

# الفيزياء

الصف التاسع - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الثاني

9

فريق التأليف

موسى عطا الله الطراونة (رئيساً)

د. حسين محمود الخطيب

أ.د. محمود إسماعيل الجاغوب

ميمي محمد التكروري

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسر المركز الوطني لتطوير المناهج، استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:



06-5376262 / 237



06-5376266



P.O.Box: 2088 Amman 11941



@nccdjor



feedback@nccd.gov.jo



www.nccd.gov.jo

قرّرت وزارة التربية والتعليم تدرّيس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار المجلس الأعلى للمركز الوطني لتطوير المناهج في جلسته رقم (---)، تاريخ 2022/----- م، وقرار مجلس التربية والتعليم رقم (-----) تاريخ ---- م بدءاً من العام الدراسي 2022 / 2023 م.

© HarperCollins Publishers Limited 2022.

- Prepared Originally in English for the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

- Translated to Arabic, adapted, customised and published by the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

**ISBN: 978 - 9923 - 41 - 318 - 0**

المملكة الأردنية الهاشمية  
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية:  
(2022/4/1992)

375,001

الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج

الفيزياء: الصف التاسع: كتاب الطالب (الفصل الدراسي الثاني) / المركز الوطني لتطوير المناهج - عمان: المركز، 2022

(80 ص.)

ر.إ.: 2022/4/1992

الوصفات: / تطوير المناهج / المقررات الدراسية / مستويات التعليم / المناهج /

يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعتبر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, sorted in retrieval system, or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise , without the prior written permission of the publisher or a license permitting restricted copying in the United Kingdom issued by the Copyright Licensing Agency Ltd, Barnard's Inn, 86 Fetter Lane, London, EC4A 1EN.

British Library Cataloguing -in- Publication Data

A catalogue record for this publication is available from the Library.

## قائمة المحتويات

الموضوع	الصفحة
المقدمة	5
<b>الوحدة الرابعة: ميكانيكا الموائع</b>	<b>7</b>
تجربة استهلاكية: ضغط الماء وضغط الهواء	9
الدرس الأول: المائع الساكن	10
الدرس الثاني: قياس الضغط	18
<b>الوحدة الخامسة: انكسار الضوء</b>	<b>33</b>
تجربة استهلاكية: انحراف مسار الحركة لجسم	35
الدرس الأول: انكسار الضوء	36
الدرس الثاني: تطبيقات وظواهر بصرية	45
الدرس الثالث: العدسات الرقيقة	56
مسرد المصطلحات	76
قائمة المراجع	78
جدول الاقترانات المثلية	80





## المقدمة

انطلاقاً من إيمان المملكة الأردنية الهاشمية الراسخ بأهمية تنمية قدرات الإنسان الأردني، وتسليحه بالعلم والمعرفة؛ سعى المركز الوطني لتطوير المناهج، بالتعاون مع وزارة التربية والتعليم، إلى تحديث المناهج الدراسية وتطويرها؛ لتكون معيّنًا للطلبة على الارتقاء بمستواهم المعرفي، ومجارة أقرانهم في الدول المتقدمة.

يُعدّ هذا الكتاب واحداً من سلسلة كتب الباحث العلمية التي تُعنى بتنمية المفاهيم العلمية، ومهارات التفكير وحلّ المشكلات، ودمج المفاهيم الحياتية والمفاهيم العابرة للمواد الدراسية، والإفادة من الخبرات الوطنية في عمليات الإعداد والتأليف وفقاً لأفضل الطرائق المتبعة عالمياً؛ لضمان انسجامها مع القيم الوطنية الراسخة، وتلبيتها لحاجات أبنائنا الطلبة والمعلّمين.

وقد روعي في تأليفه تقديم المعلومة العلمية الدقيقة على منهجية تقوم على السلاسة في العرض، والوضوح في التعبير، إضافة إلى الربط بين الموضوعات المطروحة في المراحل الدراسية السابقة واللاحقة، واعتماد منهجية التدرّج في عرض موضوعات المادة، واستهلال وحداتها بأسئلة تُظهر علاقة علم الفيزياء بالظواهر من حولنا؛ ما يُحفّز الطالب على الإفادة ممّا يتعلّمه في غرفة الصف في تفسير مشاهدات يومية وظواهر طبيعية قد تحدث أمامه، أو يشاهدها في التلفاز، أو يسمع عنها. وقد تضمّنت كل وحدة نشاطاً إثرائياً يعتمد منحى STEAM في التعليم الذي يُستعمل لدمج العلوم والتكنولوجيا والهندسة والفن والعلوم الإنسانية والرياضيات في أنشطة الكتاب المتنوّعة، وفي قضايا البحث.

ويتألّف الكتاب من وحدتين دراسيتين، هما: ميكانيكا الموائع وانكسار الضوء. وقد ألحق به كتاب للأنشطة والتجارب العملية، يحتوي على التجارب والأنشطة جميعها الواردة في كتاب الطالب؛ ليساعده على تنفيذها بسهولة، بإشراف المعلّم، ومشاركة زملائه فيها، بما في ذلك رصد القراءات، وتحليلها، ثم مناقشتها، وصولاً إلى استنتاجات مبنية على أسس علمية سليمة. ويتضمّن أيضاً أسئلة تفكير؛ بهدف تعزيز فهم الطالب لموضوعات المادة، وتنمية التفكير الناقد لديه.

ونحن إذ نُقدِّم هذه الطبعة من الكتاب، فإننا نأمل أن يُسهم في تحقيق الأهداف والغايات النهائية المنشودة لبناء شخصية المتعلِّم، وتنمية اتجاهات حُبِّ التعلُّم ومهارات التعلُّم المستمرّ، إضافة إلى تحسين الكتاب بإضافة الجديد إلى محتواه، وإثراء أنشطته المتنوّعة، والأخذ بملاحظات المعلّمين.

والله ولي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج

أنأمل الصورة

يعاني متسلقو الجبال من ضيقاً في التنفس، عند وصولهم إلى ارتفاعات عالية. ويشعر الغواص أيضاً بقوة تضغط على جسمه عند السباحة على أعماق كبيرة تحت سطح الماء. هذه الظواهر وغيرها يمكن تفسيرها بدراسة ضغط المائع، فما العوامل التي يعتمد عليها ضغط المائع؟ وكيف نحسب مقداره؟ وما الأدوات المستخدمة في قياسه؟



## الفكرة العامة:

تؤثر الموائع الساكنة بضغطٍ على الأجسام الملامسة لها. ويمكن قياس ضغط المائع باستخدام أجهزة متنوعة.

### الدرس الأول: المائع الساكن

**الفكرة الرئيسة:** يزداد الضغط الذي يؤثر به المائع عند نقطة داخله بزيادة عمق النقطة تحت سطح المائع، وبزيادة كثافة المائع.

### الدرس الثاني: قياس الضغط

**الفكرة الرئيسة:** يُقاس ضغط الموائع باستخدام أجهزة مختلفة، منها الباروميتر والمانوميتر.





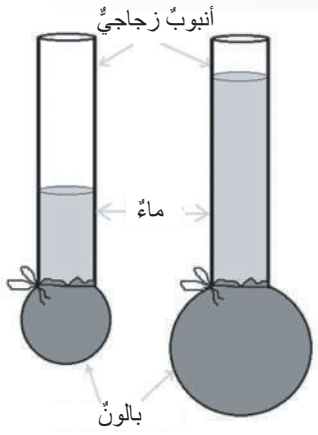
## ضغط الماء وضغط الهواء

**المواد والأدوات:** أنبوب زجاج (أو بلاستيك) مفتوح الطرفين، بالون، حلقة مطاطية، ماء، كأس زجاجية، قطعة كرتون.

**إرشادات السلامة:** الحذر عند التعامل مع الأنبوب الزجاجي، إجراء نشاط ضغط الهواء فوق حوض المغسلة.

### خطوات العمل:

#### أولاً: ضغط الماء



1 أقص فوهة البالون، وأثبتته جيداً بطرف الأنبوب، وألف حول حلقه حلقة مطاطية إذا تطلب الأمر ذلك.

2 **أجرب:** أصب كمية من الماء في الأنبوب، وألاحظ انتفاخ البالون.

3 **أجرب:** أصب كمية إضافية من الماء، وألاحظ ما يحدث للبالون.

#### ثانياً: ضغط الهواء

1 أملأ الكأس بالماء حتى حافتها العلوية تقريباً.

2 أغطي الكأس بقطعة الكرتون على أن أضع إحدى يدي أسفل الكأس، والآخرى فوق قطعة الكرتون ثم أقلبها بسرعة.

3 **أجرب:** أبعد يدي عن قطعة الكرتون، وألاحظ ما يحدث.

### التحليل والاستنتاج:

1. **أفسر:** ما سبب انتفاخ البالون عند صب الماء في الأنبوب؟

2. **أحلل:** ماذا يحدث للبالون عند صب المزيد من الماء في الأنبوب؟ وكيف أفسر ذلك؟

3. **أحلل وأستنتج:** ما القوى المؤثرة في قطعة الكرتون داخل الكأس، وخارجها؟ وأيها أكبر؟

4. **أستنتج:** ما الذي يجعل قطعة الكرتون تلتصق بالكأس؟

### الموائع Fluids

درست في صفوف سابقة ثلاث حالات للمادة هي؛ الحالة الصلبة والحالة السائلة والحالة الغازية.

وتعلمت أن ترتيب الجزيئات داخل السوائل والغازات، وطبيعة الروابط التي تنشأ بين جزيئاتها، تكسبها القدرة على الانسياب (الجريان)، وبذلك يتغير شكلها؛ فالسوائل والغازات ليس لها شكل محدد، بل تتخذ شكل الوعاء الذي يحتويها. أتأمل الشكل (1).

يطلق على المواد التي لها القدرة على الجريان، وتغير شكلها اسم **موائع Fluids**، وبذلك فإن الموائع تشمل السوائل والغازات. يعتمد سلوك المائع وخصائصه على حالته الحركية، وتُقسم الموائع من حيث حالتها الحركية إلى قسمين هما: الموائع الساكنة والموائع المتحركة، وستقتصر دراستنا في هذا الدرس على الموائع الساكنة.

✓ **أتحقق:** لماذا تُصنّف الغازات والسوائل بأنها موائع؟

### الفكرة الرئيسة:

يزداد الضغط الذي يؤثر به المائع عند نقطة داخله بزيادة عمق النقطة تحت سطح المائع، وبزيادة كثافة المائع.

### نتائج التعلم:

- أعبر بمعادلة رياضية عن الضغط الذي يؤثر به مائع في نقطة داخل المائع.
- أستقصي العوامل التي يعتمد عليها ضغط المائع عند نقطة داخله.

### المفاهيم والمصطلحات:

المائع	Fluid
ضغط المائع	Fluid Pressure



الشكل (1): للموائع القدرة على الانسياب، وتتخذ شكل الوعاء الذي يحتويها.

## ضغط المائع الساكن Pressure of a Static Fluid

تتعرّض أجسامنا طوال الوقت إلى ضغطٍ من الهواء المحيط بنا، يُعرف بالضغط الجويّ. ونشعرُ بضغطِ الماءِ على أجسامنا عندما نسبحُ تحتَ سطحِ الماءِ، ويزدادُ هذا الضغطُ بزيادةِ العمقِ.

يُعرّفُ الضغطُ Pressure بأنه قوةٌ عموديةٌ تؤثرُ في وحدةِ المساحةِ، ويُقاسُ بوحدة (N/m<sup>2</sup>) التي تُعرفُ بالباسكال (Pa) بحسبِ النظامِ الدوليّ للوحداتِ. ويُرمزُ إلى الضغطِ بالرمزِ (P)، ويُعبّرُ عنه بالعلاقةِ الرياضيةِ الآتية:

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

يتأثّرُ الجسمُ داخلَ المائعِ بضغطٍ؛ سببه وزنُ المائعِ فوقَ الجسمِ. وبزيادةِ ارتفاعِ عمودِ المائعِ فوقَ الجسمِ يزدادُ وزنُ ذلكَ المائعِ، ما يؤدي إلى زيادةِ الضغطِ المؤثّرِ في الجسمِ، وهذا يفسّرُ زيادةَ الضغطِ على جسمِ الغواصِّ بزيادةِ العمقِ تحتَ سطحِ الماءِ.

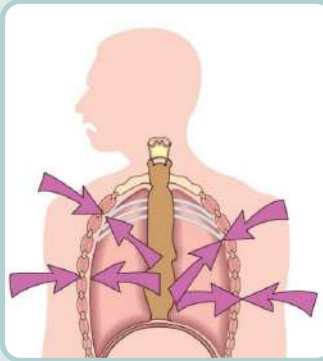
ولمّا كانتْ جزيئاتُ المائعِ تتحرّكُ بحريّةٍ؛ فإنَّ المائعَ يؤثرُ بضغطٍ في الاتجاهاتِ جميعها في الأجسامِ التي بداخله. أتماثلُ الشكلُ (2).

✓ **أنحقّقُ:** لماذا يشعرُ الغواصُّ بزيادةِ ضغطِ الماءِ على جسمه بزيادةِ العمقِ الذي يسبحُ عنده تحتَ سطحِ الماءِ؟

### الربط بالعلوم الحياتية

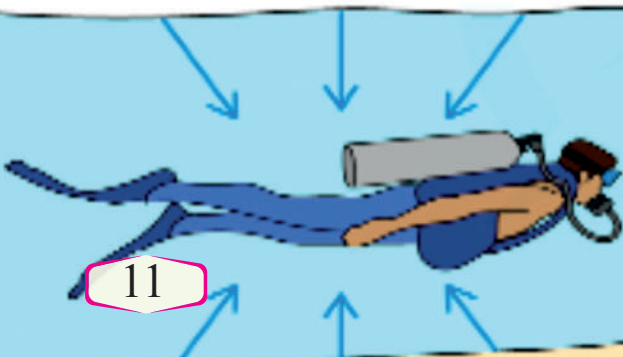


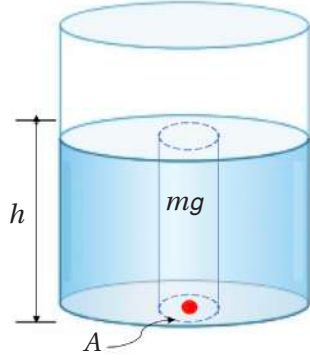
يؤثّرُ الضغطُ الجويّ في أجسامنا بقوى نحو الداخل، لكننا لا نشعرُ بهذا الضغطِ، لأنَّ الضغطَ داخلَ أجسامنا يعادلُ الضغطَ الجويّ. فمثلاً، ضغطُ الهواءِ داخلَ الرئتين يولّدُ قوى تؤثرُ نحو الخارجِ تعادلُ قوى ضغطِ الهواءِ الخارجيّ، وتُلغِي تأثيرها.



الشكل (2): يؤثرُ المائعُ (الهواءُ أو السائلُ) بضغطٍ في الاتجاهاتِ جميعها في الأجسامِ المغمورة فيه.

ضغطُ جويّ + ضغطُ الماءِ





الشكل (3): الضغط عند نقطة داخل مائع ساكن.

### ضغط المائع عند نقطة داخله Pressure at a Point Inside a Fluid

يبين الشكل (3)، نقطة تقع داخل مائع ساكن (ماء مثلاً) على عمق  $(h)$  من سطحه، إن القوة العمودية المسببة للضغط عند هذه النقطة، هي وزن عمود الماء  $(mg)$  الممتد من سطح الماء إلى وحدة المساحة  $(A)$  المحيطة بالنقطة. فإذا كان المائع سائلاً متجانساً؛ فإن كثافته  $(\rho)$  تكون ثابتة، وللتوصل إلى علاقة لحساب ضغط السائل عند نقطة داخله، أتبع الخطوات الآتية:

■ الكتلة تساوي ناتج ضرب الكثافة في الحجم، لذا فإن كتلة عمود السائل يُعبّر عنها بالعلاقة:

$$m = \rho V$$

■ حجم عمود السائل يُعبّر عنه بالمعادلة:

$$V = Ah$$

■ بتعويض الحجم في معادلة الكتلة نتوصل إلى أن:

$$m = \rho Ah$$

■ بتعويض الكتلة، فإن وزن عمود السائل  $(F_g)$  يساوي:

$$F_g = mg = \rho Ah g$$

■ من معادلة تعريف الضغط، فإن:

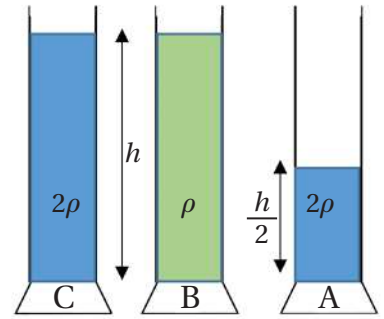
$$P = \frac{F}{A} = \frac{\rho Ah g}{A} = \rho h g$$

ممّا سبق نتوصل إلى أن **ضغط المائع** **Fluid Pressure** الساكن  $(P_{\text{fluid}})$  عند نقطة داخله وعلى عمق  $(h)$  تحت سطحه يُحسب من العلاقة الآتية:

$$P_{\text{fluid}} = \rho h g$$

حيث:  $(\rho)$  كثافة المائع،  $(g)$  تسارع السقوط الحر.

**أفكر:** يبين الشكل ثلاثة أوعية متماثلة، معتمداً على البيانات المثبتة على الشكل، أرتب ضغط السائل عند النقاط  $(A, B, C)$  من الأكبر ضغطاً إلى الأقل.





## التجربة ١

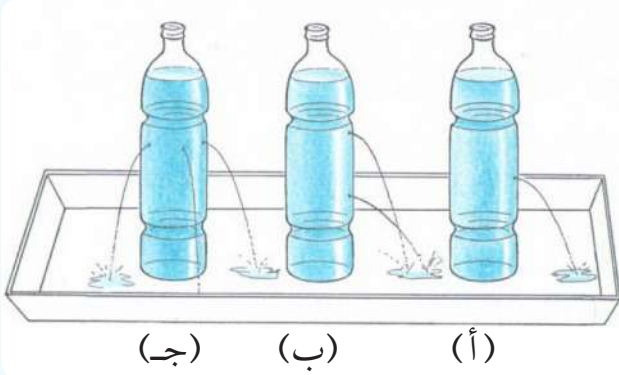
### العوامل التي يعتمد عليها ضغط المائع

**المواد والأدوات:** ثلاث زجاجات بلاستيكية متماثلة، مسمار، لاصق، مسطرة، قلم، وعاء بلاستيكي عميق، مصدر حرارة (لتسخين المسمار).

**إرشادات السلامة:** أحرص عند استخدام المسمار، وأخذ في الحسبان ألا ينسكب الماء على الأرض. (بعد الانتهاء من التجربة، أستخدم الماء لري المزروعات)

### خطوات العمل:

1- أحدد الارتفاع الذي سأعمل عنده الثقوب، وأستخدم المسمار الساخن لعمل الثقوب في جوانب



الزجاجات المشار إليها بالرموز (أ، ب، ج) على نحو ما هو مبين في الشكل المجاور.

أ. ثقب واحد.

ب. ثقبان على ارتفاعين مختلفين.

ج. ثلاثة ثقوب عند المستوى الأفقي نفسه.

2- أعطى الفتحات بالشريط اللاصق.

3- **أجرب:** أضع الزجاجات (أ) في الوعاء وأملؤها بالماء، ثم أنزع الشريط اللاصق، وألاحظ اندفاع الماء من الثقب مدة من الزمن، وأسجل ملاحظاتي عن قوة اندفاع الماء.

4- **أجرب:** أضع الزجاجات (ب) في الوعاء، وأكرر الخطوة السابقة، وأسجل ملاحظاتي عن قوة اندفاع الماء من الثقوب، ثم أكرر التجربة باستخدام الزجاجات (ج).

### التحليل والاستنتاج:

1. **أحلل:** ماذا يحدث لقوة اندفاع الماء من الزجاجات (أ) بمرور الزمن، وما تفسير ذلك؟

2. **أفسر:** سبب اختلاف قوة اندفاع الماء من الثقوب في الزجاجات (ب).

3. **التفكير الناقد:** ما العامل الذي ضبط في التجربة التي استخدمت فيها الزجاجات (ج)؟ وماذا استنتج من هذه التجربة؟

4. **أتوقع:** لو استخدمت الزيت بدلاً من الماء، واستخدمت الزجاجات نفسها، فهل يندفع الزيت بالقوة نفسها؟ أختبر صحة توقعي عملياً.

## العوامل التي يعتمد عليها ضغط المائع

### Factors Affecting Liquid Pressure

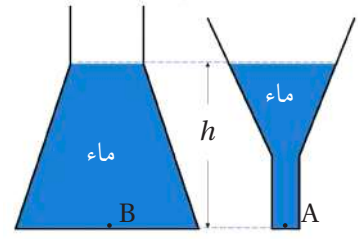
تشير العلاقة ( $P_{\text{fluid}} = \rho hg$ ) إلى أن ضغط المائع عند نقطة داخله يتناسب طردياً مع كلٍّ من: عمق النقطة داخل المائع، وكثافة المائع، وتسارع السقوط الحرّ.

ويكون ضغط المائع متساوياً عند النقاط جميعها التي تقع على العمق نفسه من سطح المائع. ولا يعتمد ضغط المائع على شكل الوعاء الذي يحتويه، أو مساحة سطح المائع؛ فمثلاً، في الشكل (4)، يكون ضغط المائع عند النقطتين (A) و (B) متساوياً؛ لأن ارتفاع الماء في الوعاءين متساوٍ. كذلك فإن الغواصّ المبين في الشكل (5) يتأثر بضغط الماء نفسه في البحيرة أو في البئر، لأنّه يسبح على العمق نفسه.

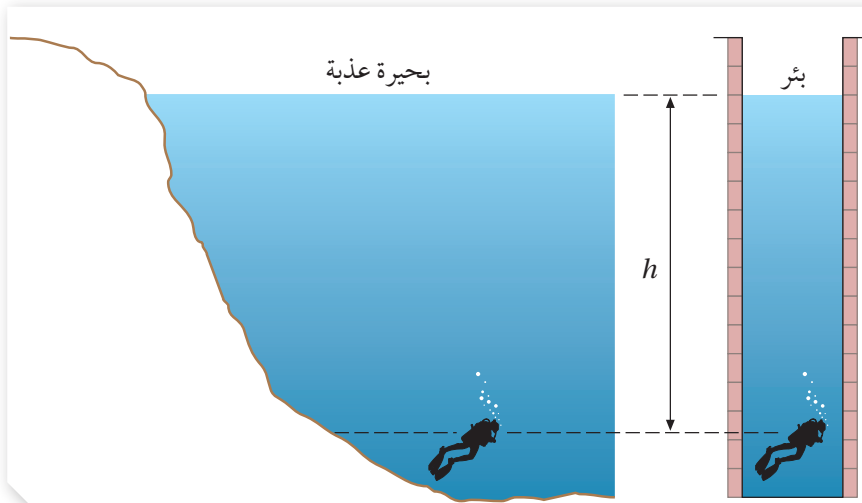
ويجدر الانتباه إلى أن الضغط الذي يُحسب من العلاقة ( $P_{\text{fluid}} = \rho hg$ ) هو ضغط المائع فقط، فالغواصّ المبين في الشكل (5) يتأثر أيضاً بالضغط الجوي، (سأعرف كيفية قياس الضغط الجوي في الدرس الثاني). وباستخدام الرمز ( $P_0$ ) ليدلّ على الضغط الجوي عند سطح الماء، فإنّ الضغط الكلي عند نقطة داخل مائع متجانس يُعبّر عنه بالعلاقة الآتية:

$$P = P_0 + \rho hg$$

✓ **أتحقّق:** ما العلاقة بين ضغط المائع عند نقطة داخله وكلٍّ من: عمق النقطة، وكثافة المائع.



الشكل (4): ارتفاع الماء في الوعاءين متساوٍ فيكون ضغط الماء متساوياً عند قاعدتيهما.



الشكل (5): يتأثر الغواصّ بضغط الماء نفسه في الحالتين، لأنّ كثافة الماء وارتفاعه متساويان في الحالتين.

## المثال 1

أحسب الضغط الكلي المؤثر في غواص يسبح في بحيرة على عمق:

أ. (20 m) ب. (40 m)

علماً أن: كثافة الماء  $(1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)$ ، والضغط الجوي  $(1 \times 10^5 \text{ Pa})$ ، وتسارع السقوط الحر  $(10 \text{ m/s}^2)$ .

المُعطيات:  $(h_1 = 20 \text{ m})$ ,  $(h_2 = 40 \text{ m})$ ,  $(\rho = 1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)$ ,  $(P_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa})$ ,  $(g = 10 \text{ m/s}^2)$ .

المطلوب:  $(P_1 = ?)$ ,  $(P_2 = ?)$

الحل:

لحساب الضغط الكلي داخل المائع أستخدم العلاقة:

$$P = P_0 + \rho h g$$

أ. الضغط الكلي على عمق (20 m):

$$\begin{aligned} P_1 &= 1 \times 10^5 + (1 \times 10^3 \times 20 \times 10) \\ &= 1 \times 10^5 + 2 \times 10^5 = 3 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

ب. الضغط الكلي على عمق (40 m):

$$\begin{aligned} P_2 &= 1 \times 10^5 + (1 \times 10^3 \times 40 \times 10) \\ &= 1 \times 10^5 + 4 \times 10^5 = 5 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

## المثال 2

أنبوب مملوء بالزئبق، إذا كان مقدار ضغط الزئبق عند أسفل الأنبوب  $(1.36 \times 10^5 \text{ Pa})$ ، أحسب ارتفاعه، علماً أن كثافة الزئبق  $(13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)$ .

المُعطيات:  $(\rho = 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)$ ,  $(P = 1.36 \times 10^5 \text{ Pa})$

المطلوب:  $(h = ?)$

الحل:

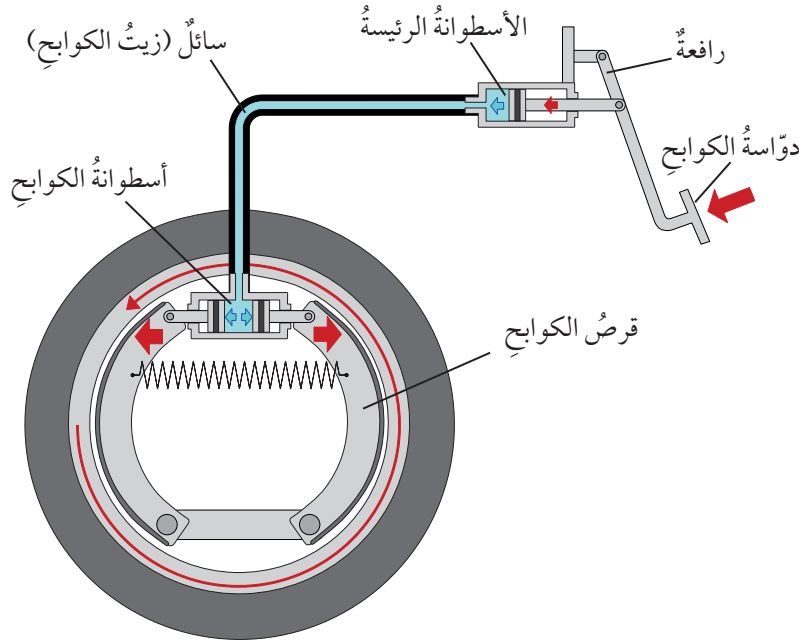
بتطبيق العلاقة:

$$\begin{aligned} P &= \rho h g \\ h &= \frac{P}{\rho g} = \frac{1.36 \times 10^5}{13.6 \times 10^3 \times 10} = 1 \text{ m} \end{aligned}$$

## الأنظمة الهيدروليكية Hydraulic Systems

تعلمت سابقاً أن السائل المحصور إذا تعرض لضغط خارجي، فإن هذا الضغط ينتقل إلى أجزاء السائل جميعها. وتعد الروافع الهيدروليكية تطبيقاً عملياً على هذه الفكرة، فهي أنظمة تعتمد في عملها على استخدام السوائل المحصورة لنقل الحركة. ويبيّن الشكل (6) أمثلة على روافع هيدروليكية، ويُعد نظام الكوابح الموجود في السيارة أحد التطبيقات الشائعة للأنظمة الهيدروليكية.

المخطط في الشكل (7) يبيّن الأجزاء الرئيسة لنظام الكوابح في السيارة. فعندما يضغط السائق بقدمه على دواسة الكوابح، تدفع الرافعة المتصلة بالدواسة مكبس الأسطوانة الرئيسة، فينتقل الضغط إلى أجزاء سائل الكوابح جميعها الذي يملأ الأسطوانة والأنابيب المتصلة بها، ليصل إلى أسطوانة الكوابح، فيضغط مكبس الأسطوانة على قرص الكوابح نحو الخارج باتجاهين متعاكسين على نحو ما هو مبين في الشكل، فينشأ بين الكوابح والإطار قوة احتكاك تؤدي إلى إيقاف السيارة.



الشكل (7): نظام الكوابح في إطار السيارة الخلفي.



الشكل (6): الرافعة الهيدروليكية

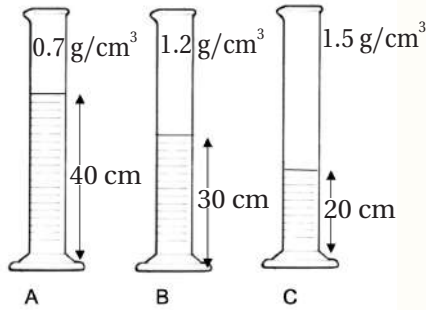
## مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** ما العوامل التي يعتمد عليها ضغط المائع عند نقطة داخله؟
2. **أحسب** الضغط الكلي المؤثر في غواص يسبح على عمق (8 m) تحت سطح ماء:

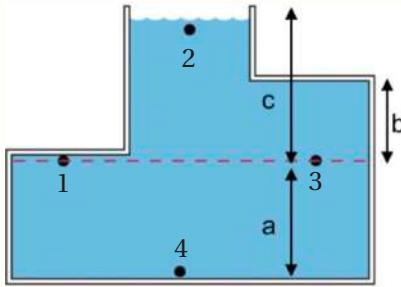
أ . بحيرة، حيث كثافة الماء ( $1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ )

ب . البحر، حيث كثافة الماء ( $1.03 \text{ g/cm}^3$ )

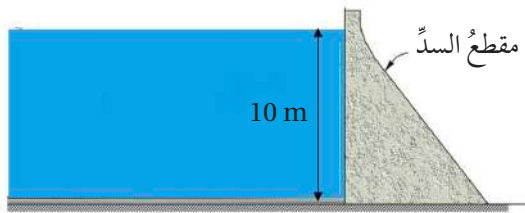
(أفترض أن  $g = 10 \text{ m/s}^2$  ،  $P_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ ).



3. **أستخدم المتغيرات:** يبين الشكل المجاور ثلاثة أوعية (A, B, C) تحتوي على سوائل مختلفة. معتمدًا على البيانات المثبتة على الشكل، في أي الأوعية الثلاثة يكون ضغط السائل عند قاعدة الإناء الأكبر مقدارًا؟



4. **أحلل وأستنتج:** يبين الشكل المجاور أربع نقاط داخل وعاء مملوء بالماء. معتمدًا على الشكل أجب عن الأسئلة الآتية:
  - أ . أي الارتفاعات الرأسية المشار إليها بالرموز (a, b, c) يلزمني لحساب ضغط الماء عند النقطة (3)؟ أفسر إجابتي.
  - ب . أرتب النقاط (1, 2, 3, 4) وفقًا لقيم الضغط عندها من الأكبر مقدارًا إلى الأقل.



5. **التفكير الناقد:** السد هو جدار رأسي يحجز الماء خلفه، ويبين الشكل المجاور سدًا ارتفاع الماء فيه (10 m). معتمدًا على البيانات المثبتة على الشكل، أجب عما يأتي:

- أ . **أحسب** ضغط الماء على عمق (5 m) تحت سطح الماء، (كثافة الماء  $= 1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ).
- ب . **أحسب** ضغط الماء على عمق (10 m) تحت سطح الماء.
- ج . **أفسر** معتمدًا على إجابتي على الفرعين السابقين، لماذا يكون سُمك قاعدة السد أكبر من سُمك جزئه العلوي؟



### الضغط الجوي Atmospheric Pressure

درست سابقاً أنّ الأرض مُحاطةٌ بغلافٍ من الغازات يُسمّى الغلاف الجويّ، ويُشكّل هذا الغلافُ ضغطاً على الأجسام الموجودة على سطح الأرض، يُعرف بالضغط الجويّ؛ وهو وزن عمود الهواء المؤثّر في وحدة المساحة عند منطقة ما على سطح الأرض.

يتأثّر الضغط الجويّ بعوامل عدّة منها درجة الحرارة، والارتفاع عن مستوى سطح البحر؛ فكلّما قلّ طول عمود الهواء فوق سطح البحر فإنّ وزن عمود الهواء المؤثّر في وحدة المساحة يقلّ، فيكون الضغط الجويّ مُنخفضاً. في حين يكون الضغط الجويّ مرتفعاً في الأماكن المنخفضة نتيجةً لزيادة وزن عمود الهواء المؤثّر في وحدة المساحة. أتملّ الشكل (8).

✓ **أتحقّق:** كيف يتغيّر الضغط الجويّ بزيادة الارتفاع عن سطح الأرض؟

#### الفكرة الرئيسة:

يُقاس ضغط الموائع باستخدام أجهزة مختلفة، منها الباروميتر والمانوميتر.

#### نتائج التعلم:

- أتعرف أجهزة قياس الضغط، والضغط الجويّ (الباروميتر، الباروميتر الزئبقيّ، المانوميتر).
- أصمّم جهازاً لقياس الضغط الجويّ.

#### المفاهيم والمصطلحات:

الباروميتر الزئبقيّ

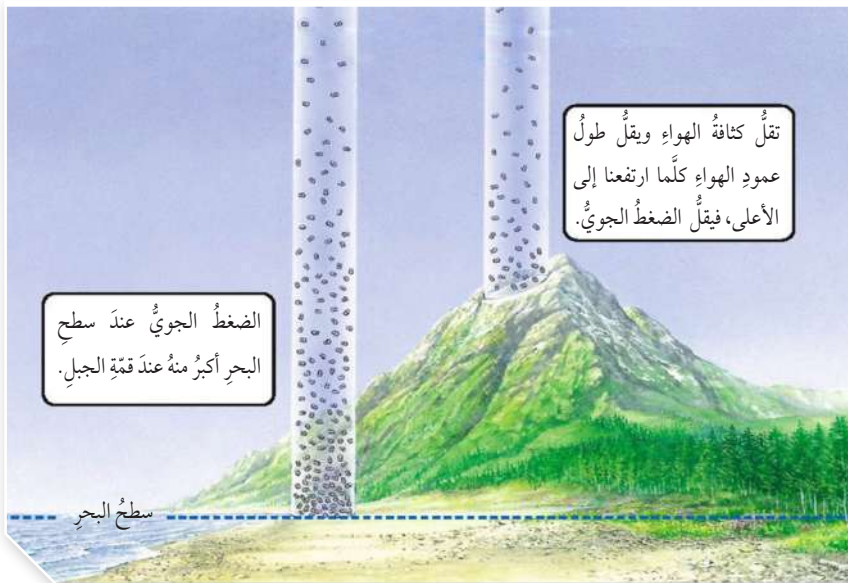
Mercury barometer

الباروميتر الفلزيّ

Aneroid Barometer

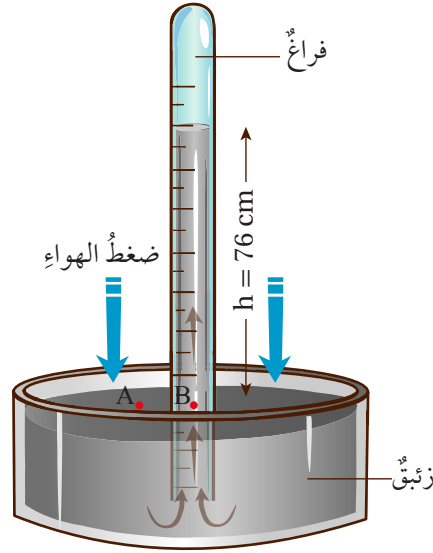
Manometer

المانوميتر



الشكل (8): فوق أيّ بقعة على سطح الأرض، يوجد عمود من الهواء يمتدّ من سطح الأرض إلى الغلاف الجويّ.

الشكل (9): قياس الضغط الجوي عند سطح البحر باستخدام باروميتر زئبقي.



## قياس الضغط الجوي Measuring Atmospheric Pressure

يُقاس الضغط الجوي بأجهزة متنوعة، منها الباروميتر الزئبقي والباروميتر الفلزي.

### الباروميتر الزئبقي Mercury Barometer

الشكل (9) يبين جهازًا بسيطًا اخترعه العالم تورشيللي عام 1643 يُسمى **الباروميتر الزئبقي** Mercury barometer، ويتكوّن من أنبوب يحتوي على زئبق يوضع مقلوبًا في وعاءٍ مملوءٍ بالزئبق، على ألا يُسمح بتسرّب الهواء إلى الأنبوب.

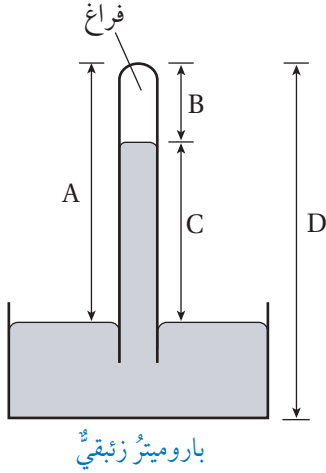
يضغطُ الهواء على سطح الزئبق في الوعاء، فيرتفع الزئبق داخل الأنبوب. عند مستوى سطح البحر، وعند درجة حرارة (15 °C) فإنّ طول عمود الزئبق في الأنبوب يستقرّ عند (76 cm) بالنسبة إلى سطح الزئبق في الوعاء، وهنا يكون ضغط عمود الزئبق في الأنبوب مساويًا للضغط الجوي. ونظرًا إلى أنّ الزئبق في حالة اتزانٍ سكونيٍّ، والنقطتين (A) و (B) تقعان على المستوى الأفقي نفسه، فإنّ:

$$P_A = P_B$$

$$P_0 = P_{\text{fluid}}$$

$$P_0 = \rho hg$$

✓ **أنحقّق:** أيّ من الارتفاعات المُثبّته على الشكل تُستخدم لحساب الضغط الجوي؟



**أفكر:** يُزوّد متسلّقو الجبال بأسطواناتٍ تحتوي على أكسجين مضغوط.



عندما نذهب إلى منطقة البحر الميت نشعر بعدم ارتياح في الأذنين، ففي الوضع العادي يكون الضغط داخل الأذن مساوياً للضغط خارجها، ونظراً إلى أن البحر الميت منطقة منخفضة تحت مستوى سطح البحر، فإن الضغط خارج الأذن يزداد عن الضغط داخلها، ما يسبب الشعور بعدم الارتياح كاستجابة من الجسم لفرق الضغط. ويختفي هذا الشعور عندما تفتح قناة استاكيوس، فتعمل على معادلة الضغط من جديد. ويمكن تسريع هذه العملية بالتأويب أو ابتلاع الريق، أو مضغ العلكة.

وبتعويض تسارع السقوط الحر ( $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ )، وكثافة الزئبق ( $\rho = 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ )، وارتفاع عمود الزئبق ( $76.0 \times 10^{-2} \text{ m}$ )، نحسب مقدار الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر:

$$P_0 = 13.6 \times 10^3 \times 76.0 \times 10^{-2} \times 9.8$$

$$P_0 = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

عادةً، يتخذ الضغط الجوي عند سطح مستوى البحر مرجعاً؛ ومقداره ( $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ) يمثل ضغطاً جويّاً واحداً (1 atm)، حيث:

$$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} \approx 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$$

فمثلاً، عند قمة جبل إفرست ينخفض الضغط الجوي إلى (33 kPa)، ويعادل (0.3 atm) تقريباً، أي (0.3) من مقدار الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر.

ويمكن أيضاً التعبير عن الضغط بوحدة السنتيمتر زئبق (cmHg)، فالضغط الجوي عند مستوى سطح البحر يساوي (76 cmHg).

### المثال 3

استخدم باروميتر زئبقي لقياس الضغط الجوي في منطقة ما، فكان ارتفاع عمود الزئبق (730 mm)، أحسب الضغط الجوي في تلك المنطقة، بوحدي (Pa) و (cmHg). (مفترضاً تسارع السقوط الحر  $10 \text{ m/s}^2$ ).

المعطيات: ( $h = 730 \text{ mm}$ ), ( $\rho = 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ), ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

المطلوب:  $P_0 = ?$

الحل:

لحساب الضغط الجوي بوحدة الباسكال استخدم العلاقة:

$$P_0 = \rho h g$$

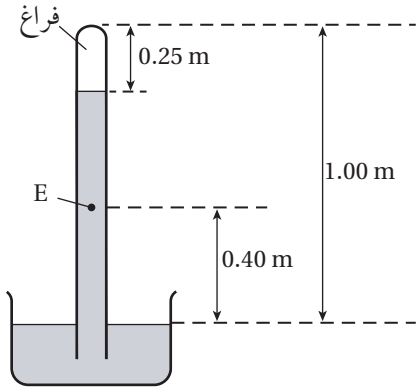
$$= 13.6 \times 10^3 \times 730 \times 10^{-3} \times 10 = 99280 \approx 9.92 \times 10^4 \text{ Pa}$$

أما الضغط الجوي بوحدة (cmHg) فيساوي ارتفاع عمود الزئبق بوحدة (cm):

$$h = 730 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} = 73 \text{ cm} \rightarrow P_0 = 73 \text{ cmHg}$$



## المثال 4



استُخدِمَ الباروميترُ الزئبقيُّ المُبَيَّنُّ في الشكلِ المجاورِ لقياسِ الضغطِ الجويِّ في منطقةٍ ما على سطحِ الأرضِ، معتمداً على البياناتِ المثبتةِ على الشكلِ، أجيبُ عما يأتي:

أ. أحسبُ الضغطَ الجويَّ في تلكِ المنطقةِ.

ب. أحسبُ الضغطَ عندَ النقطةِ (E).

جـ. ماذا يحدثُ لارتفاعِ عمودِ الزئبقِ في الأنبوبِ عندَ استخدامِ الباروميترِ لقياسِ الضغطِ الجويِّ عندَ قَمَّةِ جبلٍ مرتفعةٍ؟

المُعْطَيَاتُ:  $(g = 10.0 \text{ m/s}^2)$ ,  $(\rho = 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)$ ، الارتفاعاتُ المثبتةُ على الشكلِ

المطلوبُ:  $(P_0 = ?)$ ,  $P_E = ?$

الحلُّ:

أ. لحسابِ الضغطِ الجويِّ، أحسبُ أولاً ارتفاعَ الزئبقِ في الأنبوبِ:

$$h_1 = 1 - 0.25 = 0.75 \text{ m}$$

ثمَّ أحسبُ الضغطَ باستخدامِ العلاقةِ:

$$P_0 = \rho h g$$

$$= 13.6 \times 10^3 \times 0.75 \times 10 = 1.02 \times 10^5 \text{ Pa}$$

ب. لحسابِ الضغطِ عندَ النقطةِ (E)، أحسبُ أولاً ارتفاعَ الزئبقِ فوقَ النقطةِ:

$$h = 1 - (0.4 + 0.25) = 0.35 \text{ m}$$

ثمَّ أحسبُ الضغطَ منَ العلاقةِ:

$$P = \rho h g = 13.6 \times 10^3 \times 0.35 \times 10 = 4.76 \times 10^4 \text{ Pa}$$

جـ. عندَ قَمَّةِ الجبلِ يقلُّ مقدارُ الضغطِ الجويِّ، لذا يكونُ طولُ عمودِ الزئبقِ أقلَّ.

لتدريكَ

أحسبُ طولَ عمودِ الزئبقِ في أنبوبِ باروميتر، استُخدِمَ في منطقةِ البحرِ الميتِ لقياسِ الضغطِ الجويِّ، إذا كانَ الضغطُ الجويُّ في تلكِ المنطقةِ (108.8 kPa).

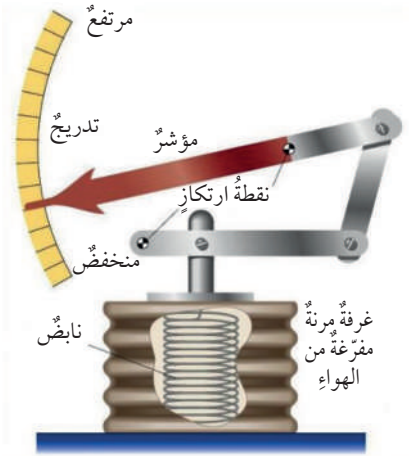


الشكل (10): الباروميتر الفلزي.

### الباروميتر الفلزي Aneroid Barometer

يبيّن الشكل (10) باروميتر زئبقياً يُستخدم في قياس الضغط الجوي، ويُسمّى **Aneroid Barometer** أي باروميتر "لا سائلي"؛ إذ لا يُستخدم فيه الزئبق أو أي سائل آخر. ويُستخدم هذا النوع من الأجهزة على نطاق واسع بدلاً من الباروميتر الزئبقي؛ لصغر حجمه، وسهولة نقله وحمله. يحتوي الباروميتر على غرفة فلزية مفرّغة من الهواء تقريباً، ومثبت بداخلها نابض، على نحو ما يبيّن الشكل (11). يسمح النابض للغرفة بالتمدد والتقلص بما يتناسب مع ضغط الهواء المحيط بها؛ فإذا زاد ضغط الهواء انخفض السطح العلوي للغرفة إلى الأسفل، وإذا قلّ ضغط الهواء ارتفع سطح الغرفة إلى الأعلى. تنتقل حركة الغرفة إلى مؤشر الباروميتر عن طريق رافعة ميكانيكية، فيدور المؤشر بما يتناسب مع ضغط الهواء المراد قياسه. ويقرأ الباروميتر مقدار هذا الضغط من خلال الرقم الظاهر على التدريج الدائري المقابل للمؤشر.

✓ **أتحقّق:** ما الفكرة الرئيسة التي يعتمد عليها مبدأ عمل الباروميتر الفلزي؟



الشكل (11): أجزاء الباروميتر الفلزي.

### أبحث:

يُقاس الضغط الجوي بوحدات مختلفة، منها المليبار والهكتوبار والمليمتر زئبق. أبحث عن الوحدات المختلفة لقياس الضغط الجوي وكيفية التحويل بينها. وما الوحدات المستخدمة على أجهزة قياس الضغط للتعبير عن الضغط الجوي؟

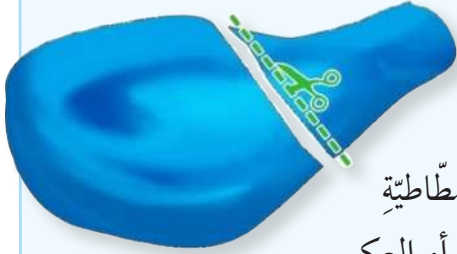
## التجربة 2

### أصنع نموذج باروميتر

**المواد والأدوات:** وعاء زجاجي، ماصة بلاستيكية، بالون، حلقة مطاطية، صمغ، شريط لاصق، قطعة كرتون، قلم تخطيطي، مقص.

**إرشادات السلامة:** أحرص عند استخدام المقص، أضع الباروميتر في مكان مناسب.

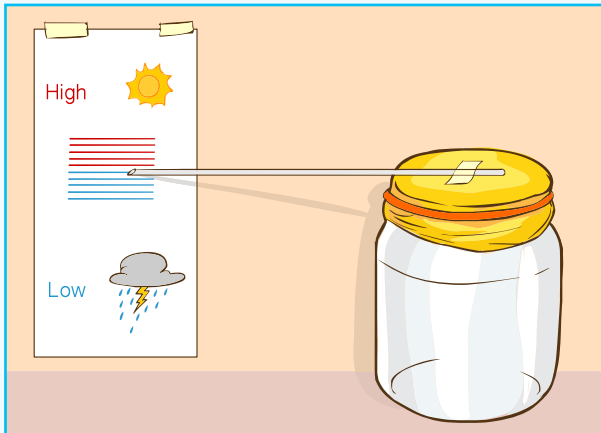
### خطوات العمل:



- 1- أقص فوهة البالون عند المكان المبيّن على الشكل المجاور، كي أحصل على قطعة مناسبة أتمكن من شدّها لأغطي بها فوهة الوعاء الزجاجي، وأثبت البالون على الفوهة جيداً باستخدام الحلقة المطاطية (أو حلقتين)؛ لأمنع تسرب الهواء من داخل الوعاء إلى خارجه أو العكس.
- 2- أثبت طرف الماصة عند منتصف غشاء البالون باستخدام الصمغ، ثم أضع فوق الماصة قطعة من الشريط اللاصق للتأكد من تثبيت طرف الماصة جيداً.
- 3- أقص قطعة كرتون مناسبة، وأرسم عند منتصفها خطاً أفقياً موازياً للماصة عندما تكون في الوضع الأفقي، ثم أرسم مجموعة خطوط باللون الأحمر فوق خط المنتصف؛ لتدلّ على ضغط مرتفع، ومجموعة خطوط باللون الأزرق أسفل خط المنتصف؛ لتدلّ على ضغط منخفض.
- 4- اختار مكاناً مناسباً أضع عنده نموذجي، على أن تكون الماصة مقابل خط المنتصف المرسوم على قطعة الكرتون، على نحو ما يبيّن الشكل.
- 5- أراقب النموذج أياً ما عدّة، وألاحظ التغيّر في موضع الماصة باختلاف حالة الطقس.

### التحليل والاستنتاج:

1. **أصف** العلاقة بين اتجاه حركة الماصة وحالة الطقس (يوم مشمس، يوم غائم، ...)
2. **التفكير الناقد:** أوضح العلاقة بين اتجاه حركة الماصة، وفرق الضغط بين داخل الوعاء وخارجه.

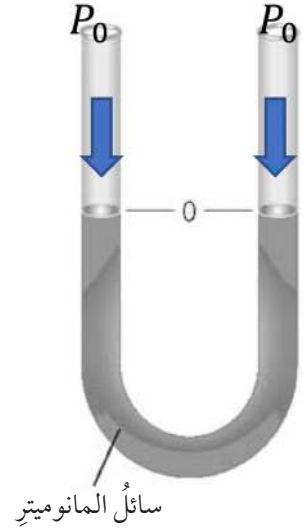


## قياس ضغط المائع Fluid Pressure Measurement

يُقاس ضغط المائع (غاز أو سائل) باستخدام أجهزة متنوعة، ومن الأجهزة المستخدمة لقياس ضغط الغازات والسوائل

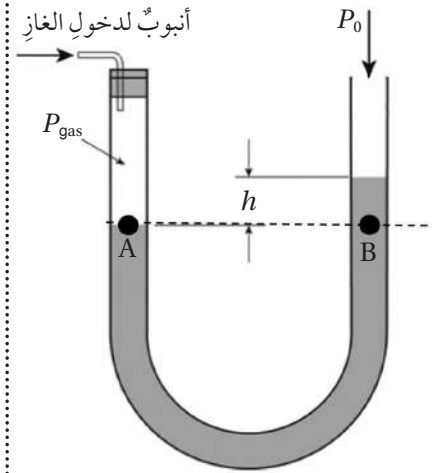
المحصورة، جهاز يُسمى **المانومتر Manometer**.

للمانومتر أشكال مختلفة، أبسطها الميّن في الشكل (12)، وهو أنبوب مفتوح من الطرفين على شكل حرف (U)، يحتوي على سائل مثل الزئبق أو الماء. ونظراً إلى أن طرفي الأنبوب مُعرضان للضغط الجوي نفسه، لذا يكون ارتفاع السائل متساوياً في ذراعي الأنبوب.



الشكل (12): المانومتر.

عند استخدام المانومتر لقياس ضغط غاز محصور، تُوصّل أسطوانة الغاز بإحدى ذراعي المانومتر، في حين تظل الذراع الأخرى مفتوحة، وبذلك يتم تعريض سائل المانومتر لضغط الغاز عند إحدى الذراعين، وللضغط الجوي عند الذراع الأخرى. فإذا كان ضغط الغاز أكبر من الضغط الجوي، انخفض السائل في الذراع المتصلة بالغاز وارتفع في الذراع الأخرى، على نحو ما هو مبين في الشكل (13).



الشكل (13): قياس ضغط غاز باستخدام المانومتر.

وبالاعتماد على مبدأ تساوي الضغط (في السائل نفسه) عند النقاط جميعها الواقعة على المستوى الأفقي نفسه، يمكن حساب ضغط الغاز. ففي الشكل (13) يكون ضغط الغاز المؤثر في النقطة (A)، مساوياً لمجموع الضغط الجوي وضغط عمود السائل (h) المؤثرين في النقطة (B)، أي أن:

$$P_A = P_B$$

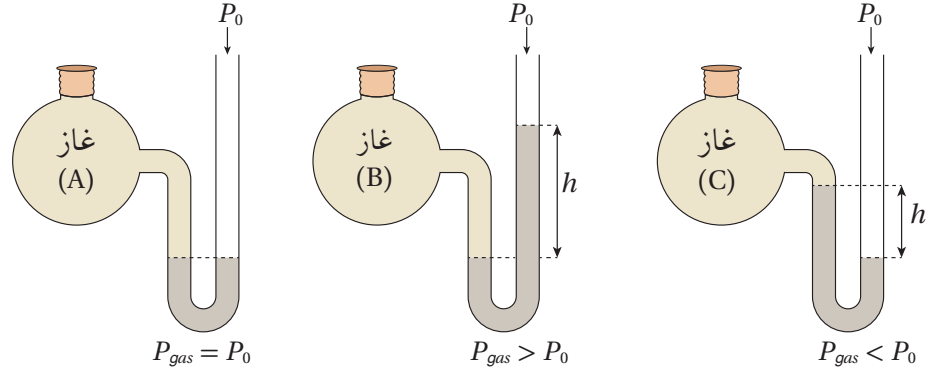
$$P_{\text{gas}} = P_0 + phg$$

✓ **أتحقّق:** في الشكل (13) إذا كان ضغط عمود السائل (h) فوق

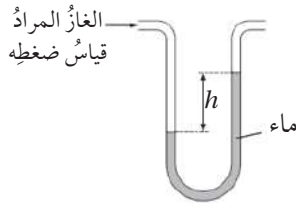
النقطة (B) يساوي (5 cmHg) والضغط الجوي (75 cmHg)،

فما ضغط الغاز بوحدة (cmHg)؟

الشكل (14): قياس  
الضغط لغازات مختلفة  
باستخدام المانومتر.



**أفكر:** السائل المُستخدم في المانومتر المُبين في الشكل هو الماء، واستُخدم المانومتر لقياس ضغط غاز، فكان الفرق في ارتفاع السائل بين ذراعيه  $(h)$ . لو استُبدل الماء بسائل ذي كثافة أكبر، فماذا يحدث لمقدار  $(h)$ ؟ أفسر إجابتي.



قد يكون ضغط الغاز المحصور مساوياً للضغط الجوي أو أكبر منه أو أقل، ويبين الشكل (14) ثلاث حالات استخدم فيها المانومتر لقياس ضغط غازات محصورة. بالاعتماد على الشكل نستنتج أن:

■ ضغط الغاز (A) يساوي الضغط الجوي:

$$P_{gas} = P_0$$

■ ضغط الغاز (B) أكبر من الضغط الجوي:

$$P_{gas} = P_0 + \rho hg$$

■ ضغط الغاز (C) أقل من الضغط الجوي:

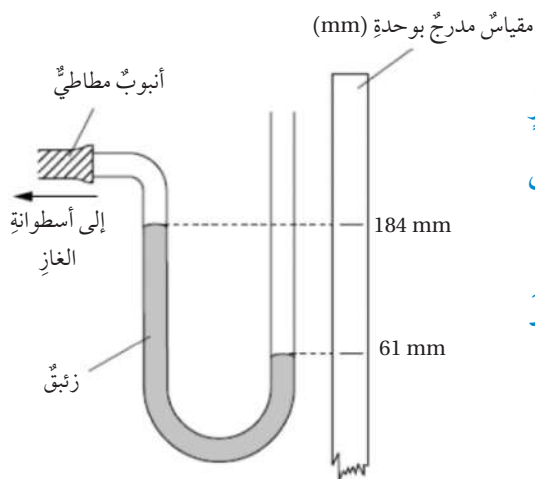
$$P_{gas} = P_0 - \rho hg$$

#### الربط بالصناعة



تُصنع المانومترات بأشكال مختلفة، ولها تطبيقات عملية كثيرة، منها قياس ضغط الغاز في أنظمة التدفئة وضبط ضغطه، وفي أنابيب نقل الغاز، وقياس ضغط البخار في محطات توليد الطاقة الكهربائية.

## المثال 5



يبيّن الشكل المجاور مانوميتر استخدم لقياس ضغط غاز محصور في أسطوانة. معتمداً على البيانات المثبتة على الشكل، أحسب ضغط الغاز.

علماً بأن: كثافة الزئبق ( $13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ )، والضغط الجوي ( $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ )، وتسارع السقوط الحر ( $10 \text{ m/s}^2$ ).

المعطيات:

$$(h = 184 - 61 = 123 \text{ mm}), (\rho = 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3), (P_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}), (g = 10 \text{ m/s}^2)$$

المطلوب:

$$(P_{\text{gas}} = ?)$$

الحل:

أحسب الفرق في ارتفاع الزئبق في شعبي المانوميتر:

$$h = 184 - 61 = 123 \text{ mm} = 123 \times 10^{-3} \text{ m}$$

انخفاض سطح الزئبق في الشعبة المفتوحة يدل على أن ضغط الغاز أقل من الضغط الجوي، ويُحسب من العلاقة الآتية:

$$P_{\text{gas}} = P_0 - \rho hg$$

$$P = 1 \times 10^5 - (13.6 \times 10^3 \times 123 \times 10^{-3} \times 10)$$

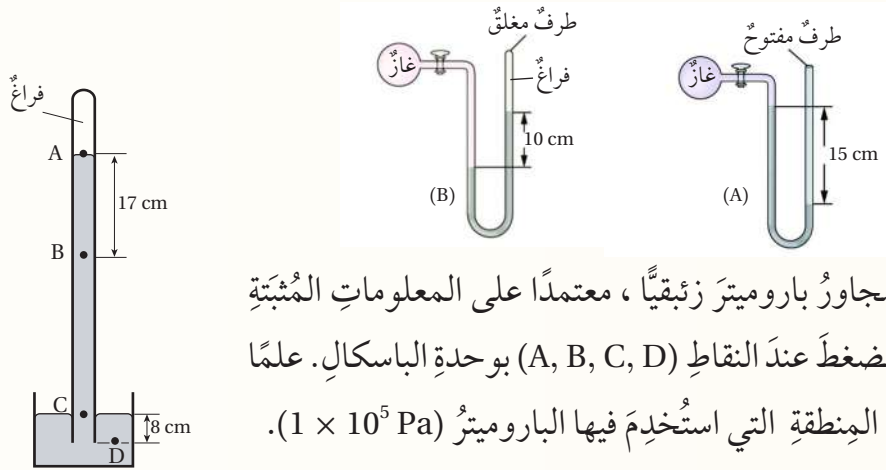
$$= 1 \times 10^5 - 1.67 \times 10^4$$

$$= 10 \times 10^4 - 1.67 \times 10^4 = 8.33 \times 10^4 \text{ Pa}$$

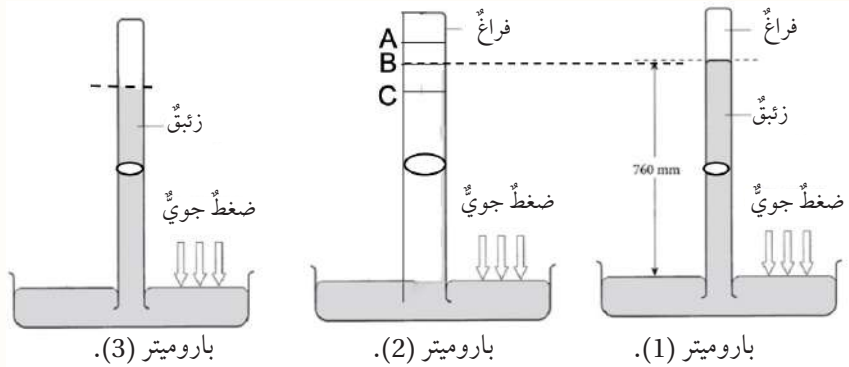


## مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أذكر استخدامًا لكل من: الباروميتر والمانوميتر.
2. **أحسب:** مانوميتر زئبقيّ استخدم لقياس ضغط غازين مختلفين، مستعينًا بالبيانات المثبتة على الشكل، أحسب ضغط الغاز الذي يقيسه المانوميتر في الحالتين (A)، (B).



3. **أحلّل:** يبين الشكل المجاور باروميتر زئبقيّ، معتمدًا على المعلومات المثبتة على الشكل، أحسب الضغط عند النقاط (A, B, C, D) بوحدة الباسكال. علمًا بأن الضغط الجوي في المنطقة التي استخدم فيها الباروميتر  $(1 \times 10^5 \text{ Pa})$ .
4. **التفكير الناقد:** استخدم الباروميتر (1) لقياس الضغط الجوي في منطقة ما، فكان ارتفاع الزئبق في الأنبوب على نحو ما هو مبين في الشكل، ثم استخدم باروميتران آخران لقياس الضغط الجوي في المنطقة نفسها، حيث مساحة مقطع أنبوب الباروميترين (1) و (3) متساوية، ومساحة مقطع الباروميتر (2) أكبر منهما. معتمدًا على البيانات المثبتة على الشكل أجب عن الأسئلة الآتية:
  - أ. اختار من الرموز (A, B, C) الرمز الذي أتوقع أنه يمثل ارتفاع الزئبق في أنبوب الباروميتر (2)، وأعطي دليلًا يدعم صحة إجابتي.
  - ب. اقترح سببًا أدى إلى أن يكون ارتفاع الزئبق في الباروميتر (3) أقل من الباروميتر (1).



## قياس ضغط الدم

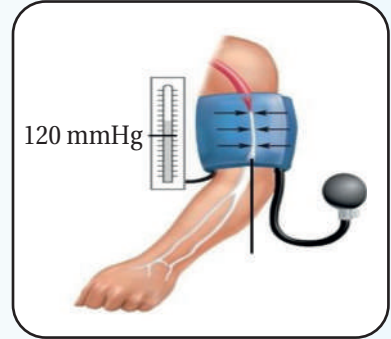
ضغط الدم مصطلح يُستخدم للتعبير عن قوة ضغط الدم على جدران الشرايين، ويُعدُّ ضغط الدم من العلامات الحيوية المهمة لتقييم الحالة الصحية لجسم الإنسان.

يُقاس ضغط الدم بوحدة المليمتر زئبق (mmHg)، ويُستخدم لقياسه العديد من الأجهزة، منها مقياس الضغط الزئبقي (Sphygmomanometer). ويتكوّن من أنبوب يحتوي على زئبق، يتصل بسوار قابل للنفخ، وسماعة طبية، والشكل المجاور يوضح كيفية قياس ضغط الدم الانقباضي (الضغط العالي):

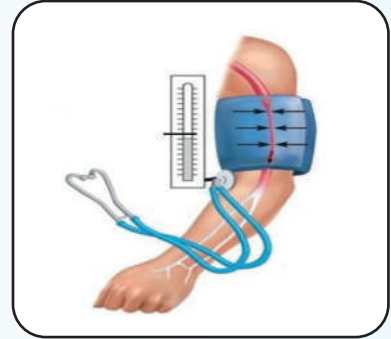
أ - يُلفّ السوار حول الذراع، ويُنفخ إلى أن يتوقّف سريان الدم في الشريان، ويكون ضغط السوار في هذه الحالة أعلى من (120 mmHg).

ب - يُخفّف ضغط السوار ببطء، في حين يُنصت الفاحص بواسطة السماعة الطبية ليستمع إلى نبض الدم عبر الشريان، وفي الوقت نفسه يراقب ارتفاع الزئبق في الأنبوب. وبمجرد أن يبدأ الدم بالتدفق ويسمع الفاحص أول نبض للدم عبر الشريان، فإن ارتفاع الزئبق في الأنبوب في هذه الحالة يساوي ما يُعرف بضغط الدم الانقباضي (الضغط العالي).

ولأجهزة قياس الضغط أشكال مختلفة، منها جهاز قياس الضغط الرقمي الذي يتميز بسهولة التشغيل وبساطته.



أ) ضغط السوار أعلى من 120 mmHg.



ب) الضغط العالي.



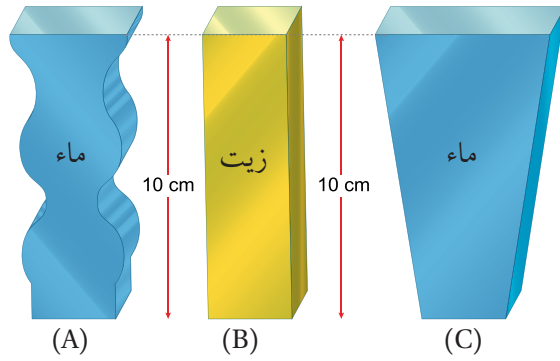
جهاز قياس الضغط الرقمي

**أبحث** مستعيناً بمصادر المعرفة المناسبة، أبحث عن الأشكال المختلفة لأجهزة قياس الضغط، وأوضح مزايا كل منها. وما الأمور التي يجب أخذها في الحسبان عند استخدام جهاز قياس الضغط للحصول على قياسات دقيقة؟ ثم أكتب تقريراً وأعرضه على زملائي / زميلاتي.



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

1. يبين الشكل المجاور ثلاثة أوعية؛ اثنين منها يحتويان على الماء والثالث يحتوي على زيت. وارتفاع



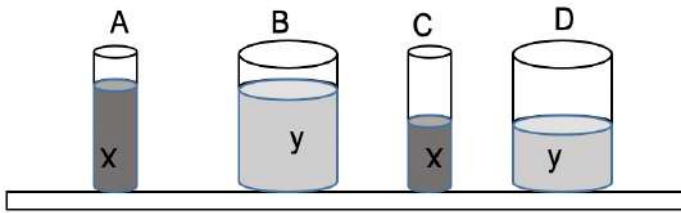
السوائل في الأوعية الثلاثة متساو. إذا علمت أن كثافة الماء أكبر من كثافة الزيت، فإن الترتيب التنازلي للضغط على قاعدة الأوعية الثلاثة:

أ.  $P_A > P_B > P_C$  . ب.  $P_A = P_C > P_B$  .

ج.  $P_B > P_A = P_C$  . د.  $P_A = P_B = P_C$  .

2. سائلان (x, y)، كثافتهما ( $\rho_x = 1010 \text{ kg/m}^3$ ) و ( $\rho_y = 950 \text{ kg/m}^3$ ). عند صب السائلين في

الأوعية المبينة في الشكل المجاور، فإن أكبر ضغط يكون على قاعدة الوعاء:



أ. A . ب. B .

ج. C . د. D .

3. الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر (100 kPa)، وكثافة ماء البحر ( $1020 \text{ kg/m}^3$ ). على أي

عمق تحت سطح الماء يكون الضغط الكلي (151 kPa)؟

أ. 5 m . ب. 25 m . ج. 50 m . د. 55 m .

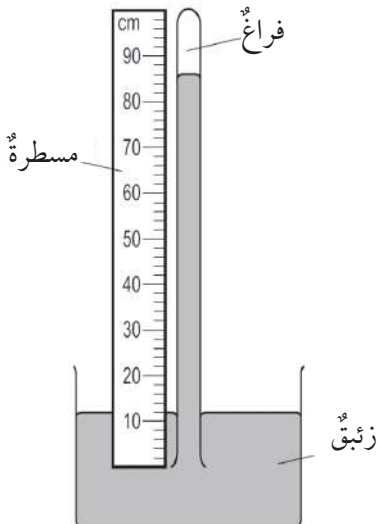
4. يبين الشكل المجاور باروميتر زئبقياً استخدم لقياس الضغط

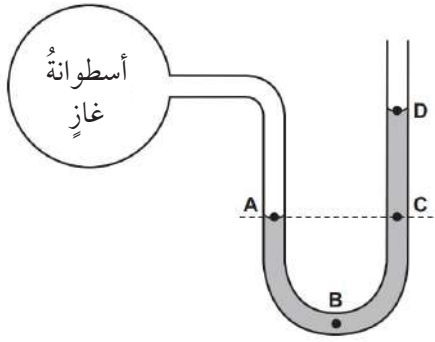
الجوي. أي الأطوال الآتية يستخدم لحساب مقدار الضغط

الجوي الذي قاسه الباروميتر بوحدة (cmHg)؟

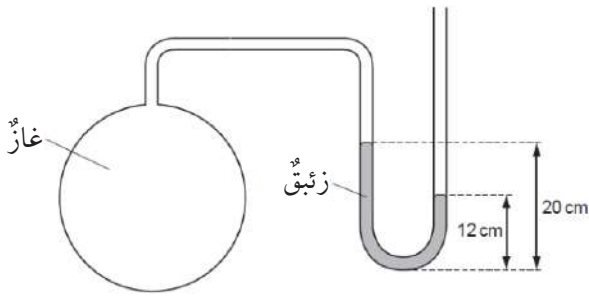
أ. 12 . ب. 74 .

ج. 86 . د. 100 .



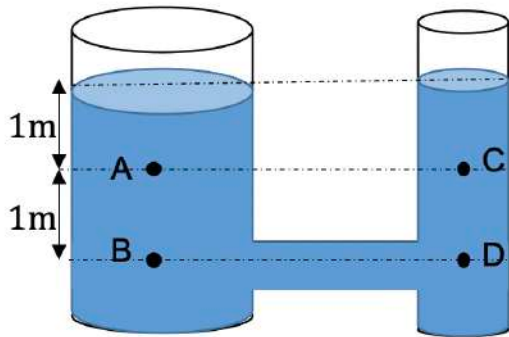


5. يُبين الشكل المجاور مانوميتر، طرفه الأول يتصل بأسطوانة غاز، وطرفه الثاني مفتوح. النقطة التي يكون عندها مقدار الضغط أكبر ما يمكن هي:
- أ . A  
ب . B  
ج . D  
د . C



6. يبين الشكل المجاور مانوميتر طرفه الأول يتصل بأسطوانة غاز، وطرفه الثاني مفتوح. إذا كان الضغط الجوي يساوي (76 cmHg)، فإن ضغط الغاز بوحدة (cmHg):
- أ . 56  
ب . 68  
ج . 84  
د . 96

7. معتمداً على البيانات المثبتة على الشكل المجاور، وإذا علمت أن مساحة مقطع الأنبوب الرفيع نصف مساحة مقطع الأنبوب العريض، وأن الضغط الجوي (100 kPa)، والسائل الذي يملأ الوعاء ماءً كثافته ( $1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ )، فإن الضغط الكلي عند النقاط (A, B, C, D) بوحدة (kPa).

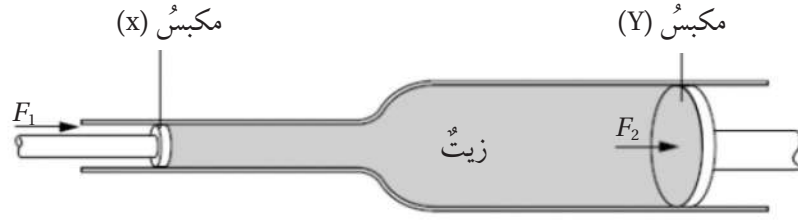


- أ .  $P_A = P_B = 10, P_C = P_D = 20$   
ب .  $P_A = P_C = 10, P_B = P_D = 20$   
ج .  $P_A = 110, P_B = 120, P_C = 55, P_D = 60$

د .  $P_A = P_C = 110, P_B = P_D = 120$

2. **أصف** كيف يتغير كل من: الضغط الجوي بزيادة الارتفاع عن سطح البحر، وضغط الماء بزيادة العمق تحت سطح الماء.

3. يبين الشكل مقطعاً من نظام الكوابح في السيارة. مستعيناً بالشكل أجب عن الأسئلة الآتية:

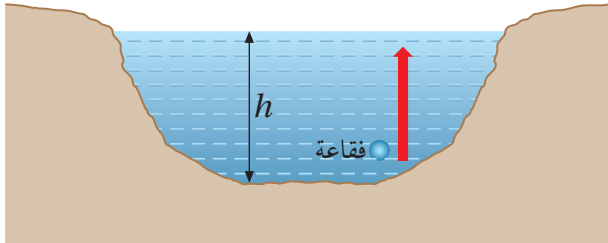


أ. **أحسب** مقدار الضغط على الزيت المحصور في الأسطوانة، الناتج عن قوة مقدارها  $F_1 = 90 \text{ N}$  تؤثر في مكبس الأسطوانة (X)، علماً بأن مساحة سطحه  $(48 \text{ cm}^2)$ .

ب. ينتقل الضغط عبر الزيت إلى المكبس (Y) فيتأثر بقوة  $(F_2)$ ، لماذا يكون مقدار القوة  $(F_2)$  المؤثرة في المكبس (Y) أكبر من مقدار القوة  $(F_1)$ ؟

جـ. **أفسر**: لا يعمل نظام الكوابح على النحو المطلوب، إذا تسربت فقاعات هواء إلى الأسطوانة.

4. يبين الشكل بحيرة عمق الماء فيها  $(12 \text{ m})$ ، وكثافة الماء  $(1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)$ :



أ. **أحسب** الضغط الكلي عند أسفل البحيرة، إذا كان الضغط الجوي  $(P_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa})$ .

ب. **التفكير الناقد**: هل يتغير حجم فقاعة غاز تطلق من أسفل البحيرة إلى سطحها؟  
أفسر إجابتي.

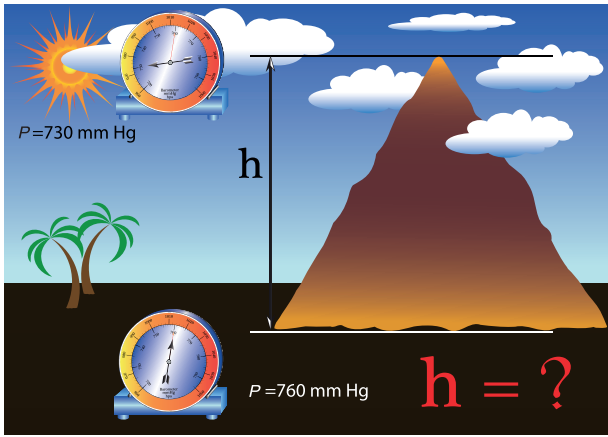
5. **التفكير الناقد**: تُبحر غواصة على عمق  $(20 \text{ m})$  تحت سطح ماء البحر، ضغط ماء البحر على هذا العمق  $(P)$ ، وكثافة ماء البحر  $(\rho_s)$ . ثم تُبحر الغواصة نفسها في ماء عذب على عمق  $(20.6 \text{ m})$  تحت سطح الماء، كثافة الماء العذب  $(\rho_f)$ ، حيث  $(\rho_s = 1.03 \rho_f)$ . فهل تتأثر الغواصة في الماء العذب بضغط مساوٍ أم أكبر أم أقل من الضغط  $(P)$  المؤثر بها في ماء البحر؟ أعطي دليلاً يدعم صحة إجابتي.



6. صممت مجموعة من الطالبات نموذجاً لرافعة هيدروليكية، على نحو ما هو مبين في الشكل المجاور.

أ. **أصف** كيف يعمل النموذج؟

ب. **أقترح**: كيف يمكن تطوير النموذج؟



7. **أحلل**: يُبين الشكل المجاور قراءتي باروميتر عند

أسفل جبل وأعلى، معتمداً على البيانات المثبتة على الشكل أجب عن الأسئلة الآتية:

أ. أحسب الفرق في الضغط بين أسفل الجبل وأعلى بوحدة الباسكال، علماً بأن كثافة الزئبق تساوي  $(13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)$ .

ب. أحسب ارتفاع الجبل، علماً بأن متوسط كثافة الهواء يساوي  $(1.2 \text{ kg/m}^3)$ .

8. **التفكير الناقد**: عند استخدام باروميتر زئبقي لقياس الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر، فإن

طول عمود الزئبق في الأنبوب يستقر عند (76 cm) بالنسبة إلى سطح الزئبق في الوعاء.

أ. ماذا لو استخدم الماء بدلاً من الزئبق، فكم سيكون ارتفاع عمود الماء في الباروميتر عند مستوى سطح البحر؟

ب. لماذا لا يُستخدم الماء في الباروميتر ويُستخدم الزئبق؟ أعطي دليلاً علمياً يدعم إجابتي معتمداً على النتيجة التي توصلت إليها في الفرع (أ).



# انكسار الضوء

## Refraction of Light

### الوحدة

# 5

قال تعالى:

﴿وَالَّذِينَ كَفَرُوا أَعْمَلُهُمْ كَسَرَابٍ بِقِيعَةٍ يَحْسَبُهُ الظَّمْآنُ مَاءً حَتَّى إِذَا جَاءَهُ لَمْ يَجِدْهُ شَيْئًا وَوَجَدَ اللَّهَ عِنْدَهُ فَوَفَّاهُ حِسَابَهُ وَاللَّهُ سَرِيعُ الْحِسَابِ ﴿٣٩﴾﴾

[سورة النور، آية (39)]

### أتأمل الصورة

في فصل الشتاء يظهر عادةً في الجهة المقابلة للشمس ما يُعرف بقوس المطر (قوس قزح) بألوانه الجميلة، التي تنتج عن تشتت الضوء في أثناء مروره عبر قطرات المطر التي تحلّق في السماء بعد عاصفة ممطرة. وعندما ننظر إلى قوس المطر، أرى ألوان الضوء الأبيض مرتبة من الأحمر في الأعلى إلى البنفسجي في الأسفل. لكن كيف يتشكّل قوس المطر؟ ولماذا تُفصل الألوان؟

## الفكرة العامة:

عندما ينتقل الضوء من وسطٍ شفافٍ إلى وسطٍ شفافٍ آخر، على أن يصنع زاويةً مع الحدِّ الفاصلِ بينَ الوسطينِ الشفافين، فإنَّه يغيّر مساره عند الحدِّ الفاصلِ، ونقولُ إنّ الضوء قد انكسر. ويترتّبُ على ذلك حدوثُ ظواهرٍ ضوئيةٍ عدّةٍ نشاهدُها في حياتنا اليومية.

### الدرس الأول: انكسار الضوء

**الفكرة الرئيسة:** الانكسار هو انحرافُ الضوء عن مساره عندما ينتقل بينَ وسطينِ شفافينِ مختلفين.

### الدرس الثاني: تطبيقات وظواهر بصرية

**الفكرة الرئيسة:** لانكسارِ الضوء تطبيقاتٌ عديدةٌ في حياتنا، وتنشأ عنه ظواهرٌ بصريةٌ متنوّعةٌ.

### الدرس الثالث: العدسات الرقيقة

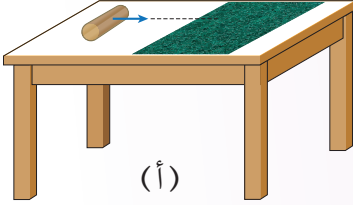
**الفكرة الرئيسة:** تختلفُ صفاتُ الأخيلةِ المتكوّنةِ في العدساتِ باختلافِ نوعِ العدسة، وبُعدها البؤريِّ، وموقعِ الجسمِ بالنسبةِ إليها.



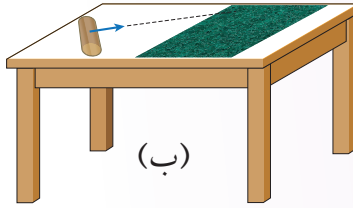
# تجربة استهلاكية

## انحراف مسار الحركة لجسم

**المواد والأدوات:** أسطوانة فلزية أو خشبية بقطر (5 - 10 cm) وارتفاع (20 - 30 cm)، قطع قماش خشن مستطيلة الشكل أبعادها (60 cm × 100 cm) تقريباً، ورق أبيض (A 4).



(أ)



(ب)

**إرشادات السلامة:** الحذر من سقوط الأسطوانة على القدمين.

**خطوات العمل:** بالتعاون مع أفراد مجموعتي، أنفذ الخطوات الآتية:

1. أثبت قطعة قماش على أحد نصفي سطح الطاولة، وأضع الأسطوانة على النصف الآخر، على نحو ما يظهر في الشكل (أ).

2. أرفع الأسطوانة على أن تتدحرج باتجاه عمودي على حافة قطعة القماش المقابلة للأسطوانة، وألاحظ سرعتها على سطح الطاولة مقارنةً بسرعتها على قطعة القماش.

3. أعيد الأسطوانة إلى مكانها، ثم أرفعها لتتدحرج باتجاه يصنع زاوية حادة مع حافة قطعة القماش المقابلة للأسطوانة، على نحو ما يظهر في الشكل (ب)، وألاحظ ما يحدث للأسطوانة عندما تبدأ بالتدحرج على قطعة القماش.

4. أكرر الخطوة السابقة (2 - 3) مرات، وأدون ملاحظاتي حول اتجاه حركة الأسطوانة على سطح الطاولة مقارنةً باتجاه حركتها على قطعة القماش.

5. أضع الأسطوانة على قطعة القماش وأرفعها لتتدحرج نحو سطح الطاولة، وباتجاه يصنع زاوية حادة مع حافة قطعة القماش، وألاحظ بأي اتجاه سوف تنحرف عند انتقالها إلى سطح الطاولة مقارنةً باتجاه حركتها على قطعة القماش.

## التحليل والاستنتاج:

1. **أقارن** مقدار سرعة الأسطوانة على سطح الطاولة بمقدار سرعتها على قطعة القماش (أيهما أكبر)، عندما تتدحرج بحسب الوضع الوارد في الخطوة (2).

2. **أفسر** سبب اختلاف سرعة الأسطوانة عند انتقالها من سطح الطاولة إلى قطعة القماش.

3. **أحلل:** أقارن اتجاه حركة الأسطوانة على سطح الطاولة باتجاه حركتها على قطعة القماش، عندما تتدحرج بحسب الوضع الوارد في الخطوتين (3، 4)، وأفسر سبب انحراف الأسطوانة عن مسارها عندما انتقلت من سطح الطاولة إلى قطعة القماش.

4. **أقارن** اتجاه انحراف الأسطوانة عندما تتدحرج بحسب الوضع الوارد في الخطوتين (3، 4)، باتجاه انحرافها عندما تتدحرج بحسب الوضع الوارد في الخطوة (5).

5. **أستنتج** ما يحدث لسرعة جسم (مقداراً واتجهاً) عندما ينتقل من وسط ما إلى وسط آخر مختلف.

للضوء أهمية بالغة في حياتنا، وهو يحيط بنا من كل مكان، فهو سبب رؤيتنا الأشياء من حولنا، ويُسهّل علينا استكشاف العالم المحيط بنا. فلو أغمضنا أعيننا لحظةً، وتخيلنا عالم الظلام الذي سنعيش فيه، فكيف سيبدو عالمنا دون وجود الضوء؟ توجد عمليات مختلفة تحدث وتساعدنا على رؤية العالم من حولنا، منها الانعكاس والانكسار، فالأجسام من حولنا تعكس الضوء الساقط عليها من المصادر الضوئية المختلفة، كالشمس، والمصابيح، والأجسام المشتعلة، وعندما يدخل الضوء القادم من هذه الأجسام إلى أعيننا ينكسر عن طريق العدسة الموجودة في أعيننا ويتركز على الشبكية، فتحدث الرؤية. وقد تعرّفنا في صف سابق الانعكاس، وستعرّف في هذا الدرس خاصية أخرى للضوء وهي الانكسار.

### الانكسار Refraction

ينتقل الضوء في الفراغ أو في الوسط الشفاف المتجانس (كالماء والزجاج) بسرعة ثابتة وفي خطّ مستقيم دون أن ينحرف، ولكن هل يبقى كذلك عندما ينتقل من الفراغ إلى وسط شفاف أو العكس، أو من وسط شفاف إلى وسط شفاف آخر؟ عندما نضع قلمًا في كأس بها ماء، فإن القلم يظهر مكسورًا عند سطح الماء على نحو ما يظهر في الشكل (1)، وهذا يدل

#### الفكرة الرئيسة:

الانكسار هو انحراف الضوء عن مساره عندما ينتقل بين وسطين شفافين مختلفين.

#### نتائج التعلم:

- أفسّر ظاهرة انكسار الضوء.
- أنفذ تجارب عملية للتوصل إلى قانون سنيل.
- أطبق قانون سنيل في حلّ مسائل حسابية.

#### المفاهيم والمصطلحات:

الانكسار	Refraction
معامل الانكسار	Refractive index
زاوية السقوط	Angle of incidence
زاوية الانكسار	Angle of refraction

الشكل (1): ظاهرة الانكسار.







أول من وصف قانون الانكسار وصفاً صحيحاً هو العالم المسلم العلاء بن سهل في القرن العاشر الميلادي، وقد استخدم القانون في التوصل إلى الشكل الهندسي لعدسة ذات تركيز عالٍ، المعروفة باسم "anaclastic". وقد استفاد الحسن بن الهيثم من أبحاث ابن سهل في اكتشافاته الخاصة بعلم البصريات.

**أفكر:** لماذا تقل سرعة الضوء عندما ينتقل من الفراغ إلى وسط شفاف؟

على أن الأشعة الضوئية القادمة من الجزء المغمور في الماء من القلم والساقطة على العين قد غيرت مسار حركتها (انكسرت) عندما انتقلت من الماء إلى الهواء، فما الذي أدى إلى ظهور القلم مكسوراً؟ ولماذا تغير مسار الضوء عندما انتقل من الماء إلى الهواء؟

تبلغ سرعة الضوء في الفراغ ( $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ) تقريباً، لكنها تقل عن ذلك في الأوساط الشفافة (كالهواء، والماء، والزجاج، ...)، وتختلف سرعة الضوء في الأوساط الشفافة باختلاف هذه الأوساط، لذا عندما ينتقل الضوء من وسط شفاف إلى وسط شفاف آخر فإن سرعته تتغير، ما يؤدي إلى تغير مساره. ويطلق على ظاهرة تغير مسار الضوء عند انتقاله بين وسطين شفافين مختلفين اسم: **انكسار الضوء Refraction of light**.

✓ **أنحقق:** أعرف انكسار الضوء.

### معامل الانكسار Refractive index

يُعرف **معامل الانكسار Refractive index** للوسط الشفاف بأنه: النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ ( $c$ ) إلى سرعته في الوسط الشفاف ( $v$ ). ويرمز إلى معامل الانكسار بالرمز ( $n$ )، أي أن:

$$n = \frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{\text{سرعة الضوء في الوسط الشفاف}} = \frac{c}{v}$$

ونظراً إلى أن سرعة الضوء في الوسط الشفاف أقل من سرعته في الفراغ، فإنه وفقاً للمعادلة السابقة تكون قيمة معامل الانكسار ( $n \geq 1$ )، حيث تساوي (1) للفراغ، وهي أقل قيمة لمعامل الانكسار. ويُعد معامل الانكسار مقياساً لقدرة الوسط الشفاف على كسر الأشعة الضوئية، إذ كلما كان معامل انكسار الوسط الشفاف أكبر كانت قدرته على كسر الأشعة الضوئية أكبر، لكن سرعته تقل مع زيادة معامل الانكسار على نحو ما يظهر من المعادلة السابقة، وألاحظ أيضاً من المعادلة أن معامل الانكسار ليس له وحدة قياس، لأنه حاصل قسمة

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

كَمَيَّتين لهما وحدة القياس نفسها. ويبيِّن الجدول (1) معاملات الانكسار لبعض المواد الشفافة:

ألاحظ من الجدول أن معامل الانكسار للهواء يساوي (1) تقريباً، والذي يساوي معامل الانكسار للفراغ.

✓ **أتحقَّق:** ما أقلُّ قيمة لمعامل الانكسار؟

**أفكر:** مستعيناً بتعريف معامل الانكسار وبالقيم الواردة في الجدول (1)، أفي الماء أم الزجاج تكون سرعة الضوء أكبر؟

## المثال 1

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

المُعطيات:  $n = 1.33$  ،  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$  .

المطلوب: سرعة الضوء في الماء  $v$ .

**الحل:**

بالتطبيق على معادلة حساب معامل الانكسار:

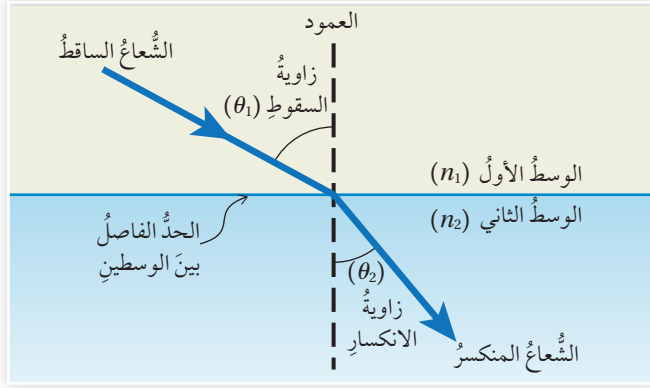
$$n = \frac{c}{v}$$

$$1.33 = \frac{3 \times 10^8}{v} , \quad v = \frac{3 \times 10^8}{1.33} = 2.25 \times 10^8 \text{ m/s}$$

## لتدرب

بالاستعانة بالجدول (1) أحسب سرعة الضوء في الزجاج.

الشكل (3): تمثيل الانكسار  
بالرسم.



### تمثيل الانكسار بالرسم Representing Refraction with Diagrams

لفهم سلوك الضوء في أثناء انتقاله في الأوساط الشفافة، يمكن تمثيل عملية الانكسار برسم تخطيطية. فالشكل (3) يمثل انتقال شعاع ضوئي بين وسطين شفافين، وتُعرف المصطلحات الواردة في الشكل على النحو الآتي:

**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 مع الحد الفاصل بين الوسطين).

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

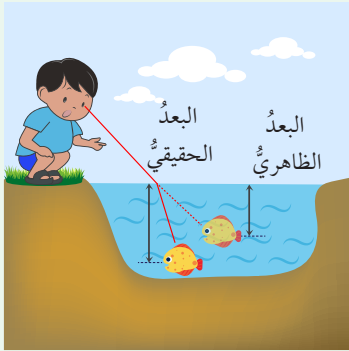
**زاوية الانكسار Angle of refraction:** الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر والعمود، ويرمزُ إليها بالرمز ( $\theta_2$ ).

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

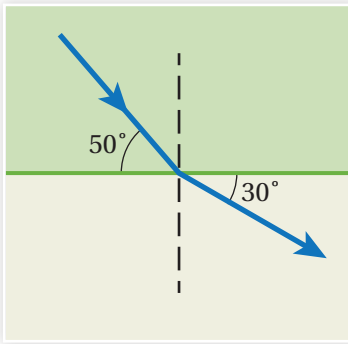
### الربط بالحياة



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 كلياً من زاوية السقوط وزاوية الانكسار في الشكل.

المُعْطياتُ: الزاويةُ التي يصنعُها الشعاعُ الساقطُ معَ الحدِّ الفاصلِ بينَ الوسطينِ  $= 50^\circ$ ، والزاويةُ التي يصنعُها الشعاعُ المنكسرُ معَ الحدِّ الفاصلِ بينَ الوسطينِ  $= 30^\circ$ .

المطلوبُ: زاويةُ السقوط  $(\theta_1)$ ، وزاويةُ الانكسارِ  $(\theta_2)$ .

الحلُّ:

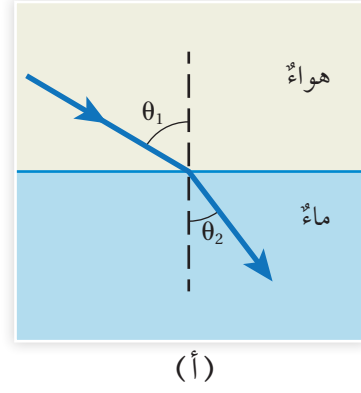
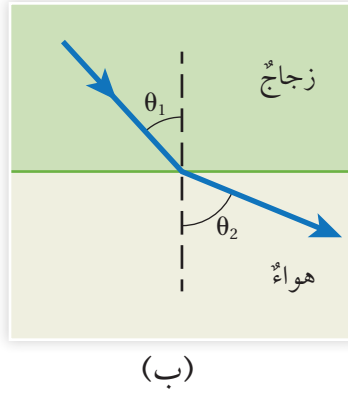
$\theta_1$ : الزاويةُ التي يصنعُها الشعاعُ الساقطُ معَ العمودِ

$$\theta_1 = 90^\circ - 50^\circ = 40^\circ$$

$\theta_2$ : الزاويةُ التي يصنعُها الشعاعُ المنكسرُ معَ العمودِ

$$\theta_2 = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

الشكل (4):  
 أ. انكسار الشعاع الضوئي مقترباً من العمود.  
 ب. انكسار الشعاع الضوئي مبتعداً عن العمود.



## قانون الانكسار (قانون سنل)

### The Law of Refraction (Snell's Law)

عندما ينتقل شعاع ضوئي من وسط شفاف معامل انكساره صغير إلى وسط شفاف معامل انكساره كبير فإن سرعته تقل، وينكسر مقترباً من العمود على نحو ما هو مبين في الشكل (4/أ)، وعندما ينتقل الشعاع الضوئي من وسط شفاف معامل انكساره كبير إلى وسط شفاف معامل انكساره صغير فإن سرعته تزداد، وينكسر مبتعداً عن العمود على نحو ما هو مبين في الشكل (4/ب). لكن ما العلاقة بين زاوية السقوط ( $\theta_1$ ) وزاوية الانكسار ( $\theta_2$ )؟

عام 1621 توصل العالم الألماني ويلبرورد سنل (Willebrord Snell) تجريبياً إلى علاقة رياضية تربط بين زاويتي السقوط والانكسار، وهي على الصورة الآتية:

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

ويطلق على العلاقة السابقة اسم قانون الانكسار أو قانون سنل، حيث:

$n_1$ : معامل انكسار الوسط الأول

$n_2$ : معامل انكسار الوسط الثاني

$\theta_1$ : زاوية السقوط

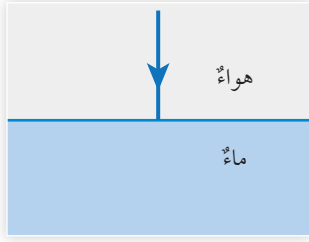
$\theta_2$ : زاوية الانكسار

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



أصمم باستخدام  
 برنامج السكراش (Scratch)  
 عرضاً يوضح كيف تتغير  
 زاوية الانكسار بتغير زاوية  
 السقوط عندما ينتقل الضوء  
 من وسط شفاف إلى وسط  
 شفاف آخر، ثم أعرضه على  
 زملائي/ زميلاتي في الصف.

### المثال 3



أحدّد الزاوية التي ينكسر فيها الشعاع الضوئي في الشكل.

المُعطيات:  $\theta_1 = 0^\circ$  ومن الجدول (1):  $n_1 = 1$  ،  $n_2 = 1.33$

المطلوب:  $\theta_2$

الحل:

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

$$1 \times \sin 0^\circ = 1.33 \times \sin \theta_2$$

$$\theta_2 = 0^\circ$$

وهذا يعني أن الشعاع يستمر في مساره دون انحراف.

يتّضح من المثال السابق أن الشعاع الضوئي لا يتغيّر مساره إذا سقط عمودياً إلى 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 أحدّد طبيعته مستعيناً بالجدول (1).

المُعطيات:  $\theta_1 = 45^\circ$  ،  $\theta_2 = 38^\circ$  ، ومن الجدول (1):  $n_1 = 1.33$

المطلوب:  $n_2$  ، طبيعة الوسط الشفاف غير المعلوم.

الحل:

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

$$1.33 \times \sin 45^\circ = n_2 \times \sin 38^\circ$$

$$n_2 = 1.53$$

وبالرجوع إلى الجدول (1) يظهر أن الوسط الشفاف مصنوع من الزجاج.

### لتدرك

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



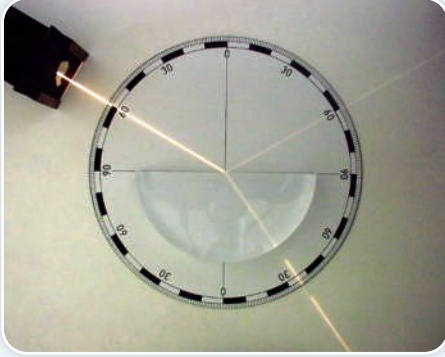
## التجربة ١

### التوصل إلى قانون الانكسار عملياً

**المواد والأدوات:** صندوق ضوئي، قرص زجاجي نصف دائري معامل انكساره معلوم، منقلة دائرية، ورق أبيض (A4)، قلم.  
**إرشادات السلامة:** الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين.

#### خطوات العمل:

- 1- أثبت ورقة بيضاء على سطح الطاولة وأضع فوقها المنقلة الدائرية، ثم أضع القرص الزجاجي عند منتصف المنقلة على أن ينطبق مركز القرص على مركز المنقلة.
- 2- أعلم بالقلم حول القرص الدائري، ثم أنشئ بالقلم عموداً على الوجه المستوي للقرص من مركزه.
- 3- أسقط حزمة ضوئية ضيقة من الصندوق الضوئي على القرص، على أن تكون موازية لسطح الورقة، وتصنع زاوية مع العمود المرسوم في الخطوة (2)، على نحو ما هو مبين في الشكل المجاور.
- 4- أدون في جدول كلاً من زاوية سقوط الشعاع وزاوية انكساره.
- 5- أغير من زاوية سقوط الشعاع، ثم أدون زاويتي السقوط والانكسار في الجدول اللاحق.
- 6- أكرر الخطوة (5) مرات عدة، وأدون زاويتي السقوط والانكسار في كل مرة في الجدول الآتي:



رقم المحاولة	زاوية السقوط ( $\theta_1$ )	زاوية الانكسار ( $\theta_2$ )	$\sin \theta_2$	$\sin \theta_1$	$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$
1					
2					
3					
4					
5					

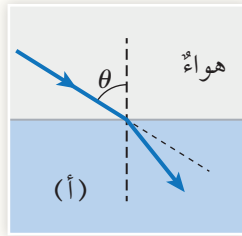
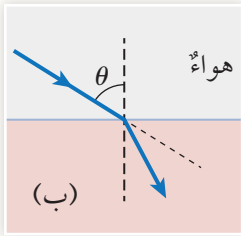
#### التحليل والاستنتاج

1. **أحسب** كلاً من:  $\sin \theta_1$ ،  $\sin \theta_2$  للمحاولات جميعها، وأدونها في الجدول السابق.
2. **أحسب** النسبة  $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$  للمحاولات جميعها، وأدونها في الجدول السابق، وأقارنها بمعامل انكسار القرص الزجاجي المستخدم في التجربة. هل يوجد أي اختلاف بينهما؟ أفسر إجابتي.
3. **أحسب** قيم ( $\theta_2$ ) عن طريق قانون سنل للمحاولات جميعها.
4. **أقارن** بين قيم ( $\theta_2$ ) التي حصلنا عليها من قانون سنل مع القيم التجريبية المدونة في الجدول.
5. **أحلل**: هل دعمت نتائج التجربة التجريبية التي حصلت عليها قانون سنل في الانكسار؟ أوضح سبب وجود أي اختلاف بينهما.
6. **أفسر**: إذا أسقطت الأشعة الضوئية في القرص الزجاجي بدلاً من الهواء، فهل تتغير النتائج التي حصلنا عليها؟ أفسر إجابتي.
7. **أتوقع** مصادر الخطأ المحتملة في التجربة.

## مراجعة الدرس

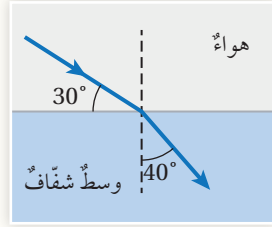
1. **الفكرة الرئيسة:** أوضّح المقصود بانكسار الضوء.
2. **أحسب:** سرعة الضوء في الزركون (مادة تُضاف إلى المجوهرات لتقليد الماس)، إذا كان معامل انكساره (1.92).

3. **أحسب:** إذا كانت سرعة الضوء في وسط شفاف تساوي  $(1.24 \times 10^8 \text{ m/s})$ ، فأحسب معامل انكسار الوسط الشفاف.



4. **أحلّل:** يبين الشكل انتقال شعاع ضوئي من الهواء إلى وسط شفاف (أ)، وإلى وسط شفاف آخر (ب) بزاوية السقوط نفسها. أّين في أي الوسطين (أ) أو (ب) تكون سرعة الضوء أكبر.

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

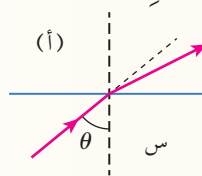
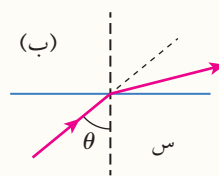
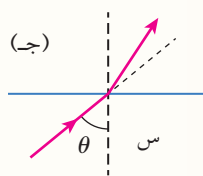
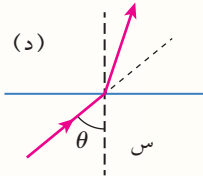


أ . زاوية السقوط.

ب . معامل انكسار الوسط الشفاف.

ج . سرعة الضوء في الوسط الشفاف.

6. **أحلّل:** تبين الأشكال الآتية انتقال شعاع ضوئي من وسط شفاف (س) إلى أوساط شفافة مختلفة (أ، ب، ج، د). أرتب الأوساط الشفافة من الوسط ذي معامل الانكسار الأكبر إلى الوسط ذي معامل الانكسار الأصغر.



7. **التفكير الناقد:** صمّم 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 سجّلها الطالب لزاويتي السقوط والانكسار صحيحة؟ أوضّح ذلك.

لأنكسار الضوء تطبيقات عدّة في حياتنا، فلا يكادُ جهازٌ بصريٌّ يخلو من دخولِ انكسارِ الضوء في مبدأ عمله، وتعدّدُ الظواهر البصريّة (الضوئيّة) التي تحدث في الطبيعة التي تنشأ بسبب انكسار الضوء، وفي ما يأتي استعراضٌ لبعض التطبيقات والظواهر البصريّة.

### الانعكاس الكلي الداخلي والزوايا الحرجة

#### Total Internal Reflection and the Critical Angle

##### الزوايا الحرجة Critical Angle

تعلمت في الدرس السابق أنّه عندما ينتقل شعاعٌ ضوئيٌّ من وسطٍ شفافٍ معامل انكساره كبيرٌ إلى وسطٍ آخر معامل انكساره صغيرٌ فإنّه ينكسرُ مبتعداً عن العمود، أي تكون زاوية انكسار الشعاع الضوئي أكبر من زاوية سقوطه، على نحو ما يظهر في الشكل (5/أ)، ووفقاً لقانون سنل،

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

يمكن ملاحظة أنّه بزيادة زاوية السقوط ( $\theta_1$ ) تزداد زاوية الانكسار ( $\theta_2$ )، ذلك أنّ معاملي الانكسار ( $n_1, n_2$ ) ثابتان للوسطين الشفافين. ونظراً إلى أنّ ( $\theta_2$ ) أكبر دائماً من ( $\theta_1$ )، فإنّه عند زاوية سقوطٍ معيّنة تكون زاوية الانكسار ( $90^\circ$ )، عندما يكون الشعاع الضوئي المنكسرُ ملامساً للحدّ الفاصل بين الوسطين الشفافين، على نحو ما يظهر في الشكل (5/ب). ويُطلق على

#### الفكرة الرئيسة:

لأنكسار الضوء تطبيقات عدّة في حياتنا وتنشأ عنه ظواهر بصرية متنوّعة.

#### نتائج التعلم:

- أحدّد شروط حدوث ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي عملياً.
- أعبّر عن الانعكاس الكلي الداخلي بمعادلة رياضيّة.
- أحسب الزاوية الحرجة لشعاع ضوئيّ.
- أشرح عدداً من الظواهر الضوئيّة المرتبطة بظاهرة انكسار الضوء والانعكاس الكلي الداخلي.

#### المفاهيم والمصطلحات:

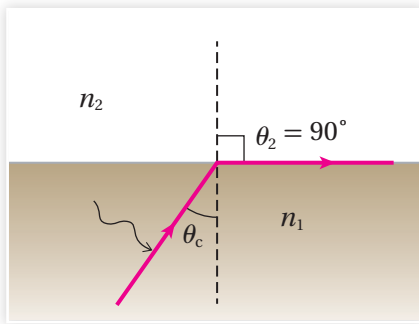
انعكاس كلي داخليّ

Total Internal Reflection

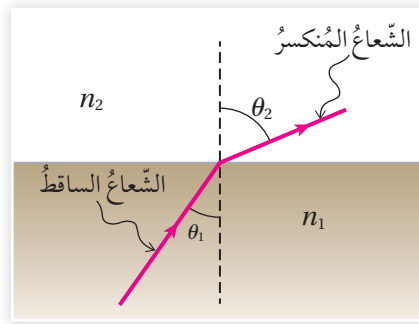
Critical Angle زاوية حرجة

Mirage سَرَاب

Optical Fibers ألياف ضوئيّة



(ب)



(أ)

الشكل (5):

- زاوية السقوط أقل من الزاوية الحرجة.
- زاوية السقوط تساوي الزاوية الحرجة.

زاوية سقوط الشعاع الضوئي التي تقابلها زاوية انكسار مقدارها ( $90^\circ$ ) اسم: **الزاوية الحرجة Critical angle** ، ويُرمزُ إليها بالرمز ( $\theta_c$ ).

وبتعويض ( $\theta_1 = \theta_c$ ) و ( $\theta_2 = 90^\circ$ ) في قانون سنيل ينتج:

$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin 90^\circ$$

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

ألاحظ من المعادلة السابقة أن ( $n_1 > n_2$ ) دائماً، لأن أكبر قيمة لجيب الزاوية يساوي واحداً، وهذا يعني أنه يمكن الحصول على الزاوية الحرجة فقط عندما ينتقل الشعاع الضوئي من الوسط الذي معامل انكساره كبير إلى الوسط الذي معامل انكساره صغير. وإذا انتقل الضوء من وسط شفاف إلى الفراغ (الهواء)، على أن تكون زاوية سقوطه في الوسط الشفاف تساوي الزاوية الحرجة، فإن ( $n_1 = n$  ،  $n_2 = 1$ )، وتكون عندها ( $\theta_c$ ) الزاوية الحرجة للوسط الشفاف، أي إن:

$$\sin \theta_c = \frac{1}{n}$$

حيث  $n$ : معامل انكسار الوسط الشفاف.

### المثال 5

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

المعطيات:  $n = 1.33$ .

المطلوب: الزاوية الحرجة للماء.

الحل:

$$\sin \theta_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.33} = 0.75$$

$$\theta_c = 48.6^\circ$$

**أفكر:** كيف يمكن الاستفادة

من فكرة الزاوية الحرجة في حساب معامل انكسار الوسط الشفاف؟

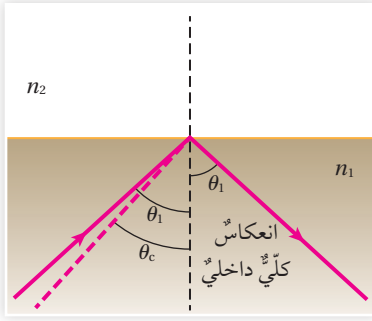
### الربط بالحياة

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.



### لتدرب

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



الشكل (6): زاوية سقوط الشعاع الضوئي أكبر من الزاوية الحرجة.

## الانعكاس الكلي الداخلي Total Internal Reflection

عندما ينتقل شعاع ضوئي من وسط معامل انكساره كبير إلى وسط معامل انكساره صغير، وكانت زاوية سقوط الشعاع الضوئي أكبر من الزاوية الحرجة، فإن الشعاع ينعكس كلياً في الوسط الذي سقط فيه، وتكون زاوية السقوط مساوية لزاوية الانعكاس، وفقاً لقانون الانعكاس الذي درّس في صف سابق، على نحو ما يظهر في الشكل (6). ويُطلق على العملية التي تنعكس فيها الأشعة الضوئية كلياً في الوسط الذي سقطت فيه اسم: **الانعكاس الكلي الداخلي Total Internal Reflection**. وللتحقّق من ذلك عملياً يمكن إجراء التجربة الآتية:

## التجربة 2

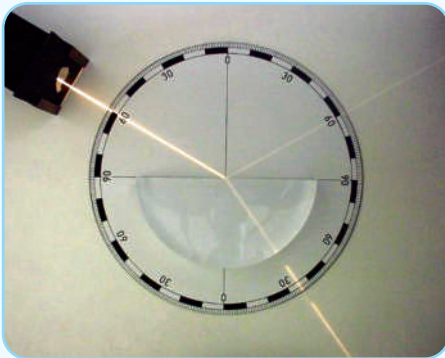
### الانعكاس الكلي الداخلي

**المواد والأدوات:** صندوق ضوئي، قرص زجاجي نصف دائري معامل انكساره معلوم، منقلة دائرية، ورق أبيض (A4)، قلم.

**إرشادات السلامة:** الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين.

### خطوات العمل:

1- أثبت ورقة بيضاء على سطح الطاولة وأضع فوقها المنقلة الدائرية، ثم أضع القرص الزجاجي عند منتصف المنقلة على أن ينطبق مركز القرص على مركز المنقلة.



2- أعلم بالقلم حول القرص الدائري، ثم أنشئ بالقلم عموداً على الوجه المستوي للقرص من مركزه.

3- أسقط حزمة ضوئية ضيقة من الصندوق الضوئي على الوجه المستوي من القرص، على أن تكون موازية لسطح الورقة، وتصنع زاوية مع العمود المرسوم في الخطوة (2) على نحو ما يظهر في الشكل المجاور، ثم أقيس زاوية السقوط وزاوية الانكسار.

4- أزيد من زاوية سقوط الشعاع تدريجياً حتى أصل إلى أكبر زاوية سقوط ممكنة، عندما يكون الشعاع الساقط محاذياً للوجه المستوي من القرص، وألاحظ تغير زاوية الانكسار مع زيادة زاوية السقوط.



5- أُغَيِّرَ الجَهَّةَ التي تسقطُ فيها الحزمةُ الضوئيةُ، على أن تسقطَ على الوجهِ الدائريِّ من القرصِ، بزاويةِ سقوطٍ تجعلُ الشعاعَ يخرجُ منَ الجهةِ المقابلةِ منَ القرصِ، ولتكنُ مثلاً ( $30^\circ$ )، ثمَّ أقيسُ زاويةَ الانكسارِ.

6- أزيدُ من زاويةِ سقوطِ الشعاعِ تدريجيًّا حتى يخرجَ الشعاعُ الضوئيُّ منَ القرصِ ملامسًا للوجهِ المستوي منه، وأقيسُ زاويةَ السقوطِ.

7- أزيدُ زاويةَ السقوطِ عن تلكِ المقيسة في الخطوةِ السابقة، وألاحظُ مسارَ الحزمةِ الضوئيةِ، ثمَّ أقيسُ الزاويةَ التي تصنعُها الحزمةُ معَ العمودِ.

رقمُ المحاولةِ	زاويةُ السقوطِ ( $\theta_i$ )	زاويةُ الانعكاسِ ( $\theta_r$ )
1		
2		
3		
4		

8- أكرِّرُ الخطوةَ السابقةَ مرتينِ إلى ثلاثِ مرَّاتٍ، وأدوِّنُ زاويتي السقوطِ والانعكاسِ في كلِّ مرَّةٍ في الجدولِ المجاور:

### التحليلُ والاستنتاجُ

1. **أقارنُ** بينَ زوايا السقوطِ وزوايا الانكسارِ المقيسة في كلِّ من الخطوتين (3، 4). أيُّها أكبرُ؟
2. **أحلِّلُ** بناءً على مقارنةِ زوايا السقوطِ بزوايا الانكسارِ في الخطوةِ السابقة، هل يمكنُ أن يحدثَ انعكاسُ كليٍّ داخليٍّ عندما تنتقلُ الحزمةُ الضوئيةُ منَ الهواءِ إلى الزجاجِ؟ ماذا أستنتجُ من ذلك؟
3. **أقارنُ** بينَ زوايا السقوطِ وزوايا الانكسارِ المقيسة في كلِّ من الخطوتين (5، 6). أيُّها أكبرُ؟
4. **أحلِّلُ** بناءً على مقارنةِ زوايا السقوطِ بزوايا الانكسارِ في الخطوةِ السابقة، هل يمكنُ أن يحدثَ انعكاسُ كليٍّ داخليٍّ عندما تنتقلُ الحزمةُ الضوئيةُ منَ الهواءِ إلى الزجاجِ؟ ماذا أستنتجُ من ذلك؟
5. **أحسبُ** الزاويةَ الحرجةَ باستخدامِ العلاقة:  $\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$ ، حيثُ:  $n_1$ : معاملُ انكسارِ القرصِ الزجاجيِّ،  $n_2$ : معاملُ انكسارِ الهواءِ.
6. **أقارنُ** بينَ الزاويةِ الحرجةِ المحسوبةِ في الخطوةِ السابقة، والمقيسة في الخطوةِ (6) أعلاه، وأفسرُ أيَّ اختلافٍ بينهما.

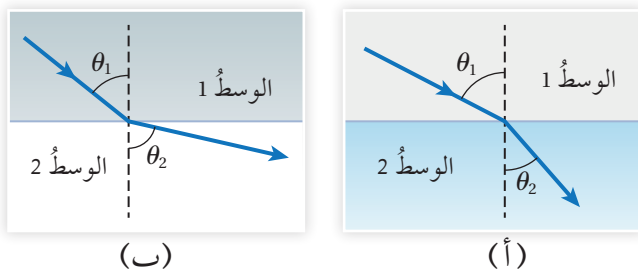
7. **أحلِّلُ**: هل تختلفُ قيمُ ( $\theta_i$ ) عن قيمِ ( $\theta_r$ ) المدوَّنة في الجدولِ؟ ماذا أستنتجُ من ذلك؟

8. **أستنتجُ** شروطَ حدوثِ ظاهرةِ الانعكاسِ الكليِّ الداخليِّ.

9. **أتوقَّعُ** مصادرَ الخطأِ المُحتمَلة في التجربة.



## المثال 6



أَبَيِّنْ أَيُّ الشَّكْلَيْنِ (أ، ب) يُمْكِنُ أَنْ يُحَقِّقَ شُرُوطَ  
حدوث انعكاسٍ كليٍّ داخليٍّ عندما  
تسقطُ الأشعةُ الضوئيةُ في الوسطِ الأولِ.

المُعْطَيَاتُ: الشَّكْلُ (أ) فِيهِ زَاوِيَةُ السَّقُوطِ أَكْبَرُ مِنْ زَاوِيَةِ الانكِسَارِ، الشَّكْلُ (ب) فِيهِ زَاوِيَةُ السَّقُوطِ  
أَقْلُ مِنْ زَاوِيَةِ الانكِسَارِ.

المطلوبُ: أُحَدِّدْ أَيُّ الشَّكْلَيْنِ يُحَقِّقُ شُرُوطَ الانعكاسِ الكليِّ الداخليِّ معَ بيانِ السببِ.

الحلُّ:

الشَّكْلُ (ب)، لَأَنَّ  $(\theta_1 < \theta_2)$  وهذا يدلُّ بحسبِ قانونِ سِنَلِ عَلَى أَنَّ  $(n_1 > n_2)$ ، أَيَّ أَنَّ الضَّوْءَ يَنْتَقِلُ مِنْ  
الوسطِ ذي معاملِ الانكِسارِ الأكبرِ إِلَى الوسطِ ذي معاملِ الانكِسارِ الأصْغَرِ، وَحَتَّى تَنْعَكِسَ الْأَشْعَةُ  
الضَّوئيةُ انْعِكَاسًا كَلِيًّا دَاخِلِيًّا فِي الْوَسْطِ الْأَوَّلِ، يَجِبُ أَنْ تَسْقُطَ بِزَاوِيَةٍ أَكْبَرُ مِنْ الزَاوِيَةِ الْحَرَجَةِ.

## المثال 7

فِي الْمَثَالِ السَّابِقِ، إِذَا كَانَ مُعَامِلَا الانكِسارِ لِلْوَسْطَيْنِ الْأَوَّلِ وَالثَّانِي عَلَى التَّرْتِيبِ لِلشَّكْلِ (ب): 1.8 ، 1.3 ،  
فَأَحْسِبْ الزَاوِيَةَ الْحَرَجَةَ فِي الْوَسْطِ الْأَوَّلِ.

المُعْطَيَاتُ:  $n_1 = 1.8$  ،  $n_2 = 1.3$

المطلوبُ: الزَاوِيَةُ الْحَرَجَةُ فِي الْوَسْطِ الْأَوَّلِ.

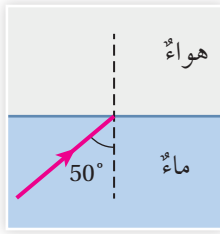
الحلُّ:

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1.3}{1.8} = 0.72$$

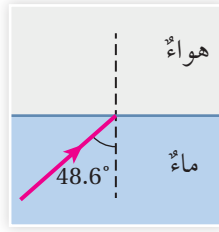
$$\theta_c = 46.2^\circ$$

وَحَتَّى يَحْدُثَ انْعِكَاسٌ كَلِيٌّ دَاخِلِيٌّ يَجِبُ أَنْ تَزِيدَ زَاوِيَةُ السَّقُوطِ فِي الْوَسْطِ الْأَوَّلِ عَلَى  $(46.2^\circ)$ .

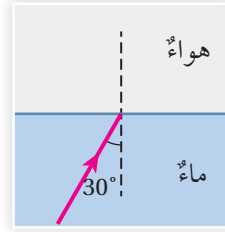
أكمل مسارات الأشعة في الأشكال الآتية لتوضيح مسار الضوء في كل حالة.



(ج)



(ب)



(أ)

المُعْطَيَات: زوايا السقوط بحسب الأشكال

على الترتيب: الشكل (أ):  $30^\circ$

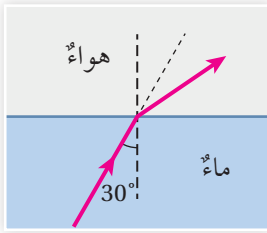
الشكل (ب):  $48.6^\circ$

الشكل (ج):  $50^\circ$

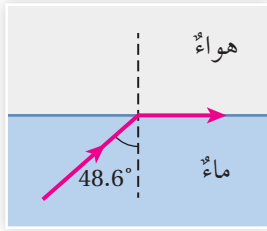
الزاوية الحرجة للماء تساوي  $48.6^\circ$  (من مثال 5)

المطلوب: إكمال مسارات الأشعة.

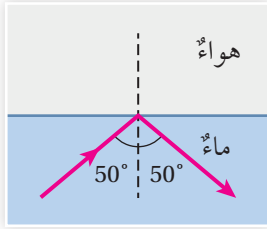
الحل:



(أ)



(ب)



(ج)

للشكل (أ): زاوية السقوط أقل من الزاوية الحرجة للماء، والشعاع الضوئي يتجه من وسط شفاف معامل انكساره كبير إلى وسط معامل انكساره صغير، لذا سينكسر الشعاع الضوئي عند الحد الفاصل مبتعداً عن العمود، على نحو ما يظهر في الشكل المجاور.

للشكل (ب): زاوية السقوط تساوي الزاوية الحرجة للماء، لذا سينكسر الشعاع الضوئي عند الحد الفاصل بزاوية تساوي  $90^\circ$ ، أي ملامساً للحد الفاصل بين الوسطين، على نحو ما يظهر في الشكل المجاور.

للشكل (ج): زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة للماء، لذا سينعكس الشعاع الضوئي انعكاساً كلياً داخلياً عند الحد الفاصل بزاوية تساوي زاوية السقوط، على نحو ما يظهر في الشكل المجاور.

✓ **أتحقّق:** ما المقصود بالانعكاس الكلي الداخلي؟



(ب)



(أ)

الشكل (7): السراب كما يظهر:

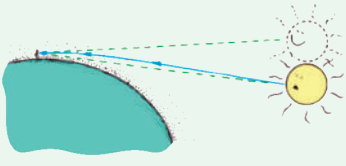
أ. في الصحراء.

ب. على الطرقات.

#### الربط بعلم الفضاء



عندما نشاهد غروب الشمس، نراها دقائق عدة بعد أن تسقط وراء الأفق. نظرًا إلى أن الضوء القادم من الشمس تحدث له انكسارات متعددة بعد دخوله الغلاف الجوي، إذ تزداد كثافة طبقات الغلاف الجوي تدريجيًا كلما اتجهنا نحو الأسفل، فتزداد معاملات انكسارها، لذا فإن مسار الضوء ينحني تدريجيًا نحو سطح الأرض، فيرى مراقب على الأرض الشمس على امتداد آخر شعاع يصله منها.

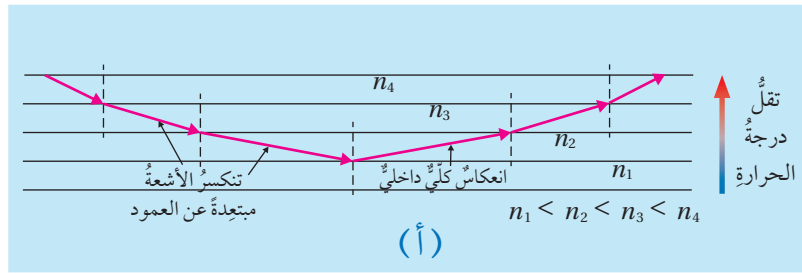
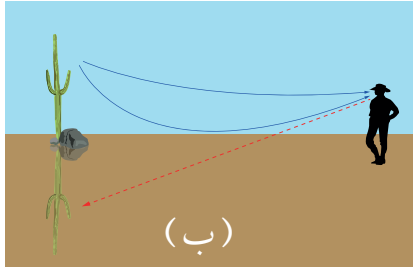


### السراب Mirage

يُشير السراب Mirage عادةً إلى الخداع البصري الذي يراه مراقب في الصحراء، حيث يرى صورة جسم بعيد على أنه بركة ماء، على نحو ما يظهر في الشكل (7/أ). ويرى السراب أيضًا في مناطق أخرى في أيام الصيف الحارة، ولاسيما على الطرقات، على نحو ما يظهر في الشكل (7/ب). ويُشار إلى هذا النوع من السراب باسم: السراب الصحراوي (السفلي) Inferior Mirage، على عكس نوع آخر مختلف من السراب يُسمى: السراب القطبي (العلوي) Superior Mirage، الذي يُشاهد في المناطق القطبية الباردة. فالسراب عمومًا، ظاهرة طبيعية تحدث نتيجة انكسارات متتالية للضوء خلال طبقات الهواء القريبة من سطح الأرض. وفي ما يأتي توضيح لسبب تكون نوعي السراب، الصحراوي والقطبي:

#### السراب الصحراوي Inferior Mirage

في أيام الصيف الحارة، يكون الهواء الملامس لسطح الأرض وقت الظهيرة ساخنًا جدًا، وتقل سخونته بالابتعاد عن سطح الأرض، أي إن درجة الحرارة تتناقص مع الارتفاع. ومن المعلوم أن معامل انكسار الهواء يزداد بنقصان درجة حرارته، لذا يزداد معامل الانكسار مع الارتفاع عن سطح الأرض. فالأشعة الضوئية القادمة من جسم مرتفع بعيد نسبيًا يحدث لها انكسارات متتالية عند انتقالها خلال طبقات الهواء، بسبب اختلافها في معامل الانكسار، حيث تنكسر



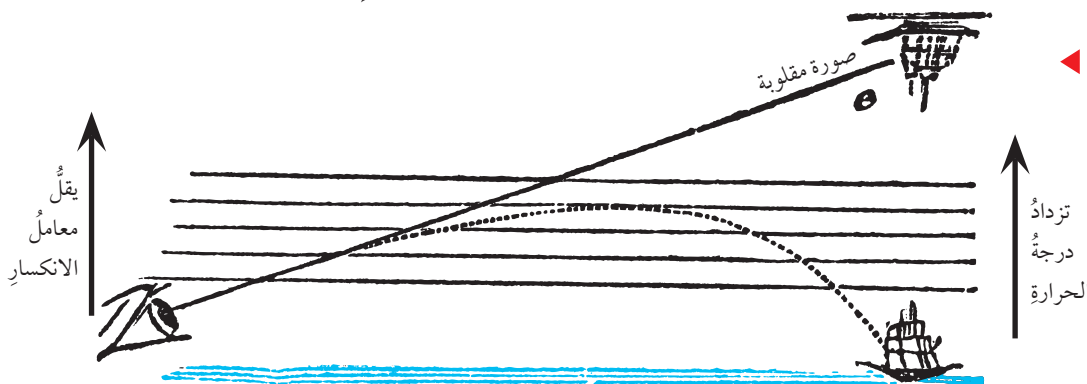
الشكل (8): أ. الانكسارات المتتالية للأشعة الضوئية خلال طبقات الهواء. ب. مخطط يبين تشكّل السراب الصحراوي.

مبتعدة عن العمود، بحسب قانون سنل، على نحو ما يظهر في الشكل (8/أ)، وعند حدٍّ معيّن تزيد فيه زاوية السقوط عن الزاوية الحرجة، تنعكس الأشعة الضوئية انعكاساً كلياً داخلياً، ثم تستمر في الانحناء إلى أعلى حيث تظهر صورةً مقلوبةً للجسم على امتداد آخر شعاع يصل إلى عين المراقب، على نحو ما يظهر في الشكل (8/ب).

### السراب القطبي Superior Mirage

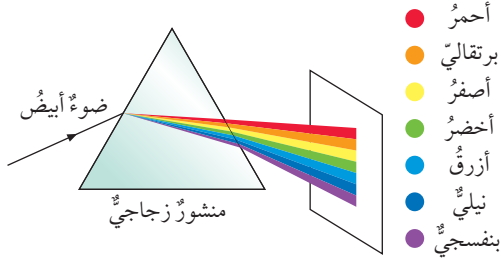
على عكس السراب الصحراوي، ففي المناطق القطبية الباردة يكون الهواء الملامس لسطح الأرض أكثر برودةً من الذي فوقه، حيث تزيد درجة حرارة الهواء كلما اتجهنا بعيداً عن سطح الأرض، أي أن معامل الانكسار يقل مع الارتفاع. وللأشعة الضوئية القادمة من جسم بعيد وقريب من سطح الأرض يحدث لها انكسارات متتالية خلال طبقات الهواء، وعندما تصبح زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة عند الحد الفاصل بين طبقتين متجاورتين من الهواء، فإن الأشعة تنعكس انعكاساً كلياً داخلياً، ويرى المراقب في الأعلى صورةً مقلوبةً للجسم على امتداد آخر شعاع يصل إلى عينه، على نحو ما يظهر في الشكل (9).

✓ **أتحقق:** ما أنواع السراب؟



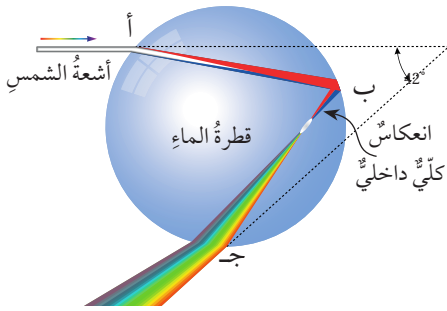
الشكل (9): مخطط يبين تشكّل السراب القطبي.

## قوسُ المطرِ Rainbow

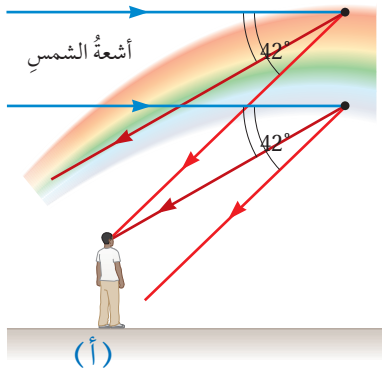


الشكل (10): تحليل الضوء الأبيض إلى ألوان الطيف السبعة باستخدام المنشور.

يتكوّن الضوء الأبيض (مثل ضوء الشمس أو ضوء مصباح التنغستون) من سبعة ألوان يُطلق عليها عادةً ألوان الطيف المرئي، ويمكن رؤيتها باستخدام منشور زجاجي، بتوجيه أحد أوجه المنشور نحو الشمس، واستقبال ألوان الطيف على ورقة بيضاء توضع في الجهة المقابلة للشمس على نحو ما يظهر في الشكل (10).



الشكل (11): تحليل ضوء الشمس خلال قطرة مطر.



الشكل (12): أ. مخطّط يبيّن تشكّل قوس المطر على نحو ما يراه مشاهد على الأرض. ب. صورة لقوس المطر.

وتقوم فكرة تحليل المنشور لألوان الطيف على أن معامل انكسار المنشور (أو أي مادة شفافة) يتغير بتغير لون الضوء الساقط عليه، فلكل لون من ألوان الطيف معامل انكسار مختلف عن الآخر، فأكبرها للون البنفسجي وأقلها للون الأحمر، لذا تكون زاوية انكسار اللون البنفسجي بحسب قانون سنيل أكبر ما يمكن، يليه النيلي، ... وهكذا دواليك. ولذا تظهر ألوان الطيف مرتبة بحسب معاملات الانكسار للمنشور أو أي مادة شفافة يعبرها الضوء. وهذا ما يحدث تمامًا عند مرور ضوء الشمس عبر قطرات الماء المعلقة في الهواء في فصل الشتاء، فالشكل (11) يوضح سقوط أشعة ضوئية من الشمس على قطرة مطر معلقة في الهواء بزوايا تحقق شروط حدوث انعكاس كلي داخلي، حيث تنكسر عند النقطة (أ) من سطح القطرة مقتربة من العمود بزوايا تختلف باختلاف لون الضوء، ثم تسقط على السطح الداخلي للقطرة عند النقطة (ب)، فتعكس انعكاسًا كليًا داخل القطرة، إذ تكون زاوية سقوطها عند النقطة (ب) أكبر من الزاوية الحرجة للماء، ثم تسقط عند نقطة أخرى (ج) من السطح الداخلي للقطرة، فتعكس مبتعدة عن العمود بزوايا مختلفة، وتتابع مسيرها خارج قطرة المطر. وتكرر هذه العملية في قطرات المطر المتجاورة، الشكل (12/أ)، لتشكل في النهاية حلقة دائرية من ألوان الطيف المرئي يظهر منها قوس فقط لمشاهد على سطح الأرض يقف متوجهًا لجهة معاكسة للشمس، وهذا القوس يُعرف باسم قوس المطر أو قوس قزح، على نحو ما يظهر في الشكل (12/ب).

✓ **أنحقّق:** ما الألوان التي يتكوّن منها الضوء الأبيض؟

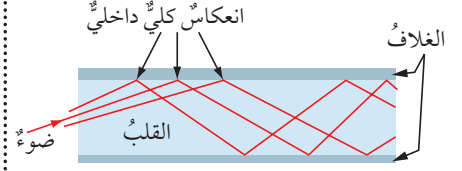


## الألياف الضوئية Optical Fibers

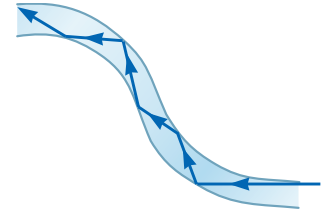
تُعدُّ الأليافُ الضوئيةُ أحدَ أكثرِ التطبيقاتِ شيوعاً على الانعكاسِ الكليِّ الداخليِّ التي تُستخدمُ على نطاقٍ واسعٍ، لا سيَّما في الطبِّ والاتصالاتِ. والأليافُ الضوئيةُ **Optical Fibers** عبارةٌ عن أنابيبٍ رفيعةٍ وشفافةٍ، تُصنعُ عادةً من الزجاجِ أو البلاستيك، وتُستخدمُ لنقلِ الضوءِ. ويتكوَّنُ الليفُ الضوئيُّ من أنبوبين متداخلين؛ القلبُ وبتراوَحُ قطره من (10-50) ميكرومتر، والغلافُ وبتبلغُ قطره نحو (125) ميكرومتر، وكلاهما من مادَّتين شفافتين مختلفتين، ويكونُ معاملُ انكسارِ مادَّةِ الغلافِ أقلَّ منه لمادَّةِ القلبِ ليبقى الضوءُ داخلَ قلبِ الليفِ الضوئيِّ. إذ عندما يدخلُ الضوءُ إلى قلبِ الليفِ الضوئيِّ، ونظراً إلى أنَّ قطره صغيرٌ جداً، فإنَّ الضوءَ يسقطُ دائماً على الحدِّ الفاصلِ بين القلبِ والغلافِ بزواويةٍ أكبرَ من الزاويةِ الحرجة، فيحدثُ له انعكاسٌ كليٌّ داخليٌّ، على نحوٍ ما يظهرُ في الشكل (13)، وبهذا يحافظُ الليفُ الضوئيُّ على الطاقةِ الضوئيةِ وينقلُها إلى مسافاتٍ بعيدةٍ دونَ ضياعٍ يُذكرُ للطاقةِ. وتتمتازُ الأليافُ الضوئيةُ بمرونتها العاليةِ، إذ يمكنُ ثنيها، على نحوٍ ما يظهرُ في الشكل (14) دونَ أن يَؤثرَ ذلكُ في كفاءتها على نقلِ الضوءِ.

وللأليافِ الضوئيةِ تطبيقاتٌ عدَّةٌ في الطبِّ والاتصالاتِ. ففي الطبِّ، أحدثتِ الأليافُ الضوئيةُ ثورةً في التقنياتِ الجراحيةِ وعملياتِ التنظيرِ التشخيصيةِ والعلاجيةِ وتصويرِ الأجزاءِ الداخليةِ، إذ يُستخدمُ المنظارُ، الذي تُعدُّ الأليافُ الضوئيةُ الجزءَ الرئيسَ منه، لاستكشافِ الأعضاءِ الداخليةِ المختلفةِ بصرياً دونَ جراحةٍ، إذ تسمحُ مرونةُ الأليافِ الضوئيةِ للأطباءِ بالتنقُّلِ داخلَ مناطقٍ مثلُ الأمعاءِ والقلبِ والأوعيةِ الدمويةِ والمفاصلِ، على نحوٍ ما يظهرُ في الشكل (15/أ). ويمكنُ أيضاً إجراءُ عملياتٍ جراحيةٍ، مثلُ الجراحةِ بالمنظارِ على مَفْصِلِ الركبةِ أو الكتفِ، أو إزالةِ الزوائدِ اللحميةِ والأورامِ باستخدامِ أدواتِ القطعِ المُلاحقةِ بالمنظارِ على نحوٍ ما يظهرُ في الشكل (15/ب). وفي مجالِ الاتصالاتِ، تُستخدمُ الأليافُ الضوئيةُ لنقلِ إشاراتِ المحادثاتِ الهاتفيةِ واتصالاتِ الإنترنتِ بكفاءةٍ عاليةٍ جداً، من حيثِ الحفاظِ على سرِّيَّةِ البياناتِ، ومقاومتها

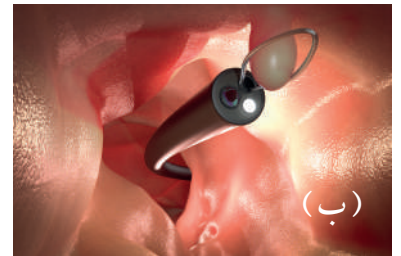
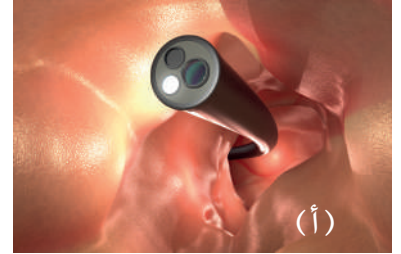
**أفكر:** لماذا لا يُرى قوسُ المطرِ لشخصٍ يقفُ متوجَّهاً نحوَ الشمسِ؟



الشكل (13): مقطع لأحد الألياف الضوئية.



الشكل (14): انتقال الضوء في ليف ضوئيّ منحنٍ.



الشكل (15):

أ. تنظيرُ القولون باستخدامِ منظارٍ ثلاثيِّ الأبعادٍ.  
ب. منظارٌ ثلاثيُّ الأبعادٍ يُزيلُ ورمَ القولونِ بحلقةٍ سلكيةٍ.



**أبحثُ** في مصادر المعرفة



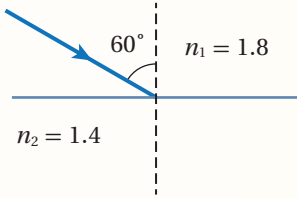
الموثوقة والمتاحة عن تطبيقات أخرى على ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي، وعلى الانكسار بوجه عام، وأشارك زملائي في ذلك.

للتشويش، وحجم المعلومات التي تُنقل مقارنةً بالأسلاك النحاسية. إذ يمكن للليف الزجاجي واحدٍ بسمك شعرة الإنسان أن ينقل معلومات صوتية أو فيديو تكافئ (32000) مكالمات صوتية في آنٍ واحدٍ.

✓ **أتحقّق:** ما المقصود بالأياف الضوئية؟

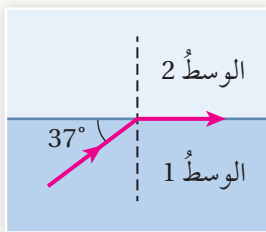
## مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أوضّح المقصود بالانعكاس الكلي الداخلي، وأذكر شروط حدوثه.
2. **أصفُ** موضّحاً بالرسم الزاوية الحرجة وعلاقتها بالانعكاس الكلي الداخلي.
3. **أقارنُ** بين السراب الصحراوي والسراب القطبي.



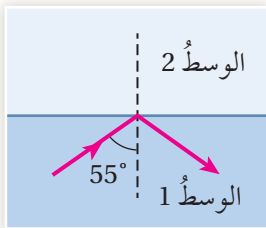
4. **أحلّل:** سقط شعاعٌ ضوئيٌّ على الحدِّ الفاصل بين وسطين شفافين بزاوية (60°) على نحو ما يظهر في الشكل. أحسب الزاوية الحرجة، وأحدّد ما إذا كان الشعاعُ الضوئيُّ سينعكس كلياً داخل الوسط الأول.

5. **أحسب:** إذا كانت الزاوية الحرجة للماس تساوي (24.4°)، فما معامل انكسار الماس.



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

7. **أطبّق:** سقط شعاعٌ ضوئيٌّ على الحدِّ الفاصل بين وسطين شفافين، فانعكس كلياً في الوسط الأول، على نحو ما يظهر في الشكل المجاور. فما المعلومات التي يمكن معرفتها عن:



- أ . العلاقة بين معاملي انكسار الوسطين الشفافين؟
- ب . الزاوية الحرجة؟

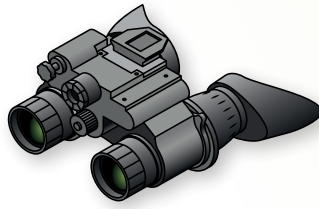
درستُ في صفٍّ سابقٍ تكوُّنَ الأُخيلةِ للأجسامِ في المرايا (المستوية والكروية) بوصفها تطبيقاً عملياً على ظاهرة انعكاسِ الضوء، وسأتعرَّفُ في هذا الدرسِ تطبيقاً عملياً على ظاهرة انكسارِ الضوء، وهو تكوُّنُ الأُخيلةِ في العدسات. فما المقصودُ بالعدسة؟ وهل تكوُّنُ الأُخيلةِ في العدساتِ يشبهُ تكوُّنها في المرايا؟

## العدسات Lenses

العدساتُ جمعُ **عدسة** Lens، وهي قطعةٌ بصريةٌ تتكوَّنُ من وسطٍ شفافٍ يحدهُ سطحانِ مُنحنيانِ، أو أحدهما مستوٍ والآخر مُنحِنٌ. وكلمةُ "عدسة" lens مشتقةٌ من الكلمةِ اللاتينية lentil seed التي تعني حبة العدس، فهي تشبهُ العدسةَ محدَّبةَ الوجهين. وتُستخدمُ العدساتُ في كثيرٍ من الأدواتِ والأجهزةِ البصريةِ، مثلُ النظاراتِ، والمنظارِ، والمجهرِ، ... وغيرها. والشكلُ (16) يبيِّنُ بعضَ هذه الأدواتِ والأجهزةِ.



كاميرا



منظارٌ



تلسكوب



نظاراتٌ



مِجهرٌ

### الفكرة الرئيسة:

تختلفُ صفاتُ الأُخيلةِ المتكوِّنةِ في العدساتِ باختلافِ نوعِ العدسةِ وبعدها البؤريِّ وموقعِ الجسمِ بالنسبةِ إليها.

### نتائجُ التعلم:

- أستقصي عملياً صفاتِ الخيالِ المتكوِّنِ لجسمٍ في العدساتِ المُقعَّرة والمحدَّبة.
- أرسمُ مخططاتِ الأشعةِ المنكسرةِ لأتوصَّلَ إلى صفاتِ الخيالِ في العدساتِ.
- أبحثُ في عيوبِ الإبصارِ التي قد تصيبُ الإنسانَ وآليةِ معالجةِ كلِّ منها.
- أصمِّمُ أجهزةً بصريةً تساعدُ على رؤيةِ الأجسامِ البعيدةِ أو الأشياءِ الدقيقةِ.

### المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

Lens	عدسةٌ
Hyperopia	طولُ النظرِ
Myopia	قصرُ النظرِ

الشكلُ (1): بعضُ الأدواتِ والأجهزةِ البصريةِ.

## أنواع العدسات Types of Lenses

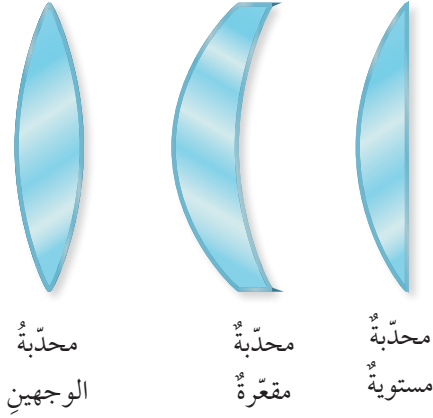
تُصنّف العدسات بحسب شكلها الهندسيّ إلى نوعين: مُحدّبة، ومُقعّرة. وتعمل العدسات بوجه عامّ على تغيير مسارات الأشعة الساقطة عليها تبعاً لقانون الانكسار.

### أولاً: العدسات المحدّبة Convex Lenses

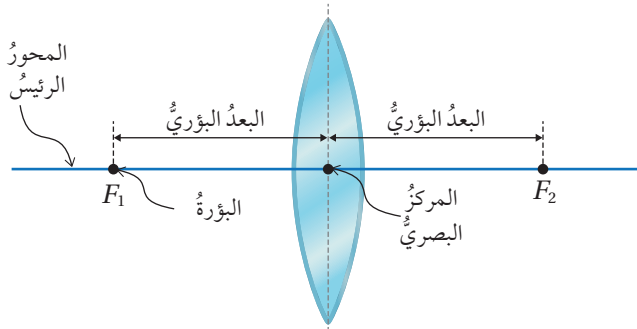
تكون سميكة من الوسط وأقلّ سمكاً عند الحافات، ولها ثلاثة أشكالٍ مختلفة، على نحو ما يظهر في الشكل (17). وتُجمّع العدسة المحدّبة الأشعة الضوئية الساقطة عليها، لذا يُطلق عليها اسم عدسة مُجمّعة Converging lens. ولدراسة سلوك الأشعة الضوئية التي تعبر العدسة، أتأمل الشكل (18)، حيث تمثل المصطلحات الواردة في الشكل ما يأتي:

المركز البصري: النقطة التي تتوسط العدسة.  
البؤرة (F): نقطة التقاء الأشعة الضوئية المنكسرة عن العدسة عندما تسقط موازية للمحور الرئيس.  
المحور الرئيس: الخطّ المستقيم المارّ ببؤرتي العدسة ومركزها البصري.  
البعد البؤري: المسافة بين البؤرة والمركز البصري.

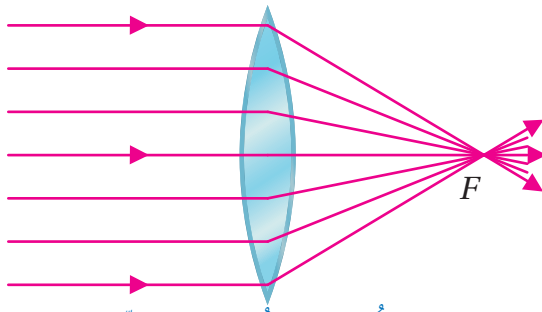
ألاحظ أنّ للعدسة بؤرتين ( $F_1, F_2$ ) تقعان على جانبي العدسة وعلى البعد نفسه منها، ونظراً إلى أنّ للعدسة وجهين، فعند سقوط أشعة ضوئية على أحد وجهي العدسة موازية للمحور الرئيس فإنّها تلتقي في البؤرة المقابلة للوجه الآخر للعدسة، على نحو ما يظهر في الشكل (19). وتوصّف بؤرة العدسة المحدّبة بأنّها حقيقية، لأنّها ناتجة من التقاء الأشعة النافذة من العدسة.



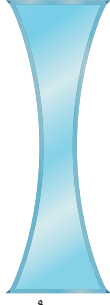
الشكل (17): أشكال العدسة المحدّبة.



الشكل (18): مصطلحات العدسة الرئيسية.



الشكل (19): بؤرة العدسة المحدّبة.



مقعرّة  
الوجهين



مقعرّة  
محدّبة

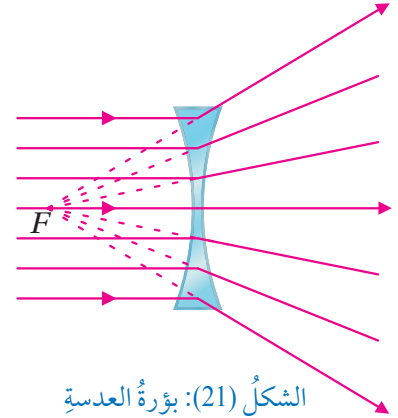


مقعرّة  
مستوية

الشكل (20): أشكال العدسة  
المقعرّة.

### ثانيًا: العدسات المقعرّة Concave Lenses

تكون سميكة عند الحافات وأقل سمكًا عند الوسط، ولها ثلاثة أشكال مختلفة، على نحو ما يظهر في الشكل (20). وتعمل العدسة المقعرّة على تفريق الأشعة الضوئية الساقطة عليها، لذا يطلق عليها اسم عدسة مفرقة Diverging lens. ومثلما للعدسة المحدبة بؤرتان، فإن للعدسة المقعرّة بؤرتين أيضًا، لكن بؤرة العدسة المقعرّة وهمية لأنها ناتجة عن امتدادات الأشعة النافذة من العدسة، على نحو ما يظهر في الشكل (21).



الشكل (21): بؤرة العدسة  
المقعرّة.

✓ **أتحقّق:** ما أنواع العدسات؟

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



## تكوّن الأخيـلة في العدسات Images Formation by Lenses

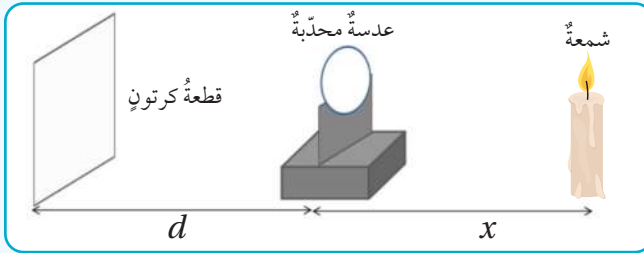
تكمُن أهميَّة العدسات في أنَّها تُكوّن أُخيـلةً للأجسام التي توضعُ أمامها، وتختلفُ صفاتُ الأخيـلة المتكوّنة باختلاف نوع العدسة وبُعدها البُوريّ وموقع الجسم بالنسبة إليها. وسأتعرّف صفات الأخيـلة المتكوّنة في العدسات من خلال النشاط الآتي، ومن خلال مخطّطات الأشعة التي تلي النشاط.

### التجربة 3

#### صفات الأخيـلة المتكوّنة في العدسات

**المواد والأدوات:** عدسة محدّبة وأخرى مقعّرة، حاملُ عدسات، شمعة، قطعة من الكرتون الأبيض، مسطرة ممتريّة، ورق أبيض (A4)، قلم.

**إرشادات السلامة:** الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين، عدم تقريب المواد القابلة للاشتعال من الشمعة.



#### خطوات العمل:

1- أشعل الشمعة وأثبتها على سطح الطاولة ثم، أرتّب الأدوات على نحو ما يظهر في الشكل، آخذًا في الحسبان أن يكون بُعد الشمعة عن العدسة المحدّبة أكبر من مثلي بُعدها البُوريّ.

2- أحرّك قطعة الكرتون قريبًا وبُعدًا من العدسة حتى يظهر عليها خيال واضح للشمعة، وأسجّل صفات الخيال المتكوّن.

3- أغيّر موقع العدسة عن الشمعة بحسب الأبعاد

المبيّنة في الجدول المجاور، وأسجّل صفات الخيال المتكوّن في كلّ مرّة.

4- أستخدم العدسة المقعّرة بدلًا من العدسة المحدّبة، ثم أحرّك قطعة الكرتون قريبًا وبُعدًا من العدسة، وألاحظ هل يتكوّن خيال للشمعة على قطعة الكرتون أم لا.

رقم الحالة	نوع العدسة:	بُعدها البُوريّ:
	بُعْدُ الشّمْعَةِ عَنْ الْعَدْسَةِ (x)	بُعْدُ الْخِيَالِ عَنْ الْعَدْسَةِ (d)
1	$x > 2F$	
2	$x = 2F$	
3	$F < x < 2F$	
4	$x = F$	
5	$x < F$	



5- أنظر إلى الشمعة من خلال العدسة المقعرة، وألاحظ الخيال المتكوّن.

6- أحرّك العدسة قريبًا وبعدًا من الشمعة ناظرًا إليها من خلال العدسة، وألاحظ الخيال المتكوّن.

### التحليل والاستنتاج

1. **أقارن** بين بُعد الشمعة عن العدسة ( $x$ ) وبُعد الخيال عنها ( $d$ ) وماعلاقة ذلك بحجم الخيال المتكوّن مقارنةً بحجم الجسم (الشمعة).

2. **أحلل** بناءً على الحالات الواردة في الجدول، أتوصل إلى ما يأتي:

أ . مدى البعد الذي تُوضع فيه الشمعة عن العدسة المحدبة ليتكوّن لها خيال حقيقيّ.

ب . علاقة نوع الخيال المتكوّن (حقيقيّ، وهميّ) بحالته (معتدل، مقلوبّ).

جـ. أيّ الحالات لا يتكوّن فيها خيال للشمعة.

3. **أقارن** بين الخيال الحقيقي والخيال الوهميّ.

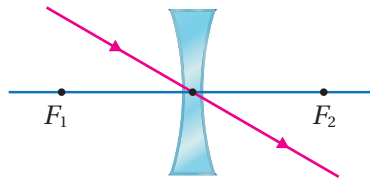
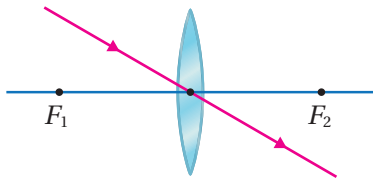
4. **أستنتج** صفات الخيال المتكوّن في العدسة المقعرة.

5. **أتوقع** مصادر الخطأ المحتملة في التجربة.

### المخططات الشعاعية المعيارية Standard Ray Diagrams

الشعاع المعياري هو الشعاع الذي نعرف مساره الكامل. وتوجد ثلاثة أشعة معيارية يمكن استخدامها لتحديد موقع الخيال المتكوّن لجسم وصفاته وهي:

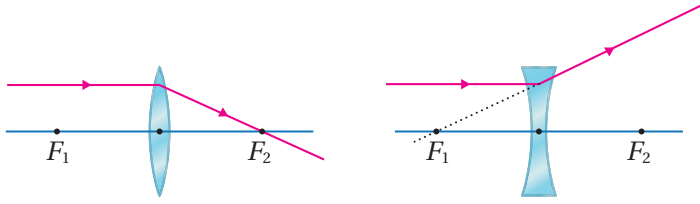
1. الشعاع المارّ بالمركز البصري للعدسة المحدبة أو العدسة المقعرة، يستمرّ في مساره دون انحراف، على نحو ما يظهر في الشكل (22).



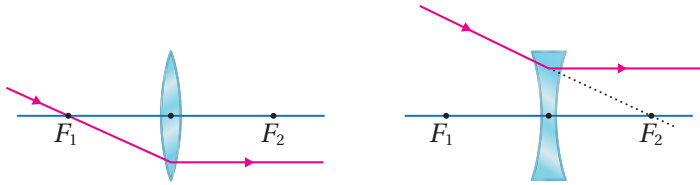
الشكل (22): الشعاع المعياري الأول.

2. الشعاع الموازي للمحور الرئيس ينكسر في العدسة المحدبة مارة بالبؤرة، وفي العدسة المقعرة ينكسر بحيث يمر امتداده بالبؤرة، على نحو ما يظهر في الشكل (23).

3. الشعاع المار ببؤرة العدسة المحدبة، أو امتداده يمر ببؤرة العدسة المقعرة، ينكسر موازيًا للمحور الرئيس، على نحو ما يظهر في الشكل (24).



الشكل (23): الشعاع المعياري الثاني.



الشكل (24): الشعاع المعياري الثالث.

## لنرى

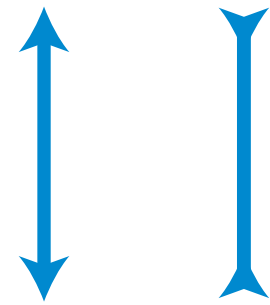
أبين من خلال رسم المخططات الشعاعية المعيارية سبب عدم تكون خيال للحالة رقم (4) في التجربة (3) السابقة.

ولإيجاد موقع وصفات الخيال المتكون في العدسة بالرسم، أتبع الخطوات الآتية:

1. أرسم رسمًا تخطيطيًا يمثل العدسة، ويمكن استخدام الرمزين الموضحين في الشكل (25) لكل من العدسة المحدبة والعدسة المقعرة.

2. أرسم خطًا أفقيًا مستقيمًا باستخدام المسطرة يمر بمنتصف العدسة يمثل المحور الرئيس، ثم أحدد نقطتين على جانبي العدسة تقعان على المحور الرئيس وعلى البعد نفسه من المركز البصري (نقطة التقاء المحور الرئيس بالعدسة) لتمثلا بؤرتي العدسة.

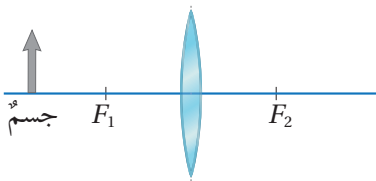
3. أرسم مخططًا للجسم، أو سهمًا ذيله يقع على المحور الرئيس يمثل الجسم المراد تحديد صفات خياله، أتأمل الشكل (26).



عدسة محدبة

عدسة مقعرة

الشكل (25): رمز كل من العدسة المحدبة والعدسة المقعرة.



الشكل (26): جسم موضوع أمام عدسة محدبة.

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

#### الربطُ بعلمِ الفضاءِ

تنبأُ النظريةُ النسبيةُ العامةُ لأينشتاين بأنَّ الضوءَ الذي يمرُّ بالقربِ منَ الأجسامِ الثقيلةِ جدًّا مثلُ المجراتِ والثقوبِ السوداءِ والنجومِ الضخمةِ سوفَ ينحني. لذا تعملُ هذهِ الأجسامُ الضخمةُ عملَ نوعٍ منَ العدساتِ يُعرفُ باسمِ عدساتِ الجاذبيةِ Gravitational Lenses. وتقومُ عدساتُ الجاذبيةِ هذهِ بتشويهِ المواقعِ الظاهريةِ للنجومِ وتغييرها.

4. أرسمُ مستخدماً المسطرةَ من رأسِ الجسمِ (السهمِ) مخططاتِ الأشعةِ المعياريةِ الثلاثةِ (1, 2, 3)، وألاحظُ أنَّها تلتقي جميعها أو امتداداتها، بعدَ نفاذها منَ العدسةِ في نقطةٍ واحدةٍ تمثلُ خيالَ رأسِ الجسمِ (يمكنُ تحديدُ الخيالِ شعاعينِ فقط منَ الأشعةِ المعياريةِ، وأرسمُ الشعاعَ الثالثَ للتحققِ منَ الدقةِ التي رسمتُ بها أوّلَ شعاعينِ). أمّا خيالُ الجزءِ السفليّ للجسمِ، فإنَّه يتكوّنُ على المحورِ الرئيسِ.

5. أرسمُ مخطّطاً للخيالِ أو سهمًا يكونُ ذيلهُ على المحورِ الرئيسِ ورأسه عندَ نقطةِ التقاءِ الأشعةِ المعياريةِ، وأقيسُ كلاً منَ طولِ الخيالِ وطولِ الجسمِ، مستخدماً المسطرةَ، وألاحظُ ما يأتي:

أ. إذا كانَ حجمُ (طولُ) الخيالِ أكبرَ منَ حجمِ (طولِ) الجسمِ فإنَّه يكونُ مُكبَّراً، وإذا كانَ حجمُ الخيالِ أصغرَ منَ حجمِ الجسمِ فإنَّه يكونُ مُصغَّراً، وأمّا إذا كانَ غيرَ ذلكَ، فهو مساوٍ للجسمِ في الحجمِ.

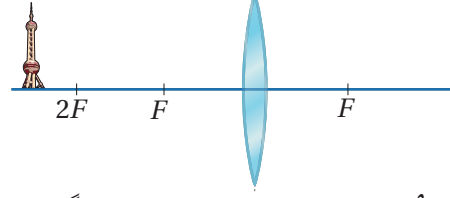
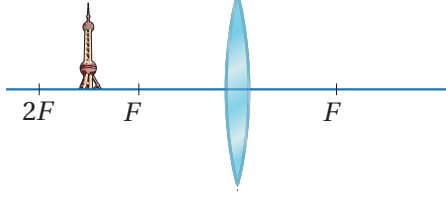
ب. إذا كانَ الخيالُ ناتجاً عنِ التقاءِ الأشعةِ النافذةِ منَ العدسةِ فإنَّه يكونُ حقيقياً، وإذا كانَ ناتجاً عنِ التقاءِ امتداداتِ الأشعةِ النافذةِ منَ العدسةِ فإنَّه يكونُ وهمياً.

ج. إذا وقعَ خيالُ رأسِ الجسمِ فوقَ المحورِ الرئيسِ يكونُ معتدلاً، وإذا وقعَ أسفلَ المحورِ الرئيسِ يكونُ مقلوباً.

#### تكوّنُ الأخيلى في العدساتِ Images Formation by Lenses

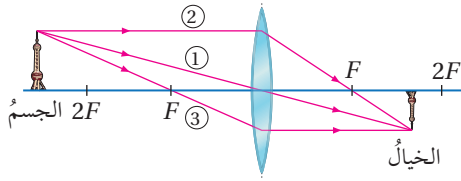
لتحديدِ موقعِ الخيالِ المتكوّنِ في العدسةِ وصفاتِ نتبُع الخطواتِ السابقة، والأمثلةُ الآتيةُ توضّحُ ذلكَ:

- 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.



المُعطيات: جسم موضوع أمام عدسة محدّبة.  
المطلوب: موقع الخيال المتكوّن للجسم وصفات.

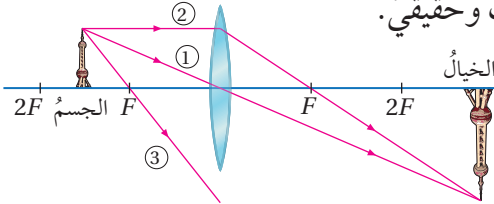
الحل:



1. أرسم من رأس الجسم مخطّطات الأشعة المعيارية (1, 2, 3)، مستخدماً المسطرة، على نحو ما يظهر في الشكل المجاور. وألاحظ ما يأتي:

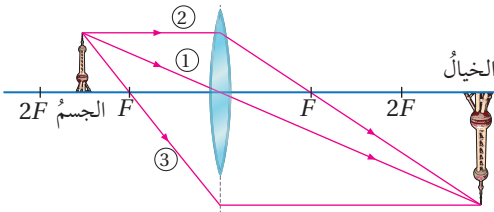
أ. الخيال المتكوّن للجسم يقع خلف العدسة بين البؤرة ومثلي البعد البؤري، وحجمه (طوله) أصغر من حجم (طول) الجسم، ومقلوب أيضاً.

ب. نظراً إلى أن الخيال ناتج من التقاء الأشعة النافذة من العدسة، فهو حقيقي. أي أن صفات الخيال تكون على النحو الآتي: مصغر ومقلوب وحقيقي.



2. أرسم من رأس الجسم مخطّطات الأشعة المعيارية (1, 2, 3)، مستخدماً المسطرة، على نحو ما يظهر في الشكل. وألاحظ ما يأتي:

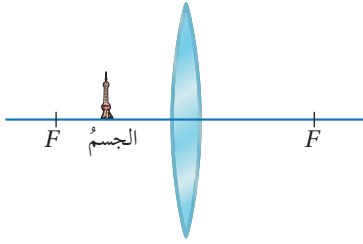
أ. الشعاع المعيارى الثالث لا يلتقي بالعدسة، لذا يمكن عمل امتداد للعدسة حتى تلتقي الشعاع وتكملة مسار الشعاع ليلتقي بالشعاعين الآخرين، على نحو ما يظهر في الشكل المجاور، أو الاكتفاء بالشعاعين (1, 2) فقط.



ب. الخيال المتكوّن للجسم يقع خلف العدسة على بُعد أكبر من مثلي البعد البؤري، وحجمه أكبر من حجم الجسم، ومقلوب أيضاً.

ج. نظراً إلى أن الخيال ناتج من التقاء الأشعة النافذة من العدسة، فهو حقيقي. أي أن صفات الخيال تكون على النحو الآتي: مكبر ومقلوب وحقيقي.

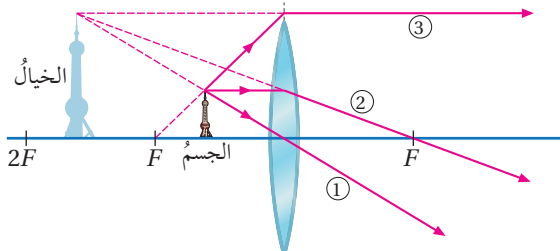
## المثال 10



أحدّد بالرسم موقعَ وصفاتِ الخيالِ المتكوّنِ لجسمٍ موضوعٍ بينَ عدسةٍ محدّبةٍ وبؤرتيّها.

المُعطياتُ: جسمٌ موضوعٌ أمامَ عدسةٍ محدّبةٍ بينَ البؤرةِ والعدسةِ.  
المطلوبُ: موقعُ الخيالِ المتكوّنِ للجسمِ وصفاتُ.

الحل:



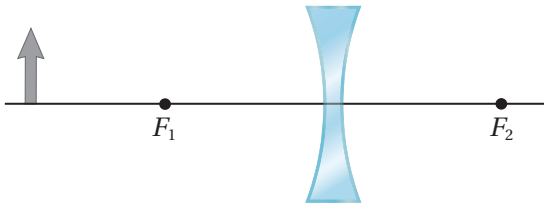
أرسمُ من رأسِ الجسمِ مخطّطاتِ الأشعةِ المعياريةِ (1, 2, 3)، مستخدماً المسطرة، على نحوٍ ما يظهرُ في الشكلِ المجاور. وألاحظُ ما يأتي:

أ. الخيالُ المتكوّنُ للجسمِ يقعُ في الجهةِ نفسِها التي يقعُ فيها الجسمُ بينَ البؤرةِ ومثلي البعدِ البؤريّ، وحجمُه أكبرُ من حجمِ الجسمِ ومعتدلٌ أيضاً.

ب. لا تلتقي الأشعةُ النافذةُ من العدسةِ بل تلتقي امتداداتها، لذا يكونُ الخيالُ المتكوّنُ وهمياً.

أيّ أنّ صفاتِ الخيالِ تكونُ على النحوِ الآتي: مكبّرٌ ومعتدلٌ ووهميّ.

## المثال 11

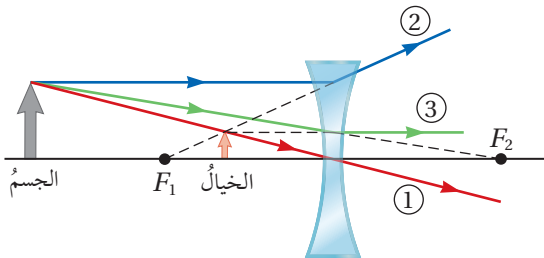


أحدّد بالرسم موقعَ وصفاتِ الخيالِ المتكوّنِ لجسمٍ موضوعٍ أمامَ عدسةٍ مقعّرةٍ.

المُعطياتُ: جسمٌ موضوعٌ أمامَ عدسةٍ مقعّرةٍ.

المطلوبُ: موقعُ الخيالِ المتكوّنِ للجسمِ وصفاتُ.

الحل:



أرسمُ من رأسِ الجسمِ مخطّطاتِ الأشعةِ المعياريةِ (1, 2, 3)، مستخدماً المسطرة، على نحوٍ ما يظهرُ في الشكلِ المجاور. وألاحظُ ما يأتي:



- أ . الخيال المتكوّن للجسم يقع في الجهة نفسها التي يقع فيها الجسم بين البؤرة والعدسة، وحجمه أصغر من حجم الجسم، ومعتدل أيضًا.
- ب . لا تلتقي الأشعة النافذة من العدسة، ولكن تلتقي امتداداتها، لذا يكون الخيال المتكوّن وهميًا، أي أنّ صفات الخيال تكون على النحو الآتي: مصغّر ومعتدل ووهميّ.



#### أعدّ فيلمًا قصيرًا

باستعمال برنامج صانع الأفلام (movie maker) يعرض خصائص الأخيصة المتكوّنة لجسم في العدسات المحدبة والمقعّرة، وتحريك الجسم قريبًا وبعيدًا من العدسة، وملاحظة التغيّر الذي يحدث على كلّ من: موقع الخيال المتكوّن وحجمه وصفاته .

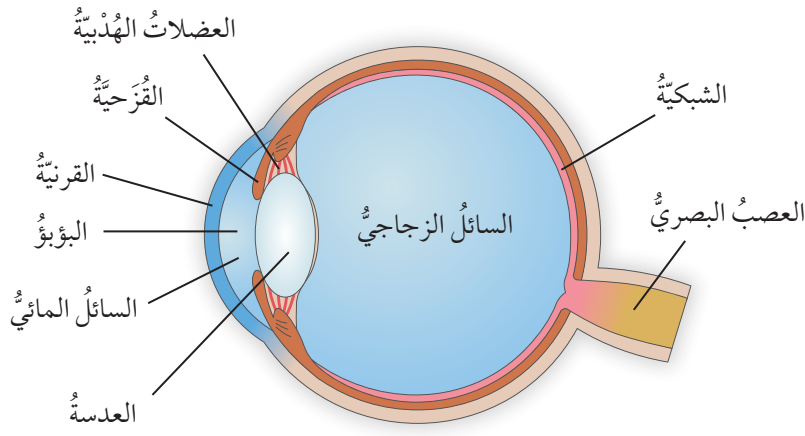
ألاحظ من خلال التجربة (3) والأمثلة السابقة أنّ العدسة المحدبة يمكن أن تكون لجسم خيالًا حقيقيًا أو وهميًا، مقلوبًا أو معتدلًا، مصغّرًا أو مساويًا لحجم الجسم أو مكبرًا، ويعتمد ذلك على موقع الجسم بالنسبة إلى العدسة. أمّا بالنسبة إلى العدسة المقعّرة، فإنّ الخيال يكون دائمًا مصغّرًا ومعتدلًا ووهميًا، بغضّ النظر عن موقعه من العدسة، ويقع دائمًا بين العدسة المقعّرة وبؤرتها. ويمكن ملاحظة أنّ الخيال الحقيقي يكون دائمًا مقلوبًا، ويمكن تكوينه على حاجز (جدار)، في حين أنّ الخيال الوهمي يكون دائمًا معتدلًا، ولا يمكن تكوينه على حاجز.

✓ **أتحقّق:** ما نوع العدسة التي يمكن أن تُكوّن خيالًا حقيقيًا لجسم؟

#### لتدرك

أحدّد بالرسم موقع وصفات الخيال المتكوّن لجسم موضوع عند نقطة تقع على بُعد يساوي مثلي البعد البؤريّ لعدسة إذا كانت العدسة:

- 1 . محدّبة.
- 2 . مقعّرة.



الشكل (27): الأجزاء الرئيسة للعين.

## تطبيقات العدسات Applications of Lenses

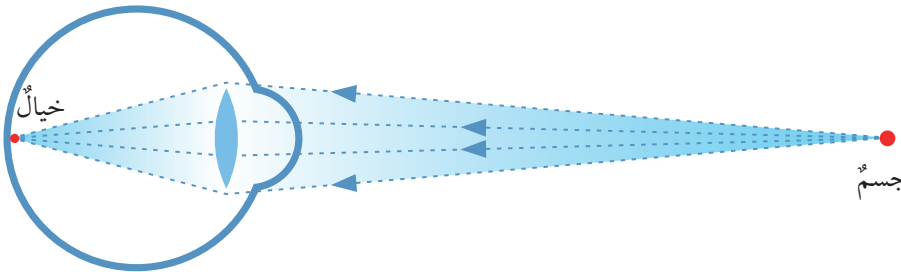
### العين البشرية The Human Eye

هي العضو الخاص بإبصار الأشياء وتمييز الألوان، وتتكوّن من أجزاء خاصّة باستقبال الأشعة الضوئية وتمريرها وتكوين أخيلة واضحة للأشياء، والشكل (27) يبيّن الأجزاء الرئيسة للعين المتعلقة بعملية الإبصار. وتتلخّص عملية الإبصار بدخول أشعة الضوء إلى العين عبر القرنية (وهي طبقة رقيقة شفافة تقع في مقدمة العين)، ومنها إلى العدسة (وهي محدّبة الوجهين) لتشكّل نظاماً يجمع الأشعة الضوئية القادمة من جسم ما، ويوجّهها نحو الشبكية فتكوّن خيالاً للجسم، على نحو ما يظهر في الشكل (28)، التي تقوم بتحويلها إلى إشارات كهربائية ينقلها العصب البصري إلى مركز الإبصار في الدماغ لتحليلها، فتحدث الرؤية.

### الربط بالطب



يُصحّح البصر عند بعض الأشخاص الذين يعانون من ضعف البصر عن طريق عمليات جراحية بتقنية الليزك، التي تعني تصحيح تحدّب القرنية باستخدام الليزر الموضعي، وقد حقّقت هذه العمليات الجراحية نجاحات جيدة. ونادراً ما تحدث لها مضاعفات أو آثار جانبية، وهي تغني عن استخدام العدسات اللاصقة أو النظارات، لكنّها لا تناسب الأشخاص المصابين جميعاً، لاسيما الذين لديهم قصر نظر أو طول نظر شديدان.



الشكل (28): تكوين الخيال على شبكية العين.

ويتحكّم البؤبؤ (فتحة في وسط القرنية، وهي الجزء المملوء من العين) في شدة الضوء الداخل إلى العين عن طريق زيادة اتساع الفتحة، لتمرير أكبر قدر من الأشعة الضوئية عندما يكون الضوء خافتاً، وإنقاص اتساع الفتحة عندما يكون الضوء قوياً. في حين تتحكّم العضلات الهدبية في درجة انبساط العدسة لتكوين أخيلة للأجسام البعيدة أو انقباضها لتكوين أخيلة للأجسام القريبة، فيما يُعرف بتكيف العين.

وتزداد أقرب مسافة للرؤية الواضحة عند الإنسان مع التقدم في العمر، إذ تبلغ نحو (18 cm) في سن (10) سنوات، وتصل (25 cm) عند الإنسان السليم في سن الشباب (20) سنة، في حين تصل إلى نحو (50 cm) في سن (40) سنة، وإلى (500 cm) أو أكثر في سن (60) سنة.

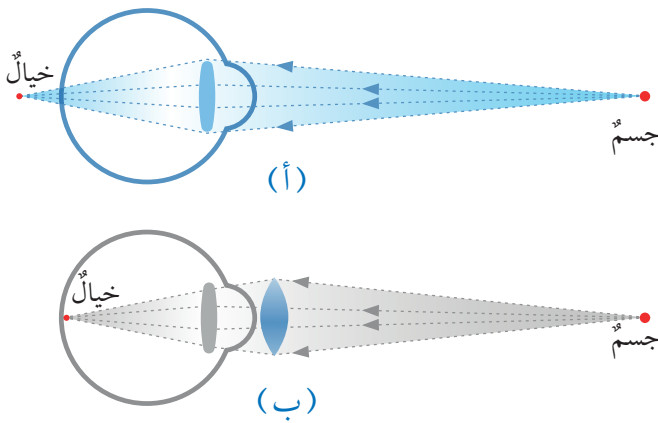
### العيوب التي تصيب العين Defects that Can Affect the Eye

يوجد عيaban شائعان يُصيبان كثيراً من الناس ينتج عنهما عدم قدرة العين على تكوين أخيلة واضحة على شبكية العين، هما: **طول النظر** **Hyperopia** و**قصر النظر** **Myopia**، ويمكن تصحيحهما كليهما إلى حد كبير باستخدام العدسات - النظارات الطبية أو العدسات اللاصقة.

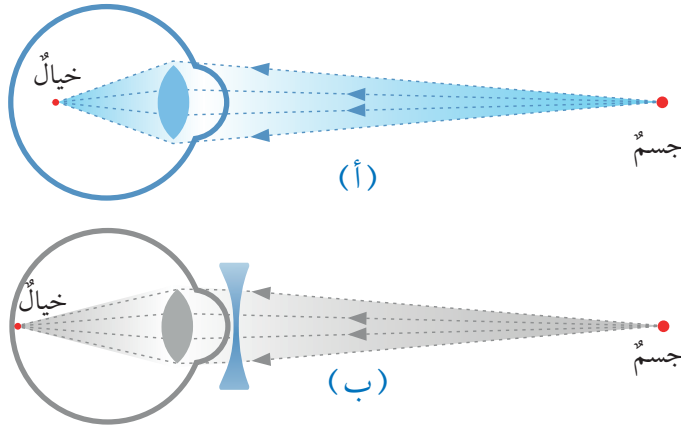
#### طول النظر (Farsightedness) Hyperopia

أقرب مسافة للرؤية الواضحة عند الشخص الذي يعاني طول النظر تكون أكبر من (25 cm)، فهو يرى الأجسام البعيدة بوضوح، أما الأجسام

القريبة (التي يقل بُعدها عن أصغر مسافة للرؤية الواضحة) فتتكون أخيلتها خلف الشبكية، على نحو ما يظهر في الشكل (أ/29) فلا يراها الشخص بوضوح. ويمكن معالجة هذه الحالة بوضع عدسة محدبة أمام العين، تكسر الأشعة نحو المحور الرئيس قبل أن تدخل العين، ما يؤدي إلى تركيز هذه الأشعة على شبكية العين وتكوين خيال واضح على الشبكية، على نحو ما يظهر في الشكل (ب/29).



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



الشكل (30):

أ. قصر النظر.

ب. علاج قصر النظر.

### قصر النظر (Myopia) Nearsightedness

الشخص الذي يعاني قصر النظر لا يرى الأجسام البعيدة بوضوح، حيث تكون أحيائها أمام الشبكية، على نحو ما يظهر في الشكل (30/ أ). ويمكن معالجة هذه الحالة بوضع عدسة مقعرة أمام العين، تفرق الأشعة بعيداً عن المحور الرئيس قبل أن تدخل العين، ما يؤدي إلى تركيز الأشعة على شبكية العين وتكوين خيال واضح على الشبكية، على نحو ما يظهر في الشكل (30/ ب).

### المجهر البسيط (العدسة المكبرة) The Simple Magnifier

يتكون من عدسة محدبة واحدة تكون أحياله مكبرة للأشياء، فيمكننا من خلالها رؤية الأشياء الصغيرة أو تفاصيلها بوضوح أكبر. فعندما ننظر بالعين المجردة إلى حشرة صغيرة الحجم، على نحو ما هو مبين في الشكل (31) مثلاً، لن أتمكن من تمييز تفاصيلها. لذا فإن العدسة المكبرة تكون خيالاً وهمياً مكبراً على بُعد يساوي (25 cm) من العين، وهي أقرب مسافة للرؤية الواضحة عند الشخص السليم، أأمل الشكل (32/ أ، ب).

#### أبحث:

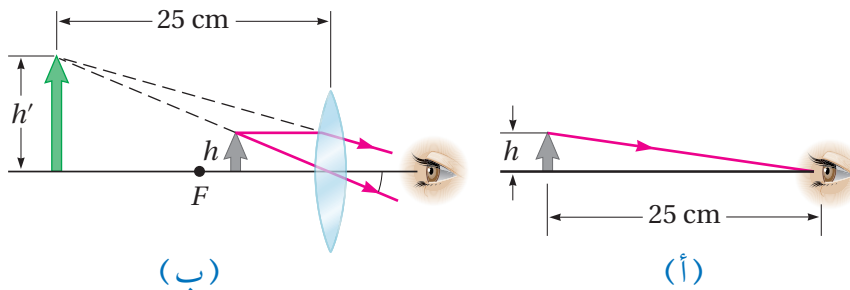


في مصادر المعرفة الموثوقة والمتاحة عن عيوب أخرى للعين، غير طول النظر وقصر النظر، وكيفية علاجها.



الشكل (31): النظر إلى حشرة من

خلال مجهر بسيط.



الشكل (32): النظر إلى جسم

أ. مباشرة.

ب. من خلال عدسة مكبرة.



إنَّ أولَ من اخترعَ النظارةَ الطبيَّةَ هو العالمُ المسلمُ الحسنُ بنُ الهيثم، رائدُ علمِ البصرياتِ، إذ عندما ضعُفَ بصره، أجرى تجاربَ عدَّةٍ على الزجاج ليصنعَ منه نظارةً تُعينه على القراءة، وتوصَّلَ إلى اختراعِ عدسةٍ محدَّبةٍ كانت تُظهرُ الكلامَ والأشكالَ بصورةٍ كبيرةٍ وواضحةٍ. وقد صُنعتْ أولُ نظارةٍ طبَّيةٍ دقيقةٍ في إيطاليا سنةَ 1286 ميلاديَّة.

الشكل (33): النظرُ  
إلى أجزاءِ الساعةِ  
من خلالِ العدسةِ  
المكبَّرة.



وتُعَدُّ العدسةُ المُكبَّرةُ من الأدواتِ الأساسيّةِ عندَ طبيبِ الأسنانِ للنظرِ من خلالها إلى داخلِ فمِ المريضِ، وأنَّ فنيَّ إصلاحِ الساعاتِ سيجدُ صعوبةً في تفحصِ الأجزاءِ الصغيرةِ للساعةِ دونَ الاستعانةِ بالعدسةِ المُكبَّرة، تأمَّلِ الشكلَ (33).

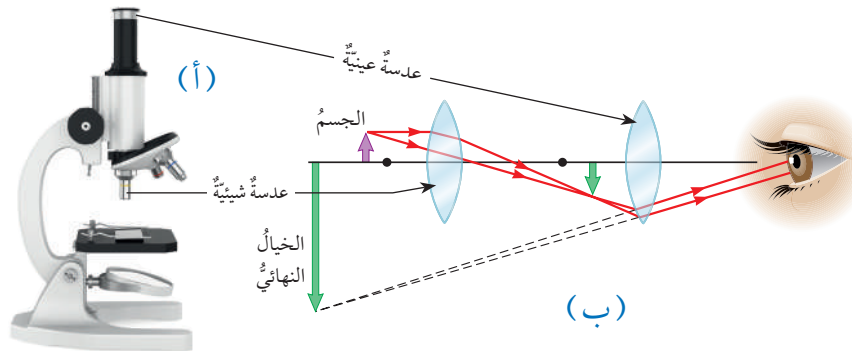
### المِجهرُ المركَّبُ The Compound Microscope

للمِجهرِ البسيطِ قدرةٌ محدودةٌ في إظهارِ التفاصيلِ الدقيقةِ لجسمٍ ما، ويمكنُ تحقيقُ تكبيرٍ أكبرَ من خلالِ الجمعِ بينَ عدستينِ في جهازٍ يُسمَّى المِجهرُ المركَّبُ على نحوٍ ما هو مبينٌ في الشكلِ (34/أ)، الذي يتكوَّنُ من عدسةٍ شبيهيَّةٍ (يوضعُ أمامها الجسمُ المرادُ تكبيره) بُعْدُها البُؤريُّ صغيرٌ جدًّا (أقلُّ من 1 cm)، وعدسةٌ عينيَّةٌ يبلغُ بُعْدُها البُؤريُّ بضعةَ سنتيمتراتٍ، ويفصلُ بينَ العدستينِ مسافةٌ أكبرُ بكثيرٍ من بُعْدَيْهِمَا البُؤريَّينِ. تُكوِّنُ العدسةُ الشبيهيَّةُ للجسمِ خيالًا حقيقيًّا مقلوبًا يقعُ بينَ العدسةِ العينيَّةِ وبُؤرتِها، والتي تعملُ بدورها عملَ مِجهرٍ بسيطٍ، وتكوِّنُ خيالًا وهميًّا مكبَّرًا، على نحوٍ ما يظهرُ في الشكلِ (34/ب).

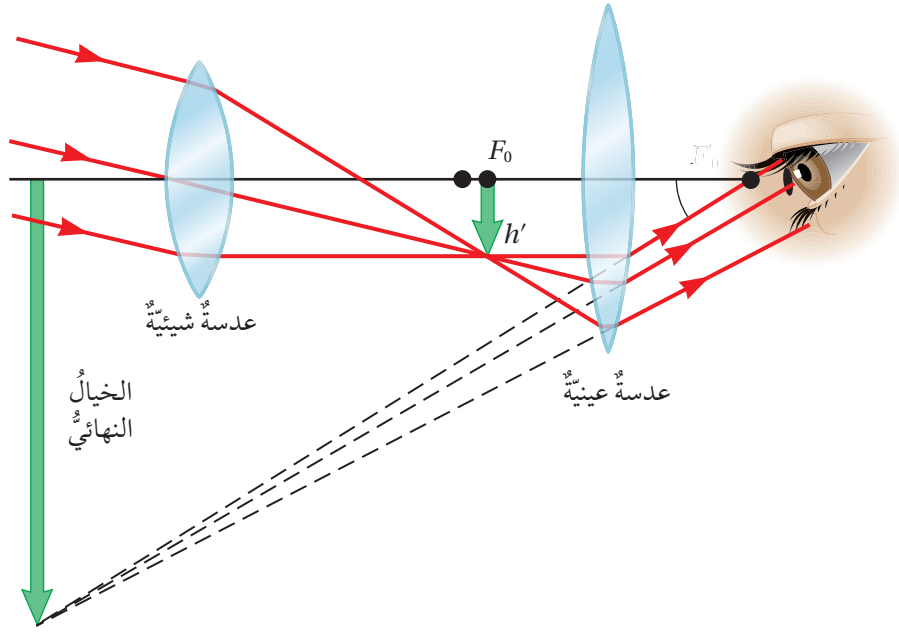


يُستخدَمُ المِجهرُ المركَّبُ لرؤيةِ المكوِّناتِ الدقيقةِ للخلايا النباتيةِ والحيوانيةِ، وللتمييزِ بينَ أنواعِ الميكروباتِ وغيرِ ذلكَ من المكوِّناتِ الدقيقةِ للأجزاءِ الحيَّةِ.

الشكل (34):  
أ. المِجهرُ المركَّبُ.  
ب. رسمٌ تخطيطيٌّ للمِجهرِ المركَّبِ.







الشكل (35): رسم  
تخطيطي للتلسكوب.

### التلسكوب (المقراب الفلكي) The Telescope

يُستخدم التلسكوب لتكوين أخيلة واضحة ومكبرة للأجسام البعيدة جدًا، مثل النجوم والأجرام السماوية الأخرى، إذ عندما أنظر إليها بالعين المجردة فإنها تظهر صغيرة جدًا. والتلسكوب يشبه المجهر المركب في أن له عدستين، عينية وشيئية. وترتّب العدستان على أن تكون العدسة الشيئية للجسم البعيد خيالاً حقيقياً مقلوباً في مكان قريب جداً من بؤرة العدسة العينية، ونظراً إلى أن الجسم (النجم مثلاً) يقع في اللانهاية، فإن خياله سيتكوّن في بؤرة العدسة الشيئية، لذا تكون بؤرتا العدستين متجاورتين تماماً ومتداخلتين، أي أن بؤرة الشيئية تكون أقرب للعينية، وبؤرة العينية أقرب للشيئية. والشكل (35) يبيّن الرسم التخطيطي لتركيب التلسكوب وتكوّن الخيال فيه.

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

## مراجعة الدرس

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

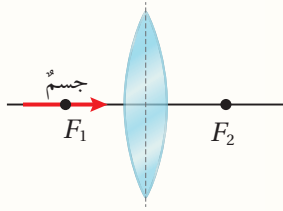
2. **أصف** موضّحاً بالرسم الفرق بين:

أ. الخيال الحقيقي والخيال الوهمي.

ب. البؤرة الحقيقية والبؤرة الوهمية.

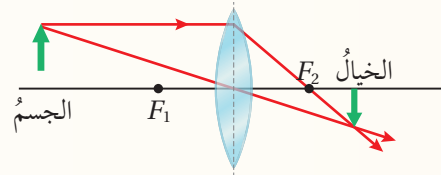
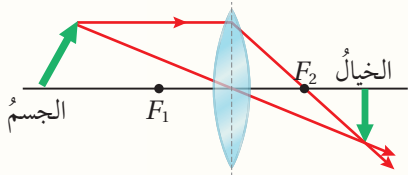
3. **أقارن** بين العدسات المحدبة والعدسات المقعرة من حيث:

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

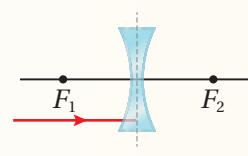
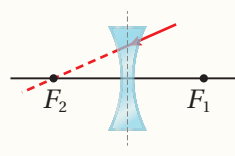
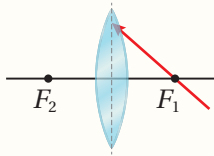
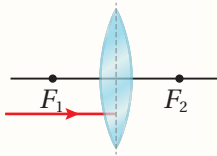


4. **أحلل:** في الشكل جسم موضوع أمام عدسة محدبة، أصف (دون رسم تخطيطي) الخيال المتكوّن للجسم.

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



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



7. **أقارن** بين طول النظر وقصر النظر من حيث:

أ. المفهوم.

ب. العلاج.

## الفيزياء والفضاء الهالة الشمسية

## الإثراء والتوسع



هالة قمرية.

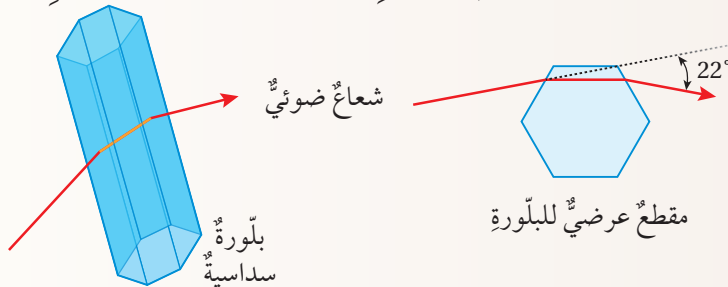


هالة شمسية.

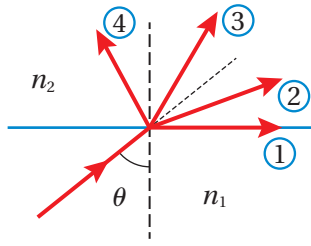
الهالة هي ظاهرة شائعة في الغلاف الجوي، لها بعض أوجه التشابه مع قوس المطر، وتظهر على شكل حلقة مضيئة حول الشمس أو القمر، عندما ينكسر الضوء القادم من الشمس (أو القمر) عن طريق بلورات ثلجية سداسية الشكل ذات أقطار أقل من (20) ميكرومتر. ويوضح الشكل هالة شمسية، وأخرى قمرية. وتشكل الهالات على مدار السنة، من المناطق المدارية إلى القطبين، عن طريق بلورات الجليد الصغيرة التي تتراكم عادة في غيوم رقيقة على ارتفاعات عالية، (5 - 10 km) فوق سطح الأرض، في طبقة التروبوسفير العليا الباردة دائماً.

وأحياناً، تتشكل الهالة أيضاً، في الطقس الشديد البرودة، عن طريق بلورات الجليد القريبة من سطح الأرض.

فعندما يدخل الضوء الأبيض القادم من الشمس (أو القمر) أحد جوانب بلورة الجليد، فإنه ينكسر مرتين ليخرج من الجانب الآخر بانحراف زاوي يبلغ حده الأقصى نحو (22°)، على نحو ما يظهر في الشكل اللاحق، بمدى يتراوح بين (21.537°) للضوء الأحمر و (22.371°) للضوء الأزرق، إذ إن ضوء الشمس يتحلل نتيجة عبوره بلورة الجليد؛ لأن معامل انكسار البلورة يختلف باختلاف لون الضوء الساقط. وبتكرار هذه العملية في البلورات المتجاورة، تتكون حلقات ملونة مضيئة حلقية تشبه قوس المطر، لكن ترتيب الألوان في الهالة يكون معاكساً لترتيبها في قوس المطر، فيظهر الأزرق من الداخل والأحمر من الخارج. ويُطلق على الهالة التي تتشكل بهذه الطريقة اسم: هالة 22 درجة، ويُطلق على الهالات أحياناً اسم: أقواس الجليد، لأنها تتشكل بفعل بلورات الجليد.



**أبحاث** مستعيناً بمصادر المعرفة المناسبة، أبحث عن ظواهر بصرية أخرى وتطبيقات على انكسار الضوء. ثم أكتب تقريراً عنها، وأقرؤه أمام زملائي / زميلاتي في غرفة الصف.

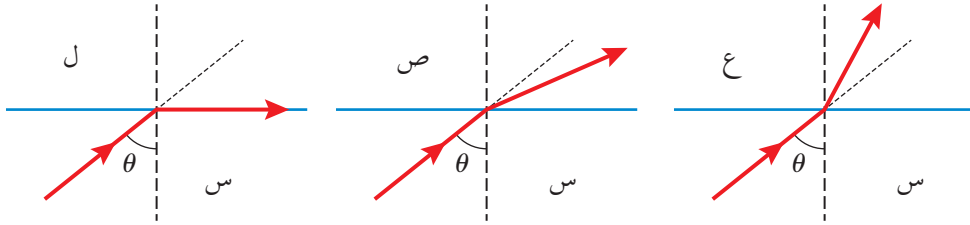


1. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

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

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

\* ثبِّين الأشكال الآتية انتقال شعاع ضوئي من وسط شفاف (س) إلى أوساط شفافة مختلفة (ص، ع، ل).  
أجيب عن الفقرتين (2، 3) الآتيتين:



2. تكون سرعة الضوء أكبر ما يمكن في الوسط:

أ . س      ب . ص      جـ . ع      د . ل

3. الوسط ذو مُعامل الانكسار الأكبر هو:

أ . س      ب . ص      جـ . ع      د . ل

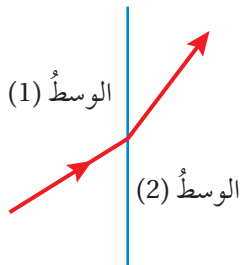
4. من تتبع مسار الشعاع الضوئي في الشكل المجاور نستدل على أن:

أ . زاوية السقوط أكبر من زاوية الانكسار.

ب . زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة.

جـ . معامل انكسار الوسط الأول أكبر من معامل انكسار الوسط الثاني.

د . سرعة الضوء في الوسط الأول أكبر من سرعته في الوسط الثاني.

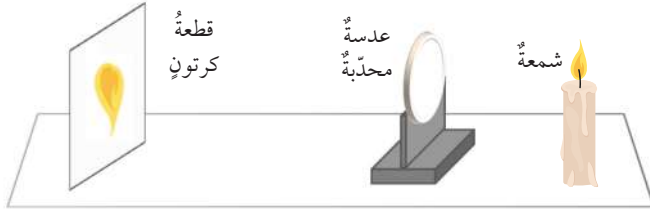


5. ينتقل شعاع ضوئي من وسط شفاف مُعامل انكساره  $n_1$  إلى وسط آخر مُعامل انكساره  $n_2$ . يحدث انعكاس كلي داخلي للشعاع الضوئي عندما يكون:

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

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

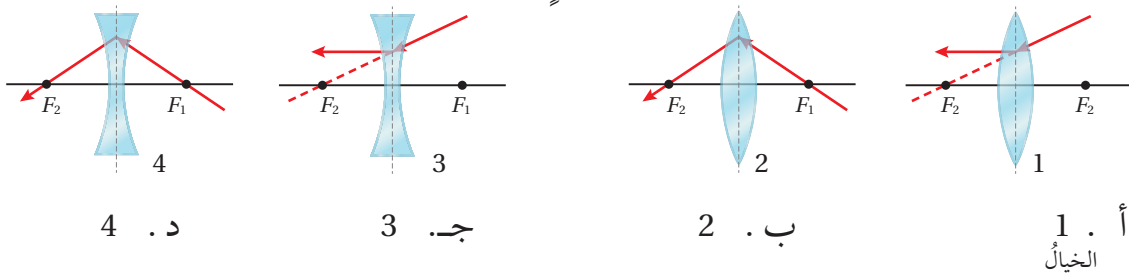
6. يبلغ معامل انكسار الماء نحو  $\frac{4}{3}$ . ماذا يحدث لشعاع ضوئي ينتقل من الهواء ( $n = 1$ ) إلى الماء؟  
 أ . تقل سرعته إلى  $(\frac{3}{4} c)$ .  
 ب . تزيد سرعته إلى  $(\frac{4}{3} c)$ .  
 ج . ينكسر بزاوية تساوي  $(\theta_1)$   $(\frac{3}{4})$ .  
 د . ينكسر بزاوية تساوي  $(\theta_1)$   $(\frac{4}{3})$ .



\* 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.  
 ج . على بُعد يساوي مثلي البعد البؤري.  
 د . على بُعد أكبر من مثلي البعد البؤري.
8. لتكوين خيال مصغر للهب الشمعة على قطعة الكرتون تحرك:  
 أ . قطعة الكرتون نحو العدسة.  
 ب . قطعة الكرتون بعيداً عن العدسة.  
 ج . العدسة نحو الشمعة.  
 د . العدسة نحو قطعة الكرتون.
9. الأخيالة التي تكونها العدسة المقعرة للأجسام الموضوعة أمامها تكون دائماً:  
 أ . وهمية ومعتدلة ومصغرة.  
 ب . وهمية ومعتدلة ومكبرة.  
 ج . حقيقية ومقلوبة ومصغرة.  
 د . حقيقية ومقلوبة ومكبرة.

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



2. **أستخدم المتغيرات:** تتبع 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. **أفسّر:** تُصمَّم الأليافُ الضوئيةُ على أن تكونَ ضيقةً جدًا. آخذًا في الحسبانِ المساراتِ المختلفةَ التي يمكنُ أن يسلكها الضوءُ في الأليافِ الضوئيةِ، فلماذا يجبُ ألا تكونَ الأليافُ الضوئيةُ واسعةً جدًا؟

4. **أحسب:** إذا كانتِ الزاويةُ الحرجةُ لقلبٍ من الزجاجِ تساوي ( $42^\circ$ )، أحسبُ الزاويةَ الحرجةَ للقلبِ إذا أُلقيَ في الماءِ، علمًا أنَّ معاملَ انكسارِ الماءِ (1.33).

زاويةُ الانكسارِ	زاويةُ السقوطِ
$7.5^\circ$	$10^\circ$
$14.3^\circ$	$20^\circ$
$21.4^\circ$	$30^\circ$
$28.4^\circ$	$40^\circ$
$34.0^\circ$	$50^\circ$
$40.0^\circ$	$60^\circ$

5. **التفكير الإبداعي:** أجرتِ سلمى وأيةُ استقصاءً لتحديدِ نوعِ سائلٍ غيرِ معروفٍ، فقامتا بتسليطِ شعاعِ ضوئيٍّ على سطحِ السائلِ بزواياٍ معينةٍ وقياسِ زاويةِ الانكسارِ. وقد كررتا هذه العمليةَ بتغييرِ زاويةِ السقوطِ، وتسجيلِ نتائجهما في الجدولِ المجاورِ.

أ. أكتبُ هدفًا لهذا الاستقصاءِ.

ب. أكتبُ قائمةً بالأدواتِ جميعها التي استُخدمتِ.

ج. أحددُ نوعَ السائلِ.

د. أحددُ الأخطاءَ المحتملةَ في التجربة.

6. **أحلل:** وُضِعَ جسمٌ طوله (15 cm) أمامَ عدسةٍ فتكوّنَ لهُ خيالٌ مقلوبٌ طوله (5 cm). أجبُ عما يأتي:

أ. ما نوعُ العدسةِ الموضوعِ أمامها الجسمُ؟

ب. هل الخيالُ المتكوّنُ حقيقيٌّ أم وهميٌّ؟ أذكرُ السببَ.

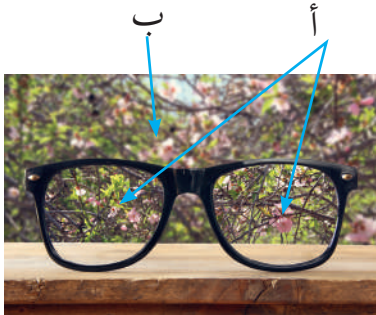
ج. إذا قُربَ الجسمُ من العدسةِ، فماذا يحدثُ لطولِ الخيالِ؟



7. **استنتج:** في الشكلِ المجاورِ، ينظرُ شخصٌ مصابٌ بأحدِ عيوبِ

الإبصارِ إلى مكعبين، أحدهما قريبٌ (A) والآخرُ بعيدٌ (B). فما نوعُ

العيبِ البصريِّ الذي أُصيبَ به الشخصُ؟ وكيفَ يمكنُ علاجهُ؟



8. **أحلل:** في الشكلِ ينظرُ شخصٌ إلى أحدِ المناظرِ الطبيعيةِ البعيدةِ

نسبيًا، فيبدو لهُ المنظرُ (أ) من خلالِ النظاراتِ والمنظرُ (ب) من غيرِ

النظاراتِ. فما نوعُ عدساتِ النظاراتِ؟ وما نوعُ العيبِ البصريِّ الذي

يعانيه الشخصُ؟

9. **أفارنُ بالرسم** بينَ الخيالِ الوهميِّ المتكوّنِ في كلِّ من العدسةِ المحدبةِ والعدسةِ

المقعرةِ، مبينًا ما يحدثُ للخيالِ عندَ تقريبِ الجسمِ من العدسةِ في الحالتينِ.

## مسردُ المصطلحات

- الأنظمة الهيدروليكية (Hydraulic System): أنظمة تعتمد في عملها على استخدام السوائل المحصورة لنقل الحركة، عن طريق تعريض السائل إلى ضغط خارجي فينتقل هذا الضغط إلى أجزاء السائل جميعها..
- انكسار الضوء (Refraction of light): ظاهرة تغير مسار الضوء عند انتقاله بين وسطين شفافين مختلفين.
- الانعكاس الكلي الداخلي (Total Internal Reflection): العملية التي تنعكس فيها الأشعة الضوئية كلياً في الوسط الذي سقطت فيه.
- الألياف الضوئية (Optical Fibers): أنابيب رفيعة وشفافة، تُصنع عادةً من الزجاج أو البلاستيك، وتُستخدم لنقل الضوء.
- الباروميتر الزئبقي (Mercury Barometer): جهاز يتكوّن من أنبوب يحتوي على زئبق يوضع مقلوباً في وعاءٍ مملوءٍ بالزئبق، بحيث لا يُسمح بتسرّب الهواء إلى الأنبوب.
- بؤرة حقيقية (Real Focus): نقطة التقاء الأشعة الضوئية المنكسرة عن العدسة المحدبة عندما تسقط موازية للمحور الرئيس.
- بؤرة وهمية (Virtual Focus): نقطة التقاء امتدادات الأشعة الضوئية المنكسرة عن العدسة المقعرة عندما تسقط موازية للمحور الرئيس.
- البعد البؤري (Focal Length): المسافة بين البؤرة والمركز البصري للعدسة.
- الزاوية الحرجة (Critical Angle): زاوية سقوط الشعاع الضوئي في وسطٍ شفافٍ تقابلها زاوية انكسارٍ مقدارها  $(90^\circ)$  في وسطٍ شفافٍ آخر ملاصقٍ للأول.
- السراب (Mirage): خداع بصري يراه مراقب نتيجة الانكسارات المتتالية للضوء في طبقات الهواء القريبة من سطح الأرض.

- **الشعاع المعياري (Standard Ray):** هو الشعاع الذي يسقط على عدسة ونعرف مساره كلاً، ويُستخدم لتحديد موقع وصفات الخيال المتكوّن لجسم في العدسة.
- **الضغط (Pressure):** قوّة عموديّة تؤثر في وحدة المساحة، ويُقاس بوحدة  $(N/m^2)$  التي تُعرف بالباسكال.
- **الضغط الجوي (Atmospheric Pressure):** وزن عمود الهواء المؤثر في وحدة المساحة عند منطقة ما على سطح الأرض.
- **طول النظر (Hyperopia):** أحد عيوب الإبصار التي تصيب العين البشريّة، وينتج عنه تكوّن أخیلة للأجسام القريبة من العين خلف الشبكيّة.
- **العدسة (Lens):** قطعة بصريّة تتكوّن من وسطٍ شفافٍ يحده سطحان منحنيان، أو أحدهما مستوٍ والآخر منحنٍ.
- **قوس المطر (Rainbow):** حلقة دائريّة من ألوان الطيف المرئي تتكوّن عند مرور ضوء الشمس عبر قطرات الماء المعلقة في الهواء في فصل الشتاء، يظهر منها قوسٌ فقط لمشاهدٍ على سطح الأرض يقف متوجّهاً لجهةٍ معاكسةٍ للشمس.
- **قصر النظر (Myopia):** أحد عيوب الإبصار التي تصيب العين البشريّة، وينتج عنه تكوّن أخیلة للأجسام البعيدة عن العين أمام الشبكيّة.
- **الموائع (Fluids):** المواد التي لها القدرة على الانسياب، وتغيير شكلها وتشمل السوائل والغازات.
- **المانوميتر (Manometer):** أنبوبٌ مفتوحٌ من الطرفين على شكل حرف U، يحتوي على سائلٍ مثل الزئبق أو الماء. ويُستخدم لقياس ضغط الغازات والسوائل المحصورة.
- **معامل الانكسار للوسط الشفاف (Refractive index):** النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ ( $c$ ) إلى سرعته في الوسط الشفاف ( $v$ ).

## قائمة المراجع (References)

1. Malcom Bradley and Susan Gardner, **Cambridge Igcse Physics**, Harper Collins Publishers Limited 2014.
2. Michael Smyth, Lynn Pharaoh, Richard Grimmer, Chris Bishop and Carol Davenport, **Cambridge International AS& A Level Physics**, Harper Collins Publishers Limited 2020.
3. Avijit Lahiri, **BASIC PHYSICS: PRINCIPLES AND CONCEPTS**, Avijit Lahiri, 2018
4. David Halliday, Robert Resnick , Jearl Walker, **Fundamentals of Physics**, Wiley; 11 edition 2018.
5. Douglas C. Giancoli, **Physics: Principles with Applications**, Addison Wesley, 6th edition, 2009.
6. Gurinder Chadha, **A Level Physics a for OCR**, A Level Physics a for OCR, 2015.
7. Hugh D. Young , Roger A. Freedman, **University Physics with Modern Physics**, Pearson; 14 edition (February 24, 2015)
8. Paul A. Tipler, Gene Mosca, **Physics for Scientists and Engineers**, W. H. Freeman; 6th edition, 2007.
9. Paul G. Hewitt, **Conceptual Physics**, Pearson; 14th edition, 2015.
10. R. Shankar, **Fundamentals of Physics I: Mechanics, Relativity, and Thermodynamics**, Yale University Press; Expanded Edition, 2019.
11. Raymond A. Serway , John W. Jewett, **Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics**, Cengage Learning; 009 edition, 2015.

12. Raymond A. Serway, Chris Vuille, **College Physics**, Cengage Learning; 11 edition, 2017.
13. Roger Muncaster, **A Level Physics**, Oxford University Press; 4th edition, 2014.
14. Steve Adams, **Advanced Physics**, Oxford University Press, USA; 2nd UK ed. Edition, 2013.



جدول الاقترانات المثلثية

$\tan\theta$	$\cos\theta$	$\sin\theta$	الزاوية
1.036	0.695	0.719	46
1.072	0.682	0.731	47
1.110	0.669	0.743	48
1.150	0.656	0.756	49
1.192	0.643	0.766	50
1.235	0.629	0.777	51
1.280	0.616	0.788	52
1.327	0.602	0.799	53
1.376	0.588	0.809	54
1.428	0.574	0.819	55
1.483	0.559	0.829	56
1.540	0.545	0.839	57
1.600	0.530	0.848	58
1.664	0.515	0.857	59
1.732	0.500	0.866	60
1.804	0.485	0.875	61
1.880	0.470	0.883	62
1.963	0.454	0.891	63
2.050	0.438	0.899	64
2.145	0.423	0.906	65
2.246	0.407	0.914	66
2.356	0.391	0.921	67
2.475	0.375	0.927	68
2.605	0.384	0.935	69
2.748	0.342	0.940	70
2.904	0.326	0.946	71
3.078	0.309	0.951	72
3.271	0.292	0.956	73
3.487	0.276	0.961	74
3.732	0.259	0.966	75
4.011	0.242	0.970	76
4.331	0.225	0.974	77
4.705	0.208	0.978	78
5.145	0.191	0.982	79
5.671	0.174	0.985	80
6.314	0.156	0.988	81
7.115	0.139	0.990	82
8.144	0.122	0.993	83
9.514	0.105	0.995	84
11.43	0.087	0.996	85
14.30	0.070	0.998	86
19.08	0.052	0.998	87
28.64	0.035	0.999	88
57.29	0.018	1.000	89
$\infty$	0.000	1.000	90

$\tan\theta$	$\cos\theta$	$\sin\theta$	الزاوية
0.000	1.000	0.0000	صفر
0.018	1.000	0.018	1
0.035	0.999	0.035	2
0.052	0.999	0.052	3
0.070	0.998	0.070	4
0.088	0.996	0.087	5
0.105	0.995	0.105	6
0.123	0.993	0.122	7
0.141	0.990	0.139	8
0.158	0.989	0.156	9
0.176	0.985	0.174	10
0.194	0.982	0.191	11
0.213	0.978	0.208	12
0.231	0.974	0.225	13
0.249	0.970	0.242	14
0.268	0.966	0.259	15
0.287	0.961	0.276	16
0.306	0.956	0.292	17
0.325	0.951	0.309	18
0.344	0.946	0.326	19
0.364	0.940	0.342	20
0.384	0.934	0.358	21
0.404	0.927	0.375	22
0.425	0.921	0.391	23
0.445	0.914	0.407	24
0.466	0.906	0.423	25
0.488	0.899	0.438	26
0.510	0.891	0.454	27
0.531	0.883	0.470	28
0.554	0.875	0.485	29
0.577	0.866	0.500	30
0.604	0.857	0.515	31
0.625	0.848	0.530	32
0.650	0.839	0.545	33
0.675	0.829	0.559	34
0.700	0.819	0.574	35
0.727	0.809	0.588	36
0.754	0.799	0.602	37
0.781	0.788	0.616	38
0.810	0.777	0.629	39
0.839	0.766	0.643	40
0.869	0.755	0.656	41
0.900	0.734	0.669	42
0.932	0.731	0.682	43
0.966	0.719	0.695	44
1.000	0.707	0.707	45