تم تحميل الملف
من موقع بداية

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

للمزيد اكتب
في جوجل Google

موقع بداية التعليمي كل ما يحتاجه **الطالب والمعلم**
من ملفات تعليمية، حلول الكتب، توزيع المنهج،
بوربوينت، اختبارات، ملخصات، اختبارات إلكترونية،
أوراق عمل، والكثير...

حمل التطبيق

GET IN ON Google Play

Download on the App Store

الفصل 6

الانكسار والعدسات

Refraction and Lenses

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- تَعرُّف كيفية تغير اتجاه الضوء وسرعته عندما ينتقل خلال مواد مختلفة.
- مقارنة خصائص العدسات بالصور التي تكوّنها.
- تَعرُّف التطبيقات المختلفة للعدسات، وكيف تمكّنك عدسات عينيك من الرؤية.

الأهمية

تقوم عملية الرؤية وتكوُّن صور للأشياء على أساس ظاهرة الانكسار؛ حيث ينتقل بعض الضوء في خط مستقيم من الجسم إلى عينيك، وينعكس جزء منه قبل أن يصل إليك، بينما يسلك جزء آخر منه مسارًا يبدو منحنيًا؛ ليكوّن صورة له على الشبكية.

الأشجار المتموجة إذا غصت تحت الماء فستلاحظ أن الأشياء هناك تبدو طبيعية، في حين تبدو الأجسام التي فوق الماء مشوّهة بفعل الموجات التي تعلو سطحه.

فكّر ◄

ما الذي يجعل صور الأشجار متموّجة؟

عندما يكون المسبح فارغا من الماء، فسينتقل الضوء من الأشجار إلى عينك بخط مستقيم وستبدو الأشجار بهيئتها الطبيعية. أما إذا كان المسبح مملوءاً بالماء فإنّ اتجاه الضوء سيتغير عند سطح الماء الذي يفصل بين الأشجار وعينيك. سيدرس الطلاب هذا التغير الذي يطرأ على مسار الضوء في هذا الفصل.

بداية
موقع بداية التعليمي | bedaya.com

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

تجربة استهلالية

كيف يبدو قلم رصاصٍ موضوع في سائل عند النظر إليه جانبيًّا؟

سؤال التجربة هل يبدو قلم الرصاص مختلفًا عندما يشاهد خلال الماء، أو الزيت، أو شراب الذرة؟

الخطوات

1. املأ دورقًا سعته 400 ml بالماء.
2. املأ دورقًا آخر سعته 400 ml بشراب الذرة إلى منتصفه، والنصف الآخر بالماء (اسكب ببطء لتجنب امتزاج السائلين).
3. املأ دورقًا ثالثًا سعته 400 ml بالماء إلى منتصفه، والنصف الآخر بزيت طهي (اسكب ببطء لتجنب امتزاج السائلين).
4. ضع قلم رصاصٍ في كل دورق بصورة مائلة.
5. لاحظ كل قلمٍ من جانب الدورق مع تدويره ببطء.
6. أنشئ جدول بيانات لتتمكن من تسجيل وصفٍ حول شكل قلم الرصاص في كل دورق.

التحليل

أي الدوارق يبدو فيها القلم كأنه مكسور؟ وهل مقادير الكسر متساوية في الدوارق جميعها؟ ومتى لا يظهر القلم مكسورًا؟ وضّح ذلك.

التفكير الناقد ضع فرضية حول متى تبدو الأجسام الصلبة كأنها مكسورة، ومتى لا تبدو كذلك، وتأكد من أن تتضمن تفسيرًا لمقدار الانكسار.

6–1 انكسار الضوء Refraction of Light

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

يمكنك رؤية انعكاس ضوء الشمس عن الماء عند النظر إلى سطح الماء في بركة سباحة في يوم صيفي. كما يمكنك رؤية الأجسام الموجودة داخل البركة؛ لأن جزءًا من ضوء الشمس يمر إلى داخل الماء، وينعكس عن الأجسام. وعندما تمعن النظر في الأجسام الموجودة داخل الماء تلاحظ أنها تبدو مشوّهة. فمثلاً، تبدو الأشياء التي تحت سطح الماء أقرب من بعدها الحقيقي، كما تبدو قَدمَا الشخص الواقف في البركة أنهما تتحركان إلى الخلف وإلى الأمام، وتبدو الخطوط التي في قاع البركة تتمايل مع حركة الماء. وتحدث هذه التأثيرات لأن الضوء يغيّر اتجاهه عند مروره من الماء إلى الهواء أو العكس.

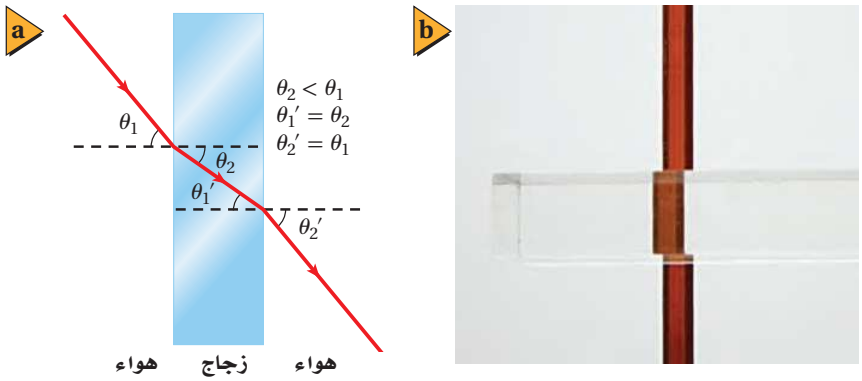
ينحني مسار الضوء، كما تعلمت سابقًا، عند عبوره الحد الفاصل بين وسطين بسبب الانكسار. ويعتمد مقدار الانكسار على خصائص الوسطين الشفافين، وعلى الزاوية التي يسقط بها الضوء على الحد الفاصل. ويتحرك الحد الفاصل بين الهواء والماء إلى أعلى وإلى أسفل، ويميل إلى الخلف والأمام أيضًا، عند انتقال الموجات على سطح الماء. وينحرف مسار الضوء الخارج من الماء مع حركة الحد الفاصل، مما يؤدي إلى ظهور الأجسام متموجة تحت سطح الماء.

الأهداف

- **تحل** مسائل تتضمن مفهوم الانكسار في السطوح المستوية والعدسات.
- **توضّح** مفهوم الانعكاس الكلي الداخلي.
- **توضّح** بعض التطبيقات البصرية المبنية على انكسار الضوء.

المفردات

معامل الانكسار
قانون سنل في الانكسار
الزاوية الحرجة
الانعكاس الكلي الداخلي
التفريق (التحليل)



الشكل 1–6 ينحرف الضوء مقتربًا من العمود المقام على نقطة السقوط عند انتقاله من الهواء إلى الزجاج، وينحرف مبتعدًا عن العمود المقام عند انتقاله من الزجاج إلى الهواء (**a**). انحراف الضوء يجعل الأجسام وكأنها مزاحة عن مواقعها الحقيقية (**b**).

قانون سنل في الانكسار Snell's Law of Refraction

ما الذي يحدث عندما تُسقط حزمة ضوء بشكل مائل على سطح قطعة زجاج؟ سينحرف الضوء عن مساره عند مروره بالحد الفاصل بين الهواء والزجاج كما في **الشكل 1–6**. ويُسمى انحراف الضوء الانكسار، وقد درس هذه الظاهرة رينيه ديكارت وويلبرورد سنل في زمن كبلر وجاليليو.

دلالة الألوان

يكون وسط الانكسار والعدسات باللون **الأزرق الفاتح**.

ولمناقشة نتائج هذه الدراسات ينبغي عليك أن تتعرّف زاويتين هما: زاوية السقوط، θ_1، وهي الزاوية المحصورة بين العمود المقام واتجاه الشعاع الساقط. وزاوية الانكسار، θ_2، وهي الزاوية المحصورة بين العمود المقام واتجاه الشعاع المنكسر. وقد وجد سنل في عام 1621 أنه عند مرور الضوء من الهواء إلى وسط شفاف فإن جيب كل زاوية يرتبط بالمعادلة $n = \sin\theta_1 / \sin\theta_2$ ؛ حيث تُمثِّل n مقدارًا ثابتًا يعتمد على المادة، ولا يعتمد على الزوايا، يُسمّى **معامل الانكسار**. ويبين **الجدول 1–6** معاملات انكسار بعض المواد. ويمكن تعميم معادلة سنل عندما يمر الضوء خلال حدٍّ فاصلٍ بين أي مادتين شفافتين مختلفتين. وتُعرف هذه المعادلة العامة **بقانون سنل في الانكسار**.

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

قانون سنل في الانكسار $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$

حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الأول في جيب زاوية السقوط يساوي حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الثاني في جيب زاوية الانكسار.

الجدول 1-6

معاملات الانكسار للضوء الأصفر (في الفراغ $\lambda = 589\ nm$)

الوسط	n
الفراغ	1.00
الهواء	1.0003
الماء	1.33
الإيثانول	1.36
زجاج العدسات	1.52
الكوارتز	1.54
الزجاج الصوّاني	1.62
الألماس	2.42

يبين **الشكل 1–6** كيفية تطبيق قانون سنل عندما ينتقل الضوء خلال قطعة زجاج سطوحها متوازية، مثل زجاج النافذة، حيث ينكسر الضوء مرتين؛ مرة عند دخوله إلى الزجاج، ومرة أخرى عند خروجه منه. وعندما ينتقل الضوء من الهواء إلى الزجاج فإنه ينتقل من مادة ذات معامل انكسار قليل إلى مادة معامل انكسارها أكبر؛ أيْ أن $n_1 < n_2$. ولكي تكون المعادلة متساوية الطرفين فإنه يجب أن يكون $\sin\theta_1 > \sin\theta_2$؛ أيْ أن حزمة الضوء تنحرف مقتربة من العمود المقام على السطح.

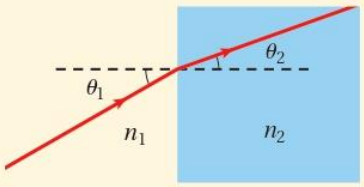
ويحدث العكس عندما ينتقل الضوء من الزجاج إلى الهواء، حيث يمر من مادة ذات معامل انكسار كبير إلى مادة معامل انكسارها أقل؛ أيْ أن $n_1 > n_2$. وفي هذه الحالة تكون $\sin\theta_1' < \sin\theta_2'$ ؛ أيْ أن الضوء ينحرف مبتعدًا عن العمود المقام. لاحظ أيضًا أن اتجاه الشعاع عند خروجه من الزجاج هو نفسه كما كان قبل أن يسقط على الزجاج، ولكنه انزاح عن موضعه الأصلي.

مثـــال 1

زاوية الانكسار تسقط حزمة ضوء من الهواء على قطعة من زجاج العدسات بزاوية $30.0°$. ما مقدار زاوية الانكسار؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- مثّل الحد الفاصل بين الهواء وزجاج العدسات.
- ارسم مخطّط الأشعة.



المعلوم

$\theta_1 = 30.0°$ ، $n_1 = 1.00$ ، $n_2 = 1.52$

المجهول

$\theta_2 = ?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم قانون سنل لإيجاد زاوية الانكسار:

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

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

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

عوّض مستخدمًا $\theta_1 = 30.0°$ ، $n_2 = 1.52$ ، $n_1 = 1.00$

$$= \sin^{-1}\left(\left(\frac{1.00}{1.52}\right)\sin 30.0°\right) = 19.2°$$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** يُعبَّر عن الزوايا بالدرجات.
- **هل الجواب منطقي؟** إن معامل الانكسار n_2 أكبر من معامل الانكسار n_1، لذا، تكون زاوية الانكسار θ_2 أقل من زاوية السقوط θ_1.

مسائل تدريبية

1. أُسقطت حزمة ليزر في الهواء على إيثانول بزاوية $37.0°$. ما مقدار زاوية الانكسار؟
2. ينتقل ضوء في الهواء إلى داخل الماء بزاوية $30.0°$ بالنسبة للعمود المقام. أوجد مقدار زاوية الانكسار.
3. غمر قالب من مادة غير معروفة في الماء. أُسقط عليه ضوء بزاوية $31°$، فكانت زاوية انكساره في القالب $27°$. ما معامل الانكسار للمادة المصنوع منها القالب؟

الإجابة في الصفحة التالية

الربط مع الفلك

يرجع اللون الأحمر للقمر خلال مرحلة خسوفه إلى الانكسار؛ إذ يحدث خسوف القمر عندما تحجب الأرض ضوء الشمس عن القمر. ونتيجة لهذا، قد تتوقع أن يصبح القمر معتمًا تمامًا، ولكن ما يحدث هو أن الضوء ينكسر خلال الغلاف الجوي للأرض، وينحرف حول الأرض في اتجاه القمر. ولأن الغلاف الجوي للأرض يشتّت معظم الضوء الأزرق والأخضر لذا ينير اللون الأحمر أغلب القمر. وبما أن القمر يعكس معظم ألوان الضوء بالدرجة نفسها فإنه يعكس الضوء الأحمر إلى الأرض، فيظهر القمر باللون الأحمر.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

1. أسقطت 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.

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

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

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

$$= 22.1^\circ$$

بداية
موقع بداية التعليمي beadaya.com

3. غمر قالب من مادة غير معروفة في الماء. أسقط عليه ضوء بزاوية 31°، فكانت زاوية انكساره في القالب 27°. ما معامل الانكسار للمادة المصنوع منها القالب؟

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

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

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

$$= 1.5$$

النموذج الموجي في الانكسار Wave Model of Refraction

طُـوّر النموذج الموجي للضوء بعـد 200 عام تقريبًا من نشر سـنل لبحثه. وتم التوصل بعد 300 عام من عمل سـنل إلى فهـم أن الضوء يتفاعل مع الـذرات عند انتقاله خلال الوسـط، كأن يتحـرك بسرعـة أقل ممـا هو في الفـراغ. ويمكـن كتابة علاقـة الموجة $\lambda_o = c/f$ التي درستها سـابقًا التي تخص انتقال موجة الضوء في الفراغ على النحو الآتي: $\lambda = v/f$، حيث تمثل v سرعة الضوء في أي وسط، و تمثل λ الطول الموجي. ولا يتغير تردد الضـوء f عندما يعبر الحد الفاصل؛ أيْ أن عدد الاهتـزازات لكل ثانية التي تصل الحد الفاصل هي نفسـها التي تخرج من الحد الفاصل وتنتقل خلال وسط الانكسار. لذا يجب أن يقـلّ الطول الموجي للضوء λ عندما تقل سرعة الضوء؛ فيكون الطول الموجي للضوء في أي وسط أقصر من الطول الموجي له في الفراغ.

ما الذي يحدث عندما ينتقل الضوء من وسـط يتحرك فيه بسرعة أكبر إلى وسـط يتحرك فيه بسرعة أقل كما في **الشـكل 6–2a**؟ للإجابة عن ذلك انظر إلى **الشـكل 6–2b** الذي يبيِّن حزمة ضوئية مكوّنة من سلسلة متوازية من مقدمات الموجات المستقيمة، حيث تمثّل كل مقدمة موجـة قمة الموجة وتكون متعامدة مع اتجاه الحزمة الضوئية التي تسـقط على السـطح بالزاوية θ_1. وبما أن مقدمات الموجة تعامد اتجـاه الحزمة، فإن $\angle PQR$ في المثلث PQR تكون زاوية قائمة، و $\angle QRP$ تساوي θ_1. لذا فإن $\sin\theta_1$ تساوي المسافة بين P و Q مقسومة على المسافة بين P و R.

$$\sin\theta_1 = \frac{\overline{PQ}}{\overline{PR}}$$

وترتبط زاوية الانكسار θ_2 بالطريقة نفسها مع المثلث PSR، وفي هذه الحالة:

$$\sin\theta_2 = \frac{\overline{RS}}{\overline{PR}}$$

ومن خلال حساب نسبة الجيب للمثلثين فإن $\overline{PR}$ تُلغى وتبقى المعادلة الآتية:

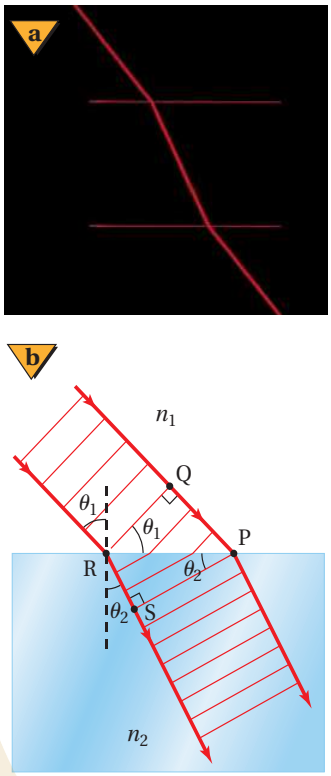
$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{\overline{RS}}{\overline{PQ}}$$

رُسم **الشكل 6–2b** بحيث كانت المسافة بين P و Q مساوية لثلاثة أطوال موجية للضوء في الوسـط 1؛ أي أن $\overline{PQ} = 3\lambda_1$. وبالطريقة نفسـها فإن $\overline{RS} = 3\lambda_2$. وبتعويض هاتين القيمتين في المعادلة السابقة واختصار العامل المشترك، الرقم 3، تنتج معادلة تربط زاويتي السقوط والانكسار بالطول الموجي للضوء في كل وسط.

$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{3\lambda_2}{3\lambda_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

وبالتعويـض عن الطول الموجي بـ $\lambda = v/f$ في المعادلة أعلاه وإلغاء العامل المشـترك f، يُمكننا إعادة كتابة المعادلة على الشكل الآتي:

$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$$



الشكل 6–2 ينتقل الضوء من الهواء إلى الزجاج ثم إلى الهواء مرة أخرى (**a**). يتباطأ الضوء وينحرف مقتربًا من العمود المقام عندما يدخل منطقة معامل انكسارها أكبر (**b**).

بداية
بوابة بداية التعليمي | beadaya.com

كما يمكن أيضًا كتابة قانون سنل في صورة نسبة لمعاملي انكسار الوسطين.

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

معامل الانكسار باستخدام خاصية التعدي للمساواة، فإن المعادلتين السابقتين تؤديان إلى المعادلة الآتية:

$$\frac{n_1}{n_2}=\frac{v_2}{v_1}$$

وبالنسبة للفراغ فإن $n=1$ و $v=c$. فإذا كان أحد الوسطين فراغًا فإن المعادلة تبسّط إلى معادلة تربط معامل انكسار الوسط بسرعة الضوء فيه.

معامل الانكسار $n=\frac{c}{v}$

معامل انكسار الوسط يساوي سرعة الضوء في الفراغ مقسومة على سرعة الضوء في الوسط.

ويستخدم هذا التعريف لإيجاد الطول الموجي للضوء في وسط ما مقارنة بالطول الموجي للضوء في الفراغ، حيث يعبَّر عن سرعة الضوء في وسط معامل انكساره n بالعلاقة $v=c/n$، وعن الطول الموجي للضوء في الفراغ بـ $\lambda_0=c/f$. وبحل المعادلة $\lambda=v/f$ بالنسبة للتردد، وتعويض كل من المعادلتين $f=c/\lambda_0$ و $v=c/n$ فيها، تجد أن $\lambda=(c/n)/(c/\lambda_0)=\lambda_0/n$، لذا يكون الطول الموجي للضوء في الوسط أقل من الطول الموجي له في الفراغ.

الانعكاس الكلي الداخلي Total Internal Reflection

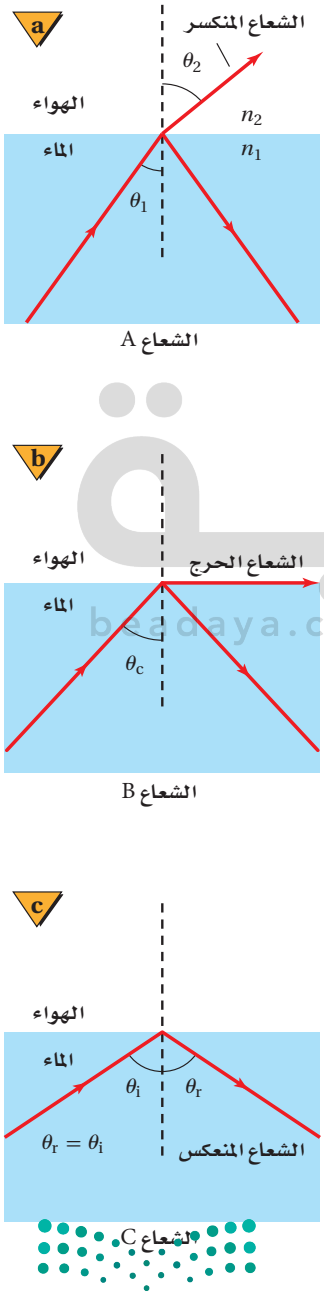
عندما ينتقل الضوء إلى وسط معامل انكساره أقل تكون زاوية الانكسار أكبر من زاوية السقوط، كما يبين **الشكل 3a–6**. وهذا يؤدي إلى ظاهرة طبيعية؛ إذ إنه مع زيادة زاوية السقوط تزداد زاوية الانكسار، إلا أنه عند زاوية سقوط معينة تُسمى **الزاوية الحرجة** θ_c، ينكسر الشعاع على امتداد الحد الفاصل بين الوسطين، وتكون زاوية الانكسار $90.0°$، كما يبين **الشكل 3b–6**.

عندما يسقط ضوء على حد فاصل شفاف فإن معظم الضوء ينفذ، بينما ينعكس جزء منه، في حين يمتص الوسط جزءًا آخر منه. ويحدث **الانعكاس الكلي الداخلي** عندما ينتقل الضوء من وسط معامل انكساره كبير إلى وسط معامل انكساره أقل، ويسقط الضوء على الحد الفاصل بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة، إن أهم ما يميز الانعكاس الكلي الداخلي هو أن الضوء ينعكس بصورة كاملة إلى الوسط الذي معامل انكساره أكبر، كما يبين **الشكل 3c–6**. وتستطيع استخدام قانون سنل لإيجاد معادلة للزاوية الحرجة لأي حد فاصل، وذلك بتعويض $\theta_1=\theta_c$ و $\theta_2=90.0°$.

الزاوية الحرجة للانعكاس الكلي الداخلي $\sin\theta_c=\frac{n_2}{n_1}$

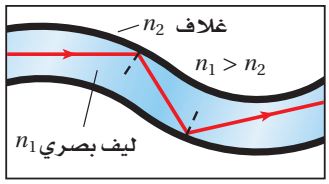
جيب الزاوية الحرجة يساوي معامل انكسار وسط الانكسار مقسومًا على معامل انكسار وسط السقوط.

الشكل 3–6 انكسر الشعاع A جزئيًا، وكذلك انعكس جزئيًا (**a**). انكسر الشعاع B على امتداد الحدّ الفاصل بين الوسطين عندما سقط بزاوية تساوي الزاوية الحرجة (**b**). زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة، مما يؤدي إلى حدوث انعكاس كلي داخلي للشعاع C، والذي يتبع قانون الانعكاس (**c**).



بوابة الدراية | موقع إدارة التعليم
beadaya.com

يؤدي الانعكاس الكلي الداخلي إلى بعض التأثيرات الغريبة. افترض أنك تغوص في بركة ماء ساكن، وتنظر إلى أعلى سطح الماء، فإنك قد ترى انعكاسًا مقلوبًا لجسم آخر قريب موجود أسفل الماء، أو قد ترى انعكاسًا لقاع البركة نفسها؛ إذ يعمل سطح الماء عمل المرآة. وكذلك عندما تقف بجانب بركة فإنه يمكن ألا ترى الأشياء الموجودة أسفل سطح الماء. فعندما يسبح شخص تحت الماء بالقرب من السطح وفي الجهة المقابلة لك من البركة، فإنك قد لا تراه؛ وذلك لأن الضوء القادم من جسمه ينعكس إلى الأسفل ليرتد إلى داخل البركة.

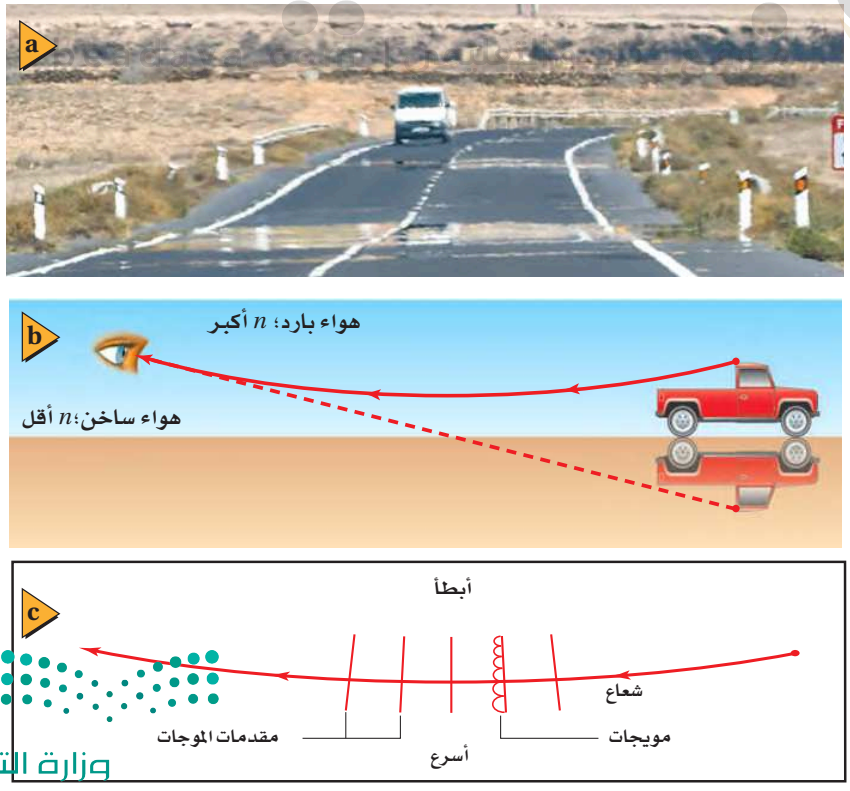


الشكل 4–6 تدخل نبضات ضوء من مصدر الضوء إلى أحد طرفي الليف البصري. وفي كل مرة يصطدم فيها الضوء بالسطح، تكون زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة، ولذا يبقى الضوء داخل الليف البصري.

تعد الألياف البصرية تطبيقًا تقنيًا مهمًّا للانعكاس الكلي الداخلي. فكما يبين **الشكل 4–6**، يصطدم الضوء الذي ينتقل خلال الليف الشفاف بالسطح الداخلي لليف البصري دائمًا بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة، لذا ينعكس الضوء انعكاسًا كليًّا داخليًّا فلا ينفذ أي جزء منه خلال الحد الفاصل. ولذلك يحافظ الضوء على شدته على طول المسافة التي يمتدّها الليف البصري مهما بلغت، وبهذا يمكن نقل الضوء من منطقة إلى أخرى.

السراب Mirages

تــرى أحيانًا في يــوم صيفي حار تأثير الــسراب المبين في **الشــكل 5a–6**. فعندما تقود ســيارتك على طريق ترى ما يبدو كأنه انعكاس للســيارة القادمــة في بركة ماء، وتختفي البركة عندما تصل إليها، لماذا؟يتكون السراب نتيجة تسخين الشمس للطريق؛ إذ تُسخِّن الطريق الحارة الهواء فوقها وتنتج طبقة حرارية من الهواء تؤدي إلى انحراف الضوء المنتقل في اتجــاه الطريق تدريجيًّا إلى أعلى؛ مما يجعل الضوء يبدو قادمًا من انعكاس في بركة، كما في **الشكل 5b–6**.



الشكل 5–6 سراب يُرى على سطح الطريق (a). ينحرف الضوء القادم من السيارة إلى أعلى في اتجاه عين المشاهد (b). يتحرك قاع مقدمة الموجة أسرع من قمتها (c).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

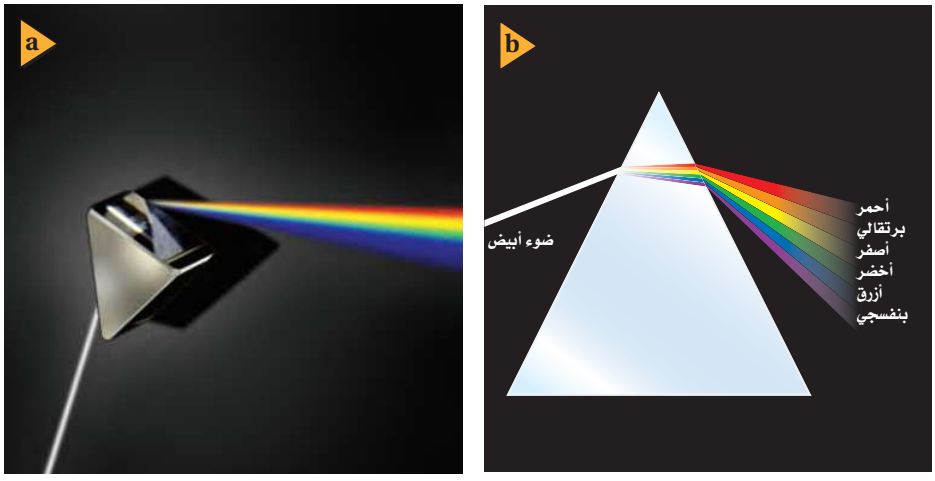
ويبين **الشكل 5c–6** كيف يحدث هذا؛ فعندما ينتقل الضوء من جسم بعيد إلى أسفل نحو الطريق، فإن معامل انكسار الهواء يقل بسبب سخونة الهواء، ويكون تغير درجة الحرارة تدريجيًّا. تذكر من الفصول السابقة أن مقدمات موجات الضوء التي درستها تتألّف من موجات هيجنز. وفي السراب تنتقل موجات هيجنز القريبة من سطح الأرض أسرع من تلك الموجات التي في الأعلى، مما يؤدي إلى انحراف مقدمات الموجات تدريجيًّا إلى أعلى. وتحدث ظاهرة مشابهة تُسمّى السراب القطبي؛ عندما يبدو انعكاس قارب بعيد فوق القارب نفسه، حيث يُبقي الماء الهواء القريب من سطحه باردًا.

تفريق (تحليل) الضوء Dispersion of Light

تتحدّد سرعة الضوء في وسط ما من خلال التفاعلات بين الضوء وذرات الوسط. وتعرف من دراستك السابقة أن درجة الحرارة والضغط يرتبطان بطاقة الجسيمات على المستوى الذري، لذا تتغير سرعة الضوء، ويتغير تبعًا لذلك معامل الانكسار للوسط الغازي قليلاً مع تغيّر درجة الحرارة. وبالإضافة إلى ذلك، فإن سرعة الضوء ومعامل الانكسار يختلفان للأطوال الموجية المختلفة في الوسط نفسه.

يتحلل الضوء الأبيض إلى طيف من الألوان عند مروره خلال منشور زجاجي، كما يبين **الشكل 6a–6**، حيث تُسمى هذه الظاهرة **بالتفريق**. وإذا نظرت بدقة إلى الضوء الذي يمر خلال المنشور فستلاحظ أن اللون البنفسجي ينكسر أكثر من اللون الأحمر، كما يبين **الشكل 6b–6**؛ وهذا يحدث لأن سرعة الضوء البنفسجي خلال الزجاج أقل من سرعة الضوء الأحمر؛ حيث إن تردّد الضوء البنفسجي أكبر من تردد الضوء الأحمر، مما يجعله يتفاعل بصورة مختلفة مع ذرات الزجاج، وهذا يؤدي إلى جعل معامل انكسار الزجاج للضوء البنفسجي أكبر منه للضوء الأحمر.

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

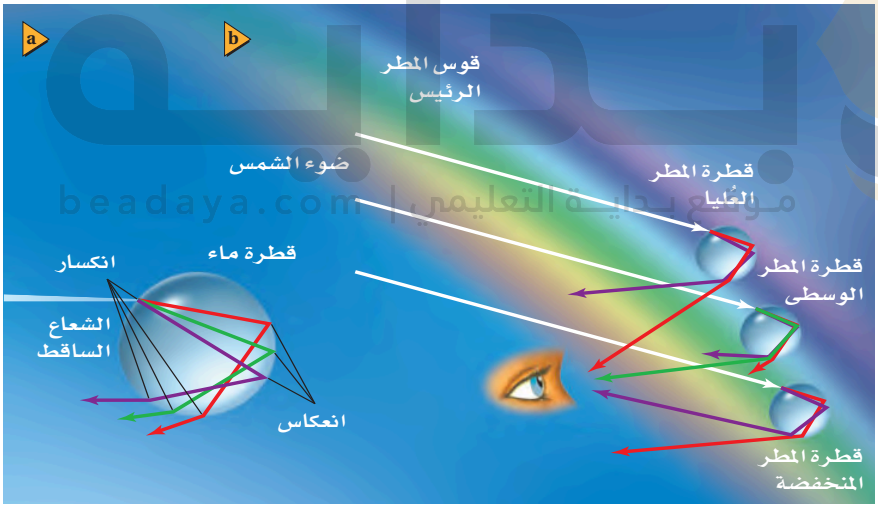


الشكل 6–6 يسقط ضوء أبيض على منشور فيتفرق (يتحلل) إلى حزم من ألوان مختلفة (a). وتنحرف الألوان المختلفة من الضوء بدرجات مختلفة عند عبورها وسط ما (b).

قوس المطر المنشور ليس الوسيلة الوحيدة لتفريق الضوء الأبيض ثم تحليله إلى ألوانه؛ فقوس المطر طيف يتشكّل عندما يتفرق ضوء الشمس بفعل قطرات الماء في الغلاف الجوي. وينكسر ضوء الشمس الساقط على قطرات الماء، حيث ينكسر كل لون بزاوية انكسار مختلفة قليلاً؛ بسبب التفريق كما هو موضّح في **الشكل 7a–6**. ويحدث انعكاس داخلي لبعض الضوء على السطح الخلفي للقطرة. وعند خروج الضوء من القطرة يحدث له انكسار مرة أخرى ويزداد التفريق.

وعلى الرغم من أن كل قطرة تنتج طيفًا كاملاً إلا أن المراقب الموجود بين الشمس والمطر سيرى من كل قطرة طولاً موجيًّا معينًا للضوء فقط؛ حيث يعتمد الطول الموجي على المواقع النسبية للشمس، والقطرة، والمراقب، كما يبين **الشكل 7b–6**. وسيظهر طيف كامل؛ لأنه يوجد الكثير من القطرات في السماء. وستصنع القطرات التي تعكس الضوء الأحمر زاوية 42° بالنسبة لأشعة الشمس؛ في حين تصنع القطرات التي تعكس الضوء الأزرق زاوية 40°.

قد ترى أحيانًا قوس مطر ثانٍ باهتٍ، كما في **الشكل 8–6**. ويقع قوس المطر الثاني خارج الأول، كما يكون باهتًا، وله ترتيب ألوان معكوس. وينتج هذا التأثير بسبب انعكاس أشعة الضوء مرتين في داخل قطرة الماء. وقد يظهر قوس مطر ثالث خارج الإثنين، ولكن



الشكل 7–6 يتشكّل قوس المطر بسبب تفرّق (تحلّل) الضوء الأبيض عند دخوله الحد الفاصل وانعكاسه عن الحد الفاصل الداخلي، وخروجه من قطرات المطر (a). يصل لون واحد فقط إلى المراقب من كل قطرة مطر بسبب التفريق (b).

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

الشكل 8–6 يسمح وجود الضباب خلال رؤيتك للضوء المشتمل على الطيف الكامل للألوان بأن يصل إلى عينيك على صورة قوس مطر. وقد يمكّنك الانعكاس عن قطرات المطر أحيانًا من رؤية قوس مطر آخر بألوان معكوسة الترتيب.

بصورة نادرة جدًّا. مـا توقعك حول عدد مرات انعكاس الضـوء في قطرة الماء وترتيب ظهور الألوان لقوس المطر الثالث؟

6–1 مراجعة

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

4. **معامل الانكسار** عند نفاذ الضوء من الماء إلى سـائل معين فإنه ينحرف مقتربًـا من العمود المقام، ولكن عند نفاذ الضوء من زجاج العدسـات إلى السـائل نفسه فإنه ينحرف مبتعدًا عن العمود المقام. ما الذي تستنتجه عن معامل انكسار السائل؟
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؟
6. **سرعة الضوء** هل يمكن أن يكون معامل الانكسار أقـل من 1؟ وما الـذي يعنيه هذا بالنسـبة لسرعة الضوء في ذلك الوسط؟
7. **سرعة الضوء** ما سرعة الضـوء في الكلوروفورم ($n=1.51$)؟
8. **الانعكاس الكلي الداخلي** إذا توافر لديك الكوارتز وزجاج العدسات لتصنع ليفًا بصريًّا، فأيّهما تستخدم لطبقة الغلاف؟ ولماذا؟
9. **زاوية الانكسار** تعبر حزمة ضوئيـة الماء إلى داخل البـولي إيثيلين (معامل انكسـاره $n=1.50$). فإذا كانـت $\theta_i=57.5°$ فـما زاوية الانكسـار في البولي إيثيلين؟
10. **الزاوية الحرجة** هل هناك زاويـة حرجة للضوء المنتقل من الزجاج إلى الماء، وللضوء المنتقل من الماء إلى الزجاج؟
11. **التفريق** لماذا تستطيع رؤية صورة الشمس فوق الأفق تمامًا عندما تكون الشـمس نفسها قد غابت فعلاً؟
12. **التفكير الناقد** في أي اتجاه تستطيع رؤية قوس المطر في مساء يوم ماطر؟ وضّح إجابتك.

الإجابة في الصفحة التالية

6–1 مراجعة

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 أن 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 بصريًا، فأيهما تستخدم لطبقة الغلاف؟ ولماذا؟

زجاج العدسات؛ لأن معامل انكساره أقل لذا ينتج انعكاس كلي داخلي.

9. **زاوية الانكسار** تعبر حزمة ضوئية الماء إلى داخل البولي إيثيلين (معامل انكساره $n=1.50$). فإذا كانت $\theta_i=57.5^\circ$ فما زاوية الانكسار في البولي إيثيلين؟

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

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

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

$$= 48.4^\circ$$

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

نعم؛ لأن $n_{\text{الماء}} > n_{\text{الزجاج}}$، ولكن لا توجد زاوية حرجة عندما ينتقل الضوء من الماء إلى الزجاج.

11. **التفريق** لماذا تستطيع رؤية صورة الشمس فوق الأفق تمامًا عندما تكون الشمس نفسها قد غابت فعلاً؟

وذلك بسبب انحراف أشعة الضوء في الغلاف الجوي؛ وانكسارها.

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

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

بداية
موقع بداية التعليمي
beadaya.com

6–2 العدسات المحدّبة والمقعّرة Convex and Concave Lenses

الأهداف

- **تصف** كيف تتكون الصور الحقيقية والخيالية بواسطة عدسات محدبة ومقعرة مفردة على الترتيب.
- **تعيّن** موقع الصور المتكوّنة بواسطة العدسات بالطريقتين الهندسية والرياضية.
- **توضّح** كيف يمكن تقليل الزوغان اللّوني.

المفردات

العدسة
العدسة المحدّبة
العدسة المقعّرة
معادلة العدسة الرقيقة
الزوغان اللّوني
العدسة اللّالونية

يكون انكسار الضوء في الطبيعة جميلاً؛ إذ ينتج عنه قوس المطر والخسوف الأحمر للقمر. وهناك فوائد كثيرة للانكسار في حياتنا؛ فقد كتب الفيزيائي الفرنسي برنارد أوف جوردون عام 1303 حول استخدام العدسات لتصحيح النظر. واستخدم جاليليو عام 1610 عدستين لصنع التلسكوب الذي اكتشف بواسطته أقمار المشتري. واستخدمت العدسات منذ زمن جاليليو في أجهزة عديدة، منها الميكروسكوبات وآلات التصوير. وقد تكون العدسات أكثر الأدوات البصرية فائدة.

أنواع العدسات Types of Lenses

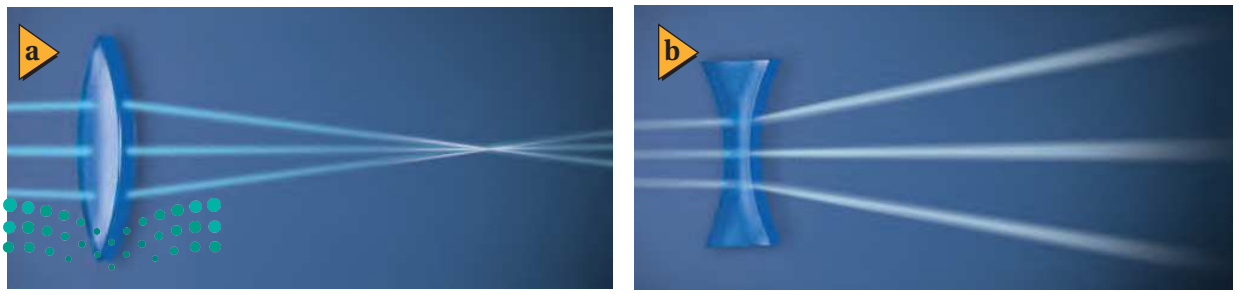
العدسة قطعة من مادة شفافة، مثل الزجاج أو البلاستيك، تُستخدم في تجميع الضوء أو تفريقه وتكوين الصور. ويمكن أن يكون أي سطح من سطحي العدسة منحنيًا أو مستويًا. وتُسمّى العدسة في **الشكل 6–9a** **عدسة محدبة**؛ لأنها أكثر سمكًا عند الوسط مما عند الأطراف. وتُسمّى العدسة المحدبة العدسة المجمِّعة؛ وذلك لأنها عندما تُحاط بمادةٍ معامل انكسارها أقل من معامل انكسار مادة العدسة فإنها تعمل على كسر الأشعة الضوئية المتوازية والموازية للمحور الرئيس بحيث تتجمّع الأشعة المنكسرة في نقطة واحدة. وتُسمّى العدسة التي في **الشكل 6–9b** **عدسة مقعرة**؛ لأنها أدقّ وأرقّ عند الوسط مما عند الطرفين. وتُسمّى العدسة المقعرة العدسة المفرِّقة؛ وذلك لأنها عندما تُحاط بمادة معامل انكسارها أقل من معامل انكسار مادة العدسة فإنها تعمل على كسر أشعة الضوء المتوازية بحيث تتفرّق.

بداية موقع بداية التعليمي | beadaya.com

عندما يمر الضوء خلال عدسة يحدث الانكسار عند سطحيها. ويمكنك التنبؤ بمسار الأشعة المارة خلال العدسات باستخدام قانون سنل والهندسة. ولتسهيل مثل هذه المسائل افترض أن الانكسار يحدث كاملاً في مستوى يُسمّى المستوى الأساسي، يمر في مركز العدسة وطرفيها. ويُسمّى هذا التقريب نموذج العدسة الرقيقة، والذي سيطبق على العدسات جميعها التي تدرسها في هذا القسم.

معادلتا العدسة تتضمن المسائل التي تحلها عدسات كروية رقيقة، أيْ عدسات لها وجوه مقوّسة بتقوّس الكرة نفسه. واعتمادًا على نموذج العدسة الرقيقة، والتبسيطات المستخدمة

تجربة عملية
العدسات المحدبة والعدسات المقعرة
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية



الشكل 6–9 تعمل العدسة المحدبة على تجميع أشعة الضوء (a). أمّا العدسة المقعرة فتفرّق أشعة الضوء (b).

في حل مسائل المرايا الكروية، طوّرت معادلتان للعدسات؛ إذ تربط **معادلة العدسة الرقيقة** بين البعد البؤري للعدسة الكروية الرقيقة وبُعد الجسم وبُعد الصورة.

معادلة العدسة الرقيقة $\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$

مقلوب البعد البؤري للعدسة الكروية يساوي حاصل جمع مقلوب بُعد الصورة ومقلوب بُعد الجسم عن العدسة.

وتستخدم معادلة التكبير في العدسات الكروية الرقيقة كالتي استخدمت في المرايا الكروية.

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

يعرف تكبير عدسة كروية لجسم ما بأنه نسبة طول الصورة إلى طول الجسم، ويساوي سالب بُعد الصورة عن العدسة مقسومًا على بُعد الجسم عن العدسة.

استخدام معادلتي العدسات من المهم استخدام نظام إشارات مناسب عند استخدام هاتين المعادلتين. ويبين **الجدول 2–6** مقارنة بين بُعد الصورة، والتكبير، ونوع الصورة المتكوّنة بواسطة عدسات محدبة ومقعرة مفردة عند وضع الجسم في مواقع متعددة d_o بالنسبة للعدسة. ولاحظ التشابه بين هذا الجدول **والجدول 1–5** الخاص بالمرايا. وكما في المرايا، فإن المسافة بين المستوى الأساسي للعدسة والبؤرة هي البعد البوري f. ويعتمد البعد البؤري على شكل العدسة ومعامل انكسار مادتها. ويمكن أن تكون الأبعاد البؤرية وأبعاد الصورة سالبة.

تكون الصورة الخيالية للعدسات دائمًا في الجانب نفسه الموجود فيه الجسم، مما يعني أن بُعد الصورة سالب. وتكون الصورة أصغر من الجسم عندما تكون القيمة المطلقة للتكبير بين صفر وواحد. في حين تمثّل القيمة المطلقة للتكبير التي تكون أكبر من واحد، الصور الأكبر من الأجسام. أما التكبير السالب فيعني أن الصورة مقلوبة بالنسبة للجسم. لاحظ أيضًا أن العدسة المقعرة تنتج صورًا خيالية فقط، في حين تنتج العدسة المحدبة صورًا حقيقية أو خيالية.

beadaya.com | موقع بداية التعليم

الجدول 2–6

خصائص العدسات الكروية

نوع العدسة	f	d_o	d_i	m	الصورة
محدبة	+	$d_o>2f$	$2f>d_i>f$	مصغرة مقلوبة	حقيقية
		$2f>d_o>f$	$d_i>2f$	مكبرة مقلوبة	حقيقية
		$f>d_o>0$	$\lvert d_i\rvert>d_o$ سالب	مكبرة	خيالية
مقعرة	−	$d_o>0$	$\lvert f\rvert>\lvert d_i\rvert>0$ سالب	مصغرة	خيالية

تجربة عملية

كيف ينحرف الضوء؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

تجربة

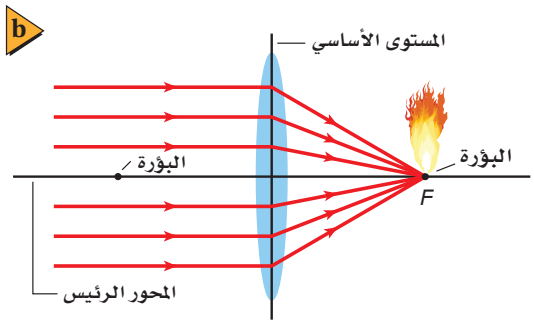
تأثيرات تغطية العدسات

ما الذي يحدث عندما تغطي جزءًا من العدسة؟ هل يؤدي ذلك إلى تكون جزء من الصورة الحقيقية فقط بواسطة العدسة؟

1. ألصق طرف العدسة المحدبة بكرة من الصلصال، وضع العدسة فوق الطاولة. تحذير: للعدسات أطراف حادة، لذا تعامل معها بحذر.
2. ضع مصباحًا صغيرًا عند أحد طرفي الطاولة، وشاشة عند الطرف الآخر للحصول على صورة واضحة للمصباح الضوئي. تحذير: قد يسخن المصباح فيحرق يدك.
3. توقع ماذا يحدث للصورة إذا وضعت يدك على النصف العلوي للعدسة؟ هذا ما يُسمّى التغطية.
4. لاحظ تأثيرات التغطية لأكبر وأقل مساحة من العدسة.

التحليل والاستنتاج

5. ما الحجم الكافي من العدسة الذي يتطلبه الحصول على صورة كاملة؟
6. ما تأثير تغطية العدسة؟



الشكل 10–6 يمكن استخدام عدسة مجمّعة لحرق ورقة (a). يتجمّع الضوء الداخل بصورة موازية للمحور الرئيس عند بؤرة العدسة، ولذا تتركز الطاقة الشمسية (b).

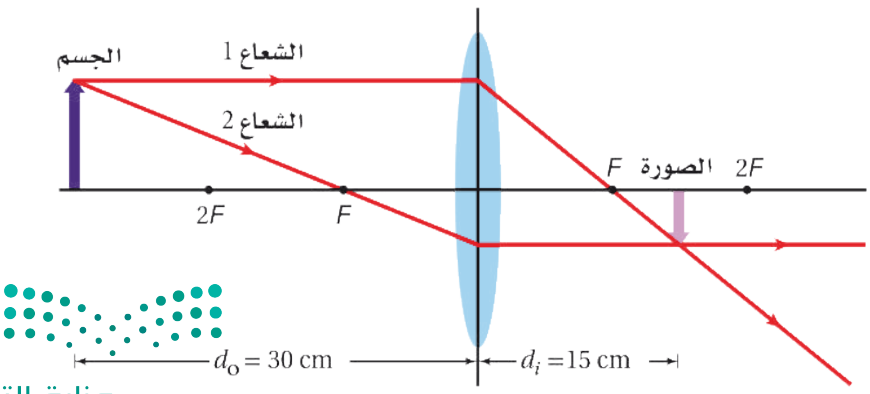
العدسات المحدّبة والصور الحقيقية

Convex Lenses and Real Images

يمكن إشعال ورقة أو ألياف خشبية ـ كما في **الشكل 10a–6** ـ بتكوين صورة للشمس عليها. تذكر من خلال دراستك السابقة أن أشعة الشمس تصل إلى الأرض بصورة متوازية تقريبًا. وتتجمّع الأشعة بعد انكسارها بواسطة العدسة عند البؤرة F للعدسة. و**الشكل 10b–6** يبين نقطتين بؤريتين، واحدة في كل جانب من جوانب العدسة، وإذا دوّرت العدسة حول نفسها، فإنها ستعمل بالطريقة نفسها.

مخطّط الأشعة وفقًا لمخطّط الأشعة، الموضح في **الشكل 11–6**، ستحتاج إلى استخدام شعاعين فقط لتحديد موقع صورة نقطة على جسم؛ إذ يكون الشعاع 1 موازيًا للمحور الرئيس، وينكسر مارًّا بالنقطة F في الجانب الآخر للعدسة. ويمر الشعاع 2 بالنقطة F في طريقه إلى العدسة، ويكون مساره بعد الانكسار موازيًا للمحور الرئيس، حيث يتقاطع الشعاعان عند نقطةٍ ما بعد F ، فيحدّدان موقع الصورة. وتتقاطع الأشعة المختارة من نقاط أخرى على الجسم عند نقاط مماثلة لتكوين الصورة على نحوٍ كامل. لاحظ أن الصورة حقيقية ومقلوبة ومصغرة بالنسبة للجسم.

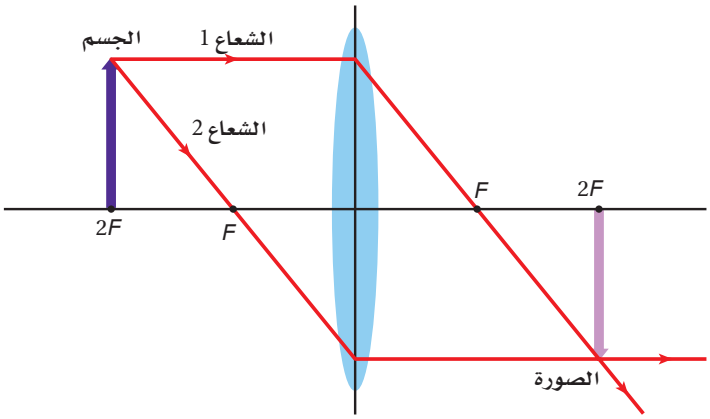
تستطيع استخدام **الشكل 11–6** لتعيين موقع الصورة لجسم يكون قريبًا من العدسة أكثر



الشكل 11–6 إذا وضع جسم على بُعد أكبر من ضعف البعد البؤري للعدسة تتكون صورة حقيقية مقلوبة ومصغرة بالنسبة للجسم. وإذا وضع الجسم في مكان الصورة أمكنك تعيين موقع الصورة الجديدة من خلال رسم الأشعة نفسها في الاتجاه المعاكس.

بداية
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 12–6 عندما يوضع جسم على بعد مساوٍ لضعف البعد البؤري عن العدسة فإن أبعاد الصورة تكون مساوية لأبعاد الجسم.

من الجسم الذي في الشكل. فإذا عُكِس اتجاه الشعاع المنكسر فإنه سيتبع مساره الأصلي في الاتجاه المعاكس، وهذا يعني أنه يمكن تبادل المواقع بين الجسم والصورة بتغيير اتجاه الأشعة.

أما إذا وضع الجسم على بعد يساوي ضعف البعد البؤري من العدسة عند نقطة $2F$، كما في **الشكل 12–6**، فإن الصورة تتكون عند $2F$، ويكون للصورة والجسم البعدين نفسيهما بسبب التماثل. لذا تستطيع استنتاج أنه إذا كان بُعد الجسم عن العدسة أكبر من ضعف البعد البؤري للعدسة ستكون الصورة مصغرة. وإذا كان الجسم بين F و $2F$، ستكون الصورة مكبّرة.

مثال 2

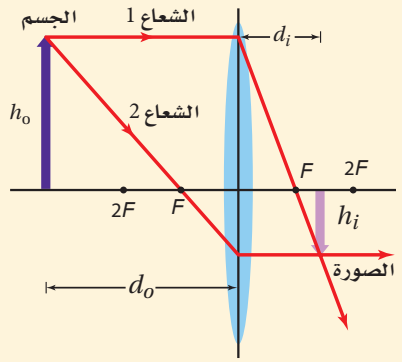
الصورة المتكونة بواسطة عدسة محدبة وضع جسم على بعد 32.0 cm من عدسة محدبة بعدها البؤري 8.0 cm.

a. أين تتكوّن الصورة؟

b. إذا كان طول الجسم 3.0 cm فما طول الصورة؟

c. ما اتجاه الصورة؟

beadaya.com | موقع بداية التعليمي



1 تحليل المسألة ورسمها

- مثّل الحالة، وعيّن موقع كلٍّ من الجسم والعدسة.
- ارسم الشعاعين الأساسيّين.

المعلوم $d_o = 32.0\ \text{cm}$ ، $h_o = 3.0\ \text{cm}$ ، $f = 8.0\ \text{cm}$

المجهول $d_i = ?$ $h_i = ?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. استخدم معادلة العدسة الرقيقة لتحديد d_i

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

عوّض مستخدمًا $f = 8.0\ \text{cm}$ ، $d_o = 32.0\ \text{cm}$.

$$d_i = \frac{f d_o}{d_o - f} = \frac{(8.0\ \text{cm})\ (32.0\ \text{cm})}{32.0\ \text{cm} - 8.0\ \text{cm}}$$

$= 11\ \text{cm}$ (11 cm بعيدًا عن العدسة في الجانب المعاكس للجسم)

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

b. استخدم معادلة التكبير وحل لإيجاد طول الصورة.

دليل الرياضيات

إجراء العمليات الحسابية باستخدام الأرقام المعنوية

عوّض مستخدمًا $d_o = 32.0\ \text{cm}$، $h_o = 3.0\ \text{cm}$، $di = 11\ \text{cm}$

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

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

$$= \frac{-(11\ \text{cm})(3.0\ \text{cm})}{32.0\ \text{cm}}$$

$$= -1.0\ \text{cm}\ (1.0\ \text{cm}\ \text{طول الصورة})$$

c. إن الإشارة السالبة في الفرع **b** تعني أن الصورة مقلوبة.

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** الأبعاد كلها بالسنتمتر cm.
- **هل تعني الوحدات أي شيء؟** بُعد الصورة موجب (صورة حقيقية)، أمّا طولها فسالب؛ أيْ مقلوبة بالنسبة للجسم، مما يدل على أن العدسة محدبة.

مسائل تدريبية

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؟

14. وضع جسم عن يسار عدسة محدبة بعدها البؤري 25 mm، فتكوّنت له صورة حجمها يساوي حجم الجسم. ما بُعد كل من الجسم والصورة؟

الإجابة في الصفحة التالية

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

العدسات المحدّبة والصور الخيالية

Convex Lenses and Virtual Images

عندما يوضع جسم في بؤرة عدسة محدبة فإن الأشعة ستنكسر في حزمة متوازية ولا تتكوّن صورة له. وعندما يقترب الجسم من المستوى الأساسي للعدسة تنحرف الأشعة وتتشتّت في اتجاه الجانب المعاكس للعدسة، وتظهر هذه الأشعة للمشاهد كأنها قادمة من بقعة في جانب العدسة نفسه الذي فيه الجسم، وتكون الصورة خيالية، ومعتدلة ومكبّرة.

يبين **الشكل 13–6** كيف تكوِّن العدسة المحدّبة صورة خيالية. فعندما يكون الجسم بين F والعدسة يصل الشعاع 1 إلى العدسة موازيًا المحور الرئيس، وينكسر مارًّا بالبؤرة F. أمّا الشعاع 2 فينتقل من قمة الجسم، وفي اتجاه مماثل إلى الاتجاه الذي يسلكه إذا بدأ من F في جانب العدسة الذي يوجد فيه الجسم. ويبيّن الخط المتقطع من F إلى الجسم كيف ترسم الشعاع 2، حيث يخرج الشعاع 2 من العدسة موازيًا للمحور الرئيس. ويتباعد

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؟

$f \quad a_o \quad a_i$

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

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

$$= 2.0 \times 10^1\ \text{cm}$$

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

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

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

$$= 3.4\ \text{cm}$$

14. وضع جسم عن يسار عدسة محدبة بعدها البؤري 25 mm، فتكوّنت له صورة حجمها يساوي حجم الجسم. ما بُعد كل من الجسم والصورة؟

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

ولما كانت

$$d_o = d_i$$

لأن

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

و

$$m = -1$$

لذا فإن

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

$$d_i = 2f$$

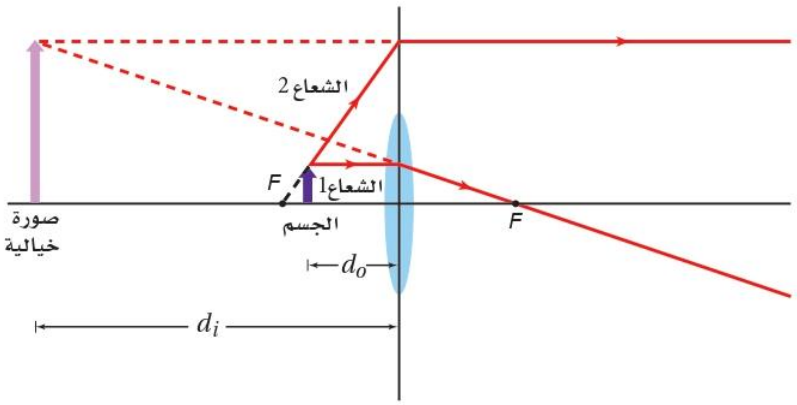
$$= 2(25\ \text{mm})$$

$$= 5.0 \times 10^1\ \text{mm}$$

$$d_o = d_i$$

$$= 5.0 \times 10^1\ \text{mm}$$

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي



الشكل 13–6 يبيّن مخطط الأشعة، أن العدسة المحدّبة تكوّن صورة خيالية معتدلة ومكبّرة مقارنة بالجسم عندما يكون الجسم بين العدسة والبؤرة. ولأن الأشعة الرئيسة جزء من نموذج يساعد على تعيين موقع الصورة فإنهما يجب ألا يمرّا خلال صورة العدسة في مخطط الأشعة. وتتكون الصورة في الواقع فقط بواسطة الضوء الذي يمرّ خلال العدسة.

الشعاعان 1 و 2 عندما يخرجان من العدسة. لذا لا يمكن تكوين صورة حقيقية. إن رسم الامتداد الخلفي للشعاعين المنكسرين لتعيين مكان تقاطعهما الظاهري يحدّد موضع الصورة الخيالية، ويكون موضعها في جانب العدسة نفسه الذي يوجد فيه الجسم، وتكون الصورة معتدلة ومكبّرة. لاحظ أن الصورة الحقيقية تتكوّن بفعل الضوء الذي يمرّ خلال العدسة، ولكن بإمكانك تحديد الصورة الخيالية بواسطة رسم امتدادات الأشعة التي لا تمرّ فعلًا من خلال العدسة.

مسائل تدريبية

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

16. إذا وضعت عملة معدنية قطرها 2.0 cm على بُعد 3.4 cm من عدسة مُكبرِّة بعدها البؤري 12.0 cm فحدّد موقع صورة العملة المعدنية، وقطر الصورة.

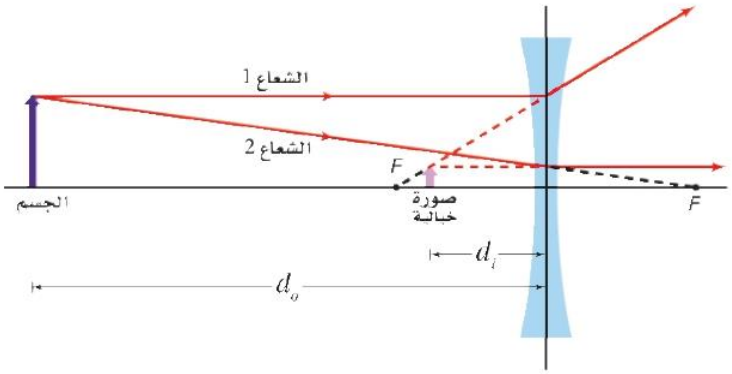
17. يريد أحد هواة جمع الطوابع تكبير طابع بمقدار 4.0 مرات عندما يكون الطابع على بُعد 3.5 cm من العدسة. ما البعد البؤري للعدسة اللّازمة؟

الإجابة في الصفحة التالية

beadaya.com

العدسات المقعرة Concave Lenses

تفرّق العدسة المقعرة الأشعة كلّها. والشكل 14–6 يبيّن كيف تكوّن مثل هذه العدسة صورة خيالية، حيث يصل الشعاع 1 إلى العدسة موازيًا المحور الرئيس. ويخرج من العدسة على



الشكل 14–6 تكوّن العدسات المقعرة صورًا خيالية ومعتدلة ومصغرة فقط مقارنة بالأجسام.

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

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

لذا فإن

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

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

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

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.

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

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

$$= \frac{(3.4\text{ cm})(12.0\text{ cm})}{3.4\text{ cm} - 12.0\text{ cm}}$$

$$= -4.7\text{ cm}$$

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

$$= \frac{-(2.0\text{ cm})(-4.7\text{ cm})}{3.4\text{ cm}}$$

$$= 2.8\text{ cm}$$

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

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؟

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

$$d_i = -m\,d_o$$

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

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

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

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

$$= \frac{(3.5\text{ cm})(-14\text{ cm})}{3.5\text{ cm} + (-14\text{ cm})} \quad = 4.7\text{ cm}$$

شكل شعاع يمرّ امتداده في البؤرة. أما الشعاع 2 فَيصِل إلى العدسة كما لو كان سيمر خلال البؤرة في الجانب المعاكس، ويبتعد عن العدسة موازيًا المحور الرئيس. وتتقاطع الامتدادات الخلفية للشعاعين 1 و 2 في الجانب نفسه من العدسة الذي يوجد فيه الجسم. ولأن الأشعة تخرج من العدسة متباعدة، فإنها تكوّن صورة خيالية. ويكون موضع الصورة عند النقطة التي يظهر عندها أن الأشعة تخرج من العدسة متباعدة منها. وتكون الصورة أيضًا معتدلة وأصغر من الجسم (مصغّرة). وهذا صحيح بغض النظر عن بُعد الجسم عن العدسة، كما يكون البعد البؤري للعدسة المقعرة سالبًا.

يجب أن تتذكّر عند استخدام معادلة العدسة الرقيقة لحل مسائل على العدسات المقعرة أن نظام الإشارات للبعد البؤري مختلف عنه للعدسة المحدّبة. فإذا كان البعد البؤري للعدسة المقعرة 24 cm فإن عليك أن تستخدم القيمة $f = -24\ \text{cm}$ في معادلة العدسة الرقيقة. وتكون الصور المتكوّنة بالعدسة المقعرة جميعها خيالية، لذا فإذا كان بُعد الصورة 20 cm عن العدسة فإن عليك أن تستخدم القيمة $d_i = -20\ \text{cm}$. أما بُعد الجسم فيكون موجبًا دائمًا.

عيوب العدسات الكروية Defects of Spherical Lenses

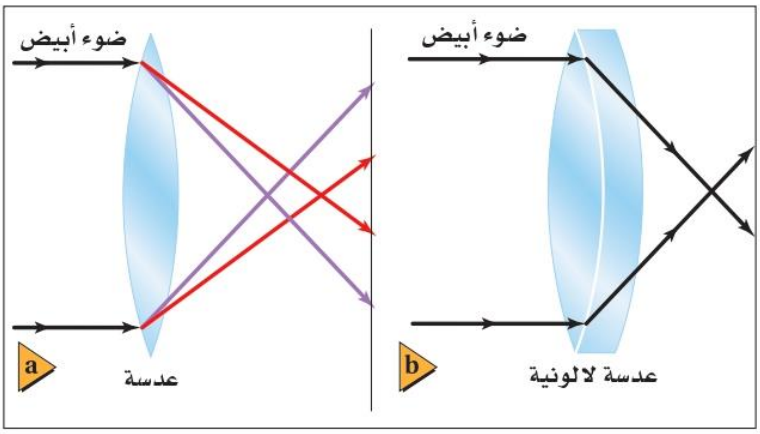
درست خلال هذا الفصل العدسات التي تكوِّن صورة كاملة عند مواضع محدّدة. وفي الواقع، فإن للعدسات الكروية عيوبًا جوهرية ـ مثل المرايا الكروية ـ ينجم عنها مشكلات في وضوح الصورة وألوانها. حيث تواجه العدسات الكروية تشتّتًا (زوغانًا) متعلقًا بتصميمها الكروي، مثل المرايا تمامًا. وإضافة إلى ذلك، فإن تشتّت الضوء خلال العدسة الكروية يسبّب زوغانًا لا تسبّبه المرايا.

الزوغان الكروي يقترح النموذج الذي استخدمته لرسم الأشعة خلال العدسات الكروية أن الأشعة التي تسقط متوازية تتجمّع في الموضع نفسه، وهذا مجرد تقريب. وفي الحقيقة، تتجمّع الأشعة المتوازية التي تمر خلال أطراف العدسة الكروية في مواضع مختلفة عن المواضع التي تتجمّع فيها الأشعة المتوازية والقريبة من المحور الرئيس. ويُسمى عدم قدرة العدسة الكروية على تجميع الأشعة المتوازية جميعها في نقطة واحدة الزوغان الكروي، وسببه اتساع سطح العدسة. ويعالج الزوغان الكروي بمراعاة أن تكون الأشعة الضوئية التي تسقط على العدسة قريبة من المحور الرئيس، وتستخدم العديد من العدسات في الأدوات العالية الدقة، حيث تستخدم غالبًا خمس عدسات أو أكثر لتكوين صور واضحة ودقيقة.

الزوغان اللّوني هناك عيب آخر في العدسات لا يوجد في المرايا. فالعدسة مثل المنشور، تنكسر فيها الأطوال الموجية المختلفة للضوء بزوايا مختلفة، كما يبين **الشكل 15a–6**. ولذلك يتجمّع الضوء أو يتفرق عند مروره خلال العدسة المحدبة أو المقعرة على الترتيب، وخصوصًا بالقرب من الأطراف، ويظهر الجسم عند النظر إليه من خلال العدسة محاطًا

بالألوان. ويُسمّى هذا التأثير **الزوغان اللّوني**.

ويحدث الزوغان اللوني دائمًا عندما تستخدم عدسة مفردة. ويمكن تخفيض أثر هذا العيب كثيرًا باستخدام **العدسات اللّالونية**؛ وهي نظام مكون من عدستين أو أكثر، كعدسة محدبة مع عدسة مقعرة، لهما معاملا انكسار مختلفين. ويبيّن **الشكل 6–15b** مثل هذا التركيب للعدسات. فكلتا العدستين في الشكل تشتّت الضوء، ولكن التشتّت الذي تُسبِّبه العدسة المحدبة يلغيه تقريبًا التشتّت الذي تُسبِّبه العدسة المقعرة. ويُختار معامل انكسار العدسة المحدبة على أن يؤدي النظام المكوّن من العدسات إلى تجميع الضوء.



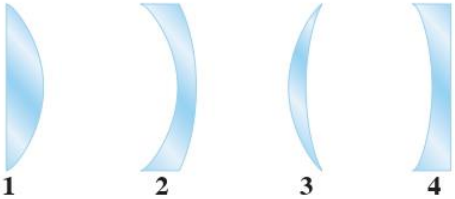
■ **الشكل 6–15** للعدسات البسيطة جميعها زوغان لوني، حيث يتركز الضوء ذو الأطوال الموجية المختلفة في نقاط مختلفة (**a**). العدسة اللّالونية نظام من العدسات يؤدي إلى تقليل العيب اللوني (**b**).

6–2 مراجعة

18. **التكبير** تُستخدم العدسات المكبّرة عادة لتكوين صور أكبر من الأجسام، ولكنها أيضًا يمكن أن تكوّن صورًا أصغر من الأجسام. وضّح ذلك.

19. **بُعد الصورة وطولها** وضع جسم طوله 3.0 cm على بُعد 2.0 cm من عدسة محدبة بعدها البؤري 6.0 cm. ارسم مخطّط الأشعة لتحديد موقع الصورة وطولها، واستخدم معادلة العدسة الرقيقة ومعادلة التكبير للتحقق من إجابتك.

20. **أنواع العدسات** يبيّن **الشكل 6–16** المقطع العرضي لأربع عدسات رقيقة. أيّ هذه العدسات:
a . محدبة؟
b . مقعرة؟

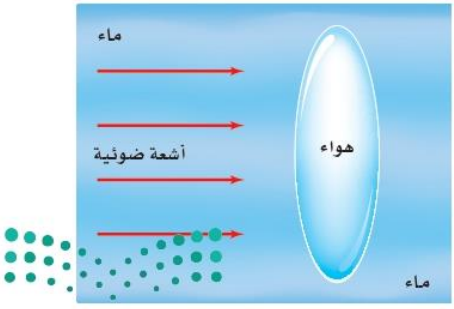


■ **الشكل 6–16**

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

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

23. **التفكير الناقد** تتكون عدسة هوائية من زجاجتي ساعتين، موضوعة في خزان ماء. انقل **الشكل 6–17** إلى دفترك، وارسم تأثير هذه العدسة في أشعة الضوء المتوازية الساقطة عليها.



■ **الشكل 6–17**

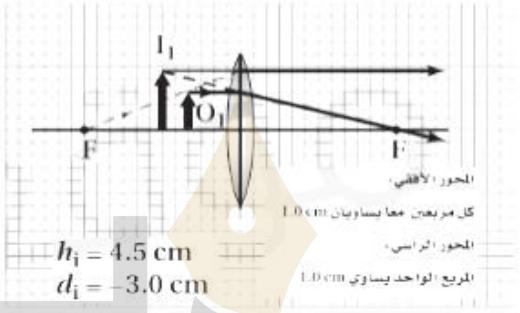
الإجابة في الصفحة التالية

6–2 مراجعة

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.



$h_i = 4.5\ \text{cm}$
$d_i = -3.0\ \text{cm}$

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

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

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

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

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

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

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

$$= 4.5\ \text{cm}$$

20. **أنواع العدسات** يبيّن الشكل 16–3 المقطع العرضي لأربع عدسات رقيقة. أيّ هذه العدسات:

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)؟

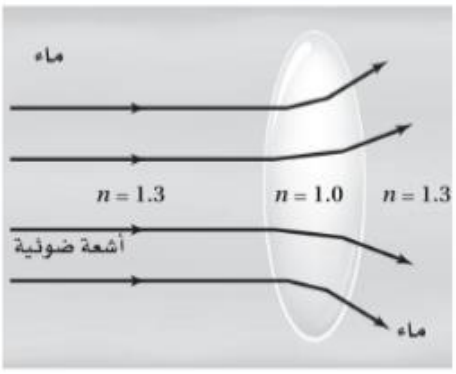
تستخدم الأدوات البصرية الدقيقة جميعها مجموعة من العدسات تسمى العدسات اللالونية لتقليل الزوغان اللوني.

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 تحرّك الشاشة لتُجمِّع الضوء الأزرق؟

أقرب إلى العدسة.

23. **التفكير الناقد** تتكون عدسة هوائية من زجاجتي ساعتين، موضوعة في خزان ماء. انقل الشكل 17–3 إلى دفترك، وارسم تأثير هذه العدسة في أشعة الضوء المتوازية الساقطة عليها.

ستتباعد أشعة الضوء



beadaya.com | موقع بداية التعليمي

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

6–3 تطبيقات العدسات Applications of Lenses

الأهداف

- **تصف** كيف تُجمِّع العين الضوء لتكوّن الصور.
- **توضّح** المقصود بكل من: قصر النظر وطول النظر، وكيف تُصحِّح عدسات النظارات هذه العيوب.
- **تصف** الأنظمة البصرية في بعض الأدوات البصرية الشائعة.

المفردات

قصر النظر
طول النظر

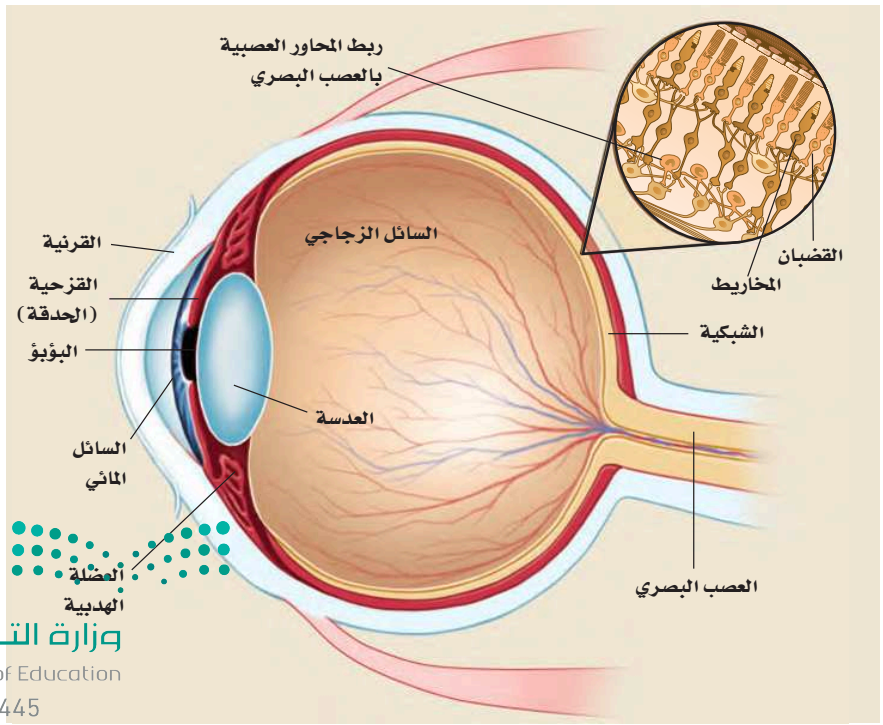
إن الخصائص التي تعلّمتها حول انكسار الضوء خلال العدسات تستخدم في أغلب الآلات البصرية. وتستخدم في حالات عديدة مجموعة من العدسات والمرايا لتكوين صورة واضحة لأجسام صغيرة أو بعيدة. إذ يحتوي كل من المنظار الفلكي (التلسكوب)، والمنظار، وآلة التصوير، والمجهر (الميكروسكوب)، وحتى العين ـ على عدسات.

العدسات في العينين Lenses in Eyes

من بديع صنع الخالق –عز وجل– خلق العين البشرية وهي أداة بصرية، مملوءة بسائل. وهي على هيئة وعاء كروي تقريبًا كما يبين **الشكل 18–6**. وينتقل الضوء المنبعث أو المنعكس عن الجسم إلى داخل العين خلال القرنية، ثم يمر الضوء بعدها خلال العدسة ويتجمّع على الشبكية الموجودة في مؤخرة العين. وتمتص خلايا متخصّصة في الشبكية الضوء وترسل المعلومات المتعلّقة بالصورة بواسطة العصب البصري إلى الدماغ.

تكوُّن الصور قد تعتقد ـ بسبب التسمية ـ أن عدسة العين هي المسؤولة عن تجميع الضوء على الشبكية. ولكن في الحقيقة، يتجمّع الضوء الداخل إلى العين أساسًا بواسطة القرنية؛ لأن الفرق بين معاملي انكسار الهواء ومادة القرنية كبير نسبيًّا. أما العدسة فهي المسؤولة عن التجميع الدقيق الذي يسمح لك برؤية الأجسام البعيدة والقريبة بوضوح تام. وتستطيع العضلات المحيطة بالعين من خلال عملية تسمى التكيّف أن تجعل العدسة تنقبض أو تنبسط، مما يغيّر من شكلها، فيؤدي بدوره إلى تغيير البعد البؤري لعدسة العين. فعندما ترتخي العضلات تتركز صورة الجسم البعيد على الشبكية. وعندما تنقبض العضلات يقل البعد البؤري للعدسة، مما يسمح لصور الأجسام القريبة بالتجمع على الشبكية.

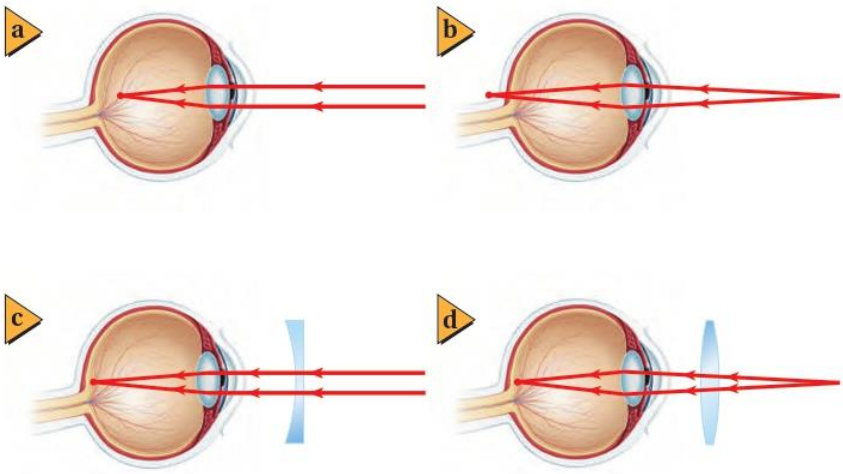
الربط مع الأحياء



الشكل 18–6 العين البشرية معقدة، وتتركّب من أجزاء متعدّدة تعمل جميعها بدقة متناهية.

صمم انفوجرافيك موظفًا فيه ما شاهدته عن اضرار تعاطي المؤثرات العقلية على العين وشاركها عبر وسائل التواصل الاجتماعي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



■ **الشكل 19–6** لا يستطيع شخص مصاب بقصر النظر رؤية الأجسام البعيدة بوضوح؛ لأن الصور تتركز أمام الشبكية (a). وتُصحَّح العدسة المقعرة هذا العيب (c). ولا يستطيع شخص مصاب بطول النظر رؤية الأجسام القريبة بوضوح؛ لأن الصور تتركز خلف الشبكية (b). وتصحَّح العدسة المحدبة هذا العيب (d).

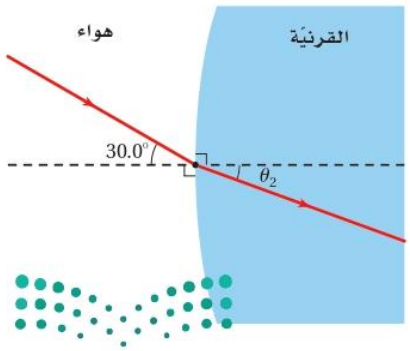
قصر النظر وطول النظر لا تُكوِّن عيون بعض الناس صورًا واضحة على الشبكية؛ إذ تتكوّن الصور إما أمام الشبكية وإما خلفها. فتصبح هناك حاجة إلى العدسات الخارجية على هيئة نظارات أو عدسات لاصقة؛ لضبط الصور لتقع على الشبكية. ويبين **الشكل 19a–6** حالة **قصر النظر**؛ حيث يكون البعد البؤري للعين أقل من البعد البؤري للعين السليمة، مما لا يمكِّنها من تجميع الضوء على الشبكية، فتتكون الصور أمام الشبكية. وتُستخدم عدسات مقعرة لتصحيح ذلك بتفريق الضوء كما يبين **الشكل 19c–6**، لذا يؤدي ذلك إلى زيادة بعد الصور عن العدسة، وتكوين الصور على الشبكية.

ويبين **الشكل 19b–6** حالة **طول النظر**، حيث يكون البعد البؤري للعين أكبر من البعد البؤري للعين السليمة، فتتشكّل الصور خلف الشبكية، وتحدث حالة مماثلة أيضًا للأشخاص فوق عمر 45 عامًا، حيث تزداد صلابة عدسات العينين، ولا تستطيع العضلات تقصير البعد البؤري إلى الحدّ الذي يكفي لتكوين صور الأجسام القريبة على الشبكية. وتُستخدم عدسات محدبة لتصحيح هذا العيب؛ إذ تكوِّن صورًا خيالية أبعد عن العين من أجسامها، كما يبين **الشكل 19d–6**، فتصبح الصور عندئذ هي الأجسام بالنسبة لعدسة العين، ومن ثَم تتكوّن على الشبكية.

تطبيق الفيزياء

العدسات اللاصقة تعمل العدسات اللاصقة عمل النظارات الزجاجية؛ حيث توضع هذه العدسات الصغيرة الرقيقة مباشرة على القرنية. وتعمل طبقة رقيقة من الدمع بين القرنية والعدسة على ثبات العدسة في مكانها، ويحدث أغلب الانكسار عند سطح الهواء والعدسة، حيث يكون الفرق بين معاملي الانكسار كبيرًا.

مسألة تحفيز



عندما يدخل الضوء إلى العين فإنه يواجه الحد الفاصل بين الهواء والقرنية. فإذا دخل شعاع ضوء الحد الفاصل بين الهواء والقرنية لعين شخص بزاوية 30° بالنسبة للعمود المقام، وكان معامل انكسار القرنية 1.4 تقريبًا، أجب عن الأسئلة الآتية:

1. استخدم قانون سنل لحساب زاوية الانكسار.
2. ما مقدار زاوية الانكسار إذا كان الشخص يسبح أسفل الماء؟
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؟
4. لو أردت أن تكون زاوية الانكسار لشعاع الضوء في الماء مساوية لها كما في الهواء فكم يجب أن تكون زاوية السقوط الجديدة؟

الإجابة في الصفحة التالية

بداية | موقع بداية التعليمي
beadaya.com

مسألة تحفيز

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؟

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$
$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2}\right)$$
$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{(1.3)(\sin 30.0^\circ)}{1.4}\right)$$
$$\theta_2 = 28^\circ$$

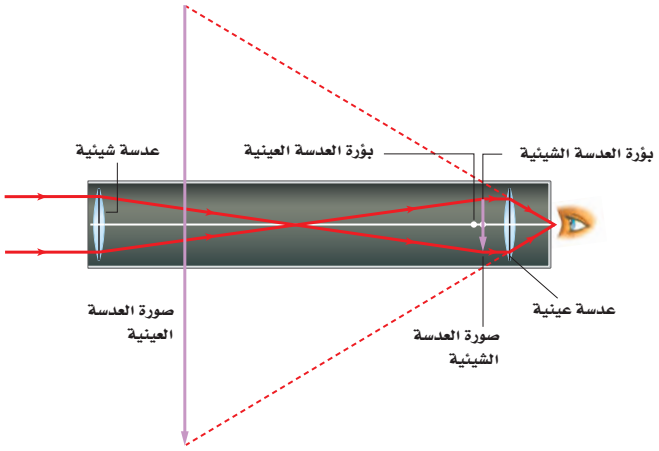
3. أيهما أكبر: الانكسار في الهواء أم في الماء؟ وهل يعني هذا أن الأجسام التي تحت الماء تبدو أقرب أم أبعد مما لو كانت في الهواء؟

تكون زاوية الانكسار في الهواء أكبر؛ لأن الشعاع الضوئي سقط من وسط معامل انكساره كبير (الماء) إلى وسط معامل انكساره أقل (الهواء)، فتبدو الأجسام التي في الماء أقرب للناظر من الهواء.

4. لو أردت أن تكون زاوية الانكسار لشعاع الضوء في الماء مساوية لها كما في الهواء فكم يجب أن تكون زاوية السقوط الجديدة؟

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$
$$\theta_1 = \sin^{-1}\left(\frac{n_2 \sin\theta_2}{n_1}\right)$$
$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.4)(\sin 21^\circ)}{1.33}\right)$$
$$= 22^\circ$$

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي



■ **الشكل 20–6** يُكوّن المنظار الفلكي الكاسر صورة خيالية ومقلوبة مقارنة بالجسم.

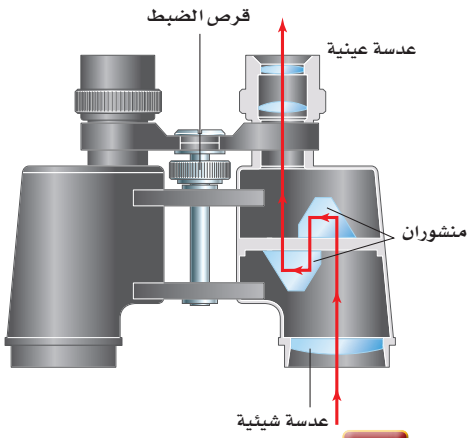
المنظار الفلكي (التلسكوب) الكاسر
Refracting Telescopes

يستخدم المنظار الفلكي الكاسر العدسات لتقريب الأجسام البعيدة وتكبير صورها. ويبين **الشكل 20–6** النظام البصري للمنظار الكبلري؛ حيث يكون الضوء القادم من النجوم والأجسام الفلكية الأخرى عادة بعيدًا جدًّا؛ لذا يمكن اعتبار الأشعة متوازية. وتدخل أشعة الضوء المتوازية العدسة الشيئية المحدبة، وتتجمّع بوصفها صورة حقيقية عند بؤرة العدسة الشيئية، وتكون الصورة مقلوبة بالنسبة للجسم. ثم تصبح هذه الصورة بمنزلة الجسم بالنسبة للعدسة العينية المحدبة. لاحظ أن العدسة العينية موضوعة بحيث تقع بؤرة العدسة الشيئية بين العدسة العينية وبؤرتها. وذلك يعني أنه تتكوّن صورة خيالية معتدلة وأكبر من الصورة الأولى عن طريق العدسة العينية. ولأن الصورة الأولى كانت مقلوبة فإن الصورة النهائية تبقى مقلوبة. ويعد انعكاس الصورة مقبولاً لمشاهدة الأجسام الفلكية.

وتستخدم عدسات عينية محدبة لالونية في المنظار دائمًا. وتعمل مجموعة العدسات هذه على إزالة الألوان المحيطة، أو التخلّص من الزوغان اللّوني المتشكّل مع الصورة.

موقع بداية للتعليم | bedaya.com

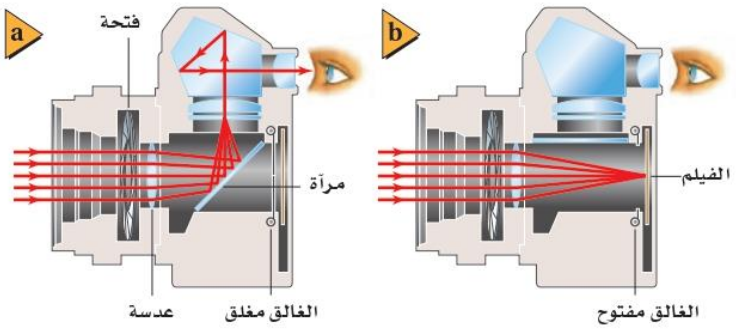
■ **الشكل 21–6** المنظار عبارة عن تلسكوبين كاسرين متجاورين.



المنظار Binoculars

يكوِّن المنظار ـ مثل المنظار الفلكي الكاسر ـ صورًا مكبّرة للأجسام البعيدة. ويبين **الشكل 21–6** تصميمًا لمنظار نموذجي. ويشبه كل جانب من المنظار تلسكوبًا صغيرًا؛ حيث يدخل الضوء العدسة الشيئية المحدّبة فتكون صورة مقلوبة، ثم ينتقل الضوء خلال منشورين يَستخدمان ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي ليقلبا الصورة مرة أخرى، حيث يرى المشاهد صورة معتدلة للجسم. ويؤدي المنشوران كذلك إلى إطالة مسار انتقال الضوء وتوجيهه إلى العدسة العينية للمنظار. وكما تزوِّدك المسافة الفاصلة بين عينيك بإحساس الأبعاد الثلاثية والعمق، فإن المنشورين يؤديان إلى زيادة المسافة الفاصلة بين العدستين الشيئيتين، ممّا يحسّن من الرؤية الثلاثية الأبعاد للجسم البعيد عن المنظار.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

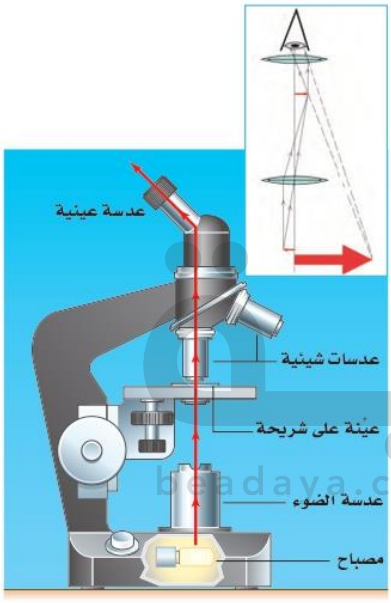


■ **الشكل 22–6** يبين الشكل آلة التصوير العاكسة ذات العدسة المفردة، التي تعكس الصورة المتكوّنة بواسطة العدسة من خلال المنشور لمشاهدتها (a)، أو توجيهها إلى اتجاه الفيلم (b).

آلات التصوير Cameras

يبين **الشكل 22a–6** النظام البصري المستخدم في آلة التصوير العاكسة ذات العدسة المفردة. فعندما يدخل الضوء إلى آلة التصوير، فإنه يمر خلال عدسة لالونية. ويعمل نظام العدسة هذا على كسر الضوء، بطريقة تُشبه إلى حد كبير عمل عدسة محدبة مفردة، ويكوّن صورة مقلوبة على المرآة العاكسة. وتنعكس هذه الصورة إلى أعلى في اتجاه المنشور، والذي يؤدي بدوره إلى عكس الضوء وتوجيهه إلى عين المشاهد. وعندما يحمل الشخص آلة التصوير لالتقاط صورة فإنه يضغط زر الغالق، الذي يرفع المرآة لفترة وجيزة، كما في **الشكل 22b–6**. وبدل أن يتجه الضوء إلى المنشور فإنه ينتقل في خط مستقيم ليكوّن صورة على الفيلم.

■ **الشكل 23–6** تُكوّن العدسة الشيئية والعدسة العينية في هذا المجهر صورة مقلوبة ومكبرة مقارنة بالجسم.



المجهر (الميكروسكوب) Microscopes

للمجهر عدستان محدبتان مثل المنظار الفلكي، إحداهما شيئية والأخرى عينية. ويستخدم المجهر في مشاهدة الأجسام الصغيرة. ويبين **الشكل 23–6** النظام البصري المستخدم في المجهر المركّب، حيث يوضع الجسم في المنطقة ما بين بؤرة العدسة الشيئية ومركز تكوّرها، فتتكوّن صورة حقيقية مقلوبة ومكبّرة. ثم تصبح هذه الصورة بمثابة جسم للعدسة العينية؛ إذ يكون هذا الجسم بين العدسة العينية وبؤرتها، فتتكوّن له صورة خيالية معتدلة ومكبّرة مقارنة بالصورة التي كوّنتها العدسة الشيئية. لذا يرى المشاهد صورة مقلوبة مكبَّرة جدًّا.

بداية
موقع بداية التعليم
bedaya.com

6–3 مراجعة

24. **الانكسار** فسّر لماذا تعدّ القرنية عنصر التجميع الرئيس للأشعة في العين؟
25. **أنواع العدسات** أيّ العدسات المحدبة أم المقعرة ينبغي أن يستخدمها الشخص المصاب بقصر النظر؟ وأيها ينبغي أن يستخدمها الشخص المصاب بطول النظر؟
26. **الصورة** لماذا تكون الصورة المُشاهَدةُ في التلسكوب مقلوبة؟
27. **المنشور** ما المزايا الثلاث لاستخدام المنشورين في المنظار؟
28. **البعد البؤري** افترض أنك ركزت 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؟
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؟

الإجابة في الصفحة التالية

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 مشكّلة 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 ركزت 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.

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

مختبر الفيزياء

العدسات المحدّبة والبعد البؤري Convex Lenses and Focal Length

تنصّ معادلة العدسة الرقيقة على أن مقلوب البعد البؤري يساوي مجموع مقلوب بُعد الصورة عن العدسة ومقلوب بعد الجسم عن العدسة.

سؤال التجربة

كيف يرتبط بُعد الصورة عن العدسة الرقيقة المحدّبة مع كلٍّ من بُعد الجسم والبعد البؤري؟

الأهداف

- **تنشىء الرسوم البيانية وتستخدمها** لوصف العلاقة بين بُعد الصورة عن العدسة الرقيقة المحدبة وبُعد الجسم.
- **تستخدم النماذج** لتبيّن عدم أهمية بُعد الصورة عندما يكون البعد البؤري ثابتًا.

احتياطات السلامة

- تأكد من أن المصباح مطفأ قبل وصله بالكهرباء وبعد فصله.
- كن حذرًا عند التعامل مع المصابيح؛ فهي ساخنة وقد تحرق الجلد.
- للعدسات أطراف حادة، لذا تعامل معها بحذر.

المواد والأدوات

مصباح كهربائي 25 W (أو شمعة)

قاعدة مصباح (أو قاعدة شمعة)

عدسة محدبة رقيقة

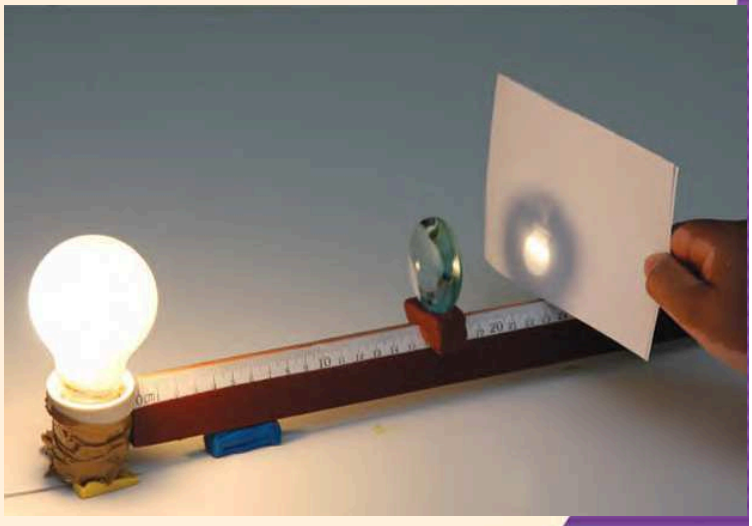
مسطرة مترية

حامل عدسات

بطاقة فهرسة (لوح كرتون)

الخطوات

1. ضع مسطرة مترية على طاولة المختبر حتى تتزن على حافتها، وتظهر الأرقام معتدلة على أحد جانبيها.
2. ضع عدسة محدبة على حامل العدسة، وثبتها على المسطرة المترية بين التدريجين 10 cm و 40 cm. (ستتفاوت المسافات اعتمادًا على البعد البؤري للعدسة المستخدمة).
3. أضئ المصباح، وضعه بجانب طرف المسطرة المترية، على أن يكون مركزه عند التدريج 0 cm للمسطرة المترية.
4. احمل بطاقة الفهرسة، بحيث تكون العدسة بين المصباح والبطاقة.
5. حرّك بطاقة الفهرسة إلى الأمام وإلى الخلف حتى تظهر صورة مقلوبة واضحة للمصباح بأطراف حادة قدر الإمكان.
6. سجّل بُعد المصباح عن العدسة d_o، وبُعد الصورة عن العدسة d_i.



بداية
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

جدول البيانات		
المحاولة	$d_o\,(cm)$	$d_i\,(cm)$
1	40.0	20.5
2	30.0	25.0
3	20.0	41.7
4	25.0	29.2
5	35.0	22.1

جدول الحسابات				
المحاولة	$\frac{1}{d_o}(cm^{-1})$	$\frac{1}{d_i}(cm^{-1})$	$\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}(cm^{-1})$	$f(cm)$
1	0.025	0.049	0.074	13.6
2	0.033	0.040	0.073	13.6
3	0.050	0.024	0.074	13.5
4	0.040	0.034	0.074	13.5
5	0.029	0.045	0.074	13.5

7. حرّك العدسة إلى موقع آخر بين 10 cm و 40 cm، وكرّر الخطوتين 5 و 6. (ستتفاوت المسافات اعتمادًا على البعد البؤري للعدسة المستخدمة).
8. كرّر الخطوة 7 ثلاث مرات أخرى.

التحليل

9. **إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها** مثّل العلاقة بيانيًّا بين بُعد الصورة (على المحور الرأسي) وبُعد الجسم (على المحور الأفقي). استخدم الحاسوب أو الآلة الحاسبة لإنشاء رسم بياني إذا أمكن ذلك.
10. **استخدام الأرقام** احسب $\frac{1}{d_o}$ و $\frac{1}{d_i}$ وسجّل القيم في جدول الحسابات.
11. **استخدام الأرقام** احسب مجموع $\frac{1}{d_o}$ و $\frac{1}{d_i}$، وسجّل القيم في جدول الحسابات. واحسب مقلوب هذا الرقم، وسجّله في جدول الحسابات على أنه القيمة f.

الاستنتاج والتطبيق

1. **تفسير البيانات** انظر إلى الرسم البياني، وصف العلاقة بين d_i و d_o.
2. **تفسير البيانات** احصل على مقدار البعد البؤري الفعلي للعدسة من معلمك. ما مدى دقة حساباتك لِـ f؟
3. **تفسير البيانات** قارن بين نتائج حسابات البعد البؤري للمحاولات الخمس. هل نتائجك متماثلة؟
4. **تقنيات المختبر** لماذا تعتقد أنه كان عليك ألا تضع العدسة عند نقطة أقرب من 10 cm أو أكثر من 40 cm؟

التوسع في البحث

1. أيّ القياسات أكثر دقة: d_i أم d_o؟ ولماذا تعتقد ذلك؟
2. ما الذي يمكنك أن تفعله لجعل أحد الحسابين أو كليهما أدق؟

الفيزياء في الحياة

1. إذا أردت التقاط صورة بآلة التصوير لجسم بعيد، ثم لجسم آخر يبعد أقل من متر، فكيف يجب تغيير المسافة بين العدسة والفيلم؟
2. هناك فرقان بين الصورة التي تتكوّن على شبكية عينك والجسم الذي تنظر إليه، ما هما؟ (تذكر أن العدسة في عينك محدبة).

الإجابة في الصفحة التالية

الاستنتاج والتطبيق

1. **تفسير البيانات** انظر إلى الرسم البياني، وصف العلاقة بين d_i و d_o.

عندما تزداد قيمة إحداهما ستقل قيمة الأخرى.

2. **تفسير البيانات** احصل على مقدار البعد البؤري الفعلي للعدسة من معلمك. ما مدى دقة حساباتك لِـ f؟

ستتفاوت الإجابات. عينة إجابات: هناك تقريبًا نسبة 3% خطأ بين القيمة المحسوبة والقيمة الحقيقية وهذه الدقة مقبولة نوعًا ما.

3. **تفسير البيانات** قارن بين نتائج حسابات البعد البؤري للمحاولات الخمس. هل نتائجك متماثلة؟

ستتفاوت الإيجابات : عينة إيجابات: كانت الحسابات للبعد البؤرى دقيقة جدا. فقيم البعد البؤرى جميعها كانت تختلف بعضها عن بعض بمقدار 0.1 cm.

4. **تقنيات المختبر** لماذا تعتقد أنه كان عليك ألا تضع العدسة عند نقطة أقرب من 10 cm أو أكثر من 40 cm؟

إذا كان بُعد العدسة أقرب من البعد البؤري فلن تتكون صورة على البطاقة (الشاشة) لأنها ستكون خيالية. وكذلك عند وضع العدسة على مسافة أبعد من نقطة معينة سيصبح بُعد الصورة على الأغلب ثابتًا.

التوسع في البحث

1. أيّ القياسات أكثر دقة: d_i أم d_o؟ ولماذا تعتقد ذلك؟

تكون d_o أكثر دقة لأن موضع العدسة مثبت على المسطرة المترية، بينما d_i ستتغير للحصول على أفضل تركيز للصورة.

2. ما الذي يمكنك أن تفعله لجعل أحد الحسابين أو كليهما أدق؟

يأتي الخطأ في القياس من الأدوات المستخدمة والأشخاص الذين يقومون بعمل هذه القياسات. ولتكون d_i أكثر دقة، على الطلاب أن يفهموا العلاقة بين التقنيات المناسبة والنتائج الدقيقة، وتتحدَّد الدقة عادةً بوساطة الزوغان الكروي.

الفيزياء في الحياة

1. إذا أردت التقاط صورة بآلة التصوير لجسم بعيد، ثم لجسم آخر يبعد أقل من متر، فكيف يجب تغيير المسافة بين العدسة والفيلم؟

ستكون العدسة أبعد عن الفيلم، لذا سيكون الفيلم عند موضع تكوُّن الصورة التي تحركت بعيدًا عن العدسة.

2. هناك فرقان بين الصورة التي تتكوّن على شبكية عينك والجسم الذي تنظر إليه، ما هما؟ (تذكر أن العدسة في عينك محدبة).

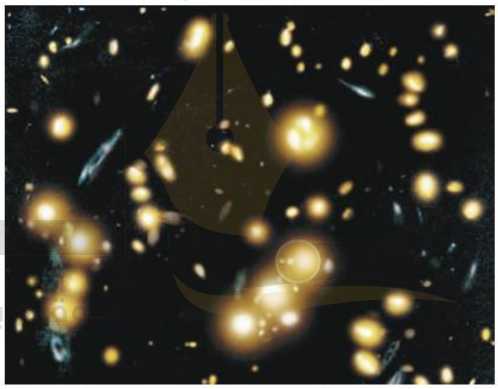
تكون الصورة في شبكية العين أصغر كثيرًا من الجسم الحقيقي وتكون مقلوبة أيضًا.

بطاقة
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

عدسات الجاذبية Gravitational Lenses

اكتشف الفلكيون عام 1979 في مرصد جودرل Jodrell Bank في بريطانيا نجمين من النجوم البعيدة (quasars) تفصل بينهما مسافة 7 ثوانٍ قوسية.

وبيّنت القياسات أنّ النجمين يبعد أحدهما عن الآخر 500 , 000 سنة ضوئية. وبدا أن النجمين يتذبذبان في السطوع وفي الإيقاع معًا، ولكنّ المدهش أنّه كان للنجمين أطياف متماثلة. فقد ظهرا وكأنهما جسمان مختلفان، ولكن في الحقيقة كان الجسمان عبارة عن جسم واحد.



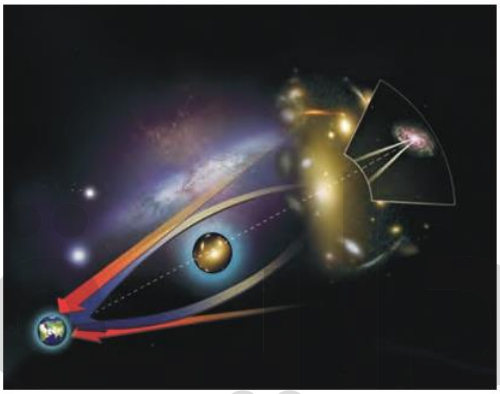
الأشكال الزرقاء صور متعدّدة للمجرة نفسها ناتجة عن عدسة الجاذبية القادمة من مجرة عنقودية 1654 + 0024 في مركز الصورة.

وأكّدت دراسات أخرى لفلكيّين من مختلف أنحاء العالم أنّه لا يوجد إلاّ نجم واحد فقط، انحنى ضوؤه بفعل تجمّع من المجرّات تسيطر عليها مجرة إهليلجية ضخمة تقع على الخط البصري بين النجم والأرض. فأدرك الفلكيون أنّهم شاهدوا صورتين لنجم واحد. وأثّرت المجرة كأنها عدسة محدبة ناقصة، تركّز الضوء المنحرف بطريقة ما، بحيث تتكوّن صورتان لجسم واحد. ولكن ما الذي دفعهم إلى الاعتقاد بأنّ الضوء قد انحنى؟

الجاذبية والضوء تذكّر الفلكيون أبحاث ألبرت أينشتاين ونظريته النسبية. فقد اقترح أينشتاين أن الضوء ينحني بفعل مجال الجاذبية للأجسام الضخمة. ففي نظرية الفضاء الكلاسيكية المعروفة بالفضاء الإقليدي، ينتقل الضوء في خطوط مستقيمة. واستنادًا إلى أينشتاين فإنّ الضوء ينحني عندما يمر بجانب الأجسام الضخمة.

وفي عام 1919 أثبتت مقارنة لضوء نجم قبل كسوف الشمس وفي أثنائه صحة نظرية أينشتاين. فاقترح أينشتاين في عام 1936 ظاهرة عدسة الجاذبية. ولأنّ الضوء يمكنه أن ينحني بفعل مجالات الجاذبية للأجسام الضخمة، لذا على المراقبين أن يروا صور حلقات خيالية عندما يكون هناك جسم ضخم بين الأرض والجسم المراقَب. ولم يشاهد أينشتاين أبدًا مثل هذه الظاهرة، ولكن نظريته في النسبية دعمت إمكانية وجود عدسات الجاذبية هذه.

يبين الرسم أدناه كيف أنّ الضوء القادم من مجرة بعيدة ينحني حول تجمع مجرات قبل أن يصل إلى الأرض.



الدليل عندما يكتشف شخصٌ شيئًا ما للمرة الأولى فإنّ العديد من الاكتشافات الداعمة تعقُب ذلك. فمنذ قدّم أينشتاين اقتراحاته إلى أن اكتشفت الصورة المزدوجة للنجم البعيد (الكوازار) عام 1979، اكتشفت العديد من عدسات الجاذبية، كما شوهدت كل من حلقات أينشتاين والصور المتعدّدة. ونتجت حلقات أينشتاين عندما أصبحت عدسة الجاذبية والضوء القادم من الجسم على استقامة واحدة تقريبًا. وتتشكّل الصور المتعدّدة عندما لا تكون عدسة الجاذبية والضوء على استقامة واحدة. وحتى الآن اكتُشف أكثر من 50 عدسة جاذبية.

التوسع

1. **استنتج** لماذا كان اكتشاف عدسات الجاذبية مهمًّا؟

تقدم عدسات الجاذبية برهانًا آخر على النظرية النسبية.

2. **قارن وميز** فيم تتشابه عدسات الجاذبية والعدسات المحدبة؟ وفيمَ تختلفان؟

تستخدم العدسات المحدبة وسطين لحني الضوء. بينما تستخدم عدسة الجاذبية انجذاب الأجسام لبعضها بعضًا (الجاذبية).

الفصل 6
دليل مراجعة الفصل

6–1 انكسار الضوء Refraction of Light

المفردات

- معامل الانكسار
- قانون سنل في الانكسار
- الزاوية الحرجة
- الانعكاس الكلي الداخلي
- التفريق (التحليل)

المفاهيم الرئيسة

- ينحرف مسار الضوء عندما ينتقل من وسط ذي معامل انكسار n_1 إلى وسط آخر معامل انكساره مختلف n_2.

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

- النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ c إلى سرعته في أيّ وسط آخر تساوي معامل انكسار الوسط n.

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

- عندما ينتقل الضوء من وسط لوسط آخر معامل انكساره أقل وبزاوية سقوط أكبر من الزاوية الحرجة θ_c فإن الضوء ينعكس انعكاسًا كليًّا داخليًّا في الوسط نفسه الذي هو فيه، ولا ينفذ إلى الوسط الآخر.

$$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

6–2 العدسات المحدبة والمقعرة Convex and Concave Lenses

المفردات

- العدسة
- العدسة المحدبة
- العدسة المقعرة
- معادلة العدسة الرقيقة
- الزوغان اللونيّ
- العدسة اللالونيّة

المفاهيم الرئيسة

- يرتبط كلٌّ من البعد البؤري f، وبُعد الجسم d_o، وبُعد الصورة d_i للعدسة الرقيقة بالمعادلة الآتية:

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

- يُعرَّف التكبير m للصورة الناتجة عن عدسة بالطريقة نفسها التي عُرّف بها التكبير للصورة الناتجة عن مرآة.

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

- تُكوِّن العدسة المحدبة المفردة صورة حقيقية مقلوبة عندما يكون بُعد الجسم أكبر من البعد البؤري، وتكون الصورة مصغّرة أو مكبّرة وفقًا لبعد الجسم.
- تُكوِّن العدسة المحدبة المفردة صورة خيالية معتدلة ومكبّرة عندما يوضع الجسم بين العدسة والبؤرة.
- تُكوِّن العدسة المقعرة صورًا خيالية دائمًا، وتكون معتدلة ومصغّرة.
- جميع العدسات لها زوغان لونيّ، وجميع العدسات التي لها سطوح كروية لها زوغان كروي.

6–3 تطبيقات العدسات Applications of Lenses

المفردات

- قصر النظر
- طول النظر

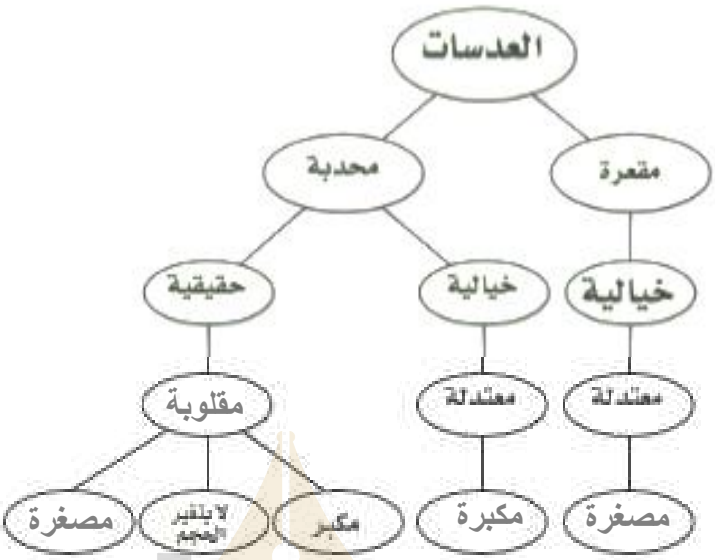
المفاهيم الرئيسة

- يُعدّ الفرق بين معاملي انكسار الهواء والقرنية المسؤول الرئيس عن تجميع الضوء في العين.
- تستخدم الآلات البصرية مجموعة من العدسات للحصول على صور واضحة للأجسام الصغيرة أو البعيدة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

خريطة المفاهيم

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



إتقان المفاهيم

31. قارن زاوية السقوط بزاوية الانكسار عندما ينتقل شعاع الضوء من الزجاج إلى الهواء بزاوية لا تساوي صفرًا؟ (1–6)

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، إلّا أنّ الضوء لا يتحلّل إلى طيفه. فإلامَ يشير هذا بالنسبة لسرعات الألوان المختلفة للضوء المنتقلة في الهواء؟ (1–6)

تنتقل ألوان الضوء المختلفة في الهواء بالسرعة نفسها.

33. فسّر لماذا يبدو القمر أحمر اللون في أثناء الخسوف؟ (1–6)

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؟ (2–6)

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

35. عند عرض صورة بواسطة آلة عرض الأفلام على شاشة فإنّ الفيلم يوضع بين F و $2F$ لعدسة مجمّعة. ويُنتج هذا الترتيب صورة مقلوبة، فلماذا يظهر مشهد الفيلم معتدلًا عندما يعرض الفيلم؟ (2–6)

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

36. وضّح لماذا تستخدم الآلات البصرية الدقيقة العدسات اللّالونية؟ (2–6)

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.

بداية
موقع بداية التعليمي
beadaya.com

37. ما الحالة التي يكون عندها البعد البؤري للعين قصيرًا جدًّا بحيث لا يمكنه تجميع الضوء على الشبكية؟ (3-6)

قصر النظر.

38. ما طبيعة الصورة المتكوّنة بالعدسة الشيئية في المنظار الفلكي الكاسر؟ (3-6)

صورة حقيقية، مقلوبة.

39. لماذا تعد زيادة المسافة بين العدستين الشيئيتين في المنظار أمرًا نافعًا؟ (3-6)

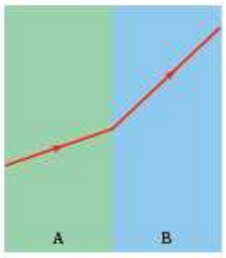
يعمل ذلك على تحسين المشاهدة الثلاثية الأبعاد.

40. ما الغرض من المرآة العاكسة في آلة التصوير؟ (3-6)

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

تطبيق المفاهيم

41. أي المادتين، A، أم B، في الشكل 24-6 لها معامل انكسار أكبر؟ وضّح ذلك.



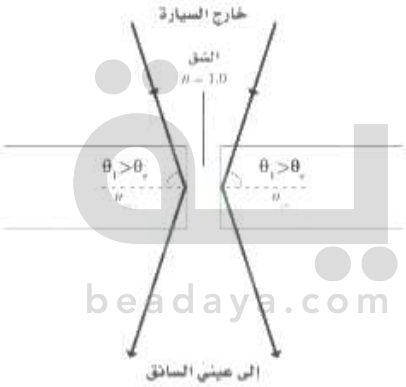
الشكل 24-6

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 متشقّق فإنك ترى خطًّا فضيًّا على امتداد الشق، حيث يكون الزجاج منفصلاً عنده، وهناك هواء في الشق. ويشير هذا الخط الفضي إلى أن الضوء ينعكس عن الشق. ارسم مخطّط أشعة لتفسير سبب حدوث هذا. وما الظاهرة التي يمثّلها؟



44. قوس المطر لماذا لا تستطيع رؤية قوس المطر في السماء 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 فإن الشمس لا تكون خلفك مطلقًا عند زاوية 42° أو أقل. ولن ترى مطلقًا قوس عند وجودك المطر في السماء شمالاً في النصف الجنوبي للكرة. حيث يمكنك رؤية قوس المطر عندما تكون الشمس خلفك عند الزاوية 42°.

بداية
bedaya.com | بداية التعليمي

45. يستخدم سبّاح 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.

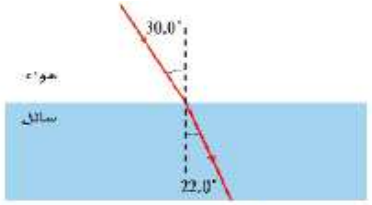
47. يكون بؤبؤ العينين صغيرًا عندما تتعرض لضوء الشمس الساطع مقارنة بالتعرض لضوء أخفت، وضّح لماذا تستطيع عيناك تجميع الضوء بشكل أفضل في الضوء الساطع؟

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

6–1 انكسار الضوء

48. ينتقل شعاع ضوء من الهواء إلى سائل ما، كما في الشكل 25–6، حيث يسقط الشعاع على السائل بزاوية 30.0°، وينكسر بزاوية 22.0°.



الشكل 25–6

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 1–6، وماذا يمكن أن يكون هذا السائل؟

الماء

بداية
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

49. يسقط شعاع ضوئي على زجاج مسطح لأحد جوانب حوض سمك، بزاوية مقدارها 40.0° بالنسبة للعمود المقام. فإذا علمت أن معامل انكسار الزجاج $n = 1.50$، 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 1–6، واستخدم معامل انكسار الألماس لحساب سرعة الضوء فيه.

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

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

$$= \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{2.42}$$

$$= 1.24 \times 10^8 \text{ m/s}$$

51. ارجع إلى الجدول 1–6، وأوجد الزاوية الحرجة للألماس في الهواء.

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

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

$$= 24.4^\circ$$

بداية
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

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؟

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

$$n_{\text{ماء}} \sin\theta_{\text{ماء}} = n_{\text{بلاستيك}} \sin\theta_{\text{بلاستيك}}$$

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

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

$$= 30.57°$$

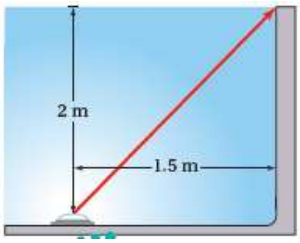
$$n_{\text{بلاستيك}} \sin\theta_{\text{بلاستيك}} = n_{\text{هواء}} \sin\theta_{\text{هواء}}$$

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

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

$$= 49.7°$$

53. أضواء حوض السباحة 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 26–6**. وكان الحوض مملوءًا بالماء إلى قمته.



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

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

$$= 37°$$

لايجاد الزاوية في الهواء

$$n_{\text{هواء}} \sin\theta_{\text{هواء}} = n_{\text{ماء}} \sin\theta_{\text{ماء}}$$

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

$$= \sin^{-1}\left(\frac{(1.33)(\sin 37°)}{1.00}\right) \quad = 53°$$

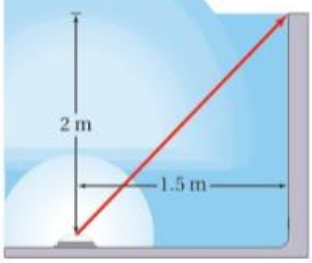
b. هل تؤدي رؤية الضوء بهذه الزاوية إلى ظهوره بشكل أعمق أم أقل عمقًا مما هو عليه في الواقع؟

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

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

$$= \frac{1.5\text{ m}}{\tan 53°}$$

$= 1.1\text{ m}$, أقل عمقًا



بداية
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

54. إذا كانت سرعة الضوء في بلاستيك شفاف $1.90\times10^{8}\,m/s$. 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

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

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

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

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

$$=13.7^{\circ}$$

6–2 العدسات المحدبة والمقعرة

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

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

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

$$=\frac{(10.0\text{ cm})(5.00\text{ cm})}{10.0\text{ cm}-5.00\text{ cm}}$$

$$=10.0\text{ cm}$$

56. إذا أردنا استخدام عدسة محدبة لتكوّن صورة حجمها يساوي 0.750 من حجم الجسم، وأن تكون الصورة على بُعد 24 cm من الجانب الآخر للعدسة، فما البعد البؤري للعدسة الذي يحقق ذلك؟

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

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

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

$$=32\text{ cm}$$

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

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

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

$$=14\text{ cm}$$

بداية
موقع بداية التعليمي | bedaya.com

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.

$$f_{\text{الجديدة}} = 2f$$

$$= 2(6.0\text{ cm})$$

$$= 12\text{ cm}$$

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

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

$$= \frac{(15\text{ cm})(12\text{ cm})}{15\text{ cm} - 12\text{ cm}}$$

$$= 60\text{ cm}$$

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

$$= \frac{-(60\text{ cm})(3.0\text{ cm})}{15\text{ cm}}$$

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؟

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

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

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

$$= 7.5\text{ cm}$$

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

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

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

$$= 3.0\text{ cm}$$

بداية
موقع بداية التعليمي | bedaya.com

b. إذا استُبدلت العدسة المفرّقة، 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 مقارنة بالجسم وخيالية.

6–3 تطبيقات العدسات

59. النظارات يجب أن يكون الكتاب على بُعد 25 cm من العين لقراءته بوضوح. فإذا كان هناك فتاة تعاني من طول النظر، وتحتاج أن يكون الكتاب على بُعد 45 cm من عينيها لقراءته بوضوح، فما البعد البؤري اللازم لعدستي نظارتها؟

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

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؟

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

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

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

$$= 66.7\ \text{cm}$$

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

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. الميكروسكوب (المجهر) وضعت شريحة من خلايا البصل على بُعد 12 mm من عدسة المجهر الشيئية، فإذا كان البعد البؤري لهذه العدسة 10.0 mm:

a. فما بُعد الصورة المتكوّنة عن العدسة؟

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

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؟

$$m_o = \frac{-d_i}{d_o} = \frac{-6.0\times10^1\ \text{mm}}{12\ \text{mm}} = -5.0$$

c. تتكوّن الصورة الحقيقية على بُعد 10.0 mm تحت العدسة العينية. فإذا كان بعدها البؤري 20.0 mm فما موقع الصورة النهائية؟

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

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

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

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

= 20.0 mm أسفل العدسة العينية

d. ما التكبير النهائي لهذا النظام المركّب؟

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

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

$$= -1.0\times10^1$$

بداية
موقع بداية التعليمية bedaya.com

مراجعة عامة

62. العمق الظاهري ينعكس ضوء الشمس من قاع حوض سمك وينتشر في جميع الاتجاهات. ويوضّح **الشكل 27-6** شعاعين من هذه الأشعة المنعكسة من نقطة في قاع الحوض ينتقلان إلى السطح، فتنكسر الأشعة في الهواء كما هو مبين. إنّ 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.

a. أوجد زاوية انكسار الشعاع في الهواء.

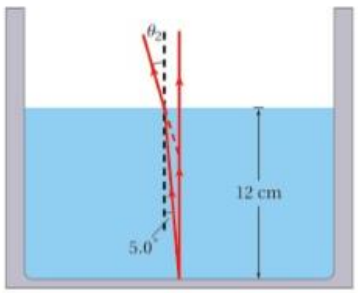
$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

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

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

$$= 6.7^\circ$$

b. على أيّ عمق سيبدو قاع الحوض عندما تنظر إلى الماء؟ اقسم العمق الظاهري على العمق الحقيقي وقارن هذه النسبة بمعامل الانكسار.



الشكل 27-3

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

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

أي أن

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

63. إذا كانت الزاوية الحرجة لقالب زجاجي 45.0° فما معامل انكساره؟

$$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_1 = \frac{n_2}{\sin\theta_c}$$

بالنسبة إلى الهواء، $n_2 = 1.00$

$$n_1 = \frac{1.00}{\sin 45.0^\circ} = 1.41$$

بداية
bedaya.com | موقع بداية التعليمي

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 $1.5 \times 10^{8}\ \text{km}$.

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:

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

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

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

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

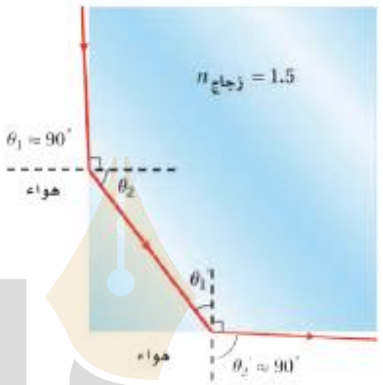
$$= 160\ \text{s}$$

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

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

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

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 28-6** الحالة المحدّدة لجانب مجاور لا يؤثر كأنه مرآة. استخدم معلوماتك في الهندسة، والزوايا الحرجة، لتثبت أنّ هيئة هذا الشعاع لا يمكن تحقيقها عندما تكون $n_{\text{زجاج}} = 1.5$.



الشكل 28-6

يدخل شعاع الضوء الزجاج بزاوية θ_1، وينكسر بالزاوية θ_2

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

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

$$= 42^\circ$$

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

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

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

$$= 42^\circ$$

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

التفكير الناقد

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:

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

بداية
beadaya.com | بداية التعليمي

70. **قارن** أوجد الزاوية الحرجة للجليد الذي معامل انكساره 1.31. 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 فإنها 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

72. إنّ عملية تكيّف العين ـ وهي عملية انقباض العضلات المحيطة بعدسة العين أو انبساطها لرؤية الأجسام القريبة أو البعيدة ـ 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، وحضر 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

74. وضع جسم طوله 2.0 cm أمام مرآة مقعرة نصف قطرها 48.0 cm، وعلى بُعد 12.0 cm منها. احسب بُعد الصورة وطولها. (الفصل 5).

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

بداية
موقع بداية التعليم
beadaya.com

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. وُجِّه شعاع من مصباح يدوي على بركة سباحة في الظلام بزاوية 46° بالنسبة للعمود المقام على سطح الماء. ما مقدار زاوية انكسار الشعاع في الماء؟ (معامل انكسار الماء 1.33)

A) 18° C) 33°
B) 30° D) 44°

2. إذا كانت سرعة الضوء في الألماس 1.24×10^8 m/s فما معامل انكسار الألماس؟

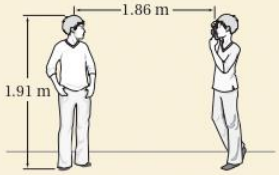
A) 0.0422 C) 1.24
B) 0.413 D) 2.42

3. أيّ مما يأتي لا يؤثر في تشكيل قوس المطر؟

A) الحيود C) الانعكاس
B) التشتّت D) الانكسار

4. التقط أحمد صورة لأخيه أسامة كما في الشكل مستخدمًا كاميرا بعدسة محدبة بعدها البؤري 0.0470 m حدّد موضع صورة أسامة.

A) 1.86 cm C) 4.82 cm
B) 4.70 cm D) 20.7 cm

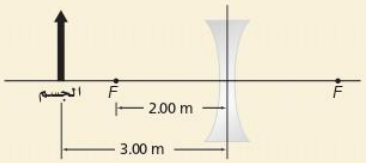


5. أيّ مما يأتي لا يؤثر في تشكيل السراب؟

A) تسخين الهواء القريب من الأرض
B) موجات هيجنز
C) الانعكاس
D) الانكسار

6. ما بُعد الصورة للحالة الموضحة في الشكل؟

A) −6.00 m C) 0.167 m
B) −1.20 m D) 0.833 m



7. ما الزاوية الحرجة للانعكاس الكلي الداخلي، عندما ينتقل الضوء من زجاج معامل انكساره 1.52 إلى الماء الذي معامل انكساره 1.33؟

A) 29.0° C) 48.8°
B) 41.2° D) 61.0°

8. ماذا يحدث للصورة المتكوّنة من عدسة محدبة عندما يُغطَّى نصفها؟

A) تختفي نصف الصورة C) تصبح الصورة ضبابية
B) تعتم الصورة D) تنعكس الصورة

الأسئلة الممتدة

9. إذا كانت الزاوية الحرجة للانعكاس الكلي الداخلي عند الحدّ الفاصل بين الألماس والهواء 24.4°، فما زاوية الانكسار في الهواء إذا كانت زاوية سقوط الشعاع على الحد الفاصل 20°؟ 55.9°

10. يتكوّن لجسم يبعد 6.98 cm عن عدسةٍ صورةٌ تبعد 2.95 cm عن العدسة في الجانب نفسه. حدّد نوع العدسة، ووضّح كيف عرفت ذلك؟

$m = -(-2.95\text{ cm})/(6.98\text{ cm}) = 0.423$؛ وتكوّن صورة مصغرة للجسم على بعد سالب مما يعني أنّ العدسة مقعرة.

إرشاد

أعد نفسك الوقت الكافي

لن تحصل على نقاط إضافية إذا أنهيت الاختبار مبكرًا. لذا اعمل ببطء وبحذر؛ تجنبًا للوقوع في أخطاء عدم الانتباه الذي يمكن أن يحدث عندما تريد إنهاء الاختبار بسرعة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445