات الصوتية المتحركة خلال الماء والموجات السطحية المتحركة فيه).

44. التصوير الفوتوجرافي تحدّد بعض الكاميرات بُعد الجسم عن طريق إرسال موجة صوت وقياس

الزمن الذي يحتاج إليه الصدى للعودة إلى الكاميرا، كما يبين الشكل 18-8. ما الزمن الذي تحتاج إليه موجة الصوت حتى تعود إلى الكاميرا إذا كان بُعد الجسم عنها يساوي 3.00 m؟



الشكل 18-8

45. إذا كان الطول الموجي لموجات صوت ترددها 2.40×10^2 Hz في ماء نقي هو 3.30 m فما سرعة الصوت في هذا الماء؟

46. ينتقل صوت تردده 442 Hz خلال قضيب حديد. أوجد الطول الموجي لموجات الصوت في الحديد.

47. البطائرة النفاثة يعمل موظف في المطار بالقرب من طائرة نفاثة على وشك الإقلاع، فتأثر بصوت مستواه 150 dB.

a. إذا وضع الموظف أداة حماية للأذن تخفض مستوى الصوت إلى حد صوت النشيد الوطني المدرسي فما مقدار الانخفاض في المستوى؟

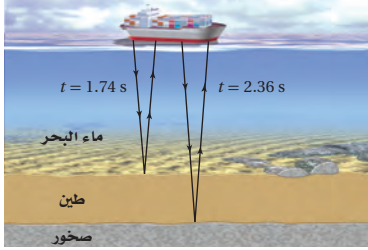
b. إذا سمع الموظف صوتًا مثل الهمس لا يكاد يُسمع إلا بصعوبة فما الذي يسمعه شخص لا يضع أداة الحماية على أذنيه؟

48. النشيد تُنشد فرقة نشيد بصوت مستواه 80 dB. ما مقدار الزيادة في ضغط الصوت لفرقة أخرى تُنشد بالمستويات التالية؟

a. 100 dB b. 120 dB

التقويم

الثاني عن الصخور تحت الطين بعد 2.36 s. فإذا كانت درجة حرارة ماء المحيط 25°C ، وسرعة الصوت في الطين 1875 m/s ، فاحسب ما يلي:
a. عمق الماء. **b.** سُمك طبقة الطين.



الشكل 20-8 (الرسم ليس بمقياس رسم)

54. تتحرك سيارة إطفاء بسرعة 35 m/s ، وتتحرك حافلة أمام سيارة الإطفاء في الاتجاه نفسه بسرعة 15 m/s . فإذا انطلقت صفارة إنذار سيارة الإطفاء بتردد 327 Hz فما التردد الذي يسمعه سائق الحافلة؟
 55. يتحرك قطار في اتجاه مراقب صوت، وعندما كانت سرعته 31 m/s انطلقت صفارته بتردد 305 Hz . ما التردد الذي يستقبله المراقب في كل حالة مما يلي:
a. المراقب ثابت.
b. المراقب يتحرك في اتجاه القطار بسرعة 21.0 m/s .

56. إذا تحرك القطار في المسألة السابقة مبتعداً عن المراقب فما التردد الذي يستقبله الكاشف في كل حالة مما يلي:
a. المراقب ثابت.
b. المراقب يتحرك مبتعداً عن القطار بسرعة 21.0 m/s .

2-8 الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار

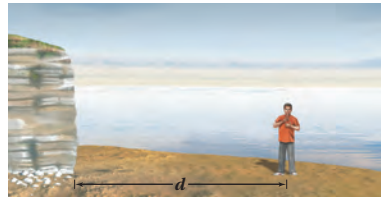
57. أنبوب في وضع رأسي مملوء بالماء وله صنبور عند قاعدته، وتهتز شوكة رنانة فوق طرفه العلوي. فإذا سُمع رنين عند تخفيض مستوى الماء في الأنبوب بمقدار

49. يهتز ملف نابضي للعبة بتردد 4.0 Hz بحيث تظهر موجات موقوفة بطول موجي 0.50 m . ما سرعة انتشار الموجة؟

50. يجلس مشجع في مباراة كرة قدم على بُعد 152 m من حارس المرمى في يوم دافئ درجة حرارته 30°C . احسب مقدار:

a. سرعة الصوت في الهواء عند درجة حرارة 30°C .
b. الزمن الذي يحتاج إليه المشجع لسمع صوت ضرب الكرة بعد مشاهدته ركل الحارس لها.

51. وقف شخص على بُعد d من جرف صخري، كما يبين الشكل 19-8. فإذا كانت درجة الحرارة 15°C ، وصقّ الشخص يديه فسمع صدى الصوت بعد 2.0 s ، فما بُعد الجرف الصخري؟



الشكل 19-8 (الرسم ليس بمقياس رسم)

52. التصوير الطبي تستخدم موجات فوق صوتية بتردد 4.25 MHz للحصول على صور للجسم البشري. فإذا كانت سرعة الصوت في الجسم مماثلة لسرعته في الماء المالح وهي 1.50 km/s ، فما الطول الموجي لموجة ضغط ترددها 4.25 MHz في الجسم؟

53. السونار تمسح سفينة قاع المحيط بإرسال موجات سونار مباشرة من السطح إلى أسفل سطح الماء، كما يبين الشكل 20-8. وتستقبل السفينة الانعكاس الأول عن الطين عند القاع بعد زمن مقداره 1.74 s من إرسال الموجات. ويصل الانعكاس

49. 2.0 m/s

50. **a.** 349 m/s

b. 0.436 s

51. $3.4 \times 10^2\text{ m}$

52. 0.353 mm

53. **a.** 1300 m

b. 580 m

54. 350 Hz

55. **a.** 335 Hz

b. 356 Hz

56. **a.** $2.80 \times 10^2\text{ Hz}$

b. $2.63 \times 10^2\text{ Hz}$

2-8 الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار

57. 540 Hz

التقويم

58. 2.9 kHz

59. 2.1 kHz

60. 1500 Hz، 1100 Hz، 740 Hz

61. 2600 Hz، 1800 Hz، 1100 Hz

62. a. 255 m/s

b. 392 Hz و 588 Hz

63. 2.0×10^2 Hz

64. 4.0×10^2 Hz

65. a. 1.0×10^{-6} N

b. 1.5×10^{-6} N

c. 0.58 Pa

مراجعة عامة

66. 295 Hz

67. 4.80×10^2 m/s

68. 5.36 s

69. 22.3 kHz

65. إذا كانت سعة موجة ضغط خلال محادثة عادية 0.020 Pa،

a. فما القوة المؤثرة في طبلة أذن مساحتها 0.52 cm^2 ؟

b. إذا انتقلت القوة نفسها التي في الفرع a كاملة إلى

العظام الثلاثة في الأذن الوسطى، فما مقدار القوة

التي تؤثر بها هذه العظام في الفتحة البيضية؛ أي

الغشاء المرتبط مع العظمة الثالثة؟ علماً بأن الفائدة

الميكانيكية لهذه العظام 1.5.

c. ما مقدار الضغط الإضافي الذي انتقل إلى السائل

الموجود في القوقعة نتيجة تأثير هذه القوة، إذا

كانت مساحة الفتحة البيضية 0.026 cm^2 ؟

مراجعة عامة

66. أنبوب مفتوح طوله 1.65 m. ما نغمة التردد الأساسي

التي ينتجها في الهيليوم عند درجة حرارة 0°C ؟

67. يطير طائر نحو رائد فضاء على كوكب مكتشف حديثاً

بسرعة 19.5 m/s ، ويُعَرَّد بحدة مقدارها 954 Hz.

فإذا سمع الرائد النغمة بتردد 985 Hz فما سرعة

الصوت في الغلاف الجوي لهذا الكوكب؟

68. إذا ألقى حجرًا في بئر عمقها 122.5 m كما في

الشكل 8-22، فبعد كم ثانية تسمع صوت ارتطام

الحجر بقاع البئر؟



الشكل 8-22

69. تستخدم سفينة موجات السونار بتردد 22.5 kHz.

فإذا كانت سرعة الصوت في ماء البحر 1533 m/s

وُسْمِعَ رنين مرة أخرى عند تخفيض مستوى

الماء عن فوهة الأنبوب بمقدار 49 cm، فما تردد

الشوكة الرنانة؟

58. السمع البشري القناة السمعية التي تؤدي إلى طبلة

الأذن عبارة عن أنبوب مغلق طوله 3.0 cm. أوجد

القيمة التقريبية لأقل تردد رنين. أهمل تصحيح النهاية.

59. إذا أمسكت قضيب ألومنيوم طوله 1.2 m من

متصفه وضربت أحد طرفيه بمطرقة فسيهتز كأنه

أنبوب مفتوح، ويكون هناك بطن ضغط عند مركز

القضيب؛ بسبب توافق بطون الضغط لعقد الحركة

الجزئية. فإذا كانت سرعة الصوت في الألومنيوم

5150 m/s فما أقل تردد اهتزاز للقضيب؟

60. إذا أنتج أنبوب مفتوح نغمة ترددها 370 Hz فما

ترددات الإيقاعات الثاني، والثالث، والرابع المصاحبة

لهذا التردد؟

61. إذا أنتج أنبوب مغلق نغمة ترددها 370 Hz فما تردد

أقل ثلاثة إيقاعات يُنتجها هذا الأنبوب؟

62. ضُبط وتر طوله 65.0 cm لينتج أقل تردد، ومقداره

196 Hz. احسب مقدار:

a. سرعة الموجة في الوتر.

b. الترددات التالية لرنين هذا الوتر.

63. يمثل الشكل 8-21 أنبوباً بلاستيكيًا موجًا مرئياً طوله

0.85 m. وعندما يتأرجح ينتج نغمة ترددها يماثل

أقل تردد يُنتجها أنبوب مفتوح له الطول نفسه. ما

تردد النغمة؟



الشكل 8-21

64. إذا تأرجح الأنبوب في المسألة السابقة بسرعة أكبر

منتجًا نغمة حدتها أعلى، فما التردد الجديد؟

التقويم

70. 407 Hz

التفكير الناقد

71. a. انظر دليل حلول المسائل.

b. انظر دليل حلول المسائل.

72. يجب أن يوضح الرسم البياني ترددًا ثابتًا نوعًا ما أعلى من 300 Hz عندما تقترب السيارة، ويوضح ترددًا ثابتًا نوعًا ما أقل من 300 Hz عندما تبتعد.

73. تبدأ تشغيل الساعة لقياس الزمن لحظة رؤيتك اللاعب يضرب الكرة، وتوقفها لحظة سماعك صوت الضربة. ويمكن حساب السرعة من خلال قسمة المسافة 200 m على الزمن المقيس. سيكون الزمن المقيس كبيرًا؛ وذلك لأنك تستطيع تحديد لحظة ضرب الكرة بالنظر بدقة، ولكنك لا تستطيع تحديد لحظة وصول الصوت بدقة، ومن ثم تكون السرعة المحسوبة قليلة جدًا.

74. يجب أن تدور الشمس حول محورها بنفس نمط دوران الأرض. يشير انزياح دوبلر إلى أن الجانب الأيسر من الشمس يقترب نحونا، في حين يبتعد الجانب الأيمن عنا.

الكتابة في الفيزياء

75. يجب أن يناقش الطلاب عمل إدوين هابل، والانزياح نحو الأحمر، وتمدد الكون، والتحليل الطيفي، واكتشاف التذبذبات في حركة أنظمة الكوكب-النجم.

مراجعة تراكمية

76. 530 m/s

72. إعداد الرسوم البيانية افترض أن تردد بوق سيارة يساوي 300 Hz عندما كانت السيارة ثابتة، فكيف يكون الرسم البياني للعلاقة بين التردد والزمن عندما تقترب السيارة منك ثم تتحرك مبتعدة عنك؟ صمّم مخططًا تقريبيًا للمسألة.

73. حلّ واستنتج صف كيف تستخدم ساعة إيقاف لتقدير سرعة الصوت إذا كنت على بعد 200 m من حفرة ملعب جولف، وكان مجموعة من اللاعبين يضربون كراتهم. هل يكون تقديرك ل سرعة الصوت كبيرًا جدًا أم صغيرًا جدًا؟

74. تطبيق المفاهيم وجد أن تردد موجة ضوء قادمة من نقطة على الحافة اليسرى للشمس أكبر قليلًا من تردد الضوء القادم من الجهة اليمنى. علام يدل هذا بالنسبة لحركة الشمس اعتمادًا على هذا القياس؟

الكتابة في الفيزياء

75. ابحث في استخدام تأثير دوبلر في دراسة الفلك. ما دوره في نظرية الانفجار الكبير؟ وكيف يستخدم في الكشف عن الكواكب حول النجوم، ودراسة حركة المجرات؟

مراجعة تراكمية

76. ما سرعة الموجات المتولدة في وتر طوله 60.0 cm، إذا نُقر في منطقة الوسط فأنتج نغمة ترددها 440 Hz (الفصل 7)

فما مقدار التردد الذي يصل السفينة بعد انعكاسه عن حوت يتحرك بسرعة 4.15 m/s مبتعدًا عن السفينة؟ افترض أن السفينة ساكنة.

70. يتحرك قطار نحو نفق بسرعة 37.5 m/s، ويصدر صوتًا بتردد 327 Hz، فيرتد الصوت من فتحة النفق. ما تردد الصوت المنعكس الذي يُسمع في القطار، علمًا بأن سرعة الصوت في الهواء كانت 343 m/s؟ تلميح: حل المسألة في جزأين، افترض في الجزء الأول أن النفق مراقب ثابت، واحسب التردد. ثم افترض في الجزء الثاني أن النفق مصدر ثابت، واحسب التردد المقيس في القطار.

التفكير الناقد

71. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها بين الجدول 8-2 الأطوال الموجية لموجات صوتية ناتجة عن مجموعة من الشوكات الرنانة عند ترددات معينة.

a. مثل بيانيًا العلاقة بين الطول الموجي والتردد (المتغير المضبوط). ما نوع العلاقة التي يبينها الرسم البياني؟

b. مثل بيانيًا العلاقة بين الطول الموجي ومقلوب التردد (1/f). ما نوع العلاقة التي يبينها الرسم البياني؟ حدّد سرعة الصوت من الرسم البياني.

الجدول 8-2	
الشوكات الرنانة	
التردد (Hz)	الطول الموجي (m)
131	2.62
147	2.33
165	2.08
196	1.75
220	1.56
247	1.39

اختبار مقنن

أسئلة اختيار من متعدد

اختر الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. ينتقل الصوت من مصدره إلى الأذن بسبب:

- (A) تغير ضغط الهواء.
(B) الاهتزاز في الأسلاك أو الأوتار.
(C) الموجات الكهرومغناطيسية.
(D) الموجات تحت الحمراء.

2. سمع خالد أثناء سباحته نغمة وصلت إلى أذنه بتردد 327 Hz عندما كان تحت الماء. فما الطول الموجي للصوت الذي يسمعه؟ (افتراض سرعة الصوت في الماء 1493 m/s)

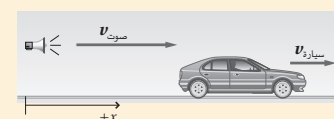
- (A) 2.19 nm
(B) 4.88×10^{-5} m
(C) 2.19×10^{-1} m
(D) 4.57 m

3. يجذب صوت بوق سيارة انتباه مراقب ثابت. فإذا كانت السيارة تقترب من المشاهد بسرعة 60.0 km/h، وتردد صوت البوق 512 Hz، فما تردد الصوت الذي يسمعه المراقب؟ (افتراض سرعة الصوت في الهواء تساوي 343 m/s)

- (A) 488 Hz
(B) 512 Hz
(C) 538 Hz
(D) 600 Hz

4. تتبعد سيارة بسرعة 72 km/h عن صافرة ثابتة، كما هو موضح في الشكل أدناه. فإذا انطلقت الصافرة بتردد 657 Hz فما تردد الصوت الذي يسمعه السائق؟ (افتراض سرعة الصوت في الهواء 343 m/s)

- (A) 543 Hz
(B) 620 Hz
(C) 647 Hz
(D) 698 Hz



أسئلة الاختيار من متعدد

1. A
2. D
3. C
4. B
5. C

الأسئلة الممتدة

6. 328 m/s

اختبار مقنن الفصل 8

سلم تقدير

يمثل الجدول الآتي نموذجاً لسلم تقدير لإجابات الأسئلة الممتدة.

الوصف	العلامات
يُظهر الطالب فهماً كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، فيمكن أن تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.	4
يُظهر الطالب فهماً للمواضيع الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة وتظهر فهماً أساسياً، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.	3
يُظهر الطالب فهماً جزئياً للمواضيع الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل، أو قدّم حلاً صحيحاً، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسية.	2
يُظهر الطالب فهماً محدوداً جداً للمواضيع الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.	1
يقدم الطالب حلاً غير صحيح تماماً، أو لا يستجيب على الإطلاق.	0

5. ينتقل صوت بوق سيارة في الهواء بسرعة 351 m/s. فإذا كان تردد الصوت 298 Hz فما طول الموجة؟

- (A) 9.93×10^{-4} m
(B) 0.849 m
(C) 1.18 m
(D) 1.05×10^5 m

الأسئلة الممتدة

6. يبين الشكل أدناه طول عمود الهواء في حالة الرنين الأول لعمود هواء مغلق، فإذا كان تردد الصوت 488 Hz فما سرعة الصوت؟



إرشاد

سجل حساباتك

يطلب إليك في أغلب الاختبارات الإجابة عن عدد كبير من الأسئلة في زمن قليل. سجل حساباتك وملاحظاتك حيثما كان ذلك ممكناً. وأجر الحسابات كتابياً لا ذهنياً، ثم ضع خطاً تحت الحقائق المهمة في العبارات والأشكال، وأعد قراءتها، ولا تحاول حفظها.

مسائل تدريبية

1-8 خصائص الصوت والكشف عنه (صفحة 44-37)

صفحة 39

1. ما الطول الموجي لموجة صوتية ترددها 18 Hz تتحرك في هواء درجة حرارته (20 °C)؟ (يُعد هذا التردد من أقل الترددات التي يمكن للأذن البشرية سماعها).

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343 \text{ m/s}}{18 \text{ Hz}} = 19 \text{ m}$$

2. إذا وقفت عند طرف وادٍ وصرخت، وسمعت الصدى بعد مرور 0.80 s، فما عرض هذا الوادي؟

$$v = \frac{d}{t}$$

لذا فإن

$$d = vt = (343 \text{ m/s})(0.40 \text{ s}) = 140 \text{ m}$$

3. تنتقل موجة صوتية ترددها 2280 Hz وطولها الموجي 0.655 m، في وسط غير معروف. حدّد نوع الوسط.

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

لذا فإن

$$v = \lambda f = (0.655 \text{ m})(2280 \text{ Hz}) = 1490 \text{ m/s}$$

وتقابل هذه السرعة سرعة الصوت في الماء عند 25°C.

صفحة 43

4. افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة 25.0 m/s في اتجاه صفارة إنذار. إذا كان تردد صوت الصفارة 365 Hz، فما التردد الذي ستسمعه؟ علماً بأن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s.

$$v = 343 \text{ m/s}, f_s = 365 \text{ Hz}, v_s = 0,$$

$$v_d = -25.0 \text{ m/s}$$

$$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right) = (365 \text{ Hz}) \left(\frac{343 \text{ m/s} + 25.0 \text{ m/s}}{343 \text{ m/s}} \right) = 392 \text{ Hz}$$

5. افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة 24.6 m/s، وتتحرك سيارة أخرى في اتجاهك بالسرعة نفسها. فإذا انطلق المنبه فيها بتردد 475 Hz، فما التردد الذي ستسمعه؟ علماً بأن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s.

$$v = 343 \text{ m/s}, f_s = 475 \text{ Hz}, v_s = +24.6 \text{ m/s}$$

$$v_d = -24.6 \text{ m/s}$$

$$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right) = (475 \text{ Hz}) \left(\frac{343 \text{ m/s} + 24.6 \text{ m/s}}{343 \text{ m/s} - 24.6 \text{ m/s}} \right) = 548 \text{ Hz}$$

6. تتحرك غواصة في اتجاه غواصة أخرى بسرعة 9.20 m/s، وتصدر موجات فوق صوتية بتردد 3.50 MHz. ما التردد الذي تلتقطه الغواصة الأخرى وهي ساكنة؟ علماً بأن سرعة الصوت في الماء 1482 m/s.

$$v = 1482 \text{ m/s}, f_s = 3.50 \text{ MHz}$$

$$v_s = 9.20 \text{ m/s}, v_d = 0 \text{ m/s}$$

$$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right) = (3.50 \text{ MHz}) \left(\frac{1482 \text{ m/s}}{1482 \text{ m/s} - 9.20 \text{ m/s}} \right) = 3.52 \text{ MHz}$$

7. يرسل مصدر صوت موجات بتردد 262 Hz. ما السرعة التي يجب أن يتحرك بها المصدر لتزيد حدة الصوت إلى 271 Hz؟ علماً بأن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s.

$$v = 343 \text{ m/s}, f_s = 262 \text{ Hz}, f_d = 271 \text{ Hz}$$

$$v_d = 0 \text{ m/s}$$

أما v_s فهي كمية غير معروفة القيمة.

$$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right)$$

حل المعادلة السابقة بالنسبة إلى v_s .

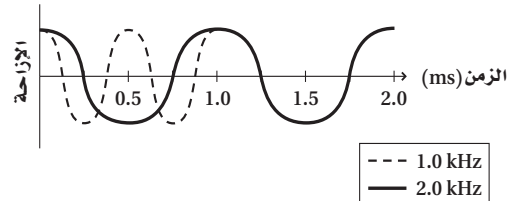
$$v_s = v - \frac{f_s}{f_d} (v - v_d) = 343 \text{ m/s} - \left(\frac{262 \text{ Hz}}{271 \text{ Hz}} \right) (343 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}) = 11.4 \text{ m/s}$$

مراجعة القسم

1-8 خصائص الصوت والكشف عنه (صفحة 44-37)

صفحة 44

8. رسم بياني تتحرك طبلة الأذن إلى الخلف وإلى الأمام استجابة لتغيرات ضغط موجات الصوت. مثل بيانيًا العلاقة بين إزاحة طبلة الأذن والزمن لدورتين لنغمة ترددها 1.0 kHz، ولدورتين لنغمة ترددها 2.0 kHz.



9. تأثير الوسط اذكر خصيصتين من خصائص الصوت تتأثران بالوسط الذي تتحرك فيه موجة الصوت، وخصيصتين من الخصائص التي لا تتأثر بالوسط.

الخصيستان اللتان تتأثران: السرعة والطول الموجي، أما الخصيستان اللتان لا تتأثران فهما الزمن الدوري والتردد.

10. خصائص الصوت ما الخصيصة الفيزيائية التي يجب تغييرها لموجة صوت حتى تتغير حدة الصوت؟ وما الخصيصة التي يجب تغييرها حتى يتغير علو الصوت؟

التردد، السعة

11. مقياس الديسبل ما نسبة مستوى ضغط صوت جزازة العشب (110 dB) إلى مستوى ضغط صوت محادثة عادية (50 dB)؟

يزداد مستوى ضغط الصوت 10 مرات مقابل كل زيادة مقدارها 20 dB في مستوى الصوت؛ لذا فإن 60 dB تقابل زيادة مقدارها 1000 ضعف في مستوى ضغط الصوت.

12. الكشف المبكر كان الناس في القرن التاسع عشر يضعون آذانهم على مسار سكة الحديد ليتربّوا وصول القطار. لماذا تُعد هذه الطريقة نافعة؟

إن سرعة الصوت في المواد الصلبة أكبر من سرعته في الغازات. لذا تنتقل موجات الصوت بسرعة أكبر في القضبان الفولاذية مقارنة بسرعة انتقالها في الهواء. وتساعد القضبان على عدم انتشار طاقة الموجات الصوتية على مساحة أكبر؛ لذا لا يتلاشى الصوت بسرعة كما يحدث له في الهواء.

13. الخفافيش يرسل الخفاش نبضات صوت قصيرة بتردد عالٍ ويستقبل الصدى. ما الطريقة التي يميز بها الخفاش بين:

a. الصدى المرتد عن الحشرات الكبيرة والصدى المرتد عن الحشرات الصغيرة إذا كانت على البعد نفسه منه؟

سيختلفان في الشدة، حيث تعكس الحشرات الأكبر طاقةً صوتية أكبر في اتجاه الخفاش.

b. الصدى المرتد عن حشرة طائرة مقترية منه والصدى المرتد عن حشرة طائرة مبتعدة عنه؟

إن الحشرة التي تطير نحو الخفاش تعيد الصدى بتردد أكبر (انزياح دوبلر)، أما الحشرة التي تطير مبتعدة عن الخفاش فستعيد الصدى بتردد أقل.

14. التفكير الناقد هل يستطيع شرطي يقف على جانب الطريق استخدام الرادار لتحديد سرعة سيارة في اللحظة التي تمر فيها أمامه؟ وضح ذلك.

لا، يجب أن تتحرك السيارة مقترية أو مبتعدة عن المراقب لملاحظة تأثير دوبلر؛ حيث لا تنتج الحركة المستعرضة أي أثر لتأثير دوبلر.

مسائل تدريبية

8-2 الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار (صفحة 53-45) صفحة 51

15. إذا وضعت شوكة رنانة تهتز بتردد 440 Hz فوق أنبوب مغلق، فأوجد الفواصل بين أوضاع الرنين عندما تكون درجة حرارة الهواء 20 °C.

الفواصل بين أوضاع الرنين تساوي $\frac{\lambda}{2}$. وعند استخدام العلاقة التالية: $\lambda = \frac{v}{f}$ فإن الفواصل بين أوضاع الرنين تساوي:

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{v}{2f} = \frac{343 \text{ m/s}}{(2)(440 \text{ Hz})} = 0.39 \text{ m}$$

16. استخدمت شوكة رنانة تهتز بتردد 440 Hz مع عمود رنين لتحديد سرعة الصوت في غاز الهيليوم. فإذا كانت الفواصل بين أوضاع الرنين 110 cm، فما سرعة الصوت في غاز الهيليوم؟

$$\frac{\lambda}{2} = 1.1 \text{ m} = \text{الفواصل بين أوضاع الرنين}$$

لذا فإن

$$\lambda = 2.2 \text{ m}$$

$$v = \lambda f = (2.2 \text{ m})(440 \text{ Hz}) = 970 \text{ m/s}$$

17. استخدم طالب عمود هواء عند درجة حرارة 27 °C، ووجد فواصل بين أوضاع الرنين بمقدار 20.2 cm. ما تردد الشوكة الرنانة؟ استخدم سرعة الصوت في الهواء المحسوبة في المثال 2 عند درجة الحرارة 27 °C.

$$v = 347 \text{ m/s}$$

وذلك عند 27 °C

ومن خلال الفواصل بين أوضاع الرنين نحصل على

$$\frac{\lambda}{2} = 0.202 \text{ m}$$

أو

$$\lambda = 0.404 \text{ m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{347 \text{ m/s}}{0.404 \text{ m}} = 859 \text{ Hz}$$

مراجعة القسم

8-2 الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار (صفحة 53-45) صفحة 53

18. مصادر الصوت ما الشيء المهتز الذي ينتج الأصوات في كل مما يلي؟

a. الصوت البشري

البحال الصوتية

b. صوت المذياع

غشاء رقيق (غشاء السماع)

19. الرنين في الأنابيب المفتوحة ما النسبة بين طول الأنبوب المفتوح والطول الموجي للصوت لإنتاج الرنين الأول؟ طول الأنبوب يساوي نصف الطول الموجي.

20. الرنين في الأوتار يصدر وتر نغمة حادة ترددها 370 Hz. ما ترددات الإيقاعات الثلاثة اللاحقة الناتجة بهذه النغمة؟ إيقاعات الوتر تساوي أعداداً صحيحة مضروبة في التردد الأساسي، وعليه فإن ترددات الإيقاعات هي:

$$f_2 = 2f_1$$

$$= (2)(370 \text{ Hz})$$

$$= 740 \text{ Hz}$$

$$f_3 = 3f_1$$

$$= (3)(370 \text{ Hz})$$

$$= 1110 \text{ Hz}$$

$$= 1100 \text{ Hz}$$

$$f_4 = 4f_1$$

$$= (4)(370 \text{ Hz})$$

$$= 1480 \text{ Hz}$$

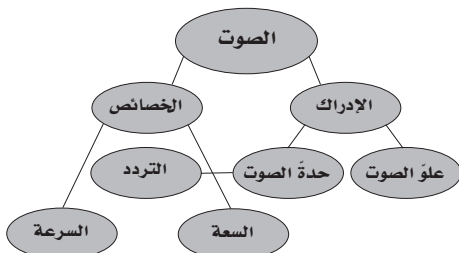
$$= 1500 \text{ Hz}$$

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 58

23. أكمل الخريطة المفاهيمية أدناه باستخدام المصطلحات التالية: السعة، الإدراك، حدة الصوت، السرعة.



إتقان المفاهيم

صفحة 58

24. ما الخصائص الفيزيائية لموجات الصوت؟ (8-1)

يمكن وصف الموجات الصوتية بواسطة التردد، والطول الموجي، والسعة، والسرعة.

25. عند قياس زمن الركض لمسافة 100 m يبدأ المراقبون عند خط النهاية تشغيل ساعات الإيقاف لديهم عند رؤيتهم دخاناً يتصاعد من المسدس الذي يشير إلى بدء السباق، وليس عند سماعهم صوت الإطلاق. فسّر ذلك. وما الذي يحدث لقياس زمن الركض إذا ابتداء التوقيت عند سماع الصوت؟ (8-1)

ينتقل الضوء بسرعة $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ ، في حين ينتقل الصوت في الهواء بسرعة 343 m/s . لذا سيرى المراقبون الدخان قبل سماع صوت إطلاق المسدس. وسيكون الزمن أقل من الزمن الفعلي لو اعتمد على سماع الصوت.

26. اذكر نوعين من أنواع إدراك الصوت والخصائص الفيزيائية المرتبطة معهما. (8-1)

الحدة - التردد؛ العلو - السعة.

27. هل يحدث انزياح دوبلر لبعض أنواع الموجات فقط أم لجميع أنواع الموجات؟ (8-1)

لجميع أنواع الموجات.

21. الرنين في الأنابيب المغلقة يبلغ طول أنبوب مغلق 2.40 m. ما تردد النغمة التي يصدرها هذا الأنبوب؟

$$\begin{aligned} \lambda &= 4L \\ &= (4)(2.40 \text{ m}) \\ &= 9.60 \text{ m} \\ \lambda &= \frac{v}{f} \\ f &= \frac{v}{\lambda} \\ &= \frac{343 \text{ m/s}}{9.60 \text{ m}} \\ &= 35.7 \text{ Hz} \end{aligned}$$

22. التفكير الناقد اضرب شوكة رنانة بمطرقة مطاطية واحملها بحيث تكون ذراعك ممدودة، ثم اضغط بمقبضها على طاولة، وباب، وخزانة، وأجسام أخرى. فما الذي تسمعه؟ ولماذا؟ يتضخم صوت الشوكة الرنانة كثيراً عندما تضغط بمقبضها على أجسام أخرى؛ لأن هذه الأجسام تولد رنيناً كاللوحات الصوتية. وتختلف الأصوات الناتجة من جسم إلى آخر؛ لأن كلاً منها يولد رنيناً مع ترددات وإيقاعات مختلفة؛ لذا يكون لها طابع صوت مختلف.

تابع الفصل 8

28. الموجات فوق الصوتية موجات صوتية تردداتها أعلى من تلك التي تسمع بالأذن البشرية، وتنتقل هذه الموجات خلال الجسم البشري. كيف يمكن استخدام الموجات فوق الصوتية لقياس سرعة الدم في الأوردة أو الشرايين؟ وضح كيف تتغير الموجات لتجعل هذا القياس ممكناً. (1-8)

يستطيع الأطباء قياس انزياح دوبلر من الصوت المنعكس عن خلايا الدم المتحركة. ولأن الدم يتحرك، لذا يحدث انزياح دوبلر لهذا الصوت، وتتقارب الانضغاطات أو تتباعد، مما يؤدي إلى تغيير تردد الموجة.

29. ما الضروري لتوليد الصوت وانتقاله؟ (2-8)

توافر جسم يهتز ووسط مادي.

30. المشاة عند وصول جنود المشاة في الجيش إلى جسر فإنهم يسرون على الجسر بخطوات غير منتظمة. فسّر ذلك. (2-8)

عندما يسير الجنود بخطوات منتظمة ينشأ تردد معين يؤدي إلى اهتزاز الجسر بالتردد نفسه؛ أي يحدث رنين مع الجسر؛ مما يؤدي إلى زيادة سعة اهتزازة ومن ثم انهياره. ولا يكون هناك تضخيم لتردد معين عندما يسرون بخطوات غير منتظمة.

تطبيق المفاهيم

صفحة 58-59

31. التقدير لتقدير المسافة بينك وبين وميض برق بالكيلومترات، عدّ الثواني بين رؤية الوميض وسماع صوت الرعد، واقسم على 3. وضح كيف تعمل هذه القاعدة.

إن سرعة الصوت تساوي؛

$343 \text{ m/s} = 0.343 \text{ km/s} = (1/2.92) \text{ km/s}$ ، أو ينتقل الصوت تقريباً 1 km خلال 3 s؛ لذا قسّم عدد الثواني على 3. أما بالنسبة إلى وحدة الميل فإن الصوت ينتقل تقريباً 1 mile خلال زمن مقداره 5 s؛ لذا قسّم عدد الثواني على 5.

32. تزداد سرعة الصوت بمقدار 0.6 m/s لكل درجة سلسيوس عند ارتفاع درجة حرارة الهواء بمقدار درجة واحدة. ماذا يحدث لكل مما يلي بالنسبة لصوت ما عند ارتفاع درجة الحرارة؟

a. التردد

لا يوجد تغيير في التردد.

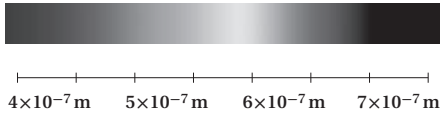
b. الطول الموجي

يزداد الطول الموجي.

33. الأفلام انفجر قمر اصطناعي في فيلم خيال علمي؛ حيث سمع الطاقم في مركبة فضائية قريبة من الانفجار صوته وشاهدوه فوراً. إذا اخترت مستشراً فما الخطأان الفيزيائيان اللذان تلاحظهما ويتعين عليك تصحيحهما؟

أولاً؛ إذا سمعت صوتاً فإنك ستسمعه بعد رؤيتك للانفجار؛ فموجات الصوت تنتقل أبطأ كثيراً من الموجات الكهرومغناطيسية. ثانياً؛ كثافة المادة في الفضاء قليلة جداً، إلى الحد الذي لا تنتشر معه موجات الصوت لذا لن يسمع أي صوت.

34. الانزياح نحو الأحمر لاحظ الفلكيون أن الضوء القادم من المجرات البعيدة يبدو مزاحاً نحو الأحمر أكثر من الضوء القادم من المجرات القريبة. فسّر لماذا استنتج الفلكيون أن المجرات البعيدة تتحرك مبتعدة عن الأرض، اعتماداً على الشكل 17-8 لطيف المرئي.



الشكل 17-8 ■

للضوء الأحمر طول موجي أكبر، لذا فإن تردده أقل من تردد الألوان الأخرى. أما بالنسبة إلى انزياح دوبلر للضوء القادم من المجرات البعيدة نحو الترددات المنخفضة (اللون الأحمر) فيشير ذلك إلى أن تلك المجرات تتحرك مبتعدة عنا.

35. يبلغ مستوى صوت 40 dB. فهل تغيّر ضغطه أكبر 100 مرة من عتبة السمع، أم 40 مرة؟

لصوت 40 dB ضغط صوت أكبر 100 مرة.

36. إذا ازدادت حدة الصوت، فما التغير الذي يحدث لكل مما يلي؟

a. التردد

يزداد التردد.

b. الطول الموجي

يقبل الطول الموجي.

c. سرعة الموجة

تبقى سرعة الموجة نفسها.

d. سعة الموجة

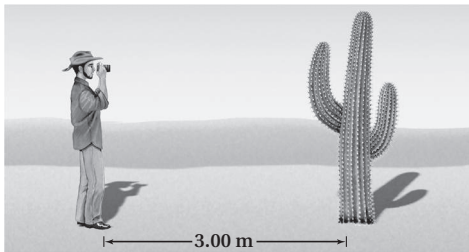
تبقى السعة نفسها.

تابع الفصل 8

43. ينتقل صوت تردده 261.6 Hz خلال ماء درجة حرارته 25 °C. أوجد الطول الموجي لموجات الصوت في الماء. (لا تخطئ بين الموجات الصوتية المتحركة خلال الماء والموجات السطحية المتحركة فيه).

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1493 \text{ m/s}}{261.6 \text{ Hz}} = 5.707 \text{ m}$$

44. التصوير الفوتوجرافي تحدّد بعض الكاميرات بُعد الجسم عن طريق إرسال موجة صوت وقياس الزمن الذي يحتاج إليه الصدى للعودة إلى الكاميرا، كما يبين الشكل 18-8. ما الزمن الذي تحتاج إليه موجة الصوت حتى تعود إلى الكاميرا إذا كان بعد الجسم عنها يساوي 3.00 m؟



الشكل 18-8 ■

المسافة الكلية التي يجب أن يقطعها الصوت تساوي

$$6.00 \text{ m}$$

$$v = \frac{d}{t}$$

لذا فإن

$$t = \frac{d}{v} = \frac{6.00 \text{ m}}{343 \text{ m/s}} = 0.0175 \text{ s}$$

45. إذا كان الطول الموجي لموجات صوت ترددها $2.40 \times 10^2 \text{ Hz}$ في ماء نقي هو 3.30 m فما سرعة الصوت في هذا الماء؟

$$v = \lambda f = (3.30 \text{ m})(2.40 \times 10^2 \text{ Hz}) = 7.92 \times 10^2 \text{ m/s}$$

46. ينتقل صوت تردده 442 Hz خلال قضيب حديد. أوجد الطول الموجي لموجات الصوت في الحديد.

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{5130 \text{ m/s}}{442 \text{ Hz}} = 11.6 \text{ m}$$

37. تزداد سرعة الصوت بازدياد درجة الحرارة. هل تزداد حدة صوت أنبوب مغلق عند ارتفاع درجة حرارة الهواء أم تقل؟ افترض أن طول الأنبوب لا يتغير.

لذا فإن $v = 4fL$ إذا ازدادت v وبقيت L ثابتة فإن f تزداد، وتزداد حدة الصوت أيضًا.

38. يولد أنبوب مغلق نغمة معينة، فإذا أزيلت السدادة من نهايته المغلقة ليصبح أنبوبًا مفتوحًا فهل تزداد حدة الصوت أم تقل؟ تزداد حدة الصوت؛ حيث يكون التردد أكبر بمقدار الضعف للأنبوب المفتوح مقارنة بالأنبوب المغلق.

إتقان حل المسائل

صفحة 61-59

1-8 خصائص الصوت والكشف عنه

صفحة 60-59

39. إذا سمعت صوت إطلاق قذيفة من مدفع بعيد بعد 5.0 s من رؤيتك للوميض فما بُعد المدفع عنك؟

$$d = vt = (343 \text{ m/s})(5.0 \text{ s}) = 1.7 \text{ km}$$

40. إذا صحت في وادٍ وسمعت الصدى بعد 3.0 s، فما مقدار عرض الوادي؟

المسافة الكلية المقطوعة تساوي

$$d = vt = (343 \text{ m/s})(3.0 \text{ s})$$

أما المسافة بينك وبين الجانب الآخر للوادي فتساوي:

$$\frac{1}{2} (343 \text{ m/s})(3.0 \text{ s}) = 5.1 \times 10^2 \text{ m}$$

41. إذا انتقلت موجة صوت ترددها 4700 Hz في قضيب فولاذي، وكانت المسافة بين التضاعطات المتتالية هي 1.1 m، فما سرعة الموجة؟

$$v = \lambda f = (1.1 \text{ m})(4700 \text{ Hz}) = 5200 \text{ m/s}$$

42. الخفافيش يرسل الخفاش موجات صوتية طولها الموجي 3.5 mm. ما تردد الصوت في الهواء؟

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343 \text{ m/s}}{0.0035 \text{ m}} = 9.8 \times 10^4 \text{ Hz}$$

تابع الفصل 8

51. وقف شخص على بُعد d من جرف صخري، كما يبين الشكل 19-8 فإذا كانت درجة الحرارة 15°C ، وصقّق الشخص بيديه فسمع صدى الصوت بعد 2.0 s ، فما بُعد الجرف الصخري؟



الشكل 19-8 ■

عند درجة حرارة 15°C تكون سرعة الصوت أبطأ بمقدار 3 m/s مقارنة بسرعة الصوت عند درجة حرارة 20°C ؛ لذا فإن سرعة الصوت تصبح 340 m/s عند درجة الحرارة تلك.

$$v = 340\text{ m/s}$$

و

$$2t = 2.0\text{ s}$$

$$d = vt = (340\text{ m/s})(1.0\text{ s}) = 3.4 \times 10^2\text{ m}$$

52. التصوير الطبي تستخدم موجات فوق صوتية بتردد 4.25 MHz للحصول على صور للجسم البشري. فإذا كانت سرعة الصوت في الجسم مماثلة لسرعته في الماء المالح وهي 1.50 km/s ، فما الطول الموجي لموجة ضغط ترددها 4.25 MHz في الجسم؟

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1.50 \times 10^3\text{ m/s}}{4.25 \times 10^6\text{ Hz}}$$

$$= 0.353\text{ mm}$$

47. الطائرة النفاثة يعمل موظف في المطار بالقرب من طائرة نفاثة على وشك الإقلاع، فتأثر بصوت مستواه 150 dB .

a. إذا وضع الموظف أداة حماية للأذن تخفض مستوى الصوت إلى حد صوت النشيد الوطني المدرسي فما مقدار الانخفاض في المستوى؟

إن مستوى صوت النشيد 110 dB ، لذا يتطلب تخفيضاً بمقدار 40 dB .

b. إذا سمع الموظف صوتاً مثل همس لا يكاد يُسمع إلا بصعوبة فما الذي يسمعه شخص لا يضع أداة الحماية على أذنيه؟

إن همس الذي يكاد يكون مسموعاً له مستوى صوت 10 dB ، لذا فإن المستوى الفعلي سيكون 50 dB ، أو مماثلاً لمستوى متوسط صوت طلاب صف دراسي.

48. النشيد تُنشد فرقة نشيد بصوت مستواه 80 dB ما مقدار الزيادة في ضغط الصوت لفرقة أخرى تُنشد بالمستويات التالية؟

a. 100 dB

كل زيادة مقدارها 20 dB تؤدي إلى زيادة في الضغط مقدارها 10 مرات؛ لذا ينتج ضغط أكبر 10 مرات.

b. 120 dB

$$10 \times 10 = 100 \text{ ؛ أي 100 مرة ضغط أكبر}$$

49. يهتز ملف نابضي للعبة بتردد 4.0 Hz بحيث تظهر موجات موقوفة بطول موجي 0.50 m ما سرعة انتشار الموجة؟

$$v = \lambda f = (0.50\text{ m})(4.0\text{ s}^{-1}) = 2.0\text{ m/s}$$

50. يجلس مشجع في مباراة كرة قدم على بُعد 152 m من حارس المرمى في يوم دافئ درجة حرارته 30°C . احسب مقدار: a. سرعة الصوت في الهواء عند درجة حرارة 30°C .

تزداد السرعة بمعدل 0.6 m/s لكل 1°C ، لذا فإنه عند ارتفاع درجة الحرارة من 20°C حتى 30°C ، تكون الزيادة في السرعة 6 m/s . لذا تصبح السرعة تساوي

$$343 + 6 = 349\text{ m/s}$$

b. الزمن الذي يحتاج إليه المشجع لسمع صوت ضرب الكرة بعد مشاهدته لضرب الحارس لها.

$$t = \frac{d}{v} = \frac{152\text{ m}}{349\text{ m/s}} = 0.436\text{ s}$$

تابع الفصل 8

54. تتحرك سيارة إطفاء بسرعة 35 m/s، وتتحرك حافلة أمام سيارة الإطفاء في الاتجاه نفسه بسرعة 15 m/s. فإذا انطلقت صفارة إنذار سيارة الإطفاء بتردد 327 Hz فما التردد الذي يسمعه سائق الحافلة؟

$$v_s = 35 \text{ m/s}, v = 343 \text{ m/s}, v_d = 15 \text{ m/s},$$

$$f_s = 327 \text{ Hz}$$

$$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right) = (327 \text{ Hz}) \left(\frac{343 \text{ m/s} - 15 \text{ m/s}}{343 \text{ m/s} - 35 \text{ m/s}} \right) = 350 \text{ Hz}$$

55. يتحرك قطار في اتجاه مراقب صوت، وعندما كانت سرعته 31 m/s انطلقت صفارته بتردد 305 Hz. ما التردد الذي يستقبله المراقب في كل حالة مما يلي:
a. المراقب ثابت.

$$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right) = \frac{(305 \text{ Hz})(343 \text{ m/s} - 0)}{343 \text{ m/s} - 31.0 \text{ m/s}} = 335 \text{ Hz}$$

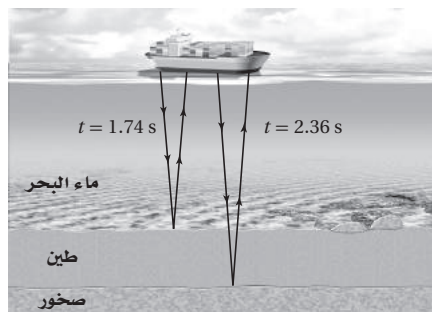
b. المراقب يتحرك في اتجاه القطار بسرعة 21.0 m/s.

$$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right) = \frac{(305 \text{ Hz})(343 \text{ m/s} - (-21.0 \text{ m/s}))}{343 \text{ m/s} - 31.0 \text{ m/s}} = 356 \text{ Hz}$$

56. إذا تحرك القطار في المسألة السابقة مبتعداً عن المراقب فما التردد الذي يستقبله الكاشف في كل حالة مما يلي:
a. المراقب ثابت.

$$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right) = \frac{(305 \text{ Hz})(343 \text{ m/s} - 0)}{343 \text{ m/s} - (-31.0 \text{ m/s})} = 2.80 \times 10^2 \text{ Hz}$$

53. السونار تسمح سفينة قاع المحيط بإرسال موجات سونار مباشرة من السطح إلى أسفل سطح الماء، كما يبين الشكل 8-20. وتستقبل السفينة الانعكاس الأول عن الطين عند القاع بعد زمن مقداره 1.74 s من إرسال الموجات. ويصل الانعكاس الثاني عن الصخور تحت الطين بعد 2.36 s. فإذا كانت درجة حرارة ماء المحيط 25°C، وسرعة الصوت في الطين 1875 m/s، فاحسب ما يلي:



■ الشكل 8-20

a. عمق الماء.

سرعة الصوت في ماء البحر تساوي 1533 m/s، وزمن رحلة الصوت خلال الذهاب أو الإياب فقط يساوي 0.87 s. لذا فإن:

$$d_{\text{الماء}} = vt_{\text{الماء}} = (1533 \text{ m/s})(0.87 \text{ s}) = 1300 \text{ m}$$

b. سمك طبقة الطين.

مقدار زمن رحلة الصوت ذهاباً وإياباً خلال طبقة الطين يساوي

$$2.36 \text{ s} - 1.74 \text{ s} = 0.62 \text{ s}$$

مقدار زمن رحلة الصوت ذهاباً أو إياباً فقط خلال طبقة الطين يساوي 0.31 s، لذا فإن

$$d_{\text{الطين}} = vt_{\text{الطين}} = (1875 \text{ m/s})(0.31 \text{ s}) = 580 \text{ m}$$

تابع الفصل 8

b. المراقب يتحرك مبتعداً عن القطار بسرعة 21.0 m/s.

$$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right)$$

$$= \frac{(305 \text{ Hz})(343 \text{ m/s} - 21.0 \text{ m/s})}{343 \text{ m/s} - (-31.0 \text{ m/s})}$$

$$= 2.63 \times 10^2 \text{ Hz}$$

2-8 الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار

صفحة 61-60

57. أنبوب في وضع رأسي مملوء بالماء وله صنبور عند قاعدته، وتهتز شوكة رنانة فوق طرفه العلوي. فإذا سُمع رنين عند تخفيض مستوى الماء في الأنبوب بمقدار 17 cm، وسُمع رنين مرة أخرى عند تخفيض مستوى الماء عن فوهة الأنبوب بمقدار 49 cm، فما تردد الشوكة الرنانة؟

$$49 \text{ cm} - 17 \text{ cm} = 32 \text{ cm}$$

أو

$$0.32 \text{ m}$$

يوجد $\frac{1}{2}\lambda$ بين نقطتي الرنين

$$\frac{1}{2}\lambda = 0.32 \text{ m}$$

$$\lambda = 0.64 \text{ m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343 \text{ m/s}}{0.64 \text{ m}}$$

$$= 540 \text{ Hz}$$

58. السمع البشري القناة السمعية التي تؤدي إلى طبلة الأذن عبارة عن أنبوب مغلق طوله 3.0 cm. أوجد القيمة التقريبية لأقل تردد رنين. أهمل تصحيح النهاية.

$$L = \frac{\lambda}{4}$$

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

$$f = \frac{v}{4L}$$

$$= \frac{343 \text{ m/s}}{(4)(0.030 \text{ m})}$$

$$= 2.9 \text{ kHz}$$

59. إذا أمسكت قضيب ألومنيوم طوله 1.2 m من منتصفه وضربت أحد طرفيه بمطرقة فسيهتز كأنه أنبوب مفتوح، ويكون هناك بطن ضغط عند مركز القضيب؛ بسبب توافق بطون الضغط لعقد الحركة الجزيئية. فإذا كانت سرعة الصوت في الألومنيوم 5150 m/s، فما أقل تردد اهتزاز للقضيب؟

طول القضيب يساوي $\frac{1}{2}\lambda$ لذا فإن

$$\lambda = 2.4 \text{ m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{5150 \text{ m/s}}{2.4 \text{ m}} = 2.1 \text{ kHz}$$

60. إذا أنتج أنبوب مفتوح نغمة ترددتها 370 Hz فما ترددات الإيقاعات الثاني، والثالث، والرابع المصاحبة لهذا التردد؟

$$f_2 = 2f_1 = (2)(370 \text{ Hz})$$

$$= 740 \text{ Hz}$$

$$f_3 = 3f_1 = (3)(370 \text{ Hz}) = 1110 \text{ Hz}$$

$$= 1100 \text{ Hz}$$

$$f_4 = 4f_1 = (4)(370 \text{ Hz}) = 1480 \text{ Hz}$$

$$= 1500 \text{ Hz}$$

61. إذا أنتج أنبوب مغلق نغمة ترددتها 370 Hz فما تردد أقل ثلاثة إيقاعات يُنتجها هذا الأنبوب؟

$$3f_1 = (3)(370 \text{ Hz}) = 1110 \text{ Hz} = 1100 \text{ Hz}$$

$$5f_1 = (5)(370 \text{ Hz}) = 1850 \text{ Hz} = 1800 \text{ Hz}$$

$$7f_1 = (7)(370 \text{ Hz}) = 2590 \text{ Hz} = 2600 \text{ Hz}$$

62. ضبط وتر طوله 65.0 cm ليتنج أقل تردد، ومقداره 196 Hz. احسب مقدار:

a. سرعة الموجة في الوتر.

$$\lambda_1 = 2L = (2)(0.650 \text{ m})$$

$$= 1.30 \text{ m}$$

$$v = \lambda f = (1.30 \text{ m})(196 \text{ Hz})$$

$$= 255 \text{ m/s}$$

تابع الفصل 8

b. الترددان التاليين لرنين هذا الوتر.

$$f_2 = 2f_1 = (2)(196 \text{ Hz}) = 392 \text{ Hz}$$

$$f_3 = 3f_1 = (3)(196 \text{ Hz}) = 588 \text{ Hz}$$

63. يمثل الشكل 21-8 أنبوباً بلاستيكيًا مموّجًا مرناً طوله 0.85 m.

وعندما يتأرجح ينتج نغمة ترددها يماثل أقل تردد ينتجه أنبوب مفتوح له الطول نفسه. فما تردد النغمة؟



■ الشكل 21-8

$$L = 0.85 \text{ m} = \frac{\lambda}{2},$$

لذا فإن

$$\lambda = 1.7 \text{ m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343 \text{ m/s}}{1.7 \text{ m}} = 2.0 \times 10^2 \text{ Hz}$$

64. إذا تأرجح الأنبوب في المسألة السابقة بسرعة أكبر منتجا نغمة حدتها أعلى، فما التردد الجديد؟

$$f_2 = 2f_1 = (2)(2.0 \times 10^2 \text{ Hz}) = 4.0 \times 10^2 \text{ Hz}$$

65. إذا كانت سعة موجة ضغط خلال محادثة عادية 0.020 Pa،

a. فما القوة المؤثرة في طبلة أذن مساحتها 0.52 cm^2 ؟

$$F = PA$$

$$= (0.020 \text{ N/m}^2)(0.52 \times 10^{-4} \text{ m}^2)$$

$$= 1.0 \times 10^{-6} \text{ N}$$

b. إذا انتقلت القوة نفسها التي في الفرع a كاملة إلى العظام

الثلاثة في الأذن الوسطى، فما مقدار القوة التي تؤثر بها هذه

العظام في الفتحة البيضية؟ أي الغشاء المرتبط مع العظمة

الثالثة؟ علما بأن الفائدة الميكانيكية لهذه العظام 1.5.

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

لذا فإن

$$F_r = (MA)(F_e)$$

$$F_r = (1.5)(1.0 \times 10^{-6} \text{ N}) = 1.5 \times 10^{-6} \text{ N}$$

c. ما مقدار الضغط الإضافي الذي انتقل إلى السائل الموجود

في القوقعة نتيجة تأثير هذه القوة، إذا كانت مساحة الفتحة

البيضية 0.026 cm^2 ؟

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1.5 \times 10^{-6} \text{ N}}{0.026 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 0.58 \text{ Pa}$$

مراجعة عامة

صفحة 61-62

66. أنبوب مفتوح طوله 1.65 m. ما نغمة التردد الأساسي التي

ينتجها في الهيليوم عند درجة حرارة 0°C ؟

طول الأنبوب المفتوح يساوي نصف الطول الموجي للتردد

الأساسي، وعليه، فإن $\lambda = 3.30 \text{ m}$.

إن سرعة الصوت في الهيليوم تساوي 972 m/s، لذا فإن

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{972 \text{ m/s}}{3.30 \text{ m}} = 295 \text{ Hz}$$

67. يطير طائر نحو رائد فضاء على كوكب مكتشف حديثاً

بسرعة 19.5 m/s، ويُعرّد بحدّة مقدارها 954 Hz. فإذا

سمع الرائد النغمة بتردد 985 Hz فما سرعة الصوت في

الغلاف الجوي لهذا الكوكب؟

$$f_d = 985 \text{ Hz}, f_s = 945 \text{ Hz}, v_s = 19.5 \text{ m/s}$$

$$v = ?$$

$$\frac{f_d}{f_s} = \frac{v}{v - v_s} = \frac{1}{1 - \frac{v_s}{v}}$$

لذا فإن

$$\frac{v_s}{v} = 1 - \frac{f_s}{f_d}$$

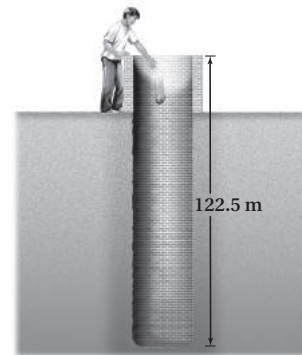
أو

$$v = \frac{v_s}{1 - \frac{f_s}{f_d}} = \frac{19.5 \text{ m/s}}{1 - \left(\frac{945 \text{ Hz}}{985 \text{ Hz}}\right)}$$

$$= 4.80 \times 10^2 \text{ m/s}$$

تابع الفصل 8

68. إذا أُلقيت حجرًا في بئر عمقها 122.5 m كما في الشكل 8-22، فبعد كم ثانية تسمع صوت ارتطام الحجر بقاع البئر؟



الشكل 8-22 ■

احسب أولاً الزمن الذي يحتاج إليه الحجر عند سقوطه ليصل إلى قعر البئر بالمعادلة التالية :

$$d = \frac{1}{2}gt^2$$

لذا فإن

$$t = \sqrt{\frac{d}{\frac{1}{2}g}} = \sqrt{\frac{122.5 \text{ m}}{\left(\frac{1}{2}\right)(9.80 \text{ m/s}^2)}} = 5.00 \text{ s}$$

يحسب الزمن الذي يستغرقه الصوت عند عودته إلى أعلى بالمعادلة التالية :

$$d = v_s t$$

لذا فإن

$$t = \frac{d}{v_s} = \frac{122.5 \text{ m}}{343 \text{ m/s}} = 0.357 \text{ s}$$

الزمن الكلي يساوي

$$5.00 \text{ s} + 0.357 \text{ s} = 5.36 \text{ s}$$

69. تستخدم سفينة موجات السونار بتردد 22.5 kHz. فإذا كانت سرعة الصوت في ماء البحر 1533 m/s فما مقدار التردد الذي يصل السفينة بعد انعكاسه عن حوت يتحرك بسرعة 4.15 m/s مبتعدًا عن السفينة؟ افترض أن السفينة ساكنة.

الجزء الأول: من السفينة حتى الحوت

$$v_d = +4.15 \text{ m/s}, v = 1533 \text{ m/s},$$

$$f_s = 22.5 \text{ kHz}, v_s = 0$$

$$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right) = (22.5 \text{ kHz}) \left(\frac{1533 \text{ m/s} - 4.15 \text{ m/s}}{1533 \text{ m/s}} \right) = 22.4 \text{ kHz}$$

الجزء الثاني: من الحوت حتى السفينة

$$v_s = -4.15 \text{ m/s}, v = 1533 \text{ m/s},$$

$$f_s = 22.4 \text{ kHz}, v_d = 0$$

$$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right) = (22.4 \text{ kHz}) \left(\frac{1533 \text{ m/s}}{1533 \text{ m/s} + 4.15 \text{ m/s}} \right) = 22.3 \text{ kHz}$$

70. يتحرك قطار نحو نفق بسرعة 37.5 m/s، ويصدر صوتًا بتردد 327 Hz، فيرتد الصوت من فتحة النفق. ما تردد الصوت المنعكس الذي يُسمع في القطار، علمًا بأن سرعة الصوت في الهواء كانت 343 m/s؟ تلميح: حل المسألة في جزأين، افترض في الجزء الأول أن النفق مراقب ثابت، واحسب التردد. ثم افترض في الجزء الثاني أن النفق مصدر ثابت، واحسب التردد المقيس في القطار.

الجزء الأول:

$$v_s = +37.5 \text{ m/s}, v = 343 \text{ m/s},$$

$$f_s = 327 \text{ Hz}$$

$$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right) = (327 \text{ Hz}) \left(\frac{343 \text{ m/s}}{343 \text{ m/s} - 37.5 \text{ m/s}} \right) = 367 \text{ Hz}$$

تابع الفصل 8

الجزء الثاني:

$$v_d = -37.5 \text{ m/s}, v = 343 \text{ m/s},$$

$$f_s = 367 \text{ Hz}$$

$$f_d = f_s \left(\frac{v - v_d}{v - v_s} \right) = (367 \text{ Hz}) \left(\frac{343 \text{ m/s} - (-37.5 \text{ m/s})}{343 \text{ m/s}} \right) = 407 \text{ Hz}$$

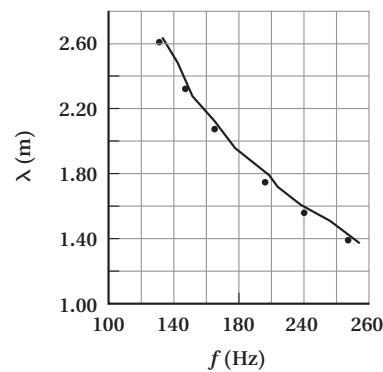
التفكير الناقد

صفحة 62

71. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها يبين الجدول 8-2 الأطوال الموجية لموجات صوتية ناتجة عن مجموعة من الشوكات الرنانة عند ترددات معينة.

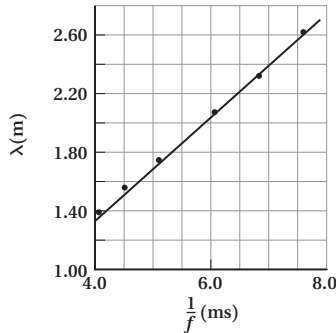
الجدول 8-2	
الشوكات الرنانة	
الطول الموجي (m)	التردد (Hz)
2.62	131
2.33	147
2.08	165
1.75	196
1.56	220
1.39	247

a. مثل بيانياً العلاقة بين الطول الموجي والتردد (المتغير المضبوط). ما نوع العلاقة التي يبينها الرسم البياني؟
يبين الرسم البياني وجود علاقة عكسية بين التردد والطول الموجي.



b. مثل بيانياً العلاقة بين الطول الموجي ومقلوب التردد ($\frac{1}{f}$). ما نوع العلاقة التي يبينها الرسم البياني؟ حدد سرعة الصوت من الرسم البياني.

يبين الرسم البياني وجود علاقة طردية بين الزمن الدوري ($\frac{1}{f}$) والطول الموجي. ويمكن حساب سرعة الصوت من خلال حساب ميل الخط الموضح في الرسم البياني، والذي يساوي تقريباً 343 m/s.



72. إعداد الرسوم البيانية افترض أن تردد بوق سيارة يساوي 300 Hz عندما كانت السيارة ثابتة، فكيف يكون الرسم البياني للعلاقة بين التردد والزمن عندما تقترب السيارة منك ثم تتحرك مبتعدة عنك؟ صمّم مخططاً تقريبياً للمسألة.
يجب أن يوضح الرسم البياني تردداً ثابتاً نوعاً ما أعلى من 300 Hz عندما تقترب السيارة، ويوضح تردداً ثابتاً نوعاً ما أقل من 300 Hz عندما تبتعد.

73. حلّ واستنتج صف كيف تستخدم ساعة إيقاف لتقدير سرعة الصوت إذا كنت على بعد 200 m من حفرة ملعب جولف، وكان مجموعة من اللاعبين يضربون كراتهم. هل يكون تقديرك لسرعة الصوت كبيراً جداً أم صغيراً جداً؟

تبدأ تشغيل الساعة لقياس الزمن لحظة رؤيتك اللاعب يضرب الكرة، وتوقفها لحظة سماعك صوت الضربة. ويمكن حساب السرعة من خلال قسمة المسافة 200 m على الزمن المقيس. سيكون الزمن المقيس كبيراً؛ وذلك لأنك تستطيع تحديد لحظة ضرب الكرة بالنظر بدقة، ولكنك لا تستطيع تحديد لحظة وصول الصوت بدقة، ومن ثم تكون السرعة المحسوبة قليلة جداً.

تابع الفصل 8

يساوي الطول الموجي الأساسي في الأنبوب المغلق $4L$ ، لذا فإن التردد $f = \frac{v}{4L}$. والطول الموجي الأساسي في الوتر يساوي $2L$ ، لذا فإن تردد الوتر $f = \frac{u}{2L}$ ، حيث u هي سرعة الموجة في الوتر

$$u = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$$

والكتلة لكل وحدة طول للوتر هي $\mu = m/L$ ، وبترتيب التردد وترتيبهما بعلاقة مساواة ينتج

$$\begin{aligned} \frac{v^2}{16L^2} &= \frac{u^2}{4L^2} \\ &= \frac{F_T}{4L^2\mu} \\ &= \frac{F_T L}{4L^2 m} \\ &= \frac{F_T}{4Lm} \end{aligned}$$

أخيراً، بإعادة الترتيب بالنسبة إلى قوة الشد ينتج

$$F_T = \frac{mv^2}{4L}$$

2. ما مقدار قوة الشد في وتر كتلته 1.0 g وطوله 40.0 cm يهتز

بالتردد نفسه لأنبوب مغلق له الطول نفسه؟

بالنسبة إلى وتر كتلته 1.0 g وطوله 0.40 m ، فإن قوة الشد تساوي

$$F_T = \frac{mv^2}{4L} = \frac{(0.0010 \text{ kg})(343 \text{ m/s})^2}{4(0.400 \text{ m})} = 74 \text{ N}$$

74. تطبيق المفاهيم وجد أن تردد موجة ضوء قادمة من نقطة على الحافة اليسرى للشمس أكبر قليلاً من تردد الضوء القادم من الجهة اليمنى. علام يدل هذا بالنسبة لحركة الشمس اعتماداً على هذا القياس؟

يجب أن تدور الشمس حول محورها بنفس نمط دوران الأرض. ويشير انزياح دوبلر إلى أن الجانب الأيسر من الشمس يقترب نحونا، في حين يبتعد الجانب الأيمن عنا.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 62

75. ابحث في استخدام تأثير دوبلر في دراسة الفلك. ما دوره في نظرية الانفجار الكبير؟ وكيف يستخدم في الكشف عن الكواكب حول النجوم، ودراسة حركة المجرات؟

يجب أن يناقش الطلاب عمل إدوين هابل، والانزياح نحو الأحمر، وتمدد الكون، والتحليل الطيفي، واكتشاف التذبذبات في حركة أنظمة الكوكب-النجم.

مراجعة تراكمية

صفحة 62

76. ما سرعة الموجات المتولدة في وتر طوله 60.0 cm ، إذا نُقر في منطقة الوسط فأنتج نغمة ترددها 440 Hz ؟ (الفصل 7)

$$\lambda = 2L = 2(0.600 \text{ m}) = 1.20 \text{ m}$$

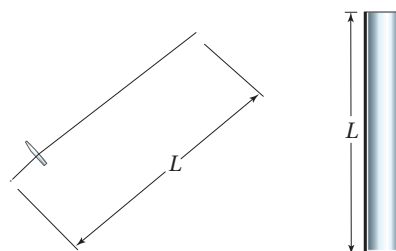
$$v = \lambda f = (1.20 \text{ m})(440 \text{ Hz}) = 530 \text{ m/s}$$

مسألة تحفيز

صفحة 52

1. حدّد قوة الشد، F_T ، في وتر كتلته m وطوله L ، عندما يهتز بالتردد الأساسي، والذي يساوي التردد نفسه لأنبوب مغلق طوله L . عبّر عن إجابتك بدلالة m و L وسرعة الصوت في الهواء v . استخدم معادلة سرعة الموجة في

الكتلة $\mu = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$ ، حيث تمثل F_T قوة الشد في الوتر، و μ الكتلة لكل وحدة طول من الوتر.



مخطط الفصل

الفصل 9

الأهداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
9-1 الاستضاءة	
1. تطوّر نموذج الشعاع الضوئي. 2. تتوقع تأثير البعد في الاستضاءة. 3. تحلّ مسائل تتضمن سرعة الضوء.	تجارب الطالب تجربة استهلاكية مصباح يدوي، ومراة مستوية، وبطاقة فهرسة، ودبوس تثبيت، وصلصال. عرض المعلم عرض سريع مصدر ضوء ليزر، ومساحتا سبورة. عرض سريع مصباح يدوي صغير.
9-2 الطبيعة الموجية للضوء	
4. تصف كيف يثبت الحيود عملياً أن الضوء عبارة عن موجات. 5. تتوقع تأثير ألوان الضوء المتراكبة والأصباغ الممزوجة. 6. توضّح ظاهرتي الاستقطاب وتأثير دوبلر.	تجارب الطالب تجربة منشور زجاجي، مصباح كهربائي مزود بمفتاح تحكم في الشدة الضوئية. تجربة إضافية مصدر ضوئي يُصدر شعاعاً ضوئياً ضيقاً، ولوح زجاجي، ومرشّح استقطاب. مختبر الفيزياء لوحاً مرشّح استقطاب، ومصدر ضوء ساطع، ومصدر ضوء فلورسنتي، وقطع من الورق الأبيض والأسود، وآلة حاسبة مزودة بشاشة مصنوعة من البلورات السائلة، ومنقلة بلاستيكية شفافة، ومراة. عرض المعلم عرض سريع شاشة بيضاء، وثلاثة مصادر ضوئية أساسية (أحمر، وأزرق، وأخضر).

طرائق تدريس متنوعة

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

التقنية	شرائح ومصادر قابلة للنسخ
تتضمن أعمال المعلم: نسخة المعلم التفاعلية، تخطيط الدرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.	
	الملف الخاص بمصادر الفصول 12-7، الفصل 9. ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 72 تقويم الفصل، ص 96 اختبار قصير 1-9، ص 83 شريحة التدريس 1-9 ص 88 ربط الرياضيات مع الفيزياء
مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: Obeikaneducation.com	تقويم الفصل، ص 96 اختبار قصير 2-9، ص 84 التعزيز ص 85 الإثراء ص 86 شريحة التدريس 2-9 ص 90 شريحة التدريس 3-9 ص 92 شريحة التدريس 4-9 ص 94 ربط الرياضيات مع الفيزياء دليل التجارب العملية 1-9 ص 79

مصادر التقويم

التقنية
الموقع الإلكتروني

Obeikaneducation.com

الملف الخاص بمصادر الفصول 12-7، الفصل 9

تقويم الفصل 9 ص 96

اختبارات الفيزياء التحضيرية

أساسيات الضوء

نظرة عامة إلى الفصل

يقدم هذا الفصل الخصائص الأساسية للضوء، ويفسرها بوساطة نموذجين مختلفين: نموذج الشعاع الضوئي، والنموذج الموجي. يصف البند الأول في هذا الفصل نموذج الشعاع الضوئي والاستضاءة وفق قانون التريبع العكسي، كما يصف تجارب تحديد سرعة الضوء. واستخدمت الموجة في البند الثاني لتوضيح الحيود، والألوان، والاستقطاب، وتأثير دوبلر.

فكر

تمتص الأصباغ في قماش المنطاد ألواناً محددة من ألوان الضوء الأبيض وتعكس الألوان المشابهة للونها. وينتج لونا الشمس والسماء بسبب الجسيمات الموجودة في الهواء؛ حيث تعمل هذه الجسيمات على تشتيت ترددات معينة للضوء أكثر من الأخرى. وترتبط هذه الألوان بالطبيعة الموجية للضوء.

المفردات الرئيسية

- نموذج الشعاع الضوئي
- المصدر المضيء
- المصدر المستضيء (المُضاء)
- الوسط غير الشفاف (المعتم)
- الوسط الشفاف
- الوسط شبه الشفاف
- التدفق الضوئي
- الاستضاءة
- الحيود
- اللون الأساسي
- اللون الثانوي
- اللون المتمم
- الصبغة الأساسية
- الصبغة الثانوية
- الاستقطاب
- قانون مالوس

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- تعرّف مصادر الضوء، وكيف ينير الضوء العالم من حولنا.
- وصف الطبيعة الموجية للضوء، وبعض الظواهر التي تتعلق به.

الأهمية

يُعدّ الضوء أساس حياتنا، وإنارة لكوكبنا، والمصدر الرئيس الذي يزودنا بالمعلومات المتعلقة بسلوك الكون. وتُستخدم مجموعة من المعلومات كاللون، والحيود، والظل باستمرار في تفسير الأحداث التي تحصل من حولنا. سباق المناطيد يمكن التمييز بين المناطيد المشاركة في السباق هبازاً من خلال ألوانها، كما يمكن تمييز المناطيد من خلال الخلفيات التي تظهر في أثناء حركتها؛ بسبب الفروق بين لون الأعشاب والسماء.

فكر

لأم تعود هذه الفروق في اللون؟ وكيف ترتبط هذه الألوان بعضها ببعض؟

القيادات عبر المواقع الإلكترونية
www.obeikaneducation.com

تجربة استهلاكية

الهدف ملاحظة مسارات الأشعة الضوئية في الهواء.

المواد والأدوات مصباح يدوي، ومرآة مستوية، وبطاقة فهرسة، ودبوس تثبيت، وصلصال.

استراتيجيات التدريس رتب الطلاب بطريقة تمكنهم جميعاً من مشاهدة شعاع الضوء المنعكس قبل تعميم الغرفة.

النتائج المتوقعة تظهر نقطة ضوء خلف البطاقة.

التحليل الصورة التي تظهر على البطاقة عبارة عن نقطة ضوئية لها حجم الثقب نفسه تقريباً. ويبدو الضوء منتقلاً في خطوط مستقيمة وينحرف إذا انعكس عن شيء ما. **التفكير الناقد** شعاع الضوء غير مرئي في الهواء؛ لأنه لا يوجد غبار كاف في الهواء ليعكس الضوء نحو عينيك. وسيكون الشعاع الضوئي مرئياً في الهواء إذا كان هناك كمية كافية من الغبار فيه.

9-1 الاستضاءة

1. التركيز

نشاط

الاستضاءة ارفع كتلتين من شمع البارافين (سُمك كل منها 1 cm تقريباً)، وأمسكهما أفقيًا، على أن تكون إحداهما فوق الأخرى، ثم اسأل الطلاب ماذا يشاهدون؟ **تظهر الكتلة التي في الأسفل قائمة اللون أكثر من تلك التي في الأعلى.** اقلب الكتلتين، واسأل الطلاب ماذا يشاهدون؟ **تظهر الكتلة التي في الأسفل قائمة اللون أكثر.** كرّر هذه الخطوة مرات عدة. **تظهر الكتلة التي في الأسفل دائمًا قائمة اللون.** ثم اطلب إليهم تفسير ما شاهدوه. **يسقط القليل من الضوء على الكتلة السفلية؛ لأن الكتلة العلوية تعكس وتمتص جزءًا من الضوء الساقط فتقل كمية الضوء التي تصل للكتلة السفلية.**

2م بصري - مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

علاقة التربيع العكسي درس الطلاب قانون التربيع العكسي ضمن سياق قانون الجذب العام، وسيتعلمون في هذا الفصل كيفية تطبيق قانون التربيع العكسي في الاستضاءة الناتجة عن مصدر ضوئي نقطي.

الأهداف

- تطور نموذج الشعاع الضوئي.
- تتوقع تأثير البعد في الاستضاءة.
- تحل مسائل تتضمن سرعة الضوء.

المفردات

نموذج الشعاع الضوئي	الوسط الشفاف
المصدر المضيء	الوسط شبه الشفاف
المصدر المستضيء (المُضاء)	التدفق الضوئي
الوسط غير الشفاف (المعتم)	الاستضاءة

الضوء والصوت وسيلتان نحصل عن طريقهما على المعلومات. والضوء وسيلة توفر أكبر مجموعة متنوعة من المعلومات، حيث تستطيع العين البشرية تحسّس التغيرات البسيطة جدًا في حجم الجسم وموقعه وسطوعه، إضافة إلى لونه، كما تميز أعيننا في العادة بين الظلال والأجسام الصلبة، وتستطيع أحيانًا التمييز بين انعكاسات الأجسام والأجسام نفسها. وستتعلم في هذا الفصل من أين يأتي الضوء؟ وكيف يضيء الكون من حولنا؟

يسير الضوء في خطوط مستقيمة، فكيف تثبت ذلك؟ عندما تدخل حزمة ضوئية ضيقة - مثل ضوء المصباح الكهربائي أو ضوء الشمس - عبر النافذة فإن دقائق الغبار المنتشرة في الهواء تجعل الضوء مرئيًا، وترى مسار الضوء على شكل خط مستقيم. وعندما يعترض جسمك ضوء الشمس ترى هيئة جسمك في صورة ظل. وعندما تضع جسمًا أمام عينيك وتتحرك في اتجاهه فإنك تسير في مسار مستقيم. هذه الأشياء تحدث فقط لأن الضوء ينتقل في خطوط مستقيمة. وقد طوّرت نماذج تصف سلوك الضوء؛ اعتمادًا على هذه المعلومة المتعلقة بكيفية انتقال الضوء.



تجربة استهلاكية

كيف يمكنك تحديد مسار الضوء في الهواء؟

سؤال التجربة ما المسار الذي يسلكه الضوء خلال انتقاله في الهواء؟

الخطوات

1. اثنق بطاقة فهرسة بالمثقب عند مركزها.
2. استخدم مشبكين في تثبيت البطاقة رأسيًا، بحيث تكون حافتها الطويلة على سطح الطاولة.
3. أشعل المصباح ودع زميلك يحمله، مراعيًا مرور أشعة المصباح الضوئي من خلال الثقب الموجود في البطاقة. تحذير: يسخن المصباح بمرور الوقت.
4. احمل مرآة في الجانب المقابل للبطاقة، بحيث يصطدم الضوء المار من خلال الثقب بالمرآة، ثم عتّم الغرفة.
5. حرّك المرآة وأملها بحيث تعكس الشعاع الضوئي وتسقطه على البطاقة. تحذير: احذر من عكس الشعاع الضوئي في اتجاه عيون زملائك في المختبر.
6. سجّل ملاحظاتك

التحليل

صِف صورة الشعاع الضوئي المنعكس التي تشاهدها على بطاقة الفهرسة، والمسار الذي سلكه الشعاع الضوئي.

التفكير الناقد هل يمكنك رؤية الشعاع الضوئي في الهواء؟ لماذا؟



9-1 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 7-12

تقويم الفصل 9، ص 96

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 72

اختبار قصير 2-9، ص 84

شريحة التدريس 2-9 ص 90

شريحة التدريس 3-9 ص 92

شريحة التدريس 4-9 ص 94

ربط الرياضيات مع الفيزياء

المناقشة

سؤال كيف ترى جسمًا ما؟

الإجابة يجب أن يكون هناك مصدرًا ضوئيًا،

حيث ينتقل هذا الضوء إلى الجسم فينعكس عنه

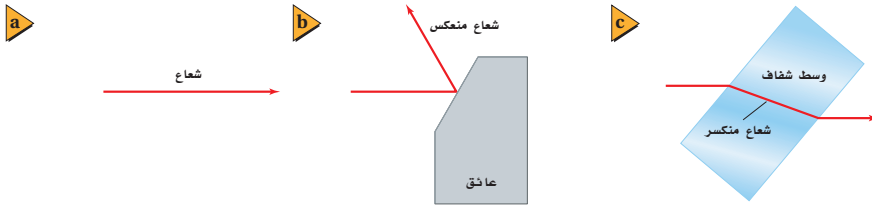
أو يمر من خلاله، فيصل إلى عينك فتراه. 2م

■ استخدام الشكل 1-9

اطلب إلى الطلاب التفكير فيما يحدث عندما يمدون أيديهم ليلتقطوا شيئًا من الماء، كحجر في قاع بركة صافية أو في قاع نهر، أو النظر إلى الزخرفة الموجودة في حوض سمك؛ حيث لا يكون الجسم دائمًا في المكان الذي نظن أنه موجود فيه. وفي أغلب الأحيان، عند النظر باتجاه غير عمودي، يجب أن تجري تعديلات حتى نعرف بالضبط كيفية الوصول إليه. فعندما تشاهد جسمًا صلبًا في الماء فإن الأشعة الضوئية القادمة من الجسم يجب أن تعبر سطح الماء. وعندما تصل هذه الأشعة إلى الحد الفاصل بين الماء والهواء فإن اتجاه انتشارها ينحرف عن مساره الأصلي؛ وهذا يعني أن الضوء ينكسر. لذا فسوف تشاهد الجسم في موقع ظاهري اعتمادًا على الضوء المنكسر الذي يصل إلى عينك، لا في موقعه الحقيقي. 1م

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

المصادر المضيئة اعتقد فلاسفة الإغريق القدماء أن أعيننا هي مصادر الأشعة الضوئية التي تمكّنتنا من الرؤية. اطلب إلى الطلاب أن يفكروا في المشاهدات والاستدلالات التي تتناقض مع هذه النظرية. قد تتضمن الأمثلة أنه لا يمكننا الرؤية في غرفة معتمّة، وعندما ننظر إلى ضوء ساطع فإنه سيؤذي أعيننا. ومن خلال هذه الأمثلة يجب أن يستنتج الطلاب أننا نرى هذه الأشياء لأن الضوء ينبعث من مصدر، كالمصباح الكهربائي مثلاً. 2م

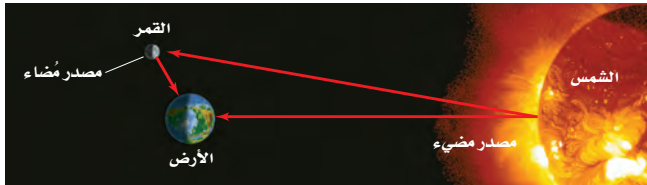


نموذج الشعاع الضوئي Ray Model of Light

اعتقد العالم إسحق نيوتن - الذي درست قوانينه في الحركة سابقًا - أن الضوء سيل من جسيمات متناهية في الصغر لا يمكن تحيّلها، تتحرك بسرعة كبيرة جدًا، أطلق عليها اسم جسيمات أو كريات ضوئية corpuscles. ولم يستطع نموذج نيوتن تفسير خصائص الضوء جميعها؛ إذ بيّنت التجارب أن الضوء يسلك أيضًا سلوك الموجات. وفي نموذج الشعاع الضوئي يُمثّل الضوء على شكل شعاع ينتقل في خط مستقيم ويتغير اتجاهه فقط إذا عترض مساره حاجز، كما يتضح من الشكل 1-9. لقد قدّم نموذج الشعاع الضوئي بوصفه طريقة لدراسة كيفية تفاعل الضوء مع المادة، بغض النظر عما إذا كان الضوء جسيمًا أو موجة. وتسمى دراسة الضوء بهذه الطريقة البصريات أو البصريات الهندسية.

مصادر الضوء تبعث أشعة الضوء من مصادرها، وتُعد الشمس المصدر الرئيس للضوء. وهناك مصادر طبيعية أخرى للضوء، منها اللمب والشرر، وبعض أنواع الحشرات مثل اليراع. وتمكّن الإنسان خلال المئة سنة الماضية من إيجاد أنواع أخرى من مصادر الضوء، منها المصابيح المتوهّجة، والفلورسنتية، وأشعة الليزر، والصمامات الثنائية الباعثة للضوء، وجميعها ناتجة عن استخدام الإنسان للكهرباء لينتج الضوء.

ما الفرق بين ضوء الشمس وضوء القمر؟ ضوء الشمس أكثر سطوعًا من الضوء الذي يصلنا من القمر، وهناك فرق آخر أساسي ومهم بينهما، وهو أن الشمس مصدر مضيء؛ أي أنها جسم يبعث ضوءًا من ذاته، أمّا القمر فيُعدّ مصدرًا مستضيئًا (مُضاء)؛ أي أنه جسم يصبح مرئيًا نتيجة انعكاس الضوء عنه، كما يتضح من الشكل 2-9. فالمصابيح المتوهّجة - ومنها المصابيح الكهربائية الشائعة الاستخدام - مضيئة؛ لأن الطاقة الكهربائية تُسخّن سلك التنجستن الرفيع الموجود في المصباح، مما يؤدي إلى توهّجه. وتبعث المصابيح المتوهّجة الضوء نتيجة درجة حرارتها العالية. ويعمل العاكس المثبت على الدراجة الهوائية عمل مصدر مستضيء؛ حيث صُمّم ليصبح مرئيًا بشدة عندما يُضاء بواسطة أضواء السيارة الأمامية.



■ الشكل 1-9 الشعاع الضوئي عبارة عن خط مستقيم يمثّل المسار الخطي لحزمة ضيقة من الضوء (a). ويمكن أن يغيّر الشعاع الضوئي اتجاهه إذا انعكس (b) أو انكسر (c).

دلالة الألوان
الأشعة الضوئية باللون الأحمر.

■ الشكل 2-9 تعمل الشمس عمل مصدر مضيء للأرض والقمر، ويعمل القمر عمل مصدر مُضاء يضيء الأرض. (الرسم التوضيحي ليس بمقياس رسم)

عرض سريع

الرؤية

الزمن المقدّر 5 دقائق

المواد والأدوات مصدر ضوء ليزر، ومساحتا سبورة.

الخطوات وجّه ضوء الليزر بصورة موازية للسبورة في اتجاه الجدار، ثم اطلب إلى الطلاب أن يصفوا ما يشاهدونه. يرى الطلاب بقعة ضوء على الجدار من مصدر الليزر، ولن يشاهدوا حزمة ضوء الليزر

التي انتشرت من مصدر الليزر في اتجاه الجدار. الآن اضرب المساحتين إحداها بالأخرى فوق مسار حزمة ضوء الليزر. واسأل الطلاب ماذا يشاهدون؟ يشاهد الطلاب حزمة ضوء الليزر؛ لأن ضوء الليزر ينعكس عن غبار الطباشير. ماذا يستنتجون من هذه الملاحظات؟ أنه يجب أن ينعكس الضوء عن سطح ما في اتجاه العين حتى نتمكن من مشاهدته.

استخدام التشابه

قانون التبريع العكسي لمساعدة الطلاب على فهم كيفية اعتماد الاستضاءة على البعد عن المصدر، اعمل مقارنة مع قانون الجذب العام. حيث ينص هذا القانون على أنه كلما زادت المسافة بين الجسمين تقل قوة الجذب الكتلية المتبادلة بينهما. وبطريقة ماثلة كلما زادت المسافة بين الجسم المستضيء (المضاء) ومصدر الضوء تقل الاستضاءة على الجسم.

تعزيز الفهم

الوسط المعتم، والوسط شبه الشفاف، والوسط الشفاف اطلب إلى الطلاب إعداد قائمة بمواد مختلفة، وأن يصنفوا هذه المواد إلى أوساط غير شفافة، أو أوساط شفافة، أو أوساط شبه شفافة. ثم ناقش الطلاب فيما يحدث عندما يصل الضوء إلى كل نوع من هذه المواد. **ينفذ الضوء من الأوساط الشفافة؛ لذلك يمكن رؤية الأجسام بوضوح عند مروره من خلالها، أما الأوساط شبه الشفافة فتُشتت (تُفرّق) جزءاً من الضوء وينفذ جزء آخر من خلالها، ويُمتص جزء ثالث؛ لذلك لا يمكن رؤية الأجسام بوضوح من خلالها وتُرى نتيجة لانعكاس الضوء عنها، بينما لا تمرّ الأوساط غير الشفافة الضوء من خلالها، وتُرى بانعكاس الضوء عنها أيضاً.** ناقش أيضاً الطرائق التي تُستخدم فيها الأوساط المختلفة الشفافية. على سبيل المثال يستخدم الزجاج الشفاف في ثلاجات العرض في المطاعم، وتستخدم الحواجز المعتمة في غرف تبديل الملابس، وتستخدم المواد شبه الشفافة لعمل ظلال للنوافذ.

2٢ بصري-مكاني



الشكل 3-9 يسمح الزجاج الشفاف للأجسام أن تُرى من خلاله (a). ويسمح غطاء المصباح شبه الشفاف للضوء بالمرور من خلاله، على الرغم من أن المصباح (مصدر الضوء) نفسه غير مرئي (b). والقماش البلاستيكي غير الشفاف (المعتم) الذي يغطي المصباح يُحوّل دون رؤيته (c).

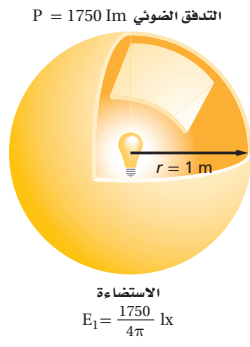
تكون المصادر المستضيئة مرئية بالنسبة لك؛ لأن الضوء ينعكس عن الجسم أو ينفذ من خلاله ليصل إلى عينيك. ويُسمى الوسط الذي لا يمر الضوء من خلاله ويعكس بعض الضوء وسطاً غير شفاف (أي معتماً)، في حين يُسمى الوسط الذي يمر الضوء من خلاله مثل الهواء والزجاج وسطاً شفافاً. أما الوسط الذي يمر الضوء من خلاله ولا يسمح للأجسام أن تُرى بوضوح فيُسمى وسطاً شبه شفاف، فمظلة المصباح مثال على الأجسام المصنوعة من أوساط شبه شفافة. ويبين الشكل 3-9 أنواع الأوساط الثلاثة. إن الأوساط الشفافة أو شبه الشفافة لا تمرّ الضوء فقط، بل يمكنها أن تعكس جزءاً منه أيضاً؛ فمثلاً تستطيع رؤية صورة جسمك على نافذة الزجاج أحياناً.

كمية الضوء إن معدل انبعاث طاقة الضوء من المصدر المضيء يُسمى التدفق الضوئي P، ويُقاس التدفق الضوئي بوحدة لومن (lm)، فالمصباح الكهربائي المتوهج الذي قدرته 100 W يصدر 1750 lm تقريباً. وتستطيع أن تفكر في التدفق الضوئي بوصفه مقياساً لمعدل انبعاث الأشعة الضوئية من المصدر المضيء. تخيل أنك وضعت مصباحاً كهربائياً في مركز كرة نصف قطرها 1 m، كما في الشكل 4-9، سيبعث المصباح الضوء في الاتجاهات جميعها تقريباً؛ أي أن تدفقاً ضوئياً بمقدار 1750 lm يصف الضوء جميعه الذي يصطدم بالسطح الداخلي للكرة خلال وحدة الزمن. وحتى لو كان نصف قطر الكرة 2 m فإن التدفق الضوئي للمصباح الكهربائي على هذه الكرة سيساوي التدفق الضوئي نفسه على الكرة التي نصف قطرها 1 m؛ وذلك لأن العدد الكلي للأشعة الضوئية الصادرة عن المصباح لا يتغير.

وبمعرفة كمية الضوء المنبعثة من المصدر المضيء يمكنك تحديد مقدار الإضاءة التي يزودها المصدر المضيء لجسم، كالكتاب مثلاً. إن إضاءة سطح، أو بمعنى آخر معدل اصطدام الضوء بوحدة المساحات للسطح يُسمى الاستضاءة E. ويمكنك أن تفكر في هذا الأمر بوصفه مقياساً لعدد الأشعة الضوئية التي تصطدم بسطح ما. ويُقاس الاستضاءة بوحدة اللوكس lx التي تساوي لومن لكل متر مربع، lm/m^2 .

ما مقدار استضاءة السطح الداخلي للكرة، مستعيناً بالتركيب الموضح في الشكل 4-9؟ تُحسب المساحة السطحية للكرة من خلال المعادلة $4\pi r^2$ ، لذا تكون المساحة السطحية لهذه الكرة $4\pi (1.00 \text{ m})^2 = 4\pi \text{ m}^2$. والتدفق الضوئي الذي يصطدم بكل متر مربع من الكرة يساوي $1750 \text{ lm} / (4\pi \text{ m}^2) = 139 \text{ lx}$ ؛ أي يسقط على بعد 1.00 m من المصباح 139 lm على كل متر مربع، لذا تكون استضاءة السطح الداخلي للكرة 139 lx.

الشكل 4-9 التدفق الضوئي يساوي معدل انبعاث الضوء من المصدر المضيء. في حين تساوي الاستضاءة معدل سقوط الضوء على السطح.



مهن في الحياة اليومية

معلومة للمعلم

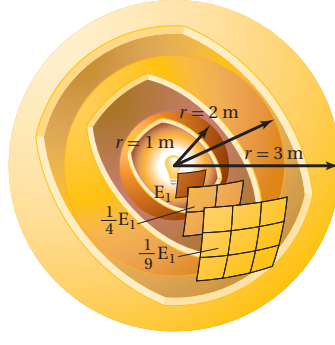
المصورون الفوتوجرافيون عندما يستخدم المصور الفوتوجرافي الوميض لإضاءة الجسم المراد تصويره يجب أن يأخذ بعين الاعتبار المسافة بين مصدر الوميض والجسم المراد تصويره؛ وذلك للحصول على إضاءة مناسبة للجسم. فإذا تضاعفت المسافة بين مصدر الوميض والجسم فإن الاستضاءة ستقل بمقدار أربعة أضعاف، وللتعويض عن نقصان الاستضاءة يزيد المصور مساحة فتحة آلة التصوير؛ وهي الفتحة التي يدخل من خلالها الضوء إلى آلة التصوير. فإذا ابتعد المصور عن الجسم المراد تصويره ضعف المسافة التي كانت بينه وبين الجسم، عندئذٍ يجب مضاعفة قطر فتحة آلة التصوير. وبمضاعفة قطر الفتحة مرة تتضاعف مساحتها أربع مرات، ومن ثم تتضاعف كمية الضوء الداخله إلى آلة التصوير أربع مرات أيضاً.

تطوير المفهوم

التدفق الضوئي وشدة الإضاءة اسأل الطلاب: ما المصدر الضوئي الأكثر فاعليّة: مصباح كهربائي 1000 lm أم مصباح كهربائي 100 cd؟ بتحويل cd إلى lm أو lm إلى cd، تجد أن المصباح الكهربائي 100 cd يُصدر ضوءاً أكثر. 2م

التفكير الناقد

علاقة التوزيع العكسي اعرض على الطلاب السيناريو الآتي: افترضوا أنكم تخيمون في الصحراء، ويوجد في المخيم مجموعة من المصابيح الكهربائية تُمكنكم من تحديد طريق العودة إلى المخيم في أثناء الليل؛ وذلك بالسير في اتجاه هذه المصابيح. ما المعلومات التي تحتاجون إلى معرفتها حتى تحسب كم يجب أن يبعد الشخص عن المخيم بحيث يبقى قادراً على رؤية ضوء المصابيح؟ إذا لم يكن هناك ضوء من القمر أو النجوم فعليكم معرفة الاستضاءة التي تستطيع العين البشرية تحسّسها، ومعرفة التدفق الضوئي للمصابيح الكهربائية. أما إذا كان هناك ضوء من القمر أو النجوم فعليكم أيضاً - إضافة لما سبق - معرفة الفروقات بين الاستضاءة التي تستطيع العين البشرية تحسّسها والاستضاءة التي مصدرها البيئة المحيطة. 2م منطقي- رياضي



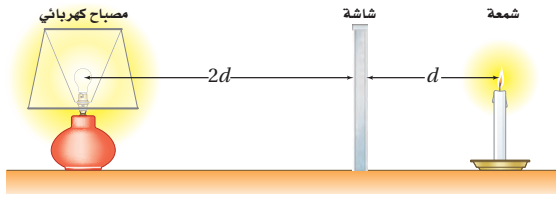
الشكل 5-9 تتغير الاستضاءة E الناتجة عن مصدر ضوء نقطي عكسياً مع مربع البعد عنه.

علاقة التوزيع العكسي ماذا يحدث إذا أصبحت الكرة المحيطة بالمصباح الكهربائي أكبر؟ إذا كان نصف قطر الكرة 2.00 m سيبقى التدفق الضوئي الكلي 1750 lm، في حين تصبح مساحة سطح الكرة $4\pi (2.00 \text{ m})^2 = 16.0\pi \text{ m}^2$ أي أكبر أربع مرات من مساحة سطح كرة نصف قطرها 1.00 m، كما يتضح من الشكل 5-9. وتكون الاستضاءة داخل الكرة التي نصف قطرها 2.00 m مساوية $1750 \text{ lm} / (16.0\pi \text{ m}^2) = 34.8 \text{ lx}$ لذا يسقط على كل متر مربع.

إن الاستضاءة على السطح الداخلي للكرة التي نصف قطرها 2.00 m تساوي ربع الاستضاءة على السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 1.00 m، وبالطريقة نفسها تجد أن الاستضاءة على السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 3.00 m تساوي $(1/3)^2$ ، أو $1/9$ ، من الاستضاءة على السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 1.00 m. ويوضح الشكل 5-9 أن الاستضاءة الناتجة بفعل مصدر ضوء نقطي تتناسب طردياً مع $1/r^2$ ، وتُسمى علاقة التوزيع العكسي؛ أي أنه عندما تنتشر أشعة الضوء من مصدر نقطي في خطوط مستقيمة وفي الاتجاهات جميعها فإن عدد أشعة الضوء المتاحة لإضاءة وحدة المساحة تتناقص مع زيادة مربع البعد عن مصدر الضوء النقطي.

شدة الإضاءة تُحدد بعض المصادر المضيئة بوحدة الشمعة cd، والشمعة ليست مقياساً للتدفق الضوئي؛ إنما هي مقياس لشدة الإضاءة. وشدة الإضاءة لمصدر ضوء نقطي تساوي التدفق الضوئي الذي يسقط على مساحة مقدارها 1 m^2 من مساحة السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 1 m، ولذا فإن شدة الإضاءة تساوي التدفق الضوئي مقسوماً على 4π ويرمز لها بالرمز I_v . والمصباح الكهربائي الذي تدفقه الضوئي يساوي 1750 lm تكون شدة إضاءته مساوية للمقدار التالي: $1750 \text{ lm} / 4\pi = 139 \text{ cd}$.

في الشكل 6-9، بُعد المصباح الكهربائي عن الشاشة يساوي ضعف بُعد الشمعة عنها. ولكي يُولد المصباح الكهربائي على الجانب المقابل له من الشاشة الاستضاءة نفسها التي تولدها الشمعة على الجانب المقابل لها من الشاشة يجب أن يكون سطوع المصباح الكهربائي أكبر أربع مرات من سطوع الشمعة. لذا ينبغي أن تعادل شدة إضاءة المصباح الكهربائي أربعة أضعاف شدة إضاءة الشمعة.



الشكل 6-9 الاستضاءة متساوية على جانبي الشاشة، مع أن المصباح الكهربائي أكثر سطوعاً من الشمعة.

عرض سريع

مصادر الضوء

الزمن المقدر 5 دقائق

المواد والأدوات مصباح يدوي صغير.

الخطوات أضئ المصباح في غرفة معتمة، واسأل الطلاب هل باستطاعتهم رؤية ضوء المصباح من أي مكان في الغرفة؟ وماذا يعني هذا بالنسبة للمسار الذي يسلكه الضوء من المصدر إلى أعينهم؟ **يتشر ضوء المصباح في الاتجاهات جميعها في الوقت نفسه.**

تطبيق الفيزياء

يلجأ المهندسون المعماريون إلى توفير الطاقة من خلال الاستفادة من ضوء النهار. حيث يهدف هذا التوجه إلى أن يدخل المباني أكبر قدر ممكن من الضوء الطبيعي؛ وذلك لتخفيض كمية الطاقة الكهربائية اللازمة لإضاءة المساحات المأهولة خلال النهار. لذلك يجب استغلال ضوء النهار، على ألا يؤدي ذلك إلى ارتفاع درجة حرارة تلك المساحات، أو إلى سطوع الضوء فيها بدرجة كبيرة، أو إلى توزيع الضوء بصورة غير منتظمة. ولتصميم هذه المساحات بصورة صحيحة ومناسبة، على المهندسين المعماريين حساب الزاوية التي يسقط فيها ضوء الشمس إلى داخل البناية خلال أوقات مختلفة من اليوم والسنة، واستخدام أنواع مختلفة من النوافذ، إضافة إلى قياسات أخرى. وتستخدم مظلات خارجية للنوافذ وستائر داخلية لتعكس الضوء؛ للتحكم في سطوع ضوء الشمس والضوء المنعكس عن الغيوم والأجسام المختلفة. ويستخدم الزجاج المعتم للحد من نفاذية الضوء القادم من الشمس، ومن ثم يحد من كمية الضوء المرئي النافذ إلى العين.

تعزيز الفهم

قانون التربيعي العكسي يصف قانون التربيع العكسي في الاستضاءة الحالة المثالية التي تتضمن مصدر ضوء نقطي. ناقش مع الطلاب الحالات القريبة من الحالة المثالية والحالات البعيدة عنها. فمثلاً، كلما زاد البعد عن المصدر مقارنة بحجم المصدر كانت نتائج القياسات الفعلية متوافقة بشكل كبير مع القياسات التي نحصل عليها من القانون. كما أن القانون يفرض أن الجسيمات الموجودة في الهواء بين المصدر والنقطة موضع الاهتمام لا تمتص أي كمية من الضوء. م 2

العقول المستنيرة

عند اتخاذ القرارات في كيفية تحقيق الاستضاءة الصحيحة على سطوح مقاعد الطلاب، يتعين على المهندسين المعماريين أن يأخذوا بعين الاعتبار التدفق الضوئي للضوء، ويحدد المصادر الضوئية عن سطوح المقاعد، كما يُعدّ كفاءة المصادر الضوئية عاملاً اقتصادياً مهماً.

كيف تتمكن من زيادة الاستضاءة على سطح مكتب؟ يمكن أن تستخدم مصباحاً كهربائياً أكثر سطوعاً يؤدي إلى زيادة التدفق الضوئي، أو أن تحرك المصدر الضوئي إلى موقع أقرب لسطح مكتبك؛ أي أنك تقلل المسافة بين المصدر الضوئي والسطح الذي يُضيئه. ولتبسيط المسألة يمكنك اعتبار المصدر الضوئي مصدرًا ضوئيًا نقطيًا، ولذا فإن كلاً من الاستضاءة والمسافة سيتبعان علاقة التربيع العكسي. ويمكنك أيضًا تبسيط المسألة أكثر إذا اعتبرت أن الضوء المنبعث من المصدر يسقط عمودياً على سطح المكتب. وبعد هذا التبسيط يمكنك التعبير عن الاستضاءة الناتجة عن مصدر ضوء نقطي بالمعادلة التالية:

$$E = \frac{P}{4\pi r^2}$$

إذا أضيء جسم بواسطة مصدر ضوئي نقطي فإن الاستضاءة على الجسم تساوي التدفق الضوئي للمصدر الضوئي مقسوماً على المساحة السطحية لكرة نصف قطرها يساوي بُعد الجسم عن المصدر الضوئي.

ينتشر التدفق الضوئي لمصدر الضوء بصورة كروية في الاتجاهات جميعها، لذا فإن جزءاً فقط من التدفق الضوئي يكون متاحاً لإضاءة سطح المكتب. ويكون استخدام هذه المعادلة صحيحاً، فقط إذا كان الضوء المنبعث من المصدر المضيء يسقط عمودياً على السطح الذي يضيئه. كما أن استخدام هذه المعادلة يكون صحيحاً فقط للمصادر المضيئة التي تكون صغيرة، أو بعيدة بصورة كافية حتى يمكن اعتبارها مصادر نقطية. لذا فإن المعادلة لا تعطي قِيماً دقيقة للاستضاءة الناتجة بفعل المصابيح الكهربائية الفلورسنتية الطويلة، أو المصابيح الكهربائية المتوهجة التي تكون قريبة من السطح الذي تضيئه.

الرياضيات في الفيزياء

العلاقات الطردية والعكسية تخضع الاستضاءة المتولدة بواسطة مصدر ضوئي إلى علاقة طردية وعلاقة عكسية.

الرياضيات	الفيزياء
$y = \frac{x}{az^2}$	$E = \frac{P}{4\pi r^2}$
إذا كانت z ثابتة فإن y تتناسب طردياً مع x .	إذا كانت r ثابتة فإن E تتناسب طردياً مع P .
• عندما تزداد x تزداد y .	• عندما تزداد P تزداد E .
• عندما تقل x تقل y .	• عندما تقل P تقل E .
إذا كانت x ثابتة فإن y تتناسب عكسياً مع z^2 .	إذا كانت P ثابتة فإن E تتناسب عكسياً مع r^2 .
• كلما ازدادت z^2 قلت y .	• كلما ازدادت r^2 قلت E .
• كلما قلت z^2 ازدادت y .	• كلما قلت r^2 ازدادت E .

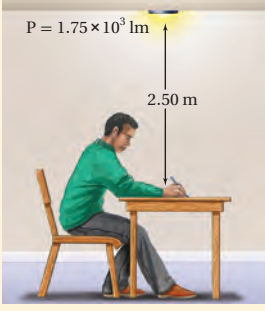
تحفيز

نشاط

قانون الاستضاءة ركب جهاز فوتومتر بنزن ذا بقعة الزيت a grease-spot Bunsen photometer، على أن يكون مزوداً بمصدر ضوئي شدة إضاءته غير معروفة عند أحد طرفيه، ومصباح كهربائي كمصدر ضوئي معروف شدة الإضاءة عند طرفه الآخر. اضبط الفوتومتر إلى أن تصبح الاستضاءة متماثلة وذلك عند اختفاء بقعة الزيت عند النظر إليها من الجانبين. ثم اطلب إلى الطلاب تحديد شدة إضاءة المصدر غير المعروف. يقيس الطلاب المسافة بين كل مصدر ضوئي وبقعة الزيت. إذا كان التدفق الضوئي للمصباح الكهربائي محددًا بوحدة لومن (lm) وجب تحويله إلى وحدة الشمعة، وذلك بقسمته على المعامل 4π . ثم باستخدام قانون التربيع العكسي، يستطيع الطلاب مساواة نسبتي شدة الإضاءة على مربع البعد من كل جانب، وحل المعادلة بالنسبة لشدة الإضاءة المجهولة. م 3 بصري - مكاني

مثال 1

استضاءة سطح ما الاستضاءة الواقعة على سطح المكتب في الصورة المجاورة إذا أضيء بمصباح كهربائي تدفقه الضوئي 1750 lm، علماً بأنه موضوع على بُعد 2.50 m فوق سطح المكتب؟



1 تحليل المسألة ورسمها

- افترض أن المصباح الكهربائي مصدر نقطي.
 - ارسم موقع المصباح والمكتب، وعيّن P ، r .
- المعلوم
المجهول
- $E = ?$ $P = 1.75 \times 10^3 \text{ lm}$
 $r = 2.50 \text{ m}$

2 إيجاد الكمية المجهولة

بما أن السطح متعامد مع اتجاه انتقال الشعاع الضوئي، لذا يمكنك أن تطبق معادلة الاستضاءة بفعل المصدر النقطي.

$$E = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$= \frac{1.75 \times 10^3 \text{ lm}}{4\pi (2.50 \text{ m})^2}$$

$$= 22.3 \text{ lm/m}^2 = 22.3 \text{ lx}$$

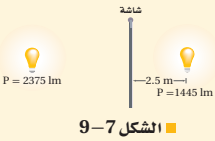
عوض مستخدماً $P = 1.75 \times 10^3 \text{ lm}$ ، $r = 2.50 \text{ m}$

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ إن وحدات الاستضاءة $\text{lm/m}^2 = \text{lx}$ تتفق مع الإجابة.
- هل للإشارات معنى؟ المقادير كلها موجبة، كما يجب أن تكون.
- هل الجواب منطقي؟ إن الاستضاءة أقل من التدفق الضوئي، والتي ينبغي أن تكون عند هذه المسافة.

مسائل تدريبية

- تحرك مصباح فوق صفحات كتاب من مسافة 30 cm إلى 90 cm. قارن بين استضاءة الكتاب قبل الحركة وبعدها.
- ارسم المنحنى البياني للاستضاءة المتولدة بواسطة مصباح ضوئي متوهج قدرته 150 W بين 0.50 m و 5.0 m.
- مصدر ضوئي نقطي شدة إضاءته 64 cd يقع على ارتفاع 3.0 m فوق سطح مكتب. ما الاستضاءة على سطح المكتب بوحدة لوكس (lx)؟
- يتطلب قانون المدارس الحكومية أن تكون الاستضاءة الصغرى 160 lx على سطح كل مقعد. وتقتضي المواصفات التي يوصي بها المهندسون المعماريون أن تكون المصابيح الكهربائية على بعد 2.0 m فوق المقاعد. ما مقدار أقل تدفق ضوئي تولده المصابيح الكهربائية؟
- وضعت شاشة بين مصباحين كهربائيين يُضيئانها بالتساوي، كما في الشكل 7-9. فإذا كان التدفق الضوئي للمصباح الأول 1445 lm عندما كان يبعد مسافة 2.5 m عن الشاشة فما بُعد المصباح الثاني عن الشاشة إذا كان تدفقه الضوئي 2375 lm؟



مثال صفي

سؤال سقط ضوء من مصباح كهربائي يدوي على جدار يبعد مسافة 2.0 m. فإذا كان التدفق الضوئي للمصباح $8.0 \times 10^2 \text{ lm}$ فما مقدار الاستضاءة على الجدار؟

الجواب

$$E = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{8.0 \times 10^2 \text{ lm}}{4\pi (2.0 \text{ m})^2}$$

$$= 16 \text{ lx}$$

مسائل تدريبية

- بعد تحرك المصباح الكهربائي فإن الاستضاءة تعادل $\frac{1}{9}$ الاستضاءة الأصلية.
- انظر دليل حلول المسائل.
- 7.1 lx
- $8.0 \times 10^3 \text{ lm}$
- 3.2 m

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

نشاط

قانون التوزيع العكسي استخدم لوحًا خشبيًا صغيرًا يحوي ثقبًا عدة، ومصباحًا كهربائيًا صغيرًا ذا شدة إضاءة كبيرة (ساطع). أزل غطاء المصباح الكهربائي، ثم اطلب إلى الطلاب حمل المصباح واللوح، بحيث يمر ضوء المصباح من خلال الثقوب التي في اللوح ليسقط على السبورة. ثم ضع اللوح عند منتصف المسافة بين المصباح والسبورة، ثم عتم الغرفة، واطلب إلى أحد الطلاب رسم مربع على السبورة حول المساحة المضاءة نتيجة مرور الضوء من ثقوب اللوح. اطلب إلى الطلاب المقارنة بين المساحة المضاءة على السبورة والمساحة المضاءة على اللوح الخشبي. **المساحة على السبورة تعادل أربعة أضعاف المساحة على اللوح.** ضع اللوح عند ثلث المسافة بين المصباح والسبورة، ثم كرر العملية. **إن المساحة على السبورة تعادل تسعة أضعاف المساحة على اللوح.** **1م حركي**

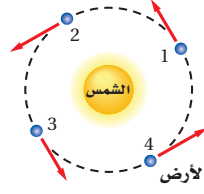
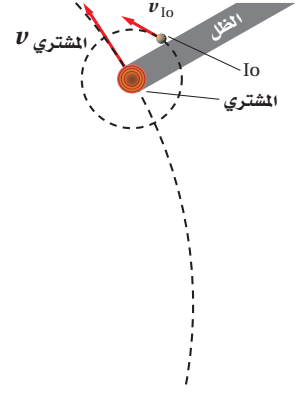
استخدام النماذج

الاستضاءة الناتجة عن مصدر ضوئي نقطي ليتصور الطلاب بشكل أفضل كيفية قياس الاستضاءة الناتجة عن مصدر ضوئي نقطي، اطلب إليهم وضع لوحين مربعي الشكل مستويين بشكل رأسي على أن يكونا متقابلين، بحيث يوضع مصدر للضوء بين اللوحين على مسافة متساوية من كل لوح. ويكون المصدر الضوئي مصباحاً كهربائياً صغيراً دون ظل؛ أي يصدر ضوءاً في الاتجاهات جميعها؛ لذا يستقبل كلا اللوحين كمية متساوية من الضوء. والآن اطلب إلى الطلاب وضع أربعة أو خمسة ألواح عند مسافات وزوايا مختلفة من المصباح الكهربائي. سيكون كل لوح من هذه الألواح مُضاءً بصورة مختلفة عن الآخر، إذ تكون استضاءة الألواح الموضوعة بشكل رأسي والأكثر قرباً من مصدر الضوء أكبر. **2م حركي**

نشاط

■ سرعة الضوء اطلب إلى الطلاب تنفيذ استقصاء حول كيفية استخدام سرعة الضوء في قياس المسافات الكبيرة جداً في الفضاء. ينبغي أن يبحث كل منهم في الأجسام الفلكية المعروفة أو تلك التي مازالت قيد الدراسة، وأن يقدموا تقريراً عن المسافات التي تبعد عنها تلك الأجسام عن الأرض بوحدة السنة الضوئية، وعن كيفية إجراء تلك القياسات.

2م لغوي



■ الشكل 8-9 قاس رومر الفترة الزمنية بين خسوفين من اللحظة التي يبرز فيها القمر Io من منطقة ظل المشتري. وخلال عدد من خسوفات القمر المتعاقبة وجد أن الزمن الدوري يصبح أكبر أو أصغر بصورة متزايدة اعتماداً على حركة الأرض فيما إذا كانت مقترية (من الموقع 3 إلى الموقع 1) أو مبتعدة (من الموقع 1 إلى الموقع 3) من المشتري. (التوضيح ليس بمقياس رسم)

يتعين على مصممي أنظمة الإنارة معرفة كيف يستخدم الضوء. فإذا كان المطلوب هو الحصول على إضاءة منتظمة لتجنب المساحات المظلمة فإن التصميم المناسب هو توزيع مصادر الإضاءة على المساحة المطلوب إنارتها بحيث تكون المسافات بينها متساوية، كما هو معمول به في إنارة غرفة الصف. ولأن بعض مصادر الإضاءة لا تولّد فعلياً ضوءاً موزعاً بالتساوي فإن المهندسين يصمّمون مصادر ضوئية خاصة؛ وذلك للتحكم في توزيع الإضاءة وانتشارها؛ فمثلاً يُفَضَّلون أنظمة إنارة موزعة بانتظام على مساحات كبيرة. وقد بُذلت جهود كبيرة في هذا المجال، وخصوصاً للمصابيح الأمامية في السيارات.

سرعة الضوء The Speed of Light

يتطلب انتقال الضوء من المصدر إلى الجسم المراد إضاءته أن يقطع الضوء مسافة معينة. فإذا استطعت قياس هذه المسافة والزمن الذي يستغرقه الضوء لقطعها فإنه يمكنك قياس السرعة، وذلك اعتماداً على الميكانيكا الكلاسيكية. كان معظم الناس قبل القرن السابع عشر يعتقدون أن الضوء ينتقل لحظياً، وكان العالم جاليليو أول من افترض أن للضوء سرعة محدّدة، فاقترح طريقة لقياس سرعته مستخدماً مفهومي المسافة والزمن. وعلى الرغم من أن طريقته كانت غير دقيقة بالقدر الكافي إلا أنه استنتج أن سرعة الضوء كبيرة جداً، مما يحول دون قياسها عبر مسافة عدة كيلومترات.

كان الفلكي الدنماركي أولي رومر أول من أكّد أن الضوء ينتقل بسرعة يمكن قياسها. حيث أجرى رومر 70 قياساً بين عامي 1668 و 1674، حول الزمن الدوري للقمر Io، أحد أقمار كوكب المشتري، والذي يساوي 1.8 day. فوجد أن الأزمنة عندما كان القمر Io يخرج من منطقة ظل المشتري كما في الشكل 8-9. وقد أجرى قياساته بوصفها جزءاً من مشروع كان يهدف إلى تحسين الخرائط، وذلك بحساب خطوط الطول لبعض المواقع على سطح الأرض. وكان هذا مثلاً مبكراً على أهمية التقنية المتطورة في دفع عجلة التقدم العلمي.

مشروع فيزياء

معلومة للمعلم

قياس سرعة الضوء حاول علماء آخرون قياس سرعة الضوء. لذا اطلب إلى الطلاب الذين لديهم اهتمام بكيفية تطور قياس سرعة الضوء والتقنيات التي استخدمت في استقصاء سرعة الضوء - البحث وكتابة تقرير موجز عن تاريخ هذه الاستقصاءات. قد يحتاج الطلاب المهتمون بالخطوات التجريبية الدقيقة إلى مزيد من البحث في تجارب مايكلسون في قياس سرعة الضوء وكتابة تقرير مختصر عن ذلك. ويمكنهم الاستفادة من كتاب "سيد الضوء - السيرة الذاتية للعالم ألبرت مايكلسون". **2م لغوي**

تعزير الفهم

نموذج الشعاع الضوئي اطلب إلى الطلاب رسم خريطة مفاهيمية لنموذج الشعاع الضوئي تربط كل من المفاهيم التالية: المصادر المضيئة والمصادر المستضيئة (المُضاء)، وأنواع الأوساط، وكمية الضوء، وسرعة الضوء، وقانون التربيع العكسي.

2م بصري - مكاني

استطاع رومر بعد إجراء بعض القياسات أن يتوقع وقت حدوث خسوف القمر Io، وقارن توقعاته بالأزمنة المقيسة فعلياً، وتوصل إلى أن زمن دوران القمر Io يزداد بمعدل 13 s لكل دورة تقريباً عندما تتحرك الأرض مبتعدة عن المشتري، ويقل بمعدل 13 s لكل دورة عندما تتحرك الأرض مقترية من المشتري. واعتقد رومر أن أقيار كوكب المشتري منتظمة الحركة في مداراتها كقمر الأرض تماماً، لذا أخذ يبحث عن السبب الذي يؤدي إلى هذا الفرق في قياسات الزمن الدوري للقمر Io.

قياسات سرعة الضوء استنتج العالم رومر أنه عندما تتحرك الأرض مبتعدة عن كوكب المشتري فإن الضوء القادم عند كل ظهور للقمر Io يستغرق وقتاً أطول حتى يصل إلى الأرض؛ وذلك لازدياد البعد بين المشتري والأرض، وبطريقة مماثلة عندما تقترب الأرض من المشتري فإن الزمن الدوري للقمر Io يبدو متناقصاً. وقد لاحظ رومر أنه خلال 182.5 يوماً، وهو الزمن الذي يتطلبه انتقال الأرض من الموقع 1 إلى الموقع 3، كما في الشكل 8-9، حدث 103 خسوفات Io، وذلك وفقاً للحساب التالي:

$$103 = (1.8 \text{ days}) / \text{خسوف واحد للقمر Io} (185.2 \text{ days})$$

وقد أجرى رومر حسابات متعلقة بانتقال الضوء مسافة تعادل قطر مدار الأرض، فوجد أنه يحتاج إلى:

$$1.3 \times 10^3 \text{ s أو } 22 \text{ min} = (13 \text{ s/خسوف}) (103 \text{ خسوفات})$$

وباستخدام القيمة المعروفة حالياً لقطر مدار الأرض ($2.9 \times 10^{11} \text{ m}$) فإن قيمة رومر 22 min تعطي سرعة الضوء التالية:

$$(2.9 \times 10^{11} \text{ m}) / ((22 \text{ min}) (60 \text{ s/min})) = 2.2 \times 10^8 \text{ m/s}$$

وعرفت سرعة الضوء في الوقت الحاضر بأنها تساوي $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ تقريباً، ولذلك يحتاج الضوء إلى 16.5 min، وليس إلى 22 min، ليقطع مسافة تعادل قطر مدار الأرض. وتكمن أهمية التجربة في أن رومر استطاع بنجاح إثبات انتقال الضوء بسرعة محدّدة.

على الرغم من أن الكثير من القياسات أجريت لتحديد سرعة الضوء، إلا أن أبرزها تلك التي أجراها الفيزيائي الأمريكي ألبرت ميكلسون بين عامي 1880 و 1920، فقد طوّر تقنيات حديثة لقياس سرعة الضوء. وفي عام 1926 قاس مايكلسون الزمن الذي يحتاج إليه الضوء لقطع مسافة 35 km ذهاباً وإياباً بين جبلين في كاليفورنيا، حيث استخدم مجموعة من المرايا الدوّارة لقياس مثل هذه الفترات الزمنية الصغيرة، وكانت أفضل نتيجة حصل عليها لسرعة الضوء $2.997996 \pm 0.00004 \times 10^8 \text{ m/s}$. وبناءً على هذا الإنجاز، كان أول عالم أمريكي يحصل على جائزة نوبل في العلوم.

3. التقويم

التحقق من الفهم

الاستضاءة وشدة الإضاءة اطلب إلى الطلاب أن يميزوا بين معنى ووحدات شدة الإضاءة والاستضاءة، وكيف يرتبطان معًا بقانون التربيع العكسي. إن شدة الإضاءة عبارة عن تدفق ضوئي (معدل انبعاث الطاقة الضوئية من المصدر الضوئي) مقسومًا على المعامل 4π ، ويقاس بوحدة الشمعة. أما الاستضاءة فهي معدل سقوط الضوء على السطح، وتقاس بوحدة لوكس أو lm/m^2 . والاستضاءة عند نقطة معينة تتناسب مع شدة الإضاءة مقسومة على مربع البعد عن مصدر الضوء. **1م**

التوسّع

الأشعة الضوئية اطلب إلى الطلاب تحيّل كيف يمكن أن تتأثر طريقة رؤيتنا للأشياء إذا انتقل الضوء في مسار منحني بدلاً من انتقاله في خط مستقيم. واطلب إليهم أن يكتبوا نصًّا يصفون فيه التغير الذي يتصوّرونه. **2م لغوي**

إن قيمة سرعة الضوء في الفراغ مهمة جدًا، ويرمز إليها بالرمز c . واعتمادًا على الطبيعة الموجية للضوء، والتي ستدرسها في الجزء القادم فإن اللجنة الدولية للأوزان والمقاييس قامت بقياس سرعة الضوء في الفراغ فكانت $c = 299,792,458 \text{ m/s}$. وتستخدم في كثير من الحسابات القيمة $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ ، إذ تكون دقيقة بصورة كافية. وبهذه السرعة ينتقل الضوء مسافة $9.46 \times 10^{12} \text{ km}$ في السنة، حيث تسمى هذه المسافة السنة الضوئية.

9-1 مراجعة

6. **الاستضاءة** هل يولد مصباح كهربائي واحد إضاءة أكبر من مصباحين مماثلين يقعان على ضعف بُعد مسافة المصباح الأول؟ وضح إجابتك.
7. **المسافة التي يقطعها الضوء** يمكن إيجاد بُعد القمر باستخدام مجموعة من المرايا يحملها رواد الفضاء على سطح القمر. فإذا تم إرسال نبضة ضوء إلى القمر وعادت إلى الأرض خلال 2.562 s ، فاحسب المسافة بين الأرض وسطح القمر، مستخدمًا القيمة المقاسة لسرعة الضوء.
8. **شدة الإضاءة** يضيء مصباحان شاشة بالتساوي بحيث يقع المصباح A على بعد 5.0 m ، ويقع المصباح B على بعد 3.0 m ، فإذا كانت شدة إضاءة المصباح A 75 cd ، فما شدة إضاءة المصباح B؟
9. **بُعد المصدر الضوئي** افترض أن مصباحًا كهربائيًا يضيء سطح مكتبك ويولّد فقط نصف الاستضاءة المطلوبة. فإذا كان المصباح يبعد حاليًا مسافة 1.0 m فكم ينبغي أن يكون بعده ليولّد الاستضاءة المطلوبة؟
10. **التفكير الناقد** استخدم الزمن الصحيح الذي يحتاج إليه الضوء لقطع مسافة تعادل قطر مدار الأرض والذي يساوي 16.5 min ، وقطر مدار الأرض $2.98 \times 10^{11} \text{ m}$ ، وذلك لحساب سرعة الضوء باستخدام طريقة رومر. هل تبدو هذه الطريقة دقيقة؟ لماذا؟

9-1 مراجعة

6. يولّد مصباح واحد استضاءة أكبر مرتين من الاستضاءة التي يولدها مصباحان مماثلان معًا يقعان عند ضعف المسافة.
7. $3.840 \times 10^8 \text{ m}$
8. 27 cd
9. $d_f = \sqrt{\frac{1}{2}} \text{ m} = 0.71 \text{ m}$
10. $3.1 \times 10^8 \text{ m/s}$

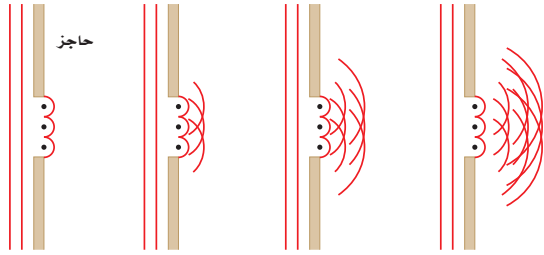
درست أن الضوء مكوّن من موجات، ولكن ما الأدلة على صحة ذلك؟ افترض أنك تسير في اتجاه غرفة الصف وباب الغرفة مفتوح، فستسمع بالتأكيد صوت المعلم أو الطلاب وأنت تتحرك في اتجاه باب الغرفة قبل أن تراه من خلال الباب؛ وذلك لأن الصوت يصل إليك بانحرافه حول حافة الباب، في حين يسير الضوء الذي يجعلك ترى أيًا منهم في خطوط مستقيمة فقط. فإذا كان الضوء مكوّنًا من موجات فلماذا لا يسلك الطريقة نفسها التي يسلكها الصوت؟ يسلك الضوء في الواقع سلوك الصوت نفسه إلا أن تأثيره يكون أقل وضوحًا مقارنة بالصوت.

الحيود والنموذج الموجي للضوء

Diffraction and the Wave Model of Light

لاحظ العالم الإيطالي فرانسيسكو ماري جريبالدي في عام 1665 أن حواف الظلال ليست حادة تمامًا. فقد أدخل حزمة ضيقة من الضوء إلى داخل غرفة مظلمة، وأمسك بقضيب أمام الضوء حيث أسقط الظل على سطح أبيض. فكان ظل القضيب المتكون على السطح الأبيض أعرض من الظل الذي ينبغي أن يكون في حالة انتقال الضوء في خط مستقيم مرورًا بحواف القضيب، ولاحظ جريبالدي أيضًا أن الظل مُحاط بحزم ملونة. وعُرف جريبالدي هذه الظاهرة بالحيود وهي انحناء الضوء حول الحواجز.

حاول العالم الدناركي كريستيان هيجنز في عام 1678 برهنة النموذج الموجي؛ وذلك لتفسير ظاهرة الحيود. واعتادًا على مبدأ هيجنز يمكن اعتبار النقاط كلها على مقدمة الموجة الضوئية، وكأنها تمثل مصادر جديدة لموجات صغيرة. وتنتشر هذه الموجات الصغيرة (الموجبات) في جميع الاتجاهات خلف بعض. وتكون مقدمة الموجة المستوية من عدد غير محدود من المصادر النقطية في خط واحد، وعندما تعبر مقدمة الموجة حافة ما تقطعها الحافة، حيث تنتشر كل موجة دائرية تولدت بواسطة أي نقطة من نقاط هيجنز على شكل موجة دائرية في الحيز الذي انحنت عنده مقدمة الموجة الأصلية، كما في الشكل 9-9. وهذا هو الحيود.



■ الشكل 9-9 اعتماذاً على مبدأ هيجنز يمكن اعتبار قمة كل موجة سلسلة من المصادر النقطية. وينشئ كل مصدر نقطي موجة دائرية، وتتراكم الموجبات لتكوين مقدمة موجة مستوية، ما عدا المناطق عند الحواف؛ حيث تتحرك الموجبات الدائرية لنقاط هيجنز عندها بعيداً عن مقدمة الموجة.

الأهداف

- تصف كيف يثبت الحيود عملياً أن الضوء عبارة عن موجات.
- تتوقع تأثير ألوان الضوء المتراكبة والأصباغ الممزوجة.
- توضح ظاهري الاستقطاب وتأثير دوبلر.

المفردات

- الحيود
- اللون الأساسي
- اللون الثانوي
- اللون المتّمم
- الصبغة الأساسية
- الصبغة الثانوية
- الاستقطاب
- قانون مالوس

9-2 الطبيعة الموجية للضوء

1. التركيز

نشاط

الحيود اسأل الطلاب: لماذا نستطيع سماع أحدهم يتحدث في الغرفة المجاورة، على الرغم من أننا لا نراه؟ إذا أجاب الطلاب إن الصوت ينتقل خلال الجدار، والضوء لا ينتقل من خلاله، فوضح لهم أنك قادر على سماعهم حتى إذا لم ينتقل الصوت خلال الجدار. **لكل من الصوت والضوء خصائص موجية، لذلك فإنهما يجيدان من خلال المداخل بشكل عام. ولأن الطول الموجي للصوت أكبر كثيراً من الطول الموجي للضوء، فإن الصوت يجيد حول الحواف في حين لا يجيد الضوء عندما يعبر من خلال المداخل الواسعة. 2م منطقي - رياضي**

الربط مع المعرفة السابقة

الموجات المستعرضة يطبق الطلاب ما تعلموه عن الموجات المستعرضة، وعليهم تذكر العلاقة الآتية: $\lambda = \frac{v}{f}$. **تأثير دوبلر** على الطلاب أن يكونوا على معرفة جيدة بتأثير دوبلر من خلال دراستهم السابقة للصوت.

9-2 إدارة المصادر

اختبار قصير 2-9، ص 84	الملف الخاص بمصادر الفصول 7-12
شريحة التدريس 2-9 ص 90	تقويم الفصل 9، ص 96
شريحة التدريس 3-9 ص 92	ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 72
شريحة التدريس 4-9 ص 84	
ربط الرياضيات مع الفيزياء	

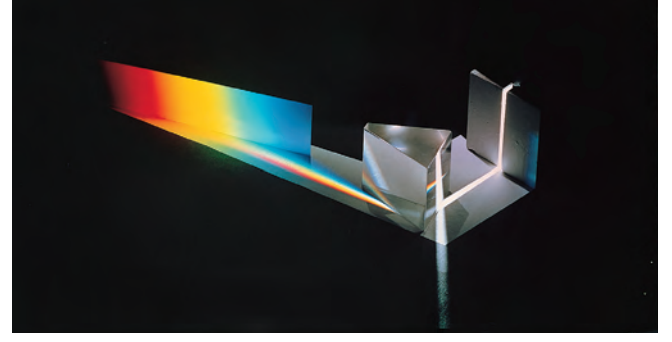
2. التدريس

تطوير المفهوم

اللون وسرعة الضوء اطلب إلى الطلاب تصور انفجار نجم عملاق وتحوله إلى نجم مستعر في مكان ما في الفضاء الخارجي، وأن الضوء الصادر عن هذا الانفجار يقترب من الأرض. أسألهم ماذا يتوقعون أن يروا إذا كانت سرعة الضوء تختلف من لون إلى آخر؟ **سيشاهدون الضوء من إحدى نهايتي الطيف يصل أولاً، وبعد ذلك تبدأ ألوان الطيف الأخرى في الظهور تدريجياً حتى نهاية الطيف.** ولأن هذا ليس ما يمكن مشاهدته في الواقع فإننا نستنتج أن سرعة الضوء في الفضاء هي نفسها لجميع ألوان الضوء.

2م منطقي - رياضي

■ الشكل 10-9 عندما يمر الضوء الأبيض خلال منشور فإنه يتحلل إلى ألوان الطيف.



الألوان Colors

حُثَّت نتائج العالم جريمالدي عام 1666 حول الحيود العالم نيوتن على إجراء تجارب على الألوان، وذلك عن طريق تمرير حزمة ضيقة من ضوء الشمس خلال منشور زجاجي، كما في الشكل 10-9، فلاحظ تكوّن ترتيب منظم للألوان أطلق عليه نيوتن اسم الطيف. كما اعتقد نيوتن أن جسيمات الضوء تتفاعل بطريقة متفاوتة في الزجاج لتولّد الطيف؛ وذلك اعتماداً على نموذج الجسيم للضوء.

ولاختبار هذا الافتراض سمح نيوتن للطيف النافذ من المنشور الأول بالسقوط على منشور آخر، فإذا تولّد الطيف نتيجة التفاوت في تفاعل الزجاج مع جسيمات الضوء فإن المنشور الثاني سيزيد من انتشار الألوان، وبدلاً من ذلك فقد عكس المنشور الثاني تحلل الألوان وأعاد تراكبها لتكوّن اللون الأبيض. وبعد إجراء المزيد من التجارب، استنتج نيوتن أن اللون الأبيض مركّب من ألوان عدّة، وأن هناك خاصية أخرى للزجاج غير عدم انتظامه هي التي تؤدي إلى تحلل الضوء إلى مجموعة من الألوان.

واعتاداً على تجارب جريمالدي وهيجنز وغيرها، فإن للضوء خصائص موجية، ولكل لون من ألوان الضوء طول موجي محدّد. وتقع منطقة الضوء المرئي ضمن نطاق من الأطوال الموجية، يتراوح بين 400 nm و700 nm تقريباً، كما في الشكل 11-9. وأكبر هذه الأطوال الموجية هو طول موجة الضوء الأحمر، وكلما تناقص الطول الموجي تحوّل اللون إلى البنفسجي فالأخضر فالأزرق فالأزرق النيلي وأخيراً البنفسجي.



الشكل 11-9 يمتد الطيف الضوئي من الطول الموجي الكبير (اللون الأحمر) إلى الطول الموجي القصير (اللون البنفسجي).

عرض سريع

ألوان الضوء

الزمن المقدر 10 دقائق

المواد والأدوات شاشة بيضاء، ثلاثة مصادر ضوئية تصدر ألوان الضوء الأساسية (أحمر، وأزرق، وأخضر)

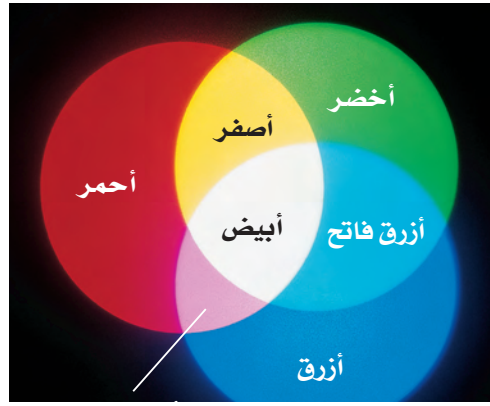
الخطوات أضئ المصادر الضوئية الثلاثة ووجهها نحو الشاشة، بحيث تظهر منطقة تتراكب فيها الألوان الثلاثة، ومناطق يتراكب فيها زوج من الألوان، ومناطق أخرى يظهر فيها كل لون أساسي واضحاً بشكل منفرد. اطلب إلى الطلاب أن يصفوا ما يشاهدونه. **سيشاهد الطلاب أن الألوان الثلاثة معاً تكوّن الضوء الأبيض، وأن اللونين الأزرق والأخضر يكوّنان اللون الأزرق الفاتح، وأن اللون الأحمر والأخضر يكوّنان اللون الأصفر، أما اللونان الأزرق والأحمر فيكوّنان اللون الأرجواني.**

نشاط



الألوان اعرض على الطلاب أجسامًا ذات ألوان مختلفة، ثم عتم الغرفة، ثم انظر إلى هذه الأجسام عندما تضيئها بضوء مصباح يدوي. ثم ضع مرشحات ألوان مختلفة (مثل الأحمر والأزرق والأخضر) على المصباح، وشاهد الأجسام نفسها. اطلب إلى الطلاب التفكير في كيفية اختلاف هذه التجربة عن التجربة التي أجريت باستخدام الأصباغ. **2م بصري-**

مكاني



■ الشكل 12-9 التراكيب المختلفة للضوء الأزرق والأخضر والأحمر يمكن أن تشكل الضوء الأصفر، أو الأزرق الفاتح، أو الأرجواني، أو الأبيض.

عندما يعبر الضوء الأبيض الحد الفاصل من الهواء إلى داخل الزجاج ويعود مرة أخرى إلى الهواء كما في الشكل 10-9، فإن الطبيعة الموجية تؤدي إلى انحناء كل لون من ألوان الضوء، أو انكساره، بزاوية مختلفة. وهذا الانحناء غير المتساوي للألوان المختلفة يتسبب في تحلل الضوء الأبيض على شكل طيف. وهذا يعني أن الأطوال الموجية المختلفة للضوء تتفاعل مع المادة بطرائق مختلفة يمكن التنبؤ بها.

اللون بواسطة مزج أشعة الضوء يتشكل الضوء الأبيض من الضوء الملون بطرائق مختلفة. فمثلاً عندما يُسلط الضوء الأحمر والأخضر والأزرق بشدة مناسبة على شاشة بيضاء كما في الشكل 12-9، تظهر المنطقة

التي تتداخل فيها هذه الألوان على الشاشة باللون الأبيض. أي أن هذه الألوان (الأحمر والأخضر والأزرق) تُشكل الضوء الأبيض عندما تتراب، وتسمى عملية جمع الألوان. وهي تستخدم في أنابيب الألوان في التلفاز، حيث تحتوي هذه الأنابيب على مصادر نقطية متناهية في الصغر لكل من الضوء الأحمر والأخضر والأزرق. وعندما يكون لكل لون من ألوان الضوء الثلاثة شدة مناسبة تظهر الشاشة باللون الأبيض. لذا فإن كلاً من اللون الأحمر والأخضر والأزرق يُسمى لوناً أساسياً أو أولياً. ويمكن مزج الألوان الأساسية على شكل أزواج لتشكيل ثلاثة ألوان إضافية كما يتضح من الشكل 12-9. فالضوء الأحمر والأخضر يشكلان معاً الضوء الأصفر، في حين يشكل الضوء الأزرق والأخضر معاً الضوء الأزرق الفاتح، أما الضوء الأحمر والأزرق فيشكلان معاً الضوء الأرجواني (الأحمر المزرق). ويُسمى كل من اللون الأصفر والأزرق الفاتح والأرجواني لوناً ثانوياً؛ لأن كلاً منها مركب من لونين أساسيين.

ويتضح من الشكل 12-9، أن الضوء الأصفر يتكون من الضوء الأحمر والضوء الأخضر، وإذا سلط اللونان الأصفر والأزرق على شاشة بيضاء بشدة مناسبة يظهر سطح الشاشة باللون الأبيض. ويُسمى اللونان الضوئيان اللذان يترابان معاً لإنتاج اللون الأبيض الألوان المتتامة. لذا فإن اللون الأصفر لون مُتَمِّم للون الأزرق، والعكس صحيح؛ لأن اللونين يترابان معاً لينتجا اللون الأبيض. وبالطريقة نفسها فإن الأزرق الفاتح والأحمر لونان متتامان، وكذلك الأرجواني والأخضر. لذا يمكن تبييض الملابس المصفرة باستخدام عامل أزرق اللون يضاف إلى مسحوق الغسل.

اللون بواسطة اختزال أشعة الضوء يمكن للأجسام أن تعكس الضوء، وتمرّره، كما يمكنها امتصاصه. ولا يعتمد لون الجسم فقط على الأطوال الموجية للضوء الذي يضيء

تجربة

علاقة الألوان بدرجة الحرارة

الهدف ربط الألوان بدرجات الحرارة.

المواد والأدوات منشور زجاجي، ومصباح كهربائي مزود بمفتاح تحكم في الشدة الضوئية.

النتائج المتوقعة عندما تزداد شدة إضاءة

المصباح الكهربائي فإن كل لون من ألوان الطيف سيكون مرئياً، بحيث يظهر بداية اللون الأحمر،

ويظهر أخيراً اللون البنفسجي.

التحليل والاستنتاج

5. عندما يكون الضوء خافتاً يظهر اللون الأحمر والبرتقالي.

6. عند أقصى إضاءة ممكنة للمصباح الكهربائي يظهر اللون الأزرق والبنفسجي.

7. يكون المصباح الكهربائي الخافت بارداً مقارنة بالمصباح الكهربائي الساطع؛ لذا يمكن لمسه. وتزداد درجة حرارة فتيلة المصباح بزيادة سطوع الضوء. إن الطول الموجي الكبير للضوء يرتبط بدرجة الحرارة المنخفضة، أما الطول الموجي القصير للضوء فيرتبط بدرجة الحرارة المرتفعة.

تجربة

علاقة الألوان بدرجة الحرارة



يشير بعض الرسامين إلى اللونين الأحمر والبرتقالي على أنهما ألوان حارة، وإلى اللونين الأزرق والأخضر على أنهما ألوان باردة. فهل ترتبط الألوان فعلياً بدرجة الحرارة؟

1. احصل على منشور زجاجي من معلمك.

2. أحضر مصباحاً كهربائياً مزوداً بمفتاح تحكم في الشدة الضوئية، وأشعله وعثم الغرفة، واضبط مفتاح التحكم عند أقل سطوع للمصباح.

3. زد مقدار سطوع المصباح ببطء. تحذير: يمكن أن يسخن المصباح ويؤدي إلى حروق في الجلد.

4. راقب لون الضوء الناتج عن المنشور، وكيف يرتبط اللون مع سخونة المصباح الكهربائي التي تشعر بها في يدك.

التحليل والاستنتاج

5. ما الألوان التي ظهرت أولاً عندما كان الضوء خافتاً؟

6. ما الألوان التي ظهرت عند أقصى إضاءة ممكنة؟

7. كيف ترتبط هذه الألوان مع درجة حرارة فتيلة المصباح؟

الجسم، بل يعتمد أيضاً على الأطوال الموجية التي امتصها الجسم، وعلى الأطوال الموجية التي عكسها. إن وجود المواد الملونة بصورة طبيعية أو إضافتها اصطناعياً إلى المادة المكونة للجسم أو إضافة أصباغ إليه يكسبه لوناً خاصاً.

إن المواد الملونة عبارة عن جزيئات لها القدرة على امتصاص أطوال موجية معينة للضوء، وتسمح لأطوال موجية أخرى بالنفاذ أو خلالها أو عكسها. وعندما يمتص الضوء فإن طاقته تنتقل إلى الجسم الذي سقط عليه، وتتحول إلى أشكال أخرى من الطاقة. فالقميص الأحمر لونه أحمر لأن المواد الملونة فيه تعكس اللون الأحمر إلى أعيننا. فعندما يسقط الضوء الأبيض على الجسم الأحمر اللون الموضح في الشكل 13-9 فإن جزيئات المواد الملونة في الجسم تمتص الضوء الأزرق والأخضر وتعكس الضوء الأحمر. أما عندما يسقط الضوء الأزرق فقط على جسم لونه أحمر فإن مقداراً يسيراً من الضوء ينعكس ويظهر الجسم غالباً أسوداً.



الشكل 13-9 تمتص المواد الملونة في حجر النرد أطوالاً موجية مختلفة بشكل انتقائي وتعكسها. حجر النرد مُضاء بالضوء الأبيض (a)، والضوء الأحمر (b)، والضوء الأزرق (c).

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

الألوان الأساسية بيّن للطلاب أن ألوان الضوء الأساسية (الأزرق، والأحمر، والأخضر) هي ألوان ثانوية في الأصباغ، وأن ألوان الضوء الثانوية (الأصفر، والأزرق الفاتح، والأرجواني) هي ألوان أساسية في الأصباغ.

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

رؤية الألوان تعلم الطلاب سابقاً أن هناك نوعين من الخلايا في شبكية العين؛ ألا وهي القضبان والمخاريط. فعندما يسقط الضوء على إحدى هذه الخلايا فإنه يسبب حدوث تفاعل كيميائي ينتج عنه نبضة عصبية. وتدمج الأعصاب في شبكية العين المعلومات القادمة من القضبان والمخاريط المتعددة، حيث تعمل كمعالج بيانات، ثم ترسل إشارة إلى الدماغ، حيث تتكون الصورة. ويتكوّن 95% من هذه الخلايا من القضبان، التي تعد حساسة للضوء الخافت؛ ومن ثم تكون مسؤولة عن الرؤيا في الليل أو الظلام. وهناك ثلاثة أنواع من المخاريط، متمركزة في مركز الشبكية؛ حيث يكون أحد أنواعها حساساً للضوء المائل إلى الزرق، ونوع آخر حساس للضوء المائل إلى الحمرة، أما ثالثها فيكون حساساً للضوء المائل إلى الخضرة.

التفكير الناقد

انعكاس الضوء أسأل الطلاب: ما لون الضوء الذي لا يفيد النبات؟ ولماذا؟ **الضوء الأخضر؛** فالنباتات تظهر باللون الأخضر لأنها تعكس الضوء الأخضر وتمتص الألوان الأخرى. ولا يمكنها امتصاص الضوء الأخضر لتستخدمه في عملية البناء الضوئي. **2م**



■ الشكل 14-9 الألوان الأساسية للأصباغ هي الأحمر المزرق (الأرجواني)، والأزرق الفاتح والأصفر. وينتج عند مزج لونين من هذه الأصباغ معاً الألوان الثانوية للأصباغ، وهي: الأحمر والأخضر والأزرق.

الفرق بين المواد الملونة والصبغة هو أن الصبغة تكون مصنوعة من المعادن المسحوقة وليست مستخلصة من النباتات أو الحشرات، ويمكن رؤية جسيمات الصبغة بالمجهر. وتُسمى الصبغة التي لها القدرة على امتصاص لون أساسي واحد على أن تعكس اللونين الآخرين من الضوء الأبيض الصبغة الأساسية. فالصبغة الصفراء تمتص الضوء الأزرق وتعكس الضوء الأحمر والضوء الأخضر، وتُعد الألوان: الأصفر والأزرق الفاتح والأرجواني ألواناً أساسية للأصباغ. وتُسمى الصبغة التي تمتص لونين أساسيين وتعكس لوناً واحداً الصبغة الثانوية. والألوان الثانوية للأصباغ هي: الأحمر (الذي يمتص الضوء الأخضر والضوء الأزرق)، والأخضر (الذي يمتص الضوء الأحمر والضوء الأزرق)، والأزرق (الذي يمتص الضوء الأحمر والضوء الأخضر). لاحظ أن الألوان الأساسية للأصباغ هي الألوان الثانوية للضوء، والألوان الثانوية للأصباغ هي الألوان الأساسية للضوء.

يوضح الشكل 14-9 الألوان الأساسية والثانوية للأصباغ، وعند مزج لوني الأصباغ الأساسية الأصفر والأزرق الفاتح فإن الأصفر يمتص الضوء الأزرق، ويمتص الأزرق الفاتح الضوء الأحمر. ويوضح الشكل 14-9 تراكب الأصفر والأزرق الفاتح لتكوين الصبغة الخضراء. وعند مزج الصبغة الصفراء بالصبغة الزرقاء التي تمتص الضوء الأخضر والأحمر فإن الألوان الأساسية كلها تمتص، ويتج اللون الأسود. لذا فإن الصبغة الصفراء والصبغة الزرقاء صبغتان متتامتان، وكذلك صبغة الأزرق الفاتح والصبغة الحمراء أيضاً صبغتان متتامتان، والشئ نفسه بالنسبة لصبغة الأحمر المزرق والصبغة الخضراء.

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

لماذا تتغير ألوان أوراق الشجر في فصل الخريف تحدث عملية البناء الضوئي خلال فصلي الربيع والصيف في أوراق الأشجار المتساقطة الأوراق. حيث يمتص الكلوروفيل ضوء الشمس؛ ليصنع الغذاء للشجرة ويكسبها اللون الأخضر. وتحتوي خلايا الأوراق على أصباغ أخرى - إضافة إلى صبغة الكلوروفيل - تتضمن الكاروتينات carotenoids (الأصفر، البرتقالي، والبني)، والأنثوسيانينات anthocyanins (الأحمر، الأرجواني). وبسبب وجود كمية كبيرة من الصبغة الخضراء في الأوراق فإن الألوان الأخرى لا تظهر خلال فصل النمو. وفي أثناء فترات النمو القصيرة، يتحلل الكلوروفيل، وتظهر ألوان الأصباغ الأخرى. وتظهر ألوان إضافية لأوراق الأشجار عند امتزاج الأصباغ معاً وعند تفاعل المواد الأخرى في الأوراق؛ مثل الجلوكوز ومخلفات التفاعلات الكيميائية، مع ضوء الشمس.

عرض سريع

الألوان من لون

انتلفاز اطلب إلى الطلاب النظر إلى جهاز التلفاز بواسطة عدسة مكبرة. سيلاحظون أن الصورة في الحقيقة مكونة من نقاط صغيرة جداً لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة. وتسمى كل نقطة من هذه النقاط (البكسل pixel)، وتحتوي كل منها على الضوء الأحمر والضوء الأخضر والضوء الأزرق. وعند تغيير سطوع كل نقطة من نقاط الشاشة (بيكسل) ينتج مدى من الألوان والظلال الإضافية. وعندما تخفت ألوان نقاط الشاشة جميعها يظهر اللون الأسود. ويظهر اللون الأبيض عندما تسطع ألوان نقاط الشاشة جميعها. وعملية مزج ألوان الضوء هذه تُسمى اللون بوساطة مزج أشعة الضوء أو اللون بالإضافة أو اللون التجميعي. **2م بصري-مكاني**

■ الشكل 15-9 يمكن أن يظهر لون الشمس ضارباً إلى اللون الأصفر أو البرتقالي بسبب تشتت الضوء البنفسجي والضوء الأزرق.



تستخدم الطابعة الملونة نقاطاً من صبغة الأصفر والأزرق والبنفسجي الداكن لعمل صورة ملونة على الورقة. وتكون الأصباغ المستخدمة على الأغلب مركبات مطحونة بصورة دقيقة، مثل أكسيد التيتانيوم (IV) (أبيض)، وأكسيد الكروم (III) (أخضر)، وكبريتيد الكادميوم (أصفر). وتمزج الأصباغ لتكوّن المحاليل المعلقة بدلاً من المحاليل الحقيقية، وتستمر هذه المركبات في امتصاص وعكس الأطوال الموجية نفسها؛ لأنها تحافظ على تركيبها الكيميائي في المزيج دون تغيير.

الربط مع الكيمياء

استخلاص النتائج من اللون تبدو النباتات خضراء بسبب صبغة الكلوروفيل فيها. حيث يمتص أحد أنواع الكلوروفيل الضوء الأحمر، ويمتص النوع الآخر اللون الأزرق، في حين يعكس كلاهما الضوء الأخضر. وتستخدم طاقة الضوء الأحمر وطاقة الضوء الأزرق الممتصتين بواسطة النباتات في عملية البناء الضوئي؛ وهي العملية التي تصنع خلالها النباتات الخضراء غذاءها.

الربط مع الأحياء

وتبدو السماء مزرقّة؛ لأن جزيئات الهواء تُشتت (انعكاسات متكررة) موجات الضوء البنفسجي والضوء الأزرق بمقدار أكبر من الأطوال الموجية الأخرى للضوء. أما الضوء الأخضر والضوء الأحمر فلا يتشتتان كثيراً بواسطة الهواء، وهذا يفسر لماذا تبدو الشمس صفراء أو برتقالية، كما يتضح في الشكل 15-9. ويتشتت الضوء البنفسجي والضوء الأزرق في الاتجاهات جميعها فيضيان السماء بلون ضارب إلى الزرقة بدرجات متفاوتة.

استقطاب الضوء Polarization of Light

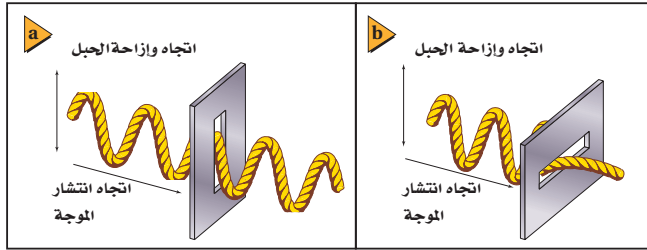
هل سبق أن نظرت إلى الضوء المنعكس من خلال نظارات شمسية مستقطبة؟ ستلاحظ أنه عندما تُدير النظارات تبدو الطريق في البداية مظلمة، ثم مضيئة، ثم مظلمة مرة أخرى مع استمرار التدوير. أما عند تدوير النظارات في اتجاه ضوء منبعث من مصباح كهربائي فسيكون مقدار تغير الضوء ضئيلاً. فما سبب وجود هذا الفرق؟ إن ضوء المصباح العادي غير مستقطب، في حين أن الضوء القادم من الطريق قد انعكس وأصبح مستقطباً. والاستقطاب هو إنتاج ضوء يتذبذب في مستوى واحد.

طرائق تدريس متنوعة

نشاط

تحديد جسدي أعط الطلاب مرشحات استقطاب، واطلب إليهم أن يشاهدوا أجساماً مختلفة من خلال المرشحات، وأن يدوروا المرشحات ويلاحظوا ما يحصل لهذه الأجسام. ولكي يتمكن الطلاب المحدودي الحركة من إدراك التغير، وفر مجموعة متنوعة من الأشياء المحمولة التي يمكن أن تُشاهد؛ كآلة الحاسبة المزودة بشاشة LCD أو مقياس درجة حرارة مصنوع من البلورات السائلة. ينبغي أن يتوصل الطلاب إلى أن المرشح لا يغير لون معظم الأجسام، وأن معظم الأجسام لا يتغير مظهرها عندما يُدار المرشح، بينما تتغير السطوح العاكسة الملساء؛ كالنوافذ مثلاً، بصورة ملحوظة عند دورانه. كما تحتفي الشاشات المصنوعة من البلورات السائلة عندما يُدار المرشح بطريقة صحيحة.

1م حركي



■ الشكل 16-9 في الجبل المستخدم نموذجًا لموجات الضوء، يكون الضوء عبارة عن موجة واحدة تنتقل وتتذبذب في المستوى الرأسي فقط، لذا فإنها تمر من خلال المستقطب الرأسي (a)، ولا تستطيع المرور من خلال المستقطب الأفقي (b).

الاستقطاب بالترشيح (الفلتر) يمكن فهم الاستقطاب من خلال الجبل المستخدم نموذجًا لموجات الضوء الموضح في الشكل 16-9، حيث تمثل الموجة الميكانيكية المستعرضة في الجبل الموجات الضوئية المستعرضة، أما الشق فيمثل ما يعرف بمحور الاستقطاب لوسط الاستقطاب. فعندما تكون موجات الجبل موازية للشق تعبر من خلاله، أما عندما تكون الموجات متعامدة مع الشق فلا تعبر من خلاله، بل تُحجب. وتحتوي أوساط الاستقطاب جزيئات طويلة تتمكن من خلالها الإلكترونات من التذبذب، أو الحركة إلى الأمام وإلى الخلف، وجميعها في الاتجاه نفسه. فعندما ينتقل الضوء عابراً الجزيئات تمتص الإلكترونات الموجات الضوئية التي تذبذب في اتجاه تذبذب الإلكترونات نفسها. وتسمح هذه العملية للموجات الضوئية المتذبذبة في اتجاه معين بالعبور من خلالها، في حين تمتص الموجات المتذبذبة في الاتجاه الآخر. ويُسمى اتجاه وسط الاستقطاب المتعامد مع الجزيئات الطويلة محور الاستقطاب. والموجات التي تتمكن من العبور هي فقط تلك الموجات المتذبذبة بصورة موازية للمحور.

يحتوي الضوء العادي على موجات تذبذب في كل اتجاه عمودي على اتجاه انتقالها. فإذا وضع وسط الاستقطاب في طريق حزمة من الضوء العادي فإن مركبات الموجات التي ستنتفذ من خلاله هي فقط تلك المركبات التي تكون في اتجاه محور الاستقطاب نفسه. وينفذ في المتوسط من خلال وسط الاستقطاب نصف اتساع الضوء الكلي، لذا تنخفض شدة الضوء بمقدار النصف. وينتج وسط الاستقطاب ضوءاً مستقطباً، ويُسمى مثل هذا الوسط مرشح (فلتر) الاستقطاب.

الاستقطاب بالانعكاس عندما تنظر من خلال مرشح استقطاب إلى الضوء المنعكس عن لوح زجاجي وتُدور المرشح ستلاحظ أن الضوء يسطع ثم يخفت. وهذا يعني أنه حدث استقطاب جزئي للضوء في اتجاه سطح الزجاج عندما انعكس؛ أي أن الأشعة الضوئية المنعكسة تحتوي على كمية كبيرة من الضوء المتذبذب بشكل مواز لسطح الزجاج. واستقطاب الضوء المنعكس عن الطرق هو السبب في تقليل التوهج عند استخدام النظارات الشمسية المستقطبة. ونستدل من حقيقة تغير شدة الضوء المنعكس عن الطرق نتيجة تدوير النظارات الشمسية المستقطبة - على أن الضوء المنعكس مستقطب جزئياً. ويثبت مصوِّرو الفوتوجراف مرشحات الاستقطاب على عدسات الكاميرا لحجب الضوء المنعكس، كما موضح في الشكل 17-9.



■ الشكل 17-9 التقطت هذه الصورة لتجرب دون استخدام فلتر استقطاب؛ ويظهر فيها توهج الضوء على سطح النافذة (a). والتقطت الصورة للمشاهد نفسه باستخدام فلتر استقطاب (b).

■ استخدام الشكل 16-9

لمساعدة الطلاب على فهم كيفية عمل مرشحات الاستقطاب أدخل جبلاً صغيراً خلال شقّ طويل في قطعة ورق كرتون مقوّى، ثم ولّد موجات مستعرضة في الجبل، ثم وضح لهم أنه عندما تكون الموجات مستقطبة في اتجاه الشق نفسه فإنها تنفذ من خلاله. أما إذا كانت الموجات مستقطبة في اتجاه متعامد مع الشقّ فإنها لن تنفذ من خلاله. ثم وضح لهم أنه على الرغم من أن هذا النموذج يساعد الطلاب على فهم الاستقطاب إلا أنه ليس دقيقاً تماماً؛ حيث تمتص - في الواقع - مادة المرشح الطاقة من الموجة الضوئية، ثم تنبعث منها هذه الموجة مرة أخرى بطريقة معينة اعتماداً على الاتجاه بينهما. **2م بصري-مكاني**

التفكير الناقد

الاستقطاب اطلب إلى الطلاب تخيل مصدر ضوء غير مستقطب ومرشح استقطاب، وقد رتبّت بطريقة بحيث لا ينفذ الضوء من خلال المرشح الثاني. ثم اطلب إليهم تخيل أن أحد الطلاب يؤكد أنه يستطيع وضع مرشح استقطاب ثالث بين المرشحين السابقين بحيث ينفذ الضوء من خلال مرشحات الاستقطاب الثلاثة. اسأل الطلاب هل يمكنه فعلاً القيام بذلك؟ نعم. فوق قانون مالوس، عندما يتم وضع مرشح استقطاب ثالث على أن يصنع محور استقطابه زاوية مع محوري استقطاب المرشحين السابقين فإن الضوء النافذ من مرشح الاستقطاب الأول سيكون مستقطباً بالتوازي مع المرشح الأوسط. ومع أن شدة الضوء النافذ من المرشح الأول تنخفض بواسطة المرشح الأوسط إلا أن المرشح الأوسط يعمل أيضاً على تغيير زاوية استقطاب الضوء، مما يجعل محور استقطاب الضوء النافذ منه موازياً لمحور استقطاب المرشح الأخير؛ مما يسمح لبعض الضوء بالنافذ. **2م**

تعزير الفهم

شاشات LCD المستقطبة الأخرى تستخدم أجهزة الحاسوب شاشات LCD، كما تستخدم الساعات الرقمية والآلات الحاسبة أيضًا ألواح استقطاب والبلورات السائلة ونقاط الشاشة (البكسل) لصنع شاشات العرض. إلا أن هذه الشاشات تُظهر نوعين من المساحات فقط: مساحات مضاءة (للخلفية عادة)، وأخرى غير مضاءة (للأرقام عادة). اطلب إلى الطلاب توضيح كيفية عمل هذه الأجهزة المستقطبة. **لصنع مساحات الخلفية المضاءة، تُدار خلايا LCD وترتّب بحيث يكون استقطاب الضوء 90° تمامًا بين اللوحين المتعامدين، مما يسمح للضوء بالمرور خلال اللوح الثاني. ولصنع المساحات المعتمة أو المساحات المتعلقة بالأرقام تولّد مجالات كهربائية تعمل على توليد إشارة تُرتّب البلورات السائلة بحيث لا تدور بمقدار 90° ، وتبقى البلورات متوازية مع المرشحات فيمنع الضوء من المرور من خلال الشاشة واللوح الثاني. **م 2****



الشكل 18-9 عندما يتم ترتيب مرشحي استقطاب بحيث يكون محورا استقطابيهما متوازيين، تنفذ من خلالهما أكبر كمية من الضوء (a). ولن ينفذ الضوء من خلال مرشحي الاستقطاب إذا تم ترتيبهما بحيث يكون محورا استقطابيهما متعامدين (b).

تجربة عملية
كيف يمكنك التقليل من الوهج؟
ارجع الى دليل التجارب العملية

تحليل الاستقطاب افترض أنك حصلت على ضوء مستقطب باستخدام مرشح استقطاب، فماذا يحدث إذا وضعت مرشح استقطاب آخر في مسار الضوء المستقطب؟ إذا كان محور الاستقطاب لمرشح الاستقطاب الثاني موازيًا لمحور الاستقطاب لمرشح الاستقطاب الأول فسينفذ الضوء من خلاله، كما في الشكل 18a-9. أما إذا كان محور الاستقطاب لمرشحي الاستقطاب متعامدين فلن ينفذ الضوء من خلال المرشح، كما يتضح من الشكل 18b-9. ويُسمّى القانون الذي يوضح مدى انخفاض شدة الضوء عندما يعبر من خلال مرشح استقطاب ثانٍ قانون مالوس. فإذا كانت شدة الضوء بعد مروره في مرشح الاستقطاب الأول هي I_1 فإن مرشح الاستقطاب الثاني، الذي يصنع محور استقطابه زاوية مقدارها θ مع محور استقطاب المرشح الأول، سينتج ضوءًا شدته I_2 ، بحيث تكون أقل من I_1 أو تساويها.

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta$$

إن شدة الضوء الخارج من مرشح الاستقطاب الثاني تساوي شدة الضوء الخارج من مرشح الاستقطاب الأول مضروبًا في مربع جيب تمام الزاوية المحصورة بين محوري استقطاب المرشحين.

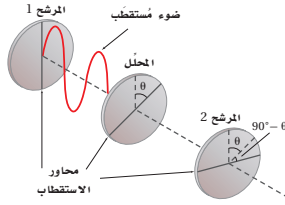
تستطيع باستخدام قانون مالوس أن تقارن بين شدة الضوء الخارج من مرشح الاستقطاب الثاني وشدة الضوء الخارج من مرشح الاستقطاب الأول، ومن ثم تستطيع تحديد الزاوية المحصورة بين محوري استقطاب المرشحين. ويُسمى مرشح الاستقطاب الذي يستخدم قانون مالوس لتحقيق ما تقدم «المحلّل». وتستخدم المحلّلات لتحديد استقطاب الضوء المنبعث من أي مصدر ضوئي.

مسألة تحفيز

إذا وضعت مرشحًا محلّلًا بين مرشحين متقاطعين (محورا استقطابيهما متعامدان)، بحيث لا يوازي محور استقطابه أيًا من محوري استقطاب المرشحين المتقاطعين، كما هو موضح في الشكل المجاور.

1. فإنك تلاحظ أن قسماً من الضوء يمر من خلال المرشح 2، على الرغم من أنه لم يكن هناك ضوء يمر من خلاله قبل إدخال المرشح المحلل. فلم يحدث ذلك؟

2. إذا وضع المرشح المحلل بحيث يصنع محوره زاوية θ بالنسبة لمحور استقطاب المرشح 1 فاشتق معادلة لحساب شدة الضوء الخارج من المرشح 2 مقارنة بشدة الضوء الخارج من المرشح 1.



مسألة تحفيز

1. يسمح المرشح المحلل لبعض الضوء بالمرور من خلاله؛ لأن محور استقطابه ليس متعامدًا مع محور استقطاب المرشح الأول. ويستطيع الآن مرشح الاستقطاب الثاني تمرير الضوء المار من المرشح المحلل لكون محور استقطاب المرشح المحلل غير متعامد مع محور استقطاب المرشح الثاني.

2. I_1 تمثل شدة الضوء الخارجة من المرشح الأول، والمحلّل تمثل شدة الضوء الخارجة من المرشح المحلل، و I_2 تمثل شدة الضوء الخارجة من المرشح الثاني.

$$I_{\text{المحلل}} = I_1 \cos^2 \theta$$

$$I_2 = I_{\text{المحلل}} \cos^2 (90^\circ - \theta)$$

$$I_2 = I_1 \cos^2 (\theta) \cos^2 (90^\circ - \theta)$$

سرعة الموجات الضوئية The Speed of a Light Waves

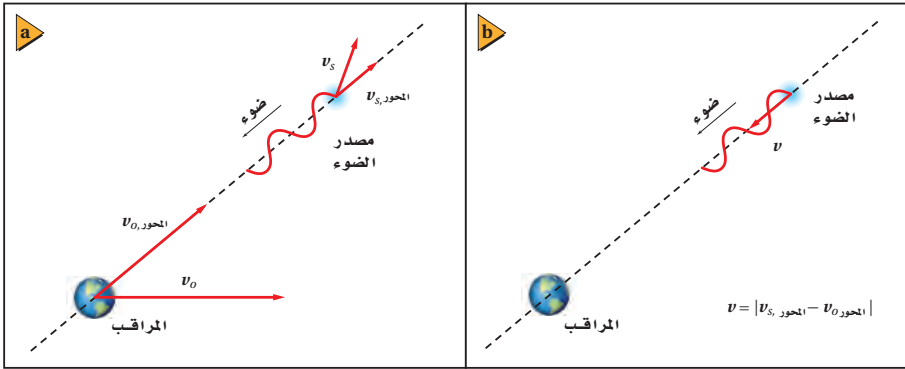
تعلمت سابقاً أنّ الطول الموجي λ لموجة هو دالة رياضية في سرعة الموجة v للوسط الذي تنتقل فيه، وفي ترددها الثابت f . ويمكن وصف الضوء بواسطة النماذج الرياضية نفسها التي تستخدم في وصف الموجات عموماً؛ لأن الضوء له خصائص موجية. ويكون الطول الموجي لضوء ذي تردد معلوم ينتقل في الفراغ عبارة عن دالة رياضية في سرعة الضوء c ، حيث يمكن كتابتها على النحو التالي: $\lambda_0 = c/f$. ولقد زوّدنا تطور الليزر في ستينيات القرن الماضي بطرائق جديدة لقياس سرعة الضوء. كما يمكن قياس تردد الضوء بدقة متناهية؛ وذلك باستخدام أجهزة الليزر والزمن المعياري الذي تزودنا به الساعات الذرية. في حين يتم قياس الأطوال الموجية للضوء بدقة أقل كثيراً.

لألوان الضوء المختلفة ترددات وأطوال موجية مختلفة، ولكنها تنتقل جميعها في الفراغ بسرعة تساوي سرعة الضوء c . فإذا كان تردد موجة الضوء في الفراغ معروفاً أمكنك عندئذٍ حساب طولها الموجي، والعكس صحيح؛ وذلك لأن جميع الأطوال الموجية للضوء تنتقل في الفراغ بالسرعة نفسها. ويمكنك باستخدام القياسات الدقيقة لتردد الضوء وسرعته حساب قيمة دقيقة لطوله الموجي.

الحركة النسبية والضوء ماذا يحدث إذا تحرك مصدر الضوء في اتجاهك أو تحركت أنت في اتجاه مصدر الضوء؟ تعلمت سابقاً أنه إذا كان مصدر الصوت أو المستمع متحركاً فسيغير تردد الصوت الذي يسمعه المستمع، وهذا صحيح أيضاً بالنسبة للضوء. فإذا أخذت بعين الاعتبار السرعة المتجهة لكلٍّ من مصدر الصوت والمراقب فإنك بذلك تكون قد راعيت السرعة المتجهة لكلٍّ منهما بالنسبة للوسط الذي ينتقل فيه الصوت.

يتضمن تأثير دوبلر في الضوء السرعة المتجهة لكلٍّ من المصدر والمراقب إحداهما بالنسبة إلى الآخر فقط؛ وذلك لأن موجات الضوء ليست اهتزازات لجسيمات الوسط الميكانيكي، كما هو الحال في الموجات الصوتية. ويُسمّى مقدار الفرق بين سرعتين المتجهتين لكلٍّ

■ الشكل 19-9 تختلف السرعة المتجهة للمراقب عن السرعة المتجهة لمصدر الضوء (a). مقدار الطرح المتجهي لمركبتي السرعة المتجهة على امتداد المحور بين مصدر الضوء ومراقب الضوء يمثل السرعة النسبية على امتداد المحور بين المصدر والمراقب (b).



تجربة إضافية

استقطاب الضوء المنعكس

الهدف مشاهدة استقطاب الضوء المنعكس.

المواد والأدوات مصدر ضوئي يُصدر شعاعاً ضوئياً ضيقاً، ولوح زجاجي، ومرشّح استقطاب.

الخطوات

1. شاهد مصدر الضوء من خلال مرشّح الاستقطاب، ثم دوّر مرشّح الاستقطاب.

يجب ألا يكون هناك تغير في شدة شعاع الضوء؛ لأن الضوء غير مُستقطب.

2. رتّب مصدر الضوء، واللوح الزجاجي، ومرشّح الاستقطاب بحيث يُمكن مشاهدة ضوء المصدر المنعكس عن اللوح من خلال مرشّح الاستقطاب.

3. انظر إلى الضوء المنعكس من مرشّح الاستقطاب، ثم دوّر المرشّح. **ستتغير شدة شعاع الضوء.**

4. أعد التجربة مع تغيير زاوية سقوط الضوء على اللوح الزجاجي (تعتمد التغيرات في شدة شعاع الضوء المنعكس عندما يُدوّر المرشّح على زاوية السقوط. وهناك زاوية سقوط معيّنة للشعاع تُسمّى زاوية الاستقطاب؛ بحيث يكون عندها الضوء المنعكس مُستقطباً كلياً).

التقويم يستنتج الطلاب أن موجات الضوء هي موجات مستعرضة، وأن الضوء غير المُستقطب له موجات تنتشر في الاتجاهات المستعرضة جميعها. اسأل الطلاب لماذا تتغير شدة الضوء المنعكس عندما يتم تدوير المرشّح؟ **لأن الضوء مُستقطب جزئياً.** واسألهم: ماذا يحدث إذا كان الضوء مُستقطباً كلياً؟ **ستتخفّض شدة الضوء المُشاهدة إلى الصفر.** وكيف يستطيعون تحديد اتجاه الاستقطاب؟ **سيحتاجون إلى مرشّح استقطاب آخر لتحليل الضوء المنعكس.**

تحفيز

نشاط

الفوتونات اطلب إلى الطلاب المهتمين باستقصاء الضوء كمجموعة من الفوتونات تنتشر في الفضاء على شكل موجات كهرومغناطيسية. يمكنهم مثلاً مناقشة كيفية إنتاج المصادر الضوئية للفوتونات، وكيفية انعكاس الفوتونات عن الأجسام، وكيف تمتص أعيننا الفوتونات وتدرّك الصور، ومواضيع أخرى ذات صلة. يمكن أن تتضمن المناقشة موضوع مصادر الضوء، كفوتونات الضوء الصادرة عن بخار الصوديوم، كما يمكن تضمينها تطبيقات عملية أخرى. اطلب إلى الطلاب كتابة مقال مختصر حول الموضوع الذي يختارونه. **3 م لغوي**

المناقشة

سؤال اطلب إلى الطلاب تحيّل بطة تطفو على سطح بركة دون أن تسبح، ولكنها تُرفرف بجناحيها بتردد ثابت وتكوّن موجات دائرية متّحدة المركز تنتشر بعيداً منطلقاً من موقع البطة. افترض الآن أن البطة بدأت العوم نحو الشاطئ، لذا فسوف تغيّر موقعها. ماذا يحدث للموجات الدائرية؟ وكيف تُثبت هذه الظاهرة تأثير دوبلر؟

الإجابة تستمر البطة في توليد موجات دائرية إلا أن الموجات لن تبقى متّحدة المركز. ولو افترضنا أن سرعة البطة أقل من سرعة الموجات المائية فإن الموجات الواقعة أمام البطة ستكون ذات طول موجي أقصر من الموجات الواقعة خلفها. **2م**

تعزيز الفهم

عرض تأثير دوبلر قد تود إعادة أحد العروض التي سبق أن استخدمتها عند تقديمك تأثير دوبلر للموجات الصوتية؛ لإظهار أوجه التشابه بين مظاهر التأثيرين، وكذلك مناقشة الاختلافات الرئيسية بوضوح؛ فسرعة الضوء دائماً هي نفسها في وسط معين، كما أن سرعة الرياح لن تؤثر في إزاحة الضوء.

من المصدر والمراقب بالسرعة النسبية. والعوامل المؤثرة في تأثير دوبلر هي فقط مركّبتا السرعتين المتجهتين على امتداد المحور بين المصدر والمراقب، كما في الشكل 19-9.

تأثير دوبلر لدراسة تأثير دوبلر في الضوء يمكن تبسيط المسألة باعتبار أن السرعات النسبية المحورية أقل كثيراً من سرعة الضوء ($v < c$). ويستخدم هذا التبسيط لتكوين معادلة حول تردد الضوء المراقب $f_{\text{المراقب}}$ ؛ التي تمثل تردد الضوء كما يراه المراقب.

$$f_{\text{المراقب}} = f \left(1 \pm \frac{v}{c} \right)$$

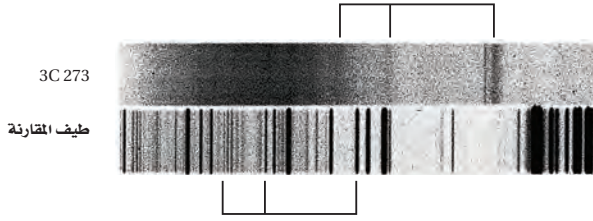
تردد الضوء المراقب من مصدر يساوي التردد الحقيقي للضوء المتولد من المصدر، مضروباً في حاصل جمع واحد إلى (السرعة النسبية على امتداد المحور بين المصدر والمراقب مقسومة على سرعة الضوء) إذا تحرك كل منهما في اتجاه الآخر، أو حاصل طرح (السرعة النسبية مقسومة على سرعة الضوء) من الواحد إذا تحركا مبتعدين.

لأن معظم المشاهدات حول تأثير دوبلر في الضوء تمت في سياق علم الفلك فإن معادلة تأثير دوبلر للضوء صيغت بدلالة الطول الموجي بدلاً من التردد. ويمكن استعمال المعادلة التالية $\lambda = c/f$ والتبسيط $v < c$ لحساب إزاحة دوبلر $\Delta\lambda$ ، التي تمثل الفرق بين الطول الموجي المراقب للضوء والطول الموجي الحقيقي له.

$$\Delta\lambda = \pm \frac{v}{c} \lambda = (\lambda_{\text{المراقب}} - \lambda)$$

الفرق بين الطول الموجي المراقب للضوء والطول الموجي الحقيقي للضوء الذي يولّده المصدر يساوي الطول الموجي الحقيقي للضوء الذي يولّده المصدر مضروباً في السرعة النسبية للمصدر والمراقب مقسوماً على سرعة الضوء. وهذه الكمية تكون موجبة إذا تحركا مبتعدين أحدهما عن الآخر، وسالبة إذا تحركا مقتربين أحدهما من الآخر.

إن التغير الموجب في الطول الموجي يعني أن الضوء مُزاح نحو الأحمر، وهذا يحدث عندما تكون السرعة المتجهة النسبية للمصدر في اتجاه مبتعد عن المراقب. والتغير السالب في الطول الموجي يعني أن الضوء مُزاح نحو الأزرق، وهذا يحدث عندما تكون السرعة المتجهة النسبية للمصدر في اتجاه مقترب من المراقب. وعندما يزاح الطول الموجي نحو الأحمر يكون التردد المراقب أقل؛ نتيجة للعلاقة العكسية بين هذين المتغيرين؛ لأن سرعة الضوء تبقى ثابتة. وعندما يُزاح الطول الموجي نحو الأزرق يكون التردد المراقب أكبر.



■ الشكل 20-9 تبدو بوضوح ثلاثة خطوط انبعاث لعنصر الهيدروجين مزاحة نحو الأحمر في طيف الكوازار 3C 273، تم تحديدها من خلال إشارات الخطوط خارج الطيفين. حيث أزيحت أطوالها الموجية 16% تقريباً مقارنة بالظروف المختبرية.

يستطيع الباحثون تحديد كيفية تحرك الأجسام الفلكية، مثل المجرات، بالنسبة للأرض، وذلك بمراقبة انزياح دوبلر للضوء. ويتم ذلك عن طريق مراقبة طيف الضوء المنبعث من النجوم في المجرة باستخدام جهاز يُسمى المطياف، كما هو موضح في الشكل 20-9. حيث تبعث العناصر الموجودة في نجوم المجرات أطوالاً موجية محددة يمكن قياسها في المختبر. وللمطياف القدرة على قياس انزياح دوبلر لهذه الأطوال الموجية.

اقترح إدوين هابل في عام 1929 أن الكون يتمدد، وتوصل هابل إلى هذه النتيجة بتحليل طيف الانبعاث القادم من عدة مجرات. ولاحظ هابل أن خطوط الطيف للعناصر المألوفة كانت ذات أطوال موجية أطول من المتوقع، حيث كانت خطوط الطيف مزاحة نحو نهاية الطيف ذي اللون الأحمر. وبغض النظر عن مساحة السماء التي راقبها، فقد كانت المجرات ترسل إلى الأرض ضوءاً مزاحاً نحو الأحمر. ترى، ما سبب انزياح خطوط الطيف نحو الأحمر؟ استنتج هابل من ذلك أن المجرات جميعها تتحرك مبتعدة عن الأرض. وقد ذكر الله سبحانه وتعالى في كتابه الكريم أن السماء في اتساع، قال تعالى: ﴿وَالسَّمَاءَ بَنَيْنَاهَا بِأَيْدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ﴾ (٤٧) سورة الذاريات.

الربط مع الفضك

مسائل تدريبية

11. $5.85 \times 10^{14} \text{ Hz}$

12. $6.03 \times 10^{14} \text{ Hz}$

13. $7.02 \times 10^6 \text{ m/s}$ ، ويبدو الطول الموجي المراقب (الظاهري) أكبر من الطول الموجي الحقيقي لخط طيف الأكسجين. هذا يعني أن الفلكي والمجرة يتحركان مبتعداً أحدهما عن الآخر.

مسائل تدريبية

11. ما تردد خط طيف الأكسجين إذا كان طوله الموجي 513 nm؟

12. تتحرك ذرة هيدروجين في مجرة بسرعة $6.55 \times 10^6 \text{ m/s}$ مبتعدة عن الأرض، وتبعث ضوءاً بتردد $6.16 \times 10^{14} \text{ Hz}$. ما التردد الذي سيلاحظه فلكي على الأرض للضوء المنبعث من ذرة الهيدروجين؟

13. ينظر فلكي إلى طيف مجرة، فيجد أن هناك خطاً لطيف الأكسجين بالطول الموجي 525 nm، في حين أن القيمة المقاسة في المختبر تساوي 513 nm، احسب سرعة تحرك المجرة بالنسبة للأرض، ووضح ما إذا كانت المجرة تتحرك مقترية من الأرض أم مبتعدة عنها، وكيف تعرف ذلك؟

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

مقاييس التداخل مقياس التداخل لمايكلسون هو جهاز بصري له تطبيقات عدة في علم البصريات. فقد ابتكر العالم مايكلسون جهاز مقياس التداخل لبحث عن "الأثير"؛ ذلك الوسط الذي يعتقد أن الضوء ينتقل خلاله في ذلك الوقت. ولأن كوكب الأرض يتحرك بسرعة حول الشمس فقد اعتقد أن مقياس التداخل في المختبر يتحرك خلال الأثير. ولذا يجب أن يكون هناك تأثير دوبلر عندما يتغير اتجاه حركة مقياس التداخل نسبة إلى الأثير. ولكن عند عمل مايكلسون بالتعاون مع مورلي في نهاية القرن التاسع عشر في تجارب قياس سرعة الضوء لم يكن هناك تأثير دوبلر؛ وهذا يثبت أن الأثير وسط غير موجود. ويستخدم الآن جهاز مقياس التداخل على نطاق واسع في اختبار دقة الأجهزة البصرية كالتلسكوب مثلاً.

3. التقويم

التحقق من الفهم

الألوان اطلب إلى الطلاب تشكيل مجموعات ثنائية، بحيث يقوم أحد الطالبين في المجموعة بمزج واختزال أشعة الضوء، بينما يقوم الطالب الآخر في المجموعة بتوضيح ما حصل. اطلب إلى كافة المجموعات أن يعرضوا توضيحاتهم على زملائهم باستخدام مخططات توضيحية أو أدلة مثل المرشحات أو مواد شفافة ملونة للنظر من خلالها إذا تعدد وجود المرشحات.

2م بصري - مكاني

التوسع

اطلب إلى الطلاب استكشاف طبيعة الرؤية استنادًا إلى طريقة رؤية اللون. ويمكن للطلاب التوسع في استكشافهم؛ وذلك بتضمين عمى الألوان فيها. 3م

17. **مزج الأصباغ** ما الألوان الأساسية للأصباغ التي يجب أن تمزج لإنتاج اللون الأحمر؟ وضح كيف ينتج اللون الأحمر باختزال لون من ألوان الصبغة؟
18. **الاستقطاب** صف تجربة بسيطة يمكنك إجراؤها لتحديد ما إذا كانت النظارات الشمسية المتوافرة في المتجر مستقطبة أم لا.
19. **التفكير الناقد** توصل الفلكيون إلى أن مجرة الأندروميديا، وهي المجرة القريبة من مجرتنا (مجرة درب التبانة)، تتحرك في اتجاه مجرتنا. وضح كيف تمكن العلماء من تحديد ذلك. وهل يمكنك التفكير في دليل محتمل لاقتراب مجرة الأندروميديا من مجرتنا؟

14. **مزج ألوان الضوء** ما لون الضوء الذي يجب أن يتحد مع الضوء الأزرق للحصول على الضوء الأبيض؟
15. **تفاعل الضوء مع الصبغة** ما اللون الذي يظهر به الموز الأصفر عندما يُضاء بواسطة كل مما يأتي؟
- a. الضوء الأبيض.
- b. الضوء الأخضر والضوء الأحمر معًا.
- c. الضوء الأزرق.
16. **الخصائص الموجية للضوء** سرعة الضوء الأحمر في الهواء والماء أقل من سرعته في الفراغ. فإذا علمت أن التردد لا يتغير عندما يدخل الضوء الأحمر في الماء، فهل يتغير الطول الموجي؟ وإذا كان هناك تغير فكيف يكون؟

2-9 مراجعة

14. الأصفر (مزيج من اللونين الأساسيين الآخرين؛ الأحمر والأخضر).
15. a. الأصفر
b. الأصفر
c. الأسود
16. نعم؛ لأن $v = \lambda f$ و $v/f = \lambda$ ؛ لذا فعندما تقل v فإن λ تقل أيضًا.
17. تُستخدم الصبغتان الصفراء والحمراء المزرق (الأرجواني) في إنتاج اللون الأحمر. فالصبغة الصفراء تختزل اللون الأزرق وصبغة الأحمر المزرق تختزل اللون الأخضر، ولا تختزل أيٍّ منهما اللون الأحمر لذا سيعكس المزيج اللون الأحمر.
18. تحقق ما إذا كانت النظارات تقلل من السطوع الصادر عن السطوح العاكسة، ومنها النوافذ والطرق المعبدة. ويستفيد المصورون الفوتوغرافيون من استقطاب الضوء المنعكس بتصوير الأجسام لحظة التخلص من السطوع.
19. خطوط طيف الانبعاث للذرات المعروفة مزاحة نحو الأزرق في الضوء الذي نراه قادمًا من مجرة الأندروميديا. لذا، فإن مجرة الأندروميديا تتحرك في اتجاه مجرتنا؛ وذلك بسبب قوة الجاذبية. وقد تكون المجرتان متحركتين في مدار متذبذب بعضهما حول بعض.

مختبر الفيزياء

مختبر الفيزياء

استقطاب الضوء Polarization of Light

إن مصدر الضوء الذي يولّد موجات ضوئية مستعرضة جميعها في المستوى الثابت نفسه يقال إنها مُستقطبة في ذلك المستوى. ويمكن استخدام مرشّح الاستقطاب لإيجاد مصادر الضوء التي تنتج ضوءاً مستقطباً. فبعض الأوساط تستطيع أن تُدوّر مستوى استقطاب الضوء في أثناء نفاذ الضوء من خلالها. ومثل هذه الأوساط يقال إنها فعّالة بصرياً، وتستقصي في هذا النشاط هذه المفاهيم للضوء المستقطب.

سؤال التجربة

ما أنواع الإضاءة؟ وما مصادر الضوء التي تولّد ضوءاً مُستقطباً؟

المواد والأدوات

- لوحة مرشّح استقطاب
- مصدر ضوء متوهج أو ساطع
- مصدر ضوء فلورسنتي
- قطع من الورق الأبيض والأسود
- آلة حاسبة مزودة بشاشة مصنوعة من البلورات السائلة
- منقلة بلاستيكية شفافة
- مرآة

الخطوات

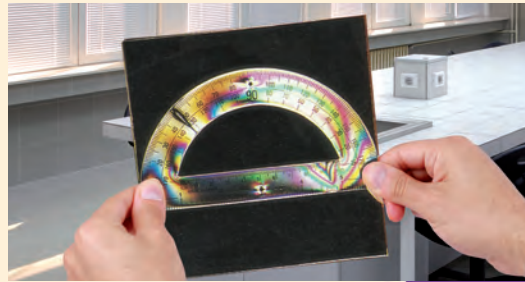
1. انظر من خلال مرشّح الاستقطاب إلى مصدر الضوء الساطع، ثم دوّر المرشّح، وسجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.
2. انظر من خلال مرشّح الاستقطاب إلى مصدر ضوء فلورسنتي، ثم دوّر المرشّح، وسجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.
3. استخدم مرشّح الاستقطاب لرؤية الضوء المنعكس بزاوية 45° تقريباً عن سطح المرآة، ثم دوّر المرشّح، وسجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.
4. استخدم مرشّح الاستقطاب لرؤية الضوء المنعكس بزاوية 45° تقريباً عن قطعة ورق، ثم دوّر المرشّح، وسجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.
5. استخدم مرشّح الاستقطاب لرؤية الضوء المنعكس بزاوية 45° تقريباً عن قطعة ورق سوداء، ثم دوّر المرشّح، وسجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.

الأهداف

- تجزّب مستخدماً مصادر ضوء ومرشّحات استقطاب مختلفة.
- تصف نتائج تجربتك.
- تميّز الاستخدامات الممكنة لمرشّحات الاستقطاب في الحياة اليومية.

احتياطات السلامة

- قلّل فترة النظر مباشرة إلى مصادر الضوء الساطعة.
- لا تجرّ هذه التجربة باستخدام مصادر أشعة الليزر.
- لا تنظر إلى الشمس، حتى لو كنت تستخدم مرشّحات استقطاب.
- تسخن مصادر الضوء وقد تؤدي إلى حرق الجلد.



الزمن المقدر حصّة مختبر واحدة.

المهارات العملية استخدام التفسيرات العلمية، والملاحظة والاستنتاج، والمقارنة، وتشكيل النماذج، وجمع البيانات وتنظيمها، والتفكير الناقد، والقياس، واستخلاص النتائج.

احتياطات السلامة قلّل طول الفترة الزمنية التي تنظر فيها مباشرة إلى مصادر الضوء الساطعة. ولا تجرّ هذه التجربة باستخدام مصادر ضوء الليزر، ولا تنظر مباشرة إلى الشمس، حتى لو استخدمت مرشّحات استقطاب.

المواد البديلة يمكن استخدام أجسام مستوية بدلاً من المنقلة البلاستيكية، كما يمكن استخدام ساعة LCD أو جهاز حاسوب محمول بدلاً من شاشة الآلة الحاسبة.

استراتيجيات التدريس

- نبّه الطلاب إلى الحرص على عدم خدش مرشّحات الاستقطاب؛ فقد تنخدش عند تنظيفها مثلاً.
- عندما يُقدّر الطلاب درجة الاستقطاب ذكّره بتطبيقات قانون مالوس المتعلق بشدة الضوء المنعكس من المرشّحات.

عينة بيانات

الملاحظة	مصدر الضوء
مستقطب	5. ورقة سوداء
مستقطب	6. شاشة مصنوعة من بلورات سائلة
لا شيء مرئي عند تعامد محوري استقطاب المرشّحين.	7. مرشّحي استقطاب
يكون البلاستيك مرئياً عند تعامد محوري استقطاب المرشّحين.	8. بلاستيك شفاف بين المرشّحين

الملاحظة	مصدر الضوء
غير مستقطب	1. ضوء متوهج
مستقطب قليلاً	2. ضوء فلورسنتي
مستقطب	3. سطح مرآة
غير مستقطب	4. ورقة بيضاء

جدول البيانات	
مصدر الضوء	الملاحظات
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

التحليل

1. لا، الضوء المتوهج غير مستقطب. يولد مصدر الضوء المتوهج ضوءاً ينتشر في جميع الاتجاهات المتعامدة مع اتجاه الانتشار.
2. الضوء الفلورسنتي مستقطب قليلاً. وعندما يُدور مرشح الاستقطاب يخفت الضوء بعض الشيء.
3. نعم، تولّد السطوح اللامعة ضوءاً مستقطباً.
4. يكون الضوء المنعكس عن الورقة البيضاء غير مستقطب، أما الضوء المنعكس عن الورقة السوداء فيكون مستقطباً؛ لأن اللون الأسود يمتص معظم الضوء غير المستقطب.
5. تولّد شاشات البلورات السائلة ضوءاً مستقطباً، فعندما يُدار المرشح فإن الشاشة تصبح سوداء عند زاوية معينة.

الاستنتاج والتطبيق

1. لن يمر ضوء خلال مرشح الاستقطاب عندما يكون محوّرًا استقطابها متعامدين.
2. تُدور المنقلة البلاستيكية مستوى استقطاب الضوء بعد مروره من مرشح الاستقطاب الأول؛ لذا فإن كمية قليلة من الضوء يمكن أن تمر من خلال مرشح الاستقطاب الثاني، كما تم توضيحه بواسطة قانون مالوس.
3. يكون معظم الضوء مستقطباً عندما ينعكس عن السطوح اللامعة أو عندما يمر خلال وسط فعال بصرياً كشاشات البلورات السائلة.

التوسع في البحث

1. ضوء السماء الزرقاء مستقطب بشكل كبير.
2. الضوء المنعكس عن الغيوم غير مستقطب.

الفيزياء في الحياة

1. تُساعد العدسات المستقطبة على حجب الوهج أو السطوح الناشئة عن انعكاس الضوء عن السطوح العاكسة.
2. توجد في السيارات عدّة سطوح لامعة يمكنها استقطاب الضوء بسهولة.

الاستنتاج والتطبيق

1. **حلّ واستنتج** كيف يمكن استخدام مرشح استقطاب بحيث يمنع عبور أي ضوء خلالها؟
2. **حلّ واستنتج** لماذا يمكن رؤية المنقلة البلاستيكية الشفافة بين مرشحي الاستقطاب بينما لا يمكن رؤية أي شيء آخر من خلال مرشحي الاستقطاب؟
3. **استخلاص النتائج** أي نوع من الحالات تُنتج عمومًا ضوءاً مستقطباً؟

التوسع في البحث

1. انظر في يوم مشمس، إلى استقطاب السماء الزرقاء في المناطق القريبة من الشمس والمناطق البعيدة عنها مستخدماً مرشح استقطاب. تحذير: لا تنظر مباشرة إلى الشمس. ما خصائص الضوء المستقطب التي تلاحظها؟
2. هل الضوء المنعكس عن الغيوم مستقطب؟ أعط دليلاً على ذلك.

الفيزياء في الحياة

1. لماذا تُستعمل عدسات مستقطبة في صناعة النظارات ذات الجودة العالية؟
2. لماذا تعد النظارات المستقطبة أفضل من النظارات الملونة عند قيادة السيارة؟

الفيزياء

تزيد من المعلومات عن حول الضوء ارجع إلى الموقع الإلكتروني obseikanseducation.com

6. استخدم مرشح الاستقطاب لرؤية الشاشة المصنوعة من البلورات السائلة، ثم دوّر المرشح، وسجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.
7. ضع مرشح استقطاب فوق مرشح الاستقطاب الآخر، وانظر إلى المصدر الضوئي المتوهج من خلال هذين المرشحين. ثم دوّر أحد المرشحين بالنسبة للآخر، وأكمل دورة كاملة، وسجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.
8. ضع منقلة بلاستيكية شفافة بين مرشحي الاستقطاب، ثم انظر إلى المصدر الضوئي المتوهج من خلال هذه المجموعة، وأكمل دورة كاملة لأحد المرشحين. ثم ضع المرشحين بالطريقة نفسها التي اتبعتها في الخطوة 7 والتي لم ينتج عندها الضوء، وسجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.

التحليل

1. **فسّر البيانات** هل ينتج الضوء المتوهج ضوءاً مستقطباً؟ كيف تعرف ذلك؟
2. **فسّر البيانات** هل ينتج الضوء الفلورسنتي ضوءاً مستقطباً؟ كيف تعرف ذلك؟
3. **فسّر البيانات** هل ينتج انعكاس الضوء عن سطح مرآة ضوءاً مستقطباً؟ كيف تعرف ذلك؟
4. **قارن** كيف يُقارن الضوء المنعكس عن الورقة البيضاء بالضوء المنعكس عن الورقة السوداء بدلالة الضوء المستقطب؟ ولماذا يختلفان؟
5. **فسّر البيانات** هل الضوء المنبعث من شاشات البلورات السائلة مستقطب؟ كيف تعرف ذلك؟

تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية دع الطلاب يختاروا مصادر الضوء التي سيستقصونها. ثم دعهم يستكشفوا أكبر عدد ممكن من المصادر الضوئية وأشعة الضوء المنعكسة. ثم اطلب إليهم استقصاء المصادر الممكنة للضوء المستقطب في الطبيعة. سيستخدم الطلاب التفكير الناقد لاستخلاص النتائج حول الاستخدامات الممكنة للضوء المستقطب من قبل المخلوقات الحية.

الخلفية النظرية

يعد مصباح الهالوجين مصباحاً متوهجاً تم تحسينه عن طريق الحد من تبخر الفتيلة، وبذلك لا يترسب بخار الفتيلة - الذي يؤدي إلى تعميم زجاج المصباح - على زجاج المصباح، كما تتجدد فتيلته في أثناء إضاءته، مما يسمح بارتفاع درجة حرارة الفتيلة، بحيث تُصدر ضوءاً أبيض.

إن القوس الكهربائي الذي يتكون في وعاء مفرغ منه معظم الهواء يُمثل أبسط أنواع المصابيح الغازية المخلخلة؛ إذ يعتمد لون السطوع في المصباح على تركيب الغاز الموجود فيه. وتعد المصابيح الفلورسنتية من أنواع مصابيح الغازات المخلخلة.

لم تُستعمل الصمامات الثنائية الباعثة للضوء الأبيض حتى الآن بوصفها مصادر إضاءة منزلية عملية، ولكنها قد تصبح كذلك إذا تم التوصل إلى حلول لبعض مشاكل استخدامها.

استراتيجيات التدريس

- شجّع الطلاب على البحث عن دور الضوء الذي مصدره الكهرباء في تطوير المجتمع.
- شجّع الطلاب أن يتعلموا أكثر عن الأنواع المتعددة لمصادر الضوء المستخدمة حالياً.

نشاط

صنع مصباح غاز مخلخل وضح للطلاب كيفية استخدام مضخة تفريغ، وناقوس زجاجي، وملف كهربائي على شكل نموذج T يُنتج حرارة كهربائية - لصنع مصباح غاز مخلخل. على الرغم من أن المضخة ذات المقبض تعمل جيداً، والتأثير الناتج مثير للدهشة، إلا أن الوهج لن يكون ساطعاً؛ وذلك بسبب طيف بخار الماء والهواء.

سجل التاريخ استخدام الزيت والشموع والغاز لتوفير الإضاءة، فكان هناك دائماً خطر كامن في استخدام اللهب المكشوف للحصول على الضوء. وجاء اختراع الإضاءة الكهربائية في القرن التاسع عشر، فزودنا بضوء أكثر سطوعاً، كما تحسنت وسائل الأمان والسلامة العامة للناس.

والمصابيح المتوهجة هي الشكل التقليدي للإضاءة الكهربائية الشائعة حتى الآن، حيث تُسخن فتيلة التنجستن بالكهرباء حتى تتوهج باللون الأبيض. والتنجستن لا يحترق ولكنه يتبخّر، مما يؤدي إلى تلف فتيلة التنجستن، لذا فلن يكون الحصول على الضوء منه فعالاً جداً. وقد حدث تطوير في الإضاءة الكهربائية لإنتاج مصادر إضاءة أطول عمراً وأقل إنتاجاً للحرارة.

مصابيح الكوارتز-الهالوجين لحماية

الفتيلة من التلف يُصنع المصباح صغيراً جداً ومملوئاً بغاز البرومين أو اليود. حيث تتحد أيونات التنجستن الموجودة في الفتيلة بجزيئات الغاز في الحيز البارد من المصباح لتكوين مركب يدور خلال المصباح ويتحد ثانية بالفتيلة. ويكون الضوء الناتج ناصع البياض وساطعاً، لكنه يولد حرارة تؤدي إلى صهر المصباح الزجاجي العادي، لذا يستخدم الكوارتز الذي له درجة انصهار عالية.

مصابيح الغازات المخلخلة يصنع هذا النوع من المصابيح من أنبوب زجاجي مع أسلاك كهربائية (قطب كهربائي) مثبتة عند طرفي الأنبوب، ويستخرج الهواء جميعه من داخل الأنبوب ويوضع مكانه كمية قليلة جداً من غاز محدد. وعند تطبيق فرق جهد بين طرفي الأنبوب، تؤين الكهرباء ذرات الغاز. ويُعدّ الغاز المؤين موصلاً جيداً للكهرباء، لذا يسري التيار الكهربائي خلاله، ويتوهج الغاز.

يعتمد استخدام مصابيح الغازات المخلخلة على نوع الغاز؛ إذ يستخدم غاز النيون في الإعلان، ويستخدم غاز الزنون في الكشافات

وفي وامضات آلات التصوير، كما يستخدم غاز الصوديوم في مصابيح إنارة الشوارع. ويعطي كل غاز لوناً مختلفاً إلا أن تركيب المصابيح تكون متشابهة إلى حد كبير.

المصابيح الفلورسنتية يكون التوهج الناتج عن بخار الزئبق غير مرئي؛ لأن معظم طيفه يكون في نطاق الضوء فوق البنفسجي، وهو غير مرئي. لذا يُصنع المصباح الفلورسنتي بطلاء السطح الداخلي لمصباح لتحلل الزئبق بالفوسفور، وهو عنصر كيميائي يتوهج عندما يصطدم به الضوء فوق البنفسجي. وتصنع المصابيح الفلورسنتية بأبي لون؛ وذلك بتغيير المزيج المتكوّن من الفوسفور الأحمر والأخضر والأزرق. وهي مصابيح اقتصادية، وتعمل طويلاً؛ لأنها تنتج حرارة قليلة، إضافة إلى إنتاجها كمية كبيرة من الضوء.



تظهر الصور من أعلى اليسار وفي اتجاه حركة عقارب الساعة، الثنائيات الباعثة للضوء، ومصابيح فلورسنتية، ومصابيح الهالوجين، ومصابيح الغازات المخلخلة في صورة مصابيح النيون.

الصمامات الثنائية الباعثة للضوء يمكن

أن تكون الصمامات الثنائية الباعثة للضوء مصادر الضوء في المستقبل. حيث ينتج الصمام الثنائي ضوءاً أبيض، وذلك بإضاءة شاشة فوسفورية صغيرة جداً داخله باستخدام ضوء أزرق. وتعطي هذه الصمامات إضاءة كافية للقراءة، ولا تكاد لا تنتج حرارة. وتتميز بكفاءتها العالية حيث يمكن لبطارية سيارة تزويد هذه المصابيح بالطاقة الكهربائية لتعمل في المنزل أياماً عدة دون الحاجة إلى إعادة شحنها.

التوسع

1. لاحظ بمساعدة معلمك بعض الأجهزة التي تستخدم الأنواء، وافحص بعضها لترى أنواع التقنيات المستخدمة في المصابيح.
2. ابحث تعرّف التركيب الداخلي لبعض أنواع مصابيح تفريغ الغاز بالإضافة إلى خصائص لون الضوء لكل منها وبجالات استخدامها اليومية العادية.

التوسع

1. الأجهزة الغريبة (مثل كرات البلازما) عبارة عن مصابيح غازات مخلخلة لا تحتوي على أقطاب.
2. ستختلف الإجابات، ولكن يجب أن تتضمن ميكانيكية تقليل ضغط الغاز في الأنبوب لإمرار تيار كهربائي فيه.

دليل مراجعة الفصل

المفاهيم الرئيسية

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



9-1 الاستضاءة Illumination

المفردات

- نموذج الشعاع الضوئي
- المصدر المضيء
- المصدر المستضيء (المضاء)
- الوسط غير الشفاف (المعتم)
- الوسط الشفاف
- الوسط شبه الشفاف
- التدفق الضوئي
- الاستضاءة

المفاهيم الرئيسية

- ينتقل الضوء في خط مستقيم خلال أي وسط منتظم.
- يمكن تصنيف المواد على أنها شفافة، أو شبه شفافة (معتمة)، اعتيادًا على كمية الضوء التي تعكسها، أو تنفذها أو تمتصها.
- التدفق الضوئي لمصدر ضوئي هو المعدل الذي ينبعث به الضوء، ويقاس بوحدة لومن lm.
- الاستضاءة هي التدفق الضوئي لكل وحدة مساحة، وتقاس بوحدة لوكن lx، أو لومن لكل متر مربع lm/m^2 .
- الاستضاءة بفعل مصدر ضوء نقطي تتناسب عكسيًا مع مربع المسافة وتردنيًا مع التدفق الضوئي.

$$E = \frac{P}{4\pi r^2}$$

- سرعة الضوء في الفراغ ثابتة وتساوي $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$.

9-2 الطبيعة الموجية للضوء The Wave Nature of Light

المفردات

- الحيود
- اللون الأساسي
- اللون الثانوي
- الصبغة الأساسية
- الصبغة الثانوية
- الألوان المتممة
- الاستقطاب
- قانون مالوس

المفاهيم الرئيسية

- للضوء المرئي أطوال موجية تتراوح بين 400 nm و 700 nm.
- يتكوّن الضوء الأبيض من تراكب ألوان الطيف، ولكل لون طول موجي خاص به.
- تراكب الألوان الأساسية (الأحمر والأخضر والأزرق) يكوّن الضوء الأبيض. ويشكّل تراكب لونين أساسيين أحد الألوان الثانوية التالية: الأصفر، الأزرق الفاتح، الأحمر المزرّق.
- يتكوّن الضوء المستقطب من موجات تتذبذب في المستوى نفسه.
- عند استخدام مرشّحي استقطاب لاستقطاب الضوء فإن شدة الضوء الخارج من المرشّح الأخير تعتمد على الزاوية بين محوري الاستقطاب لمرشّحي الاستقطاب.
- يمكن تمييز موجات الضوء المنتقلة خلال الفراغ بدلالة كل من ترددها وطولها الموجي وسرعتها.
- تتعرّض موجات الضوء لإزاحة دوبلر، التي تعتمد على السرعة النسبية على امتداد المحور بين المراقب ومصدر الضوء.

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f}$$

$$f_{\text{المراقب}} = f \left(1 \pm \frac{v}{c} \right)$$

$$\Delta\lambda = (\lambda_{\text{المراقب}} - \lambda) = \pm \frac{v}{c} \lambda$$

خريطة المفاهيم

20. انظر دليل حلول المسائل.

إتقان المفاهيم

21. يصل ضوء الشمس إلينا من خلال الفراغ.

22. يبعث الجسم المضيء الضوء أما الجسم المستضيء (المضاء) فهو ذلك الجسم الذي يسقط عليه الضوء ثم ينعكس.

23. إنه مضاء بصورة رئيسة؛ فالفتيلة مضيئة، أما زجاج المصباح فهو مستضيء (مضاء).

24. ترى الأجسام العادية غير المضيئة عن طريق عكسها للضوء.

25. يمر الضوء من خلال الوسط الشفاف دون تشوّه ونرى الأجسام من خلاله، ويمرّ الوسط شبه الشفاف الضوء إلا أنه يشوّهه؛ لذلك لا يمكن تمييز الأجسام عند النظر إليها من خلاله، أما الوسط المعتم فلا يمرّ الضوء ولا نرى الأجسام من خلاله.

26. تتناسب الاستضاءة على سطح ما طردياً مع شدة إضاءة مصدر الضوء وتتناسب عكسياً مع مربع المسافة بين السطح ومصدر الضوء.

27. سرعة الضوء كبيرة جداً إلا أنها محدّدة.

28. يكون الحيود أكثر وضوحاً حول العوائق التي تكون أبعادها مساويةً للطول الموجي للموجة تقريباً. وأغلب العوائق التي حولنا ذات أبعاد تُحيد موجات الصوت ذات الطول الموجي الكبير.

29. الضوء البنفسجي.

30. 400 nm إلى 700 nm

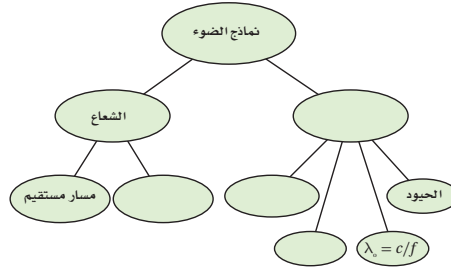
31. يتركّب الضوء الأبيض من الألوان جميعها، أو من الألوان الأساسية على الأقل.

32. يظهر الجسم باللون الأسود؛ لأن قليلاً من الضوء - إن وجد - ينعكس عن الجسم.

33. لا؛ لأنه ليس لها مركّبات مستعرضة.

خريطة المفاهيم

20. أكمل خريطة المفاهيم التالية باستخدام المصطلحات التالية: الموجة، c، تأثير دوبلر، الاستقطاب.



إتقان المفاهيم

21. لا ينتقل الصوت خلال الفراغ، فكيف تعرف أن الضوء ينتقل في الفراغ؟ (9-1)

22. فَرِّق بين المصدر المضيء والمصدر المستضيء. (9-1)

23. انظر بعناية إلى مصباح متوهج تقليدي. هل هو مصدر مضيء أم مصدر مستضيء؟ (9-1)

24. وضح كيف يمكنك رؤية الأجسام العادية غير المضيئة في غرفة الصف؟ (9-1)

25. فَرِّق بين الأجسام الشفافة وشبه الشفافة وغير الشفافة (المعتمة). (9-1)

26. ما الذي يتناسب طردياً مع استضاءة سطح بمصدر ضوئي؟ وما الذي يتناسب معه عكسياً؟ (9-1)

27. ما افتراض جاليليو بالنسبة لسرعة الضوء؟ (9-1)

28. لماذا يعد حيود الموجات الصوتية أكثر شيوعاً في الحياة اليومية من حيود الموجات الضوئية؟ (9-2)

29. ما لون الضوء الذي لديه أقصر طول موجي؟ (9-2)

30. ما مدى الأطوال الموجية للضوء، بدءاً من الأقصر إلى الأطول؟ (9-2)

31. ما الألوان التي يتكوّن منها الضوء الأبيض؟ (9-2)

32. لماذا يظهر جسم ما باللون الأسود؟ (9-2)

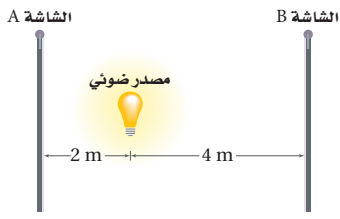
33. هل يمكن أن تكون الموجات الطولية مستقطبة؟ وضح إجابتك. (9-2)

34. تبعث مجرة بعيدة خطاً طيفياً في منطقة اللون الأخضر من الطيف الضوئي، فهل ينزاح الطول الموجي المراقب على الأرض إلى الضوء الأحمر أو إلى الضوء الأزرق؟ وضح إجابتك. (9-2)

35. ماذا يحدث للطول الموجي للضوء عندما يزداد تردده؟ (9-2)

تطبيق المفاهيم

36. يقع مصدر ضوء نقطي على بُعد 2.0 m من الشاشة A، وعلى بُعد 4.0 m من الشاشة B، كما يتضح من الشكل 9-21. قارن بين الاستضاءة على الشاشة B والاستضاءة على الشاشة A؟



الشكل 9-21

37. مصباح الدراسة يبعد مصباح صغير مسافة 35 cm من صفحات كتاب، فإذا ضاعفت المسافة:

a. فهل تبقى الاستضاءة على الكتاب هي نفسها دون تغيير؟

b. إذا لم تكن كذلك فكم تكون أكبر أو أصغر؟

38. لماذا يُطلّى السطح الداخلي للمناظير وآلات التصوير باللون الأسود؟

34. لأن المجرة بعيدة فستبدو أنها تتحرك مبتعدة عن الأرض، وسيزاح الطول الموجي في

اتجاه اللون الأحمر ذي الطول الموجي الكبير.

35. كلما ازداد التردد قلّ الطول الموجي.

تطبيق المفاهيم

36. الاستضاءة $E \propto 1/r^2$ ، لذلك ستكون الاستضاءة عند الشاشة B ربع الاستضاءة عند الشاشة A.

37. a. لا.

b. الاستضاءة على بُعد 35 cm أكبر، وتكون الاستضاءة عند مضاعفة المسافة $\frac{1}{4}$ القيمة الأولى.

38. يُطلّى السطح الداخلي باللون الأسود لأنه لا يعكس أي كمية من الضوء؛ ولذلك لن يكون هناك تداخل للضوء في أثناء مشاهدة الأجسام أو في أثناء تصويرها.

التقويم

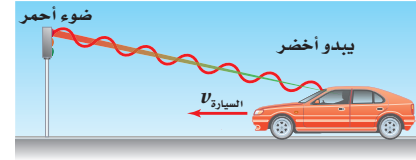
39. لن تكون سيارات الشرطة ذات اللون الأزرق الفاتح مرئية؛ لأنها تمتص الضوء الأحمر والضوء الأصفر. ويتعين عليهم شراء سيارات صفراء أو طلاء سياراتهم باللون الأصفر، حيث ستكون مرئية بدرجة كبيرة.
40. تتناقض الاستضاءة كما تم وصفها بوساطة قانون التريبع العكسي.
41. لا يوجد تغير، لا تؤثر المسافة في شدة الإضاءة.
42. يعد الضوء المُشْتَّت من الغلاف الجوي ضوءاً مستقطباً، إلا أن الضوء المُشْتَّت عن الغيوم غير مستقطب. يقلل المصور كمية الضوء المستقطب الذي يصل إلى الفيلم عن طريق تدوير المرشح.
43. مزج الصبغة الزرقاء الفاتحة والصبغة الحمراء المزرق (الأرجوانية).
44. الأصفر.
45. a. يعكس السلوفان الضوء الأحمر، ويمتص أو يمرر الضوء الأزرق والأخضر.
b. يمرر السلوفان الضوء الأحمر.
c. تم امتصاص الضوء الأزرق والضوء الأخضر.
46. الأسود، غالباً لا ينفذ ضوء؛ لأن الضوء المار من خلال المرشح الأول يمتص بوساطة المرشح الثاني.
47. يجب أن تكون سرعة السيارة $4.65 \times 10^7 \text{ m/s}$.

39. لون إضاءة الشوارع تحتوي بعض مصابيح الشوارع الفعالة جداً على بخار الصوديوم تحت ضغط عالٍ. وتنتج هذه المصابيح ضوءاً معظمه أصفر وجزء قليل منه أحمر. هل تستخدم المجتمعات التي فيها مثل هذه المصابيح سيارات شرطة ذات لون أزرق فاتح؟ ولماذا؟
- ارجع إلى الشكل 22-9 عند حل المسألتين التاليتين.



الشكل 22-9

40. ماذا يحدث للاستضاءة على صفحات الكتاب عند تحريك المصباح بعيداً عن الكتاب؟
41. ماذا يحدث لشدة إضاءة المصباح عند تحريكه بعيداً عن الكتاب؟
42. الصور المستقطبة يضع مصورو الفوتوجراف مرشحات استقطاب فوق عدسات الكاميرا لكي تبدو الغيوم أكثر وضوحاً، فتبقى الغيوم بيضاء في حين تبدو السماء داكنة بصورة أكبر. وضح ذلك معتمداً على معرفتك بالضوء المستقطب.
43. إذا كان لديك الأصباغ التالية: الصفراء والزرقاء الفاتحة والحمراء المزرق فكيف تستطيع عمل صبغة زرقاء اللون؟ وضح إجابتك.
44. إذا وضعت قطعة سلوفان حمراء على مصباح يدوي، ووضعت قطعة سلوفان خضراء على مصباح آخر، وسلطت حزماً ضوئية على حائط أبيض اللون فما الألوان التي ستراها عندما تتراكب الحزم الضوئية للمصباحين؟



الشكل 23-9

إتقان حلّ المسائل

9-1 الاستضاءة

48. 2.0 lx

49. $3.84 \times 10^8 \text{ m}$

50. يجب ضبطه على 100 w (1620 lm)

51. a. $3.9 \times 10^9 \text{ m}$

b. 25 km/s

c. $3.0 \times 10^1 \text{ km/s}$

52. $1.31 \times 10^3 \text{ lm}$

53. تكون المرآة عند منتصف المسافة التي ينتقلها الضوء خلال 0.10 s ؛ أي 15000 km مبتعداً. وهذه المسافة تمثل $3/8$ محيط الأرض، حيث إن محيط الأرض يساوي 40000 km .

9-2 الطبيعة الموجية للضوء

54. $7 \times 10^{-7} \text{ m}$

55. $3.09 \times 10^6 \text{ m/s}$

56. يجب أن يتجه محور النفاذ رأسياً؛ لأن الضوء المنعكس عن الطريق يكون مستقطباً جزئياً في الاتجاه الأفقي، فلا يمرر محور النفاذ الرأسي الموجات الأفقية.

إتقان حل المسائل

9-1 الاستضاءة

48. أوجد الاستضاءة على مسافة 4.0 m أسفل مصباح تدفقه الضوئي 405 lm .

49. يحتاج الضوء إلى زمن مقداره 1.28 s لينتقل من القمر إلى الأرض. فما مقدار المسافة بينهما؟

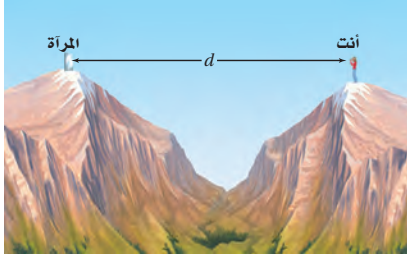
50. يستهلك مصباح كهربائي ثلاثي الضبط قدرة كهربائية 50 W ، 100 W ، 150 W لإنتاج تدفق ضوئي 665 lm ، 1620 lm ، 2285 lm في أزرار ضبطه الثلاثة. إذا وضع المصباح على بُعد 80 cm فوق ورقة وكانت أقل استضاءة لازمة لإضاءة الورقة هي 175 lx ، فما أقل زر ضبط ينبغي أن يُستخدم؟

51. سرعة الأرض وجد العالم أولي رومر أن متوسط زيادة التأخير في اختفاء القمر 10 أثناء دورانه حول المشتري من دورة إلى التي تليها يساوي 13 s ، فأجب عما يلي:

a. ما المسافة التي يقطعها الضوء خلال 13 s ؟
b. تحتاج كل دورة للقمر 10 إلى 42.5 h ، وتتحرك الأرض المسافة المحسوبة في الفرع a خلال 42.5 h . أوجد سرعة الأرض بوحدة km/s .
c. تحقق أن إجابتك للفرع b منطقية، واحسب سرعة الأرض في المدار مستخدماً نصف قطر المدار $1.5 \times 10^8 \text{ km}$ والفترة 1.0 yr .

52. يريد أحد الطلاب مقارنة التدفق الضوئي لمصباح ضوئي يدوي بمصباح آخر تدفقه الضوئي 1750 lm ، وكان كل منهما يضيء ورقة بالتساوي. فإذا كان المصباح 1750 lm يقع على بُعد 1.25 m من الورقة، في حين كان المصباح الضوئي اليدوي يقع على بُعد 1.08 m ، فاحسب التدفق الضوئي للمصباح اليدوي.

53. افترض أنك أردت قياس سرعة الضوء، وذلك بوضع مرآة على قمة جبل بعيد، ثم قمت بضغط زر وميض آلة تصوير وقياس الزمن الذي احتاج إليه الوميض لينعكس عن المرآة ويعود إليك، كما موضح في الشكل 9-24. وتمكّن شخص من تحديد فترة زمنية مقدارها 0.10 s تقريباً دون استخدام أجهزة. ما بعد المرآة عنك؟ قارن بين هذه المسافة وبعض المسافات المعروفة.



الشكل 9-24

9-2 الطبيعة الموجية للضوء

54. حوّل الطول الموجي للضوء الأحمر 700 nm إلى وحدة الأمتار.

55. حركة المجرة ما السرعة التي تتحرك بها مجرة بالنسبة للأرض، إذا كان خط طيف الهيدروجين 486 nm قد أزيح نحو الأحمر 491 nm ؟

56. النظارات الشمسية المستقطبة في أي اتجاه يجب توجيه محور النفاذ للنظارات الشمسية المستقطبة للتخلص من الوهج الصادر عن سطح الطريق: في الاتجاه الرأسي أم الأفقي؟ فسر إجابتك.

التقويم

57. $1.95 \times 10^7 \text{ m/s}$

58. إن القيمة غير الحقيقية للطول الموجي هي التي تجعل المجرة تبدو لنا وكأنها تتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء أو أكبر منها. وباستخدام معادلة إزاحة دوبلر لسرعة قليلة تعطي طولاً موجياً ظاهرياً مقداره 2λ . لذا أي طول موجي ظاهري قريب أو أكبر من ضعف الطول الموجي الحقيقي سيكون غير حقيقي.

59. الضوء المنعكس مستقطب جزئياً في اتجاه مواز لسطح البحيرة، ومتعامد مع اتجاه انتشار الضوء من البحيرة إلى عينيك.

مراجعة عامة

60. 2.3 m

61. 15 m

62. لا يحتاج الضوء إلى زمن يذكر ($5.3 \mu\text{s}$)، بينما يحتاج الصوت إلى 4.7 s .

63. $\pm 3.3 \times 10^{-12} \text{ m}$

التفكير الناقد

64. لأنه لم يكن قادراً على قياس الفترات الزمنية الصغيرة المتضمنة في قياس المسافات التي يقطعها الضوء بين نقطتين على سطح الأرض.

65. a. القطع الزائد

b. تريبع عكسي

66. نعم، الضوء المنعكس مستقطب جزئياً، لذلك ستقلل نظارات الاستقطاب من السطوع أو الوهج إذا رتبت محاور استقطابها بصورة صحيحة.

62. الرعد والبرق وضع لماذا تحتاج إلى 5 s لسبح الرعد عندما يبعد البرق مسافة 1.6 km .

63. الدوران الشمسي لأن الشمس تدور حول محورها فإن أحد جوانبها يتحرك في اتجاه الأرض، أما الجانب المقابل فيتحرك مبتعداً عنها. وتكمل الشمس دورة كاملة كل 25 يوماً تقريباً، ويبلغ قطرها $1.4 \times 10^9 \text{ m}$. فإذا بعث عنصر الهيدروجين في الشمس ضوءاً بتردد $6.16 \times 10^{14} \text{ Hz}$ من كلا الجانبين فما التغير في الطول الموجي المرآب؟

التفكير الناقد

64. ابحث لماذا لم يتمكن جاليليو من قياس سرعة الضوء؟

65. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها يبعد مصدر ضوئي شدة إضاءته 110 cd مسافة 1.0 m عن شاشة. حدد الاستضاءة على الشاشة في البداية، وأيضاً عند كل متر تزداد فيه المسافة حتى 7.0 m ، ومثل البيانات بيانياً.

a. ما شكل المنحنى البياني؟

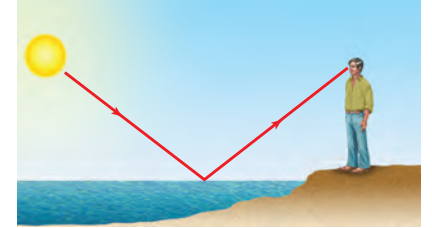
b. ما العلاقة بين الاستضاءة والمسافة الموضحة بواسطة الرسم البياني؟

66. حل واستنتج إذا كنت تقود سيارتك عند الغروب في مدينة مزدحمة ببنائات جدرانها مغطاة بالزجاج، حيث يؤدي ضوء الشمس المنعكس عن الجدران إلى انعدام الرؤيا لديك مؤقتاً. فهل تحل النظارات المستقطبة هذه المشكلة؟

57. حركة المجرة إذا كان خط طيف عنصر الهيدروجين المعروف بطول موجي 434 nm مزاحاً نحو الأحمر بنسبة 6.50% في الضوء القادم من مجرة بعيدة، فما سرعة ابتعاد المجرة عن الأرض؟

58. لأي خط طيفي، ما القيمة غير الحقيقية للطول الموجي الظاهري لمجرة تتحرك مبتعدة عن الأرض؟ ولماذا؟

59. افترض أنك كنت تتجه إلى الشرق عند شروق الشمس. وينعكس ضوء الشمس عن سطح بحيرة، كما في الشكل 9-25، فهل الضوء المنعكس مستقطب؟ إذا كان كذلك ففي أي اتجاه؟



الشكل 9-25

مراجعة عامة

60. إضاءة مصابيح الطرق عمود إنارة يحوي مصباحين متماثلين يرتفعان 3.3 m عن سطح الأرض. فإذا أراد مهندسو البلدية توفير الطاقة الكهربائية وذلك بإزالة أحد المصباحين، فكم يجب أن يكون ارتفاع المصباح المتبقي عن الأرض لإعطاء الاستضاءة نفسها على الأرض؟

61. مصدر ضوء نقطي شدة إضاءته 10.0 cd ويبعد 6.0 m عن جدار. كم يبعد مصباح آخر شدة إضاءته 60.0 cd عن الجدار إذا كانت استضاءة المصباحين متساوية عنده؟

الكتابة في الفيزياء

67. اكتب مقالاً تصف فيه تاريخ المعرفة البشرية المتعلقة بسرعة الضوء، وضمّنه إنجازات العلماء المهمة في هذا المجال.

68. ابحث في معلومات النظام الدولي للوحدات SI المتعلقة بوحدة الشمعة cd، وعبر بلغتك الخاصة عن المعيار الذي يستخدم في تحديد قيمة 1 cd.

مراجعة تراكمية

69. ما الطول الموجي لموجة صوتية ترددها 17,000 Hz تنتقل في ماء درجة حرارته 25 °C؟ (الفصل 8)

الكتابة في الفيزياء

67. ستختلف الإجابات.

68. ستختلف الإجابات، تعرف الشمعة cd بأنها مقدار التدفق المنتظم لطاقة الضوء الذي ينبعث بوساطة الثوريوم المتوهج خلال فتحة مساحتها $1/60 \text{ cm}^2$

مراجعة تراكمية

69. 8.8 cm

سَلَم تقدير

يمثل الجدول الآتي نموذجًا لسلم تقدير لإجابات الأسئلة الممتدة.

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

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. شوهد نجم مستعر في عام 1987 في مجرة قريبة، واعتقد العلماء أن المجرة تبعد 1.66×10^{21} m. ما عدد السنوات التي مضت على حدوث انفجار النجم فعليًا قبل رؤيته؟

- (A) 5.53×10^3 yr (B) 1.75×10^5 yr
(C) 5.53×10^{12} yr (D) 1.74×10^{20} yr

2. تتحرك مجرة مبتعدة بسرعة 5.8×10^6 m/s، ويبدو تردد الضوء الصادر عنها 5.6×10^{14} Hz بالنسبة لمراقب. ما تردد الضوء المنبعث منها؟

- (A) 1.1×10^{13} Hz (B) 5.5×10^{14} Hz
(C) 5.7×10^{14} Hz (D) 6.2×10^{14} Hz

3. إذا احتاج الضوء الصادر عن الشمس إلى 8.0 min للوصول إلى الأرض فكم تبعد الشمس عنها؟

- (A) 2.4×10^9 m (B) 1.4×10^{10} m
(C) 1.4×10^8 km (D) 2.4×10^9 km

4. ما مقدار تردد ضوء طوله الموجي 404 nm في الفراغ؟

- (A) 2.48×10^{-3} Hz (B) 7.43×10^5 Hz
(C) 2.48×10^6 Hz (D) 7.43×10^{14} Hz

5. إذا كانت الاستضاءة الناتجة بفعل مصباح ضوئي قدرته 60.0 W على بعد 3.0 m تساوي 9.35 lx، فما التدفق الضوئي الكلي للمصباح؟

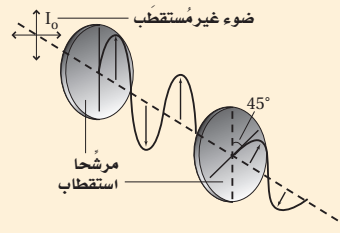
- (A) 8.3×10^{-2} lm (B) 7.4×10^{-1} lm
(C) 1.2×10^2 lm (D) 1.1×10^3 lm

6. ماذا نعني بالعبارـة "إنتاج اللون باختزال أشعة الضوء"؟

- (A) مزج الضوء الأخضر والأحمر والأزرق ينتج عنه الضوء الأبيض.
(B) ينتج لون عن إثارة الفوسفور بالإلكترونات في جهاز التلفاز.
(C) يتغير لون الطلاء باختزال ألوان معينة، ومنها إنتاج الطلاء الأزرق من الأخضر بالتخلص من اللون الأصفر.
(D) يتكوّن اللون الذي يظهر به الجسم نتيجة امتصاص أطوال موجية محدّدة للضوء وانعكاس بعضها الآخر.

الأسئلة الممتدة

7. يسقط ضوء غير مستقطب شدته I_0 على مرشح استقطاب، ويصطدم الضوء النافذ بمرشح استقطاب ثانٍ، كما يتضح من الشكل أدناه. ما شدة الضوء النافذ من مرشح الاستقطاب الثاني؟



إرشاد

طرح الأسئلة

عندما يكون لديك استفسار حول الاختبار، مثل طريقة توزيع الدرجات، أو الزمن المخصص لكل جزء، أو أي شيء آخر، فاسأل المعلم أو الشخص المشرف على الاختبار حول ذلك.

أسئلة الاختيار من متعدد

1. B 2. C 3. C
4. D 5. D 6. D

الأسئلة الممتدة

7. $I_2 = 0.25 I_0$

مسائل تدريبية

1-9 الاستضاءة (صفحة 73-65)

صفحة 70

4. يتطلب قانون المدارس الحكومية أن تكون الاستضاءة الصغرى 160 lx على سطح كل مقعد. وتقتضي المواصفات التي يوصي بها المهندسون المعماريون أن تكون المصابيح الكهربائية على بعد 2.0 m فوق المقاعد. ما مقدار أقل تدفق ضوئي تولده المصابيح الكهربائية؟

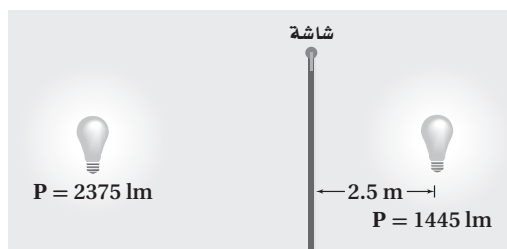
$$E = \frac{P}{4\pi d^2}$$

$$P = 4\pi E d^2$$

$$= 4\pi (160 \text{ lm/m}^2)(2.0 \text{ m})^2$$

$$= 8.0 \times 10^3 \text{ lm}$$

5. وضعت شاشة بين مصباحين كهربائيين يُضيئانها بالتساوي، كما في الشكل 7-9. فإذا كان التدفق الضوئي للمصباح الأول 1445 lm عندما كان يبعد مسافة 2.5 m عن الشاشة فما بُعد المصباح الثاني عن الشاشة إذا كان تدفقه الضوئي 2375 lm؟



الشكل 7-9 ■

$$E_1 = E_2$$

لذا فإن

$$\frac{P_1}{d_1^2} = \frac{P_2}{d_2^2}$$

أو

$$\begin{aligned} d_2 &= d_1 \sqrt{\frac{P_2}{P_1}} \\ &= (2.5 \text{ m}) \sqrt{\frac{2375 \text{ lm}}{1445 \text{ lm}}} \\ &= 3.2 \text{ m} \end{aligned}$$

1. تحرك مصباح فوق صفحات كتاب من مسافة 30 cm إلى 90 cm. قارن بين استضاءة الكتاب قبل الحركة وبعدها.

$$\frac{E_{\text{بعد}}}{E_{\text{قبل}}} = \frac{\left(\frac{P}{4\pi d_{\text{بعد}}^2}\right)}{\left(\frac{P}{4\pi d_{\text{قبل}}^2}\right)} = \frac{d_{\text{قبل}}^2}{d_{\text{بعد}}^2} = \frac{(30 \text{ cm})^2}{(90 \text{ cm})^2} = \frac{1}{9}$$

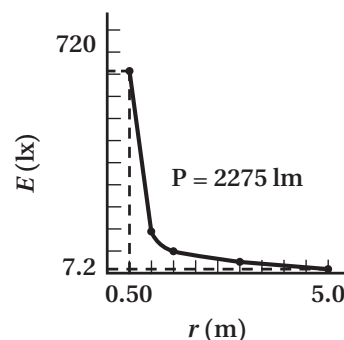
لذا فإنه بعد تحرك المصباح الكهربائي فإن الاستضاءة تعادل $\frac{1}{9}$ الاستضاءة الأصلية.

2. ارسم المنحنى البياني للاستضاءة المتولدة بواسطة مصباح ضوئي متوهج قدرته 150 W بين 0.50 m و 5.0 m.

الاستضاءة لمصباح قدرته 150 W

$$P = 2275 \text{ lm}, d = 0.50, 0.75, \dots, 5.0 \text{ m}$$

$$E(d) = \frac{P}{4\pi d^2}$$



3. مصدر ضوئي نقطي شدة إضاءته 64 cd يقع على ارتفاع 3.0 m فوق سطح مكتب. ما الاستضاءة على سطح المكتب بوحدة لوكس (lx)؟

$$P = 4\pi(64 \text{ cd}) = 256\pi \text{ lm}$$

لذا فإن

$$E = \frac{P}{4\pi d^2} = \frac{256\pi \text{ lm}}{4\pi(3.0 \text{ m})^2} = 7.1 \text{ lx}$$

مراجعة القسم

1-9 الاستضاءة (صفحة 73-65)

صفحة 73

9. بُعد المصدر الضوئي افترض أن مصباحًا كهربائيًا يضيء سطح مكتبك ويولّد فقط نصف الاستضاءة المطلوبة. فإذا كان المصباح يبعد حاليًا مسافة 1.0 m فكم ينبغي أن يكون بعده ليولّد الاستضاءة المطلوبة؟

$$\text{تعتمد الاستضاءة على } \frac{1}{d^2}$$

لذا فإن

$$\begin{aligned} \frac{E_i}{E_f} &= \frac{d_f^2}{d_i^2} = \frac{1}{2} \\ \frac{d_f^2}{(1.0 \text{ m})^2} &= \frac{1}{2} \\ d_f &= \sqrt{\frac{1}{2}} \text{ m} \\ &= 0.71 \text{ m} \end{aligned}$$

10. التفكير الناقد استخدم الزمن الصحيح الذي يحتاج إليه الضوء لقطع مسافة تعادل قطر مدار الأرض والذي يساوي 16.5 min، وقطر مدار الأرض $2.98 \times 10^{11} \text{ m}$ ، وذلك لحساب سرعة الضوء باستخدام طريقة رومر. وهل تبدو هذه الطريقة دقيقة؟ ولماذا؟

$$\begin{aligned} v &= \frac{d}{t} = \frac{3.0 \times 10^{11}}{(16 \text{ min})(60 \text{ s/min})} \\ &= 3.1 \times 10^8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

مسائل تدريبية

2-9 الطبيعة الموجية للضوء (صفحة 85-74)

صفحة 84

11. ما تردد خط طيف الأكسجين إذا كان طوله الموجي 513 nm؟

$$\begin{aligned} \text{استخدم المعادلة } \lambda &= \frac{c}{f} \text{ وحلها بالنسبة لـ } f \\ f &= \frac{c}{\lambda} \\ &= \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{5.13 \times 10^{-7} \text{ m}} \\ &= 5.85 \times 10^{14} \text{ Hz} \end{aligned}$$

6. الاستضاءة هل يولّد مصباح كهربائي واحد إضاءة أكبر من مصباحين مماثلين يقعان على ضعف بُعد مسافة المصباح الأول؟ وضح إجابتك.

يولّد مصباح واحد استضاءة أكبر مرتين من الاستضاءة التي يولّدها مصباحان مماثلان معًا يقعان عند ضعف المسافة؛ لأن

$$E \propto \frac{P}{d^2}$$

7. المسافة التي يقطعها الضوء يمكن إيجاد بُعد القمر باستخدام مجموعة من المرايا يحملها رواد الفضاء على سطح القمر. فإذا تم إرسال نبضة ضوء إلى القمر وعادت إلى الأرض خلال 2.562 s، فاحسب المسافة بين الأرض وسطح القمر، مستخدمًا القيمة المقاسة لسرعة الضوء.

$$\begin{aligned} d &= ct \\ &= (299800000 \text{ m/s})\left(\frac{1}{2}\right)(2.562 \text{ s}) \\ &= 3.840 \times 10^8 \text{ m} \end{aligned}$$

8. شدة الإضاءة يضيء مصباحان شاشة بالتساوي بحيث يقع المصباح A على بعد 5.0 m، ويقع المصباح B على بعد 3.0 m، فإذا كانت شدة إضاءة المصباح A 75 cd، فما شدة إضاءة المصباح B؟

$$E = \frac{I}{d^2}$$

لما كانت الاستضاءة متساوية

$$E_1 = E_2$$

فإن

$$\frac{I_1}{d_1^2} = \frac{I_2}{d_2^2}$$

أو

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{I_1 d_2^2}{d_1^2} \\ &= \frac{(75 \text{ cd})(3.0 \text{ m})^2}{(5.0 \text{ m})^2} = 27 \text{ cd} \end{aligned}$$

تابع الفصل 9

12. تتحرك ذرة هيدروجين في مجرة بسرعة $6.55 \times 10^6 \text{ m/s}$ مبتعدة عن الأرض، وتبعث ضوءاً بتردد $6.16 \times 10^{14} \text{ Hz}$. ما التردد الذي سيلاحظه فلكي على الأرض للضوء المنبعث من ذرة الهيدروجين؟
السرعة النسبية على طول المحور أقل كثيراً من سرعة الضوء. لذا يمكنك استخدام معادلة تردد الضوء المُراقَب. واستخدم الصيغة السالبة لمعادلة تردد الضوء المُراقَب؛ لأن عالم الفلك والمجرة يبتعد أحدهما عن الآخر.

$$\begin{aligned} f_{\text{المراقَب}} &= f \left(1 - \frac{v}{c}\right) \\ &= (6.16 \times 10^{14} \text{ Hz}) \left(1 - \left(\frac{6.55 \times 10^6 \text{ m/s}}{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}\right)\right) \\ &= 6.03 \times 10^{14} \text{ Hz} \end{aligned}$$

13. ينظر فلكي إلى طيف مجرة، فيجد أن هناك خطأ لطيف الأكسجين بالطول الموجي 525 nm ، في حين أن القيمة المقاسة في المختبر تساوي 513 nm ، احسب سرعة تحرك المجرة بالنسبة للأرض، ووضح ما إذا كانت المجرة تتحرك مقتربة من الأرض أم مبتعدة عنها، وكيف تعرف ذلك؟
افترض أن السرعة النسبية على امتداد المحور أقل كثيراً من سرعة الضوء. لذا يمكنك استخدام معادلة انزياح دوبلر.

$$(\lambda_{\text{المراقَب}} - \lambda) = \pm \frac{v}{c} \lambda$$

ويبدو الطول الموجي المُراقَب (الظاهري) أكبر من الطول الموجي الحقيقي لخط طيف الأكسجين. وهذا يعني أن الفلكي والمجرة يتحركان مبتعداً أحدهما عن الآخر؛ لذا استخدم الصيغة الموجبة لمعادلة انزياح دوبلر.

$$(\lambda_{\text{المراقَب}} - \lambda) = + \frac{v}{c} \lambda$$

وحل المعادلة بالنسبة للمتغير المجهول

$$\begin{aligned} v &= \frac{c(\lambda_{\text{المراقَب}} - \lambda)}{\lambda} \\ &= (3.00 \times 10^8 \text{ m/s}) \left(\frac{(525 \text{ nm} - 513 \text{ nm})}{513 \text{ nm}}\right) \\ &= 7.02 \times 10^6 \text{ m/s} \end{aligned}$$

مراجعة القسم

2-9 الطبيعة الموجية للضوء (صفحة 85-74)

صفحة 85

14. مزج ألوان الضوء ما لون الضوء الذي يجب أن يتحد مع الضوء الأزرق للحصول على الضوء الأبيض؟
الأصفر (مزيج من اللونين الأساسيين الآخرين؛ الأحمر والأخضر).

15. تفاعل الضوء مع الصبغة ما اللون الذي يظهر به الموز الأصفر عندما يُضاء بواسطة كل مما يأتي؟

a. الضوء الأبيض

الأصفر

b. الضوء الأخضر والضوء الأحمر معاً.

الأصفر

تابع الفصل 9

c. الضوء الأزرق

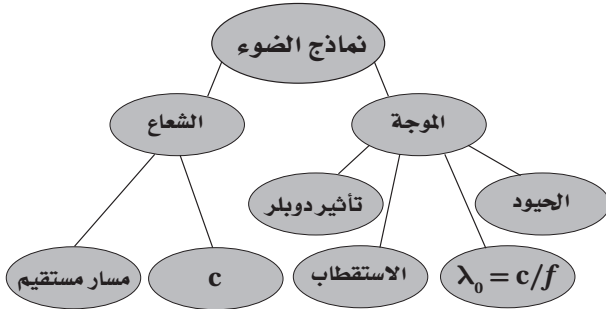
الأسود

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 90

20. أكمل خريطة المفاهيم التالية باستخدام المصطلحات التالية: الموجة، c، تأثير دوبلر، الاستقطاب.



إتقان المفاهيم

صفحة 90

21. لا ينتقل الصوت خلال الفراغ، فكيف تعرف أن الضوء ينتقل في الفراغ؟ (9-1)
يصل ضوء الشمس إلينا من خلال الفراغ.

22. فرق بين المصدر المضيء والمصدر المستضيء. (9-1)
يبعث الجسم المضيء الضوء، أما الجسم المستضيء (المضاء) فهو ذلك الجسم الذي يسقط عليه الضوء ثم ينعكس.

23. انظر بعناية إلى مصباح متوهج تقليدي. هل هو مصدر مضيء أم مصدر مستضيء؟ (9-1)
إنه مضاء بصورة رئيسة؛ فالفتيلة مضيئة، أما زجاج المصباح فهو مستضيء (مضاء).

24. وضح كيف يمكنك رؤية الأجسام العادية غير المضيئة في غرفة الصف؟ (9-1)

ترى الأجسام العادية غير المضيئة عن طريق عكسها للضوء.

25. فرق بين الأجسام الشفافة وشبه الشفافة وغير الشفافة (المعتمة). (9-1)

يمر الضوء من خلال الوسط الشفاف دون تشوه ونرى الأجسام من خلاله، ويمرر الوسط شبه الشفاف الضوء إلا أنه يشوّهه؛ لذا لا يمكن تمييز الأجسام عند النظر إليها من خلاله، أما الوسط المعتم فلا يمرر الضوء ولا نرى الأجسام من خلاله.

16. الخصائص الموجية للضوء سرعة الضوء الأحمر في الهواء والماء أقل من سرعته في الفراغ. فإذا علمت أن التردد لا يتغير عندما يدخل الضوء الأحمر في الماء، فهل يتغير الطول الموجي؟ وإذا كان هناك تغير فكيف يكون؟
نعم؛ لأن $v = \lambda f$ و $\lambda = \frac{v}{f}$ ؛ لذا فعندما تقل v فإن λ تقل أيضاً.

17. مزج الأصباغ ما الألوان الأساسية للأصباغ التي يجب أن تمزج لإنتاج اللون الأحمر؟ وضح كيف ينتج اللون الأحمر باختزال لون من ألوان الصبغة؟
تستخدم الصبغتان الصفراء والحمراء الممزوجة (الأرجواني) في إنتاج اللون الأحمر. فالصبغة الصفراء تختزل اللون الأزرق وصبغة الأحمر الممزوجة تختزل اللون الأخضر، ولا تختزل أي منهما اللون الأحمر؛ لذا سيعكس المزيج اللون الأحمر.

18. الاستقطاب صف تجربة بسيطة يمكنك إجراؤها لتحديد ما إذا كانت النظارات الشمسية المتوافرة في المتجر مستقطبة أم لا.

تحقق مما إذا كانت النظارات تقلل من السطوع الصادر عن السطوح العاكسة، ومنها النوافذ والطرق المعبدة. ويستفيد المصورون الفوتوغرافيون من استقطاب الضوء المنعكس بتصوير الأجسام لحظة التخلص من السطوع.

19. التفكير الناقد توصل الفلكيون إلى أن مجرة الأندروميда، وهي المجرة القريبة من مجرتنا (مجرة درب التبانة)، تتحرك في اتجاه مجرتنا. وضح كيف تمكن العلماء من تحديد ذلك. وهل يمكنك التفكير في دليل محتمل لاقتراب مجرة الأندروميда من مجرتنا؟

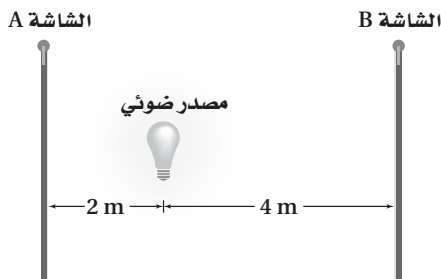
خطوط طيف الانبعاث للذرات المعروفة مزاحة نحو الأزرق في الضوء الذي نراه قادماً من مجرة الأندروميда؛ لذا فإن مجرة الأندروميда تتحرك في اتجاه مجرتنا؛ وذلك بسبب قوة الجاذبية. وقد تكون المجرتان متحركتين في مدار متذبذب إحداها حول الأخرى.

تابع الفصل 9

35. ماذا يحدث للطول الموجي للضوء عندما يزداد تردده؟ (9-2)
كلما ازداد التردد قلَّ الطول الموجي.

تطبيق المفاهيم صفحة 91-90

36. يقع مصدر ضوء نقطي على بُعد 2.0 m من الشاشة A، وعلى بُعد 4.0 m من الشاشة B، كما يتضح من الشكل 9-21. قارن بين الاستضاءة على الشاشة B والاستضاءة على الشاشة A؟



الشكل 9-21 ■

لما كانت الاستضاءة $E \propto \frac{1}{r^2}$ ؛ فإنها ستكون عند الشاشة B ربع الاستضاءة عند الشاشة A.

37. مصباح الدراسة يبعد مصباح صغير مسافة 35 cm من صفحات كتاب، فإذا ضاعفت المسافة:

a. فهل تبقى الاستضاءة على الكتاب هي نفسها دون تغيير؟ لا.

b. إذا لم تكن كذلك فكم تكون أكبر أو أصغر؟

الاستضاءة على بُعد 35 cm أكبر، وتكون الاستضاءة عند مضاعفة المسافة $\frac{1}{4}$ القيمة الأولى.

38. لماذا يُطلى السطح الداخلي للمناظير وآلات التصوير باللون الأسود؟

يُطلى السطح الداخلي باللون الأسود؛ لأنه لا يعكس أي كمية من الضوء؛ لذا لا يكون هناك تداخل للضوء في أثناء مشاهدة الأجسام أو في أثناء تصويرها.

26. ما الذي يتناسب طرديًا مع استضاءة سطح بمصدر ضوئي؟ وما الذي يتناسب معه عكسيًا؟ (9-1)

تتناسب الاستضاءة على سطح ما طرديًا مع شدة إضاءة مصدر الضوء، وتتناسب عكسيًا مع مربع المسافة بين السطح ومصدر الضوء.

27. ما افتراض جاليليو بالنسبة لسرعة الضوء؟ (9-1)
سرعة الضوء كبيرة جدًا إلا أنها محدّدة.

28. لماذا يعد حيود الموجات الصوتية أكثر شيوعًا في الحياة اليومية من حيود الموجات الضوئية؟ (9-2)

يكون الحيود أكثر وضوحًا حول العوائق التي تكون أبعادها مساوية للطول الموجي للموجة تقريبًا. وأغلب العوائق التي حولنا ذات أبعاد تُعيد موجات الصوت ذات الطول الموجي الكبير.

29. ما لون الضوء الذي لديه أقصر طول موجي؟ (9-2)
الضوء البنفسجي.

30. ما مدى الأطوال الموجية للضوء، بدءًا من الأقصر إلى الأطول؟ (9-2)

400 nm إلى 700 nm

31. ما الألوان التي يتكوّن منها الضوء الأبيض؟ (9-2)
يتركّب الضوء الأبيض من الألوان جميعها، أو من الألوان الأساسية على الأقل.

32. لماذا يظهر جسم ما باللون الأسود؟ (9-2)
يظهر الجسم باللون الأسود؛ لأن قليلاً من الضوء - إن وجد - ينعكس عن الجسم.

33. هل يمكن أن تكون الموجات الطولية مستقطبة؟ وضح إجابتك. (9-2)
لا؛ لأنه ليس لها مركّبات مستعرضة.

34. تبعث مجرة بعيدة خطأً طيفيًا في منطقة اللون الأخضر من الطيف الضوئي، فهل ينزاح الطول الموجي المُراقَب على الأرض إلى الضوء الأحمر أو إلى الضوء الأزرق؟ وضح إجابتك. (9-2)

لما كانت المجرة بعيدة فإنها ستبدو كأنها تتحرك مبتعدة عن الأرض، وسيُزاح الطول الموجي في اتجاه اللون الأحمر ذي الطول الموجي الكبير.

تابع الفصل 9

43. إذا كان لديك الأصباغ التالية: الصفراء والزرقاء الفاتحة والحمراء المزرقّة فكيف تستطيع عمل صبغة زرقاء اللون؟ وضح إجابتك.

مزج الصبغة الزرقاء الفاتحة بالصبغة الحمراء المزرقّة (الأرجوانية).

44. إذا وضعت قطعة سلوفان حمراء على مصباح يدوي، ووضعت قطعة سلوفان خضراء على مصباح آخر، وسلّطت حزماً ضوئية على حائط أبيض اللون فما الألوان التي ستراها عندما تتراكب الحزم الضوئية للمصباحين؟ الأصفر.

45. تبدو التفاحة حمراء لأنها تعكس الضوء الأحمر وتمتص الضوء الأزرق والضعف الأخضر.

a. لماذا يظهر السلوفان الأحمر أحمر اللون عند النظر إليه من خلال الضوء المنعكس؟

يعكس السلوفان الضوء الأحمر، ويمتص أو يمرر الضوءين الأزرق والأخضر.

b. لماذا يظهر مصباح الضوء الأبيض أحمر اللون عند النظر إليه من خلال السلوفان الأحمر؟ يمرر السلوفان الضوء الأحمر.

c. ماذا يحدث لكل من: الضوء الأزرق والضعف الأخضر؟ تم امتصاص الضوء الأزرق والضعف الأخضر.

46. في المسألة السابقة، إذا وضعت قطعتي السلوفان الحمراء والخضراء على أحد المصباحين، وسلّطت حزمة ضوئية منه على حائط أبيض اللون، فما اللون الذي ستراه؟ وضح إجابتك.

الأسود؛ غالباً لا ينفذ ضوء؛ لأن الضوء المار من خلال المرشح الأول يمتص عن طريق المرشح الثاني.

39. لون إضاءة الشوارع تحتوي بعض مصابيح الشوارع الفعالة جداً على بخار الصوديوم تحت ضغط عالٍ. وتنتج هذه المصابيح ضوءاً معظمه أصفر وجزء قليل منه أحمر. هل تستخدم المجتمعات التي فيها مثل هذه المصابيح سيارات شرطة ذات لون أزرق فاتح؟ ولماذا؟

لن تكون سيارات الشرطة ذات اللون الأزرق الفاتح مرئية؛ لأنها تمتص الضوء الأحمر والضوء الأصفر. ويتعين عليهم شراء سيارات صفراء أو طلاء سياراتهم باللون الأصفر، حيث ستكون مرئية بدرجة كبيرة.

ارجع إلى الشكل 22-9 عند حل المسألتين التاليتين.



■ الشكل 22-9

40. ماذا يحدث للاستضاءة على صفحات الكتاب عند تحريك المصباح بعيداً عن الكتاب؟ تتناقص الاستضاءة كما تم وصفها بقانون التربيع العكسي.

41. ماذا يحدث لشدة إضاءة المصباح عند تحريكه بعيداً عن الكتاب؟

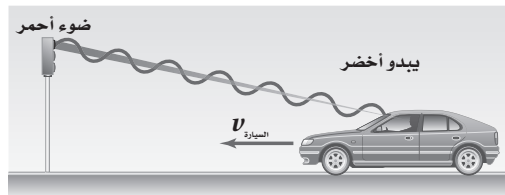
لا يوجد تغير، لا تؤثر المسافة في شدة الإضاءة.

42. الصور المستقطبة يضع مصورو الفوتوجراف مرشحات استقطاب فوق عدسات الكاميرا لكي تبدو الغيوم أكثر وضوحاً، فتبقى الغيوم بيضاء في حين تبدو السماء داكنة بصورة أكبر. وضح ذلك معتمداً على معرفتك بالضوء المستقطب.

يعد الضوء المشتت من الغلاف الجوي ضوءاً مستقطباً، إلا أن الضوء المشتت عن الغيوم غير مستقطب. حيث يقلل المصور كمية الضوء المستقطب الذي يصل إلى الفيلم عن طريق تدوير المرشح.

تابع الفصل 9

47. مخالفة السير هب أنك شرطي مرور، وأوقفت سائقًا تجاوز الإشارة الحمراء، وافترض أيضًا أن السائق وضح لك من خلال رسم الشكل 9-23 أن الضوء كان يبدو أخضر بسبب تأثير دوبلر عندما قطع الإشارة. وضح له مستخدمًا معادلة إزاحة دوبلر، كم يجب أن تكون سرعته حتى يبدو الضوء الأحمر ($\lambda = 645 \text{ nm}$) على شكل ضوء أخضر ($\lambda = 545 \text{ nm}$)؟ تلميح: افترض لحل هذه المسألة أن معادلة إزاحة دوبلر يمكن تطبيقها عند هذه السرعة.



■ الشكل 9-23

$$\left(\frac{645 \text{ nm} - 545 \text{ nm}}{645 \text{ nm}} \right) (3.00 \times 10^8 \text{ m/s}) = 4.65 \times 10^7 \text{ m/s}$$

حتى يبدو الضوء الأحمر على شكل ضوء أخضر يجب أن تكون سرعة السيارة $4.65 \times 10^7 \text{ m/s}$ ، لذا فإنه إن لم يحصل على مخالفة بسبب تجاوز الإشارة الحمراء، فإنه سيخالف لأنه تجاوز حد السرعة المقررة.

إتقان حل المسائل

صفحة 92-93

9-1 الاستضاءة

صفحة 92

48. أوجد الاستضاءة على مسافة 4.0 m أسفل مصباح تدفقه الضوئي 405 lm.

$$E = \frac{P}{4\pi d^2} = \frac{405 \text{ lm}}{4\pi (4.0 \text{ m})^2} = 2.0 \text{ lx}$$

49. يحتاج الضوء إلى زمن مقداره 1.28 s لينتقل من القمر إلى الأرض. فما مقدار المسافة بينهما؟

$$d = vt = (3.00 \times 10^8 \text{ m/s})(1.28 \text{ s}) \\ = 3.84 \times 10^8 \text{ m}$$

50. يستهلك مصباح كهربائي ثلاثي الضبط قدرة كهربائية 150 W، 100 W، 50 W لإنتاج تدفق ضوئي 1620 lm، 2285 lm، 665 lm في أزرار ضبطه الثلاثة. إذا وضع المصباح على بُعد 80 cm فوق ورقة وكانت أقل استضاءة لازمة لإضاءة الورقة هي 175 lx، فما أقل زر ضبط ينبغي أن يُستخدم؟

$$E = \frac{P}{4\pi d^2}$$

$$P = 4\pi E d^2 = 4\pi (175 \text{ lx})(0.80 \text{ m})^2$$

$$= 1.4 \times 10^3 \text{ lm}$$

لذا يجب ضبطه على 100 W (1620 lm).

تابع الفصل 9

51. سرعة الأرض وجد العالم أولي رومر أن متوسط زيادة التأخير في اختفاء القمر lo أثناء دورانه حول المشتري من دورة إلى التي تليها يساوي 13 s، فأجب عما يلي:
- a. ما المسافة التي يقطعها الضوء خلال 13 s؟

$$3.9 \times 10^9 \text{ m}$$

- b. تحتاج كل دورة للقمر lo إلى 42.5 h، وتتحرك الأرض المسافة المحسوبة في الفرع a خلال 42.5 h. أوجد سرعة الأرض بوحدة km/s.

$$v = \frac{d}{t}$$

$$= \left(\frac{3.9 \times 10^9 \text{ m}}{1.53 \times 10^5 \text{ s}} \right) \left(\frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \right)$$

$$= 25 \text{ km/s}$$

- c. تحقق أن إجابتك للفرع b منطقية، واحسب سرعة الأرض في المدار مستخدماً نصف قطر المدار $1.5 \times 10^8 \text{ km}$ والفترة 1.0 yr.

$$v = \frac{d}{t} = \left(\frac{2\pi(1.5 \times 10^8 \text{ km})}{365 \text{ day}} \right) \left(\frac{1 \text{ day}}{24 \text{ h}} \right) \left(\frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right)$$

$$= 3.0 \times 10^1 \text{ km/s},$$

وهذه النتيجة دقيقة إلى حد ما.

52. يريد أحد الطلاب مقارنة التدفق الضوئي لمصباح يدوي بمصباح آخر تدفقه الضوئي 1750 lm، وكان كل منهما يضيء ورقة بالتساوي. فإذا كان المصباح 1750 lm يقع على بُعد 1.25 m من الورقة، في حين كان المصباح اليدوي يقع على بُعد 1.08 m، فاحسب التدفق الضوئي للمصباح اليدوي.

$$E = \frac{P}{4\pi d^2}$$

لما كانت الاستضاءة متساوية

$$E_1 = E_2$$

فإن

$$\frac{P_1}{d_1^2} = \frac{P_2}{d_2^2}$$

أو

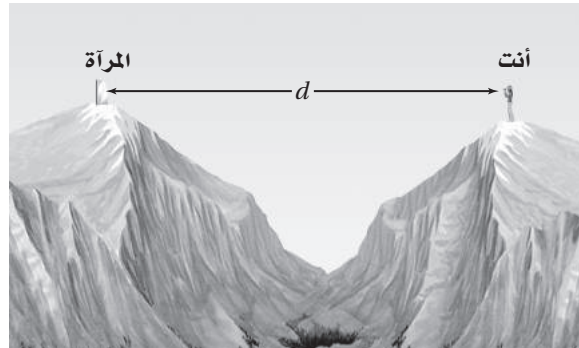
$$P_2 = \frac{P_1 d_2^2}{d_1^2}$$

$$= \frac{(1750 \text{ lm})(1.08 \text{ m})^2}{(1.25 \text{ m})^2}$$

$$= 1.31 \times 10^3 \text{ lm}$$

تابع الفصل 9

53. افترض أنك أردت قياس سرعة الضوء، وذلك بوضع مرآة على قمة جبل بعيد، ثم قمت بضغط زر وميض آلة تصوير وقياس الزمن الذي احتاج إليه الوميض لينعكس عن المرآة ويعود إليك، كما موضَّح في الشكل 24-9، وتمكّن شخص من تحديد فترة زمنية مقدارها 0.10 s تقريبًا دون استخدام أجهزة. ما بعد المرآة عنك؟ قارن بين هذه المسافة وبعض المسافات المعروفة.



■ الشكل 24-9

$$d = vt$$

$$= (3.00 \times 10^8 \text{ m/s})(0.1 \text{ s}) \left(\frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \right)$$

$$= 3 \times 10^4 \text{ km}$$

تكون المرآة عند منتصف المسافة التي ينتقلها الضوء خلال 0.10 s؛ أي 15000 km. وهذه المسافة تمثل $\frac{3}{8}$ محيط الأرض، حيث إن محيط الأرض يساوي 40000 km.

2-9 الطبيعة الموجية للضوء

صفحة 92-93

54. حوّل الطول الموجي للضوء الأحمر 700 nm إلى وحدة الأمتار.

$$(700 \text{ nm}) \left(\frac{1 \times 10^{-9} \text{ m}}{1 \text{ nm}} \right) = 7 \times 10^{-7} \text{ m}$$

55. حركة المجرة ما السرعة التي تتحرك بها مجرة بالنسبة للأرض، إذا كان خط طيف الهيدروجين 486 nm قد أزيح نحو الأحمر 491 nm؟

افترض أن السرعة النسبية على طول المحور أقل كثيرًا من سرعة الضوء، لذا يمكنك استخدام معادلة انزياح دوبلر.

$$(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda) = \pm \frac{v}{c} \lambda$$

يكون الضوء منزاحًا نحو الأحمر، لذا يكون الظاهري والمجرة متحركين مبتعدًا أحدهما عن الآخر؛ لذا استخدم الصيغة الموجية لمعادلة الطول الموجي الظاهري للضوء.

$$(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda) = + \frac{v}{c} \lambda$$

وحل المعادلة بالنسبة إلى المتغير المجهول

$$v = c \frac{(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda)}{\lambda}$$

$$= (3.00 \times 10^8 \text{ m/s}) \left(\frac{491 \text{ nm} - 486 \text{ nm}}{486 \text{ nm}} \right)$$

$$= 3.09 \times 10^6 \text{ m/s}$$

ونستنتج من ذلك أن الافتراض الأصلي صحيح.

تابع الفصل 9

56. النظارات الشمسية المستقطبة في أي اتجاه يجب توجيه محور النفاذ للنظارات الشمسية المستقطبة للتخلص من الوهج الصادر عن سطح الطريق: في الاتجاه الرأسّي أم الأفقي؟ فسّر إجابتك.
يجب أن يتجه محور النفاذ رأسياً؛ لأن الضوء المنعكس عن الطريق يكون مستقطباً جزئياً في الاتجاه الأفقي، فلا يمرر محور النفاذ الرأسّي الموجات الأفقية.

57. حركة المجرة إذا كان خط طيف عنصر الهيدروجين المعروف بطول موجي 434 nm مزاحاً نحو الأحمر بنسبة 6.50% في الضوء القادم من مجرة بعيدة، فما سرعة ابتعاد المجرة عن الأرض؟
افترض أن السرعة النسبية على طول المحور أقل كثيراً من سرعة الضوء؛ لذا يمكنك استخدام معادلة انزياح دوبلر.

$$(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda) = \pm \frac{v}{c} \lambda$$

يكون الضوء منزاحاً نحو الأحمر، لذا يكون الفلكي والمجرة متحركين مبتعداً أحدهما عن الآخر، لذا استخدم الصيغة الموجية لمعادلة الطول الموجي الظاهري للضوء.

$$(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda) = + \frac{v}{c} \lambda$$

وحل المعادلة بالنسبة إلى المتغير المجهول

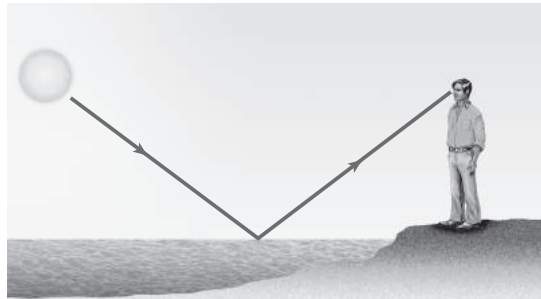
$$\begin{aligned} v &= c \frac{(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda)}{\lambda} \\ &= (3.00 \times 10^8 \text{ m/s}) \left(\frac{(1.065)(434 \text{ nm}) - 434 \text{ nm}}{434 \text{ nm}} \right) \\ &= 1.95 \times 10^7 \text{ m/s} \end{aligned}$$

ونستنتج من ذلك أن الافتراض الأصلي صحيح.

58. لأي خط طيفي، ما القيمة غير الحقيقية للطول الموجي الظاهري لمجرة تتحرك مبتعدة عن الأرض؟ ولماذا؟
إن القيمة غير الحقيقية للطول الموجي هي التي تجعل المجرة تبدو لنا وكأنها تتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء أو أكبر منها. وباستخدام معادلة إزاحة دوبلر لسرعة قليلة تعطي فرقاً في الطول الموجي مقداره $\lambda = + \frac{v}{c} \lambda$ ، وبحل هذه المعادلة فإنها تُعطي طولاً موجياً ظاهرياً مقداره 2λ ؛ وأي طول موجي ظاهري قريب أو أكبر من ضعف الطول الموجي الحقيقي سيكون غير حقيقي.

تابع الفصل 9

59. افترض أنك كنت تتجه إلى الشرق عند شروق الشمس. وينعكس ضوء الشمس عن سطح بحيرة، كما في الشكل 9-25، فهل الضوء المنعكس مستقطب؟ إذا كان كذلك ففي أي اتجاه؟



■ الشكل 9-25

الضوء المنعكس مستقطب جزئياً في اتجاه مواز لسطح البحيرة، ومتعامد مع اتجاه انتشار الضوء من البحيرة إلى عينيك.

مراجعة عامة

صفحة 93

60. إضاءة مصابيح الطرق عمود إنارة يحوي مصباحين متماثلين يرتفعان 3.3 m عن سطح الأرض. فإذا أراد مهندسو البلدية توفير الطاقة الكهربائية وذلك بإزالة أحد المصباحين، فكم يجب أن يكون ارتفاع المصباح المتبقي عن الأرض لإعطاء الاستضاءة نفسها على الأرض؟

$$E = \frac{P}{4\pi d^2}$$

إذا قلت P بمعامل مقداره 2، وجب أن يقل المقدار d^2 بالمعامل نفسه.

لذا يقل d بمعامل مقداره $\sqrt{2}$ ليصبح

$$\frac{(3.3 \text{ m})}{\sqrt{2}} = 2.3 \text{ m}$$

61. مصدر ضوء نقطي شدة إضاءته 10.0 cd ويبعد 6.0 m عن جدار. كم يبعد مصباح آخر شدة إضاءته 60.0 cd عن الجدار إذا كانت استضاءة المصباحين متساوية عنده؟

$$E = \frac{I}{d^2}$$

لما كانت استضاءة المصباحين على الجدار متساوية فإن

$$E_1 = E_2$$

لذا فإن

$$\frac{I_1}{d_1^2} = \frac{I_2}{d_2^2}$$

أو

$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{I_2}{I_1}} = (6.0 \text{ m}) \sqrt{\frac{60.0 \text{ cd}}{10.0 \text{ cd}}} = 15 \text{ m}$$

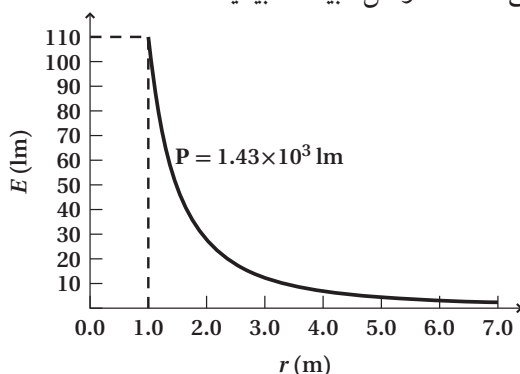
تابع الفصل 9

التفكير الناقد

صفحة 93

64. ابحث لماذا لم يتمكن جاليليو من قياس سرعة الضوء؟
لأنه لم يكن قادراً على قياس الفترات الزمنية الصغيرة المتضمنة في قياس المسافات التي يقطعها الضوء بين نقطتين على سطح الأرض.

65. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها يبعد مصدر ضوئي شدة إضاءته 110 cd مسافة 1.0 m عن شاشة. حدد الاستضاءة على الشاشة في البداية، وأيضاً عند كل متر تزداد فيه المسافة حتى 7.0 m، ومثل البيانات بيانياً.



a. ما شكل المنحنى البياني؟

قطع زائد

b. ما العلاقة بين الاستضاءة والمسافة الموضحة بواسطة الرسم البياني؟

تربيع عكسي

66. حلّ واستنتج إذا كنت تقود سيارتك عند الغروب في مدينة مزدحمة ببنائات جدرانها مغطاة بالزجاج، حيث يؤدي ضوء الشمس المنعكس عن الجدران إلى انعدام الرؤيا لديك مؤقتاً. فهل تحل النظارات المستقطبة هذه المشكلة؟

نعم، الضوء المنعكس عن الزجاج مستقطب جزئياً؛ لذا ستقلل نظارات الاستقطاب من السطوع أو الوهج إذا رتبت محاور استقطابها بصورة صحيحة.

62. الرعد والبرق واضح لماذا تحتاج إلى 5 s لسماع الرعد عندما يبعد البرق مسافة 1.6 km.

لا يحتاج الضوء إلى زمن يذكر (5.3 μs)، في حين يحتاج الصوت إلى 4.7 s.

63. الدوران الشمسي لأن الشمس تدور حول محورها فإن أحد جوانبها يتحرك في اتجاه الأرض، أما الجانب المقابل فيتحرك مبتعداً عنها. وتكمل الشمس دورة كاملة كل 25 يوماً تقريباً، ويبلغ قطرها 1.4×10^9 m. فإذا بعث عنصر الهيدروجين في الشمس ضوءاً بتردد 6.16×10^{14} Hz من كلا الجانبين فما التغير في الطول الموجي المراقب؟
سرعة الدوران تساوي المحيط مقسوماً على الزمن الدوري للدوران.

$$v_{\text{دوران}} = \frac{(1.4 \times 10^9 \text{ m}) \pi}{(25 \text{ days})(24 \text{ h/day})(3600 \text{ s/h})}$$

$$= 2.04 \times 10^3 \text{ m/s}$$

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

$$= \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{6.16 \times 10^{14} \text{ Hz}}$$

$$= 4.87 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\Delta \lambda = \pm \frac{v}{c} \lambda$$

$$\Delta \lambda = \pm \frac{v_{\text{دوران}}}{c} \lambda$$

$$= \pm \frac{(2.04 \times 10^3 \text{ m/s})}{(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})} (4.87 \times 10^{-7} \text{ m})$$

$$= \pm 3.3 \times 10^{-12} \text{ m}$$

تابع الفصل 9

الكتابة في الفيزياء

صفحة 94

67. اكتب مقالاً تصف فيه تاريخ المعرفة البشرية المتعلقة بسرعة الضوء، وضمّنه إنجازات العلماء المهمة في هذا المجال.

ستختلف الإجابات.

68. ابحث في معلومات النظام الدولي للوحدات SI المتعلقة بوحدة الشمعة cd، وعبر بلغتك الخاصة عن المعيار الذي يستخدم في تحديد قيمة 1 cd.

ستختلف الإجابات، ابدأ بعنصر الثوريوم، ثم سخنه لتصبح درجة حرارته مساوية لدرجة انصهار عنصر البلاتينيوم، وعند هذه الدرجة سيتوهج الثوريوم. ثم غلف الثوريوم بمادة معتمة حتى تتمكن من اكتساب الحرارة الكبيرة، واترك فتحة مساحتها $(\frac{1}{60} \text{ cm}^2)$ ، تعرف الشمعة cd بأنها مقدار التدفق المنتظم لطاقة الضوء الذي ينبعث من الثوريوم المتوهج خلال الفتحة التي مساحتها $(\frac{1}{60} \text{ cm}^2)$.

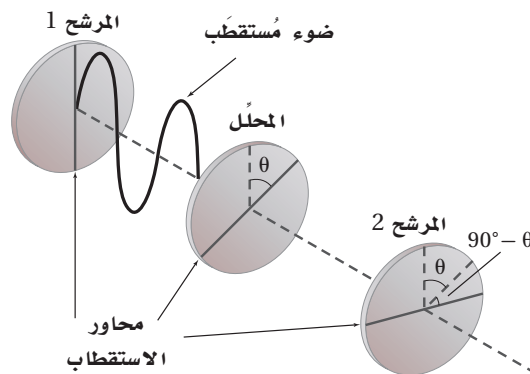
مراجعة تراكمية

صفحة 94

69. ما الطول الموجي لموجة صوتية ترددها 17000 Hz تنتقل في ماء درجة حرارته 25 °C؟ (الفصل 8)

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{v}{f} \\ &= \frac{1493 \text{ m/s}}{17000 \text{ Hz}} \\ &= 0.0878 \text{ m} \\ &= 8.8 \text{ cm}\end{aligned}$$

إذا وضعت مرشحاً محللاً بين مرشحين متقاطعين (محوراً استقطابهما متعامدان)، بحيث لا يوازي محور استقطابه أيّاً من محوري استقطاب المرشحين المتقاطعين، كما هو موضح في الشكل أدناه.



1. فإنك تلاحظ أن قسمًا من الضوء يمر من خلال المرشح 2، على الرغم من أنه لم يكن هناك ضوء يمر من خلاله قبل إدخال المرشح المحلل. فلم يحدث ذلك؟

يسمح المرشح المحلل لبعض الضوء بالمرور من خلاله؛ لأن محور استقطابه ليس متعامداً مع محور استقطاب المرشح الأول. ويستطيع الآن مرشح الاستقطاب الثاني تمرير الضوء المار من المرشح المحلل لكون محور استقطاب المرشح المحلل غير متعامد مع محور استقطاب المرشح الثاني.

2. إذا وضع المرشح المحلل بحيث يصنع محوره زاوية θ بالنسبة لمحور استقطاب المرشح 1 فاشتق معادلة لحساب شدة الضوء الخارج من المرشح 2 مقارنة بشدة الضوء الخارج من المرشح 1.

I_1 تمثل شدة الضوء الخارجة من المرشح الأول، و $I_{\text{المحلل}}$ تمثل شدة الضوء الخارجة من المرشح المحلل، و I_2 تمثل شدة الضوء الخارجة من المرشح الثاني.

$$I_{\text{المحلل}} = I_1 \cos^2 \theta$$

$$I_2 = I_{\text{المحلل}} \cos^2 (90^\circ - \theta)$$

$$I_2 = I_1 \cos^2 (\theta) \cos^2 (90^\circ - \theta)$$

الأهداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
10-1 الانعكاس عن المرايا المستوية	
1. توضّح قانون الانعكاس. 2. تقارن بين الانعكاس المنتظم والانعكاس غير المنتظم. 3. تحدّد موقع الصور التي تكونها المرايا المستوية.	تجارب الطالب تجربة استهلاكية بطاقة فهرسة، ومراة مستوية، ومراة مقعرة، ومراة محدبة، ومصباح يدوي. تجربة آلة تصوير ذات قرص تركيز كُتبت عليه المسافات ويتم التحكم فيه يدوياً، ومراة مستوية. عرض المعلم عرض سريع مصباح صغير، ومؤشر ليزر، وشاشة بيضاء، وورقة بيضاء، ومراة مستوية.
10-2 المرايا الكروية	
4. توضّح كيف تكوّن كل من المرايا المحدبة والمرايا المقعرة الصور. 5. تصف خصائص المرايا الكروية، وتذكر استخداماتها. 6. تحدّد مواقع وأطوال الصور التي تكوّنها المرايا الكروية.	تجارب الطالب تجربة إضافية مراة محدبة صغيرة، ومراة مقعرة صغيرة، وورقة، وصلصال. مختبر الفيزياء مراة مقعرة، ومصباح، وحامل شاشة، وحامل مراة، ومساطر مترية، و4 دعائم للمسطرة المترية، وشاشة، ومصباح كهربائي قدرته 15 W. عرض المعلم عرض سريع مراة مقعرة، وجسم متوهج يعمل بوساطة بطارية أو بطاقة كيميائية.

طرائق تدريس متنوعة

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

التقنية	شرائح ومصادر قابلة للنسخ
تتضمن أعمال المعلم: نسخة المعلم التفاعلية، تخطيط الدرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.	الملف الخاص بمصادر الفصول 12-7، الفصل 10. ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 104 تقويم الفصل، ص 126 اختبار قصير 1-10، ص 115 الإثراء ص 118 شريحة التدريس 1-10 ص 120 شريحة التدريس 2-10 ص 122 ربط الرياضيات مع الفيزياء
مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: Obeikaneducation.com	تقويم الفصل، ص 126 اختبار قصير 2-10، ص 116 التعزيز ص 117 شريحة التدريس 3-10 ص 124 ربط الرياضيات مع الفيزياء دليل التجارب العملية 1-10 ص 84

مصادر التقويم

التقنية	الملف الخاص بمصادر الفصول 12-7، الفصل 10
الموقع الإلكتروني	تقويم الفصل 10 ص 126
	اختبارات الفيزياء التحضيرية

نظرة عامة إلى الفصل

يقدم هذا الفصل قانون الانعكاس وتطبيقاته لتحليل كيفية تكون الصور في المرايا المستوية. كما يناقش خصائص تلك الصور الخيالية المتكونة. ويطبق قانون الانعكاس على الصور المتكونة في المرايا المحدبة والمرايا المقعرة. كما يناقش أيضًا تكون الصور الحقيقية وخصائصها. وأخيرًا، يوضح كيفية استعمال معادلة المرايا لتحديد العلاقات بين مواقع الأجسام ومواقع صورها، وحساب أبعادها و صفاتها.

فكر

تنعكس أشعة الشمس عن الجبل، فيسقط جزء من هذه الأشعة على سطح البحيرة ثم ينعكس عنها. فإذا كان هناك شخص عند البحيرة فسيشاهد صورته معتدلة، إلا أنه عند مشاهدة المنظر عبر البحيرة فإن الأشعة المنعكسة تتقاطع بحيث تبدو الصورة مقلوبة.

المفردات الرئيسية

- الانعكاس المنتظم
- الانعكاس غير المنتظم
- المرآة المستوية
- المرآة المحدبة
- المرآة المقعرة
- الجسم
- البعد البؤري
- الصورة الحقيقية
- الصورة الخيالية
- الزوغان الكروي
- التكبير

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- تعرّف كيفية انعكاس الضوء عن أسطح مختلفة.
- تعرّف أنواع المرايا المختلفة واستخداماتها.
- وصف الصور التي شكّلتها المرايا باستعمال طريقتي رسم الأشعة والنماذج الرياضية.

الأهمية

يتحدّد الانعكاس الذي تراه بمعرفة الكيفية التي ينعكس بها الضوء عن سطح ما نحو عينيك. وعندما تنظر إلى أسفل نحو سطح بحيرة تشاهد صورة لك معتدلة إلى أعلى.

منظر الجبل يمكنك عند النظر إلى سطح بحيرة مشاهدة منظر مائل للمنظر الموضح في الصورة، حيث تبدو صور الأشجار والجبال في البحيرة مقلوبة رأسياً بالنسبة إليك.

فكر

لماذا تبدو صورتك في البحيرة معتدلة، في حين تبدو صورة الجبل مقلوبة رأسياً؟

القياس عبر المواقع الإلكترونية
www.obeikaneducation.com

تجربة استهلاكية



الهدف مشاهدة الصور الحقيقية، وتوضيح خصائصها، ومعرفة أي نوع من المرايا يكونها. **المواد والأدوات** بطاقة فهرسة، ومرآة مستوية، ومرآة مقعرة، ومرآة محدبة، ومصباح يدوي.

استراتيجيات التدريس

تحذير: نبه الطلاب إلى التعامل مع المرايا بحذر؛ لأن حوافها حادة، وقد تؤذيهم. • سيكون من الأفضل إجراء التجربة خلال النهار في الأيام المشمسة. • تكون الشمعة أو المصباح اليدوي في الغرفة

المظلمة بدلاً عن الضوء القادم عبر النافذة. **النتائج المتوقعة** المرايا المقعرة تكون صوراً حقيقية، بينما لا تكون المرايا الأخرى هذا النوع من الصور.

التحليل المرايا المقعرة فقط هي التي تكون صوراً حقيقية. إذ تتكون الصورة على شاشة وتكون مقلوبة.

التفكير الناقد تعمل المرايا المقعرة على تجميع الضوء المنبعث من المصباح، ويمكن أن يكون الضوء المتجمع صورة حقيقية.

10-1 الانعكاس عن المرايا المستوية

1. التركيز

نشاط

الانعكاسات ضع مجموعة من الأجسام على سطح الطاولة، منها أجسام عاكسة مثل: علبة معدنية، ومرآة مستوية، وملعقة فلزية، وأجسام غير عاكسة مثل: الكرتون المقوى، وكأس بلاستيكية شفافة، وقطعة ألومنيوم ذات سطح خشن. اطلب إلى الطلاب أن يلاحظوا ما إذا تمكنوا من مشاهدة انعكاسات صورهم عن هذه الأجسام. **سيشاهد الطلاب انعكاسات واضحة عن السطوح اللامعة والمصقولة، وانعكاسات غير واضحة عن الأسطح اللامعة وغير المصقولة، وانعكاسات باهتة وغير واضحة عن السطوح المصقولة المعتمة، في حين لن يشاهدوا انعكاسات عن السطوح الخشنة المعتمة.** اسأل الطلاب عما إذا كان الضوء ينعكس عن الأسطح الخشنة؟ ولماذا؟

1٢ حركي

الربط مع المعرفة السابقة

زوايا الانعكاس درس الطلاب انعكاس الموجات الميكانيكية عن الحواجز، وفي هذا الدرس سيتم تطبيق هذا المفهوم لتحديد زوايا الانعكاس للضوء عن كل من السطوح الملساء والسطوح الخشنة.

10-1 الانعكاس عن المرايا المستوية Reflection from Plane Mirrors

الأهداف

- توضيح قانون الانعكاس.
- تقارن بين الانعكاس المنتظم والانعكاس غير المنتظم.
- تحدد موقع الصور التي تكوّن المرايا المستوية.

المفردات

الانعكاس المنتظم	الانعكاس غير المنتظم
المرآة المستوية	الجسم
الصورة	الصورة الخيالية

شاهد الإنسان منذ القدم انعكاساً لصورة وجهه في البحيرات وبرك المياه الساكنة. ولا يكون هذا الانعكاس دائماً واضحاً؛ إذ تحدث أحياناً تموجات على سطح الماء بسبب حركة الرياح أو حركة القوارب، مما يحول دون حدوث انعكاس واضح للضوء.

عرف المصريون قبل 4000 سنة تقريباً أن الانعكاس يتطلب سطحاً أملس مصقولاً، لذا استخدموا مرايا فلزية لامعة مصقولة لرؤية صورهم. ولم يكن بالإمكان رؤية الصور الناتجة بوضوح حتى عام 1857 عندما اكتشف العالم الفرنسي جان فوكولت طريقة لطلاء الزجاج بالفضة. فالمرآة الحديثة صُنعت بدقة متناهية لكي تكون ذات مقدرة كبيرة جداً على عكس الضوء، وذلك من خلال عملية تبخير الألومنيوم أو الفضة على زجاج مصقول بدرجة كبيرة. وتعد نوعية السطوح العاكسة مهمة جداً في بعض التطبيقات العملية والأجهزة البصرية، ومنها الليزر والمقرب (التلسكوب).

وفي الحضارة الإسلامية، كان للحسن بن الهيثم جهود كبيرة لا يمكن إنكارها، وبرع في عدة مجالات، منها دراساته في مجال الضوء. فقد درس انعكاس الضوء وانكساره بشكل مفصل، واكتشف قوانين الانعكاس والانكسار، والعلاقة بين زاوية سقوط الضوء وانكساره، كما وصف أجزاء العين وعملية الرؤية بشكل دقيق وسليم علمياً، وأبطل الآراء السائدة آنذاك عن كيفية حدوث الرؤية، وغير ذلك من الانجازات الكبيرة.

تجربة استهلاكية

كيف تظهر الصورة على شاشة؟

سؤال التجربة ما نوع المرايا التي يمكنها عكس الصورة على شاشة؟

الخطوات

1. احصل من معلمك على بطاقة فهرسة (بطاقة كرتونية)، ومرآة مستوية، ومرآة مقعرة، ومرآة محدبة، ومصباح ضوئي يدوي.
2. أطفئ أضواء الغرفة، وقف بجانب النافذة.
3. أمسك البطاقة بيد والمرآة المستوية باليد الأخرى.
4. اعكس الضوء القادم من النافذة على البطاقة. تحذير: لا تنظر إلى الشمس مباشرة أو إلى ضوء الشمس المنعكس عن المرآة. قرب البطاقة نحو المرآة ببطء أو أبعدا عنها ببطء، وحاول تكوين صور واضحة للأجسام الموجودة في الخارج.
5. إذا استطعت تكوين صورة واضحة على البطاقة فإن هذه الصورة تكون حقيقية، أما إذا كان الضوء مشتتاً على البطاقة فلا تكون صورة حقيقية. سجل ملاحظاتك.
6. أعد الخطوات من 3 إلى 5 باستخدام مرآة مقعرة ثم مرآة محدبة.
7. كرر الخطوة 4 لكل مرآة بحيث تستخدم المصباح الضوئي، ولاحظ الانعكاس على البطاقة.

التحليل

أي مرآة كوّنت صوراً حقيقية (تكونت على حاجز)؟ ما ملاحظاتك حول الصورة أو الصور التي شاهدتها؟

التفكير الناقد وضح كيف تتكون الصور الحقيقية استناداً إلى ملاحظاتك حول الصور الناتجة باستخدام المصباح الضوئي.



10-1 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 7-12

اختبار قصير 1-10، ص 115
شريحة التدريس 1-10 ص 120
شريحة التدريس 2-10 ص 122
ربط الرياضيات مع الفيزياء

تقويم الفصل 10، ص 126
ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 8

2. التدريس

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

رؤية الضوء قد يعتقد الطلاب أنه يمكنهم رؤية الضوء الذي لا يوجه نحو أعينهم مباشرة. وضح أنه عندما ينعكس الضوء عن سطح ما فإنهم يشاهدون الضوء المنعكس عن السطح نحو أعينهم فقط. أثبت ذلك بجعل الطلاب يلاحظون حزمة من الضوء تنبعث من مؤشر ليزر يشع ضوءاً عبر الغرفة. تحذير: حذر الطلاب من النظر مباشرة إلى شعاع الليزر. إذا سلطت الشعاع الضوئي في اتجاه باب مفتوح فإنهم لن يتمكنوا من رؤية ذلك الشعاع، ولكنهم سيشاهدون الضوء المنعكس عن الحائط نحو أعينهم. وإذا قمت بنثر القليل من مسحوق الطباشير في مسار شعاع الليزر فإن الطلاب سيشاهدون الحزمة في هذه الحالة. اسألهم لماذا يمكنهم رؤية الحزمة الآن؟ ينعكس بعض ضوء الليزر عن مسحوق الطباشير نحو أعينهم. **1م بصري - مكاني**

استخدام النماذج

قانون الانعكاس ساعد الطلاب على عمل نموذج لقانون الانعكاس؛ وذلك من نشاط ارتداد كرة عن حائط. ارسم خطاً على الأرض متعامداً مع الحائط، ثم ارسم على الأرض خطين آخرين يمثلان كلاً من الشعاع الساقط والشعاع المنعكس على التوالي، يجب أن يصنع كل منهما زاوية تساوي الزاوية الأخرى بالنسبة للخط العمودي، كما يجب أن يتلامسا عند النقطة نفسها على الحائط. اطلب إلى أحد الطلاب درجة كرة على الأرض على طول أحد خطي الزاوية. سيلاحظ الطلاب أن الكرة ترتد على طول الخط الآخر للزاوية، بالطريقة نفسها التي ينعكس بها الشعاع الضوئي عن السطح. **1م**

قانون الانعكاس The Law of Reflection

ماذا يحدث للضوء الساقط على هذا الكتاب؟ عندما تضع الكتاب بينك وبين مصدر الضوء فلن ترى أي ضوء ينفذ من خلاله. تذكر من الفصل السابق أن مثل هذا الجسم يُسمى جسماً غير شفاف أو جسماً معتماً؛ إذ يحدث امتصاص جزء من الضوء الساقط على الكتاب، ويتحول هذا الجزء إلى طاقة حرارية، كما ينعكس جزء آخر من الضوء الساقط على الكتاب. ويعتمد سلوك الضوء المنعكس على طبيعة السطح العاكس، وزاوية سقوط الضوء على السطح.

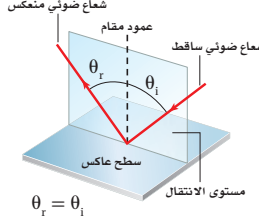
درست سابقاً أنه عندما تنتشر موجة في بعدين وتصطدم بحاجز فإن زاوية سقوطها على الحاجز تساوي زاوية انعكاسها. وينطبق هذا الانعكاس أيضاً على موجات الضوء. فكّر الآن فيما يحدث لكرة السلة عندما يدفعها اللاعب إلى الأرض لترتد إلى زميله. سيلاحظ مراقب يراقب حركة الكرة من أعلى أن الكرة ترتد في خط مستقيم في اتجاه اللاعب الآخر. و ينعكس الضوء بالطريقة نفسها التي ترتد بها كرة السلة. وبين الشكل 1-10 سقوط شعاع ضوئي على سطح مستوي عاكس. وتلاحظ أن هناك خطاً وهمياً عمودياً على السطح العاكس عند نقطة سقوط الشعاع الضوئي على السطح، ويُسمى هذا الخط العمود المقام. ويقع كل من الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام على السطح العاكس من نقطة سقوط الشعاع الضوئي في مستوى واحد عمودي على السطح العاكس. وعلى الرغم من أن الضوء ينتشر في ثلاثة أبعاد إلا أن انعكاسه يكون في مستوى واحد؛ أي في بعدين. وتُعرف العلاقة بين زاويتي السقوط والانعكاس باسم قانون الانعكاس.

قانون الانعكاس $\theta_r = \theta_i$

حيث تمثل θ_i زاوية السقوط، و θ_r زاوية الانعكاس.

الزاوية التي يصنعها الشعاع الساقط مع العمود المقام على السطح العاكس عند نقطة السقوط تساوي الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع العمود نفسه.

يمكن تفسير هذا القانون باستخدام النموذج الموجي للضوء؛ إذ يبين الشكل 2-10 مقدمة موجة الضوء تقترب من السطح العاكس، وعندما تصل كل نقطة على امتداد مقدمة الموجة إلى السطح العاكس فإنها تنعكس بالزاوية نفسها كالنقطة السابقة لها. ولأن النقاط جميعها

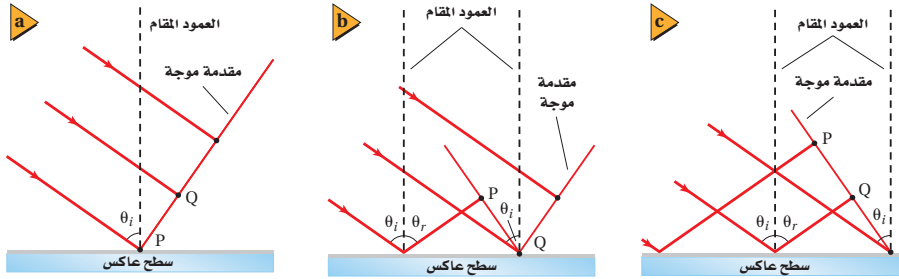


الشكل 1-10 يقع كل من الشعاع الساقط والشعاع المنعكس ضمن مستوى الانتقال نفسه.

دلالة الألوان

- الأشعة الضوئية ومقدمات الموجة مرسومة وموضحة باللون الأحمر.
- المرايا مرسومة وموضحة باللون الأزرق الفاتح.

الشكل 2-10 تقترب مقدمة الموجة الضوئية من السطح العاكس. تصطدم النقطة P الموجودة على مقدمة الموجة بالسطح أولاً (a). وتصل النقطة Q إلى السطح بعد أن تكون النقطة P قد انعكست بزاوية مساوية لزاوية السقوط (b). وتستمر العملية وتتابع النقاط جميعها الانعكاس بزاوية مساوية لزاوية سقوطها، مما يؤدي إلى تشكل مقدمة الموجة المنعكسة (c).



تحذير

نشاط

الخداع البصري يستخدم استعراض الخدع البصرية عادة مرايا لعمل خداع بصري. وقد استخدم مخرجو الأفلام القديمة أحياناً المرايا للحصول على مؤثرات خاصة لبعض المشاهد التصويرية. اطلب إلى الطلاب استقصاء الطرائق التي تستخدم فيها المرايا لعمل هذه المؤثرات، والعمل في مجموعات أو فرادى ليقدموا مسرحية مرحة، أو حيلة باستخدام المرايا. ويمكن لبعض الطلاب المهتمين محاولة زيارة محال تباع أدوات تسليية تستخدم فيها الخدع البصرية أو إجراء مقابلات مع أحد المختصين في صناعة أو استخدام الخدع البصرية. **2م حركي**

عرض سريع

السطوح العاكسة

الزمن المقدر 5 دقائق

المواد والأدوات مصباح يدوي، وشاشة بيضاء، وورقة بيضاء، ومرآة مستوية، مؤشر ليزر.

الخطوات

1. في غرفة ذات إضاءة خافتة وجّه ضوء المصباح اليدوي مباشرة على السبورة البيضاء. **ينعكس بعض الضوء على امتداد السبورة بسبب الخدوش والتواءات على اللوح.**

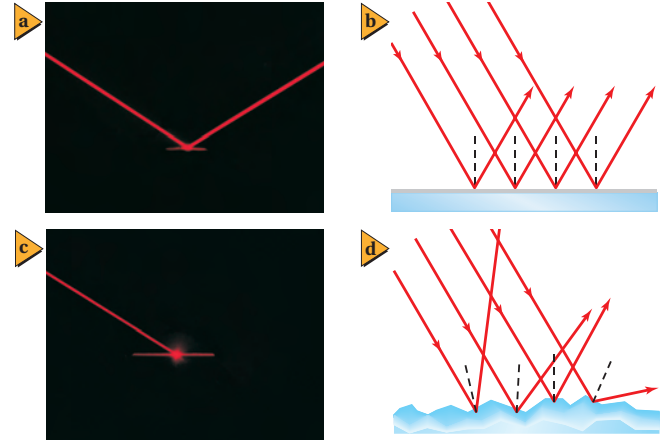
2. تحذير: حذّر الطلاب من النظر مباشرة إلى مؤشر الليزر.

ضع الورقة على طاولة أمام الحائط. ثم وجه شعاع الليزر في اتجاه الورقة بزاوية 45° تقريباً. ثم اسأل: لماذا نشاهد انعكاساً مشتتاً ومنتشراً للضوء على الحائط؟ **إن سطح الورقة خشن لذا يكون الضوء المنعكس مشتتاً ومنتشراً.**

3. ضع المرآة على الطاولة بالقرب من الحائط، ثم وجه شعاع الليزر بزاوية 45° تقريباً في اتجاه المرآة، واسأل: لماذا نشاهد بقعة ضوئية منعكسة على الحائط؟ **سيعكس سطح المرآة المصقول الضوء في صورة حزمة ضيقة، ولا يكون الضوء مشتتاً.**

تطوير المفهوم

مرايا مطلية بالفضة معظم الانعكاسات عن المرايا العادية تحدث بسبب طبقة الطلاء الفضية التي تغطي السطح السفلي للوح زجاجي؛ إذ ينعكس جزء قليل من الضوء عن السطح الأمامي فيكون أحياناً صورة باهتة. السطوح المطلية بالفضة من الأمام أو المرايا التي تعكس الضوء عن سطحها الأمامي تكون صوراً واضحة وذات جودة عالية جداً؛ لأن الضوء ينعكس مباشرة عن الطبقة الفضية دون المرور خلال الزجاج؛ فينتج انعكاساً واحداً عن هذه المرايا، وهذا هو السبب الرئيس لاستخدامها.



■ الشكل 3-10 عندما تسقط حزمة ضوئية على سطح مرآة (a) تنعكس الأشعة المتوازية في الحزمة الساقطة متوازيةً ومحافظةً على شكل الحزمة (b). وعندما تسقط حزمة الضوء على سطح خشن (c) تنعكس الأشعة المتوازية في الحزمة الساقطة عن سطوح مختلفة صغيرة جداً، مما يؤدي إلى تشتيت الأشعة (d).

تنتشر بالسرعة نفسها فإنها ستقطع المسافة الكلية نفسها خلال الزمن نفسه، لذا تنعكس مقدمة الموجة كاملة عن السطح بزاوية مساوية لزاوية سقوطها. لاحظ أن الطول الموجي للضوء لا يؤثر في هذه العملية؛ فالألوان الضوء الأحمر والأخضر والأزرق جميعها تتبع هذا القانون.

السطوح الملساء والسطوح الخشنة تأمل حزمة الضوء الساقطة في الشكل 3a-10 ولاحظ أن جميع الأشعة في الحزمة الضوئية قد انعكست عن السطح متوازية، كما في الشكل 3b-10. وهذا يحدث فقط إذا كان السطح العاكس أملس وفق مقياس الطول الموجي للضوء. فالسطح الأملس أو المصقول، مثل المرآة، يسبب انعكاساً منتظماً؛ أي أن الأشعة الضوئية التي تسقط عليه متوازية تنعكس عنه متوازية أيضاً.

ماذا يحدث عندما يسقط الضوء على سطح يبدو أملس ومصقولاً ولكنه في الواقع خشن وفق مقياس الطول الموجي للضوء، مثل صفحة هذا الكتاب أو جدار أبيض؟ فهل سينعكس الضوء؟ وكيف توضح ذلك؟ يبين الشكل 3c-10 حزمة ضوئية تنعكس عن صفيحة ورقية خشنة السطح، حيث سقطت أشعة الحزمة الضوئية جميعها متوازية، ولكنها انعكست غير متوازية، كما في الشكل 3d-10. ويسمى تشتت الضوء عن سطح خشن انعكاساً غير منتظم.

ينطبق قانون الانعكاس على كل من السطحين الأملس والخشن. ففي حالة السطح الخشن تكون زاوية سقوط كل شعاع مساوية لزاوية انعكاسه، وتكون الأعمدة القائمة على السطح عند مواقع سقوط الأشعة غير متوازية على المستوى المجهرى؛ لذا لا يمكن أن تكون الأشعة المنعكسة متوازية؛ لأن السطح الخشن حال دون توازيها. وفي هذه الحالة لا يمكن رؤية حزمة الضوء المنعكسة؛ لأن الأشعة الضوئية المنعكسة تفرقت وتشتتت في اتجاهات مختلفة. أما في حالة الانعكاس المنتظم - كما في المرآة - فيمكنك رؤية وجهك؛ لأن الأشعة انعكست على هيئة حزمة. وبغض النظر عن كمية الضوء المنعكسة عن الورقة أو الجدار، فلا يمكن اتخاذ كل منها مرآة؛ لأنها يشّتان الأشعة المنعكسة.

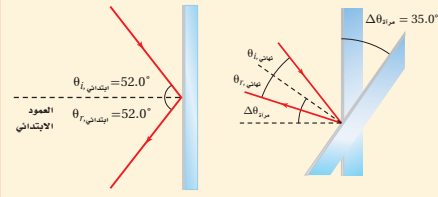
الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

طلاء المرايا كانت المرايا الأولى التي يعود تاريخها إلى العصور القديمة مصنوعة من معدن مصقول مثل البرونز أو القصدير أو الفضة. وكان أول ظهور للمرايا الزجاجية في القرن الرابع عشر في مدينة البندقية. وصنعت المرايا في القرنين السادس والسابع عشر بضغط مزيج الزئبق والقصدير على قطعة من الزجاج، ثم التخلص من الزئبق الزائد. أما الطريقة التي تُطلى بها المرايا في الوقت الحاضر فقد ابتكرها الكيميائي الألماني جوستوس فون ليبج Justus von Liebig عام 1835، وذلك بتحضير مزيج من الفضة والأمونيا، ثم سكبها على لوح من الزجاج، وبعد ذلك يُضاف عامل اختزال مثل الفورمالدهايد لكي يُختزل المزيج إلى الفضة في حالتها الصلبة. والآن تتم صناعة المرايا برش مصهور الألومنيوم أو الفضة على لوح زجاجي في مكان مفرغ من الهواء.

مثال 1

تغيير زاوية السقوط سقط شعاع ضوئي على مرآة مستوية بزاوية 52.0° بالنسبة للعمود المقام، فإذا دُورَت المرآة بزاوية 35.0° حول نقطة سقوط الشعاع على سطحها بحيث نقصت زاوية سقوط الشعاع، وكان محور الدوران متعامداً مع مستوى الشعاع الساقط والشعاع المنعكس، فما زاوية دوران الشعاع المنعكس؟



1 تحليل المسألة ورسمها

- مثل الحالة قبل دوران المرآة.
 - ارسم شكلاً آخر بتطبيق زاوية الدوران على المرآة.
- المجهول** $\Delta\theta_r = ?$ **المعلوم** $\theta_{i, \text{ابتدائي}} = 52.0^\circ$ $\Delta\theta_{\text{مرآة}} = 35.0^\circ$

2 إيجاد الكمية المجهولة

لتقليل زاوية السقوط دور المرآة في اتجاه حركة عقارب الساعة.

دليل الرياضيات

إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنونة 188

$$\theta_{i, \text{نهائي}} = \theta_{i, \text{ابتدائي}} - \Delta\theta_{\text{مرآة}}$$

$$= 52.0^\circ - 35.0^\circ$$

$$= 17.0^\circ$$

عوض مستخدماً $\theta_{i, \text{ابتدائي}} = 52.0^\circ$ $\Delta\theta_{\text{مرآة}} = 35.0^\circ$

في اتجاه حركة عقارب الساعة بالنسبة للعمود المقام الجديد

عوض مستخدماً $\theta_{i, \text{نهائي}} = 17.0^\circ$

$$\theta_{r, \text{نهائي}} = \theta_{i, \text{نهائي}}$$

$$= 17.0^\circ$$

في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة بالنسبة للعمود المقام الجديد

$$\Delta\theta_r = 52.0^\circ + 35.0^\circ - 17.0^\circ$$

أوجد الزاوية التي دار بها الشعاع المنعكس باستخدام الشكلين

$$= 70.0^\circ$$

في اتجاه حركة عقارب الساعة من الزاوية الأصلية

3 تقويم الجواب

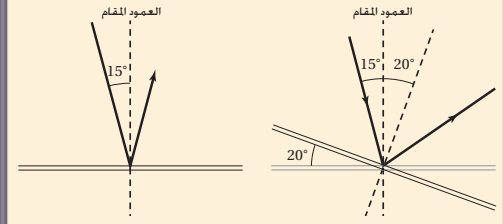
- هل الجواب واقعي؟ بمقارنة الرسمين النهائي والابتدائي يتبين أن زاوية السقوط تقل عندما تدور المرآة في اتجاه حركة عقارب الساعة في اتجاه الشعاع الضوئي. ومن المنطقي أن يدور الشعاع المنعكس في اتجاه حركة عقارب الساعة أيضاً.

مسائل تدريبية

- عند سكب كمية ماء فوق سطح زجاج خشن يتحوّل انعكاس الضوء من انعكاس غير منتظم إلى انعكاس منتظم. وضع ذلك
- إذا كانت زاوية سقوط شعاع ضوئي 42.0° فما مقدار كل مما يأتي:
 - زاوية الانعكاس.
 - الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والمرآة.
 - الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس.
- سقطت حزمة ضوء ليزر على سطح مرآة مستوية بزاوية 38.0° بالنسبة للعمود المقام. فإذا حُرِّكَ الليزر بحيث زادت زاوية السقوط بمقدار 13.0° فما مقدار زاوية الانعكاس الجديدة؟
- وضعت مرآتان مستويتان إحداها عمودية على الأخرى. فإذا أسقط شعاع ضوئي على إحداها بزاوية 30.0° بالنسبة للعمود المقام، وانعكس في اتجاه المرآة الثانية، فما مقدار زاوية انعكاس الشعاع الضوئي عن المرآة الثانية؟

مثال صفي

سؤال سقط شعاع ضوئي على مرآة مستوية بزاوية 15° مع العمودي. وبعد ذلك أديرَت المرآة بزاوية 20° حول نقطة سقوط الشعاع عليها فزادت نتيجة لذلك زاوية سقوط الشعاع، فإذا كان محور الدوران عمودياً بالشعاع، بالنسبة لمستوى السقوط والأشعة المنعكسة فما مقدار زاوية الانعكاس النهائية للشعاع الضوئي؟



الجواب

$$\theta_{r, \text{نهائي}} = 35^\circ$$

مسائل تدريبية

- السطوح تصبح ملساء أكثر .
- 42.0° .a
 - 48.0° .b
 - 84.0° .c
- 51.0° .3
- 60.0° .4

المناقشة

سؤال اسأل الطلاب: المرآة الجيدة يجب أن تكون مصقولة، كما يجب أن تعكس معظم الضوء الساقط عليها. ولكن هل هذا يكفي لتكون مرآة جيدة؟ ولماذا لا يعمل السطح الأملس الأبيض كمرآة جيدة؟

الإجابة المرآة النموذجية تعكس الضوء جيداً بسبب تغطية خلفيتها بالفضة، ورغم أن السطح الأبيض أيضاً يعكس الضوء جيداً، إلا أنه يشتت الأشعة المنعكسة، لأنه ليس أملس مثل السطح المغطى بالفضة.

الفيزياء في الحياة

نشاط

المرايا المستوية المركبة اطلب إلى الطلاب استخدام ماتعلموه في هذا الدرس لتوضيح كيفية استخدام مجموعة من المرايا المستوية لتشكيل مرآة مركبة تكون صور متعددة للجسم نفسه. يمكنهم مثلاً: دراسة المرآة المركبة المستوية ذات السطوح الثلاثة في بعض محلات الملابس، كما يمكنهم رسم مخطط توضيحي للأشعة ليتم بعد ذلك تحديد موقع كل صورة في المرآة ذات السطوح الثلاثة. دع الطلاب يبحثوا في استخدامات المرايا المركبة، ويرسموا مخططات توضيحية للأشعة في هذه المرايا. **2م - بصري - مكاني**

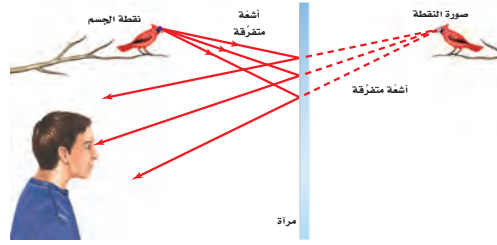


الشكل 4-10 المصباح الضوئي مصدر مضيء، ويشع الضوء في الاتجاهات جميعها. أما الشاب فيُعدُّ مصدرًا مستضيئًا يشتت ضوء المصباح الساقط على جسمه عن طريق الانعكاس غير المنتظم للضوء.

عندما ننظر إلى نفسك بواسطة مرآة مستوية فإن ما تشاهده هو صورتك فيها. فالمرآة المستوية عبارة عن سطح مستو أملس (مصفول) ينعكس عنه الضوء انعكاسًا منتظمًا. ولفهم انعكاس الضوء عن المرايا يجب أن نحدد الجسم ونوع الصورة المتكوّنة. وقد استخدمت كلمة جسم في الفصل السابق لتشير إلى مصدر الضوء، أما في موضوع المرايا فتستخدم كلمة جسم بالطريقة نفسها، لكن بتطبيق أكثر تحديدًا؛ فالجسم هو مصدر الأشعة الضوئية التي ستُنعكس عن سطح مرآة، ويمكن أن يكون الجسم مصدرًا مضيئًا مثل المصباح، أو مصدرًا مستضيئًا مثل الشاب، كما في الشكل 4-10.

خذ نقطة مفردة على الطائر الموضح في الشكل 5-10، تلاحظ أن الضوء ينعكس بصورة مشتمّة (انعكاس غير منتظم) من عُرف الطائر - نقطة الجسم - فإذا يحدث للضوء المنعكس؟ يسقط الضوء من الطائر على المرآة وينعكس. وماذا سيُشاهد الصبي؟ سيصل بعض الضوء المنعكس إلى عيني الصبي. ولأن دماغه يُعالج هذه الأشعة وكأنها سلكت مسارًا مستقيمًا، لذا سيبدو له أن الضوء يتبع الخطوط المتقطعة على الشكل؛ أي كأنه قادم من نقطة خلف المرآة، والتي تمثل صورة النقطة.

وسيرى الصبي في الشكل 5-10 الأشعة الضوئية القادمة من نقاط متعددة على جسم الطائر بالطريقة نفسها، وبذلك تتشكل صورة الطائر من اتحاد صورة النقاط الناتجة بفعل الأشعة الضوئية المنعكسة، وتعد هذه الصورة صورة خيالية؛ وذلك لأنها تتكوّن من التقاء امتدادات الأشعة الضوئية المنعكسة عن المرآة. وتقع الصور الخيالية دائمًا على الجانب الآخر من المرآة (خلف المرآة)، وهذا يعني أن صور الأجسام الحقيقية المتكوّنة في المرايا المستوية دائمًا هي صور خيالية؛ لأنه لا يمكن جمعها على حاجز.



الشكل 5-10 تبدو الأشعة المنعكسة التي تصل إلى العين وكأنها قادمة من نقطة خلف المرآة.

صفات الصور في المرايا المستوية Properties of Plane-Mirror Images

عندما ننظر إلى نفسك في مرآة مستوية ترى صورتك تظهر خلف المرآة وعلى بُعد يساوي بُعْدك عن المرآة. فكيف يمكنك اختبار ذلك؟ ضع مسطرة بينك وبين المرآة. أين ستلامس المسطرة الصورة؟ ستلاحظ أيضًا أن الصورة تكون في اتجاهك نفسه؛ أي معتدلة، وأنها معكوسة جانبيًا، وحجمها مساوٍ لحجم جسمك، وهذا هو منشأ التعبير القائل: "صورة طبق الأصل"، وإذا تحركت في اتجاه المرآة فإن صورتك ستتحرك في اتجاه المرآة، وإذا تحركت مبتعدًا عن المرآة فستتحرك الصورة مبتعدة عن المرآة أيضًا.

المناقشة

سؤال اسأل الطلاب: لماذا يمكنهم مشاهدة صورهم عند النظر إلى النافذة ليلاً ولا يمكنهم ذلك في النهار؟ ولماذا يسهل مشاهدة أشياء خارج غرفة مظلمة عند النظر إليها من نافذة تلك الغرفة؟

الإجابة يمرر زجاج النافذة معظم الضوء، وينعكس جزء من هذا الضوء، ففي النهار لا يكون الضوء المنعكس مرئيًا؛ لأنه يكون باهتًا مقارنة بضوء الشمس القادم من الخارج. أما في الليل فيكون الضوء المنعكس مرئيًا؛ لأن هناك ضوءًا قليلًا جدًا في الخارج. 2م

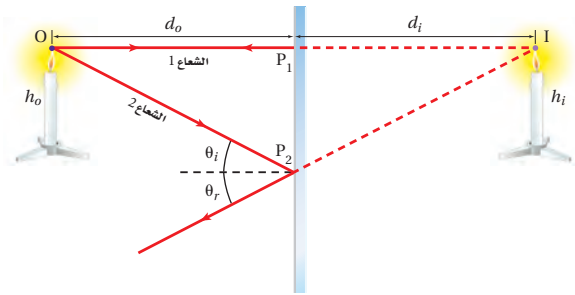
التفكير الناقد

عرض الانعكاس ركب مرأتين صغيرتين مستويتين بحيث تقابل كل منهما الأخرى وتبعد إحداها عن الأخرى مسافة 10 cm تقريبًا، اعمل ثقبًا في طبقة الطلاء خلف إحدى المرأتين على أن يقع الثقب على بعد يساوي ثلث طول المرآة نزولاً من أعلى المرآة. ثم ضع علبة مشروب غازي أو أي جسم آخر بين المرأتين. واطلب إلى الطلاب النظر من خلال الثقب ووصف الانعكاسات. سيجد الطلاب أن الانعكاسات لا نهائية وتبدو أحجام الصور المتكوّنة أصغر وأصغر. اطلب إليهم توضيح هذا التأثير. الصورة الأولى في كل مرآة هي صورة للعلبة الحقيقية، أما الصورة الثانية في كل مرآة فهي انعكاس للصورة الأولى في المرآة الأخرى، وتقع كل من الصور الأولى على بعد ثلاثة أمثال بُعد العلبة الحقيقية عن المرآة المقابلة، لذا تظهر الصور الثانية خلف المرأتين على بعد يعادل ثلاثة أمثال بُعد الصور الأولى. يتكرر هذا لكل صورة فتبدو أصغر لأنها تبتعد أكثر خلف المرآة. 2م بصري - مكاني

مهن في الحياة اليومية

معلومة للمعلم

مهندسو البصريات قد يكون الطلاب الذين يحبون الفلك ويدعون في علم البصريات مهتمين بمهنة مهندس البصريات في مرصد فلكي. مهندسو البصريات مسؤولون عن تصميم النظام البصري في التلسكوب الفلكي وتنسيقه وصيانته. بالإضافة إلى فهم أنظمة المرايا والعدسات، يجب أن يكون مهندسو البصريات قادرين على استخدام وصيانة الأجهزة التي تدعم النظام البصري (سيطرح موضوع العدسات في الفصل التالي). وعلى الطلاب المهتمين الذين يرغبون في الاستمرار في هذا المجال متابعة دراساتهم الجامعية ليحصلوا على درجة البكالوريوس في الهندسة، أو في الفيزياء، كما عليهم أن يتعلموا أكبر قدر ممكن من الرياضيات.



الشكل 6-10 تنبعت الأشعة الضوئية

من نقطة على الجسم في الاتجاهات جميعها، حيث يسقط بعضها على سطح المرآة، فينعكس إلى العين. يبين الرسم شعاعين ضوئيين فقط، وتمتد خطوط الرؤية (الامتداد الخلفي) - الموضحة على هيئة خطوط متقطعة - إلى الخلف من مواقع انعكاس الأشعة على سطح المرآة إلى موقع التقائهما، ويكون موقع الصورة في المكان الذي تلتقي فيه هذه الامتدادات: $d_i = -d_o$

موقع الصورة وطولها يوضح النموذج الهندسي في الشكل 6-10 تساوي بُعد الجسم وبُعد الصورة عن المرآة، وكذلك تساوي طول الجسم وطول الصورة. ويتبين ذلك برسم شعاعين صادريين من النقطة O على رأس الشمعة يسقطان على المرآة في النقطتين P_1, P_2 على الترتيب. وينعكس الشعاعان وفق قانون الانعكاس، ويتقاطع امتدادا انعكاسيهما خلف المرآة على أنهما خطوط الرؤية (خط متقطع) في النقطة I التي تمثل صورة النقطة O. فالشعاع 1 يسقط على المرآة بزاوية سقوط 0° ، فينعكس مرتدًا على نفسه؛ أي عموديًا على المرآة. أما الشعاع 2 فينعكس بالزاوية نفسها التي سقط بها، لذا يصنع خط الرؤية (الامتداد الخلفي) مع المرآة زاوية مساوية للزاوية التي يصنعها الشعاع الساقط نفسه مع المرآة.

وبين النموذج الهندسي أن القطعتين المستقيمتين OP_1, IP_1 تمثلان ضلعين متقابلين في مثلثين متطابقين OP_1P_2, IP_1P_2 . وتمثل d_o بُعد الجسم عن المرآة وتساوي طول القطعة OP_1 ، كما تُسمى أيضًا موقع الجسم، أما d_i فتُمثل بُعد الصورة عن المرآة وتساوي طول القطعة IP_1 ، كما تُسمى موقع الصورة. وباستخدام دلالة نظام الإشارات - حيث تشير الإشارة السالبة لموقع الصورة إلى أن الصورة خيالية - تكون المعادلة التالية صحيحة:

$$d_i = -d_o \quad \text{موقع الصورة التي تُكوّنُها مرآة مستوية}$$

بُعد الصورة عن المرآة المستوية يساوي سالب بُعد الجسم عنها، وإشارة السالب تدل على أن الصورة خيالية.

ولإيجاد طول الصورة يمكنك رسم شعاعين من الجسم. فمثلاً يلتقي امتداد الشعاعين الصادريين من قاعدة الشمعة، كما في الشكل 6-10، في نقطة خلف المرآة تُكوّن قاعدة الصورة. وسيكون طول الصورة h_i المتكوّنة - باستخدام قانون الانعكاس وهندسة تطابق المثلثات - مساويًا لطول الجسم h_o .

$$h_i = h_o \quad \text{طول الصورة التي تُكوّنُها المرآة المستوية}$$

في المرآة المستوية يكون طول الصورة مساويًا لطول الجسم.

تجربة

موقع الصورة الخيالية



افترض أنك تنظر إلى صورتك في مرآة مستوية، هل تستطيع قياس بعد الصورة؟

1. أخضر من معلمك آلة تصوير (كاميرا) على أن يكون لها قرص تركيز تُثبت عليه المسافات.

2. قف على بُعد 1.0 m من المرآة، وركز الكاميرا على حافة المرآة، وتحقق من قراءة قرص التركيز. يجب أن تكون 1.0 m.

3. قس بُعد صورتك من خلال تركيز الكاميرا عليها، وتحقق من قراءة قرص التركيز.

التحليل والاستنتاج

- ما بُعد الصورة خلف المرآة؟
- لماذا تكون الكاميرا قادرة على التقاط صورة للصورة الخيالية التي خلف المرآة رغم عدم وجود جسم حقيقي في ذلك الموقع؟

تعزيز الفهم

عرض تجريبي تأكد من مدى فهم الطلاب أن القدرة على رؤية الصورة المتكونة خلف المرآة المستوية تعتمد على موقع الناظر الذي يمكنه من رؤية تلك الصورة. ولتأكيد ذلك ضع مرآة مستوية على حامل وسط غرفة الصف، واطلب إلى أحد الطلاب الوقوف أمام المرآة، واطلب إلى طالب آخر الوقوف بعيدًا عنها نحو الجهة اليمنى. ثم ضع جسمًا بعيدًا عنها نحو يسارها بحيث لا يتمكن الطالب الأول من رؤية صورة الجسم في الوقت الذي يمكن للطالب الثاني رؤيته. دع الطلاب في الصف يقفون في مواقع مختلفة لترسخ لديهم فكرة كيف تؤثر زاوية نظر الطلاب فيما يمكن رؤيته باستخدام مرآة. **1م حركي**

تجربة

موقع الصورة الخيالية

تحذير: نبّه الطلاب إلى الحذر عند حمل المرايا لأن حوافها قد تؤذيهم.

الهدف تقدير بعد الصورة عن المرآة المستوية.

المواد والأدوات آلة تصوير احترافية ذات قرص يتحرك يدويًا مُسجّل عليه المسافات، ومرآة مستوية.

النتائج المتوقعة قراءة قرص التركيز تساوي 2.0 m.

التحليل والاستنتاج

4. الصورة على بعد 1.0 m خلف المرآة.

5. تلتقط الكاميرا الضوء المتشتت عن سطح المرآة، كما لو كان الضوء قادمًا من نقطة خلف المرآة.

طرائق تدريس متنوعة

نشاط

إعاقة بصرية اطلب إلى كل طالب ضعيف البصر أن يعمل مع طالب آخر قادر على وصف أبعاد الصورة وخصائصها عند تنفيذ التجربة. يمكن للطلاب الذين يعانون من ضعف في البصر أن يدركوا مفهوم صور المرايا المستوية بشكل أفضل إذا سمحت لهم أن يسيروا من موقع الجسم في اتجاه المرآة المستوية. وضح لهم أيضًا أنه لو كان بإمكانهم إكمال السير نحو المرآة فستكون الصورة خلف المرآة عند المسافة نفسها التي قطعوها. وعلى أي حال، فالصورة غير حقيقية؛ لأن المرآة المستوية تُكوّن صورًا خيالية. **1م حركي**

■ استخدام الشكل 7-10

اسأل الطلاب كم يجب أن يكون طول المرآة حتى يرى كل منهم انعكاساً كاملاً لجسمه. للإجابة عن هذا السؤال، اطلب إلى أحد الطلاب الوقوف أمام مرآة طويلة على مسافة مناسبة. واطلب إلى طالب آخر أن يحدد النقطة التي يرى عندها كل من رأسه وقدميه في المرآة. أشر إلى أن أعلى نقطة في صورته في المرآة يجب أن تكون في مستوى طوله، وأسفل نقطة في صورته في المرآة يجب ألا تزيد على نصف طوله بالنسبة إلى الأرض. اطلب إلى الطلاب دراسة الزوايا المتكوّنة بواسطة الأشعة الضوئية في الشكل 6-10 لدراسة هذا التأثير. وبتطبيق قانون الانعكاس يجب أن يجد الطلاب أن الشخص سيري صورته بحجمها الكامل إذا كان طول المرآة يعادل نصف طوله.

2٢ بصري-مكاني

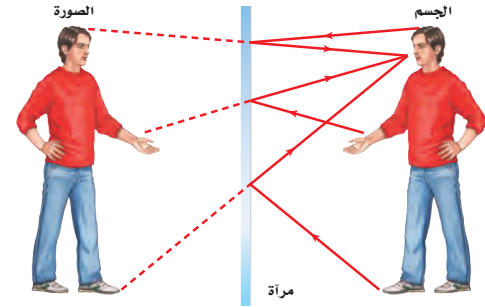
3. التقويم

التحقق من الفهم

عرض موقع الصورة اسأل الطلاب عما إذا كانت النقطة الموجودة على سطح المرآة التي ينعكس عندها الضوء الصادر عن الجسم هي نفسها موقع الصورة المتكوّنة بواسطة الضوء المنعكس. **الصورة خلف المرآة المستوية وليست على سطح المرآة أو في داخلها.** هناك طريقة واحدة لإثبات ذلك، وهي جعل الطلاب يمسكون مرآة صغيرة ويضعون إبهامهم مباشرة على سطح المرآة، عندئذ يمكنهم ملاحظة أن الصورة خلف سطح المرآة. **1٢ بصري-مكاني**

إعادة التدريس

نشاط صورة المرآة ساعد الطلاب على قص قطع ورقية مطابقة لأيديهم. واطلب إليهم قلب هذه القصاصات 180° حول محور رأسي يمر في منتصفها. ثم اسأل الطلاب فيما إذا كان قلب هذه القصاصات يُنتج صوراً مماثلة لتلك التي تتكوّن في المرايا. إن عملية قلب هذه القطع تعكس اليسار إلى اليمين والأمام إلى الخلف، بعكس الصور التي تتكوّن في المرآة، حيث ينعكس اليسار يساراً واليمين يميناً؛ أي تنعكس صورة كل جزء بحيث تكون مقابلة له. **1٣ حركي**



■ الشكل 7-10 الصورة المتكوّنة في المرآة المستوية لها حجم الجسم نفسه، ويُعد الجسم نفسه عن المرآة، وتقع خلف المرآة، وتكون معكوسة جانبياً؛ فإذا حرك الشخص يده اليمنى تتحرك اليد اليسرى في الصورة.

اتجاه الصورة تُكوّن المرآة المستوية صوراً في اتجاه الجسم نفسه؛ أي تُكوّن صوراً معتدلة. فإذا كنت تقف على قدميك فإن الصورة المتكوّنة في المرآة المستوية تظهر كذلك، وإذا كنت تقف على يديك تكون الصورة أيضاً بوضعية الوقوف على اليدين. غير أن هناك اختلافاً بينك وبين صورتك التي تكوّنها المرآة. تتبّع خطوط الأشعة الموضحة في الشكل 7-10. فالأشعة المنتشرة من اليد اليمنى للشخص تبدو كأنها تتجمع في اليد اليسرى لصورته؛ أي تظهر اليد اليسرى واليد اليمنى معكوستين في المرآة المستوية. فلماذا لا تنعكس قمة الجسم وقاعدته؟ هذا لا يحدث لأن المرآة المستوية في الحقيقة لا تعكس الجهة اليسرى واليمنى، بل تعمل المرآة في الشكل 7-10 على عكس صورة الشخص فقط بحيث تقابله في الاتجاه المعاكس له؛ أي أن المرآة تكوّن صوراً معكوسة جانبياً.

بالرجوع إلى صورة الجبل في بداية الفصل، تلاحظ أنها مقلوبة رأسياً، ولكن الصورة في الحقيقة معكوسة جانبياً مقارنة بالجبل الحقيقي؛ فلأن المرآة (سطح البحيرة) تكون أفقية وليست رأسية، فإن المنظور، أو زاوية النظر، تجعل الصورة تبدو مقلوبة رأسياً. ولفهم ذلك دوّر كتابك بزاوية 90° في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة، وانظر إلى الشكل 7-10 مرة أخرى، تجد أن الشخص ينظر إلى أسفل، في حين تبدو صورته كأنها تنظر إلى أعلى، كصورة الجبل تماماً. فالشيء الوحيد الذي تغير هو المنظور فقط.

10-1 مراجعة

5. **الانعكاس** يسقط شعاع ضوئي على سطح مصقول عاكس بزاوية سقوط 80° . ما الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع سطح المرآة؟
6. **قانون الانعكاس** اشرح كيف يُطبّق قانون الانعكاس في حالة الانعكاس غير المنتظم.
7. **السطوح العاكسة** صنّف السطوح التالية إلى سطوح عاكسة منتظمة (ملساء) و سطوح عاكسة غير منتظمة (خشنة): ورقة، معدن مصقول، زجاج نافذة، معدن خشن، إبريق حليب بلاستيكي، سطح ماء ساكن، زجاج خشن (مصنفر).
8. **صفات الصورة** يقف طفل طوله 50 cm على بُعد 10.0° .
5. **تبعد الصورة 3.0 m عن المرآة، وطولها يساوي 50.0 cm، وتكون خيالية.**
6. **يطبق قانون الانعكاس على الأشعة المفردة للضوء. تؤدي السطوح الخشنة إلى انعكاس الأشعة الضوئية في اتجاهات مختلفة، لكن لكل شعاع ضوئي تكون زاوية سقوطه مساوية لزاوية انعكاسه.**
7. **سطوح ملساء: زجاج النافذة، سطح ماء ساكن، معدن مصقول. سطوح خشنة: ورقة، معدن خشن، زجاج خشن، إبريق حليب بلاستيكي.**
8. **تبعد الصورة 3.0 m عن المرآة، وطولها يساوي 50.0 cm، وتكون خيالية.**
9. **المخططات التوضيحية يجب أن ترسم بحيث توضح أن موقع الشمس يقع تماماً فوق الرأس وعلى الأغلب سينعكس الضوء في اتجاه عين السائق وفق قانون الانعكاس.**
10. **سينعكس الضوء الساقط عن سطح الجسم في الاتجاهات جميعها، مما يجعلك قادراً على رؤية الجسم من أي موقع.**

10-1 مراجعة

5. **تبعد الصورة 3.0 m عن المرآة، وطولها يساوي 50.0 cm، وتكون خيالية.**
6. **يطبق قانون الانعكاس على الأشعة المفردة للضوء. تؤدي السطوح الخشنة إلى انعكاس الأشعة الضوئية في اتجاهات مختلفة، لكن لكل شعاع ضوئي تكون زاوية سقوطه مساوية لزاوية انعكاسه.**
7. **سطوح ملساء: زجاج النافذة، سطح ماء ساكن، معدن مصقول. سطوح خشنة: ورقة، معدن خشن، زجاج خشن، إبريق حليب بلاستيكي.**
8. **تبعد الصورة 3.0 m عن المرآة، وطولها يساوي 50.0 cm، وتكون خيالية.**
9. **المخططات التوضيحية يجب أن ترسم بحيث توضح أن موقع الشمس يقع تماماً فوق الرأس وعلى الأغلب سينعكس الضوء في اتجاه عين السائق وفق قانون الانعكاس.**
10. **سينعكس الضوء الساقط عن سطح الجسم في الاتجاهات جميعها، مما يجعلك قادراً على رؤية الجسم من أي موقع.**

1. التركيز

نشاط

الأنواع المختلفة للمرايا اطلب إلى الطلاب النظر إلى مرآة مستوية، ثم إلى ملعقة لامعة من الجانبين الأمامي والخلفي، وأشر إلى أن شكل السطح العاكس يؤثر في الصورة التي يكونها.

1م حركي

الربط مع المعرفة السابقة

خصائص الصور لقد درس الطلاب في البند السابق خصائص الصور المتكونة بواسطة السطوح المستوية العاكسة، وفي هذا الدرس يوسعون مفاهيمهم لتشمل الأسطح العاكسة المنحنية، ويدرسون العلاقة بين البعد البؤري وبعد الجسم وبعد الصورة.

2. التدريس

تعزيز الفهم

البؤرة أكد على الفرق بين البؤرة F والبعد البؤري f . فالبعد البؤري هو المسافة بين قطب المرآة والبؤرة. بينما البؤرة F هي النقطة التي تتجمع فيها انعكاسات الأشعة الساقطة متوازية وموازية للمحور الرئيس.

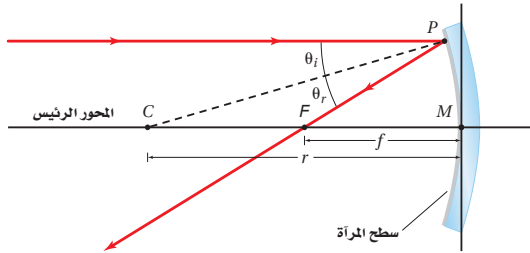
الأهداف

- توضّح كيف تكوّن كل من المرايا المحدبة والمرايا المقعرة الصور.
- تصف خصائص المرايا الكروية وتذكر استخداماتها.
- تحدد مواقع وأطوال الصور التي تكوّنها المرايا الكروية.

المفردات

- المرآة المقعرة
- المحور الرئيس
- البؤرة
- البعد البؤري
- الصورة الحقيقية
- الزوغان (التشوّ) الكروي
- التكبير
- المرآة المحدبة

الشكل 8-10 تقع بؤرة المرآة الكروية المقعرة في منتصف المسافة بين مركز التكوّن وسطح المرآة. وتنعكس الأشعة الساقطة موازية للمحور الرئيس مارة بالبؤرة F .



عندما تنظر إلى سطح ملعقة لامعة تلاحظ أن انعكاس صورتك يختلف عن انعكاسها في مرآة مستوية؛ إذ تعمل الملعقة عمل مرآة كروية؛ حيث يكون أحد سطحيها منحنيًا إلى الداخل، والسطح الآخر منحنيًا إلى الخارج. وتعتمد خصائص المرايا الكروية والصور التي تكوّنهما على شكل المرآة وموقع الجسم.

المرايا المقعرة Concave Mirrors

يعمل السطح الداخلي للملعقة (السطح الذي يحمل الطعام) عمل مرآة مقعرة. والمرآة المقعرة سطح عاكس، حوافّه منحنية نحو المشاهد. وتعتمد خصائص المرآة المقعرة على مدى تقعرها، وبين الشكل 8-10 كيف تعمل المرآة الكروية المقعرة. ويبدو شكل المرآة الكروية المقعرة كأنه جزء مأخوذ من كرة جوفاء سطحها الداخلي عاكس للضوء. وللمرآة الكروية المقعرة المركز الهندسي نفسه (C) ونصف قطر التكوّن نفسه (r) الخاصين بالكرة المأخوذة منها. ويسمى الخط الذي يحتوي على القطعة المستقيمة CM المحور الرئيس؛ وهو خط مستقيم متعامد مع سطح المرآة الذي يقسمها إلى نصفين. وتمثل النقطة (M) قطب المرآة؛ وهي نقطة تقاطع المحور الرئيس مع سطح المرآة.

عندما توجّه المحور الرئيس للمرآة المقعرة نحو الشمس تنعكس الأشعة جميعها مارةً بنقطة واحدة. ويمكنك تحديد هذه النقطة بتقريب وإبعاد قطعة ورق أمام المرآة حتى تحصل على أصغر وأوضح نقطة لأشعة الشمس المنعكسة على الورقة. وتسمى هذه النقطة البؤرة الأصلية للمرآة؛ وهي النقطة التي تتجمع فيها انعكاسات الأشعة المتوازية الساقطة موازية للمحور الرئيس بعد انعكاسها عن المرآة. ونظرًا للبعد الكبير بين الشمس والأرض فإن جميع الأشعة التي تصل الأرض تُعدّ متوازية.

وعندما يسقط الشعاع على مرآة فإنه ينعكس وفق قانون الانعكاس. وبين الشكل 8-10 أن الأشعة الساقطة موازية للمحور الرئيس تنعكس عن المرآة وتقطع المحور في البؤرة F . وتقع البؤرة F في منتصف المسافة بين مركز التكوّن C والقطب M ، أما البعد البؤري f ، فيمثل المسافة بين قطب المرآة وبؤرتها الأصلية، ويعبر عنه على النحو التالي: $f = \frac{r}{2}$ ، ويكون البعد البؤري للمرآة المقعرة موجبًا.

10-2 إدارة المصادر

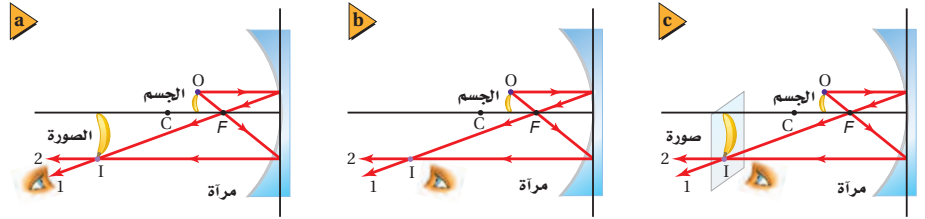
الملف الخاص بمصادر الفصول 7-12	اختبار قصير 2-10، ص 116
تقويم الفصل 10، ص 126	شريحة التدريس 3-10، ص 124
ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 104	ربط الرياضيات مع الفيزياء

استخدام التشابه

عرض البؤرة اعرض مفهوم البؤرة، وذلك بلف رباط مطاطي دون شدة حول وسط مجموعة مكونة من عشرين سيخاً، أو من قطع المعكرونة غير المطبوخة. اسحب الأسياخ على جانبي رباط مطاطي، ثم اتركها، وأشر إلى أن هذه الأسياخ تتجمع عند نقطة من الرباط ثم تنتشر مبتعدة؛ تماماً كما تنعكس الأشعة عن المرآة المقعرة؛ إذ تتجمع في البؤرة، ثم تعود وتنفرد عنها ثانية.

■ استخدام الشكل 9-10

قد يلاحظ الطلاب أن الأشعة في هذا الشكل رسمت حتى المستوى المتعامد مع المحور الرئيس بدلاً من سطح المرآة. بين لهم أن ذلك التقريب متبع، كما سيدرسون سبب ذلك لاحقاً. والآن، اطلب إلى الطلاب أن يتأكدوا من رسم هذا المستوى على سطح المرآة في النقطة التي يتقاطع فيها المحور الرئيس مع سطح المرآة. **2م**

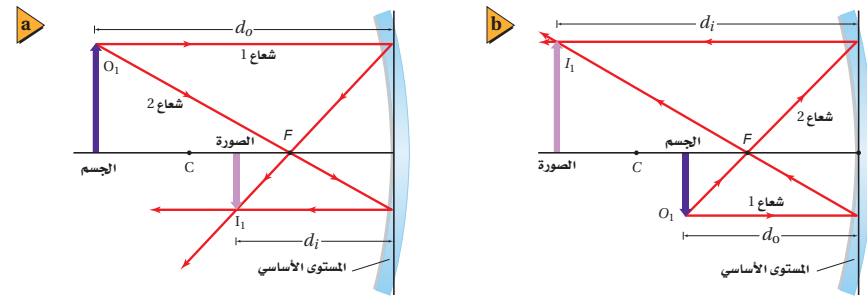


■ الشكل 9-10 الصورة الحقيقية التي تُرى بالعين المجردة (a). لا ترى العين الصورة الحقيقية إذا كانت في موقع لا تسقط عليه الأشعة المنعكسة (b). الصورة الحقيقية كما ترى على شاشة معتمة بيضاء (c).

الطريقة الهندسية لتحديد موقع الصورة Graphical Method of Finding the Image

يُفيدنا رسم مسارات الأشعة المنعكسة عن المرايا المقعرة في تحديد موقع الصورة، ليس لأن موقع الصورة هو الذي يتغير فقط، بل لأن حجمها ووضعها (اتجاهها) يتغيران أيضاً. ويُمكنك استخدام مخطط الأشعة للكشف عن خصائص الصور التي تُكوّنها المرايا المقعرة. وبين الشكل 9-10 عملية تكوين صورة حقيقية؛ وهي الصورة التي تتكون من التقاء الأشعة المنعكسة ويمكن جمعها على حاجز. وتلاحظ أن الصورة مقلوبة وأكبر حجماً من الجسم، وأن الأشعة تلتقي فعلياً في النقطة التي تتكون فيها الصورة. وتُحدد نقطة التقاطع (I) لشعاعين منعكسين موقع الصورة. ويمكنك رؤية الصورة في الفضاء عندما تسقط الأشعة المنعكسة التي كوّنَت الصورة على عينك، كما في الشكل 9a-10. ويوضح الشكل 9b-10 أنه يجب أن يكون موقع عينك في الجهة التي تسقط عليها الأشعة المنعكسة المكوّنة للصورة، ولا يمكنك رؤية الصورة من الخلف. وإذا وضعت حاجزاً (شاشة) في موقع تكوّن الصورة فإن هذه الصورة ستظهر على الحاجز كما في الشكل 9c-10، وهذا غير ممكن في حالة الصور الخيالية التي تتكون من التقاء امتدادات الأشعة المنعكسة ولا يمكن جمعها على حاجز. ولتسهيل فهم كيفية سلوك الأشعة عند استخدام المرايا المقعرة يمكنك استخدام أجسام أحادية البعد؛ سهم مثلاً، كما في الشكل 10a-10. تكون المرآة الكروية المقعرة صورة حقيقية ومقلوبة للجسم؛ إذا كان بعد الجسم d_o أكبر من ضعف البعد البؤري f ، أما إذا كان الجسم واقعاً بين البؤرة F ومركز التكور C كما في الشكل 10b-10 فإن الصورة ستكون مكبرة، وإذا كان الجسم واقعاً خلف مركز التكور C فإن الصورة ستكون مصغرة.

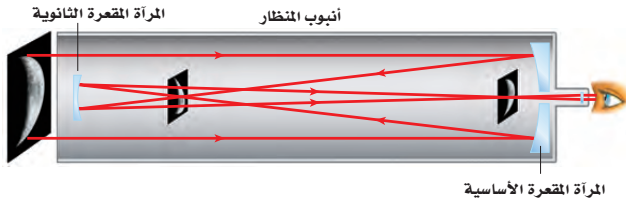
■ الشكل 10-10 إذا كان بُعد الجسم عن المرآة أكبر من بُعد مركز التكور فستكون الصورة حقيقية ومقلوبة ومصغرة مقارنة بالجسم (a). أما إذا كان الجسم واقعاً بين البؤرة ومركز التكور فستكون الصورة حقيقية ومقلوبة ومكبرة وموقعها خلف C (b).



مشروع فيزياء

نشاط

استخدامات المرايا اطلب إلى الطلاب البحث في المجالات الفلكية. أو في الدوريات العلمية والتقنية ليجدوا بحثاً أو مقالاً حول تقنية حديثة تستخدم فيها المرايا المقعرة، مثل (تلسكوب هابل الفضائي)، وشجعهم على قراءة المقال، وتعلّم كيفية استخدام هذه التقنية الحديثة للمرايا، وعلى إعداد عرض تقديمي لهذا الغرض، وقد يستطيعون كتابة إعلان لبيع تقنيات تتعلق بذلك. **2م لغوي**



الشكل 10-11 يكون منظار جريجوريان Gregorian صوراً حقيقية ومعتدلة.

كيف يمكن تحويل الصورة الحقيقية والمقلوبة التي تكوّنها مرآة مقعرة إلى صورة معتدلة وحقيقية؟ لقد طوّر عالم الفلك الأسكتلندي جيمس جريجوري في عام 1663 المنظار المعروف باسمه، منظار جريجوريان (المنظار الفلكي)، المبين في الشكل 10-11 حل هذه المشكلة. ويتكوّن منظاره من مرآتين مقعرتين إحداهما كبيرة والأخرى صغيرة. وتقع المرآة الصغيرة خلف بؤرة المرآة الكبيرة. وعندما تسقط الأشعة المتوازية القادمة من جسم بعيد على المرآة المقعرة الكبيرة فإنها تنعكس في اتجاه المرآة الصغيرة، التي تعكس بدورها هذه الأشعة مكونة صورة حقيقية ومعتدلة تماماً كالجسم.

الربط مع الفلك

استراتيجيات حل المسألة

استخدام طريقة رسم الأشعة لتحديد موقع الصور التي تكوّنها المرايا الكروية

استخدم الاستراتيجيات التالية لحل مسائل المرايا الكروية. ارجع إلى الشكل 10-10:

1. استخدم ورقة مُسطّرة أو ورقة رسم بياني، وارسم المحور الرئيس للمرآة على شكل خط أفقي من يسار الصفحة إلى يمينها، تاركاً مسافة 6 أسطر فارغة أعلاه، و6 أسطر فارغة أسفله.
2. ضع نقاطاً أو علامات على المحور تمثل كلاً من الجسم، و C، و F على النحو الآتي:
 - a. إذا كانت المرآة مقعرة والجسم خلف مركز التكور C، بعيداً عن المرآة، فضع المرآة عن يمين الصفحة، والجسم عن يسارها، وضع C و F وفق مقياس الرسم.
 - b. إذا كانت المرآة مقعرة والجسم بين C و F فضع المرآة عن يمين الصفحة، و C و F في منتصف المسافة بين المرآة ومركز التكور C، وضع الجسم وفق مقياس الرسم.
 - c. لأي وضع آخر، ضع المرآة في وسط الصفحة، وضع الجسم أو البؤرة F [أيها أبعد عن المرآة] عن يسار الصفحة، وضع الآخر الأقرب وفق مقياس الرسم.
3. ارسم خطاً رأسياً لتمثيل المرآة، يمر بقطبها وفي الفراغ المكوّن من الاثني عشر سطراً. يُمثّل هذا الخط المستوى الأساسي للمرآة.
4. ارسم الجسم على هيئة سهم، واكتب على رأسه O_1 . للمرآة المقعرة، يجب ألا يزيد طول الأجسام الواقعة أمام C على 3 أسطر، وأما لساتر الأوضاع فاجعل طول الأجسام 6 أسطر. سيكون مقياس رسم طول الجسم مختلفاً عن مقياس الرسم المستخدم على المحور الرئيس.
5. ارسم الشعاع 1 بصورة موازية للمحور الرئيس، حيث ينعكس عن المستوى الأساسي ماراً بالبؤرة.
6. ارسم الشعاع 2 ماراً بالبؤرة. سينعكس هذا الشعاع عن المستوى الأساسي موازاً للمحور الرئيس.
7. تتكون الصورة عند موقع التقاء الشعاعين المنعكسين 1 و 2 أو امتداديهما، وتكون الصورة ممثلة بسهم عمودي من المحور الرئيس إلى I_1 (نقطة التقاء الشعاعين المنعكسين أو امتداديهما).

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

عرض مخطط للأشعة عند رسم مخططات توضيحية لمسارات الأشعة، سيجد الطلاب أحياناً أن الأشعة لا تتقاطع مع الصورة المتكونة بواسطة المرآة على الورقة. وقد يعتقد الطلاب أن المخطط لا يمكن رسمه، أو أن المرآة لا تكوّن صورة كاملة للجسم. لذا وضح لهم كيف يمكنهم عمل امتداد للمستوى المتعامد مع المحور الرئيس إلى أعلى وإلى أسفل بمقدار ما يلزم. حيث يحدث انعكاس الأشعة على هذا المستوى كما لو كان يقطع المرآة. تظهر المرآة باستخدام هذا النموذج، على أنها تكوّن صورة كاملة للجسم كما في الواقع. بيّن للطلاب أنه حتى في حالة المعلقة الفلزية فإن الشخص يمكن أن يرى صورة الجزء العلوي كله من جسمه بالرغم من أن هذا الجزء أكبر من تجويف المعلقة.

التفكير الناقد

توضيح الصورة اسأل الطلاب عما إذا كانوا يعتقدون بأن المرآة عاكس مثالي. وعلى إفتراض أن المرآة قد تعكس 90% من الضوء الساقط عليها فقط. واطلب إلى الطلاب أن يتخيلوا الضوء الذي يرتد عن ثلاث مرايا كتلك المرآة، واحدة تلو الأخرى. ثم اسألهم عن نسبة الضوء المنعكس عن المرآة الثالثة بالنسبة إلى الضوء الأصلي الساقط.

لأن 90% من الضوء الساقط ينعكس عن كل مرآة، ستكون نسبة الضوء المنعكس بالنسبة للضوء الأصلي بعد الانعكاسات الثلاثة كما يأتي:

$$0.9 \times 0.9 \times 0.9 = 0.73$$
 أي سينعكس 73% من الضوء الأصلي الساقط. اسأل الطلاب كيف يمكن لمرآة كروية أن تستخدم لإعادة توضيح الصورة. يمكن لمرآة كروية كبيرة أن تجعل الصورة أكثر وضوحاً وذلك بتركيز كمية الضوء نفسها على مساحة أصغر. 2م

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

نشاط

مخططات توضيحية للأشعة قد يكون رسم مخططات توضيحية للأشعة عملية مربكة للطلاب في المحاولة الأولى. إلا أن اكتساب هذه المهارة عملية مهمة جداً لحل مسائل الضوء. قسّم الطلاب في مجموعات صغيرة، وزود كل مجموعة بمسألتين أو ثلاث، على أن تتضمن المسائل مرايا مقعرة، ثم اطلب إلى كل مجموعة أن تطبق استراتيجيات حل المسألة السابقة خطوة خطوة لحل هذه المسائل. يجب على الطلاب رسم المخططات التوضيحية بصورة مستقلة، إلا أنهم قد يستفيدون من مناقشة كل خطوة في المجموعة. 1م متفاعل

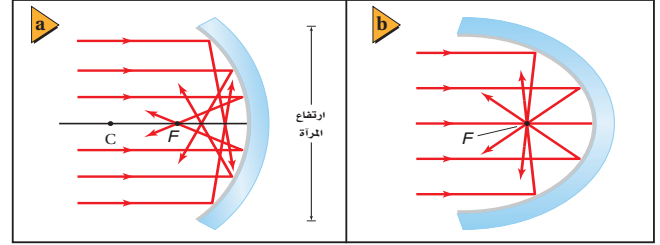
نشاط



الزوغان الكروي اطلب إلى الطلاب استقصاء الزوغان الكروي لصور حقيقية، على أن يستخدموا مرآيا عرض مقعرة كبيرة. واطلب إليهم أيضًا تغطية محيط المرآة بالورق أو الكرتون. سيلاحظ الطلاب أن الصورة أقل وضوحاً ولكن الزوغان الكروي فيها قليل. ثم، اطلب إليهم تغطية وسط المرآة، سيلاحظون مرة أخرى أن الصورة أقل وضوحاً؛ إلا أن الزوغان الكروي يكون أكثر وضوحاً. كما سيكون ممتعاً استخدام ثقب قطره 5 cm تقريباً في غطاء، وتحريكه على سطح المرآة كله. يجب أن يقارن الطلاب بين الصور المتكونة بوساطة مناطق مختلفة من سطح المرآة.

2م حركي

الشكل 10-12 - انعكس المرآة الكروية المقعرة جزءاً من الأشعة، بحيث تتجمع في نقاط غير البؤرة (a). تجمّع مرآة القطع المكافئ الأشعة المنعكسة جميعها وتركزها في نقطة واحدة (b).



عيوب الصور الحقيقية في المرايا المقعرة عند رسم الأشعة في المرايا الكروية فإنك تعكس الأشعة عن المستوى الأساسي؛ وهو الخط الرأسي الذي يمثل المرآة، إلا أن الأشعة في حقيقة الأمر تنعكس عن المرآة نفسها، كما في الشكل 10-12a. لاحظ أن الأشعة المتوازية القريبة من المحور الرئيس (الأشعة المحورية) فقط هي التي تنعكس مازة بالبؤرة. أما الأشعة الأخرى فتلتقي في نقاط أقرب إلى المرآة. لذا فإن الصورة المتكونة نتيجة انعكاس الأشعة التي تسقط متوازية على مرآة كروية ذات قطر (ارتفاع) كبير ونصف قطر تكوّن صغير، ستكون على هيئة قرص، وليست نقطة. ويسمى هذا العيب الزوغان (التشوه) الكروي، وهو ما يجعل الصورة تبدو غير واضحة.

والمرآة المقعرة التي تكون على شكل قطع مكافئ - كما في الشكل 10-12b - لا تعاني من الزوغان الكروي. ونظرًا لارتفاع تكلفة تصنيع المرايا الكبيرة التي تأخذ شكل القطع المكافئ تمامًا، فإن أغلب التلسكوبات الجديدة تستعمل مرايا كروية ومرايا ثانوية صغيرة مصممة على هيئة خاصة، أو عدسات صغيرة، لتصحيح الزوغان الكروي. ويمكن تقليل الزوغان الكروي كذلك بتقليل نسبة ارتفاع المرآة، الموضحة في الشكل 10-12a، إلى مقدار نصف قطر تكوّن مرآتها. وتستخدم المرايا ذات التكلفة الأقل في التطبيقات التي لا تحتاج إلى دقة عالية.

الطريقة الرياضية لتحديد موقع الصورة Mathematical Method of Locating the Image

يمكن استعمال نموذج المرآة الكروية لإيجاد معادلة بسيطة خاصة بالمرايا الكروية. ولتكوين الصورة يجب مراعات الاعتماد على الأشعة المحورية؛ وهي أن الأشعة القريبة من المحور الرئيس والمتوازية معه. واستخدام هذا التقريب إلى جانب استخدام قانون الانعكاس يقود إلى معادلة المرايا الكروية عن طريق ربط الكميات التالية معًا: البعد البؤري للمرآة الكروية f ، وبعد الجسم d_o ، وبعد الصورة d_i .

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

مقلوب البعد البؤري للمرآة الكروية يساوي حاصل جمع مقلوب بعد الجسم ومقلوب بعد الصورة عن المرآة.

من المهم أن نتذكر عند استخدام هذه المعادلة في حل المسائل أنها صحيحة تقريباً؛ حيث لا تتنبأ بالزوغان الكروي؛ لأنها تعتمد على الأشعة المحورية في تكوين الصور. وفي الحقيقة

تطبيق الفيزياء

مشكلة هابل

Hubble Trouble

أطلقت وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) في عام 1990 تلسكوب هابل الفضائي في مدار حول الأرض، وكان من المتوقع أن يُزود الوكالة بصور واضحة دون التشوه الحادث بسبب الغلاف الجوي، إلا أنه وجد بعد إطلاقه مباشرة زوغان كروي في الصور. وفي عام 1993 أُجريت تصحيحات بصرية، سميت كوستار COSTAR، على تلسكوب هابل ليتمكن من إعطاء صور واضحة.

تطبيق الفيزياء

لقد حدث خلل في جهاز القياس في أثناء تلميع المرآة الأولية في تلسكوب هابل الفضائي، مما جعل الحواف الخارجية لها أكثر تسطحاً. وعلى الرغم من أن النقص في التحدب لم يتجاوز $\frac{1}{50}$ تقريباً من قطر شعرة الإنسان، إلا أن ذلك كان كافياً لجعل المشاهدة بوساطة تلسكوب هابل أفضل قليلاً فقط من المشاهدة بوساطة تلسكوب ثابت على الأرض. وركزت التصحيحات البصرية التي سُميت كوستار COSTAR على خمسة أزواج من المرايا المصححة في مواقع معينة بحيث عوّضت وينجاح الزوغان الكروي الحاصل في تلسكوب هابل. اطلب إلى الطلاب المهتمين أن يبحثوا حول تلسكوب (كوستار)، وأن يحضروا عرضاً تقديمياً بخصوصه وحول أي تحسينات بصرية أخرى لتلسكوب هابل.

2م

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

الزوغان الكروي يجب أن يفهم الطلاب أن الزوغان الكروي لا ينشأ عن خلل في صنع المرآة بل هو خاصية ذاتية فيها، وهو يحدث حتى في المرايا الكروية الدقيقة الصنع. ويمكن تجنب الزوغان الكروي باستخدام مرايا سطوحها شبه كروية. ويعد إنتاج مثل هذه المرايا اللازمة في المجالات الفلكية الدقيقة أمراً صعباً للغاية؛ لأن سطح الزجاج يجب أن يكون مصقولاً جداً. لبعض التطبيقات التي يكون فيها تكوّن الصور التي دقتها قليلة مقبولاً، يمكن إنتاج مرايا كروية بلاستيكية مناسبة.

جمع الكسور وطرحها عند استخدام معادلة المرايا، استعمل الرياضيات أولاً لنقل الكسر الذي يتضمن الكمية التي تبحث عنها إلى الطرف الأيسر للمعادلة، وانقل الكسرين الآخرين إلى الطرف الأيمن، ثم اجمع الكسرين الموجودين عن يمين المعادلة باستخدام توحيد المقامات عن طريق ضرب المقامات بعضها في بعض.

الفيزياء	الرياضيات
$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$	$\frac{1}{x} = \frac{1}{y} + \frac{1}{z}$
$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d_o}$	$\frac{1}{y} = \frac{1}{x} - \frac{1}{z}$
$\frac{1}{d_i} = \left(\frac{1}{f}\right) - \left(\frac{1}{d_o}\right) \left(\frac{f}{f}\right)$	$\frac{1}{y} = \frac{1}{x} \left(\frac{z}{z}\right) - \left(\frac{1}{z}\right) \left(\frac{x}{x}\right)$
$\frac{1}{d_i} = \frac{d_o - f}{fd_o}$	$\frac{1}{y} = \frac{z - x}{xz}$
$d_i = \frac{fd_o}{d_o - f}$	$y = \frac{xz}{z - x}$

وباستخدام هذه الطريقة يمكنك اشتقاق العلاقات التالية لحساب بُعد الصورة، وبُعد الجسم، والبعد البؤري.

$$d_i = \frac{fd_o}{d_o - f} \quad d_o = \frac{fd_i}{d_i - f} \quad f = \frac{d_i d_o}{d_o + d_i}$$

تكون الأشعة الصادرة عن الجسم مشعّنة، لذا لا تكون جميع الأشعة موازية للمحور الرئيس أو قريبة منه. وتعطي هذه المعادلة صفات الصورة بدقة كبيرة، إذا كان ارتفاع المرآة صغيراً مقارنة بنصف قطر تكورها، بحيث يحدّ من الزوغان الكروي.

التكبير للمرايا الكروية خاصية التكبير m ؛ ويُقصد به كم مرة تكون الصورة أكبر من الجسم أو أصغر منه. والتكبير عملياً هو النسبة بين طول الصورة وطول الجسم. ويمكن استخدام هندسة تطابق المثلثات لكتابة هذه النسبة بدلالة كل من بُعد الجسم وبُعد الصورة.

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

يُعرّف تكبير مرآة كروية لجسم ما على أنه: طول الصورة مقسوماً على طول الجسم. ويساوي حاصل قسمة سالب بُعد الصورة عن المرآة على بُعد الجسم عن المرآة.

عند استعمال المعادلة السابقة يكون بُعد الصورة الحقيقية موجباً، لذا يكون التكبير سالباً، وهذا يعني أن الصورة مقلوبة مقارنة بالجسم. وإذا كان الجسم واقعاً خلف مركز التكور C فتكون القيمة المطلقة لتكبير الصورة الحقيقية أقل من 1؛ وهذا يعني أن الصورة تكون أصغر من الجسم (مصغرة). أما إذا وضع الجسم بين البؤرة F ومركز التكور C فتكون القيمة المطلقة لتكبير الصورة الحقيقية أكبر من 1؛ أي أن الصورة أكبر من الجسم (مكبرة).

تطوير المفهوم

إختفاء الصورة ناقش مع الطلاب ما يحدث للصورة المتكونة لجسم بواسطة المرآة المقعرة في أثناء اقترابه من البؤرة من جهة المرآة، ومن مسافة بعيدة عنها. يصبح طول الصورة أكبر وأكبر، ثم تختفي الصورة عندما يصبح الجسم قريباً جداً من البؤرة؛ إذ تنعكس الأشعة عن المرآة بصورة متوازية بحيث لا يمكن أن يتقاطع بعضها مع بعض. توضح كل من معادلة المرآة ومعادلة التكبير أن الصورة المتكونة تتكون على بعد لا نهائي، وحجمها لا نهائي أيضاً. **2م**

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

موقع الجسم قد يعتقد الطلاب أنه من الضروري أن يقع الجسم على المحور الرئيس للمرآة المقعرة حتى تتكوّن صورة له. بالنسبة للمرآة المقعرة يمكن أن يكون الجسم على جانب المرآة طالما أن جزءاً من سطح المرآة يكون مرئياً للجسم. اطلب إلى الطلاب استعمال مرآة مقعرة مكبرة لاستقصاء هذا المفهوم. **1م**

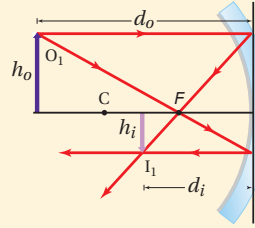
مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

نشاط

التكبير قد يحتاج بعض الطلاب إلى المساعدة ليتمكنوا من استيعاب مفهوم التكبير في المرايا الكروية. اقطع لوحاً من الورق المقوى إلى مستطيلات مختلفة الأبعاد، وأعط مستطيلاً واحداً لكل طالبين. ووضح لهم كيف يمكنهم أن يستخدموا مسطرة لرسم جسم باستخدام نسبة تكبير كنسبة 2:5. ويتعين على الطلاب تضمين مقياس رسم مناسب في رسوماتهم. ثم اطلب إليهم تبادل الرسومات بين المجموعات المختلفة وتحديد الأبعاد للأجسام الحقيقية من خلال مقاييس الرسم. **2م بصري-مكاني**

مثال 2

الصورة الحقيقية التي تكونها مرآة مقعرة وضع جسم طوله 2.0 cm أمام مرآة مقعرة نصف قطرها 20.0 cm، وعلى بُعد 30.0 cm منها. فما بُعد الصورة؟ وما طولها؟



1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم مخططاً للجسم والمرآة.
- ارسم شعاعين أساسيين لتحديد موقع الصورة على المخطط.

المجهول	المعلوم
$d_i = ?$	$h_o = 2.0 \text{ cm}$
$h_i = ?$	$d_o = 30.0 \text{ cm}$
	$r = 20.0 \text{ cm}$

2 إيجاد الكمية المجهولة

احسب البعد البؤري

$$r = 20.0 \text{ cm}$$

استخدم معادلة المرايا الكروية، وحل لإيجاد بُعد الصورة:

$$d_o = 30.0 \text{ cm} \text{ و } f = 10.0 \text{ cm}$$

استخدام علاقة التكبير لحساب طول الصورة:

$$d_o = 30.0 \text{ cm}, h_o = 2.0 \text{ cm}, d_i = 15.0 \text{ cm}$$

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ جميع الوحدات بالسنتيمتر cm.
- هل للإشارة معنى؟ الموقع الموجب والطول السالب متفقان مع الرسم.

مثال صفي

سؤال وضع جسم طوله 6.4 cm على بُعد 26.0 cm أمام مرآة مقعرة نصف قطر تكورها 24.0 cm، أين تكون الصورة؟ وما طولها؟

الجواب

تكون الصورة على بُعد 22.3 cm أمام المرآة.
طول الصورة 5.5 cm وتكون حقيقية مقلوبة.

مسائل تدريبية

11. 28.8 cm

12. -1.9 cm

13. بُعد الجسم: 26.7 cm، طول الجسم: 5.0 cm

تطوير المفهوم

أهمية مخطط الأشعة تأكد من الإشارة إلى أن تقنيات رسم الأشعة تصلح كاختبار للطريقة الجبرية (الحسابية) والعكس صحيح؛ إذ يجب أن تكون الطريقتان متوافقتين.

معادلة طول الصورة

تستخدم المعادلة $h_i = -d_i h_o / d_o$ كثيرًا في حل مسائل المرايا المقعرة.

قد يستفيد الطلاب من اشتقاق هذه المعادلة من معادلة التكبير. حل المعادلة بالنسبة لطول الصورة h_i ، يجب أن يضرب الطلاب بالنسب الموجودة في معادلة التكبير بطول الجسم h_o

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$(h_o) \left(\frac{h_i}{h_o} \right) = \left(\frac{-d_i}{d_o} \right) (h_o)$$

$$h_i = -d_i h_o / d_o$$

2م

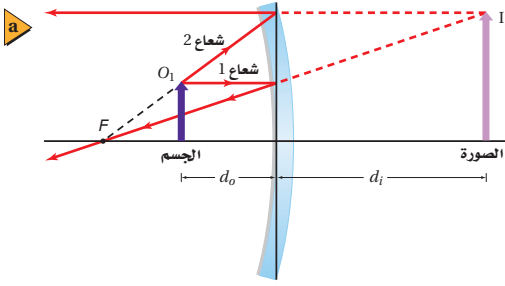
مسائل تدريبية

11. وضع جسم على بُعد 36.0 cm أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 16.0 cm. أوجد بُعد الصورة.
12. وضع جسم طوله 2.4 cm على بُعد 16.0 cm من مرآة مقعرة بعدها البؤري 7.0 cm. أوجد طول الصورة.
13. وضع جسم بالقرب من مرآة مقعرة بعدها البؤري 10.0 cm، فتكون له صورة مقلوبة طولها 3.0 cm على بُعد 16.0 cm من المرآة. أوجد طول الجسم وبُعده عن المرآة.

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

المرايا السائلة اطلب إلى الطلاب تخيل كمية من الحليب تدار في وعاء إلى أن يصبح سطح الحليب على شكل قطع مكافئ. وضح للطلاب أن العلماء يستخدمون هذا المفهوم لصناعة تلسكوبات ذات مرايا سائلة. إذ يستخدمون فلز الزئبق الذي له قدرة عكس كبيرة؛ حيث يكون سائلاً عند درجة حرارة الغرفة. يوضع الزئبق في إناء كبير، وعند تدويره بسرعة كبيرة يشكل الزئبق مرآة قطع مكافئ مقعرة. ولحماية الزئبق من الاهتزازات الخارجية يوضع في وعاء من الهواء المضغوط يعمل كوسائد تحميه من الاهتزازات، كما توضع شريحة ملساء من البلاستيك الناعم على سطح الزئبق لحمايته من الاضطرابات الهوائية أيضًا. وعلى الرغم من أن التلسكوب ذا المرآة السائلة أقل تكلفة من التلسكوب الذي يستخدم المرايا الصلبة، إلا أن لهذا التلسكوب مساحة رؤية محدودة، لأنه يجب أن يوضع بحيث يكون متجهًا إلى أعلى تمامًا.



الصور الخيالية في المرايا المقعرة Virtual Images with Concave Mirrors

لاحظت أنه كلما اقترب الجسم من بؤرة المرآة المقعرة F ابتعدت الصورة عن المرآة. وإذا وضع الجسم في البؤرة تمامًا كانت الأشعة المنعكسة جميعها متوازية، ومن ثم لا تتقاطع، لذا نقول إن الصورة تكونت في المالا نهاية، ولا تُرى صورة للجسم في هذه الحالة. ماذا يحدث إذا اقترب الجسم من المرآة أكثر؟

ماذا تلاحظ عندما تقرب وجهك من مرآة مقعرة أكثر فأكثر؟ تكون صورة وجهك معتدلة وخلف المرآة. فالمرآة المقعرة تكون صورة خيالية إذا وضع الجسم بين المرآة والبؤرة، كما في الشكل 10-13a. ولتحديد صورة نقطة من نقاط الجسم يرسم مرة أخرى شعاعان، وكما ذكر سابقاً يرسم الشعاع 1 ساقطاً بموازاة المحور الرئيس وينعكس مازاً بالبؤرة. أما الشعاع 2 فيرسم من نقطة على الجسم ليصل إلى المرآة، بحيث يمر امتداد هذا الشعاع في البؤرة، وينعكس هذا الشعاع موازياً المحور الرئيس. تلاحظ أن الشعاعين 1 و2 يتشتتان عندما ينعكسان عن المرآة، لذا لا يمكن أن يكونا صورة حقيقية، في حين يلتقي امتدادا الشعاعين المنعكسين خلف المرآة مكونين صورة خيالية.

وعندما تستخدم معادلة المرآة المقعرة لتحديد بُعد صورة جسم يقع بين البؤرة والمرآة تجد أن بُعد الصورة يكون سالباً. وستعطي معادلة التكبير تكبيراً موجباً أكبر من 1، وهذا يعني أن الصورة معتدلة ومكبرة، مقارنة بالجسم، كما في الصورة الموضحة في الشكل 10-13b.

■ الشكل 10-13 عند وضع جسم بين البؤرة والمرآة الكروية المقعرة تتكون له صورة مكبرة ومعتدلة وخيالية خلف المرآة (a)، كما هو موضح في الشكل (b). ما الصفات الأخرى التي تراها للصورة أيضاً في هذا الشكل؟

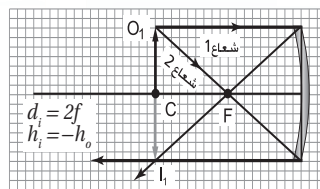
مسألة تحفيز

وضع جسم طوله h_o على بعد d_o من مرآة مقعرة بعدها البؤري f .

1. ارسم شكلاً لمخطط أشعة يوضح البعد البؤري وموقع الجسم إذا كان بُعد الصورة الناتجة يساوي ضعف بُعد الجسم عن المرآة، وأثبت صحة إجابتك رياضياً. واحسب البعد البؤري بوصفه دالة رياضية في بُعد الجسم في هذه الحالة.
2. ارسم شكلاً لمخطط أشعة يوضح بُعد الجسم إذا كان بُعد الصورة عن المرآة يساوي ضعف البعد البؤري، وأثبت صحة إجابتك رياضياً، واحسب طول الصورة بوصفه دالة رياضية في طول الجسم في هذه الحالة.
3. أين يجب وضع الجسم بحيث لا تتكون له صورة؟

مسألة تحفيز

2.



$$d_o = \frac{f(2f)}{(2f-f)}$$

$$d_o = 2f$$

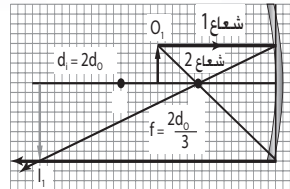
$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

$$= \frac{(-d_i)}{d_o}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_o = \frac{(fd_i)}{(d_i - f)}$$

1.



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{(d_o d_i)}{(d_o + d_i)}$$

$$f = \frac{(d_o (2d_o))}{(d_o + 2d_o)}$$

$$f = \frac{2d_o}{3}$$

عرض سريع

موقع الصورة

الزمن المقدر 10 دقائق

المواد والأدوات مرآة مقعرة، وجسم متوهج يعمل بوساطة بطارية أو بطاقة كيميائية.

الخطوات

1. اجعل الضوء خافتاً وأمسك الجسم بيد المرآة المقعرة باليد الأخرى.

2. وجّه المرآة نحو لوح أبيض أو نحو الحائط. ثم احمِل الجسم بحيث يقع على المحور الرئيس بين F ، C ، على أن يكون قريباً من البؤرة. ستظهر صورة كبيرة مقلوبة للجسم على الحائط.

3. اجعل الجسم خلف C . ستضطر إلى إمالة وجه المرآة تدريجياً بعيداً عن الحائط. ستكون صورة مصغرة مقلوبة بين C و F على الحائط.

4. اجعل الجسم بين F والمرآة. لن تتكون صورة حقيقية.

المناقشة

سؤال اسأل الطلاب عما إذا كانوا يتوقعون وجود فرق بين وضوح كل من الصور المكبرة والصور المصغرة.

الإجابة نعم، كلما تشتت الضوء انتشر على مساحة أوسع، وأصبحت الصورة غير واضحة (مشوهة). وكلما تجمع الضوء يتركز على مساحة أصغر، ونتيجة لذلك تكون الصور المكبرة خافتة ومشوهة، أما الصور المصغرة فتكون أكثر وضوحاً (غير مشوهة). وهذا يوضح لماذا يمكن تحديد موقع بؤرة المرآة المقعرة بإيجاد النقطة الأكثر وضوحاً للأشعة المنعكسة. توجد البؤرة للمرآة المقعرة في نقطة تجمع الأشعة المنعكسة التي كانت متوازية قبل اصطدامها بالمرآة. 1م

تجربة إضافية

إيجاد البؤرة

الهدف ملاحظة البؤرة الأصلية في المرايا الكروية .

المواد والأدوات مرآة محدبة صغيرة، ومرآة مقعرة صغيرة، وورقة، وصلصال.

تحذير: حذر الطلاب عند استخدام المرايا، إذ يمكن أن تؤذيهم حوافها الحادة.

الخطوات

استخدم وصلصال لتثبيت مرآة مقعرة على سطح مستوٍ في منطقة بحيث تسقط عليها أشعة الشمس المباشرة وبشكل مائل بزاوية.

تحذير: لا تنظر مباشرة إلى المرآة التي تعكس ضوء الشمس.

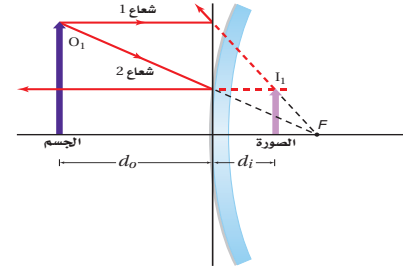
1. اطلب إلى كل طالب على الترتيب أن يحمل ورقة ويُقرّبها من المرآة ويبعدّها عنها في منطقة الأشعة المنعكسة؛ وذلك لإيجاد البقعة الأكثر سطوعاً. تحذير: لا تُبقِ الورقة في البؤرة فترة طويلة لأنها قد تحترق. تمثل هذه البقعة بؤرة المرآة.

2. استبدل المرآة المحدبة بمرآة مقعرة، ثم اطلب إلى الطلاب تكرار الخطوة 2 باستخدام المرآة المحدبة. لا يمكن إيجاد بقعة مضيئة (بؤرة) لهذه المرآة.

التقويم

1. لماذا تكوّن المرآة المقعرة بقعة مضيئة (بؤرة) بينما لا تكوّن المرآة المحدبة هذه البقعة؟ تُجمّع المرآة المقعرة الأشعة الضوئية المنعكسة في بقعة واحدة (بؤرة)، بينما تشتت المرآة المحدبة الأشعة الضوئية المنعكسة، لذلك لا تتكون نقطة مضيئة.

2. كيف يرتبط ذلك ببؤرة كل مرآة؟ تقع البؤرة أمام المرآة المقعرة في البقعة المضيئة التي تجمعت فيها الأشعة المنعكسة، بينما تقع بؤرة المرآة المحدبة خلفها، لذلك لا يمكن إيجادها باستخدام الورقة والأشعة المنعكسة.



■ الشكل 14-10 تكوّن المرآة المحدبة دائماً صوراً خيالية ومعتدلة ومصغرة مقارنة بالجسم.

المرايا المحدبة Convex Mirrors

تعلمت في بداية هذا الفصل أن السطح الداخلي للمعلقة مصقولة يعمل عمل مرآة مقعرة. وإذا قلبت المعلقة فإن السطح الخارجي سيعمل عمل مرآة محدبة. والمرآة المحدبة سطح عاكس حوافه منحنية بعيداً عن المشاهد. ماذا ترى عندما تنظر إلى ظهر ملعقة؟ سترى صورتك معتدلة ومصغرة.

وخصائص المرآة الكروية المحدبة موضحة في الشكل 14-10. فالأشعة المنعكسة عن المرآة المحدبة مشتتة دائماً، لذا تكوّن المرايا المحدبة صوراً خيالية. وتكون النقطتان C و F واقعتين خلف المرآة. وعند تطبيق معادلة المرآة ستكون قيمتا d_i سالبتين دائماً؛ لأنها خلف المرآة.

ويبيّن مخطّط الأشعة في الشكل 14-10 كيفية تكوّن الصورة بواسطة المرآة الكروية المحدبة، فعند أخذ شعاعين من العدد اللانهائي من الأشعة الصادرة عن الجسم فإن الشعاع 1 يسقط على المرآة موازياً للمحور الرئيس، وينعكس عنها، بحيث يمرّ امتداد الشعاع المنعكس في البؤرة F خلف المرآة. ويسقط الشعاع 2 على المرآة بحيث يمرّ امتداده في البؤرة F خلف المرآة، لماذا؟ سيكون كلّ من الجزء المنعكس من الشعاع 2 وامتداد الشعاع 2 المنعكس خلف المرآة موازيين للمحور الرئيس، وسيشتت الشعاعان المنعكسان، في حين يلتقي امتداداهما خلف المرآة ليكونا صورة خيالية ومعتدلة ومصغرة مقارنة بالجسم.

تكون معادلة التكبير مفيدة لتحديد الأبعاد الظاهرية للجسم كما سيرى في المرآة الكروية المحدبة. فإذا علمت قطر الجسم فاضربه في مقدار التكبير لمعرفة مدى تغير القطر عندئذٍ. وستجد أن القطر صغير، مثله مثل باقي الأبعاد، وهذا يفسّر لماذا يبدو بُعد الصور المتكونة لأجسام في مرآة محدبة أكبر من بُعدها الحقيقي.

■ الشكل 15-10 تكوّن المرايا المحدبة صوراً أصغر من الأجسام، وهذا يزيد من مجال الرؤية للمراقب.



مجال الرؤية قد يبدو أن استعمالات المرايا المحدبة محدودة بسبب الصور المصغرة التي تكوّنّها للأجسام، إلا أنّ هذه الخاصية جعلت للمرايا المحدبة استخدامات عملية؛ فمن خلال تكوينها صوراً مصغرة للأجسام تؤدي المرايا المحدبة إلى توسيع المساحة، أو مجال الرؤية، التي يراها المراقب، كما في الشكل 15-10. كما أن مركز مجال الرؤية مشاهد من أي زاوية للناظر بالنسبة للمحور الرئيس للمرآة، ومن ثم يكون مجال الرؤية واضحاً بمشهد أوسع. لذا تُستخدم المرايا المحدبة على نحوٍ واسع على جوانب السيارات للرؤية الخلفية.

3. يجب أن يوضع الجسم في البؤرة.

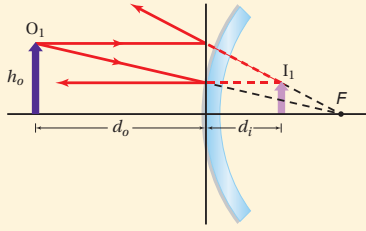
$$h_i = \frac{(-d_i h_o)}{d_o}$$

$$h_i = \frac{(-(2f)h_o)}{2f}$$

$$h_i = -h_o$$

مثال 3

الصورة في مرآة المراقبة تُستخدم مرآة محدبة بُعدها البؤري -0.50 m من أجل الأمن في المستودعات، فإذا كان هناك رافعة شوكية طولها 2.0 m على بُعد 5.0 m من المرآة فما بُعد الصورة المتكوّنة وما طولها؟



1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم مخططاً للمرآة والجسم.
- ارسم شعاعين أساسيين لتحديد موقع الصورة على المخطط.

المعلوم	المجهول
$h_o = 2.0\text{ m}$	$d_i = ?$
$d_o = 5.0\text{ m}$	$h_i = ?$
$f = -0.50\text{ m}$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم معادلة المرايا الكروية، لحساب بُعد الصورة.

عوض مستخدماً $d_o = 5.0\text{ m}$, $f = -0.50\text{ m}$

$$d_i = \frac{fd_o}{d_o - f}$$

$$= \frac{(-0.50\text{ m})(5.0\text{ m})}{5.0\text{ m} - 0.50\text{ m}}$$

$$= -0.45\text{ m} \text{ (صورة خيالية)}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(-0.45\text{ m})(2.0\text{ m})}{(5.0\text{ m})}$$

$$= 0.18\text{ m} \text{ (الصورة معتدلة ومصغرة)}$$

دليل الرياضيات
فصل المتغير 199

استخدم معادلة التكبير، وحل لإيجاد طول الصورة:

عوض مستخدماً $d_o = 5.0\text{ m}$, $h_o = 2.0\text{ m}$, $d_i = -0.45\text{ m}$

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ جميع الوحدات بالمتر m.
- هل للإشارة معنى؟ تدل الإشارة السالبة في بُعد الصورة على أنها خيالية، وتدل الإشارة الموجبة في طول الصورة على أنها معتدلة. وهذا يتفق مع المخطط.

مسائل تدريبية

- إذا وضع جسم على بُعد 20.0 cm أمام مرآة محدبة بُعدها البؤري -15.0 cm فأوجد بُعد الصورة المتكوّنة عن المرآة باستخدام الرسم التخطيطي وفق مقياس رسم، وباستخدام معادلة المرايا.
- إذا وضع مصباح ضوئي قطره 6.0 cm أمام مرآة محدبة بعدها البؤري -13.0 cm ، وعلى بُعد 60.0 cm منها، فأوجد بُعد صورة المصباح وقطرها.
- تكوّنت صورة بواسطة مرآة محدبة، فإذا كان بُعد الصورة 24 cm خلف المرآة، وحجمها يساوي $\frac{3}{4}$ حجم الجسم، فما البعد البؤري لهذه المرآة؟
- تقف فتاة طولها 1.8 m على بُعد 2.4 m من مرآة، فتكونت لها صورة طولها 0.36 m . ما البعد البؤري للمرآة؟

مثال صفي

سؤال قلم طول له 16 cm وضع على بعد 23.5 cm من مرآة محدبة نصف قطر تكورها 28.4 cm . ما بُعد الصورة عن المرآة؟ وما طولها؟

الجواب

$d_i = -8.85\text{ cm}$; $h_i = 6.0\text{ cm}$

مسائل تدريبية

14. انظر إلى دليل حلول المسائل.

-8.57 cm

15. بُعد الصورة -10.7 cm ، قطر الصورة 1.1 cm

-96 cm

-0.60 m

نشاط



استخدامات المرايا اطلب إلى

الطلاب البحث في استخدامات المرايا وذلك بعمل قائمة لكل المرايا التي يشاهدونها في حياتهم اليومية، واصفين استخدامات كل منها. يمكن للطلاب أن يرسموا رسوماً توضيحية تساعد على شرح كيفية استخدام كل مرآة. واسمح لهم إذا أمكن إحضار بعض المرايا التي استخدموها إلى الغرفة الصفية. 1م

متفاعل

مشروع فيزياء

نشاط

أنظمة المرايا بعض الأجهزة البصرية تستخدم أنظمة مرايا للحصول على صور ذات مواصفات محددة. اطلب إلى الطلاب العمل في مجموعات ثنائية لتصميم نظام بصري لسطح المكتب باستخدام مرآتين أو أكثر، على أن تستخدم المرايا المستوية والمرايا الكروية. كما يجب أن يكون الطلاب قادرين على شرح نظامهم، بالإضافة إلى المعلومات المتعلقة بالأبعاد البؤرية، ومواقع الأجسام وخصائص الصور المتكونة. حث الطلاب على تصميم نظام مكون من مرآتين مستويتين يُمكنهم من معالجة انقلاب الأحرف الذي يحدث عند استخدام مرآة مستوية مفردة. 2م حركي

تعزير الفهم

خصائص المرايا قسم الطلاب إلى مجموعات صغيرة، واطلب إلى كل مجموعة كتابة أسئلة من نوع (صح/ خطأ) حول خصائص المرايا على أحد وجهي بطاقات فهرسة، وكتابة الإجابات مرفقة بتوضيحاتها على الوجه الآخر لها. يمكن للمجموعات تبادل هذه البطاقات فيما بينها، ويمكن للطلاب أن يستخدموا هذه البطاقات في اختبار بعضهم بعضًا. **1م متفاعل**

3. التقويم

التحقق من الفهم

الصور الحقيقية والصور الخيالية اطلب إلى كل طالب أن يكتب ويعرض فقرة، يقارن من خلالها بين الصورة الحقيقية والصورة الخيالية المتكونة بوساطة المرايا المقعرة. **1م لغوي**

التوسع

المرايا المحدبة في الفن يمكن للطلاب أن يبحثوا في لوحات فنية تتضمن صورًا لمرايا محدبة. اطلب إلى كل طالب كتابة نص يصف فيه كيف يستخدم الفنانون المرايا في الرسم، كما يتعين على الطلاب أيضًا وصف التأثيرات البصرية الناتجة عن استخدام المرايا المحدبة. **2م لغوي**

الجدول 10-1					
خصائص الصور في مرآة مُفردة					
نوع المرآة	f	d_o	d_i	m	الصورة
مستوية	لا يوجد	$d_o > 0$	$ d_i = d_o$ (سالِب)	الحجم نفسه	خيالية
مقعرة	+	$d_o > r$	$r > d_i > f$	مصغرة ومقلوبة	حقيقية
		$r > d_o > f$	$d_i > r$	مكبّرة ومقلوبة	حقيقية
		$f > d_o > 0$	$ d_i > d_o$ (سالِب)	مكبّرة ومعتدلة	خيالية
محدبة	-	$d_o > 0$	$ f > d_i > 0$ (سالِب)	مصغرة ومعتدلة	خيالية

مقارنة المرايا Mirror comparison

كيف تقارن بين الأنواع المختلفة من المرايا؟ يوضح الجدول 10-1 مقارنة بين خصائص أنظمة مرآة مُفردة (أحادية) لأجسام موضوعة على المحور الرئيس للمرآة. وتلاحظ من الجدول أن بُعد الصورة الخيالية دائمًا سالِب؛ لأنها تقع دائمًا خلف المرآة. وعندما تكون القيمة المطلقة للتكبير بين صفر و 1 تكون الصورة أصغر من الجسم. والتكبير السالب يعني أن الصورة مقلوبة بالنسبة للجسم. لاحظ أيضًا أن المرآة المستوية والمرآة المحدبة تكوّنان دائمًا صورًا خيالية، في حين تكوّن المرآة المقعرة صورًا خيالية وصورًا حقيقية. وتعطي المرايا المستوية انعكاسًا واقعيًا للأشياء، أما المرايا المحدبة فتعمل على توسيع مجال الرؤية. وتعمل المرآة المقعرة على تكبير الصورة إذا كان الجسم واقعيًا بين المرآة وبعدها البؤري.

10-2 مراجعة

18. صفات الصورة إذا كنت تعرف البعد البؤري لمرآة مقعرة فأين يجب أن تضع جسمًا بحيث تكون صورته مكبّرة ومعتدلة بالنسبة للجسم؟ وهل تكون هذه الصورة حقيقية أم خيالية؟
19. التكبير وضع جسم على بُعد 20.0 cm أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 9.0 cm. ما تكبير الصورة؟
20. بعد الجسم عند وضع جسم أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 12.0 cm، تكوّن له صورة على بُعد 22.3 cm من المرآة، فما بُعد الجسم عن المرآة؟
21. بعد الصورة وطولها وضع جسم طوله 3.0 cm على بُعد 22.0 cm من مرآة مقعرة بعدها البؤري 12.0 cm. ارسم مخططًا بمقياس رسم مناسب يبين بُعد الصورة وطولها، وتحقق من إجابتك باستخدام معادلتَي المرايا والتكبير.
22. مخطط الأشعة وضع جسم طوله 4.0 cm على

- بُعد 14.0 cm من مرآة محدبة بعدها البؤري 12.0 cm. ارسم مخططًا بمقياس رسم مناسب يبين بُعد الصورة وطولها، وتحقق من إجابتك باستخدام معادلتَي المرايا والتكبير.
23. نصف قطر التكوّر وضع جسم طوله 6.0 cm على بُعد 16.4 cm من مرآة محدبة. فإذا كان طول الصورة المتكوّنة 2.8 cm فما نصف قطر تكوّر المرآة؟
24. البعد البؤري استخدمت مرآة محدبة لتكوين صورة حجمها يساوي $\frac{2}{3}$ حجم الجسم على بُعد 12.0 cm خلف المرآة. ما البعد البؤري للمرآة؟
25. التفكير الناقد هل يكون الزوجان الكروي للمرآة أقل إذا كان ارتفاعها أكبر من نصف قطر تكوورها أم إذا كان ارتفاعها أقل من نصف قطر تكوورها؟ وضح ذلك.

10-2 مراجعة

18. ضع الجسم بين المرآة والبؤرة. ستكون الصورة المتكونة خيالية.
19. -0.82
20. 26.0 cm
21. انظر إلى دليل حلول المسائل، بُعد الصورة: 26.4 cm، وطولها: -3.6 cm.
22. انظر إلى دليل حلول المسائل، بُعد الصورة: -6.46 cm، وطولها: 1.8 cm.
23. 29 cm
24. -36 cm
25. سيكون أقل بالنسبة لمرآة ارتفاعها أصغر نسبيًا مقارنة بنصف قطر تكوورها. تكون الأشعة المتشتتة والقادمة من الجسم التي تسقط على المرآة قريبة أكثر من المحور الرئيس عندما يكون ارتفاع المرآة قليلًا، لذلك ستجتمع تلك الأشعة في مكان قريب من المرآة فتكوّن صورة واضحة باهتة.

مختبر الفيزياء

مختبر الفيزياء

Concave Mirror Images صور المرايا المقعرة

تعكس المرآة المقعرة الأشعة المتوازية والموازية للمحور الرئيس للمرآة مارةً ببؤرتها. وتتكوّن أنواع مختلفة من الصور في المرآة المقعرة حسب بُعد الجسم عن المرآة، وتتكوّن الصور الحقيقية على حاجز، في حين لا تتكوّن الصور الخيالية على حاجز. ستستقصي في هذه التجربة أثر تغيير موقع الجسم في موقع الصورة ونوعها.

سؤال التجربة

ما الشروط الواجب توافرها لتكوين صور حقيقية وأخرى خيالية باستخدام مرآة مقعرة؟

الخطوات

1. حدّد البعد البؤري للمرآة المقعرة المستخدمة باتباع الخطوات التالية: تحذير: لا تستخدم أشعة الشمس لتنفيذ هذه الخطوة. ضع المصباح على مسافة بعيدة من المرآة ثم اعكس ضوءه على الشاشة مع تحريكها ببطء نحو المرآة أو بعيداً عنها حتى تحصل أصغر على صورة واضحة له، ثم قس المسافة بين الشاشة والمرآة على امتداد المحور الرئيس، وسجّل هذه القيمة على أنها البعد البؤري للمرآة f .
2. ثبت المسطرتين المتريتين على الدعام الأربعة على شكل حرف V، واجعل صفري المسطرتين عند نقطة التقائهما.
3. ضع المرآة على حاملها عند نقطة التقاء المسطرتين.
4. ضع المصباح (الجسم) على طرف إحدى المسطرتين البعيد عن نقطة التقاء المسطرتين، وضع الشاشة على دعائمها على الطرف البعيد الآخر للمسطرة الثانية.
5. أطفئ أنوار الغرفة.
6. أضئ المصباح. تحذير: لا تلمس زجاجة المصباح الساخنة. قس بُعد الجسم d_o ، وسجّله في المحاولة 1. وقس طول الجسم h_o ، وسجّله أيضاً في المحاولة 1، حيث يمثل هذا القياس طول المصباح أو طول فتيلته إذا كان المصباح شفافاً.
7. عدّل المرآة أو المسطرتين، كلّما تطلّب الأمر ذلك، بحيث تسقط الأشعة المنعكسة على الشاشة، وحرك الشاشة ببطء إلى الأمام أو الخلف حتى تتكوّن صورة واضحة على الشاشة،

الأهداف

- تجمع وتنظم البيانات الخاصة بموقعي الجسم والصورة.
- تلاحظ الصور الحقيقية والخيالية.
- تلخص شروط تكوّن الصور الحقيقية والخيالية في المرايا المقعرة.

احتياطات السلامة



- لا تنظر إلى انعكاس الشمس في المرآة، ولا تستعمل مرآة مقعرة لتجميع ضوء الشمس وتركيزه.

المواد والأدوات

مرآة مقعرة	مصباح يدوي
حامل شاشة	حامل مرآة
مسطرتان مترتان	شاشة
مصباح 15 W (أو شمعة)	4 دعائم للمساطر المترية



المحاولة	d_o (cm)	d_i (cm)	h_o (cm)	h_i (cm)
1	95	65	1	0.7
2	85	76	1	0.9
3	50	185	1	3.7
4	40	لا تقاس	1	لا يقاس
5	30	لا تقاس	1	لا يقاس

الزمن المقدّر حصّة مختبر واحدة.

المهارات العملية التجربة، والملاحظة والقياس،

وجمع البيانات وتنظيمها.

احتياطات السلامة ذكر الطلاب بما يأتي:

التعامل مع المرايا بعناية؛ لأن حوافها الحادة قد تؤذيهم، وأن زجاجة المصباح قد تسخن جداً وقد تحرق الجلد، وعدم النظر مباشرة إلى أشعة الشمس المنعكسة عن المرآة، وعدم استخدام مرآة مقعرة كبيرة لتركيز ضوء الشمس، وأن يكونوا حذرين أيضاً إذا تم استخدام شمعة.

المواد البديلة يمكن أن تحل الشمعة محل

المصباح.

استراتيجيات التدريس

- ذكر الطلاب بعدم النظر مباشرة إلى أشعة الشمس أو انعكاس ضوء الشمس في اتجاه عيون الآخرين.
- يمكن أن نضطر لتحريك المرايا إلى الأمام والخلف عدة مرات بهدف تحديد أفضل موقع ممكن للصورة d_i .

التحليل

تعتمد الإجابات المحتملة على عينة البيانات مثل:

$$d_o = 95 \text{ cm}, d_i = 65 \text{ cm}, f = 40 \text{ cm}$$

$$1. \frac{1}{d_o} = \frac{1}{95} \text{ cm}^{-1} = 1.1 \times 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{65} \text{ cm}^{-1} = 1.5 \times 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$$

$$2. \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = 2.6 \times 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$$

$$f_{\text{محوبة}} = \frac{1}{2.6 \times 10^{-2} \text{ cm}^{-1}} = 39 \text{ cm}$$

3. النسبة المئوية للخطأ

$$\% \text{ error} = \frac{40 - 39}{40} \times 100\% = 2.5\%$$

عينة بيانات

$$f = 40 \text{ cm}$$

خطوة 7- لا تتكون صورة.

خطوة 8- تتكون صورة خيالية في المرآة.

الاستنتاج والتطبيق

1. في المحاولات من 1-3 تتكوّن صورة حقيقية. أما في المحاولة 4 فلا تتكوّن صورة. في حين في المحاولة 5 تتكوّن صورة خيالية.

2. تتكون صور حقيقية عندما يكون بُعد الجسم عن المرآة أكبر من البعد البؤري.

3. تتكون صور خيالية عندما يكون بُعد الجسم عن المرآة أقل من البعد البؤري.

التوسع في البحث

1. تتكون صور أكبر من الجسم، عندما يقع الجسم بين المرآة ومركز تكورها.

2. ستختلف الإجابات. من مصادر الخطأ تحديد البعد البؤري للمرآة بدقة. قد يذكر الطلاب أنه سيكون مفيداً الحصول على مرآة أكبر، ونظيفة، أو خالية من أية خدوش. والمرآة ذات السطح الأمامي الفضي تكون ذات جودة عالية. وسيكون من الصعب أيضاً تحديد أين تقع الصورة الأكثر وضوحاً والأكثر حدة بدقة.

الفيزياء في الحياة

الأشعة الضوئية القادمة من النجوم أو الكواكب البعيدة جداً تصل متوازية، وتكون موازية للمحور الرئيس لذلك ستكون الصورة المتكوّنة حادة وواضحة.

جدول البيانات				
المحاولة	d_o (cm)	d_i (cm)	h_o (cm)	h_i (cm)
1				
2				
3				
4				
5				

جدول الحسابات					
المحاولة	$\frac{1}{d_o}$ (cm ⁻¹)	$\frac{1}{d_i}$ (cm ⁻¹)	$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$ (cm ⁻¹)	f (cm) عرّب	النسبة المئوية للخطأ (%)
1					
2					
3					
4					
5					

ثم قس بعد الصورة d_i وطولها h_i وسجلها في المحاولة 1.

8. حرّك المصباح في اتجاه المرآة بحيث يصبح على بُعد يساوي ضعف البعد البؤري $d_o = 2f$ ، وسجل قيمة d_o في المحاولة 2. ثم حرّك الشاشة حتى تتكوّن صورة عليها، ثم قس d_i ، h_i وسجلها في المحاولة 2.

$$\% \text{ error} = \left(\frac{f - f_{\text{عرّب}}}{f} \right) \times 100\%$$

الاستنتاج والتطبيق

1. صنّف ما نوع الصورة التي شوهدت في كل محاولة؟
2. حلّل ما الشروط التي تطلبها تكوين صور حقيقية؟
3. حلّل ما الشروط التي تطلبها تكوين صور خيالية؟

التوسع في البحث

1. ما الشروط اللازم تحقيقها لتكون الصورة أكبر من الجسم؟
2. راجع طرائق جمع البيانات، وحدّد مصادر الخطأ، وما الذي يتعين عليك عمله حتى يكون القياس أكثر دقة؟

الفيزياء في الحياة

ما الميزة التي تكمن في استخدام المنظار الفلكي ذي المرآة المقعرة؟

الفيزياء

تزيد من المعلومات عن الضوء ارجع الى الموقع الإلكتروني obeikaneducation.com

115

تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية اطلب إلى الطلاب تطوير إجراءاتهم الخاصة لتحديد البعد البؤري واستقصاء الصور المتكوّنة بوساطة المرايا الكروية. واطلب إليهم استخدام مواد وأدوات متوافرة مثل: مرآة مقعرة بعدها البؤري 10 cm، ومرآة محدبة بعدها البؤري 10 cm، وحاملات مرايا، وشمعة أو مصدر ضوء، وشاشة، ومسحار مثبت في قاعدة فيها شق؛ لتطبيق ما يعرفونه في تكون صور بوساطة العدسات.

الخلفية النظرية

تغلّب تلسكوب هابل الفضائي على مشكلة التشوه الناتج عن الغلاف الجوي. ويمكن لتلسكوب مزود بنظام بصري على سطح الأرض أن يزودنا بصور تماثل جودة الصور التي يزودنا بها تلسكوب هابل أو أفضل منها.

تكون موجات الضوء القادمة من مصدر ضوئي نقطي بعيد جداً متوازية، ولكن الغلاف الجوي يُحدث تشوّهاً للصورة بسبب الانحراف القليل للموجات؛ بحيث تبدو أنها غير متوازية. وبتغيير شكل المرآة تصبح الموجات متوازية مرة أخرى.

استراتيجيات التدريس

■ تسبب تيارات الحمل للهواء الساخن تلاًؤاً النجوم مما يجعل الصورة تتموج. يمكن توضيح ذلك في المختبر بوساطة إشعال مصدر لهب والسماح للطلاب بالنظر عبر سطح اللهب.

■ هناك عدة أماكن على الأرض لا تظهر فيها السماء معتمّة لفترة طويلة، لذا قد لا يستطيع الطلاب هناك رؤية النجوم المتلألئة أبداً. نظّم رحلة مسائية قصيرة إلى إحدى المناطق المفتوحة في ليلة صافية خلال أشهر الشتاء. وينصح باستخدام تلسكوب صغير أو منظار ميدان (ثنائي العين). ويمكن الحصول على المساعدة اللازمة من الجمعية الفلكية السعودية.

نشاط

نظام بصري قابل للتكيف محلي الصنع
ركب مرآة قابلة للتكيف باستخدام طوق تطريز وشريحة مطلية بالمعدن أو بالون من رقائق معدنية رقيقة. ثم شتت حزمة أشعة ليزر بتسليطه في اتجاه سطح لامع. ثم وجّه أشعة الليزر المشتتة في اتجاه شاشة مستخدماً مرآة مرنة. ثم عدل المرآة بلطف حتى تقلل من مقدار تشتت الأشعة.

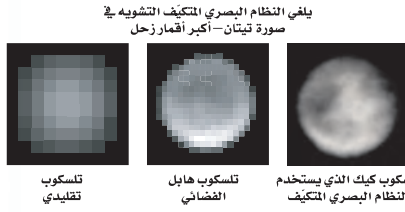
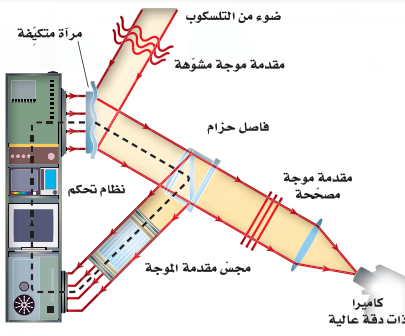
يصعب ملاحظة الأجسام الموجودة في الفضاء من الأرض لأنها بَرّاقة ومتلألئة؛ حيث تؤدي حركة الغلاف الجوي والتسخين غير المتساوي له، إلى انكسار الضوء القادم من تلك الأجسام بصورة فوضوية، ويمكن تشبيه ذلك بمحاولة النظر إلى جسم صغير من خلال الجزء السفلي لبرطمان فارغ مصنوع من الزجاج الشفاف في أثناء تدويره.

المرآة المتكيفة المرنة يعوّض النظام البصري المتكيف AOS باستمرار التشوهات الناجمة عن الغلاف الجوي من خلال إزالة الملحمان من صور النجوم؛ حتى يتمكن الفلكيون من مشاهدة صور ثابتة لأبعد الأجسام في الكون المرئي وتصويرها.

ينقل النظام البصري المتكيف AOS صورة النجم المكبرة من المقراب إلى مرآة متكيفة مرنة مصنوعة من زجاج رقيق، وتشد هذه المرآة بواسطة 20-30 مكبساً متحركاً؛ إذ تؤدي تلك المكابس إلى دفع سطح المرآة أو سحبها إلى أي شكل مهما كان معقداً أو صعباً. ويعمل كل مكبس بواسطة محرك سريع، يتم التحكم فيه آلياً عن طريق حاسوب. وعندما يصبح سطح المرآة مطابقاً تماماً للنمط المحدد في الوقت المحدد فإنها تُعوّض عن حركة الحمل الحراري في الغلاف الجوي بين التلسكوب والنجم، وستعكس صورة واضحة نحو المقراب أو الكاميرا.

مجس مقدمة الموجة يُوجّه مجس مقدمة الموجة نحو نجم واحد خلال التلسكوب للكشف عن التشوه الناجم بفعل الغلاف الجوي في كل لحظة؛ إذ تحتوي هذه الأداة على مجموعة مرتبة من العدسات الرقيقة في صفوف متعدّدة، وتكوّن كل مجموعة عدسات صورة للنجم على شاشة حساسة خلفها، ويمكن أن يُقرأ موقع كل صورة بواسطة الحاسوب.

وإذا كانت الصورة لا تقع خلف مجموعة العدسات الخاصة بها تماماً فإن برمجيات الحاسوب تُغيّر أن موجات النجم الضوئية تكون مشتتة بفعل الغلاف الجوي. لاحظ أن النجم يمثل مصدراً ضوئياً نقطياً بعيداً، لذا فإنه يُنتج موجات مستوية.



والصورة المشوهة للنجم ناتجة عن موجات ضوء غير مستوية، وهذه الموجات غير المستوية تؤدي إلى إزاحة صور النجم خلف بعض مجموعات العدسات فتختفي الصورة.

وتعالج برمجية الحاسوب هذا الخطأ، وتحسب كيف يجب أن تُثنى المرآة لإعادة الصور المخفية جميعها إلى مكانها؛ إذ تنعكس صورة النجم نحو المشاهد (المقراب) ثم تُصحّح، ولذا سترى صورة جميع الأجسام (مثل المجرات والكواكب) القريبة بوضوح. ونستطيع تغيير شكل المرآة المتكيفة 1000 مرة تقريباً في الثانية.

التوسع

1. **ابحث** ما الإجراء المتبع إذا لم يكن هناك نجم مناسب لتحليله أو دراسته باستخدام مجس مقدمة الموجة وذلك في منطقة من الفضاء تحت المراقبة؟
2. **طبق** ابحث في كيفية استخدام التكيف البصري في المستقبل لتصحيح الرؤية.

التوسع

1. **تطلق** المراصد الفلكية شعاع ليزر قوياً نحو الفضاء ليبدو كأنه نجم اصطناعي.
2. **تنعكس** حزمة الليزر الخافتة عن الجزء الحساس في العين (شبكة العين). يمكن استخدام كل من جهاز كاشف الموجة والحاسوب لتحديد كيف تعمل العين على تشويه الحزمة. قد يتمكن علماء البصريات يوماً ما من صنع نظارات لتصحيح التشويه.

دليل مراجعة الفصل

المفاهيم الرئيسية

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



10-1 الانعكاس عن المرايا المستوية Reflection from Plane Mirrors

المفردات

- انعكاس منتظم
- انعكاس غير منتظم
- مرآة مستوية
- جسم
- صورة
- صورة خيالية

المفاهيم الرئيسية

- وفق قانون الانعكاس، فإن الزاوية التي يصنعها الشعاع الساقط مع العمود المقام على السطح العاكس عند نقطة السقوط تساوي الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع العمود المقام على السطح عند النقطة نفسها.
- يُطبَّق قانون الانعكاس على السطوح الخشنة والسطوح المصقولة، حيث يكون العمود المقام على السطح الخشن في اتجاهات كثيرة مختلفة، وهذا يعني أن الأشعة الساقطة المتوازية تنعكس مشتتة.
- يُنتج السطح المصقول انعكاسًا منتظمًا، في حين يُنتج السطح الخشن انعكاسًا غير منتظم.
- يُسبب الانعكاس المنتظم تكوّن الصور التي تظهر كأنها خلف المرايا المستوية.
- الصورة التي تكوّن المرآة المستوية خيالية دائمًا، وحجمها يساوي حجم الجسم نفسه، ولها اتجاه الجسم نفسه، وبعدها عن المرآة يساوي بُعد الجسم عن المرآة.

$$\theta_r = \theta_i$$

$$d_i = d_o \quad h_i = h_o$$

10-2 المرايا الكروية Curved Mirrors

المفردات

- المرآة المقعرة
- المحور الرئيس
- البؤرة
- البعد البؤري
- الصورة الحقيقية
- الزوغان (التشوّه)
- الكروي
- التكبير
- المرآة المحدبة

المفاهيم الرئيسية

- يمكنك تحديد موقع الصورة التي تكوّن مرآة كروية من خلال رسم شعاعين من نقطة على الجسم إلى المرآة، وتكون نقطة تقاطع الشعاعين المنعكسين أو امتداديهما هي صورة نقطة الجسم.
- تُعبّر معادلة المرايا عن العلاقة بين بُعد الصورة وبُعد الجسم والبعد البؤري للمرآة الكروية:
- تُعبّر النسبة بين بُعد الصورة وبُعد الجسم، أو النسبة بين طول الصورة وطول الجسم عن تكبير الصورة في المرآة.
- تُكوّن المرآة المقعرة صورة حقيقية ومقلوبة عندما يكون بُعد الجسم أكبر من البعد البؤري.
- تُكوّن المرآة المقعرة صورة خيالية ومعتدلة عندما يكون بُعد الجسم أقل من البعد البؤري.
- تُكوّن المرآة المحدبة دائمًا صورة خيالية ومعتدلة ومصغرة.
- تبدو الصور التي تكوّن المرايا المحدبة أبعد، كما تنتج مجال رؤية واسعًا؛ لأنها تكوّن صورًا مصغرة.
- يمكن استخدام المرايا في مجموعات أو ضمن تراكيب لإنتاج صور بأحجام وأوضاع ومواقع مختلفة حسب الحاجة أو الرغبة. ويُعدّ التلسكوب الاستخدام الأكثر شيوعًا لمثل هذه التراكيب.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

$$m = \frac{d_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

خريطة المفاهيم

26. انظر إلى دليل حلول المسائل.

إتقان المفاهيم

27. عندما تسقط أشعة متوازية على سطح أملس فإنها تنعكس عنه بحيث تكون متوازية بعضها بالنسبة إلى بعض أيضاً، والنتيجة هو صورة طبق الأصل للأشعة الساقطة. أما عندما تنعكس الأشعة عن سطح خشن فإنها تنعكس مشتتة في اتجاهات مختلفة، لذلك لا تتكون صورة للمصدر.

28. أي خط متعامد على السطح عند أي نقطة.

29. تقع الصورة على الخط المتعامد على المرآة وتقع خلف المرآة على بعد مساوٍ لبعدها عن الجسم الموضوع أمام المرآة.

30. المرآة المستوية عبارة عن سطح مستوٍ مصقول ينعكس عنه الضوء انعكاساً منتظماً. وتكون الصورة المتكوّنة بوساطة المرآة المستوية خيالية، ومعتدلة، ومعوّسة جانبياً، وبعدها عن المرآة مساوياً لبعدها عن المرآة وتقع خلفها.

31. لا، فالأشعة لا تتجمع لتكوّن الصورة الخيالية. لا تتكون صورة الطالب لا يلتقط صورة. تتكوّن الصور الخيالية تتكون خلف المرآة.

32. ضع قطعة من ورقة مستوية أو فيلم فوتوجرافي في موقع الصورة، وسوف تكون قادرًا على تجميع الصورة.

33. الأشعة الضوئية المتوازية والموازية للمحور الرئيس والتي تسقط على حواف المرآة المقعرة الكروية لا تنعكس مارة بالبؤرة. ويسمى هذا التأثير الزوغان الكروي.

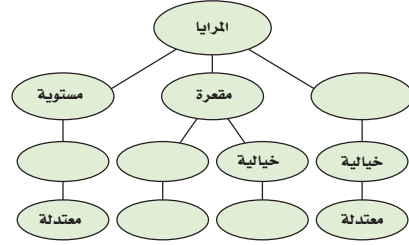
$$C = 2f$$

35. التكبير يساوي سالب بُعد الصورة مقسوماً على بُعد الجسم عن المرآة.

36. تستخدم المرايا المحدبة للنظر إلى الخلف في

خريطة المفاهيم

26. أكمل خريطة المفاهيم باستخدام المصطلحات التالية: محدبة، معتدلة، مقلوبة، حقيقية، خيالية.



إتقان المفاهيم

27. كيف يختلف الانعكاس المنتظم عن الانعكاس غير المنتظم؟ (10-1)

28. ماذا يقصد بالعبارة "العمود المقام على السطح"؟ (10-1)

29. أين تقع الصورة التي تكوّن المرآة المستوية؟ (10-1)

30. صف خصائص المرآة المستوية؟ (10-1)

31. يعتقد طالب أن فيلمًا فوتوجرافيًا حساسًا جدًا يمكنه الكشف عن الصورة الخيالية، فوضع الطالب الفيلم في موقع تكوّن الصورة الخيالية. هل ينجح هذا الإجراء؟ وضح ذلك. (10-1)

32. كيف تثبت لشخص أن صورة ما هي صورة حقيقية؟ (10-1)

33. ما الخلل أو العيب الموجود في جميع المرايا الكروية المقعرة؟ وما سببه؟ (10-2)

34. ما العلاقة بين مركز تكور المرآة المقعرة وبعدها البؤري؟ (10-2)

35. إذا عرفت بُعد الصورة وبُعد الجسم عن مرآة كروية، فكيف يمكنك تحديد تكبير هذه المرآة؟ (10-2)

36. لماذا تستخدم المرايا المحدبة على أنها مرايا مخصصة للنظر إلى الخلف؟ (10-2)

تطبيق المفاهيم

38. تنعكس كمية أقل من الضوء عن الطريق المبتلة نحو السيارة.

39. الصفحات الملساء والمصقولة تعكس الضوء بتشتت أقل من الصفحات الخشنة لذلك ينتج عن الصفحات الملساء وهج أكبر.

37. لماذا يستحيل تكوين صور حقيقية بالمرآة المحدبة؟ (10-2)

تطبيق المفاهيم

38. الطريق المبتلة تعكس الطريق الجافة الضوء بتشتت أكبر من الطريق المبتلة. بالاعتماد على الشكل 10-16، اشرح لماذا تبدو الطريق المبتلة أكثر سوادًا من الطريق الجافة بالنسبة للسائق؟



الشكل 10-16

39. صفحات الكتاب لماذا يُفضل أن تكون صفحات الكتاب خشنة على أن تكون ملساء ومصقولة؟

40. اذكر الصفات الفيزيائية للصورة التي تكوّن مرآة مقعرة إذا كان الجسم موضوعًا عند مركز تكورها، وحدد موقعها.

41. إذا وضع جسم خلف مركز تكور مرآة مقعرة فحدد موقع الصورة، واذكر صفاتها الفيزيائية.

42. المنظار الفلكي (التلسكوب) إذا احتجت إلى مرآة مقعرة كبيرة لصنع تلسكوب يكون صورًا ذات جودة عالية فهل تستخدم مرآة كروية أم مرآة قطع مكافئ؟ وضح ذلك.

43. ما الشروط اللازم توافرها لتكوين صورة حقيقية باستخدام مرآة كروية مقعرة؟

40. ستتكون الصورة عند مركز التكور C، وستكون مقلوبة وحقيقية ومساوية لحجم الجسم.

41. ستتكون الصورة بين C و F وستكون مقلوبة وحقيقية وأصغر من الجسم.

42. يتعين عليك استعمال مرآة قطع مكافئ للتخلص من الزوغان الكروي.

43. يوضع الجسم خلف البؤرة لتتكوّن صورة حقيقية.

السيارات لأنها توفر مدى واسعاً للرؤية مما يساعد السائق على رؤية مساحة أكبر من التي توفرها المرايا العادية للمشاهد الخلفية بالنسبة للسائق.

37. لأنها تشتت الأشعة الضوئية دائماً.

44. تستخدم مرآة مقعرة بحيث يوضع الجسم خلف مركز التكور أو تستخدم مرآة محدبة ويوضع الجسم في أي نقطة أمامها.
45. توفر المرآة المحدبة صوراً مصغرة خيالية ومعتدلة وأقرب إلى المرآة من الجسم.
46. مرايا محدبة، وتمتاز بأنها توفر مدى أوسع للرؤية.

إتقان حلّ المسائل

10-1 الانعكاس عن المرايا المستوية

47. 38.0°
48. a. 37.0° b. 74.0°
49. يسقط الشعاع القادم من قمة الرأس على سطح المرآة عند نقطة تساوي منتصف المسافة بين قمة الرأس والعينين، ويسقط الشعاع القادم من القدمين على المرآة عند نقطة تساوي منتصف المسافة بين القدمين والعينين، وتمثل المسافة بين النقطتين على المرآة نصف الطول الكلي.
50. الصورة على بُعد 1.2 m خلف المرآة، لذلك يجب أن توضع عدسة الكاميرا على بُعد 2.4 m.

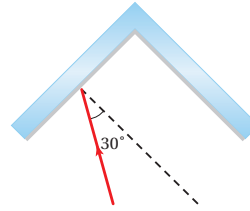
51. a. الانعكاس عن المرآة الأولى: 30° . وعن المرآة الثانية: 60° .
- b. تكون زاوية السقوط على المرآة الأولى 45.0° .

50. الصورة في المرآة أراد طالب أن يلتقط صورة لصورته في مرآة مستوية كما في الشكل 10-18. فإذا كانت الكاميرا على بعد 1.2 m أمام المرآة، فعلى أي بعد يجب أن يركز عدسة الكاميرا لالتقاط الصورة؟



الشكل 10-18

51. يبين الشكل 10-19 مرآتين مستويتين متجاورتين بينهما زاوية 90° ، فإذا سقط شعاع ضوئي على إحدهما بزاوية سقوط 30° ، فأجب عما يلي:
- a. ما زاوية انعكاس الشعاع عن المرآة الأخرى؟
- b. البريسكوب العاكس هو أداة تعكس الأشعة الضوئية في اتجاه عاكس وموازٍ لاتجاه الأشعة الضوئية الساقطة. ارسم مخططاً يبين زاوية السقوط على إحدى المرآتين بحيث يعمل نظام المرآتين عمل عاكس.



الشكل 10-19

44. ما الشروط اللازم توافرها لتكوين صورة مصغرة بمرآة كروية محدبة أو مقعرة؟
45. صف خصائص الصورة التي كوّنتها المرآة المحدبة الموضحة في الشكل 10-17.



الشكل 10-17

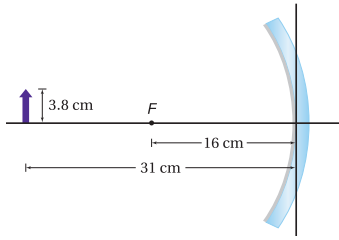
46. المرايا المستخدمة للرؤية الخلفية يُكتب على مرايا السيارة الجانبية المستخدمة في النظر إلى الخلف التحذير التالي: "الأجسام في المرآة أقرب مما تبدو عليه". ما نوع هذه المرايا؟ وبمّ تمتاز عن غيرها؟

إتقان حلّ المسائل

10-1 الانعكاس عن المرايا المستوية

47. سقط شعاع ضوئي بزاوية 38° مع العمود المقام عند نقطة السقوط. ما الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع العمود المقام؟
48. إذا سقط شعاع ضوئي بزاوية 53° مع سطح المرآة، فأوجد مقدار:
- a. زاوية الانعكاس.
- b. الزاوية بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس.
49. ارسم مخططاً أشعة لمرآة مستوية تبين فيه أنه إذا أردت رؤية نفسك من قدميك حتى قمة رأسك فيجب أن يكون طول المرآة المستخدمة على الأقل يساوي نصف طولك.

56. احسب بُعد الصورة وارتفاعها للجسم الموضح في الشكل 10-22.



الشكل 10-22 ■

57. صورة نجم مُجمَع الضوء القادم من نجم بواسطة مرآة مقعرة. ما بُعد صورة النجم عن المرآة إذا كان نصف قطر تكوّر المرآة 150 cm؟

58. المرآة المستخدمة للرؤية الخلفية على أي بُعد تظهر صورة سيارة خلف مرآة محدبة بعدها البؤري 10.0 m -6.0 m، عندما تكون السيارة على بُعد 10.0 m من المرآة؟

59. المرآة المستخدمة لرؤية الأسنان يستخدم طبيب أسنان مرآة مقعرة صغيرة نصف قطرها 40 mm لتحديد نخر في إحدى أسنان مريض، فإذا كانت المرآة على بُعد 16 mm من السن، فما تكبير الصورة الناتجة؟

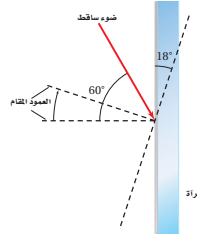
60. وضع جسم طوله 3 cm على بُعد 22.4 cm من مرآة مقعرة، فإذا كان نصف قطر تكوّر المرآة 34.0 cm، فما بُعد الصورة عن المرآة؟ وما طولها؟

61. مرآة تاجر مجوهرات يفحص تاجر مجوهرات ساعة قطرها 3.0 cm بوضعها على بُعد 8.0 cm من مرآة مقعرة بعدها البؤري 12 cm.

a. على أي بُعد ستظهر صورة الساعة؟
b. ما قطر الصورة؟

52. وضعت مرآتان مستويتان بحيث كانت الزاوية بينهما 45° . فإذا سقط شعاع ضوئي على إحداها بزاوية سقوط 30° وانعكس عن المرآة الثانية، فاحسب زاوية انعكاسه عن المرآة الثانية.

53. سقط شعاع ضوئي على مرآة مستوية بزاوية سقوط 60° . فإذا أدير المرآة بزاوية 18° في اتجاه حركة عقارب الساعة كما في الشكل 10-20، فما الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع المرآة؟

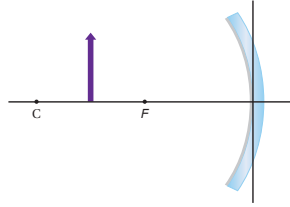


الشكل 10-20 ■

10-2 المرايا الكروية

54. بيت الألعاب يقف طالب بالقرب من مرآة محدبة في بيت الألعاب، فلاحظ أن صورته تظهر بطول 0.60 m. فإذا كان تكبير المرآة $\frac{1}{3}$ فما طول الطالب؟

55. صف الصورة المتكوّنة للجسم في الشكل 10-21، مبيّنًا هل هي حقيقية أم خيالية، مقلوبة أم معتدلة، وهل هي أقصر من الجسم أم أطول منه؟



الشكل 10-21 ■

52. 15.0°

53. 48.0°

10-2 المرايا الكروية

54. 1.8 m

55. حقيقية؛ ومقلوبة؛ وأطول من الجسم.

56. بُعد الصورة: 33.0 cm، وارتفاع الصورة: -4.1 cm

57. 75 cm

58. -3.8 m

59. 5 مرات

60. بُعد الصورة: 70.5 cm، وطول الصورة: -9.4 cm

61. a. -24 cm

b. 9.0 cm

التقويم

62. **a.** انظر إلى دليل حلول المسائل

b. 4.0 cm

c. -8.0 cm

مراجعة عامة

63. 62°

64. انظر إلى دليل حلول المسائل.

طول الصورة : 1.0 cm

بُعد الصورة : 2.7 cm

65. -6.9 cm

66. **a.** 22.9 cm

b. -1.8 cm

67. -72.0 cm

68. 58.0 cm

69. **a.** -1.5 m

b. 0.38 m

70. **a.** الصورة المكبرة المعتدلة تتكون فقط في

المرآة المقعرة ولجسم موضوع على بعد أقل من البعد البؤري.

b. 32 mm

71. انظر إلى دليل حلول المسائل.

72. انظر إلى دليل حلول المسائل.

البعد البؤري يساوي -12.0 cm

68. ما نصف قطر تكوّر مرآة مقعرة تُكبّر صورة جسم

+3.2 مرة عندما يوضع على بُعد 20.0 cm منها؟

69. **مرآة المراقبة** تستخدم المحال الكبيرة مرايا المراقبة

في الممرات، وكل مرآة لها نصف قطر تكوّر مقداره 3.8 m. احسب مقدار:

a. بُعد الصورة المتكوّنة لزبون يقف أمام المرآة على بُعد 6.5 m منها.

b. طول صورة زبون طوله 1.7 m.

70. **مرآة الفحص والمعاينة** يريد مراقب خط إنتاج في

مصنع تركيب مرآة تكوّن صوراً معتدلة تكبيرها 7.5 مرات عندما توضع على بُعد 14.0 mm من

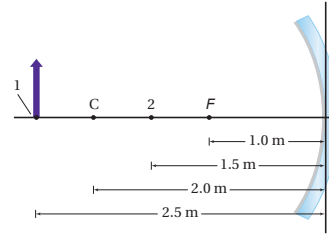
طرف الآلة.

a. ما نوع المرآة التي يحتاج إليها المراقب لعمله؟

b. ما نصف قطر تكوّر المرآة؟

71. تحرك الجسم في الشكل 10-24 من الموقع 1 إلى

الموقع 2. انقل الشكل إلى دفترك، ثم ارسم أشعة تبين كيف تتغير الصورة.



الشكل 10-24

72. وضع جسم طوله 4.0 cm على بُعد 12.0 cm من

مرآة محدبة. فإذا كان طول صورة الجسم 2.0 cm

وبعدها 6.0 cm، فما البعد البؤري للمرآة؟ ارسم

مخطط الأشعة للإجابة عن السؤال، واستخدم معادلتَي المرايا والتكبير للتحقق من إجابتك.

62. تسقط أشعة الشمس على مرآة مقعرة وتكوّن صورة

على بُعد 3 cm من المرآة. فإذا وضع جسم طوله 24 mm على بُعد 12 cm من المرآة:

a. فارسم مخطط الأشعة لتحديد موضع الصورة.

b. استخدم معادلة المرايا لحساب بُعد الصورة.

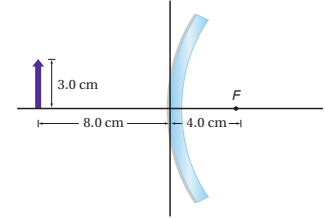
c. ما طول الصورة؟

مراجعة عامة

63. سقط شعاع ضوئي على مرآة مستوية بزاوية 28°، فإذا

حُرك مصدر الضوء بحيث زادت زاوية السقوط بمقدار 34°، فما مقدار زاوية الانعكاس الجديدة؟

64. انقل الشكل 10-23 إلى دفترك، ثم ارسم أشعة على الشكل لتحديد طول الصورة المتكوّنة وموقعها.



الشكل 10-23

65. وضع جسم على بُعد 4.4 cm أمام مرآة مقعرة،

نصف قطر تكوّرهما 24.0 cm. أوجد بُعد الصورة باستخدام معادلة المرايا.

66. وضع جسم طوله 2.4 cm على بُعد 30.0 cm أمام مرآة مقعرة نصف قطر تكوّرهما 26.0 cm. احسب

مقدار:

a. بُعد الصورة المتكوّنة.

b. طول الصورة المتكوّنة.

67. تُستخدم مرآة محدبة لتكوين صورة حجمها نصف حجم الجسم على بُعد 36 cm خلف المرآة. ما البعد

البؤري للمرآة؟

التفكير الناقد

73. عندما تكون الكرة خلف النقطة C، تكون الصورة أصغر من الكرة وحقيقية، وعندما تكون الكرة في مركز التكون C يكون حجم صورة الكرة مساوياً لحجم الكرة. وكلما تدرجت الكرة نحو المرآة سيزداد حجم صورة الكرة. ويستمر حجم الصورة في الازدياد حتى تختفي صورة الكرة وعندها تكون الكرة في البؤرة F. وبعد تعدي F تصبح الصورة خيالية ومكبرة ومعتدلة.

74. 11 cm

75. a. توضع المرآة المحدبة لتعرض الأشعة القادمة من المرآة المحدبة قبل أن تتجمع. وتعمل المرآة المحدبة على جعل نقطة التجمع في الاتجاه المعاكس للبعد البؤري الأصلي للمرآة الابتدائية أي في اتجاه المرآة المقعرة، وتزيد من المسافة الكلية التي يقطعها الضوء قبل تجمعه. وهذه العملية تزيد بشكل فعال البعد البؤري مقارنة باستخدام المرآة المقعرة فقط، لذا تزيد من التكبير الكلي.

b. مقلوبة، في كل مرة تتقاطع الأشعة الضوئية تكون الصور مقلوبة.

الكتابة في الفيزياء

76. ستختلف إجابات الطلاب.

77. ستختلف إجابات الطلاب.

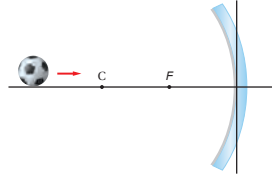
مراجعة تراكمية

78. $T_{\text{القمر}} = 7.0 \text{ s}$ ، $T_{\text{الأرض}} = 2.8 \text{ s}$

79. يمكن أن تتداخل الموجات، وتُجمع ثم يقطع بعضها بعضاً دون أن تتأثر. وفي هذه الحالة ستحتفظ الموجات بالمعلومات الخاصة بألوانها عندما يعبر بعضها بعضاً.

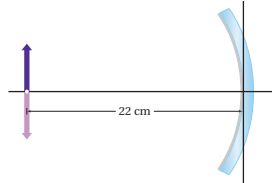
التفكير الناقد

73. تطبيق المفاهيم تدرج الكرة في الشكل 10-25 ببطء إلى اليمين نحو مرآة مقعرة. صف كيف يتغير حجم صورة الكرة في أثناء تدرجها نحو المرآة.



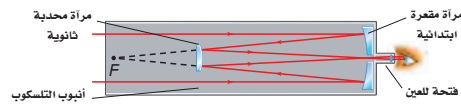
الشكل 10-25

74. التحليل والاستنتاج وضع جسم على بُعد 22 cm من مرآة مقعرة، كما في الشكل 10-26. ما البعد البؤري للمرآة؟



الشكل 10-26

75. التحليل والاستنتاج يستخدم ترتيب بصري في بعض التلسكوبات يُسمى (تركيز كاسيجرين) كما في الشكل 10-27. ويستخدم هذا التلسكوب مرآة محدبة ثانوية توضع بين المرآة الابتدائية وبؤرتها. أجب عما يلي:



الشكل 10-27

a. تكون المرآة المحدبة المفردة صوراً خيالية فقط. اشرح كيف تكون هذه المرآة في هذا النظام من المرايا صوراً حقيقية؟
b. هل الصور المتكوّنة في هذا النظام معتدلة أم مقلوبة؟ وما علاقة ذلك بعدد مرات تقاطع الأشعة؟

الكتابة في الفيزياء

76. تعكس المرايا الأشعة لأنها مطلية بالفلزات. ابحث في واحد مما يأتي، واكتب ملخصاً حوله:

a. الأنواع المختلفة للطلاء المستخدم، ومزايا كل نوع وسليباته.

b. صقل الألومنيوم بدرجة دقيقة من النعومة، بحيث لا تحتاج إلى زجاج لعمل مرآة.

77. ابحث في طريقة صقل وتلميع وفحص المرايا المستخدمة في التلسكوب العاكس. ويمكنك الكتابة في الطرائق التي يستخدمها الفلكي المبتدئ الذي يصنع تلسكوبه الخاص بيده، أو الطريقة التي تُستخدم في المختبر الوطني، وأعد تقريراً في ورقة واحدة تصف فيه الطريقة، ثم اعرضه على طلاب الصف.

مراجعة تراكمية

78. ما الزمن الدوري لبندول طوله 2.0 m على سطح القمر؟ علماً بأن كتلة القمر $7.34 \times 10^{22} \text{ kg}$ ونصف قطره $1.74 \times 10^6 \text{ m}$ ، وما الزمن الدوري لهذا البندول على سطح الأرض؟ (الفصل 7)

79. وضع مرشحان ضوئيان على مصباحين يدويين بحيث يُنفذ أحدهما ضوءاً أحمر، ويُنفذ الآخر ضوءاً أخضر. إذا تقاطعت الحزمتان الضوئيتان فلماذا يبدو لون الضوء في منطقة التقاطع أصفر، ثم يعود إلى لونه الأصلي بعد التقاطع؟ فسّر بدلالة الموجات. (الفصل 9)

سَلَم تقدير

يمثل الجدول الآتي نموذجاً لسلم تقدير إجابات الأسئلة الممتدة.

العلامات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهماً كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، فيمكن أن تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهماً للمواضيع الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة وتظهر فهماً أساسياً، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهماً جزئياً للمواضيع الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل، أو قدّم حلاً صحيحاً، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسية.
1	يُظهر الطالب فهماً محدوداً جداً للمواضيع الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدم الطالب حلاً غير صحيح تماماً، أو لا يستجيب على الإطلاق.

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. أين يجب وضع جسم بحيث تكون له مرآة مقعرة صورة مصغرة؟

(A) في بؤرة المرآة

(B) بين البؤرة والمرآة

(C) بين البؤرة ومركز التكور

(D) خلف مركز التكور

2. ما البعد البؤري لمرآة مقعرة، إذا كبرت جسمًا موضوعًا على بعد 30 cm منها بمقدار 3.2 مرة؟

(A) 23 cm

(B) 32 cm

(C) 44 cm

(D) 46 cm

3. وضع جسم على بُعد 21 cm أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 14 cm. ما بُعد الصورة؟

(A) -42 cm

(B) -8.4 cm

(C) 8.4 cm

(D) 42 cm

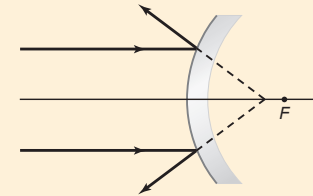
4. لا تتجمع امتدادات الأشعة الضوئية بدقة في البؤرة في الشكل أدناه. وهذه المشكلة تحدث في:

(A) المرايا الكروية جميعها

(B) مرايا القطع المكافئ جميعها

(C) المرايا الكروية المعيبة فقط

(D) مرايا القطع المكافئ المعيبة فقط



الأسئلة الممتدة

9. وضع جسم طوله 5.0 cm على بُعد 20.0 cm من مرآة محدبة بعدها البؤري 14.0 cm. ارسم مخطط الأشعة بمقياس رسم مناسب لتبين طول الصورة.

إرشاد

إجاباتك أفضل من إجابات الاختبار

عندما تعرف طريقة حل المسألة فحلها قبل أن تنظر إلى خيارات الإجابة، ويكون هناك على الأغلب أكثر من خيار يبدو جيدًا، لذا أجر الحسابات أولاً، وزود نفسك بالإجابة قبل النظر إلى الخيارات.

أسئلة الاختيار من متعدد

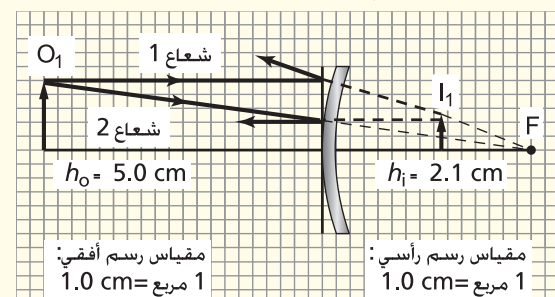
1. D 2. C 3. D

4. A 5. D 6. D

7. A 8. C

الأسئلة الممتدة

9. $h_i = 2.1 \text{ cm}$



مسائل تدريبية

10-1 الانعكاس عن المرايا المستوية (صفحة 97-103) 100 صفحة

1. عند سكب كمية ماء فوق سطح زجاج خشن يتحوّل انعكاس الضوء من انعكاس غير منتظم إلى انعكاس منتظم. وضح ذلك. تصبح السطوح ملساء أكثر؛ لأن الماء ملأ المناطق الخشنة.
2. إذا كانت زاوية سقوط شعاع ضوئي 42.0° فما مقدار كل مما يأتي:
a. زاوية الانعكاس.

$$\theta_r = \theta_i = 42.0^\circ$$

b. الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والمرآة.

$$\theta_{\text{المرآة}} = 90.0^\circ - \theta_i = 90.0^\circ - 42.0^\circ = 48.0^\circ$$

c. الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس.

$$\theta_i + \theta_r = 2\theta_i = 84.0^\circ$$

3. سقطت حزمة ضوء ليزر على سطح مرآة مستوية بزاوية 38.0° بالنسبة للعمود المقام. فإذا حُرِّك الليزر بحيث زادت زاوية السقوط بمقدار 13.0° فما مقدار زاوية الانعكاس الجديدة؟

$$\theta_i = \theta_{\text{ابتدائي}} + 13.0^\circ$$

$$= 38.0^\circ + 13.0^\circ = 51.0^\circ$$

$$\theta_r = \theta_i = 51.0^\circ$$

4. وضعت مرآتان مستويتان إحداهما عمودية على الأخرى. فإذا أُسقط شعاع ضوئي على إحداهما بزاوية 30.0° بالنسبة للعمود المقام، وانعكس في اتجاه المرآة الثانية، فما مقدار زاوية انعكاس الشعاع الضوئي عن المرآة الثانية؟

$$\theta_{r1} = \theta_{i1} = 30.0^\circ$$

$$\begin{aligned} \theta_{i2} &= 90.0^\circ - \theta_{r1} \\ &= 90.0^\circ - 30.0^\circ \\ &= 60.0^\circ \end{aligned}$$

مراجعة القسم

10-1 الانعكاس عن المرايا المستوية (صفحة 97-103) 103 صفحة

5. الانعكاس سقط شعاع ضوئي على سطح مصقول عاكس بزاوية سقوط 80° . ما الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع سطح المرآة؟

$$\theta_r = \theta_i$$

$$= 80.0^\circ$$

$$\theta_{\text{المرآة}} = 90.0^\circ - \theta_r$$

$$= 90.0^\circ - 80.0^\circ$$

$$= 10.0^\circ$$

6. قانون الانعكاس اشرح كيف يُطبّق قانون الانعكاس في حالة الانعكاس غير المنتظم.

يطبق قانون الانعكاس على الأشعة المفردة للضوء. تؤدي السطوح الخشنة إلى انعكاس الأشعة الضوئية في اتجاهات مختلفة، لكن لكل شعاع زاوية سقوط مساوية لزاوية الانعكاس.

7. السطوح العاكسة صُنّف السطوح التالية إلى سطوح عاكسة منتظمة (ملساء) و سطوح عاكسة غير منتظمة (خشنة): ورقة، معدن مصقول، زجاج نافذة، معدن خشن، إبريق حليب بلاستيكي، سطح ماء ساكن، زجاج خشن (مصنفر).
سطح عاكس منتظم: زجاج النافذة، سطح ماء ساكن، معدن مصقول.

سطح عاكس غير منتظم: ورقة، معدن خشن، زجاج خشن، إبريق حليب بلاستيكي.

8. صفات الصورة يقف طفل طوله 50 cm على بُعد 3 m من مرآة مستوية وينظر إلى صورته. ما بُعد الصورة وطولها؟ وما نوع الصورة المتكوّنة؟

$$d_i = d_o$$

$$= 3 \text{ m}$$

$$h_i = h_o$$

$$= 50 \text{ cm}$$

تبعد الصورة 3.0 m عن المرآة، وطولها يساوي 50.0 cm، وتكون خيالية.

تابع الفصل 10

12. وضع جسم طوله 2.4 cm على بُعد 16.0 cm من مرآة مقعرة بعدها البؤري 7.0 cm. أوجد طول الصورة.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(16.0 \text{ cm})(7.0 \text{ cm})}{16.0 \text{ cm} - 7.0 \text{ cm}}$$

$$= 12.4 \text{ cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(12.4 \text{ cm})(2.4 \text{ cm})}{16.0 \text{ cm}}$$

$$= -1.9 \text{ cm}$$

13. وضع جسم بالقرب من مرآة مقعرة بعدها البؤري 10.0 cm، فتكوّن له صورة مقلوبة طولها 3.0 cm على بُعد 16.0 cm من المرآة. أوجد طول الجسم وبُعدَه عن المرآة.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_o = \frac{d_i f}{d_i - f}$$

$$= \frac{(16.0 \text{ cm})(10.0 \text{ cm})}{16.0 \text{ cm} - 10.0 \text{ cm}}$$

$$= 26.7 \text{ cm}$$

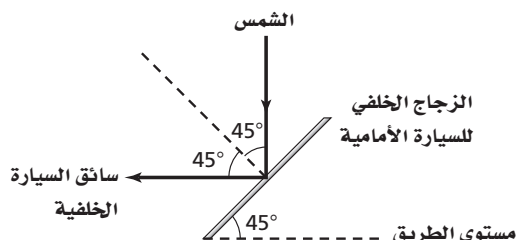
$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_o = \frac{-d_o h_i}{d_i}$$

$$= \frac{-(26.7 \text{ cm})(-3.0 \text{ cm})}{16.0 \text{ cm}}$$

$$= 5.0 \text{ cm}$$

9. مخطط الصور إذا كانت سيارة تتبع سيارة أخرى على طريق أفقية، وكان الزجاج الخلفي للسيارة الأمامية يميل بزاوية 45°، فارسم مخططاً للأشعة يبين موقع الشمس الذي يجعل أشعتها تنعكس عن الزجاج الخلفي للسيارة الأمامية، في اتجاه عيني سائق السيارة الخلفية.



المخططات التوضيحية يجب أن ترسم بحيث توضح أن موقع الشمس فوق الرأس تماماً، حيث ينعكس الضوء في اتجاه عين السائق وفق قانون الانعكاس.

10. التفكير الناقد وضح كيف يُمكنك الانعكاس غير المنتظم للضوء عن جسم معين من رؤية الجسم عند النظر إليه من أي زاوية.

سينعكس الضوء الساقط عن سطح الجسم في الاتجاهات جميعها، مما يجعلك قادراً على رؤية الجسم من أي موقع.

مسائل تدريبية

10-2 المرايا الكروية (صفحة 113-104)

صفحة 109

11. وضع جسم على بُعد 36.0 cm أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 16.0 cm. أوجد بُعد الصورة.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(36.0 \text{ cm})(16.0 \text{ cm})}{36.0 \text{ cm} - 16.0 \text{ cm}}$$

$$= 28.8 \text{ cm}$$

تابع الفصل 10

صفحة 112

16. تكوّنت صورة بواسطة مرآة محدبة، فإذا كان بُعد الصورة 24 cm خلف المرآة، وحجمها يساوي $\frac{3}{4}$ حجم الجسم، فما البعد البؤري لهذه المرآة؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

و

$$m = \frac{-d_i}{d_o}$$

لذا فإن

$$d_o = \frac{-d_i}{m}$$

$$d_i = -24 \text{ cm}$$

و

$$m = 0.75$$

لذا فإن

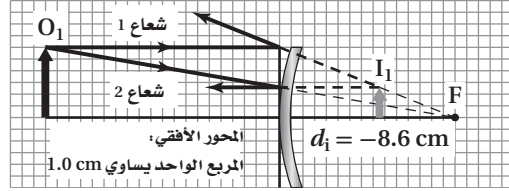
$$d_o = \frac{-(-24 \text{ cm})}{0.75}$$

$$= 32 \text{ cm}$$

$$f = \frac{(32 \text{ cm})(-24 \text{ cm})}{32 \text{ cm} + (-24 \text{ cm})}$$

$$= -96 \text{ cm}$$

14. إذا وضع جسم على بُعد 20.0 cm أمام مرآة محدبة بعدها البؤري 15.0 cm - فأوجد بُعد الصورة المتكوّنة عن المرآة باستخدام الرسم التخطيطي وفق مقياس رسم، وباستخدام معادلة المرايا.



$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

لذا فإن

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(20.0 \text{ cm})(-15.0 \text{ cm})}{20.0 \text{ cm} - (-15.0 \text{ cm})}$$

$$= -8.57 \text{ cm}$$

15. إذا وضع مصباح ضوئي قطره 6.0 cm أمام مرآة محدبة بعدها البؤري 13.0 cm -، وعلى بُعد 60.0 cm منها، فأوجد بُعد صورة المصباح وقطرها.

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(60.0 \text{ cm})(-13.0 \text{ cm})}{60.0 \text{ cm} - (-13.0 \text{ cm})}$$

$$= -10.7 \text{ cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$m = \frac{-(-10.7 \text{ cm})}{60.0 \text{ cm}}$$

$$= +0.178$$

$$h_i = m h_o = (0.178)(6.0 \text{ cm})$$

$$= 1.1 \text{ cm}$$

تابع الفصل 10

17. تقف فتاة طولها 1.8 m على بُعد 2.4 m من مرآة، فتكونت لها صورة طولها 0.36 m. ما البعد البؤري للمرآة؟

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$d_i = \frac{-d_o h_i}{h_o}$$

$$= \frac{-(2.4 \text{ m})(0.36 \text{ m})}{1.8 \text{ m}}$$

$$= -0.48 \text{ m}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_i d_o}{d_i + d_o}$$

$$= \frac{(-0.48 \text{ m})(2.4 \text{ m})}{-0.48 \text{ m} + 2.4 \text{ m}}$$

$$= -0.60 \text{ m}$$

مراجعة القسم

2-10 المرايا الكروية (صفحة 113-104)

صفحة 113

18. صفات الصورة إذا كنت تعرف البعد البؤري لمرآة مقعرة فأين يجب أن تضع جسمًا بحيث تكون صورته مكبرة ومعتدلة بالنسبة

للجسم؟ وهل تكون هذه الصورة حقيقية أم خيالية؟

ضع الجسم بين المرآة والبؤرة. ستكون الصورة المتكونة خيالية.

19. التكبير وضع جسم على بُعد 20.0 cm أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 9.0 cm. ما تكبير الصورة؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(20.0 \text{ cm})(9.0 \text{ cm})}{20.0 \text{ cm} - 9.0 \text{ cm}}$$

$$= 16.4 \text{ cm}$$

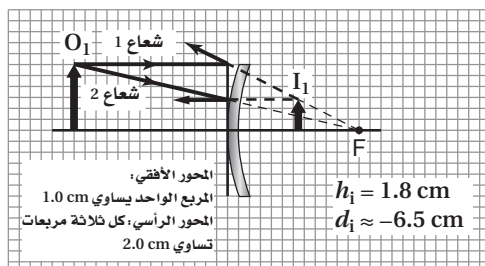
$$m = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$= \frac{-16.4 \text{ cm}}{20.0 \text{ cm}}$$

$$= -0.82$$

تابع الفصل 10

22. مخطط الأشعة وضع جسم طوله 4.0 cm على بُعد 14.0 cm من مرآة محدبة بعدها البؤري 12.0 cm. ارسم مخططاً بمقياس رسم مناسب يبين بُعد الصورة وطولها، وتحقق من إجابتك باستخدام معادلتَي المرايا والتكبير.



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(14.0 \text{ cm})(-12.0 \text{ cm})}{14.0 \text{ cm} - (-12.0 \text{ cm})}$$

$$= -6.46 \text{ cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(-6.46 \text{ cm})(4.0 \text{ cm})}{14.0 \text{ cm}}$$

$$= 1.8 \text{ cm}$$

20. بعد الجسم عند وضع جسم أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 12.0 cm، تكوّنت له صورة على بُعد 22.3 cm من المرآة، فما بُعد الجسم عن المرآة؟

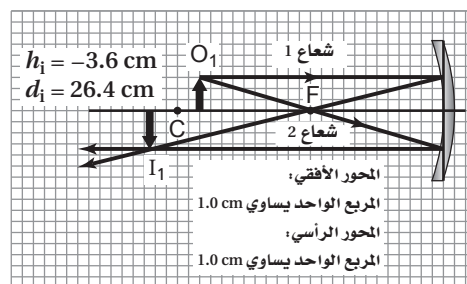
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_o = \frac{d_i f}{d_i - f}$$

$$= \frac{(22.3 \text{ cm})(12.0 \text{ cm})}{22.3 \text{ cm} - 12.0 \text{ cm}}$$

$$= 26.0 \text{ cm}$$

21. بعد الصورة وطولها وضع جسم طوله 3.0 cm على بُعد 22.0 cm من مرآة مقعرة بعدها البؤري 12.0 cm. ارسم مخططاً بمقياس رسم مناسب يبين بُعد الصورة وطولها، وتحقق من إجابتك باستخدام معادلتَي المرايا والتكبير.



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(22.0 \text{ cm})(12.0 \text{ cm})}{22.0 \text{ cm} - 12.0 \text{ cm}}$$

$$= 26.4 \text{ cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

$$= \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(26.4 \text{ cm})(3.0 \text{ cm})}{22.0 \text{ cm}}$$

$$= -3.6 \text{ cm}$$

تابع الفصل 10

23. نصف قطر التكوّر وضع جسم طوله 6.0 cm على بُعد 16.4 cm من مرآة محدبة. فإذا كان طول الصورة المتكوّنة 2.8 cm فما نصف قطر تكوّر المرأة؟

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$d_i = \frac{-d_o h_i}{h_o}$$

$$= \frac{-(16.4 \text{ cm})(2.8 \text{ cm})}{6.0 \text{ cm}}$$

$$= -7.7 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(-7.7 \text{ cm})(16.4 \text{ cm})}{-7.7 \text{ cm} + 16.4 \text{ cm}}$$

$$= -14.5 \text{ cm}$$

$$r = 2|f|$$

$$= (2) (|-14.5 \text{ cm}|)$$

$$= 29 \text{ cm}$$

24. البعد البؤري استخدمت مرآة محدبة لتكوين صورة حجمها يساوي $\frac{2}{3}$ حجم الجسم على بُعد 12.0 cm خلف المرآة. ما البعد البؤري للمرأة؟

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$d_o = \frac{-d_i}{m}$$

$$= \frac{-(-12 \text{ cm})}{\left(\frac{2}{3}\right)}$$

$$= 18 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(-12 \text{ cm})(18 \text{ cm})}{-12 \text{ cm} + 18 \text{ cm}}$$

$$= -36 \text{ cm}$$

تابع الفصل 10

25. التفكير الناقد هل يكون الزوجان الكروي للمرأة أقل إذا كان ارتفاعها أكبر من نصف قطر تكورها أم إذا كان ارتفاعها أقل من نصف قطر تكورها؟ وضح ذلك.

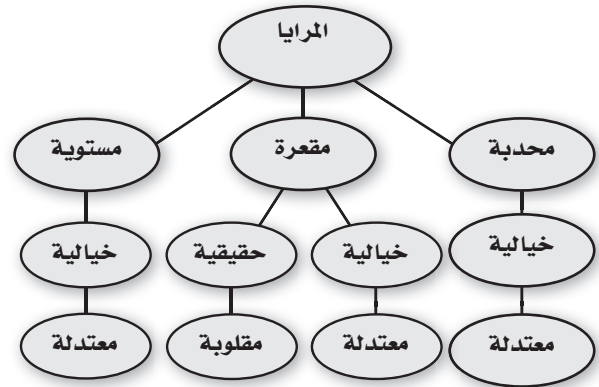
سيكون أقل بالنسبة إلى امرأة ارتفاعها أصغر نسبياً مقارنة بنصف قطر تكورها. تكون الأشعة المنتشرة والقادمة من الجسم التي تسقط على المرأة قريبة أكثر من المحور الرئيس عندما يكون ارتفاع المرأة قليلاً، لذا ستجتمع تلك الأشعة في مكان قريب من المرأة فتتكون صورة واضحة باهتة.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 118

26. أكمل خريطة المفاهيم باستخدام المصطلحات التالية: محدبة، معتدلة، مقلوبة، حقيقية، خيالية.



إتقان المفاهيم

صفحة 118

27. كيف يختلف الانعكاس المنتظم عن الانعكاس غير المنتظم؟ (10-1)

عندما تسقط أشعة متوازية على سطح أملس فإنها تنعكس عنه بحيث تكون متوازية بعضها بالنسبة إلى بعض أيضاً، والنتيجة هو صورة طبق الأصل للمصدر الذي سقطت منه هذه الأشعة. أما عندما تنعكس الأشعة عن سطح خشن فإنها تنعكس مشتتة في اتجاهات مختلفة، لذا لا تتكون صورة للمصدر.

28. ماذا يقصد بالعبارة "العمود المقام على السطح"؟ (10-1) أي خط متعامد مع السطح عند أي نقطة.

29. أين تقع الصورة التي تكونها المرأة المستوية؟ (10-1) تقع الصورة على الخط المتعامد مع المرأة، وتقع خلف المرأة على بُعد مساوٍ لبعد الجسم الموضوع أمام المرأة.

30. صف خصائص المرأة المستوية؟ (10-1)

المرأة المستوية عبارة عن سطح مستو مصقول ينعكس عنه الضوء انعكاساً منتظماً. وتكون الصورة المتكونة بواسطة المرأة المستوية خيالية، ومعتدلة، وبعدها عن المرأة مساوياً لبعد الجسم عن المرأة وتقع خلفها.

31. يعتقد طالب أن فيلماً فوتو جرافياً حساساً جداً يمكنه الكشف عن الصورة الخيالية، فوضع الطالب الفيلم في موقع تكون الصورة الخيالية. هل ينجح هذا الإجراء؟ وضح ذلك. (10-1) لا، فالأشعة لا تتجمع لتكوين الصورة الخيالية. لا تتكون صورة الطالب لا يلتقط صورة. تتكون الصور الخيالية خلف المرأة.

32. كيف تثبت لشخص أن صورة ما هي صورة حقيقية؟ (10-1) ضع قطعة من ورقة مستوية أو فيلم فوتوجرافي في موقع الصورة، وسوف تكون قادراً على تجميع الصورة.

33. ما الخلل أو العيب الموجود في جميع المرايا الكروية المقعرة؟ وما سببه؟ (10-2)

الأشعة المتوازية والمتوازية للمحور الرئيس التي تسقط على حواف المرأة المقعرة الكروية لا تنعكس مرة بالبويرة. ويسمى هذا التأثير الزوجان الكروي.

34. ما العلاقة بين مركز تكور المرأة المقعرة وبعدها البؤري؟ (10-2)

$$C = 2f$$

35. إذا عرفت بُعد الصورة وبعدها الجسم عن مرآة كروية، فكيف يمكنك تحديد تكبير هذه المرأة؟ (10-2)

التكبير يساوي سالب بُعد الصورة مقسوماً على بُعد الجسم عن المرأة.

36. لماذا تستخدم المرايا المحدبة على أنها مرايا مخصصة للنظر إلى الخلف؟ (10-2)

تستخدم المرايا المحدبة للنظر إلى الخلف في السيارات؛ لأنها توفر مدى واسعاً للرؤية، مما يساعد السائق على رؤية مساحة أكبر مما توفره المرايا العادية للمشاهد الخلفية بالنسبة إلى السائق.

37. لماذا يستحيل تكوين صور حقيقية بالمرآة المحدبة؟ (10-2) لأنها تشتت الأشعة الضوئية دائماً.

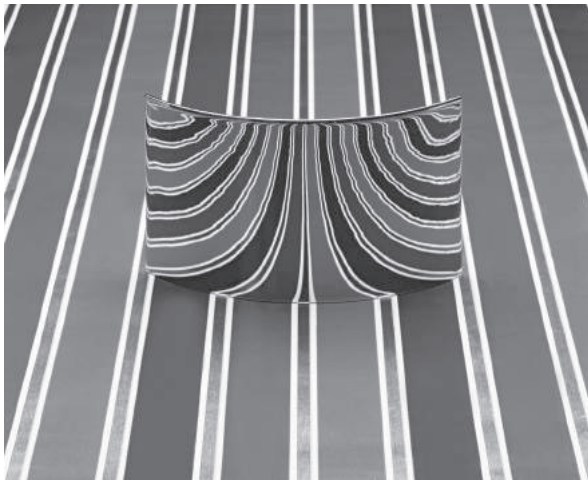
43. ما الشروط اللازم توافرها لتكوين صورة حقيقية باستخدام مرآة كروية مقعرة؟

يوضع الجسم خلف البؤرة لتتكوّن صورة حقيقية.

44. ما الشروط اللازم توافرها لتكوين صورة مصغرة بمرآة كروية محدبة أو مقعرة؟

تستخدم مرآة مقعرة على أن يوضع الجسم خلف مركز التكور، أو تستخدم مرآة محدبة ويوضع الجسم في أي نقطة أمامها.

45. صف خصائص الصورة التي كوّنتها المرآة المحدبة الموضحة في الشكل 10-17.



■ الشكل 10-17

توفر المرآة المحدبة صوراً مصغرة خيالية ومعتدلة وأقرب إلى المرآة من الجسم.

46. المرايا المستخدمة للرؤية الخلفية يُكتب على مرايا السيارة الجانبية المستخدمة في النظر إلى الخلف التحذير التالي: "الأجسام في المرآة أقرب مما تبدو عليه". ما نوع هذه المرايا؟ وبمّ تمتاز عن غيرها؟
مرايا محدبة، وتمتاز بأنها توفر مدى أوسع للرؤية.

38. الطريق المبتلة تعكس الطريق الجافة الضوء بتشتت أكبر من الطريق المبتلة. بالاعتماد على الشكل 10-16، اشرح لماذا تبدو الطريق المبتلة أكثر سواداً من الطريق الجافة بالنسبة للسائق؟



طريق مبتل



طريق جاف

■ الشكل 10-16

تنعكس كمية أقل من الضوء عن الطريق المبتلة نحو السيارة.

39. صفحات الكتاب لماذا يُفضل أن تكون صفحات الكتاب خشنة على أن تكون ملساء ومصقولة؟

الصفحات الملساء والمصقولة تعكس الضوء بتشتت أقل من الصفحات الخشنة؛ لذا ينتج عن الصفحات الملساء وهج أكبر.

40. اذكر الصفات الفيزيائية للصورة التي تكوّنها مرآة مقعرة إذا كان الجسم موضوعاً عند مركز تكورها، وحدّد موقعها. ستتكون الصورة عند مركز التكور C، وستكون مقلوبة وحقيقية ومساوية لحجم الجسم.

41. إذا وضع جسم خلف مركز تكور مرآة مقعرة فحدّد موقع الصورة، واذكر صفاتها الفيزيائية.

ستتكون الصورة بين C و F، وستكون مقلوبة وحقيقية وأصغر من الجسم.

42. المنظار الفلكي (التلسكوب) إذا احتجت إلى مرآة مقعرة كبيرة لصنع تلسكوب يكون صوراً ذات جودة عالية فهل تستخدم مرآة كروية أم مرآة قطع مكافئ؟ وضح ذلك.
عليك استعمال مرآة قطع مكافئ للتخلص من الزوجان الكروي.

إتقان حل المسائل

صفحة 119-121

10-1 الانعكاس عن المرايا المستوية

صفحة 119-120

47. سقط شعاع ضوئي بزاوية 38° مع العمود المقام عند نقطة السقوط. ما الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع العمود المقام؟

$$\begin{aligned}\theta_r &= \theta_i \\ &= 38.0^\circ\end{aligned}$$

48. إذا سقط شعاع ضوئي بزاوية 53° مع سطح المرآة؛ فأوجد مقدار:

a. زاوية الانعكاس.

$$\theta_i = 90.0^\circ - 53.0^\circ$$

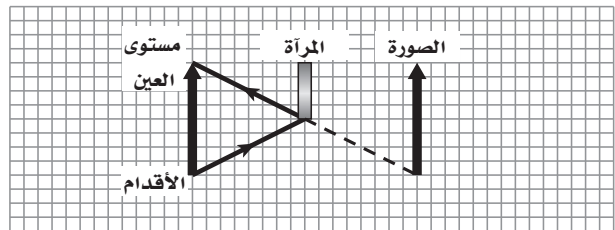
$$\theta_i = 37.0^\circ$$

$$\begin{aligned}\theta_r &= \theta_i \\ &= 37.0^\circ\end{aligned}$$

b. الزاوية بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس.

$$\begin{aligned}\theta &= \theta_i + \theta_r \\ &= 37.0^\circ + 37.0^\circ \\ &= 74.0^\circ\end{aligned}$$

49. ارسم مخطط أشعة لمرآة مستوية تبين فيه أنه إذا أردت رؤية نفسك من قدميك حتى قمة رأسك فيجب أن يكون طول المرآة المستخدمة على الأقل يساوي نصف طولك.



يسقط الشعاع القادم من قمة الرأس على سطح المرآة عند نقطة تساوي منتصف المسافة بين قمة الرأس والعينين. ويسقط الشعاع القادم من القدمين على المرآة عند نقطة تساوي منتصف المسافة بين القدمين والعينين، وتمثل المسافة بين النقطتين على المرآة نصف الطول الكلي.

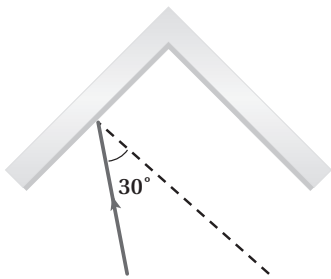
50. الصورة في المرآة أراد طالب أن يلتقط صورة لصورته في مرآة مستوية كما في الشكل 18-10. فإذا كانت الكاميرا على بعد 1.2 m أمام المرآة، فعلى أي بُعد يجب أن يركز عدسة الكاميرا لالتقاط الصورة؟



الشكل 18-10

الصورة على بُعد 1.2 m خلف المرآة؛ لذا يجب أن توضع عدسة الكاميرا على بُعد 2.4 m.

51. يبين الشكل 19-10 مرأتين مستويتين متجاورتين بينهما زاوية 90° ، فإذا سقط شعاع ضوئي على إحدهما بزاوية سقوط 30° ، فأجب عما يلي:



الشكل 19-10

a. ما زاوية انعكاس الشعاع عن المرآة الأخرى؟

الانعكاس عن المرآة الأولى:

$$\begin{aligned}\theta_{r1} &= \theta_{i1} \\ &= 30.0^\circ\end{aligned}$$

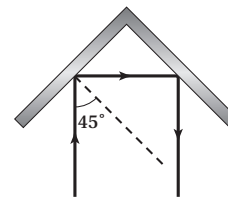
تابع الفصل 10

الانعكاس عن المرآة الثانية :

$$\begin{aligned}\theta_{i2} &= 90^\circ - \theta_{r1} \\ &= 90.0^\circ - 30.0^\circ \\ &= 60.0^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_{r2} &= \theta_{i2} \\ &= 60.0^\circ\end{aligned}$$

b. البريسكوب العاكس هو أداة تعكس الأشعة الضوئية في اتجاه عاكس وموازي لاتجاه الأشعة الضوئية الساقطة. ارسم مخططاً يبين زاوية السقوط على إحدى المرآتين بحيث يعمل نظام المرآتين عمل عاكس.



تكون زاوية السقوط على المرآة الأولى 45° .

52. وضعت مرآتان مستويتان بحيث كانت الزاوية بينهما 45° . فإذا سقط شعاع ضوئي على إحداهما بزاوية سقوط 30° وانعكس عن المرآة الثانية، فاحسب زاوية انعكاسه عن المرآة الثانية.

الانعكاس عن المرآة الأولى :

$$\theta_{r,1} = \theta_{i,1} = 30.0^\circ$$

الزاوية التي يكونها الشعاع المنعكس عن المرآة الأولى مع سطح المرآة الأولى تساوي

$$90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

إن الأشعة المنعكسة عن المرآة الأولى ستسقط على المرآة الثانية، ولما كانت الزاوية بين المرآتين تساوي 45° ، فإن الزاوية بين الأشعة الساقطة على المرآة الثانية و سطح المرآة الثانية تساوي

$$180^\circ - 60^\circ - 45^\circ = 75^\circ$$

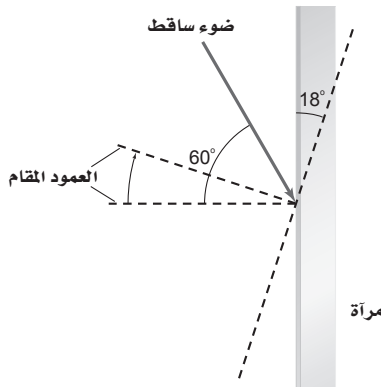
لذا تكون زاوية سقوط الأشعة على المرآة الثانية تساوي

$$\theta_{i,2} = 90^\circ - 75^\circ = 15^\circ$$

أما زاوية الانعكاس عن المرآة الثانية فتساوي

$$\theta_{r,2} = \theta_{i,2} = 15^\circ$$

53. سقط شعاع ضوئي على مرآة مستوية بزاوية سقوط 60° . فإذا أديرنا المرآة بزاوية 18° في اتجاه حركة عقارب الساعة كما في الشكل 10-20، فما الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع المرآة؟



الشكل 10-20 ■

$$\begin{aligned}\theta_i &= \theta_{i,1} - 18.0^\circ \\ &= 60.0^\circ - 18.0^\circ \\ &= 42.0^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_r &= \theta_i \\ &= 42.0^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_{r, \text{ المرآة}} &= 90.0^\circ - \theta_r \\ &= 90.0^\circ - 42.0^\circ \\ &= 48.0^\circ\end{aligned}$$

10-2 المرايا الكروية

صفحة 120-121

54. بيت الألعاب يقف طالب بالقرب من مرآة محدبة في بيت الألعاب، فلاحظ أن صورته تظهر بطول 0.60 m. فإذا كان تكبير المرآة $\frac{1}{3}$ فما طول الطالب؟

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

$$h_o = \frac{h_i}{m}$$

$$= \frac{0.60 \text{ m}}{\left(\frac{1}{3}\right)}$$

$$= 1.8 \text{ m}$$

تابع الفصل 10

57. صورة نجم جُمع الضوء القادم من نجم بواسطة مرآة مقعرة. ما بُعد صورة النجم عن المرآة إذا كان نصف قطر تكوّر المرآة 150 cm؟

تعد النجوم بعيدة بما يكفي حتى يمكن اعتبار أشعتها الساقطة على المرآة متوازية، وكما نعلم فإن الأشعة المتوازية تتجمع عند البعد البؤري. لذا فإن $r = 2f$

$$f = \frac{r}{2} = \frac{150 \text{ cm}}{2} = 75 \text{ cm}$$

58. المرآة المستخدمة للرؤية الخلفية على أيّ بُعد تظهر صورة سيارة خلف مرآة محدبة بعدها البؤري 6.0 m، عندما تكون السيارة على بُعد 10.0 m من المرآة؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f} = \frac{(10.0 \text{ m})(-6.0 \text{ m})}{10.0 \text{ m} - (-6.0 \text{ m})}$$

$$= -3.8 \text{ m}$$

59. المرآة المستخدمة لرؤية الأسنان يستخدم طبيب أسنان مرآة مقعرة صغيرة نصف قطرها 40 mm لتحديد نخر في إحدى أسنان مريض، فإذا كانت المرآة على بُعد 16 mm من السن، فما تكبير الصورة الناتجة؟

$$f = \frac{r}{2} = \frac{(40 \text{ mm})}{2} = 20 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(16 \text{ mm})(20 \text{ mm})}{16 \text{ mm} - 20 \text{ mm}}$$

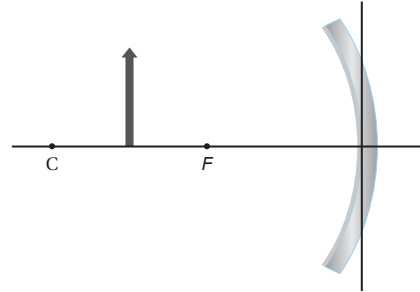
$$= -80 \text{ mm}$$

$$m = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$= \frac{-(-80 \text{ mm})}{16 \text{ mm}}$$

$$= 5$$

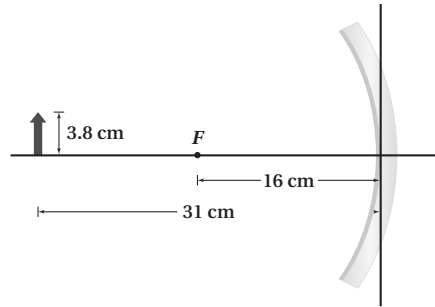
55. صف الصورة المتكونة للجسم في الشكل 21-10، مبيّنًا هل هي حقيقية أم خيالية، مقلوبة أم معتدلة، وهل هي أقصر من الجسم أم أطول منه؟



الشكل 21 - 10

حقيقية؛ ومقلوبة؛ وأطول من طول الجسم.

56. احسب بُعد الصورة وارتفاعها للجسم الموضح في الشكل 22-10.



الشكل 22 - 10

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(31 \text{ cm})(16 \text{ cm})}{31 \text{ cm} - 16 \text{ cm}}$$

$$= 33 \text{ cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

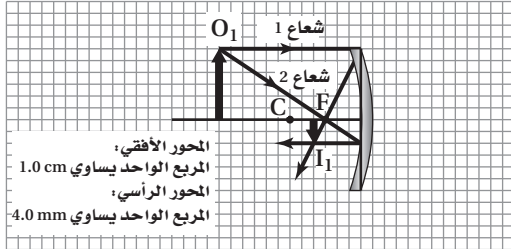
$$= \frac{-(33 \text{ cm})(3.8 \text{ cm})}{31 \text{ cm}}$$

$$= -4.1 \text{ cm}$$

تابع الفصل 10

62. تسقط أشعة الشمس على مرآة مقعرة وتكوّن صورة على بُعد 3 cm من المرآة. فإذا وضع جسم طوله 24 mm على بُعد 12 cm من المرآة:

a. فارس مخطط الأشعة لتحديد موضع الصورة.



b. استخدم معادلة المرايا لحساب بُعد الصورة.

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

$$d_i = \frac{fd_o}{d_o - f} = \frac{(3.0 \text{ cm})(12.0 \text{ cm})}{12.0 \text{ cm} - 3.0 \text{ cm}}$$

$$= 4.0 \text{ cm}$$

c. ما طول الصورة؟

$$m = \frac{-d_i}{d_o} = \frac{-4.0 \text{ cm}}{12.0 \text{ cm}} = -0.33$$

$$h_i = mh_o = (-0.33)(24 \text{ mm})$$

$$= -8.0 \text{ mm}$$

مراجعة عامة

صفحة 121

63. سقط شعاع ضوئي على مرآة مستوية بزاوية 28° ، فإذا حرك مصدر الضوء بحيث زادت زاوية السقوط بمقدار 34° ، فما مقدار زاوية الانعكاس الجديدة؟

$$\theta_i = \theta_{i, \text{الابتدائي}} + 34^\circ$$

$$= 28^\circ + 34^\circ$$

$$= 62^\circ$$

$$\theta_r = \theta_i$$

$$= 62^\circ$$

60. وضع جسم طوله 3 cm على بُعد 22.4 cm من مرآة مقعرة، فإذا كان نصف قطر تكوّن المرآة 34.0 cm، فما بُعد الصورة عن المرآة؟ وما طولها؟

$$f = \frac{r}{2}$$

$$= \frac{34.0 \text{ cm}}{2}$$

$$= 17.0 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(22.4 \text{ cm})(17.0 \text{ cm})}{22.4 \text{ cm} - 17.0 \text{ cm}}$$

$$= 70.5 \text{ cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(70.5 \text{ cm})(3.0 \text{ cm})}{22.4 \text{ cm}}$$

$$= -9.4 \text{ cm}$$

61. مرآة تاجر المجوهرات يفحص تاجر مجوهرات ساعة قطرها 3.0 cm بوضعها على بُعد 8.0 cm من مرآة مقعرة بعدها البؤري 12 cm.

a. على أي بُعد ستظهر صورة الساعة؟

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f} = \frac{(8.0 \text{ cm})(12.0 \text{ cm})}{8.0 \text{ cm} - 12.0 \text{ cm}}$$

$$= -24 \text{ cm}$$

b. ما قطر الصورة؟

$$\frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o} = \frac{-(-24 \text{ cm})(3.0 \text{ cm})}{8.0 \text{ cm}}$$

$$= 9.0 \text{ cm}$$

تابع الفصل 10

66. وضع جسم طوله 2.4 cm على بُعد 30.0 cm أمام مرآة مقعرة نصف قطر تكورها 26.0 cm. احسب مقدار:
a. بُعد الصورة المتكوّنة.

$$\begin{aligned} f &= \frac{r}{2} \\ &= \frac{26.0 \text{ cm}}{2} \\ &= 13.0 \text{ cm} \\ \frac{1}{f} &= \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \\ d_i &= \frac{d_o f}{d_o - f} \\ &= \frac{(30.0 \text{ cm})(13.0 \text{ cm})}{30.0 \text{ cm} - 13.0 \text{ cm}} \\ &= 22.9 \text{ cm} \end{aligned}$$

- b. طول الصورة المتكوّنة.

$$\begin{aligned} m &= \frac{h_i}{h_o} \\ h_i &= \frac{-d_i h_o}{d_o} \\ &= \frac{-(22.9 \text{ cm})(2.4 \text{ cm})}{30.0 \text{ cm}} \\ &= -1.8 \text{ cm} \end{aligned}$$

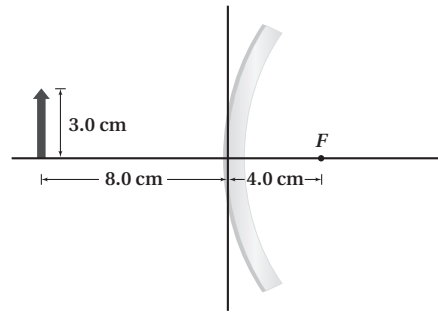
67. تُستخدم مرآة محدبة لتكوين صورة حجمها نصف حجم الجسم على بُعد 36 cm خلف المرآة. ما البعد البؤري للمرآة؟

$$\begin{aligned} m &= \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o} \\ d_o &= \frac{-d_i h_o}{h_i} \\ &= \frac{-(-36 \text{ cm})h_o}{\left(\frac{h_o}{2}\right)} \\ &= 72 \text{ cm} \end{aligned}$$

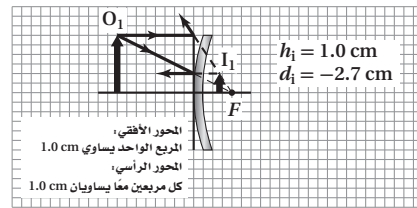
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{d_o d_i}{d_o + d_i} \\ &= \frac{(72 \text{ cm})(-36 \text{ cm})}{72 \text{ cm} + (-36 \text{ cm})} \\ &= -72 \text{ cm} \end{aligned}$$

64. انقل الشكل 10-23 إلى دفترك، ثم ارسم أشعة على الشكل لتحديد طول الصورة المتكوّنة وموقعها.



الشكل 10-23 ■



طول الصورة: 1.0 cm

بُعد الصورة عن المرآة: 2.7 cm

65. وضع جسم على بُعد 4.4 cm أمام مرآة مقعرة، نصف قطر تكورها 24.0 cm. أوجد بُعد الصورة باستخدام معادلة المرايا.

$$\begin{aligned} f &= \frac{r}{2} \\ &= \frac{24.0 \text{ cm}}{2} \\ &= 12.0 \text{ cm} \\ \frac{1}{f} &= \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \\ d_i &= \frac{d_o f}{d_o - f} \\ &= \frac{(4.4 \text{ cm})(12.0 \text{ cm})}{4.4 \text{ cm} - 12.0 \text{ cm}} \\ &= -6.9 \text{ cm} \end{aligned}$$

تابع الفصل 10

68. ما نصف قطر تكوّر مرآة مقعرة تُكَبِّرُ صورة جسم 3.2 مرة عندما يوضع على بُعد 20.0 cm منها؟

$$\begin{aligned} m &= \frac{h_i}{h_o} \\ d_i &= -md_o \\ &= -(3.2)(20.0 \text{ cm}) \\ &= -64 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{f} &= \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \\ f &= \frac{d_o d_i}{d_o + d_i} \\ &= \frac{(20.0 \text{ cm})(-64 \text{ cm})}{20.0 \text{ cm} + (-64 \text{ cm})} \\ &= 29 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r &= 2f \\ &= (2)(29 \text{ cm}) \\ &= 58 \text{ cm} \end{aligned}$$

69. مرآة المراقبة تستخدم المحال الكبيرة مرايا المراقبة في الممرات، وكل مرآة لها نصف قطر تكوّر مقداره 3.8 m. احسب مقدار:

a. بُعد الصورة المتكوّنة لزبون يقف أمام المرآة على بعد 6.5 m منها.

المرايا المستخدمة في المحال الكبيرة للمراقبة هي مرايا محدبة، لذا يكون البعد البؤري لها

$$\begin{aligned} f &= \frac{-r}{2} \\ &= \frac{-3.8 \text{ m}}{2} \\ &= -1.9 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{f} &= \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \\ d_i &= \frac{d_o f}{d_o - f} \\ &= \frac{(6.5 \text{ m})(-1.9 \text{ m})}{6.5 \text{ m} - (-1.9 \text{ m})} \\ &= -1.5 \text{ m} \end{aligned}$$

b. طول صورة زبون طوله 1.7 m.

$$\begin{aligned} m &= \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o} \\ h_i &= \frac{-d_i h_o}{d_o} \\ &= \frac{-(-1.5 \text{ m})(1.7 \text{ m})}{6.5 \text{ m}} \\ &= 0.38 \text{ m} \end{aligned}$$

70. مرآة الفحص والمعاينة يريد مراقب خط إنتاج في مصنع تركيب مرآة تكوّن صورًا معتدلة تكبيرها 7.5 مرات عندما توضع على بُعد 14.0 mm من طرف الآلة.

a. ما نوع المرآة التي يحتاج إليها المراقب لعمله؟

الصورة المكبرة المعتدلة تتكون فقط في المرآة المقعرة ولجسم موضوع على بعد أقل من البعد البؤري.

b. ما نصف قطر تكوّر المرآة؟

$$\begin{aligned} m &= \frac{-d_i}{d_o} \\ d_i &= -md_o = -(7.5)(14.0 \text{ mm}) \\ &= -105 \text{ mm} \end{aligned}$$

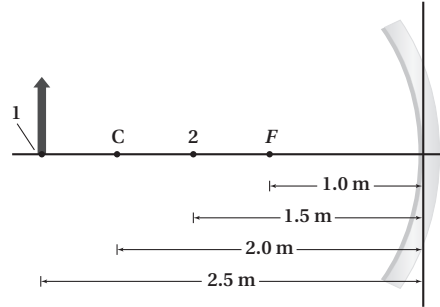
$$\begin{aligned} \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} &= \frac{1}{f} \\ f &= \frac{d_o d_i}{d_i + d_o} = \frac{(14.0 \text{ mm})(-105 \text{ mm})}{14.0 \text{ mm} + (-105 \text{ mm})} \\ &= 16 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$r = 2f = (2)(16 \text{ mm})$$

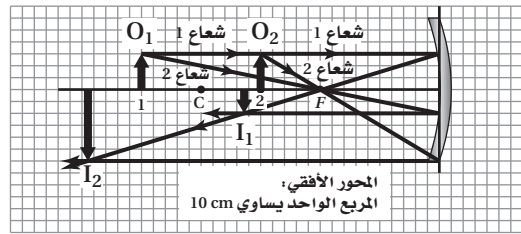
$$= 32 \text{ mm}$$

تابع الفصل 10

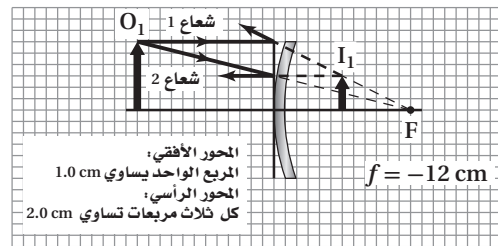
71. تحرك الجسم في الشكل 10-24 من الموقع 1 إلى الموقع 2. انقل الشكل إلى دفترك، ثم ارسم أشعة تبين كيف تتغير الصورة.



الشكل 10-24



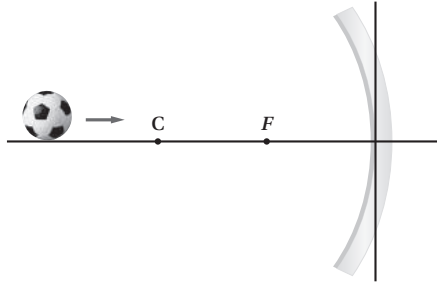
72. وضع جسم طوله 4.0 cm على بُعد 12.0 cm من مرآة محدبة. فإذا كان طول صورة الجسم 2.0 cm وبُعدها -6.0 cm، فما البعد البؤري للمرآة؟ ارسم مخطط الأشعة للإجابة عن السؤال، واستخدم معادلتى المرايا والتكبير للتحقق من إجابتك.



التفكير الناقد

صفحة 122

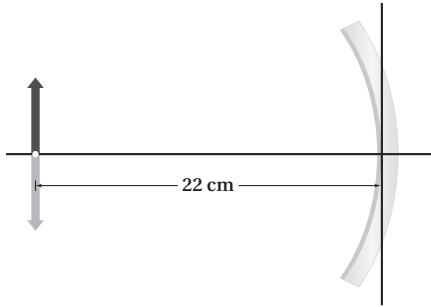
73. تطبيق المفاهيم تتدحرج الكرة في الشكل 10-25 ببطء إلى اليمين نحو مرآة مقعرة. صف كيف يتغير حجم صورة الكرة في أثناء تدحرجها نحو المرآة.



الشكل 10-25

عندما تكون الكرة خلف النقطة C، تكون الصورة أصغر من الكرة وحقيقية. وعندما تكون الكرة في مركز التكور C يكون حجم صورة الكرة مساوياً لحجم الكرة. وكلما تدحرجت الكرة نحو المرآة ازداد حجم صورة الكرة. ويستمر حجم الصورة في الازدياد حتى تختفي صورة الكرة، وعندئذ تكون الكرة في البؤرة F. وبعد تعدي F تصبح الصورة خيالية ومكبرة ومعتدلة.

74. التحليل والاستنتاج وضع جسم على بُعد 22 cm من مرآة مقعرة، كما في الشكل 10-26. ما البعد البؤري للمرآة؟



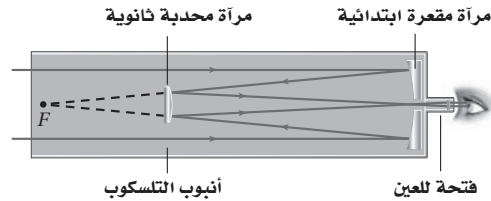
الشكل 10-26

$$\begin{aligned} f &= \frac{r}{2} \\ &= \frac{d_o}{2} \\ &= \frac{22 \text{ cm}}{2} \\ &= 11 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{f} &= \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \\ f &= \frac{d_o d_i}{d_o + d_i} \\ &= \frac{(12.0 \text{ cm})(-6.0 \text{ cm})}{12.0 \text{ cm} + (-6.0 \text{ cm})} \\ &= -12.0 \text{ cm} \end{aligned}$$

تابع الفصل 10

75. التحليل والاستنتاج يستخدم ترتيب بصري في بعض التلسكوبات يُسمى (تركيز كاسيجرين) كما في الشكل 10-27. ويستخدم هذا التلسكوب مرآة محدبة ثانوية توضع بين المرآة الابتدائية وبؤرتها. أجب عما يلي:



الشكل 10-27

a. تكون المرآة المحدبة المفردة صورًا خيالية فقط. اشرح كيف تكون هذه المرآة في هذا النظام من المرايا صورًا حقيقية؟

توضع المرآة المحدبة لتعرض الأشعة القادمة من المرآة المقعرة قبل أن تتجمع. وتعمل المرآة المحدبة على جعل نقطة التجمع في الاتجاه المعاكس للبعد البؤري الأصلي للمرآة الابتدائية، أي في اتجاه المرآة المقعرة، وتزيد من المسافة الكلية التي يقطعها الضوء قبل تجمعه. وهذه العملية تزيد بشكل فعال البعد البؤري مقارنة باستخدام المرآة المقعرة فقط؛ لذا تزيد من التكبير الكلي.

b. هل الصور المتكوّنة في هذا النظام معتدلة أم مقلوبة؟ وما علاقة ذلك بعدد مرات تقاطع الأشعة؟ مقلوبة، في كل مرة تتقاطع الأشعة الضوئية تنقلب الصورة.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 122

76. تعكس المرايا الأشعة لأنها مطلية بالفلزات. ابحث في واحد مما يأتي، واكتب ملخصًا حوله:

a. الأنواع المختلفة للطلاء المستخدم، ومزايا كل نوع وسليباته.

ستختلف إجابات الطلاب، ولكنها يجب أن تتضمن معلومات حول اللامعان، فضلًا عن مقاومة التشوه، ومقاومة زوال البريق.

b. صقل الألومنيوم بدرجة دقيقة من النعومة، بحيث لا تحتاج إلى زجاج لعمل مرآة.

ستختلف إجابات الطلاب. وقد تتضمن إجاباتهم معلومات حول تشوه المرايا نتيجة وزنها وذلك عند زيادة حجمها، وكيف يمكن أن تؤثر المرآة المصنوعة من الألومنيوم في هذه المشكلة.

77. ابحث في طريقة صقل وتلميع وفحص المرايا المستخدمة في التلسكوب العاكس. ويمكنك الكتابة في الطرائق التي يستخدمها الفلكي المبتدئ الذي يصنع تلسكوبه الخاص بيده، أو الطريقة التي تُستخدم في المختبر الوطني، وأعدّ تقريرًا في ورقة واحدة تصف فيه الطريقة، ثم عرضه على طلاب الصف.

ستختلف إجابات الطلاب، وذلك اعتمادًا على المرايا والطرائق التي اختارها الطلاب. وتتمثل طرائق الفلكي المبتدئ عادة في فرك قطعتي زجاج أحدهما بالآخرى على أن توضع حبيبات رمل لها أحجام مختلفة بين سطحي قطعتي الزجاج. أما الطرائق المستخدمة في المختبر الوطني فتختلف عن ذلك.

مراجعة تراكمية

صفحة 122

78. ما الزمن الدوري لبندول طوله 2.0 m على سطح القمر؟ علمًا بأن كتلة القمر 7.34×10^{22} kg ونصف قطره 1.74×10^6 m، وما الزمن الدوري لهذا البندول على سطح الأرض؟ (الفصل 7)

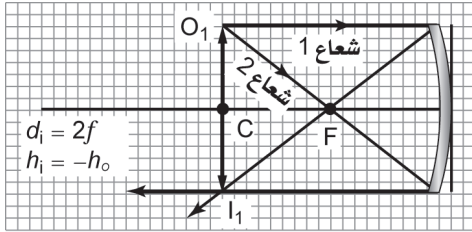
$$g_{\text{القمر}} = \frac{Gm_{\text{القمر}}}{d_{\text{القمر}}^2} = \frac{(6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2)(7.34 \times 10^{22} \text{ kg})}{(1.74 \times 10^6 \text{ m})^2} = 1.62 \text{ m/s}^2$$

$$T_{\text{القمر}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{2.0 \text{ m}}{1.62 \text{ m/s}^2}} = 7.0 \text{ s}$$

$$T_{\text{الأرض}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{2.0 \text{ m}}{9.80 \text{ m/s}^2}} = 2.8 \text{ s}$$

تابع الفصل 10

2. ارسم شكلاً لمخطط أشعة يوضح بُعد الجسم إذا كان بُعد الصورة عن المرآة يساوي ضعف البعد البؤري، وأثبت صحة إجابتك رياضياً، واحسب طول الصورة بوصفه دالة رياضية في طول الجسم في هذه الحالة.



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_o = \frac{(fd_i)}{(d_i - f)}$$

$$= \frac{f(2f)}{(2f - f)}$$

$$= 2f$$

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

$$= \frac{(-d_i)}{d_o}$$

$$h_i = \frac{(-d_i h_o)}{d_o}$$

$$h_i = \frac{(-(2f)h_o)}{2f}$$

$$h_i = -h_o$$

3. أين يجب وضع الجسم بحيث لا تتكوّن له صورة؟
يجب أن يوضع الجسم في البؤرة.

79. وضع مرشحان ضوئيان على مصباحين يدويين بحيث يُنفذ أحدهما ضوءاً أحمر، ويُنفذ الآخر ضوءاً أخضر. إذا تقاطعت الحزمتان الضوئيتان فلماذا يبدو لون الضوء في منطقة التقاطع أصفر، ثم يعود إلى لونه الأصلي بعد التقاطع؟ فسّر بدلالة الموجات. (الفصل 9)

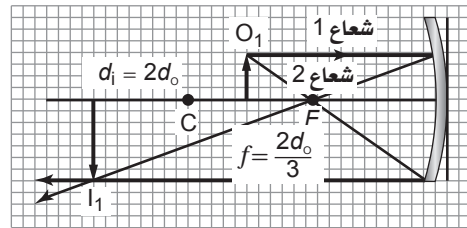
قد تتداخل الموجات، وتُجمع ثم يقطع بعضها بعضاً دون أن تتأثر. وفي هذه الحالة تحتفظ الموجات بالمعلومات الخاصة بألوانها عندما يعبر بعضها بعضاً.

مسألة تحفيز

صفحة 110

وضع جسم طوله h_o على بعد d_o من مرآة مقعرة بعدها البؤري f .

1. ارسم شكلاً لمخطط أشعة يوضح البعد البؤري وموقع الجسم إذا كان بُعد الصورة الناتجة يساوي ضعف بُعد الجسم عن المرآة، وأثبت صحة إجابتك رياضياً. واحسب البعد البؤري بوصفه دالة رياضية في بُعد الجسم في هذه الحالة.



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{(d_o d_i)}{(d_o + d_i)}$$

$$f = \frac{(d_o (2d_o))}{(d_o + 2d_o)}$$

$$f = \frac{2d_o}{3}$$

الأهداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
11-1 انكسار الضوء	
1. تحلّ مسائل تتضمن مفهوم الانكسار في السطوح المستوية والعدسات. 2. توضّح مفهوم الانعكاس الكلي الداخلي. 3. توضّح بعض التطبيقات البصرية المبنية على الانكسار والعدسات.	تجارب الطالب تجربة استهلاكية ثلاثة دوائر سعة كل منها 400 ml، و 200 ml زيت طهي، و 200 ml شراب ذرة، و 600 ml ماء، وثلاثة أقلام. تجربة إضافية خرطوم ماء مزود بمرش. عرض المعلم عرض سريع قلم رصاص، وقالب بلاستيكي مستطيل كبير وشفاف. عرض سريع قارورة بلاستيكية سعتها 1 لتر، ومؤشرات ليزر، ووعاء بلاستيكي، وماء. عرض سريع ماء، ودورق كروي، ومصباح يدوي، وورقة مقواة بها ثقب.
11-2 العدسات المحدبة والمقعرة	
4. تصف كيف تتكوّن الصور الحقيقية والخيالية بوساطة عدسات محدبة ومقعرة مفردة على الترتيب. 5. تعين موقع الصور المتكوّنة بوساطة العدسات بالطريقتين الهندسية والرياضية. 6. توضّح كيف يمكن تقليل الزوغان اللوني.	تجارب الطالب تجربة عدسة محدبة، وصلصال، ومصباح صغير. تجربة إضافية أنبوب اختبار كبير، وبرغي صغير.
11-3 تطبيقات العدسات	
7. تصف كيف تجمع العين الضوء لتكوّن الصور. 8. توضّح المقصود بكل من قصر النظر وطول النظر، وكيف تُصحّح عدسات النظارات هذه العيوب. 9. تصف الأنظمة البصرية في بعض الأدوات البصرية الشائعة.	تجارب الطالب مختبر الفيزياء مصباح ذو فتيلة خطية 25 W أو شمعة، وعدسة محدبة رقيقة، ومسطرة مترية، وحامل عدسات، وبطاقة فهرسة (لوحة كرتون).

طرائق تدريس متنوعة

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

التقنية	شرائح ومصادر قابلة للنسخ
تتضمن أعمال المعلم: نسخة المعلم التفاعلية، تخطيط الدرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.	الملف الخاص بمصادر الفصول 12-7، الفصل 11. ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 133 تقويم الفصل، ص 157 اختبار قصير 1-11، ص 143 الاثراء ص 147 شريحة التدريس 1-11 ص 149 شريحة التدريس 2-11 ص 151 ربط الرياضيات مع الفيزياء
مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: Obeikaneducation.com	تقويم الفصل، ص 157 اختبار قصير 2-11، ص 144 التعزيز ص 146 شريحة التدريس 3-11 ص 153 ربط الرياضيات مع الفيزياء
	تقويم الفصل، ص 157 اختبار قصير 3-11، ص 145 تعزيز الفهم ص 146 الإثراء، ص 121 شريحة التدريس 4-11 ص 155 ربط الرياضيات مع الفيزياء دليل التجارب العملية، ص 1-11 ص 91 دليل التجارب العملية، ص 2-11 ص 97

مصادر التقويم

التقنية
الموقع الإلكتروني

Obeikaneducation.com

الملف الخاص بمصادر الفصول 12-7، الفصل 11

تقويم الفصل 11 ص 157

اختبارات الفيزياء التحضيرية

الانكسار والعدسات

نظرة عامة إلى الفصل

تتغير سرعة الضوء عندما ينتقل من وسط إلى وسط آخر معامل انكساره مختلف. وعندما يسقط الضوء على الحدّ الفاصل بين الوسطين بزواوية فإنه يغير اتجاهه أيضاً. ويمكن للضوء المارّ عبر عدسة أن يكون صور بحجوم وصفات مختلفة عن حجم وصفات الجسم الأصلي. وتستطيع العين والأجهزة البصريّة الحصول على صور واضحة للأجسام الصغيرة أو البعيدة وذلك بفعل انكسار الضوء.

فكر

عندما يكون المسبح فارغاً من الماء، فسيقتل الضوء من الأشجار إلى عينك بخط مستقيم وستبدو الأشجار بهيئتها الطبيعية. أما إذا كان المسبح مملوءاً بالماء فإنّ اتجاه الضوء سيتغير عند سطح الماء الذي يفصل بين الأشجار وعينك. سيدرس الطلاب هذا التغير الذي يطرأ على مسار الضوء في هذا الفصل.

المفردات الرئيسية

- معامل الانكسار
- قانون سنل في الانكسار
- الزاوية الحرجة
- الانعكاس الكلي الداخلي
- التفريق (التحليل)
- العدسة
- العدسة المحدبة
- العدسة المقعرة
- معادلة العدسة الرقيقة
- الزوغان اللوني
- العدسة اللالونية
- قصر النظر
- طول النظر

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- تعرّف كيفية تغير اتجاه الضوء وسرعته عندما ينتقل خلال مواد مختلفة.
- مقارنة خصائص العدسات بالصور التي تكوّن.
- تعرّف التطبيقات المختلفة للعدسات، وكيف تمكنك عدسات عينيك من الرؤية.

الأهمية

تقوم عملية الرؤية وتكوّن صور للأشياء على أساس ظاهرة الانكسار؛ حيث ينتقل بعض الضوء في خط مستقيم من الجسم إلى عينيك، وينعكس جزء منه قبل أن يصل إليك، بينما يسلك جزء آخر منه مساراً يبدو منحنيّاً؛ ليكون صورة له على الشبكية. الأشجار المتموجة إذا غصت تحت الماء فستلاحظ أن الأشياء هناك تبدو طبيعية، في حين تبدو الأجسام التي فوق الماء مشوّهة بفعل الموجات التي تعلو سطحه.

فكر

ما الذي يجعل صور الأشجار متموجة؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية
www.obeikaneducation.com

تجربة استهلاكية



الهدف يلاحظ الطلاب انحناء الضوء بمقادير مختلفة عندما ينتقل عبر مواد مختلفة الكثافة.

المواد والأدوات ثلاثة دوارق سعة كل منها 400 ml، و 200 ml زيت الطهي، و 200 ml شراب الذرة المركز، و 600 ml ماء، وثلاثة أقلام.

استراتيجيات التدريس

- من طرائق ضمان عدم اختلاط السوائل بعضها ببعض أن تحمل الملعقة مقلوبة فوق المخلوط، ثم يسكب السائل على

ظهرها ببطء.

- يجب إفراغ الدورق المحتوي على شراب الذرة المركز وزيت الطهي بطريقة تضمن عدم انسداد المجرى.

النتائج المتوقعة تبين السوائل الثلاثة انكساراً للقلم عند الحدّ الفاصل بين السوائل. وعند تدوير الدورق سيختفي الانكسار الذي يبدو على القلم عندما ينظر المشاهد إلى الدورق بخط مستقيم على امتداد القلم.

11-1 انكسار الضوء

1. التركيز

نشاط

انكسار قلم الرصاص ضع قلم رصاص في كأس شفافة تحوي ماء. والفت انتباه الطلاب إلى أن القلم سيبدو وكأنه مكسور عند النظر إليه بصورة غير عمودية. حرّك القلم من جهة إلى جهة، ثم حرّكه إلى الأمام والخلف في الماء. يجب أن يلاحظ الطلاب كيف يتغير عرض القلم. ثم وضح لهم أن هذه الصور خيالية، وتكون بسبب تغير سرعة الضوء عندما ينتقل من مادة إلى أخرى. سيدرس الطلاب في هذا الفصل كيف أن هذا التغير في سرعة الضوء يسبب تغيراً في اتجاهه.

1أ بصري-مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

الضوء عند السطح الفاصل درس الطلاب أن الضوء يمكن أن يمتص، أو ينعكس، أو ينفذ عند السطح الفاصل بين وسطين. سيلاحظ الطلاب في هذا القسم أن الضوء النافذ سيغير اتجاهه عند سقوطه بزواوية على السطح الفاصل. وسيحتاج الطلاب إلى فهم معنى جيب الزاوية ومعكوس جيب الزاوية.

11-1 انكسار الضوء Refraction of Light

الأهداف

- تحل مسائل تتضمن مفهوم الانكسار في السطوح المستوية والعدسات.
- توضح مفهوم الانعكاس الكلي الداخلي.
- توضح بعض التطبيقات البصرية المبينة على الانكسار.

المفردات

- معامل الانكسار
- قانون سنل في الانكسار
- الزاوية الحرجة
- الانعكاس الكلي الداخلي
- التفريق (التحليل)

يمكنك رؤية انعكاس ضوء الشمس عن الماء عند النظر إلى سطح الماء في بركة سباحة في يوم صيفي. كما يمكنك رؤية الأجسام الموجودة داخل البركة؛ لأن جزءاً من ضوء الشمس يمر إلى داخل الماء، وينعكس عن الأجسام. وعندما تمنع النظر في الأجسام الموجودة داخل الماء تلاحظ أنها تبدو مشوّهة. فمثلاً، تبدو الأشياء التي تحت سطح الماء أقرب من بعدها الحقيقي، كما تبدو قداماً الشخص الواقف في البركة أنها تتحركان إلى الخلف وإلى الأمام، وتبدو الخطوط التي في قاع البركة تتمايل مع حركة الماء. وتحدث هذه التأثيرات لأن الضوء يغير اتجاهه عند مروره من الماء إلى الهواء أو العكس.

ينحني مسار الضوء، كما تعلمت سابقاً، عند عبوره الحد الفاصل بين وسطين بسبب الانكسار. ويعتمد مقدار الانكسار على خصائص الوسطين الشفافين، وعلى الزاوية التي يسقط بها الضوء على الحد الفاصل. ويتحرك الحد الفاصل بين الهواء والماء إلى أعلى وإلى أسفل، ويميل إلى الخلف والأمام أيضاً، عند انتقال الموجات على سطح الماء. وينحرف مسار الضوء الخارج من الماء مع حركة الحد الفاصل، مما يؤدي إلى ظهور الأجسام متموجة تحت سطح الماء.

تجربة استهلاكية

كيف يبدو قلم رصاص موضوع في سائل عند النظر إليه جانبياً؟

سؤال التجربة هل يبدو قلم الرصاص مختلفاً عندما يشاهد خلال الماء، أو الزيت، أو شراب الذرة؟

الخطوات

1. املاً دورقاً سعته 400 ml بالماء.
2. املاً دورقاً آخر سعته 400 ml بشراب الذرة إلى منتصفه، والنصف الآخر بالماء (اسكب ببطء لتجنب امتزاج السائلين).
3. املاً دورقاً ثالثاً سعته 400 ml بالماء إلى منتصفه، والنصف الآخر بزيت طهي (اسكب ببطء لتجنب امتزاج السائلين).
4. ضع قلم رصاص في كل دورق بصورة مائلة.
5. لاحظ كل قلم من جانب الدورق مع تدويره ببطء.
6. أنشئ جدول بيانات لتتمكن من تسجيل وصف حول شكل قلم الرصاص في كل دورق.

التحليل

أي الدوارق يبدو فيها القلم كأنه مكسور؟ وهل مقادير الكسر متساوية في الدوارق جميعها؟ ومتى لا يظهر القلم مكسوراً؟ وضح ذلك.

التفكير الناقد ضع فرضية حول متى تبدو الأجسام الصلبة كأنها مكسورة، ومتى لا تبدو كذلك، وتأكد من أن تتضمن تفسيراً لمقدار الانكسار.



سقوطه على السائل الموجود في الدورق. وهذه الملاحظة تستعمل لوصف الانكسار وتنوع معاملات الانكسار.

التفكير الناقد يبدو الجسم مكسوراً عندما يكون موضوعاً في وسطين مختلفي الكثافة والنظر إليه بصورة غير عمودية. ولا يبدو الجسم مكسوراً عندما يكون في وسط واحد أو النظر إليه خلال وسطين ولكن بصورة عمودية، وتعتمد درجة انكسار الجسم على زيادة الفرق بين كثافتي الوسطين.

التحليل ستختلف الإجابات. سيبدو القلم مكسوراً عند كل حد فاصل بين السوائل، وسيبدو مكسوراً أكثر عند الحد الفاصل مع الهواء. وعند تدوير الدورق سيقل الانكسار حتى يتلاشى، وعند النظر إلى الدورق بخط مستقيم على امتداد طول القلم ستحني السوائل مسار الضوء، كما يفعل المنشور الزجاجي. تغير أشعة الضوء اتجاهها عندما ينتقل الضوء بين كل سائل وآخر، وتكون درجة انكسار الضوء في كل حالة معتمدة على زاوية

2. التدريس

تطوير المفهوم

زاوية الانكسار لعلك تذكر من دراستك لقانون الانعكاس أن الزوايا تقاس من العمودي على السطح، وهذا ينطبق على الانكسار أيضًا؛ إذ تكون زاوية الانكسار محصورة بين الشعاع المنكسر والعمودي على السطح للجهة المعاكسة التي سقط منها الشعاع.

التفكير الناقد

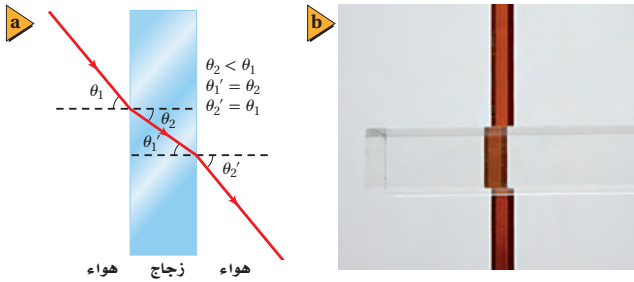
الأبعاد الثلاثية ينتقل الضوء المنكسر في مستوى معين. اسأل الطلاب كيف يمكنهم تحديد مستوى انتقال الضوء في المسائل التي تتضمن الأبعاد الثلاثة؟ **يُعرف مستوى الانتقال** من خلال تحديد كل من الشعاع الضوئي الساقط والعمود المقام. كما ينتقل الشعاع الضوئي المنكسر في المستوى نفسه. **2م**

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اتجاه الانكسار قد يعتقد الطلاب أن الضوء ينكسر دائمًا في اتجاه العمود المقام عندما يدخل المادة، وأنه ينكسر بعيدًا عن العمود المقام عندما يخرج من المادة. وضح لهم أن اتجاه انكسار الضوء يعتمد على معاملي انكسار الوسيطين. وينكسر الضوء في اتجاه العمود المقام فقط إذا كان الوسط الذي يدخل فيه الضوء ذا معامل انكسار أكبر من الوسط الذي سقط منه.

نشاط

الخداع البصري تصنع بعض كؤوس العصير من زجاج سميك، لذا تبدو وكأنها تحوي عصيرًا أكثر مما تحوي في الواقع. اطلب إلى الطلاب العمل في مجموعات ثنائية لإنشاء رسوم تبين لماذا تبدو الكؤوس على هذا النحو. **2م بصري-مكاني**



قانون سنل في الانكسار Snell's Law of Refraction

ما الذي يحدث عندما تُسقط حزمة ضوء بشكل مائل على سطح قطعة زجاج؟ سينحرف الضوء عن مساره عند مروره بالحد الفاصل بين الهواء والزجاج كما في الشكل 11-1. ويُسمى انحراف الضوء الانكسار، وقد درس هذه الظاهرة رينيه ديكارت وويلبرورد سنل في زمن كبلر وجاليليو.

ولمناقشة نتائج هذه الدراسات ينبغي عليك أن تتعرف زاويتين هما: زاوية السقوط، θ_1 ، وهي الزاوية المحصورة بين العمود المقام واتجاه الشعاع الساقط. وزاوية الانكسار، θ_2 ، وهي الزاوية المحصورة بين العمود المقام واتجاه الشعاع المنكسر. وقد وجد سنل في عام 1621 أنه عند مرور الضوء من الهواء إلى وسط شفاف فإن جيب كل زاوية يرتبط بالمعادلة $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ ؛ حيث n مقدارًا ثابتًا يعتمد على المادة، ولا يعتمد على الزوايا، يُسمى معامل الانكسار. وبين الجدول 11-1 معاملات انكسار بعض المواد. ويمكن تعميم معادلة سنل عندما يمر الضوء خلال حد فاصل بين أي مادتين شفافتين مختلفتين. وتُعرف هذه المعادلة العامة بقانون سنل في الانكسار.

قانون سنل في الانكسار $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الأول في جيب زاوية السقوط يساوي حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الثاني في جيب زاوية الانكسار.

يبين الشكل 11-1 كيفية تطبيق قانون سنل عندما ينتقل الضوء خلال قطعة زجاج سطوحها متوازية، مثل زجاج النافذة، حيث ينكسر الضوء مرتين؛ مرة عند دخوله إلى الزجاج، ومرة أخرى عند خروجه منه. وعندما ينتقل الضوء من الهواء إلى الزجاج فإنه ينتقل من مادة ذات معامل انكسار قليل إلى مادة معامل انكسارها أكبر؛ أي أن $n_2 > n_1$. ولكي تكون المعادلة متساوية الطرفين فإنه يجب أن يكون $\sin \theta_1 > \sin \theta_2$ ؛ أي أن حزمة الضوء تنحرف مقتربة من العمود المقام على السطح.

ويحدث العكس عندما ينتقل الضوء من الزجاج إلى الهواء، حيث يمر من مادة ذات معامل انكسار كبير إلى مادة معامل انكسارها أقل؛ أي أن $n_1 > n_2$. وفي هذه الحالة تكون $\sin \theta_1 < \sin \theta_2$ ؛ أي أن الضوء ينحرف مبتعدًا عن العمود المقام. لاحظ أيضًا أن اتجاه الشعاع عند خروجه من الزجاج هو نفسه كما كان قبل أن يسقط على الزجاج، ولكنه انزاح عن موضعه الأصلي.

الشكل 11-1 ينحرف الضوء مقتربًا من العمود المقام على نقطة السقوط عند انتقاله من الهواء إلى الزجاج، وينحرف مبتعدًا عن العمود المقام عند انتقاله من الزجاج إلى الهواء (a). انحراف الضوء يجعل الأجسام وكأنها مزاحة عن مواقعها الحقيقية (b).

دلالة الألوان

- يكون وسط الانكسار والعدسات باللون الأزرق الفاتح.

الجدول 11-1

معاملات الانكسار للضوء الأصفر (في الفراغ $\lambda = 589 \text{ nm}$)	
الوسط	n
الفراغ	1.00
الهواء	1.0003
الماء	1.33
الإيثانول	1.36
زجاج العدسات	1.52
الكوارتز	1.54
الزجاج الصوّاني	1.62
الألماس	2.42

11-1 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 7-12

اختبار قصير 11-1، ص 143

شريحة التدريس 11-1 ص 149

شريحة التدريس 11-2 ص 151

ربط الرياضيات مع الفيزياء

تقويم الفصل 11، ص 157

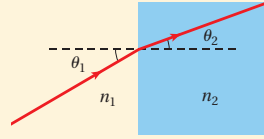
ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 133

مثال 1

زاوية الانكسار تسقط حزمة ضوء من الهواء على قطعة من زجاج العدسات بزاوية 30.0° . ما مقدار زاوية الانكسار؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- مثل الحد الفاصل بين الهواء وزجاج العدسات.
- ارسم مخطط الأشعة.



المجهول

$$\theta_2 = ?$$

المعلوم

$$\theta_1 = 30.0^\circ, n_1 = 1.00, n_2 = 1.52$$

2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم قانون سنل لإيجاد زاوية الانكسار:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_2 = \left(\frac{n_1}{n_2} \right) \sin \theta_1$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left(\left(\frac{n_1}{n_2} \right) \sin \theta_1 \right)$$

$$= \sin^{-1} \left(\left(\frac{1.00}{1.52} \right) \sin 30.0^\circ \right) = 19.2^\circ$$

$$n_1 = 1.00, n_2 = 1.52, \theta_1 = 30.0^\circ$$

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ يُعبّر عن الزوايا بالدرجات.
- هل الجواب منطقي؟ إن معامل الانكسار n_2 أكبر من معامل الانكسار n_1 ، لذا تكون زاوية الانكسار θ_2 أقل من زاوية السقوط θ_1 .

مثال صفي

سؤال سقط شعاع ضوء من الهواء على طبقة من الزجاج الصواني بزاوية سقوط مقدارها 19° . ما مقدار زاوية الانكسار؟

الجواب

بما أن زاوية السقوط ومعاملات انكسار الوسيطين كميات معروفة، لذا استخدم قانون سنل لإيجاد زاوية الانكسار.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_2 = \left(\frac{n_1}{n_2} \right) \sin \theta_1$$

$$\sin \theta_2 = \left(\frac{1.00}{1.61} \right) (0.33)$$

$$\theta_2 = 11.7^\circ$$

تعزيز الفهم

استيعاب مفاهيم النشاط في أثناء عمل الطلاب خلال هذا الجزء، اطلب إليهم إعداد ملخص يحتوي على المواضيع الرئيسة وملخصاً قصيراً لكل موضوع بلغتهم الخاصة، وقد يرغبون أيضاً في رسم مخططات لتفسير المواضيع، ثم خصص حصة دراسية لقراءة ملخصاتهم ومناقشتها. **2م نفوي**

مسائل تدريبية

1. أسقطت حزمة ليزر في الهواء على إيثانول بزاوية 37.0° . ما مقدار زاوية الانكسار؟
2. ينتقل ضوء في الهواء إلى داخل الماء بزاوية 30.0° بالنسبة للعمود المقام. أوجد مقدار زاوية الانكسار.
3. غمر قالب من مادة غير معروفة في الماء. أسقط عليه ضوء بزاوية 31° ، فكانت زاوية انكساره في القالب 27° . ما معامل الانكسار للمادة المصنوع منها القالب؟

الربط مع الفلك

يرجع اللون الأحمر للقمر خلال مرحلة خسوفه إلى الانكسار؛ إذ يحدث خسوف القمر عندما تحجب الأرض ضوء الشمس عن القمر. ونتيجة لهذا، قد تتوقع أن يصبح القمر معتمًا تمامًا، ولكن ما يحدث هو أن الضوء ينكسر خلال الغلاف الجوي للأرض، وينحرف حول الأرض في اتجاه القمر. ولأن الغلاف الجوي للأرض يشتمل معظم الضوء الأزرق والأخضر لذا ينير اللون الأحمر أغلب القمر. وبما أن القمر يعكس معظم ألوان الضوء بالدرجة نفسها فإنه يعكس الضوء الأحمر إلى الأرض، فيظهر القمر باللون الأحمر.

مسائل تدريبية

1. 26.3°

2. 22.1°

3. 1.5

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

الانكسار في الغلاف الجوي اكتشف عالم الرياضيات العربي الحسن بن الهيثم 1039 - 965 العديد من المبادئ الأساسية للمرايا الكروية والمرايا التي على شكل قطع مكافئ والعدسات. فقد درس الضوء المنعكس والمنكسر من المرايا والعدسات، وحدد تقوس العدسة أو المراة الذي يسهم في تركيز الأشعة، وقد طور معادلات هندسية لتكوّن الصور في المرايا الكروية ومرايا القطع المكافئ. واستطاع قياس الانكسار في الغلاف الجوي من خلال معرفته بالانكسار. وقاد ذلك إلى استنتاجين هما: أولاً عندما ينتهي الشفق (الغروب) تكون الشمس قد أصبحت أسفل الأفق بـ 19° ، ثانياً، سمك الغلاف الجوي يساوي 16 km تقريباً، وهو أول تسجيل تقديري دقيق.

النموذج الموجي في الانكسار Wave Model of Refraction

طُوِّر النموذج الموجي للضوء بعد 200 عام تقريباً من نشر سنل لبحثه. وتم التوصل بعد 300 عام من عمل سنل إلى فهم أن الضوء يتفاعل مع الذرات عند انتقاله خلال الوسط، كأن يتحرك بسرعة أقل مما هو في الفراغ. ويمكن كتابة علاقة الموجة $\lambda_0 = c/f$ التي درستها سابقاً التي تخص انتقال موجة الضوء في الفراغ على النحو التالي: $\lambda = v/f$ ، حيث تمثل v سرعة الضوء في أي وسط، وتمثل λ الطول الموجي. ولا يتغير تردد الضوء f عندما يعبر الحد الفاصل؛ أي أن عدد الاهتزازات لكل ثانية التي تصل الفاصل هي نفسها التي تخرج من الحد الفاصل وتنتقل خلال وسط الانكسار. لذا يجب أن يقل الطول الموجي للضوء λ عندما تقل سرعة الضوء؛ فيكون الطول الموجي للضوء في أي وسط أقصر من الطول الموجي له في الفراغ.

ما الذي يحدث عندما ينتقل الضوء من وسط يتحرك فيه بسرعة أكبر إلى وسط يتحرك فيه بسرعة أقل كما في الشكل 11-2a؟ للإجابة عن ذلك انظر إلى الشكل 11-2b الذي يبين حزمة ضوئية مكوّنة من سلسلة متوازية من مقدمات الموجات المستقيمة، حيث تمثل كل مقدمة موجة قمة الموجة وتكون متعامدة مع اتجاه الحزمة الضوئية التي تسقط على السطح بالزاوية θ_1 . وبما أن مقدمات الموجة تعامد اتجاه الحزمة، فإن $\angle PQR$ في المثلث PQR تكون زاوية قائمة، و $\angle QRP$ تساوي θ_1 . لذا فإن $\sin \theta_1$ تساوي المسافة بين Q و P مقسومة على المسافة بين P و R.

$$\sin \theta_1 = \frac{PQ}{PR}$$

وترتبط زاوية الانكسار θ_2 بالطريقة نفسها مع المثلث PSR، وفي هذه الحالة:

$$\sin \theta_2 = \frac{RS}{PR}$$

ومن خلال حساب نسبة الجيب للمثلثين فإن $\overline{PR}$ تلغى وتبقى المعادلة التالية:

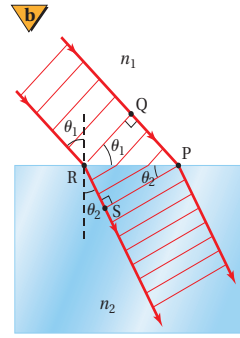
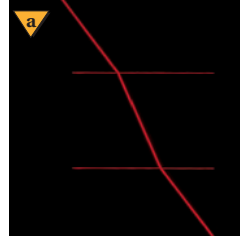
$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{RS}{PQ}$$

رسم الشكل 11-2b بحيث كانت المسافة بين P و Q مساوية لثلاثة أطوال موجية للضوء في الوسط 1؛ أي أن $\overline{PQ} = 3\lambda_1$. وبالطريقة نفسها فإن $\overline{RS} = 3\lambda_2$. وبتعويض هاتين القيمتين في المعادلة السابقة واختصار العامل المشترك، الرقم 3، تنتج معادلة تربط زاويتي السقوط والانكسار بالطول الموجي للضوء في كل وسط.

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{3\lambda_2}{3\lambda_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

وبالتعويض عن الطول الموجي بـ $\lambda = v/f$ في المعادلة أعلاه وإلغاء العامل المشترك f ، يمكننا إعادة كتابة المعادلة على الشكل التالي:

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$$



■ الشكل 11-2 ينتقل الضوء من الهواء إلى الزجاج ثم إلى الهواء مرة أخرى (a). يتباطأ الضوء وينحرف مقترباً من العمود المقام عندما يدخل منطقة معامل انكسارها أكبر (b).

استخدام التشابه

انكسار الضوء قد يساعد التشابه الطلاب على استيعاب مفهوم تغير اتجاه الضوء عندما ينتقل من وسط إلى آخر. اطلب إلى الطلاب تدقيق النظر إلى الشكل 11-2، ثم وضح لهم أنه عندما تصل مقدمة الموجة إلى المنطقة التي لها معامل انكسار أكبر يمكن تشبيهها بدولابين مرتبطين معاً بمحور، ويتحركان على سطح أملس، ثم يصلان إلى أرض عشبية، فعندما يلمس الدولاب الأول العشب يتباطأ. ولأن الدولاب الآخر ما زال متحركاً بسرعة فإن اتجاه الدولابين والمحور ينحرف في اتجاه الأرض العشبية.

تطوير المفهوم

تفاعل الضوء لقد درس الطلاب أن سرعة الضوء تقل عندما يدخل الضوء إلى وسط معامل انكساره أكبر من الوسط الذي كان فيه، إلا أنهم قد لا يدركون خاصية المادة التي تجعل معامل انكسارها أكبر أو أقل، لذا ساعدهم على فهم ذلك بتفسير ما يحدث للضوء عندما ينتقل عبر المادة. فعندما ينتقل الضوء عبر المادة تمتص الذرات الضوء، وغالباً ما تعيد الذرات إشعاعه. وهذا التفاعل بين الذرات والضوء يؤدي إلى تحرك الضوء بسرعة أقل خلال المادة من سرعته عبر فضاء فارغ. أما الزمن الذي يتطلبه امتصاص الضوء وإعادة إشعاعه فيتفاوت وفق الأنواع المختلفة للذرات، وهذا يعني أن المواد المختلفة لها معاملات انكسار مختلفة.

من معلم إلى آخر

نشاط

يمكنك استخدام الكرسي المتحرك لتمثيل الانكسار في الصف. اطلب إلى أحد الطلاب إمساك أحد الدواليب وتثبيتته قدر المستطاع. وفي أثناء ذلك تعمل أنت على تحريك الكرسي إلى الأمام. أشر إلى الاتجاه الذي انعطف نحوه الكرسي. أعد العرض على أن تقوم بتثبيت الدولاب الآخر بدلاً من الدولاب الأول، ثم حدد الاتجاه الذي انعطف نحوه الكرسي. اربط ذلك بالطريقة التي يغير بها الضوء اتجاهه عندما ينتقل إلى وسط يعمل على إبطاء سرعته. **1م بصري-مكاني**

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

مسارات الضوء أسأل الطلاب عما إذا كان الضوء يسلك أكثر من مسار بعد سقوطه على الحد الفاصل بين وسطين. قد يعتقد الكثير من الطلاب أن الضوء يسلك مساراً واحداً فقط. لذا وضح لهم أن الضوء مثل الموجات يمكن أن ينعكس جزئياً ويمكن أن ينتقل جزئياً عند الحد الفاصل بين وسطين، فمثلاً اطلب إلى الطلاب النظر إلى زجاج النافذة أو إلى نظارات يستخدمها طالب في الصف. سيرون من خلالها بالطبع، إلا أنهم سيرون أيضاً انعكاساً باهتاً. **1م**

عرض سريع

قلم الرصاص المكسور

الزمن المقدر 5 دقائق

المواد والأدوات قلم رصاص، وقالب بلاستيكي مستطيل كبير وشفاف.

الخطوات

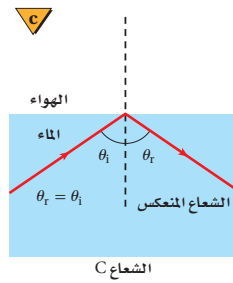
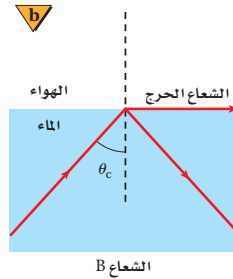
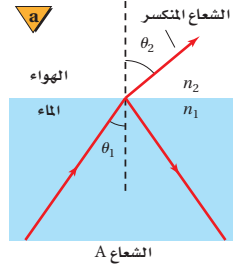
1. أمسك القلم خلف القالب البلاستيكي، ثم اطلب إلى الطلاب النظر إلى القالب والقلم، ليروا القلم من خلال القالب ثم من فوقه.

2. اطلب إلى الطلاب أن يتحركوا قليلاً من جانب إلى جانب آخر ليشاهدوا القالب والقلم من زوايا عدة.

3. أسأل الطلاب أن يوضحوا لماذا يبدو القلم مكسوراً ولماذا يتغير الفراغ أو الفجوة التي تظهر عندما يُشاهدون القلم من خلال القالب أو من فوقه أي عندما يتم النظر إليه من زوايا مختلفة. ينكسر الضوء القادم من القلم مرتين؛ عند السطح الفاصل بين القالب والسطح الفاصل بين القالب والهواء، وينزاح الضوء عن مساره الأصلي بسبب الانكسار عندما يُغادر القالب نحو اليمين أو اليسار. إذا شاهدت القلم من زوايا مختلفة ستري الضوء ينزاح مسافات مختلفة لأنه ينتقل عبر سماكات مختلفة من البلاستيك.

الشكل 3-11 انكسار الشعاع A

جزئياً، وكذلك انعكس جزئياً (B). انكسر الشعاع B على امتداد الحد الفاصل بين الوسطين عندما سقط بزواوية تساوي الزاوية الحرجة (b). زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة، مما يؤدي إلى حدوث انعكاس كلي داخلي للشعاع C، والذي يتبع قانون الانعكاس (C).



كما يمكن أيضاً كتابة قانون سنل في صورة نسبة لمعامل انكسار الوسطين.

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

معامل الانكسار باستخدام خاصية التعدي للمساواة، فإن المعادلتين السابقتين تؤديان إلى المعادلة التالية:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

وبالنسبة للفراغ فإن $n = 1$ و $v = c$. فإذا كان أحد الوسطين فراغاً فإن المعادلة تبسّط إلى معادلة تربط معامل انكسار الوسط بسرعة الضوء فيه.

$$n = \frac{c}{v}$$

معامل انكسار الوسط يساوي سرعة الضوء في الفراغ مقسومة على سرعة الضوء في الوسط.

ويستخدم هذا التعريف لإيجاد الطول الموجي للضوء في وسط ما مقارنة بالطول الموجي للضوء في الفراغ، حيث يعبر عن سرعة الضوء في وسط معامل انكساره n بالعلاقة $v = c/n$ ، وعن الطول الموجي للضوء في الفراغ $\lambda_0 = c/f$. ويحل المعادلة $\lambda = v/f$ بالنسبة للتردد، وتعويض كل من المعادلتين $v = c/n$ و $f = c/\lambda_0$ نجد أن $\lambda = \lambda_0/n$ ، لذا يكون الطول الموجي للضوء في الوسط أقل من الطول الموجي له في الفراغ.

الانعكاس الكلي الداخلي Total Internal Reflection

عندما ينتقل الضوء إلى وسط معامل انكساره أقل تكون زاوية الانكسار أكبر من زاوية السقوط، كما يبين الشكل 3a-11. وهذا يؤدي إلى ظاهرة طبيعية؛ إذ إنه مع زيادة زاوية السقوط تزداد زاوية الانكسار، إلا أنه عند زاوية سقوط معينة تُسمى الزاوية الحرجة θ_c ، ينكسر الشعاع على امتداد الحد الفاصل بين الوسطين، وتكون زاوية الانكسار 90.0° ، كما يبين الشكل 3b-11.

عندما يسقط ضوء على حد فاصل شفاف فإن معظم الضوء ينفذ، بينما ينعكس جزء منه، في حين يمتص الوسط جزءاً آخر منه. ويحدث الانعكاس الكلي الداخلي عندما ينتقل الضوء من وسط معامل انكساره كبير إلى وسط معامل انكساره أقل، ويسقط الضوء على الحد الفاصل بزواوية أكبر من الزاوية الحرجة، إن أهم ما يميز الانعكاس الكلي الداخلي هو أن الضوء ينعكس بصورة كاملة إلى الوسط الذي معامل انكساره أكبر، كما يبين الشكل 3c-11. وتستطيع استخدام قانون سنل لإيجاد معادلة للزاوية الحرجة لأي حد فاصل، وذلك بتعويض $\theta_1 = \theta_c$ و $\theta_2 = 90.0^\circ$.

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

جيب الزاوية الحرجة يساوي معامل انكسار وسط الانكسار مقسوماً على معامل انكسار وسط السقوط.

تحفيز

نشاط

الانعكاس الكلي الداخلي اطلب إلى الطلاب إعداد عرض يبين الانعكاس الكلي الداخلي في منشور. ويمكنهم تغيير زاوية سقوط الضوء باستخدام مؤشر الليزر حتى يختفي الضوء المنكسر. وحثهم على قياس زوايا السقوط، والانكسار، والانعكاس لأشعة الضوء، باتباع أسلوب منظم. وبعد أن يأخذوا عدة قياسات ابتدائية، سيقومون بعرض متتابع يزدون من خلاله زاوية السقوط تدريجياً، ابتداءً من زاوية صغيرة إلى أن يصلوا إلى زاوية 90° تقريباً. ربما يودون أن يستكشفوا كيف ينكسر شعاع الضوء عند زاوية سقوط 180° . حذر الطلاب من النظر إلى الشعاع عند أي نقطة خلال تنفيذ

النشاط. **3م حركي**

الانعكاس الكلي الداخلي في الماء



الزمن المقدر 5 دقائق

المواد والأدوات قارورة بلاستيكية سعتها

1 لتر، ومؤشر ليزر، ووعاء بلاستيكي، وماء.

الخطوات اعمل ثقباً صغيراً في جانب

القارورة البلاستيكية، واملأ القارورة بالماء،

ثم عتّم الغرفة ومرر ضوء مؤشر ليزر عبر

القارورة من الجانب المعاكس للثقب. ثم

ضع القارورة على حافة الطاولة ليتدفق

الماء إلى الوعاء البلاستيكي. سيعمل ضوء

الليزر على إظهار الماء المتدفق وذلك بسبب

الانعكاس الكلي الداخلي.

التفكير الناقد

الأنابيب الضوئية اطلب إلى الطلاب التفكير

في الانعكاس الكلي الداخلي الذي شاهدوه

في العرض السريع. ثم وضح لهم أنّ حدوث

الانعكاس الكلي الداخلي سيكون مستحيلاً إذا

سلط ضوء الليزر عبر أنبوب مملوء بالماء عند

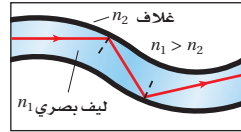
استخدامه بدلاً من القارورة البلاستيكية، ثم

اطلب إليهم أن يوضحوا سبب ذلك. إنّ معامل

انكسار أنبوب الماء المصنوع من البلاستيك

أكبر من معامل انكسار الماء. لذا يكون حدوث

الانعكاس الكلي الداخلي مستحيلاً. 3م



■ الشكل 4-11 تدخل نبضات الضوء من مصدر ضوء إلى أحد طرفي الليف البصري. وفي كل مرة يصطدم فيها الضوء بالسطح، تكون زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة، ولذا يبقى الضوء داخل الليف البصري.

يؤدي الانعكاس الكلي الداخلي إلى بعض التأثيرات الغريبة. افترض أنك تغوص في بركة ماء ساكن، وتنتظر إلى أعلى سطح الماء، فإنك قد ترى انعكاساً مقلوباً لجسم آخر قريب موجود أسفل الماء، أو قد ترى انعكاساً لقع البركة نفسها؛ إذ يعمل سطح الماء عمل المرآة. وكذلك عندما تقف بجانب بركة فإنه يمكن ألا ترى الأشياء الموجودة أسفل سطح الماء. فعندما يسبح شخص تحت الماء بالقرب من السطح وفي الجهة المقابلة لك من البركة، فإنك قد لا تراه؛ وذلك لأن الضوء القادم من جسمه ينعكس إلى الأسفل ليرتد إلى داخل البركة.

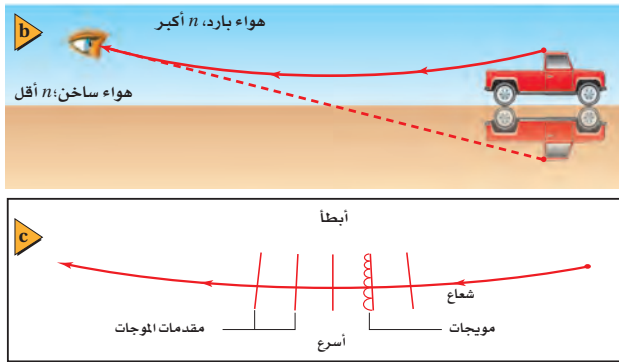
تعد الألياف البصرية تطبيقاً تقنياً مهماً للانعكاس الكلي الداخلي. فكما يبين الشكل 4-11، يصطدم الضوء الذي ينتقل خلال الليف الشفاف بالسطح الداخلي لليف البصري دائماً بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة، لذا ينعكس الضوء انعكاساً كلياً داخل الليف فلا ينفذ أي جزء منه خلال الحد الفاصل. ولذلك يحافظ الضوء على شدته على طول المسافة التي يمتدّها الليف البصري مهماً، بلغت وبهذا يمكن نقل الضوء من منطقة إلى أخرى.

السراب Mirages

تري أحياناً في يوم صيفي حار تأثير السراب المبين في الشكل 5a-11. فعندما تقود سيارتك على طريق ترى ما يبدو كأنه انعكاس للسيارة القادمة في بركة ماء، وتخفني البركة عندما تصل إليها، لماذا؟ يتكون السراب نتيجة تسخين الشمس للطريق؛ إذ تُسخّن الطريق الحارة الهواء فوقها وتنتج طبقة حرارية من الهواء تؤدي إلى انحراف الضوء المنقول في اتجاه الطريق تدريجياً إلى أعلى؛ مما يجعل الضوء يبدو قادمًا من انعكاس في بركة، كما في الشكل 5b-11.



■ الشكل 5-11 سرباب يُرى على سطح الطريق (a). ينحرف الضوء القادم من السيارة إلى أعلى في اتجاه عين المشاهد (b). يتحرك قاع مقدمة الموجة أسرع من قمتها (c).



مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

نشاط

الألياف البصرية قد يواجه الطلاب صعوبة في فهم عدم نفاذ الضوء من جوانب الألياف البصرية. كن متأكداً أنهم يفهمون أنّ غلاف الليف البصري يجب أن يكون له معامل انكسار أقل من معامل انكسار قلب الليف. ارسّم الليف على السبورة، وبين لهم أنّ الضوء الساقط على غلاف الليف البصري بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة فقط هو الذي سينتقل على طول الليف البصري، ويمكن أن تعرض لهم هذا باستخدام ألياف بصرية حقيقية. إذا أسقطت ضوءاً على جانب الألياف فإنّ القليل جداً من أشعة الضوء ستنتقل إلى نهاية الليف. أمّا إذا أسقطت ضوءاً عند نهاية الألياف فإنّ أغلب أشعة الضوء ستصطدم بها بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة، وأغلبها سينتقل إلى الطرف الآخر. 1م بصري - مكاني

عرض سريع

اصنع طيفاً

الزمن المقدر 10 دقائق

المواد والأدوات ماء، ورق كروي، مصباح يدوي، ورقة مقواة بها ثقب.

الخطوات غطّ المصباح اليدوي بالورق المقوى بحيث تسمح لحزمة ضيقة من الضوء بالخروج من خلال الثقب. ثم املأ الدورق بالماء. سلط ضوء المصباح في اتجاه الدورق، سينعكس الضوء بألوانه إلى الخلف في اتجاه الحائط. **يجب أن يشكل الضوء المنعكس طيفاً على الحائط.**

■ استخدام الشكل 7-11

ألّفت الانتباه إلى أنّ الشعاع الساقط من ضوء الشمس المبين في الشكل سيسقط على الجزء العلوي من القطرة. والضوء الذي يسقط على منتصف القطرة فقط ينتقل دون انكسار أو انعكاس. اطلب إلى الطلاب إنشاء رسوم توضح الشعاع الساقط على النصف العلوي للقطرة، وعلى منتصف القطرة، وعلى النصف السفلي لها.

2م بصري - مكاني

● تجربة إضافية

قوس المطر الشخصي

الهدف يتعلم الطلاب الظروف التي يتطلبها تكوين قوس المطر.

المواد والأدوات خرطوم ماء مزود بمرش.

الخطوات قف في حديقة في يوم مشمس على أن تكون الشمس خلفك، ورش الماء من الخرطوم على صورة رذاذ. وشاهد قوس المطر الذي ينتج. كرّر التجربة ولكن قف بمواجهة الشمس واحذر أن تنظر إليها مباشرة. هل يظهر قوس المطر؟

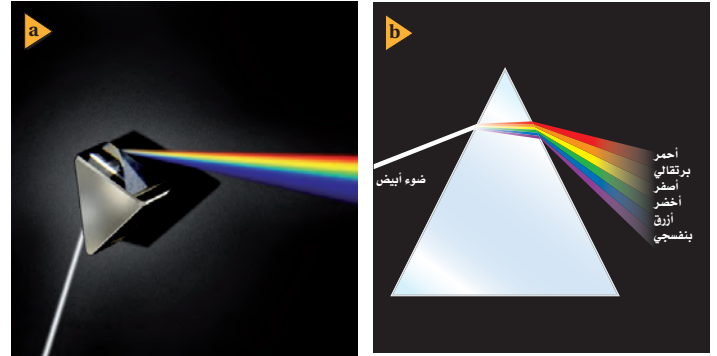
التقويم لخص الظروف التي يتطلبها ظهور قوس المطر. **يجب أن تتضمن إجابات الطلاب أن يكون مصدر الضوء خلفك وأن يكون رذاذ الماء أمامك حتى ينكسر الضوء القادم من الشمس وينعكس إلى عينيك.**

ويبين الشكل 5c-11 كيف يحدث هذا؛ فعندما ينتقل الضوء من جسم بعيد إلى أسفل نحو الطريق، فإن معامل انكسار الهواء يقل بسبب سخونة الهواء، ويكون تغير درجة الحرارة تدريجياً. تذكر من الفصول السابقة أن مقدمات موجات الضوء التي درستها تتألف من موجات هيجنز. وفي السراب تنتقل موجات هيجنز القريبة من سطح الأرض أسرع من تلك الموجات التي في الأعلى، مما يؤدي إلى انحراف مقدمات الموجات تدريجياً إلى أعلى. وتحدث ظاهرة مشابهة تُسمى السراب القطبي؛ عندما يبدو انعكاس قارب بعيد فوق القارب نفسه، حيث يُبقي الماء الهواء القريب من سطحه بارداً.

تفريق (تحليل) الضوء Dispersion of Light

تتحدد سرعة الضوء في وسط ما من خلال التفاعلات بين الضوء وذرات الوسط. وتعرف من دراستك السابقة أن درجة الحرارة والضغط يرتبطان بطاقة الجسيمات على المستوى الذري، لذا تتغير سرعة الضوء، ويتغير تبعاً لذلك معامل الانكسار للوسط الغازي قليلاً مع تغير درجة الحرارة. وبالإضافة إلى ذلك فإن سرعة الضوء ومعامل الانكسار تتغير للأطوال الموجية المختلفة للضوء في الوسط السائل أو الصلب نفسه.

يتحلل الضوء الأبيض إلى طيف من الألوان عند مروره خلال منشور زجاجي، كما يبين الشكل 6a-11، حيث تُسمى هذه الظاهرة بالتفريق. وإذا نظرت بدقة إلى الضوء الذي يمر خلال المنشور فستلاحظ أن اللون البنفسجي ينكسر أكثر من اللون الأحمر، كما يبين الشكل 6b-11؛ وهذا يحدث لأن سرعة الضوء البنفسجي خلال الزجاج أقل من منها للضوء الأحمر؛ حيث إن تردد الضوء البنفسجي أكبر من تردد الضوء الأحمر، مما يجعله يتفاعل بصورة مختلفة مع ذرات الزجاج، وهذا يؤدي إلى جعل معامل انكسار الزجاج للضوء البنفسجي أكبر منه للضوء الأحمر.



■ الشكل 6-11 يسقط ضوء أبيض على منشور فينتفرق (يتحلل) إلى حزم من ألوان مختلفة (a). وتنحرف الألوان المختلفة من الضوء بدرجات مختلفة عند عبورها وسط ما (b).

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

زاوية قوس المطر إضافة إلى تعريف زاوية قوس المطر بالنسبة إلى اتجاه الشعاع الضوئي القادم من الشمس، يمكنك كذلك تعريفها بأنها زاوية تساوي 42° فوق الأفق، وحتى يمكنك رؤية قوس المطر يجب أن تنظر بزاوية 42° فوق سطح الأرض، حيث ينبعث الضوء المنعكس والمنكسر في قطرات المطر الساقطة بزوايا مختلفة. يوجد هناك قمة عظمية للشدة عند الزاوية 42° تقريباً للضوء الأحمر، وقمة عظمية للشدة عند الزاوية 40° للضوء الأزرق، لذلك يمكنك رؤية قوس من الألوان.

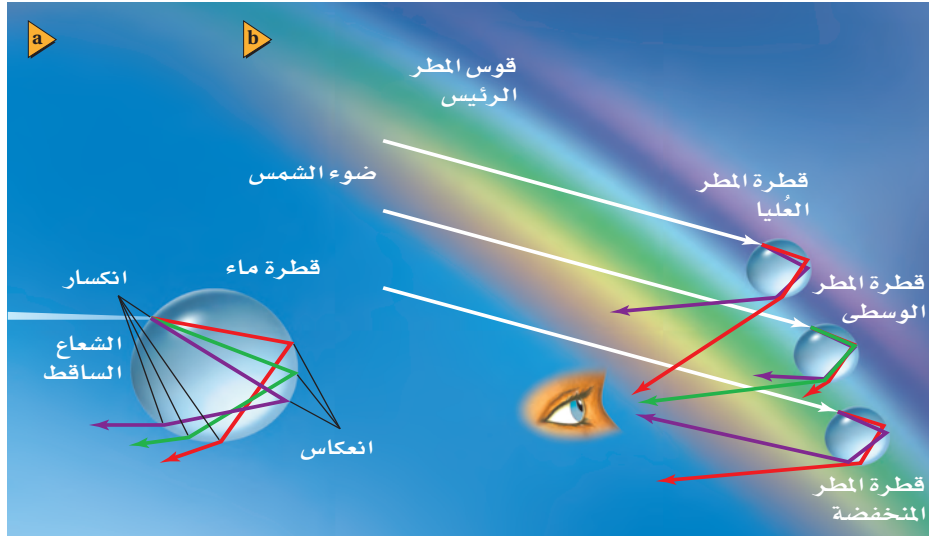
تطوير المفهوم

إضاءة قوس المطر الفت الانتباه إلى أن السماء تكون أكثر سطوعاً داخل قوس المطر الرئيس؛ لأن أغلب أشعة الضوء القادمة من الشمس تنعكس بزوايا أقل من 42° . ويشكل الضوء ذو الأطوال الموجية المختلفة المنطقة الساطعة التي توجد داخل القوس. وينعكس القليل من الضوء بزوايا 42° تقريباً مشكلاً منطقة معتممة عند أطراف القوس، تعرف بحزمة ألكسندر المعتممة، وتكون بين القوس الرئيس والثانوي.

قوس المطر المنشور ليس الوسيلة الوحيدة لتفريق الضوء الأبيض ثم تحليله إلى ألوانه؛ فقوس المطر طيف يتشكل عندما يتفرق ضوء الشمس بفعل قطرات الماء في الغلاف الجوي. وينكسر ضوء الشمس الساقط على قطرات الماء، حيث ينكسر كل لون بزوايا انكسار مختلفة قليلاً؛ بسبب التفريق كما هو موضح في الشكل 7a-11. ويحدث انعكاس داخلي لبعض الضوء على السطح الخلفي للقطرة. وعند خروج الضوء من القطرة يحدث له انكسار مرة أخرى ويزداد التفريق.

وعلى الرغم من أن كل قطرة تنتج طيفاً كاملاً إلا أن المراقب الموجود بين الشمس والمطر سيرى من كل قطرة طولاً موجياً معيناً للضوء فقط؛ حيث يعتمد الطول الموجي على المواقع النسبية للشمس، والقطرة، والمراقب، كما يبين الشكل 7b-11. وسيظهر طيف كامل؛ لأنه يوجد الكثير من القطرات في السماء. وستصنع القطرات التي تعكس الضوء الأحمر زاوية 42° بالنسبة لأشعة الشمس؛ في حين تصنع القطرات التي تعكس الضوء الأزرق زاوية 40° .

قد ترى أحياناً قوس مطر ثانٍ باهت، كما في الشكل 8-11. ويقع قوس المطر الثاني خارج الأول، كما يكون باهتاً، وله ترتيب ألوان معكوس. وينتج هذا التأثير بسبب انعكاس أشعة الضوء مرتين في داخل قطرة الماء. وقد يظهر قوس مطر ثالث خارج الاثنين، ولكن



■ الشكل 7-11 يتشكل قوس المطر بسبب تفرق (تحلل) الضوء الأبيض عند دخوله الحد الفاصل وانعكاسه عن الحد الفاصل الداخلي، وخروجه من قطرات المطر (a). يصل لون واحد فقط إلى المراقب من كل قطرة مطر بسبب التفريق (b).

3. التقويم

التحقق من الفهم

نشاط الضوء عند الحد الفاصل درس الطلاب كلاً من ظاهرتي الانعكاس والانكسار على حدة، ولكن هاتين الظاهرتين تحدثان معاً عادةً. ارسـم مخططاً بسيطاً لشعاع ضوء يسقط على الحد الفاصل لوسط آخر. واطلب إلى الطلاب إكمال الرسم لتوضيح كل من الانكسار والانعكاس. **1م بصري - مكاني**

إعادة التدريس

درجة الانكسار أسأل الطلاب: كيف تعتمد درجة انكسار الضوء على معامل انكسار المادة ومتوسط سرعة الضوء فيها عندما يدخل تلك المادة ثم يخرج منها؟ **يصف قانون سنل هذه العلاقة:**

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

ووفق تعريف معامل الانكسار فإن سرعة الضوء في المادة هي $v = c/n_2$ **2م**

الشكل 8-11 يسمح وجود الضباب خلال رؤيتك للضوء المشتعل على الطيف الكامل للألوان بأن يصل إلى عينيك على صورة قوس مطر. وقد يمكنك الانعكاس عن قطرات المطر أحياناً من رؤية قوس مطر آخر بألوان معكوسة الترتيب.



بصورة نادرة جداً. ما توقعك حول عدد مرات انعكاس الضوء في قطرة الماء وترتيب ظهور الألوان لقوس المطر الثالث؟

11-1 مراجعة

- معامل الانكسار عند نفاذ الضوء من الماء إلى سائل معين فإنه ينحرف مقترباً من العمود المقام، ولكن عند نفاذ الضوء من زجاج العدسات إلى السائل نفسه فإنه ينحرف مبتعداً عن العمود المقام. ما الذي تستنتجه عن معامل انكسار السائل؟
- معامل الانكسار يسقط شعاع ضوئي في الهواء بزواوية 30.0° على قالب من مادة غير معروفة، فانكسر فيها بزواوية 20.0° . ما معامل انكسار المادة؟
- سرعة الضوء هل يمكن أن يكون معامل الانكسار أقل من 1؟ وما الذي يعنيه هذا بالنسبة لسرعة الضوء في ذلك الوسط؟
- سرعة الضوء ما سرعة الضوء في الكلوروفورم $(n=1.51)$ ؟
- الانعكاس الكلي الداخلي إذا توافر لديك الكوارتز وزجاج العدسات لتصنع ليفاً بصرياً، فأيتها تستخدم لطبقة الغلاف؟ ولماذا؟
- زواوية الانكسار تعبر حزمة ضوئية الماء إلى داخل البولي إيثيلين (معامل انكساره $n=1.50$). فإذا كانت $\theta_i=57.5^\circ$ فما زواوية الانكسار في البولي إيثيلين؟
- الزواوية الحرجة هل هناك زواوية حرجة للضوء المنتقل من الزجاج إلى الماء، وللضوء المنتقل من الماء إلى الزجاج؟
- التفريق لماذا تستطيع رؤية صورة الشمس فوق الأفق تماماً عندما تكون الشمس نفسها قد غابت فعلاً؟
- التفكير الناقد في أي اتجاه تستطيع رؤية قوس المطر في مساء يوم ماطر؟ وضح إجابتك.

11-1 مراجعة

- يجب أن يكون بين 1.33 (معامل انكسار الماء) و 1.52 (معامل انكسار زجاج العدسات)
- 1.46
- لا؛ فهذا يعني أن سرعة الضوء في الوسط أكبر من سرعة الضوء في الفراغ.
- $1.99 \times 10^8 \text{ m/s}$
- زجاج العدسات؛ لأن معامل انكساره أقل لذا ينتج انعكاس كلي داخلي.
- نعم، لأن الماء $n_{\text{الماء}} > n_{\text{الزجاج}}$ ولكن لا يوجد زواوية حرجة عندما ينتقل الضوء من الماء إلى الزجاج.
- وذلك بسبب انحراف أشعة الضوء في الغلاف الجوي؛ وانكسارها.
- في الشرق، لأن الشمس تكون في الغرب، ويجب أن تسطع أشعة الشمس من خلفك حتى تتمكن من رؤية قوس المطر.

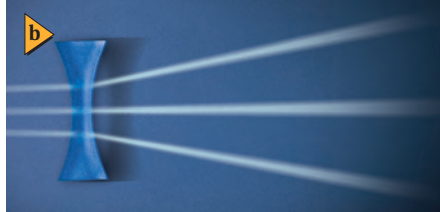
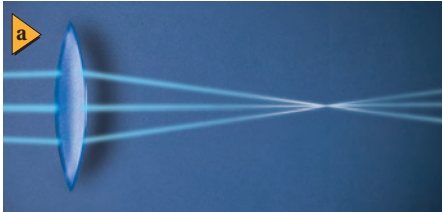
يكون انكسار الضوء في الطبيعة جيلاً؛ إذ ينتج عنه قوس المطر والخسوف الأحمر للقمر. وهناك فوائد كثيرة للانكسار في حياتنا؛ فقد كتب الفيزيائي الفرنسي برنارد أوف جوردون عام 1303 حول استخدام العدسات لتصحيح النظر. واستخدم جاليليو عام 1610 عدستين لصنع التلسكوب الذي اكتشف بواسطته أقمار المشتري. واستخدمت العدسات منذ زمن جاليليو في أجهزة عديدة، منها الميكروسكوبات وآلات التصوير. وقد تكون العدسات أكثر الأدوات البصرية فائدة.

أنواع العدسات Types of Lenses

العدسة قطعة من مادة شفافة، مثل الزجاج أو البلاستيك، تُستخدم في تجميع الضوء أو تفريقه وتكوين الصور. ويمكن أن يكون أي سطح من سطحي العدسة منحنيًا أو مستويًا. وتُسمى العدسة في الشكل 11-9a عدسة محدبة؛ لأنها أكثر سمكًا عند الوسط مما عند الأطراف. وتُسمى العدسة المحدبة العدسة المجمعة؛ وذلك لأنها عندما تُحاط بإداة معامل انكسارها أقل من معامل انكسار مادة العدسة فإنها تعمل على كسر الأشعة الضوئية المتوازية والموازية للمحور الرئيس بحيث تتجمع الأشعة المنكسرة في نقطة واحدة. وتُسمى العدسة التي في الشكل 11-9b عدسة مقعرة؛ لأنها أدق وأرق عند الوسط مما عند الطرفين. وتُسمى العدسة المقعرة العدسة المفرقة؛ وذلك لأنها عندما تُحاط بإداة معامل انكسارها أقل من معامل انكسار مادة العدسة فإنها تعمل على كسر أشعة الضوء المتوازية بحيث تفرق.

عندما يمر الضوء خلال عدسة يحدث الانكسار عند سطحيها. ويمكنك التنبؤ بمسار الأشعة المارة خلال العدسات باستخدام قانون سنل والهندسة. ولتسهيل مثل هذه المسائل افترض أن الانكسار يحدث كاملاً في مستوى يُسمى المستوى الأساسي، يمر في مركز العدسة وطرفيها. ويُسمى هذا التقريب نموذج العدسة الرقيقة، والذي سيطبق على العدسات جميعها التي تدرسها في هذا القسم.

معادلتا العدسة تتضمن المسائل التي تحلها عدسات كروية رقيقة، أي عدسات لها وجوه مقوّسة بتقوّس الكرة نفسه. واعتاداً على نموذج العدسة الرقيقة، والتبسيطات



الأهداف

- تصف كيف تتكون الصور الحقيقية والخيالية بواسطة عدسات محدبة ومقعرة مفردة على الترتيب.
- تعين موقع الصور المتكوّنة بواسطة العدسات بالطريقتين الهندسية والرياضية.
- توضّح كيف يمكن تقليل الزوغان اللوني.

المفردات

- العدسة
- العدسة المحدبة
- العدسة المقعرة
- معادلة العدسة الرقيقة
- الزوغان اللوني
- العدسة الألونية

عملية العدسات المحدبة والعدسات المقعرة ارجع الى دليل التجارب العملية

الشكل 11-9 تعمل العدسة المحدبة على تجميع أشعة الضوء (a). أما العدسة المقعرة فتفرق أشعة الضوء (b).

11-2 العدسات المحدبة والمقعرة

1. التركيز

نشاط

تكون الصور من خلال العدسات احصل على عدسة محدبة صغيرة بعدها البؤري بين 10-30 cm، وشمعة طولها 15 cm (مع حامل لها)، وصندوق أبيض صغير ومسطرة. اصنع حاملاً للعدسة ذي جدار مزدوج من الورق المقوى بقص دائرة في الجزء العلوي من جداري الورق المقوى أصغر قليلاً من العدسة، وثبت العدسة بينهما، ثم اثن الجزء السفلي من قطعة الورق المقوى حتى تستقر على سطح الطاولة. اضبط موقع العدسة بتحريكها بين الشمعة والصندوق، تتكون صورة مقلوبة للشمعة على الصندوق. قس بُعد الجسم وبُعد الشاشة، وارسم مخططاً للتجربة، ثم ناقش كيفية تشكّل الصورة. **2٢ بصري - مكاني**

الربط مع المعرفة السابقة

الانكسار خلال العدسات يطبق الطلاب مفهوم انكسار الضوء على حالة خاصة وهي مروره خلال عدسات كروية رقيقة محدبة أو مقعرة. ومعادلة العدسات تشبه معادلة المرايا التي تربط بين البعد البؤري وبُعد الصورة وبُعد الجسم، على الرغم من أن الطريقة التي اشتق بها العلماء معادلة العدسة الرقيقة مختلفة.

2. التدريس

نشاط

تجميع الصورة أعط الطلاب فرصة لمشاهدة تكوّن صورة حقيقية بوساطة عدسة محدبة، ثم كرّر ذلك باستخدام عدسات محدبة مختلفة. ثم اطلب إليهم استخدام تلك العدسات المحدبة لتجميع الضوء الساقط من مصدر الضوء في جهاز العرض العلوي على قطعة من الورق الأبيض. **1٢ حركي**

11-2 إدارة المصادر

اختبار قصير 11-2، ص 144	الملف الخاص بمصادر الفصول 7-12
شريحة التدريس 11-3 ص 153	تقويم الفصل 11، ص 157
ربط الرياضيات مع الفيزياء	ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 133

المستخدمة في حل مسائل المرايا الكروية، طوّرت معادلتان للعدسات؛ إذ تربط معادلة العدسة الرقيقة بين البعد البؤري للعدسة الكروية الرقيقة وبُعد الجسم وبُعد الصورة.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o} \quad \text{معادلة العدسة الرقيقة}$$

مقلوب البعد البؤري للعدسة الكروية يساوي حاصل جمع مقلوب بُعد الصورة ومقلوب بُعد الجسم عن العدسة.

وتستخدم معادلة التكبير في العدسات الكروية الرقيقة كالتي استخدمت في المرايا الكروية.

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o} \quad \text{التكبير}$$

يعرف تكبير عدسة كروية لجسم ما بأنه نسبة طول الصورة إلى طول الجسم، ويساوي سالب بُعد الصورة عن العدسة مقسومًا على بُعد الجسم عن العدسة.

استخدام معادلتَي العدسات من المهم استخدام نظام إشارات مناسب عند استخدام هاتين المعادلتين. وبين الجدول 11-2 مقارنة بين بُعد الصورة، والتكبير، ونوع الصورة المتكوّنة بواسطة عدسات محدبة ومقعرة مفردة عند وضع الجسم في مواقع متعددة d_o بالنسبة للعدسة. ولاحظ التشابه بين هذا الجدول والجدول 10-1 الخاص بالمرايا. وكما في المرايا، فإن المسافة بين المستوى الأساسي للعدسة والبؤرة هي البعد البؤري f . ويعتمد البعد البؤري على شكل العدسة ومعامل انكسار مادتها. ويمكن أن تكون الأبعاد البؤرية وأبعاد الصورة سالبة.

تكون الصورة الخيالية للعدسات دائيًا في الجانب نفسه الموجود فيه الجسم، مما يعني أن بُعد الصورة سالب. وتكون الصورة أصغر من الجسم عندما تكون القيمة المطلقة للتكبير بين صفر وواحد. في حين تمثل القيمة المطلقة للتكبير التي تكون أكبر من واحد، الصور الأكبر من الأجسام. أما التكبير السالب فيعني أن الصورة مقلوبة بالنسبة للجسم. لاحظ أيضًا أن العدسة المقعرة تنتج صورًا خيالية فقط، في حين تنتج العدسة المحدبة صورًا حقيقية أو خيالية.

عملية تجريبية
كيف ينحرف الضوء؟
ارجع إلى دليل التجارب العملية

الجدول 11-2					
خصائص العدسات الكروية					
نوع العدسة	f	d_o	d_i	m	الصورة
محدبة	+	$d_o > 2f$	$2f > d_i > f$	مصغرة مقلوبة	حقيقية
		$2f > d_o > f$	$d_i > 2f$	مكبّرة مقلوبة	حقيقية
		$f > d_o > 0$	$ d_i > d_o$ سالب	مكبّرة	خيالية
مقعرة	-	$d_o > 0$	$ f > d_i > 0$ سالب	مصغرة	خيالية

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

نشاط الصور الكاملة يعتقد بعض الطلاب أنّ حجم العدسة يحدّد ما إذا كانت الصورة المتكوّنة للجسم كاملة أم لا. وقد يعتقدون أيضًا أنّ جزءًا من الصورة يتكون إذا غُطي جزء من العدسة. وضح لهم أنّه مهما كان حجم العدسة فإنها ستعطي صورة كاملة. ويمكن للطلاب أن يلاحظوا ذلك بالنظر من خلال عدسة محدبة ومشاهدة الصورة. ابدأً بنقطة مفردة على الجسم، وبين الأشعة التي تنبعث من النقطة في الاتجاهات جميعها، حيث يصل بعض هذه الأشعة إلى العدسة فتتكسر. ثم اطلب إليهم تغطية جزء من العدسة. إذا تم تغطية الجزء الأيمن منها فستلتقي الأشعة عند نقطة مفردة. بعد ذلك يمكنك أن تستخدم عدسة أكبر ليلاحظ الطلاب أنها تجمع أشعة أكثر، بينما تجمع العدسة الصغرى أو جزء العدسة أشعة أقل. ثم ارسم الأشعة القادمة من موقع آخر على الجسم، وكرّر التجربة. لاحظ أنّه لا يوجد أهمية لصغر العدسة فكلتا النقطتين على الجسم ترتبطان مع نقطتين على الصورة. وتغطية العدسة تقلل فقط من عدد الأشعة الساقطة عليها. **1م بصري-مكاني**

تطوير المفهوم

معادلة العدسة الرقيقة ساعد الطلاب على فهم العلاقة بين البعد البؤري وبُعد الجسم وبُعد الصورة باستخدام معادلة العدسة الرقيقة. أولاً اختر قيمًا لـ d_o و f وحلّ المعادلة بالنسبة لـ d_i على السبورة. واطلب إلى الطلاب أن يتوقعوا كيف يتغير d_i إذا تغيرت d_o أو f زيادةً أو نقصانًا. يجب أن يختبروا توقعاتهم، وذلك بحلّ المعادلة لقيم مختلفة. **2م منطقي-رياضي**

تجربة

تأثير تغطية العدسات

الهدف استقصاء أثر تغطية العدسة.

المواد والأدوات عدسة محدبة، وصلصال،

ومصباح صغير.

النتائج المتوقعة وضع طبقة رقيقة من

الصلصال على العدسة يؤثر في سطوع الصورة

فقط؛ أي تُصبح إضاءتها خافتة، إلا أنه تتكون

صورة كاملة.

التحليل والاستنتاج

5. أي أجزاء العدسة سيكوّن صورة كاملة؟

6. كلما غطيت العدسة أكثر كانت الصورة

أقل وضوحًا.

تجربة

تأثيرات تغطية العدسات



ما الذي يحدث عندما تغطي جزءًا من العدسة؟ هل يؤدي ذلك إلى تكون جزء من الصورة الحقيقية فقط بواسطة العدسة؟

1. ألصق طرف العدسة المحدبة بكرة من الصلصال، وضع العدسة فوق الطاولة. تحذير، للعدسات أطراف حادة، لذا تعامل معها بحذر.

2. ضع مصباحًا صغيرًا عند أحد طرفي الطاولة، وشاشة عند الطرف الآخر للحصول على صورة واضحة للمصباح الضوئي. تحذير، قد يسخن المصباح فيحرق يدك.

3. توقع ماذا يحدث للصورة إذا وضعت يدك على النصف العلوي للعدسة؟ هذا ما يُسمى التغطية.

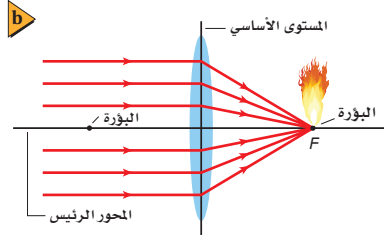
4. لاحظ تأثيرات التغطية لأكثر وأقل مساحة من العدسة.

التحليل والاستنتاج

5. ما الحجم الكلي من العدسة الذي يتطلبه الحصول على صورة كاملة؟

6. ما تأثير تغطية العدسة؟

الشكل 11-11 إذا وضع جسم على بُعد أكبر من ضعف البعد البؤري للعدسة تتكون صورة حقيقية مقلوبة ومصغرة بالنسبة للجسم. وإذا وضع الجسم في مكان الصورة أمكنك تعيين موقع الصورة الجديدة من خلال رسم الأشعة نفسها في الاتجاه المعاكس.



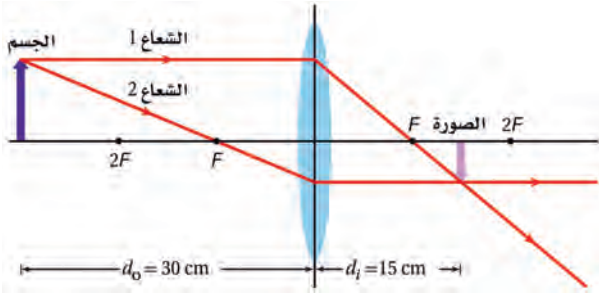
الشكل 10-11 يمكن استخدام عدسة مجمعة لحرق ورقة (a). يتجمّع الضوء الداخل بصورة موازية للمحور الرئيسي عند بؤرة العدسة، ولذا تتركز الطاقة الشمسية (b).

العدسات المحدبة والصور الحقيقية Convex Lenses and Real Images

يمكن إشعال ورقة أو ألياف خشبية - كما في الشكل 10-11a - بتكوين صورة للشمس عليها. تذكر من خلال دراستك السابقة أن أشعة الشمس تصل إلى الأرض بصورة متوازية تقريبًا. وتتجمّع الأشعة بعد انكسارها بواسطة العدسة عند البؤرة F للعدسة. والشكل 10-11b يبين نقطتين بؤريتين، واحدة في كل جانب من جوانب العدسة، وإذا دوّرت العدسة حول نفسها، فإنها ستعمل بالطريقة نفسها.

مخطط الأشعة وفقًا لمخطط الأشعة، الموضح في الشكل 11-11، ستحتاج إلى استخدام شعاعين فقط لتحديد موقع صورة نقطة على جسم؛ إذ يكون الشعاع 1 موازيًا للمحور الرئيس، وينكسر ماثرًا بالنقطة F في الجانب الآخر للعدسة. ويمر الشعاع 2 بالنقطة F في طريقه إلى العدسة، ويكون مساره بعد الانكسار موازيًا للمحور الرئيس، حيث يتقاطع الشعاعان عند نقطة ما بعد F، فيحددان موقع الصورة. وتتقاطع الأشعة المختارة من نقاط أخرى على الجسم عند نقاط مماثلة لتكوين الصورة على نحو كامل. لاحظ أن الصورة حقيقية ومقلوبة ومصغرة بالنسبة للجسم.

تستطيع استخدام الشكل 11-11 لتعيين موقع الصورة لجسم يكون قريبًا من العدسة أكثر من الجسم الذي في الشكل. فإذا عكس اتجاه الشعاع المنكسر فإنه سيتبع مساره الأصلي في



مشروع فيزياء

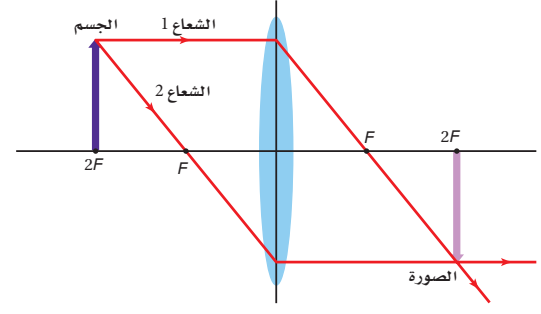
نشاط

الكاميرا ذات الثقب (المظلمة) يرجع تاريخ مبدأ عمل الكاميرا ذات الثقب إلى ما قبل زمن أرسطو، إلا أن أول تحسين ذي أهمية في عالم إنتاج الصور كان بعد إضافة العدسة المحدبة في القرن السادس عشر. وضح كيف تعمل الكاميرا ذات الثقب أو اعمل عرضًا في غرفة معتمة باستخدام ثقب صغير لتبين كيف تعمل الكاميرا ذات الثقب. ثم اطلب إلى الطلاب البحث في تاريخ التطبيقات العلمية والفنية الخاصة وإعداد تقرير أو عرض حول بحثهم. قد يختار الطلاب أن تكون أبحاثهم حول الأشخاص الذين قدّموا استخدامات مهمة لهذه الأدوات، مثل يوهانس كبلر وجان فيرمر، أو قد يركزون على تصاميم متنوعة، وكيف تطورت مع الزمن إلى الآن، والتطورات التي حدثت للكاميرا الفوتوغرافية. **م 2 لغوي**

التفكير الناقد

تغير موضع الجسم اطلب إلى الطلاب أن يصفوا كيف تتغير صورة جسم بعيد عن عدسة محدبة، عندما يتحرك مقترباً ببطء منها. عندما يكون الجسم بعيداً عن العدسة تكون صورته مقلوبة ومصغرة. وعندما يصل الجسم إلى بعد يساوي ضعف البعد البؤري يكون حجم الصورة مساوياً لحجم الجسم، كما أن الصورة تكبر كلما تحرك الجسم في اتجاه العدسة نحو بؤرتها. وعند نقطة البؤرة لا تتكون أية صورة. وعندما يقترب الجسم أكثر من العدسة ويصبح بعده عن العدسة أقل من البعد البؤري لا تتكون صورة حقيقية ولكن يتكون للجسم صورة خيالية معتدلة ومكبرة. ويمكن أن يرسم الطلاب مخططات للأشعة حتى تساعد على مشاهدة هذه العلاقات. **م 2**

■ الشكل 11-12 عندما يوضع جسم على بعد مساوٍ لضعف البعد البؤري عن العدسة فإن أبعاد الصورة تكون مساوية لأبعاد الجسم.



الاتجاه المعاكس، وهذا يعني أنه يمكن تبادل المواقع بين الجسم والصورة بتغيير اتجاه الأشعة. أما إذا وضع الجسم على بعد يساوي ضعف البعد البؤري من العدسة عند نقطة $2F$ ، كما في الشكل 11-12، فإن الصورة تتكون عند $2F$ ويكون للصورة والجسم البعدين نفسيهما بسبب التماثل. لذا تستطيع استنتاج أنه إذا كان بُعد الجسم عن العدسة أكبر من ضعف البعد البؤري للعدسة ستكون الصورة مصغرة. وإذا كان الجسم بين F و $2F$ ، ستكون الصورة مكبرة.

مثال 2

الصورة المتكونة بواسطة عدسة محدبة وضع جسم على بعد 32.0 cm من عدسة محدبة بعدها البؤري 8.0 cm.

- أين تتكون الصورة؟
- إذا كان طول الجسم 3.0 cm فما طول الصورة؟
- ما اتجاه الصورة؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- مثل الحالة، وعين موقع كل من الجسم والعدسة.
- ارسم الشعاعين الأساسيين.

المعلوم

المجهول

$$d_i = ? \quad h_i = ? \quad d_o = 32.0 \text{ cm}, \quad h_o = 3.0 \text{ cm}, \quad f = 8.0 \text{ cm}$$

2 إيجاد الكمية المجهولة

- استخدم معادلة العدسة الرقيقة لتحديد d_i

$$\text{عوض مستخدماً } d_o = 32.0 \text{ cm}, f = 8.0 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

$$d_i = \frac{fd_o}{d_o - f} = \frac{(8.0 \text{ cm})(32.0 \text{ cm})}{32.0 \text{ cm} - 8.0 \text{ cm}}$$

$$= 11 \text{ cm} \quad (11 \text{ cm بعيداً عن العدسة في الجانب المعاكس للجسم})$$

الفيزياء في الحياة

نشاط

عدسات تصحيح الرؤية قد يستخدم بعض الطلاب نظارات ذات عدسات مقعرة لتصحيح قصر النظر أو عدسات محدبة لتصحيح طول النظر. أحضر عدداً من النظارات القديمة ذات العدسات المحدبة والعدسات المقعرة. اطلب إلى الطلاب المقارنة بين ما يرونه بواسطة العدسات المحدبة والمقعرة، ثم رسم مخططات يربطون بوساطتها بين التغيرات التي يشاهدونها لنفس الجسم باستخدام عدسات بسماكات وأشكال مختلفة. آخذاً في الاعتبار عوامل أخرى غير الحجم، مثل أي تغيرات في سطوع الصورة. **م 2 بصري - مكاني**

مثال صفي

سؤال وضع قالب طوله 5.0 cm على بعد 25.0 cm من عدسة محدبة بعدها البؤري 14.0 cm. ما بُعد صورة القالب المتكونة؟ وما طولها؟ وما اتجاهها؟

الجواب

$$d_i = fd_o / (d_o - f) \\ = \frac{(14.0 \text{ cm})(25.0 \text{ cm})}{(25.0 \text{ cm} - 14.0 \text{ cm})} \\ = 31.8 \text{ cm}$$

تكون الصورة على بُعد 31.8 cm أمام العدسة

$$h_i = -d_i h_o / d_o \\ = -\frac{(31.8 \text{ cm})(5.0 \text{ cm})}{(25.0 \text{ cm})} \\ = -6.4 \text{ cm}$$

تكون الصورة مقلوبة وطولها 6.4 cm.

المناقشة

سؤال لماذا يجب وضع الشرائح في جهاز عرض الشرائح مقلوبة؟

الإجابة يستخدم جهاز عرض الشرائح عدسة محدبة. وتوضع الشرائح بين f و $2f$ للعدسة. وتكون الصورة مقلوبة بالنسبة لوضع الشريحة ومكبرة. **2م**

b. استخدم معادلة التكبير وحل لإيجاد طول الصورة.

دليل الرياضيات

إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنونة 188

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o} \\ h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o} \\ = \frac{-(11 \text{ cm})(3.0 \text{ cm})}{32.0 \text{ cm}} \\ = -1.0 \text{ cm} \quad (\text{طول الصورة } 1.0 \text{ cm})$$

عوض مستخدماً $d_i = 11 \text{ cm}$, $h_o = 3.0 \text{ cm}$, $d_o = 32.0 \text{ cm}$

c. إن الإشارة السالبة في الفرع b تعني أن الصورة مقلوبة.

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ الأبعاد كلها بالسنتيمتر cm.
- هل تعني الوحدات أي شيء؟ بُعد الصورة موجب (صورة حقيقية)، أمّا طولها فسالِب؛ أيّ مقلوبة بالنسبة للجسم، مما يدل على أن العدسة محدبة.

مسائل تدريبية

13. تكوّن جسم موجود بالقرب من عدسة محدبة صورة حقيقية مقلوبة طولها 1.8 cm على بُعد 10.4 cm منها. فإذا كان البعد البؤري للعدسة 6.8 cm فما بُعد الجسم؟ وما طولها؟
14. وضع جسم عن يسار عدسة محدبة بعدها البؤري 25 mm، فتكوّنت له صورة حجمها يساوي حجم الجسم. ما بُعد كل من الجسم والصورة؟

العدسات المحدبة والصور الخيالية Convex Lenses and Virtual Images

عندما يوضع جسم في بؤرة عدسة محدبة فإن الأشعة ستتكسر في حزمة متوازية ولا تتكوّن صورة له. وعندما يقترب الجسم من المستوى الأساسي للعدسة تنحرف الأشعة وتتشتت في اتجاه الجانب المعاكس للعدسة، وتظهر هذه الأشعة للمشاهد كأنها قادمة من بقعة في جانب العدسة نفسه الذي فيه الجسم، وتكون الصورة خيالية، ومعتدلة ومكبرة.

يبين الشكل 11-13 كيف تكوّن العدسة المحدبة صورة خيالية. فعندما يكون الجسم بين F والعدسة يصل الشعاع 1 إلى العدسة موازياً المحور الرئيس، وينكسر مائلاً بالبؤرة F . أما الشعاع 2 فينتقل من قمة الجسم، وفي اتجاه مماثل إلى الاتجاه الذي يسلكه إذا بدأ من F في جانب العدسة الذي يوجد فيه الجسم. ويبيّن الخط المتقطع من F إلى الجسم كيف ترسم الشعاع 2، حيث يخرج الشعاع 2 من العدسة موازياً للمحور الرئيس. ويتباعد

مهن في الحياة اليومية

معلومة للمعلم

فاحص النظر الطالب الذي يهتم بالفيزياء البصرية والذي يستمتع بالعمل مع الناس، قد يكون مهتماً بمهنة فاحص النظر. ففاحص النظر شخص يمتلك مهارات تتعلق بتشخيص عيوب النظر، ويعمل على معالجة وتصويب بعض هذه العيوب. ويكون فاحص النظر عموماً حاصلاً على الثانوية العامة، ثم يدرس بعدها في معهد أو مؤسسة متخصصة لفحص النظر. الطالب الذي يرغب أن يصبح فاحص نظر يجب أن يكون تخصصه علمياً، ويكون قد درس مواد الكيمياء والفيزياء والأحياء.

مسائل تدريبية

13. بُعد الجسم: $2 \times 10^1 \text{ cm}$
طول الجسم: 3.4 mm

14. $d_i = 5 \times 10^1 \text{ mm}$, $d_o = 5 \times 10^1 \text{ mm}$

تجربة إضافية

عدسات الماء

الهدف يلاحظ الطلاب تقارب الضوء وتباعده بسبب سطح الماء المقوس.

المواد والأدوات أنبوب اختبار كبير، وبرغي صغير.

الخطوات

تحذير: ينبغي استخدام النظارات الواقية.

1. ضع البرغي أو أي جسم آخر صغير وثقيل في أنبوب الاختبار برفق، وانظر من خلال فوهة الأنبوب لتشاهد حجم البرغي.

2. اسكب الماء ببطء داخل أنبوب الاختبار إلى أن تملأ ثلاثة أرباعه، ولاحظ سطح الماء المقوس والحجم الظاهري للبرغي كما تراه.

3. أضف مزيداً من الماء ببطء داخل الأنبوب حتى يصل الماء إلى الحافة، ثم شاهد الحجم الظاهري للبرغي. يقل حجم صورة البرغي عندما نملأ الأنبوب إلى ثلاثة أرباعه. بينما يكبر حجم الصورة عندما نملأ الأنبوب إلى حافته.

التقويم لماذا يتغير حجم صورة البرغي؟ ارسم مخططاً يدعم إجابتك. يجب أن يوضح الرسم التخطيطي أن الماء يكون له سطح مقعر عندما يكون الأنبوب مملوءاً إلى ثلاثة أرباعه، و سطح محدب عندما يكون الأنبوب مملوءاً تماماً. ويعمل السطح المقعر عمل عدسة مقعرة؛ حيث يكون صورة مصغرة، أما السطح المحدب فيعمل عمل عدسة محدبة ويكون صورة مكبرة.

مسائل تدريبية

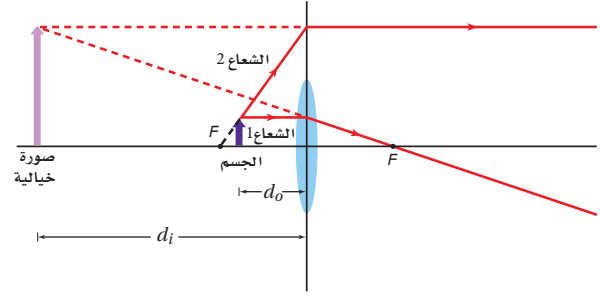
15. -8.6 cm

16. موقع الصورة: -4.7 cm

قطر الصورة: 2.8 cm

17. 4.7 cm

الشكل 11-13 يبين مخطط الأشعة، أن العدسة المحدبة تكوّن صورة خيالية معتدلة ومكبرة مقارنة بالجسم عندما يكون الجسم بين العدسة والبؤرة. ولأن الأشعة الرئيسية جزء من نموذج يساعد على تعيين موقع الصورة فإنهما يجب ألا يمرّا خلال صورة العدسة في مخطط الأشعة. وتكون الصورة في الواقع فقط بواسطة الضوء الذي يمرّ خلال العدسة.



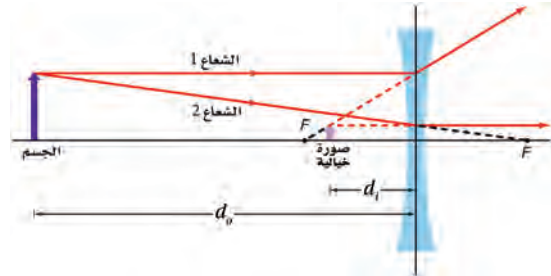
الشعاعان 1 و 2 عندما يخرجان من العدسة. لذا لا يمكن تكوين صورة حقيقية. إن رسم الامتداد الخلفي للشعاعين المنكسرين لتعيين مكان تقاطعها الظاهري يحدّد موضع الصورة الخيالية، ويكون موضعها في جانب العدسة نفسه الذي يوجد فيه الجسم، وتكون الصورة معتدلة ومكبرة. لاحظ أن الصورة الحقيقية تتكوّن بفعل الضوء الذي يمرّ خلال العدسة، ولكن بإمكانك تحديد الصورة الخيالية بواسطة رسم امتدادات الأشعة التي لا تمرّ فعلاً من خلال العدسة.

مسائل تدريبية

15. إذا وضعت صحيفة على بُعد 6.0 cm من عدسة محدبة بعدها البؤري 20.0 cm فأوجد بُعد الصورة المتكوّنة لها.
16. إذا وضعت عملة معدنية قطرها 2.0 cm على بُعد 3.4 cm من عدسة مكبرة بعدها البؤري 12.0 cm فحدّد موقع صورة العملة المعدنية، وقطر الصورة.
17. يريد أحد هواة جمع الطوابع تكبير طابع بمقدار 4.0 مرات عندما يكون الطابع على بُعد 3.5 cm من العدسة. ما البعد البؤري للعدسة اللازمة؟

العدسات المقعرة Concave Lenses

تفرّق العدسة المقعرة الأشعة كلّها. والشكل 11-14 يبين كيف تكوّن مثل هذه العدسة صورة خيالية، حيث يصل الشعاع 1 إلى العدسة موازياً المحور الرئيس. ويخرج من العدسة



الشكل 11-14 تكوّن العدسات المقعرة صوراً خيالية ومعتدلة ومصغرة فقط مقارنة بالأجسام.

طرائق تدريس متنوعة

نشاط

إعاقة بصرية عند إجراء التجربة الإضافية، قد لا يستطيع بعض الطلاب رؤية تقوّس سطح الماء، لذا زود الطلاب بنموذج من الصلصال موضوع في كوب بلاستيكي، وشكّل سطح الصلصال ليصبح على شكل عدسة مقعرة. ثم اطلب إلى الطلاب تحسّس التقوّس، وبين لهم أن الماء الملتصق بجوانب أنبوب الاختبار يسبب هذا النمط للسطح المقوس المقعر. بعد ذلك أضف صلصالاً أكثر إلى الكأس لتشكّل سطحاً محدباً فوق الحافة. ثم اطلب إلى الطلاب تحسّس التقوّس مرة أخرى، وبين لهم أن التوتر السطحي للماء يسبب هذا النمط للسطح المقوس المحدب. **1م حركي**

تعزير الفهم

كتابة المسائل تحقق أن الطلاب يدركون كيف تعمل العدسات على تجميع الضوء وتفريقه؛ وذلك بأن تطلب إليهم كتابة مسائل مشابهة لتلك الموجودة في المسائل التدريبية، واطلب إليهم العمل ضمن مجموعات ثنائية لكتابة المسائل ليتمكنوا من مناقشة المفاهيم. **2م**

استخدام النماذج

العدسات استخدم منشورين متساويي الأضلاع لعمل نموذج لعدسة محدبة وعدسة مقعرة. وضح للطلاب كيف نجعل المنشورين يعملان كعدسة محدبة من خلال تلامس قاعدتيهما. ضع قطعة بيضاء من الورق المقوى على بُعد 10 cm من الجانب الآخر للمنشورين. اطلب إلى أحد الطلاب توجيه ضوء مؤشر الليزر خلال المنشورين مبتدئًا بالجانب الضيق لأحد المنشورين، مرورًا بالجزء العريض لهما، وانتهاءً بالجانب الضيق للمنشور الآخر. سيُشاهد الطلاب كيف عمل هذان المنشوران على كسر الضوء للداخل كما يحدث في العدسة المحدبة. وضح لهم كيف نجعل المنشورين يعملان كعدسة مقعرة من خلال تلامس رأسيهما. ثم اطلب إلى أحدهما تحريك ضوء مؤشر الليزر من أحد نهايتي المنشورين حتى يصل إلى النهاية الأخرى، سيُشاهد الطلاب كيف ينحرف الضوء إلى الخارج كما يحدث في العدسة المقعرة. **2م حركي**

على شكل شعاع يمرّ امتداده في البؤرة. أما الشعاع 2 فيُصل إلى العدسة كما لو كان سيمر خلال البؤرة في الجانب المعاكس، ويتباعد عن العدسة موازيًا المحور الرئيس. وتتقاطع الامتدادات الخلفية للشعاعين 1 و 2 في الجانب نفسه من العدسة الذي يوجد فيه الجسم. ولأن الأشعة تخرج من العدسة متباعدة، فإنها تكون صورة خيالية. ويكون موضع الصورة عند النقطة التي يظهر عندها أن الأشعة تخرج من العدسة متباعدة منها. وتكون الصورة أيضًا معتدلة وأصغر من الجسم (مصغرة). وهذا صحيح بغض النظر عن بُعد الجسم عن العدسة، كما يكون البعد البؤري للعدسة المقعرة سالبًا.

يجب أن تتذكر عند استخدام معادلة العدسة الرقيقة حل مسائل على العدسات المقعرة أن نظام الإشارات للبعد البؤري يختلف عنه للعدسة المحدبة. فإذا كان البعد البؤري للعدسة المقعرة 24 cm فإن عليك أن تستخدم القيمة $f = -24$ cm في معادلة العدسة الرقيقة. وتكون الصور المتكوّنة بالعدسة المقعرة جميعها خيالية، لذا فإذا كان بُعد الصورة 20 cm عن العدسة فإن عليك أن تستخدم القيمة $d_i = -20$ cm. أما بُعد الجسم فيكون موجبًا دائمًا.

عيوب العدسات الكروية Defects of Spherical Lenses

درست خلال هذا الفصل العدسات التي تكون صورة كاملة عند مواضع محدّدة. وفي الواقع، فإن للعدسات الكروية عيوبًا جوهرية - مثل المرايا الكروية - ينجم عنها مشكلات في وضوح الصورة وألوانها. حيث تواجه العدسات الكروية تشبّثًا (زوغانًا) متعلقًا بتصميمها الكروي، مثل المرايا تمامًا. وإضافة إلى ذلك، فإن تشتت الضوء خلال العدسة الكروية يسبب زوغانًا لا تسببه المرايا.

الزوغان الكروي يقترح النموذج الذي استخدمته لرسم الأشعة خلال العدسات الكروية أن الأشعة التي تسقط متوازية تتجمع في الموضع نفسه، وهذا مجرد تقريب. وفي الحقيقة، تتجمع الأشعة المتوازية التي تمر خلال أطراف العدسة الكروية في مواضع مختلفة عن المواضع التي تتجمع فيها الأشعة المتوازية والقريبة من المحور الرئيس. ويُسمى عدم قدرة العدسة الكروية على تجميع الأشعة المتوازية جميعها في نقطة واحدة الزوغان الكروي، وسببه اتساع سطح العدسة. ويعالج الزوغان الكروي بمراعاة أن تكون الأشعة الضوئية التي تسقط على العدسة قريبة من المحور الرئيس، وتستخدم العديد من العدسات في الأدوات العالية الدقة، حيث تستخدم غالبًا خمس عدسات أو أكثر لتكوين صور واضحة ودقيقة.

الزوغان اللوني هناك عيب آخر في العدسات لا يوجد في المرايا. فالعدسة مثل المنشور، تنكسر فيها الأطوال الموجية المختلفة للضوء بزوايا مختلفة، كما يبين الشكل 15a-11. ولذلك يتجمع الضوء أو يتفرق عند مروره خلال العدسة المحدبة أو المقعرة على الترتيب، وخصوصًا بالقرب من الأطراف، ويظهر الجسم عند النظر إليه من خلال العدسة محاطًا

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

الزوغان الكروي تعتمد قيمة الزوغان الكروي في العدسة على شكل كل من جانبي العدسة. وللعدسة التي تكون على شكل هلال (أحد جوانبها محدب والآخر مقعر) أكبر زوغان كروي. بينما للعدسة التي لها وجهان محدبان أقل زوغان كروي. وعلى أي حال، فإن الزوغان الكروي ينتج لأن الأشعة تتجمع ضمن مدى من النقاط بدلاً من نقطة واحد. حيث تتجمع الأشعة التي تخترق مركز العدسة في نقطة واحدة، بينما تتجمع الأشعة التي تمر من طرف العدسة في نقطة أخرى. وسيظهر الرسم التخطيطي كيف تكون الأشعة بين هاتين النقطتين دائرة تسمى "دائرة أقل تشويه" حيث يبدأ الضوء خارج هذه الدائرة في التباعد.

3. التقويم

إعادة التدريس

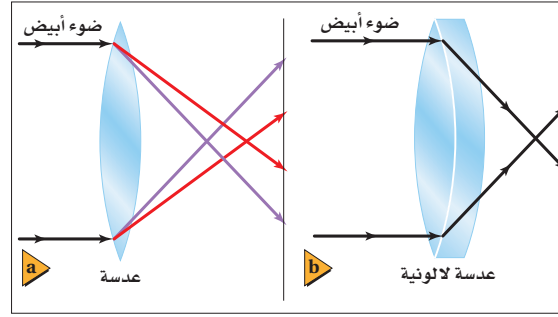
تميز العدسات اطلب إلى كل طالب النظر من خلال عدسة محدبة، ثم من خلال عدسة مقعرة. واسمح لهم بتحريك العدسات ولكن لا تبين لهم نوع كل عدسة، ولا تسمح لهم بأن ينظروا إلى العدسة من جوانبها. ثم اطلب إليهم أن يميزوا نوع العدسة وأن يبينوا ما إذا كانت العدسة تعمل على تجميع الضوء أو تفريقه. **1م بصري - مكاني**

التوسع

قوة العدسة يستخدم فاحصو النظر مقلوب البعد البؤري (بالمتر). $P = \frac{1}{f}$ ، ليصفوا قوة العدسة والتي تعرف على أنها عدد الديوبترات للعدسة. اطلب إلى الطلاب استعمال معادلة العدسة الرقيقة ليستنتجوا أن بُعد الصورة عن العدسة يمكن أن يحسب باستعمال قوة العدسة حسب المعادلة $d_i = \frac{d_o}{(Pd_o - 1)}$ ثم اطلب إليهم حساب قوة عدسة بعدها البؤري 2.0 m ، وقوة عدسة أخرى بعدها البؤري -0.5 m. **للعدسة**

التي بعدها البؤري 2.0 m تكون

ديوبتر $P = \frac{1}{f} = 0.5$ و للعدسة التي بعدها البؤري -0.5 m فإن ديوبتر $P = \frac{1}{f} = -2.0$ **3م**

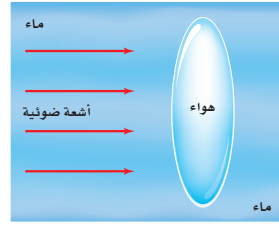


الشكل 11-15 للعدسات البسيطة جميعها زوغان لوني، حيث يتركز الضوء ذو الأطوال الموجية المختلفة في نقاط مختلفة (a). العدسة اللا لونية نظام من العدسات يؤدي إلى تقليل العيب اللوني (b).

بالألوان. ويُسمى هذا التأثير الزوغان اللوني. ويحدث الزوغان اللوني دائماً عندما تستخدم عدسة مفردة. ويمكن تخفيض أثر هذا العيب كثيراً باستخدام العدسات اللا لونية؛ وهي نظام مكون من عدستين أو أكثر، كعدسة محدبة مع عدسة مقعرة، لهما معامل انكسار مختلفين. ويبين الشكل 11-15b مثل هذا التركيب للعدسات. فكلتا العدستين في الشكل تشبعت الضوء، ولكن التشبعت الذي تُسببه العدسة المحدبة يلغيه تقريباً التشبعت الذي تُسببه العدسة المقعرة. ويُختار معامل انكسار العدسة المحدبة على أن يؤدي النظام المكون من العدسات إلى تجميع الضوء.

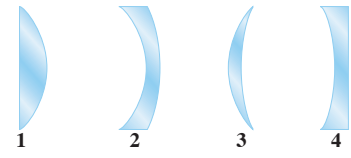
11-2 مراجعة

21. **الزوغان اللوني** للعدسات البسيطة كلها زوغان لوني. فسر ذلك. لماذا لا ترى هذا الأثر عندما تنظر خلال الميكروسكوب (المجهر)؟
22. **الزوغان اللوني** إذا سمحت لضوء أبيض بالمرور من خلال عدسة محدبة إلى شاشة، وضبطت المسافة بين الشاشة والعدسة لتجمع اللون الأحمر، ففي أي اتجاه يجب أن تحرك الشاشة لتجمع الضوء الأزرق؟
23. **التفكير الناقد** تتكون عدسة هوائية، موضوعة في خزان ماء من زجاجتي ساعة. انقل الشكل 11-17 إلى دفترتك، وارسم تأثير هذه العدسة في أشعة الضوء المتوازية الساقطة عليها.



الشكل 11-17

18. **التكبير** تُستخدم العدسات المكبرة عادة لتكوين صور أكبر من الأجسام، ولكنها أيضاً يمكن أن تكون صوراً أصغر من الأجسام. وضح ذلك.
19. **بُعد الصورة وطولها** وضع جسم طوله 3.0 cm على بُعد 2.0 cm من عدسة محدبة بعدها البؤري 6.0 cm. ارسم مخطط الأشعة لتحديد موقع الصورة وطولها، واستخدم معادلة العدسة الرقيقة ومعادلة التكبير للتحقق من إجابتك.
20. **أنواع العدسات** يبين الشكل 11-16 المقطع العرضي لأربع عدسات رقيقة. أي هذه العدسات:
 - a. محدبة؟
 - b. مقعرة؟



الشكل 11-16

11-2 مراجعة

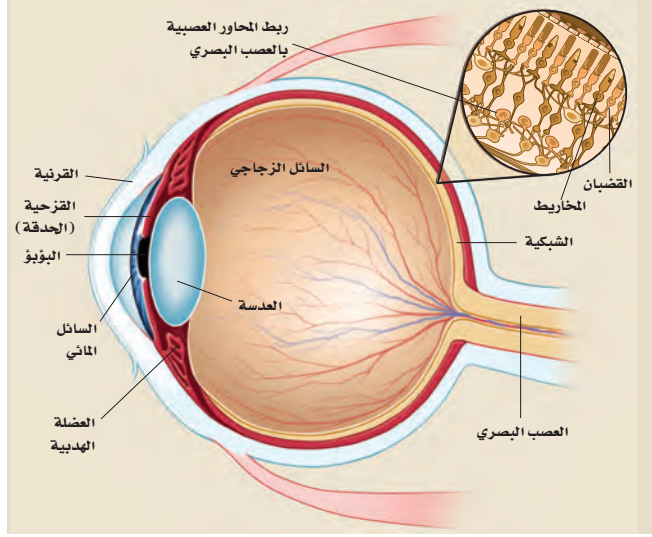
18. إذا كان موقع الجسم على بُعد أكبر من ضعف البعد البؤري من العدسة، يكون حجم الصورة أصغر من حجم الجسم.
19. انظر إلى دليل حلول المسائل.
20. a. العدستان 1 و 3
b. العدستان 2 و 4
21. تستخدم الأدوات البصرية الدقيقة جميعها مجموعة من العدسات تسمى العدسات اللا لونية لتقليل الزوغان اللوني.
22. أقرب إلى العدسة
23. انظر إلى دليل حلول المسائل. ستتباعد أشعة الضوء.
18. إذا كان موقع الجسم على بُعد أكبر من ضعف البعد البؤري من العدسة، يكون حجم الصورة أصغر من حجم الجسم.
19. انظر إلى دليل حلول المسائل.
20. a. العدستان 1 و 3
b. العدستان 2 و 4

إن الخصائص التي تعلّمناها حول انكسار الضوء خلال العدسات تستخدم في أغلب الآلات البصرية. وتستخدم في حالات عديدة مجموعة من العدسات والمرابا لتكوين صورة واضحة لأجسام صغيرة أو بعيدة. إذ يحتوي كل من المنظار الفلكي (التلسكوب)، والمنظار، وآلة التصوير، والمجهر (الميكروسكوب)، وحتى العين - على عدسات.

العدسات في العينين Lenses in Eyes

العين البشرية أداة بصرية جديرة بالملاحظة، مملوءة بسائل. وهي على هيئة وعاء كروي تقريباً كما بين الشكل 11-18. وينتقل الضوء المنبعث أو المنعكس عن الجسم إلى داخل العين خلال القرنية، ثم يمر الضوء بعدها خلال العدسة ويتجمع على الشبكية الموجودة في مؤخرة العين. وتمتص خلايا متخصصة في الشبكية الضوء وترسل المعلومات المتعلقة بالصورة بواسطة العصب البصري إلى الدماغ.

تكوّن الصور قد تعتقد - بسبب التسمية - أن عدسة العين هي المسؤولة عن تجميع الضوء على الشبكية. ولكن في الحقيقة، يتجمع الضوء الداخل إلى العين أساساً بواسطة القرنية؛ لأن الفرق بين معاملي انكسار الهواء ومادة القرنية كبير نسبياً. أما العدسة فهي المسؤولة عن التجميع الدقيق الذي يسمح لك برؤية الأجسام البعيدة والقريبة بوضوح تام. وتستطيع العضلات المحيطة بالعين من خلال عملية تسمى التكيف أن تجعل العدسة تنقبض أو تنبسط، مما يغيّر من شكلها، فيؤدي بدوره إلى تغيير البعد البؤري لعدسة العين. فعندما ترتخي العضلات تتركز صورة الجسم البعيد على الشبكية. وعندما تنقبض العضلات يقل البعد البؤري للعدسة، مما يسمح لصور الأجسام القريبة بالتجمع على الشبكية.



الأهداف

- تصف كيف تُجمّع العين الضوء لتكوّن الصور.
- توضّح المقصود بكل من: قصر النظر وطول النظر، وكيف تُصحّح عدسات النظارات هذه العيوب.
- تصف الأنظمة البصرية في بعض الأدوات البصرية الشائعة.

المفردات

- قصر النظر
- طول النظر



الشكل 11-18 العين البشرية معقدة، وتتكوّن من أجزاء متعددة.

11-3 تطبيقات العدسات

1. التركيز

نشاط

التركيز بالعيون اطلب إلى الطلاب حمل قلم رصاص على بعد 10 cm أمام أعينهم، وأن يركزوا عليه، ثم النظر ببطء إلى نقطة تبعد مترًا على الأقل. إذا كرروا ذلك، فسيلاحظون أنّ أعينهم أصبحت متعبة جدًا. وضح لهم أنّ العضلات الموجودة في أعينهم تساعدهم على التركيز على مسافات مختلفة. **1م حركي**

الربط مع المعرفة السابقة

استخدام العدسات دَرَس الطلاب كيف ينكسر الضوء عندما يمرّ خلال العدسات المحدبة والمقعرة. وسيتعرفون استخدام العدسات في الحياة اليومية.

2. التدريس

استخدام النماذج

كيف تُجمّع العين البشرية الضوء اصنع نموذجًا للعين البشرية باستعمال دورق زجاجي كبير وكروي مملوء بالماء وصبغة تجعل شعاع الضوء مرئيًا، وجهاز عرض الشرائح، وورقة بيضاء، وعدسات عيون (مثل عدسة عادية، وعدسة تسبب طول نظر، وعدسة تصحيح طول النظر، وعدسة تسبب قصر النظر، وعدسة تصحيح قصر النظر). ضع جهاز عرض الشرائح على بعد 70 cm تقريبًا من الدورق وشغله. ثم ضع عدسة النظر الطبيعي أمام الدورق في مسار الضوء. اضبط جهاز عرض الشرائح إلى أن تتقاطع الأشعة الضوئية على شكل مخروط عند نهاية الدورق، ثم ضع الورقة البيضاء خلف الدورق. استعمل العدسة التي تسبب طول النظر واطلب إلى الطلاب مشاهدة مخروط الضوء يتجمع خلف الدورق. يجب أن يبيّن وضع عدسة تصحيح طول النظر أمام عدسة طول النظر كيف تعمل العدسة على إعادة تجميع مخروط الضوء على مؤخرة الدورق. كرّر العرض باستخدام عدسات قصر النظر وعدسات تصحيح قصر النظر. وصف كيف تُجمّع العين الضوء ثم وضح الأسباب التي تؤدي إلى قصر النظر وطول النظر. **2م بصري-مكاني**

11-3 إدارة المصادر

اختبار قصير 3-11، ص 145	الملف الخاص بمصادر الفصول 7-12
شفافية التدريس 4-11 ص 155	تقويم الفصل 11، ص 157
ربط الرياضيات مع الفيزياء	ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 133

■ استخدام الشكل 11-19

وضّح للطلاب أنّ الشكّلين 11-19a و 11-19c قد رُسمَا بأشعة متوازية قادمة من جسم بعيد، وأنّ الشكّلين 11-19b و 11-19d قد رُسمَا بأشعة قادمة من جسم قريب. اسأل الطلاب لماذا رسمت هذه الرسوم بهذه الطريقة؟ لا تستطيع العين المصابة بقصر النظر رؤية الأجسام البعيدة بوضوح، وكذلك لا تستطيع العين المصابة بطول النظر رؤية الأجسام القريبة بوضوح.

تطبيق الفيزياء

وضّح للطلاب أنّ هناك اختلافات صغيرة في السمك بالقرب من مركز العدسات اللاصقة تحدد ما إذا كانت العدسة مفرقة أو مجمعة للضوء. اطلب إليهم رسم مخطط للعين يبين الأشعة التي تمر عبر العدسة اللاصقة، يجب أن يلاحظوا أنّ سمك مركز العدسة يحدد كيفية انكسار الضوء. **2م بصري - مكاني**

مسألة تحفيز

- $$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2} \right)$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{(1.0)(\sin 30.0^\circ)}{1.4} \right)$$

$$\theta_2 = 21^\circ$$
- $$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2} \right)$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{(1.3)(\sin 30.0^\circ)}{1.4} \right)$$

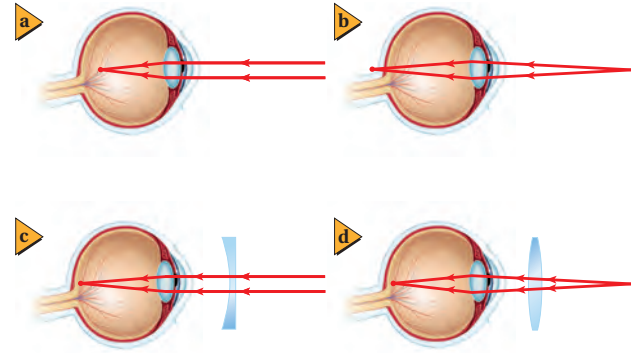
$$\theta_2 = 28^\circ$$
- تكون زاوية الانكسار في الهواء أكبر؛ لأنّ الشعاع الضوئي سقط من وسط معامل انكساره كبير (الماء) إلى وسط معامل انكساره أقل (الهواء)، فتبدو الأجسام التي في الماء أقرب للناظر من الهواء.
- $$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\theta_1 = \sin^{-1} \left(\frac{n_2 \sin \theta_2}{n_1} \right)$$

$$= \sin^{-1} \left(\frac{(1.4)(\sin 21^\circ)}{1.33} \right)$$

$$= 22^\circ$$

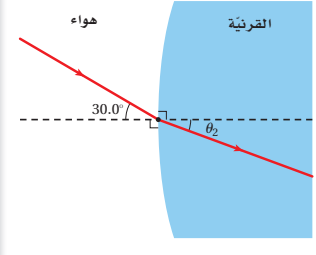
■ الشكل 11-19 لا يستطيع شخص مصاب بقصر النظر رؤية الأجسام البعيدة بوضوح؛ لأنّ الصور تتركز أمام الشبكية (a). وتصحح العدسة المقعرة هذا العيب (c). ولا يستطيع شخص مصاب بطول النظر رؤية الأجسام القريبة بوضوح؛ لأنّ الصور تتركز خلف الشبكية (b). وتصحح العدسة المحدبة هذا العيب (d).



قصر النظر وطول النظر لا تُكوّن عيون بعض الناس صورًا واضحة على الشبكية؛ إذ تتكوّن الصور إما أمام الشبكية وإما خلفها. فتصبح هناك حاجة إلى العدسات الخارجية على هيئة نظارات أو عدسات لاصقة؛ لضبط الصور لتقع على الشبكية. وبين الشكل 11-19a حالة قصر النظر؛ حيث يكون البعد البؤري للعين أقل من البعد البؤري للعين السليمة، مما لا يمكنها من تجميع الضوء على الشبكية، فتتكون الصور أمام الشبكية. وتستخدم عدسات مقعرة لتصحيح ذلك بتفريق الضوء كما يبين الشكل 11-19c، لذا يؤدي ذلك إلى زيادة بعد الصور عن العدسة، وتكون الصور على الشبكية.

ويبين الشكل 11-19b حالة طول النظر، حيث يكون البعد البؤري للعين أكبر من البعد البؤري للعين السليمة، فتتشكل الصور خلف الشبكية، وتحدث حالة مماثلة أيضًا للأشخاص فوق عمر 45 عامًا، حيث تزداد صلابة عدسات العينين، ولا تستطيع العضلات تقصير البعد البؤري إلى الحد الذي يكفي لتكوين صور الأجسام القريبة على الشبكية. وتستخدم عدسات محدبة لتصحيح هذا العيب؛ إذ تُكوّن صورًا خيالية أبعد عن العين من أجسامها، كما يبين الشكل 11-19d، فتصبح الصور عندئذ هي الأجسام بالنسبة لعدسة العين، ومن ثم تتكوّن على الشبكية.

● مسألة تحفيز



عندما يدخل الضوء إلى العين فإنه يواجه الحد الفاصل بين الهواء والقرنية. فإذا دخل شعاع ضوء الحد الفاصل بين الهواء والقرنية لعين شخص بزاوية 30° بالنسبة للعمود المقام، وكان معامل انكسار القرنية 1.4 تقريبًا، أجب عن الأسئلة التالية:

1. استخدم قانون سنل لحساب زاوية الانكسار.
2. ما مقدار زاوية الانكسار إذا كان الشخص يسبح أسفل الماء؟
3. أيها أكبر: الانكسار في الهواء أم في الماء؟ وهل يعني هذا أن الأجسام التي تحت الماء تبدو أقرب أم أبعد مما لو كانت في الهواء؟
4. لو أردت أن تكون زاوية الانكسار لشعاع الضوء في الماء مساوية لها كما في الهواء فكم يجب أن تكون زاوية السقوط الجديدة؟

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

تصحيح قصر النظر للأطباء طرائق متعددة لتصحيح قصر النظر دون استخدام عدسات التصحيح. ولأنّ معظم حالات قصر النظر تنتج عن زيادة في تحدب عدسة العين عن الحد الطبيعي إلى الخارج كثيرًا، تصمم هذه الطرائق لبسط القرنية وجعلها مسطحة. ففي إحدى عمليات تصحيح قصر النظر يقوم الجراح بعمل شقوق صغيرة في القرنية على نمط أسلاك دعامة دولا ب الدراجة الهوائية. وفي تقنية أخرى تزال الطبقة العلوية من القرنية، وكذلك الشريحة الرقيقة الموجودة تحتها، ثم تعاد الطبقة العلوية وتُحاط. وأخيرًا تستخدم تقنية الليزر العالي القدرة لتبخير الخلايا الموجودة في مركز القرنية، وتنحت القرنية لتصحيح شكلها.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

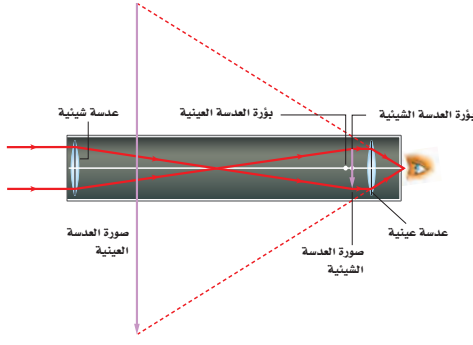
صور شديدة الوضوح من التلسكوب يعتقد الطلاب غالباً أن الفائدة العظمى من استخدام التلسكوب هي تكبير الصورة. وضح لهم أن الأجسام الموجودة في الفضاء بعيدة جداً، لذا تبدو لنا أنها صغيرة الحجم. والفائدة الرئيسة من استخدام التلسكوب، هي تكوين صور قريبة منا لتلك الأجسام إضافة إلى زيادة كمية الضوء المتجمّع من الجسم البعيد ومن ثمّ زيادة إضاءة الصورة لتصبح أكثر وضوحاً. اطلب إلى الطلاب أن يبينوا لماذا لا تكون التلسكوبات البسيطة والرخيصة التي تباع في المتاجر صوراً واضحة للأجسام البعيدة، على الرغم من أن تكبيرها كبير. قد يقترح الطلاب أن العدسات الشيئية صغيرة جداً بحيث لا تستطيع تجميع ضوء كافٍ لإنتاج صور واضحة، إضافة إلى أنه على الأرجح ينتج عن العدسات الرخيصة زوغان كروي. **2م**

تطوير المفهوم

اختلاف التلسكوبات قارن بين الخصائص البصرية لكل من تلسكوب كبلر وتلسكوب جاليليو. ففي تلسكوب كبلر يكون تجميع صورة الجسم بين العدستين وخلف مركز التكور للعدسة العينية، لذا تكون الصورة النهائية مقلوبة. أما في تلسكوب جاليليو فإن الصورة النهائية لا تكون مقلوبة لأن الأشعة الساقطة من أعلى الجسم وأسفله لا تلتقي في البؤرة، لذا تكون الصورة معتدلة. ولكن لتلسكوب كبلر ميزة ليست في تلسكوب جاليليو، وهي أن مجال العرض فيه أكبر، كما يمكن تصحيح انقلاب الصورة بسهولة.

تعزيز الفهم

نشاط مقارنة المفاهيم وزع الطلاب في مجموعات صغيرة، واطلب إليهم إجراء مقارنة بين التطبيقات المختلفة للعدسات التي وردت في هذا القسم. **1م متفاعل**



■ الشكل 20-11 يكوّن المنظار الفلكي الكاسر صورة خيالية ومقلوبة مقارنة بالجسم.

التلسكوب (المنظار الفلكي) الكاسر Refracting Telescopes

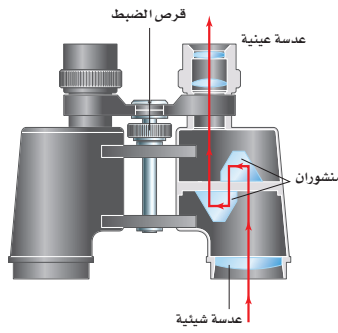
يستخدم المنظار الفلكي الكاسر العدسات لتقريب الأجسام البعيدة وتكبير صورها. وبين الشكل 20-11 النظام البصري للمنظار الكبلري؛ حيث يكون الضوء القادم من النجوم والأجسام الفلكية الأخرى عادة بعيداً جداً، لذا يمكن اعتبار الأشعة متوازية. وتدخل أشعة الضوء المتوازية العدسة الشيئية المحدبة، وتتجمّع بوصفها صورة حقيقية عند بؤرة العدسة الشيئية، وتكون الصورة مقلوبة بالنسبة للجسم. ثم تصبح هذه الصورة بمنزلة الجسم بالنسبة للعدسة العينية المحدبة. لاحظ أن العدسة العينية موضوعة بحيث تقع بؤرة العدسة الشيئية بين العدسة العينية وبؤرتها. وذلك يعني أنه تتكوّن صورة خيالية معتدلة وأكبر من الصورة الأولى عن طريق العدسة العينية. ولأن الصورة الأولى كانت مقلوبة فإن الصورة النهائية تبقى مقلوبة. وبعد انعكاس الصورة مقبولة لمشاهدة الأجسام الفلكية.

وتستخدم عدسات عينية محدبة لالونية في المنظار دائماً. وتعمل مجموعة العدسات هذه على إزالة الألوان المحيطة، أو التخلص من الزوغان اللوني المشكّل مع الصورة.

المنظار Binoculars

يكون المنظار -مثل المنظار الفلكي الكاسر- صوراً مكبرة للأجسام البعيدة. وبين الشكل 21-11 تصميمًا لمنظار نموذجي. ويشبه كل جانب من المنظار تلسكوباً صغيراً؛ حيث يدخل الضوء العدسة الشيئية المحدبة فتكون صورة مقلوبة، ثم ينتقل الضوء خلال منشورين يستخدمان ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي ليقبلا الصورة مرة أخرى، حيث يرى المشاهد صورة معتدلة للجسم. ويؤدي المنشوران كذلك إلى إطالة مسار انتقال الضوء وتوجيهه إلى العدسة العينية للمنظار. وكما تزداد المسافة الفاصلة بين عينيك بإحساس الأبعاد الثلاثية والعمق، فإن المنشوران يؤديان إلى زيادة المسافة الفاصلة بين العدستين الشيئيتين، مما يحسّن من الرؤية الثلاثية الأبعاد للجسم البعيد عن المنظار.

■ الشكل 21-11 المنظار عبارة عن تلسكوبين كاسرين متجاورين.



تحفيز

نشاط

أوائل التلسكوبات اخترع هانس ليبرشي في عام 1608 التلسكوب. وفي عام 1609 بنى جاليليو تلسكوباً معتمداً على عمل ليبرشي. ومن خلال التعديلات الدقيقة استطاع جاليليو الحصول على تكبير مقداره 30 مرة. حثّ الطلاب على عمل نموذج تلسكوب مثل ذاك الذي بناه جاليليو، وزوّدهم بعدسة محدبة وأخرى مقعرة، وأنبوبين، ومواد أخرى لتثبيت الأنبوب والعدسات. يستخدم منظار جاليليو أنبوباً طوله مساوٍ للفرق بين البعد البؤري للعدستين المركبتين في الداخل، يجب أن تكون العدسة المقعرة هي العدسة العينية والمحدبة هي العدسة الشيئية في النموذج الذي سيصنعونه. **3م حركي**

التفكير الناقد

العدسات الشيئية للمجهر تمتلك المجاهر النموذجية قطعة رأس دوّارة تحمل عدستين أو أكثر من العدسات الشيئية. اسأل الطلاب كم يتغير تكبير المجهر إذا استبدلت بالعدسة التي بعدها البؤري 16 mm عدسة بعدها البؤري 4 mm؟ **ستتجمع صورة الجسم عند مسافة أقرب أربع مرات. لذا، يزداد التكبير أربع مرات حيث يضرب التكبير في معامل مقداره 4. 2م**

3. التقويم

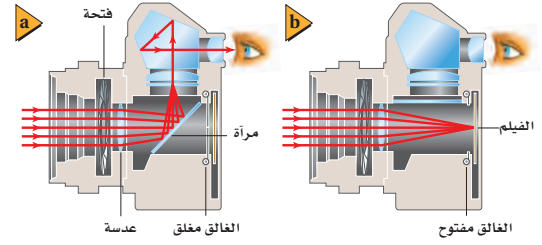
إعادة التدريس

عرض عدسات المجهر أحضر مجهرًا، واطلب إلى الطلاب دراسة النظام البصري فيه. ثم اطلب إليهم مشاهدة جسم صغير باستعمال عدسات شيئية مختلفة. وضح للطلاب أهمية الحاجب الحدقي والزيت الخاص بالعدسة الزيتية عندما يشاهدون أجسامًا بعدسة تكبيرها 100 مرة. **2م**

التوسع

نشاط تطبيقات العدسات اطلب إلى الطلاب البحث حول التطبيقات الأخرى للعدسات، مثل آلات التصوير الرقمية، وعدسات التكبير، والعدسات ذات الزاوية الواسعة، والمناظير، وجهاز عرض الشفافيات، كما يتعين عليهم أن يرسموا مخططًا أو يصفوا النظام البصري. **3م لغوي**

■ الشكل 11-22 يبين الشكل آلة التصوير العاكسة ذات العدسة المفردة، التي تعكس الصورة المتكونة بواسطة العدسة من خلال المنشور لمشاهدتها (a)، أو توجيهها في اتجاه الفيلم (b).

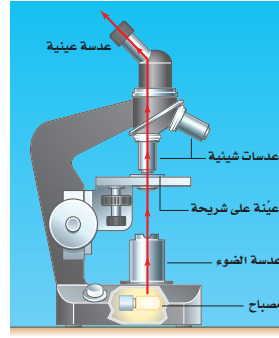


آلات التصوير Cameras

يبين الشكل 11-22a النظام البصري المستخدم في آلة التصوير العاكسة ذات العدسة المفردة. فعندما يدخل الضوء إلى آلة التصوير، فإنه يمر خلال عدسة لالونية. ويعمل نظام العدسة هذا على كسر الضوء، بطريقة تُشبه إلى حد كبير عمل عدسة محدبة مفردة، ويكون صورة مقلوبة على المرآة العاكسة. وتنعكس هذه الصورة إلى أعلى في اتجاه المنشور، والذي يؤدي بدوره إلى عكس الضوء وتوجيهه إلى عين المشاهد. وعندما يحمل الشخص آلة التصوير لا لتقاط صورة فإنه يضغط زر الغالق، الذي يرفع المرآة لفترة وجيزة، كما في الشكل 11-22b. وبدل أن يتجه الضوء إلى المنشور فإنه ينتقل في خط مستقيم ليكون صورة على الفيلم.

المجهر (الميكروسكوب) Microscopes

للمجهر عدستان محدبتان مثل المنظار الفلكي، إحداها شيئية والأخرى عينية. ويستخدم المجهر في مشاهدة الأجسام الصغيرة. ويبين الشكل 11-23 النظام البصري المستخدم في المجهر المركب، حيث يوضع الجسم في المنطقة ما بين بؤرة العدسة الشيئية ومركز تكورها، فتتكون صورة حقيقية مقلوبة ومكبرة. ثم تصبح هذه الصورة بمثابة جسم للعدسة العينية؛ إذ يكون هذا الجسم بين العدسة العينية وبؤرتها، فتتكون له صورة خيالية معتدلة ومكبرة مقارنة بالصورة التي كوّنتها العدسة الشيئية. لذا يرى المشاهد صورة مقلوبة مكبرة جدًا.



11-3 مراجعة

28. **البعد البؤري** افترض أنك ركزت آلة التصوير التي لديك على شخص يبعد 2 m، ثم أردت أن تُركّزها على شجرة أبعد من ذلك، فهل يتعين عليك أن تحرك العدسة قريبًا من الفيلم أم بعيدًا عنه؟
29. **التفكير الناقد** عندما تستخدم التكبير الأقصى في المجهر فإن الصورة تكون معتمة أكثر منها في حالة التكبير الأقل. ما الأسباب المحتملة لتكون الصورة المعتمة؟ وما الذي يمكن أن تفعله للحصول على صورة أوضح؟

24. **الانكسار** فسر لماذا تعدّ القرنية عنصر التجميع الرئيس للأشعة في العين؟
25. **أنواع العدسات** أي العدسات المحدبة أم المقعرة ينبغي أن يستخدمها الشخص المصاب بقصر النظر؟ وأيها ينبغي أن يستخدمها الشخص المصاب بطول النظر؟
26. **الصورة** لماذا تكون الصورة المُشاهدة في التلسكوب مقلوبة؟
27. **المنشور** ما المزايا الثلاث لاستخدام المنشورين في المنظار؟

11-3 مراجعة

28. **أقرب إلى الفيلم**؛ تكون الصور الحقيقية مقلوبة. وتحتفظ العدسة العينية بهذا الاتجاه عندما تستخدم الصورة كجسم لها.
27. **يعمل المنشورين على زيادة طول مسار الضوء لجعل المنظار مضغوطًا أكثر (أقصر)، وانقلاب أشعة الضوء بحيث يرى المشاهد صورة معتدلة، وزيادة المسافة الفاصلة بين العدستين الشيئيتين مما يحسّن من الرؤية ثلاثية الأبعاد للجسم.**
29. **لقد استخدمت عدسة شيئية لها تكبير عالٍ ومساحة صغيرة، أي أن كمية الضوء الساقطة من الجسم تكون قليلة، ويمكن استخدام مصباح أكثر سطوعًا.**

24. **إن الفرق بين معاملي انكسار الهواء والقرنية أكبر من أي فرق تواجهه أشعة الضوء عندما تنتقل نحو الشبكية.**
25. **يجب أن يستخدم الشخص المصاب بقصر النظر عدسة مقعرة، أما الشخص المصاب بطول النظر فيستخدم عدسة محدبة.**
26. **بعد أن يمرّ الضوء من خلال العدسة الشيئية، تتقاطع الأشعة مشكّلة صورة**

مختبر الفيزياء

مختبر الفيزياء

العدسات المحدبة والبعد البؤري Convex Lenses and Focal Length

تنص معادلة العدسة الرقيقة على أن مقلوب البعد البؤري يساوي مجموع مقلوب بُعد الصورة عن العدسة ومقلوب بُعد الجسم عن العدسة.

سؤال التجربة

كيف يرتبط بُعد الصورة عن العدسة الرقيقة المحدبة مع كلٍّ من بُعد الجسم والبعد البؤري؟

المواد والأدوات

مصباح كهربائي 25 W (أو شمعة)

قاعدة مصباح (أو قاعدة شمعة)

عدسة محدبة رقيقة

مسطرة مترية

حامل عدسات

بطاقة فهرسة (لوحة كروتون)

الخطوات

1. ضع مسطرة مترية على طاولة المختبر حتى تتزن على حافتها، وتظهر الأرقام معتدلة على أحد جانبيها.
2. ضع عدسة محدبة على حامل العدسة، وثبتها على المسطرة المترية بين التدرجين 10 cm و 40 cm. (ستتفاوت المسافات اعتماداً على البعد البؤري للعدسة المستخدمة).
3. أضئ المصباح، وضعه بجانب طرف المسطرة المترية، على أن يكون مركزه عند التدرج 0 cm للمسطرة المترية.
4. احمل بطاقة الفهرسة، بحيث تكون العدسة بين المصباح والبطاقة.
5. حرّك بطاقة الفهرسة إلى الأمام وإلى الخلف حتى تظهر صورة مقلوبة واضحة للمصباح بأطراف حادة قدر الإمكان.
6. سجّل بُعد المصباح عن العدسة d_o ، وبُعد الصورة عن العدسة d_i .

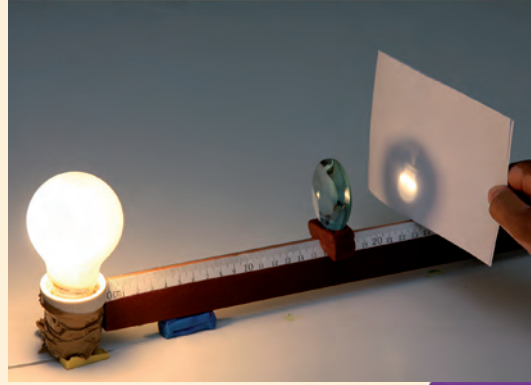
■ تنشئ الرسوم البيانية وتستخدمها لوصف العلاقة بين بُعد الصورة عن العدسة الرقيقة المحدبة وبُعد الجسم.

■ تستخدم النماذج لتبين عدم أهمية بُعد الصورة عندما يكون البعد البؤري ثابتاً.



احتياطات السلامة

- تأكد من أن المصباح مغطى قبل وصله بالكهرباء وبعد فصله.
- كن حذراً عند التعامل مع المصابيح؛ فهي ساخنة وقد تحرق الجلد.
- للعدسات أطراف حادة، لذا تعامل معها بحذر.



الزمن المقدّر حصّة مختبر واحدة .

المهارات العملية الملاحظة والاستنتاج، والتجربة،

والقياس، وجمع البيانات وتنظيمها.

احتياطات السلامة تأكد أن المصباح الكهربائي

مغلق قبل وصله بالتيار الكهربائي وبعد وصله.

إذا استعملت شمعة فذكر الطلاب أن يبقوا

حذرين من اللهب.

المواد البديلة قد تستخدم شمعة بدلاً من

المصباح.

استراتيجيات التدريس

ستكون العدسة صورة حقيقية، أو صورة خيالية، أو

لن تكون صوراً، وذلك اعتماداً على بعدها البؤري.

ولتنفيذ الخطوتين 2 و 7 يجب أن تزود الطلاب

بعدسة بعدها البؤري أقل من 10 cm.

عينة بيانات

المحاولة	$\frac{1}{d_o}$ (cm ⁻¹)	$\frac{1}{d_i}$ (cm ⁻¹)	$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$ (cm ⁻¹)	f (cm)
1	0.025	0.049	0.074	13.6
2	0.033	0.040	0.073	13.6
3	0.050	0.024	0.074	13.5
4	0.040	0.034	0.074	13.5
5	0.029	0.045	0.074	13.5

المحاولة	d_o (cm)	d_i (cm)
1	40.0	20.5
2	30.0	25.0
3	20.0	41.7
4	25.0	29.2
5	35.0	22.1

التحليل

1. على الطلاب أن يمثلوا بيانياً العلاقة بين d_o و d_i . ستختلف الرسوم البيانية.
2. انظر إلى جدول الحسابات
3. انظر إلى جدول الحسابات

الاستنتاج والتطبيق

1. عندما تزداد قيمة إحداها ستقل قيمة الأخرى.
2. ستفاوتت الإجابات. عينة إجابات: هناك تقريباً نسبة 3% خطأ بين القيمة المحسوبة والقيمة الحقيقية وهذه الدقة مقبولة نوعاً ما.
3. ستفاوتت الإجابات: عينة إجابات: كانت الحسابات للبعد البؤري دقيقة جداً. فقيم البعد البؤري جميعها كانت تختلف بعضها عن بعض بمقدار 0.1 cm.

4. إذا كان بُعد العدسة أقرب من البعد البؤري فلن تتكون صورة على البطاقة (الشاشة) لأنها ستكون خيالية. وكذلك عند وضع العدسة على مسافة أبعد من نقطة معينة سيصبح بُعد الصورة على الأغلب ثابتاً.

التوسع في البحث

1. تكون d_o أكثر دقة لأن موضع العدسة مثبت على المسطرة المترية، بينما d_i ستتغير للحصول على أفضل تركيز للصورة.
2. يأتي الخطأ في القياس من الأدوات المستخدمة والأشخاص الذين يقومون بعمل هذه القياسات. ولتكون d_i أكثر دقة، على الطلاب أن يفهموا العلاقة بين التقنيات المناسبة والنتائج الدقيقة، وتحدد الدقة عادةً بوساطة الزوجان الكروي.

الفيزياء في الحياة

1. ستكون العدسة أبعد عن الفيلم، لذا سيكون الفيلم عند موضع تكوّن الصورة التي تحركت بعيداً عن العدسة.
2. تكون الصورة في شبكية العين أصغر كثيراً من الجسم الحقيقي وتكون مقلوبة أيضاً.

جدول الحسابات				
المحاولة	$\frac{1}{d_o} (cm^{-1})$	$\frac{1}{d_i} (cm^{-1})$	$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} (cm^{-1})$	$f (cm)$
1				
2				
3				
4				
5				

جدول البيانات		
المحاولة	$d_o (cm)$	$d_i (cm)$
1		
2		
3		
4		
5		

7. حرك العدسة إلى موقع آخر بين 10 cm و 40 cm، وكّرر الخطوتين 5 و 6. (ستفاوت المسافات اعتماداً على البعد البؤري للعدسة المستخدمة).
8. كرّر الخطوة 7 ثلاث مرات أخرى.

التوسع في البحث

1. أي القياسات أكثر دقة: d_i أم d_o ؟ ولماذا تعتقد ذلك؟
2. ما الذي يمكنك أن تفعله لجعل أحد الحسابين أو كليهما أدق؟

الفيزياء في الحياة

1. إذا أردت التقاط صورة بآلة التصوير لجسم بعيد، ثم لجسم آخر يبعد أقل من متر، فكيف يجب تغيير المسافة بين العدسة والفيلم؟
2. هناك فرقان بين الصورة التي تتكوّن على شبكية عينك والجسم الذي تنظر إليه، ما هما؟ (تذكر أن العدسة في عينك محدبة).



التحليل

1. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها مثل العلاقة بيانياً بين بُعد الصورة (على المحور الرأسي) وبُعد الجسم (على المحور الأفقي). استخدم الحاسوب أو الآلة الحاسبة لإنشاء رسم بياني إذا أمكن ذلك.
2. استخدام الأرقام احسب $\frac{1}{d_i}$ و $\frac{1}{d_o}$ وسجّل القيم في جدول الحسابات.
3. استخدام الأرقام احسب مجموع $\frac{1}{d_i}$ و $\frac{1}{d_o}$ وسجّل القيم في جدول الحسابات. واحسب مقلوب هذا الرقم، وسجّله في جدول الحسابات على أنه القيمة f .

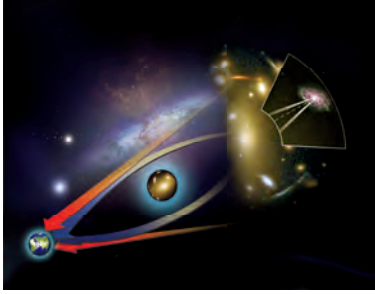
الاستنتاج والتطبيق

1. تفسير البيانات انظر إلى الرسم البياني، وصف العلاقة بين d_o و d_i .
2. تفسير البيانات احصل على مقدار البعد البؤري الفعلي للعدسة من معلمك. ما مدى دقة حساباتك لـ f ؟

تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية اسأل الطلاب الأسئلة التالية: هل تستطيع أن تعرض صورة لجسم ما على بطاقة ملاحظات باستخدام عدسة؟ إذا أردت تغيير حجم الصورة محافظاً على موقعها، فأَيّ العوامل يجب أن تأخذها بعين الاعتبار؟ دع الطلاب يختاروا موادهم الخاصة ويطوروا الإجراءات. إذا احتاجوا إلى إرشاد فدعهم يبدؤوا بإيجاد بعد صورة لجسم بعيد نسبياً (خلف النافذة مثلاً)، ثم يجدوا البعد اللازم لجسم حتى تظهر صورته على حائط بعيد. وهذا يعطيهم نقاطاً قصوى في رسم المنحنى البياني، ويمكنهم من قياس المسافات المطلوبة.

وفي عام 1919 أثبتت مقارنة لضوء نجم قبل كسوف الشمس وفي أثنائه صحة نظرية أينشتاين. فاقترح أينشتاين في عام 1936 ظاهرة عدسة الجاذبية. ولأن الضوء يمكنه أن ينحني بفعل مجالات الجاذبية للأجسام الضخمة، لذا على المراقبين أن يروا صور حلقات خيالية عندما يكون هناك جسم ضخم بين الأرض والجسم المراقب. ولم يشاهد أينشتاين أبداً مثل هذه الظاهرة، ولكن نظريته في النسبية دعمت إمكانية وجود عدسات الجاذبية هذه. يبين الرسم أدناه كيف أن الضوء القادم من مجرة بعيدة ينحني حول تجمع مجرات قبل أن يصل إلى الأرض.

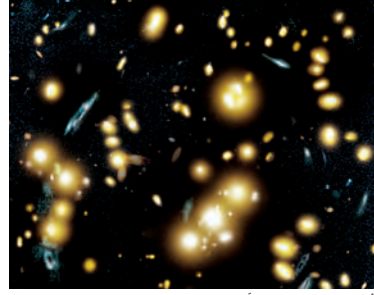


الدليل عندما يكتشف شخص شيئاً ما للمرة الأولى فإن العديد من الاكتشافات الداعمة تعقب ذلك. فمنذ قدم أينشتاين اقتراحاته إلى أن اكتشفت الصورة المزدوجة للنجم البعيد (الكوازار) عام 1979، اكتشفت العديد من عدسات الجاذبية، كما شوهدت كل من حلقات أينشتاين والصور المتعددة. ونتجت حلقات أينشتاين عندما أصبحت عدسة الجاذبية والضوء القادم من الجسم على استقامة واحدة تقريباً. وتشكل الصور المتعددة عندما لا تكون عدسة الجاذبية والضوء على استقامة واحدة. وحتى الآن اكتُشف أكثر من 50 عدسة جاذبية.

عدسات الجاذبية Gravitational Lenses

اكتشف الفلكيون عام 1979 في مرصد جودرل Jodrell Bank في بريطانيا نجمين من النجوم البعيدة (quasars) تفصل بينهما مسافة 7 ثواني قوسية.

وبينت القياسات أن النجمين يبعد أحدهما عن الآخر 500,000 سنة ضوئية. وبدا أن النجمين يتذبذبان في السطوع وفي الإيقاع معاً، ولكن المدهش أنه كان للنجمين أطيف متماثلة. فقد ظهرا وكأنهما جسمان مختلفان، ولكن في الحقيقة كان الجسمان عبارة عن جسم واحد.



الأشكال الزرقاء صور متعددة للمجرة نفسها ناتجة عن عدسة الجاذبية القادمة من مجرة عنقودية 1654 + 0024 في مركز الصورة.

وأكدت دراسات أخرى لفلكيين من مختلف أنحاء العالم أنه لا يوجد إلا نجم واحد فقط، انحنى ضوءه بفعل تجمع من المجرات تسيطر عليها مجرة إهليلجية ضخمة تقع على الخط البصري بين النجم والأرض. فأدرك الفلكيون أنهم شاهدوا صورتين لنجم واحد. وأثرت المجرة كأنها عدسة محدبة ناقصة، تركّز الضوء المنحرف بطريقة ما، بحيث تتكوّن صورتان لجسم واحد. ولكن ما الذي دفعهم إلى الاعتقاد بأن الضوء قد انحنى؟

الجاذبية والضوء تذكر الفلكيون أبحاث ألبرت أينشتاين ونظريته النسبية. فقد اقترح أينشتاين أن الضوء ينحني بفعل مجال الجاذبية للأجسام الضخمة. ففي نظرية الفضاء الكلاسيكية المعروفة بالفضاء الإقليدي، ينتقل الضوء في خطوط مستقيمة. واستناداً إلى أينشتاين فإن الضوء ينحني عندما يمر بجانب الأجسام الضخمة.

الخلفية النظرية

اشتق مصطلح كوازار من (quasi-stellar object) ويقصد به الجسم شبه النجمي. ويعتقد أن الكوازارات تنتمي إلى الأجسام الأكثر بعداً، لذا يُعتقد أنها الأقدم في الكون؛ ويُستدل على ذلك بسبب شدة الانزياح نحو اللون الأحمر في العديد من أطيفها. ولقد وصف أينشتاين مجال الجاذبية حول الجسم العظيم الكتلة بأنه انحناء الفضاء. فإذا انتقل الضوء عبر الفضاء دون أن يواجهه أي عائق فإنه سينتقل في خط مستقيم. وإذا أمكن تشبيه ذلك بنموذج لفضاء مسطح يحتوي على الجسم العظيم الكتلة في مركزه فسينحني ليصبح على شكل قمع. ومن ثم سيتبع الضوء سطحاً يشبه القمع عند مروره به، ونتيجة لذلك سيبدو مسار الضوء منحنيًا.

استراتيجيات التدريس

■ اصنع قمعًا كبيرًا من قصاصات أوراق ملصقات بقطر 20 cm عند القاع الكبير وبقطر 1 cm عند القمة الضيقة. مثل حركة الأجسام من خلال درجة كرات تنس حول القمع في مدارات إهليلجية. ومثل الضوء الذي يعبر الجسم ذو الكتلة الكبيرة بإطلاق كرة بسرعة كبيرة عبر القمع بحيث تطير وتفلت من الحافة. ثم حدّد كيف ينحني مسار الضوء.

■ إبحث عن صور تم الحصول عليها من خلال الأبحاث الفلكية بوساطة عدسات الجاذبية. اطلب إلى الطلاب تحديد الصور المتعددة أو حلقات أينشتاين.

نشاط

نمذجة عدسة الجاذبية ضع جسمًا خلف حاجز بالنسبة إلى نقطة مشاهدة. ثم اطلب إلى الطلاب استخدام المناشير والعدسات ليحاولوا مشاهدة صورتين مختلفتين للجسم حول طرفي الحاجز من نقطة المشاهدة نفسها.

التوسع

1. **استنتج** لماذا كان اكتشاف عدسات الجاذبية مهمًا؟
2. **قارن** و**میز** فيم تشابه عدسات الجاذبية والعدسات المحدبة؟ وفيم تختلفان؟

التفكير الناقد

1. **تقدم** عدسات الجاذبية برهاناً آخر على النظرية النسبية.
2. **تستخدم** العدسات المحدبة و**سطين** ل**حني** الضوء. بينما **تستخدم** عدسة الجاذبية **انجذاب** الأجسام لبعضها بعضًا (الجاذبية).

دليل مراجعة الفصل

المفاهيم الرئيسية

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



11-1 انكسار الضوء Refraction of Light

المفردات

- معامل الانكسار
- قانون سنل في الانكسار
- الزاوية الحرجة
- الانعكاس الكلي الداخلي
- التفريق (التحليل)

المفاهيم الرئيسية

- ينحرف مسار الضوء عندما ينتقل من وسط ذي معامل انكسار n_1 إلى وسط آخر معامل انكساره n_2 .
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$
- النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ c إلى سرعته في أي وسط آخر تساوي معامل انكسار الوسط n .
$$n = \frac{c}{v}$$
- عندما ينتقل الضوء من وسط لوسط آخر معامل انكساره أقل وبزاوية سقوط أكبر من الزاوية الحرجة θ_c فإن الضوء ينعكس انعكاساً كلياً داخلياً في الوسط نفسه الذي هو فيه، ولا ينفذ إلى الوسط الآخر.

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

11-2 العدسات المحدبة والمقعرة Convex and Concave Lenses

المفردات

- العدسة
- العدسة المحدبة
- العدسة المقعرة
- معادلة العدسة الرقيقة
- الزوجان اللونيّ
- العدسة اللالونية

المفاهيم الرئيسية

- يرتبط كل من البعد البؤري f ، والبعد الجسم d_o ، والبعد الصورة d_i للعدسة الرقيقة بالمعادلة التالية:
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$
- يُعرّف التكبير m للصورة الناتجة عن عدسة بالطريقة نفسها التي عُرف بها التكبير للصورة الناتجة عن مرآة.
$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$
- تُكوّن العدسة المحدبة المفردة صورة حقيقية مقلوبة عندما يكون بُعد الجسم أكبر من البعد البؤري، وتكون الصورة مصغرة أو مكبرة وفقاً لبعد الجسم.
- تُكوّن العدسة المحدبة المفردة صورة خيالية معتدلة ومكبرة عندما يوضع الجسم بين العدسة والبؤرة.
- تُكوّن العدسة المقعرة صوراً خيالية دائمة، وتكون معتدلة ومصغرة.
- جميع العدسات لها زوجان لونيّ، وجميع العدسات التي لها سطوح كروية لها زوجان كروي.

11-3 تطبيقات العدسات Applications of Lenses

المفردات

- قصر النظر
- طول النظر

المفاهيم الرئيسية

- يُعدّ الفرق بين معاملي انكسار الهواء والقرنية المسؤول الرئيس عن تجمع الضوء في العين.
- تستخدم الآلات البصرية مجموعة من العدسات للحصول على صور واضحة للأجسام الصغيرة أو البعيدة.

خريطة المفاهيم

30. انظر إلى دليل حلول المسائل.

إتقان المفاهيم

31. تكون زاوية السقوط في الزجاج أقل من زاوية الانكسار في الهواء لأن معامل انكسار الهواء أقل.

32. ينتقل الضوء ذو الألوان المختلفة في الهواء بالسرعة نفسها.

33. تحجب الأرض أشعة الشمس عن القمر في أثناء خسوف القمر، إلا أن الغلاف الجوي للأرض يسبب انكسار أشعة الشمس ويغير مسارها لتسقط في اتجاه القمر. ولأن الطول الموجي للضوء الأزرق يتشتت أكثر، فإن الضوء الأحمر يصل إلى القمر وينعكس عنه في اتجاه الأرض.

34. يحدد أيضاً معامل انكسار المادة التي صنعت منها العدسة موقع بؤرتها.

35. يحتوي النظام البصري لآلة العرض على عدسة أخرى لقلب الصورة مجدداً فتصبح الصورة معتدلة نتيجة ذلك مقارنة بالجسم الأصلي. أو توضع الشرائح بصورة مقلوبة بالنسبة لوضعها الأصلي.

36. للعدسات جميعها زوغان لوني، مما يعني انحراف أطوال موجية مختلفة من الضوء بزوايا مختلفة قليلاً عند أطرافها، وتكون العدسة اللالونية مكونة من عدستين أو أكثر ولها معاملات انكسار بقيم مختلفة لتعمل على تقليل هذا الأثر.

37. قصر النظر

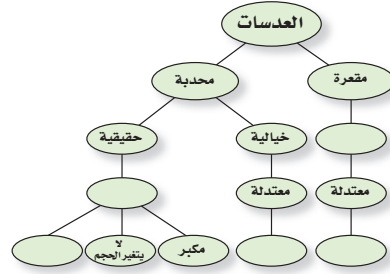
38. صورة حقيقية، مقلوبة.

39. يعمل ذلك على تحسين المشاهدة الثلاثية الأبعاد.

40. تعمل المرآة العاكسة على انحراف الصورة

خريطة المفاهيم

30. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: مقلوبة، مكبرة، مصغرة، خيالية.



إتقان المفاهيم

31. قارن زاوية السقوط بزاوية الانكسار عندما ينتقل شعاع الضوء من الزجاج إلى الهواء بزاوية لا تساوي صفراً؟ (11-1)

32. على الرغم من أن الضوء القادم من الشمس ينكسر في أثناء مروره في الغلاف الجوي للأرض، إلا أن الضوء لا يتحلل إلى طيفه. فإلام يشير هذا بالنسبة لسرعات الألوان المختلفة للضوء المنتقلة في الهواء؟ (11-1)

33. فسّر لماذا يبدو القمر أحمر اللون في أثناء الخسوف؟ (11-1)

34. ما العامل الذي يحدد موقع البؤرة للعدسة، غير تقوس سطح العدسة؟ (11-2)

35. عند عرض صورة بواسطة آلة عرض الأفلام على شاشة فإن الفيلم يوضع بين F و $2F$ لعدسة مجمعة. ويُنتج هذا الترتيب صورة مقلوبة، فلماذا يظهر مشهد الفيلم معتدلاً عندما يعرض الفيلم؟ (11-2)

36. وضح لماذا تستخدم الآلات البصرية الدقيقة العدسات اللالونية؟ (11-2)

تطبيق المفاهيم

41. الزاوية في المادة A أقل، لذا يكون معامل انكسارها أكبر.

42. كلما زاد معامل انكسار المادة قلّت الزاوية الحرجة.

37. ما الحالة التي يكون عندها البعد البؤري للعين قصيراً جداً بحيث لا يمكنه تجميع الضوء على الشبكية؟ (3-11)

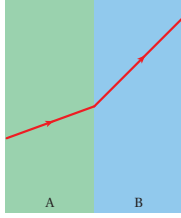
38. ما طبيعة الصورة المتكوّنة بالعدسة الشيئية في المنظار الفلكي الكاسر؟ (3-11)

39. لماذا تعد زيادة المسافة بين العدستين الشبكيّتين في المنظار أمراً نافعاً؟ (3-11)

40. ما الغرض من المرآة العاكسة في آلة التصوير؟ (3-11)

تطبيق المفاهيم

41. أي المادتين، A، أم B، في الشكل 11-24 لها معامل انكسار أكبر؟ وضح ذلك.



الشكل 11-24

42. كيف يتغير مقدار الزاوية الحرجة مع زيادة معامل الانكسار؟

43. الزجاج الأمامي المتشقّق إذا نظرت خلال زجاج سيارة متشقّق فإنك ترى خطاً فضياً على امتداد الشق، حيث يكون الزجاج منفصلاً عنده، وهناك هواء في الشق. ويشير هذا الخط الفضي إلى أن الضوء ينعكس عن الشق. ارسم مخطّط أشعة لتفسير سبب حدوث هذا، وما الظاهرة التي يمثّلها؟

44. قوس المطر لماذا لا تستطيع رؤية قوس المطر في السماء جنوباً إذا كنت في نصف الكرة الأرضية

43. يبين هذا انكسار الضوء عند زوايا أكبر من الزاوية الحرجة؛ أي حدوث انعكاس كلي داخلي.

44. تستطيع رؤية قوس المطر عندما تأتي أشعة الشمس من خلفك بزاوية لا تزيد على 42° مع الأفقي فقط. وعندما تواجه الجنوب في نصف الكرة الشمالي فإن الشمس لا تكون خلفك مطلقاً عند زاوية 42° أو أقل. ولن ترى مطلقاً قوس المطر في السماء شمالاً عند وجودك في النصف الجنوبي للكرة، حيث يمكنك رؤية قوس المطر عندما تكون الشمس خلفك عند الزاوية 42° .

في اتجاه المنشور بحيث يمكن مشاهدتها قبل التقاط الصورة الفوتوجرافية. عند الضغط على مفتاح نافذة آلة التصوير فإن المرآة العاكسة تبتعد لتركّز العدسة الصورة على سطح الفيلم أو على كاشف تصويري آخر.

التقويم

45. يكون التكبير في الماء أقل كثيرًا من التكبير في الهواء. ويكون الاختلاف معاملي انكسار الماء والزجاج أقل كثيرًا من الاختلاف بين معاملي انكسار الهواء والزجاج.
46. يعزى الزوغان اللوني للعدسات إلى تشتت الضوء (للأطوال الموجية المختلفة للضوء سرعات مختلفة في العدسة، وتنكسر بزوايا مختلفة بدرجات قليلة)، ولا يعتمد الانعكاس في المرايا على الطول الموجي.
47. تعمل العيون على تجميع الضوء الساطع بشكل أفضل لأن الأشعة المنكسرة بزوايا أكبر تزال بوساطة القرنية. لذا تتجمع الأشعة عند مدى زوايا صغير، ويكون الزوغان الكروي أقل.

إتقان حل المسائل

11-1 انكسار الضوء

48. a. 1.33

b. الماء

49. a. 25.4°

b. 28.9°

50. $1.24 \times 10^8 \text{ m/s}$

51. 24.4°

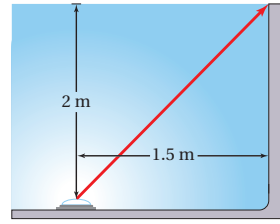
52. 49.7°

53. a. 53°

b. 1.1 m، أقل عمقًا.

المقام. فإذا علمت أن معامل انكسار الزجاج $n=1.50$ ، فاحسب مقدار:

- a. زاوية انكسار الضوء في الزجاج.
- b. زاوية انكسار الضوء في الماء.
50. ارجع إلى الجدول 11-1، واستخدم معامل انكسار الألماس لحساب سرعة الضوء فيه.
51. ارجع إلى الجدول 11-1، وأوجد الزاوية الحرجة للألماس في الهواء.
52. **حوض سمك** استخدمت صفيحة سميكة من البلاستيك $n=1.500$ ، في صنع حوض سمك، فإذا انعكس ضوء عن سمكة موجودة في الماء وسقط على صفيحة البلاستيك بزاوية 35.0° ، فما مقدار الزاوية التي سيخرج فيها الضوء إلى الهواء؟
53. وضع مصدر ضوء في قاع حوض سباحة على عمق 2.0 m من سطح الماء ويبعد عن طرف الحوض 1.5 m كما في الشكل 11-26. وكان الحوض مملوءًا بالماء إلى قمته.
- a. ما مقدار الزاوية التي يصل فيها الضوء طرف المسبح خارجًا من الماء؟
- b. هل تؤدي رؤية الضوء بهذه الزاوية إلى ظهوره بشكل أعمق أم أقل عمقًا مما هو عليه في الواقع؟



الشكل 11-26

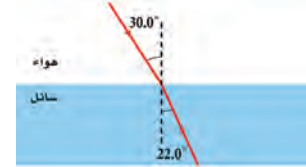
الشالي؟ وإذا كنت في نصف الكرة الأرضية الجنوبي فإلى أي اتجاه يجب أن تنظر لترى قوس المطر؟

45. يستخدم سباح عدسة مكبرة لمشاهدة جسم صغير في قاع بركة سباحة، واكتشف أنها لا تكبر الجسم بشكل جيد، ففسر لماذا لا تعمل العدسة المكبرة في الماء كما كانت تعمل في الهواء.
46. لماذا يكون هنالك زوغان لوني للضوء المار خلال عدسة، في حين لا يكون للضوء الذي ينعكس عن مرآة زوغان لوني؟
47. يكون بؤبؤ العينين صغيرًا عندما تتعرض لضوء الشمس الساطع مقارنة بالتعرض لضوء أخفت، وضح لماذا تستطيع عيناك تجميع الضوء بشكل أفضل في الضوء الساطع؟

إتقان حل المسائل

11-1 انكسار الضوء

48. ينتقل شعاع ضوء من الهواء إلى سائل ما، كما في الشكل 11-25، حيث يسقط الشعاع على السائل بزاوية 30.0° ، وينكسر بزاوية 22.0° .
- a. احسب معامل انكسار السائل باستخدام قانون سنل.
- b. قارن معامل الانكسار الذي حسبته بالقيم الموجودة في الجدول 11-1، وماذا يمكن أن يكون هذا السائل؟



الشكل 11-25

49. يسقط شعاع ضوئي على زجاج مسطح لأحد جوانب حوض سمك، بزاوية مقدارها 40.0° بالنسبة للعمود

التقويم

54. 13.7°

11-2 العدسات المحدبة والمقعرة

55. 10.0 cm

56. 14 cm

57. a. 6.0 cm

$$b. \quad h_i = -12 \text{ cm}, d_i = 60 \text{ cm}$$

مقلوبة

58. a. بُعد الجسم: 7.5 cm

طول الجسم: 3.0 cm

b. موقع الصورة: 15 cm، طول الصورة:

6.0 cm، وتكون الصورة معتدلة مقارنةً

بالجسم وخيالية.

11-3 تطبيقات العدسات

59. 56 cm

60. a. 66.7 cm

b. $h_o = 1.67$ ؛ تكون الورقة المنسوخة مكبرة

ومقلوبة.

61. a. $6.0 \times 10^1 \text{ mm}$

b. -5.0

c. -20.0 mm

d. -1.0×10^1

مراجعة عامة

62. a. 6.7°

b. تتلاقى الأشعة المنكسرة على عمق

8.9 cm أسفل سطح الماء، وهذا هو

العمق الظاهري. وبقسمة العمق الظاهري

على العمق الحقيقي نحصل على:

$$0.74 = \frac{\text{العمق الظاهري}}{\text{العمق الحقيقي}} = \frac{8.9 \text{ cm}}{12 \text{ cm}}$$

وبقسمة معاملي انكسار الوسيطين نحصل على:

$$\frac{n_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الماء}}} = \frac{1}{1.33} = 0.75$$

أي أن:

$$\frac{n_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الماء}}} = \frac{\text{العمق الظاهري}}{\text{العمق الحقيقي}}$$

54. إذا كانت سرعة الضوء في بلاستيك شفاف $1.90 \times 10^8 \text{ m/s}$ وسقط شعاع ضوء على البلاستيك بزاوية 22.0° ، فما مقدار الزاوية التي ينكسر بها الشعاع؟

11-2 العدسات المحدبة والمقعرة

55. إذا وضع جسم على بُعد 10.0 cm من عدسة مجمعة بعدها البؤري 5.00 cm، فعلى أي بُعد من العدسة تتكوّن الصورة؟

56. إذا أردنا استخدام عدسة محدبة لتكوّن صورة حجمها يساوي 0.750 من حجم الجسم، وأن تكون الصورة على بُعد 24 cm من الجانب الآخر للعدسة، فما البعد البؤري للعدسة الذي يحقق ذلك؟

57. وضع جسم طوله 3.0 cm على بُعد 15 cm أمام عدسة مجمعة، فتكوّن له صورة حقيقية على بُعد 10 cm من العدسة.

a. ما البعد البؤري للعدسة؟

b. إذا استبدلت العدسة الأصلية، ووضع مكانها عدسة أخرى لها ضعف البعد البؤري، فحدد موقع الصورة وطولها واتجاهها.

58. وضع جسم بالقرب من عدسة مفرقة بعدها البؤري 15 cm، فتكوّن له صورة طولها 2.0 cm على بُعد 5.0 cm من العدسة.

a. ما بُعد الجسم عن العدسة؟ وما طوله؟

b. إذا استبدلت العدسة المفرقة، ووضع مكانها عدسة مجمعة لها البعد البؤري نفسه فما موقع الصورة وطولها واتجاهها؟ وهل هي خيالية أم حقيقية؟

11-3 تطبيقات العدسات

59. النظارات يجب أن يكون الكتاب على بُعد 25 cm من العين لقراءته بوضوح. فإذا كان هناك فتاة تعاني من طول النظر، وتحتاج أن يكون الكتاب على بُعد 45 cm من عينيها لقراءته بوضوح، فما البعد البؤري اللازم لعدستي نظارتها؟

60. آلة نسخ البعد البؤري للعدسة المحدبة الخاصة بآلة نسخ يساوي 25.0 cm. فإذا وضعت رسالة على بُعد 40.0 cm من العدسة لنسخها

a. فعلى أي بُعد من العدسة يجب أن تكون ورقة النسخ؟

b. ما تكبير ورقة النسخ؟

61. الميكروسكوب (المجهر) وضعت شريحة من خلايا البصل على بُعد 12 mm من عدسة المجهر الشيئية، فإذا كان البعد البؤري لهذه العدسة 10.0 mm:

a. فما بُعد الصورة المتكوّنة عن العدسة؟

b. ما تكبير هذه الصورة؟

c. تتكوّن الصورة الحقيقية على بُعد 10.0 mm تحت العدسة العينية. فإذا كان بعدها البؤري 20.0 mm فما موقع الصورة النهائية؟

d. ما التكبير النهائي لهذا النظام المركّب؟

مراجعة عامة

62. العمق الظاهري ينعكس ضوء الشمس من قاع حوض سمك وينتشر في جميع الاتجاهات. ويوضح الشكل 11-27 شعاعين من هذه الأشعة المنعكسة من نقطة في قاع الحوض ينتقلان إلى السطح، فتنكسر الأشعة في الهواء كما هو مبين. إن امتداد الخط الأحمر المتقطع إلى الخلف، من شعاع الضوء المنكسر هو

التقويم

63. 1.41

64. $1.28 \times 10^8 \text{ m/s}$

65. 7 cm

66. يجب أن تكون زاوية السقوط في الهواء، فإذا اعتبرنا أن المادة الأولى هي الهواء فعندها تكون $n_1 = 1.0$ ، دع $n_2 = n$ ، لذا، فإن:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_1 = n \sin \theta_2$$

$$n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

67. 2.7 دقيقة

68. يدخل شعاع الضوء الزجاج بزاوية θ_1 وينكسر بالزاوية θ_2

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{n_a \sin \theta_a}{-n_g} \right) = \sin^{-1} \left(\frac{(1.00)(\sin 90^\circ)}{1.5} \right) = 42^\circ$$

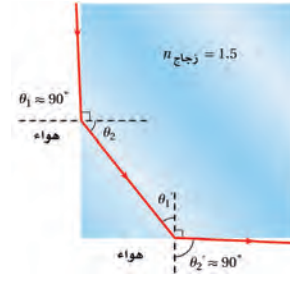
لذا، فإن $\theta'_1 = 48^\circ$ ، ولكن الزاوية الحرجة للزجاج هي: $\theta_c = \sin^{-1} \left(\frac{n_a}{n_g} \right) = \sin^{-1} (1.00/1.5) = 42^\circ$ وحيث أن $\theta'_1 > \theta_c$ ، فإن الضوء ينعكس داخل الزجاج، ولا يمكن للمرء رؤية الخارج من الجانب المجاور.

التفكير الناقد

69. للضوء الأحمر: 24.173° ؛ للضوء الأزرق: 23.543° ، الفرق $= 0.630^\circ$

70. الزاوية الحرجة 49.8° وعند المقارنة فإن الزاوية الحرجة للزجاج الذي معامل انكساره 1.54، تساوي 40.5° والزاوية الحرجة الكبيرة تعني أنه سيحدث انعكاس كلي داخلي لكمية أقل من الأشعة في قلب الجليد مقارنة بتلك التي سيحدث انعكاس كلي داخلي في قلب الزجاج؛ لذا فإنها لن تكون قادرة على نقل كمية ضوء أكبر. ومن ثم فإن الألياف البصرية المصنوعة من الزجاج ستعمل بشكل أفضل.

68. من غير الممكن الرؤية من خلال الجوانب المتجاورة لقوالب مربعة الشكل من زجاج معامل انكساره 1.5. حيث يؤثر الجانب المجاور للجانب الذي ينظر من خلاله مراقب كآلة مرآة. ويمثل الشكل 11-28 الحالة المحددة لجانب مجاور لا يؤثر كآلة مرآة. استخدم معلوماتك في الهندسة، والزوايا الحرجة، لتثبت أن هيئة هذا الشعاع لا يمكن تحقيقها عندما تكون $n_{\text{زجاج}} = 1.5$.



الشكل 11-28

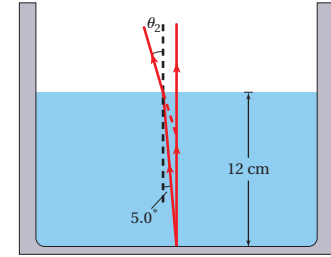
التفكير الناقد

69. إدراك العلاقة المكانية ينتقل ضوء أبيض في هواء معامل انكساره 1.0003، ويدخل شريحة زجاجية بزاوية سقوط 45° . فإذا كان معامل انكسار الزجاج الصواني الكثيف يساوي 1.7708 للضوء الأزرق، ويساوي 1.7273 للضوء الأحمر، فما مقدار زاوية الانكسار (التشتت) التي ينحصر فيها الطيف المرئي؟ علماً بأن الطول الموجي للضوء الأزرق 435.8 nm، والطول الموجي للضوء الأحمر 643.8 nm.

70. قارن أوجد الزاوية الحرجة للجليد الذي معامل انكساره 1.31. في المناطق الباردة جداً، هل تكون أسلاك الألياف الضوئية المصنوعة من الجليد أفضل من تلك المصنوعة من الزجاج لحفظ الضوء داخل السلك؟ وضح ذلك.

خط النظر الذي يتقاطع مع الشعاع الرأسي عند الموقع الذي سيرى فيه المشاهد صورة قاع الخوض. a. أوجد زاوية انكسار الشعاع في الهواء.

b. على أي عمق سيبدو قاع الخوض عندما تنظر إلى الماء؟ اقسّم العمق الظاهري على العمق الحقيقي وقارن هذه النسبة بمعامل الانكسار.



الشكل 11-27

63. إذا كانت الزاوية الحرجة لقالب زجاجي 45.0° فما معامل انكساره؟

64. أوجد سرعة الضوء في حجير ثالث أوكسيد الأنثيموني (antimony trioxide)، إذا كان معامل انكساره 2.35.

65. وضع جسم طوله 3 cm على بُعد 20 cm أمام عدسة مجمعة. فتكوّن له صورة حقيقية على بُعد 10 cm من العدسة. ما البعد البؤري للعدسة؟

66. اشتق العلاقة $n = \sin \theta_1 / \sin \theta_2$ من الصيغة العامة لقانون سنل في الانكسار $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$. واذكر الافتراضات والمحددات.

67. افكك كم دقيقة إضافية يستغرق وصول الضوء من الشمس إلى الأرض إذا امتلأ الفضاء بينهما بالماء بدلاً من الفراغ؟ علماً بأن بُعد الشمس عن الأرض $1.5 \times 10^8 \text{ km}$.

مراجعة تراكمية

74. تطلق سيارة صوت بوقها عندما تقترب من شخص يمشي على ممر المشاة. ما الذي يسمعه الشخص عند توقف السيارة لتسمح للشخص بعبور الشارع؟ (الفصل 8)

75. **مرآة التجميل** وضعت شمعة طولها 3.00 cm على بُعد 6.00 cm أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 14.0 cm. أوجد موقع صورة الشمعة وطولها بواسطة ما يلي: (الفصل 10)

a. رسم مخطط الأشعة بمقياس رسم.

b. معادلتى المرايا والتكبير.

71. **التفكير الناقد** تستخدم عدسة لعرض صورة جسم على شاشة. افترض أنك غطيت النصف الأيمن من العدسة، فما الذي يحدث للصورة؟

الكتابة في الفيزياء

72. إنَّ عملية تكيف العين - وهي عملية انقباض العضلات المحيطة بعدسة العين أو انبساطها للرؤية الأجسام القريبة أو البعيدة - تختلف من كائن لآخر. ابحث هذه الظاهرة في حيوانات مختلفة، وأعدّ تقريراً للصف تبين من خلاله كيفية التكيف في عيونها للرؤية الأشياء.

73. ابحث في نظام العدسات المستخدم في الآلات البصرية، ومنها جهاز عرض الشفافيات أو آلات التصوير الخاصة أو التلسكوب، وحضر عرضاً تصويرياً للصف تبين من خلاله كيف تكوّن هذه الآلات الصور.

71. ستصبح خافتة لأنَّ عددًا أقل من الأشعة سيتجمّع، ولكن سترى صورة كاملة.

الكتابة في الفيزياء

72. ستختلف الإجابات .

73. ستختلف الإجابات .

مراجعة تراكمية

74. إنَّ حدّة صوت منبه السيارة الذي يسمعه الشخص سيقبل عندما تقل سرعة السيارة.

75. a. انظر إلى دليل حلول المسائل

b. موقع الصورة: -10.5 cm،

طول الصورة: 5.25 cm

سَلَم تقدير

يمثل الجدول الآتي نموذجًا لسلم تقدير إجابات الأسئلة الممتدة:

العلامات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهمًا شاملاً لمواضيع الفيزياء التي درسها وقد تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهمًا لمواضيع الفيزياء التي درسها، الاستجابة صحيحة وتظهر فهمًا أساسيًا، ولكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهمًا جزئيًا فقط لمواضيع الفيزياء، وقد يكون قد استخدم الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل، أو قدّم حلًا صحيحًا، لكن العمل يعوزه استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًا لمواضيع الفيزياء، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدم الطالب حلًا غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب على الإطلاق.

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. وُجّه شعاع من مصباح يدوي على بركة سباحة في الظلام بزاوية 46° بالنسبة للعمود المقام على سطح الماء. ما مقدار زاوية انكسار الشعاع في الماء؟ (معامل انكسار الماء 1.33)

- ☐ A 18°
☐ B 30°
☐ C 33°
☐ D 44°

2. إذا كانت سرعة الضوء في الألماس 1.24×10^8 m/s فما معامل انكسار الألماس؟

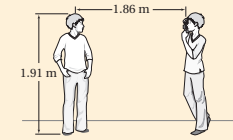
- ☐ A 0.0422
☐ B 0.413
☐ C 1.24
☐ D 2.42

3. أي مما يأتي لا يؤثر في تشكيل قوس المطر؟

- ☐ A الحيود
☐ B التشتت
☐ C الانعكاس
☐ D الانكسار

4. التقط أحمد صورة لأخيه أسامة كما في الشكل مستخدمًا كاميرا بعدسة محدبة بعدها البؤري 0.0470 m حدّد موضع صورة أسامة.

- ☐ A 1.86 cm
☐ B 4.70 cm
☐ C 4.82 cm
☐ D 20.7 cm

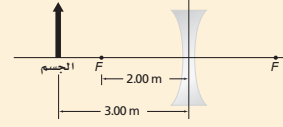


5. أي مما يأتي لا يؤثر في تشكيل السراب؟

- ☐ A تسخين الهواء القريب من الأرض
☐ B موجات هيجنز
☐ C الانعكاس
☐ D الانكسار

6. ما بُعد الصورة للحالة الموضحة في الشكل؟

- ☐ A -6.00 m
☐ B -1.20 m
☐ C 0.167 m
☐ D 0.833 m



7. ما الزاوية الحرجة للانعكاس الكلي الداخلي، عندما ينتقل الضوء من زجاج معامل انكساره 1.52 إلى الماء الذي معامل انكساره 1.33؟

- ☐ A 29.0°
☐ B 41.2°
☐ C 48.8°
☐ D 61.0°

8. ماذا يحدث للصورة المتكوّنة من عدسة محدبة عندما يُغطّى نصفها؟

- ☐ A تختفي نصف الصورة
☐ B تعتم الصورة
☐ C تصبح الصورة ضبابية
☐ D تنعكس الصورة

الأسئلة الممتدة

9. إذا كانت الزاوية الحرجة للانعكاس الكلي الداخلي عند الحدّ الفاصل بين الألماس والهواء 24.4° ، فما زاوية الانكسار في الهواء إذا كانت زاوية سقوط الشعاع على الحدّ الفاصل 20° ؟

10. يتكوّن لجسم يبعد 6.98 cm عن عدسة صورة تبعد 2.95 cm عن العدسة في الجانب نفسه. حدّد نوع العدسة، ووضّح كيف عرفت ذلك؟

إرشاد

أعط نفسك الوقت الكافي

لن تحصل على نقاط إضافية إذا أنهيت الاختبار مبكرًا. لذا اعمل ببطء وبحذر؛ تجنبًا للوقوع في أخطاء عدم الانتباه الذي يمكن أن يحدث عندما تريد إنهاء الاختبار بسرعة.

أسئلة الاختيار من متعدد

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

الأسئلة الممتدة

9. 55.9°

10. $m = -(-2.95 \text{ cm}) / (6.98 \text{ cm}) = 0.423$ وتكوّن

صورة مصغرة للجسم على بعد سالب مما يعني أنّ العدسة مقعرة.

مسائل تدريبية

11-1 انكسار الضوء (صفحة 125-133)

صفحة 127

1. أُسقطت حزمة ليزر في الهواء على إيثانول بزاوية 37.0° . ما مقدار زاوية الانكسار؟

$$\begin{aligned} n_1 \sin \theta_1 &= n_2 \sin \theta_2 \\ \theta_2 &= \sin^{-1} \left(\frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2} \right) \\ &= \sin^{-1} \left(\frac{(1.00)(\sin 37.0^\circ)}{1.36} \right) \\ &= 26.3^\circ \end{aligned}$$

2. ينتقل ضوء في الهواء إلى داخل الماء بزاوية 30.0° بالنسبة للعمود المقام. أوجد مقدار زاوية الانكسار.

$$\begin{aligned} n_1 \sin \theta_1 &= n_2 \sin \theta_2 \\ \theta_2 &= \sin^{-1} \left(\frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2} \right) \\ &= \sin^{-1} \left(\frac{(1.00)(\sin 30.0^\circ)}{1.33} \right) \\ &= 22.1^\circ \end{aligned}$$

3. غمر قالب من مادة غير معروفة في الماء. أُسقط عليه ضوء بزاوية 31° ، فكانت زاوية انكساره في القالب 27° . ما معامل الانكسار للمادة المصنوع منها القالب؟

$$\begin{aligned} n_1 \sin \theta_1 &= n_2 \sin \theta_2 \\ n_2 &= \frac{n_1 \sin \theta_1}{\sin \theta_2} \\ &= \frac{(1.33)(\sin 31^\circ)}{\sin 27^\circ} \\ &= 1.5 \end{aligned}$$

مراجعة القسم

11-1 انكسار الضوء (صفحة 125-133)

صفحة 133

4. معامل الانكسار عند نفاذ الضوء من الماء إلى سائل معين فإنه ينحرف مقترباً من العمود المقام، ولكن عند نفاذ الضوء من زجاج العدسات إلى السائل نفسه فإنه ينحرف مبتعداً عن العمود المقام. ما الذي تستنتجه عن معامل انكسار السائل؟

$$n_{\text{الماء}} < n_{\text{السائل}} < n_{\text{زجاج العدسات}}$$

يجب أن يكون معامل انكسار السائل بين 1.33 (معامل انكسار الماء) و 1.52 (معامل انكسار زجاج العدسات).

5. معامل الانكسار سقط شعاع ضوئي في الهواء بزاوية 30.0° على قالب من مادة غير معروفة، فانكسر فيها بزاوية 20.0° . ما معامل انكسار المادة؟

$$\begin{aligned} n_1 \sin \theta_1 &= n_2 \sin \theta_2 \\ n_2 &= \frac{n_1 \sin \theta_1}{\sin \theta_2} \\ &= \frac{(1.00)(\sin 30.0^\circ)}{\sin 20.0^\circ} \\ &= 1.46 \end{aligned}$$

6. سرعة الضوء هل يمكن أن يكون معامل الانكسار أقل من 1؟ وما الذي يعنيه هذا بالنسبة لسرعة الضوء في ذلك الوسط؟ لا؛ فهذا يعني أن سرعة الضوء في الوسط أكبر من سرعة الضوء في الفراغ.

7. سرعة الضوء ما سرعة الضوء في الكلوروفورم؟ ($n=1.51$)

$$\begin{aligned} n &= \frac{c}{v} \\ v_{\text{الكلوروفورم}} &= \frac{c}{n_{\text{الكلوروفورم}}} \\ &= \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.51} \\ &= 1.99 \times 10^8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

8. الانعكاس الكلي الداخلي إذا توافر لديك الكوارتز وزجاج العدسات لتصنع ليفاً بصرياً، فأيهما تستخدم لطبقة الغلاف؟ ولماذا؟

زجاج العدسات؛ لأن معامل انكساره أقل لذا ينتج انعكاس كلي داخلي.

تابع الفصل 11

9. زاوية الانكسار تعبر حزمة ضوئية الماء إلى داخل البولي إيثيلين (معامل انكساره $n=1.50$). فإذا كانت $\theta_1 = 57.5^\circ$ فما زاوية الانكسار في البولي إيثيلين؟

$$\begin{aligned} n_1 \sin \theta_1 &= n_2 \sin \theta_2 \\ \theta_2 &= \sin^{-1} \left(\frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2} \right) \\ &= \sin^{-1} \left(\frac{(1.33)(\sin 57.5^\circ)}{1.50} \right) \\ &= 48.4^\circ \end{aligned}$$

10. الزاوية الحرجة هل هناك زاوية حرجة للضوء المنتقل من الزجاج إلى الماء، وللضوء المنتقل من الماء إلى الزجاج؟

نعم؛ لأن $n_{\text{الماء}} > n_{\text{الزجاج}}$ ، ولكن لا توجد زاوية حرجة عندما ينتقل الضوء من الماء إلى الزجاج.

11. التفريق لماذا تستطيع رؤية صورة الشمس فوق الأفق تمامًا عندما تكون الشمس نفسها قد غابت فعلاً؟

وذلك بسبب انحراف أشعة الضوء في الغلاف الجوي؛ وانكسارها.

12. التفكير الناقد في أي اتجاه تستطيع رؤية قوس المطر في مساء يوم ماطر؟ وضع إجابتك.

في الشرق؛ لأن الشمس تكون في الغرب، ويجب أن تسطع أشعة الشمس من خلفك حتى تتمكن من رؤية قوس المطر.

مسائل تدريبية

2-11 العدسات المحدبة والمقعرة (صفحة 141-134)

صفحة 138

13. تكون لجسم موجود بالقرب من عدسة محدبة صورة حقيقية مقلوبة طولها 1.8 cm على بُعد 10.4 cm منها. فإذا كان البعد البؤري للعدسة 6.8 cm فما بُعد الجسم؟ وما طوله؟

$$\begin{aligned} \frac{1}{f} &= \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \\ d_o &= \frac{d_i f}{d_i - f} \\ &= \frac{(10.4 \text{ cm})(6.8 \text{ cm})}{10.4 \text{ cm} - 6.8 \text{ cm}} \\ &= 2.0 \times 10^1 \text{ cm} \\ m &= \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o} \\ h_o &= \frac{-d_o h_i}{d_i} \\ &= \frac{-(19.6 \text{ cm})(-1.8 \text{ cm})}{10.4 \text{ cm}} \\ &= 3.4 \text{ cm} \end{aligned}$$

تابع الفصل 11

16. إذا وضعت عملة معدنية قطرها 2.0 cm على بُعد 3.4 cm من عدسة مُكَبَّرَة بعدها البؤري 12.0 cm فحدّد موقع صورة العملة المعدنية، وقطر الصورة.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(3.4 \text{ cm})(12.0 \text{ cm})}{3.4 \text{ cm} - 12.0 \text{ cm}}$$

$$= -4.7 \text{ cm}$$

$$h_i = \frac{-h_o d_i}{d_o}$$

$$= \frac{-(2.0 \text{ cm})(-4.7 \text{ cm})}{3.4 \text{ cm}}$$

$$= 2.8 \text{ cm}$$

17. يريد أحد هواة جمع الطوابع تكبير طابع بمقدار 4.0 مرات عندما يكون الطابع على بُعد 3.5 cm من العدسة. ما البعد البؤري للعدسة اللازمة؟

$$m = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$d_i = -m d_o$$

$$= -(4.0)(3.5 \text{ cm})$$

$$= -14 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(3.5 \text{ cm})(-14 \text{ cm})}{3.5 \text{ cm} + (-14 \text{ cm})}$$

$$= 4.7 \text{ cm}$$

14. وضع جسم عن يسار عدسة محدبة بعدها البؤري 25 mm، فتكوّنت له صورة حجمها يساوي حجم الجسم. ما بُعد كل من الجسم والصورة؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

ولما كانت

$$d_o = d_i$$

لأن

$$m = \frac{-d_i}{d_o}$$

و

$$m = -1$$

لذا فإن

$$\frac{1}{f} = \frac{2}{d_i}$$

$$d_i = 2f$$

$$= 2(25 \text{ mm})$$

$$= 5.0 \times 10^1 \text{ mm}$$

$$d_o = d_i$$

$$= 5.0 \times 10^1 \text{ mm}$$

صفحة 139

15. إذا وضعت صحيفة على بُعد 6.0 cm من عدسة محدبة بعدها البؤري 20.0 cm فأوجد بُعد الصورة المتكوّنة لها.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

لذا فإن

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(6.0 \text{ cm})(20.0 \text{ cm})}{6.0 \text{ cm} - 20.0 \text{ cm}}$$

$$= -8.6 \text{ cm}$$

مراجعة القسم

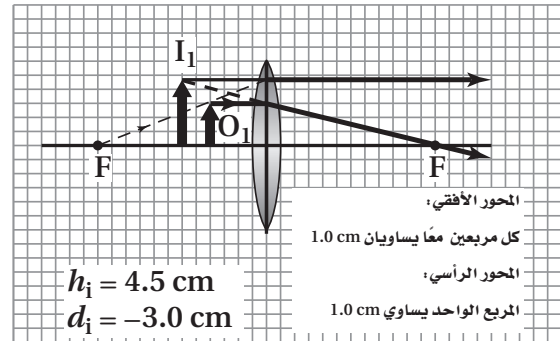
11-2 العدسات المحدبة والمقعرة (صفحة 141-134)

صفحة 141

18. التكبير تُستخدم العدسات المكبرة عادة لتكوين صور أكبر من الأجسام، ولكنها أيضًا يمكن أن تكون صورًا أصغر من الأجسام. وضح ذلك.

إذا كان موقع الجسم على بُعد أكبر من ضعف البعد البؤري من العدسة، يكون حجم الصورة أصغر من حجم الجسم.

19. بُعد الصورة وطولها وضع جسم طوله 3.0 cm على بُعد 2.0 cm من عدسة محدبة بعدها البؤري 6.0 cm. ارسم مخطط الأشعة لتحديد موقع الصورة وطولها، واستخدم معادلة العدسة الرقيقة ومعادلة التكبير للتحقق من إجابتك.



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(2.0 \text{ cm})(6.0 \text{ cm})}{2.0 \text{ cm} - 6.0 \text{ cm}}$$

$$= -3.0 \text{ cm}$$

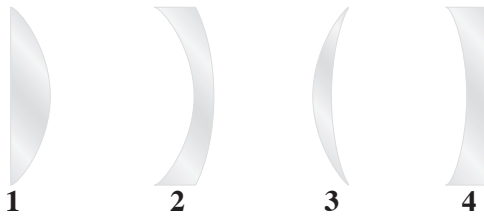
$$m \equiv \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(-3.0 \text{ cm})(3.0 \text{ cm})}{2.0 \text{ cm}}$$

$$= 4.5 \text{ cm}$$

20. أنواع العدسات يبين الشكل 16-11 المقطع العرضي لأربع عدسات رقيقة. أي هذه العدسات:



الشكل 16-11 ■

a. محدبة؟

العدستان 1 و 3

b. مقعرة؟

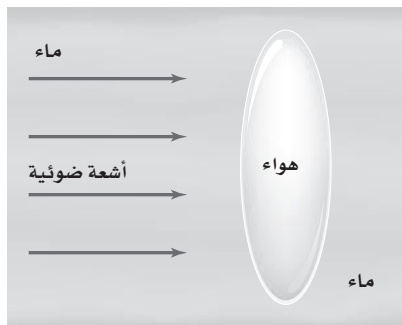
العدستان 2 و 4

21. الزوغان اللوني للعدسات البسيطة كلها زوغان لوني. فسر ذلك. لماذا لا ترى هذا الأثر عندما تنظر خلال الميكروسكوب (المجهر)؟

تستخدم الأدوات البصرية الدقيقة جميعها مجموعة من العدسات تسمى العدسات اللاطونية لتقليل الزوغان اللوني.

22. الزوغان اللوني إذا سمحت لضوء أبيض بالمرور من خلال عدسة محدبة إلى شاشة، وضبطت المسافة بين الشاشة والعدسة لتجمع اللون الأحمر، ففي أي اتجاه يجب أن تحرك الشاشة لتجمع الضوء الأزرق؟
أقرب إلى العدسة.

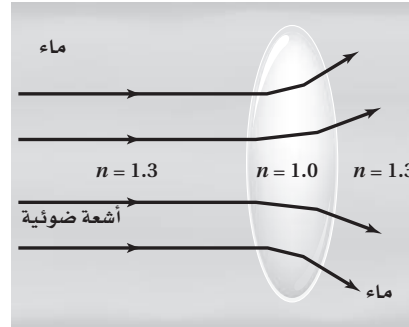
23. التفكير الناقد تتكون عدسة هوائية، موضوعة في خزان ماء من زجاجتي ساعة. انقل الشكل 17-11 إلى دفترتك، وارسم تأثير هذه العدسة في أشعة الضوء المتوازية الساقطة عليها.



الشكل 17-11 ■

تابع الفصل 11

ستتباع أشعة الضوء



28. البعد البؤري افترض أنك ركزت آلة التصوير التي لديك على شخص يبعد 2 m، ثم أردت أن تركزها على شجرة أبعد من ذلك، فهل يتعين عليك أن تحرك العدسة قريباً من الفيلم أم بعيداً عنه؟

أقرب إلى الفيلم؛ تكون الصور الحقيقية دائماً أبعد من البعد البؤري. كلما زاد بُعد الجسم عن العدسة كانت الصورة أقرب إلى البؤرة.

29. التفكير الناقد عندما تستخدم التكبير الأقصى في المجهر فإن الصورة تكون معتمة أكثر منها في حالة التكبير الأقل. ما الأسباب المحتملة لتكوين الصورة المعتمة؟ وما الذي يمكن أن تفعله للحصول على صورة أوضح؟
لأنك تستفيد من الضوء الذي يسقط على مساحة صغيرة من الجسم، ويمكن استخدام مصباح أكثر سطوعاً.

مراجعة القسم

11-3 تطبيقات العدسات (صفحة 142-145)

صفحة 145

24. الانكسار فسر لماذا تعدّ القرنية عنصر التجميع الرئيس للأشعة في العين؟

إن الفرق بين معاملي انكسار الهواء والقرنية أكبر من أي فرق تواجهه أشعة الضوء عندما تنتقل نحو الشبكية.

25. أنواع العدسات أي العدسات المحدبة أم المقعرة ينبغي أن يستخدمها الشخص المصاب بقصر النظر؟ وأيها ينبغي أن يستخدمها الشخص المصاب بطول النظر؟

يجب أن يستخدم الشخص المصاب بقصر النظر عدسة مقعرة، أما الشخص المصاب بطول النظر فيستخدم عدسة محدبة.

26. الصورة لماذا تكون الصورة المُشاهدة في التلسكوب مقلوبة؟ بعد أن يمر الضوء من خلال العدسة الشيئية، تتقاطع الأشعة مشكّلة صورة مقلوبة. وتحتفظ العدسة العينية بهذا الاتجاه عندما تستخدم الصورة بوصفها جسماً لها.

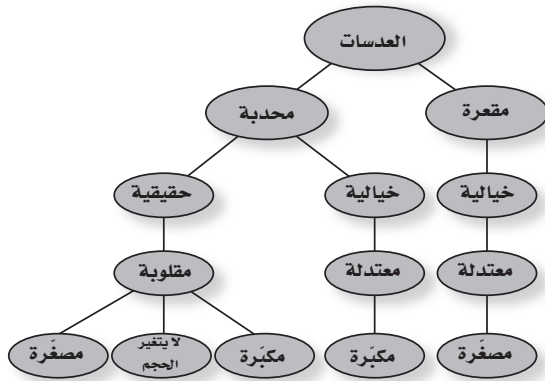
27. المنشور ما المزايا الثلاث لاستخدام المنشورين في المنظار يؤدي المنشوران إلى زيادة طول مسار الضوء لجعل المنظار مضغوطاً بصورة أكثر (أقصر)، ويؤديان كذلك إلى انقلاب أشعة الضوء بحيث يرى المشاهد صورة معتدلة، وزيادة المسافة الفاصلة بين العدستين الشبئيتين مما يحسن من الرؤية الثلاثية الأبعاد للجسم.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 150

30. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: مقلوبة، مكبرة، مصغرة، خيالية.



تابع الفصل 11

إتقان المفاهيم

صفحة 150

37. ما الحالة التي يكون عندها البعد البؤري للعين قصيرًا جدًا بحيث لا يمكنه تجميع الضوء على الشبكية؟ (11-3) قصر النظر.

38. ما طبيعة الصورة المتكوّنة بالعدسة الشيئية في المنظار الفلكي الكاسر؟ (11-3) صورة حقيقية، مقلوبة.

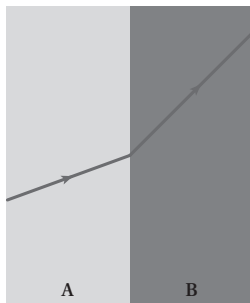
39. لماذا تعد زيادة المسافة بين العدستين الشيئيتين في المنظار أمرًا نافعًا؟ (11-3) يعمل ذلك على تحسين المشاهدة الثلاثية الأبعاد.

40. ما الغرض من المرآة العاكسة في آلة التصوير؟ (11-3) تعمل المرآة العاكسة على انحراف الصورة في اتجاه المنشور بحيث يمكن مشاهدتها قبل التقاط الصورة الفوتوجرافية. عند الضغط على مفتاح نافذة آلة التصوير فإن المرآة العاكسة تبتعد لتركز العدسة الصورة على سطح الفيلم أو على كاشف تصويري آخر.

تطبيق المفاهيم

صفحة 150-151

41. أي المادتين، A، أم B، في الشكل 11-24 لها معامل انكسار أكبر؟ وضح ذلك.



الشكل 11-24 ■

الزاوية في المادة A أقل، لذا يكون معامل انكسارها أكبر.

42. كيف يتغير مقدار الزاوية الحرجة مع زيادة معامل الانكسار؟ كلما زاد معامل انكسار المادة قلت الزاوية الحرجة.

31. قارن زاوية السقوط بزاوية الانكسار عندما ينتقل شعاع الضوء من الزجاج إلى الهواء بزاوية لا تساوي صفرًا؟ (11-1) تكون زاوية السقوط في الزجاج أقل من زاوية الانكسار في الهواء؛ لأن معامل انكسار الهواء أقل.

32. على الرغم من أن الضوء القادم من الشمس ينكسر في أثناء مروره في الغلاف الجوي للأرض، إلا أن الضوء لا يتحلل إلى طيفه. فلماذا يشير هذا بالنسبة لسرعات الألوان المختلفة للضوء المنكسرة في الهواء؟ (11-1) تنتقل ألوان الضوء المختلفة في الهواء بالسرعة نفسها.

33. فسر لماذا يبدو القمر أحمر اللون في أثناء الخسوف؟ (11-1) تحجب الأرض أشعة الشمس عن القمر في أثناء خسوف القمر، إلا أن الغلاف الجوي للأرض يسبب انكسار أشعة الشمس ويغير مسارها لتسقط في اتجاه القمر. ولما كان الطول الموجي للضوء الأزرق يتشتت أكثر فإن الضوء الأحمر يصل إلى القمر وينعكس عنه في اتجاه الأرض.

34. ما العامل الذي يحدّد موقع البؤرة للعدسة، غير تقوّس سطح العدسة؟ (11-2) يحدد أيضًا معامل انكسار المادة التي صنعت منها العدسة موقع بؤرتها.

35. عند عرض صورة بواسطة آلة عرض الأفلام على شاشة فإن الفيلم يوضع بين F و $2F$ لعدسة مجمّعة. ويُنتج هذا الترتيب صورة مقلوبة، فلماذا يظهر مشهد الفيلم معتدلاً عندما يعرض الفيلم؟ (11-2)

يحتوي النظام البصري لآلة العرض على عدسة أخرى لقلب الصورة مجددًا فتصبح الصورة معتدلة نتيجة ذلك مقارنة بالجسم الأصلي. أو توضع الشرائح بصورة مقلوبة بالنسبة إلى وضعها الأصلي.

36. وضح لماذا تستخدم الآلات البصرية الدقيقة العدسات اللاونية؟ (11-2)

للعدسات جميعها زوغان لوني، مما يعني انحراف أطوال موجية مختلفة من الضوء بزاويا مختلفة قليلًا عند أطرافها، وتكون العدسة اللاونية مكونة من عدستين أو أكثر ولها معاملات انكسار بقيم مختلفة لتعمل على تقليل هذا الأثر.

تابع الفصل 11

الموجية المختلفة للضوء لسرعات مختلفة في العدسة، وتنكسر بزوايا مختلفة بدرجات قليلة)، ولا يعتمد الانعكاس في المرايا على الطول الموجي.

47. يكون بؤبؤ العينين صغيراً عندما تتعرض لضوء الشمس الساطع مقارنة بالتعرض لضوء خافت، وضح لماذا تستطيع عينك تجميع الضوء بشكل أفضل في الضوء الساطع؟ تعمل العيون على تجميع الضوء الساطع بشكل أفضل؛ لأن الأشعة المنكسرة بزوايا أكبر تزال بواسطة القرنية؛ لذا تتجمع الأشعة عند مدى زوايا أصغر، ويكون الزوجان الكروي أقل.

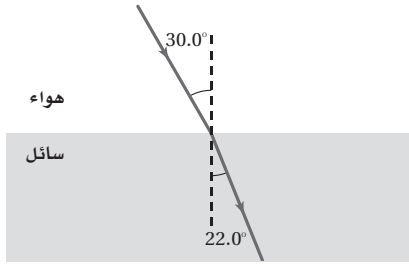
إتقان حل المسائل

صفحة 151–152

11–1 انكسار الضوء

صفحة 151–152

48. ينتقل شعاع ضوء من الهواء إلى سائل ما، كما في الشكل 11–25، حيث يسقط الشعاع على السائل بزاوية 30.0° ، وينكسر بزاوية 22.0° .



الشكل 11–25 ■

a. احسب معامل انكسار السائل باستخدام قانون سنل.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$n_2 = \frac{n_1 \sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

$$= \frac{(1.00)(\sin 30.0^\circ)}{\sin 22.0^\circ}$$

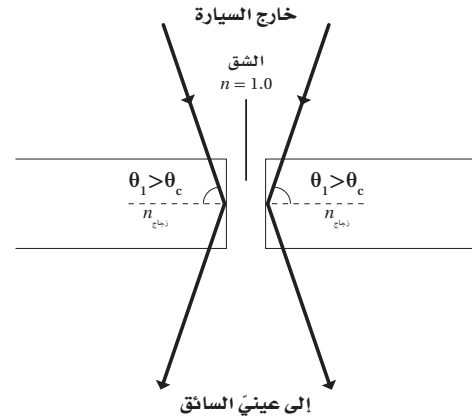
$$= 1.33$$

b. قارن معامل الانكسار الذي حسبته بالقيم الموجودة في الجدول 11–1، وماذا يمكن أن يكون هذا السائل؟

الماء

49. يسقط شعاع ضوئي على زجاج مسطح لأحد جوانب حوض سمك، بزاوية مقدارها 40° بالنسبة للعمود المقام. فإذا علمت أن معامل انكسار الزجاج $n = 1.5$ ، فاحسب مقدار:

43. الزجاج الأمامي المتشق إذا نظرت خلال زجاج سيارة متشق فإنك ترى خطأ فضيلاً على امتداد الشق، حيث يكون الزجاج منفصلاً عنده، وهناك هواء في الشق. ويشير هذا الخط الفضلي إلى أن الضوء ينعكس عن الشق. ارسم مخطط أشعة لتفسير سبب حدوث هذا. وما الظاهرة التي يمثلها؟ يبين هذا انعكاس الضوء عند زوايا أكبر من الزاوية الحرجة؛ أي حدوث انعكاس كلي داخلي.



44. قوس المطر لماذا لا تستطيع رؤية قوس المطر في السماء جنوباً إذا كنت في نصف الكرة الأرضية الشمالي؟ وإذا كنت في نصف الكرة الأرضية الجنوبي فإلى أي اتجاه يجب أن تنظر لترى قوس المطر؟

تستطيع رؤية قوس المطر عندما تأتي أشعة الشمس من خلفك بزاوية لا تزيد على 42° مع الأفقي فقط. وعندما تواجه الجنوب في نصف الكرة الشمالي فإن الشمس لا تكون خلفك مطلقاً عند زاوية 42° أو أقل. ولن ترى مطلقاً قوس المطر في السماء شمالاً عند وجودك في النصف الجنوبي للكرة، حيث يمكنك رؤية قوس المطر عندما تكون الشمس خلفك عند الزاوية 42° .

45. يستخدم سباح عدسة مكبرة لمشاهدة جسم صغير في قاع بركة سباحة، واكتشف أنها لا تكبر الجسم بشكل جيد، فسر لماذا لا تعمل العدسة المكبرة في الماء كما كانت تعمل في الهواء.

يكون التكبير في الماء أقل كثيراً من التكبير في الهواء. لأن الاختلاف في معاملي انكسار الماء والزجاج أقل كثيراً من الاختلاف بين معاملي انكسار الهواء والزجاج.

46. لماذا يكون هنالك زوجان لوني للضوء المار خلال عدسة، في حين لا يكون للضوء الذي ينعكس عن مرآة زوجان لوني؟ يعزى الزوجان اللوني للعدسات إلى تشتت الضوء (للأطوال

تابع الفصل 11

a. زاوية انكسار الضوء في الزجاج.

$$n_{\text{الماء}} \sin \theta_{\text{الماء}} = n_{\text{البلاستيك}} \sin \theta_{\text{البلاستيك}}$$

$$\begin{aligned} \theta_{\text{البلاستيك}} &= \sin^{-1} \left(\frac{n_{\text{الماء}} \sin \theta_{\text{الماء}}}{n_{\text{البلاستيك}}} \right) \\ &= \sin^{-1} \left(\frac{(1.33)(\sin 35.0^\circ)}{1.500} \right) \\ &= 30.57^\circ \end{aligned}$$

$$n_{\text{الهواء}} \sin \theta_{\text{الهواء}} = n_{\text{الزجاج}} \sin \theta_{\text{الزجاج}}$$

$$\begin{aligned} \theta_{\text{الزجاج}} &= \sin^{-1} \left(\frac{n_{\text{الهواء}} \sin \theta_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الزجاج}}} \right) \\ &= \sin^{-1} \left(\frac{(1.00)(\sin 40.0^\circ)}{1.50} \right) \\ &= 25.4^\circ \end{aligned}$$

b. زاوية انكسار الضوء في الماء.

$$n_{\text{البلاستيك}} \sin \theta_{\text{البلاستيك}} = n_{\text{الهواء}} \sin \theta_{\text{الهواء}}$$

$$\begin{aligned} \theta_{\text{الهواء}} &= \sin^{-1} \left(\frac{n_{\text{البلاستيك}} \sin \theta_{\text{البلاستيك}}}{n_{\text{الهواء}}} \right) \\ &= \sin^{-1} \left(\frac{(1.500)(\sin 30.57^\circ)}{1.00} \right) \\ &= 49.7^\circ \end{aligned}$$

$$n_{\text{الزجاج}} \sin \theta_{\text{الزجاج}} = n_{\text{الماء}} \sin \theta_{\text{الماء}}$$

$$\begin{aligned} \theta_{\text{الماء}} &= \sin^{-1} \left(\frac{n_{\text{الزجاج}} \sin \theta_{\text{الزجاج}}}{n_{\text{الماء}}} \right) \\ &= \sin^{-1} \left(\frac{(1.50)(\sin 25.4^\circ)}{1.33} \right) \\ &= 28.9^\circ \end{aligned}$$

50. ارجع إلى الجدول 1-11، واستخدم معامل انكسار الألماس

لحساب سرعة الضوء فيه.

$$n = \frac{c}{v}$$

$$\begin{aligned} v_{\text{الألماس}} &= \frac{c}{n_{\text{الألماس}}} \\ &= \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{2.42} \\ &= 1.24 \times 10^8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

51. ارجع إلى الجدول 1-11، وأوجد الزاوية الحرجة للألماس

في الهواء.

$$\begin{aligned} \theta_{\text{الألماس/الهواء}} &= \sin^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \\ &= \sin^{-1} \left(\frac{1.00}{2.42} \right) \\ &= 24.4^\circ \end{aligned}$$

52. حوض سمك استخدمت صفيحة سميكة من البلاستيك

$n = 1.500$ ، في صنع حوض سمك، فإذا انعكس ضوء عن

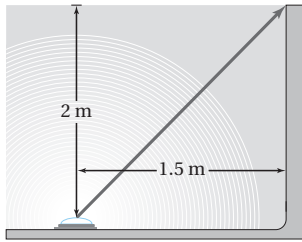
سمكة موجودة في الماء وسقط على صفيحة البلاستيك

بزاوية 35.0° ، فما مقدار الزاوية التي سيخرج فيها الضوء

إلى الهواء؟

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

53. وضع مصدر ضوء في قاع حوض سباحة على عمق 2.0 m من سطح الماء ويبعد عن طرف الحوض 1.5 m كما في الشكل 11-26. وكان الحوض مملوءًا بالماء إلى قمته.



الشكل 11-26 ■

a. ما مقدار الزاوية التي يصل فيها الضوء طرف المسبح خارجًا من الماء؟

$$\begin{aligned} \theta_i &= \tan^{-1} \left(\frac{1.5 \text{ m}}{2.0 \text{ m}} \right) \\ &= 37^\circ \end{aligned}$$

لإيجاد الزاوية في الهواء

$$n_{\text{الهواء}} \sin \theta_{\text{الهواء}} = n_{\text{الماء}} \sin \theta_{\text{الماء}}$$

$$\begin{aligned}
 \theta_{\text{الهواء}} &= \sin^{-1} \left(\frac{n_{\text{الماء}} \sin \theta}{n_{\text{الهواء}}} \right) \\
 &= \sin^{-1} \left(\frac{(1.33)(\sin 37^\circ)}{1.00} \right) \\
 &= 53^\circ
 \end{aligned}$$

b. هل تؤدي رؤية الضوء بهذه الزاوية إلى ظهوره بشكل أعمق أم أقل عمقاً مما هو عليه في الواقع؟

$$\begin{aligned}
 \tan 53^\circ &= \frac{\text{الضلع المقابل}}{\text{الضلع المجاور}} \\
 \text{الضلع المجاور} &= \frac{\text{الضلع المقابل}}{\tan 53^\circ} \\
 &= \frac{1.5 \text{ m}}{\tan 53^\circ} \\
 &= 1.1 \text{ m, أقل عمقاً}
 \end{aligned}$$

54. إذا كانت سرعة الضوء في بلاستيك شفاف $1.90 \times 10^8 \text{ m/s}$. وسقط شعاع ضوء على البلاستيك بزاوية 22.0° ، فما مقدار الزاوية التي ينكسر بها الشعاع؟

$$\begin{aligned}
 n_{\text{الهواء}} \sin \theta_{\text{الهواء}} &= n_{\text{البلاستيك}} \sin \theta_{\text{البلاستيك}} \\
 n_{\text{البلاستيك}} &= \frac{c}{v_{\text{البلاستيك}}}
 \end{aligned}$$

لذا فإن

$$\begin{aligned}
 n_{\text{الهواء}} \sin \theta_{\text{الهواء}} &= \frac{c}{v_{\text{البلاستيك}}} \sin \theta_{\text{البلاستيك}} \\
 \sin \theta_{\text{البلاستيك}} &= \frac{v_{\text{البلاستيك}} n_{\text{الهواء}} \sin \theta_{\text{الهواء}}}{c} \\
 \theta_{\text{البلاستيك}} &= \sin^{-1} \left(\frac{v_{\text{البلاستيك}} n_{\text{الهواء}} \sin \theta_{\text{الهواء}}}{c} \right) \\
 &= \sin^{-1} \left(\frac{(1.90 \times 10^8 \text{ m/s})(1.00)(\sin 22.0^\circ)}{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}} \right) \\
 &= 13.7^\circ
 \end{aligned}$$

55. إذا وضع جسم على بُعد 10.0 cm من عدسة مجمعة بعدها البؤري 5.00 cm، فعلى أي بُعد من العدسة تتكوّن الصورة؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(10.0 \text{ cm})(5.00 \text{ cm})}{10.0 \text{ cm} - 5.00 \text{ cm}}$$

$$= 10.0 \text{ cm}$$

56. إذا أردنا استخدام عدسة محدبة لتكوّن صورة حجمها يساوي 0.75 من حجم الجسم، وأن تكون الصورة على بُعد 24 cm من الجانب الآخر للعدسة، فما البعد البؤري للعدسة الذي يحقق ذلك؟

$$m \equiv \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$d_o = \frac{-d_i}{m}$$

$$= \frac{-(24 \text{ cm})}{-0.75}$$

$$= 32 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(32 \text{ cm})(24 \text{ cm})}{32 \text{ cm} + 24 \text{ cm}}$$

$$= 14 \text{ cm}$$

تابع الفصل 11

57. وضع جسم طوله 3.0 cm على بُعد 15 cm أمام عدسة مجمّعة، فتكوّنت له صورة حقيقية على بُعد 10 cm من العدسة.
a. ما البعد البؤري للعدسة؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(15 \text{ cm})(10 \text{ cm})}{15 \text{ cm} + 10 \text{ cm}}$$

$$= 6.0 \text{ cm}$$

b. إذا استُبدلت العدسة الأصلية، ووُضع مكانها عدسة أخرى لها ضعف البعد البؤري، فحدّد موقع الصورة وطولها واتجاهها.

$$f_{\text{الجديدة}} = 2f$$

$$= 2(6.0 \text{ cm})$$

$$= 12 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_{i, \text{الجديدة}} = \frac{d_o f_{\text{الجديدة}}}{d_o - f_{\text{الجديدة}}}$$

$$= \frac{(15 \text{ cm})(12 \text{ cm})}{15 \text{ cm} - 12 \text{ cm}}$$

$$= 60 \text{ cm}$$

$$h_{i, \text{الجديدة}} = \frac{-d_{i, \text{الجديدة}} h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(60 \text{ cm})(3.0 \text{ cm})}{15 \text{ cm}}$$

$$= -12 \text{ cm}$$

الصورة مقلوبة مقارنة بالجسم

تابع الفصل 11

58. وضع جسم بالقرب من عدسة مفرقة بعدها البؤري 15 cm، فتكوّنت له صورة طولها 2.0 cm على بُعد 5.0 cm من العدسة.

a. ما بُعد الجسم عن العدسة؟ وما طولها؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_o = \frac{d_i f}{d_i - f}$$

$$= \frac{(-5.0 \text{ cm})(-15 \text{ cm})}{-5.0 \text{ cm} - (-15 \text{ cm})}$$

$$= 7.5 \text{ cm}$$

$$m \equiv \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_o = \frac{-d_o h_i}{d_i}$$

$$= \frac{-(7.5 \text{ cm})(2.0 \text{ cm})}{-5.0 \text{ cm}}$$

$$= 3.0 \text{ cm}$$

b. إذا استبدلت العدسة المفرقة، ووضع مكانها عدسة مجمعة لها البعد البؤري نفسه في موقع الصورة وطولها واتجاهها؟ وهل هي خيالية أم حقيقية؟

$$f_{\text{الجديدة}} = -f$$

$$= -(-15.0 \text{ cm})$$

$$= 15.0 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f_{\text{الجديدة}}} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_{\text{الجديدة}}}$$

$$d_{\text{الجديدة}} = \frac{d_o f_{\text{الجديدة}}}{d_o - f_{\text{الجديدة}}}$$

$$= \frac{(7.5 \text{ cm})(15 \text{ cm})}{7.5 \text{ cm} - 15 \text{ cm}}$$

$$= -15 \text{ cm}$$

$$m \equiv \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_{\text{الجديدة}} = \frac{-d_{\text{الجديدة}} h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(-15 \text{ cm})(3.0 \text{ cm})}{7.5 \text{ cm}}$$

$$= 6.0 \text{ cm}$$

موقع الصورة: 15 cm، طول الصورة: 6.0 cm، وتكون الصورة معتدلة مقارنةً بالجسم وخيالية.

11-3 تطبيقات العدسات

صفحة 152

59. النظارات يجب أن يكون الكتاب على بُعد 25 cm من العين لقراءته بوضوح. فإذا كان هناك فتاة تعاني من طول النظر، وتحتاج إلى أن يكون الكتاب على بُعد 45 cm من عينيها لقراءته بوضوح، فما البعد البؤري اللازم لعدستي نظارتها؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

وعليه، فإن

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(25 \text{ cm})(-45 \text{ cm})}{25 \text{ cm} + (-45 \text{ cm})}$$

$$= 56 \text{ cm}$$

60. آلة نسخ البعد البؤري للعدسة المحدبة الخاصة بآلة نسخ يساوي 25.0 cm. فإذا وضعت رسالة على بُعد 40.0 cm من العدسة لنسخها

a. فعلى أي بُعد من العدسة يجب أن تكون ورقة النسخ؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(40.0 \text{ cm})(25.0 \text{ cm})}{40.0 \text{ cm} - 25.0 \text{ cm}}$$

$$= 66.7 \text{ cm}$$

تابع الفصل 11

b. ما تكبير ورقة النسخ؟

$$\begin{aligned}\frac{h_i}{h_o} &= \frac{-d_i}{d_o} \\ h_i &= \frac{-d_i h_o}{d_o} = \frac{-(66.7 \text{ cm})(h_o)}{40.0 \text{ cm}} \\ &= -1.67 h_o\end{aligned}$$

تكون الورقة المنسوخة مكبرة ومقلوبة.

61. الميكروسوب (المجهر) وضعت شريحة من خلايا البصل على بُعد 12 mm من عدسة المجهر الشيئية، فإذا كان البعد البؤري لهذه العدسة 10.0 mm:

a. فما بُعد الصورة المتكوّنة عن العدسة؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

لذا فإن

$$\begin{aligned}d_i &= \frac{d_o f}{d_o - f} \\ &= \frac{(12 \text{ mm})(10.0 \text{ mm})}{12 \text{ mm} - 10.0 \text{ mm}} \\ &= 6.0 \times 10^1 \text{ mm}\end{aligned}$$

b. ما تكبير هذه الصورة؟

$$m_o = \frac{-d_i}{d_o} = \frac{-6.0 \times 10^1 \text{ mm}}{12 \text{ mm}} = -5.0$$

c. تتكوّن الصورة الحقيقية على بُعد 10.0 mm تحت العدسة العينية. فإذا كان بعدها البؤري 20.0 mm فما موقع الصورة النهائية؟

$$\begin{aligned}\frac{1}{f} &= \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o} \\ d_i &= \frac{d_o f}{d_o - f} \\ &= \frac{(10.0 \text{ mm})(20.0 \text{ mm})}{10.0 \text{ mm} - 20.0 \text{ mm}} \\ &= -20.0 \text{ mm}\end{aligned}$$

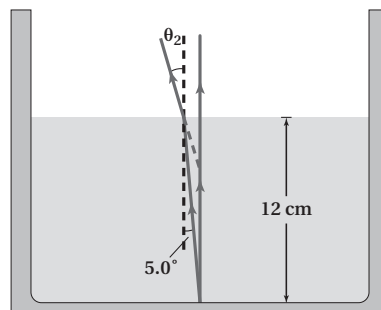
أو

$$= 20.0 \text{ mm أسفل العدسة العينية}$$

d. ما التكبير النهائي لهذا النظام المركّب؟

$$\begin{aligned}m_e &= \frac{-d_i}{d_o} = \frac{-(-20.0 \text{ mm})}{10.0 \text{ mm}} = 2.00 \\ m_{\text{النهائي}} &= m_o m_e = (-5.0)(2.00) \\ &= -1.0 \times 10^1\end{aligned}$$

62. العمق الظاهري ينعكس ضوء الشمس من قاع حوض سمك وينتشر في جميع الاتجاهات. ويوضح الشكل 11-27 شعاعين من هذه الأشعة المنعكسة من نقطة في قاع الحوض ينتقلان إلى السطح، فتتكسر الأشعة في الهواء كما هو مبين. إن امتداد الخط الأحمر المتقطع إلى الخلف، من شعاع الضوء المنكسر هو خط النظر الذي يتقاطع مع الشعاع الرأسي عند الموقع الذي سيرى فيه المشاهد صورة قاع الحوض.



الشكل 11-27 ■

a. أوجد زاوية انكسار الشعاع في الهواء.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\begin{aligned} \theta_2 &= \sin^{-1} \left(\frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2} \right) \\ &= \sin^{-1} \left(\frac{(1.33)(\sin 5.0^\circ)}{1.0} \right) \\ &= 6.7^\circ \end{aligned}$$

b. على أي عمق سيبدو قاع الحوض عندما تنظر إلى الماء؟ اقسم العمق الظاهري على العمق الحقيقي وقارن هذه النسبة بمعامل الانكسار.

باستخدام هندسة المثلث القائم الزاوية

$$(\tan \theta_2)(\text{العمق الظاهري}) = (\tan \theta_1)(\text{العمق الحقيقي})$$

$$\begin{aligned} \text{العمق الظاهري} &= (12 \text{ cm}) \left(\frac{\tan 5.0^\circ}{\tan 6.7^\circ} \right) \\ &= 8.9 \text{ cm} \end{aligned}$$

تتلاقى الأشعة المنكسرة على عمق 8.9 cm أسفل سطح الماء، وهذا هو العمق الظاهري. وبقسمة العمق الظاهري على العمق الحقيقي نحصل على

$$\frac{\text{العمق الظاهري}}{\text{العمق الحقيقي}} = \frac{8.9 \text{ cm}}{12 \text{ cm}} = 0.74$$

وبقسمة معاملي انكسار الوسطين نحصل على

$$\frac{n_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الماء}}} = \frac{1.0}{1.33} = 0.75$$

أي أن

$$\frac{\text{العمق الظاهري}}{\text{العمق الحقيقي}} = \frac{n_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الماء}}}$$

تابع الفصل 11

66. اشتق العلاقة $n = \sin \theta_1 / \sin \theta_2$ من الصيغة العامة لقانون سنل في الانكسار $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$. واذكر الافتراضات والمحددات.

يجب أن تكون زاوية السقوط في الهواء، فإذا اعتبرنا أن المادة الأولى هي الهواء فعندئذ تكون $n_1 = 1.0$ ، دع $n_2 = n$ ، لذا فإن

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_1 = n \sin \theta_2$$

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = n$$

67. الفلك كم دقيقة إضافية يستغرق وصول الضوء من الشمس إلى الأرض إذا امتلأ الفضاء بينهما بالماء بدلاً من الفراغ؟ علماً بأن بُعد الشمس عن الأرض 1.5×10^8 km. الزمن خلال الفراغ:

$$\begin{aligned} t &= \frac{d}{c} \\ &= \frac{(1.5 \times 10^8 \text{ km})(1000 \text{ m/1 km})}{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}} \\ &= 5.0 \times 10^2 \text{ s} \end{aligned}$$

السرعة في الماء:

$$\begin{aligned} v &= \frac{c}{n} \\ &= \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.33} \\ &= 2.26 \times 10^8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

الزمن خلال الماء:

$$\begin{aligned} t &= \frac{d}{v} \\ &= \frac{(1.5 \times 10^8 \text{ km})(1000 \text{ m/1 km})}{2.26 \times 10^8 \text{ m/s}} \\ &= 660 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\Delta t = 660 \text{ s} - 500 \text{ s}$$

$$= 160 \text{ s}$$

$$= (160 \text{ s})(1 \text{ min}/60 \text{ s})$$

$$= 2.7 \text{ min}$$

63. إذا كانت الزاوية الحرجة لقلب زجاجي 45° فما معامل انكساره؟

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_1 = \frac{n_2}{\sin \theta_c}$$

بالنسبة إلى الهواء، $n_2 = 1.00$

$$n_1 = \frac{1.00}{\sin 45.0^\circ}$$

$$= 1.41$$

64. أوجد سرعة الضوء في حجر ثالث أكسيد الأنتموني (antimony trioxide)، إذا كان معامل انكساره 2.35.

$$n = \frac{c}{v}$$

$$\begin{aligned} v &= \frac{c}{n} \\ &= \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{2.35} \\ &= 1.28 \times 10^8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

65. وضع جسم طوله 3 cm على بُعد 20 cm أمام عدسة مجمعة. فتكوّن له صورة حقيقية على بُعد 10 cm من العدسة. ما البعد البؤري للعدسة؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

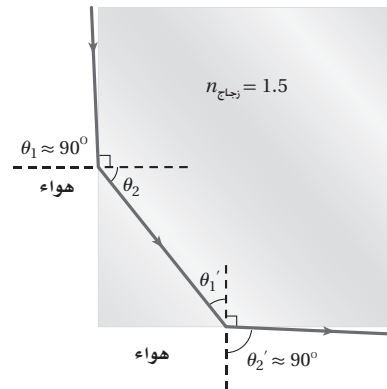
$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(20 \text{ cm})(10 \text{ cm})}{20 \text{ cm} + 10 \text{ cm}}$$

$$= 7 \text{ cm}$$

تابع الفصل 11

68. من غير الممكن الرؤية من خلال الجوانب المتجاورة لقوالب مربعة الشكل من زجاج معامل انكساره 1.5، حيث يؤثر الجانب المجاور للجانب الذي ينظر من خلاله مراقب كأنه مرآة. ويمثل الشكل 11-28 الحالة المحددة لجانب مجاور لا يؤثر كأنه مرآة. استخدم معلوماتك في الهندسة، والزوايا الحرجة، لتثبت أن هيئة هذا الشعاع لا يمكن تحقيقها عندما تكون $n_{\text{الزجاج}} = 1.5$.



الشكل 11-28 ■

يدخل شعاع الضوء الزجاج بزاوية θ_1 ، وينكسر بالزاوية θ_2

$$\begin{aligned}\theta_2 &= \sin^{-1} \left(\frac{n_{\text{الهواء}} \sin \theta_1}{n_{\text{الزجاج}}} \right) \\ &= \sin^{-1} \left(\frac{(1.00)(\sin 90^\circ)}{1.5} \right) \\ &= 42^\circ\end{aligned}$$

لذا فإن $\theta'_1 = 48^\circ$ ، ولكن الزاوية الحرجة للزجاج هي:

$$\begin{aligned}\theta_c &= \sin^{-1} \left(\frac{n_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الزجاج}}} \right) \\ &= \sin^{-1} \left(\frac{1.00}{1.5} \right)\end{aligned}$$

$$= 42^\circ$$

ولما كانت $\theta'_1 > \theta_c$ ، فإن الضوء ينعكس داخل الزجاج، ولا يمكن للمرء رؤية الخارج من الجانب المجاور.

التفكير الناقد

صفحة 153-154

69. إدراك العلاقة المكانية ينتقل ضوء أبيض في هواء معامل انكساره 1.0003، ويدخل شريحة زجاجية بزاوية سقوط 45° . فإذا كان معامل انكسار الزجاج الصواني الكثيف يساوي 1.7708 للضوء الأزرق، ويساوي 1.7273 للضوء الأحمر، فما مقدار زاوية الانكسار (التشتت) التي ينحصر فيها الطيف المرئي؟ علماً بأن الطول الموجي للضوء الأزرق 435.8 nm والطول الموجي للضوء الأحمر 643.8 nm.

احسب زاويتي الانكسار للضوء الأحمر والضوء الأزرق، ثم احسب الفرق بين الزاويتين:

باستخدام قانون سنل:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

لذا فإن

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2} \right)$$

للضوء الأحمر:

$$\begin{aligned}\theta_2 &= \sin^{-1} \left(\frac{(1.0003)(\sin 45.000^\circ)}{1.7273} \right) \\ &= 24.173^\circ\end{aligned}$$

للضوء الأزرق:

$$\begin{aligned}\theta_2 &= \sin^{-1} \left(\frac{(1.0003)(\sin 45.000^\circ)}{1.7708} \right) \\ &= 23.543^\circ\end{aligned}$$

الفرق:

$$24.173^\circ - 23.543^\circ = 0.630^\circ$$

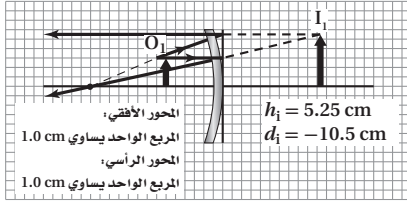
70. قارن أوجد الزاوية الحرجة للجليد الذي معامل انكساره 1.31. في المناطق الباردة جداً، هل تكون أسلاك الألياف الضوئية المصنوعة من الجليد أفضل من تلك المصنوعة من الزجاج لحفظ الضوء داخل السلك؟ وضح ذلك.

$$\theta_c = \sin^{-1} \left(\frac{n_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الجليد}}} \right) = \sin^{-1} \left(\frac{1.00}{1.31} \right)$$

$$= 49.8^\circ$$

تابع الفصل 11

75. مرآة التجميل وضعت شمعة طولها 3.00 cm على بُعد 6.00 cm أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 14.0 cm. أوجد موقع صورة الشمعة وطولها بواسطة ما يلي: (الفصل 10)
- a. رسم مخطط الأشعة بمقياس رسم.



- b. معادلتى المرايا والتكبير.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(6.00 \text{ cm})(14.0 \text{ cm})}{6.00 \text{ cm} - 14.0 \text{ cm}}$$

$$= -10.5 \text{ cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

$$= \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(-10.5 \text{ cm})(3.00 \text{ cm})}{6.00 \text{ cm}}$$

$$= 5.25 \text{ cm}$$

الزاوية الحرجة 49.8° وعند المقارنة فإن الزاوية الحرجة للزجاج الذي معامل انكساره 1.54 تساوي 40.5° . والزاوية الحرجة الكبيرة تعني أنه سيحدث انعكاس كلي داخلي لكمية أقل من الأشعة في قلب الجليد مقارنة بتلك التي سيحدث عندها انعكاس كلي داخلي في قلب الزجاج؛ لذا فإنها لن تكون قادرة على نقل كمية ضوء أكبر. ومن ثم فإن الألياف البصرية المصنوعة من الزجاج ستعمل بشكل أفضل.

71. التفكير الناقد تستخدم عدسة لعرض صورة جسم على شاشة. افترض أنك غطيت النصف الأيمن من العدسة، فما الذي يحدث للصورة؟

ستصبح خافتة؛ لأن عددًا أقل من الأشعة سيتجمع، ولكن ستبقى صورة كاملة.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 154

72. إن عملية تكيف العين - وهي عملية انقباض العضلات المحيطة بعدسة العين أو انبساطها لرؤية الأجسام القريبة أو البعيدة - تختلف من كائن لآخر. ابحث هذه الظاهرة في حيوانات مختلفة، وأعد تقريرًا للصف تبين من خلاله كيفية التكيف في عيونها لرؤية الأشياء.

ستختلف إجابات الطلاب، وذلك اعتمادًا على الحيوانات التي يختارونها.

73. ابحث في نظام العدسات المستخدم في الآلات البصرية، ومنها جهاز عرض الشفافيات أو آلات التصوير الخاصة أو التلسكوب، وحضر عرضًا تصويريًا للصف تبين من خلاله كيف تكون هذه الآلات الصور.

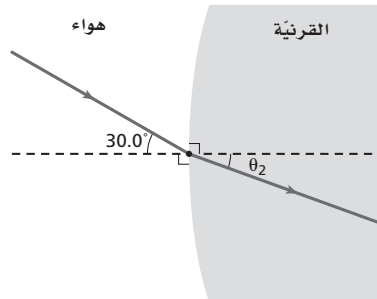
ستختلف إجابات الطلاب، ولكنهم قد يجدون أنه من الضروري تبسيط أنظمتهم التي اختاروها لأغراض التوضيح.

مراجعة تراكمية

صفحة 154

74. تطلق سيارة صوت بوقها عندما تقترب من شخص يمشي على ممر المشاة. ما الذي يسمعه الشخص عند توقف السيارة لتسمح للشخص بعبور الشارع؟ (الفصل 8)
- إن حدة صوت منبه السيارة الذي يسمعه الشخص سيقبل عندما تقل سرعة السيارة.

عندما يدخل الضوء إلى العين فإنه يواجه الحد الفاصل بين الهواء والقرنية. فإذا دخل شعاع ضوء الحد الفاصل بين الهواء والقرنية لعين شخص بزاوية 30° بالنسبة للعمود المقام، وكان معامل انكسار القرنية 1.4 تقريباً، أجب عن الأسئلة التالية:



1. استخدم قانون سنل لحساب زاوية الانكسار.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2} \right)$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{(1.0) (\sin 30.0^\circ)}{1.4} \right)$$

$$\theta_2 = 21^\circ$$

2. ما مقدار زاوية الانكسار إذا كان الشخص يسبح أسفل الماء؟

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2} \right)$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{(1.33) (\sin 30.0^\circ)}{1.4} \right)$$

$$\theta_2 = 28^\circ$$

3. أيهما أكبر: الانكسار في الهواء أم في الماء؟ وهل يعني هذا أن الأجسام التي تحت الماء تبدو أقرب أم أبعد مما لو كانت في الهواء؟ تكون زاوية الانكسار في الهواء أكبر؛ لأن الشعاع الضوئي سقط من وسط معامل انكساره كبير (الماء) إلى وسط معامل انكساره أقل (الهواء)، وتبدو الأجسام أقرب في الماء.

4. لو أردت أن تكون زاوية الانكسار لشعاع الضوء في الماء مساوية لها كما في الهواء فكم يجب أن تكون زاوية السقوط الجديدة؟

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\theta_1 = \sin^{-1} \left(\frac{n_2 \sin \theta_2}{n_1} \right)$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{(1.4) (\sin 21^\circ)}{1.33} \right)$$

$$\theta_2 = 22^\circ$$