تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية

*للحصول على أوراق عمل لجميع الصفوف وجميع المواد اضغط هنا

https://almanahj.com/ae

* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الحادي عشر المتقدم اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/14

* للحصول على جميع أوراق الصف الحادي عشر المتقدم في مادة فيزياء ولجميع الفصول, اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/14physics

* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الحادي عشر المتقدم في مادة فيزياء الخاصة بـ الفصل الأول اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/14physics1

* لتحميل كتب جميع المواد في جميع الفصول للـ الصف الحادي عشر المتقدم اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/grade14

للحصول على جميع روابط الصفوف على تلغرام وفيسبوك من قنوات وصفحات: اضغط هنا

https://t.me/UAElinks_bot

مسائل تدريبية

9–1 الاستضاءة (صفحة 73–65)

صفحة 70

1. تحرّك مصباح فوق صفحات كتاب من مسافة 30 cm إلى 90 cm. قارن بين استضاءة الكتاب قبل الحركة وبعدها.

$$\frac{E_{\text{بعد}}}{E_{\text{قبل}}} = \frac{\left(\frac{\mathrm{P}}{4\pi d_{\text{بعد}}^2}\right)}{\left(\frac{\mathrm{P}}{4\pi d_{\text{قبل}}^2}\right)} = \frac{d_{\text{قبل}}^2}{d_{\text{بعد}}^2} = \frac{(30\ \text{cm})^2}{(90\ \text{cm})^2} = \frac{1}{9}$$

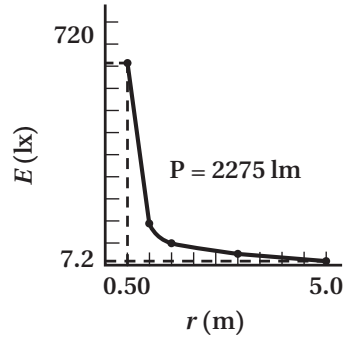
لذا فإنه بعد تحرّك المصباح الكهربائي فإن الاستضاءة تعادل $\frac{1}{9}$ الاستضاءة الأصلية.

2. ارسم المنحنى البياني للاستضاءة المتولّدة بواسطة مصباح ضوئي متوهج قدرته 150 W بين 0.50 m و5.0 m.

الاستضاءة لمصباح قدرته 150 W

$$P = 2275\ \text{lm},\ d = 0.50, 0.75, \ldots, 5.0\ \text{m}$$

$$E(d) = \frac{\mathrm{P}}{4\pi d^2}$$



3. مصدر ضوئي نقطي شدّة إضاءته 64 cd يقع على ارتفاع 3.0 m فوق سطح مكتب. ما الاستضاءة على سطح المكتب بوحدة لوكس (lx)؟

$$\mathrm{P} = 4\pi(64\ \text{cd}) = 256\pi\ \text{lm}$$

لذا فإن

$$E = \frac{\mathrm{P}}{4\pi d^2} = \frac{256\pi\ \text{lm}}{4\pi(3.0\ \text{m})^2} = 7.1\ \text{lx}$$

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؟

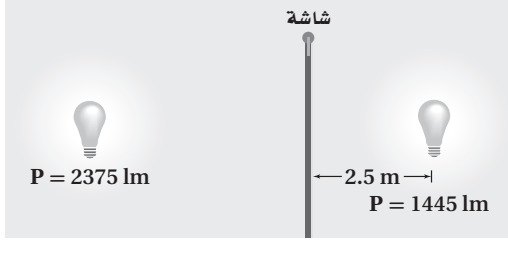
$$E = \frac{\mathrm{P}}{4\pi d^2}$$

$$\mathrm{P} = 4\pi E d^2$$

$$= 4\pi\ (160\ \text{lm/m}^2)(2.0\ \text{m})^2$$

$$= 8.0\times10^3\ \text{lm}$$

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

$$\frac{\mathrm{P}_1}{{d_1}^2} = \frac{\mathrm{P}_2}{{d_2}^2}$$

أو

$$d_2 = d_1\sqrt{\frac{\mathrm{P}_2}{\mathrm{P}_1}}$$

$$= (2.5\ \text{m})\sqrt{\frac{2375\ \text{lm}}{1445\ \text{lm}}}$$

$$= 3.2\ \text{m}$$

مراجعة القسم

9–1 الاستضاءة (صفحة 73–65)

صفحة 73

6. الاستضاءة هل يولّد مصباح كهربائي واحد إضاءة أكبر من مصباحين مماثلين يقعان على ضعف بُعد مسافة المصباح الأول؟ وضّح 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 روّاد 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 المقيسة لسرعة الضوء.

$$d = ct$$
$$= (299800000\ \text{m/s})(\tfrac{1}{2})(2.562\ \text{s})$$
$$= 3.840\times10^{8}\ \text{m}$$

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

$$I_2 = \frac{I_1 d_2^{\,2}}{d_1^{\,2}}$$
$$= \frac{(75\ \text{cd})(3.0\ \text{m})^2}{(5.0\ \text{m})^2} = 27\ \text{cd}$$

9. بُعد المصدر الضوئي افترض أن مصباحًا كهربائيًّا يضيء سطح مكتبك ويولّد فقط نصف الاستضاءة المطلوبة. فإذا كان المصباح يبعد حاليًّا مسافة 1.0 m فكم ينبغي أن يكون بعده ليولّد الاستضاءة المطلوبة؟

تعتمد الاستضاءة على $\frac{1}{d^2}$

لذا فإن

$$\frac{E_i}{E_f} = \frac{d_f^{\,2}}{d_i^{\,2}} = \frac{1}{2}$$
$$\frac{d_f^{\,2}}{(1.0\ \text{m})^2} = \frac{1}{2}$$
$$d_f = \sqrt{\tfrac{1}{2}}\ \text{m}$$
$$= 0.71\ \text{m}$$

10. التفكير الناقد استخدم الزمن الصحيح الذي يحتاج إليه الضوء لقطع مسافة تعادل قطر مدار الأرض والذي يساوي 16.5 min، وقطر مدار الأرض 2.98×10^{11} m، وذلك لحساب سرعة الضوء باستخدام طريقة رومر. وهل تبدو هذه الطريقة دقيقة؟ ولماذا؟

$$v = \frac{d}{t} = \frac{3.0\times10^{11}}{(16\ \text{min})(60\ \text{s/min})}$$
$$= 3.1\times10^{8}\ \text{m/s}$$

مسائل تدريبية

9–2 الطبيعة الموجية للضوء (صفحة 85–74)

صفحة 84

11. ما تردّد خط طيف الأكسجين إذا كان طوله الموجي 513 nm؟

استخدم المعادلة $\lambda = \frac{c}{f}$ **وحلها بالنسبة لـ** f

$$f = \frac{c}{\lambda}$$
$$= \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{5.13\times10^{-7}\ \text{m}}$$
$$= 5.85\times10^{14}\ \text{Hz}$$

تابع الفصل 9

12. تتحرك ذرة هيدروجين في مجرة بسرعة $6.55\times10^{6}\ m/s$ مبتعدة عن الأرض، وتبعث ضوءًا بتردّد $6.16\times10^{14}\ Hz$. ما التردّد الذي سيلاحظه فلكي على الأرض للضوء المنبعث من ذرة الهيدروجين؟

السرعة النسبية على طول المحور أقل كثيرًا 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.

$$f_{\text{المُراقَب}} = f\left(1-\frac{v}{c}\right)$$
$$= (6.16\times10^{14}\ \text{Hz})\left(1-\left(\frac{6.55\times10^{6}\ \text{m/s}}{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}\right)\right)$$
$$= 6.03\times10^{14}\ \text{Hz}$$

13. ينظر فلكي إلى طيف مجرة، فيجد أن هناك خطًّا لِطَيْف الأكسجين بالطول الموجي 525 nm، في حين أن القيمة المقيسة 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 كثيرًا من سرعة الضوء. لذا يمكنك استخدام معادلة انزياح دوبلر.

$$(\lambda_{\text{المُراقَب}}-\lambda) = \pm\frac{v}{c}\lambda$$

ويبدو الطول الموجي المُراقب (الظاهري) أكبر من الطول الموجي الحقيقي لخط طيف الأكسجين. وهذا يعني أن الفلكي والمجرة يتحركان مبتعدًا أحدهما عن الآخر؛ لذا استخدم الصيغة الموجبة لمعادلة انزياح دوبلر.

$$(\lambda_{\text{المُراقَب}}-\lambda) = +\frac{v}{c}\lambda$$

وحل المعادلة بالنسبة للمتغير المجهول

$$v = \frac{c(\lambda_{\text{المُراقَب}}-\lambda)}{\lambda}$$
$$= (3.00\times10^{8}\ \text{m/s})\left(\frac{(525\ \text{nm}-513\ \text{nm})}{513\ \text{nm}}\right)$$
$$= 7.02\times10^{6}\ \text{m/s}$$

مراجعة القسم

9–2 الطبيعة الموجية للضوء (صفحة 85–74)

صفحة 85

14. **مزج ألوان الضوء** ما لون الضوء الذي يجب أن يتّحد 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 كلٍّ مما يأتي؟

a. الضوء الأبيض

الأصفر

b. الضوء الأخضر والضوء الأحمر معًا.

الأصفر

c. الضوء الأزرق

الأسود

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 أيضًا.

17. مزج الأصباغ ما الألوان الأساسية للأصباغ التي يجب أن تمزج لإنتاج اللون الأحمر؟ وضح كيف ينتج اللون الأحمر باختزال لون من ألوان الصبغة؟

تُستخدم الصبغتان الصفراء والحمراء المزرقة (الأرجواني) في إنتاج اللون الأحمر. فالصبغة الصفراء تختزل اللون الأزرق وصبغة الأحمر المزرق تختزل اللون الأخضر، ولا تختزل أيّ 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.

تَحقّق مما إذا كانت النظارات تقلّل من السطوع الصادر عن السطوح العاكسة، ومنها النوافذ والطرق المعبَّدة. ويستفيد المصورون الفوتوجرافيون من استقطاب الضوء المنعكس بتصوير الأجسام لحظة التخلص من السطوع.

19. التفكير الناقد توصّل الفلكيون إلى أن مجرّة الأندروميدا، وهي المجرّة القريبة من مجرتنا (مجرة درب التبانة)، تتحرك في اتجاه مجرتنا. وضح كيف تمكّن العلماء من تحديد ذلك. وهل يمكنك التفكير في دليل محتمل لاقتراب مجرة الأندروميدا من مجرتنا؟

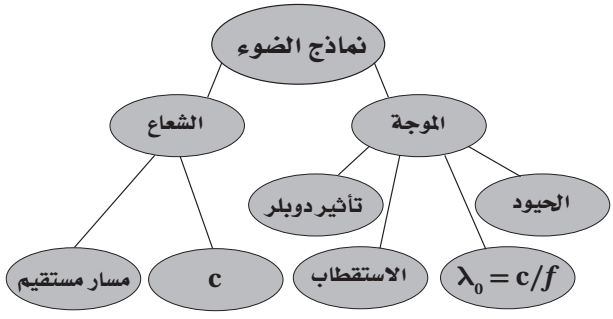
خطوط طيف الانبعاث للذرات المعروفة مزاحة نحو الأزرق في الضوء الذي نراه قادمًا من مجرّة الأندروميدا؛ لذا فإن مجرّة الأندروميدا تتحرك في اتجاه مجرتنا؛ وذلك بسبب قوة الجاذبية. وقد تكون المجرتان متحركتين في مدار متذبذب إحداهما حول الأخرى.

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؟ (1–9)

يصل ضوء الشمس إلينا من خلال الفراغ.

22. فرّق بين المصدر المضيء والمصدر المستضيء. (1–9)

يبعث الجسم المضيء الضوء، أما الجسم المستضيء (المُضاء) فهو ذلك الجسم الذي يسقط عليه الضوء ثم ينعكس.

23. انظر بعناية إلى مصباح متوهج تقليدي. هل هو مصدر مضيء أم مصدر مستضيء؟ (1–9)

إنه مضاء بصورة رئيسة؛ فالفتيلة مضيئة، أما زجاج المصباح فهو مستضيء (مُضاء).

24. وضح كيف يمكنك رؤية الأجسام العادية غير المضيئة في غرفة الصف؟ (1–9)

ترى الأجسام العادية غير المضيئة عن طريق عكسها للضوء.

25. فرّق بين الأجسام الشفافة وشبه الشفافة وغير الشفافة (المعتمة). (1–9)

يمر الضوء من خلال الوسط الشفاف دون تشوّه ونرى الأجسام من خلاله، ويمرّر الوسط شبه الشفاف الضوء إلا أنه يشوّهه؛ لذا لا يمكن تمييز الأجسام عند النظر إليها من خلاله، أما الوسط المعتم فلا يمرّر الضوء ولا نرى الأجسام من خلاله.

تابع الفصل 9

26. ما الذي يتناسب طرديًّا مع استضاءة سطح بمصدر ضوئي؟ وما الذي يتناسب معه عكسيًّا؟ (1–9)

تتناسب الاستضاءة على سطح ما طرديًّا مع شدة إضاءة مصدر الضوء، وتتناسب عكسيًّا مع مربع المسافة بين السطح ومصدر الضوء.

27. ما افتراض جاليليو بالنسبة لسرعة الضوء؟ (1–9)

سرعة الضوء كبيرة جدًّا إلا أنها محدّدة.

28. لماذا يعد حيود الموجات الصوتية أكثر شيوعًا في الحياة اليومية من حيود الموجات الضوئية؟ (2–9)

يكون الحيود أكثر وضوحًا حول العوائق التي تكون أبعادها مساويةً للطول الموجي للموجة تقريبًا. وأغلب العوائق التي حولنا ذات أبعاد تُحيد موجات الصوت ذات الطول الموجي الكبير.

29. ما لون الضوء الذي لديه أقصر طول موجي؟ (2–9)

الضوء البنفسجي.

30. ما مدى الأطوال الموجية للضوء، بدءًا من الأقصر إلى الأطول؟ (2–9)

400 nm إلى 700 nm

31. ما الألوان التي يتكوّن منها الضوء الأبيض؟ (2–9)

يتركّب الضوء الأبيض من الألوان جميعها، أو من الألوان الأساسية على الأقل.

32. لماذا يظهر جسم ما باللون الأسود؟ (2–9)

يظهر الجسم باللون الأسود؛ لأن قليلاً من الضوء – إن وجِد– ينعكس عن الجسم.

33. هل يمكن أن تكون الموجات الطولية مستقطبة؟ وضح إجابتك. (2–9)

لا؛ لأنه ليس لها مركّبات مستعرضة.

34. تبعث مجرة بعيدة خطًّا طيفيًّا في منطقة اللون الأخضر من الطيف الضوئي، فهل ينزاح الطول الموجي المُراقَب على الأرض إلى الضوء الأحمر أو إلى الضوء الأزرق؟ وضح إجابتك. (2–9)

لما كانت المجرة بعيدة فإنها ستبدو كأنها تتحرك مبتعدة عن الأرض، وسيُزاح الطول الموجي في اتجاه اللون الأحمر ذي الطول الموجي الكبير.

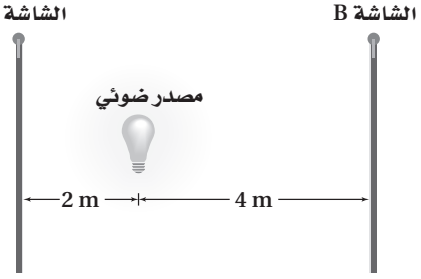
35. ماذا يحدث للطول الموجي للضوء عندما يزداد تردده؟ (2–9)

كلما ازداد التردد قلّ 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 21–9**. قارن بين الاستضاءة على الشاشة B والاستضاءة على الشاشةA؟



■ الشكل 21–9

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.

39. لون إضاءة الشوارع تحتوي بعض مصابيح الشوارع الفعّالة جدًّا على بخار الصوديوم تحت ضغط عالٍ. وتنتج هذه المصابيح ضوءًا 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 سيارتهم 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 بعيدًا عن الكتاب؟

تتناقص الاستضاءة كما تم وصفها بقانون التربيع العكسي.

41. ماذا يحدث لشدّة إضاءة المصباح عند تحريكه بعيدًا عن الكتاب؟

لا يوجد تغير، لا تؤثر المسافة في شدة الإضاءة.

42. الصور المستقطبة يضع مصورو الفوتوجراف مرشِّحات استقطاب فوق عدسات الكاميرا لكي تبدو الغيوم أكثر وضوحًا، فتبقى الغيوم بيضاء في حين تبدو السماء داكنة بصورة أكبر. وضح ذلك معتمدًا على معرفتك بالضوء المستقطَب.

يعد الضوء المُشتَّت من الغلاف الجوي ضوءًا مستقطبًا، إلا أن الضوء المُشتَّت عن الغيوم غير مستقطب. حيث يقلّل المصوّر كمية الضوء المستقطب الذي يصل إلى الفيلم عن طريق تدوير المرشّح.

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 المزرقة (الأرجوانية).

44. إذا وضعت قطعة سلوفان حمراء على مصباح يدوي، ووضعت قطعة سلوفان خضراء على مصباح آخر، وسلّطت حزمًا 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 والضوء الأخضر.

a. لماذا يظهر السلوفان الأحمرُ أحمرَ اللون عند النظر إليه من خلال الضوء المنعكس؟

يعكس السلوفان الضوء الأحمر، ويمتص أو يمرّر الضوأين الأزرق والأخضر.

b. لماذا يظهر مصباح الضوء الأبيض أحمر اللون عند النظر إليه من خلال السلوفان الأحمر؟

يمرّر السلوفان الضوء الأحمر.

c. ماذا يحدث لكل من: الضوء الأزرق والضوء الأخضر؟

تم امتصاص الضوء الأزرق والضوء 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؛ غالبًا لا ينفذ ضوء؛ لأن الضوء المار من خلال المرشّح الأول يُمتص عن طريق المرشّح الثاني.

تابع الفصل 9

47. مخالفة السير هبْ أنك شرطي مرور، وأوقفت سائقًا تجاوز الإشارة الحمراء، وافترض أيضًا أن السائق وضّح لك من خلال رسم **الشكل 23–9** أن الضوء كان يبدو أخضر بسبب تأثير دوبلر عندما قطع الإشارة. وضّح له مستخدمًا معادلة إزاحة دوبلر، كم يجب أن تكون سرعته حتى يبدو الضوء الأحمر ($\lambda = 645\ nm$) على شكل ضوء أخضر ($\lambda = 545\ nm$)؟ *تلميح: افترض لحل هذه المسألة أن معادلة إزاحة دوبلر يمكن تطبيقها عند هذه السرعة.*

■ الشكل 23–9

$$\left(\frac{645\ nm - 545\ nm}{645\ nm}\right)(3.00\times10^{8}\ m/s) = 4.65\times10^{7}\ m/s$$

حتى يبدو الضوء الأحمر على شكل ضوء أخضر يجب أن تكون سرعة السيارة $4.65\times10^{7}\ m/s$، لذا فإنه إن لم يحصل على مخالفة بسبب تجاوز الإشارة الحمراء، فإنه سيخالف لأنه تجاوز حد السرعة المقررة.

إتقان حل المسائل

صفحة 93–92

9–1 الاستضاءة

صفحة 92

48. أوجد الاستضاءة على مسافة 4.0 m أسفل مصباح تدفقه الضوئي 405 lm.

$$E = \frac{P}{4\pi d^2} = \frac{405\ lm}{4\pi(4.0\ m)^2} = 2.0\ lx$$

49. يحتاج الضوء إلى زمن مقداره 1.28 s لينتقل من القمر إلى الأرض. فما مقدار المسافة بينهما؟

$$d = vt = (3.00\times10^{8}\ m/s)(1.28\ s)$$

$$= 3.84\times10^{8}\ m$$

50. يستهلك مصباح كهربائي ثلاثي الضبط قدرة كهربائية 150 W، 100 W، 50 W لإنتاج تدفق ضوئي 2285 lm, 1620 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؟

$$E = \frac{P}{4\pi d^2}$$

$$P = 4\pi E d^2 = 4\pi(175\ lx)(0.80\ m)^2$$

$$= 1.4\times10^{3}\ lm$$

لذا يجب ضبطه على 100 W (1620 lm).

51. سرعة الأرض وجد العالم أولي رومر أن متوسط زيادة التأخير في اختفاء القمر Io أثناء دورانه حول المشتري من دورة إلى التي تليها يساوي 13 s، فأجب عما يلي:

a. ما المسافة التي يقطعها الضوء خلال 13 s؟

$$3.9\times10^{9}\ \text{m}$$

b. تحتاج كل دورة للقمر Io إلى 42.5 h، وتتحرك الأرض المسافة المحسوبة في الفرع a خلال 42.5 h. أوجد سرعة الأرض بوحدة km/s.

$$v=\frac{d}{t}$$

$$=\left(\frac{3.9\times10^{9}\ \text{m}}{1.53\times10^{5}\ \text{s}}\right)\left(\frac{1\ \text{km}}{1000\ \text{m}}\right)$$

$$=25\ \text{km/s}$$

c. تحقق أن إجابتك للفرع b منطقية، واحسب سرعة الأرض في المدار مستخدمًا نصف قطر المدار 1.5×10^{8} km والفترة 1.0 yr.

$$v=\frac{d}{t}=\left(\frac{2\pi(1.5\times10^{8}\ \text{km})}{365\ \text{day}}\right)\left(\frac{1\ \text{day}}{24\ \text{h}}\right)\left(\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}\right)$$

$$=3.0\times10^{1}\ \text{km/s},$$

وهذه النتيجة دقيقة إلى حدٍّ ما.

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.

$$E=\frac{\mathrm{P}}{4\pi d^{2}}$$

لما كانت الاستضاءة متساوية

$$E_1=E_2$$

فإن

$$\frac{\mathrm{P}_1}{d_1^{\,2}}=\frac{\mathrm{P}_2}{d_2^{\,2}}$$

أو

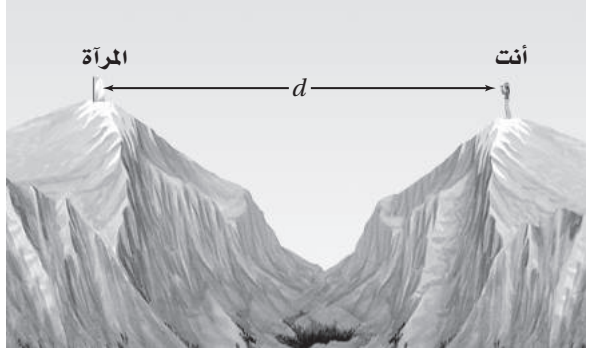
$$\mathrm{P}_2=\frac{\mathrm{P}_1 d_2^{\,2}}{d_1^{\,2}}$$

$$=\frac{(1750\ \text{lm})(1.08\ \text{m})^2}{(1.25\ \text{m})^2}$$

$$=1.31\times10^{3}\ \text{lm}$$

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 موضّح 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**

$$d = vt$$
$$= (3.00\times10^{8}\ \text{m/s})(0.1\ \text{s})\left(\frac{1\ \text{km}}{1000\ \text{m}}\right)$$
$$= 3\times10^{4}\ \text{km}$$

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.

9–2 الطبيعة الموجية للضوء

صفحة 93–92

54. حوّل الطول الموجي للضوء الأحمر 700 nm إلى وحدة الأمتار.

$$(700\ \text{nm})\left(\frac{1\times10^{-9}\ \text{m}}{1\ \text{nm}}\right) = 7\times10^{-7}\ \text{m}$$

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 الفلكي والمجرة متحركين مبتعدًا أحدهما عن الآخر؛ لذا استخدم الصيغة الموجبة لمعادلة الطول الموجي الظاهري للضوء.

$$(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda) = +\frac{v}{c}\lambda$$

وحل المعادلة بالنسبة إلى المتغير المجهول

$$v = c\frac{(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda)}{\lambda}$$
$$= (3.00\times10^{8}\ \text{m/s})\left(\frac{491\ \text{nm} - 486\ \text{nm}}{486\ \text{nm}}\right)$$
$$= 3.09\times10^{6}\ \text{m/s}$$

ونستنتج من ذلك أن الافتراض الأصلي صحيح.

تابع الفصل 9

56. النظارات الشمسية المستقطبة في أي اتجاه يجب توجيه محور النفاذ للنظارات الشمسية المستقطبة للتخلّص من الوهج الصادر عن سطح الطريق: في الاتجاه الرأسيّ أم الأفقي؟ فسّر إجابتك.

يجب أن يتجه محور النفاذ رأسيًّا؛ لأن الضوء المنعكس عن الطريق يكون مستقطبًا جزئيًّا في الاتجاه الأفقي، فلا يمرّر محور النفاذ الرأسي الموجات الأفقية.

57. حركة المجرة إذا كان خط طيف عنصر الهيدروجين المعروف بطول موجي 434 nm مزاحًا 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 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 الفلكي والمجرة متحركين مبتعدًا أحدهما عن الآخر، لذا استخدم الصيغة الموجبة لمعادلة الطول الموجي الظاهري للضوء.

$$(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda) = + \frac{v}{c}\lambda$$

وحل المعادلة بالنسبة إلى المتغير المجهول

$$v = c\frac{(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda)}{\lambda}$$

$$= (3.00\times10^{8}\ \text{m/s})\left(\frac{(1.065)(434\ \text{nm}) - 434\ \text{nm}}{434\ \text{nm}}\right)$$

$$= 1.95\times10^{7}\ \text{m/s}$$

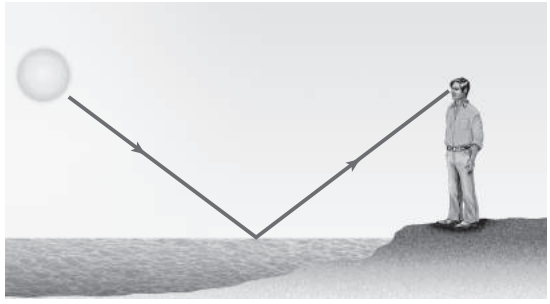
ونستنتج من ذلك أن الافتراض الأصلي صحيح.

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 فرقًا في الطول الموجي مقداره $+\frac{c}{c}\lambda = (\lambda - \lambda_{\text{الظاهري}})$، وبحل هذه المعادلة فإنها تُعطي طولا موجيًّا ظاهريًّا 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 25–9**، فهل الضوء المنعكس مستقطَب؟ إذا كان كذلك ففي أي اتجاه؟



■ **الشكل 25–9**

الضوء المنعكس مستقطب جزئيًا في اتجاه موازٍ 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 قلّت 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

$$d_2 = d_1\sqrt{\frac{I_2}{I_1}} = (6.0\text{ m})\sqrt{\frac{60.0\text{ cd}}{10.0\text{ cd}}}$$
$$= 15\text{ m}$$

62. الرعد والبرق وضح 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 مبتعدًا عنها. وتكمل الشمس دورة كاملة كل 25 يومًا تقريبًا، ويبلغ قطرها 1.4×10^{9} m. فإذا بعث عنصر الهيدروجين في الشمس ضوءًا بتردّد 6.16×10^{14} Hz من كلا الجانبين فما التغير في الطول الموجي المراقَب؟

سرعة الدوران تساوي المحيط مقسومًا على الزمن الدوري للدوران.

$$v_{\text{دوران}} = \frac{(1.4\times10^{9}\ \text{m})\pi}{(25\ \text{days})(24\ \text{h/day})(3600\ \text{s/h})}$$

$$= 2.04\times10^{3}\ \text{m/s}$$

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

$$= \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{6.16\times10^{14}\ \text{Hz}}$$

$$= 4.87\times10^{-7}\ \text{m}$$

$$\Delta\lambda = \pm\frac{v}{c}\lambda$$

$$\Delta\lambda = \pm\frac{v_{\text{دوران}}}{c}\lambda$$

$$= \pm\frac{(2.04\times10^{3}\ \text{m/s})}{(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}(4.87\times10^{-7}\ \text{m})$$

$$= \pm 3.3\times10^{-12}\ \text{m}$$

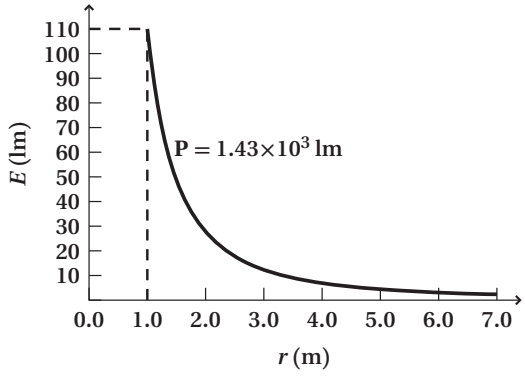
التفكير الناقد

صفحة 93

64. ابحث لماذا لم يتمكن جاليليو من قياس سرعة الضوء؟

لأنه لم يكن قادرًا 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. حدِّد الاستضاءة على الشاشة في البداية، وأيضًا عند كل متر تزداد فيه المسافة حتى 7.0 m، ومثّل البيانات بيانيًا.



a. ما شكل المنحنى البياني؟

قطع زائد

b. ما العلاقة بين الاستضاءة والمسافة الموضحة بواسطة الرسم البياني؟

تربيع عكسي

66. حلّل واستنتج إذا كنت تقود سيارتك عند الغروب في مدينة مزدحمة ببنايات جدرانها مغطّاة بالزجاج، حيث يؤدي ضوء الشمس المنعكس عن الجدران إلى انعدام الرؤيا لديك مؤقتًا. فهل تحل النظارات المستقطبة هذه المشكلة؟

نعم، الضوء المنعكس عن الزجاج مستقطب جزئيًا؛ لذا ستقلل نظارات الاستقطاب من السطوع أو الوهج إذا رتّبت محاور استقطابها بصورة صحيحة.

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، وعبّر 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 غلّف 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)

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

$$= \frac{1493\ \text{m/s}}{17000\ \text{Hz}}$$

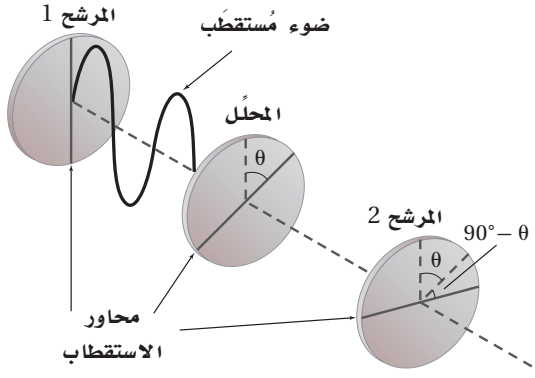
$$= 0.0878\ \text{m}$$

$$= 8.8\ \text{cm}$$

مسألة تحفيز

صفحة 81

إذا وضعت مرشّحًا محلِّلاً بين مرشّحين متقاطعين (محورا استقطابهما متعامدان)، بحيث لا يوازي محور استقطابه أيًّا من محوري استقطاب المرشّحين 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 المرشّح المحلِّل. فلمَ يحدث ذلك؟

يسمح المرشّح المحلّل لبعض الضوء بالمرور من خلاله؛ لأن محور استقطابه ليس متعامدًا مع محور استقطاب المرشّح الأول. ويستطيع الآن مرشّح الاستقطاب الثاني تمرير الضوء المار من المرشّح المحلّل لكون محور استقطاب المرشّح المحلّل غير متعامد مع محور استقطاب المرشّح الثاني.

2. إذا وضع المرشّح المحلّل بحيث يصنع محوره زاوية θ بالنسبة لمحور استقطاب المرشّح 1 فاشتق معادلة لحساب شدة الضوء الخارج من المرشّح 2 مقارنة بشدة الضوء الخارج من المرشّح 1.

I_1 تمثّل شدة الضوء الخارجة من المرشّح الأول، و $I_{\text{المحلل}}$ تمثّل شدة الضوء الخارجة من المرشّح المحلّل، و I_2 تمثّل شدة الضوء الخارجة من المرشّح الثاني.

$$I_{\text{المحلل}} = I_1 \cos^2\theta$$

$$I_2 = I_{\text{المحلل}} \cos^2(90° - \theta)$$

$$I_2 = I_1 \cos^2(\theta)\cos^2(90° - \theta)$$

مسائل تدريبية

1–10 الانعكاس عن المرايا المستوية (صفحة 103–97)

صفحة 100

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.

$$\theta_r = \theta_i = 42.0°$$

b. الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والمرآة.

$$\theta_{i,\text{المرآة}} = 90.0° - \theta_i = 90.0° - 42.0° = 48.0°$$

c. الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس.

$$\theta_i + \theta_r = 2\theta_i = 84.0°$$

3. سقطت حزمة ضوء ليزر على سطح مرآة مستوية بزاوية $38.0°$ بالنسبة للعمود المقام. فإذا حُرّك الليزر بحيث زادت زاوية السقوط بمقدار $13.0°$ فما مقدار زاوية الانعكاس الجديدة؟

$$\theta_{i,} = \theta_{i,\text{ابتدائي}} + 13.0°$$
$$= 38.0° + 13.0° = 51.0°$$
$$\theta_r = \theta_i = 51.0°$$

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؟

$$\theta_{r1} = \theta_{i1} = 30.0°$$
$$\theta_{i2} = 90.0° - \theta_{r1}$$
$$= 90.0° - 30.0°$$
$$= 60.0°$$

مراجعة القسم

1–10 الانعكاس عن المرايا المستوية (صفحة 103–97)

صفحة 103

5. الانعكاس سقط شعاع ضوئي على سطح مصقول عاكس بزاوية سقوط $80°$. ما الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع سطح المرآة؟

$$\theta_r = \theta_i$$
$$= 80.0°$$
$$\theta_{r,\text{المرآة}} = 90.0° - \theta_r$$
$$= 90.0° - 80.0°$$
$$= 10.0°$$

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 صنّف السطوح التالية إلى سطوح عاكسة منتظمة (ملساء) وسطوح 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.

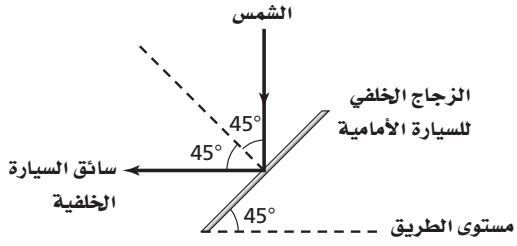
سطح عاكس غير منتظم: ورقة، معدن خشن، زجاج خشن، إبريق حليب بلاستيكي.

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؟

$$d_i = d_o$$
$$= 3\ m$$
$$h_i = h_o$$
$$= 50\ cm$$

تبعد الصورة $3.0\ m$ عن المرآة، وطولها يساوي $50.0\ cm$، وتكون خيالية.

9. مخطّط الصور إذا كانت سيارة تتبع سيارة أخرى على طريق أفقيـة، وكان الزجاج الخلفي للسـيارة الأمامية يميل بزاوية 45°، فارسم مخطّطًا للأشعة يبين موقع الشمس الذي يجعل أشـعتها تنعكس عن الزجاج الخلفي للسـيارة الأمامية، في اتجاه عيني سائق السيارة الخلفية.



المخططات التوضيحية يجب أن ترسم بحيث توضح أن موقع الشمس فوق الرأسي تمامًا، حيث ينعكس الضوء في اتجاه عين السائق وفق قانون الانعكاس.

10. التفكيـر الناقد وضح كيـف يُمكِّنك الانعكاس غير المنتظم للضوء عن جسـم معين من رؤية الجسـم عند النظر إليه من أي زاوية.

سينعكس الضوء الساقط عن سطح الجسم في الاتجاهات جميعها، مما يجعلك قادرًا على رؤية الجسم من أي موقع.

مسائل تدريبية

2–10 المرايا الكروية (صفحة 113–104)

صفحة 109

11. وضع جسـم علـى بُعـد 36.0 cm أمـام مرآة مقعـرة بُعدها البؤري 16.0 cm. أوجد بُعْد الصورة.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(36.0\ \text{cm})(16.0\ \text{cm})}{36.0\ \text{cm} - 16.0\ \text{cm}}$$

$$= 28.8\ \text{cm}$$

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 وبُعده عن المرآة.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_o = \frac{d_i f}{d_i - f}$$

$$= \frac{(16.0\ \text{cm})(10.0\ \text{cm})}{16.0\ \text{cm} - 10.0\ \text{cm}}$$

$$= 26.7\ \text{cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_o = \frac{-d_o h_i}{d_i}$$

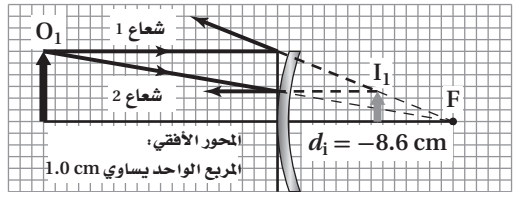
$$= \frac{-(26.7\ \text{cm})(-3.0\ \text{cm})}{16.0\ \text{cm}}$$

$$= 5.0\ \text{cm}$$

تابع الفصل 10

صفحة 112

14. 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.



$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

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.

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(60.0\text{ cm})(-13.0\text{ cm})}{60.0\text{ cm} - (-13.0\text{ cm})}$$

$$= -10.7\text{ cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$m = \frac{-(-10.7\text{ cm})}{60.0\text{ cm}}$$

$$= +0.178$$

$$h_i = m h_o = (0.178)(6.0\text{ cm})$$

$$= 1.1\text{ cm}$$

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

$$d_o = \frac{-(-24\text{ cm})}{0.75}$$

$$= 32\text{ cm}$$

$$f = \frac{(32\text{ cm})(-24\text{ cm})}{32\text{ cm} + (-24\text{ cm})}$$

$$= -96\text{ cm}$$

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 مكبّرة 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؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(20.0\ \text{cm})(9.0\ \text{cm})}{20.0\ \text{cm} - 9.0\ \text{cm}}$$

$$= 16.4\ \text{cm}$$

$$m = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$= \frac{-16.4\ \text{cm}}{20.0\ \text{cm}}$$

$$= -0.82$$

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؟

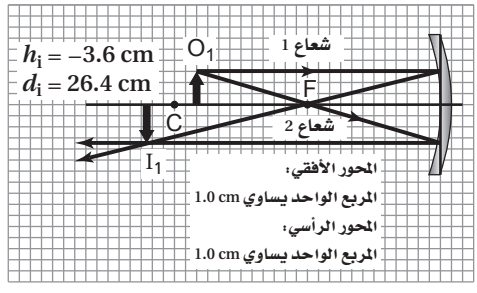
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_o = \frac{d_i f}{d_i - f}$$

$$= \frac{(22.3\text{ cm})(12.0\text{ cm})}{22.3\text{ cm} - 12.0\text{ cm}}$$

$$= 26.0\text{ cm}$$

21. بعد الصورة وطولها وضع جسم طوله 3.0 cm على بُعد 22.0 cm من مرآة مقعرة بعدها البؤري 12.0 cm. ارسم مخطّطًا بمقياس رسم مناسب يبين بُعد الصورة وطولها، وتحقق من إجابتك باستخدام معادلتي المرايا والتكبير.



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(22.0\text{ cm})(12.0\text{ cm})}{22.0\text{ cm} - 12.0\text{ cm}}$$

$$= 26.4\text{ cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

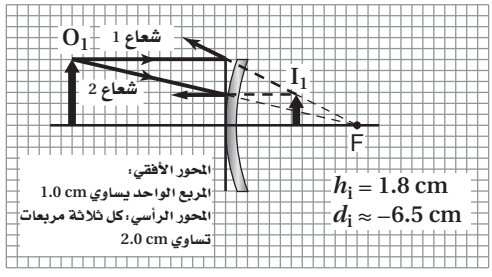
$$= \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(26.4\text{ cm})(3.0\text{ cm})}{22.0\text{ cm}}$$

$$= -3.6\text{ cm}$$

22. مخطّط الأشعة وضع جسم طوله 4.0 cm على بُعد 14.0 cm من مرآة محدبة بُعدها البؤري 12.0 cm−. ارسم مخطّطًا بمقياس رسم مناسب يبين بُعد الصورة وطولها، وتحقق من إجابتك باستخدام معادلتي المرايا والتكبير.



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(14.0\text{ cm})(-12.0\text{ cm})}{14.0\text{ cm} - (-12.0\text{ cm})}$$

$$= -6.46\text{ cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(-6.46\text{ cm})(4.0\text{ cm})}{14.0\text{ cm}}$$

$$= 1.8\text{ cm}$$

23. نصف قطر التكوّر وضع جسم طوله 6.0 cm على بُعد 16.4 cmمن مرآة محدبة. فإذا كان طول الصورة المتكوّنة 2.8 cm فما نصف قطر تكوّر المرآة؟

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$d_i = \frac{-d_o h_i}{h_o}$$

$$= \frac{-(16.4\ \text{cm})(2.8\ \text{cm})}{6.0\ \text{cm}}$$

$$= -7.7\ \text{cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(-7.7\ \text{cm})(16.4\ \text{cm})}{-7.7\ \text{cm} + 16.4\ \text{cm}}$$

$$= -14.5\ \text{cm}$$

$$r = 2|f|$$

$$= (2)\ (|-14.5\ \text{cm}|)$$

$$= 29\ \text{cm}$$

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 للمرآة؟

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$d_o = \frac{-d_i}{m}$$

$$= \frac{-(-12\ \text{cm})}{\left(\frac{2}{3}\right)}$$

$$= 18\ \text{cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(-12\ \text{cm})(18\ \text{cm})}{-12\ \text{cm} + 18\ \text{cm}}$$

$$= -36\ \text{cm}$$

25. التفكير الناقد هل يكون الزوغان الكروي للمرآة أقل إذا كان ارتفاعها أكبر من نصف قطر تكورها أم إذا كان ارتفاعها أقل من نصف قطر تكورها؟ وضّح ذلك.

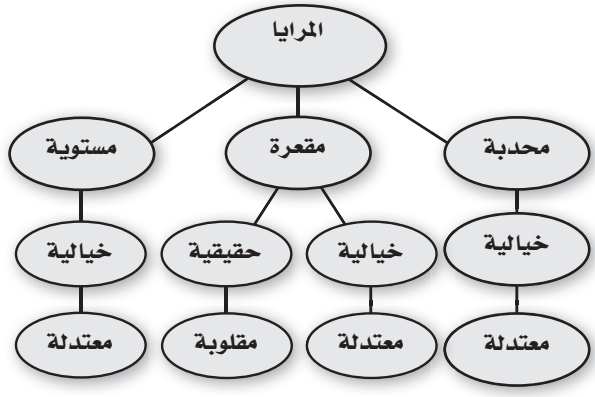
سيكون أقل بالنسبة إلى مرآة ارتفاعها أصغر نسبيًّا مقارنة بنصف قطر تكورها. تكون الأشعة المتشتتة والقادمة من الجسم التي تسقط على المرآة قريبة أكثر من المحور الرئيس عندما يكون ارتفاع المرآة قليلًا، لذا ستتجمع تلك الأشعة في مكان قريب من المرآة فتتكوّن صورة واضحة باهتة.

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 أيضًا، والناتج 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 تتكوّن 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 تكوّنها المرآة المستوية؟ (10–1)

تقع الصورة على الخط المتعامد مع المرآة، وتقع خلف المرآة على بُعد مساوٍ لبعد الجسم الموضوع أمام المرآة.

30. صف خصائص المرآة المستوية؟ (10–1)

المرآة المستوية عبارة عن سطح مستوٍ مصقول ينعكس عنه الضوء انعكاسًا منتظمًا. وتكون الصورة المتكوّنة بواسطة المرآة المستوية خيالية، ومعتدلة، وبعدها عن المرآة مساويًا لبعد الجسم عن المرآة وتقع خلفها.

31. يعتقد طالب أن فيلمًا فوتوجرافيًّا حسّاسًا جدًّا يمكنه الكشف عن الصورة الخيالية، فوضع الطالب الفيلم في موقع تكوّن الصورة الخيالية. هل ينجح هذا الإجراء؟ وضّح ذلك. (10–1)

لا، فالأشعة لا تتجمع لتكوّن الصورة الخيالية. لا تتكوّن صورة والطالب لا يلتقط صورة. تتكوّن الصور الخيالية خلف المرآة.

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 قادرًا على تجميع الصورة.

33. ما الخلل أو العيب الموجود في جميع المرايا الكروية المقعرة؟ وما سببه؟ (10–2)

الأشعة المتوازية والموازية للمحور الرئيس التي تسقط على حوافّ المرآة المقعرة الكروية لا تنعكس مارة بالبؤرة. ويسمى هذا التأثير الزوغان الكروي.

34. ما العلاقة بين مركز تكور المرآة المقعرة وبعدها البؤري؟ (10–2)

$$C = 2f$$

35. إذا عرفت بُعد الصورة وبُعد الجسم عن مرآة كروية، فكيف يمكنك تحديد تكبير هذه المرآة؟ (10–2)

التكبير يساوي سالب بُعد الصورة مقسومًا على بُعد الجسم عن المرآة.

36. لماذا تستخدم المرايا المحدّبة على أنها مرايا مخصّصة للنظر إلى الخلف؟ (10–2)

تستخدم المرايا المحدبة للنظر إلى الخلف في السيارات؛ لأنها توفر مدى واسعًا للرؤية، مما يساعد السائق على رؤية مساحة أكبر مما توفره المرايا العادية للمَشاهد الخلفية بالنسبة إلى السائق.

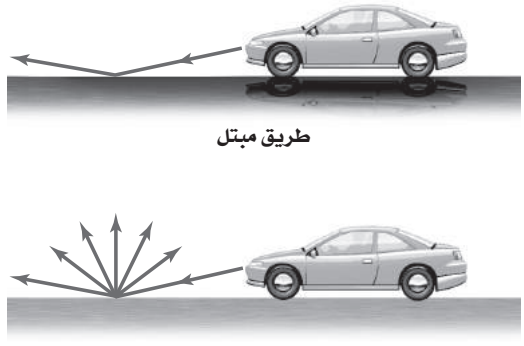
37. لماذا يستحيل تكوين صور حقيقية بالمرآة المحدبة؟ (10–2)

لأنها تشتت الأشعة الضوئية دائمًا.

تطبيق المفاهيم

صفحة 119–118

38. الطريق المبتلّة تعكس الطريق الجافة الضوء بتشتّت أكبر من الطريق المبتلّة. بالاعتماد على **الشكل 16–10**، اشرح لماذا تبدو الطريق المبتلّة أكثر سوادًا من الطريق الجافة بالنسبة للسائق؟



■ **الشكل 16–10**

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 موضوعًا عند مركز تكوّرها، 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 يكوّن صورًا ذات جودة عالية فهل تستخدم مرآة كروية أم مرآة قطع مكافئ؟ وضّح ذلك.

عليك استعمال مرآة قطع مكافئ للتخلص من الزوغان الكروي.

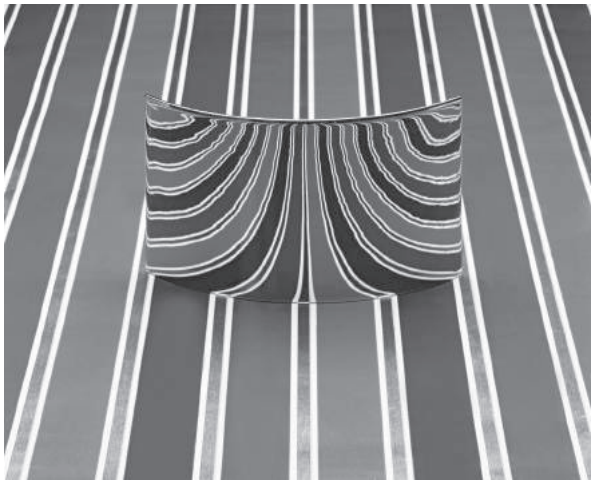
43. ما الشروط اللازم توافرها لتكوين صورة حقيقية باستخدام مرآة كروية مقعرة؟

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 17–10**.



■ **الشكل 17–10**

توفر المرآة المحدبة صورًا 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؟ وبمَ تمتاز عن غيرها؟

مرايا محدبة، وتمتاز بأنها توفر مدى أوسع للرؤية.

إتقان حل المسائل

صفحة 121–119

10–1 الانعكاس عن المرايا المستوية

صفحة 120–119

47. سقط شعاع ضوئي بزاوية 38° مع العمود المقام عند نقطة السقوط. ما الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع العمود المقام؟

$$\theta_r = \theta_i$$
$$= 38.0°$$

48. إذا سقط شعاع ضوئي بزاوية 53° مع سطح المرآة؛ فأوجد مقدار:

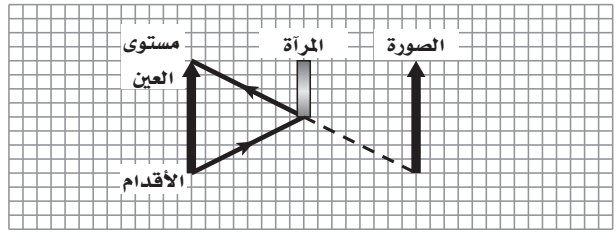
a. زاوية الانعكاس.

$$\theta_i = 90.0° - 53.0°$$
$$\theta_i = 37.0°$$
$$\theta_r = \theta_i$$
$$= 37.0°$$

b. الزاوية بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس.

$$\theta = \theta_i + \theta_r$$
$$= 37.0° + 37.0°$$
$$= 74°.0$$

49. ارسم مخطّط 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.



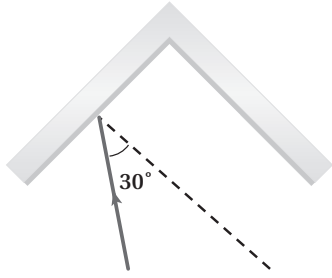
يسقط الشعاع القادم من قمة الرأس على سطح المرآة عند نقطة تساوي منتصف المسافة بين قمة الرأس والعينين. ويسقط الشعاع القادم من القدمين على المرآة عند نقطة تساوي منتصف المسافة بين القدمين والعينين، وتمثّل المسافة بين النقطتين على المرآة نصف الطول الكلي.

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 10–18**

الصورة على بُعد 1.2 m خلف المرآة؛ لذا يجب أن توضع عدسة الكاميرا على بُعد 2.4 m.

51. يبين **الشكل 19–10** مرآتين مستويتين متجاورتين بينهما زاوية 90°، فإذا سقط شعاع ضوئي على إحداهما بزاوية سقوط 30°، فأجب عما يلي:



■ **الشكل 19–10**

a. ما زاوية انعكاس الشعاع عن المرآة الأخرى؟

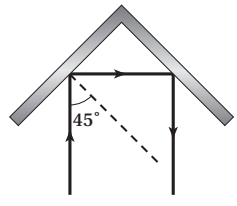
الانعكاس عن المرآة الأولى:

$$\theta_{r1} = \theta_{i1}$$
$$= 30.0°$$

الانعكاس عن المرآة الثانية:

$$\theta_{i2} = 90° - \theta_{r1}$$
$$= 90.0° - 30.0°$$
$$= 60.0°$$
$$\theta_{r2} = \theta_{i2}$$
$$= 60.0°$$

b. البريسكوب العاكس هو أداة تعكس الأشعة الضوئية في اتجاه معاكس وموازٍ لاتجاه الأشعة الضوئية الساقطة. ارسم مخطّطًا يبين زاوية السقوط على إحدى المرآتين بحيث يعمل نظام المرآتين عمل عاكس.



تكون زاوية السقوط على المرآة الأولى $45°$.

52. وضِعت 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:

$$\theta_{r,1} = \theta_{i,1} = 30.0°$$

الزاوية التي يكوّنها الشعاع المنعكس عن المرآة الأولى مع سطح المرآة الأولى تساوي

$$90° - 30° = 60°$$

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 وسطح المرآة الثانية تساوي

$$180° - 60° - 45° = 75°$$

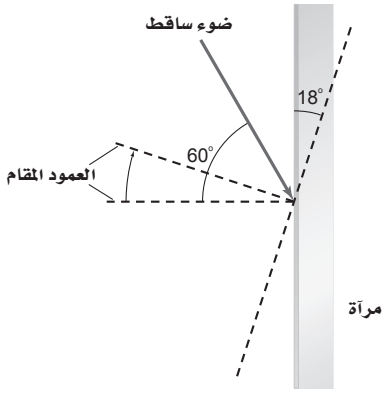
لذا تكون زاوية سقوط الأشعة على المرآة الثانية تساوي

$$\theta_{i,2} = 90° - 75° = 15°$$

أما زاوية الانعكاس عن المرآة الثانية فتساوي

$$\theta_{r,2} = \theta_{i,2} = 15°$$

53. سقط شعاع ضوئي على مرآة مستوية بزاوية سقوط $60°$. فإذا أديرت المرآة بزاوية $18°$ في اتجاه حركة عقارب الساعة كما في **الشكل 20–10**، فما الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع المرآة؟



■ **الشكل 20–10**

$$\theta_i = \theta_{i,\text{القديمة}} - 18.0°$$
$$= 60.0° - 18.0°$$
$$= 42.0°$$
$$\theta_r = \theta_i$$
$$= 42.0°$$
$$\theta_{r,\text{المرآة}} = 90.0° - \theta_r$$
$$= 90.0° - 42.0°$$
$$= 48.0°$$

10–2 المرايا الكروية

صفحة 121–120

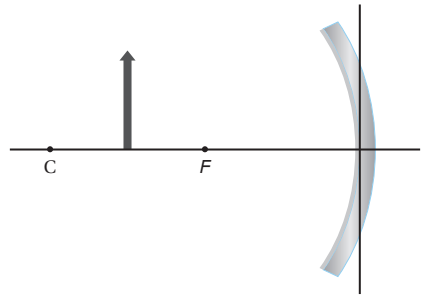
54. بيت الألعاب يقف طالب بالقرب من مرآة محدبة في بيت الألعاب، فلاحظ أن صورته تظهر بطول 0.60 m. فإذا كان تكبير المرآة $\frac{1}{3}$ فما طول الطالب؟

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

$$h_o = \frac{h_i}{m}$$

$$= \frac{0.60\ \text{m}}{\left(\frac{1}{3}\right)}$$
$$= 1.8\ \text{m}$$

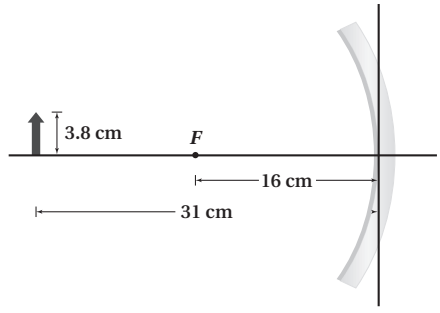
55. صف الصورة المتكونة للجسم في **الشكل 21–10**، مبينًا هل هي حقيقية أم خيالية، مقلوبة أم معتدلة، وهل هي أقصر من الجسم أم أطول منه؟



■ الشكل 21 – 10

حقيقية؛ ومقلوبة؛ وأطول من طول الجسم.

56. احسب بُعد الصورة وارتفاعها للجسم الموضح في **الشكل 22–10**.



■ الشكل 22 – 10

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$$

$$d_i=\frac{d_o f}{d_o-f}$$

$$=\frac{(31\text{ cm})(16\text{ cm})}{31\text{ cm}-16\text{ cm}}$$

$$=33\text{ cm}$$

$$m=\frac{h_i}{h_o}=\frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i=\frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$=\frac{-(33\text{ cm})(3.8\text{ cm})}{31\text{ cm}}$$

$$=-4.1\text{ cm}$$

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 تتجمّع 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؟

$$f=\frac{r}{2}=\frac{(40\text{ mm})}{2}$$

$$=20\text{ mm}$$

$$\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}=\frac{1}{f}$$

$$d_i=\frac{d_o f}{d_o-f}$$

$$=\frac{(16\text{ mm})(20\text{ mm})}{16\text{ mm}-20\text{ mm}}$$

$$=-80\text{ mm}$$

$$m=\frac{-d_i}{d_o}$$

$$=\frac{-(-80\text{ mm})}{16\text{ mm}}$$

$$=5$$

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؟

$$f = \frac{r}{2}$$

$$= \frac{34.0\ \text{cm}}{2}$$

$$= 17.0\ \text{cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(22.4\ \text{cm})(17.0\ \text{cm})}{22.4\ \text{cm} - 17.0\ \text{cm}}$$

$$= 70.5\ \text{cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(70.5\ \text{cm})(3.0\ \text{cm})}{22.4\ \text{cm}}$$

$$= -9.4\ \text{cm}$$

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؟

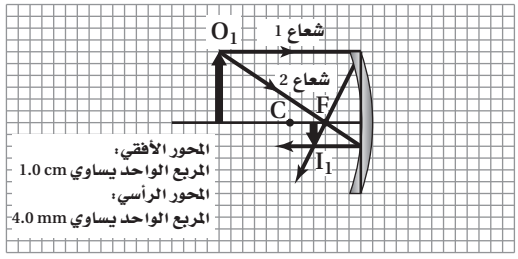
$$\frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o} = \frac{-(-24\ \text{cm})(3.0\ \text{cm})}{8.0\ \text{cm}}$$

$$= 9.0\ \text{cm}$$

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 مخطّط الأشعة لتحديد موضع الصورة.



b. استخدم معادلة المرايا لحساب بُعد الصورة.

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

$$d_i = \frac{f d_o}{d_o - f} = \frac{(3.0\ \text{cm})(12.0\ \text{cm})}{12.0\ \text{cm} - 3.0\ \text{cm}}$$

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

c. ما طول الصورة؟

$$m = \frac{-d_i}{d_o} = \frac{-4.0\ \text{cm}}{12.0\ \text{cm}} = -0.33$$

$$h_i = m h_o = (-0.33)(24\ \text{mm})$$

$$= -8.0\ \text{mm}$$

مراجعة عامة

صفحة 121

63. سقط شعاع ضوئي على مرآة مستوية بزاوية 28°، فإذا حُرّك مصدر الضوء بحيث زادت زاوية السقوط بمقدار 34°، فما مقدار زاوية الانعكاس الجديدة؟

$$\theta_i = \theta_{i,\text{الابتدائي}} + 34°$$

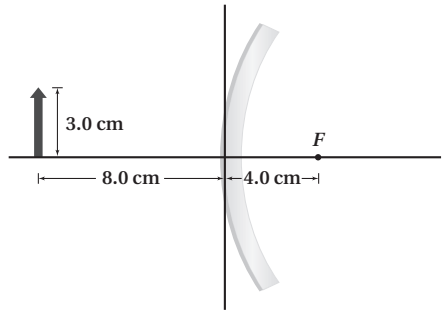
$$= 28° + 34°$$

$$= 62°$$

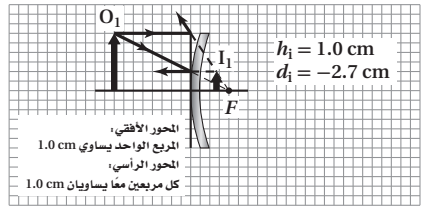
$$\theta_r = \theta_i$$

$$= 62°$$

64. انقل **الشكل 23–10** إلى دفترك، ثم ارسم أشعة على الشكل لتحديد طول الصورة المتكوّنة وموقعها.



■ **الشكل 23–10**



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 تكوّرها 24.0 cm. أوجد بُعد الصورة باستخدام معادلة المرايا.

$$f = \frac{r}{2}$$

$$= \frac{24.0\text{ cm}}{2}$$

$$= 12.0\text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(4.4\text{ cm})(12.0\text{ cm})}{4.4\text{ cm} - 12.0\text{ cm}}$$

$$= -6.9\text{ cm}$$

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.

$$f = \frac{r}{2}$$

$$= \frac{26.0\text{ cm}}{2}$$

$$= 13.0\text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(30.0\text{ cm})(13.0\text{ cm})}{30.0\text{ cm} - 13.0\text{ cm}}$$

$$= 22.9\text{ cm}$$

b. طول الصورة المتكوّنة.

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(22.9\text{ cm})(2.4\text{ cm})}{30.0\text{ cm}}$$

$$= -1.8\text{ cm}$$

67. تُستخدم مرآة محدبة لتكوين صورة حجمها نصف حجم الجسم على بُعد 36 cm خلف المرآة. ما البعد البؤري للمرآة؟

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$d_o = \frac{-d_i h_o}{h_i}$$

$$= \frac{-(-36\text{ cm})h_o}{\left(\frac{h_o}{2}\right)}$$

$$= 72\text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(72\text{ cm})(-36\text{ cm})}{72\text{ cm} + (-36\text{ cm})}$$

$$= -72\text{ cm}$$

68. ما نصف قطر تكوّر مرآة مقعرة تُكبِّر صورة جسم 3.2+ مرة عندما يوضع على بُعد 20.0 cm منها؟

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

$$d_i = -md_o$$

$$= -(3.2)(20.0\ \text{cm})$$

$$= -64\ \text{cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(20.0\ \text{cm})(-64\ \text{cm})}{20.0\ \text{cm} + (-64\ \text{cm})}$$

$$= 29\ \text{cm}$$

$$r = 2f$$

$$= (2)\ (29\ \text{cm})$$

$$= 58\ \text{cm}$$

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 المتكوِّنة لزبون يقف أمام المرآة على بعد 6.5 m منها.

المرايا المستخدمة في المحالّ الكبيرة للمراقبة هي مرايا محدبة، لذا يكون البعد البؤري لها

$$f = \frac{-r}{2}$$

$$= \frac{-3.8\ \text{m}}{2}$$

$$= -1.9\ \text{m}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(6.5\ \text{m})(-1.9\ \text{m})}{6.5\ \text{m} - (-1.9\ \text{m})}$$

$$= -1.5\ \text{m}$$

b. طول صورة زبون طوله 1.7 m.

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(-1.5\ \text{m})(1.7\ \text{m})}{6.5\ \text{m}}$$

$$= 0.38\ \text{m}$$

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؟

$$m = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$d_i = -md_o = -(7.5)(14.0\ \text{mm})$$

$$= -105\ \text{mm}$$

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

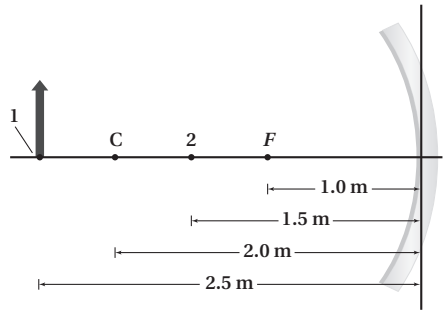
$$f = \frac{d_o d_i}{d_i + d_o} = \frac{(14.0\ \text{mm})(-105\ \text{mm})}{14.0\ \text{mm} + (-105\ \text{mm})}$$

$$= 16\ \text{mm}$$

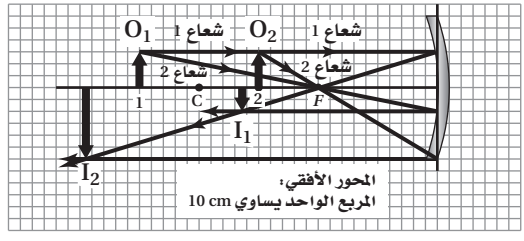
$$r = 2f = (2)(16\ \text{mm})$$

$$= 32\ \text{mm}$$

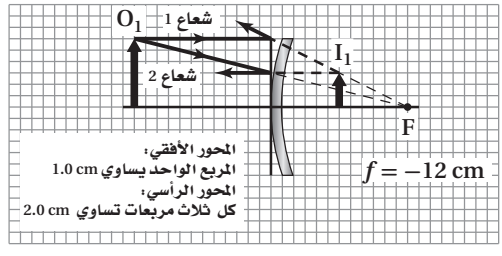
71. تحرّك الجسم في **الشكل 24–10** من الموقع 1 إلى الموقع 2. انقل الشكل إلى دفترك، ثم ارسم أشعة تبين كيف تتغير الصورة.



■ **الشكل 24–10**



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 مخطّط الأشعة للإجابة عن السؤال، واستخدم معادلتي المرايا والتكبير للتحقق من إجابتك.



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

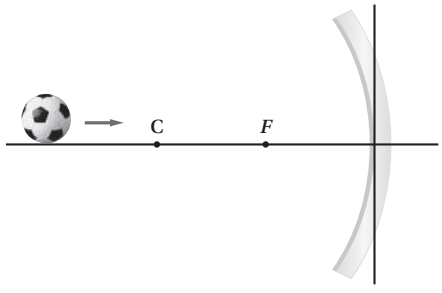
$$= \frac{(12.0\ \text{cm})(-6.0\ \text{cm})}{12.0\ \text{cm} + (-6.0\ \text{cm})}$$

$$= -12.0\ \text{cm}$$

التفكير الناقد

صفحة 122

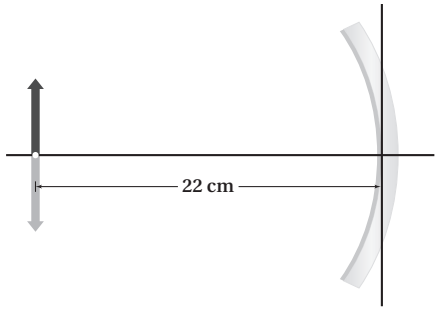
73. تطبيق المفاهيم تتدحرج الكرة في **الشكل 25–10** ببطء إلى اليمين نحو مرآة مقعرة. صف كيف يتغيّر حجم صورة الكرة في أثناء تدحرجها نحو المرآة.



■ **الشكل 25–10**

عندما تكون الكرة خلف النقطة C، تكون الصورة أصغر من الكرة وحقيقية. وعندما تكون الكرة في مركز التكور C يكون حجم صورة الكرة مساويًا 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 تعدّي F تصبح الصورة خيالية ومكبرة ومعتدلة.

74. التحليل والاستنتاج وضع جسم على بُعد 22 cm من مرآة مقعرة، كما في **الشكل 26–10**. ما البعد البؤري للمرآة؟



■ **الشكل 26–10**

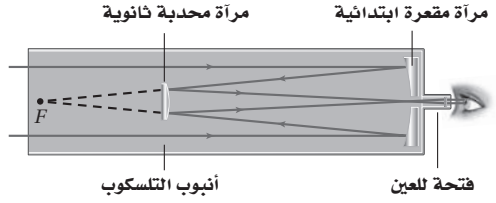
$$f = \frac{r}{2}$$

$$= \frac{d_o}{2}$$

$$= \frac{22\ \text{cm}}{2}$$

$$= 11\ \text{cm}$$

75. التحليل والاستنتاج يستخدم ترتيب بصري في بعض التلسكوبات يُسمى (تركيز كاسيجرين) كما في **الشكل 27–10**. ويستخدم هذا التلسكوب مرآة محدبة ثانوية توضع بين المرآة الابتدائية وبؤرتها. أجب عما يلي:



■ **الشكل 27–10**

a. تكوّن المرآة المحدبة المفردة صورًا خيالية فقط. اشرح كيف تكوّن هذه المرآة في هذا النظام من المرايا صورًا حقيقية؟

توضع المرآة المحدبة لتعترض 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 تجمّعه. وهذه العملية تزيد بشكل فعّال البعدَ 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 وسلبياته.

ستختلف إجابات الطلاب، ولكنها يجب أن تتضمن معلومات حول اللمعان، فضلا عن مقاومة التشوه، ومقاومة زوال البريق.

b. صقل الألومنيوم بدرجة دقيقة من النعومة، بحيث لا تحتاج إلى زجاج لعمل مرآة.

ستختلف إجابات الطلاب. وقد تتضمّن إجاباتهم معلومات حول تشوُّه 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 اعرضه على طلاب الصف.

ستختلف إجابات الطلاب، وذلك اعتمادًا على المرايا والطرائق التي اختارها الطلاب. وتتمثل طرائق الفلكي المبتدئ عادة في فرك قطعتي زجاج إحداهما بالأخرى 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)

$$\mathbf{g_{\text{القمر}} = \frac{Gm_{\text{القمر}}}{d^2_{\text{القمر}}}}$$

$$\mathbf{= \frac{(6.67\times10^{-11}\ N.m^2/kg^2)(7.34\times10^{22}\ kg)}{(1.74\times10^{6}\ m)^2}}$$

$$\mathbf{= 1.62\ m/s^2}$$

$$\mathbf{T_{\text{القمر}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{2.0\ m}{1.62\ m/s^2}} = 7.0\ s}$$

$$\mathbf{T_{\text{الأرض}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{2.0\ m}{9.80\ m/s^2}} = 2.8\ s}$$

تابع الفصل 10

79. وضع مرشِّحان ضوئيّان على مصباحين يدويين بحيث يُنفِّذ أحدهما ضوءًا أحمر، ويُنفِّذ الآخر ضوءًا 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)

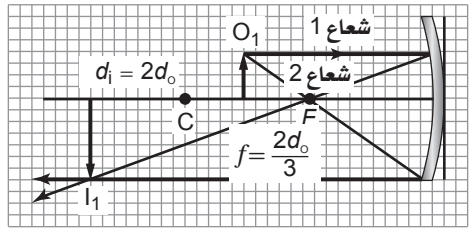
قد تتداخل الموجات، وتُجمع ثم يقطع بعضها بعضًا دون أن تتأثر. وفي هذه الحالة تحتفظ الموجات بالمعلومات الخاصة بألوانها عندما يعبر بعضها بعضًا.

مسألة تحفيز

صفحة 110

وضع جسم طوله h_o على بعد d_o من مرآة مقعرة بعدها البؤري f.

1. ارسم شكلا لمخطط أشعة يوضح البعد البؤري وموقع الجسم إذا كان بُعد الصورة الناتجة يساوي ضعف بُعد الجسم عن المرآة، وأثبت صحة إجابتك رياضيًّا. واحسب البعد البؤري بوصفه دالّة رياضية في بُعد الجسم في هذه الحالة.



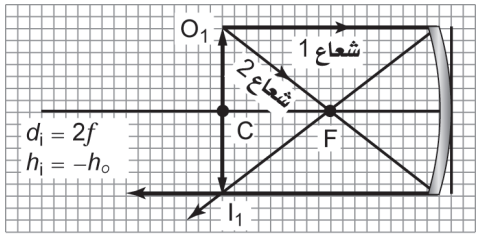
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{(d_o d_i)}{(d_o + d_i)}$$

$$f = \frac{\left(d_o(2d_o)\right)}{(d_o + 2d_o)}$$

$$f = \frac{2d_o}{3}$$

2. ارسم شكلا لمخطّط أشعة يوضح بُعد الجسم إذا كان بُعد الصورة عن المرآة يساوي ضعف البعد البؤري، وأثبت صحة إجابتك رياضيًّا، واحسب طول الصورة بوصفه دالّة رياضية في طول الجسم في هذه الحالة.



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_o = \frac{(f d_i)}{(d_i - f)}$$

$$= \frac{f(2f)}{(2f - f)}$$

$$= 2f$$

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

$$= \frac{(-d_i)}{d_o}$$

$$h_i = \frac{(-d_i h_o)}{d_o}$$

$$h_i = \frac{(-(2f)h_o)}{2f}$$

$$h_i = -h_o$$

3. أين يجب وضع الجسم بحيث لا تتكوّن له صورة؟

يجب أن يوضع الجسم في البؤرة.

مسائل تدريبية

1–11 انكسار الضوء (صفحة 133–125)

صفحة 127

1. أُسقطت حزمة ليزر في الهواء على إيثانول بزاوية 37.0°. ما مقدار زاوية الانكسار؟

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.00)(\sin 37.0^\circ)}{1.36}\right)$$

$$= 26.3^\circ$$

2. ينتقل ضوء في الهواء إلى داخل الماء بزاوية 30.0° بالنسبة للعمود المقام. أوجد مقدار زاوية الانكسار.

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.00)(\sin 30.0^\circ)}{1.33}\right)$$

$$= 22.1^\circ$$

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؟

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$n_2 = \frac{n_1 \sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$

$$= \frac{(1.33)(\sin 31^\circ)}{\sin 27^\circ}$$

$$= 1.5$$

مراجعة القسم

1–11 انكسار الضوء (صفحة 133–125)

صفحة 133

4. معامل الانكسار عند نفاذ الضوء من الماء إلى سائل معين فإنه ينحرف مقتربًا من العمود المقام، ولكن عند نفاذ الضوء من زجاج العدسات إلى السائل نفسه فإنه ينحرف مبتعدًا عن العمود المقام. ما الذي تستنتجه عن معامل انكسار السائل؟

$$n_{\text{ماء}} < n_{\text{السائل}} < n_{\text{زجاج العدسات}}$$

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؟

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$n_2 = \frac{n_1 \sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$

$$= \frac{(1.00)(\sin 30.0^\circ)}{\sin 20.0^\circ}$$

$$= 1.46$$

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 أنّ سرعة الضوء في الوسط أكبر من سرعة الضوء في الفراغ.

7. سرعة الضوء ما سرعة الضوء في الكلوروفورم؟(n=1.51)

$$n = \frac{c}{v}$$

$$v_{\text{الكلوروفورم}} = \frac{c}{n_{\text{الكلوروفورم}}}$$

$$= \frac{3.00\times10^8\ \text{m/s}}{1.51}$$

$$= 1.99\times10^8\ \text{m/s}$$

8. الانعكاس الكلي الداخلي إذا توافر لديك الكوارتز وزجاج العدسات لتصنع ليفًا بصريًّا، فأيّهما تستخدم لطبقة الغلاف؟ ولماذا؟

زجاج العدسات؛ لأنّ معامل انكساره أقلّ 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 $\theta_i = 57.5°$ فما زاوية الانكسار في البولي إيثيلين؟

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.33)(\sin 57.5°)}{1.50}\right)$$

$$= 48.4°$$

10. الزاوية الحرجة هل هناك زاوية حرجة للضوء المنتقل من الزجاج إلى الماء، وللضوء المنتقل من الماء إلى الزجاج؟

نعم؛ لأنّ الماء $n_{\text{الماء}}$ < $n_{\text{الزجاج}}$، 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 فعلًا؟

وذلك بسبب انحراف أشعة الضوء في الغلاف الجوي؛ وانكسارها.

12. التفكير الناقد في أي اتجاه تستطيع رؤية قوس المطر في مساء يوم ماطر؟ وضح إجابتك.

في الشرق؛ لأنّ الشمس تكون في الغرب، ويجب أن تسطع أشعة الشمس من خلفك حتى تتمكن من رؤية قوس المطر .

مسائل تدريبية

2–11 العدسات المحدّبة والمقعرة (صفحة 141–134)

صفحة 138

13. تكوَّن 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؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_o = \frac{d_i f}{d_i - f}$$

$$= \frac{(10.4\text{ cm})(6.8\text{ cm})}{10.4\text{ cm} - 6.8\text{ cm}}$$

$$= 2.0\times10^1\text{ cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_o = \frac{-d_o h_i}{d_i}$$

$$= \frac{-(19.6\text{ cm})(-1.8\text{ cm})}{10.4\text{ cm}}$$

$$= 3.4\text{ cm}$$

تابع الفصل 11

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

$$\frac{1}{f}=\frac{2}{d_i}$$

$$d_i=2f$$

$$=2(25\text{ mm})$$

$$=5.0\times10^{1}\text{ mm}$$

$$d_o=d_i$$

$$=5.0\times10^{1}\text{ mm}$$

صفحة 139

15. إذا وضعت صحيفة على بُعد 6.0 cm من عدسة محدبة بعدها البؤري 20.0 cm فأوجد بُعد الصورة المتكوِّنة لها.

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$$

لذا فإن

$$d_i=\frac{d_o f}{d_o-f}$$

$$=\frac{(6.0\text{ cm})(20.0\text{ cm})}{6.0\text{ cm}-20.0\text{ cm}}$$

$$=-8.6\text{ cm}$$

16. إذا وضعت عملة معدنية قطرها 2.0 cm على بُعد 3.4 cm من عدسة مُكبِّرة 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 اللّازمة؟

$$m=\frac{-d_i}{d_o}$$

$$d_i=-m\,d_o$$

$$=-(4.0)(3.5\text{ cm})$$

$$=-14\text{ cm}$$

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$$

$$f=\frac{d_o d_i}{d_o+d_i}$$

$$=\frac{(3.5\text{ cm})(-14\text{ cm})}{3.5\text{ cm}+(-14\text{ cm})}$$

$$=4.7\text{ cm}$$

مراجعة القسم

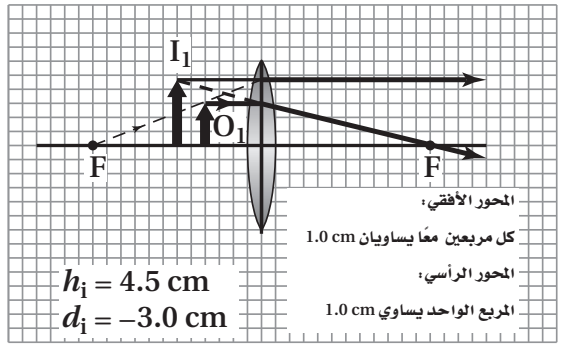
2–11 العدسات المحدّبة والمقعّرة (صفحة 141–134)

صفحة 141

18. التكبير تُستخدم العدسات المكبّرة عادة لتكوين صور أكبر من الأجسام، ولكنها أيضًا يمكن أن تكوّن صورًا أصغر من الأجسام. وضّح 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 مخطّط الأشعة لتحديد موقع الصورة وطولها، واستخدم معادلة العدسة الرقيقة ومعادلة التكبير للتحقق من إجابتك.



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(2.0\text{ cm})(6.0\text{ cm})}{2.0\text{ cm} - 6.0\text{ cm}}$$

$$= -3.0\text{ cm}$$

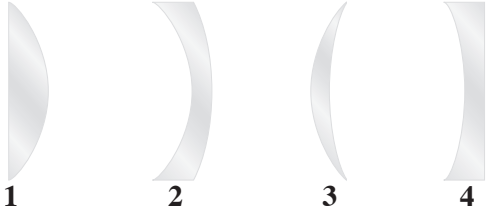
$$m \equiv \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(-3.0\text{ cm})(3.0\text{ cm})}{2.0\text{ cm}}$$

$$= 4.5\text{ cm}$$

20. أنواع العدسات يبيّن **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

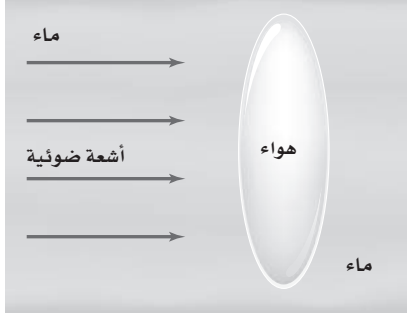
21. الزوغان اللوني للعدسات البسيطة كلها زوغان لوني. فسر ذلك. لماذا لا ترى هذا الأثر عندما تنظر خلال الميكروسكوب (المجهر)؟

تستخدم الأدوات البصرية الدقيقة جميعها مجموعة من العدسات تسمى العدسات اللالونية لتقليل الزوغان اللوني.

22. الزوغان اللوني إذا سمحت لضوء أبيض بالمرور من خلال عدسة محدبة إلى شاشة، وضبطت المسافة بين الشاشة والعدسة لتجمّع اللون الأحمر، ففي أي اتجاه يجب أن تحرك الشاشة لتُجمِّع الضوء الأزرق؟

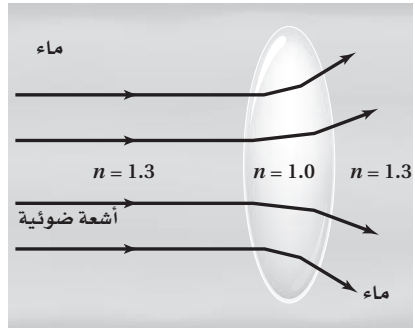
أقرب إلى العدسة.

23. التفكير الناقد تتكون عدسة هوائية، موضوعة في خزان ماء من زجاجتي ساعة. انقل **الشكل 17–11** إلى دفترك، وارسم تأثير هذه العدسة في أشعة الضوء المتوازية الساقطة عليها.



■ **الشكل 17–11**

ستتباعد أشعة الضوء



مراجعة القسم

3–11 تطبيقات العدسات (صفحة 145–142)

صفحة 145

24. الانكسار فسّر لماذا تعدّ القرنية عنصر التجميع الرئيس للأشعة في العين؟

إنّ الفرق بين معاملي انكسار الهواء والقرنية أكبر من أيّ فرق تواجهه أشعة الضوء عندما تنتقل نحو الشبكية.

25. أنواع العدسات أيّ 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 المُشاهَدةُ في التلسكوب مقلوبة؟

بعد أن يمرّ الضوء من خلال العدسة الشيئية، تتقاطع الأشعة مشكّلةً صورة مقلوبة. وتحتفظ العدسة العينية بهذا الاتجاه عندما تستخدم الصورة بوصفها جسمًا لها.

27. المنشور ما المزايا الثلاث لاستخدام المنشورين في المنظار؟

يؤدي المنشوران إلى زيادة طول مسار الضوء لجعل المنظار مضغوطًا بصورة أكثر (أقصر)، ويؤديان كذلك إلى انقلاب أشعة الضوء بحيث يرى المشاهد صورة معتدلة، وزيادة المسافة الفاصلة بين العدستين الشيئيتين ممّا يحسّن من الرؤية الثلاثية الأبعاد للجسم.

28. البعد البؤري افترض أنك ركّزت آلة التصوير التي لديك على شخص يبعد 2 m، ثم أردت أن تُركِّزها على شجرة أبعد من ذلك، فهل يتعين عليك أن تحرك العدسة قريبًا من الفيلم أم بعيدًا عنه؟

أقرب إلى الفيلم؛ تكون الصور الحقيقية دائمًا 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 لتكوّن الصورة المعتمة؟ وما الذي يمكن أن تفعله للحصول على صورة أوضح؟

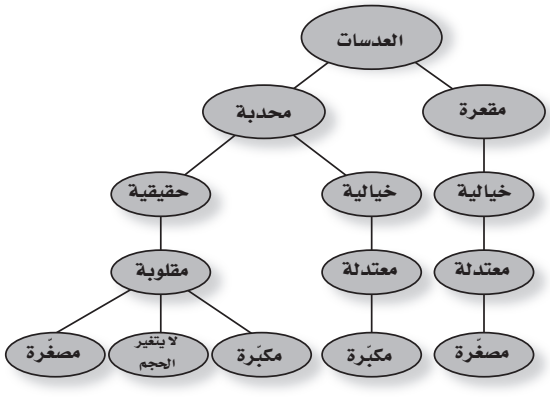
لأنك تستفيد من الضوء الذي يسقط على مساحة صغيرة من الجسم، ويمكن استخدام مصباح أكثر سطوعًا.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 150

30. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: مقلوبة، مكبرة، مصغّرة، خيالية.



تابع الفصل 11

إتقان المفاهيم
صفحة 150

31. قارن زاوية السقوط بزاوية الانكسار عندما ينتقل شعاع الضوء من الزجاج إلى الهواء بزاوية لا تساوي صفرًا؟ (1–11)

تكون زاوية السقوط في الزجاج أقل من زاوية الانكسار في الهواء؛ لأنّ معامل انكسار الهواء أقل.

32. على الرغم من أنّ الضوء القادم من الشمس ينكسر في أثناء مروره في الغلاف الجويّ للأرض، إلا أنّ الضوء لا يتحلّل إلى طيفه. فإلامَ يشير هذا بالنسبة لسرعات الألوان المختلفة للضوء المنتقلة في الهواء؟ (1–11)

تنتقل ألوان الضوء المختلفة في الهواء بالسرعة نفسها.

33. فسر لماذا يبدو القمر أحمر اللون في أثناء الخسوف؟ (1–11)

تحجب الأرض أشعة الشمس عن القمر في أثناء خسوف القمر، إلا أن الغلاف الجوي للأرض يُسبب 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؟ (2–11)

يحدد أيضًا معامل انكسار المادة التي صنعت منها العدسة موقعَ بؤرتها.

35. عند عرض صورة بواسطة آلة عرض الأفلام على شاشة فإنَّ الفيلم يوضع بين F و$2F$ لعدسة مجمِّعة. ويُنتج هذا الترتيب صورة مقلوبة، فلماذا يظهر مشهد الفيلم معتدلاً عندما يعرض الفيلم؟ (2–11)

يحتوي النظام البصري لآلة العرض على عدسة أخرى لقلب الصورة مجدّدًا فتصبح الصورة معتدلة نتيجة ذلك مقارنة بالجسم الأصلي. أو توضع الشرائح بصورة مقلوبة بالنسبة إلى وضعها الأصلي.

36. وضّح لماذا تستخدم الآلات البصرية الدقيقة العدسات اللّالونية؟ (2–11)

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. ما الحالة التي يكون عندها البعد البؤري للعين قصيرًا جدًّا بحيث لا يمكنه تجميع الضوء على الشبكية؟ (3–11)

قصر النظر.

38. ما طبيعة الصورة المتكوّنة بالعدسة الشيئية في المنظار الفلكي الكاسر؟ (3–11)

صورة حقيقية، مقلوبة.

39. لماذا تعد زيادة المسافة بين العدستين الشيئيتين في المنظار أمرًا نافعًا؟ (3–11)

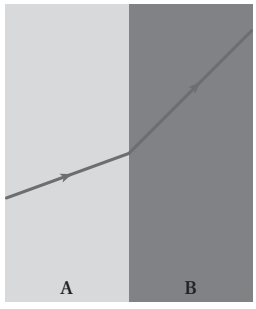
يعمل ذلك على تحسين المشاهدة الثلاثية الأبعاد.

40. ما الغرض من المرآة العاكسة في آلة التصوير؟ (3–11)

تعمل المرآة العاكسة على انحراف الصورة في اتجاه المنشور بحيث يمكن مشاهدتها قبل التقاط الصورة الفوتوجرافية. عند الضغط على مفتاح نافذة آلة التصوير فإنّ المرآة العاكسة تبتعد لتركّز العدسةُ الصورةَ على سطح الفيلم أو على كاشف تصويري آخر.

تطبيق المفاهيم
صفحة 151–150

41. أي المادتين، A، أم B، في **الشكل 24–11** لها معامل انكسار أكبر؟ وضح ذلك.



■ الشكل 24–11

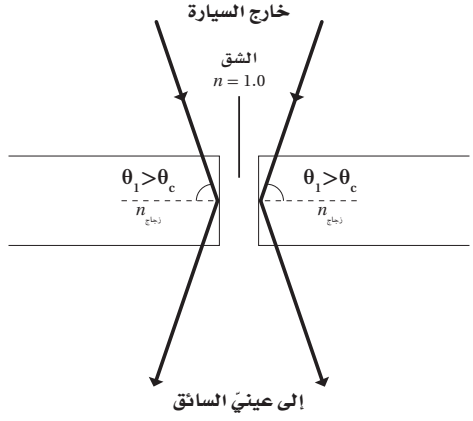
الزاوية في المادة A أقل، لذا يكون معامل انكسارها أكبر.

42. كيف يتغير مقدار الزاوية الحرجة مع زيادة معامل الانكسار؟

كلما زاد معامل انكسار المادة قلّت الزاوية الحرجة.

43. الزجاج الأمامي المتشقق إذا نظرت خلال زجاج سيارة متشقِّق فإنك ترى خطًّا فضيًّا على امتداد الشق، حيث يكون الزجاج منفصلا 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؟

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 جنوبًا 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 فإنّ الشمس لا تكون خلفك مطلقًا عند زاوية 42° أو أقل. ولن ترى مطلقًا 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 مكبِّرة لمشاهدة جسم صغير في قاع بركة سباحة، واكتشف أنها لا تُكبِّر الجسم بشكل جيد، فسّر لماذا لا تعمل العدسة المكبّرة في الماء كما كانت تعمل في الهواء.

يكون التكبير في الماء أقل كثيرًا من التكبير في الهواء. لأن الاختلاف في معاملي انكسار الماء والزجاج أقل كثيرًا من الاختلاف بين معاملي انكسار الهواء والزجاج.

46. لماذا يكون هنالك زوغان لوني للضوء المار خلال عدسة، في حين لا يكون للضوء الذي ينعكس عن مرآة زوغان لوني؟

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. يكون بؤبؤ العينين صغيرًا عندما تتعرض لضوء الشمس الساطع مقارنة بالتعرض لضوء خافت، وضّح لماذا تستطيع عيناك تجميع الضوء بشكل أفضل في الضوء الساطع؟

تعمل العيون على تجميع الضوء الساطع بشكل أفضل؛ لأنّ الأشعة المنكسرة بزوايا أكبر تزال بواسطة القزحية؛ لذا تتجمع الأشعة عند مدى زوايا أصغر، ويكون الزوغان الكروي أقل.

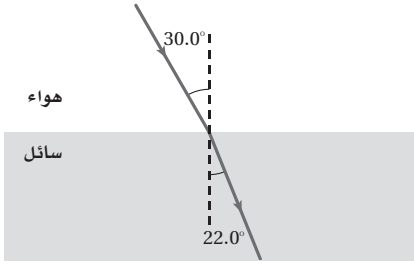
إتقان حل المسائل

صفحة 152–151

1–11 انكسار الضوء

صفحة 152–151

48. ينتقل شعاع ضوء من الهواء إلى سائلٍ ما، كما في **الشكل 25–11**، حيث يسقط الشعاع على السائل بزاوية 30.0°، وينكسر بزاوية 22.0°.



■ **الشكل 25–11**

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 1–11**، 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:

a. زاوية انكسار الضوء في الزجاج.

$$n_{\text{الهواء}} \sin\theta_{\text{الهواء}} = n_{\text{الزجاج}} \sin\theta_{\text{الزجاج}}$$

$$\theta_{\text{الزجاج}} = \sin^{-1}\left(\frac{n_{\text{الهواء}} \sin\theta_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الزجاج}}}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.00)(\sin 40.0^\circ)}{1.50}\right)$$

$$= 25.4^\circ$$

b. زاوية انكسار الضوء في الماء.

$$n_{\text{الزجاج}} \sin\theta_{\text{الزجاج}} = n_{\text{الماء}} \sin\theta_{\text{الماء}}$$

$$\theta_{\text{الماء}} = \sin^{-1}\left(\frac{n_{\text{الزجاج}} \sin\theta_{\text{الزجاج}}}{n_{\text{الماء}}}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.50)(\sin 25.4^\circ)}{1.33}\right)$$

$$= 28.9^\circ$$

50. ارجع إلى **الجدول 1–11**، واستخدم معامل انكسار الألماس لحساب سرعة الضوء فيه.

$$n = \frac{c}{v}$$

$$v_{\text{الألماس}} = \frac{c}{n_{\text{الألماس}}}$$

$$= \frac{3.00\times10^8\ \text{m/s}}{2.42}$$

$$= 1.24\times10^8\ \text{m/s}$$

51. ارجع إلى **الجدول 1–11**، وأوجد الزاوية الحرجة للألماس في الهواء.

$$\theta_{c,\text{الألماس/الهواء}} = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{1.00}{2.42}\right)$$

$$= 24.4^\circ$$

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؟

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$n_{\text{الماء}} \sin\theta_{\text{الماء}} = n_{\text{البلاستيك}} \sin\theta_{\text{البلاستيك}}$$

$$\theta_{\text{البلاستيك}} = \sin^{-1}\left(\frac{n_{\text{الماء}} \sin\theta_{\text{الماء}}}{n_{\text{البلاستيك}}}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.33)(\sin 35.0^\circ)}{1.500}\right)$$

$$= 30.57^\circ$$

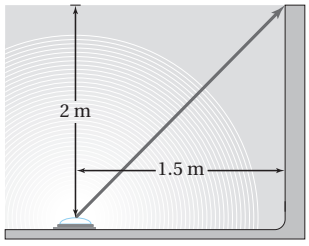
$$n_{\text{البلاستيك}} \sin\theta_{\text{البلاستيك}} = n_{\text{الهواء}} \sin\theta_{\text{الهواء}}$$

$$\theta_{\text{الهواء}} = \sin^{-1}\left(\frac{n_{\text{البلاستيك}} \sin\theta_{\text{البلاستيك}}}{n_{\text{الهواء}}}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.500)(\sin 30.57^\circ)}{1.00}\right)$$

$$= 49.7^\circ$$

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 26–11**. وكان الحوض مملوءًا بالماء إلى قمته.



■ **الشكل 26–11**

a. ما مقدار الزاوية التي يصل فيها الضوء طرف المسبح خارجًا من الماء؟

$$\theta_i = \tan^{-1}\left(\frac{1.5\ \text{m}}{2.0\ \text{m}}\right)$$

$$= 37^\circ$$

لإيجاد الزاوية في الهواء

$$n_{\text{الهواء}} \sin\theta_{\text{الهواء}} = n_{\text{الماء}} \sin\theta_{\text{الماء}}$$

$$\theta_{\text{الهواء}} = \sin^{-1}\left(\frac{n_{\text{الماء}} \sin\theta_{\text{الماء}}}{n_{\text{الهواء}}}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.33)(\sin 37^\circ)}{1.00}\right)$$

$$= 53^\circ$$

b. هل تؤدي رؤية الضوء بهذه الزاوية إلى ظهوره بشكل أعمق أم أقل عمقًا مما هو عليه في الواقع؟

$$\tan 53^\circ = \frac{\text{الضلع المقابل}}{\text{الضلع المجاور}}$$

$$\text{الضلع المجاور} = \frac{\text{الضلع المقابل}}{\tan 53^\circ}$$

$$= \frac{1.5\ \text{m}}{\tan 53^\circ}$$

$$= 1.1\ \text{m}, \text{أقل عمقًا}$$

54. إذا كانت سرعة الضوء في بلاستيك شفاف $1.90\times10^8\ \text{m/s}$. وسقط شعاع ضوء على البلاستيك بزاوية 22.0°، فما مقدار الزاوية التي ينكسر بها الشعاع؟

$$n_{\text{الهواء}} \sin\theta_{\text{الهواء}} = n_{\text{البلاستيك}} \sin\theta_{\text{البلاستيك}}$$

$$n_{\text{البلاستيك}} = \frac{c}{v_{\text{البلاستيك}}}$$

لذا فإن

$$n_{\text{الهواء}} \sin\theta_{\text{الهواء}} = \frac{c}{v_{\text{البلاستيك}}} \sin\theta_{\text{البلاستيك}}$$

$$\sin\theta_{\text{البلاستيك}} = \frac{v_{\text{البلاستيك}} n_{\text{الهواء}} \sin\theta_{\text{الهواء}}}{c}$$

$$\theta_{\text{البلاستيك}} = \sin^{-1}\left(\frac{v_{\text{البلاستيك}} n_{\text{الهواء}} \sin\theta_{\text{الهواء}}}{c}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.90\times10^8\ \text{m/s})(1.00)(\sin 22.0^\circ)}{3.00\times10^8\ \text{m/s}}\right)$$

$$= 13.7^\circ$$

تابع الفصل 11

11–2 العدسات المحدبة والمقعرة

صفحة 152

55. إذا وضع جسم على بُعد 10.0 cm من عدسة مجمّعة بعدها البؤري 5.00 cm، فعلى أيّ بُعد من العدسة تتكوَّن 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 لتكوِّن 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؟

$$m \equiv \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$d_o = \frac{-d_i}{m}$$

$$= \frac{-(24\ \text{cm})}{-0.75}$$

$$= 32\ \text{cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(32\ \text{cm})(24\ \text{cm})}{32\ \text{cm} + 24\ \text{cm}}$$

$$= 14\ \text{cm}$$

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 استُبدِلت العدسة الأصلية، ووُضِع مكانها عدسة أخرى لها ضعفا 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

58. وضع جسم بالقرب من عدسة مفرّقة 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 طوله؟

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$$

$$d_o=\frac{d_i f}{d_i-f}$$

$$=\frac{(-5.0\text{ cm})(-15\text{ cm})}{-5.0\text{ cm}-(-15\text{ cm})}$$

$$=7.5\text{ cm}$$

$$m\equiv\frac{h_i}{h_o}=\frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_o=\frac{-d_o h_i}{d_i}$$

$$=\frac{-(7.5\text{ cm})(2.0\text{ cm})}{-5.0\text{ cm}}$$

$$=3.0\text{ cm}$$

b. إذا استُبدِلت العدسة المفرِّقة، ووُضِع مكانها عدسة مجمّعة لها البعد البؤري نفسه فما موقع الصورة وطولها واتجاهها؟ وهل هي خيالية أم حقيقية؟

$$f_{\text{الجديدة}}=-f$$

$$=-(-15.0\text{ cm})$$

$$=15.0\text{ cm}$$

$$\frac{1}{f_{\text{الجديدة}}}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_{i,\text{الجديدة}}}$$

$$d_{i,\text{الجديدة}}=\frac{d_o f_{\text{الجديدة}}}{d_o-f_{\text{الجديدة}}}$$

$$=\frac{(7.5\text{ cm})(15\text{ cm})}{7.5\text{ cm}-15\text{ cm}}$$

$$=-15\text{ cm}$$

$$m\equiv\frac{h_i}{h_o}=\frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_{i,\text{الجديدة}}=\frac{-d_{i,\text{الجديدة}}h_o}{d_o}$$

$$=\frac{-(-15\text{ cm})(3.0\text{ cm})}{7.5\text{ cm}}$$

$$=6.0\text{ cm}$$

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؟

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$$

$$d_i=\frac{d_o f}{d_o-f}$$

$$=\frac{(40.0\text{ cm})(25.0\text{ cm})}{40.0\text{ cm}-25.0\text{ cm}}$$

$$=66.7\text{ cm}$$

b. ما تكبير ورقة النسخ؟

$$\frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o} = \frac{-(66.7\ \text{cm})(h_o)}{40.0\ \text{cm}}$$

$$= -1.67\ h_o$$

تكون الورقة المنسوخة مكبّرة 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

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(12\ \text{mm})(10.0\ \text{mm})}{12\ \text{mm} - 10.0\ \text{mm}}$$

$$= 6.0 \times 10^1\ \text{mm}$$

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؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(10.0\ \text{mm})(20.0\ \text{mm})}{10.0\ \text{mm} - 20.0\ \text{mm}}$$

$$= -20.0\ \text{mm}$$

أو

= 20.0 mm أسفل العدسة العينية

d. ما التكبير النهائي لهذا النظام المركّب؟

$$m_e = \frac{-d_i}{d_o} = \frac{-(-20.0\ \text{mm})}{10.0\ \text{mm}} = 2.00$$

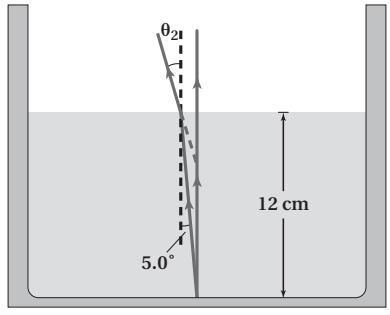
$$m_{\text{النهائي}} = m_o m_e = (-5.0)(2.00)$$

$$= -1.0 \times 10^1$$

مراجعة عامة

صفحة 153–152

62. العمق الظاهري ينعكس ضوء الشمس من قاع حوض سمك وينتشر في جميع الاتجاهات. ويوضّح **الشكل 27–11** 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 خط النظر الذي يتقاطع مع الشعاع الرأسي عند الموقع الذي سيرى فيه المشاهد صورة قاع الحوض.



■ **الشكل 27–11**

a. أوجد زاوية انكسار الشعاع في الهواء.

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.33)(\sin 5.0^\circ)}{1.0}\right)$$

$$= 6.7^\circ$$

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

$$\text{(العمق الحقيقي)}(\tan\theta_1) = \text{(العمق الظاهري)}(\tan\theta_2)$$

$$\text{العمق الظاهري} = (12\text{ cm})\left(\frac{\tan 5.0^\circ}{\tan 6.7^\circ}\right)$$

$$= 8.9\text{ cm}$$

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

$$\frac{n_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الماء}}} = \frac{1.0}{1.33} = 0.75$$

أيْ أن

$$\frac{\text{العمق الظاهري}}{\text{العمق الحقيقي}} = \frac{n_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الماء}}}$$

63. إذا كانت الزاوية الحرجة لقالب 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 أوكسيد الأنتيموني (antimony trioxide)، إذا كان معامل انكساره 2.35.

$$n = \frac{c}{v}$$

$$v = \frac{c}{n}$$

$$= \frac{3.00\times10^8\ \text{m/s}}{2.35}$$

$$= 1.28\times10^8\ \text{m/s}$$

65. وضع جسم طوله 3 cm على بُعد 20 cm أمام عدسة مجمّعة. فتكوّنت له صورة حقيقية على بُعد 10 cm من العدسة. ما البعد البؤري للعدسة؟

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{d_o d_i}{d_o + d_i}$$

$$= \frac{(20\ \text{cm})(10\ \text{cm})}{20\ \text{cm} + 10\ \text{cm}}$$

$$= 7\ \text{cm}$$

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 والمحدّدات.

يجب أن تكون زاوية السقوط في الهواء، فإذا اعتبرنا أنّ المادة الأولى هي الهواء فعندئذ تكون $n_1 = 1.0$، دع $n_2 = n$، لذا فإنّ

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$\sin\theta_1 = n \sin\theta_2$$

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = n$$

67. الفلك كم دقيقة إضافية يستغرق وصول الضوء من الشمس إلى الأرض إذا امتلأ الفضاء بينهما بالماء بدلاً من الفراغ؟ علمًا بأن بُعد الشمس عن الأرض 1.5×10^8 km.

الزمن خلال الفراغ:

$$t = \frac{d}{c}$$

$$= \frac{(1.5\times10^8\ \text{km})(1000\ \text{m/1 km})}{3.00\times10^8\ \text{m/s}}$$

$$= 5.0\times10^2\ \text{s}$$

السرعة في الماء:

$$v = \frac{c}{n}$$

$$= \frac{3.00\times10^8\ \text{m/s}}{1.33}$$

$$= 2.26\times10^8\ \text{m/s}$$

الزمن خلال الماء:

$$t = \frac{d}{v}$$

$$= \frac{(1.5\times10^8\ \text{km})(1000\ \text{m/1 km})}{2.26\times10^8\ \text{m/s}}$$

$$= 660\ \text{s}$$

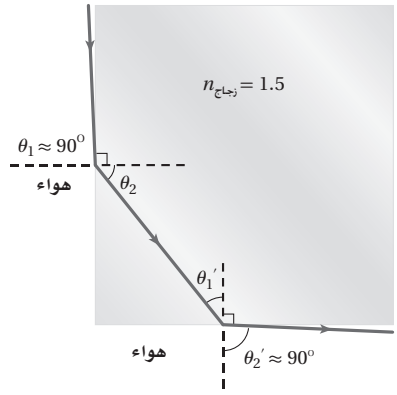
$$\Delta t = 660\ \text{s} - 500\ \text{s}$$

$$= 160\ \text{s}$$

$$= (160\ \text{s})(1\ \text{min}/60\ \text{s})$$

$$= 2.7\ \text{min}$$

68. من غير الممكن الرؤية من خلال الجوانب المتجاورة لقوالب مربعة الشكل من زجاج معامل انكساره 1.5، حيث يؤثّر الجانب المجاور للجانب الذي يَنظر من خلاله مراقبٌ كأنّه مرآة. ويمثل **الشكل 28–11** الحالة المحدّدة لجانب مجاور لا يؤثر كأنه مرآة. استخدم معلوماتك في الهندسة، والزوايا الحرجة، لتثبت أنّ هيئة هذا الشعاع لا يمكن تحقيقها عندما تكون $n_{\text{الزجاج}}=1.5$.



■ **الشكل 28–11**

يدخل شعاع الضوء الزجاج بزاوية θ_1، وينكسر بالزاوية θ_2

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_{\text{الهواء}} \sin\theta_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الزجاج}}}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.00)(\sin 90^{\circ})}{1.5}\right)$$

$$= 42^{\circ}$$

لذا فإنّ $\theta'_1 = 48^{\circ}$، ولكن الزاوية الحرجة للزجاج هي:

$$\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الزجاج}}}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{1.00}{1.5}\right)$$

$$= 42^{\circ}$$

ولما كانت $\theta'_1 > \theta_c$، فإنّ الضوء ينعكس داخل الزجاج، ولا يمكن للمرء رؤية الخارج من الجانب المجاور.

التفكير الناقد

صفحة 154–153

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؟ علمًا 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:

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{(1.0003)(\sin 45.000^{\circ})}{1.7273}\right)$$

$$= 24.173^{\circ}$$

للضوء الأزرق:

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{(1.0003)(\sin 45.000^{\circ})}{1.7708}\right)$$

$$= 23.543^{\circ}$$

الفرق:

$$24.173^{\circ} - 23.543^{\circ} = 0.630^{\circ}$$

70. قارن أوجد الزاوية الحرجة للجليد الذي معامل انكساره1.31. في المناطق الباردة جدًّا، هل تكون أسلاك الألياف الضوئية المصنوعة من الجليد أفضل من تلك المصنوعة من الزجاج لحفظ الضوء داخل السلك؟ وضح ذلك.

$$\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_{\text{الهواء}}}{n_{\text{الجليد}}}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1.00}{1.31}\right)$$

$$= 49.8^{\circ}$$

الزاوية الحرجة °49.8 وعند المقارنة فإنّ الزاوية الحرجة للزجاج الذي معامل انكساره 1.54 تساوي °40.5. والزاوية الحرجة الكبيرة تعني أنّه سيحدث انعكاس كلي داخلي لكمية أقل من الأشعة في قلب الجليد مقارنة بتلك التي سيحدث عندها انعكاس كلي داخلي في قلب الزجاج؛ لذا فإنّها لن تكون قادرة على نقل كمية ضوء أكبر. ومن ثم فإنّ 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؛ لأنّ عددًا أقل من الأشعة سيتجمّع، ولكن سترى صورة كاملة.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 154

72. إنّ 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، وأعدّ تقريرًا للصف تبين من خلاله كيفية التكيّف 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، وحضّر عرضًا تصويريًّا للصف تبين من خلاله كيف تكوّن هذه الآلات الصور.

ستختلف إجابات الطلاب، ولكنهم قد يجدون أنه من الضروري تبسيط أنظمتهم التي اختاروها لأغراض التوضيح.

مراجعة تراكمية

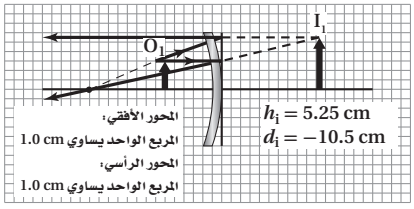
صفحة 154

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)

إنّ حدّة صوت منبه السيارة الذي يسمعه الشخص سيقل عندما تقل سرعة السيارة.

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 مخطّط الأشعة بمقياس رسم.



b. معادلتي المرايا والتكبير.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(6.00\text{ cm})(14.0\text{ cm})}{6.00\text{ cm} - 14.0\text{ cm}}$$

$$= -10.5\text{ cm}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

$$= \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(-10.5\text{ cm})(3.00\text{ cm})}{6.00\text{ cm}}$$

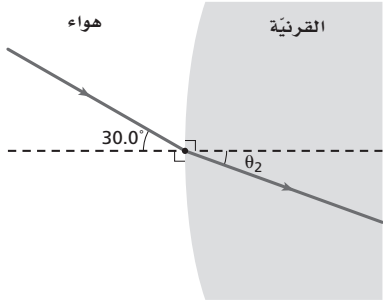
$$= 5.25\text{ cm}$$

تابع الفصل 11

مسألة تحفيز

صفحة 143

عندمـا يدخـل الضوء إلى العين فإنه يواجه الحد الفاصل بين الهواء والقرنية. فإذا دخل شـعاع 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.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2}\right)$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{(1.0)\ (\sin 30.0^\circ)}{1.4}\right)$$

$$\theta_2 = 21^\circ$$

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؛ لأنّ 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؟

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\theta_1 = \sin^{-1}\left(\frac{n_2 \sin \theta_2}{n_1}\right)$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{(1.4)\ (\sin 21^\circ)}{1.33}\right)$$

$$\theta_2 = 22^\circ$$