



تم تحميل الملف  
من موقع **بداية**



للمزيد اكتب  
في جوجل



بداية التعليمي

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

# الانعكاس والمرآيا

## Reflection and Mirrors

# الفصل

# 5

### ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- تعرّف كيفية انعكاس الضوء عن أسطح مختلفة.
- تعرّف أنواع المرايا المختلفة واستخداماتها.
- وصف الصور التي شكّلتها المرايا باستعمال طريقتي رسم الأشعة والنماذج الرياضية.

### الأهمية

يتحدّد الانعكاس الذي تراه بمعرفة الكيفية التي ينعكس بها الضوء عن سطح ما نحو عينيك. وعندما تنظر إلى أسفل نحو سطح بحيرة تشاهد صورة لك معتدلة إلى أعلى.

**منظر الجبل** يمكنك عند النظر إلى سطح بحيرة مشاهدة منظر مماثل للمنظر الموضح في الصورة، حيث تبدو صور الأشجار والجبال في البحيرة مقلوبة رأسياً بالنسبة إليك.

### فكر

لماذا تبدو صورتك في البحيرة معتدلة، في حين تبدو صورة الجبل مقلوبة رأسياً؟

تنعكس أشعة الشمس عن الجبل، فيسقط جزء من هذه الأشعة على سطح البحيرة ثم ينعكس عنها. فإذا كان هناك شخص عند البحيرة فسيشاهد صورته معتدلة، إلا أنه عند مشاهدة المنظر عبر البحيرة فإن الأشعة المنعكسة تتقاطع بحيث تبدو الصورة مقلوبة





## تجربة استهلاكية

### كيف تظهر الصورة على شاشة؟

**سؤال التجربة** ما نوع المرايا التي يمكنها عكس الصورة على شاشة؟

#### الخطوات

1. احصل من معلمك على بطاقة فهرسة (بطاقة كرتونية)، ومرآة مستوية، ومرآة مقعرة، ومرآة محدبة، ومصباح ضوئي يدوي.
2. أطفئ أضواء الغرفة، وقف بجانب النافذة.
3. أمسك البطاقة بيد والمرآة المستوية باليد الأخرى.
4. اعكس الضوء القادم من النافذة على البطاقة. تحذير: لا تنظر إلى الشمس مباشرة أو إلى ضوء الشمس المنعكس عن المرآة. قَرِّب البطاقة نحو المرآة ببطء أو أبعدا عنها ببطء، وحاول تكوين صور واضحة للأجسام الموجودة في الخارج.
5. إذا استطعت تكوين صورة واضحة على البطاقة فإن هذه الصورة تكون حقيقية، أما إذا كان الضوء مشتتاً على

6. أعد الخطوات من 3 إلى 5 باستخدام مرآة مقعرة ثم مرآة محدبة.
7. كرر الخطوة 4 لكل مرآة بحيث تستخدم المصباح الضوئي، ولاحظ الانعكاس على البطاقة.

#### التحليل

أي مرآة كَوَّنت صوراً حقيقية (تكونت على حاجز)؟  
ما ملاحظاتك حول الصورة أو الصور التي شاهدتها؟  
**التفكير الناقد** وضح كيف تتكون الصور الحقيقية استناداً إلى ملاحظاتك حول الصور الناتجة باستخدام المصباح الضوئي.



## 5-1 الانعكاس عن المرايا المستوية Reflection from Plane Mirrors

### الأهداف

- توضّح قانون الانعكاس.
- تقارن بين الانعكاس المنتظم والانعكاس غير المنتظم.
- تحدّد موقع الصور التي تكوّنهما المرايا المستوية.

### المفردات

- الانعكاس المنتظم
- الانعكاس غير المنتظم
- المرآة المستوية
- الجسم
- الصورة
- الصورة الخيالية

شاهد الإنسان منذ القدم انعكاساً لصورة وجهه في البحيرات وبرك المياه الساكنة. ولا يكون هذا الانعكاس دائماً واضحاً؛ إذ تحدث أحياناً تموجات على سطح الماء بسبب حركة الرياح أو حركة القوارب، مما يجعل دون حدوث انعكاس واضح للضوء. عرف المصريون قبل 4000 سنة تقريباً أن الانعكاس يتطلب سطحاً أملس مصقولاً، لذا استخدموا مرايا فلزية لامعة مصقولة لرؤية صورهم. ولم يكن بالإمكان رؤية الصور الناتجة بوضوح حتى عام 1857 عندما اكتشف العالم الفرنسي جان فوكولت طريقة لطلاء الزجاج بالفضة. فالمرايا الحديثة صُنعت بدقة متناهية لكي تكون ذات مقدرة كبيرة جداً على عكس الضوء، وذلك من خلال عملية تبخير الألمنيوم أو الفضة على زجاج مصقول بدرجة كبيرة. وتُعد نوعية السطوح العاكسة مهمة جداً في بعض التطبيقات العملية والأجهزة البصرية، ومنها الليزر والمنظار الفلكي (التلسكوب). وفي الحضارة الإسلامية، كان للحسن بن الهيثم جهود كبيرة لا يمكن إنكارها، وبرع في عدة مجالات، منها دراساته في مجال الضوء. فقد درس انعكاس الضوء وانكساره بشكل مفصل، واكتشف قوانين الانعكاس والانكسار، والعلاقة بين زاوية سقوط الضوء وانكساره، كما وصف أجزاء العين وعملية الرؤية بشكل دقيق وسليم علمياً، وأبطل الآراء السائدة آنذاك عن كيفية حدوث الرؤية، وغير ذلك من الإنجازات الكبيرة.

## قانون الانعكاس The Law of Reflection

ماذا يحدث للضوء الساقط على هذا الكتاب؟ عندما تضع الكتاب بينك وبين مصدر الضوء فلن ترى أي ضوء ينفذ من خلاله. تتذكر من الفصل السابق أن مثل هذا الجسم يُسمى جسمًا غير شفاف أو جسمًا معتماً؛ إذ يحدث امتصاص لجزء من الضوء الساقط على الكتاب، ويتحول هذا الجزء إلى طاقة حرارية، كما ينعكس جزء آخر من الضوء الساقط على الكتاب. ويعتمد سلوك الضوء المنعكس على طبيعة السطح العاكس، وزاوية سقوط الضوء على السطح.

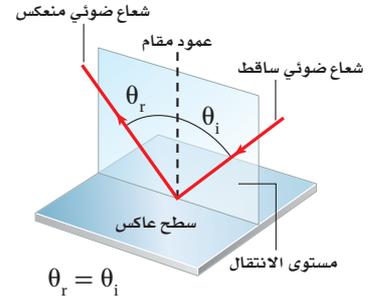
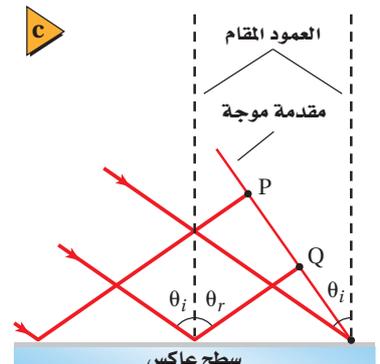
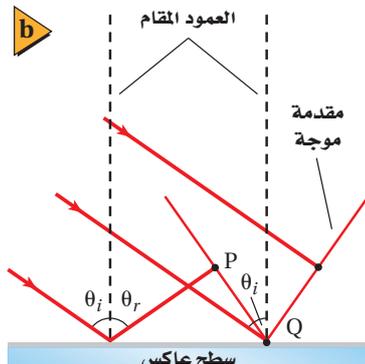
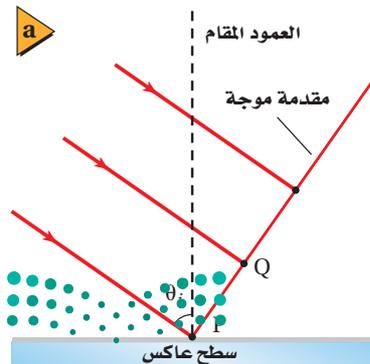
درست سابقاً أنه عندما تنتشر موجة في بعدين وتصطدم بحاجز فإن زاوية سقوطها على الحاجز تساوي زاوية انعكاسها. وينطبق هذا الانعكاس أيضًا على موجات الضوء. فكّر الآن فيما يحدث لكرة السلة عندما يدفعها اللاعب إلى الأرض لترتد إلى زميله. سيلاحظ مراقب يراقب حركة الكرة من أعلى أن الكرة ترتد في خط مستقيم في اتجاه اللاعب الآخر. و ينعكس الضوء بالطريقة نفسها التي ترتد بها كرة السلة. وبين الشكل 1-5 سقوط شعاع ضوئي على سطح مستوي عاكس. وتلاحظ أن هناك خطأً وهمياً عمودياً على السطح العاكس عند نقطة سقوط الشعاع الضوئي على السطح، ويُسمى هذا الخط العمود المقام. ويقع كل من الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام على السطح العاكس من نقطة سقوط الشعاع الضوئي في مستوى واحد عمودي على السطح العاكس. وعلى الرغم من أن الضوء ينتشر في ثلاثة أبعاد إلا أن انعكاسه يكون في مستوى واحد؛ أي في بعدين. وتعرف العلاقة بين زاويتي السقوط والانعكاس باسم قانون الانعكاس.

$$\theta_r = \theta_i$$

قانون الانعكاس  $\theta_r = \theta_i$  حيث تمثل زاوية السقوط، و  $\theta_i$  زاوية الانعكاس.

الزاوية التي يصنعها الشعاع الساقط مع العمود المقام على السطح العاكس عند نقطة السقوط تساوي الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع العمود نفسه.

يمكن تفسير هذا القانون باستخدام النموذج الموجي للضوء؛ إذ يبين الشكل 2a-5 مقدمة موجة الضوء تقترب من السطح العاكس، وعندما تصل كل نقطة على امتداد مقدمة الموجة إلى السطح العاكس فإنها تنعكس بالزاوية نفسها كالنقطة السابقة لها كما في الشكل 2b-5.

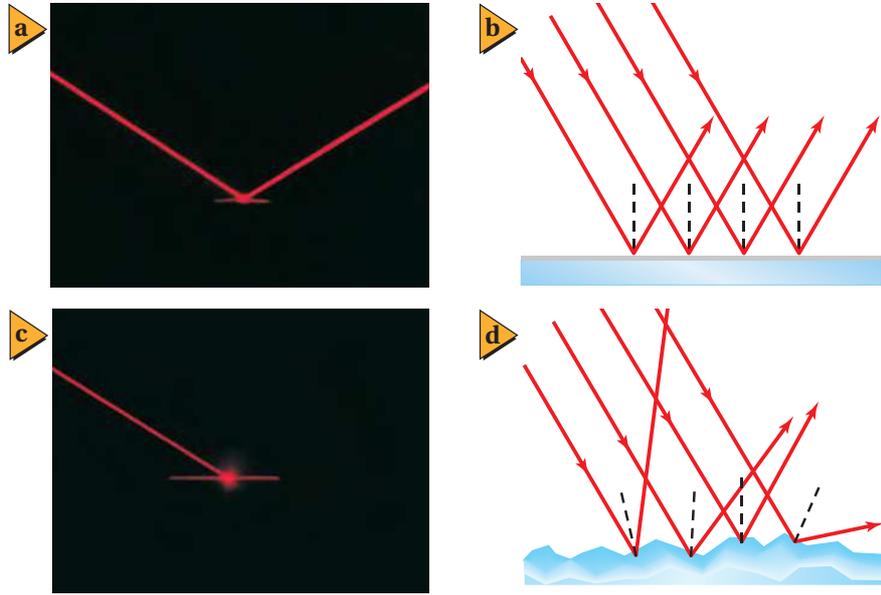


الشكل 1-5 يقع كل من الشعاع الساقط والشعاع المنعكس ضمن مستوى الانتقال نفسه.

### دلالة الألوان

- الأشعة الضوئية ومقدمات الموجة مرسومة وموضحة باللون الأحمر.
- المرايا مرسومة وموضحة باللون الأزرق الفاتح.

الشكل 2-5 تقترب مقدمة الموجة الضوئية من السطح العاكس. تصطدم النقطة P الموجودة على مقدمة الموجة بالسطح أولاً (a). وتصل النقطة Q إلى السطح بعد أن تكون النقطة P قد انعكست بزاوية مساوية لزاوية السقوط (b). وتستمر العملية وتتابع النقاط جميعها الانعكاس بزاويا مساوية لزاويا سقوطها، مما يؤدي إلى تشكل مقدمة الموجة المنعكسة (c).



■ الشكل 3-5 عندما تسقط حزمة ضوئية على سطح مرآة (a) تنعكس الأشعة المتوازية في الحزمة الساقطة متوازيةً ومحافظةً على شكل الحزمة (b). وعندما تسقط حزمة الضوء على سطح خشن (c) تنعكس الأشعة المتوازية في الحزمة الساقطة عن سطوح مختلفة صغيرة جداً، مما يؤدي إلى تشتيت الأشعة (d).

ولأن النقاط جميعها تنتشر بالسرعة نفسها فإنها ستقطع المسافة الكلية نفسها خلال الزمن نفسه، لذا تنعكس مقدمة الموجة كاملة عن السطح بزواوية مساوية لزواوية سقوطها. كما في الشكل 2c-5. لاحظ أن الطول الموجي للضوء لا يؤثر في هذه العملية؛ فألوان الضوء الأحمر والأخضر والأزرق جميعها تتبع هذا القانون.

**السطوح الملساء والسطوح الخشنة** تأمل حزمة الضوء الساقطة في الشكل 3a-5 ولاحظ أن جميع الأشعة في الحزمة الضوئية قد انعكست عن السطح متوازية، كما في الشكل 3b-5. وهذا يحدث فقط إذا كان السطح العاكس أملس وفق مقياس الطول الموجي للضوء. فالسطح الأملس أو المصقول، مثل المرآة، يسبب **انعكاساً منتظماً**؛ أي أن الأشعة الضوئية التي تسقط عليه متوازية تنعكس عنه متوازية أيضاً.

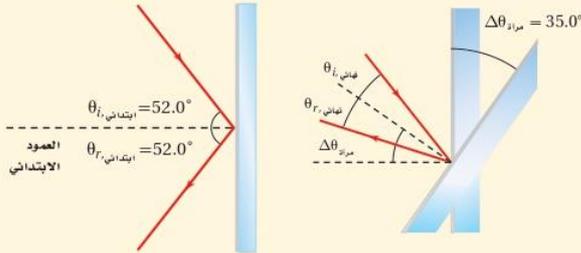
ماذا يحدث عندما يسقط الضوء على سطح يبدو أملس ومصقولاً ولكنه في الواقع خشن وفق مقياس الطول الموجي للضوء، مثل صفحة هذا الكتاب أو جدار أبيض؟ فهل سينعكس الضوء؟ وكيف توضح ذلك؟ يبين الشكل 3c-5 حزمة ضوئية تنعكس عن صفيحة ورقية خشنة السطح، حيث سقطت أشعة الحزمة الضوئية جميعها متوازية، ولكنها انعكست غير متوازية، كما في الشكل 3d-5. ويسمى تشتت الضوء عن سطح خشن **انعكاساً غير منتظم**.

ينطبق قانون الانعكاس على كل من السطحين الأملس والخشن. ففي حالة السطح الخشن تكون زواوية سقوط كل شعاع مساوية لزواوية انعكاسه، وتكون الأعمدة المقامة على السطح عند مواقع سقوط الأشعة غير متوازية على المستوى المجري؛ لذا لا يمكن أن تكون الأشعة المنعكسة متوازية؛ لأن السطح الخشن حال دون توازيمها. وفي هذه الحالة لا يمكن رؤية حزمة الضوء المنعكسة؛ لأن الأشعة الضوئية المنعكسة تفرقت وتشتتت في اتجاهات مختلفة. أما في حالة الانعكاس المنتظم - كما في المرآة - فيمكنك رؤية وجهك؛ لأن الأشعة انعكست على هيئة حزمة. وبغض النظر عن كمية الضوء المنعكسة عن الورقة أو الجدار، فلا يمكن اتخاذ كلٍّ منهما مرآة؛ لأنها يشتتان الأشعة المنعكسة.



## مثال 1

**تغيير زاوية السقوط** سقط شعاع ضوئي على مرآة مستوية بزاوية  $52.0^\circ$  بالنسبة للعمود المقام، فإذا دُورَت المرآة بزاوية  $35.0^\circ$  حول نقطة سقوط الشعاع على سطحها بحيث نقصت زاوية سقوط الشعاع، وكان محور الدوران متعامداً مع مستوى الشعاع الساقط والشعاع المنعكس، فما زاوية دوران المرآة المنعكس؟



### 1 تحليل المسألة ورسمها

• مثل الحالة قبل دوران المرآة.

• ارسم شكلاً آخر بتطبيق زاوية الدوران على المرآة.

**المعلوم**  $\theta_{i, \text{ابتدائي}} = 52.0^\circ$   $\Delta\theta_{\text{مرآة}} = 35.0^\circ$  **المجهول**  $\Delta\theta_r = ?$

### 2 إيجاد الكمية المجهولة

لتقليل زاوية السقوط دور المرآة في اتجاه حركة عقارب الساعة.

$$\theta_{i, \text{نهائي}} = \theta_{i, \text{ابتدائي}} - \Delta\theta_{\text{مرآة}}$$

$$= 52.0^\circ - 35.0^\circ$$

**عوض مستخدماً**  $\theta_{i, \text{ابتدائي}} = 52.0^\circ$ ,  $\Delta\theta_{\text{مرآة}} = 35.0^\circ$

في اتجاه حركة عقارب الساعة بالنسبة للعمود المقام الجديد  
طبّق قانون الانعكاس

#### دليل الرياضيات

إجراء العمليات الحسابية باستخدام الأرقام المعنوية

$$\theta_{r, \text{نهائي}} = \theta_{i, \text{نهائي}}$$

$$= 17.0^\circ$$

في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة بالنسبة للعمود المقام الجديد

$$\Delta\theta_r = 52.0^\circ + 35.0^\circ - 17.0^\circ$$

في اتجاه حركة عقارب الساعة من الزاوية الأصلية  $= 70.0^\circ$

**عوض مستخدماً**  $\theta_{i, \text{نهائي}} = 17.0^\circ$

أوجد الزاوية التي دار بها الشعاع المنعكس باستخدام الشكلين

موقع بداية التعليمي | beadaya.com

### 3 تقويم الجواب

• هل الجواب واقعي؟ بمقارنة الرسمين النهائي والابتدائي يتبين أن زاوية السقوط تقل عندما تدور المرآة في اتجاه حركة عقارب الساعة في اتجاه الشعاع الضوئي. ومن المنطقي أن يدور الشعاع المنعكس في اتجاه حركة عقارب الساعة أيضاً.

## مسائل تدريبية

- عند سكب كمية ماء فوق سطح زجاج خشن يتحوّل انعكاس الضوء من انعكاس غير منتظم إلى انعكاس منتظم. وضح ذلك.
- إذا كانت زاوية سقوط شعاع ضوئي  $42.0^\circ$  فما مقدار كل مما يأتي:
  - زاوية الانعكاس.
  - الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والمرآة.
  - الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس.
- سقطت حزمة ضوء ليزر على سطح مرآة مستوية بزاوية  $38.0^\circ$  بالنسبة للعمود المقام. فإذا حُرِّك الليزر بحيث زادت زاوية السقوط بمقدار  $13.0^\circ$  فما مقدار زاوية الانعكاس الجديدة؟
- وضعت مرآتان مستويتان إحداهما عمودية على الأخرى. فإذا أسقط شعاع ضوئي على إحداهما بزاوية  $30.0^\circ$  بالنسبة للعمود المقام، وانعكس في اتجاه المرآة الثانية، فما مقدار زاوية انعكاس الشعاع الضوئي عن المرآة الثانية؟

1. عند سكب كمية ماء فوق سطح زجاج خشن يتحوّل انعكاس الضوء من انعكاس غير منتظم إلى انعكاس منتظم. وضح ذلك.

تصبح السطوح ملساء أكثر؛ لأن الماء ملأ المناطق الخشنة.

2. إذا كانت زاوية سقوط شعاع ضوئي  $42.0^\circ$  فما مقدار كل مما يأتي:

a. زاوية الانعكاس.

$$\theta_r = \theta_i = 42.0^\circ$$

b. الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والمرآة.

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

c. الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس.

$$\theta_i + \theta_r = 2\theta_i = 84.0^\circ$$

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

$$\begin{aligned} \theta_i &= \theta_{\text{ابتدائي}} + 13.0^\circ \\ &= 38.0^\circ + 13.0^\circ = 51.0^\circ \end{aligned}$$

$$\theta_r = \theta_i = 51.0^\circ$$

4. وضعت مرآتان مستويتان إحداهما عمودية على الأخرى. فإذا أسقط شعاع ضوئي على إحداهما بزاوية  $30.0^\circ$  بالنسبة

للعמוד المقام، وانعكس في اتجاه المرآة الثانية، فما مقدار زاوية انعكاس الشعاع الضوئي عن المرآة الثانية؟

$$\theta_{r1} = \theta_{i1} = 30.0^\circ$$

$$\begin{aligned} \theta_{i2} &= 90.0^\circ - \theta_{r1} \\ &= 90.0^\circ - 30.0^\circ \\ &= 60.0^\circ \end{aligned}$$



■ الشكل 4-5 المصباح الضوئي مصدر مضيء، ويشع الضوء في الاتجاهات جميعها. أما الشاب فيُعدّ مصدرًا مستضيئًا يشعّ ضوء المصباح الساقط على جسمه عن طريق الانعكاس غير المنتظم للضوء.

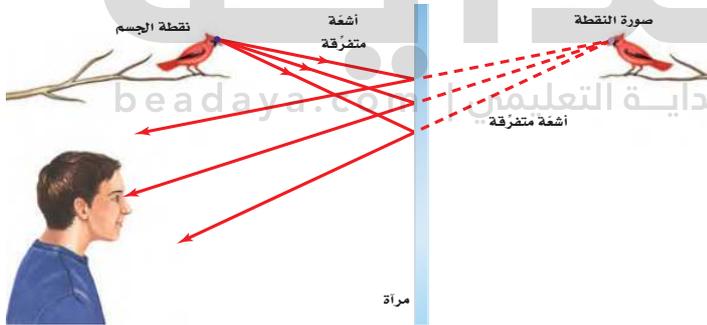
## الأجسام والصور في المرايا المستوية

### Objects and Plane-Mirror Images

عندما تنظر إلى نفسك بواسطة مرآة مستوية فإن ما تشاهده هو صورتك فيها. فالمرآة **المستوية** عبارة عن سطح مستوٍ أملس (مصقول) ينعكس عنه الضوء انعكاسًا منتظمًا. ولفهم انعكاس الضوء عن المرايا يجب أن نحدّد الجسم ونوع الصورة المتكوّنة. وقد استخدمت كلمة جسم في الفصل السابق لتشير إلى مصدر الضوء، أما في موضوع المرايا فتستخدم كلمة جسم بالطريقة نفسها، لكن بتطبيق أكثر تحديداً؛ فالجسم هو مصدر الأشعة الضوئية التي ستنعكس عن سطح مرآة، ويمكن أن يكون الجسم مصدرًا مضيئًا مثل المصباح، أو مصدرًا مستضيئًا مثل الشاب، كما في الشكل 4-5.

خذ نقطة مفردة على الطائر الموضح في الشكل 5-5، تلاحظ أن الضوء ينعكس بصورة مشتمّة (انعكاس غير منتظم) من منقار الطائر - نقطة الجسم - فماذا يحدث للضوء المنعكس؟ يسقط الضوء من الطائر على المرآة وينعكس. وماذا سيلاحظ الصبي؟ سيصل بعض الضوء المنعكس إلى عيني الصبي. ولأن دماغه يُعالج هذه الأشعة وكأنها سلكت مسارًا مستقيمًا، لذا سيبدو له أن الضوء يتبع الخطوط المتقطعة على الشكل؛ أي كأنه قادم من نقطة خلف المرآة، والتي تمثل صورة النقطة.

وسيرى الصبي في الشكل 5-5 الأشعة الضوئية القادمة من نقاط متعدّدة على جسم الطائر بالطريقة نفسها، وبذلك تتشكل **صورة** الطائر من اتحاد صورة النقاط الناتجة بفعل الأشعة الضوئية المنعكسة، وتعد هذه الصورة **صورة** خيالية؛ وذلك لأنها تكوّنت من التقاء امتدادات الأشعة الضوئية المنعكسة عن المرآة. وتقع الصور الخيالية دائمًا على الجانب الآخر من المرآة (خلف المرآة)، وهذا يعني أن صور الأجسام الحقيقية المتكوّنة في المرايا المستوية دائمًا هي صور خيالية؛ لأنه لا يمكن جمعها على حاجز.



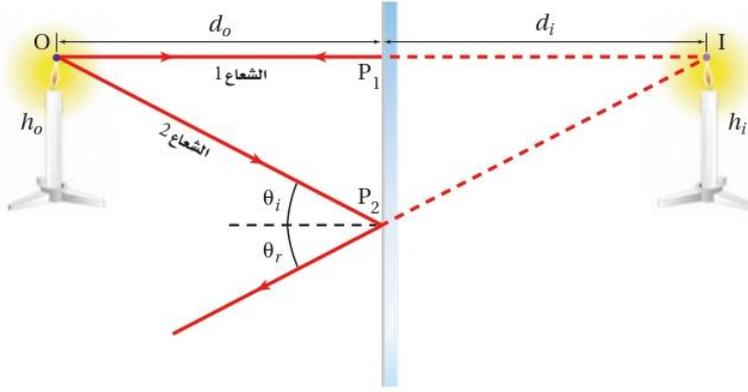
■ الشكل 5-5 تبدو الأشعة المنعكسة التي تصل إلى العين وكأنها قادمة من نقطة خلف المرآة.

## صفات الصور في المرايا المستوية

### Properties of Plane-Mirror Images

عندما تنظر إلى نفسك في مرآة مستوية ترى صورتك تظهر خلف المرآة وعلى بُعد يساوي بُعدك عن المرآة. فكيف يمكنك اختبار ذلك؟ ضع مسطرة بينك وبين المرآة. أين ستلامس المسطرة الصورة؟ ستلاحظ أيضًا أن الصورة تكون في اتجاهك نفسه؛ أي معتدلة، وأنها معكوسة جانبياً، وحجمها مساوياً لحجم جسمك، وهذا هو منشأ التعبير القائل: "صورة طبق الأصل"، وإذا تحركت في اتجاه المرآة فإن صورتك ستتحرك في اتجاه المرآة، وإذا تحركت مبتعداً عن المرآة فستتحرك الصورة مبتعدة عن المرآة أيضًا.





**موقع الصورة وطولها** يوضح النموذج الهندسي في الشكل 5-6 تساوي بُعد الجسم وبُعد الصورة عن المرآة، وكذلك تساوي طول الجسم وطول الصورة. ويتبين ذلك برسم شعاعين صادرين من النقطة O على رأس الشمعة يسقطان على المرآة في النقطتين  $P_1$ ،  $P_2$  على الترتيب. وينعكس الشعاعان وفق قانون الانعكاس، ويتقاطع امتدادا انعكاسيهما خلف المرآة على أنهما خطوط الرؤية (خط متقطع) في النقطة I التي تمثل صورة النقطة O. فالشعاع 1 يسقط على المرآة بزواوية سقوط  $0^\circ$ ، فينعكس مرتدًا على نفسه؛ أي عموديًا على المرآة. أما الشعاع 2 فينعكس بالزواوية نفسها التي سقط بها، لذا يصنع خط الرؤية (الامتداد الخلفي) مع المرآة زاوية مساوية للزاوية التي يصنعها الشعاع الساقط نفسه مع المرآة.

ويبين النموذج الهندسي أن القطعتين المستقيمتين  $OP_1$ ،  $IP_1$  تمثلان ضلعين متقابلين في مثلثين متطابقين  $OP_1P_2$ ،  $IP_1P_2$ . وتمثل  $d_o$  بُعد الجسم عن المرآة وتساوي طول القطعة  $OP_1$ ، كما تُسمى أيضًا موقع الجسم، أما  $d_i$  فتُمثل بُعد الصورة عن المرآة وتساوي طول القطعة  $IP_1$ ، كما تُسمى موقع الصورة. وباستخدام دلالة نظام الإشارات - حيث تشير الإشارة السالبة لموقع الصورة إلى أن الصورة خيالية - تكون المعادلة الآتية صحيحة:

$$d_i = -d_o \quad \text{موقع الصورة التي تُكوّنُها مرآة مستوية}$$

بُعد الصورة عن المرآة المستوية يساوي سالب بُعد الجسم عنها، وإشارة السالب تدل على أن الصورة خيالية."

ولإيجاد طول الصورة يمكنك رسم شعاعين من الجسم. فمثلًا يلتقي امتداد الشعاعين الصادرين من قاعدة الشمعة، كما في الشكل 5-6، في نقطة خلف المرآة تُكوّن قاعدة الصورة. وسيكون طول الصورة  $h_i$  المتكوّنة - باستخدام قانون الانعكاس وهندسة تطابق المثلثات - مساويًا لطول الجسم  $h_o$ .

$$h_i = h_o \quad \text{طول الصورة التي تُكوّنُها المرآة المستوية}$$

في المرآة المستوية يكون طول الصورة مساويًا لطول الجسم.

#### الشكل 5-6 تنبعث الأشعة الضوئية

من نقطة على الجسم في الاتجاهات جميعها، حيث يسقط بعضها على سطح المرآة، فينعكس إلى العين. يبين الرسم شعاعين ضوئيين فقط. وتمتد خطوط الرؤية (الامتداد الخلفي) - الموضحة على هيئة خطوط متقطعة - إلى الخلف من مواقع انعكاس الأشعة على سطح المرآة إلى موقع التقائهما، ويكون موقع الصورة في المكان الذي تلتقي فيه هذه الامتدادات:  $d_i = -d_o$

## تجربة

### موقع الصورة الخيالية



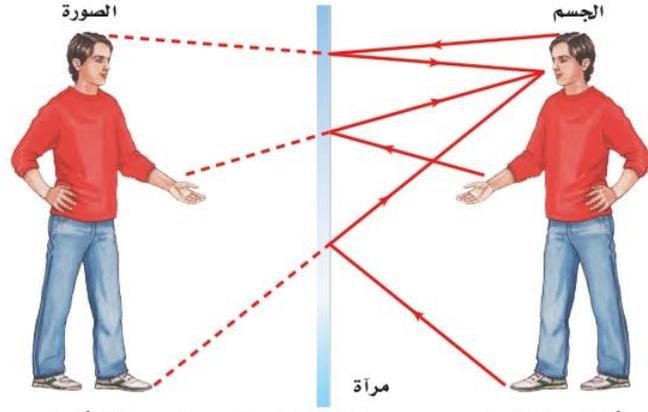
افتراض أنك تنظر إلى صورتك في مرآة مستوية، هل تستطيع قياس بُعد الصورة؟

- أحضِر من معلمك آلة تصوير (كاميرا) على أن يكون لها قرص تركيز تُثبت عليه المسافات.
- قف على بُعد 1.0 m من المرآة، وركز الكاميرا على حافة المرآة، وتحقق من قراءة قرص التركيز. يجب أن تكون 1.0 m.
- قسس بُعد صورتك من خلال تركيز الكاميرا عليها، وتحقق من قراءة قرص التركيز.

### التحليل والاستنتاج

- ما بُعد الصورة خلف المرآة؟ الصورة على بُعد 1.0 m خلف المرآة.
- لماذا تكون الكاميرا قادرة على التقاط صورة للصورة الخيالية التي خلف المرآة رغم عدم وجود جسم حقيقي في ذلك الموقع؟

تلتقط الكاميرا الضوء المنتشت عن سطح المرآة، كما لو كان الضوء قادمًا من نقطة خلف المرآة.



■ الشكل 5-7 الصورة المتكوّنة في المرآة المستوية لها حجم الجسم نفسه، ويُعد الجسم نفسه عن المرآة، وتقع خلف المرآة، وتكون معكوسة جانبياً؛ فإذا حرك الشخص يده اليمنى تتحرك اليد اليسرى في الصورة.

**اتجاه الصورة** تُكوّن المرآة المستوية صوراً في اتجاه الجسم نفسه؛ أي تُكوّن صوراً معتدلة. فإذا كنت تقف على قدميك فإن الصورة المتكوّنة في المرآة المستوية تظهر كذلك، وإذا كنت تقف على يديك تكون الصورة أيضاً بوضعية الوقوف على اليدين. غير أن هناك اختلافاً بينك وبين صورتك التي تكوّنها المرآة. تتبّع خطوط الأشعة الموضحة في الشكل 5-7. فالأشعة المنتشرة من اليد اليمنى للشخص تبدو كأنها تتجمع في اليد اليسرى لصورته؛ أي تظهر اليد اليسرى واليد اليمنى معكوستين في المرآة المستوية. فلماذا لا تنعكس قمة الجسم وقاعدته؟ هذا لا يحدث لأن المرآة المستوية في الحقيقة لا تعكس الجهة اليسرى واليمنى، بل تعمل المرآة في الشكل 5-7 على عكس صورة الشخص فقط بحيث تقابله في الاتجاه المعاكس له؛ أي أن المرآة تكوّن صوراً معكوسة جانبياً.

بالرجوع إلى صورة الجبل في بداية الفصل، تلاحظ أنها مقلوبة رأسياً، ولكن الصورة في الحقيقة معكوسة جانبياً مقارنة بالجبل الحقيقي؛ فلأن المرآة (سطح البحيرة) تكون أفقية وليست رأسية، فإن المنظور، أو زاوية النظر، تجعل الصورة تبدو مقلوبة رأسياً. ولفهم ذلك دوّر كتابك بزاوية 90° في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة، وانظر إلى الشكل 5-7 مرة أخرى، تجد أن الشخص ينظر إلى أسفل، في حين تبدو صورته كأنها تنظر إلى أعلى، كصورة الجبل تماماً. فالشيء الوحيد الذي تغير هو المنظور فقط.

تجربة عملية

أين تتكون صورتك في المرآة؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

موقع بداية التعليم beadaya.com

## 1-5 مراجعة

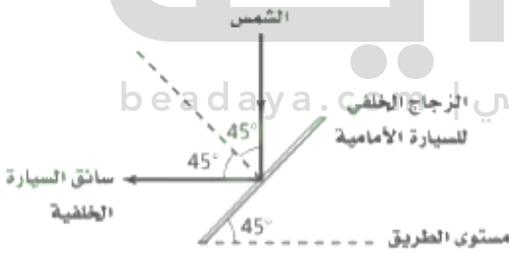
5. **الانعكاس** سقط شعاع ضوئي على سطح مصقول عاكس بزاوية سقوط 80°. ما الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع سطح المرآة؟
6. **قانون الانعكاس** اشرح كيف يُطبّق قانون الانعكاس في حالة الانعكاس غير المنتظم.
7. **السطوح العاكسة** صنّف السطوح الآتية إلى سطوح عاكسة منتظمة (ملساء) و سطوح عاكسة غير منتظمة (خشنة): ورقة، معدن مصقول، زجاج نافذة، معدن خشن، إبريق حليب بلاستيكي، سطح ماء ساكن، زجاج خشن (مصنفر).
8. **صفات الصورة** يقف طفل طوله 50 cm على بُعد 3 m من مرآة مستوية وينظر إلى صورته. ما بُعد الصورة وطولها؟ وما نوع الصورة المتكوّنة؟
9. **مخطّط الصور** إذا كانت سيارة تتبع سيارة أخرى على طريق أفقية، وكان الزجاج الخلفي للسيارة الأمامية يميل بزاوية 45°، فارسم مخطّطاً للأشعة يبين موقع الشمس الذي يجعل أشعتها تنعكس عن الزجاج الخلفي للسيارة الأمامية، في اتجاه عيني سائق السيارة الخلفية.
10. **التفكير الناقد** وضح كيف يُمكنك الانعكاس وغير المنتظم للضوء عن جسم معين من رؤية الجسم معد النظر إليه من أية زاوية.

8. صفات الصورة يفف طفل طول له 50 cm على بُعد 3 m من مرآة مستوية وينظر إلى صورته. ما بُعد الصورة وطولها؟ وما نوع الصورة المتكوّنة؟

$$\begin{aligned}d_i &= d_o \\ &= 3 \text{ m} \\ h_i &= h_o \\ &= 50 \text{ cm}\end{aligned}$$

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

9. مخطط الصور إذا كانت سيارة تتبع سيارة أخرى على طريق أفقية، وكان الزجاج الخلفي للسيارة الأمامية يميل بزاوية 45°، فارسم مخططاً للأشعة يبين موقع الشمس الذي يجعل أشعتها تنعكس عن الزجاج الخلفي للسيارة الأمامية، في اتجاه عيني سائق السيارة الخلفية.



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

10. التفكير الناقد وضع كيف يُمكنك الانعكاس غير المنتظم للضوء عن جسم معين من رؤية الجسم عند النظر إليه من أية زاوية.

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

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

$$\begin{aligned}\theta_r &= \theta_i \\ &= 80.0^\circ \\ \theta_{r, \text{ المرآة}} &= 90.0^\circ - \theta_r \\ &= 90.0^\circ - 80.0^\circ \\ &= 10.0^\circ\end{aligned}$$

6. قانون الانعكاس اشرح كيف يُطبّق قانون الانعكاس في حالة الانعكاس غير المنتظم.

يطبق قانون الانعكاس على الأشعة المفردة للضوء.

تؤدي السطوح الخشنة إلى انعكاس الأشعة الضوئية في اتجاهات مختلفة، لكن لكل شعاع زاوية سقوط مساوية لزاوية الانعكاس.

7. السطوح العاكسة صنّف السطوح الآتية إلى سطوح عاكسة منتظمة (ملساء) و سطوح عاكسة غير منتظمة (خشنة): ورقة، معدن مصقول، زجاج نافذة، معدن خشن، إبريق حليب بلاستيكي، سطح ماء ساكن، زجاج خشن (مصنفر).

سطح عاكس منتظم: زجاج النافذة،  
سطح ماء ساكن، معدن مصقول.  
سطح عاكس غير منتظم: ورقة،  
معدن خشن، زجاج خشن، إبريق  
حليب بلاستيكي.

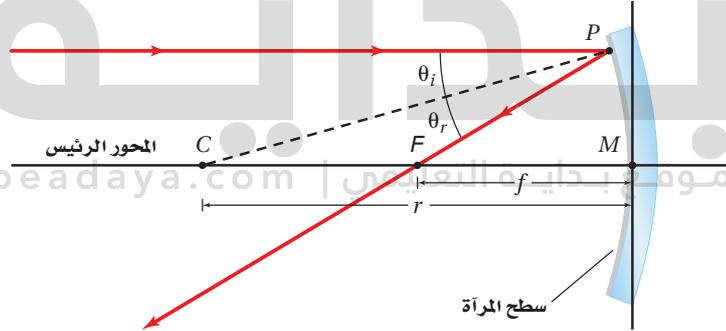


## 5-2 المرايا الكروية Curved Mirrors

عندما تنظر إلى سطح ملعقة لامعة تلاحظ أن انعكاس صورتك يختلف عن انعكاسها في مرآة مستوية؛ إذ تعمل الملعقة عمل مرآة كروية؛ حيث يكون أحد سطحيها منحنيًا إلى الداخل، والسطح الآخر منحنيًا إلى الخارج. وتعتمد خصائص المرايا الكروية والصور التي تكوّنهما على شكل المرآة وموقع الجسم.

### المرايا المقعرة Concave Mirrors

يعمل السطح الداخلي للملعقة (السطح الذي يحمل الطعام) عمل مرآة مقعرة. والمرآة المقعرة سطح عاكس، حوافه منحنية نحو المشاهد. وتعتمد خصائص المرآة المقعرة على مدى تقعرها، ويبين الشكل 5-8 كيف تعمل المرآة الكروية المقعرة. ويبدو شكل المرآة الكروية المقعرة كأنه جزء مأخوذ من كرة جوفاء سطحها الداخلي عاكس للضوء. وللمرآة الكروية المقعرة المركز الهندسي نفسه (C) ونصف قطر التكوّر نفسه ( $r$ ) الخاصين بالكرة المأخوذة منها. ويسمى الخط الذي يحتوي على القطعة المستقيمة CM المحور الرئيس؛ وهو خط مستقيم متعامد مع سطح المرآة الذي يقسمها إلى نصفين. وتمثل النقطة (M) قطب المرآة؛ وهي نقطة تقاطع المحور الرئيس مع سطح المرآة.



عندما توجّه المحور الرئيس للمرآة المقعرة نحو الشمس تنعكس الأشعة جميعها مارةً بنقطة واحدة. ويمكنك تحديد هذه النقطة بتقريب وإبعاد قطعة ورق أمام المرآة حتى تحصل على أصغر وأوضح نقطة لأشعة الشمس المنعكسة على الورقة. وتُسمى هذه النقطة **البؤرة** الأصلية للمرآة؛ وهي النقطة التي تتجمع فيها انعكاسات الأشعة المتوازية الساقطة موازية للمحور الرئيس بعد انعكاسها عن المرآة. ونظرًا للبعد الكبير بين الشمس والأرض فإن جميع الأشعة التي تصل الأرض تُعدّ متوازية.

وعندما يسقط الشعاع على مرآة فإنه ينعكس وفق قانون الانعكاس. ويبين الشكل 5-8 أن الأشعة الساقطة موازيةً للمحور الرئيس تنعكس عن المرآة وتقطع المحور في البؤرة  $F$ . وتقع البؤرة  $F$  في منتصف المسافة بين مركز التكوّر  $C$  والقطب  $M$ ، أما البعد البؤري  $f$  فيمثل المسافة بين قطب المرآة وبؤرتها الأصلية، ويعبر عنه على النحو الآتي:  $f = \frac{r}{2}$ ، ويكون البعد البؤري للمرآة المقعرة موجبًا.

#### الأهداف

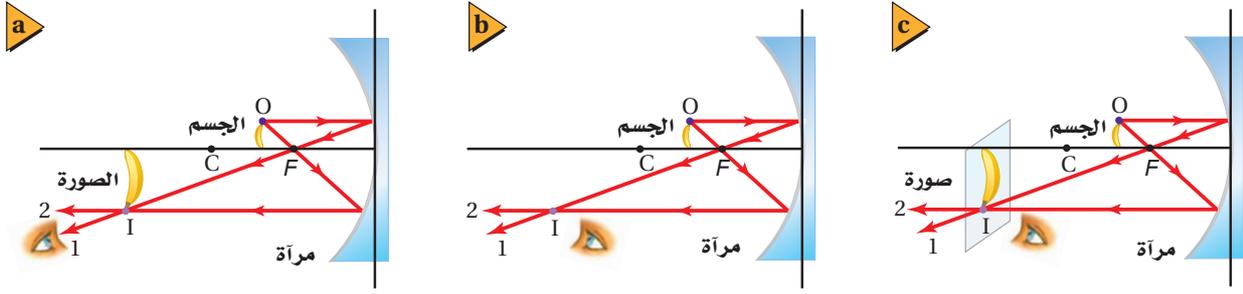
- توضّح كيف تكوّن كلّ من المرايا المحدبة والمرايا المقعرة الصور.
- تصف خصائص المرايا الكروية وتذكر استخداماتها.
- تحدّد مواقع وأطوال الصور التي تكوّنهما المرايا الكروية.

#### المفردات

- المرآة المقعرة
- المحور الرئيس
- البؤرة
- البعد البؤري
- الصورة الحقيقية
- الزوغان (التشوّه) الكروي
- التكبير
- المرآة المحدبة

#### الشكل 5-8 تقع بؤرة المرآة الكروية

المقعرة في منتصف المسافة بين مركز التكوّر وسطح المرآة. وتنعكس الأشعة الساقطة موازية للمحور الرئيس مارةً بالبؤرة  $F$ .



الشكل 9-5 الصورة الحقيقية التي

تُرى بالعين المجردة (a). لا ترى العين الصورة الحقيقية إذا كانت في موقع لا تسقط عليه الأشعة المنعكسة (b). الصورة الحقيقية كما ترى على شاشة معتمة بيضاء (c).

## الطريقة الهندسية لتحديد موقع الصورة

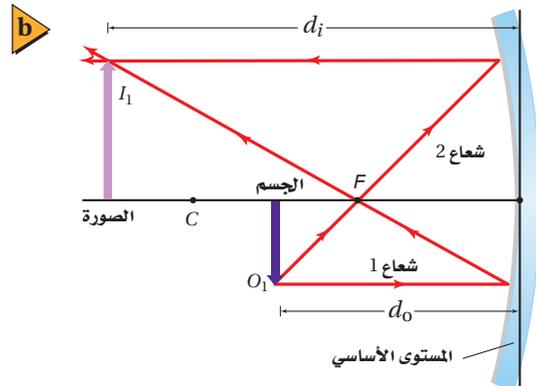
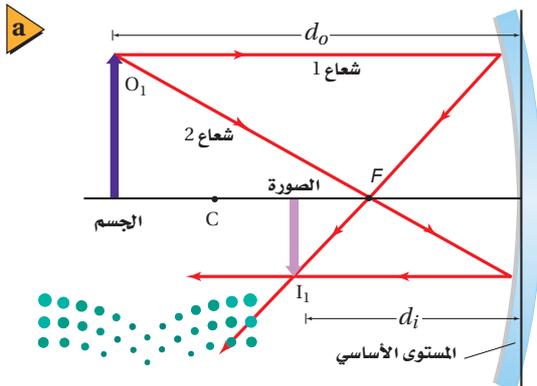
### Graphical Method of Finding the Image

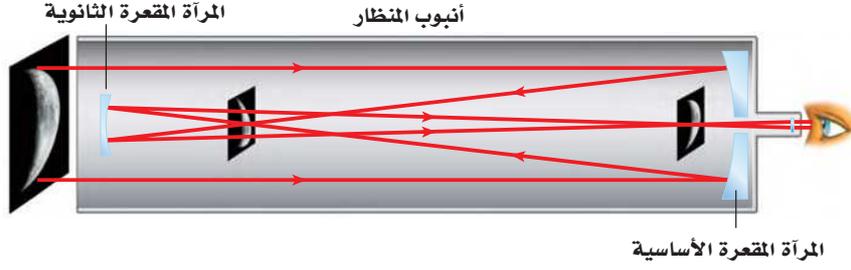
يُفيدنا رسم مسارات الأشعة المنعكسة عن المرايا المقعرة في تحديد موقع الصورة، ليس لأن موقع الصورة هو الذي يتغير فقط، بل لأن حجمها ووضعها (اتجاهها) يتغيران أيضًا. ويُمكنك استخدام مخطّط الأشعة للكشف عن خصائص الصور التي تُكوّنها المرايا المقعرة. ويبين الشكل 9-5 عملية تكوين صورة حقيقية؛ وهي الصورة التي تتكون من التقاء الأشعة المنعكسة ويمكن جمعها على حاجز. وتلاحظ أن الصورة مقلوبة وأكبر حجمًا من الجسم، وأن الأشعة تلتقي فعليًا في النقطة التي تتكون فيها الصورة. وتُحدّد نقطة التقاطع (I) لشعاعين منعكسين موقع الصورة. ويمكنك رؤية الصورة في الفضاء عندما تسقط الأشعة المنعكسة التي كوّنّت الصورة على عينك، كما في الشكل 9a-5. ويوضّح الشكل 9b-5 أنه يجب أن يكون موقع عينك في الجهة التي تسقط عليها الأشعة المنعكسة المكوّنة للصورة، ولا يمكنك رؤية الصورة من الخلف. وإذا وضعت حاجزًا (شاشة) في موقع تكوّن الصورة فإن هذه الصورة ستظهر على الحاجز كما في الشكل 9c-5، وهذا غير ممكن في حالة الصور الخيالية التي تتكون من التقاء امتدادات الأشعة المنعكسة ولا يمكن جمعها على حاجز.

الشكل 10-5 إذا كان بُعد الجسم عن

المراة أكبر من بُعد مركز التكوّن فستكون الصورة حقيقية ومقلوبة ومصغرة مقارنة بالجسم (a). أما إذا كان الجسم واقفًا بين البؤرة ومركز التكوّن فستكون الصورة حقيقية ومقلوبة ومكبّرة وموقعها خلف C (b).

ولتسهيل فهم كيفية سلوك الأشعة عند استخدام المرايا المقعرة يمكنك استخدام أجسام أحادية البعد؛ سهم مثلاً، كما في الشكل 10a-5. تكوّن المراة الكروية المقعرة صورة حقيقية ومقلوبة ومصغرة للجسم. إذا كان بعد الجسم  $d_o$  أكبر من ضعف البعد البؤري  $f$  (خلف مركز التكوّن)، أما إذا كان الجسم واقفًا بين البؤرة  $F$  ومركز التكوّن  $C$  كما في الشكل 10b-5 فإن الصورة ستكون حقيقية ومقلوبة ومكبّرة.





الشكل 11-5 يكون منظار جريجوريان Gregorian صوراً حقيقية ومعتدلة.

كيف يمكن تحويل الصورة الحقيقية والمقلوبة التي تكوّنها مرآة مقعرة إلى صورة معتدلة وحقيقية؟ لقد طوّر عالم الفلك الأسكتلندي جيمس جريجوري في عام 1663 المنظار المعروف باسمه، منظار جريجوريان (المنظار الفلكي)، المبين في الشكل 11-5 لحل هذه المشكلة. ويتكوّن منظاره من مرآتين مقعرتين إحداهما كبيرة والأخرى صغيرة. وتقع المرآة الصغيرة خلف بؤرة المرآة الكبيرة. وعندما تسقط الأشعة المتوازية القادمة من جسم بعيد على المرآة المقعرة الكبيرة فإنها تنعكس في اتجاه المرآة الصغيرة، التي تعكس بدورها هذه الأشعة مكونة صورة حقيقية ومعتدلة تمامًا كالجسم.

## الربط مع الضلك

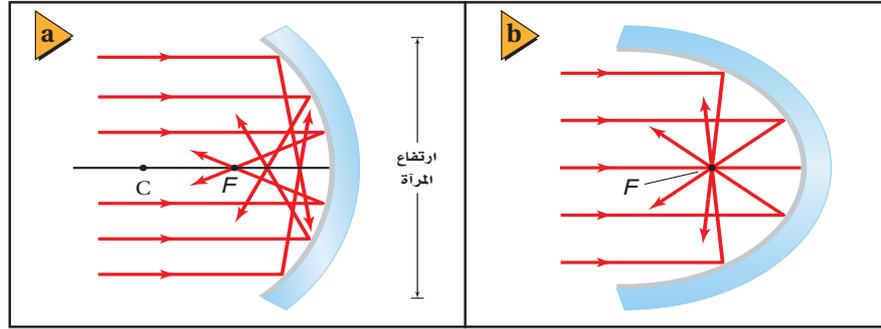
### استراتيجيات حل المسألة

استخدام طريقة رسم الأشعة لتحديد موقع الصور التي تكوّنها المرايا الكروية

استخدم الاستراتيجيات الآتية لحل مسائل المرايا الكروية. ارجع إلى الشكل 10-5:

1. استخدم ورقة مُسطّرة أو ورقة رسم بياني، وارسم المحور الرئيس للمرآة على شكل خط أفقي من يسار الصفحة إلى يمينها، تاركًا مسافة 6 أسطر فارغة أعلاه، و6 أسطر فارغة أسفله.
2. ضع نقاطاً أو علامات على المحور تمثل كلاً من الجسم، و  $C$ ، و  $F$  على النحو الآتي:
  - a. إذا كانت المرآة مقعرة والجسم خلف مركز التكور  $C$ ، بعيداً عن المرآة، فضع المرآة عن يمين الصفحة، والجسم عن يسارها، وضع  $C$  و  $F$  وفق مقياس الرسم.
  - b. إذا كانت المرآة مقعرة والجسم بين  $C$  و  $F$  فضع المرآة عن يمين الصفحة، و  $C$  في وسطها، و  $F$  في منتصف المسافة بين المرآة ومركز التكور  $C$ ، وضع الجسم وفق مقياس الرسم.
  - c. لأي وضع آخر، ضع المرآة في وسط الصفحة، وضع الجسم أو البؤرة  $F$  [أيها أبعد عن المرآة] عن يسار الصفحة، وضع الآخر الأقرب وفق مقياس الرسم.
3. ارسم خطاً رأسياً لتمثيل المرآة، يمر بقطبها وفي الفراغ المكوّن من الاثني عشر سطرًا. يُمثّل هذا الخط المستوى الأساسي للمرآة.
4. ارسم الجسم على هيئة سهم، واكتب على رأسه  $O_1$ . للمرايا المقعرة، يجب ألا يزيد طول الأجسام الواقعة أمام  $C$  على 3 أسطر، وأما لسائر الأوضاع فاجعل طول الأجسام 6 أسطر. سيكون مقياس رسم طول الجسم مختلفاً عن مقياس الرسم المستخدم على المحور الرئيس.
5. ارسم الشعاع 1 بصورة موازية للمحور الرئيس، حيث ينعكس عن المستوى الأساسي ماراً بالبؤرة.
6. ارسم الشعاع 2 ماراً بالبؤرة. سينعكس هذا الشعاع عن المستوى الأساسي موازياً للمحور الرئيس.
7. تتكون الصورة عند موقع التقاء الشعاعين المنعكسين 1 و 2 أو امتداديهما، وتكون الصورة مقلوبة مقلوبة عمودي من المحور الرئيس إلى  $I_1$  (نقطة التقاء الشعاعين المنعكسين أو امتداديهما).

■ الشكل 12-5 تعكس المرآة الكروية المقعرة جزءاً من الأشعة، بحيث تتجمع في نقاط غير البؤرة (a). تُجمع مرآة القطع المكافئ الأشعة المنعكسة جميعها وتركزها في نقطة واحدة (b).



**عيوب الصور الحقيقية في المرايا المقعرة** عند رسم الأشعة في المرايا الكروية فإنك تعكس الأشعة عن المستوى الأساسي؛ وهو الخط الرأسي الذي يمثل المرآة، إلا أن الأشعة في حقيقة الأمر تنعكس عن المرآة نفسها، كما في الشكل 12a-5. لاحظ أن الأشعة المتوازية القريبة من المحور الرئيس (الأشعة المحورية) فقط هي التي تنعكس مارةً بالبؤرة. أما الأشعة الأخرى فتلتقي في نقاط أقرب إلى المرآة. لذا فإن الصورة المتكوّنة نتيجة انعكاس الأشعة التي تسقط متوازية على مرآة كروية ذات قطر (ارتفاع) كبير ونصف قطر تكوّر صغير، ستكون على هيئة قرص، وليست نقطة. ويُسمى هذا العيب **الزوغان (التشوه) الكروي**، وهو ما يجعل الصورة تبدو غير واضحة.

## تطبيق الفيزياء

### مشكلة هابل

#### Hubble Trouble

أطلقت وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) في عام 1990 تلسكوب هابل الفضائي في مدار حول الأرض، وكان من المتوقع أن يُزوّد الوكالة بصور واضحة دون التشوه الحادث بسبب الغلاف الجوي، إلا أنه وجد بعد إطلاقه مباشرة زوغان كروي في الصور. وفي عام 1993 أُجريت تصحيحات بصرية، سميت كوستار COSTAR، على تلسكوب هابل ليتمكن من إعطاء صور واضحة. ▶

والمرآة المقعرة التي تكون على شكل قطع مكافئ - كما في الشكل 12b-5 - لا تعاني من الزوغان الكروي. ونظرًا لارتفاع تكلفة تصنيع المرايا الكبيرة التي تأخذ شكل القطع المكافئ تمامًا، فإن أغلب التلسكوبات الجديدة تستعمل مرايا كروية ومرايا ثانوية صغيرة مصمّمة على هيئة خاصة، أو عدسات صغيرة، لتصحيح الزوغان الكروي. ويمكن تقليل الزوغان الكروي كذلك بتقليل نسبة ارتفاع المرآة، الموضحة في الشكل 12a-5، إلى مقدار نصف قطر تكوّرهما. وتُستخدم المرايا ذات التكلفة الأقل في التطبيقات التي لا تحتاج إلى دقة عالية.

## الطريقة الرياضية لتحديد موقع الصورة

### Mathematical Method of Locating the Image

يمكن استعمال نموذج المرآة الكروية لإيجاد معادلة بسيطة خاصة بالمرايا الكروية. ولتكوين الصورة يجب مراعاة الاعتماد على الأشعة المحورية؛ وهي الأشعة القريبة من المحور الرئيس والمتوازية معه. واستخدام هذا التقريب إلى جانب استخدام قانون الانعكاس يقود إلى معادلة المرايا الكروية عن طريق ربط الكميات الآتية معًا: البعد البؤري للمرآة الكروية  $f$ ، وبعد الجسم  $d_o$ ، وبعد الصورة  $d_i$ .

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o} \quad \text{معادلة المرايا الكروية}$$

مقلوب البعد البؤري للمرآة الكروية يساوي حاصل جمع مقلوب بُعد الجسم ومقلوب بُعد الصورة عن المرآة.

من المهم أن نتذكر عند استخدام هذه المعادلة في حل المسائل أنها صحيحة تقريبًا؛ حيث لا تتنبأ بالزوغان الكروي؛ لأنها تعتمد على الأشعة المحورية في تكوين الصور. وفي الحقيقة



## الرياضيات في الفيزياء

جمع الكسور وطرحها عند استخدام معادلة المرايا، استعمل الرياضيات أولاً لنقل الكسر الذي يتضمن الكمية التي تبحث عنها إلى الطرف الأيسر للمعادلة، وانقل الكسرين الآخرين إلى الطرف الأيمن، ثم اجمع الكسرين الموجودين عن يمين المعادلة باستخدام توحيد المقامات عن طريق ضرب المقامات بعضها في بعض.

الفيزياء	الرياضيات
$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$	$\frac{1}{x} = \frac{1}{y} + \frac{1}{z}$
$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d_o}$	$\frac{1}{y} = \frac{1}{x} - \frac{1}{z}$
$\frac{1}{d_i} = \left(\frac{1}{f}\right) \left(\frac{d_o}{d_o}\right) - \left(\frac{1}{d_o}\right) \left(\frac{f}{f}\right)$	$\frac{1}{y} = \frac{1}{x} \left(\frac{z}{z}\right) - \left(\frac{1}{z}\right) \left(\frac{x}{x}\right)$
$\frac{1}{d_i} = \frac{d_o - f}{fd_o}$	$\frac{1}{y} = \frac{z - x}{xz}$
$d_i = \frac{fd_o}{d_o - f}$	$y = \frac{xz}{z - x}$

وباستخدام هذه الطريقة يمكنك اشتقاق العلاقات الآتية لحساب بُعد الصورة، وبُعد الجسم، والبعد البؤري.

$$d_i = \frac{fd_o}{d_o - f} \quad d_o = \frac{fd_i}{d_i - f} \quad f = \frac{d_i d_o}{d_o + d_i}$$

تكون الأشعة الصادرة عن الجسم مشبّعة، لذا لا تكون جميع الأشعة موازية للمحور الرئيس أو قريبة منه. وتعطي هذه المعادلة صفات الصورة بدقة كبيرة، إذا كان ارتفاع المرآة صغيراً مقارنة بنصف قطر تكوّرها، بحيث يحدّ من الزوغان الكروي.

**التكبير** للمرايا الكروية خاصية التكبير  $m$ ؛ ويُقصد به كم مرّة تكون الصورة أكبر من الجسم أو أصغر منه. والتكبير عملياً هو النسبة بين طول الصورة وطول الجسم. ويمكن استخدام هندسة تطابق المثلثات لكتابة هذه النسبة بدلالة كل من بُعد الجسم وبُعد الصورة.

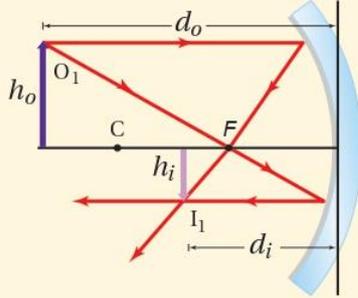
$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o} \quad \text{التكبير}$$

يُعرّف تكبير مرآة كروية لجسم ما على أنه: طول الصورة مقسوماً على طول الجسم. ويساوي حاصل قسمة سالب بُعد الصورة عن المرآة على بُعد الجسم عن المرآة.

عند استعمال المعادلة السابقة يكون بُعد الصورة الحقيقية موجباً، لذا يكون التكبير سالباً، وهذا يعني أن الصورة مقلوبة مقارنة بالجسم. وإذا كان الجسم واقعاً خلف مركز التكوّن  $C$  تكون القيمة المطلقة لتكبير الصورة الحقيقية أقل من 1؛ وهذا يعني أن الصورة تكون أصغر من الجسم (مصغرة). أما إذا وضع الجسم بين البؤرة  $F$  ومركز التكوّن  $C$  فيكون التكبير أكبر من 1؛ أي أن الصورة أكبر من الجسم (مكبرة).

## مثال 2

الصورة الحقيقية التي تكوّنها مرآة مقعرة وضع جسم طولها 2.0 cm أمام مرآة مقعرة نصف قطرها 20.0 cm، وعلى بُعد 30.0 cm منها. فما بُعد الصورة؟ وما طولها؟



### 1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم مخطّطاً للجسم وللمرآة.
- ارسم شعاعين أساسيين لتحديد موقع الصورة على المخطّط.

المجهول

المعلوم

$$d_i = ? \quad h_o = 2.0 \text{ cm}$$

$$h_i = ? \quad d_o = 30.0 \text{ cm}$$

$$r = 20.0 \text{ cm}$$

### دليل الرياضيات

الكسور

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

$$= \frac{20.0 \text{ cm}}{2} = 10.0 \text{ cm}$$

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

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

$$= \frac{(10.0 \text{ cm})(30.0 \text{ cm})}{30.0 \text{ cm} - 10.0 \text{ cm}}$$

$$= 15.0 \text{ cm} \text{ (صورة حقيقية أمام المرآة)}$$

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

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o} = \frac{-(15.0 \text{ cm})(2.0 \text{ cm})}{30.0 \text{ cm}}$$

$$= -1.0 \text{ cm} \text{ (صورة مقلوبة ومصغرة)}$$

### 2 إيجاد الكمية المجهولة

احسب البعد البؤري

عوض مستخدماً  $r = 20.0 \text{ cm}$

استخدم معادلة المرايا الكروية، وحل لإيجاد بُعد الصورة:

عوض مستخدماً  $f = 10.0 \text{ cm}$ ، و  $d_o = 30.0 \text{ cm}$

استخدام علاقة التكبير لحساب طول الصورة:

عوض مستخدماً  $d_o = 30.0 \text{ cm}$ ،  $h_o = 2.0 \text{ cm}$ ،  $d_i = 15.0 \text{ cm}$

### 3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ جميع الوحدات بالستيمتر cm.
- هل للإشارة معنى؟ الموقع الموجب والطول السالب متفقان مع الرسم.

### مسائل تدريبية

11. وضع جسم على بُعد 36.0 cm أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 16.0 cm. أوجد بُعد الصورة.
12. وضع جسم طولها 2.4 cm على بُعد 16.0 cm من مرآة مقعرة بعدها البؤري 7.0 cm. أوجد طول الصورة.
13. وضع جسم بالقرب من مرآة مقعرة بعدها البؤري 10.0 cm، فتكوّن له صورة مقلوبة طولها 3.0 cm على بُعد 16.0 cm من المرآة. أوجد طول الجسم وبُعدّه عن المرآة.

11. وضع جسم على بُعد 36.0 cm أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 16.0 cm. أوجد بُعد الصورة.

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

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

$$= \frac{(36.0 \text{ cm})(16.0 \text{ cm})}{36.0 \text{ cm} - 16.0 \text{ cm}} = 28.8 \text{ cm}$$

12. وضع جسم طوله 2.4 cm على بُعد 16.0 cm من مرآة مقعرة بعدها البؤري 7.0 cm. أوجد طول الصورة.

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

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

$$= \frac{(16.0 \text{ cm})(7.0 \text{ cm})}{16.0 \text{ cm} - 7.0 \text{ cm}}$$

$$= 12.4 \text{ cm}$$

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

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

$$= \frac{-(12.4 \text{ cm})(2.4 \text{ cm})}{16.0 \text{ cm}} = -1.9 \text{ cm}$$

13. وضع جسم بالقرب من مرآة مقعرة بعدها البؤري 10.0 cm، فتكوّن له صورة مقلوبة طولها 3.0 cm على بُعد 16.0 cm من المرآة. أوجد طول الجسم وبُعدّه عن المرآة.

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

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

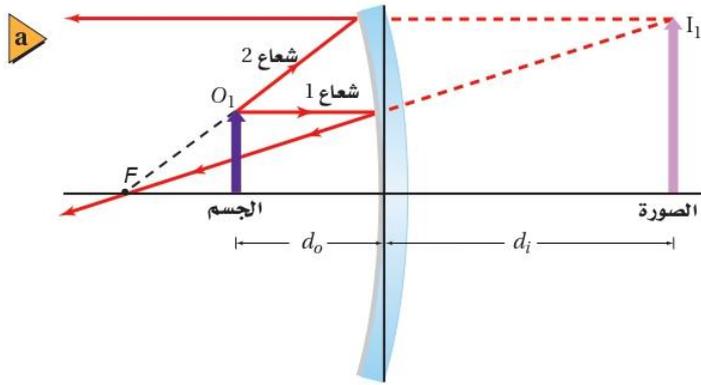
$$= \frac{(16.0 \text{ cm})(10.0 \text{ cm})}{16.0 \text{ cm} - 10.0 \text{ cm}}$$

$$= 26.7 \text{ cm}$$

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

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

$$= \frac{-(26.7 \text{ cm})(-3.0 \text{ cm})}{16.0 \text{ cm}} = 5.0 \text{ cm}$$



### الصورة الخيالية في المرايا المقعرة

## Virtual Images with Concave Mirrors

لاحظت أنه كلما اقترب الجسم من بؤرة المرآة المقعرة  $F$  ابتعدت الصورة عن المرآة. وإذا وضع الجسم في البؤرة تماماً كانت الأشعة المنعكسة جميعها متوازية، ومن ثم لا تتقاطع، لذا نقول إن الصورة تكوّنت في المالا نهاية، ولا تُرى صورة للجسم في هذه الحالة. ماذا يحدث إذا اقترب الجسم من المرآة أكثر؟

■ الشكل 13-5 عند وضع جسم بين البؤرة والمرآة الكروية المقعرة تتكون له صورة مكبرة ومعتدلة وخيالية خلف المرآة (a)، كما هو موضح في الشكل (b). ما الصفات الأخرى التي تراها للصورة أيضاً في هذا الشكل؟

ماذا تلاحظ عندما تقرب وجهك من مرآة مقعرة أكثر فأكثر؟ تكون صورة وجهك معتدلة وخلف المرآة. فالمرآة المقعرة تكوّن صورةً خيالية إذا وضع الجسم بين المرآة والبؤرة، كما في الشكل 13a-5. ولتحديد صورة نقطة من نقاط الجسم يرسم مرة أخرى شعاعان، وكما ذكر سابقاً يرسم الشعاع 1 ساقطاً بموازية المحور الرئيس وينعكس ماراً بالبؤرة. أما الشعاع 2 فيُرسم من نقطة على الجسم ليصل إلى المرآة، بحيث يمر امتداد هذا الشعاع في البؤرة، وينعكس هذا الشعاع موازياً المحور الرئيس. تلاحظ أن الشعاعين 1 و2 يتشتان عندما ينعكسان عن المرآة، لذا لا يمكن أن يكونا صورة حقيقية، في حين يلتقي امتدادا الشعاعين المنعكسين خلف المرآة مُكوّنين صورة خيالية.

وعندما تستخدم معادلة المرآة المقعرة لتحديد بُعد صورة جسم يقع بين البؤرة والمرآة تجد أن بُعد الصورة يكون سالباً. وستعطي معادلة التكبير تكبيراً موجباً أكبر من 1، وهذا يعني أن الصورة معتدلة ومكبرة، مقارنة بالجسم، كما في الصورة الموضحة في الشكل 13b-5.

### مسألة تحفيز

- وضع جسم طوله  $h_0$  على بعد  $d_0$  من مرآة مقعرة بعدها البؤري  $f$ .
1. ارسم شكلاً لمخطط أشعة يوضح البعد البؤري وموقع الجسم إذا كان بُعد الصورة الناتجة يساوي ضعف بُعد الجسم عن المرآة، وأثبت صحة إجابتك رياضياً. واحسب البعد البؤري بوصفه دالة رياضية في بُعد الجسم في هذه الحالة.
  2. ارسم شكلاً لمخطط أشعة يوضح بُعد الجسم إذا كان بُعد الصورة عن المرآة يساوي ضعف البعد البؤري، وأثبت صحة إجابتك رياضياً، واحسب طول الصورة بوصفه دالة رياضية في طول الجسم في هذه الحالة.
  3. أين يجب وضع الجسم بحيث لا تتكوّن له صورة؟

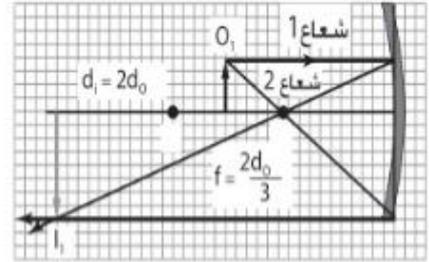
1. ارسـم شكلاً لمخطّط أشعة يوضـح البعد البؤري وموقع الجسم إذا كان بُعد الصورة الناتجة يساوي ضعف بُعد الجسم عن المرآة، وأثبت صحة إجابتك رياضياً. واحسب البعد البؤري بوصفه دالة رياضية في بُعد الجسم في هذه الحالة.

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

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

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

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



2. ارسـم شكلاً لمخطّط أشعة يوضـح بُعد الجسم إذا كان بُعد الصورة عن المرآة يساوي ضعف البعد البؤري، وأثبت صحة إجابتك رياضياً، واحسب طول الصورة بوصفه دالة رياضية في طول الجسم في هذه الحالة.

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

$$(fd_i)$$

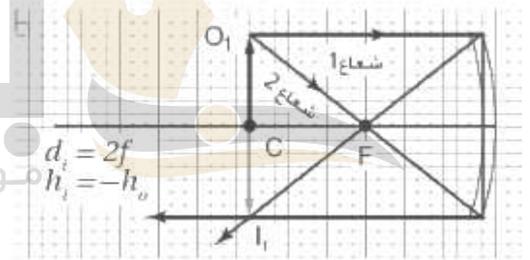
$$d_o = \frac{fd_i}{(d_i - f)}$$

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

$$d_o = 2f$$

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

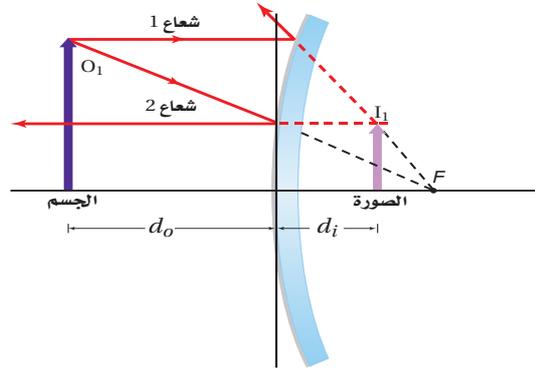
$$= \frac{(-d_i)}{d_o}$$



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

يجب أن يوضع الجسم

في البؤرة.



### ■ الشكل 14-5 تُكوّن المرآة المحدبة

دائمًا صورًا خيالية ومعتدلة ومصغرة

مقارنةً بالجسم.

## المرايا المحدبة Convex Mirrors

تعلمت في بداية هذا الفصل أن السطح الداخلي للمعلقة مصقولة يعمل عمل مرآة مقعرة. وإذا قلبت المعلقة فإن السطح الخارجي سيعمل عمل مرآة محدبة. والمرآة المحدبة سطح عاكس حوافه منحنية بعيدًا عن المشاهد. ماذا ترى عندما تنظر إلى ظهر ملعقة؟ سترى صورتك معتدلة ومصغرة.

وخصائص المرآة الكروية المحدبة موضحة في الشكل 14-5. فالأشعة المنعكسة عن المرآة المحدبة مشتتة دائمًا، لذا تُكوّن المرايا المحدبة صورًا خيالية. وتكون النقطتان  $C$  و  $F$  واقعتين خلف المرآة. وعند تطبيق معادلة المرآة ستكون قيمتا  $d_i$ ،  $f$  سالبتين دائمًا؛ لأنها خلف المرآة.

ويبيّن مخطّط الأشعة في الشكل 14-5 كيفية تكوّن الصورة بواسطة المرآة الكروية المحدبة، فعند أخذ شعاعين من العدد اللانهائي من الأشعة الصادرة عن الجسم فإن الشعاع 1 يسقط على المرآة موازيًا للمحور الرئيس، وينعكس عنها، بحيث يمرّ امتداد الشعاع المنعكس في البؤرة  $F$  خلف المرآة. ويسقط الشعاع 2 على المرآة بحيث يمرّ امتداده في البؤرة  $F$  خلف المرآة، لماذا؟ سيكون كلٌّ من الجزء المنعكس من الشعاع 2 وامتداد الشعاع 2 المنعكس خلف المرآة موازيين للمحور الرئيس، وسيشكّل الشعاعان المنعكسان، في حين يلتقي امتداداهما خلف المرآة ليكونا صورة خيالية ومعتدلة ومصغرة مقارنةً بالجسم.

تكون معادلة التكبير مفيدة لتحديد الأبعاد الظاهرية للجسم كما سيرى في المرآة الكروية المحدبة. فإذا علمت قطر الجسم فاضربه في مقدار التكبير لمعرفة مدى تغير القطر عندئذٍ. وستجد أن القطر صغير، مثله مثل باقي الأبعاد، وهذا يفسّر لماذا يبدو بُعد الصور المتكونة لأجسام في مرآة محدبة أكبر من بُعدها الحقيقي.

### ■ الشكل 15-5 تُكوّن المرايا المحدبة

صورًا أصغر من الأجسام، وهذا يزيد من

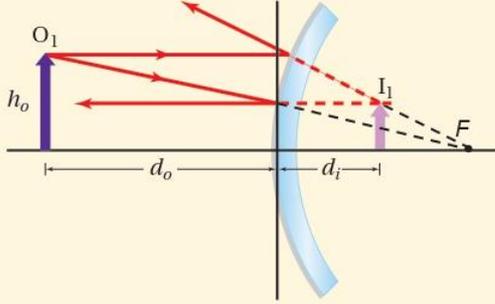
مجال الرؤية للمراقب.



**مجال الرؤية** قد يبدو أن استعمال المرايا المحدبة محدودة بسبب الصور المصغرة التي تُكوّن للأجسام، إلا أنّ هذه الخاصية جعلت للمرايا المحدبة استخدامات عملية؛ فمن خلال تكوينها صورًا مصغرة للأجسام تؤدي المرايا المحدبة إلى توسيع المساحة، أو مجال الرؤية، التي يراها المراقب، كما في الشكل 15-5. كما أن مركز مجال الرؤية مشاهد من أي زاوية للنّاظر بالنسبة للمحور الرئيس للمرآة، ومن ثم يكون مجال الرؤية واضحًا بمشهدٍ أوسع. لذا تُستخدم المرايا المحدبة على نحوٍ واسع على جوانب السيارات للرؤية الخلفية.

### مثال 3

الصورة في مرآة المراقبة تُستخدم مرآة محدبة بُعدها البؤري  $-0.50\text{ m}$  من أجل الأمن في المستودعات، فإذا كان هناك رافعة شوكية طولها  $2.0\text{ m}$  على بُعد  $5.0\text{ m}$  من المرآة فما بُعد الصورة المتكوّنة وما طولها؟



#### 1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم مخطّطاً للمرآة والجسم.
- ارسم شعاعين أساسيين لتحديد موقع الصورة على المخطّط.

المجهول	المعلوم
$d_i = ?$	$h_o = 2.0\text{ m}$
$h_i = ?$	$d_o = 5.0\text{ m}$
	$f = -0.50\text{ m}$

#### 2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم معادلة المرايا الكروية، لحساب بُعد الصورة.

$$\text{عوّض مستخدماً } d_o = 5.0\text{ m}, f = -0.50\text{ m}$$

$$d_i = \frac{fd_o}{d_o - f} = \frac{(-0.50\text{ m})(5.0\text{ m})}{5.0\text{ m} + 0.50\text{ m}}$$

$$= -0.45\text{ m} \text{ (صورة خيالية)}$$

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

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o} = \frac{-(-0.45\text{ m})(2.0\text{ m})}{(5.0\text{ m})}$$

$$= 0.18\text{ m} \text{ (الصورة معتدلة ومصغرة)}$$

استخدم معادلة التكبير، وحل لإيجاد طول الصورة:

$$\text{عوّض مستخدماً } d_o = 5.0\text{ m}, h_o = 2.0\text{ m}, d_i = -0.45\text{ m}$$

#### دليل الرياضيات

فصل المتغير

#### 3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ جميع الوحدات بالتر  $m$ .
- هل للإشارة معنى؟ تدل الإشارة السالبة في بُعد الصورة على أنها خيالية، وتدلل الإشارة الموجبة في طول الصورة على أنها معتدلة. وهذا يتفق مع المخطّط.

#### مسائل تدريبية

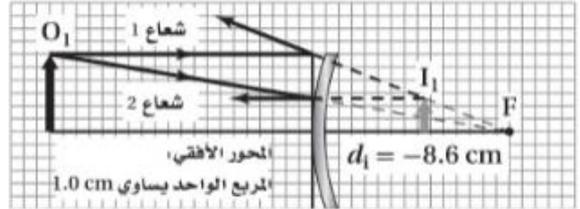
14. إذا وضع جسم على بُعد  $20.0\text{ cm}$  أمام مرآة محدبة بُعدها البؤري  $-15.0\text{ cm}$  فأوجد بُعد الصورة المتكوّنة عن المرآة باستخدام الرسم التخطيطي وفق مقياس رسم، وباستخدام معادلة المرايا.
15. إذا وضع مصباح ضوئي قطره  $6.0\text{ cm}$  أمام مرآة محدبة بعدها البؤري  $-13.0\text{ cm}$ ، وعلى بُعد  $60.0\text{ cm}$  منها، فأوجد بُعد صورة المصباح وقطرها.
16. تكوّنت صورة بواسطة مرآة محدبة، فإذا كان بُعد الصورة  $24\text{ cm}$  خلف المرآة، وحجمها يساوي  $\frac{3}{4}$  حجم الجسم، فما البعد البؤري لهذه المرآة؟
17. تقف فتاة طولها  $1.8\text{ m}$  على بُعد  $2.4\text{ m}$  من مرآة، فتكونت لها صورة طولها  $0.36\text{ m}$ . ما البعد البؤري للمرآة؟

14. إذا وضع جسم على بُعد 20.0 cm أمام مرآة محدبة بعدها البؤري 15.0 cm - فأوجد بُعد الصورة المتكوّنة عن المرآة باستخدام الرسم التخطيطي وفق مقياس رسم، وباستخدام معادلة المرايا.

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

لذا فإن

$$\begin{aligned} d_i &= \frac{d_o f}{d_o - f} \\ &= \frac{(20.0 \text{ cm})(-15.0 \text{ cm})}{20.0 \text{ cm} - (-15.0 \text{ cm})} \\ &= -8.57 \text{ cm} \end{aligned}$$



15. إذا وضع مصباح ضوئي قطره 6.0 cm أمام مرآة محدبة بعدها البؤري 13.0 cm -، وعلى بُعد 60.0 cm منها، فأوجد بُعد صورة المصباح وقطرها.

$$\begin{aligned} \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} &= \frac{1}{f} \\ d_i &= \frac{d_o f}{d_o - f} \\ &= \frac{(60.0 \text{ cm})(-13.0 \text{ cm})}{60.0 \text{ cm} - (-13.0 \text{ cm})} \\ &= -10.7 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o} \\ m &= \frac{-(-10.7 \text{ cm})}{60.0 \text{ cm}} \\ &= +0.178 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_i &= m h_o = (0.178)(6.0 \text{ cm}) \\ &= 1.1 \text{ cm} \end{aligned}$$

16. تكوّنت صورة بواسطة مرآة محدبة، فإذا كان بُعد الصورة 24 cm خلف المرآة، وحجمها يساوي  $\frac{3}{4}$  حجم الجسم، فما البعد البؤري لهذه المرآة؟

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

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

و

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

لذا فإن

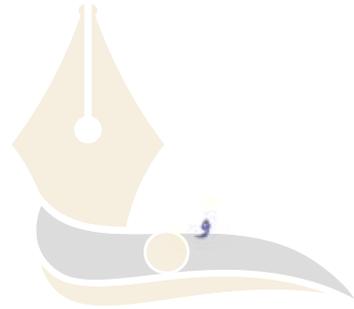
$$d_o = \frac{-d_i}{m}$$

$$d_i = -24 \text{ cm}$$

بداية

beadaya.com

موقع بداية التعليم |  $m = 0.75$



لذا فإن

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

$$= 32 \text{ cm}$$

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

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

17. تقف فتاة طولها 1.8 m على بعد 2.4 m من مرآة، فتكونت لها صورة طولها 0.36 m. ما البعد البؤري للمرآة؟

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

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

$$= \frac{-(2.4 \text{ m})(0.36 \text{ m})}{1.8 \text{ m}}$$

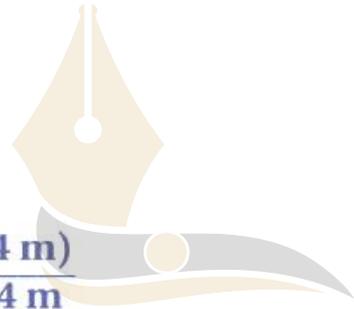
$$= -0.48 \text{ m}$$

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

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

$$= \frac{(-0.48 \text{ m})(2.4 \text{ m})}{-0.48 \text{ m} + 2.4 \text{ m}}$$

$$= -0.60 \text{ m}$$



الجدول 1-5					
خصائص الصورة في مرآة مفردة					
الصورة	$m$	$d_i$	$d_o$	$f$	نوع المرآة
خيالية	الحجم نفسه	$ d_i  = d_o$ (سالِب)	$d_o > 0$	لا يوجد	مستوية
حقيقية	مصغرة ومقلوبة	$r > d_i > f$	$d_o > r$	+	مقعرة
حقيقية	مكبرة ومقلوبة	$d_i > r$	$r > d_o > f$		
خيالية	مكبرة ومعتدلة	$ d_i  > d_o$ (سالِب)	$f > d_o > 0$		
خيالية	مصغرة ومعتدلة	$ f  >  d_i  > 0$ (سالِب)	$d_o > 0$	-	محدبة

## مقارنة المرايا Mirror comparison

كيف تقارن بين الأنواع المختلفة من المرايا؟ يوضح الجدول 1-5 مقارنة بين خصائص أنظمة مرآة مفردة (أحادية) لأجسام موضوعة على المحور الرئيس للمرآة. وتلاحظ من الجدول أن بُعد الصورة الخيالية دائماً سالِب؛ لأنها تقع دائماً خلف المرآة. وعندما تكون القيمة المطلقة للتكبير بين صفر و 1 تكون الصورة أصغر من الجسم. والتكبير السالب يعني أن الصورة مقلوبة بالنسبة للجسم. لاحظ أيضاً أن المرآة المستوية والمرآة المحدبة تكوّنان دائماً صوراً خيالية، في حين تكوّن المرآة المقعرة صوراً خيالية وصوراً حقيقية. وتعطي المرايا المستوية انعكاساً واقعياً للأشياء، أما المرايا المحدبة فتعمل على توسيع مجال الرؤية. وتعمل المرآة المقعرة على تكبير الصورة إذا كان الجسم واقعاً بين المرآة وبعدها البؤري.

موقع بداية التعليم | beadaya.com

## 2-5 مراجعة

بُعد 14.0 cm من مرآة محدبة ببعدها البؤري -12.0 cm. ارسم مخططاً بمقياس رسم مناسب يبين بُعد الصورة وطولها، وتحقق من إجابتك باستخدام معادلتَي المرايا والتكبير.

23. نصف قطر التكوّن وضع جسم طوله 6.0 cm على بُعد 16.4 cm من مرآة محدبة. فإذا كان طول الصورة المتكوّنة 2.8 cm فما نصف قطر تكوّن المرآة؟

24. البعد البؤري استخدمت مرآة محدبة لتكوين صورة حجمها يساوي  $\frac{2}{3}$  حجم الجسم على بُعد 12.0 cm خلف المرآة. ما البعد البؤري للمرآة؟

25. التفكير الناقد هل يكون الزوجان الكروي للمرآة أقل إذا كان ارتفاعها أكبر من نصف قطر تكبيرها أم إذا كان ارتفاعها أقل من نصف قطر تكبيرها؟ وضح ذلك.

18. صفات الصورة إذا كنت تعرف البعد البؤري لمرآة مقعرة فأين يجب أن تضع جسمًا بحيث تكون صورته مكبرة ومعتدلة بالنسبة للجسم؟ وهل تكون هذه الصورة حقيقية أم خيالية؟

19. التكبير وضع جسم على بُعد 20.0 cm أمام مرآة مقعرة ببعدها البؤري 9.0 cm. ما تكبير الصورة؟

20. بعد الجسم عند وضع جسم أمام مرآة مقعرة ببعدها البؤري 12.0 cm، تكوّنت له صورة على بُعد 22.3 cm من المرآة، فما بُعد الجسم عن المرآة؟

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

22. مخطط الأشعة وضع جسم طوله 4.0 cm على

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

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

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

$$= 26.4 \text{ cm}$$

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

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

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

$$= \frac{-(26.4 \text{ cm})(3.0 \text{ cm})}{22.0 \text{ cm}} = -3.6 \text{ cm}$$

22. مخطط الأشعة وضع جسم طوله 4.0 cm على بُعد 14.0 cm من مرآة محدبة بُعدها البؤري 12.0 cm. ارسم مخططًا بمقياس رسم مناسب يبين بُعد الصورة وطولها، وتحقق من إجاباتك باستخدام معادلتَي المرايا والتكبير.

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

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

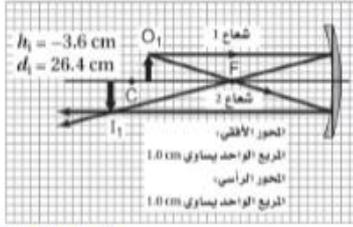
$$= \frac{(14.0 \text{ cm})(-12.0 \text{ cm})}{14.0 \text{ cm} - (-12.0 \text{ cm})}$$

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

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

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

$$= \frac{-(-6.46 \text{ cm})(4.0 \text{ cm})}{14.0 \text{ cm}} = 1.8 \text{ cm}$$



18. صفات الصورة إذا كنت تعرف البعد البؤري لمرآة مقعرة فأين يجب أن تضع جسمًا بحيث تكون صورته مكبرة ومعدلة بالنسبة للجسم؟ وهل تكون هذه الصورة حقيقية أم خيالية؟

ضع الجسم بين المرآة والبؤرة. ستكون الصورة المتكونة خيالية.

19. التكبير وضع جسم على بُعد 20.0 cm أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 9.0 cm. ما تكبير الصورة؟

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

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

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

$$= 16.4 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{-16.4 \text{ cm}}{20.0 \text{ cm}} = -0.82$$

20. بعد الجسم عند وضع جسم أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 12.0 cm، تكوّنت له صورة على بُعد 22.3 cm من المرآة، فما بُعد الجسم عن المرآة؟

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

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

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

$$= 26.0 \text{ cm}$$

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

24. البعد البؤري استخدمت مرآة محدبة لتكوين صورة حجمها يساوي  $\frac{2}{3}$  حجم الجسم على بُعد 12.0 cm خلف المرآة. ما البعد البؤري للمرآة؟

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

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

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

$$= 18 \text{ cm}$$

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

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

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

$$= -36 \text{ cm} \quad | \text{ موقع بداية التعليمي } |$$

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

سيكون أقل بالنسبة إلى مرآة ارتفاعها أصغر نسبياً مقارنة بنصف قطر تكورها. تكون الأشعة المتشعبة والقادمة من الجسم التي تسقط على المرآة قريبة أكثر من المحور الرئيس عندما يكون ارتفاع المرآة قليلاً. لذا ستجتمع تلك الأشعة في مكان قريب من المرآة فنتكون صورة واضحة باهتة.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$r = 2|f|$$

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

$$= 29 \text{ cm}$$

# مختبر الفيزياء

## صور المرايا المقعرة Concave Mirror Images

تعكس المرآة المقعرة الأشعة المتوازية والموازية للمحور الرئيس للمرآة مارةً ببؤرتها. وتتكوّن أنواع مختلفة من الصور في المرآة المقعرة حسب بُعد الجسم عن المرآة، وتتكوّن الصور الحقيقية على حاجز، في حين لا تتكوّن الصور الخيالية على حاجز. ستستقصي في هذه التجربة أثر تغيير موقع الجسم في موقع الصورة ونوعها.

### سؤال التجربة

ما الشروط الواجب توافرها لتكوين صور حقيقية وأخرى خيالية باستخدام مرآة مقعرة؟

#### الخطوات

1. حدّد البعد البؤري للمرآة المقعرة المستخدمة باتباع الخطوات الآتية: تحذير: لا تستخدم أشعة الشمس لتنفيذ هذه الخطوة. ضع المصباح على مسافة بعيدة من المرآة ثم اعكس ضوءه على الشاشة مع تحريكها ببطء نحو المرآة أو بعيداً عنها حتى تحصل على أصغر صورة واضحة له، ثم قس المسافة بين الشاشة والمرآة على امتداد المحور الرئيس، وسجّل هذه القيمة على أنها البعد البؤري للمرآة  $f$ .
2. ثبّت المسطرتين المتريتين على الدعائم الأربع على شكل حرف V، واجعل صفري المسطرتين عند نقطة التقائهما.
3. ضع المرآة على حاملها عند نقطة التقاء المسطرتين.
4. ضع المصباح (الجسم) على طرف إحدى المسطرتين البعيد عن نقطة التقاء المسطرتين، وضع الشاشة على دعائمها على الطرف البعيد الآخر للمسطرة الثانية.
5. أطفئ أنوار الغرفة.
6. أضئ المصباح. تحذير: لا تلمس رنجة المصباح الساخنة. قس بُعد الجسم  $d_o$ ، وسجّله في المحاولة 1. وقس طول الجسم  $h_o$ ، وسجّله أيضاً في المحاولة 1، حيث يمثل هذا القياس طول المصباح أو طول فتيلته إذا كان المصباح شفافاً.
7. عدّل المرآة أو المسطرتين، كلّما تطلّب الأمر ذلك، بحيث تسقط الأشعة المنعكسة على الشاشة، وحرك الشاشة ببطء إلى الأمام أو الخلف حتى تتكوّن صورة واضحة على الشاشة، ثم قس بعد الصورة  $d_i$  وطولها  $h_i$  وسجّلها في المحاولة 1.

#### الأهداف

- تجمع وتنظّم البيانات الخاصة بموقعي الجسم والصورة.
- تلاحظ الصور الحقيقية والخيالية.
- تلخص شروط تكوّن الصور الحقيقية والخيالية في المرايا المقعرة.

#### احتياطات السلامة



- لا تنظر إلى انعكاس الشمس في المرآة، ولا تستعمل مرآة مقعرة لتجميع ضوء الشمس وتركيزه.

#### المواد والأدوات

مرآة مقعرة	مصباح يدوي
حامل شاشة	حامل مرآة
مسطرتان متريتان	شاشة
مصباح 15 W (أو شمعة)	4 دعائم للمساطر المترية



جدول البيانات				
المحاولة	$d_o$ (cm)	$d_i$ (cm)	$h_o$ (cm)	$h_i$ (cm)
1	95	65	1	0.7
2	85	76	1	0.9
3	50	185	1	3.7
4	40	لا تقاس	1	لا يقاس
5	30	لا تقاس	1	لا يقاس

جدول الحسابات					
المحاولة	$\frac{1}{d_o}$ (cm <sup>-1</sup> )	$\frac{1}{d_i}$ (cm <sup>-1</sup> )	$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$ (cm <sup>-1</sup> )	$f$ محسوب (cm)	النسبة المئوية للخطأ (%)
1					
2					
3					
4					
5					

8. حرّك المصباح في اتجاه المرآة بحيث يصبح على بُعد يساوي ضعفي البعد البؤري  $d_o = 2f$ ، وسجّل قيمة  $d_o$  في المحاولة 2. ثم حرّك الشاشة حتى تتكوّن صورة عليها، ثم قس  $d_i$ ،  $h_i$  وسجّلها في المحاولة 2.
9. حرّك المصباح في اتجاه المرآة بحيث يكون بعده عن المرآة  $d_o$  أكبر عدة سنتيمترات من البعد البؤري  $f$ ، وسجّل ذلك في المحاولة 3، ثم حرّك الشاشة حتى تتكوّن صورة عليها، وقس  $d_i$ ،  $h_i$  وسجّلها في المحاولة 3.
10. حرّك المصباح بحيث تصبح  $d_o = f$ ، وسجّل ذلك في المحاولة 4، ثم حرّك الشاشة إلى الأمام والخلف محاولاً الحصول على صورة. ماذا تلاحظ؟
11. حرّك المصباح بحيث تصبح  $d_o < f$ ، وسجّل ذلك في المحاولة 5، ثم حرّك الشاشة إلى الأمام والخلف محاولاً الحصول على صورة. ماذا تلاحظ؟
3. **تحليل الخطأ** قارن البعد البؤري التجريبي،  $f$ ، بالبعد البؤري المقبول بإيجاد النسبة المئوية للخطأ.
- $$\text{الخطأ النسبي} = \frac{\text{القيمة المقبولة} - \text{القيمة التجريبية}}{\text{القيمة المقبولة}} \times 100\%$$
- $$\% \text{ error} = \left( \frac{f - f_{\text{محسوب}}}{f} \right) \times 100\%$$

### الاستنتاج والتطبيق

1. **صنّف** ما نوع الصورة التي شوهدت في كل محاولة؟
2. **حلّل** ما الشروط التي تطلبها تكوين صور حقيقية؟
3. **حلّل** ما الشروط التي تطلبها تكوين صور خيالية؟

### التوسع في البحث

1. ما الشروط اللازم تحقيقها لتكون الصورة أكبر من الجسم؟
2. راجع طرائق جمع البيانات، وحدّد مصادر الخطأ، وما الذي يتعين عليك عمله حتى يكون القياس أكثر دقة؟

### التحليل

1. **استعمل الأرقام** احسب  $\frac{1}{d_o}$  و  $\frac{1}{d_i}$ ، وسجّلها في جدول الحسابات.
2. **استعمل الأرقام** احسب مجموع  $\frac{1}{d_o}$  و  $\frac{1}{d_i}$ ، وسجّل النتيجة في جدول الحسابات. ثم احسب مقلوب كل نتيجة من هذه النتائج، وسجّلها في جدول الحسابات في عمود محسوب  $f$ .



تعتمد الإجابات المحتملة على عينة البيانات مثل:  
 $d_o=95\text{ cm}$  ،  $d_i=65\text{ cm}$  ،  $f=40\text{ cm}$

### التحليل

1. **استعمل الأرقام** احسب  $\frac{1}{d_i}$  و  $\frac{1}{d_o}$ ، وسجلها في جدول الحسابات.

$$\frac{1}{d_o} = \frac{1}{95} \text{ cm}^{-1} = 1.1 \times 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{65} \text{ cm}^{-1} = 1.5 \times 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$$

2. **استعمل الأرقام** احسب مجموع  $\frac{1}{d_i}$  و  $\frac{1}{d_o}$ ، وسجل النتيجة في جدول الحسابات. ثم احسب مقلوب كل نتيجة من هذه النتائج، وسجله في جدول الحسابات في عمود  $f$ .

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = 2.6 \times 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$$

$$f_{\text{محسوبة}} = \frac{1}{2.6 \times 10^{-2} \text{ cm}^{-1}} = 39 \text{ cm}$$

3. **تحليل الخطأ** قارن البعد البؤري التجريبي،  $f$ ، بالبعد البؤري المقبول بإيجاد النسبة المئوية للخطأ.  
الخطأ النسبي =  $\frac{\text{القيمة المقبولة} - \text{القيمة التجريبية}}{\text{القيمة المقبولة}} \times 100\%$

$$\% \text{ error} = \left( \frac{f - f_{\text{محسوبة}}}{f} \right) \times 100\%$$

### النسبة المئوية للخطأ

### الاستنتاج والتطبيق

1. **صنف** ما نوع الصورة التي شوهدت في كل محاولة؟ في المحاولات من 1-3 تتكوّن صورة حقيقية. أما في المحاولة 4 فلا تتكوّن صورة. في حين في المحاولة 5 تتكوّن صورة خيالية.
2. **حلل** ما الشروط التي تطلبها تكوين صور حقيقية؟

تتكون صور حقيقية عندما يكون بُعد الجسم عن المرآة أكبر من البعد البؤري.

3. **حلل** ما الشروط التي تطلبها تكوين صور خيالية؟

تتكون صور خيالية عندما يكون بُعد الجسم عن المرآة أقل من البعد البؤري.

### التوسع في البحث

1. ما الشروط اللازم تحقيقها لتكون الصورة أكبر من الجسم؟ تتكون صور أكبر من الجسم، عندما يقع الجسم بين المرآة ومركز تكورها.
2. راجع طرائق جمع البيانات، وحدّد مصادر الخطأ، وما الذي يتعين عليك عمله حتى يكون القياس أكثر دقة؟

ستختلف الإجابات. من مصادر الخطأ تحديد البعد البؤري للمرآة بدقة. قد يذكر الطلاب أنه سيكون مفيداً الحصول على مرآة أكبر ونظيفة أو خالية من أية خدوش. والمرآة ذات السطح الأمامي الفضي تكون ذات جودة عالية. وسيكون من الصعب أيضاً تحديد أين تقع الصورة الأكثر وضوحاً والأكثر حدة بدقة.

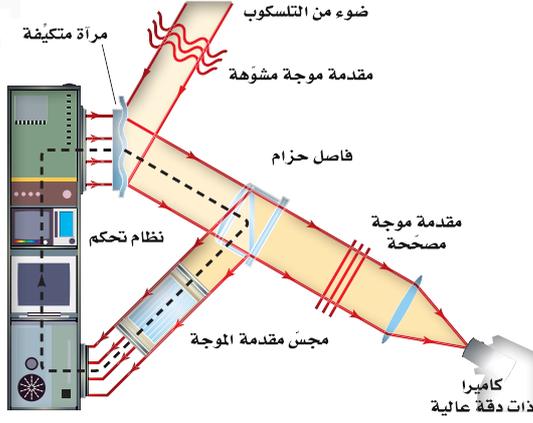
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

### الفيزياء في الحياة

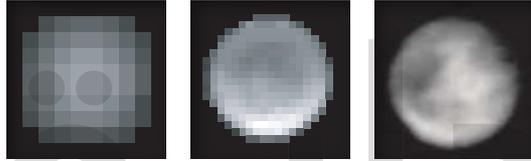
ما الميزة التي تكمن في استخدام المنظار الفلكي ذي المرآة المقعرة؟ الأشعة الضوئية القادمة من النجوم أو الكواكب البعيدة جداً تصل متوازية، وتكون موازية للمحور الرئيس لذلك ستكون الصورة المتكوّنة حادة وواضحة.

# تقنية المستقبل

## Adaptive Optical Systems الأنظمة البصرية التكيفية



يلغي النظام البصري التكيف التشويه في صورة تيتان- أكبر أقمار زحل



تلسكوب تقليدي

تلسكوب هابل الفضائي

تلسكوب كيك الذي يستخدم النظام البصري التكيف

والصورة المشوهة للنجم ناتجة عن موجات ضوء غير مستوية، وهذه الموجات غير المستوية تؤدي إلى إزاحة صور النجم خلف بعض مجموعات العدسات فتختفي الصورة.

وتعالج برمجية الحاسوب هذا الخطأ، وتحسب كيف يجب أن تُثنى المرآة لإعادة الصور المختفية جميعها إلى مكانها؛ إذ تنعكس صورة النجم نحو المشاهد (المراقب) ثم تُصحح، ولذا سترى صورة جميع الأجسام (مثل المجرات والكواكب) القريبة بوضوح. ونستطيع تغيير شكل المرآة التكيفية 1000 مرة تقريباً في الثانية.

### التوسع

1. **ابحث** ما الإجراء المتبع إذا لم يكن هناك نجم مناسب لتحليله أو دراسته باستخدام مجس مقدمة الموجة وذلك في منطقة من الفضاء تحت المراقبة؟
2. **طبّق** ابحث في كيفية استخدام التكيف البصري في المستقبل لتصحيح الرؤية.

الأجسام الموجودة في الفضاء يصعب ملاحظتها من الأرض لأنها براقّة ومتألّثة؛ حيث تؤدي حركة الغلاف الجوي والتسخين غير المتساوي له، إلى انكسار الضوء القادم من تلك الأجسام بصورة فوضوية، ويمكن تشبيه ذلك بمحاولة النظر إلى جسم صغير من خلال الجزء السفلي لبرطمان فارغ مصنوع من الزجاج الشفاف في أثناء تدويره.

**المرآة المتكيفة المرنة** يعوّض النظام البصري التكيف AOS باستمرار التشوهات الناجمة عن الغلاف الجوي من خلال إزالة اللمعان من صور النجوم؛ حتى يتمكن الفلكيون من مشاهدة صور ثابتة لأبعد الأجسام في الكون المرئي وتصويرها.

ينقل النظام البصري التكيف AOS صورة النجم المكبرة من المقراب إلى مرآة متكيفة مرنة مصنوعة من زجاج رقيق، وتشد هذه المرآة بواسطة 20-30 مكبساً متحركاً؛ إذ تؤدي تلك المكابس إلى دفع سطح المرآة أو سحبها إلى أي شكل مهما كان معقداً أو صعباً. ويعمل كل مكبس بواسطة محرك سريع، يتم التحكم فيه آلياً عن طريق حاسوب. وعندما يصبح سطح المرآة مطابقاً تماماً للمنط المحدد في الوقت المحدد فإنها تعوّض عن حركة الحمل الحراري في الغلاف الجوي بين التلسكوب والنجم، وستعكس صورة واضحة نحو المراقب أو الكاميرا.

**مجس مقدمة الموجة** يُوَجِّه مجس مقدمة الموجة نحو نجم واحد خلال التلسكوب للكشف عن التشوه الناجم بفعل الغلاف الجوي في كل لحظة؛ إذ تحتوي هذه الأداة على مجموعة مرتبة من العدسات الرقيقة في صفوف متعدّدة، وتكوّن كل مجموعة عدسات صورة للنجم على شاشة حساسة خلفها، ويمكن أن يُقرأ موقع كل صورة بواسطة الحاسوب.

وإذا كانت الصورة لا تقع خلف مجموعة العدسات الخاصة بها تماماً فإن برمجيات الحاسوب تميّز أن موجات النجم الضوئية تكون مشتتة بفعل الغلاف الجوي. لاحظ أن النجم يمثل مصدرًا ضوئيًا نقطيًا بعيداً، لذا فإنه يُنتج موجات مستوية.

### 5-1 الانعكاس عن المرايا المستوية Reflection from Plane Mirrors

#### المفاهيم الرئيسية

- وفق قانون الانعكاس، فإن الزاوية التي يصنعها الشعاع الساقط مع العمود المقام على السطح العاكس عند نقطة السقوط تساوي الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع العمود المقام على السطح عند النقطة نفسها.

$$\theta_r = \theta_i$$

- يُطبَّق قانون الانعكاس على السطوح الخشنة والسطوح المصقولة، حيث يكون العمود المقام على السطح الخشن في اتجاهات كثيرة مختلفة، وهذا يعني أن الأشعة الساقطة المتوازية تنعكس مشتتة.
- يُنتج السطح المصقول انعكاسًا منتظمًا، في حين يُنتج السطح الخشن انعكاسًا غير منتظم.
- يُسبب الانعكاس المنتظم تكوّن الصور التي تظهر كأنها خلف المرايا المستوية.
- الصورة التي تكوّن المرآة المستوية خيالية دائمًا، وحجمها يساوي حجم الجسم نفسه، ولها اتجاه الجسم نفسه، وبعدها عن المرآة يساوي بُعد الجسم عن المرآة.

$$|d_i| = d_o \quad h_i = h_o$$

#### المفردات

- انعكاس منتظم
- انعكاس غير منتظم
- مرآة مستوية
- جسم
- صورة
- صورة خيالية

### 5-2 المرايا الكروية Curved Mirrors

#### المفاهيم الرئيسية

- يمكنك تحديد موقع الصورة التي تكوّن مرآة كروية من خلال رسم شعاعين من نقطة على الجسم إلى المرآة، وتكون نقطة تقاطع الشعاعين المنعكسين أو امتداديهما هي صورة نقطة الجسم.
- تُعبّر معادلة المرايا عن العلاقة بين بُعد الصورة وُبعد الجسم والبعد البؤري للمرآة الكروية:

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

- تُعبّر النسبة بين بُعد الصورة وُبعد الجسم، أو النسبة بين طول الصورة وطول الجسم عن تكبير الصورة في المرآة.

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

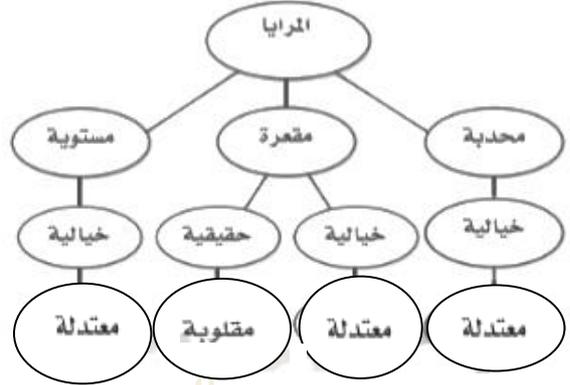
- تُكوّن المرآة المقعرة صورة حقيقية ومقلوبة عندما يكون بُعد الجسم أكبر من البعد البؤري.
- تُكوّن المرآة المقعرة صورة خيالية ومعتدلة عندما يكون بُعد الجسم أقل من البعد البؤري.
- تُكوّن المرآة المحدبة دائمًا صورة خيالية ومعتدلة ومصغرة.
- تبدو الصور التي تكوّن المرايا المحدبة أبعد، كما تنتج مجال رؤية واسعًا؛ لأنها تكوّن صورًا مصغرة.
- يمكن استخدام المرايا في مجموعات أو ضمن تراكيب لإنتاج صور بأحجام وأوضاع ومواقع مختلفة حسب الحاجة أو الرغبة. ويُعدّ التلسكوب الاستخدام الأكثر شيوعًا لمثل هذه التراكيب.

#### المفردات

- المرآة المقعرة
- المحور الرئيس
- البؤرة
- البعد البؤري
- الصورة الحقيقية
- الزوغان (التشوّه)
- الكروي
- التكبير
- المرآة المحدبة

خريطة المفاهيم

26. أكمل خريطة المفاهيم باستخدام المصطلحات الآتية: محدبة، معتدلة، مقلوبة، حقيقية، خيالية.



إتقان المفاهيم

27. كيف يختلف الانعكاس المنتظم عن الانعكاس غير المنتظم؟ (5-1)

عندما تسقط أشعة متوازية على سطح أملس فإنها تنعكس عنه بحيث تكون متوازية بعضها بالنسبة إلى بعض أيضاً، والنتاج هو صورة طبق الأصل للمصدر الذي سقطت منه هذه الأشعة. أما عندما تنعكس الأشعة عن سطح خشن فإنها تنعكس مشتتة في اتجاهات مختلفة، لذا لا تتكون صورة للمصدر.

28. ماذا يقصد بالعبارة "العمود المقام على السطح العاكس"؟ (2-1)

أي خط متعامد مع السطح عند أي نقطة.

29. أين تقع الصورة التي تكوّنها المرآة المستوية؟ (2-1)

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

30. صف خصائص المرآة المستوية؟ (1-2)

المرآة المستوية عبارة عن سطح مستو مصقول ينعكس عنه الضوء انعكاساً منتظماً. وتكون الصورة المتكوّنة بواسطة المرآة المستوية خيالية، ومعتدلة، وبعدها عن المرآة مساوياً لبعد الجسم عن المرآة وتقع خلفها.

31. يعتقد طالب أن فيلماً فوتوجرافياً حساساً جداً يمكنه الكشف عن الصورة الخيالية، فوضع الطالب الفيلم في موقع تكوّن الصورة الخيالية. هل ينجح هذا الإجراء؟ وضح ذلك. (1-2)

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

32. كيف تثبت لشخص أن صورة ما هي صورة حقيقية؟ (5-1)

ضع قطعة من ورقة مستوية أو فيلم فوتوجرافي في موقع الصورة، وسوف تكون قادراً على تجميع الصورة.

33. ما الخلل أو العيب الموجود في جميع المرايا الكروية المقعرة؟ وما سببه؟ (2-5)

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

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

$$C = 2f$$

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

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

36. لماذا تستخدم المرايا المحدبة على أنها مرايا مخصصة للنظر إلى الخلف؟ (2-5)

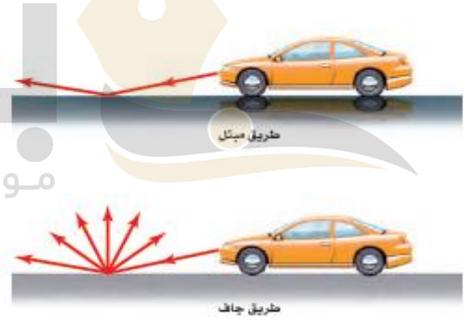
تستخدم المرايا المحدبة للنظر إلى الخلف في السيارات؛ لأنها توفر مدى واسعاً للرؤية، مما يساعد السائق على رؤية مساحة أكبر مما توفره المرايا العادية للمشاهد الخلفية بالنسبة إلى السائق.

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

لأنها تشتت الأشعة الضوئية دائماً

#### تطبيق المفاهيم

38. الطريق المبتلة تعكس الطرق الجافة الضوء بتشتت أكبر من الطرق المبتلة. بالاعتداد على الشكل 16-5، اشرح لماذا تبدو الطريق المبتلة أكثر سواداً من الطريق الجافة بالنسبة للسائق؟



الشكل 16-5

تنعكس كمية أقل من الضوء عن الطريق المبتلة نحو السيارة.

39. صفحات الكتاب لماذا يُفضل أن تكون صفحات الكتاب خشنة على أن تكون ملساء ومصقولة؟

الصفحات الملساء والمصقولة تعكس الضوء بتشتت أقل من الصفحات الخشنة؛ لذا ينتج عن الصفحات الملساء وهج أكبر.

40. اذكر الصفات الفيزيائية للصورة التي تكوّنها مرآة مقعرة إذا كان الجسم موضوعاً عند مركز تكورها، وحدد موقعها.

ستكون الصورة عند مركز التكور C، وستكون مقلوبة وحقيقية ومساوية لحجم الجسم.

41. إذا وضع جسم خلف مركز تكور مرآة مقعرة فحدد موقع الصورة، واذكر صفاتها الفيزيائية.

ستكون الصورة بين C و F، وستكون مقلوبة وحقيقية وأصغر من الجسم.

42. المنظار الفلكي (التلسكوب) إذا احتجت إلى مرآة مقعرة كبيرة لصنع تلسكوب يكون صوراً ذات جودة عالية فهل تستخدم مرآة كروية أم مرآة قطع مكافئ؟ وضح ذلك.

عليك استعمال مرآة قطع مكافئ للتخلص من الزوغان الكروي.

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

يوضع الجسم خلف البؤرة لتتكون صورة حقيقية.

44. ما الشروط اللازم توافرها لتكوين صورة مصغرة بمرآة كروية محدبة أو مقعرة؟

تستخدم مرآة مقعرة على أن يوضع الجسم خلف مركز التكور، أو تستخدم مرآة محدبة ويوضع الجسم في أي نقطة أمامها.

48. إذا سقط شعاع ضوئي بزاوية  $53^\circ$  مع سطح المرآة؛ فأوجد مقدار:  
a. زاوية الانعكاس.

$$\theta_i = 90.0^\circ - 53.0^\circ$$

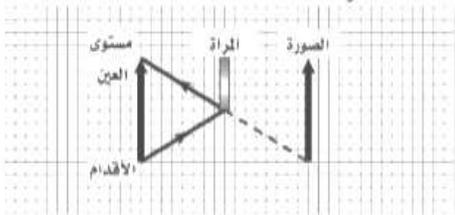
$$\theta_i = 37.0^\circ$$

$$\theta_r = \theta_i \\ = 37.0^\circ$$

b. الزاوية بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس.

$$\theta = \theta_i + \theta_r \\ = 37.0^\circ + 37.0^\circ \\ = 74.0^\circ$$

49. ارسم مخطط أشعة لمرآة مستوية تبين أنه إذا أردت رؤية نفسك من قدميك حتى قمة رأسك فيجب أن يكون طول المرآة المستخدمة على الأقل يساوي نصف طولك.



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

45. صف خصائص الصورة التي كوّنتها المرآة المحدبة الموضحة في الشكل 5-17.



الشكل 5-17

توفر المرآة المحدبة صوراً مصغرة خيالية ومعتدلة وأقرب إلى المرآة من الجسم.

46. المرايا المستخدمة للرؤية الخلفية يكتب على مرايا السيارة الجانبية المستخدمة في النظر إلى الخلف التحذير الآتي: "الأجسام في المرآة أقرب مما تبدو عليه". ما نوع هذه المرايا؟ وبمّ تمتاز عن غيرها؟  
مرايا محدبة، وتمتاز بأنها توفر مدى أوسع للرؤية.

إتقان حل المسائل

### 2-1 الانعكاس عن المرايا المستوية

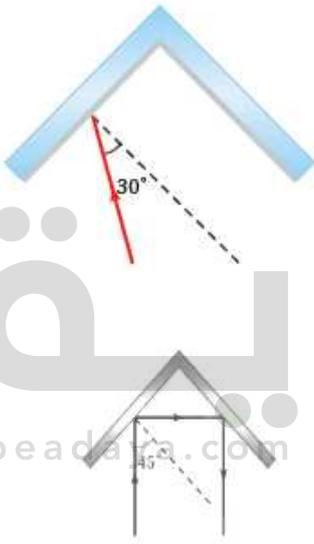
47. سقط شعاع ضوئي بزاوية  $38^\circ$  مع العمود المقام عند نقطة السقوط. ما الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع العمود المقام؟

$$\theta_r = \theta_i \\ = 38.0^\circ$$

51. يبين الشكل 19-5 مرآتين مستويتين متجاورتين بينهما زاوية  $90^\circ$ ، فإذا سقط شعاع ضوئي على إحدهما بزاوية سقوط  $30^\circ$ ، فأجب عما يأتي:

a. ما زاوية انعكاس الشعاع عن المرآة الأخرى؟

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



تكون زاوية السقوط على المرآة الأولى  $45^\circ$ .

50. الصورة في المرآة أراد طالب أن يلتقط صورة لصورته في مرآة مستوية كما في الشكل 18-5. فإذا كانت الكاميرا على بعد  $1.2\text{ m}$  أمام المرآة، فعلى أي بعد يجب أن يركز عدسة الكاميرا لالتقاط الصورة؟



الشكل 18-5

الصورة على بعد  $1.2\text{ m}$  خلف المرآة؛ لذا يجب أن توضع عدسة الكاميرا على بعد  $2.4\text{ m}$ .

51. يبين الشكل 19-2 مرآتين مستويتين متجاورتين بينهما زاوية  $90^\circ$ ، فإذا سقط شعاع ضوئي على إحدهما بزاوية سقوط  $30^\circ$ ، فأجب عما يأتي:

a. ما زاوية انعكاس الشعاع عن المرآة الأخرى؟

الانعكاس عن المرآة الأولى:

$$\begin{aligned}\theta_{r1} &= \theta_{i1} \\ &= 30.0^\circ\end{aligned}$$

الانعكاس عن المرآة الثانية:

$$\begin{aligned}\theta_{i2} &= 90^\circ - \theta_{r1} \\ &= 90.0^\circ - 30.0^\circ \\ &= 60.0^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_{r2} &= \theta_{i2} \\ &= 60.0^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_i &= \theta_{\text{القديمة}} - 18.0^\circ \\ &= 60.0^\circ - 18.0^\circ \\ &= 42.0^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_r &= \theta_i \\ &= 42.0^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_{\text{المرآة}} &= 90.0^\circ - \theta_r \\ &= 90.0^\circ - 42.0^\circ \\ &= 48.0^\circ\end{aligned}$$

### 2-5 المرايا الكروية

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

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

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

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

$$= 1.8 \text{ m}$$

52. وضعت مرآتان مستويتان بحيث كانت الزاوية بينها  $45^\circ$ . فإذا سقط شعاع ضوئي على إحداها بزاوية سقوط  $30^\circ$  وانعكس عن المرآة الثانية، فاحسب زاوية انعكاسه عن المرآة الثانية.

الانعكاس عن المرآة الأولى،

$$\theta_{r,1} = \theta_{i,1} = 30.0^\circ$$

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

$$90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

إن الأشعة المنعكسة عن المرآة الأولى ستسقط على المرآة الثانية. ولما كانت الزاوية بين المرآتين تساوي  $45^\circ$ ، فإن الزاوية بين الأشعة الساقطة على المرآة الثانية وسطح المرآة الثانية تساوي

$$180^\circ - 60^\circ - 45^\circ = 75^\circ$$

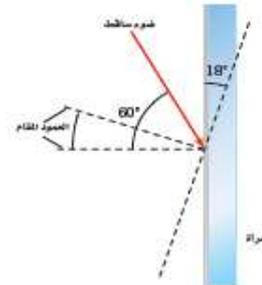
لذا تكون زاوية سقوط الأشعة على المرآة الثانية تساوي

$$\theta_{i,2} = 90^\circ - 75^\circ = 15^\circ$$

أما زاوية الانعكاس عن المرآة الثانية فتساوي

$$\theta_{r,2} = \theta_{i,2} = 15^\circ$$

53. سقط شعاع ضوئي على مرآة مستوية بزاوية سقوط  $60^\circ$ . فإذا أديرنا المرآة بزاوية  $18^\circ$  في اتجاه حركة عقارب الساعة كما في الشكل 5-20، فما الزاوية التي يصنعها الشعاع المنعكس مع المرآة؟



الشكل 5-20

57. صورة نجم تُجمَع الضوء القادم من نجم بواسطة مرآة مقعرة. ما بُعد صورة النجم عن المرآة إذا كان نصف قطر تكوّر المرآة 150 cm؟

تعد النجوم بعيدة بما يكفي حتى يمكن اعتبار أشعتها الساقطة على المرآة متوازية، وكما نعلم فإن الأشعة المتوازية تتجمع عند البعد البؤري. لذا فإن  $r = 2f$

$$f = \frac{r}{2} = \frac{150 \text{ cm}}{2} = 75 \text{ cm}$$

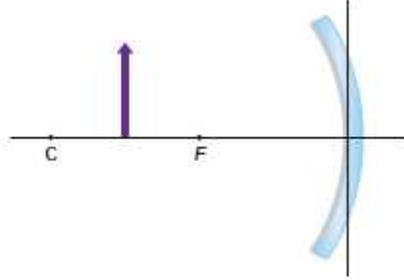
58. المرآة المستخدمة للرؤية الخلفية على أي بُعد تظهر صورة سيارة خلف مرآة محدبة بعدها البؤري 10.0 m، عندما تكون السيارة على بُعد 6.0 m من المرآة؟

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

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

$$= \frac{(10.0 \text{ m})(-6.0 \text{ m})}{10.0 \text{ m} - (-6.0 \text{ m})} = -3.8 \text{ m}$$

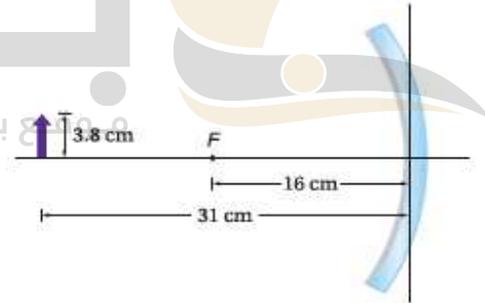
55. صف الصورة المتكوّنة للجسم في الشكل 5-21، مبيّناً هل هي حقيقية أم خيالية، مقلوبة أم معتدلة، وهل هي أقصر من الجسم أم أطول منه؟



الشكل 5-21

حقيقية؛ ومقلوبة؛ وأطول من طول الجسم.

56. احسب بُعد الصورة وارتفاعها للجسم الموضح في الشكل 5-22.



الشكل 5-22

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

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

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

$$= 33 \text{ cm}$$

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

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

$$= \frac{-(33 \text{ cm})(3.8 \text{ cm})}{31 \text{ cm}} = -4.1 \text{ cm}$$

60. وضع جسم طوله 3 cm على بُعد 22.4 cm من مرآة مقعرة، فإذا كان نصف قطر تكوّر المرآة 34.0 cm، فما بُعد الصورة عن المرآة؟ وما طولها؟

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

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

$$= 17.0 \text{ cm}$$

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

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

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

$$= 70.5 \text{ cm}$$

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

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

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

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

59. المرآة المستخدمة لرؤية الأسنان يستخدم طبيب أسنان مرآة مقعرة صغيرة نصف قطرها 40 mm لتحديد نخر في إحدى أسنان مريض، فإذا كانت المرآة على بُعد 16 mm من السن، فما تكبير الصورة الناتجة؟

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

$$= 20 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

$$= 5$$

b. استخدم معادلة المرايا لحساب بُعد الصورة.

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

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

$$= 4.0 \text{ cm}$$

c. ما طول الصورة؟

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

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

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

### مراجعة عامة

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

$$\theta_i = \theta_r + 34^\circ$$

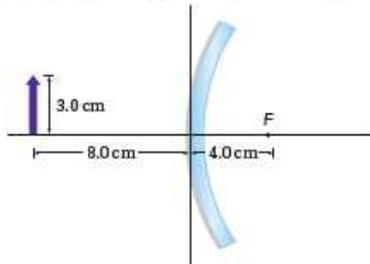
$$= 28^\circ + 34^\circ$$

$$= 62^\circ$$

$$\theta_r = \theta_i$$

$$= 62^\circ$$

64. انقل الشكل 23-5 إلى دفترتك، ثم ارسم أشعة على الشكل لتحديد طول الصورة المتكوّنة وموقعها.



الشكل 23-5

طول الصورة: 1.0 cm

بُعد الصورة عن المرآة: 2.7 cm

61. مرآة تاجر مجوهرات يفحص تاجر مجوهرات ساعة

قطرها 3.0 cm بوضعها على بُعد 8.0 cm من مرآة مقعرة بعدها البؤري 12 cm.

a. على أي بُعد ستظهر صورة الساعة؟

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

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f} = \frac{(8.0 \text{ cm})(12.0 \text{ cm})}{8.0 \text{ cm} - 12.0 \text{ cm}}$$

$$= -24 \text{ cm}$$

b. ما قطر الصورة؟

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

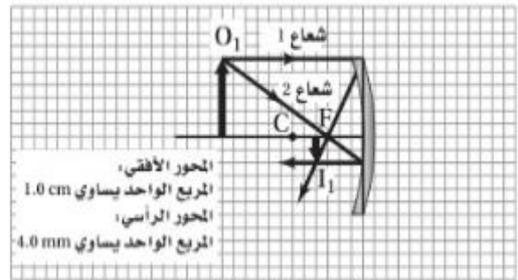
$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o} = \frac{-(-24 \text{ cm})(3.0 \text{ cm})}{8.0 \text{ cm}}$$

$$= 9.0 \text{ cm}$$

62. تسقط أشعة الشمس على مرآة مقعرة وتكوّن صورة

على بُعد 3 cm من المرآة. فإذا وضع جسم طوله 24 mm على بُعد 12 cm من المرآة:

a. فارسم مخطّط الأشعة لتحديد موضع الصورة.



b. طول الصورة المتكوّنة.

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

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

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

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

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

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

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

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

$$= 72 \text{ cm}$$

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

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

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

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

65. وضع جسم على بُعد 4.4 cm أمام مرآة مقعرة، نصف قطر تكوّرها 24.0 cm. أوجد بُعد الصورة باستخدام معادلة المرايا.

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

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

$$= 12.0 \text{ cm}$$

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

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

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

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

66. وضع جسم طوله 2.4 cm على بُعد 30.0 cm أمام مرآة مقعرة نصف قطر تكوّرها 26.0 cm. احسب مقدار:

a. بُعد الصورة المتكوّنة.

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

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

$$= 13.0 \text{ cm}$$

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

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

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

$$= 22.9 \text{ cm}$$

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

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

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

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

b. طول صورة زبون طوله 1.7 m .

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

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

$$= \frac{-(-1.5 \text{ m})(1.7 \text{ m})}{6.5 \text{ m}} = 0.38 \text{ m}$$

70. مرآة الفحص والمعينة يريد مراقب خط إنتاج في مصنع تركيب مرآة تكون صوراً معتدلة تكبيرها 7.5 مرات عندما توضع على بُعد 14.0 mm من طرف الآلة.

a. ما نوع المرآة التي يحتاج إليها المراقب لعمله؟

الصورة المكبرة المعتدلة تتكون فقط في المرآة المقعرة ولجسم موضوع على بعد أقل من البعد البؤري.

b. ما نصف قطر تكوّر المرآة؟

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

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

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

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

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

$$= 16 \text{ mm}$$

$$r = 2f = (2)(16 \text{ mm}) = 32 \text{ mm}$$

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

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

$$d_i = -md_o$$

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

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

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

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

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

$$= 29 \text{ cm}$$

$$r = 2f$$

$$= (2)(29 \text{ cm}) = 58 \text{ cm}$$

69. مرآة المراقبة تستخدم المحال الكبيرة مرايا المراقبة في الممرات، وكل مرآة لها نصف قطر تكوّر مقداره 3.8 m. احسب مقدار:

a. بُعد الصورة المتكوّنة لزبون يقف أمام المرآة على بعد 6.5 m منها.

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

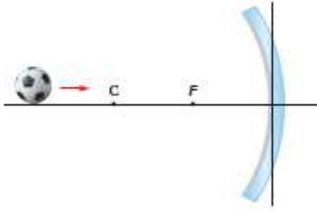
$$f = \frac{-r}{2}$$

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

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

التفكير الناقد

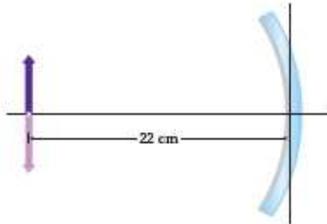
73. تطبيق المفاهيم تتدحرج الكرة في الشكل في الشكل 5-25 ببطء إلى اليمين نحو مرآة مقعرة. صف كيف يتغير حجم صورة الكرة في أثناء تدحرجها نحو المرآة.



الشكل 5-25

عندما تكون الكرة خلف النقطة C، تكون الصورة أصغر من الكرة وحقيقية. وعندما تكون الكرة في مركز التكور C يكون حجم صورة الكرة مساوياً لحجم الكرة. وكلما تدحرجت الكرة نحو المرآة ازداد حجم صورة الكرة. ويستمر حجم الصورة في الازدياد حتى تختفي صورة الكرة. وعندئذ تكون الكرة في البؤرة F. وبعد تعدي F تصبح الصورة خيالية ومكبرة ومعتدلة.

74. التحليل والاستنتاج وضع جسم على بُعد 22 cm من مرآة مقعرة، كما في الشكل 5-26. ما البعد البؤري للمرآة؟



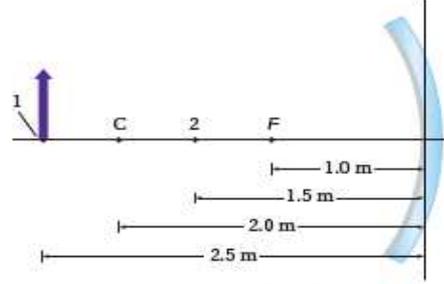
الشكل 5-26

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

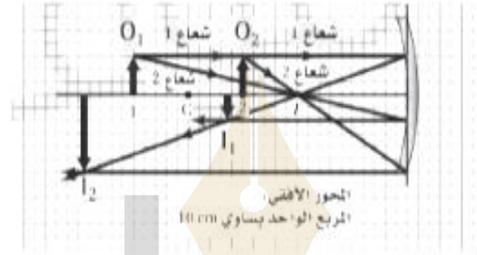
$$= \frac{d_o}{2}$$

$$= \frac{22 \text{ cm}}{2} = 11 \text{ cm}$$

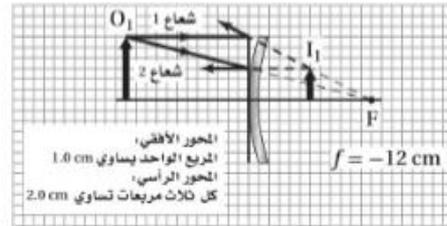
71. تحرك الجسم في الشكل 5-24 من الموقع 1 إلى الموقع 2. انقل الشكل إلى دفترك، ثم ارسم أشعة تبين كيف تتغير الصورة.



الشكل 5-24



72. وضع جسم طوله 4.0 cm على بُعد 12.0 cm من مرآة محدبة. فإذا كان طول صورة الجسم 2.0 cm وبعدها -6.0 cm، فما البعد البؤري للمرآة؟ ارسم مخطط الأشعة للإجابة عن السؤال، واستخدم معادلتي المرايا والتكبير للتحقق من إجابتك.



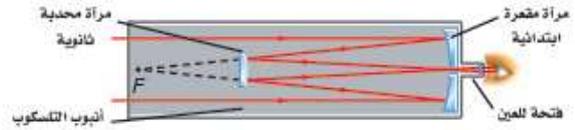
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

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

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

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

75. التحليل والاستنتاج يستخدم ترتيب بصري في بعض التلسكوبات يُسمى (تركيز كاسيجرين) كما في الشكل 27-5. ويستخدم هذا التلسكوب مرآة محدبة ثانوية توضع بين المرآة الابتدائية وبؤرتها. أجب عما يأتي:



الشكل 27-5

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

توضع المرآة المحدبة لتعرض الأشعة القادمة من المرآة المقعرة قبل أن تتجمع. وتعمل المرآة المحدبة على جعل نقطة التجمع في الاتجاه العاكس للبعد البؤري الأصلي للمرآة الابتدائية. أي في اتجاه المرآة المقعرة، وتزيد من المسافة الكلية التي يقطعها الضوء قبل تجمعه. وهذه العملية تزيد بشكل فعال البعد البؤري مقارنة باستخدام المرآة المقعرة فقط، لذا تزيد من التكبير الكلي.

b. هل الصور المتكونة في هذا النظام معتدلة أم مقلوبة؟ وما علاقة ذلك بعدد مرات تقاطع الأشعة؟

مقلوبة. في كل مرة تتقاطع الأشعة الضوئية تنقلب الصورة.

#### الكتابة في الفيزياء

76. تعكس المرايا الأشعة لأنها مغطاة بالفلزات. ابحث في واحد مما يأتي، واكتب ملخصًا حوله:  
a. الأنواع المختلفة للطلاء المستخدم، ومزايا كل نوع وسليباته.

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

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

ستختلف إجابات الطلاب. وقد تتضمن إجاباتهم معلومات حول تشوه المرايا نتيجة وزنها وذلك عند زيادة حجمها، وكيف يمكن أن تؤثر المرآة المصنوعة من الألومنيوم في هذه المشكلة.

77. ابحث في طريقة صقل وتلميع وفحص المرايا المستخدمة في التلسكوب العاكس. ويمكنك الكتابة في الطرائق التي يستخدمها الفلكي المبتدئ الذي يصنع تلسكوبه الخاص بيده، أو الطريقة التي تُستخدم في المختبر الوطني، وأعد تقريرًا في ورقة واحدة تصف فيه الطريقة، ثم اعرضه على طلاب الصف.

ستختلف إجابات الطلاب، وذلك اعتمادًا على المرايا والطرائق التي اختارها الطلاب. وتتمثل طرائق الفلكي المبتدئ عادة في فرك قطعتي زجاج احدهما بالآخرى على أن توضع حبيبات رمل لها أحجام مختلفة بين سطحي قطعتي الزجاج. أما الطرائق المستخدمة في المختبر الوطني فتختلف عن ذلك.

#### مراجعة تراكمية

78. مرآة التجميل وضعت شمعة طولها 3.00 cm على بُعد 6.00 cm أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 14.0 cm. أوجد موقع صورة الشمعة وطولها بواسطة ما يأتي: (الفصل 2)

- a. رسم مخطط الأشعة بمقياس رسم.  
b. معادلتى المرايا والتكبير.

## اختبار مقنن

### أسئلة الاختيار من متعدد

#### اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. أين يجب وضع جسم بحيث تكوّن له مرآة مقعرة صورة مصغرة؟

- (A) في بؤرة المرآة  
(B) بين البؤرة والمرآة  
(C) بين البؤرة ومركز التكوّر  
(D) خلف مركز التكوّر

2. ما البعد البؤري لمرآة مقعرة، إذا كبرت جسمًا موضوعًا على بعد 30 cm منها بمقدار +3.2 مرة؟

- (A) 23 cm  
(B) 32 cm  
(C) 44 cm  
(D) 46 cm

3. وضع جسم على بُعد 21 cm أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 14 cm. ما بُعد الصورة؟

- (A) -42 cm  
(B) -8.4 cm  
(C) 8.4 cm  
(D) 42 cm

4. لا تتجمع امتدادات الأشعة الضوئية بدقة في البؤرة في الشكل أدناه. وهذه المشكلة تحدث في:

- (A) المرايا الكروية جميعها  
(B) مرايا القطع المكافئ جميعها  
(C) المرايا الكروية المعيبة فقط  
(D) مرايا القطع المكافئ المعيبة فقط

5. تكوّنت صورة مقلوبة طولها 8.5 cm أمام مرآة مقعرة على بُعد 34.5 cm منها، فإذا كان البعد البؤري للمرآة 24.0 cm، فما طول الجسم الذي مثّلته هذه الصورة؟

- (A) 2.3 cm  
(B) 3.5 cm  
(C) 14 cm  
(D) 19 cm

6. كوّنّت مرآة مقعرة بعدها البؤري 16 cm صورة على بُعد 38.6 cm منها. ما بُعد الجسم عن المرآة؟

- (A) 2.4 cm  
(B) 11.3 cm  
(C) 22.6 cm  
(D) 27.3 cm

7. كوّنّت مرآة محدبة صورة لجسم حجمها  $\frac{3}{4}$  حجم الجسم وعلى بُعد 8.4 cm خلف المرآة. ما البعد البؤري للمرآة؟

- (A) -34 cm  
(B) -11 cm  
(C) -6.3 cm  
(D) -4.8 cm

8. وُضعت كأس على بُعد 17 cm من مرآة مقعرة، فتكوّنت لها صورة على بُعد 34 cm أمام المرآة. ما تكبير الصورة؟ وما اتجاهها؟

- (A) 0.5، (مقلوبة)  
(B) 0.5، (معتدلة)  
(C) 2.0، (مقلوبة)  
(D) 2.0، (معتدلة)

### الأسئلة الممتدة

9. وضع جسم طوله 5.0 cm على بُعد 20.0 cm من مرآة محدبة بعدها البؤري -14.0 cm. ارسم مخطّط الأشعة بمقياس رسم مناسب لتبيّن طول الصورة.

$$h_i = 2.1 \text{ cm}$$

