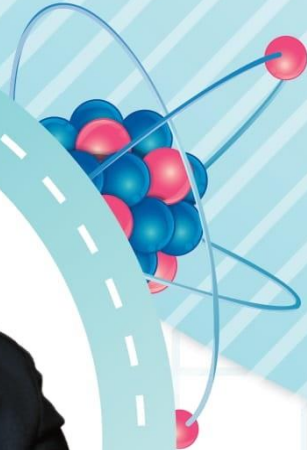


# الأول

في الفيزياء

انكسار

الضوء



الصف

9

التاسع

أ. مهند القرم



0785 800 802



## انكسار الضوء

### أولاً: مقدمة

س1: وضح أهمية الضوء في حياتنا.

1- سبب رؤية الأشياء من حولنا.

2- يسهل علينا استكشاف العالم المحيط بنا.

س2: كيف تحدث عملية الإبصار (الرؤية)؟

1- تعكس الأجسام من حولنا الضوء الساقط عليها من المصادر الضوئية كالشمس.

2- عندما يدخل الضوء المنعكس عن الأجسام إلى أعيننا ينكسر عن طريق عدسة العين ويتركز على الشبكية فتحدث الرؤية.

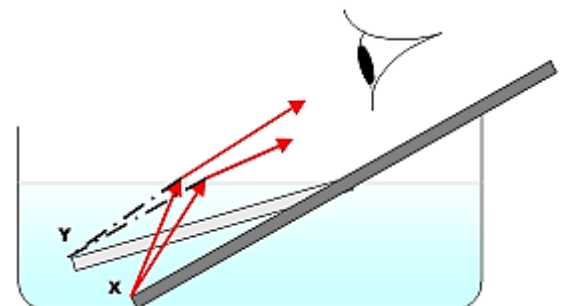
### ثانياً: الانكسار

تغيّر مسار الضوء عند انتقاله بين وسطين شفافين مختلفين.

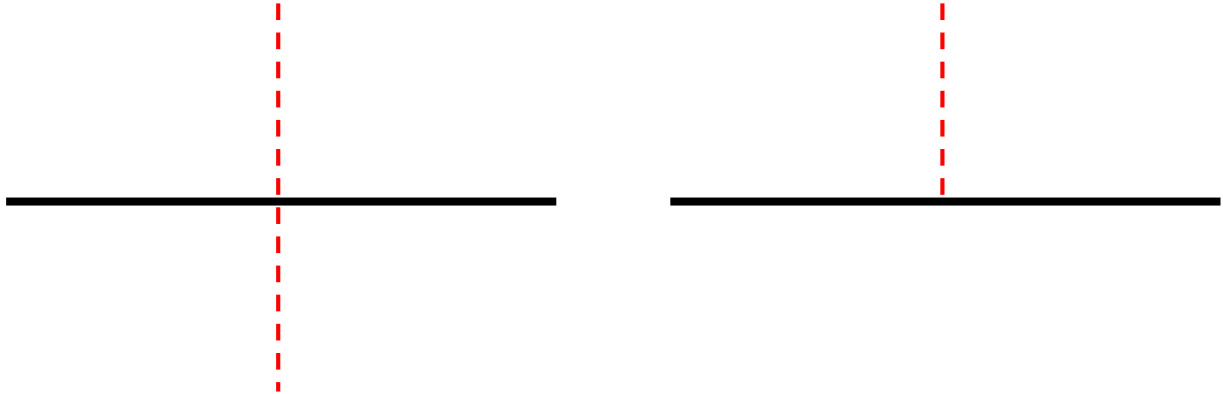
س3: كيف يحدث انكسار الضوء؟

عندما ينتقل الضوء من وسط شفاف إلى وسط شفاف آخر فإن سرعته تتغير.

س4: ما هي أعلى سرعة للضوء؟



س5: ما هو الفرق بين انعكاس الضوء وانكساره؟



ثالثاً: معامل الانكسار

النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في الوسط الشفاف.

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

س1: ما هي أقل قيمة لمعامل الانكسار للوسط الشفاف؟ فسر إجابتك.

---

---

---

---

---

---

س2: علام يدلّ معامل الانكسار؟

---

---

---

---

س3: من خلال القانون ، ما هي العلاقة بين معامل الانكسار وسرعة الضوء في الوسط الشفاف؟

---

---

---

---

س4: علّل: لا يوجد وحدة قياس لمعامل الانكسار.

**أفكر:** لماذا تقلُّ سرعة الضوء عندما ينتقل من الفراغ إلى وسطٍ شفافٍ؟

الربط بالتاريخ



أوّل من وصفَ قانونَ الانكسارِ وصفًا صحيحًا هو العالمُ المسلمُ العلاءُ بنُ سهلٍ في القرنِ العاشرِ الميلاديّ، وقد استخدمَ القانونَ في التوصلِ إلى الشكلِ الهندسيِّ لعدسةٍ ذاتِ تركيزٍ عالٍ، المعروفةِ باسمِ "anaclastic". وقد استفادَ الحسنُ بنُ الهيثمِ من أبحاثِ ابنِ سهلٍ في اكتشافاته الخاصةِ بعلمِ البصريّاتِ.

الجدولُ (1): معاملاتُ الانكسارِ لبعضِ الموادِّ الشفّافةِ.

معاملاتُ الانكسارِ لبعضِ الموادِّ الشفّافةِ

المادّةُ	الهواءُ	الماءُ	الأسيتون	الجلسرين	الزجاجُ	الكوارتز	الماس
معاملُ الانكسارِ	1.0003	1.33	1.36	1.47	1.52	1.54	2.42

**أفكر:** مستعينًا بتعريفِ معاملِ الانكسارِ وبالقيمِ الواردةِ في الجدولِ (1)، أفي الماءِ أم الزجاجِ تكونُ سرعةُ الضوءِ أكبرَ؟

## المثال ١

بالاستعانة بالجدول (1)، أحسب سرعة الضوء في الماء علماً بأن سرعته في الفراغ  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$

الجدول (1): معاملات الانكسار لبعض المواد الشفافة.

معاملات الانكسار لبعض المواد الشفافة							
المادة	الهواء	الماء	الأسيتون	الجلسرين	الزجاج	الكوارتز	الماس
معامل الانكسار	1.0003	1.33	1.36	1.47	1.52	1.54	2.42

## تمرين

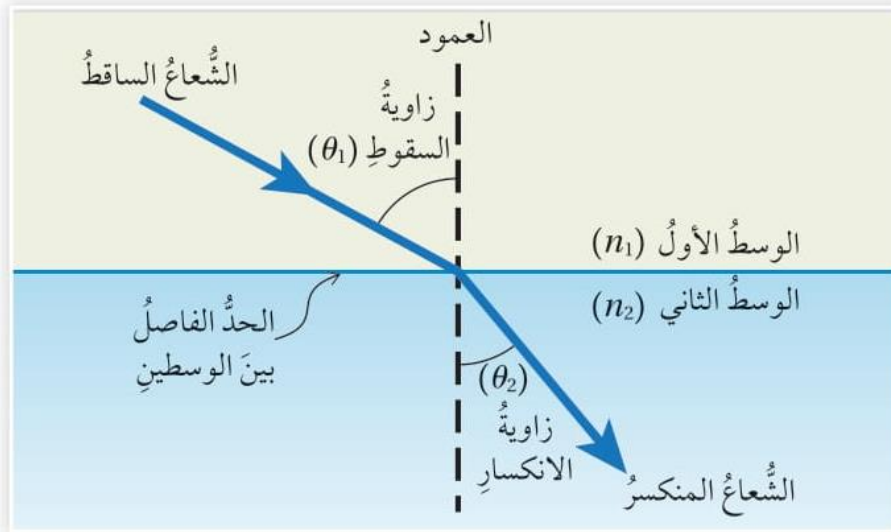
بالاستعانة بالجدول (1) أحسب سرعة الضوء في الزجاج.

س1: سرعة الضوء في مادة ما  $2 \times 10^8 \text{ m/s}$  احسب معامل الانكسار لهذه المادة.

س2: ما العلاقة بين كثافة الوسط ومعامل الانكسار وسرعة الضوء في الوسط ؟



رابعاً: تمثيل الانكسار بالرسم



الوسط الأول: الوسط الشفاف الذي يسقط فيه الشعاع الضوئي، ومعامل انكساره  $(n_1)$ .

الوسط الثاني: الوسط الشفاف الذي ينتقل فيه الشعاع المنكسر، ومعامل انكساره  $(n_2)$ .

الحد الفاصل بين الوسطين: سطح التقاء الوسط الأول مع الوسط الثاني.  
العمود: الخط العمودي على الحد الفاصل بين الوسطين الشفافين والمقام من نقطة السقوط (نقطة التقاء الشعاع الساقط بالحد الفاصل بين الوسطين).

زاوية السقوط **Angle of incidence**: الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود، ويرمز إليها بالرمز  $(\theta_1)$ .

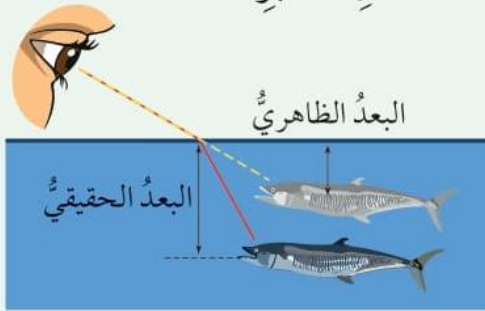
زاوية الانكسار **Angle of refraction**: الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر والعمود، ويرمز إليها بالرمز  $(\theta_2)$ .

وكل من الشعاع الساقط والشعاع المنكسر والعمود تقع جميعها في مستوى واحد عمودي على الحد الفاصل بين الوسطين.

الربط بالحياة

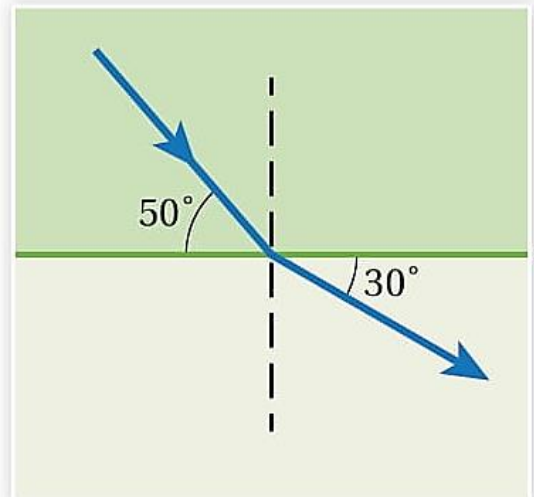


نظرًا إلى انكسار الضوء عند السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين، فإن الأجسام الموجودة داخل أحد الوسطين تبدو أقرب من موقعها الحقيقي (عند النظر إليها من الوسط ذي معامل الانكسار الأصغر)، أو أبعد من موقعها الحقيقي (عند النظر إليها من الوسط ذي معامل الانكسار الأكبر).



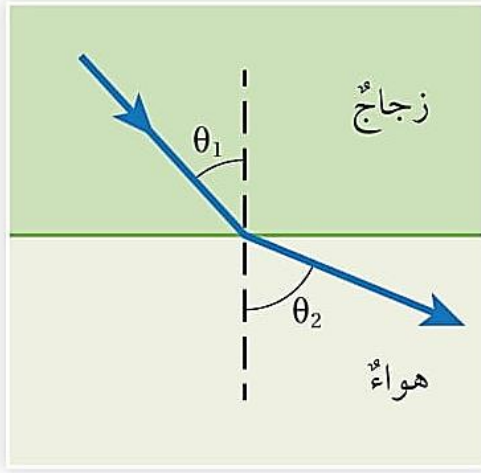
المثال 2

أحدّد كلاً من زاوية السقوط وزاوية الانكسار في الشكل.



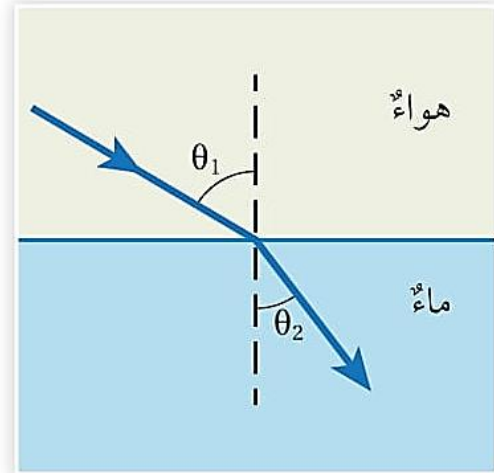


## خامساً: قانون سنل



(ب)

ب. انكسار الشعاع الضوئي مبتعداً عن العمود.



(أ)

أ. انكسار الشعاع الضوئي مقترباً من العمود.

✓ تجريبياً توصل العالم ويلبرورد سنل إلى علاقة رياضية بين زاويتي السقوط والانكسار.

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

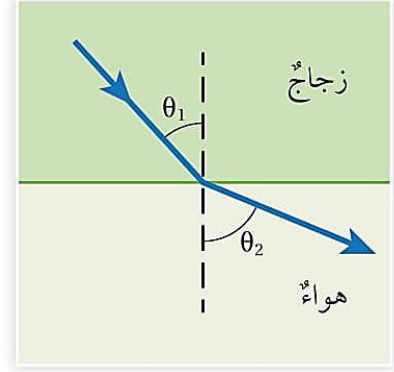
$n_1$ : معامل انكسار الوسط الأول

$n_2$ : معامل انكسار الوسط الثاني

$\theta_1$ : زاوية السقوط

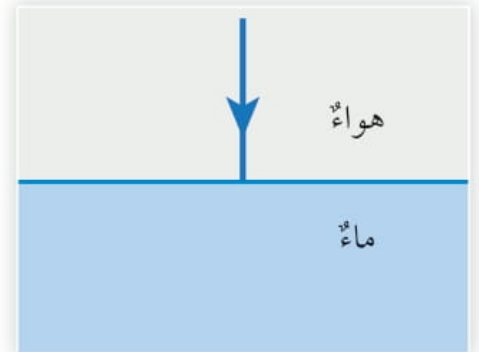
$\theta_2$ : زاوية الانكسار

✓ **أنحقّق:** إذا انتقل شعاع بين وسطين شفافين وكان  $n_1 > n_2$ ، ففي أي الوسطين تكون سرعة الضوء أكبر؟



### المثال 3

أحدّد الزاوية التي ينكسر فيها الشعاع الضوئي في الشكل.



يتّضح من المثال السابق أنّ الشعاع الضوئي لا يتغيّر مساره إذا سقط عمودياً على السطح الفاصل بين وسطين شفافين، ومع ذلك فإنّ سرعته تتغيّر، فالانكسار هو نتيجة لتغيّر سرعة الضوء عندما ينتقل من وسط شفاف إلى وسط شفاف آخر، وليس سبباً لهذا التغيّر.

#### المثال 4

انتقل شعاع ضوئي من الماء إلى وسط شفاف غير معلوم، فإذا كانت زاوية سقوط الشعاع  $45^\circ$  وزاوية انكساره  $38^\circ$ ، فأحسب معامل انكسار الوسط غير المعلوم، ثم أحدد طبيعته مستعيناً بالجدول (1).

#### لتريه

انتقل شعاع ضوئي من الماس إلى الماء، فإذا كانت زاوية سقوط الشعاع  $30^\circ$ ، فأحسب ما يأتي:

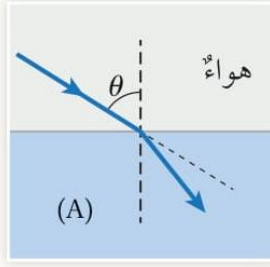
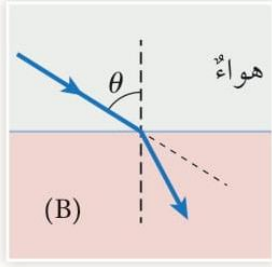
1. سرعة الضوء في الماس.
2. زاوية انكسار الشعاع في الماء.

## مراجعةُ الدرس

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** أوضِّحْ المقصودَ بانكسارِ الضوء.

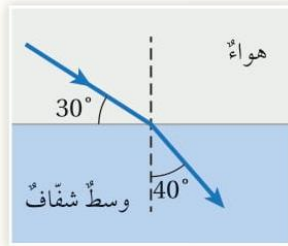
2. **أحسبُ** سرعةَ الضوءِ في الزركونِ (مادةٌ تُضافُ إلى المجوهراتِ لتقليدِ الماسِ)، إذا كانَ معاملُ انكساره (1.92).

3. **أحسبُ:** إذا كانتْ سرعةُ الضوءِ في وسطٍ شفافٍ تساوي  $(1.24 \times 10^8 \text{ m/s})$ ، أحسبُ معاملَ انكسارِ الوسطِ الشفافِ.



4. **أُحْلَلْ:** يبين الشكل انتقال شعاع ضوئي من الهواء إلى وسط شفاف (A)، وإلى وسط شفاف آخر (B) بزاوية السقوط نفسها. أبين في أي الوسطين (A) أو (B) تكون سرعة الضوء أكبر.

5. **أستخدم المتغيرات:** يبين الشكل انتقال شعاع ضوئي من الهواء إلى وسط شفاف، معتمداً على



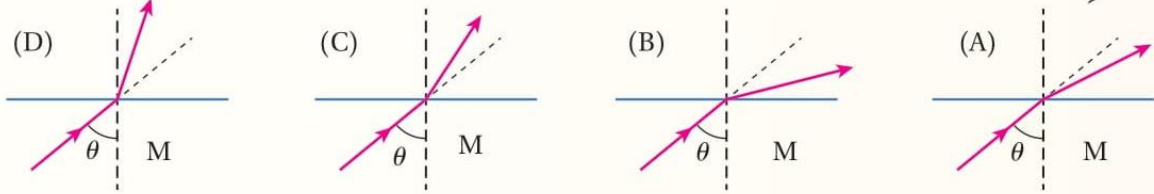
الشكل، أجد ما يأتي:

أ . زاوية السقوط.

ب . معامل انكسار الوسط الشفاف.

ج . سرعة الضوء في الوسط الشفاف.

6. **أحلل:** تُبين الأشكال الآتية انتقال شعاع ضوئي من وسط شفاف (M) إلى أوساط شفافة مختلفة (A, B, C, D). أرتب الأوساط الشفافة من الوسط ذي معامل الانكسار الأكبر إلى الوسط ذي معامل الانكسار الأصغر.

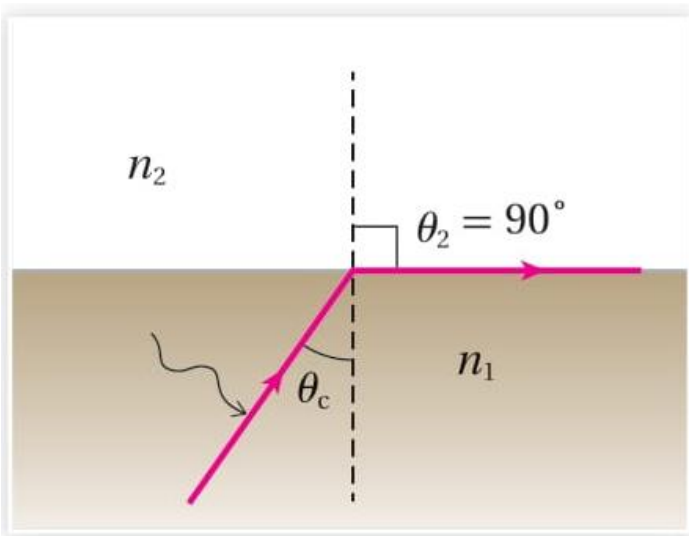
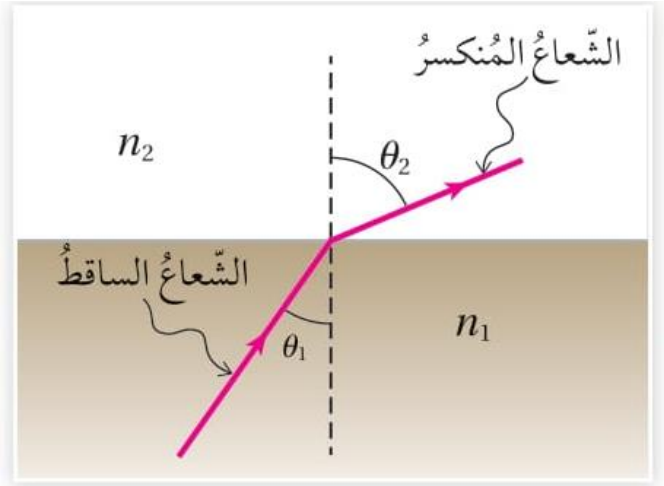


7. **التفكير الناقد:** صمم طالب تجربة لقياس معامل انكسار مادة شفافة، بإسقاط شعاع ضوئي من الهواء على المادة الشفافة، وقياس كل من زاوية السقوط وزاوية الانكسار، فكانت زاوية السقوط تساوي ( $10^\circ$ ) وزاوية الانكسار تساوي ( $13^\circ$ ). فهل يمكن أن تكون القيم التي سجلها الطالب لزاويتي السقوط والانكسار صحيحة؟ أوضح ذلك.



## تطبيقات وظواهر بصرية

### أولاً: الزاوية الحرجة



س1: أ- وضح المقصود بالزاوية الحرجة.

زاوية سقوط الشعاع الضوئي التي تقابلها زاوية انكسار مقدارها  $90^\circ$  ، ورمزها:

ب- اذكر شرط حدوث هذه الظاهرة.

انتقال الشعاع الضوئي من وسط معامل انكساره كبير إلى وسط معامل انكساره قليل  
✓ لكل وسطين زاوية حرجة خاصة فيهما.

س2: إذا انتقل الشعاع الضوئي من وسط شفاف إلى الهواء أو الفراغ كيف يمكن حساب الزاوية

الحرجة ؟

**أفكر:** كيف يمكن الاستفادة من فكرة الزاوية الحرجة في حساب معامل انكسار الوسط الشفاف؟

### المثال 5

أحسب الزاوية الحرجة للماء، علماً أن معامل انكسار الماء (1.33).

### لنحل

أحسب الزاوية الحرجة لقلب من الزجاج معامل انكساره (1.5).



### الربط بالحياة

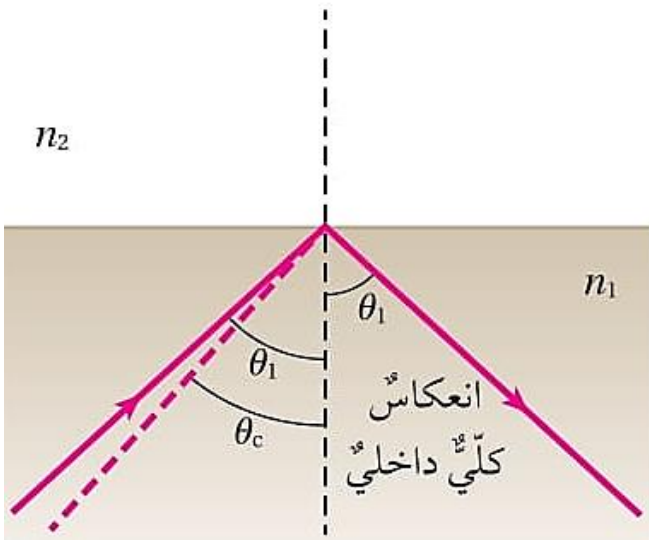
تبلغ الزاوية الحرجة للماس نحو 24.4 درجة تقريباً، وعليه عندما يدخل الضوء إلى الماس يحدث له العديد من الانعكاسات الكلية الداخلية، إذ يُصمَّم سطحه الخارجي على أن يكون له أوجه متعددة تهدف إلى جعل الضوء يتركز ويخرج من أماكن معينة، تكون زاوية سقوطه عندها أقل من 24.4 درجة، فيظهر متلألئاً من هذه الأماكن.

## ثانياً: الانعكاس الكلي الداخلي

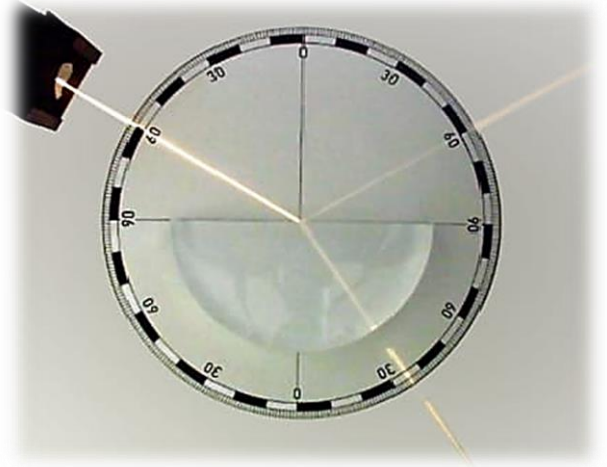
العملية التي تنعكس فيها الأشعة الضوئية كلياً في الوسط الذي سقطت فيه.

س: ما هي شروط حدوث الانعكاس الكلي الداخلي؟

- 1- انتقال الضوء من وسط معامل انكساره كبير إلى وسط معامل انكساره صغير.
- 2- زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة.

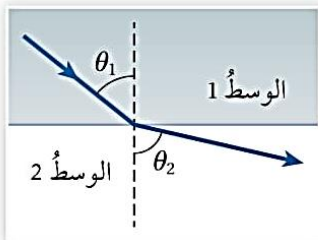


✓ عند الانعكاس تكون زاوية السقوط مساوية لزاوية الانعكاس حسب قانون الانعكاس.

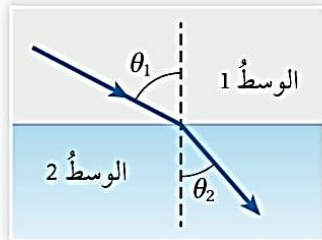


## المثال 6

أبين أي الشكليين (أ، ب) يمكن أن يُحقق شروط حدوث انعكاس كلي داخلي عندما تسقط الأشعة الضوئية في الوسط الأول.



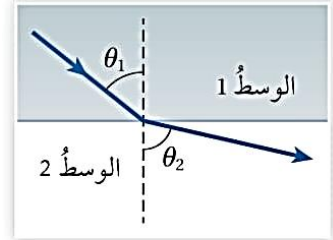
(ب)



(أ)

## المثال 7

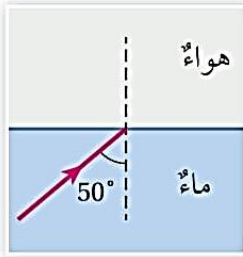
في المثال السابق، إذا كان معامل الانكسار للوسطين الأول والثاني على الترتيب للشكل (ب): 1.3، 1.8، فأحسب الزاوية الحرجة في الوسط الأول.



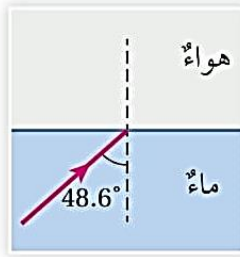
(ب)

## المثال 8

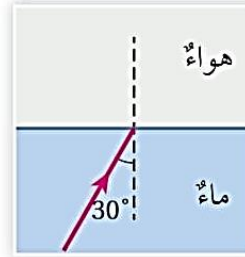
أكمل مسارات الأشعة في الأشكال الآتية لتوضيح مسار الضوء في كل حالة.



(ج)



(ب)



(أ)

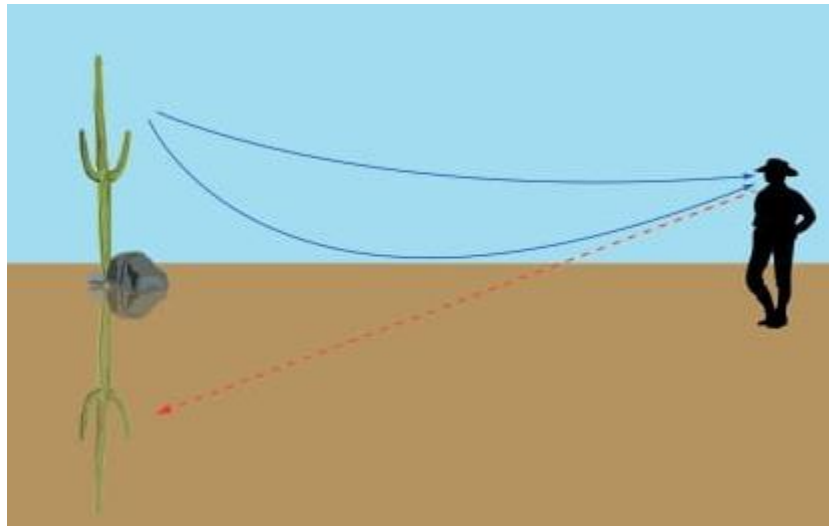
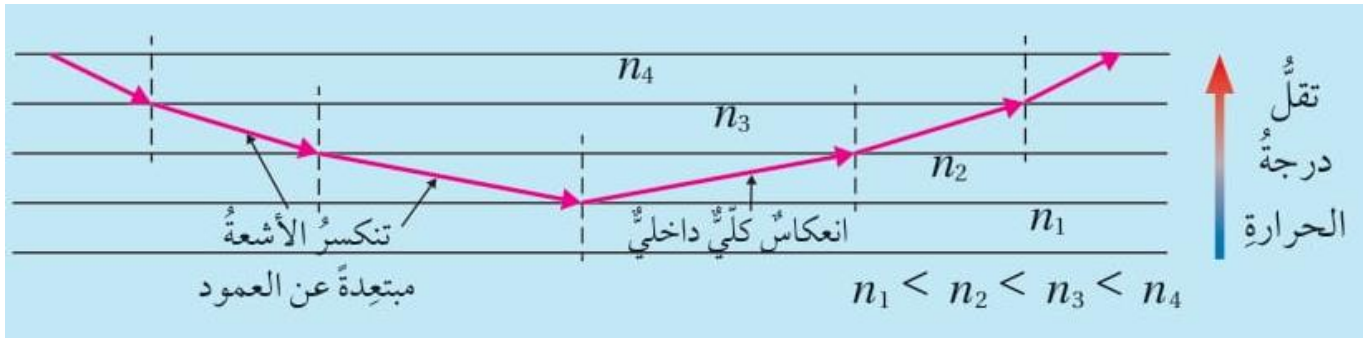
## ثالثاً: السراب

ظاهرة طبيعية تحدث نتيجة انكسارات متتالية للضوء خلال طبقات الهواء القريبة من سطح الأرض



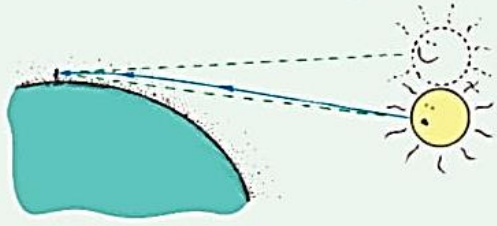
### 1- السراب الصحراوي (السفلي)

- ✓ يحدث في أيام الصيف الحارة
- ✓ معامل انكسار الهواء يزداد بنقصان درجة حرارته
- ✓ معامل الانكسار يزداد كلما ابتعدنا عن سطح الأرض





الأسفل، فتزدادُ معاملاتُ انكسارِها،  
لذا فإنَّ مسارَ الضوءِ ينحني تدريجيًّا  
نحوَ سطحِ الأرضِ، فيرى مراقِبُ  
على الأرضِ الشمسَ على امتدادِ  
آخرِ شعاعٍ يصلُهُ منها.



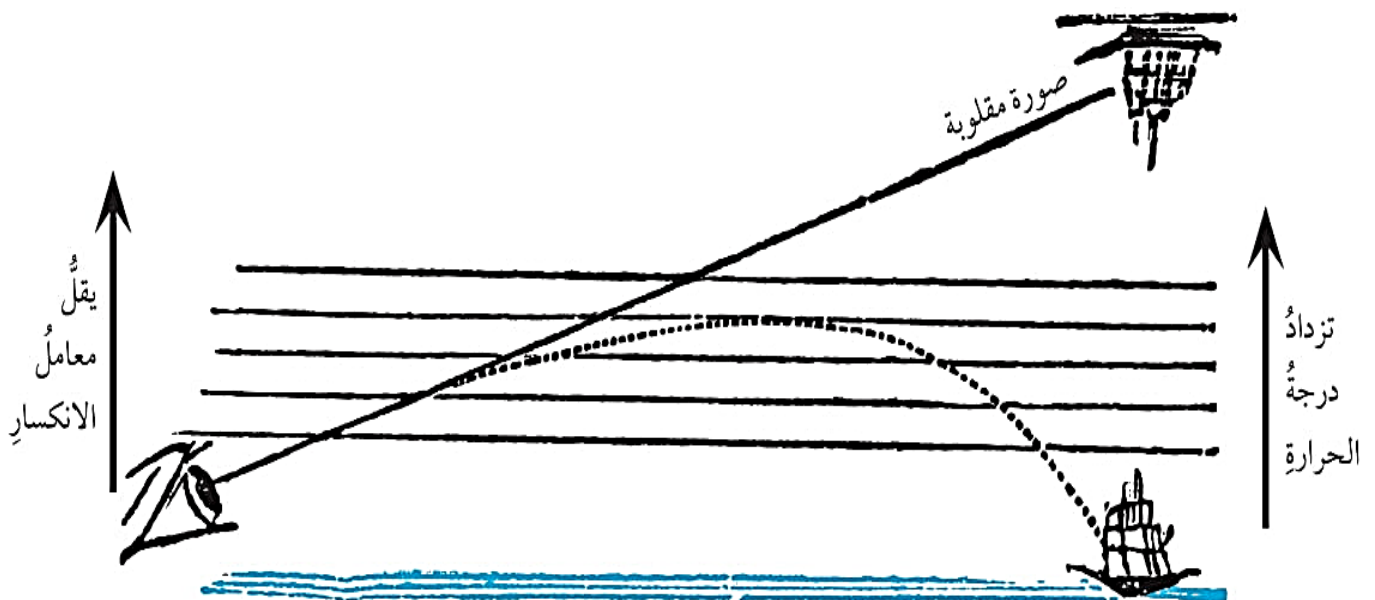
## الربطُ بعلمِ الفضاءِ



عندما نشاهدُ غروبَ الشمسِ،  
نراها دقائقَ عدَّةَ بعدَ أن تسقطَ وراءَ  
الأفقِ. نظرًا إلى أنَّ الضوءَ القادمَ  
من الشمسِ تحدثُ له انكساراتٌ  
متعددةٌ بعدَ دخوله الغلافِ الجويِّ،  
إذ تزدادُ كثافةُ طبقاتِ الغلافِ  
الجويِّ تدريجيًّا كلما اتَّجهنا نحوَ

## 2- السراب القطبي (العلوي)

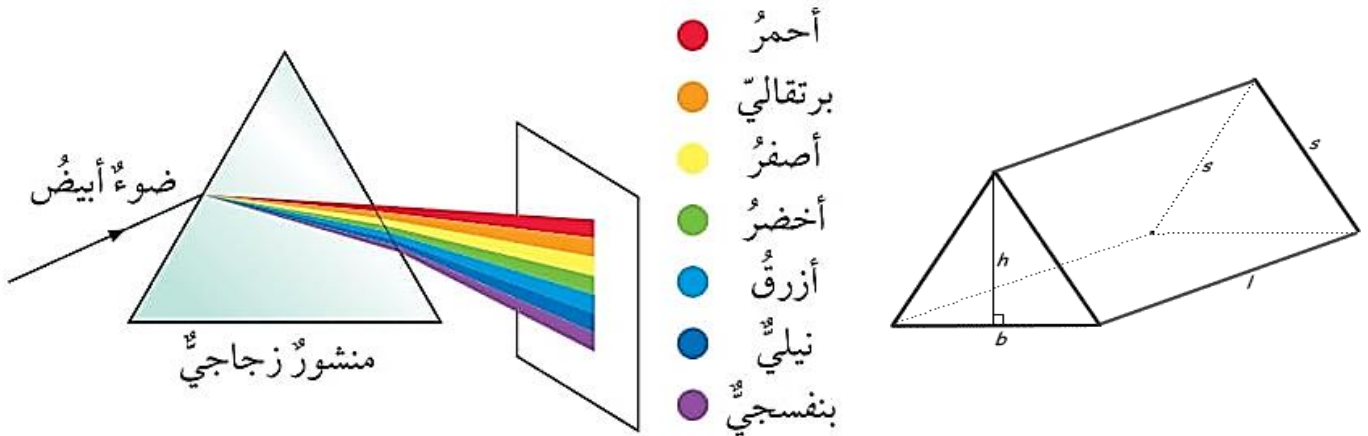
- ✓ يحدث في المناطق القطبية الباردة
- ✓ معامل الانكسار يقل مع ازدياد درجة الحرارة
- ✓ معامل الانكسار يقل كلما ابتعدنا عن سطح الأرض





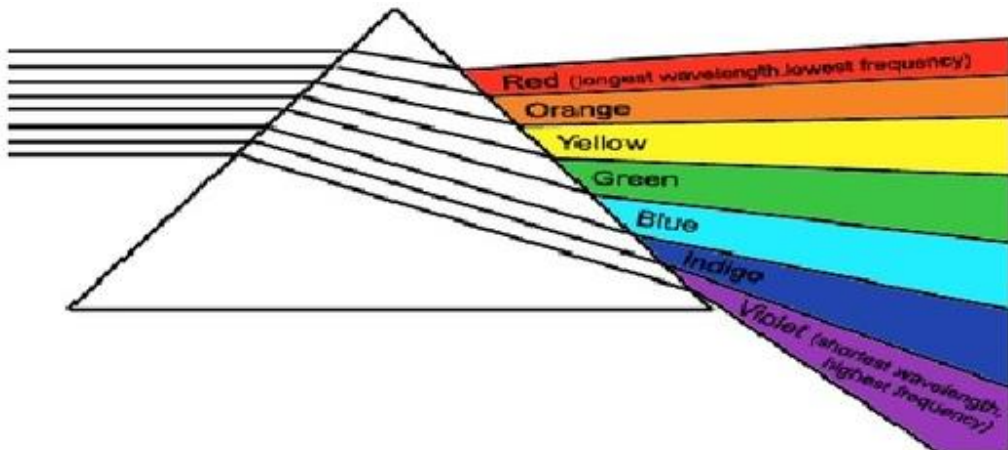
## ثالثاً: قوس المطر

- ✓ يتكوّن الضوء الأبيض (ضوء الشمس) من سبعة ألوان (ألوان الطيف المرئي)
- ✓ يمكن رؤيتها من خلال تحليل الضوء الأبيض بوساطة منشور زجاجي بتوجيه أحد أوجهه نحو الشمس واستقبال ألوان الطيف من الوجه المقابل على ورقة بيضاء.

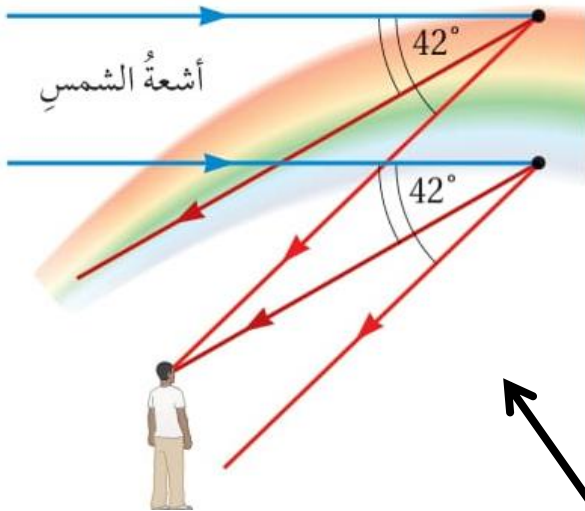
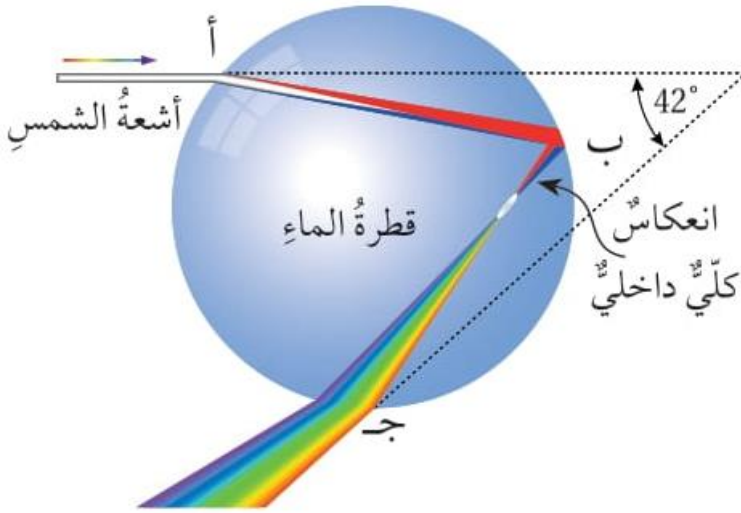


### س1: وضح فكرة تحليل المنشور لألوان الطيف ؟

- ✓ معامل انكسار المنشور يتغير بتغير لون الضوء الساقط عليه.
- ✓ لكل لون من ألوان الطيف المرئي معامل انكسار مختلف عن الآخر.
- ✓ أكبر معامل انكسار للون البنفسجي وأقل معامل انكسار للون الأحمر.
- ✓ أكبر زاوية انكسار للون البنفسجي وأقل زاوية انكسار للون الأحمر.
- ✓ تظهر ألوان الطيف مرتبة بحسب معاملات الانكسار للمنشور.



## س2: كيف يتشكل قوس المطر؟



✓ عند النقطة (أ) تنتقل أشعة الشمس من الهواء إلى داخل قطرة الماء وتنكسر مقتربة من العمود المقام بزوايا مختلفة باختلاف لون الضوء.

✓ عند النقطة (ب) تسقط الأشعة على السطح الداخلي للقطرة وتنعكس انعكاساً كلياً داخلياً داخل القطرة (الزاوية الحرجة > زاوية السقوط).

✓ عند النقطة (ج) تنكسر مبعدة عن العمود المقام بزوايا مختلفة وتتابع مسيرها خارج قطرة الماء.

✓ تتكرر هذه العملية في قطرات الماء المجاورة لتتشكل في النهاية حلقة دائرية من ألوان الطيف المرئي يظهر منها قوس للمشاهد الذي يقف متوجهاً لجهة معاكسة للشمس.

**أفكر:** لماذا لا يرى قوس المطر لشخص يقف متوجهاً نحو الشمس؟

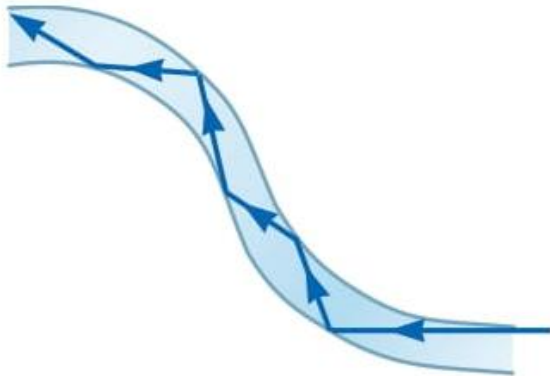
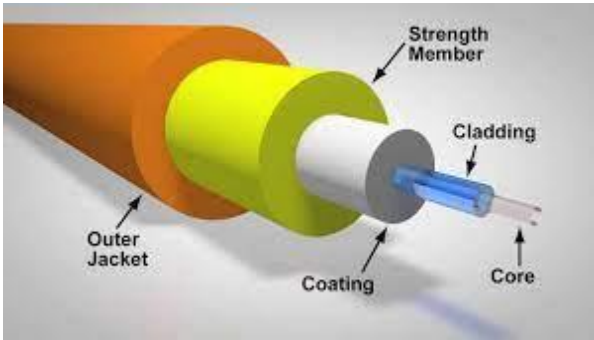
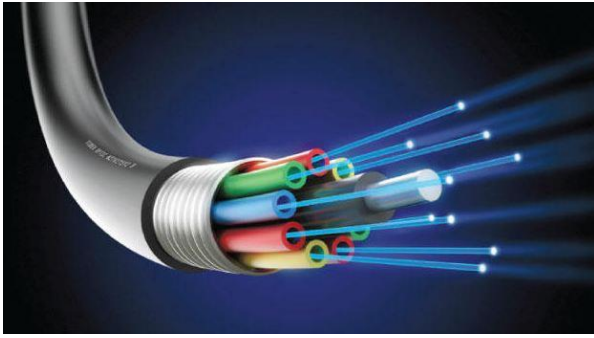
بسبب الانعكاس الكلي الداخلي للأشعة داخل القطرة باتجاه الجهة التي فيها الشمس فإذا كان الشخص في الجهة المقابلة لن تصله الأشعة المنعكسة.

### ثالثاً: الألياف الضوئية

أنابيب رفيعة وشفافة تُصنع من الزجاج أو البلاستيك ، وتُستخدم لنقل الضوء.

س1: ممّ يتكوّن الليف الضوئي ؟

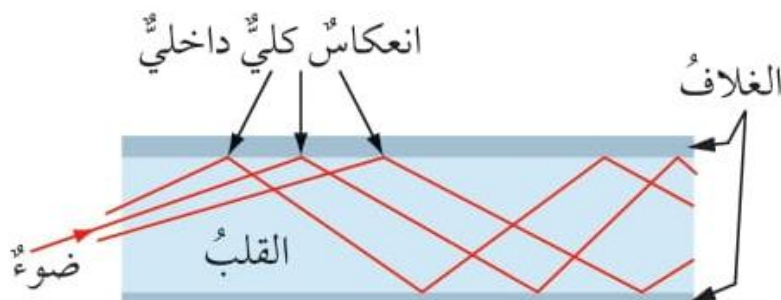
يتكون من أنبوبين شفافين متداخلين : القلب ويتراوح قطره من (10 – 50) ميكرومتر، والغلاف ويبلغ قطره نحو (125) ميكرومتر.



✓ تُعدّ الألياف الضوئية من التطبيقات على الانعكاس الكلي الداخلي.  
✓ تمتاز الألياف الضوئية بمرونتها العالية، إذ يُمكن ثنيها.

س2: كيف يبقى الضوء داخل الليف الضوئي ولا ينتقل إلى الخارج ؟

يكون معامل انكسار مادة الغلاف أقلّ منها لمادة القلب وعندما يدخل الضوء إلى قلب الليف الضوئي فإنه يسقط بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة بسبب قطر القلب الصغير جداً ، وبذلك يحدث الانعكاس الكلي الداخلي بشكل متكرر داخل القلب ولا يخرج الضوء.



س3: كيف يحافظ الليف على الطاقة الضوئية؟

بسبب الانعكاس الكلي الداخلي المتكرر داخل قلب الليف لا يخرج الضوء وبذلك يبقى محافظاً على طاقته.

س4: عدد بعض التطبيقات للألياف الضوئية في مجالي الطب والاتصالات؟



**في الطب:** المنظار الذي تُعدّ الألياف الضوئية الجزء الأساسي منه حيث يُستخدم لاستكشاف الأعضاء الداخلية المختلفة بصرياً دون جراحة بسبب مرونة الألياف الضوئية حيث تسمح بتنقل المنظار داخل مناطق مثل: الأمعاء والقلب... كما يمكن من خلالها إجراء عمليات جراحية في مفصل الركبة مثلاً أو إزالة الزوائد اللحمية والأورام.

**في الاتصالات:** تُستخدم الألياف الضوئية لنقل إشارات المحادثات واتصالات الإنترنت بكفاءة عالية جداً.

الشكل (15):

أ. تنظير القولون باستخدام منظار ثلاثي الأبعاد.

ب. منظار ثلاثي الأبعاد يُزيل ورم القولون بحلقة سلكية.

س5: لماذا تمتاز الألياف الضوئية عن الأسلاك النحاسية؟

1- سرعة كبيرة في نقل البيانات.

2- الحفاظ على سرية البيانات بشكل كبير.

3- مقاومتها للتشويش.

4- حجم المعلومات الكبير الذي يتم نقله

مثلاً : يمكن لليف زجاجي واحد بسمك شعرة الإنسان أن ينقل معلومات صوتية أو فيديو تكافئ 32000 مكالمات صوتية في الوقت نفسه



## مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أوضح المقصود بالانعكاس الكلي الداخلي، وأذكر شروط حدوثه.

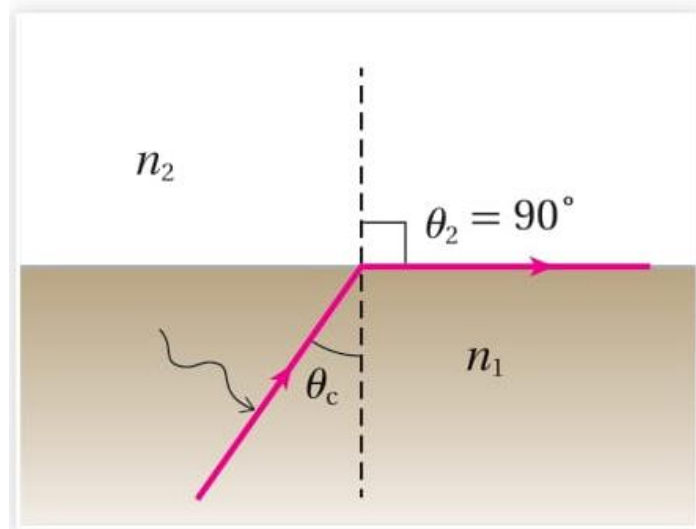
العملية التي تنعكس فيها الأشعة الضوئية كلياً في الوسط الذي سقطت فيه.

**شروط حدوث الانعكاس الكلي الداخلي؟**

1- انتقال الضوء من وسط معامل انكساره كبير إلى وسط معامل انكساره صغير.

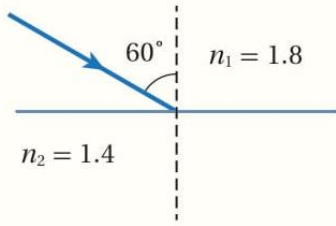
2- زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة.

2. **أصف** موضحاً بالرسم الزاوية الحرجة وعلاقتها بالانعكاس الكلي الداخلي.



3. **أقارن** بين السراب الصحراوي والسراب القطبي.

من حيث	السراب الصحراوي	السراب القطبي
مكان الحدوث	في المناطق الحارة	في المناطق الباردة
مكان تكوّن السراب	سفلي	علوي
معامل الانكسار	يزداد كلما ارتفعنا عن سطح الأرض	يقل كلما ارتفعنا عن سطح الأرض



4. **أحلل:** سقط شعاع ضوئي على الحد الفاصل بين وسطين شفافين بزاوية  $(60^\circ)$  على نحو ما يظهر في الشكل. أحسب الزاوية الحرجة، وأحدد ما إذا كان الشعاع الضوئي سينعكس كلياً داخل الوسط الأول.

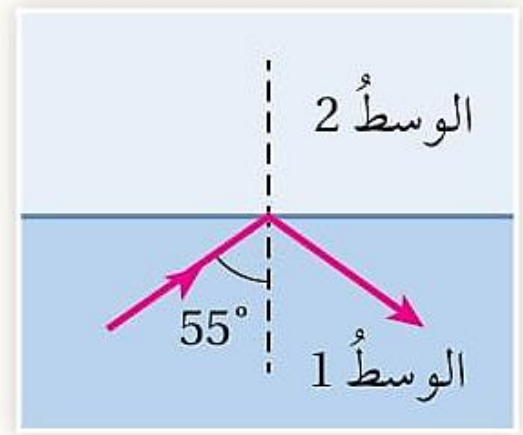
5. **أحسب:** إذا كانت الزاوية الحرجة للماس تساوي  $(24.4^\circ)$ ، فما معامل انكسار الماس.

6. **أحلل:** إذا كان معامل انكسار الوسط الأول في الشكل المجاور يساوي  $(1.7)$ ، فما معامل انكسار الوسط الثاني.



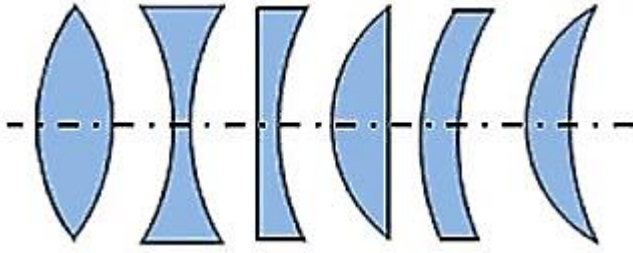


7. **أُطبّق:** سقط شعاعٌ ضوئيٌّ على الحدِّ الفاصلِ بينَ وسطينِ شفّافين، فانعكسَ كلياً في الوسطِ الأولِ، على نحوٍ ما يظهرُ في الشكلِ المجاور. فما المعلوماتُ التي يمكنُ معرفتها عن:
- أ . العلاقة بينَ معاملي انكسارِ الوسطينِ الشفّافين؟
- ب . الزاوية الحرجة؟



## العدسات الرقيقة

### أولاً: العدسات



كما درسنا سابقاً تكون الأخيلة للأجسام في المرايا بوصفها تطبيقاً عملياً على انعكاس الضوء سندرس الآن تكون الأخيلة في العدسات بوصفها تطبيقاً عملياً على الانكسار.

### س1: ما هي العدسة؟

قطعة بصرية تتكون من وسط شفاف يحده سطحان منحنيان ، أو أحدهما مستو والآخر منحن

✓ أصل التسمية : Lens من الكلمة اللاتينية Lentil seed التي تعني حبة العدس ،

فهي تُشبه العدسة محدبة الوجهين.

✓ من الأدوات والأجهزة التي تُستخدم فيها العدسات:



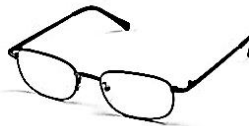
كاميرا



منظار



تلسكوب



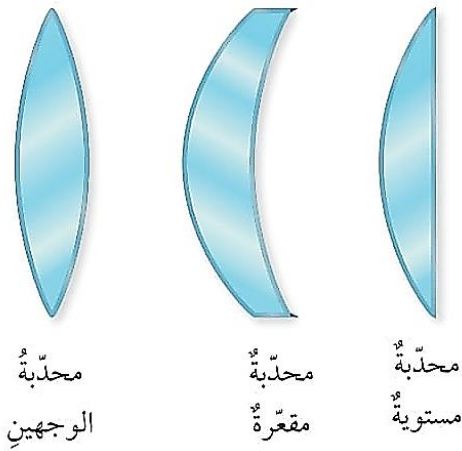
نظارات



مجهر

## ثانياً: أنواع العدسات

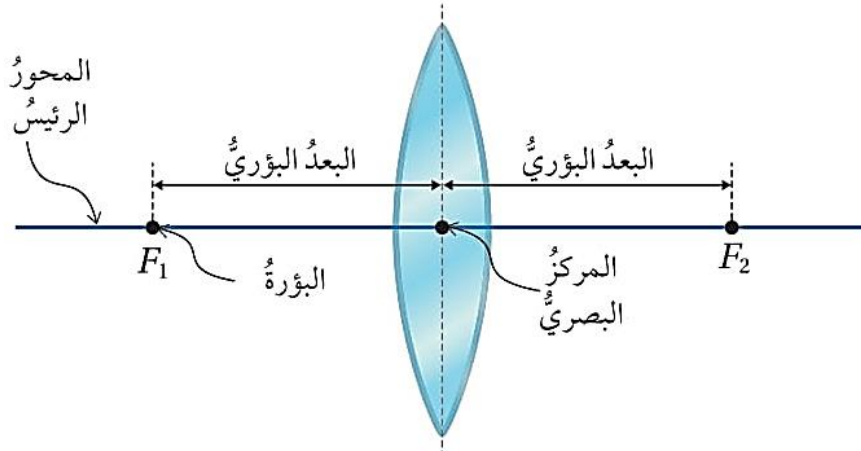
### أولاً: العدسات المحدبة.



- ✓ عدسات تكون سمكة من الوسط وأقل سمكاً عند الحافات
- ✓ لها ثلاثة أشكال مختلفة.

### مصطلحات العدسة الرئيسية

لدراسة سلوك الأشعة الضوئية التي تعبر العدسة لا بد من التعرف إلى بعض المصطلحات.



★ المركز البصري: النقطة التي تتوسط العدسة.

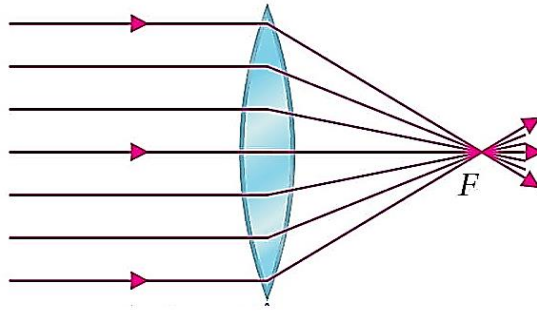
★ البؤرة (F): نقطة التقاء الأشعة الضوئية المنكسرة عن العدسة أو امتداداتها عندما تسقط موازية للمحور الرئيسي.

★ المحور الرئيسي: الخط المستقيم المارّ ببؤرتي العدسة ومركزها البصري.

★ البعد البؤري: المسافة بين البؤرة والمركز البصري.

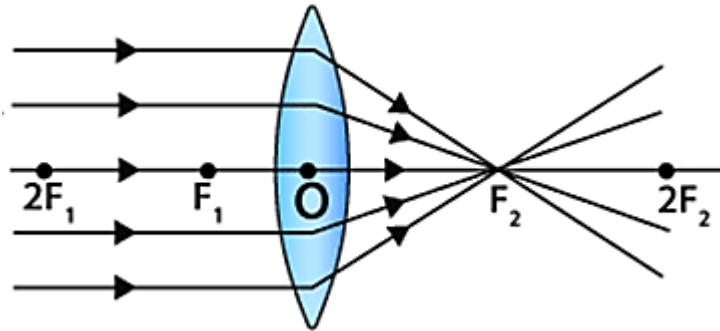
✓ تُعتبر العدسة المحدبة عدسة مُجمّعة ، لأنها تعمل على تجميع الأشعة الساقطة عليها

✓ إذا سقطت الأشعة الضوئية على العدسة المحدبة من جهة فإنها تتجمع في بؤرتها على الجهة الأخرى.



✓ تُوصف بؤرة العدسة المحدبة بأنها حقيقية لأنها ناتجة من التقاء الأشعة النافذة من العدسة.

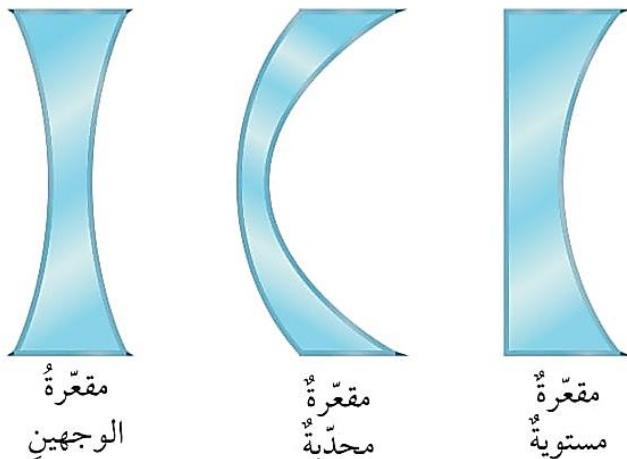
✓ نلاحظ أن للعدسة بؤرتين  $(F_1, F_2)$  تقعان على جانبي العدسة وعلى البعد نفسه منها.



ثانياً : العدسات المقعرة.

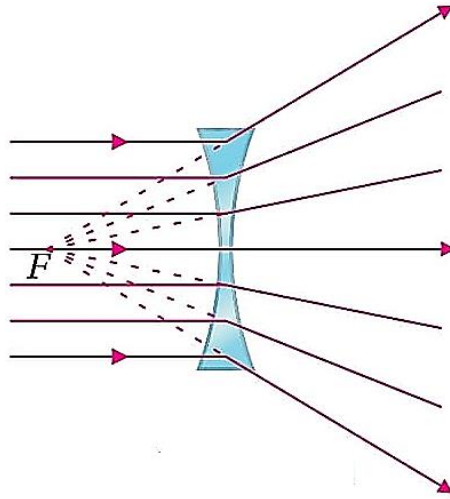
✓ عدسات سمكية عند الحافات وأقلّ سمكاً عند الوسط.

✓ لها ثلاثة أشكال مختلفة.



✓ إذا سقطت أشعة ضوئية على العدسة المقعرة من جهة فإنها تتفرق عندما تنفذ إلى الجهة الأخرى بينما تتجمع امتداداتها في البؤرة الموجودة في جهة السقوط.

✓ تُعتبر العدسة المقعرة عدسة مُفرقة ، لأنها تعمل على تفريق الأشعة الساقطة عليها.



✓ تُوصف بؤرة العدسة المقعرة بأنها وهمية لأنها ناتجة من التقاء امتدادات الأشعة النافذة من العدسة.

**أفكر:** عندما أوجه أحد أوجه عدسة محدبة نحو الشمس فإن أشعة الشمس تتجمع في بقعة صغيرة شديدة الإضاءة، يُمكنها أن تحرق ورقة رقيقة، فكيف تفسر ذلك؟



### ثالثاً: تكون الأخيلة في العدسات

✓ تكمن أهمية العدسات في أنها تكون أخيلة للأجسام التي توضع أمامها.

✓ تختلف صفات الأخيلة المتكوّنة باختلاف :

1- نوع العدسة.

2- البعد البؤري للعدسة.

3- موقع الجسم بالنسبة للعدسة.

★ صفات الأخيلة:

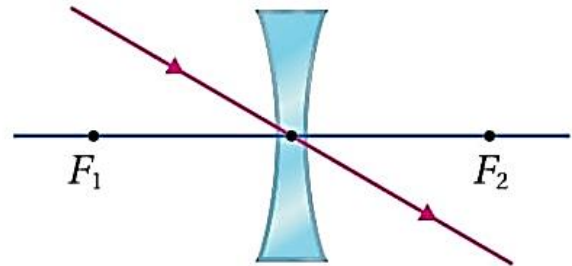
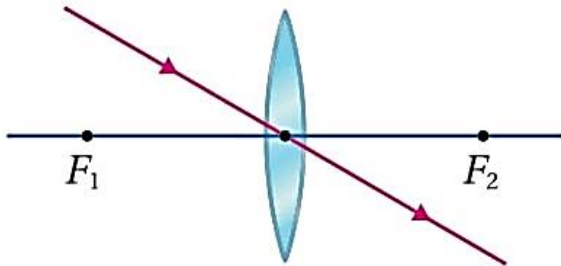
حقيقي	وهي	مكبر و مساوٍ للجسم ومصغر
مقلوب	معتدل	

### المخططات الشعاعية المعيارية

✓ الشعاع المعياري: هو الشعاع الذي نعرف مساره الكامل.

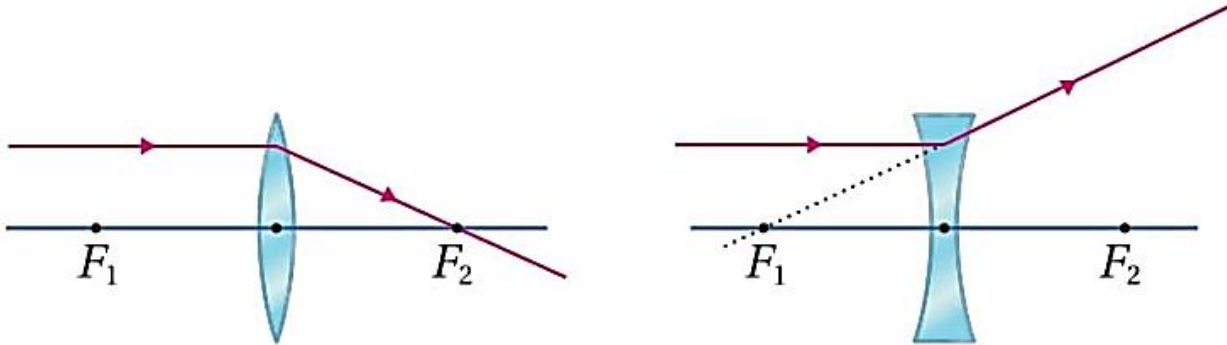
✓ هناك 3 أشعة معيارية نستخدمها لـ : 1- تحديد موقع خيال الجسم 2- معرفة صفات الخيال.

1- الشعاع المارّ بالمركز البصري للعدسة المحدبة أو العدسة المقعرة يستمرّ في مساره دون انحراف.

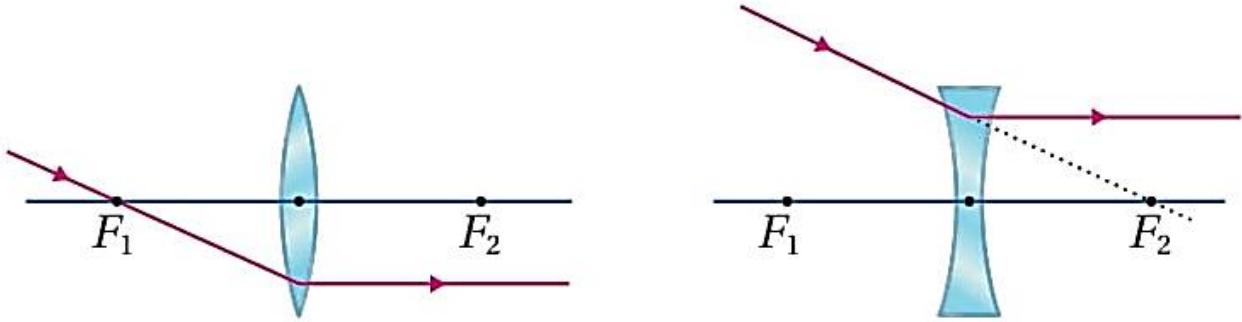




2- الشعاع الموازي للمحور الرئيس ينكسر في العدسة المحدبة ماراً بالبؤرة. وفي العدسة المقعرة ينكسر بحيث يمر امتداده بالبؤرة.

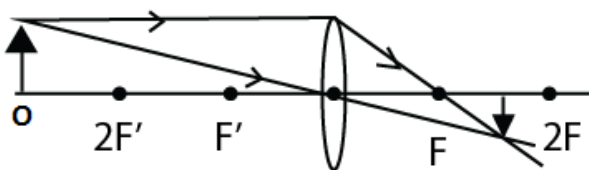
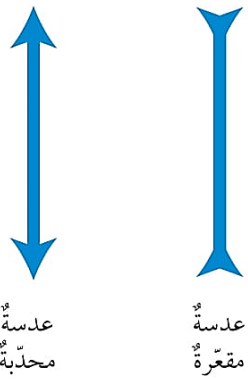


3- الشعاع المار ببؤرة العدسة المحدبة أو امتداده يمر ببؤرة العدسة المقعرة منكسر موازياً للمحور الرئيس.



✓ لإيجاد موقع وصفات الخيال المتكوّن في العدسة بالرسم، أتبع الخطوات الآتية:

- 1- أرسم رسماً تخطيطياً يمثل العدسة.
- 2- أرسم المحور الرئيس والذي يمر بالمركز البصري.
- 3- أرسم مخططاً للجسم أو سهماً يقع على المحور الرئيس.
- 4- أرسم على الأقل مخططين للأشعة المعيارية ويكون الثالث للتأكد.
- 5- أرسم مخططاً للخيال أو سهماً يكون ذيله على المحور الرئيس ورأسه عند نقطة التقاء الأشعة المعيارية أو امتداداتها.
- 6- أقارن الخيال بالجسم وأحدد صفات الخيال الثلاثة.



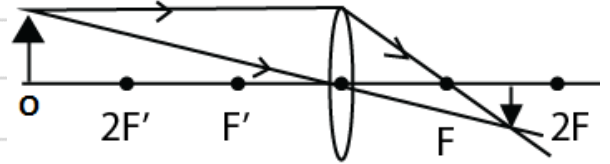
**حقيقي:** ناتج عن التقاء الأشعة النافذة من العدسة.

**وهمي:** ناتج عن التقاء امتدادات الأشعة النافذة.

**معتدل:** رأس الخيال فوق المحور الرئيس.

**مقلوب:** رأس الخيال تحت المحور الرئيس.

**أفكر:** لماذا يتكوّن خيالُ الجزء السفليّ للجسمِ على المحورِ الرئيسِ؟



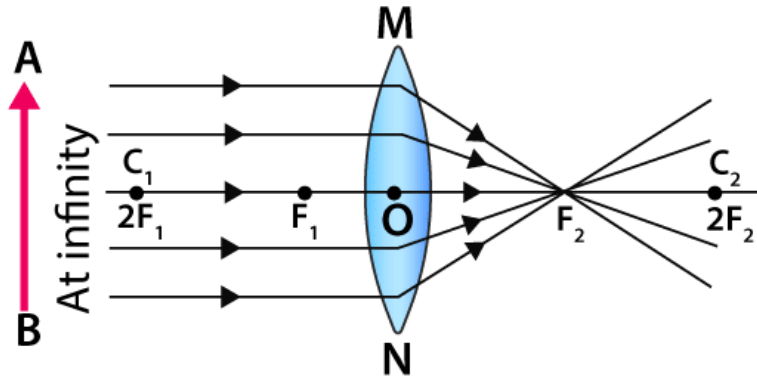
### الربطُ بعلم الفضاء



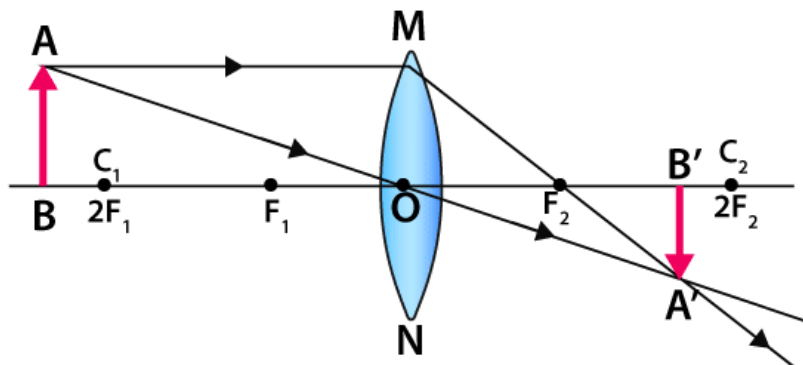
تنبأ النظرية النسبية العامة لأينشتاين بأنّ الضوء الذي يمرُّ بالقرب من الأجسام الثقيلة جداً مثل المجرات والثقوب السوداء والنجوم الضخمة سوف ينحني. لذا تعمل هذه الأجسام الضخمة عمل نوع من العدسات يُعرف باسم عدسات الجاذبية Gravitational Lenses. وتقوم عدسات الجاذبية هذه بتشويه المواقع الظاهرية للنجوم وتغييرها.

تكوّن الأخيلة في العدسة المحدبة

BYJU'S  
The Learning App



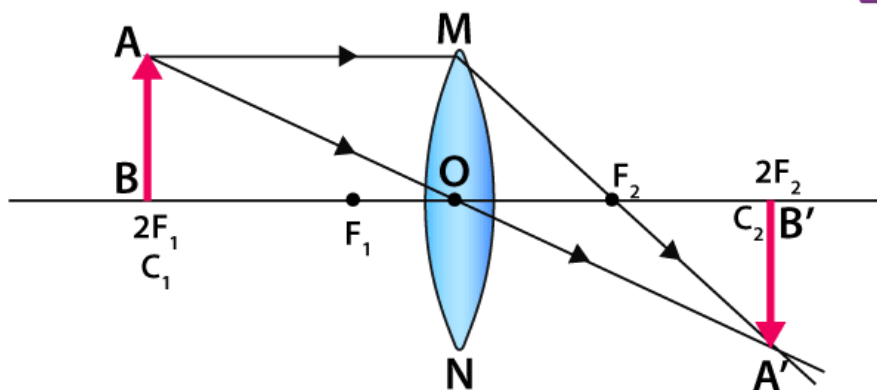
✓ الحالة الأولى:  $x > 2F$  (بُعد الجسم عن العدسة أكبر من مثلي البعد البؤري)



BYJU'S  
The Learning App

صفات الخيال:

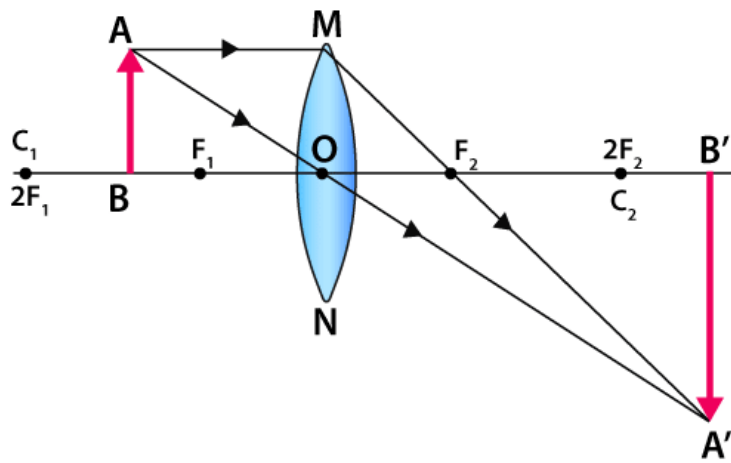
✓ الحالة الثانية:  $x = 2F$  (بُعد الجسم عن العدسة يساوي مثلي البعد البؤري)



BYJU'S  
The Learning App

صفات الخيال:

✓ الحالة الثالثة :  $2F > x > F$  ( الجسم بين البؤرة ومثلي البعد البؤري )



BYJU'S  
The Learning App

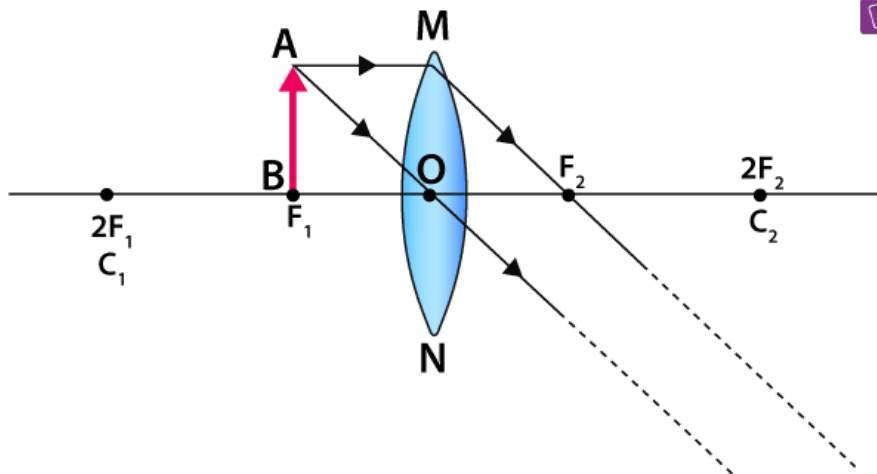
© Byjus.com

صفات الخيال:

✓ الحالة الرابعة:  $x = F$  (بُعد الجسم عن العدسة يساوي البعد البؤري)

لتذكره

أُبين من خلال رسم المخططات الشعاعية المعيارية سبب عدم تكون خيال للحالة رقم (4) في التجربة (3) السابقة.  $x = F$



BYJU'S  
The Learning App

© Byjus.com

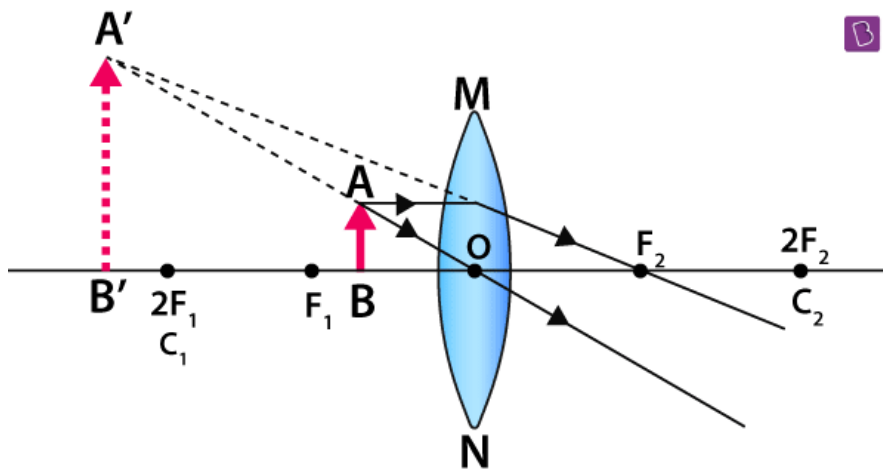
صفات الخيال:



( الجسم بين البؤرة والعدسة )

$$x < F$$

✓ الحالة الخامسة:



BYJU'S  
The Learning App

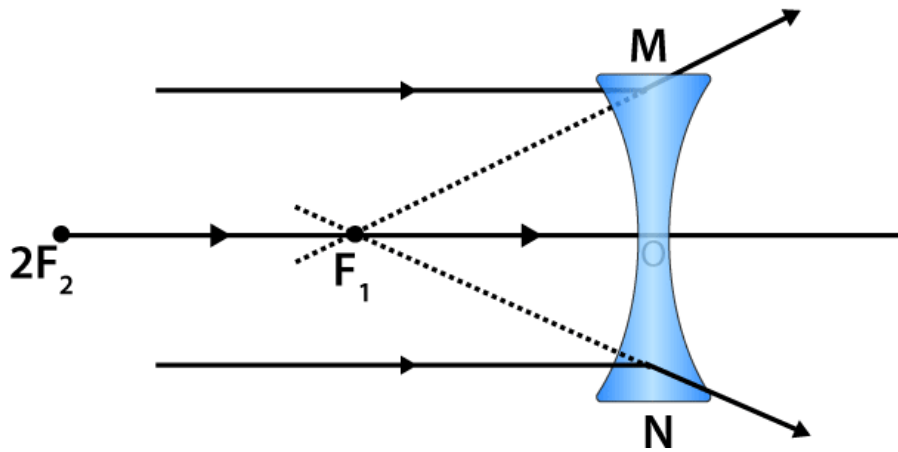
صفات الخيال:

من خلال الرابط يمكن تجربة صفات الأحيلة للعدسة المحدبة عملياً

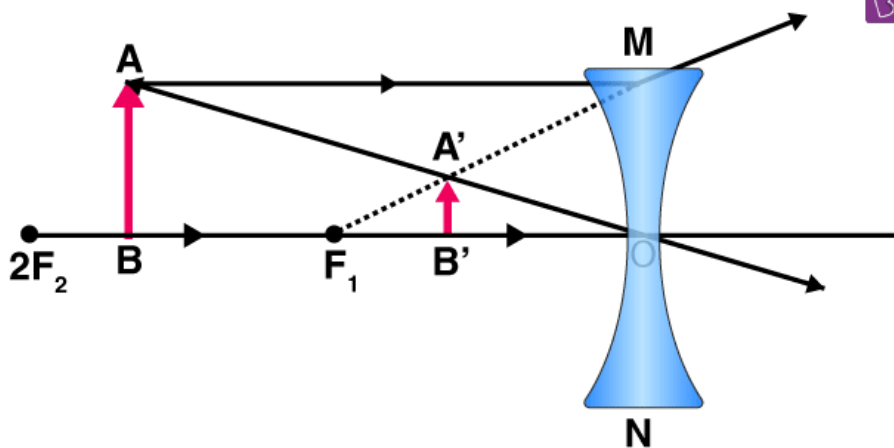
<https://www.geogebra.org/m/N8cCAwne>

تكوّن الخيال في العدسة المقعرة

BYJU'S  
The Learning App



BYJU'S  
The Learning App

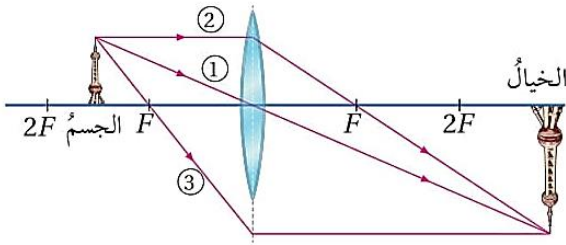
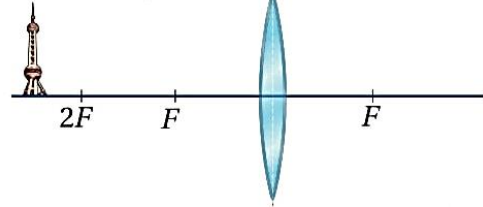
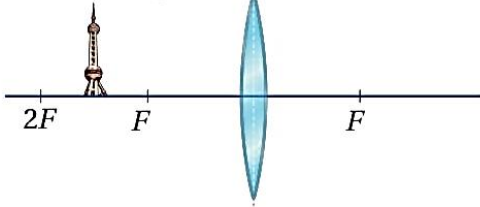


صفات الخيال:

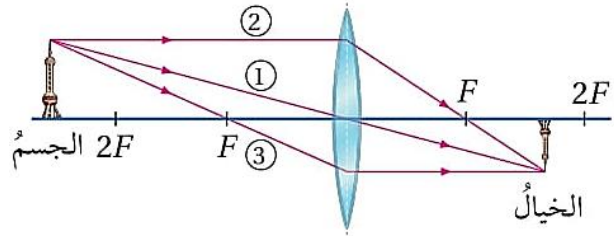
## المثال 9

أحدّد بالرسم موقع وصفات الخيال المتكوّن لجسم موضوع أمام عدسة محدّبة عندما يكون:

1. بُعد الجسم عن العدسة أكبر من مثلي البعد البؤري.
2. الجسم بين البؤرة ومثلي البعد البؤري.



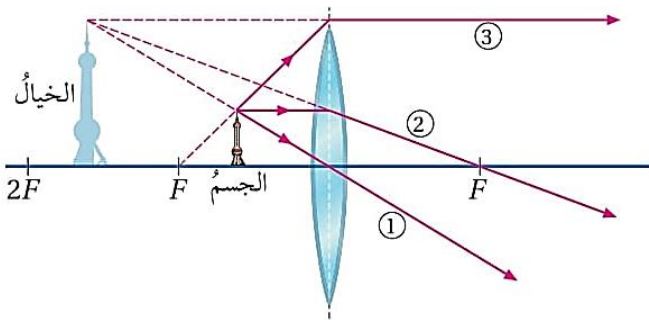
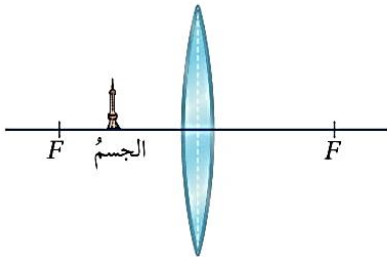
مكبر ومقلوبٌ وحقيقيٌّ



مصغّر ومقلوبٌ وحقيقيٌّ

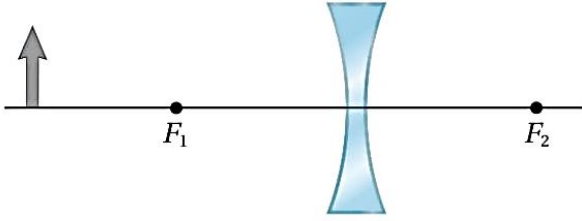
## المثال 10

أحدّد بالرسم موقع وصفات الخيال المتكوّن لجسم موضوع بين عدسة محدّبة وبؤرتها.

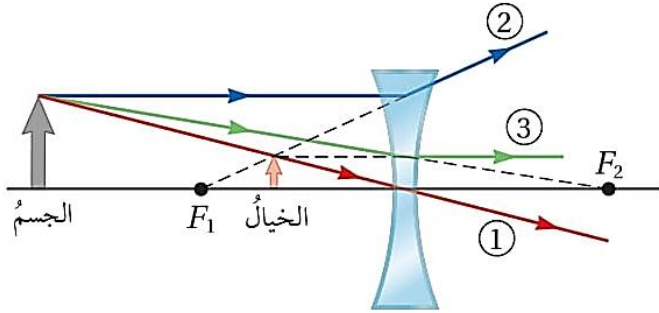


مكبر ومعتدلٌ ووهميٌّ

## المثال ١١



أحدّد بالرسم موقعَ وصفاتِ الخيالِ المتكوّنِ لجسمٍ موضوعٍ أمامَ عدسةٍ مقعّرةٍ.



مصغّرٌ ومعتدلٌ ووهميٌّ

### ✓ ملاحظات عامة:

- 1- يمكن أن تتحقق صفات الخيال كلها في حالات العدسة المحدبة ، بينما في العدسة المقعرة دائماً تكون صفات الخيال: مصغّر ومعتدل ووهمي.
- 2- يمكن أن يتكون الخيال في جهة الجسم أو الجهة المقابلة في العدسة المحدبة ، بينما يتكون دائماً في جهة الجسم في العدسة المقعرة بين العدسة وبؤرتها.
- 3- دائماً يكون الخيال الحقيقي مقلوباً ، والخيال الوهمي معتدلاً .
- 4- يمكن تكوين الخيال الحقيقي على حاجز ، بينما الخيال الوهمي لا يمكن تكوينه على حاجز.

✓ **أتحقّق:** ما نوعُ العدسة التي يمكنُ أن تُكوّنَ خيالاً حقيقياً لجسمٍ؟



### تَمَرِين

أحدّد بالرسم موقعَ وصفاتِ الخيالِ المتكوّنِ لجسمٍ موضوعٍ عندَ نقطةٍ تقعُ على بُعدٍ يساوي مثلي البُعدِ البُوريّ لعدسةٍ إذا كانتِ العدسةُ:

1. محدّبةً.

2. مقعّرةً.

---



---

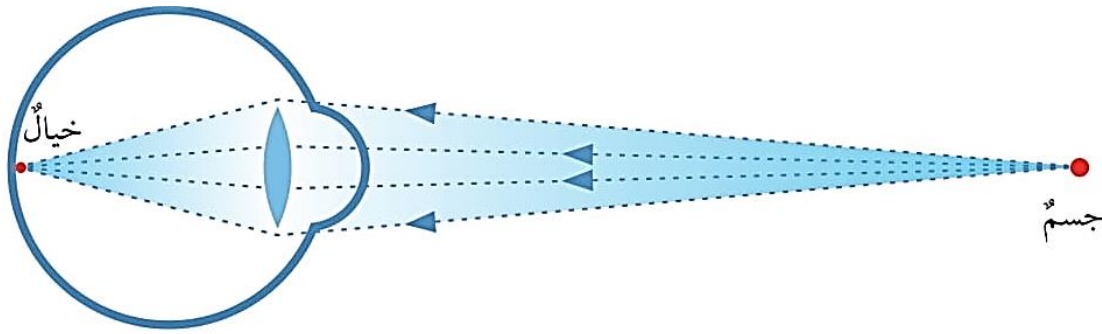
## رابعاً: تطبيقات العدسات

### 1- العين البشرية:

هي العضو الخاص بإبصار الأشياء وتمييز الألوان، وتتكون من أجزاء خاصة باستقبال الأشعة الضوئية وتميرها وتكوين أخيلة واضحة للأشياء.

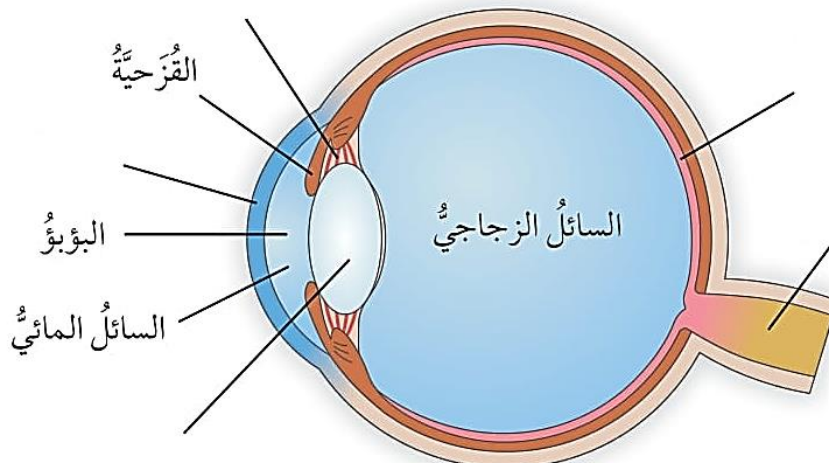
#### س1: كيف تتم عملية الإبصار؟

- 1- تدخل الأشعة الضوئية إلى العين عبر القرنية ثم إلى العدسة محدبة الوجهين.
- 2- بوساطة القرنية والعدسة يتم جميع الأشعة الضوئية القادمة من جسم ما وتوجيهها نحو الشبكية فتكوّن خيالاً للجسم.



- 3- تقوم الشبكية بتحويل الخيال إلى إشارات كهربائية ينقلها العصب البصري إلى مركز الإبصار في الدماغ لتحليلها ، فتحدث الرؤية.

#### س2: اكتب أسماء أجزاء العين المشار إليها.





س2: عرّف كل جزء من أجزاء العين الآتية مع ذكر وظيفته.

## 1- القرنية:

- التعريف: طبقة رقيقة شفافة تقع في مقدمة العين.
- الوظيفة: تجميع الضوء بمساعدة العدسة وتوجيهه نحو الشبكية.

## 2- البؤبؤ:

- التعريف: فتحة في وسط القزحية ، وهي الجزء الملون من العين.
- الوظيفة: التحكم في شدة الضوء الداخل إلى العين.
- زيادة اتساع الفتحة ← لتمرير أكبر قدر من الضوء عندما يكون خافتاً .
- إنقاص اتساع الفتحة ← عندما يكون الضوء قوياً .

## 3- العضلات الهدبية:

- التعريف: عضلات على شكل أهداب، متصلة بالعدسة.
- الوظيفة: التحكم في درجة انبساط العدسة لتكوين أخيلة للأجسام البعيدة وانقباضها لتكوين أخيلة للأجسام القريبة ، وهذا ما يُعرف بـ(تكيّف العين).

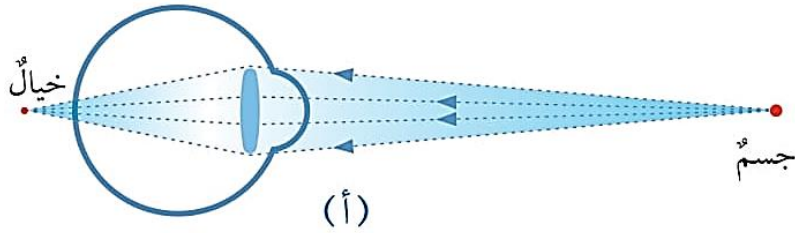
س3: ما هي أقرب مسافة للرؤية الواضحة عند الإنسان حسب سنّه المبين في الجدول الآتي ؟

أقرب مسافة للرؤية الواضحة	
18 cm	10 سنوات
25 cm	20 سنة
50 cm	40 سنة
500 cm	60 سنة

س4: ميّز بين طول النظر وقصر النظر من خلال الجدول الآتي:

المشكلة	طول النظر	قصر النظر
عدم رؤية الأجسام القريبة بوضوح	عدم رؤية الأجسام البعيدة بوضوح	
العلاج	وضع عدسة محدّبة أمام العين	وضع عدسة مقعّرة أمام العين

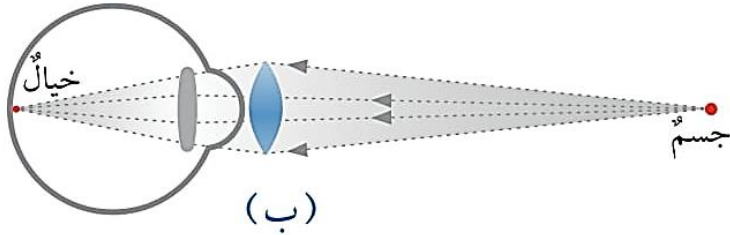
## \* طول النظر:



✓ أقرب مسافة للرؤية الواضحة عند الشخص المصاب بطول النظر تكون أكبر من 25 cm

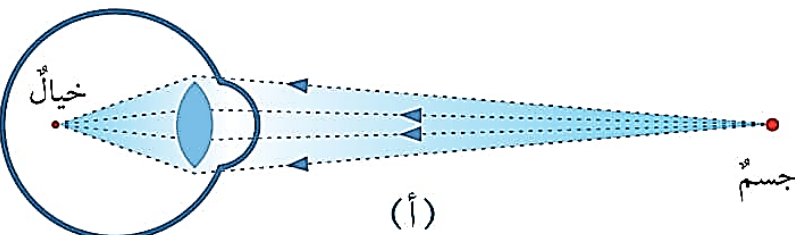
✓ تتكوّن أحيلة الأجسام القريبة خلف الشبكية.

✓ تعمل العدسة المحدبة على كسر الأشعة نحو المحور الرئيس قبل أن تدخل العين ما يؤدي إلى تركيزها على شبكية العين وتكوين خيال واضح عليها.



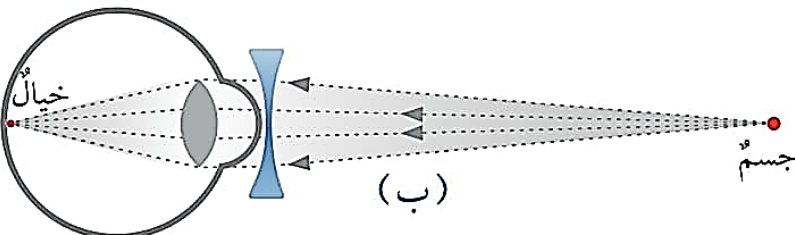
الشكل (29): أ. طول النظر. ب. علاج طول النظر.

## \* قصر النظر:



✓ المريض لا يرى الأجسام البعيدة بوضوح حيث تتكوّن أحيلتها أمام الشبكية.

✓ تعمل العدسة المقعرة على تفريق الأشعة بعيداً عن المحور الرئيس قبل أن تدخل العين ما يؤدي إلى تركيزها على شبكية العين وتكوين خيال واضح عليها.



أ. قصر النظر. ب. علاج قصر النظر.

## الربط بالطب



ونادراً ما تحدث لها مضاعفات أو آثار جانبية، وهي تعني عن استخدام العدسات اللاصقة أو النظارات، لكنها لا تناسب الأشخاص المصابين جميعاً، لاسيما الذين لديهم قصر نظر أو طول نظر شديد.

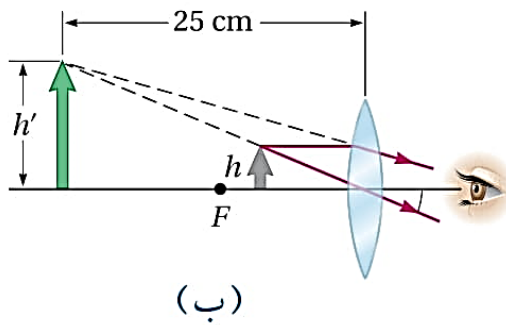
يُصحّح البصر عند بعض الأشخاص الذين يعانون من ضعف البصر عن طريق عمليات جراحية بتقنية الليزر، التي تعني تصحيح تحدّب القرنية باستخدام الليزر الموضعي، وقد حققت هذه العمليات الجراحية نجاحات جيدة.

## 2- المجهر البسيط (العدسة المكبرة)

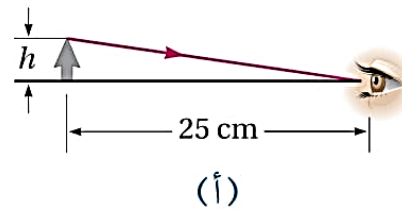


الشكل (31): النظر إلى حشرة من خلال مجهر بسيط.

- ✓ يتكوّن من عدسة محدّبة واحدة تكوّن أخیلة مكبرة للأشیاء.
- ✓ العدسة المكبرة تكوّن خیالاً وهمياً مُكبراً على بعد يساوي 25 cm من العين ، وهي أقرب مسافة للرؤية الواضحة عند الشخص السليم.



(ب)



(أ)

الشكل (32): النظر إلى جسم أ. مباشرة. ب. من خلال عدسة مكبرة.



- ✓ يستخدمها طبيب الأسنان للنظر من خلالها في فم المريض.
- ✓ يستخدمها فني إصلاح الساعات في تفحص الأجزاء الصغيرة للساعة.

وتوصّل إلى اختراع عدسة محدّبة كانت تُظهرُ الكلامَ والأشكالَ بصورة كبيرة وواضحة. وقد صُنعت أولُ نظارة طبيّة دقيقة في إيطاليا سنة 1286 ميلاديّة.

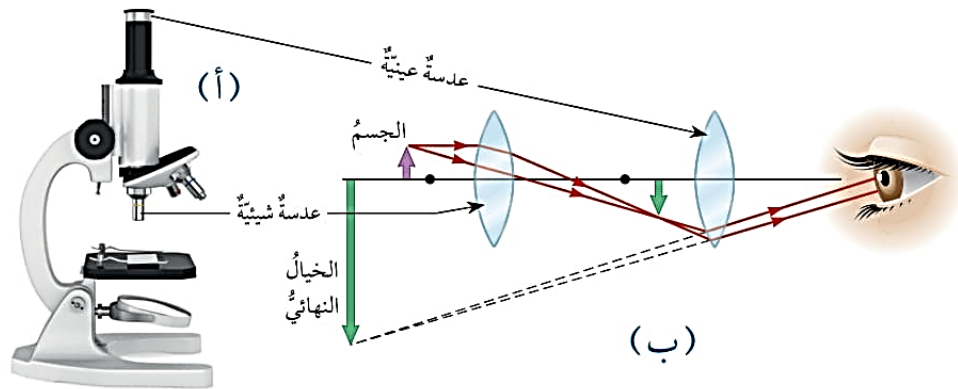
### الربط بالتاريخ



إنَّ أولَ من اخترعَ النظارةَ الطبيّةَ هو العالمُ المسلمُ الحسنُ بنُ الهيثم، رائدُ علمِ البصريات، إذ عندما ضعُفَ بصرُهُ، أجرى تجاربَ عدّة على الزجاج ليصنعَ منه نظارة تُعيّنه على القراءة،

### 3- المجهر المركب

- ✓ يتكوّن من عدستين (شيئية وعينية) لتحقيق تكبير أكبر .
- ✓ العدسة الشيئية بُعدها البؤري أقل من 1 cm
- ✓ العدسة العينية بُعدها البؤري بضعة سنتيمترات.
- ✓ يفصل بين العدستين مسافة أكبر بكثير من بعدهما البؤري.
- ✓ تكوّن العدسة الشيئية للجسم خيلاً حقيقياً مقلوباً يقع بين العدسة العينية وبؤرتها.
- ✓ تعمل العدسة العينية عمل المجهر البسيط وتكوّن خيلاً وهمياً مكبّراً.



الشكل (34):

أ. المجهر المركب.

ب. رسم تخطيطي للمجهر المركب.

#### الربط بعلوم الحياة



يُستخدم المجهر المركب لرؤية المكونات الدقيقة للخلايا النباتية والحيوانية، وللتمييز بين أنواع الميكروبات وغير ذلك من المكونات الدقيقة للأجزاء الحية.

#### 4- التلسكوب (المقراب الفلكي).

✓ يُستخدم لتكوين أخيلة واضحة ومكبرة للأجسام البعيدة جداً، مثل : النجوم.

✓ يشبه التلسكوب في أن له عدستين : شيئية وعينية.

✓ تكون العدسة الشيئية للجسم

البعيد خيالا حقيقيا مقلوبا

في مكان قريب جداً من بؤرة العدسة

العينية.

✓ الجسم بعيد جداً فيعتبر أنه موجود

في اللانهاية ، وبذلك خياله سيتكون

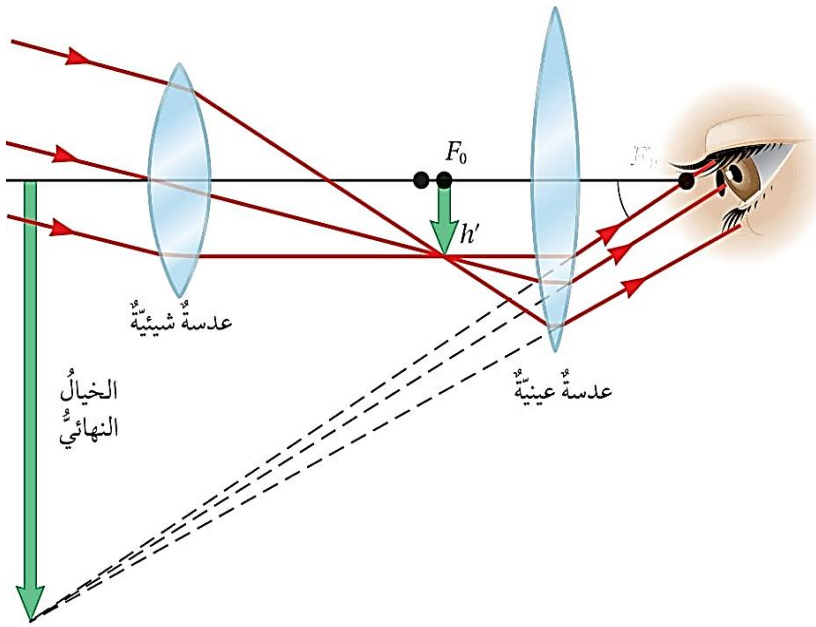
في بؤرة العدسة الشيئية.

✓ تكون بؤرتا العدستين متجاورتين

ومتداخلتين (بؤرة العينية أقرب

للسيئية وبؤرة الشيئية أقرب

للعينية).



**أفكر:** لماذا يُصمَّم التلسكوب على أن تكون بؤرة العدسة الشيئية قريبة جداً من بؤرة العدسة العينية؟

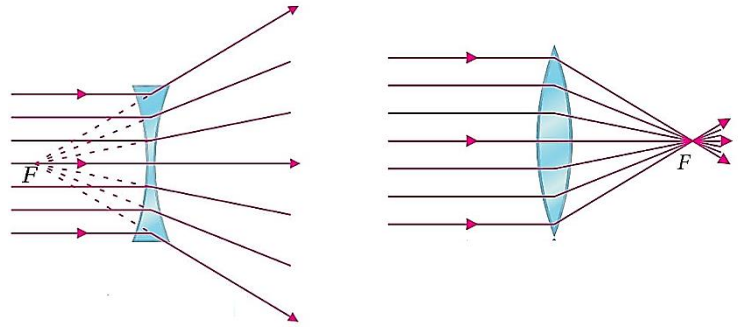
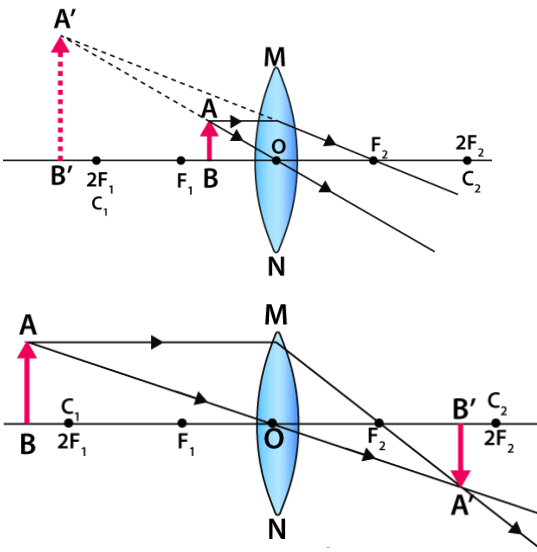


## مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسية:** أحدد العوامل التي تعتمد عليها صفات الأحيلة المتكوّنة في العدسات.

2. **أصف** موضّحًا بالرسم الفرق بين:

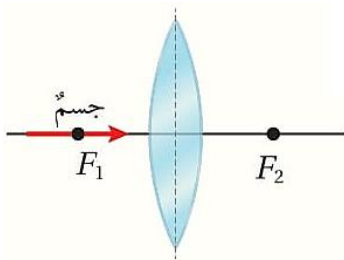
- أ . الخيال الحقيقي والخيال الوهمي.  
ب . البؤرة الحقيقية والبؤرة الوهمية.



3. **أقارن** بين العدسات المحدبة والعدسات المقعرة من حيث:

- أ . الشكل . ب . نوع البؤرة . ج . نوع الخيال الذي تكوّنه.

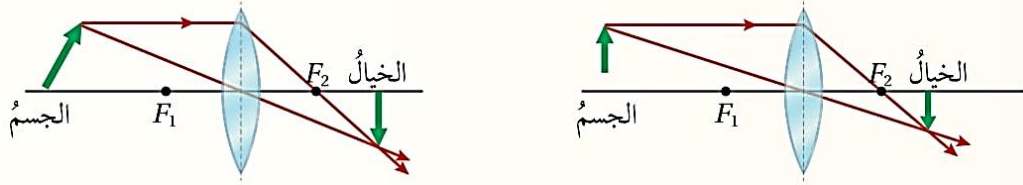
من حيث	العدسات المحدبة	العدسات المقعرة
الشكل		
نوع البؤرة		
نوع الخيال الذي تكوّنه		



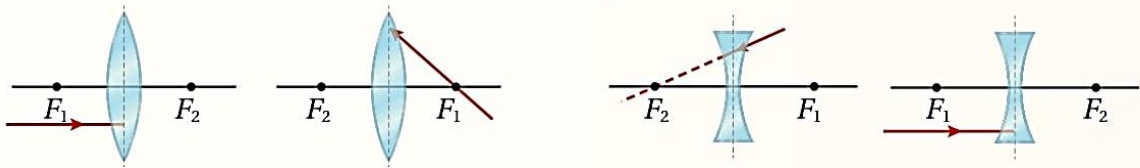
4. **أحلّ** في الشكل جسم موضوع أمام عدسة محدبة، أصف (دون رسم تخطيطي) الخيال المتكوّن للجسم.



5. التفكير الناقد: في الشكل رسم طالب رسوماً تخطيطيةً للتوصل إلى صفات الخيال المتكون لجسم موضوع أمام عدسة محدبة في حالتين مختلفتين، أبين ما إذا كانت رسوم الطالب صحيحة أم لا.



6. أطبق: أكمل مسار كل من الأشعة الضوئية في الأشكال الآتية:



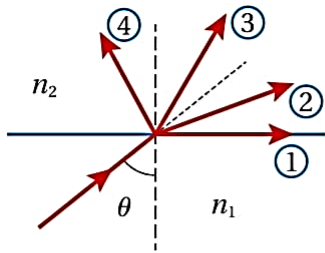
7. أقرن بين طول النظر وقصر النظر من حيث:

أ. المفهوم.

ب. العلاج.

قصر النظر	طول النظر	
عدم رؤية الأجسام البعيدة بوضوح	عدم رؤية الأجسام القريبة بوضوح	المفهوم
وضع عدسة مقعرة أمام العين	وضع عدسة محدبة أمام العين	العلاج

## مراجعة الوحدة

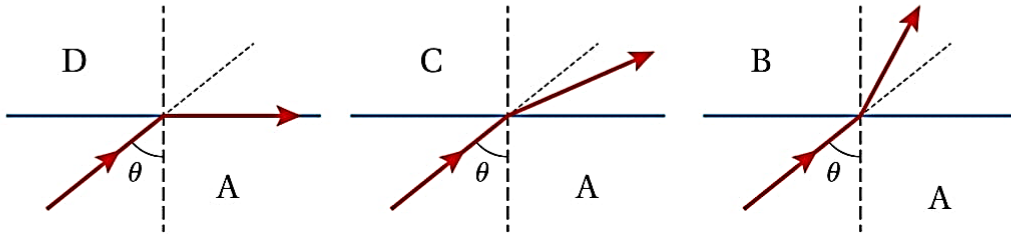


1. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. أي المسارات (1, 2, 3, 4) في الشكل المجاور يمثل أقرب مسار صحيح لشعاع ضوئي ينتقل من وسط شفاف معامل انكساره  $(n_1 = 1.4)$  إلى وسط شفاف آخر معامل انكساره  $(n_2 = 1.6)$ ؟

أ . 1      ب . 2      ج . 3      د . 4

\* تبيّن الأشكال الآتية انتقال شعاع ضوئي من وسط شفاف (A) إلى أوساط شفافة مختلفة (B, C, D). أجب عن الفقرتين (2, 3) الآتيتين:



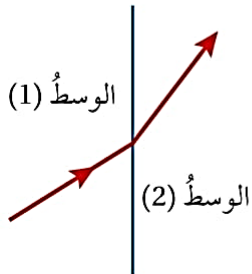
2. تكون سرعة الضوء أكبر ما يمكن في الوسط:

أ . A      ب . B      ج . C      د . D

3. الوسط ذو معامل الانكسار الأكبر هو:

أ . A      ب . B      ج . C      د . D

4. من تتبع مسار الشعاع الضوئي في الشكل المجاور نستدل على أن:



- أ . زاوية السقوط أكبر من زاوية الانكسار.  
ب . زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة.  
ج . معامل انكسار الوسط الأول أكبر من معامل انكسار الوسط الثاني.  
د . سرعة الضوء في الوسط الأول أكبر من سرعته في الوسط الثاني.

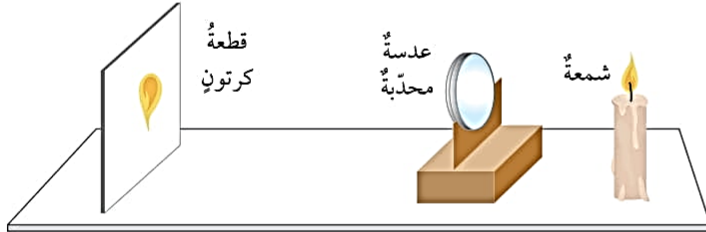
5. ينتقل شعاع ضوئي من وسط شفاف معامل انكساره  $n_1$  إلى وسط آخر معامل انكساره  $n_2$ . يحدث انعكاس كلي داخلي للشعاع الضوئي عندما يكون:

أ .  $\theta_c > \theta_1$  ،  $n_2 > n_1$       ب .  $\theta_c < \theta_1$  ،  $n_2 < n_1$

ج .  $\theta_c > \theta_1$  ،  $n_2 < n_1$       د .  $\theta_c < \theta_1$  ،  $n_2 > n_1$

6. يبلغ معامل انكسار الماء نحو  $\frac{4}{3}$ . ماذا يحدث لشعاع ضوئي ينتقل من الهواء ( $n = 1$ ) إلى الماء؟

- أ . تقل سرعته إلى  $(\frac{3}{4} c)$ .  
 ب . تزيد سرعته إلى  $(\frac{4}{3} c)$ .  
 جـ . ينكسر بزاوية تساوي  $(\theta_1)$ .  
 د . ينكسر بزاوية تساوي  $(\theta_1)$ .



\* يمثل الشكل عملية تكوين خيال حقيقي مكبر للهب شمعة موضوعة أمام عدسة محدبة. مستعيناً بالشكل، أجب عن الفقرتين (7، 8) الآتيتين:

7. موقع الشمعة بالنسبة إلى العدسة يكون:

- أ . بين العدسة وبؤرتها.  
 ب . بين البؤرة ومثلي البعد البؤري.  
 جـ . على بعد يساوي مثلي البعد البؤري.  
 د . على بعد أكبر من مثلي البعد البؤري.

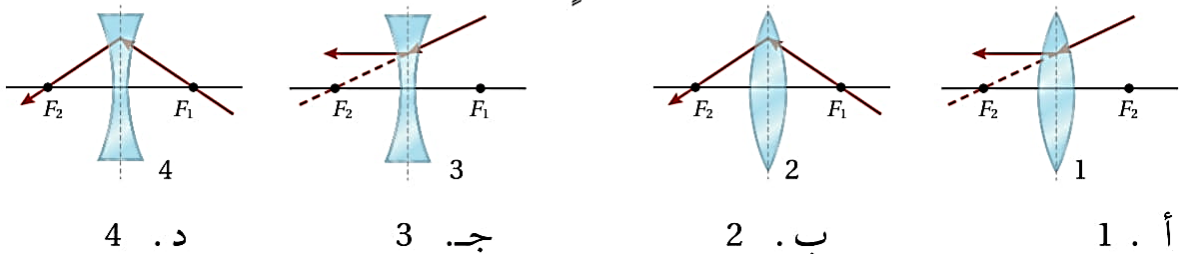
8. لتكوين خيال مُصغّر للهب الشمعة على قطعة الكرتون تحرك:

- أ . قطعة الكرتون نحو العدسة.  
 ب . قطعة الكرتون بعيداً عن العدسة.  
 جـ . العدسة نحو الشمعة.  
 د . العدسة نحو قطعة الكرتون.

9. الأخيعة التي تكونها العدسة المقعرة للأجسام الموضوعة أمامها تكون دائماً:

- أ . وهمية ومعتدلة ومصغرة.  
 ب . وهمية ومعتدلة ومكبرة.  
 جـ . حقيقية ومقلوبة ومصغرة.  
 د . حقيقية ومقلوبة ومكبرة.

10. أحد الأشكال الآتية يُبين المسار الصحيح لشعاع ضوئي بعد نفاذه من العدسة:



- أ . 1  
 ب . 2  
 جـ . 3  
 د . 4

2. **أستخدم المتغيرات:** تتبّع سامي مسار شعاع ضوئي سقط من الهواء على مكعب مصنوع من البلاستيك، فوجد أن زاوية السقوط ( $50^\circ$ ) وزاوية الانكسار ( $21.7^\circ$ ). أجد:
- أ . معامل انكسار المكعب.      ب . الزاوية الحرجة للمادة المصنوع منها المكعب.

3. **أفسر:** تُصمّم الألياف الضوئية على أن تكون ضيقة جدًا. آخذًا في الحسبان المسارات المختلفة التي يمكن أن يسلكها الضوء في الألياف الضوئية، فلماذا يجب ألا تكون الألياف الضوئية واسعة جدًا؟

4. **أحسب:** إذا كانت الزاوية الحرجة لقلب من الزجاج تساوي ( $42^\circ$ )، أحسب الزاوية الحرجة للقلب إذا ألقى في الماء، علمًا أن معامل انكسار الماء (1.33).

زاوية السقوط	زاوية الانكسار
10°	7.5°
20°	14.3°
30°	21.4°
40°	28.4°
50°	34.0°
60°	40.0°

5. التفكير الإبداعي: أجرت سلمى وآية استقصاءً لتحديد نوع سائل غير معروف، فقامتا بتسليط شعاع ضوئي على سطح السائل بزوايا معينة وقياس زاوية الانكسار. وقد كررتا هذه العملية بتغيير زاوية السقوط، وتسجيل نتائجهما في الجدول المجاور.

- أ. أكتب هدفًا لهذا الاستقصاء.  
 ب. أكتب قائمة بالأدوات جميعها التي استخدمت.  
 ج. أحدد نوع السائل (مستعينا بالجدول 1).  
 د. أحدد الأخطاء المحتملة في التجربة.

6. **أحلل:** وُضع جسم طوله (15 cm) أمام عدسة، فتكوّن له خيال مقلوب طوله (5 cm). أجب عما يأتي:

- أ. ما نوع العدسة الموضوع أمامها الجسم؟  
 ب. هل الخيال المتكوّن حقيقي أم وهمي؟ أذكر السبب.  
 ج. إذا قُرب الجسم من العدسة، فماذا يحدث لطول الخيال؟

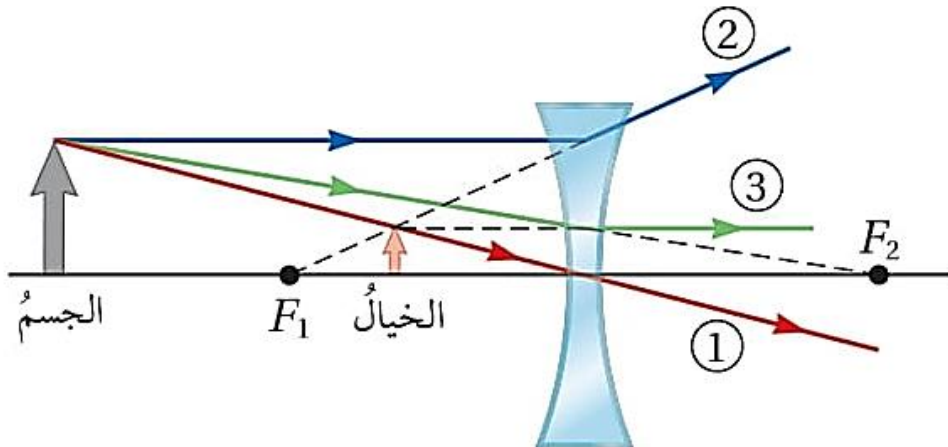


7. **أستنتج:** في الشكل المجاور، ينظر شخص مصاب بأحد عيوب الإبصار إلى مكعبين، أحدهما قريب (A) والآخر بعيد (B). فما نوع العيب البصري الذي أصيب به الشخص؟ وكيف يمكن علاجه؟

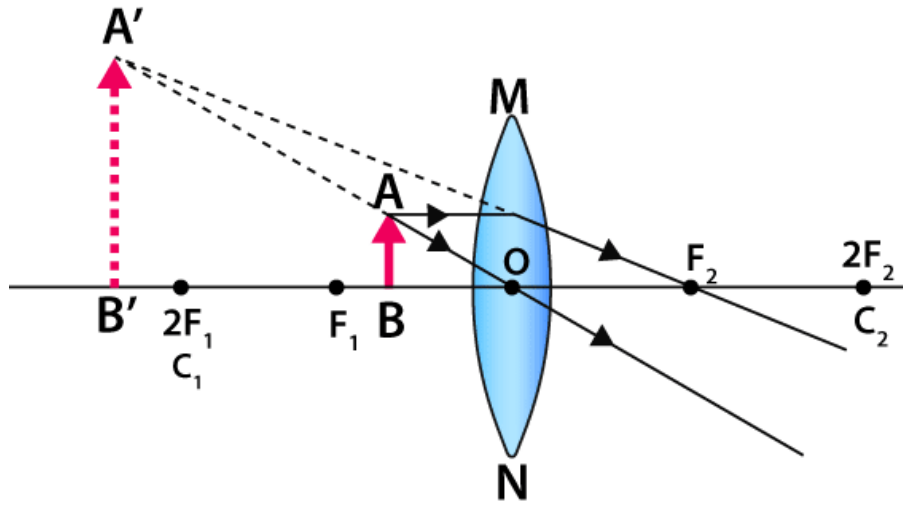


8. **أحلل:** في الشكل ينظر شخص إلى أحد المناظر الطبيعية البعيدة نسبياً، فيبدو له المنظر (أ) من خلال النظارات والمنظر (ب) من غير النظارات. فما نوع عدسات النظارات؟ وما نوع العيب البصري الذي يعاني منه الشخص؟

9. **أقارن بالرسم** بين الخيال الوهمي المتكوّن في كل من العدسة المحدبة والعدسة المقعرة، مبيناً ما يحدث للخيال عند تقريب الجسم من العدسة في الحالتين.







والله وليّ التوفيق

أ. مهذ القرم

# الأول

في الفيزياء



بتقدر تابعنا على جميع مواقع التواصل الإجتماعي



أ. مهند القرم