المركز الوطني
لتطوير المناهج
National Center
for Curriculum
Development

دليل المُعلِّم

الفيزياء

الصف التاسع

الفصل الدراسي الثاني 9

فريق التأليف

د. موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

ميمي محمد التكروري د. حسين محمود الخطيب

خلدون سليمان المصاروه

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

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

06-5376262 / 237 06-5376266 P.O.Box: 2088 Amman 11941

@nccdjor feedback@nccd.gov.jo www.nccd.gov.jo

قرَّرت وزارة التربية والتعليم استخدام هذا الدليل في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار المجلس الأعلى للمركز الوطني لتطوير المناهج في جلسته رقم (2025/2)، تاريخ 2025/2/25 م، وقرار مجلس التربية والتعليم رقم (2025/55)، تاريخ 2025/4/30 م، بدءًا من العام الدراسي 2025 / 2026 م.

© HarperCollins Publishers Limited 2020.
- 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 - 640 - 2

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية:
(2024/5/2942)

بيانات الفهرسة الأولية للكتاب:

عنوان الكتاب	الفيزياء، دليل المعلم: الصف التاسع، الفصل الدراسي الثاني
إعداد / هيئة	الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج
بيانات النشر	عمان: المركز الوطني لتطوير المناهج، 2024
رقم التصنيف	373,19
الواصفات	/ الفيزياء/ / المناهج/ / أساليب التدريس / / التعليم الأساسي/
الطبعة	الطبعة الأولى

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

التحكيم التربوي: أ.د. راجي عوض الصرايرة
التصميم الجرافيكي: نايف محمد أمين مراشدة
التحرير اللغوي: سامر مازن الخطيب

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 Lecensing 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.

الطبعة الأولى (التجريبية)

منهاجي
متعة التعليم الهادف

1447 هـ / 2025 م

قائمةُ المحتوياتِ

الموضوعُ	الصفحةُ
الوحدة 4: ميكانيكا الموائع	7
تجربة استهلالية: ضغط الماء وضغط الهواء	9
الدرس 1: المائع الساكن	10
الدرس 2 : قياس الضغط	18
مراجعة الوحدة	29
الوحدة 5: انكسار الضوء وتطبيقاته	33
تجربة استهلالية: انحراف مسار الحركة لجسم	35
الدرس 1: انكسار الضوء	36
الدرس 2: تطبيقات وظواهر بصرية	45
الدرس 3: العدسات الرقيقة	56
مراجعة الوحدة	73
ملحق أوراق العمل	A1
ملحق إجابات كتاب الأنشطة والتجارب العملية	A17
قائمة المراجع	A22

الوَحدة الرابعة: ميكانيكا الموائع Fluids Mechanics

تجربةٌ استهلاليةٌ: ضغط الماء وضغط الهواء.

الدرس	النتاجات	التجارب والأنشطة	عدد الحصص
الأول: **المائع الساكن**	• التعبير بمعادلة رياضية عن الضغط الذي يؤثر به مائع في نقطة داخل المائع. • استقصاء العوامل التي يعتمد عليها ضغط المائع عند نقطة داخلَهُ.	• العوامل التي يعتمد عليها ضغط المائع.	4
الثاني: **قياس الضغط**	• التعرُّف إلى أجهزة قياس الضغط، والضغط الجويّ (البارومتر، البارومتر الزئبقيّ، المانومتر). • تصميم جهاز لقياس الضغط الجويّ.	• أصنع نموذج بارومتر.	5

النتاجات السابقة	الصف	النتاجات اللاحقة	الصف
• توضيح مفهومَ الضغطِ وعلاقتَهُ بالقوّة. • حساب الضغطَ. • توضيح العواملَ المُؤثّرةَ في ضغطِ السائلِ عمليًّا. • ذِكر نصَّ قاعدةِ باسكالَ. • ذكر نصَّ مبدأِ برنولي. • توضيح المقصودَ بالكثافةِ والطفوِ. • حساب كثافةَ أجسامٍ صُلبةٍ منتظمةِ الشكلِ، وكثافةَ سوائلَ. • ذكرُ نصَّ قاعدةِ أرخميدس. • تفسير ظواهرَ طبيعيةً باستخدامِ قاعدةِ أرخميدس.	الثامن	• توضيح المفاهيم المتعلقة بالموائع الساكنة. • توظيف التجارب العملية في التحقق من قاعدة أرخميدس. • توضيح المفاهيم المتعلقة بالموائع المتحركة. • استقصاء خصائص المائع المثالي والعوامل المُؤثّرة في حركته. • توظيف التجارب العملية في التحقق من مبدأ برنولي. • توظيف المفاهيم والعلاقات الخاصة بحركة الموائع في حلّ مسائل حسابية، وتفسير مواقف حياتيّة متعلقة بها. • توظيف التجارب العملية في تعرف خصائص الموائع المتحرّكة وتطبيقاتها.	العاشر

ميكانيكا الموائع
Fluids Mechanics

أتأمَّل الصورة

- ألفتُ انتباه الطلبة إلى صورة بداية الوَحدة، وأطلبُ إليهم قراءة نص «أتأمل الصورة».
- أوجّهُ إلى الطلبة الأسئلة الآتية:

– ماذا تشاهدون في الصورة؟ مجموعة أشخاص يتسلّقون جبلًا عاليًا.

– ما الصعوبات التي يواجهها متسلقو الجبال؟ **تتعدد الإجـابات،** أناقشُ مع الطلبة مشكلـة ضيق التنفس الذي يعانيه متسلقو الجبال عند وصولهم إلى ارتفاعات عالية، وعلاقة ذلك بانخفاض ضغط الهواء، وانخفاض نسبة الأكسجين فيه، مع زيادة الارتفاع عن سطح الأرض.

– كيف يتغلب متسلقو الجبال على مشكلة ضيق التنفس؟ يجري تزويدهم باسطوانات تحتوي على أكسجين.

- أتحاور مع الطلبة في ظواهر حياتية سببها ضغط الماء أو ضغط الهواء، وأستمع إلى خبراتهم، مثلًا؛ أطرح أسئلة على الطلبة عن أثر ضغط الماء على الجسم في أثناء السباحة، أو الشعور بألم في الأُذُنَين عند الذهاب في رحلة إلى منطقة البحر الميت، أو عند ركوب الطائرة، وغير ذلك.

ميكانيكا الموائعِ
Fluids Mechanics

أتأمّلُ الصورةَ

يعاني متسلّقو الجبالِ ضيقًا في التنفّسِ، عندَ وصولِهم إلى ارتفاعاتٍ عاليةٍ. ويشعرُ الغوّاصُ أيضًا بقوّى تضغطُ على جسمِه عندَ السباحةِ على أعماقٍ كبيرةٍ تحتَ سطحِ الماءِ.

هذهِ الظواهرُ وغيرُها يمكنُ تفسيرُها بدراسةِ ضغطِ المائعِ، فما العواملُ التي يعتمدُ عليها ضغطُ المائعِ؟ وكيفَ نحسبُ مقدارَهُ؟ وما الأدواتُ المُستخدَمةُ في قياسِه؟

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية: الابتكار.**

أخبر الطلبة أن الابتكار هو نتاج تفاعل الفرد مع خبراته، بحيث يكون قادرًا على تحويل المفاهيم والأفكار إلى منتجات تساعدُه في حلّ مشكلات حياتية. فمثلًا؛ فهم خصائص المائع الساكن، والضغط الذي يولده المائع على الأجسام المغمورة فيه، مكّنَ المختصين من ابتكار حُلول للتعامُل مع آثاره السلبية.

الفكرة العامـة:

- أُذكّرُ الطلبة بمفهوم الموائع (السوائل والغازات).
- أوضّحُ لهم أن علم ميكانيكا الموائع هو أحد فروع علم الفيزياء؛ إذ يبحث في دراسة خصائص الموائع الساكنة، والموائع المتحركة.
- أوجّهُ الطلبة إلى قراءة عناوين الدروس؛ للتعرف على ما سيدرسونه في هذه الوَحدة.
- أُذكّرُ الطلبة بأنهم تعرّفوا مسبقًا إلى خصائص للموائع الساكنة والمتحركة، وفي هذه الوَحدة سوف يستكشفون المزيـد عن ضغط المائع الساكن، والأجهزة المستخدمة لقياس ضغط المائع.

مشروع الوحدة:

- تحقيقًا لِنَحى STEAM في التعليم، ولتدريب الطلبة على خطوات بناء مشروع علمي؛ أخبر الطلبة أن مشروع الوَحدة هو تصميم أنموذج رافعة هيدروليكية.
- أوزّعُ الطلبة في مجموعات، وأكلفهم بإعداد خطة للعمل تتضمّنُ توزيع المهمات بينهم.
- أوضّحُ للطلبة أنّ الخطوة الأولى في إعداد الأنموذج تبدأ بالبحث وجمع المعلومـات. أوجههم إلى البحث عبر المواقع الإلكترونية الموثوقة عن نماذج لروافع هيدروليكية، والرجوع إلى كتاب الأنشطة للإطلاع على التجربة الإثرائية «أصمم أنموذج رافعة هيدروليكية»، لمساعدتهم على تصميم نموذج من ابتكارهم.
- أوجه الطلبة إلى أهمية أن يعملوا معا كفريق لإنجاز المهام الآتية : رسم نموذج هندسي للرافعة وفق مقياس رسم مناسب، اختيار المواد المناسبة لتنفيذ النموذج، بناء النموذج واختباره .
- بعد الانتهاء من التصميم؛ أطلبُ إلى كل مجموعة عرض أنموذجها أمام الزملاء/ الزميلات؛ لتحديد نقاط الضعف فيها ومعالجتها.
- أُشجّع الطلبة على التفكير بطرائق لتحسين أداء الأنموذج وتطويره.

الفكرةُ العامّةُ:

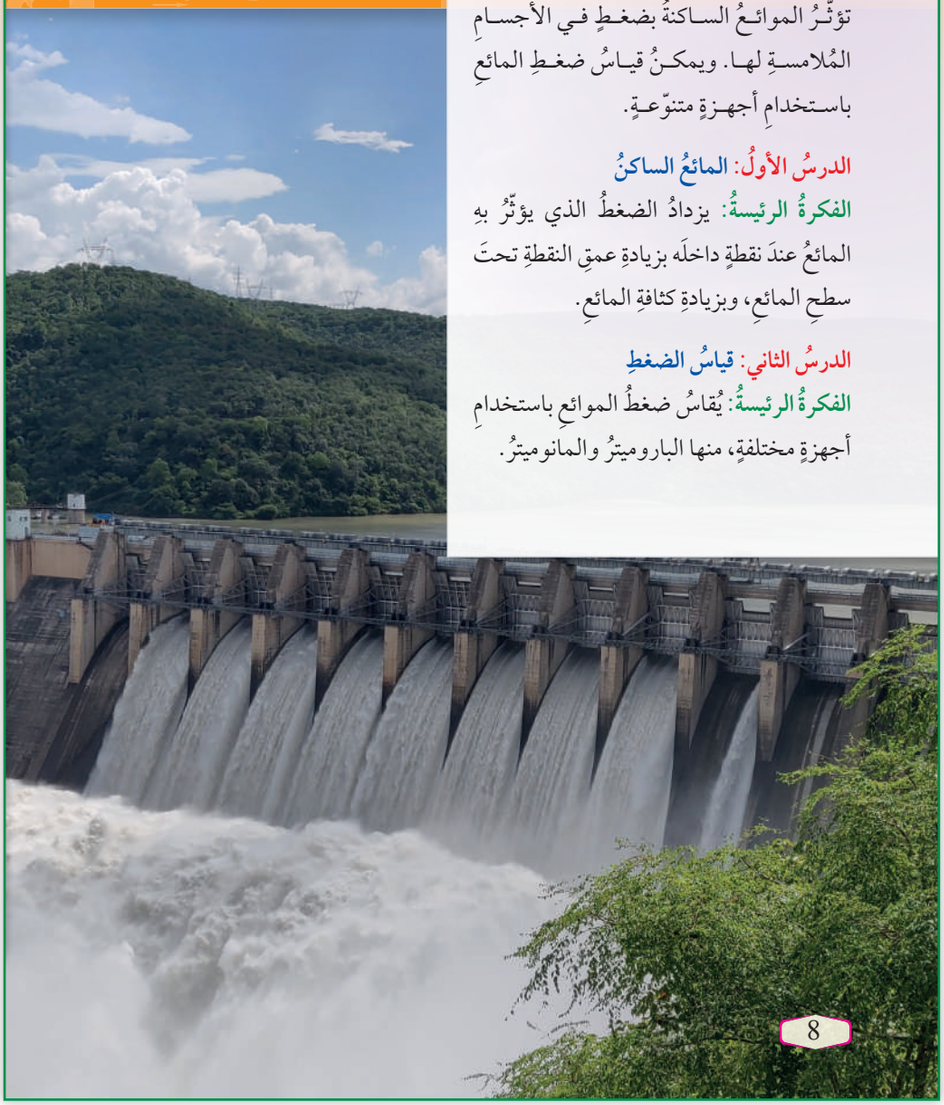
تؤثّـرُ الموائـعُ السـاكنةُ بضغـطٍ فـي الأجسـامِ المُلامسـةِ لهـا. ويمكـنُ قيـاسُ ضغـطِ المائعِ باسـتخدامِ أجهـزةٍ متنوّعـةٍ.

الدرسُ الأولُ: المائعُ الساكنُ

الفكرةُ الرئيسةُ: يزدادُ الضغطُ الذي يؤثّرُ بهِ المائعُ عندَ نقطةٍ داخلَه بزيادةِ عمقِ النقطةِ تحتَ سطحِ المائعِ، وبزيادةِ كثافةِ المائعِ.

الدرسُ الثاني: قياسُ الضغطِ

الفكرةُ الرئيسةُ: يُقاسُ ضغطُ الموائعِ باستخدامِ أجهزةٍ مختلفةٍ، منها البارومترُ والمانومترُ.



تقويم مشروع الوحدة

استراتيجية التقويم: الملاحظة. **أداة التقويم:** قائمة الرصد.

الرقم	معيار الأداء	نعم	لا
1	إعداد خطة واضحة لتصميم الأنموذج.		
2	إعداد خطة زمنية مدروسة لتنفيذ المشروع.		
3	جمع البيانات من المصادر الموثوقة.		
4	إعداد تصميم مناسب للأنموذج.		
5	تواصل أفراد المجموعة في ما بينهم، ودعمهم بعضهم بعضًا.		
6	إعداد تقويم ذاتي للمشروع قبل عرضه.		
7	عرض المشروع بطريقة مُبسّطة تُظهر فكرته بوضوح.		

ضغط الماء وضغط الهواء.

الهدف: التوصل إلى أن للماء والهواء ضغطًا.

زمن التنفيذ: 10 دقائق.

إرشادات السلامة: الحذر عند التعامل مع الأنبوب الزجاجيّ، وتوجيه الطلبة إلى إجراء نشاط ضغط الهواء فوق حوض المغسلة.

المهارات العلمية: الملاحظة، التحليل، الاستنتاج، التفسير.

الإجراءات والتوجيهات:

- أوجّهُ الطلبة إلى الرجوع إلى كتاب الأنشطة والتجارب العملية.
- أوضّحُ للطلبة عند إجراء نشاط «ضغط الهواء» أن أول محاولة قد تكون غير ناجحة؛ فربما ينسكب الماء من الكأس، والأفضل ملءُ الكأس بالماء إلى حافّته تقريبًا، ثم قلب الكأس بسرعة.

النتائج المتوقعة:

من المتوقع أن يُلاحظ الطلبة زيادة انتفاخ البالون بزيادة كمية الماء.

من المتوقع مشاهدة التصاقُ قطعة الكرتون عند قلب الكأس (ربما يحتاج الأمر إلى أكثر من محاولة).

التحليل والاستنتاج:

1. بسبب الضغط الذي يُولّده الماءُ على البالون.
2. يزداد انتفاخ البالون؛ فعند صبّ المزيد من الماء يزدادُ الضغط الذي يُولّده.
3. تتأثر قطعة الكرتون بقوتين؛ قوة من الداخل ناتجة عن ضغط الماء وتُؤثّر إلى الأسفل، وقوة من الخارج ناتجة عن الضغط الجويّ وتُؤثّر إلى الأعلى.

   القوّة المُؤثّرة من الخارج (قوة ضغط الهواء) أكبر من الوزن.
4. فرق الضغط بين داخل الكأس وخارجه؛ حيث يؤثر الضغط الجويّ الخارجي على قطعة الكرتون بقوة أكبر من وزن الماء.

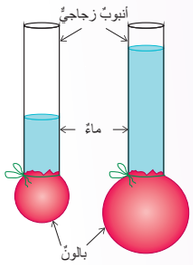
ضغطُ الماءِ وضغطُ الهواءِ

الموادُّ والأدواتُ: أنبوبُ زجاجٍ (أو بلاستيك) مفتوحُ الطرفين، بالونٌ، حلقةٌ مطّاطيّةٌ، ماءٌ، كأسٌ زجاجيّةٌ، قطعةُ كرتونٍ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحَذرُ عندَ التعامُلِ معَ الأنبوبِ الزجاجيِّ، إجراءُ نشاطِ ضغطِ الهواءِ فوقَ حوضِ المَغسلةِ.

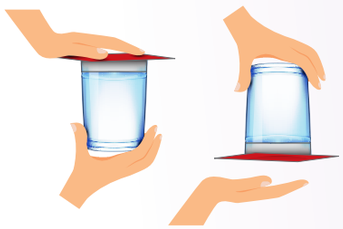
خطواتُ العملِ:

أولًا: ضغطُ الماءِ



1. أَقصُّ فوهّةَ البالونِ، وأثبّتُه جيدًا بطرفِ الأنبوبِ، وألُفُّ حولَه حلقةً مطّاطيّةً إذا تطلّبَ الأمرُ ذلكَ.
2. **أُجرّبُ:** أصبُّ كمّيّةً منَ الماءِ في الأنبوبِ، وأُلاحظُ انتفاخَ البالونِ.
3. **أُجرّبُ:** أصبُّ كمّيّةً إضافيّةً منَ الماءِ، وأُلاحظُ ما يحدثُ للبالونِ.

ثانيًا: ضغطُ الهواءِ



1. أملأُ الكأسَ بالماءِ حتى حافتِها العلويّةِ تقريبًا.
2. أُغطّي الكأسَ بقطعةِ الكرتونِ على أنْ أضعَ إحدى يَديَّ أسفلَ الكأسِ، والأخرى فوقَ قطعةِ الكرتونِ ثمَّ أقلبُها بسرعةٍ.
3. **أُجرّبُ:** أبعدُ يدي عن قطعةِ الكرتونِ، وأُلاحظُ ما يحدثُ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أفسّرُ:** ما سببُ انتفاخِ البالونِ عندَ صبِّ الماءِ في الأنبوبِ؟
2. **أستنتجُ:** ماذا يحدثُ للبالونِ عندَ صبِّ المزيدِ منَ الماءِ في الأنبوبِ؟ وكيفَ أُفسّرُ ذلكَ؟
3. **أستنتجُ:** ما القوى المؤثّرةُ في قطعةِ الكرتونِ داخلَ الكأسِ، وخارجَها؟ وأيُّها أكبرُ؟
4. **أستنتجُ:** ما الذي يجعلُ قطعةَ الكرتونِ تلتصقُ بالكأسِ؟

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء. **أداة التقويم:** سُلَّم تقدير.

الرقم	معيار الأداء	التقدير		
		3	2	1
1	الربط بين السبب (كمية الماء في الأنبوب) والنتيجة (انتفاخ البالون).			
2	تحديد القوى المُؤثّرة في قطعة الكرتون المُلتصقة بالكأس من حيث المقدار والاتجاه.			
3	تفسيرُ سبب التصاق قطعة الكرتون بالكأس.			
4	مراعاة إرشادات السلامة بدقّة.			

التعزيز:

أوضّحُ بالرسم القُوى المُؤثّرة في قطعة الكرتون واتّجاهاتها.

الدرس 1

المائع الساكن
Static Fluid

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- أوضّحُ للطلبة أنّ موضوع الدرس هو دراسة العوامل التي يعتمد عليها ضغط المائع الساكن، وحساب الضغط عند نقطةٍ داخلَ مائع ساكن.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- أُذكّرُ الطلبة بمفهوم الضغط، وضغط المائع عن طريق طرح الأسئلة، مثل: ما الضغط؟ ما وحدة قياسه؟ ما المقصود بالمائع؟ كيف يتغيّرُ ضغطُ الماء بزيادة العمق؟
- أستمع لإجابات الطلبة وأتقبّلُها، لأتعرف عن طريقها إلى المعرفة السابقة لديهم عن موضوع الدرس، والمفاهيم غير الصحيحة (إن وجدت).
- أُذكّرُ الطلبة بأنه سبق وتعرفوا وصفيًّا إلى العوامل التي يعتمد عليها ضغط المائع، وأنهم سيتعلمون -في هذا الدرس- التعبير عن الضغط بمُعادلة رياضية، وتطبيق المعادلة لحساب الضغط عند نقطة داخل مائع ساكن.

2 التدريس

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّهُ الطلبة إلى تأمل الشكل (1) وملاحظة الخصيصتين المُمَيّزتين للموائع:

- ليس لها شكل محدد؛ تتخذ شكل الوعاء.
- الانسياب (الجريان).

✓ **أتحقّق:** لقدرتها على الانسياب (الجريان)، ولأنها ليست ذات شكل مُحدد؛ لذلك تتّخذُ شكل الوعاء الذي يحتويها.

◄ الفكرةُ الرئيسةُ:

يزدادُ الضغطُ الذي يؤثّرُ بهِ المائعُ عندَ نقطةٍ داخلَه بزيادةِ عمقِ النقطةِ تحتَ سطحِ المائعِ، وبزيادةِ كثافةِ المائعِ.

◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أعبّرُ بمعادلةٍ رياضيّةٍ عنِ الضغطِ الذي يؤثّرُ بهِ مائعٌ في نقطةٍ داخلَهُ.
- أستقصي العواملَ التي يعتمدُ عليها ضغطُ المائعِ عندَ نقطةٍ داخلَهُ.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

المائعُ	Fluid
ضغطُ المائعِ	Fluid Pressure

الموائعُ Fluids

درستُ في صفوفٍ سابقةٍ ثلاثَ حالاتٍ للمادّةِ هيَ: الحالةُ الصُّلبةُ، والحالةُ السائلةُ، والحالةُ الغازيّةُ.

وتعلّمتُ أنَّ ترتيبَ الجسيماتِ داخلَ السوائلِ والغازاتِ، وطبيعةَ الروابطِ التي تنشأُ بينَ جسيماتِها، تُكسبُها القدرةَ على الانسيابِ (الجريانِ)، وبذلكَ يتغيّرُ شكلُها؛ فالسوائلُ والغازاتُ ليسَ لها شكلٌ محدَّدٌ، بلْ تتّخذُ شكلَ الوعاءِ الذي يحتويها. أتأمّلُ الشكلَ (1).

يُطلقُ على الموادِّ التي لها القدرةُ على الجريانِ، وتغييرِ شكلِها اسمَ **موائعَ Fluids**، وبذلكَ فإنَّ الموائعَ تشملُ السوائلَ والغازاتِ.

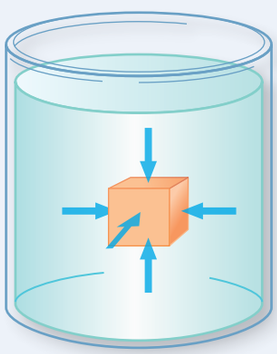
يعتمدُ سلوكُ المائعِ وخصائصُه على حالتِهِ الحركيّةِ، وتُقسمُ الموائعُ من حيثُ حالتُها الحركيّةُ إلى قسمينِ، هما: الموائعُ الساكنةُ والموائعُ المتحرّكةُ، وستقتصرُ دراستُنا في هذهِ الوحدةِ على الموائعِ الساكنةِ.

✓ **أتحقّقُ:** لماذا تُصنَّفُ الغازاتُ والسوائلُ بأنّها موائعُ؟

الشكلُ (1): للموائعِ القدرةُ على الانسيابِ، وتتّخذُ شكلَ الوعاءِ الذي يحتويها.

إضاءة للمُعلّم / للمعلّمة

يُعرّف المائع بأنه مجموعة من الجزيئات المُرتّبة عشوائيًا، والمُرتبطة معًا بواسطة قوى تماسك Cohesive Forces ضعيفة، وتشمل الموائع كُلًّا من السوائل والغازات.



يستجيبُ المائع للقوى المَماسيّة المُوازية لسطحه بالحركة باتّجاهها. والقوى الوحيدة التي يمكن أن يُسبّبها المائع على جسم مغمور فيه هي القوى التي تعملُ على ضغط الجسم من الجوانب جميعها. وبعبارة أُخرى؛ فالقوّة التي يؤثر بها مائع ساكن في جسم ما تكون دائمًا عموديّة على أسطح الجسم كما هو مُوضّح في الشكل.

ضغطُ المائعِ الساكنِ Pressure of a Static Fluid

تتعرّضُ أجسامُنا طوالَ الوقتِ إلى ضغطٍ منَ الهواءِ المحيطِ بنا، يُعرفُ بالضغطِ الجويِّ. ونشعرُ بضغطِ الماءِ على أجسامِنا عندَما نسبحُ تحتَ سطحِ الماءِ، ويزدادُ هذا الضغطُ بزيادةِ العمقِ.

يُعرَّفُ الضغطُ Pressure بأنَّه قوةٌ عموديّةٌ تؤثّرُ في وحدةِ المساحةِ، ويُقاسُ بوحدةِ (N/m^2) التي تُعرفُ بالباسكالِ (Pa) بحسبِ النظامِ الدوليِّ للوحداتِ. ويُرمزُ إلى الضغطِ بالرمزِ (P)، ويُعبَّرُ عنهُ بالعلاقةِ الرياضيّةِ الآتيةِ:

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

حيثُ (F) القوةُ المؤثرةُ عموديًّا في المساحةِ (A).

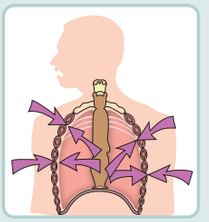
يتأثّرُ الجسمُ داخلَ المائعِ بضغطٍ؛ سببُه وزنُ المائعِ فوقَ الجسمِ. وبزيادةِ ارتفاعِ عمودِ المائعِ فوقَ الجسمِ يزدادُ وزنُ ذلكَ المائعِ، ما يؤدّي إلى زيادةِ الضغطِ المؤثّرِ في الجسمِ، وهذا يفسّرُ زيادةَ الضغطِ على جسمِ الغواصِّ بزيادةِ العمقِ تحتَ سطحِ الماءِ.

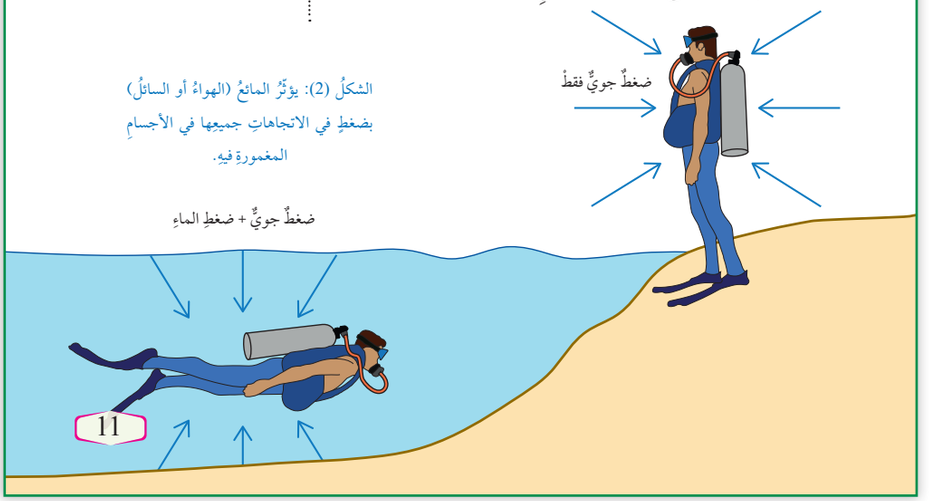
ولمّا كانتْ جسيماتُ المائعِ تتحرّكُ بحريّةٍ؛ فإنَّ المائعَ يؤثّرُ بضغطٍ في الاتجاهاتِ جميعِها في الأجسامِ التي داخلَهُ. أتأمّلُ الشكلَ (2).

أتحقّقُ: لماذا يشعرُ الغوّاصُ بزيادةِ ضغطِ الماءِ على جسمِه بزيادةِ العمقِ الذي يسبحُ عندَه تحتَ سطحِ الماءِ؟

الربطُ بالعلومِ الحياتيّةِ

يؤثّرُ الضغطُ الجويُّ في أجسامِنا بقُوًى نحوَ الداخلِ، لكنَّنا لا نشعرُ بهذا الضغطِ؛ لأنَّ الضغطَ داخلَ أجسامِنا يعادلُ الضغطَ الجويَّ. فمثلًا، ضغطُ الهواءِ داخلَ الرئتينِ يولّدُ قوًى تؤثّرُ نحوَ الخارجِ تعادلُ قوى ضغطِ الهواءِ الخارجيِّ، وتُلغي تأثيرَها.





الشكلُ (2): يؤثّرُ المائعُ (الهواءُ أو السائلُ) بضغطٍ في الاتجاهاتِ جميعِها في الأجسامِ المغمورةِ فيهِ.

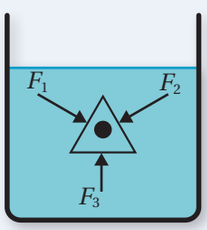
أخطاءٌ شائعةٌ

يعتقد بعض الطلبة أن الضغط كمية مُتّجهة؛ أُبيّنُ لهم أن الضغط كميّة قياسيّة، أما القوى التي يُولّدها الضغط على وحدة المساحة فتكون عَموديّة على المساحة.

إضاءة للمُعلّم / للمعلّمة

الضغط كمية قياسية، ليس له اتجاه. أما القوّة التي يُولّدُها الضغط عند أي وحدة مساحة؛ فتكون عمودية على المساحة.

إذا افترضنا أن ثلاثة أسطح صغيرة (A_1, A_2, A_3) عند نقطةٍ داخل سائل، كما يُبيّنُ الشكل، وأن (F_1, F_2, F_3) القوى العمودية المُؤثّرة في هذه الأسطح؛ فإنّ قيم الضغط ($\frac{F_1}{A_1}, \frac{F_2}{A_2}, \frac{F_2}{A_2}$) تكون متساويةً، وتساوي الضغط عند النقطة.



(ملحوظة: جرى تكبير النقطة والأسطح المحيطة بها؛ لتوضيحها).

المناقشة:

- أُذكّرُ الطلبة بمفهوم الضغط، وأطرح الأسئلة الآتية:
  - ما الضغط؟ القوّة المُؤثّرة عموديًّا في وحدة المساحة.
  - ما وحدة قياس الضغط؟ نيوتن لكل متر مربع (N/m^2)، تُعرف بالباسكال (Pa).
  - ما الذي يُسبّب الضغط على أجسامنا عندما نسبح تحت سطح الماء؟ وزن الماء فوق الجسم.
  - كيف يتغير الضغط بتغير عمق الماء؟ يزداد الضغط بزيادة العمق.
- أُذكّرُ الطلبة بمفهوم الضغط الجويّ الذي درسوه في صفوف سابقة (وزن عمود الهواء المُؤثّر في وحدة المساحة).

✓ **أتحقّق:** يتأثّرُ الجسمُ داخلَ المائعِ بضغطٍ سببُه وزنُ المائعِ فوقَ الجسمِ. وبزيادةِ ارتفاعِ عمودِ المائعِ فوقَ الجسمِ؛ يزدادُ وزنُ ذلكَ المائعِ، ممّا يؤدّي إلى زيادةِ الضغطِ المُؤثّرِ في الجسمِ.

استخدام الصور والأشكال:

- أستخدمُ **بطاقة الخروج**.
- أوزّعُ على الطلبة بطاقات كُتبت عليها الأسئلة الآتية، وأطلبُ إليهم تأمل الشكل (2)، ثم الإجابة عن الأسئلة:
  - ما الضغط المُؤثّر في الغوّاص قبل نزوله تحت سطح الماء؟ وما الضغط المُؤثّر فيه عندما يسبح تحت سطح الماء؟
  - في أيّ الحالتين يشعُر الغوّاص بضغط المائع؟
- أمنحُ الطلبةَ وقتًا كافيًا للإجابة، ثم أجمعُ البطاقات، لأطلع على الإجابات، ثم أُعلّقُ في بداية الحصة اللاحقة على الإجابات.

الربطُ بالعلومِ الحياتيّةِ

- أستخدمُ (**أُفكّرُ، أنتقي زميلا، وأشارك**).
- أوجّهُ إلى الطلبة السؤال الآتي: تتعرّض أجسامنا طيلة الوقت إلى ضغط الهواء المحيط بنا. فلماذا لا نشعر بهذا الضغط؟
- أوجّهُ الطلبة إلى قراءة «الربط بالعلوم الحياتية»، ثم أطلبُ إلى كل طالبين/ طالبتين التشارك في الأفكار، ثم عرض ما جرى التوصُّل إليه أمام الصف.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّهُ الطلبة إلى تأمل الشكل (3)، ثم أسألُهم:

– ما العوامل التي يعتمد عليها ضغط السائل عند نقطة داخله مثل النقطة المُبيّنة في الشكل؟ العمق (ارتفاع السائل فوق النقطة)، كثافة السائل.

– كيف يتناسب ضغط السائل مع كُلٍّ من عمق النقطة، ومع كثافة السائل؟ يتناسب طرديًّا مع كُلٍّ منهما.

- أوضّحُ للطلبة أنّنا سنشتقّ علاقة لحساب ضغط المائع عند نقطة داخلة، وأتّبع خطوات الاشتقاق بالتسلسل المُوضّح في الكتاب المدرسيّ.
- أوضّحُ للطلبة دلالات الرموز في المعادلة:

$$P_{\text{fluid}} = \rho hg$$

أفكّرُ: نحسب ضغط السائل باستخدام العلاقة الآتية:

$$P = \rho hg$$

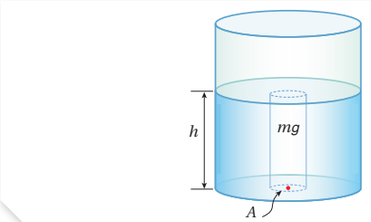
$$P_a = 2\rho \times \frac{h}{2} \times g = \rho hg$$

$$P_b = \rho \times h \times g = \rho hg$$

$$P_C = 2\rho \times h \times g = 2\rho hg$$

ترتيب النقاط من الأكبر ضغطا إلى الأقل ضغطا:

$$P_C > P_b = P_a$$



الشكلُ (3): الضغطُ عندَ نقطةٍ داخلَ مائعٍ ساكنٍ.

ضغطُ المائعِ عندَ نقطةٍ داخلَهُ Pressure at a Point Inside a Fluid

يبيّنُ الشكلُ (3)، نقطةً داخلَ مائعٍ ساكنٍ (ماءٍ مثلًا) على عمقٍ (h) من سطحِه، إنَّ القوةَ العموديّةَ المسبِّبةَ للضغطِ عندَ هذهِ النقطةِ، هي وزنُ عمودِ الماءِ (mg) الممتدِّ من سطحِ الماءِ إلى وحدةِ المساحةِ (A) المحيطةِ بالنقطةِ. فإذا كانَ المائعُ سائلًا متجانسًا؛ فإنَّ كثافتَه (ρ) تكونُ ثابتةً، وللتوصُّلِ إلى علاقةٍ لحسابِ ضغطِ السائلِ عندَ نقطةٍ داخلَه، أتّبعُ الخطواتِ الآتيةَ:

- الكتلةُ تساوي ناتجَ ضربِ الكثافةِ في الحجمِ؛ لذا فإنَّ كتلةَ عمودِ السائلِ يُعبَّرُ عنها بالعلاقةِ الآتيةِ:

$$m = \rho V$$

- حجمُ عمودِ السائلِ يُعبَّرُ عنهُ بالمعادلةِ الآتيةِ:

$$V = Ah$$

- بتعويضِ الحجمِ في معادلةِ الكتلةِ نتوصّلُ إلى أنَّ:

$$m = \rho Ah$$

- بتعويضِ الكتلةِ، فإنَّ وزنَ عمودِ السائلِ (F_g) يساوي:

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

- بناءً على معادلةِ تعريفِ الضغطِ، فإنَّ:

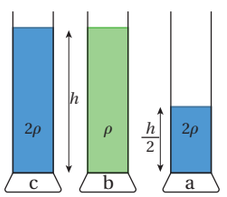
$$P = \frac{F}{A} = \frac{\rho\, Ah\, g}{A} = \rho\, hg$$

ممّا سبقَ، نتوصّلُ إلى أنَّ **ضغطَ المائعِ Fluid pressure** الساكنِ (P_{fluid}) عندَ نقطةٍ داخلَه وعلى عمقِ (h) تحتَ سطحِه يُحسبُ منَ العلاقةِ الآتيةِ:

$$P_{\text{fluid}} = \rho\, hg$$

حيثُ: (ρ) كثافةُ المائعِ، (g) تسارُعُ السقوطِ الحرِّ ومقدارُه $9.8\ \text{m/s}^2$ (تقريبًا $10\ \text{m/s}^2$).

أفكّرُ: يبيّنُ الشكلُ ثلاثةَ أوعيةٍ متماثلةٍ، معتمدًا على البياناتِ المُثبَتةِ على الشكلِ، أُرتّبُ ضغطَ السائلِ عند قاعدة كل من الأوعيةِ الثلاثةِ (a,b,c) منَ الأكبرِ ضغطًا إلى الأقلِّ.

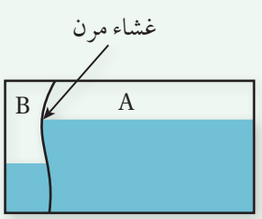


◄ التعزيز:

- أستخدمُ **الطاولة المستديرة**؛ بأن أوزّعُ الطلبة في مجموعات، ثم أكتب على اللّوح السؤال الآتي:

يُبيّنُ الشكل مخططًا لتجربة أستخدمُ فيها غشاءٌ مطاطيّ مرنٌ ثُبّت رأسيًا، بحيث يُقسم الوعاء إلى منطقتين. عند صبّ الماء في المنطقتين (A) و (B) للارتفاعات المبينة في الشكل؛ لوحظ أن الغشاء ينحني نحو المنطقة (B).

– **أصوغُ فرضيةً** مناسبة للتجربة.



– **أتوقع**: كيف يتغير شكل الغشاء عند صب المزيد من الماء في المنطقة (B) بحيث يصبح:

1. ارتفاع الماء متساويًا في المنطقتين.
2. ارتفاع الماء في المنطقة (B) أكبر منه في المنطقة (A).

- أطلبُ إلى أفراد كل مجموعة مناقشة السؤال، وأمنحُهم وقتًا كافيًا للإجابة. ثمّ أطلبُ إليهم عرض إجاباتهم، وأناقشُهم فيها؛ للتوصل إلى الإجابة الصحيحة:

– تتفاوت الإجابات، أتقبّلُ الإجابات التي تتضمن صياغة فرضيّة تشير إلى أن الضغط يزداد بزيادة ارتفاع الماء.

1. يتساوي الضغط على الجانبين؛ فيكون الغشاء رأسيًا.
2. ينحني الغشاء نحو المنطقة (A).

التجربة 1

العوامل التي يعتمد عليها ضغط المائع

الهدف: استقصاء العوامل التي يعتمد عليها ضغط المائع عند نقطة داخِلَهُ.

زمن التنفيذ: 20 دقيقة.

إرشادات السلامة: أوجّهُ الطلبة إلى استخدام المسمار بحذر، وتجنُّب سكب الماء على الأرض.

المهارات العلمية: الملاحظة، التحليل، الاستنتاج.

الإجراءات والتوجيهات:

- تسخين طرف المسمار (أو السكين) مدّةً وجيزة، ثم استخدامه مباشرة قبل أن يبرد.
- تحديد الارتفاعات التي سيجري إحداث الثقوب عندها بدقة، ومراعاة أن يكون اتّساع الثقوب متساويًا تقريبًا.

النتائج المُتوقَّعة:

من المُتوقّع ملاحظة الاختلاف في قوة اندفاع الماء من الثقوب التي أُحدِثت على ارتفاعات مختلفة، واندفاعها بالقوّة نفسها من الثقوب التي لها الارتفاع نفسه.

التحليل والاستنتاج

1. تقلُّ قوّة اندفاع الماء؛ بسبب تناقص ارتفاع الماء فوق الثقب، فيقلُّ ضغط الماء.
2. بسبب اختلاف ارتفاع الماء فوق الثقبين؛ فالضغط يتناسب طرديًّا مع ارتفاع الماء؛ لذا يكون ضغط الماء فوق الثقب السُفليّ أكبر.
3. الارتفاع: الثقوب الثلاثة عند المستوى الأفقيّ نفسه؛ فيكون الضغط عندها متساويًا؛ فيندفع الماء منها بالقوّة نفسها.
4. تكون قوّة اندفاع الزيت أقلّ من الماء؛ لأنّ كثافة الزيت أقلّ؛ فيولّدُ ضغطًا أقلّ من ضغط الماء(للارتفاع نفسه).

التجربةُ 1

العواملُ التي يعتمدُ عليها ضغطُ المائعِ

الموادُّ والأدواتُ: ثلاثُ قواريرَ بلاستيكيّةٍ متماثلةٍ، مسمارٌ، لاصقٌ، مسطرةٌ، قلمٌ، وعاءٌ بلاستيكيٌّ عميقٌ، مصدرُ حرارةٍ (لتسخينِ المسمارِ).

إرشاداتُ السلامةِ: أحذرُ عندَ استخدامِ المسمارِ، مُتجنِّبًا سَكْبَ الماءِ على الأرضِ.
(بعدَ الانتهاءِ منَ التجربةِ، أستخدمُ الماءَ لريِّ المزروعاتِ)

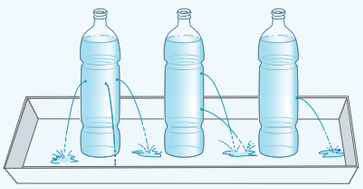
خطواتُ العملِ:

1- أُحدّدُ الارتفاعَ الذي سأثقبُ عندَهُ، وأستخدمُ المسمارَ الساخنَ في ثَقْبِ جوانبِ القواريرِ المشارِ إليها بالرموزِ: (أ، ب، جـ) كما في الشكلِ المجاورِ.

أ . ثقبٌ واحدٌ.

ب. ثقبانِ على ارتفاعينِ مختلفينِ.

جـ. ثلاثةُ ثقوبٍ عندَ المستوى الأفقيِّ نفسِه.



2- أُغطّي الثقوبَ بالشريطِ اللاصقِ.

3- **أُجرّبُ:** أضعُ القارورةَ (أ) في الوعاءِ وأملؤُها بالماءِ، ثمَّ أنزعُ الشريطَ اللاصقَ، وألاحظُ اندفاعَ الماءِ منَ الثقبِ مدّةً منَ الزمنِ، وأسجّلُ ملاحظاتي عن قوّةِ اندفاعِ الماءِ.

4- **أُجرّبُ:** أضعُ القارورةَ (ب) في الوعاءِ، وأكرّرُ الخطوةَ السابقةَ، وأسجّلُ ملاحظاتي عن قوّةِ اندفاعِ الماءِ منَ الثقبينِ، ثمَّ أكرّرُ التجربةَ باستخدامِ القارورةِ (جـ).

التحليلُ والاستنتاجُ:

1 . **أستنتجُ:** ماذا يحدثُ لقوّةِ اندفاعِ الماءِ منَ القارورةِ (أ) بمرورِ الزمنِ؟ وما تفسيرُ ذلكَ؟
2 . **أفسّرُ** سببَ اختلافِ قوّةِ اندفاعِ الماءِ منَ الثّقبينِ في القارورةِ (ب).
3 . **التفكيرُ الناقدُ:** ما العاملُ الذي ضُبطَ في التجربةِ التي استُخدِمتْ فيها القارورةُ (جـ)؟ وماذا أستنتجُ من هذهِ التجربةِ؟
4 . **أتوقّعُ:** لو استخدمتُ الزيتَ بدلًا منَ الماءِ، واستخدمتُ القواريرَ نفسَها، فهلْ يندفعُ الزيتُ بالقوّةِ نفسِها؟ ماذا أستنتجُ؟

استراتيجية التقويم: الملاحظة. **أداة التقويم:** قائمة الرصد.

الرقم	معيار الأداء	نعم	لا
1	تحديد أماكن الثقوب بدقة.		
2	الربط بين عمق الماء وقوة اندفاعه.		
3	تقديم دليل يُثبتُ أنّ ضغط الزيت أقلّ من ضغط الماء.		
4	الحرصُ على جمع الماء وإعادة استخدامه، بعد الانتهاء من التجربة.		

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أستخدمُ **التفكير الناقد**؛ بأن أوزّعُ الطلبة في مجموعات، وأطلبُ إليهم الاستعانة بالشكل (4) للإجابة عن الأسئلة الآتية:

– يكون ضغط الماء متساويًا عند النقطتين (A) و (B). ماذا نستنتج من ذلك؟

– هل تكون القوّة الناشئة عن ضغط الماء والمُؤثّرة في قاعدتي الوعائين متساويةً؟ أُقدّم دليلًا يدعم صحة إجابتي.

- أمنحُ أفراد المجموعات وقتًا كافيًا للإجابة، ثم أطلبُ إليهم عرض إجاباتهم.
- أناقشُ إجابات الطلبة وأتوصل معهم إلى الإجابة الصحيحة:

– لا يعتمد ضغط المائع على شكل الوعاء الذي يحتويه، أو على مساحة سطح المائع.

– تُحسب القوّة من العلاقة ($F = PA$)، فعند تساوي الضغط؛ فإنّ الوعاء الذي مساحة قاعدته أكبر يتأثر بقوة أكبر.

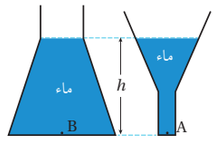
◄ بناء المفهوم:

الضغط الكُلّي

- أرسمُ وعاءً مفتوحًا يحتوي على ماء، وأُحدّد داخله نقطةً (a) على عمق (h) تحت سطح الماء.
- أوضّحُ للطلبة أنّ سطح السائل المفتوح يتأثّر بالضغط الجويّ ونرمز له بالرمز (P_0)؛ فيكون الضغط الكُلّي عند نقطة داخله مساويًا لمجموع الضغط الجويّ وضغط السائل.

✓ **أتحقّق**: يتناسب ضغط الماء طرديًّا مع كُلٍّ من عُمق النقطة، وكثافة السائل.

- أوجّهُ الطلبة إلى تصميم عرض تفاعُليٍّ يوضح العوامل التي يعتمد عليها ضغط المائع؛ باستخدام برنامج سكراتش. ثم أُحفزّهم إلى عرضه أمام زملائهم/ زميلاتهن في الصف.



الشكلُ (4): ارتفاعُ الماء في الوعاءينِ متساوٍ فيكونُ ضغطُ الماءِ متساويًا عندَ قاعدتيهما.

أصمّمُ باستخدامِ برنامجِ سكراتش (Scratch) عرضًا يوضحُ العواملَ التي يعتمدُ عليها ضغطُ المائعِ، ثمَّ أعرضُهُ على زملائي/ زميلاتي.

العواملُ التي يعتمدُ عليها ضغطُ المائعِ
Factors Affecting Fluid Pressure

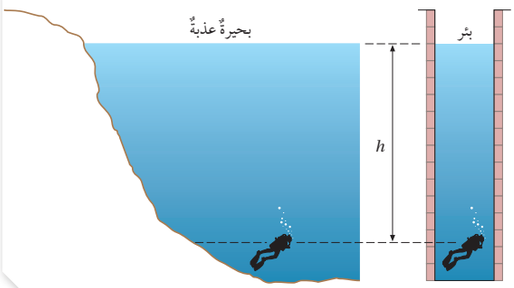
تشيرُ العلاقةُ ($P_{\text{fluid}} = \rho hg$) إلى أنَّ ضغطَ المائعِ عندَ نقطةٍ داخلَه يتناسبُ طرديًّا معَ كلٍّ من: عمقِ النقطةِ داخلَ المائعِ، وكثافةِ المائعِ، وتسارُعِ السقوطِ الحرِّ.

ويكونُ ضغطُ المائعِ متساويًا عندَ النقاطِ جميعِها التي تقعُ على العمقِ نفسِه من سطحِ المائعِ. ولا يعتمدُ ضغطُ المائعِ على شكلِ الوعاءِ الذي يحتويهِ، أو مساحةِ سطحِ المائعِ؛ فمثلًا، في الشكلِ (4)، يكونُ ضغطُ المائعِ عندَ النقطتينِ (A) و (B) متساويًا؛ لأنَّ ارتفاعَ الماءِ في الوعاءينِ متساوٍ. كذلكَ فإنَّ الغوّاصَ المُبيَّنَ في الشكلِ (5) يتأثّرُ بضغطِ الماءِ نفسِه في البحيرةِ أو في البئرِ، لأنَّهُ يسبحُ على العمقِ نفسِه.

ويجدرُ الانتباهُ إلى أنَّ الضغطَ الذي يُحسبُ بالعلاقةِ ($P_{\text{fluid}} = \rho hg$) هو ضغطُ المائعِ فقطْ، فالغوّاصُ المبيَّنُ في الشكلِ (5) يتأثّرُ أيضًا بالضغطِ الجويِّ، (سأتعرّفُ كيفيّةَ قياسِ الضغطِ الجويِّ في الدرسِ الثاني). وباستخدامِ الرمزِ (P_0) ليدلَّ على الضغطِ الجويِّ عندَ سطحِ المائعِ، فإنَّ الضغطَ الكليَّ عندَ نقطةٍ داخلَ مائعٍ متجانسٍ يُعبَّرُ عنهُ بالعلاقةِ الآتيةِ:

$$P = P_0 + \rho hg$$

✓ **أتحقّقُ**: ما العلاقةُ بينَ ضغطِ المائعِ عندَ نقطةٍ داخلَه وكلٍّ من: عمقِ النقطةِ، وكثافةِ المائعِ.



الشكلُ (5): يتأثرُ الغوّاصُ بضغطِ الماءِ نفسِه في الحالتينِ، لأنَّ كثافةَ الماءِ وارتفاعَه متساويانِ في الحالتينِ.

طريقة أُخرى للتدريس — ضبط المُتغيّرات في تجربة علمية

- أستخدمُ **التفكير الناقد**؛ فأوزّعُ الطلبة في مجموعات، وأطلبُ إليهم الإجابة عن الأسئلة الآتية:

يُبيّنُ الجدول بيانات تجريبيّة توضّح عمق الماء المندفع من ثقب صغير في قارورة (مُقاسًا من أسفل القارورة) والمسافة الأفقية التي يقطعها الماء المندفع من الثقب.

عمق الماء (cm)	4	8	12	16	20
المسافة الأفقية (cm)	3.0	11.2	15.6	18.2	20.2

أ . ما المُتغيّر المستقلّ والمُتغيّر التابع، والمُتغيّرات المضبوطة في التجربة؟

ب. أمثل البيانات بيانيا؛ العمق على محور (x)، والمسافة الأفقية على محور (y). أستخدمُ برمجية Excel.

- أمنحُ المجموعات وقتًا كافيًا للإجابة، ثم أطلبُ إليهم عرض النتائج التي توصلوا إليها أمام زملائهم/ زميلاتهن. (المُتغيّر المستقل: عمق الماء، المُتغيّر التابع: المسافة الأفقية، مُتغيّرات مضبوطة: ارتفاع الثقب، السائل المستخدم)

المثالُ 1

أحسبُ الضغطَ الكلّيَّ المؤثِّرَ في غوّاصٍ يسبحُ في بحيرةٍ على عمقِ:

أ. (20 m) ب. (40 m)

علمًا أنَّ: كثافةَ الماءِ ($1 \times 10^3 \text{kg/m}^3$)، والضغطَ الجويَّ ($1 \times 10^5 \text{ Pa}$)، وتسارُعَ السقوطِ الحرِّ (10 m/s^2).

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

المطلوبُ: $P_1 = ?,\ P_2 = ?$

الحلُّ:

لحسابِ الضغطِ الكلّيِّ داخلَ المائعِ أستخدمُ العلاقةَ:

$$P = P_0 + \rho hg$$

أ. الضغطُ الكلّيُّ على عمقِ (20 m):

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

ب. الضغطُ الكلّيُّ على عمقِ (40 m):

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

المثالُ 2

أنبوبٌ مملوءٌ بالزئبقِ، إذا كانَ مقدارُ ضغطِ الزئبقِ عندَ أسفلِ الأنبوبِ ($1.36 \times 10^5 \text{ Pa}$)، أحسبُ ارتفاعَه، علمًا أنَّ كثافةَ الزئبقِ ($13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$).

المُعطَيات: $\rho = 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3,\ P = 1.36 \times 10^5 \text{ Pa},\ g = 10 \text{ m/s}^2$

المطلوبُ: $h = ?$

الحلُّ:

بتطبيقِ العلاقةِ:

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

مثال إثرائي

وعاء مساحة سطحة (1 m^2)؛ مملوء بالماء، والنقطة (a) تقع تحت سطح الماء على عمق (3m). إذا علمتُ أن: كثافة الماء ($1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)، والضغط الجويّ ($1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$)، وتسارع السقوط الحر ($10 \text{m/s}^2$).

أ . أحسبُ الضغط الكُلّي عند النقطة (a).

ب. كم يكون الضغط الكُلّي عند النقطة (a) لو تضاعفت مساحة سطح الوعاء؟

جـ. كم يكون الضغط الكُلّي عند النقطة (a) لو تضاعفت كثافة السائل؟

الحلّ:

أ . يُحسب الضغط من العلاقة:

$$P = P_0 + \rho hg$$
$$P_a = 1.0 \times 10^5 + 1.0 \times 10^3 \times 3 \times 10$$
$$= 1.0 \times 10^5 + 0.3 \times 10^5$$
$$= 1.3 \times 10^5 \text{ Pa}$$

ب. الضغط عند نقطة لا يعتمد على مساحة السطح، أي أنّ:

$$P_a = 1.3 \times 10^5 \text{ Pa}$$

جـ. عند مضاعفة الكثافة يتضاعف ضغط السائل.

$$P_a = 1.0 \times 10^5 + 2.0 \times 10^3 \times 3 \times 10$$
$$= 1.0 \times 10^5 + 0.6 \times 10^5$$
$$= 1.6 \times 10^5 \text{ Pa}$$

مثال إثرائي

نافذةٌ دائرية لغوّاصة تستقرُّ على عمق (63.0m) تحت سطح البحر. نصف قطر النافذة (5.60 cm)، وكثافة ماء البحر (1025kg/m^3). أحسبُ مقدار القوّة المُؤثّرة في سطح النافذة الناتجة عن وزن الماء. (ملاحظة: قُطر النافذة مُهمل بالنسبة إلى عمق الغواصة)

الحلّ:

نحسب ضغط الماء باستخدام المعادلة:

$$P_{\text{fluid}} = \rho hg$$
$$= 1025 \times 63.0 \times 10$$
$$= 6.4 \times 10^5 \text{ Pa}$$

نحسبُ مساحة سطح النافذة :

$$A = \pi r^2$$
$$= 3.14 \times (5.60 \times 10^{-2})^2$$
$$= 9.85 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

ثم نحسبُ القوّة:

$$F = P_{\text{fluid}} A$$
$$= 6.4 \times 10^5 \times 9.85 \times 10^{-3}$$
$$= 6.3 \times 10^3 \text{ N}$$

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

***بناء الشخصية: المشاركة.**

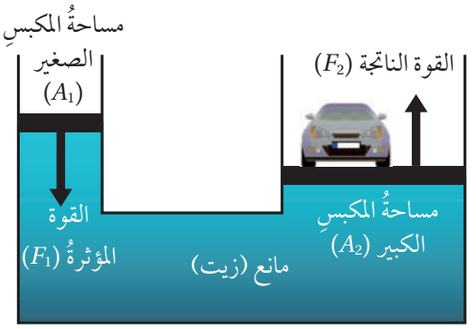
أخبرُ الطلبة أن المشاركة تمثّلُ إحدى مجالات بناء الشخصية، ثم ألفتُ انتباههم إلى أهمية المشاركة في الأنشطة، وحلّ الأمثلة، وأوراق العمل، والتعاون مع زملائهم/ زميلاتهن للوصول إلى إجابات صحيحة.

ورقة العمل (1)

أوزّعُ الطلبة في مجموعات، ثم أزوّدُ أفراد كل مجموعة بورقة العمل (1) الموجودة في الملحق، وأوجّهُهم إلى الحلّ، وأمنحُهم وقتًا كافيًا، ثم نناقش الحلّ معا.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّهُ الطلبة إلى تأمل الشكل (6)، والتعرُّف إلى أمثلة لروافع هيدروليكية تستخدم في الحياة.
- أستخدمُ **الطاولة المستديرة**؛ بأن أوزّعُ الطلبة في مجموعات، ثم أذكرهم بمبدأ باسكال، بكتابة نص المبدأ وعرضه أمامهم: «عند تعرُّض مائع محصور إلى ضغط خارجي؛ فإنّ هذا الضغط ينتقل إلى أجزاء المائع جميعها بالتساوي».
- أرسمُ مخططًا لرافعة هيدروليكية، كما في الشكل، وأوجّهُ أفراد المجموعات إلى تبادل الأفكار مع زملائهم/ زميلاتهن في المجموعة عمّا سبق وتعلّموه في الصف الثامن عن مبدأ عمل الرافعة الهيدروليكية.



- أمنحُ الطلبة وقتًا كافيًا للمناقشة، ثم أستمع لإجاباتهم، وأتوصل معهم إلى مبدأ عمل الرافعة:

عندَما تؤثرُ قوةٌ صغيرةٌ (F_1) في المكبسِ الصغيرِ ذي المساحةِ (A_1) يتولّدُ ضغطٌ إضافيٌّ ينتقلُ كلُّه إلى أجزاءِ السائلِ (الزيتِ) جميعِها، على أنْ يكونَ لكلِّ جزءٍ منْ أجزاءِ السائلِ قيمةُ الضغطُ نفسُها، ووفقًا لمبدأ باسكال؛ فإنّ هذا الضغطَ الإضافي سينتقلُ إلى المكبسِ الكبيرِ ذي المساحةِ (A_2) مولِّدًا قوةَ (F_2) تؤثرُ في المكبسِ فيرتفعُ إلى الأعلى

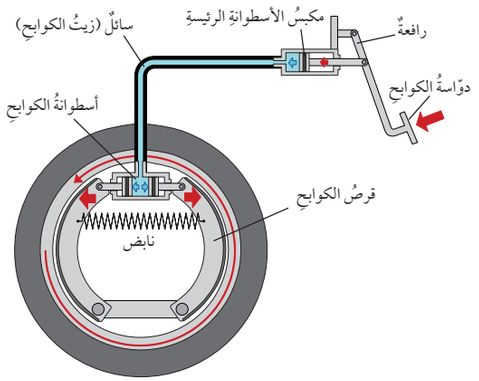
- أوجّهُ الطلبة إلى تأمُّل الشكل (7)، وملاحظة الأجزاء الرئيسة لنظام المكابح في السيارة.
- أطلبُ إليهم قراءة الفقرة الخاصة بنظام المكابح من الكتاب المدرسي وشرح مبدأ العمل بخطوات متسلسلة.

الشكلُ (6): الرافعةُ الهيدروليكيّةُ

الأنظمةُ الهيدروليكيّةُ Hydraulic Systems

تعلّمتُ سابقًا أنَّ السائلَ المحصورَ إذا تعرّضَ لضغطٍ خارجيٍّ، فإنَّ هذا الضغطَ ينتقلُ إلى أجزاءِ السائلِ جميعِها. وتُعدُّ الروافعُ الهيدروليكيّةُ تطبيقًا عمليًّا على هذهِ الفكرةِ، فهيَ أنظمةٌ تعتمدُ في عملِها على استخدامِ السوائلِ المحصورةِ لنقلِ الحركةِ. ويبيّنُ الشكلُ (6) أمثلةً على روافعَ هيدروليكيّةٍ، ويُعدُّ نظامُ الكوابحِ الموجودُ في السيارةِ أحدَ التطبيقاتِ الشائعةِ للأنظمةِ الهيدروليكيّةِ.

المخطّطُ في الشكلِ (7) يبيّنُ الأجزاءَ الرئيسةَ لنظامِ الكوابحِ في السيارةِ. فعندَما يضغطُ السائقُ بقدمِه على دوّاسةِ الكوابحِ، تدفعُ الرافعةُ المتصلةُ بالدوّاسةِ مِكبسَ الأسطوانةِ الرئيسةِ، فينتقلُ الضغطُ إلى أجزاءِ سائلِ الكوابحِ جميعِها الذي يملأُ الأسطوانةَ والأنابيبَ المتّصلةَ بها، ليصلَ إلى أسطوانةِ الكوابحِ، فيضغطُ مِكبسا الأسطوانةِ قرصَ الكوابحِ نحوَ الخارجِ باتّجاهينِ متعاكسينِ كما في الشكلِ، فينشأُ بينَ قرصَي الكوابحِ والإطارِ قوّةُ احتكاكٍ تؤدّي إلى إيقافِ السيارةِ.



الشكلُ (7): نظامُ الكوابحِ في إطارِ السيارةِ الخلفيِّ.

توظيف التكنولوجيا

أبحثُ في المواقع الألكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن الأنظمة الهيدروليكية، أو أُعدُّ عروضًا تقديمية تتعلّق بموضوع الدرس. أشاركُ الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو إنشاء مجموعة باستخدام أحد التطبيقات المناسبة، أو استخدام أي وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة ذوي الطلبة.

◄ التعزيز:

- أكتب النص الآتي على اللّوح ، وأطلبُ إلى الطلبة تحديد السبب والنتيجة: «عندما يضغط السائق بقدمه على دوّاسة المكابح، يندفع مكبس الاسطوانة المتّصلة بالدواسة؛ فينتقلُ الضغط إلى الزيت الذي يملأُ الاسطوانة».

السببُ: ضغطُ السائق على دواسة المكابح. النتيجةُ: اندفاع مكبس الاسطوانة وانتقال الضغط إلى الزيت الذي يملأ الاسطوانة.

مراجعةُ الدرسِ

1 . **الفكرةُ الرئيسةُ:** ما العواملُ التي يعتمدُ عليها ضغطُ المائعِ عندَ نقطةٍ داخلَه؟

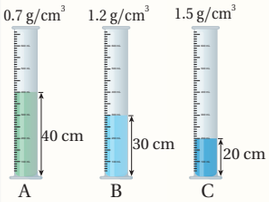
2 . **أستخدمُ الأرقامَ:** أحسُبُ الضغطَ الكليَّ المؤثّرَ في غوّاصٍ يسبحُ على عمقِ (8 m) تحتَ سطحِ ماءٍ:

أ . بحيرةٍ، حيثُ كثافةُ الماءِ ($1 \times 10^3\ kg/m^3$).

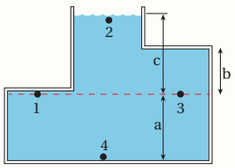
ب . البحرِ، حيثُ كثافةُ الماءِ ($1.03\ g/cm^3$).

(أفترضُ أنَّ $P_0 = 1 \times 10^5\ Pa$ ، $g = 10\ m/s^2$).

3 . **أستنتجُ:** يبيّنُ الشكلُ المجاورُ ثلاثةَ أنابيبَ (A, B, C) تحتوي على سوائلَ مختلفةٍ. معتمدًا على البياناتِ المُثبَتةِ على الشكلِ، في أيِّ الأنابيبِ الثلاثةِ يكونُ ضغطُ السائلِ عندَ قاعدةِ الإناءِ الأكبرَ مقدارًا؟



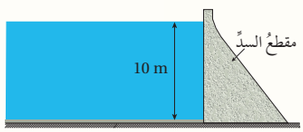
4 . **أستنتجُ:** يبيّنُ الشكلُ المجاورُ أربعَ نقاطٍ داخلَ وعاءٍ مملوءٍ بالماءِ. معتمدًا على الشكلِ أُجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:



أ . أيُّ الارتفاعاتِ الرأسيّةِ المشارِ إليها بالرموزِ (a, b, c) يلزمُني لحسابِ ضغطِ الماءِ عندَ النقطةِ (3)؟ أفسّرُ إجابتي.

ب . أرتّبُ النقاطَ: (1, 2, 3, 4) وفقًا لقيمِ الضغطِ عندَها منَ الأكبرِ مقدارًا إلى الأقلِّ.

5 . **التفكيرُ الناقدُ:** السدُّ هو جدارٌ رأسيٌّ يحجزُ الماءَ خلفَهُ، ويبيّنُ الشكلُ المجاورُ سدًّا ارتفاعُ الماءِ فيهِ (10 m). معتمدًا على البياناتِ المُثبَتةِ على الشكلِ، أُجيبُ عمَّا يأتي: (كثافةُ الماءِ = $1 \times 10^3\ kg/m^3$)



أ . **أستخدمُ الأرقامَ:** أحسبُ ضغطَ الماءِ على عمقِ (5 m) تحتَ سطحِ الماءِ.

ب . **أستخدمُ الأرقامَ:** أحسبُ ضغطَ الماءِ على عمقِ (10 m) تحتَ سطحِ الماءِ.

جـ . **أفسّرُ** معتمدًا على إجابتي على الفرعينِ السابقينِ، لماذا يكونُ سُمكُ قاعدةِ السدِّ أكبرَ من سُمكِ جزئِه العُلويِّ؟

3 التقويم

إجابات أسئلة مراجعة الدرس

1 العُمق وكثافةُ المائع وتسارُع السقوط الحرّ.

2 أ . أحسبُ الضغط من العلاقة

$$P = P_0 + \rho hg$$

$$P = 1 \times 10^5 + 1 \times 10^3 \times 8 \times 10$$

$$= 1 \times 10^5 + 0.8 \times 10^5$$

$$= 1.8 \times 10^5\ Pa$$

ب. لتحويل الكثافة من (g/cm^3) إلى (kg/m^3):

$$\rho = 1.03\ \frac{g}{cm^3} \times \frac{1\ kg}{1000\ g} \times \frac{1\ cm^3}{10^{-6}\ m^3}$$

$$= 1.03 \times 10^3\ kg/m^3$$

ثم أحسبُ الضغط من العلاقة:

$$P = P_0 + \rho hg$$

$$= 1 \times 10^5 + 1.03 \times 10^3 \times 8 \times 10$$

$$= 1 \times 10^5 + 8.24 \times 10^4$$

$$= 1 \times 10^5 + 0.824 \times 10^5$$

$$= 1.824 \times 10^5\ Pa$$

3 نجد ضغط السوائل الثلاثة بدلالة (g):

$$P = \rho hg$$

$$P_A = 700 \times 0.40 \times g = 280g$$

$$P_B = 1200 \times 0.30 \times g = 360g$$

$$P_C = 1500 \times 0.20 \times g = 300g$$

يكون ضغط السائل الأكبر مقدارا للوعاء B.

4 أ . الارتفاع (C) لأن ضغط السائل عند نقطة يعتمد على ارتفاع السائل فوق النقطة.

ب. $P_4 > P_3 = P_1 > P_2$.

5 أ . $P = 1 \times 10^3 \times 5 \times 10 = 5 \times 10^4\ Pa$

ب. $P = 1 \times 10^3 \times 10 \times 10 = 1 \times 10^5\ Pa$

جـ. يولّد الضغط قوّة تؤثّر عموديًّا في جدار السدّ، وبما أن ضغط الماء يزداد بزيادة العمق؛ فإنّ القوى المُؤثّرة في الجدار تزداد بزيادة العُمق، فتُبنى القاعدة بسُمْكٍ عَريض كي تتحمّل ضغط الماء الكبير.

الدرس 2

قياس الضغط
Pressure Measurement

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- أوضّحُ للطلبة أنّهم سيتعرّفون في هذا الدرس كيفية قياس الضغط عمليًّا.
- أوضّحُ للطلبة أن البارومتر والمانومتر هما جهازان يستخدمان لقياس ضغط المائع، وأنّ موضوع هذا الدرس عن كيفية استخدام هذين الجهازين لقياس ضغط المائع.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- أستعرضُ مع الطلبة أهم المفاهيم والعلاقات الرياضية التي تعلّموها في الدرس الأول من هذه الوَحدة: تعريفُ الضغط، حسابُ ضغط المائع الساكن عند نقطة داخل سائل، وحسابُ الضغط الكُلّي عند نقطة. (مجموع الضغط الجويّ و ضغط السائل).
- أُذكّرُ الطلبة بتعريف الضغط الجويّ.

2 التدريس

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّهُ الطلبة إلى تأمل الشكل (8)، ثم أسألُهم:

– أيهما أكبرُ؛ ارتفاع عمود الهواء فوق الجبل أم فوق سطح البحر؟ ارتفاع عمود الهواء فوق سطح البحر أكبر من ارتفاع عمود الهواء فوق الجبل.

– ما العلاقة بين ارتفاع عمود الهواء والضغط الجويّ؟ كلما زاد ارتفاع عمود الهواء زاد الضغط.

– لماذا يزداد ضغط الهواء بزيادة ارتفاع عمود الهواء؟ ينشأ الضغط الجويّ من وزن عمود الهواء المُؤثّر في وحدة المساحة، وبزيادة طول عمود الهواء المُؤثّر في وحدة المساحة، يزداد وزنه فيزدادُ الضغط.

✓ **أتحقّق:** يقلُّ الضغط الجويّ بزيادة الارتفاع عن سطح الأرض.

الفكرةُ الرئيسةُ:
يُقاسُ ضغطُ الموائعِ باستخدامِ أجهزةٍ مختلفةٍ، منها البارومترُ والمانومترُ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:
- أتعرّفُ أجهزةَ قياسِ الضغطِ، والضغطِ الجويِّ (البارومتر، المانومتر).
- أصمّمُ جهازًا لقياسِ الضغطِ الجويِّ.

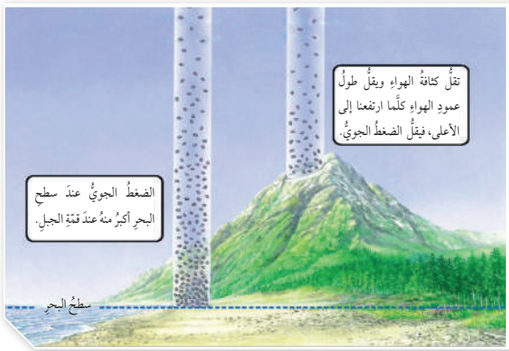
المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
البارومترُ الزئبقيُّ Mercury Barometer
البارومترُ الفلزّيُّ Aneroid Barometer
المانومتر Manometer

الضغطُ الجويُّ Atmospheric Pressure

درستُ سابقًا أنَّ الأرضَ مُحاطةٌ بغلافٍ منَ الغازاتِ يُسمَّى الغلافَ الجويَّ، ويؤثّرُ هذا الغلافُ بضغطٍ في الأجسامِ الموجودةِ على سطحِ الأرضِ، يُعرفُ بالضغطِ الجويِّ؛ وهو وزنُ عمودِ الهواءِ المؤثّرِ في وحدةِ المِساحةِ عندَ منطقةٍ ما على سطحِ الأرضِ.

يتأثّرُ الضغطُ الجويُّ بعواملَ عدّةٍ منها درجةُ الحرارةِ، والارتفاعُ عن مستوى سطحِ البحرِ؛ فكلَّما قلَّ طولُ عمودِ الهواءِ فوقَ سطحِ البحرِ، فإنَّ وزنَ عمودِ الهواءِ المؤثّرِ في وحدةِ المِساحةِ يقلُّ، فيكونُ الضغطُ الجويُّ مُنخفضًا. في حينِ يكونُ الضغطُ الجويُّ مرتفعًا في الأماكنِ المنخفضةِ؛ نتيجةَ ازديادِ وزنِ عمودِ الهواءِ المؤثّرِ في وحدةِ المِساحةِ. أتأمّلُ الشكلَ (8).

✓ **أتحقّقُ:** كيفَ يتغيّرُ الضغطُ الجويُّ بزيادةِ الارتفاعِ عنْ سطحِ الأرضِ؟



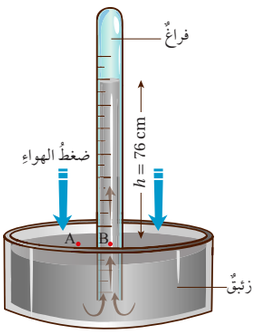
الشكلُ (8): فوقَ أيِّ بقعةٍ على سطحِ الأرضِ، يوجدُ عمودٌ من الهواءِ يمتدُّ منْ سطحِ الأرضِ إلى الغلافِ الجويِّ.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

تتسبّبُ التغيُّرات اليومية والموسمية في درجات الحرارة في تمدُّد الهواء أو تقلُّصه وتغيُّر الضغط؛ أي أنّه من المهم أن نتذكر أن الضغط الجويّ ليس ثابتًا، بل يتغير بتغيُّر الظروف الجويّة.

نشاط سريع

- أعرضُ أمام الطلبة نماذج لأجهزة مختلفة لقياس الضغط، وأوضّحُ لهم الغرض من استخدام كُلٍّ منها. يمكن عرض أنموذج لجهاز المانومتر أو البارومتر في حال توافرها في مختبر المدرسة.



الشكلُ (9): قياسُ الضغطِ الجويِّ عندَ سطحِ البحرِ باستخدامِ بارومترَ زئبقيٍّ.

قياسُ الضغطِ الجويِّ Measuring Atmospheric Pressure

يُقاسُ الضغطُ الجويُّ بأجهزةٍ متنوّعةٍ، منها البارومترُ الزئبقيُّ والبارومترُ الفلزيُّ.

البارومترُ الزئبقيُّ Mercury Barometer

الشكلُ (9) يبيّنُ جهازًا بسيطًا اخترعَه العالمُ تورشيللي عامَ 1643 يُسمّى **البارومترَ الزئبقيَّ Mercury barometer**، ويتكوّنُ من أنبوبٍ يحتوي على زئبقٍ يوضعُ مقلوبًا في وعاءٍ مملوءٍ بالزئبقِ، على ألّا يُسمحَ بتسرُّبِ الهواءِ إلى الأنبوبِ.

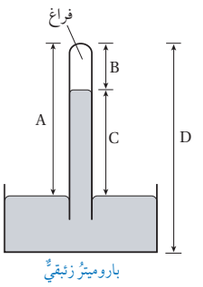
يضغطُ الهواءُ على سطحِ الزئبقِ في الوعاءِ، فيرتفعُ الزئبقُ داخلَ الأنبوبِ. عندَ مستوى سطحِ البحرِ، وعندَ درجةِ حرارةِ (15 °C) فإنَّ طولَ عمودِ الزئبقِ في الأنبوبِ يستقرُّ عندَ (76 cm) بالنسبةِ إلى سطحِ الزئبقِ في الوعاءِ، وهنا يكونُ ضغطُ عمودِ الزئبقِ في الأنبوبِ مساويًا للضغطِ الجويِّ. ونظرًا إلى أنَّ الزئبقَ في حالةِ اتّزانٍ سكونيٍّ، والنقطتينِ (A) و (B) تقعانِ على المستوى الأفقي نفسِه، فإنَّ:

$$P_A = P_B$$

$$P_0 = P_{fluid}$$

$$P_0 = \rho\, hg$$

✓ **أتحقّقُ:** أيُّ الارتفاعاتِ المُبيّنةِ على الشكلِ تُستخدمُ في حسابِ الضغطِ الجويِّ؟



بارومترُ زئبقيٌّ

أفكّرُ: لماذا يُزوَّدُ متسلّقو الجبالِ بأسطواناتٍ تحتوي على أكسجينٍ مضغوطٍ؟

✓ **أتحقّقُ:** الارتفاعُ (C).

معلومةٌ إضافيةٌ

العالمُ توريشيلي (1608–1647) هو أولُ فيزيائيٍّ أدركَ أنَّ الهواءَ له وزنٌ، وأنَّ الضغطَ الذي يُسبّبُهُ الهواءُ يمكنُ قياسُه عن طريقِ قياسِ ارتفاعِ عمودِ السائلِ الذي يتّزنُ مع ضغطِ الهواءِ.

أفكّرُ: لمساعدتِهم على التنفّسِ؛ وذلك بسببِ انخفاضِ الضغطِ الجويِّ في المناطقِ المرتفعةِ، ممّا يؤدي إلى انخفاضِ نسبةِ الأكسجينِ.

◄ استخدامُ الصورِ والأشكالِ:

- أوجّهُ الطلبةَ إلى تأملِ الشكلِ (9)، ثمّ أسألُهم:

– ممّ يتكونُ البارومترُ الزئبقيُّ؟ يتكوّنُ من أنبوبٍ يحتوي على زئبقٍ يُوضعُ مقلوبًا في وعاءٍ مملوءٍ بالزئبقِ، على أنْ لا يتسرّبَ الهواءُ إلى الأنبوبِ.

– ما مقدارُ الضغطِ فوقَ النقطةِ (A)؟ الضغطُ فوقَ (A) يُساوي الضغطَ الجويَّ.

– ما الذي يجعلُ الزئبقَ يرتفعُ في الأنبوبِ؟ يضغطُ الهواءُ على سطحِ الزئبقِ في الوعاءِ؛ فيرتفعُ الزئبقُ داخلَ الأنبوبِ.

– ما الذي يحددُ ارتفاعَ عمودِ الزئبقِ فوقَ النقطةِ (B) داخلَ الأنبوبِ؟ مقدارُ الضغطِ الجويِّ. حيثُ يؤدي ضغطُ الهواءِ إلى رفعِ عمودٍ من الزئبقِ يولّدُ ضغطًا مساويًا لضغطِ الهواءِ.

- أوضّحُ للطلبةِ أنّ طولَ عمودِ الزئبقِ في الأنبوبِ يتغيّرُ بتغيُّرِ الضغطِ الجويِّ في المنطقةِ التي يستخدمُ فيها البارومترُ؛ فعندَ سطحِ البحرِ يستقرُّ عمودُ الزئبقِ عندَ (76 cm).

- أوضّحُ للطلبةِ كيفيةَ حسابِ الضغطِ الجويِّ عن طريقِ مساواةِ الضغطِ عندَ النقطتينِ (A) و (B)، ثمّ أبيّنُ لهم كيفيّةَ حسابِ الضغطِ الجويِّ عندَ سطحِ البحرِ.

◄ بناءُ المفهومِ:

البارومترُ الزئبقيُّ

- أوجّهُ الطلبةَ إلى الاطّلاعِ على مَسردِ المُصطلحاتِ في نهايةِ كتابِ الطالبِ، ثمّ قراءةِ تعريفِ البارومترِ الزئبقيِّ.
- أوضّحُ للطلبةِ النقاطَ الرئيسةَ الآتيةَ:

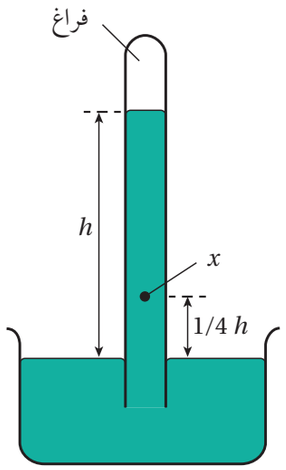
– ارتفاعُ الزئبقِ في الأنبوبِ لا يعتمدُ على شكلِ الأنبوبِ أو حجمِه.

– عندَ إمالةِ الأنبوبِ؛ فإنّ الارتفاعَ الرأسيَّ للزئبقِ لا يتغيّرُ.

– الحيّزُ فوقَ مستوى الزئبقِ في الأنبوبِ يكونُ عمليًّا مُفرغًا من الهواءِ، معَ وجودِ كميّةٍ ضئيلةٍ فقطْ من بخارِ الزئبقِ، تُولّدُ ضغطًا ضئيلًا يمكنُ إهمالُه.

مثال إضافي

في الشكل أدناه يكون ارتفاع عمود الزئبق (h)، عندما يكون الضغط الجويّ (1.0×10^5 Pa). أحسبُ الضغط عند النقطة (x) بوحدة الباسكال.



الحلّ:

الضغطُ الجويّ يكافئُ ضغط عمودٍ من الزئبق طولُه (h):

$$P_{atm} = h \text{ cm Hg} = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$$

لحساب الضغط عند النقطة (x)؛ نجد ارتفاع الزئبق فوق النقطة:

$$h_x = h - \frac{1}{4}h = \frac{3}{4}h$$

فيكون الضغط عند النقطة (x):

$$P_x = \frac{3}{4}h \text{ cm Hg}$$

$$= \frac{3}{4} \times 1.0 \times 10^5$$

$$= 7.5 \times 10^4 \text{ Pa}$$

المناقشة:

- أوضّحُ للطلبة أنّه يمكن قياس الضغط بوحدات مختلفة. وأبيّنُ لهم العلاقة بين هذه الوحدات، ثم أسألُهم:

– إذا كان الضغط الجويّ في منطقة ما (35 kPa)؛ فكم يُساوي بوحدة الضغط الجويّ (atm)؟

- أمنحُهم وقتًا كافيًا للإجابة، ثم أناقشُهم للتوصل إلى الإجابة الصحيحة.

$$P = 35 \times 10^3 \text{ Pa} \times \frac{1 \text{atm}}{1 \times 10^5 \text{ Pa}}$$

$$= 0.35 \text{ atm}$$

الربطُ بالحياةِ

- أستخدمُ **أُفكّرُ، أنتقي زميلا/ زميلة، أشارك.**
- أطلبُ إلى الطلبة أن يقرأوا النص الوارد في «الربط بالحياة»، والإجابة عن الأسئلة الآتية:

– لماذا لا نشعر في الوضع الاعتيادي بضغط الهواء على الأذنين؟

– لماذا نشعر بعدم ارتياح عند وصولنا إلى البحر الميت؟

– كيف يتغلّب الجسمُ على هذا الشعور بعد ذلك؟

– لماذا يُنصح الناس بمضغ العلكة عند اقتراب وصولهم إلى منطقة البحر الميت؟

- أطلبُ إلى الطلبة أن يجيب كُلٌّ منهم على السؤال بشكل فرديّ، ثم يدوّن إجابته في ورقة مستقلّة (دفتر).
- أمنحُ الطلبة الوقت الكافي للإجابة عن السؤال، ثمّ أطلبُ إليهم مشاركة إجاباتهم مع الزملاء/ الزميلات في الصف، ثمّ أُنظّمُ نقاشًا يتشارك فيه طلبة الصف إجاباتهم.

الربطُ بالحياةِ

عندَما نذهبُ إلى منطقةِ البحرِ الميتِ نشعرُ بعدمِ ارتياحٍ في الأذنينِ، ففي الوضعِ العاديِّ يكونُ الضغطُ داخلَ الأذنِ مساويًا للضغطِ خارجَها، ونظرًا إلى أنَّ البحرَ الميتَ منطقةٌ منخفضةٌ تحتَ مستوى سطحِ البحرِ، فإنَّ الضغطَ خارجَ الأذنِ يزدادُ عنِ الضغطِ داخلَها، ما يؤدّي إلى الشعورِ بعدمِ الارتياحِ بوصفِه استجابةً منَ الجسمِ لفرقِ الضغطِ. ويختفي هذا الشعورُ عندَما تفتحُ قناةُ استاكيوس، فتُعادِلُ الضغطَ منْ جديدٍ. ويمكنُ تسريعُ هذهِ العمليةِ بالتثاؤبِ أوِ ابتلاعِ الريقِ، أوْ مضغِ العلكةِ.

وبتعويضِ تسارُعِ السقوطِ الحرِّ ($g = 9.8$ m/s^2)، وكثافةِ الزئبقِ ($\rho = 13.6 \times 10^3$ kg/m^3)، وارتفاعِ عمودِ الزئبقِ (76.0×10^{-2} m)، نحسبُ مقدارَ الضغطِ الجويِّ عندَ مستوى سطحِ البحرِ:

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

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

عادةً، يُتّخذُ الضغطُ الجويُّ عندَ مستوى سطحِ البحرِ مرجعًا؛ ومقدارُه (1.013×10^5 Pa) يمثّلُ ضغطًا جويًّا واحدًا (1 atm)، حيثُ:

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

فمثلًا، عندَ قمّةِ جبلِ إفرست ينخفضُ الضغطُ الجويُّ إلى (33 kPa)، ويعادلُ (0.3 atm) تقريبًا، أيْ (0.3) منْ مقدارِ الضغطِ الجويِّ عندَ مستوى سطحِ البحرِ.

ويمكنُ أيضًا التعبيرُ عنِ الضغطِ بوحدةِ السنتيمتر زئبق (cmHg)، فالضغطُ الجويُّ عندَ مستوى سطحِ البحرِ يساوي (76 cmHg).

المثالُ 3

استُخدِمَ بارومترٌ زئبقيٌّ لقياسِ الضغطِ الجويِّ في منطقةٍ ما، فكانَ ارتفاعُ عمودِ الزئبقِ (730 mm)، أحسبُ الضغطَ الجويَّ في تلكَ المنطقةِ، بوحدتَي (Pa) و (cmHg). (مفترضًا تسارعَ السقوطِ الحرِّ 10 m/s^2).

المُعطَياتُ: $h = 730$ mm, $\rho = 13.6 \times 10^3$ kg/m^3, $g = 10$ m/s^2.

المطلوبُ: $P_0 = ?$.

الحلُّ:

لحسابِ الضغطِ الجويِّ بوحدةِ الباسكالِ أستخدمُ العلاقةَ الآتيةَ:

$$P_0 = \rho hg$$

$$= 13.6 \times 10^3 \times 730 \times 10^{-3} \times 10 = 99280 \approx 9.93 \times 10^4 \text{ Pa}$$

أمّا الضغطُ الجويُّ بوحدةِ (cmHg) فيساوي ارتفاعَ عمودِ الزئبقِ بوحدةِ (cm):

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

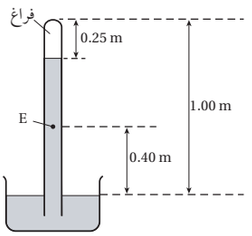
المثالُ 4

استُخدِمَ البارومترُ الزئبقيُّ المُبيَّنُ في الشكلِ المجاورِ لقياسِ الضغطِ الجويِّ في مِنطقةٍ ما على سطحِ الأرضِ. معتمِدًا على البياناتِ المثبتةِ على الشكلِ، أجيبُ عمّا يأتي:

أ . أحسُبُ الضغطَ الجويَّ في تلكَ المِنطقةِ.

ب. أحسبُ الضغطَ عندَ النقطةِ (E).

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



المُعطياتُ: $\rho = 13.6 \times 10^3\ \text{kg/m}^3$ ، $g = 10\ \text{m/s}^2$ ، الارتفاعاتُ المثبتةُ على الشكلِ.

المطلوبُ: $P_0 = ?$ ، $P_E = ?$.

الحلُّ:

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

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

ثمَّ أحسبُ الضغطَ باستخدامِ العلاقةِ الآتيةِ:

$P_0 = \rho\, hg$

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

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

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

ثمَّ أحسبُ الضغطَ منَ العلاقةِ الآتيةِ:

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

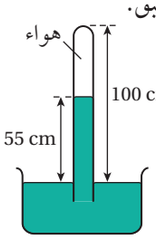
جـ. عندَ قمّةِ الجبلِ يقلُّ مقدارُ الضغطِ الجويِّ؛ لذا يكونُ طولُ عمودِ الزئبقِ أقلَّ.

تذكير

أستخدمُ الأرقامَ: أحسبُ طولَ عمودِ الزئبقِ في أنبوبِ بارومترٍ، استُخدِمَ في مِنطقةِ البحرِ الميتِ لقياسِ الضغطِ الجويِّ، إذا كانَ الضغطُ الجويُّ في تلكَ المِنطقةِ (108.8 kPa).

مثال إضافي

بارومتر زئبقيّ طولُ أنبوبه (100 cm). عند استخدامه لقياس الضغط الجويّ تسرّبت كميّة من الهواء إلى الأنبوب، كما يُبيّنُ الشكل المجاور؛ فوصل ارتفاع الزئبق في الأنبوب إلى (55 cm). إذا علمتُ أن الضغط الجويّ في المنطقة التي أستخدمُ فيها البارومتر $(1 \times 10^5\ \text{Pa})$.أحسبُ ضغط الهواء فوق سطح الزئبق.



الحلّ:

نحسبُ ضغط عمود الزئبق من العلاقة:

$P = \rho hg$

$= 13.6 \times 10^3 \times 55 \times 10^{-2} \times 10$

$= 0.748 \times 10^5\ \text{Pa}$

نحسبُ ضغط الهواء:

$P_{air} = P_{atm} - P$

$= 1 \times 10^5 - 0.748 \times 10^5$

$= 0.252 \times 10^5 = 2.52 \times 10^4\ \text{Pa}$

تذكير

$P = \rho hg$

$108.8 \times 10^3 = 13.6 \times 10^3 \times h \times 10$

$h = \dfrac{108.8}{136} = 0.8\text{m}$

نشاط سريع

- أستخدمُ **حلّ المشكلات**، فأوزّعُ الطلبة في مجموعات ثنائية، وأنظّمُ حصّة في مختبر الحاسوب؛ فيتمكّن الطلبة من الرجوع إلى مصادر المعرفة الموثوقة عبر الإنترنت.
- أطلبُ إلى الطلبة الذين يمارسون رياضة السباحة أن يصفوا لزملائهم الضغط على الأُذنَين الذي يشعرون به عند السباحة تحت سطح الماء.
- أوجّهُ إلى الطلبة الأسئلة الآتية:

– كيف يمكن حساب القوّة التي يؤثر بها ضغط الماء على الأذن؟ ما الكميّات الفيزيائيّة التي يلزم معرفتها؟

– كيف يتعامل الجسم مع هذا الضغط الواقع على الأُذنَين؟

- أمنحُ الطلبة وقتًا كافيًا للبحث عن الإجابة، ثم أُنظّمُ نقاشًا يعرض فيه الطلبة إجاباتهم.

عادةً يكون مقدارُ الضغط داخل الأذن الوسطى مساويًا للضغط الجويّ، وعند السباحة تحت سطح الماء تتعرّضُ الأُذن إلى ضغط إضافيّ يُساوي ضغط الماء، ولحساب القوّة المُؤثّرة في الأذن؛ يلزمُنا معرفة مساحة سطح طبلة الأذن $(A = 1\ \text{cm}^2)$ تقريبًا، وحساب ضغط الماء عند العمق الذي نسبحُ فيه، مثلًا $(h = 5\ \text{m})$:

$P = \rho hg = 1 \times 10^3 \times 5 \times 10 = 5 \times 10^4\ \text{Pa}$

فيكونُ مقدار القوّة المُؤثّرة في طبلة الأُذن:

$F = PA = 5 \times 10^4 \times 1 \times 10^{-4} \approx 5\text{N}$

يمارسُ الغواصون أثناء وجودهم تحت سطح الماء حركةً تعملُ على دفع الهواء من الرئتين إلى الأذن الوسطى؛ فيؤدي ذلك إلى مُعادلة الضغط على جانبيّ طبلة الأذن ويُخفّف من الانزعاج أثناء وجودهم تحت الماء.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّهُ الطلبة إلى تأمل الشكلين (10) و (11). وأعرض أمامهم أُنموذجًا لبارومتر في حال توافر ذلك. ثم أطرح الاسئلة الآتية:

– ما المقصود بالبارومتر الفلزيّ؟ جهازٌ لقياس الضغط لا تُستخدم فيه السوائل.

– ما ميزات استخدامه بدلًا من البارومتر الزئبقيّ؟ سُهولة استخدامه، صغر حجمه.

– ما الأجزاء الرئيسة للبارومتر الفلزيّ؟ غرفة فلزيّة مرنة، نابض، مؤشر، تدريج.

– ما الجزء الذي يتأثر بتغير الضغط الجويّ؟ السطح العلوي للغرفة الفلزيّة المرنة.

– ما أثرُ زيادة الضغط الجويّ أو نقصانه على السطح العلوي للغرفة؟ عندما يزداد الضغط ينخفض السطح العلوي إلى الأسفل، وعندما يقلُّ الضغط يرتفع السطح العلويّ إلى الأعلى.

– ما أهمية النابض؟ يسمح النابض للغرفة بالتمدُّد والتقلُّص.

– كيف يقرأ المؤشّر مقدار الضغط؟ تنتقل حركة الغرفة إلى مؤشر البارومتر عن طريق رافعة ميكانيكيّة؛ فيدور المؤشّر ويقرأ مقدار الضغط.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

يُقاس الضغط بوحدات مختلفة منها:

الباسكال (N/m^2): وحدة قياس الضغط في النظام الدولي للوحدات ويرمز لها بالرمز (Pa). وعند قياس قيم ضغط عالية يُمكن التعبير عنها بالكيلوباسكال (kPa).

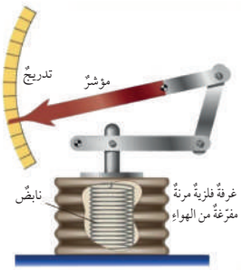
$1kPa=1000Pa$

البار (bar): من استخداماتها الشائعة التعبير عن الضغط في إطارات السيارات.

$1bar = 100\ kPa$

✓ **أتحقّق:** يتكون البارومتر الفلزيّ من غُرفة فلزيّة مرنة مُفرغة من الهواء، ويعمل البارومتر بالاعتماد على فرق الضغط بين داخل الغرفة الفلزيّة وخارجها؛ فيرتفع سطحُها العلويّ أو ينخفض تبعًا لذلك، وتنتقل حركة الغرفة إلى مؤشّر يدور بما يتناسب مع ضغط الهواء المُراد قياسه، فيقرأ مقدار الضغط الجويّ.

الشكلُ (10): البارومترُ الفلزّيُّ.



الشكلُ (11): أجزاءُ البارومترِ الفلزيِّ.

البارومترُ الفلزيُّ Aneroid Barometer

يبيّنُ الشكلُ (10) **بارومترَ فلزيًّا** يُستخدمُ في قياسِ الضغطِ الجويِّ، ويُسمَّى **Aneroid barometer** أيْ بارومترَ لا يُستخدمُ فيهِ الزئبقُ أو أيُّ سائلٍ آخرَ. ويُستخدمُ هذا النوعُ منَ الأجهزةِ على نطاقٍ واسعٍ بدلًا منَ البارومترِ الزئبقيِّ؛ لصغرِ حجمِه، وسهولةِ نقلِه وحملِه.

يحتوي البارومترُ على غرفةٍ فلزّيةٍ مرنةٍ ومُفرَّغةٍ منَ الهواءِ تقريبًا، ومُثبَّتٍ داخلَها نابضٌ، على نحوِ ما يبيّنُ الشكلُ (11). يسمحُ النابضُ للغرفةِ بالتمدُّدِ والتقلّصِ بما يتناسبُ معَ ضغطِ الهواءِ المحيطِ بها؛ فإذا زادَ ضغطُ الهواءِ انخفضَ السطحُ العلويُّ للغرفةِ إلى الأسفلِ، وإذا قلَّ ضغطُ الهواءِ ارتفعَ سطحُ الغرفةِ إلى الأعلى.

تنتقلُ حركةُ الغرفةِ إلى مؤشّرِ البارومترِ عن طريقِ رافعةٍ ميكانيكيّةٍ، فيدورُ المؤشّرُ بما يتناسبُ معَ ضغطِ الهواءِ المرادِ قياسُه. ويقرأُ البارومترُ مقدارَ هذا الضغطِ عنْ طريقِ الرقمِ الظاهرِ على التدريجِ الدائريِّ المقابلِ للمؤشّرِ.

✓ **أتحقّقُ:** ما الفكرةُ الرئيسةُ التي يعتمدُ عليها مبدأُ عملِ البارومترِ الفلزيِّ؟

أبحثُ:
يُقاسُ الضغطُ الجويُّ بوحداتٍ مختلفةٍ، منها المليبارُ والهكتوبارُ والمليمترزئبق. أبحثُ عنِ الوحداتِ المختلفةِ لقياسِ الضغطِ الجويِّ وكيفيّةِ التحويلِ بينَها. مُبيّنًا الوحداتِ المستخدَمةَ في أجهزةِ قياسِ الضغطِ للتعبيرِ عنِ الضغطِ الجويِّ.

أبحثُ:

- أوجّهُ الطلبة إلى البحث عن وحدات استخدام الضغط المختلفة، وإعداد جدول يتضمّن كيفية التحويل من وحدة إلى أُخرى.
- أطلبُ إلى الطلبة عرض ما توصلوا إليه أمام طلبة الصف. وأطرحُ أمثلةً توضّح كيفية التحويل من وحدة إلى أُخرى.

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الألكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن أنواع البارومترات. أشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو إنشاء مجموعة باستخدام أحد التطبيقات المناسبة، أو استخدام أي وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة ذوي الطلبة.

التجربة 1

أصنع أنموذج بارومتر.

الهدف: تصميم جهاز لقياس الضغط الجويّ

زمن التنفيذ: 30 دقيقة.

إرشادات السلامة: أوجّهُ الطلبة أن لا يضعوا البارومتر في مكان يكون فيه مُعرّضًا للسقوط أو الكسر.

المهارات العلمية: الملاحظة، التحليل، الاستنتاج، التفسير.

الإجراءات والتوجيهات:

- أوجّهُ الطلبة إلى الرجوع إلى كتاب الأنشطة، والتجارب العمليّة.
- أوضّحُ للطلبة أنّ هذا البارومتر لا يقيس الضغط الجويّ بدقة؛ إلا أنه يقدم لنا تصوُّرًا عن حالة الطقس.
- لن يحصل الطلبة على نتائج فورية؛ لأن مبدأ عمل الأنموذج يعتمد على التغير في حالة الطقس. يمكن الاحتفاظ بالأنموذج في مختبر المدرسة، وتذكير الطلبة بمراقبته في يوم مشمس، ثم في يوم غائم.

النتائج المتوقعة:

من المتوقع أن يتقوّس الغشاء المطاطيّ بسبب فرق الضغط بين داخل الوعاء وخارجه؛ فيؤدي ذلك إلى تحرُّك طرف الماصة الحر إلى الأعلى وإلى الأسفل.

التحليل والاستنتاج:

1. في الأيام المُشمسة ترتفع الماصّة إلى الأعلى، وفي الأيام الغائمة تنخفض الماصة إلى الأسفل.
2. في الأيام المُشمسة والدافئة يزداد الضغط الجويّ، فيُصبح الضغط خارج الوعاء الزجاجيّ أكبر من ضغط الهواء داخله، وبسبب فرق الضغط يتقوّس سطح البالون إلى الأسفل، وينخفضُ معه طرف الماصّة المُثبّت بالبالون إلى الأسفل، ويرتفع طرفها الحُرّ إلى الأعلى.

في الأيام الغائمة والباردة ينخفض الضغط الجويّ؛ فيصبح الضغط داخل الوعاء أكبر من ضغط الهواء خارجه، فيرتفع سطح البالون ويتقوّس إلى الأعلى ليرتفع معه طرف الماصّة المُثبّت على البالون، وينخفض طرفُه الحرّ إلى الأسفل.

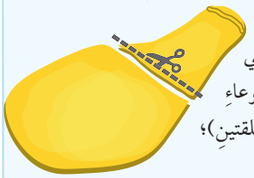
التجربة 2

أصنعُ نموذجَ بارومتر

الموادُّ والأدواتُ: وعاءٌ زجاجيٌّ، ماصّةٌ بلاستيكيّةٌ، بالونٌ، حلقةٌ مطّاطيّةٌ، صمغٌ، شريطٌ لاصقٌ، قطعةُ كرتونٍ، قلمُ تخطيطٍ، مِقصٌّ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحَذَرُ عندَ استخدامِ المِقصِّ، أضعُ البارومترَ في مكانٍ مناسبٍ.

خطواتُ العملِ:



1- أقصُّ فوّهةَ البالونِ عندِ المكانِ المُبيَّنِ على الشكلِ المجاورِ، كي أحصلَ على قطعةٍ مناسبةٍ أتمكّنُ منْ شدِّها لأغطّيَ بها فوّهةَ الوعاءِ الزجاجيِّ، وأُثبّتُ البالونَ على الفوّهةِ جيدًا بالحلقةِ المطّاطيّةِ (أو حلقتينِ)؛ منعًا لتسرُّبِ الهواءِ منْ داخلِ الوعاءِ إلى خارجِه أوِ العكسِ.

2- أُثبّتُ طرفَ الماصّةِ عندَ منتصفِ غشاءِ البالونِ بالصمغِ، ثمَّ أضعُ فوقَ الماصّةِ قطعةً منَ الشريطِ اللاصقِ للتأكُّدِ من تثبيتِ طرفِها جيدًا.

3- أقصُّ قطعةَ كرتونٍ مناسبةً، ثمَّ أرسمُ عندَ منتصفِها خطًّا أفقيًّا موازيًا للماصّةِ عندَما تكونُ في الوضعِ الأفقيِّ، ثمَّ أرسمُ مجموعةَ خطوطٍ باللونِ الأحمرِ فوقَ خطِّ المنتصفِ؛ لتدلَّ على ضغطٍ مرتفعٍ، ومجموعةَ خطوطٍ باللونِ الأزرقِ أسفلَ خطِّ المنتصفِ؛ لتدلَّ على ضغطٍ منخفضٍ.

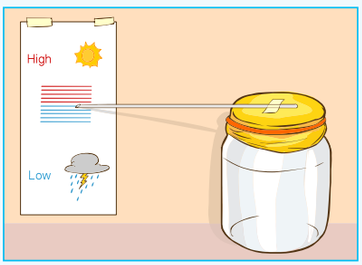
4- أختارُ مكانًا مناسبًا أضعُ عندَهُ نموذجي، على أنْ تكونَ الماصّةُ مقابلَ خطِّ المُنتصفِ المرسومِ على قطعةِ الكرتونِ، على نحوِ ما يبيّنُ الشكلُ.

5- أراقبُ النموذجَ أيّامًا عدّةً، وألاحظُ التغيُّرَ في موضعِ الماصّةِ باختلافِ حالةِ الطقسِ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أصفُ العلاقةَ بينَ اتّجاهِ حركةِ الماصّةِ وحالةِ الطقسِ (يومٍ مشمسٍ، يومٍ غائمٍ، وغيرِ ذلكَ)

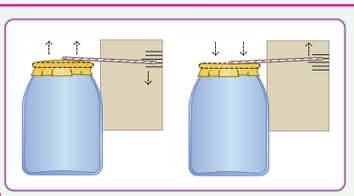
2. **التفكيرُ الناقدُ:** أوضّحُ العلاقةَ بينَ اتجاهِ حركةِ الماصّةِ، وفرقِ الضغطِ بينَ داخلِ الوعاءِ وخارجِه.



استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء. **أداة التقويم:** سُلَّم تقدير.

الرقم	معيار الأداء	التقدير		
		3	2	1
1	تنفيذ خطوات عمل الأنموذج بدقة			
2	وصف العلاقة بين اتّجاه حركة الماصّة وحالة الطقس.			
3	توضيح العلاقة بين اتّجاه حركة الماصّة، وفرق الضغط بين داخل الوعاء وخارجه.			
4	التعاون مع أفراد المجموعة.			

التعزيز: يمكن استخدام رسومات توضيحية مثل المبينة في الشكل؛ لتوضيح أثر فرق الضغط على حركة الماصّة.



◄ استخدام الصور والأشكال:

- أستخدمُ **التفكير الناقد**، فأوزّعُ الطلبة في مجموعات، ثمّ أوجّهُهم لدراسة المانوميتر المُبيّن في الشكلين (12–13). ثم أطلبُ إليهم الإجابة عن الاسئلة الآتية:

– مم يتكون المانوميتر؟ من أنبوب مفتوح الطرفين على شكل حرف (U) يحتوي على سائل.

– متى يكون ارتفاع السائل في ذراعي المانوميتر متساويًا؟ يكون الارتفاع متساويًا عندما يكون مُعرّضًا للضغط الجويّ.

– كيف يُستخدم المانوميتر لقياس ضغط المائع؟ يوصل أحد ذراعيه بالمائع (الغاز) المطلوب قياس ضغطه، في حين تظلُّ الذراع الثانية مُعرّضة للضغط الجويّ.

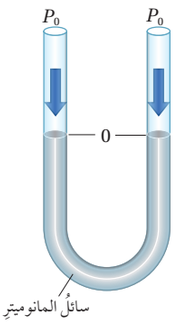
– كيف نُفسّر انخفاض السائل في الذراع المُتّصل بالغاز وارتفاعه في الذراع المقابلة؟ لأن ضغط الغاز أكبر من الضغط الجويّ، فيضغط الغاز على السائل؛ فيؤدي ذلك إلى انخفاضه في تلك الذراع وارتفاعه في الذراع الأُخرى.

◄ المناقشة:

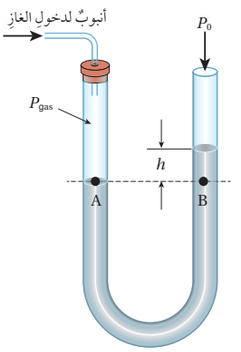
- أرسم شكلًا مثل الشكل (13)، وأُحدّد نقطتين (A) و (B) على نفس المستوى الأفقي.
- أستخدمُ مبدأ تساوي الضغط عند هاتين النقطتين الواقعتين في السائل نفسه؛ لأتوصل إلى علاقة رياضيّة لحساب ضغط الغاز.
- أوضّحُ للطلبة أنّ ضغط الغاز في هذه الحالة أكبر من الضغط الجويّ.

✓ **أتحقّق:**

$P_{gas} = 75 + 5 = 80 \text{ cmHg}$



الشكلُ (12): المانومترُ.



الشكلُ (13): قياسُ ضغطِ غازٍ باستخدامِ المانومترِ.

قياسُ ضغطِ المائعِ Fluid Pressure Measurement

يُقاسُ ضغطُ المائعِ (الغازِ أوِ السائلِ) بأجهزةٍ متنوّعةٍ، ومنَ الأجهزةِ المُستخدَمةِ لقياسِ ضغطِ الغازاتِ والسوائلِ المحصورةِ، جهازٌ يُسمَّى **المانومترَ Manometer**.

للمانوميترَ أشكالٌ مختلفةٌ، أبسطُها المبيَّنُ في الشكلِ (12)، وهو أنبوبٌ مفتوحٌ منَ الطرفينِ على شكلِ حرفِ (U)، يحتوي على سائلٍ مثلِ الزئبقِ أوِ الماءِ. ونظرًا إلى أنَّ طرفَي الأنبوبِ مُعرّضانِ للضغطِ الجويِّ نفسِه؛ لذا يكونُ ارتفاعُ السائلِ متساويًا في ذراعَي الأنبوبِ.

عندَ استخدامِ المانوميترِ لقياسِ ضغطِ غازٍ محصورٍ، تُوصَلُ أسطوانةُ الغازِ بإحدى ذراعَي المانوميترِ، في حينِ تظلُّ الذراعُ الأخرى مفتوحةً، وبذلك يُعَرَّضُ سائلُ المانوميترِ لضغطِ الغازِ عندَ إحدى الذراعينِ، وللضغطِ الجويِّ عندَ الذراعِ الأخرى. فإذا كانَ ضغطُ الغازِ أكبرَ من الضغطِ الجويِّ، انخفضَ السائلُ في الذراعِ المتّصلةِ بالغازِ وارتفعَ في الذراعِ الأخرى، كما في الشكلِ (13).

وبالاعتمادِ على مبدأِ تساوي الضغطِ (في السائلِ نفسِه) عندَ النقاطِ جميعِها الواقعةِ على المستوى الأفقيِّ نفسِه، يمكنُ حسابُ ضغطِ الغازِ. ففي الشكلِ (13) يكونُ ضغطُ الغازِ المؤثّرُ في النقطةِ (A)، مساويًا لمجموعِ الضغطِ الجويِّ وضغطِ عمودِ السائلِ (h) المؤثّرينِ في النقطةِ (B)، أيْ أنَّ:

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

✓ **أتحقّقُ:** في الشكلِ (13) إذا كانَ ضغطُ عمودِ السائلِ (h) فوقَ النقطةِ (B) يساوي (5 cmHg) والضغطُ الجويُّ (75 cmHg)، فما ضغطُ الغازِ بوحدةِ (cmHg)؟

◄ التعزيز:

- أستخدمُ **بطاقة الخروج**، فأوزّعُ على الطلبة بطاقات كُتب عليها السؤال الآتي:

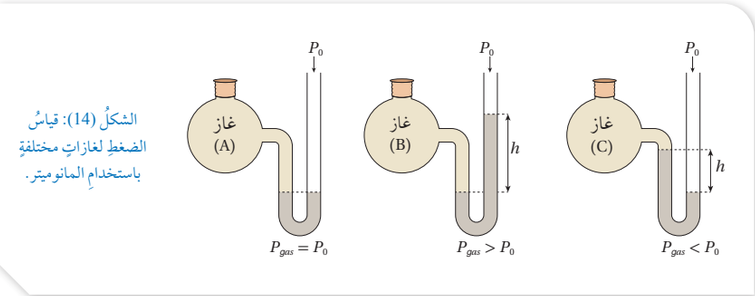
– بالرجوع إلى سؤال « أتحقق»، ما مقدار ضغط الغاز المُوضّح في الشكل (13) بوحدة الباسكال؟

- أمنحُ الطلبةَ وقتًا كافيًا للإجابة، ثم أجمع البطاقات؛ لأطّلع على الإجابات، ثم أُعلّق في بداية الحصة اللاحقة على الإجابات.

ضغط الغاز ($P_{gas} = 80 \text{ cmHg}$)

وللتحويل من (cmHg) إلى (Pa):

$$P_{gas} = 80 \text{ cmHg} \times \frac{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}}{76 \text{ cmHg}} = 1.1 \times 10^5 \text{ Pa}$$



الشكلُ (14): قياسُ الضغطِ لغازاتٍ مختلفةٍ باستخدامِ المانوميتر.

قد يكونُ ضغطُ الغازِ المحصورِ مساويًا للضغطِ الجويِّ أو أكبرَ منه أو أقلَّ، ويبيّنُ الشكلُ (14) ثلاثَ حالاتٍ استُخدمَ فيها المانوميترُ لقياسِ ضغطِ غازاتٍ محصورةٍ. بالاعتمادِ على الشكلِ أستنتجُ أنَّ:

- ضغطَ الغازِ (A) يساوي الضغطَ الجويَّ:

$$P_{gas} = P_0$$

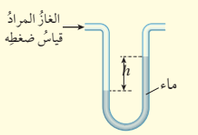
- ضغطَ الغازِ (B) أكبرُ منَ الضغطِ الجويِّ:

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

- ضغطَ الغازِ (C) أقلُّ منَ الضغطِ الجويِّ:

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

أفكّرُ: السائلُ المُستخدَمُ في المانوميترِ المُبيَّنُ في الشكلِ هو الماءُ، واستُخدمَ المانوميترُ لقياسِ ضغطِ غازٍ، فكانَ الفرقُ في ارتفاعِ الماءِ بينَ ذراعيهِ (h). لو استُخدِمَ سائلٌ ذو كثافةٍ أكبرَ بدلًا منَ الماءِ، فماذا يحدثُ لمقدارِ (h)؟ أفسّرُ إجابتي.



الربطُ بالصناعةِ

تُصنعُ المانوميتراتُ بأشكالٍ مختلفةٍ، ولها تطبيقاتٌ عمليّةٌ كثيرةٌ، منها قياسُ ضغطِ الغازِ في أنظمةِ التدفئةِ وضبطُ ضغطِه، وفي أنابيبِ نقلِ الغازِ، وقياسُ ضغطِ البخارِ في محطاتِ توليدِ الطاقةِ الكهربائيّةِ.

أفكّرُ: سوف يقل ارتفاع السائل؛ فالفرق بين ضغط الغاز والضغط الجويّ مقدار ثابت يُحسب من العلاقة ($P = \rho hg$)، وبكتابة هذه العلاقة بالصورة ($h = \frac{P}{\rho g}$)؛ نجد أن العلاقة بين (h) و (ρ) عكسيّة؛ لذا عند استخدام سائل ذي كثافة أكبر يقلُّ مقدار ارتفاع السائل (بثبوت الضغط).

الربطُ بالصناعةِ

- أوجّهُ الطلبة إلى البحث عن أشكال مختلفة للمانوميترات المُستخدمة في التطبيقات العملية، وإعداد عرض تقديميّ يتضمّن صورًا للمانوميترات واستخداماتها.
- أطلبُ إلى الطلبة عرض ما توصلوا إليه أمام طلبة الصف. وأطرحُ أمثلةً توضّح كيفية التحويل من وحدة إلى أُخرى.

استخدام الصور والأشكال:

- أستخدمُ التفكير الناقد، أوجّهُ الطلبة إلى دراسة الشكل (14)، وملاحظة ارتفاع السائل في ذراعي المانوميتر. ثم أسألهم:

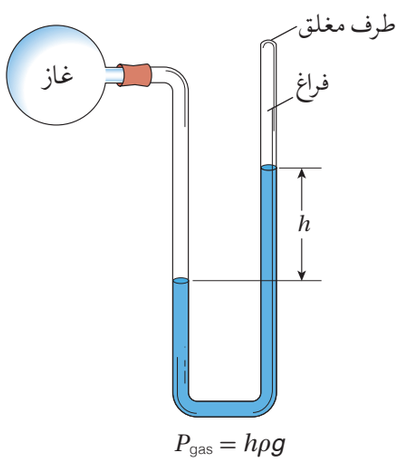
– كيف أستدلُّ من الشكل على أن ضغط الغاز مساوٍ للضغط الجويّ أو أكبر منه أو أقلّ؟ من ملاحظة ارتفاع سائل المانوميتر في الذراعين.

– ما العلاقة بين ضغط الغاز والفرق في ارتفاع سائل المانوميتر في ذراعي المانوميتر؟

ارتفاع السائل متساوٍ في الذراعين	ضغط الغاز يُساوي الضغط الجويّ.
ارتفاع السائل في الذراع المفتوحة أكبر من ارتفاع السائل في الساق المتصلة بالغاز	ضغط الغاز أكبرُ من الضغط الجويّ
ارتفاع السائل في الذراع المفتوحة أقلّ من ارتفاع السائل في الساق المُتّصلة بالغاز	ضغط الغاز أقلّ من الضغط الجويّ

معلومة إضافية

قد يكون المانومتر مُغلقَ الطرف كما يُبيّنُ الشكل. في هذه الحالة؛ فإنّ ضغط الغاز يُساوي ($P = \rho hg$) حيث (h) الفرق في ارتفاع السائل في ذراعي المانومتر.



مثال إضافي

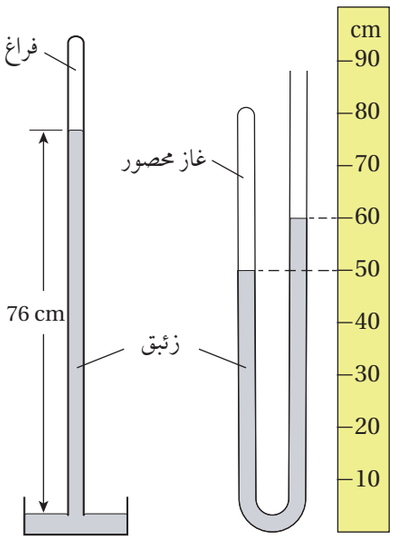
يُبيّنُ الشكل المجاور بارومتر، وُضع إلى جانبه مانومتر يحتوي على كمية من الغاز المحصور.

معتمدًا على البيانات المُثبّتة في الشكل، ومعتبرا تسارع السقوط الحر ($9.8\ m/s^2$) أحسبُ ما يأتي:

أ . الضغط الجويّ

ب. ضغط الغاز

جـ. كيف يتغيّرُ ارتفاع الزئبق في ذراعي المانومتر إذا زاد مقدار الضغط الجويّ؟



الحلّ:

أ . نحسب الضغط الجويّ من قراءة البارومتر:

$$P_0 = \rho hg$$
$$= 13.6 \times 10^3 \times 76 \times 10^{-2} \times 9.8$$
$$= 1.0 \times 10^5\ Pa$$

ب. نحسب الفرق في ارتفاع الزئبق في ذراعي المانومتر

$$h = 60 - 50 = 10\ cm$$

ثم نحسبُ ضغط الغاز من العلاقة:

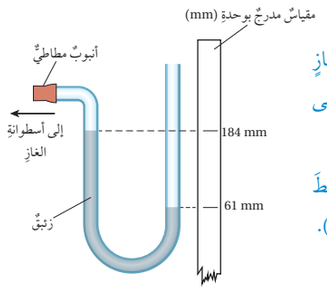
$$P = P_0 + \rho hg$$
$$= 1.0 \times 10^5 + 13.6 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-2} \times 9.8$$
$$= 1.0 \times 10^5 + 1.3 \times 10^4$$
$$= 11.3 \times 10^4\ Pa = 1.13 \times 10^5\ Pa$$

جـ. عندما يزداد الضغط الجويّ، ينخفض مستوى الزئبق في الذراع الأيمن (المفتوح)، ويرتفع في الذراع الأيسر.

المثالُ 5

يبيّنُ الشكلُ المجاورُ مانومترَ استُخدِمَ لقياسِ ضغطِ غازٍ محصورٍ في أسطوانةٍ. معتمدًا على البياناتِ المُثبَتةِ على الشكلِ، أحسبُ ضغطَ الغازِ.

علمًا أنَّ: كثافةَ الزئبقِ ($13.6 \times 10^3\ kg/m^3$)، والضغطَ الجويَّ ($1 \times 10^5\ Pa$)، وتسارُعَ السقوطِ الحرِّ ($10\ m/s^2$).



المُعطياتُ: $\rho = 13.6 \times 10^3\ kg/m^3$, $P_0 = 1 \times 10^5\ Pa$, $g = 10\ m/s^2$.

المطلوبُ: $P_{gas} = ?$.

الحلُّ:

أحسبُ الفرقَ في ارتفاعِ الزئبقِ في شُعبتَي المانومترِ:

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

انخفاضُ سطحِ الزئبقِ في الشُّعبةِ المفتوحةِ يدلُّ على أنَّ ضغطَ الغازِ أقلُّ منَ الضغطِ الجويِّ، ويُحسبُ منَ العلاقةِ الآتيةِ:

$$P_{gas} = P_0 - \rho hg$$
$$P = 1 \times 10^5 - (13.6 \times 10^3 \times 123 \times 10^{-3} \times 10)$$
$$= 1 \times 10^5 - 1.67 \times 10^4$$
$$= 10 \times 10^4 - 1.67 \times 10^4 = 8.33 \times 10^4\ Pa$$

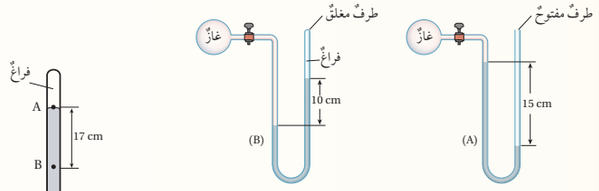
ورقة العمل (2)

أوزّعُ الطلبةَ في مجموعاتٍ ثنائيةٍ، ثمّ أزوّدُ أفرادَ كُلّ مجموعةٍ بورقةِ العملِ (2) الموجودةِ في المُلحقِ، وأوجّهُهم إلى الحلّ، وأمنحُهم وقتًا كافيًا، ثمّ نناقشُ الحلّ معًا.

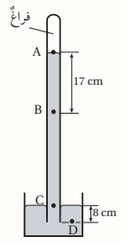
مراجعةُ الدرسِ

1 . **الفكرةُ الرئيسةُ:** أذكرُ استخدامًا واحدًا لكلٍّ مما يأتي: البارومترِ والمانومترِ .

2 . **أستخدمُ الأرقامَ:** أحسبُ مانومترٌ زئبقيٌّ استُخدمَ لقياسِ ضغطِ غازينِ مختلفينِ، مستعينًا بالبياناتِ المُثبَتةِ على الشكل، أحسبُ ضغطَ الغازِ الذي يقيسُه المانومترُ في الحالتينِ (A) ،(B).



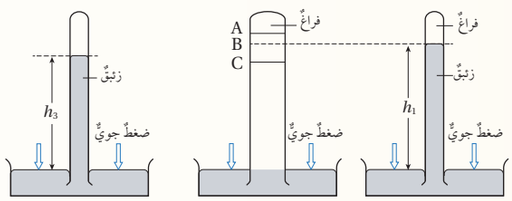
3 . **أستخدمُ الأرقامَ:** يُبيّنُ الشكلُ المجاورُ بارومترَ زئبقيًّا ، معتمدًا على المعلوماتِ المُثبَتةِ على الشكلِ، أحسبُ الضغطَ عندَ النقاطِ: (A, B, C, D) بوحدةِ الباسكالِ.
علمًا أنَّ الضغطَ الجويَّ في المِنطقةِ التي استُخدِمَ فيها البارومترُ (1×10^5 Pa).



4 . **التفكيرُ الناقدُ:** استُخدِمَ البارومترُ (1) لقياسِ الضغطِ الجويِّ في مِنطقةٍ ما، فكانَ ارتفاعُ الزئبقِ في الأنبوبِ كما في الشكلِ، ثمَّ استُخدِمَ بارومترانِ آخرانِ لقياسِ الضغطِ الجويِّ في المِنطقةِ نفسِها، حيثُ مِساحةُ مقطعِ أنبوبِ البارومترينِ (1) و (3) متساويةٌ، ومِساحةُ مقطعِ البارومترِ (2) أكبرُ منهما. معتمدًا على البياناتِ المثبّتةِ على الشكلِ أُجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

أ . أختارُ منَ الرموزِ: (A, B, C) الرمزَ الذي أتوقّعُ أنَّه يمثّلُ ارتفاعَ الزئبقِ في أنبوبِ البارومترِ (2)، وأُعطي دليلًا يدعمُ صحّةَ إجابتي.

ب . **أقترحُ** سببًا أدّى إلى أنْ يكونَ ارتفاعُ الزئبقِ في البارومترِ (3) أقلَّ منَ البارومترِ (1).



3 التقويم

إجابات أسئلة مراجعة الدرس

1 البارومتر: قياس الضغط الجويّ

المانومتر: قياس ضغط مائع محصور.

2 الشكل (A)

$$P_{gas} = P_0 - \rho hg$$
$$= 1.0 \times 10^5 - 13.6 \times 10^3 \times 15 \times 10^{-2} \times 10$$
$$= 1.0 \times 10^5 - 0.204 \times 10^5$$
$$= 0.796 \times 10^5 \text{ Pa}$$
$$= 7.8 \times 10^4 \text{ Pa}$$

الشكل (B)

$$P_{gas} = \rho hg$$
$$= 13.6 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-2} \times 10$$
$$= 1.36 \times 10^4 \text{ Pa}$$

3

$$P_A = 0$$
$$P_B = \rho hg$$
$$= 13.6 \times 10^3 \times 17 \times 10^{-2} \times 10$$
$$= 2.312 \times 10^4 \text{ Pa}$$
$$P_C = P_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$$
$$P_D = P_0 + \rho hg$$
$$= 1.0 \times 10^5 + 13.6 \times 10^3 \times 8 \times 10^{-2} \times 10$$
$$= 1.0 \times 10^5 + 0.1088 \times 10^5$$
$$\approx 1.1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

4 أ . الرمز (B): البارومتر (2) أستخدمُ في المنطقة نفسها التي أستخدمُ فيها البارومتر (1) لذا فإنه يقيس الضغط الجويّ نفسه، وحسب العلاقة ($P_0 = \rho hg$)؛ فإنّ الضغط لا يعتمد على مساحة مقطع الأنبوب؛ لذا يكون ارتفاع عمود الزئبق في البارومتر (2) مساويًا لارتفاع عمود الزئبق في البارومتر (1).

ب. بسبب تسرُّب كمية من الهواء داخل الأنبوب في الحيّز فوق الزئبق، ممّا أدى إلى انخفاض ارتفاع الزئبق في الأنبوب نتيجةً لضغط الغاز الذي تسرّب فوق الزئبق في الأنبوب.

الإثراء والتوسُّع

قياسُ ضغطِ الدمِ

الهدف:

- تعرّفُ مفهوم ضغط الدم.
- التعرُّفُ إلى آلية عمل جهاز قياس ضغط الدم.

الإجراءات والتوجيهات:

- أوجّهُ الطلبة إلى قراءة نص: قياس ضغط الدم، ضمن فقرة الإثراء والتوسع.
- أعرض أمام الطلبة فيلمًا قصيرًا يشرح كيفية استخدام جهاز ضغط الدم لقياس ضغط الدم الانقباضي.
- أحضر جهاز قياس ضغط رقمي، وأوضّحُ للطلبة كيفية استخدامه لقياس الضغط.
- أستخدمُ **التعلُّم التعاونيّ**، فأوزّعُ الطلبة في مجموعات، وأوزّعُ الأدوار في ما بينهم، ثم أكتب الأسئلة الآتية:

– ما المقصود بضغط الدم؟

– ما الأجزاء الرئيسة لمقياس ضغط الدم الزئبقيّ؟

– ما الخطوات المُتّبعة عند استخدام مقياس ضغط الدم؟

- أمنحُ الطلبة الوقت الكافي للإجابة عن الأسئلة، وأتجوَّل بينهم أثناء ذلك مُوجِّهًا ومُساعِدًا ومُرشِدًا.
- بعد انتهاء الوقت المخصص؛ أطلبُ إلى كل مجموعة أن تقوم بعرض ما توصلت إليه أمام المجموعات الأُخرى.
- أُنظّم نقاشًا بين الطلبة للتوصل إلى الإجابات الصحيحة، متضمّنةً النقاط الأساسية الآتية:

- ضغط الدم يُعبّر عن ضغط الدم على جدران الشرايين.
- يتكون مقياس الضغط الزئبقيّ من: أنبوب يحتوي زئبق، سوار قابل للنفخ، سماعة طبية.
- خطوات استخدام المقياس:

– يُلفّ السوار حول الذراع، ويُنفَخ إلى أن يتوقف سريان الدم في الشريان.

قياسُ ضغطِ الدمِ

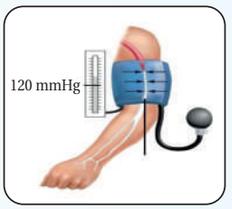
ضغطُ الدمِ مصطلحٌ يُستخدمُ للتعبيرِ عن ضغطِ الدمِ على جدرانِ الشرايينِ، ويُعدُّ ضغطُ الدمِ منَ العلاماتِ الحيويّةِ المُهمّةِ لتقييمِ الحالةِ الصحيّةِ لجسمِ الإنسانِ.

يُقاسُ ضغطُ الدمِ بوحدةِ المليمتر زئبق (mmHg)، ويُستخدمُ لقياسِه العديدُ منَ الأجهزةِ، منها مقياسُ الضغطِ الزئبقيُّ (Sphygmomanometer). ويتكوّنُ من أنبوبٍ يحتوي على زئبقٍ، يتّصلُ بسوارٍ قابلٍ للنفخِ، وسمّاعةٍ طبّيّةٍ، والشكلُ المجاورُ يوضّحُ كيفيّةَ قياسِ ضغطِ الدمِ الانقباضيِّ (الضغطِ العالي) :

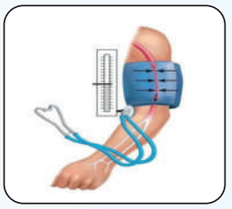
أ- يُلفُّ السوارُ حولَ الذراعِ، ويُنفخُ إلى أنْ يتوقّفَ سريانُ الدمِ في الشريانِ، ويكونُ ضغطُ السوارِ في هذهِ الحالةِ أعلى من ضغطِ الدمِ الانقباضيّ (الضغطِ العالي).

ب- يُخفَّفُ ضغطُ السوارِ ببطءٍ، في حينِ يُنصِتُ الفاحصُ بواسطةِ السمّاعةِ الطبّيّةِ ليستمعَ إلى نبضِ الدمِ عبرَ الشريانِ، وفي الوقتِ نفسِه يراقبُ ارتفاعَ الزئبقِ في الأنبوبِ. وبمجرّدِ أن يبدأَ الدمُ بالتدفُّقِ ويسمعَ الفاحصُ أولَ نبضٍ للدمِ عبرَ الشريانِ، فإنَّ ارتفاعَ الزئبقِ في الأنبوبِ في هذهِ الحالةِ يساوي ما يُعرفُ بضغطِ الدمِ الانقباضيِّ (الضغطِ العالي).

ولأجهزةِ قياسِ الضغطِ أشكالٌ مختلفةٌ، منها جهازُ قياسِ الضغطِ الرقميُّ الذي يتميزُ بسهولةِ التشغيلِ وبساطتِه .



أ) ضغطُ السوارِ أعلى من الضغط العالي.


ب) الضغطُ العالي.

جـ) جهازُ قياسِ الضغطِ الرقميُّ.

ابحث مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المناسبةِ، أبحثُ عنِ الأشكالِ المختلفةِ لأجهزةِ قياسِ الضغطِ، وأوضّحُ مزايا كلٍّ منها. مُبيّنًا الأمورَ التي يجبُ مراعاتُها عندَ استخدامِ جهازِ قياسِ الضغطِ للحصولِ على قياساتٍ دقيقةٍ. ثمَّ أكتبُ تقريرًا وأعرضُه على زملائي/ زميلاتي.

– يُخفف ضغط السوار تدريجيًّا، فيبدأ الدم بالتدفق، وبمجرد أن يسمع الفاحص أول نبض للدم؛ فإنّ ارتفاع الزئبق يُساوي ضغط الدم الانقباضي.

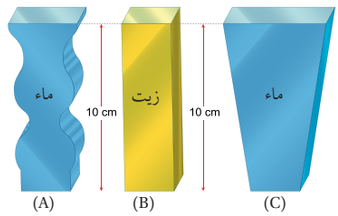
أبحث

- أوجّهُ الطلبة إلى الرجوع إلى مصادر المعرفة الموثوقة، والبحث عن أشكال مختلفة لأجهزة قياس الضغط، وكتابة تقرير في ذلك، مُدعّم بالصور والرسومات التوضيحية ومقاطع الفيديو، ثمّ أنظّم عرضه أمامي وأمام الزملاء/ الزميلات في الصف.

مراجعةُ الوحدةِ

1. **أضعُ دائرةً حولَ رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ لكلِّ جملةٍ ممّا يأتي:**

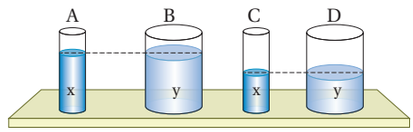
1. يبيّنُ الشكلُ المجاورُ ثلاثةَ أوعيةٍ: اثنينِ منها يحتويانِ على الماءِ والثالثَ يحتوي على زيتٍ. وارتفاعُ السوائلِ في الأوعيةِ الثلاثةِ متساوٍ. إذا علمتُ أنَّ كثافةَ الماءِ أكبرُ من كثافةِ الزيتِ، فإنَّ الترتيبَ التنازليَّ للضغطِ على قاعدةِ كلٍّ منَ الأوعيةِ الثلاثةِ:



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

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

2. سائلانِ (x, y)، كثافتاهما ($\rho_x = 1010\ kg/m^3$) و ($\rho_y = 950\ kg/m^3$). عندَ صبِّ السائلَينِ في الأوعيةِ المبيَّنةِ في الشكلِ المجاورِ، فإنَّ أكبرَ ضغطٍ يكونُ على قاعدةِ الوعاءِ:



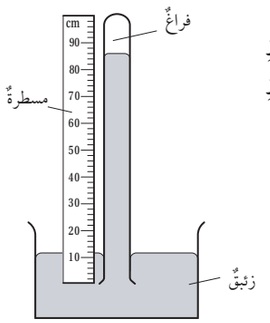
أ . A ب . B

جـ. C د . D

3. الضغطُ الجويُّ عندَ مستوى سطحِ البحرِ (100 kPa)، وكثافةُ ماءِ البحرِ ($1020\ kg/m^3$). على أيِّ عمقٍ تحتَ سطحِ الماءِ يكونُ الضغطُ الكليُّ (151 kPa)؟

أ . 5 m ب . 25 m جـ. 50 m د . 55 m

4. يبيّنُ الشكلُ المجاورُ بارومترَ زئبقيًّا استُخدِمَ لقياسِ الضغطِ الجويِّ. أيُّ الأطوالِ الآتيةِ يستخدمُ لحسابِ مقدارِ الضغطِ الجويِّ الذي قاسهُ البارومترُ بوحدةِ (cmHg)؟



أ . 12 ب . 74

جـ. 86 د . 100

1

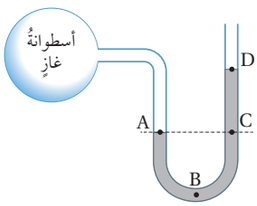
1. ب . $P_A = P_C > P_B$

2. أ . A

3. أ . 5 m

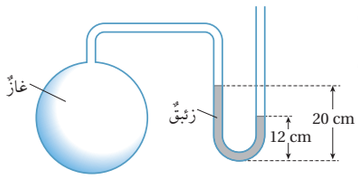
4. ب . 74

5. يُبيّنُ الشكلُ المجاورُ مانوميترَ، طرفُه الأولُ يتّصلُ بأسطوانةِ غازٍ، وطرفُه الثاني مفتوحٌ. النقطةُ التي يكونُ عندَها مقدارُ الضغطِ الكليِّ أكبرَ ما يمكنُ هي:



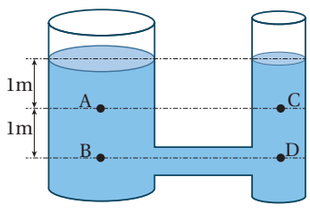
أ . A
ب . B
جـ. D
د . C

6. يبينُ الشكلُ المجاورُ مانوميترَ طرفُه الأولُ يتّصلُ بأسطوانةِ غازٍ، وطرفُه الثاني مفتوحٌ. إذا كانَ الضغطُ الجويُّ يساوي (76 cmHg)،فإنَّ ضغطَ الغازِ بوحدةِ (cmHg):



أ . 56
ب . 68
جـ. 84
د . 96

7. معتمدًا على البياناتِ المُثبَّتةِ على الشكلِ المجاورِ، وإذا علمتُ أنَّ مِساحةَ مقطعِ الأنبوبِ الرفيعِ نصفُ مِساحةِ مقطعِ الأنبوبِ العريضِ، وأنَّ الضغطَ الجويَّ (100 kPa)، والسائلَ الذي يملأُ الوعاءَ ماءٌ كثافتُه ($1 \times 10^3\ kg/m^3$)، فإنَّ الضغطَ الكليَّ عندَ النقاطِ: (A, B, C, D) بوحدةِ (kPa).



أ . $P_A = P_B = 10,\ P_C = P_D = 20$
ب . $P_A = P_C = 10,\ P_B = P_D = 20$
جـ. $P_A = 110,\ P_B = 120,\ P_C = 55,\ P_D = 60$
د . $P_A = P_C = 110,\ P_B = P_D = 120$

2. أصفُ كيفَ يتغيّرُ الضغطُ الجويُّ بزيادةِ الارتفاعِ عن سطحِ البحرِ، وضغطُ الماءِ بزيادةِ العمقِ تحتَ سطحِ الماءِ.

5. ب . B

6. ب. 68

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

2 يقلُّ الضغط الجويّ بزيادة الارتفاع عن سطح البحر، ويزداد ضغط الماء بزيادة العمق تحت سطح الماء.

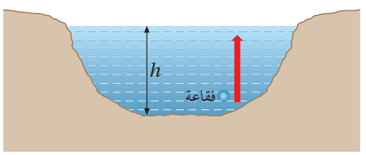
3. يبيّنُ الشكلُ مقطعًا منْ نظامِ الكوابحِ في السيارةِ. مستعينًا بالشكلِ أجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

أ . **أستخدمُ الأرقامَ:** أحسبُ مقدارَ الضغطِ على الزيتِ المحصورِ في الأسطوانةِ، الناتجِ منْ قوةٍ مقدارُها ($F_1 = 90$ N) تؤثّرُ في مِكبسِ الأسطوانةِ (x)، علمًا أنَّ مساحةَ سطحِه ($48\ cm^2$).

ب . ينتقلُ الضغطُ عبرَ الزيتِ إلى المِكبسِ (Y) فيتأثّرُ بقوّةٍ (F_2)، لماذا يكونُ مقدارُ القوّةِ (F_2) المؤثّرةِ في المِكبسِ (Y) أكبرَ من مقدارِ القوّةِ (F_1)؟

جـ. **أفسّرُ:** لا يعملُ نظامُ الكوابحِ على النحوِ المطلوبِ، إذا تسرّبتْ فقاعاتُ هواءٍ إلى الأسطوانةِ.

4. يبيّنُ الشكلُ بحيرةً عمقُ الماءِ فيها (12 m)، وكثافةُ الماءِ ($1 \times 10^3 kg/m^3$):



أ . **أستخدمُ الأرقامَ:** أحسبُ الضغطَ الكليَّ عندَ أسفلِ البحيرةِ، إذا كانَ الضغطُ الجويُّ ($P_0 = 1 \times 10^5$ Pa).

ب . **التفكيرُ الناقدُ:** هلْ يتغيّرُ حجمُ فقاعةِ غازٍ تنطلقُ منْ أسفلِ البحيرةِ إلى سطحِها ؟ أفسّرُ إجابتي.

5. **التفكيرُ الناقدُ:** تُبحِرُ غوّاصةٌ على عمقِ (20 m) تحتَ سطحِ ماءِ البحرِ، ضغطُ ماءِ البحرِ على هذا العمقِ (P)، وكثافةُ ماءِ البحرِ (ρ_s). ثمَّ تُبحِرُ الغوّاصةُ نفسُها في ماءٍ عذبٍ على عمقِ (20.6 m) تحتَ سطحِ الماءِ، كثافةُ الماءِ العذبِ (ρ_f)، حيثُ ($\rho_s = 1.03\ \rho_f$). فهلْ تتأثّرُ الغوّاصةُ في الماءِ العذبِ بضغطٍ مساوٍ أمْ أكبرَ أمْ أقلَّ منَ الضغطِ (P) المؤثِّرِ بها في ماءِ البحرِ؟ أُعطي دليلًا يدعمُ صحّةَ إجابتي.

5 أحسبُ الضغطَ تحتَ سطحِ ماءِ البحرِ وتحتَ سطحِ الماءِ بدلالةِ كثافةِ الماءِ العذبِ وتسارعِ السقوطِ الحرِ، وأقارنُ بينهما:

$$P_s = \rho_s hg = 1.03\ \rho_f \times 20\ g = 20.6\ \rho_f g$$

$$P_f = \rho_f hg = \rho_f \times 20.6\ g = 20.6\ \rho_f g$$

ألاحظُ أنَّ الضغطَ متساوٍ في الحالتينِ.

3 أ.

$$P = \frac{F_1}{A_x} = \frac{90}{48 \times 10^{-4}}$$

$$= 1.9 \times 10^4\ Pa$$

ب. يكون مقدار القوة المؤثرة في المكبس (Y) أكبر لأن مساحة مقطعه أكبر. بالاعتماد على العلاقة ($F_2 = PA_y$)؛ فإنّ القوّة الناتجة عن ضغط السائل تزداد بزيادة مساحة السطح الذي يتعرّض لهذا الضغط.

جـ. انتقال الضغط في الأنظمة الهيدروليكية يكون بواسطة السوائل؛ لأنها غير قابلة للانضغاط، أما الغازات فهي قابلة للانضغاط؛ لذا؛ فإنّ تسرُّب كمية من الهواء إلى النظام يُقلّل من كفاءة عمل النظام.

4 أ.

$$P = P_0 + \rho hg$$

$$= 1 \times 10^5 + 1 \times 10^3 \times 12 \times 10$$

$$= 2.2 \times 10^5\ Pa$$

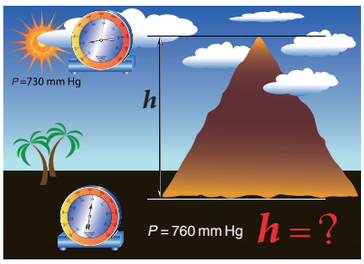
ب. يزداد حجمها؛ لأن الفقاعة تتعرّض إلى ضغط الماء الخارجي الذي يسبب قوى ضغطٍ عموديّة نحو الداخل، وعندما ترتفع إلى الأعلى؛ فإنّ هذا الضغط يتناقص، فيزدادُ حجمها.

6. صمّمتْ مجموعةٌ منَ الطالباتِ نموذجًا لرافعةٍ هيدروليكيّةٍ، على نحوِ ما هو مبيَّنٌ في الشكلِ المجاورِ.

أ . أصفُ كيفَ يعملُ النموذجُ؟

ب . **أقترحُ:** كيفَ يمكنُ تطويرُ النموذجِ؟

7. **أستخدمُ الأرقامَ:** يُبيّنُ الشكلُ المجاورُ قراءتَي بارومترَ عندَ أسفلِ جبلٍ وأعلاهُ، معتمدًا على البياناتِ المُثبَتةِ على الشكلِ أُجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:



أ . أحسبُ الفرقَ في الضغطِ بينَ أسفلِ الجبلِ وأعلاهُ بوحدةِ الباسكالِ، علمًا أنَّ كثافةَ الزئبقِ تساوي ($13.6 \times 10^3\ kg/m^3$).

ب . أحسبُ ارتفاعَ الجبلِ، علمًا أنَّ متوسطَ كثافةِ الهواءِ يساوي ($1.2\ kg/m^3$).

8. **التفكيرُ الناقدُ:** عندَ استخدامِ بارومترَ زئبقيٍّ لقياسِ الضغطِ الجويِّ عندَ مستوى سطحِ البحرِ، فإنَّ طولَ عمودِ الزئبقِ في الأنبوبِ يستقرُّ عندَ (76 cm) بالنسبةِ إلى سطحِ الزئبقِ في الوعاءِ.

أ . ماذا لو استُخدمَ الماءُ بدلًا منَ الزئبقِ، فكمْ سيكونُ ارتفاعُ عمودِ الماءِ في البارومترِ عندَ مستوى سطحِ البحرِ؟

ب . لماذا لا يُستخدَمُ الماءُ في البارومترِ ويُستخدمُ الزئبقُ؟ أُعطي دليلًا علميًّا يدعمُ إجابتي معتمدًا على النتيجةِ التي توصّلْتُ إليها في الفرعِ (أ).

مراجعة الوحدة

6 أ . عند الضغط على مكبس المَحقن؛ ينتقل هذا الضغط إلى أجزاء السائل داخل المَحقن، فيدفع أسطوانة المحقن الثاني المتصل بذراع الرافعة، فترتفع إلى الأعلى.

ب. التأكد من عدم تسرُّب هواء إلى النظام، زيادة مساحة سطح المكبس المتصل بالرافعة.

7 أ.

$$\Delta P = 760 - 730 = 30\ \text{mmHg}$$
$$= 13.6 \times 10^3 \times 30 \times 10^{-3} \times 10$$
$$= 4080\ \text{Pa}$$

ب. فرق الضغط بين أسفل الجبل وأعلاه يُكافئ ضغط عمود من الهواء طوله مساوٍ لارتفاع الجبل:

$$\Delta P = P_{air}$$
$$4080 = \rho_{air}\, hg$$
$$4080 = 1.2 \times 10 \times h$$
$$h = \frac{4080}{12} = 340\ \text{m}$$

8 أ. عمود من الزئبق طوله (76 cm) يكافئ ضغط جوي مقداره ($P_0 = 1 \times 10^5\ \text{Pa}$) تقريبًا.

لو استخدمُ الماء؛ فإنّ طول عمود الماء المكافئ لمقدار الضغط نفسه يُحسب من العلاقة:

$$P_0 = \rho hg$$
$$h = \frac{P_0}{\rho g} = \frac{1 \times 10^5}{1 \times 10^3 \times 10} = 10\ \text{m}$$

ب. عند استخدام الماء بدلًا من الزئبق يلزم أنبوب طوله (10 m)، وهذا غير عمليّ، والسبب في ذلك أن كثافة الماء أقلّ بكثير من كثافة الزئبق.

الوحدة الخامسة: انكسار الضوء وتطبيقاته Refraction of Light and Its Applications

تجربة استهلالية: انحراف مسار الحركة لجسم.

الدرس	النتاجات	التجارب والأنشطة	عدد الحصص
الأول: **انكسار الضوء.**	• تفسيرُ ظاهرة انكسار الضوء. • تنفيذ تجارب عملية للتوصّل إلى قانون سنل. • تطبيق قانون سنل في حلّ مسائل حسابية.	• التوصل إلى قانون الانكسار عمليًّا.	5
الثاني: **تطبيقات وظواهر بصرية.**	• تحديد شروط حدوث ظاهرة الانعكاس الكُلّي الداخلي عمليًّا. • التعبير عن الانعكاس الكُلّي الداخليّ بمعادلة رياضية. • حساب الزاوية الحَرِجة. • شرح عدد من الظواهر الضوئيّة المُرتبطة بظاهرة انكسار الضوء والانعكاس الكُلّي الداخلي.	• الانعكاس الكُلّي الداخليّ.	5
الثالث: **العدسات الرقيقة.**	• الاستقصاء العمليّ لصفات الخيال المتكوّن لجسم في العدسات المقعرة والمُحدّبة. • رسم مخطّطات الأشعة المُنكسرة للتوصّل إلى صفات الخيال في العدسات. • البحث في عيوب الإبصار التي تصيب الإنسان وآلية معالجة كُلٍّ منها. • تصميم أجهزة بصريّة تساعد في رؤية الأجسام البعيدة أو الأشياء الدقيقة.	• صفات الأخيِلة المتكوّنة في العدسات.	6

النتاجات السابقة	الصف	النتاجات اللاحقة	الصف
• توضيح مفهوم انكسار الضوء. • التوصل عمليًّا إلى أنّ ضوء الشمس مركّب من ألوان عدّة. • تمييز أنواع العدسات عمليًّا، والتعبير عن ذلك بالرسم. • تمييز العدسة المجمّعة عن العدسة المفرّقة. • وصف الأخيِلة في العدسات والتمييز بينها. • استقصاء صفات بعض الأخيِلة في العدسات.	الخامس	• تطوير أنموذج يحدد خصائص الموجات: التداخل، الحيود، الانكسار، الانعكاس. • توظيف تجارب عملية في معرفة خصائص الموجات: الانعكاس، الانكسار، الحيود، التداخل.	الحادي عشر

انكسار الضوء وتطبيقاته

Refraction of Light and Its Applications

أتأمَّل الصورة

- ألفتُ انتباه الطلبة إلى صورة بداية الوَحدة، وأطلبُ إليهم قراءة الآية الكريمة، ثم أطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما الذي نُشاهده في الصورة؟ قوس المطر (قوس قزح).

– ما عدد الألوان التي يتكوّن منها قوس المطر (قوس قزح)؟ وما هذه الألوان؟ سبعة ألوان؛ وهي: الأحمر، البرتقالي، الأصفر، الأخضر، الأزرق، النيلي، البنفسجي.

– ما الظواهر الضوئيّة التي تحدث للضوء ليتشكّل قوس المطر؟ انعكاس، انكسار، انعكاس كلّي داخلي.

– لماذا يتحلّل الضوء الأبيض إلى ألوان الطيف الظاهرة في الصورة؟ لأنّ لكلّ لون من ألوان الطيف السبعة مُعامل انكسار مختلف عن الآخر؛ لذا عند سقوط أشعة ضوئية على قطرات الماء المعلّقة في الهواء فإنّها تنكسر بزوايا مختلفة باختلاف لون الضوء.

– ما علاقة الآية الكريمة بموضوع الوَحدة؟ تتحدّث الآية الكريمة عن السراب، وهو ظاهرة ضوئية تحدث للضوء نتيجة انكساره في طبقات الجوّ القريبة من سطح الأرض.

- أستمع لإجابات الطلبة، ثم أناقشُهم فيها؛ للتوصّل إلى كيفية تشكّل قوس المطر، وسبب فصل ألوان الضوء الأبيض.

الوَحدةُ 5

انكسارُ الضوءِ وتطبيقاتُهُ

Refraction of Light And Its Applications

قالَ تعالى:

﴿وَٱلَّذِينَ كَفَرُوٓاْ أَعۡمَٰلُهُمۡ كَسَرَابِۭ بِقِيعَةٖ يَحۡسَبُهُ ٱلظَّمۡـَٔانُ مَآءً حَتَّىٰٓ إِذَا جَآءَهُۥ لَمۡ يَجِدۡهُ شَيۡـٔٗا وَوَجَدَ ٱللَّهَ عِندَهُۥ فَوَفَّىٰهُ حِسَابَهُۥۗ وَٱللَّهُ سَرِيعُ ٱلۡحِسَابِ ٣٩﴾

[سورة النور، آية (39)]

أتأمّلُ الصورةَ

في فصلِ الشتاءِ يظهرُ عادةً في الجهةِ المقابلةِ للشمسِ ما يُعرفُ بقوسِ المطرِ (قوسِ قزح) بألوانِه الجميلةِ، التي تنتجُ منِ انحرافِ الضوءِ عن مسارِه في أثناءِ مرورِه عبرَ قطراتِ المطرِ في السماءِ. وعندَما أنظرُ إلى قوسِ المطرِ، أرى ألوانَ الضوءِ الأبيضِ مرتَّبةً منَ الأحمرِ في الأعلى إلى البنفسجيِّ في الأسفلِ. لكنْ، كيفَ يتشكّلُ قوسُ المطرِ؟ ولماذا تُفصلُ الألوانُ؟

33

- أوضّحُ للطلبة دور علم الفيزياء في تفسير كثير من الظواهر الضوئيّة المُرتبطة بظاهرة انكسار الضوء والانعكاس الكُلّي الداخلي، مثل: السراب، قوس المطر، الألياف الضوئيّة، وغير ذلك.

الفكرة العامـة:

- أوضّحُ للطلبة أهمية ظاهرة الانكسار.
- أُبيّنُ للطلبة أنّه يوجد ظواهر ضوئية كثيرة نشاهدها في حياتنا اليومية مرتبطة بظاهرتي انعكاس الأشعة الضوئيّة وانكسارها.
- أوضّحُ للطلبـة أنّ فهـم الكثيـر مـن الظواهـر الضوئيّـة المُرتبطة بظاهرتي انعكاس الضوء وانكساره مكّن العلماء والمختصّين مـن تطويـر تطبيقات تكنولوجيـة تعتمد عليها، مثل: الألياف الضوئيّة، وتصحيح عيوب البصر، والمجاهر، والتلسكوبات، وغيرها.

مشروع الوحدة:

- أخبرُ الطلبة أن مشروع الوَحدة هو بناء أنموذج ناجحٍ لتلسكوب (مقراب فلكي).
- أوزّعُ الطلبة في مجموعات، وأُكلّف كلّ مجموعة بوضع خطوات وإجراءات لتصميم أنموذج تلسكوب.
- أوجّهُ الطلبة إلى البحث في مصادر المعرفة الموثوقة في الإنترنت عن نماذج متعددة للتلسكوبات، والاطّلاع على المعلومات والصور والفيديوهات المناسبة، والاستفادة ممّا تعلّموه عن العدسات والتلسكوب، قبل بدء العمل، وتنظيم بياناتهم لتسهيل الإفادة منها.
- بعد الانتهاء من إعداد التصاميم؛ أُدير نقاشًا بين الطلبة يتناول ميزات كل تصميم، ثم أخبرهم بالتصميم الذي استوفى الشروط المطلوبة.
- أوجّهُ الطلبة إلى بناء الأنموذج، واختباره، وتحديد نقاط الضعف فيه ومعالجتها.
- أُشجّع مجموعـات الطلبـة على عرض نماذجهم أمام زملائهم/ زميلاتهن.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **القضايا ذات العلاقة بالعمل: إدارة المشاريع.**

أُبيّنُ للطلبة أهميّة التخطيط العلمي الدقيق للمشروع، وأهميّة جمع معلومات كافية عنه قبل البدء بالتنفيذ، وإعدادالتصاميم المناسبة واختبارها. ثم أطلبُ إليهم عند تنفيذ المشروع اختيار الأدوات المناسبة لبناء الأنموذج، ورصد العقبات والتحدّيات التي تعترض تنفيذه، وإيجاد الحلّول المناسبة لها، وإجراء التعديلات اللازمة.

الفكرةُ العامّةُ:

عندَما يسقطُ الضوءُ بزاويةٍ غيرِ عموديةٍ على الحدِّ الفاصلِ بينَ وسطيْنِ شفافيْنِ مختلفيْنِ، فإنَّهُ يغيّرُ مسارَه عندَ الحدِّ الفاصلِ، ونقولُ عندَئذٍ: إنَّ الضوءَ قدِ انكسرَ. ويترتّبُ على ذلكَ حدوثُ ظواهرَ ضوئيّةٍ عدّةٍ نشاهدُها في حياتِنا اليوميّةِ.

الدرسُ الأولُ: انكسارُ الضوءِ

الفكرةُ الرئيسةُ: الانكسارُ هو انحرافُ الضوءِ عنْ مسارِه عندَما ينتقلُ بينَ وسطينِ شفّافينِ مختلفينِ.

الدرسُ الثاني: تطبيقاتٌ وظواهرُ بصريّةٌ

الفكرةُ الرئيسةُ: لانكسارِ الضوءِ تطبيقاتٌ عديدةٌ في حياتِنا، وتنشأُ عنهُ ظواهرُ بصريةٌ متنوّعةٌ.

الدرسُ الثالث: العدساتُ الرقيقةُ

الفكرةُ الرئيسةُ: تختلفُ صفاتُ الأخيلةِ المتكوّنةِ في العدساتِ باختلافِ نوعِ العدسةِ، وبُعدِها البؤريِّ، وموقعِ الجسمِ بالنسبةِ إليها.

34

تقويم مشروع الوحدة

استراتيجية التقويم: الملاحظة. **أداة التقويم:** قائمة الرصد.

الرقم	معيار الأداء	نعم	لا
1	وضوح خطة عمل المشروع (الأنموذج).		
2	توزيع المهمات على أفراد كلّ مجموعة بالتساوي تقريبًا.		
3	وضع خطة زمنية مدروسة لتنفيذ المشروع.		
4	جمع البيانات من مصادر موثوقة.		
5	إعداد تصميم مناسب للأنموذج.		
6	مراجعة الجهود المبذولة وتعديلها مع التقدم في العمل.		
7	عرض الأنموذج بطريقة مبسطة تظهر فكرته بوضوح.		

انحرافُ مسارِ الحركةِ لجسمٍ

الهدف:

- تعرّف مسار حركة جسم وسرعته عندما ينتقل من سطح أملس إلى سطح خشن.
- التوصّل إلى مفهوم الانكسار.

زمن التنفيذ: 15 دقيقة.

إرشادات السلامة: أوجّهُ الطلبة إلى الحذر من سقوط الأسطوانة على القدمين.

المهارات العلمية: المُلاحظة، المُقارنة، الاستنتاج، تحليل البيانات وتفسيرها.

الإجراءات والتوجيهات:

- أطلبُ إلى الطلبة الاطّلاع على الخلفية النظرية للتجربة في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

النتائج المتوقعة:

يتغيّر اتجاه انحراف الأسطوانة بحسب طبيعة السطح الذي تنتقل إليه؛ نتيجة اختلاف قوة الاحتكاك بين السطحين.

التحليل والاستنتاج:

1. سرعة الأسطوانة على سطح الطاولة أكبر منها على قطعة القماش.
2. قوة الاحتكاك بين الأسطوانة وقطعة القماش أكبر من قوة الاحتكاك بين الأسطوانة وسطح الطاولة؛ لذا تقل سرعة الأسطوانة عند انتقالها إلى قطعة القماش.
3. عندما تصل الأسطوانة إلى قطعة القماش؛ فإنّ الجزء الأيمن للأسطوانة يبدأ بالتدحرُج على قطعة القماش قبل الجزء الأيسر، فتقل سرعة الجزء الأيمن عن الجزء الأيسر بسبب قوة الاحتكاك؛ مما يؤدي إلى انحراف الأسطوانة نحو اليمين.
4. حسبَ الوضعِ الواردِ في الخطوتينِ (3، 4)، تنحرف الأسطوانة إلى اليمين (الجهة التي يبدأ فيها جزء الأسطوانة بملامسة قطعة القماش قبل الجزء الآخر)، أما حسب الوضع الوارد في الخطوة (5) فإنّها ستنحرف نحو اليسار (أي باتجاه معاكس لاتجاه انحرافها حسب الوضع السابق).
5. تتغيّر سرعة الجسم.

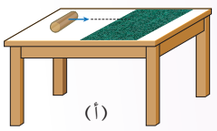
تجربةٌ استهلاليةٌ

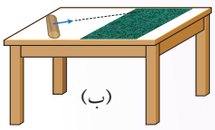
انحرافُ مسارِ الحركةِ لجسمٍ

المواد والأدوات: أسطوانة فلزية أو خشبية بقطرٍ (5 – 10 cm) وارتفاعٍ (20 – 30 cm)، قطعُ قُماشٍ خشنٍ مستطيلةُ الشكلِ أبعادُها (60 cm × 100 cm) تقريبًا، ورقٌ أبيضُ (A 4).

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ من سقوطِ الأُسطوانة على القدمين.

خطواتُ العملِ: بالتعاونِ معَ أفرادِ مجموعتي، أُنفّذُ الخطواتِ الآتيةَ:


(أ)


(ب)

1. أُثبّتُ قطعةَ قُماشٍ على أحدِ نصفَي سطحِ الطاولةِ، وأَضعُ الأسطوانةَ على النصفِ الآخرِ، كما في الشكلِ (أ).
2. أدحرجُ الأسطوانةَ باتّجاهٍ عموديٍّ على حافةِ قطعةِ القُماشِ المقابلةِ للأسطوانةِ، وأُلاحظُ سرعتَها على سطحِ الطاولةِ مقارنةً بسرعتِها على قطعةِ القُماشِ.
3. أُعيدُ الأسطوانةَ إلى مكانِها، ثمَّ أدحرجُها باتجاهٍ يصنعُ زاويةً حادّةً معَ حافةِ قطعةِ القماشِ المقابلةِ للأسطوانةِ، كما في الشكلِ (ب)، وأُلاحظُ ما يحدثُ للأسطوانةِ عندَما تبدأُ بالتدحرجِ على قطعةِ القُماشِ.
4. أُكرّرُ الخطوةَ السابقةَ (2 – 3) مرّاتٍ، وأُدوّنُ ملاحظاتي عنِ اتجاهِ حركةِ الأسطوانةِ على سطحِ الطاولةِ مقارنةً باتجاهِ حركتِها على قطعةِ القماشِ.
5. أَضعُ الأسطوانةَ على قطعةِ القماشِ وأدحرجُها نحوَ سطحِ الطاولةِ، وباتجاهٍ يصنعُ زاويةً حادّةً مع حافةِ قطعةِ القماشِ، وأُلاحظُ بأيِّ اتجاهٍ سوفَ تنحرفُ عندَ انتقالِها إلى سطحِ الطاولةِ مقارنةً باتجاهِ حركتِها على قطعةِ القماشِ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أُقارنُ مقدارَ سرعةِ الأسطوانةِ على سطحِ الطاولةِ بمقدارِ سرعتِها على قطعةِ القماشِ (أيُّهما أكبرُ)، عندَما تتدحرجُ بحسبِ الوضعِ الواردِ في الخطوةِ (2).
2. أُفسّرُ سببَ اختلافِ سرعةِ الأسطوانةِ عندَ انتقالِها من سطحِ الطاولةِ إلى قطعةِ القماشِ.
3. أُقارنُ اتجاهَ حركةِ الأسطوانةِ على سطحِ الطاولةِ باتجاهِ حركتِها على قطعةِ القماشِ، عندَما تتدحرجُ بحسبِ الوضعِ الواردِ في الخطوتينِ (3 ، 4)، وأُفسّرُ سببَ انحرافِ الأسطوانةِ عن مسارِها عندَما انتقلتْ منْ سطحِ الطاولةِ إلى قطعةِ القُماشِ.
4. أُقارنُ اتجاهَ انحرافِ الأسطوانةِ عندَما تتدحرجُ بحسبِ الوضعِ الواردِ في الخطوتينِ (3 ، 4)، باتجاهِ انحرافِها عندَما تتدحرجُ بحسبِ الوضعِ الواردِ في الخطوةِ (5).
5. أَستنتجُ ما يحدثُ لسرعةِ جسمٍ (مقدارًا واتجاهًا) عندَما ينتقلُ من وسطٍ ما إلى وسطٍ آخرَ مختلفٍ.

استراتيجية التقويم: المُلاحظة. **أداة التقويم:** سُلَّم تقدير.

الرقم	معيار الأداء	التقدير		
		3	2	1
1	مراعاةُ تعليماتِ الأمانِ والسلامةِ العامةِ عند تنفيذِ التجربةِ.			
2	تفسيرُ سببِ انحرافِ الأسطوانةِ عن مسارِها عند انتقالِها بين سطحِ الطاولةِ وقطعةِ القماشِ.			
3	استنتاجُ ما يحدثُ لسرعةِ جسمٍ عند انتقالِه من وسطٍ ما إلى وسطٍ آخرَ مختلفٍ عنه.			

الدرس 1

انكسار الضوء
Refraction of Light

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- أوضّحُ للطلبة مفهوم الانكسار.
- أوضّحُ للطلبة أنّهم في هذا الدرس سيتعلمون تفسير ظاهرة انكسار الضوء، وسوف يمثّلون الانكسار بالرسم.
- أُبيّنُ للطلبة أنّهم سيتوصلون عمليًّا إلى قانون سنل، ويطبّقونه في حلّ مسائل حسابية.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- أُسترجع خبرات الطلبة عن مفهوم الضوء وطبيعته.
- أُذكّرُ الطلبة بظاهرة انعكاس الضوء.

2 التدريس

◄ المناقشة:

- أوضّحُ للطلبة مفهوم الانكسار، ثم أسألهم:

– كيف ينتقل الضوء في الوسط الشفاف المُتجانس؟ ينتقل بسرعة ثابتة في خطّ مستقيم.

– ماذا يحدث للضوء عند سقوطه بزاوية على الحدّ الفاصل بين وسطين شفّافين مختلفين؟ يتغيّر مسار حركته.

– في السؤال السابق؛ لماذا تغيّر مسار حركة الضوء؟ أُفسّر إجابتي. تختلف سرعة الضوء في الأوساط الشفّافة باختلاف هذه الأوساط، وعندما ينتقل الضوء من وسط شفّاف إلى وسط شفّاف آخر؛ فإنّ سرعته تتغيّر، ممّا يؤدي إلى تغيُّر مساره.

– ما انكسار الضوء؟ تغيُّر مسار الضوء عند انتقاله بين وسطين شفّافين مختلفين.

- أستمع لإجابات الطلبة، ثم أناقشُهم فيها؛ للتوصّل إلى الإجابة الصحيحة.

معلومة إضافية

تبدو برك السباحة أقلّ عمقًا ممّا هي عليه في الواقع؛ نتيجة انكسار الضوء. أُحذّر الطلبة من السباحة في الأماكن غير المخصّصة لذلك.

◄ الفكرةُ الرئيسةُ:

الانكسارُ هو انحرافُ الضوءِ عن مسارِه عندَما ينتقلُ بينَ وسطينِ شفّافينِ مختلفينِ.

◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أُفسّرُ ظاهرةَ انكسارِ الضوءِ.
- أُنفّذُ تجاربَ عمليةً للتوصّلِ إلى قانونِ سنِل.
- أُطبّقُ قانونَ سنِل في حلِّ مسائلَ حسابيةٍ.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

الانكسارُ	Refraction
معاملُ الانكسارِ	Refractive Index
زاويةُ السقوطِ	Angle of Incidence
زاويةُ الانكسارِ	Angle of Refraction

للضوءِ أهميّةٌ بالغةٌ في حياتِنا، وهو يحيطُ بنا من كلِّ مكانٍ، فهو سببُ رؤيتِنا الأشياءَ من حولِنا، ويُسهِّلُ علينا استكشافَ العالمِ المحيطِ بنا. فلو أغمضْنا أعيُنَنا لحظةً، وتخيّلْنا عالمَ الظلامِ الذي سنعيشُ فيهِ، فكيفَ سيبدو عالمُنا دونَ وجودِ الضوءِ؟ توجدُ عملياتٌ مختلفةٌ تحدثُ للضوءِ وتساعدُنا على رؤيةِ العالمِ من حولِنا، منها الانعكاسُ والانكسارُ، فالأجسامُ من حولِنا تعكسُ الضوءَ الساقطَ عليها منَ المصادرِ الضوئيّةِ المختلفةِ، كالشمسِ، والمصابيحِ، والأجسامِ المشتعلةِ، وعندَما يدخلُ الضوءُ القادمُ من هذهِ الأجسامِ إلى أعيُنِنا، ينكسرُ عن طريقِ العدسةِ الموجودةِ في أعيُنِنا ويتركّزُ على الشبكيّةِ، فتحدثُ الرؤيةُ.

وقد تعرّفْنا في صفٍّ سابقٍ الانعكاسَ، وسنتعرّفُ في هذا الدرسِ خصيصةً أخرى للضوءِ وهي الانكسارُ.

الانكسارُ Refraction

ينتقلُ الضوءُ في الفراغِ أوْ في الوسطِ الشفّافِ المتجانسِ (كالماءِ والزجاجِ) بسرعةٍ ثابتةٍ وفي خطٍّ مستقيمٍ دونَ أن ينحرفَ، ولكنْ، هلْ يبقى كذلكَ عندَما ينتقلُ منَ الفراغِ إلى وسطٍ شفّافٍ أوِ العكسُ، أوْ منْ وسطٍ شفّافٍ إلى وسطٍ شفّافٍ آخرَ؟

عندَما نضعُ قلمًا في كأسٍ بها ماءٌ، فإنَّ القلمَ يظهرُ مكسورًا عندَ سطحِ الماءِ كما في الشكلِ (1)، وهذا يدلُّ على أنَّ الأشعّةَ

الشكلُ (1): ظاهرةُ الانكسارِ.

نشاط سريع

- أحضر قلم رصاص وكأس شفّافة مملوءة إلى منتصفها بالماء.
- أطلبُ إلى أحد الطلبة وضع القلم داخل الكأس بشكل عمودي، وأطلبُ إلى الطلبة النظر عموديًّا على سطح الماء، ووصف ما يشاهدونه. لا يبدو القلم مكسورًا.
- أطلبُ إلى أحد الطلبة وضع القلم بشكل مائل داخل الكأس، وأطلبُ إلى الطلبة وصف ما يشاهدونه. يبدو القلم مكسورًا.
- أطلبُ إلى الطلبة تفسير مشاهداتهم. يبدو القلم مكسورًا؛ لأنّ الأشعة الضوئيّة القادمة من جزء القلم المغمور في الماء قد غيّرت مسارها عندما انتقلت من الماء إلى الهواء، فعندما يسقط الضوء بزاوية على الحدّ الفاصل بين وسطين شفّافين فإنّه ينكسر.

إضاءة للمُعلّم / للمعلّمة

الوسطُ المتجانس وسطٌ تكون كثافته متساويةً عند أجزائه كافة.

الضوئيةَ القادمةَ منَ الجزءِ المغمورِ في الماءِ منَ القلمِ والساقطةَ على العينِ قدْ غيّرتْ مسارَ حركتِها (انكسرتْ) عندَما انتقلتْ منَ الماءِ إلى الهواءِ، فما الذي أدّى إلى ظهورِ القلمِ مكسورًا؟ ولماذا تغيّرَ مسارُ الضوءِ عندَما انتقلَ منَ الماءِ إلى الهواءِ؟

تبلغُ سرعةُ الضوءِ في الفراغِ ($c = 3 \times 10^8$ m/s) تقريبًا، لكنَّها تقلُّ عنْ ذلكَ في الأوساطِ الشفّافةِ (كالهواءِ، والماءِ، والزجاجِ، وغيرِها)، وتختلفُ سرعةُ الضوءِ في الأوساطِ الشفّافةِ باختلافِ هذهِ الأوساطِ؛ لذا عندَما ينتقلُ الضوءُ منْ وسطٍ شفّافٍ إلى وسطٍ شفّافٍ آخرَ فإنَّ سرعتَه تتغيّرُ، ما يؤدّي إلى تغيّرِ مسارِه. ويُطلقُ على ظاهرةِ تغيّرِ مسارِ الضوءِ عندَ انتقالِه بينَ وسطينِ شفّافينِ مختلفينِ اسمَ: **انكسارِ الضوءِ Refraction of light.**

✓ **أتحقّقُ:** أُعرّفُ انكسارَ الضوءِ.

معاملُ الانكسارِ Refractive Index

يُعرّفُ **معاملُ الانكسارِ Refractive index** للوسطِ الشفّافِ بأنَّه: النسبةُ بينَ سرعةِ الضوءِ في الفراغِ (c) إلى سرعتِه في الوسطِ الشفّافِ (v). ويُرمزُ إلى معاملِ الانكسارِ بالرمزِ (n)، أيْ أنَّ:

$$n = \frac{\text{سرعةُ الضوءِ في الفراغِ}}{\text{سرعةُ الضوءِ في الوسطِ الشفافِ}} = \frac{c}{v}$$

ونظرًا إلى أنَّ سرعةَ الضوءِ في الوسطِ الشفافِ أقلُّ منْ سرعتِه في الفراغِ، فإنَّه وفقًا للمعادلةِ السابقةِ تكونُ قيمةُ معاملِ الانكسارِ ($n \geq 1$)، حيثُ تساوي (1) للفراغِ، وهيَ أقلُّ قيمةٍ لمعاملِ الانكسارِ. ويُعدُّ معاملُ الانكسارِ مقياسًا لقدرةِ الوسطِ الشفّافِ على كسرِ الأشعةِ الضوئيةِ، فكلّما كانَ معاملُ انكسارِ الوسطِ الشفافِ أكبرَ، كانتْ قدرتُه على كسرِ الأشعةِ الضوئيةِ أكبرَ، لكنَّ سرعتَه تقلُّ معَ زيادةِ معاملِ الانكسارِ على نحوٍ ما يظهرُ منَ المعادلةِ السابقةِ، وألاحظُ أيضًا منَ المعادلةِ أنَّ معاملَ الانكسارِ ليسَ لهُ وحدةُ قياسٍ، لأنَّه حاصلُ قسمةِ

الربطُ بالتاريخِ

أوّلُ مَنْ وصفَ قانونَ الانكسارِ وصفًا صحيحًا هوَ العالمُ المسلمُ العلاءُ بنُ سهلٍ في القرنِ العاشرِ الميلاديِّ، وقدِ استخدمَ القانونَ في التوصّلِ إلى الشكلِ الهندسيِّ لعدسةٍ ذاتِ تركيزٍ عالٍ، المعروفةِ باسمِ "anaclastic". وقدِ استفادَ الحسنُ بنُ الهيثمِ منْ أبحاثِ ابنِ سهلٍ في اكتشافاتِه الخاصّةِ بعلمِ البصريّاتِ.

إضاءة للمُعلّم / للمعلّمة

تقلُّ سرعة الضوء عندما ينتقل من الهواء إلى وسط شفّاف آخر (مُعامل انكساره أكبر من 1)؛ لأنّه عندما ينتقل الضوء عبر المادّة يحدُث تفاعلٌ بين الضوء وذرّات المادّة تكون نتيجته انتقال الضوء بسرعة أقلّ من سرعة انتقاله عبر الفراغ.

معلومة إضافية

مُعامل انكسار وسط ما ثابت، وهو يعتمد على نوع مادته، ولا يعتمد على زاوية السقوط أو زاوية الانكسار.

◄ بناء المفهوم:

مُعامل الانكسار.

- أوجّهُ الطلبة إلى الاطّلاع على مَسرد المُصطلحات الوارد في نهاية كتاب الطالب، ثمّ قراءة تعريف مفهوم مُعامل الانكسار، ثم أسألهم:

– ما أصغر قيمة لمُعامل الانكسار؟ أصغر قيمة هي (1).

– ما وحدة قياس مُعامل الانكسار؟ ليس له وحدة قياس؛ لأنّه حاصل قسمة كميتين فيزيائيتين لهما وحدة القياس نفسها.

✓ **أتحقّق:** انكسارُ الضوءِ: ظاهرة تغيّرِ مسارِ الضوءِ عندَ انتقالِه بينَ وسطينِ شفّافينِ مختلفينِ.

◄ المناقشة:

- أستخدمُ **التعلُّم التعاوني**، وأوزّعُ الطلبة في مجموعات.
- أوزّعُ الأدوار والمهمات على أفراد كلّ مجموعة.
- أطلبُ إلى أفراد كلّ مجموعة الإجابة عن السؤالين الآتيين:

– ما المقصود بمُعامل الانكسار لوسط شفّاف؟ النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في الوسط الشفّاف.

– ما العلاقة بين سرعة الضوء في الوسط الشفّاف ومُعامل انكسار هذا الوسط؟ كلّما زاد مُعامل انكسار الوسط الشفّاف قلّت سرعة انتقال الضوء فيه.

- أطلبُ إلى كلّ مجموعة عرض إجاباتها أمام المجموعات الأُخرى.
- أُدير نقاشًا بين أفراد المجموعات للتوصُّل إلى الإجابة الصحيحة، وتصويب المفاهيم غير الصحيحة.

الربطُ بالتاريخِ

- أوجّهُ الطلبة إلى قراءة النص الوارد في بند (الربط بالتاريخ)، وأناقشُهم في إسهامات العالِمَيْن؛ العلاءُ بن سهل والحسنُ بن الهيثم في علم البصريات.

أفكّرُ: في الماء؛ لأنّ مُعامل انكساره أقلّ.

✓ **أتحقّق:** أقلّ قيمة لمُعامل الانكسار هي (1).

مثال إضافي

إذا علمتُ أنّ سرعة الضوء في مادّة ما تساوي $(2 \times 10^8\ \text{m/s})$؛ أحسبُ مُعامل انكسار هذه المادة علمًا أنّ سرعة الضوء في الفراغ تساوي $(3 \times 10^8\ \text{m/s})$.

الحلّ:

بالتطبيق على معادلة حساب مُعامل الانكسار:

$$n = \frac{c}{v} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^8}$$
$$= 1.5$$

تمرين

بالتطبيق على معادلة حساب مُعامل الانكسار:

$$n = \frac{c}{v}$$
$$1.52 = \frac{3 \times 10^8}{v}$$
$$v = \frac{3 \times 10^8}{1.52}$$
$$= 1.97 \times 10^8\ \text{m/s}$$

إضاءة للمُعلّم / للمعلّمة

يُمكن كتابة مُعامل انكسار وسط ما بدلالة الطول الموجيّ للضوء في الوسطين الشفّافين، كما يأتي:

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_\circ}{\lambda}$$

حيث $(\lambda_\circ)$ الطول الموجي للضوء في الفراغ، و(λ) الطول الموجي للضوء في الوسط الشفّاف، حيث لا يتغيّر تردد موجات الضوء عند انتقالها من وسط شفّاف إلى وسط شفّاف آخر.

الجدولُ (1): معاملاتُ الانكسارِ لبعضِ الموادِّ الشفّافةِ.

معاملاتُ الانكسارِ لبعضِ الموادِّ الشفّافةِ						
المادّةُ	الهواءُ	الماءُ	الأسيتون	الجلسرين	الزجاجُ	الكوارتز	الماس
معاملُ الانكسارِ	1.0003	1.33	1.36	1.47	1.52	1.55	2.42

أفكّرُ: مستعينًا بتعريفِ معاملِ الانكسارِ وبالقيمِ الواردةِ في الجدولِ (1)، في أيِّ الوسطيْنِ تكونُ سرعةُ الضوءِ أكبرَ: في الماءِ أم الزجاجِ؟

كمّيتينِ لهما وحدةُ القياسِ نفسُها. ويُبيّنُ الجدولُ (1) معاملاتِ الانكسارِ لبعضِ الموادِّ الشفّافةِ.

أُلاحظُ منَ الجدولِ أنَّ معاملَ الانكسارِ للهواءِ يساوي (1) تقريبًا، الذي يساوي معاملَ الانكسارِ للفراغِ.

✓ **أتحقّقُ:** ما أقلُّ قيمةٍ لمعاملِ الانكسارِ؟

المثالُ 1

بالاستعانةِ بالجدولِ (1)، أحسُبُ سرعةَ الضوءِ في الماءِ، علمًا أنَّ سرعتَه في الفراغِ $3 \times 10^8\ \text{m/s}$

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

المطلوبُ: $v = ?$.

الحلُّ:

بالتطبيقِ على معادلةِ حسابِ معاملِ الانكسارِ:

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

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

تمرين

أستخدمُ الأرقامَ: بالاستعانةِ بالجدولِ (1) أحسبُ سرعةَ الضوءِ في الزجاجِ.

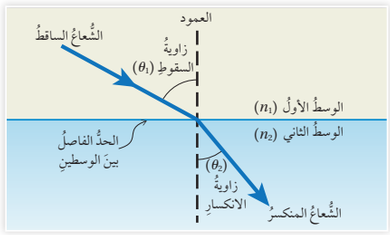
أخطاء شائعة

قد يعتقد بعض الطلبة اعتقادًا غير صحيح أنّ مُعامل انكسار وسط ما يُمكن أن يكون أقلّ من واحد. أوضّحُ لهم أنّه بناء على العلاقة $(n = \frac{c}{v})$؛ فإنّ مُعامل انكسار أيّ وسط لا يُمكن أن يكون أقلّ من واحد؛ لأنّه إذا كان أقلّ من واحد فهذا يعني أن سرعة الضوء في هذا الوسط أكبر من سرعته في الفراغ (أو الهواء)، وهذا يخالف الواقع، لأن أكبر سرعة معروفة للضوء هي سرعتُه في الفراغ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** بناء الشخصية: المشاركة.**

أخبر الطلبة أنَّ المشاركة تُمثّل أحد مجالات بناء الشخصية، ثم ألفتُ انتباههم إلى أهمية المشاركة في الأنشطة والتجارب العملية، والتعاون مع زملائهم/ زميلاتهن عند حلّ الأمثلة والتمارين التي تخصُّ حساب مُعامل الانكسار، وإجراء المناقشة للوصول إلى نتائج سليمة وإجابات صحيحة.



الشكلُ (2): تمثيلُ الانكسارِ بالرسمِ.

تمثيلُ الانكسارِ بالرسمِ Representing Refraction Using Diagrams

لفهمِ سلوكِ الضوءِ في أثناءِ انتقالِه في الأوساطِ الشفّافةِ، يمكنُ تمثيلُ عمليةِ الانكسارِ برسومٍ تخطيطيّةٍ. فالشكلُ (2) يمثّلُ انتقالَ شعاعٍ ضوئيٍّ بينَ وسطينِ شفّافينِ مختلفين، وتُعرّفُ المصطلحاتُ الواردةُ في الشكلِ على النحوِ الآتي:

الوسطُ الأولُ: الوسطُ الشفّافُ الذي يسقطُ فيهِ الشعاعُ الضوئيُّ، ومعاملُ انكسارِه (n_1).

الوسطُ الثاني: الوسطُ الشفّافُ الذي ينتقلُ فيهِ الشعاعُ المنكسرُ، ومعاملُ انكسارِه (n_2).

الحدُّ الفاصلُ بينَ الوسطينِ: سطحُ التقاءِ الوسطِ الأولِ معَ الوسطِ الثاني.

العمودُ: الخطُّ العموديُّ على الحدِّ الفاصلِ بينَ الوسطينِ الشفّافينِ والمقامِ منْ نقطةِ السقوطِ (نقطةِ التقاءِ الشعاعِ الساقطِ بالحدِّ الفاصلِ بينَ الوسطينِ).

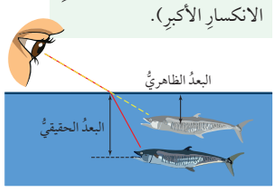
زاويةُ السقوطِ Angle of incidence: الزاويةُ المحصورةُ بينَ الشعاعِ الساقطِ والعمودِ، ويُرمزُ إليها بالرمزِ (θ_1).

زاويةُ الانكسارِ Angle of refraction: الزاويةُ المحصورةُ بينَ الشعاعِ المنكسرِ والعمودِ، ويُرمزُ إليها بالرمزِ (θ_2).

وكلٌّ منَ الشعاعِ الساقطِ والشعاعِ المنكسرِ والعمودِ تقعُ جميعُها في مستوًى واحدٍ عموديٍّ على الحدِّ الفاصلِ بينَ الوسطينِ.

الربطُ بالحياةِ

نظرًا إلى انكسارِ الضوءِ عندَ الحدِّ الفاصلِ بينَ وسطينِ شفّافينِ مختلفينِ، فإنَّ الأجسامَ الموجودةَ داخلَ أحدِ الوسطينِ تبدو أقربَ منْ موقعِها الحقيقيِّ (عندَ النظرِ إليها منَ الوسطِ ذي معاملِ الانكسارِ الأصغرِ)، أوْ أبعدَ منْ موقعِها الحقيقيِّ (عندَ النظرِ إليها منَ الوسطِ ذي معاملِ الانكسارِ الأكبرِ).



39

معلومةٌ إضافيةٌ

عند سقوطِ الأشعّةِ الضوئيّةِ على الحدِّ الفاصلِ بين وسطين شفّافين مختلفين؛ فإنّ جزءًا من هذه الأشعّةِ ينعكس في الوسطِ الأول، بينما ينفذ جزء آخر منها إلى الوسط الثاني ويحدث له انكسار عند سقوطه بزاوية على الحدّ الفاصل، ويُمتص باقي الضوء داخل مادة الوسط الثاني؛ أي أنّه يحدث انعكاس وانكسار وامتصاص للأشعة الساقطة، وقد تحدث هذه الظواهر الثلاث، أو يحدث بعضها دون غيرها اعتمادًا على طبيعة مادة الجسم التي تسقط عليها الأشعة الضوئيّة.

الربطُ بالحياةِ

أوجّهُ الطلبة إلى قراءة النص الوارد في بند (الربط بالحياة)، وأناقشُهم في مفهوم كُلٍّ من: البُعد الحقيقي والبُعد الظاهري، ومتى يكون البُعد الظاهري أكبر من البُعد الحقيقي أو أصغر منه.

استخدامُ الصورِ والأشكالِ:

- أوجّهُ الطلبة إلى دراسة الشكل (2)، ثمّ أسألهم:

– ما المقصود بزاوية السقوط (θ_1)؟ الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود.

– ما المقصود بزاوية الانكسار (θ_2)؟ الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر والعمود.

– ما العلاقة بين الشعاع الساقط والشعاع المُنكسر والعمود؟ تقعُ جميعُها في مستوى واحد عموديّ على الحدّ الفاصل بين الوسطين الشفّافين.

- أتقبّل إجابات الطلبة وأناقشُهم فيها للتوصُّل إلى الإجابات الصحيحة.

أخطاءٌ شائعةٌ

قد يعتقد بعض الطلبة اعتقادًا غير صحيح أنّ زاوية السقوط هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والحدّ الفاصل بين الوسطين، وأنّ زاوية الانكسار هي الزاوية المحصورة بين الشعاع المُنكسر والحدّ الفاصل بين الوسطين؛ لذا أُبيّنُ للطلبة أنّ كلًّا من زاويتي السقوط والانكسار تُقاس من العمود وليس من الحدّ الفاصل بين الوسطين.

بناءُ المفهومِ:

زاوية السقوط وزاوية الانكسار.

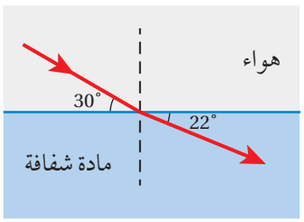
- أوجّهُ الطلبة إلى الاطّلاع على مَسرد المُصطلحات الوارد في نهاية كتاب الطالب، ثمّ قراءة تعريف مفهوم كُلٍّ من زاوية السقوط وزاوية الانكسار، ثم أسألهم السؤال الآتي:

– إذا كانت الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والحدّ الفاصل بين وسطين تساوي (30°)؛ فما هي زاوية السقوط؟ زاوية السقوط هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود؛ لذا فإنّ زاوية السقوط تساوي:

$$\theta_1 = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

مثال إضافي

مستعينًا بالشكل أدناه والبيانات المُدرجة فيه؛ أحسبُ كُلًّا من زاوية السقوط وزاوية الانكسار.



الحلّ:

أحسبُ زاوية السقوط (θ_1)؛ وهي الزاوية التي يصنعها الشعاع الساقط مع العمود، كما يأتي:

$\theta_1 = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

أحسبُ زاوية الانكسار (θ_2)؛ وهي الزاوية التي يصنعها الشعاع المنكسر مع العمود، كما يأتي:

$\theta_2 = 90^\circ - 22^\circ = 68^\circ$

طريقة أُخرى للتدريس

البُعد الحقيقي والبُعد الظاهري

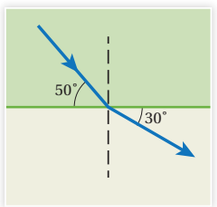
- أستخدمُ **التعلم التعاوني**؛ لمساعدة الطلبة على التمييز بين البُعد الحقيقي والبُعد الظاهري.
- أوزّعُ الطلبة في مجموعات، ثم أزوّدُ كلّ مجموعة بكأس زجاجية، وماء، وقطعة نقد معدنية.
- أطلبُ إلى كلّ مجموعة وضعَ قطعة النقد في الكأس الزجاجيّة، ثم ملأَها بالماء.
- أوجّهُ كلّ مجموعة إلى النظر إلى قطعة النقد من أعلى من خلال الماء، وأطلبُ إليهم تحديد موقع قطعة النقد بوضع إشارة على جدار الكأس من الخارج عند العمق الذي يتراءى لهم أنّ قطعة النقد موجودة عنده.
- أطلبُ إلى كلّ مجموعة المقارنة بين البُعد الحقيقي لقطعة النقد وبُعدها الظاهري.

يكون البُعد الحقيقي لقطعة النقد أكبر من بُعدها الظاهري؛ نتيجة انكسار الأشعة الضوئيّة المنعكسة عن قطعة النقد عند الحدّ الفاصل بين الماء والهواء.

- أتجوّل بين أفراد المجموعات مُوجِّهًا ومُساعِدًا ومُرشِدًا، وأُصوّب المفاهيم غير الصحيحة لديهم.
- أطلبُ إلى كل مجموعة عرض النتائج التي توصلت إليها على اللّوح أمام المجموعات.

المثالُ 2

أحسبُ كلًّا من زاويةِ السقوطِ وزاويةِ الانكسارِ في الشكلِ.



المُعطياتُ: الزاويةُ التي يصنعُها الشعاعُ الساقطُ معَ الحدِّ الفاصلِ بينَ الوسطينِ = 50°، والزاويةُ التي يصنعُها الشعاعُ المنكسِرُ معَ الحدِّ الفاصلِ بينَ الوسطينِ = 30°.

المطلوبُ: $\theta_2 = ?$ ، $\theta_1 = ?$.

الحلُّ:

θ_1: الزاويةُ التي يصنعُها الشعاعُ الساقطُ معَ العمودِ

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

θ_2: الزاويةُ التي يصنعُها الشعاعُ المنكسرُ معَ العمودِ

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

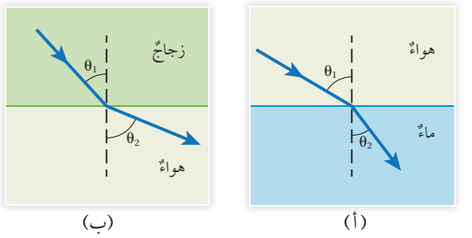
توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن تجارب عمليّة مصوّرة توضّح انكسار الأشعة الضوئيّة عند انتقالها بين وسطين شفّافين مختلفين، علمًا أنّه يُمكنني إعداد عروض تقديمية تُثري موضوع الدرس.

أُشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو إنشاء مجموعة باستخدام أحد التطبيقات المناسبة، أو استخدام أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

ورقة العمل (1)

أوزّعُ الطلبة في مجموعات ثنائية، ثم أزوّدُ أفراد كلّ مجموعة بورقة العمل (1) المتضمنة في الملحق، وأوجّهُهم إلى الحلّ، وأمنحُهم وقتًا كافيًا، ثم نناقش الحلّ معًا.



الشكلُ (3):
أ . انكسارُ الشعاعِ الضوئيِّ مقتربًا من العمودِ.
ب. انكسارُ الشعاعِ الضوئيِّ مبتعدًا عن العمودِ.

قانونُ الانكسارِ (قانونُ سنِل)

The Law of Refraction (Snell's Law)

عندما ينتقلُ شعاعٌ ضوئيٌّ منْ وسطٍ شفّافٍ معاملُ انكسارِه (n_1) إلى وسطٍ شفّافٍ معاملُ انكسارِه (n_2) فإنَّ سرعتَه تقلُّ، وينكسرُ مقتربًا منَ العمودِ كما في الشكلِ (3/ أ)، إذا كان $n_2 > n_1$. أمّا إذا كانَ $n_1 > n_2$، فإنَّ سرعتَه تزدادُ، وينكسرُ مبتعِدًا عنِ العمودِ كما في الشكلِ (3/ ب).

لكنْ، ما العلاقةُ بينَ زاويةِ السقوطِ (θ_1)وزاويةِ الانكسارِ (θ_2)؟

عامَ 1621 توصّلَ العالِمُ الألمانيُّ ويلبرورد سنِل (Willebrord Snell) تجريبيًّا إلى علاقةٍ رياضيّةٍ تربطُ بينَ زاويتَي السقوطِ والانكسارِ، وهيَ على الصورةِ الآتيةِ:

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

ويُطلقُ على هذِهِ العلاقةِ اسمُ قانونِ الانكسارِ أو قانونِ سنِل، حيثُ:

n_1: معاملُ انكسارِ الوسطِ الأولِ.

n_2: معاملُ انكسارِ الوسطِ الثاني.

θ_1: زاويةُ السقوطِ.

θ_2: زاويةُ الانكسارِ.

أتحقّقُ: إذا انتقلَ شعاعٌ بينَ وسطينِ شفّافينِ وكانَ $n_2 > n_1$، ففي أيِّ الوسطينِ تكونُ سرعةُ الضوءِ أكبرَ ؟

أصمّمُ باستخدامِ برنامجِ السكراتش (Scratch) عرضًا يوضّحُ كيفَ تتغيرُ زاويةُ الانكسارِ بتغيُّرِ زاويةِ السقوطِ عندَما ينتقلُ الضوءُ منْ وسطٍ شفّافٍ إلى وسطٍ شفّافٍ آخرَ، ثمَّ أعرضُه على زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

التعزيز:

- أستخدمُ **التفكير الناقد**، وأوزّعُ الطلبة في مجموعات.
- أكتب على اللّوح العبارة الآتية: «ينكسر الشعاع الضوئي دائمًا مُقتربًا من العمود عندما يدخل مادة شفّافة، وينكسر دائمًا مُبتعدًا عن العمود عندما يخرج منها».
- أطلبُ إلى كلّ مجموعة مناقشة صحّة هذه العبارة، واتخاذ رأي واحد، ثم تبرّر كُلٌّ منها رأيها أمام المجموعات الأُخرى.
- أتقبّل إجابات الطلبة جميعها، وأناقشُهم فيها للتوصّل إلى الإجابة الصحيحة. العبارة غير صحيحة علميًّا؛ إذ يعتمد اتجاه انكسار الشعاع الضوئي على مُعاملي انكسار وسطي السقوط والانكسار، حيث ينكسر الشعاع الضوئي مُقتربًا من العمود فقط إذا كان مُعامل انكسار الوسط الثاني أكبر منه لوسط السقوط، بينما ينكسر الشعاع الضوئي مُبتعدًا عن العمود فقط إذا كان مُعامل انكسار الوسط الثاني أصغر منه لوسط السقوط.

استخدام الصور والأشكال:

- أستخدمُ **الطاولة المستديرة**، فأوزّعُ الطلبة في مجموعات، وألفتُ انتباههم إلى دراسة الشكل (3)، ثمّ أسألهم:

– في أيّ اتجاه انكسر الشعاع الضوئي عند انتقاله من الهواء إلى الماء في الشكل (3/ أ)؟ انكسر مُقتربًا من العمود.

– في أيّ اتجاه انكسر الشعاع الضوئي عند انتقاله من الزجاج إلى الهواء في الشكل (3/ ب)؟ انكسر مبتعدًا عن العمود.

– أُقارن بين اتجاه انكسار الشعاع في الشكلين (3/ أ، 3/ ب)، مُفسّرًا هذه المشاهدات. مُعامل انكسار الماء أكبر منه للهواء؛ لذا تكون سرعة الضوء في الهواء أكبر منها في الماء، فينكسر الشعاع الضوئي مُقتربًا من العمود، كما في الشكل (3/ أ). أما الشكل (3/ ب) فيوضّح انتقال الشعاع الضوئي من الزجاج إلى الهواء، حيث مُعامل انكسار الزجاج أكبر، فتزداد سرعة الشعاع الضوئي عند انتقاله عبر الهواء فينكسر مُبتعدًا عن العمود.

- أُعطي كلّ مجموعة ورقة تحوي الأسئلة المذكورة آنفًا.
- أطلبُ إلى كلّ فرد في المجموعة الاطّلاع على الأسئلة، وإضافة جزء من الإجابة لكلّ سؤال.
- أطلبُ إلى أفراد المجموعة التوقُّف بعد أن ينتهوا من الإجابة عن الأسئلة السابقة.
- أوجّهُ أفراد كلّ مجموعة إلى مناقشة إجاباتهم في ما بينهم، ثم عرض نتائجهم أمام أفراد المجموعات الأُخرى، ثم مناقشتهم فيها؛ للتوصُّل إلى الإجابة الصحيحة، وتصويب المفاهيم غير الصحيحة.

أتحقّقُ: في الوسط الذي مُعامل انكساره (n_2).

- أوجّهُ الطلبة إلى تصميم عرض تفاعلي يُوضِّح كيفية تغيّر زاوية الانكسار بتغيّر زاوية السقوط عندما ينتقل الضوء من وسط شفّاف إلى وسط شفّاف آخر؛ باستخدام برنامج سكراتش (Scratch)، ثم أُحفِّزهم إلى عرضه أمام زملائهم/ زميلاتهن في الصف.

مثال إضافي

في المثال (3)، إذا أصبحت زاوية سقوط الشعاع الضوئي في الهواء (30°)؛ أحسبُ زاوية الانكسار في الماء.

الحلّ:

باستخدام قانون سنل:

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

$$1 \times \sin 30^\circ = 1.33 \sin\theta_2$$

$$\sin\theta_2 = \frac{1}{2 \times 1.33} = 0.376$$

$$\theta_2 = 22.1^\circ$$

مثال إضافي

انتقل شعاع ضوئي من الهواء إلى الجلسرين. إذا علمت أنّ زاوية سقوط الشعاع الضوئي في الهواء (30°)، ومُعامل انكسار الجلسرين (1.47)، وسرعة الضوء في الهواء $(3 \times 10^8\ \text{m/s})$؛ أحسبُ ما يأتي:

أ . زاوية انكسار الشعاع الضوئي في الجلسرين.

ب. سرعة الضوء في الجلسرين.

الحلّ:

أ . باستخدام قانون سنل:

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

$$1 \times \sin 30^\circ = 1.47 \sin\theta_2$$

$$\sin\theta_2 = \frac{1}{2 \times 1.47} = 0.34$$

$$\theta_2 = 19.9^\circ$$

ب. باستخدام علاقة مُعامل الانكسار:

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

$$1.47 = \frac{3 \times 10^8}{v}$$

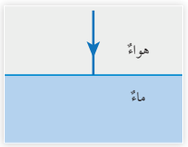
$$v = \frac{3 \times 10^8}{1.47} = 2.04 \times 10^8\ \text{m/s}$$

ورقة العمل (2)

أوزّعُ الطلبة في مجموعات، ثم أزوّدُ أفراد كلّ مجموعة بورقة العمل (2) المتضمنة في الملحق، وأوجّهُهم إلى الحلّ، وأمنحُهم وقتًا كافيًا، ثم نناقش الحلّ معًا.

المثال 3

أحسبُ زاويةَ الانكسارِ في الشكلِ.



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

المطلوبُ: $\theta_2 = ?$.

الحلُّ:

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

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

$$\theta_2 = 0^\circ$$

وهذا يعني أنَّ الشعاعَ يستمرُّ في مسارِه دونَ انحرافٍ.

يتّضحُ منَ المثالِ السابقِ أنَّ الشعاعَ الضوئيَّ لا يتغيّرُ مسارُه إذا سقطَ عموديًّا على الحدِّ الفاصلِ بينَ وسطينِ شفّافينِ، ومعَ ذلكَ فإنَّ سرعتَه تتغيّرُ.

المثال 4

انتقلَ شعاعٌ ضوئيٌّ منَ الماءِ إلى وسطٍ شفّافٍ غيرِ معلومٍ، فإذا كانتْ زاويةُ سقوطِ الشعاعِ 45° وزاويةُ انكسارِه 38° فأحسبُ معاملَ انكسارِ الوسطِ غيرِ المعلومِ، ثمَّ أحدّدُ طبيعتَه مستعينًا بالجدولِ (1).

المُعطياتُ: $\theta_1 = 45^\circ$ ، $\theta_2 = 38^\circ$ ، ومن الجدولِ (1): $n_1 = 1.33$.

المطلوبُ: $n_2 = ?$ ، طبيعةُ الوسطِ الشفّافِ غيرِ المعلومِ.

الحلُّ:

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

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

$$n_2 = 1.53$$

وبالرجوعِ إلى الجدولِ (1) يظهرُ أنَّ الوسطَ الشفّافَ أقربُ إلى كونِهِ مصنوعًا منَ الزجاجِ.

تمرين

انتقلَ شعاعٌ ضوئيٌّ منَ الماسِ إلى الماءِ، فإذا كانتْ زاويةُ سقوطِ الشعاعِ 30°، فأحسبُ ما يأتي:

1. سرعةَ الضوءِ في الماسِ.
2. زاويةَ انكسارِ الشعاعِ في الماءِ.

تمرين

1. $v = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8}{2.42} = 1.24 \times 10^8\ \text{m/s}$

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

$$2.42 \times \sin 30^\circ = 1.33 \times \sin\theta_2$$

$$\sin\theta_2 = \frac{2.42 \times 0.5}{1.33} = 0.91$$

$$\theta_2 = 65.5^\circ$$

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن تجارب عمليّة مصوّرة توضح قانون سنل، علمًا أنّه يُمكنني إعداد عروض تقديمية تثري موضوع الدرس. أُشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو إنشاء مجموعة باستخدام أحد التطبيقات المناسبة، أو استخدام أيّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

التجربة 1

التوصّل إلى قانون الانكسار عمليًّا

الهدف:

- توضيح مفهوم الانكسار.
- التوصّل إلى قانون الانكسار عمليًّا.

زمن التنفيذ: 25 دقيقة.

إرشادات السلامة: أوجّهُ الطلبة إلى استخدام النظارات الواقية للعينين، وأطلبُ إليهم الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين.

المهارات العلمية: القياس، الملاحظة، المقارنة، التوقع.

الإجراءات والتوجيهات:

- أوجّهُ الطلبة إلى الاستعانة بكتاب الأنشطة والتجارب العملية، والاطّلاع على الخلفية النظرية للتجربة.
- ألفتُ انتباه الطلبة إلى ضرورة تجنّب خطأ زاوية النظر.

النتائج المُتوقَّعة:

تزداد زاوية الانكسار بزيادة زاوية السقوط، وتبقى النسبة $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$ ثابتة.

التحليل والاستنتاج

1. ستختلف الإجابات بحسب قيم الزوايا.
2. تكون النسبة $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$ مساويةً لمُعامل انكسار القرص الزجاجيّ المستخدم، وقد يوجد اختلاف بسيط بينهما بسبب الأخطاء التجريبية.
3. ستختلف الإجابات بحسب قيم زوايا السقوط.
4. – قيم (θ_2) التي حصلت عليها من قانون سنل مماثلة للقيم التجريبية المدوّنة في الجدول.
   – يوجد اختلاف صغير جدًّا بين قيم (θ_2) التي حصلت عليها من قانون سنل والقيم التجريبية المدوّنة في الجدول بسبب الأخطاء التجريبية.
5. نعم؛ (تختلف القيم التي نحصل عليها من التجربة عادة عن القيم النظرية التي نحصل عليها من القانون الرياضي بسبب الأخطاء التجريبية).
6. لا، إلّا أنّه حسب قانون سنل تصبح النسبة $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$ مساويةً لمقلوب مُعامل الانكسار للقرص الزجاجيّ.
7. الأخطاء الناتجة عن التقديرات المتعلقة بقراءة زاويتي السقوط والانكسار، الخطأ الصفري نتيجة عدم انطباق العمود الذي يتم انشاؤه على الوجه المستوي للقرص مع صفر المنقلة، خطأ زاوية النظر.

التجربة 1

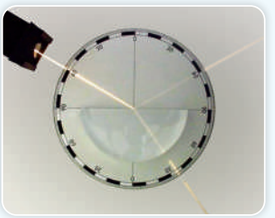
التوصُّلُ إلى قانونِ الانكسارِ عمليًّا

الموادُّ والأدواتُ: صندوقٌ ضوئيٌّ، قرصٌ زجاجيٌّ نصفُ دائريٍّ معاملُ انكسارِه معلومٌ، مِنْقَلةٌ دائريّةٌ، ورقٌ أبيضُ (A4)، قلمٌ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحذَرُ من سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدمين.

خطواتُ العملِ:

1– أُثبّتُ ورقةً بيضاءَ على سطحِ الطاولةِ وأضعُ فوقَها المِنقلةَ الدائريّةَ، ثمّ أضعُ القرصَ الزجاجيَّ عندَ منتصفِ المِنقلةِ على أن ينطبقَ مركزُ القرصِ على مركزِ المِنْقلةِ.



2– أُعَلّمُ بالقلمِ حولَ القرصِ الدائريِّ، ثمَّ أُنشئُ بالقلمِ عمودًا على الوجهِ المستوي للقرصِ منْ مركزِه.

3– أُسقِطُ حزمةً ضوئيةً ضيّقةً منَ الصندوقِ الضوئيِّ على القرصِ، على أنْ تكونَ موازيةً لسطحِ الورقةِ، وتصنعَ زاويةً معَ العمودِ المرسومِ في الخطوةِ (2)، كما في الشكلِ المجاورِ.

4– أدوّنُ في جدولٍ زاويتَي سقوطِ الشعاعِ وانكسارِه.

5– أغيّرُ منْ زاويةِ سقوطِ الشعاعِ، ثمّ أدوّنُ زاويتَي السقوطِ والانكسارِ في الجدولِ الآتي.

6– أكرّرُ الخطوةَ (5) مرّاتٍ عدّةً، وأدوّنُ زاويتَي السقوطِ والانكسارِ كلَّ مرّةٍ في الجدولِ الآتي:

رقمُ المحاولةِ	زاويةُ السقوطِ (θ_1)	زاويةُ الانكسارِ (θ_2)	$\sin\theta_1$	$\sin\theta_2$	$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$
1					
2					
3					
4					
5					

التحليلُ والاستنتاجُ

1. **أستخدمُ الأرقامَ:** أحسبُ كلًّا من: $\sin\theta_1$، $\sin\theta_2$ للمحاولاتِ جميعِها، وأدوّنُها في الجدولِ السابقِ.
2. **أستخدمُ الأرقامَ:** أحسبُ النسبةَ $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$ للمحاولاتِ جميعِها، وأدوّنُها في الجدولِ السابقِ، وأقارنُها بمعاملِ انكسارِ القرصِ الزجاجيِّ المستخدمِ في التجربةِ. هلْ يوجدُ أيُّ اختلافٍ بينَهما؟ أُفسّرُ إجابتي.
3. **أستخدمُ الأرقامَ:** أحسبُ قيمَ (θ_2) عن طريقِ قانونِ سنلِ للمحاولاتِ جميعِها.
4. **أقارنُ** بينَ قيمِ (θ_2) التي حصلْنا عليها منْ قانونِ سنلِ بالقيمِ التجريبيّةِ المدوّنةِ في الجدولِ.
5. **أفسّرُ:** هلْ دعمتْ نتائجُ تجربتي التي حصلتُ عليها قانونَ سنلِ في الانكسارِ؟ أُوضّحُ سببَ وجودِ أيِّ اختلافٍ بينَهما.
6. **أفسّرُ:** إذا أُسقطتِ الأشعّةُ الضوئيّةُ في القرصِ الزجاجيِّ بدلًا منَ الهواءِ، فهلْ تتغيّرُ النتائجُ التي حصلْنا عليها؟ أفسّرُ إجابتي.
7. **أتوقّعُ** مصادرَ الخطأِ المُحتَملةَ في التجربةِ.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء.

أداة التقويم: سُلَّم تقدير عددي.

الاسم	العلامات			
	4	3	2	1

المهام:

1: تنفيذ خطوات التجربة بصورة صحيحة ودقيقة.

2: تدوين القراءات بصورة دقيقة وبموضوعية.

3: **تحليل** دعم نتائج التجربة لقانون سنل أو عدم دعمها له.

4: **توقُّع** مصادر الخطأ المحتملة في التجربة.

العلامات:

4: تنفيذ أربع مهمّات بصورة صحيحة.

3: تنفيذ ثلاث مهمّات بصورة صحيحة.

2: تنفيذ مهمتين بصورة صحيحة.

1: تنفيذ مهمة واحدة بصورة صحيحة.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس

1 انكسار الضوء هو ظاهرة تغيّر مسارِ الضوءِ عندَ انتقالِه بينَ وسطينِ شفّافينِ مختلفينِ.

2 $v = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8}{1.92} = 1.56 \times 10^8 \text{ m/s}$

3 $n = \frac{c}{v} = \frac{3 \times 10^8}{1.24 \times 10^8} = 2.42$

4 في الوسط (A): بما أنّ الشعاع الضوئي انتقل من الوسط نفسه (الهواء: n_1)، وسقط بزاوية السقوط نفسها (θ_1) على كُلٍّ من الوسطين (A و B)، وحسب قانون سنل؛ تكون زاوية الانكسار أكبر في الوسط ذي مُعامل الانكسار الأقلّ (وهو الوسط (A) حسب الشكل)، وحسب العلاقة: $n = \frac{c}{v}$؛ فإنّ سرعة الضوء تزداد بنقصان مُعامل الانكسار.

5 أ . $\theta_1 = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

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

$1 \times \sin 60^\circ = n_2 \sin 40^\circ$

$n_2 = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 40^\circ} = 1.35$

جـ. $v = \frac{c}{n_2} = \frac{3 \times 10^8}{1.3}$

$= 2.22 \times 10^8 \text{ m/s}$

6 $n_D > n_C > n_A > n_B$

7 لا؛ بما أنّ مُعامل الانكسار لأيّ وسط شفاف أكبر من مُعامل الانكسار للهواء؛ فإنّه وحسب قانون الانكسار (قانون سنل)؛ تكون زاوية السقوط في الهواء أكبر من زاوية الانكسار في المادة الشفافة، أي أنّ قيم الزوايا التي سجّلها الطالب غير صحيحة.

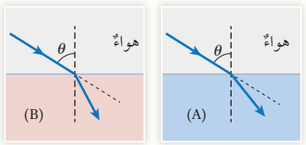
مراجعةُ الدرسِ

1 . **الفكرةُ الرئيسةُ:** أُوضّحُ المقصودَ بانكسارِ الضوءِ.

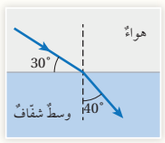
2 . **أستخدمُ الأرقامَ:** أحسبُ سرعةَ الضوءِ في الزركونِ (مادةٌ تُضافُ إلى المجوهراتِ لتقليدِ الماسِ)، إذا كانَ معاملُ انكسارِه (1.92).

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

4 . **أستنتجُ:** يبيّنُ الشكلُ انتقالَ شعاعٍ ضوئيٍّ منَ الهواءِ إلى وسطٍ شفّافٍ (A)، وإلى وسطٍ شفّافٍ آخرَ (B) بزاويةِ السقوطِ نفسِها. أُبيّنُ في أيِّ الوسطينِ (A) أو (B) تكونُ سرعةُ الضوءِ أكبرَ.



5 . **أستخدمُ الأرقامَ:** يبيّنُ الشكلُ الآتي انتقالَ شعاعٍ ضوئيٍّ منَ الهواءِ إلى وسطٍ شفّافٍ، معتمدًا على الشكلِ، أجدُ ما يأتي:

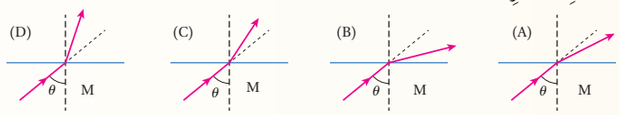


أ . زاويةَ السقوطِ.

ب . معاملَ انكسارِ الوسطِ الشفّافِ.

جـ . سرعةَ الضوءِ في الوسطِ الشفّافِ.

6 . **أستنتجُ:** تُبيّنُ الأشكالُ الآتيةُ انتقالَ شعاعٍ ضوئيٍّ منْ وسطٍ شفّافٍ (M) إلى أوساطٍ شفّافةٍ مختلفةٍ: (A, B, C, D). أُرتّبُ الأوساطَ الشفّافةَ منَ الوسطِ ذي معاملِ الانكسارِ الأكبرِ إلى الوسطِ ذي معاملِ الانكسارِ الأصغرِ.



7 . **التفكيرُ الناقدُ:** صمّمَ طالبٌ تجربةً لقياسِ معاملِ انكسارِ مادّةٍ شفّافةٍ، بإسقاطِ شعاعٍ ضوئيٍّ منَ الهواءِ على المادّةِ الشفّافةِ، وقياسِ زاويتَي السقوطِ والانكسارِ، فكانتْ زاويةُ السقوطِ تساوي (10°) وزاويةُ الانكسارِ تساوي (13°). فهلْ يمكنُ أنْ تكونَ القيمُ التي سجّلَها الطالبُ لزاويتَي السقوطِ والانكسارِ صحيحةً؟ أُوضّحُ ذلكَ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: التأمّل والتساؤل.**

أخبر الطلبة أنّ التأمّل والتساؤل يؤثّران إيجابًا في قدرتهم على التركيز والاستيعاب. وأنّ التأمّل في اتجاهات انحراف الأشعة الضوئيّة المُنكسرة في المسألة (6)، وطرح التساؤلات عن علاقة الانحراف بمُعامل الانكسار يسهم في حلّ المسألة بطريقة صحيحة.

الفكرةُ الرئيسةُ:
لانكسارِ الضوءِ تطبيقاتٌ عدّةٌ في حياتِنا، وتنشأُ عنْهُ ظواهرُ بصريّةٌ متنوّعةٌ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:
- أُحدّدُ شروطَ حدوثِ ظاهرةِ الانعكاسِ الكلّيِّ الداخليِّ عمليًّا.
- أُعبّرُ عنِ الانعكاسِ الكلّيِّ الداخليِّ بمعادلةٍ رياضيّةٍ.
- أَحسبُ الزاويةَ الحرجةَ.
- أَشرحُ عددًا منَ الظواهرِ الضوئيّةِ المرتبطةِ بظاهرةِ انكسارِ الضوءِ والانعكاسِ الكلّيِّ الداخليِّ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
زاويةٌ حَرِجةٌ Critical Angle
انعكاسٌ كلّيٌّ داخليٌّ Total Internal Reflection
سَرابٌ Mirage
أليافٌ ضوئيّةٌ Optical Fibers

لانكسارِ الضوءِ تطبيقاتٌ عدّةٌ في حياتِنا، فلا يكادُ جهازٌ بصريٌّ يخلو منْ دخولِ انكسارِ الضوءِ في مبدأِ عملِه، وتتعدّدُ الظواهرُ البصريّةُ (الضوئيّةُ) التي تحدثُ في الطبيعةِ التي تنشأُ بسببِ انكسارِ الضوءِ، وفي ما يأتي بعضُ التطبيقاتِ والظواهرِ البصريّةِ.

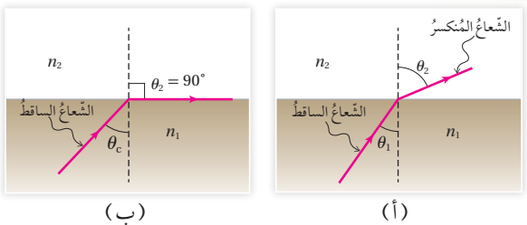
الانعكاسُ الكلّيُّ الداخليُّ والزاويةُ الحرجةُ
Total Internal Reflection and the Critical Angle

الزاويةُ الحرجةُ Critical Angle

تعلّمتُ في الدرسِ السابقِ أنّه عندَما ينتقلُ شعاعٌ ضوئيٌّ من وسطٍ شفّافٍ معاملُ انكسارِه (n_1) إلى وسطٍ آخرَ معاملُ انكسارِه (n_2) فإنّه ينكسرُ مُبتعِدًا عنِ العمودِ إذا كان $n_1 > n_2$، أيْ تكونُ زاويةُ انكسارِ الشعاعِ الضوئيِّ أكبرَ من زاويةِ سقوطِه، على نحوِ ما يظهرُ في الشكلِ (4/ أ)، ووفقًا لقانونِ سنِل

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

يمكنُ ملاحظةُ أنّه بزيادةِ زاويةِ السقوطِ (θ_1) تزدادُ زاويةُ الانكسارِ (θ_2)، ذلكَ أنّ معاملَي الانكسارِ (n_1 ، n_2) ثابتانِ للوسطينِ الشفّافينِ. ونظرًا إلى أنّ (θ_2) أكبرُ منْ (θ_1)، فإنّه عندَ زاويةِ سقوطٍ معيّنةٍ تكونُ زاويةُ الانكسارِ (90°)، عندَما يكونُ الشعاعُ الضوئيُّ المنكسِرُ مُلامِسًا للحدِّ الفاصلِ بينَ الوسطينِ الشفّافينِ، كما في الشكلِ (4/ ب). ويُطلقُ على زاويةِ سقوطِ



الشكلُ (4):
أ. زاويةُ السقوطِ أقلُّ منَ الزاويةِ الحرجةِ.
ب. زاويةُ السقوطِ تساوي الزاويةَ الحرجةَ.

(أ) (ب)

نشاط سريع

- أحضر منشورًا قائم الزاوية ومصدر ضوء ليزر.
- أطلبُ إلى أحد الطلبة إسقاط ضوء الليزر على أحد وجهي المنشور المُتعامدين بزاوية سقوط صغيرة، وأطلبُ إلى الطلبة ملاحظة مسار الأشعة الساقطة والمُنكسرة.
- أطلبُ إلى أحد الطلبة زيادة زاوية السقوط تدريجيًّا، وأطلبُ إلى الطلبة وصف ما يشاهدونه. بزيادة زاوية السقوط تزداد زاوية انكسار الشعاع الخارج من المنشور، وتكون زاوية انكسار الشعاع الخارج من المنشور أكبر من زاوية سقوطه. وعند زاوية سقوط معيّنة ينكسر الشعاع بزاوية (90°).
- أطلبُ إلى الطلبة تفسير مشاهداتهم. عند سقوط الشعاع الضوئي داخل المنشور بزاوية سقوط تسمّى الزاوية الحَرِجة؛ فإنّه ينكسر في الهواء بزاوية (90°).

أخطاء شائعة

قد يعتقد بعض الطلبة اعتقادًا غير صحيح أنّ الزاوية الحَرِجة هي الزاوية (90°)؛ لذا أؤكّد لهم أنّ الزاوية الحَرِجة هي زاوية السقوط التي يقابلها زاوية انكسار مقدارها (90°).

تطبيقات وظواهر بصريّة
Applications and Optical Phenomena

1 تقديم الدرس

الفكرة الرئيسة:
- أوضّحُ للطلبة أنّ مبدأ عمل الكثير من الأجهزة البصرية يعتمد على انكسار الضوء.
- أُبيّنُ للطلبة أنّ ظواهر بصرية متنوّعة تنشأ بسبب انكسار الضوء، وسيتعرّفون بعضها في هذا الدرس.

الربط بالمعرفة السابقة:
- أُذكّرُ الطلبة بما تعلّموه عن قانون سنل، وما يحدث للشعاع الضوئي عند انتقاله من وسط إلى وسط آخر مُعامل انكساره أقلّ.
- أُذكّرُ الطلبة بما درسوه سابقًا عن قانون الانعكاس.

2 التدريس

استخدام الصور والأشكال:
- أستخدمُ **التعلُّم التعاوني**، وأوزّعُ الطلبة في مجموعات.
- أوزّعُ الأدوار والمهمات على أفراد كلّ مجموعة.
- أوجّهُ انتباه الطلبة إلى الشكل (4)، وأطلبُ إلى أفراد كلّ مجموعة الإجابة عن الأسئلة الآتية:

– لماذا ينكسر الشعاع الضوئي مبتعدًا عن العمود في الشكلين (4/ أ، 4/ ب)؟ لأنّ مُعامل انكسار الوسط الثاني أقلّ منه للوسط الأول (وسط السقوط).

– ماذا حدث للشعاع الضوئي في الشكل (4/ ب)؟ أُفسّر إجابتي. انكسر الشعاع الضوئي بزاوية (90°).

– ماذا تسمى زاوية السقوط المقابلة لزاوية انكسار مقدارها 90°؟ الزاوية الحرجة.

- أطلبُ إلى كلّ مجموعة عرض إجاباتها أمام المجموعات الأُخرى.
- أُدير نقاشًا بين أفراد المجموعات للتوصُّل إلى الإجابة الصحيحة، وتصويب المفاهيم غير الصحيحة.

بناء المفهوم:

الزاوية الحَرِجة.

- أوجّهُ الطلبة إلى الاطّلاع على مَسرد المُصطلحات الوارد في نهاية كتاب الطالب، ثمّ قراءة تعريف مفهوم الزاوية الحَرِجة، ثم أسألهم السؤال الآتي:

– ما الشرط اللازم توافره للحصول على الزاوية الحَرِجة؟

أن ينتقل الشعاع الضوئي من وسط شفّاف إلى وسط شفّاف آخر مُعامل انكساره أقلّ.

المناقشة:

- أوضّحُ للطلبة مفهوم الزاوية الحَرِجة، ثم أسألهم:

– ما رمز الزاوية الحَرِجة؟ (θ_c).

– ماذا أستنتج من العلاقة $(\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1})$ عن شرط حدوث الزاوية الحَرِجة؟ أُفسّر إجابتي.

أكبر قيمة لجيب الزاوية تساوي (1)، ولحدوث الزاوية الحرجة يجب أن يكون $(n_1 > n_2)$؛ أي يجب أن ينتقل الشعاع الضوئي من وسط شفّاف إلى وسط شفّاف آخر مُعامل انكساره أقلّ منه لوسط السقوط.

- أُدير نقاشًا بين الطلبة للتوصُّل إلى الإجابة الصحيحة، وتصويب المفاهيم غير الصحيحة.

مثال إضافي

الزاوية الحَرِجة للضوء عند انتقاله من وسط شفّاف إلى الهواء تساوي (24.4°)، فما مُعامل انكسار مادة الوسط؟ وما هذا الوسط؟ أستعين بالجدول (1).

الحلّ:

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

$$n = \frac{1}{\sin 24.4^\circ} = 2.42$$

بالرجوع إلى الجدول (1)؛ أجد أنّ هذه المادة هي الماس.

الربطُ بالحياةِ

- أوجّهُ الطلبة إلى قراءة النص الوارد في بند (الربط بالحياة)، وأناقشُهم في أهمية تصميم قطع الماس بأشكال معيّنة تجعله يظهر مُتلألئًا عند سقوط ضوء عليه، وأوجّهُ انتباههم إلى الشكل المدرج في كتاب الطالب.

أفكّرُ: كيفَ يمكنُ الاستفادةُ منْ فكرةِ الزاويةِ الحرجةِ في حسابِ معاملِ انكسارِ الوسطِ الشفّافِ؟

الربطُ بالحياةِ

تبلغُ الزاويةُ الحرجةُ للماسِ نحوَ 24.4° تقريبًا، وعليهِ عندَما يدخلُ الضوءُ إلى الماسِ يحدثُ لهُ العديدُ منَ الانعكاساتِ الكليّةِ الداخليّةِ، إذْ يُصمَّمُ سطحُه الخارجيُّ بأوجهٍ متعددةٍ تجعلُ الضوءَ يتركّزُ ويخرجُ منْ أماكنَ معينةٍ، تكونُ زاويةُ سقوطِهِ عندَها أقلَّ منْ 24.4°، فيظهرُ متلألئًا منْ هذهِ الأماكنِ.

الشعاعِ الضوئيِّ التي تقابلُها زاويةُ انكسارٍ مقدارُها (90°) اسمُ: **الزاويةِ الحرجةِ Critical angle**، ويُرمزُ إليها بالرمزِ (θ_c).

وبتعويضِ $(\theta_1 = \theta_c)$ و $(\theta_2 = 90^\circ)$ في قانونِ سنِل ينتجُ:

$$n_1 \sin\theta_c = n_2 \sin 90^\circ$$ ، ومنها:

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

أُلاحظُ منَ المعادلةِ السابقةِ أنَّ $(n_1 > n_2)$، لأنَّ أكبرَ قيمةٍ لجيبِ الزاويةِ يساوي واحدًا، وهذا يعني أنَّهُ يمكنُ الحصولُ على الزاويةِ الحرجةِ فقطْ عندَما ينتقلُ الشعاعُ الضوئيُّ منْ وسطٍ شفافٍ إلى وسطٍ شفافٍ آخرَ، معاملُ انكسارِهِ أقلُّ. وإذا انتقلَ الضوءُ منْ وسطٍ شفّافٍ إلى الفراغِ (الهواءِ)، على أنْ تكونَ زاويةُ سقوطِهِ في الوسطِ الشفّافِ تساوي الزاويةَ الحرجةَ، فإنَّ $(n_1 = n)$ ، $(n_2 = 1)$، وتكونُ عندَها (θ_c) الزاويةَ الحرجةَ للوسطِ الشفّافِ، أيْ إنَّ:

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

حيثُ n: معاملُ انكسارِ الوسطِ الشفّافِ.

المثالُ 5

أَحسبُ الزاويةَ الحرجةَ للماءِ، علمًا أنَّ معاملَ انكسارِ الماءِ (1.33).

المُعطياتُ: $n = 1.33$.

المطلوبُ: $\theta_c = ?$.

الحلُّ:

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

$$\theta_c = 48.6^\circ$$

تمرين

أستخدمُ الأرقامَ: أحسبُ الزاويةَ الحرجةَ لقالبٍ منَ الزجاجِ معاملُ انكسارِه (1.5).

أفكّرُ:

- أستخدمُ **التفكير الناقد**، فأوزّعُ الطلبة في مجموعات ليساعد بعضهم بعضًا، ثمّ أوجّهُهم إلى قراءة سؤال أُفكّرُ.
- أمنحُ الطلبة الوقت الكافي للإجابة عن السؤال، وأتجول بينهم أثناء ذلك للإجابة عن استفساراتهم.
- بعد انتهاء الوقت المخصص، أُنظّمُ نقاشًا بين الطلبة للتوصّل إلى الإجابة الصحيحة، وهي: عن طريق إسقاط شعاع ضوئي في الوسط الشفاف على أن يخرج موازيًا لأحد أوجهه الخارجية الملامسة للهواء، ثمّ قياس زاوية السقوط في الوسط الشفاف التي تساوي في هذه الحالة الزاوية الحَرِجة له، وبتطبيق العلاقة: $\sin\theta_c = \frac{1}{n}$ نحسب مُعامل الانكسار للوسط الشفاف (n).

تمرين

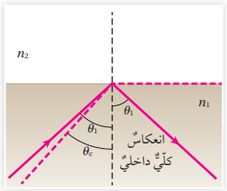
$$\sin\theta_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.5} = 0.67$$

$$\theta_c = 42.1^\circ$$

الانعكاسُ الكليُّ الداخليُّ Total Internal Reflection

عندَما ينتقلُ شعاعٌ ضوئيٌّ منْ وسطٍ شفافٍ إلى وسطٍ شفافٍ آخرَ، معاملُ انكسارِهِ أقلُّ، وكانتْ زاويةُ سقوطِ الشعاعِ الضوئيِّ أكبرَ منَ الزاويةِ الحرجةِ، فإنَّ الشعاعَ ينعكسُ كليًّا في الوسطِ الذي سقطَ فيهِ، وتكونُ زاويةُ السقوطِ مساويةً لزاويةِ الانعكاسِ، وفقًا لقانونِ الانعكاسِ الذي دُرِّسَ في صفٍّ سابقٍ، كما في الشكلِ (5). ويُطلقُ على العمليّةِ التي تنعكسُ فيها الأشعّةُ الضوئيّةُ كُليًّا في الوسطِ الذي سقطتْ فيهِ اسمُ: **الانعكاسِ الكلّيِّ الداخليِّ Total internal reflection.**

وللتحقُّقِ منْ ذلكَ عمليًّا، يمكنُ إجراءُ التجربةِ الآتيةِ:



الشكلُ (5): زاويةُ سقوطِ الشعاعِ الضوئيِّ أكبرُ من الزاويةِ الحرجةِ.

التجربةُ 2

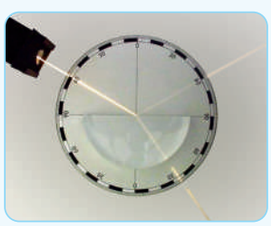
الانعكاسُ الكليُّ الداخليُّ

الموادُّ والأدواتُ: صندوقٌ ضوئيٌّ، قرصٌ زجاجيٌّ نصفُ دائريٍّ معاملُ انكسارِهِ معلومٌ، مِنقلةٌ دائريّةٌ، ورقٌ أبيضُ (A4)، قلمٌ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ من سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدمينِ.

خطواتُ العملِ:

1- أُثبّتُ ورقةً بيضاءَ على سطحِ الطاولةِ وأضعُ فوقَها المِنقلةَ الدائريّةَ، ثمَّ أضعُ القرصَ الزجاجيَّ عندَ منتصفِ المِنقلةِ على أنْ ينطبقَ مركزُ القرصِ على مركزِ المِنقلةِ.



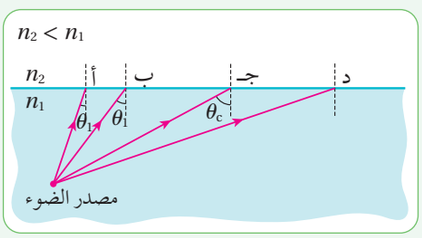
2- أُعَلّمُ بالقلمِ حولَ القرصِ الدائريِّ، ثمَّ أنشئُ بالقلمِ عمودًا على الوجهِ المستوي للقرصِ منْ مركزِهِ.

3- أُسقِطُ حزمةً ضوئيّةً ضيقةً منَ الصندوقِ الضوئيِّ على الوجهِ المستوي منَ القرصِ، على أنْ تكونَ موازيةً لسطحِ الورقةِ، وتصنعَ زاويةً معَ العمودِ المرسومِ في الخطوةِ (2) كما في الشكلِ المجاورِ، ثمَّ أقيسُ زاويتَي السقوطِ والانكسارِ.

4- أَزيدُ من زاويةِ سقوطِ الشعاعِ تدريجيًّا حتى أصلَ إلى أكبرِ زاويةِ سقوطٍ ممكنةٍ، عندَما يكونُ الشعاعُ الساقطُ محاذيًا للوجهِ المستوي منَ القرصِ، وألاحظُ تغيّرَ زاويةِ الانكسارِ معَ زيادةِ زاويةِ السقوطِ.

التعزيز:

- أستخدمُ **التفكيرَ الناقدَ**، وأوزّعُ الطلبةَ في مجموعاتٍ. ثم أوزّعُ على الطلبةِ أوراقًا تحوي الشكلَ الآتي الذي يُمثّلُ مصدرًا ضوئيًّا في قاعِ حوضِ ماءٍ تسقطُ أشعّتُه على سطحِ الماءِ بزواياَ مختلفةٍ.



- أطلبُ إلى كلّ مجموعةٍ إكمالَ مساراتِ الأشعةِ الساقطةِ عندَ النقاطِ (أ، ب، جـ، د)، ثم تبرّرَ كُلٌّ منها رسوماتِها أمامَ المجموعاتِ الأُخرى.
- أتقبّلُ إجاباتِ الطلبةِ جميعِها، وأناقشُهم فيها للتوصّلِ إلى الإجابةِ الصحيحةِ. عند زوايا سقوطٍ أقلّ من الزاويةِ الحَرِجةِ أو تساويها توجد أشعة منعكسة وأشعة منكسرة. أما عند زوايا سقوطٍ أكبر من الزاويةِ الحَرِجةِ؛ فتوجد أشعة منعكسة فقط.

استخدامُ الصورِ والأشكالِ:

- أوجّهُ الطلبةَ إلى دراسةِ الشكلِ (5)، ثمّ أسألهم:

– ما العلاقةُ بينَ مُعاملي انكسارِ الوسطينِ (n_1) و(n_2)؟ مُعامل انكسارِ وسطِ السقوطِ (n_1) أكبرُ منه للوسطِ الثاني (n_2).

– ماذا حدثَ للشعاعِ الضوئيِّ عندَ سقوطِهِ بزاويةٍ (θ_c)؟ ينكسرُ بزاويةٍ (90°).

– ماذا حدثَ للشعاعِ الضوئيِّ عندَ سقوطِهِ بزاويةٍ أكبرَ من (θ_c)؟ حدثَ له انعكاسٌ كلّيٌّ داخليٌّ، حيثُ لا ينفذُ إلى الوسطِ الثاني، ويحقّقُ قانونَ الانعكاسِ.

- أتقبّلُ إجاباتِ الطلبةِ وأناقشُهم فيها للتوصلِ إلى الإجاباتِ الصحيحةِ.

إضاءةٌ للمُعلّمِ / للمعلّمةِ

عندما تسقطُ الأشعةُ الضوئيّةُ بزواياَ سقوطٍ أقلّ من (θ_c) على الحدّ الفاصلِ بينَ وسطينِ شفّافينِ؛ توجدُ أشعّةٌ تنعكسُ عندَه، كما توجدُ أشعّةٌ تنفذُ إلى الوسطِ الثاني وتنكسرُ فيه. أمّا عندَ زواياَ سقوطٍ أكبرَ من الزاويةِ الحَرِجةِ فلا توجدُ أيّ أشعّةٍ منكسرةٍ، وسوفَ ينعكسُ الضوءُ كلّه في وسطِ السقوطِ.

التجربة 2

الانعكاس الكُلّي الداخلي

الهدف:

– التوصّل إلى شروطِ حدوثِ ظاهرةِ الانعكاسِ الكُلّي الداخلي عمليًّا.

– قياسُ الزاويةِ الحَرِجةِ عمليًّا.

زمنُ التنفيذِ: 30 دقيقة.

إرشاداتُ السلامةِ: أوجّهُ الطلبةَ إلى ارتداءِ المعطفِ، واستخدامِ النظاراتِ الواقيةِ للعينينِ، وأطلبُ إليهم الحذرَ من سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدمينِ.

المهاراتُ العلميةُ: القياسُ، تحليلُ البياناتِ وتفسيرُها، الاستنتاجُ.

الإجراءاتُ والتوجيهاتُ:

- أوجّهُ الطلبةَ إلى الاستعانةِ بكتابِ الأنشطةِ والتجاربِ العمليةِ عندَ إجراءِ التجربةِ، والاطّلاعِ على الخلفيةِ النظريةِ للتجربةِ.
- ألفتُ انتباهَ الطلبةِ إلى ضرورةِ تجنّبِ خطأِ زاويةِ النظرِ.

النتائج المُتوقَّعة:

سيلاحظ الطلبة حدوث الانعكاس الكُلّي الداخلي عند انتقال الشعاع الضوئيّ من القُرص الزجاجيّ إلى الهواء؛ لأنّ مُعامل انكسار الزجاج (وسط السقوط) أكبر منه للهواء.

التحليل والاستنتاج:

1. زوايا السقوط أكبر من زوايا الانكسار.
2. لا؛ لا يحدث الانعكاس الكُلّي الدّاخلي عندما ينتقل الضوء من الوسط الشفّاف ذي مُعامل الانكسار الأقلّ إلى الوسط الشفّاف ذي مُعامل الانكسار الأكبر.
3. زوايا الانكسار أكبر من زوايا السقوط.
4. نعم؛ يمكن أن يحدث الانعكاس الكُلّي الدّاخلي عندما ينتقل الضوء من الوسط الشفاف ذي مُعامل الانكسار الأكبر إلى الوسط الشفاف ذي مُعامل الانكسار الأقلّ.
5. ستختلف الإجابات حسب مُعامل انكسار مادة القُرص الزجاجيّ.
6. ستختلف الإجابات حسب مُعامل انكسار مادة القرص الزجاجيّ وحسب قياسات الطلبة للزاوية.
7. ستختلف الإجابات حسب قياسات الطلبة، غير أنّ قياسات الزاويتين يجب أن تكون متساويةً حسب قانون الانعكاس.
8. أن ينتقل الضوء من الوسط الشفاف ذي مُعامل الانكسار الأكبر إلى الوسط الشفاف ذي مُعامل الانكسار الأقلّ، وأن تكون زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحَرِجة.
9. الأخطاء الناتجة عن التقديرات المتعلقة بقراءة زاويتي السقوط والانكسار، الخطأ الصفري نتيجة عدم انطباق العمود الذي يتم انشاؤه على الوجه المستوي للقرص مع صفر المنقلة، خطأ زاوية النظر.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **بناء الشخصية: المشاركة.**

أخبر الطلبة أنّ المشاركة في العمل الجماعي من المهارات التي تسهم في البناء السليم لشخصية الفرد؛ فمشاركة الطلبة بعضهم بعضًا في تنفيذ خطوات التجربة والتوصل إلى نتائج مشتركة يسهم في صقل شخصياتهم، وتنظيم انفعالاتهم، وتحدّد أطباعهم واستجاباتهم العقلانية في المواقف الصعبة.

5- أُغيّرُ الجهةَ التي تسقطُ فيها الحزمةُ الضوئيّةُ، مُراعِيًا سقوطَها على الوجهِ الدائريِّ منَ القرصِ، بزاويةِ سقوطٍ تجعلُ الشعاعَ يخرجُ منَ الجهةِ المقابلةِ منَ القرصِ، ولتكنْ مثلًا (30°)، ثمَّ أقيسُ زاويةَ الانكسارِ.

6- أَزيدُ منْ زاويةِ سقوطِ الشعاعِ تدريجيًّا حتى يخرجَ الشعاعُ الضوئيُّ منَ القرصِ ملامسًا للوجهِ المستوي منهُ، وأقيسُ زاويةَ السقوطِ.

7- أَزيدُ زاويةَ السقوطِ عنْ تلكَ المقيسةِ في الخطوةِ السابقةِ، وأُلاحظُ مسارَ الحزمةِ الضوئيّةِ، ثمَّ أقيسُ الزاويةَ التي تصنعُها الحزمةُ معَ العمودِ.

8- أكرّرُ الخطوةَ السابقةَ مرتينِ إلى ثلاثِ مرّاتٍ، وأدوّنُ زاويتَي السقوطِ والانعكاسِ في كلِّ مرّةٍ في الجدولِ المجاورِ:

رقمُ المحاولةِ	زاويةُ السقوطِ (θ_i)	زاويةُ الانعكاسِ (θ_r)
1		
2		
3		
4		

التحليلُ والاستنتاجُ

1. **أُقارنُ** بينَ زوايا السقوطِ وزوايا الانكسارِ المقيسةِ في الخطوتينِ (3، 4). أيُّها أكبرُ؟
2. **أَستنتجُ**: بناءً على مقارنةِ زوايا السقوطِ بزوايا الانكسارِ في الخطوةِ السابقةِ، هلْ يمكنُ أنْ يحدثَ انعكاسٌ كلّيٌّ داخليٌّ عندَما تنتقلُ الحزمةُ الضوئيةُ منَ الهواءِ إلى الزجاجِ؟ أوضّحُ إجابتي.
3. **أُقارنُ** بينَ زوايا السقوطِ وزوايا الانكسارِ المقيسةِ في الخطوتينِ (5، 6). أيُّها أكبرُ؟
4. **أَستنتجُ**: بناءً على مقارنةِ زوايا السقوطِ بزوايا الانكسارِ في الخطوةِ السابقةِ، هلْ يمكنُ أنْ يحدثَ انعكاسٌ كلّيٌّ داخليٌّ عندَما تنتقلُ الحزمةُ الضوئيّةُ منَ الزجاجِ إلى الهواءِ؟ أوضّحُ إجابتي.
5. **أستخدمُ الأرقامَ**: أحسبُ الزاويةَ الحرجةَ باستخدامِ العلاقةِ: $\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$، حيثُ:
   n_1: معاملُ انكسارِ القرصِ الزجاجيِّ، n_2: معاملُ انكسارِ الهواءِ.
6. **أُقارنُ** بينَ الزاويةِ الحرجةِ المحسوبةِ في الخطوةِ السابقةِ، والمقيسةِ في الخطوةِ (6) أعلاهُ، وأُفسّرُ أيَّ اختلافٍ بينَهُما.
7. **أَستنتجُ**: هلْ تختلفُ قيمُ (θ_i) عنْ قيمِ (θ_r) المدوَّنةِ في الجدولِ؟ أوضّحُ إجابتي.
8. **أَستنتجُ** شروطَ حدوثِ ظاهرةِ الانعكاسِ الكلّيِّ الداخليِّ.
9. **أتوقّعُ** مصادرَ الخطأِ المُحتَملةَ في التجربةِ.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء.

أداة التقويم: سُلَّم تقدير عددي.

الاسم	العلامات			
	4	3	2	1

المهام:

1: تنفيذ خطوات التجربة بصورة صحيحة ودقيقة.

2: تدوين القراءات بشكل دقيق وبموضوعية.

3: **استنتاج** العلاقة بين الزاويتين المُدوّنتين في الجدول.

4: شرطي حدوث ظاهرة الانعكاس الكُلّي الداخلي.

العلامات:

4: تنفيذ أربع مهمّات بصورة صحيحة.

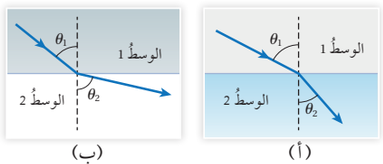
3: تنفيذ ثلاث مهمّات بصورة صحيحة.

2: تنفيذ مهمتين بصورة صحيحة.

1: تنفيذ مهمة واحدة بصورة صحيحة.

المثالُ 6

أُبيّنُ أيُّ الشكلينِ (أ، ب) يمكنُ أنْ يُحقّقَ شروطَ حدوثِ انعكاسٍ كلّيٍّ داخليٍّ عندَما تسقطُ الأشعّةُ الضوئيّةُ في الوسطِ الأولِ.



المُعطياتُ: الشكلُ (أ) فيهِ زاويةُ السقوطِ أكبرُ من زاويةِ الانكسارِ، الشكلُ (ب) فيهِ زاويةُ السقوطِ أقلُّ من زاويةِ الانكسارِ.

المطلوبُ: أُحدّدُ أيُّ الشكلينِ يُحقّقُ شروطَ الانعكاسِ الكلّيِّ الداخليِّ معَ بيانِ السببِ.

الحلُّ:

الشكلُ (ب)، لأنَّ $(\theta_1 < \theta_2)$ وهذا يدُلُّ بحسبِ قانونِ سنِل على أنَّ $(n_1 > n_2)$، أيْ أنَّ الضوءَ ينتقلُ منَ الوسطِ ذي معاملِ الانكسارِ الأكبرِ إلى الوسطِ ذي معاملِ الانكسارِ الأصغرِ، وحتى تنعكسَ الأشعّةُ الضوئيّةُ انعكاسًا كلّيًا داخليًا في الوسطِ الأولِ، يجبُ أنْ تسقطَ بزاويةٍ أكبرَ منَ الزاويةِ الحرجةِ.

المثالُ 7

في المثالِ السابقِ، إذا كانَ مُعامِلا الانكسارِ للوسطينِ الأولِ والثاني على الترتيبِ للشكلِ (ب): 1.8 ، 1.3، فأَحسبُ الزاويةَ الحرجةَ في الوسطِ الأولِ.

المُعطياتُ: $n_2 = 1.3$ ، $n_1 = 1.8$.

المطلوبُ: $\theta_c = ?$.

الحلُّ:

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

$$\theta_c = 46.2^\circ$$

وحتى يحدثَ انعكاسٌ كلّيٌّ داخليٌّ يجبُ أن تزيدَ زاويةُ السقوطِ في الوسطِ الأولِ على (46.2°).

إضاءة للمُعلّم / للمعلّمة

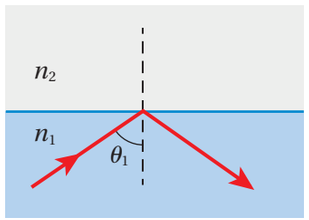
لظاهرة الانعكاس الكُلّي الداخلي تطبيقاتٌ متعدّدة خاصة في الأجهزة البصرية، حيث تُستخدم المناشير في بعض هذه الأجهزة بدلًا عن المرايا؛ لأنّ المنشور يعكس الضوء بكفاءة أكبر من المرايا، كما أنّه مقاوم للخدش.

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن تجارب عمليّة مصوّرة توضّح الانعكاس الكُلّي الداخلي، علمًا أنّه يُمكنني إعداد عروض تقديمية تُثري موضوع الدرس. أُشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق صفحة المدرسة الإلكترونية، أو باستخدام أحد التطبيقات المناسبة، أو استعمال أيّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

مثال إضافي

سقط شعاع ضوئي على الحدّ الفاصل بين وسطين شفّافين مختلفين؛ فانعكس كما هو موضّح في الشكل. أُجيب عمّا يأتي:



أ. أيُّ الوسطين مُعامل انكساره أكبر؟

ب. أيُّ الوسطين سرعة الضوء فيه أكبر؟

جـ. هل زاوية السقوط أقلّ من الزاوية الحَرِجة أم تساويها أم أكبر منها؟ أُفسّر إجابتي.

الحلّ:

أ. الوسط (n_1)؛ لأنّ الشعاع انعكس فيه ولم ينفذ إلى الوسط الثاني (n_2).

ب. الوسط الثاني (n_2)؛ لأنّ مُعامل انكساره أقلّ.

جـ. أكبر من الزاوية الحَرِجة؛ لأنّ الشعاع الضوئي انعكس في الوسط الأول ولم ينفذ إلى الوسط الثاني.

مثال إضافي

مُعامل انكسار الماس (2.42). ما الزاوية التي يسقط بها شعاع ضوئي داخل الماس حتى ينعكس انعكاسًا كُليًّا داخليًّا، علمًا أنّ الوسط المحيط به هو الهواء؟

الحلّ:

بدايةً؛ أجد الزاوية الحَرِجة للماس:

$$\sin\theta_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{2.42} = 0.41$$

$$\theta_c = 24.2^\circ$$

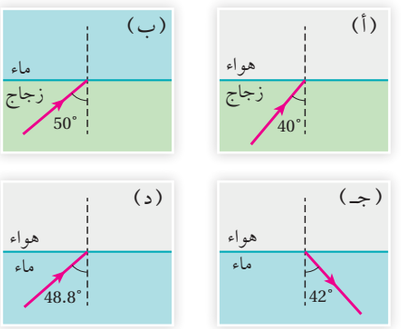
كي يحدث انعكاس كلّيٌّ داخليّ؛ يجب أن تزيد زاوية السقوط في الماس على (24.2°).

ورقة العمل (3)

أوزّعُ الطلبة في مجموعات، ثم أزوّدُ أفراد كلّ مجموعة بورقة العمل (3) المتضمنة في الملحق، وأوجّهُهم إلى الحلّ، وأمنحُهم وقتًا كافيًا، ثم نناقش الحلّ معًا.

مثال إضافي

أكمل رسم مسارات الأشعة في الأشكال الآتية، علمًا أنّ مُعامل انكسار الماء (1.33)، ومُعامل انكسار الزجاج (1.5).



الحلّ:

لإكمال مسارات الأشعة؛ يلزم إيجاد الزاوية الحَرِجة للحالات التي تتضمن انتقال الشعاع الضوئي إلى وسط مُعامل انكسارُه أقلّ منه لوسط السقوط.

زجاج إلى هواء: $\sin\theta_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.5} = 0.67$

$\theta_c = 42.1^\circ$

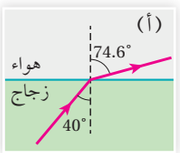
زجاج إلى ماء: $\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1.33}{1.5} = 0.887$

$\theta_c = 62.51^\circ$

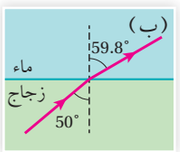
ماء إلى هواء: $\sin\theta_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.33} = 0.752$

$\theta_c = 48.8^\circ$

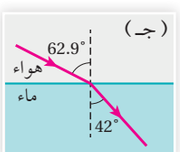
بناء على هذه الزوايا الحَرِجة يكون رسمُ مسارات الأشعّة كما يأتي:



الشكل (أ): ينتقل الشعاع الضوئي إلى وسط مُعامل انكسارُه أقلّ منه لوسط السقوط، وزاوية السقوط أقلّ من الزاوية الحَرِجة؛ فينكسر مُبتعدًا عن العمود.



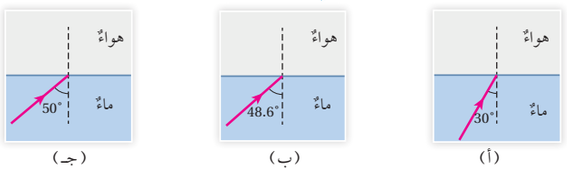
الشكل (ب): ينتقل الشُعاع الضوئي إلى وسط مُعامل انكسارُه أقلّ منه لوسط السقوط، وزاوية السقوط أقلّ من الزاوية الحَرِجة؛ فينكسرُ مُبتعدًا عن العمود.



الشكل (جـ): ينتقل الشُعاع الضوئي إلى وسط مُعامل انكسارُه أكبر منه لوسط السقوط؛ فينكسرُ مُقتربًا من العمود؛ لذا تُرسم زاوية السقوط أكبر من زاوية الانكسار.

المثالُ 8

أُكملُ مساراتِ الأشعّةِ في الأشكالِ الآتيةِ لتوضيحِ مسارِ الضوءِ في كلِّ حالةٍ:



المُعطياتُ: زوايا السقوطِ بِحسبِ الأشكالِ

على الترتيبِ: الشكلُ (أ): 30°

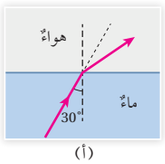
الشكلُ (ب): 48.6°

الشكلُ (جـ): 50°

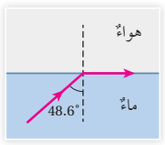
الزاويةُ الحرجةُ للماءِ تساوي 48.6° (من مثال 5)

المطلوبُ: إكمالُ مساراتِ الأشعّةِ.

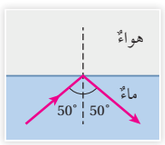
الحلُّ:



للشكلِ (أ): زاويةُ السقوطِ أقلُّ منَ الزاويةِ الحرجةِ للماءِ، والشعاعُ الضوئيُّ يتّجهُ منْ وسطٍ شفّافٍ معاملُ انكسارِه أكبرُ منْ معاملِ انكسارِ الوسطِ الشفافِ الآخرِ؛ لذا سينكسرُ الشعاعُ الضوئيُّ عندَ الحدِّ الفاصلِ مُبتعِدًا عنِ العمودِ، كما في الشكلِ المجاورِ.

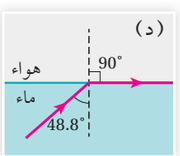


للشكلِ (ب): زاويةُ السقوطِ تساوي الزاويةَ الحرجةَ للماءِ؛ لذا سينكسرُ الشعاعُ الضوئيُّ عندَ الحدِّ الفاصلِ بزاويةٍ تساوي 90°، أيْ يكونُ مُلامِسًا للحدِّ الفاصلِ بينَ الوسطينِ، كما في الشكلِ المجاورِ.



للشكلِ (جـ): زاويةُ السقوطِ أكبرُ منَ الزاويةِ الحرجةِ للماءِ؛ لذا سينعكسُ الشعاعُ الضوئيُّ انعكاسًا كليًّا داخليًّا عندَ الحدِّ الفاصلِ بزاويةٍ تساوي زاويةَ السقوطِ، كما في الشكلِ المجاورِ.

✓ **أتحقّقُ:** ما المقصودُ بالانعكاسِ الكلّيِّ الداخليِّ؟



الشكل (د): ينتقل الشعاع الضوئي إلى وسط مُعامل انكسارُه أقلّ منه لوسط السقوط، وزاوية السقوط تساوي الزاوية الحَرِجة؛ فينكسر ملامسًا الحدّ الفاصل بين الوسطين.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ **التفكير: التحليل.**

أخبر الطلبة أنّ تحليل السؤال إلى أبعاده الأساسية يؤدي إلى فهم السؤال والوصول إلى الإجابة الصحيحة بسهولة؛ فقراءة الأمثلة وتحليلها تُسهمان في فهم أسئلة مشابهة وتحليلها، ممّا يعمّق فهمنا لموضوع الدرس.

✓ **أتحقّق:** الانعكاس الكُلّي الداخلي هو العمليّةُ التي تنعكسُ فيها الأشعّةُ الضوئيّة كُليًّا في الوسطِ الذي سقطتْ فيه.

(ب)

(أ)

السّرابُ Mirage

يُشيرُ **السّرابُ Mirage** عادةً إلى الخداعِ البصريِّ الذي يُرى في الصحراءِ، حيثُ يرى الشخصُ صورةَ جسمٍ بعيدٍ على أنَّه بركةُ ماءٍ، كما في الشكلِ (6/ أ). ويُرى السّرابُ أيضًا في مناطقَ أُخرى في أيامِ الصيفِ الحارّةِ، ولاسيّما على الطرقاتِ، كما في الشكلِ (6/ ب). ويُطلَقُ على هذا النوعِ منَ السّرابِ اسمُ: السّرابِ الصحراويِّ (السُّفليِّ) Inferior mirage، على عكسِ نوعٍ آخرَ مختلفٍ من السّرابِ يُسمّى: السّرابَ القطبيَّ (العُلويَّ) Superior mirage، الذي يُشاهَدُ في المناطقِ القطبيّةِ الباردةِ. فالسّرابُ عمومًا، ظاهرةٌ طبيعيةٌ تحدثُ نتيجةَ انكساراتٍ متتاليةٍ للضوءِ خلالَ طبقاتِ الهواءِ القريبةِ منْ سطحِ الأرضِ. وفي ما يأتي توضيحٌ لسببِ تكوّنِ نوعَي السّرابِ، الصحراويِّ والقطبيِّ:

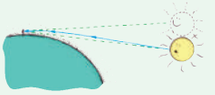
السَّرابُ الصحراويُّ Inferior Mirage

في أيامِ الصيفِ الحارّةِ، يكونُ الهواءُ الملامسُ لسطحِ الأرضِ وقتَ الظهيرةِ ساخنًا جدًّا، وتقلُّ سخونتُه بالابتعادِ عنْ سطحِ الأرضِ، أيْ إنَّ درجةَ الحرارةِ تتناقصُ معَ الارتفاعِ. ومنَ المعلومِ أنَّ معاملَ انكسارِ الهواءِ يزدادُ بنقصانِ درجةِ حرارتِه؛ لذا يزدادُ معاملُ الانكسارِ معَ الارتفاعِ عن سطحِ الأرضِ. فالأشعّةُ الضوئيةُ القادمةُ منْ جسمٍ مرتفعٍ بعيدٍ نسبيًّا يحدثُ لها انكساراتٌ متتاليةٌ عندَ انتقالِها خلالَ طبقاتِ الهواءِ، بسببِ اختلافِها في معاملِ الانكسارِ، حيثُ تنكسرُ

الشكلُ (6): السّرابُ كما يظهرُ:
أ . في الصحراءِ.
ب. على الطرقاتِ.

الربطُ بعلمِ الفضاءِ

عندَما نشاهدُ غروبَ الشمسِ، نراها دقائقَ عدّةً بعدَ أنْ تختفيَ وراءَ الأفقِ. نظرًا إلى أنَّ الضوءَ القادمَ منَ الشمسِ تحدثُ لهُ انكساراتٌ متعدّدةٌ بعدَ دخولِه الغلافَ الجويَّ، إذْ تزدادُ كثافةُ طبقاتِ الغلافِ الجويِّ تدريجيًّا كلَّما اتّجهْنا نحوَ الأسفلِ، فتزدادُ معاملاتُ انكسارِها؛ لذا فإنَّ مسارَ الضوءِ ينحني تدريجيًّا نحوَ سطحِ الأرضِ، فيرى مراقبٌ على الأرضِ الشمسَ على امتدادِ آخرِ شعاعٍ يصلُه منها.



الربطُ بعلمِ الفضاءِ

أوجّهُ الطلبة إلى قراءة النص الوارد في بند (الربط بعلم الفضاء)، وأناقشُهم في كيفية تمكّننا من رؤيةِ قُرص الشمس دقائق عدّة بعد أن تختفي وراء الأفق، وربط النقاش بانكسار أشعة الشمس أثناء مرورها في طبقات الغلاف الجويّ، نتيجة تغيّر كثافة طبقات الغلاف الجويّ، حيث تزداد كثافتُها تدريجيًّا كلّما اتجهنا نحو الأسفل، فتزداد مُعاملات انكسار هذه الطبقات.

بناء المفهوم:

السراب.

- أوجّهُ الطلبة إلى الاطّلاع على مَسرد المُصطلحات الوارد في نهاية كتاب الطالب، ثمّ قراءة تعريف مفهوم السراب، ثم أسألهم:

– ما نوعا السراب؟ السراب الصحراويّ، والسراب القطبيّ.

المناقشة:

- أستخدمُ **أُفكّرُ، أنتقي زميلًا / زميلةً، أُشارك**؛ فأوزّعُ الطلبة في مجموعات، ثمّ أطلبُ إليهم الإجابة عن الأسئلة الآتية:

– ما سبب حدوث السراب؟ نتيجة حدوث انكسارات متتالية للضوء خلال طبقات الهواء القريبة من سطح الأرض؛ حيث تختلف هذه الطبقات في درجة حرارتها، وبالتالي تختلف في مُعاملات انكسارها.

– أيُّ طبقات الهواء يكون مُعامل انكسارها أكبر في الصيف؟ طبقات الهواء الأبعد عن سطح الأرض يكون مُعامل انكسارها أكبر من تلك الملامسة له؛ لأنّ سخونة الهواء تقلّ بالابتعاد عن سطح الأرض، ومُعامل انكسار الهواء يزداد بنقصان درجة حرارته.

– كيف نرى الأجسام نتيجة السراب الصحراويّ؟ نراها مقلوبة على سطح الأرض.

- أُتيح للطلبة الوقت الكافي للإجابة عن الأسئلة فُرادى، ثم أطلبُ إلى كل طالبين/ طالبتين التشارُك في الأفكار، ثم عرضها على أفراد المجموعات.
- أُدير نقاشًا بين الطلبة للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية: الحِوار**

أخبرُ الطلبة أنّ الحوار من المهارات الشخصية التي تُساعد الفرد في تكوين علاقات إيجابية مع الآخرين، والتكيّف مع المجتمع الذي يعيش فيه؛ فمحاورة الطالب لزميله أثناء مناقشتهما معًا موضوع السراب يعمل على تقوية العلاقة الشخصية وزيادة الثقة المتبادلة بينهما، وتُرسّخ ثقتهما بما يتوصلان إليه من نتائج.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أستخدمُ **الطاولة المستديرة**، فأوزّعُ الطلبة في مجموعات، بحيث يتفاعل الجميع معًا، وألفِتُ انتباههم إلى دراسة الشكل (7)؛ إذ يوضّحُ ظاهرة السراب الصحراويّ، ثمّ أسألُهم:

– في أيّ اتجاه تنكسرُ الأشعة الضوئيّة المنتقلة من الجسم إلى عين المراقب في الشكل (7/ أ)؟ تنكسر مُبتعدة عن العمود؛ لأنّه بالحركة إلى أسفل يقلّ مُعامل الانكسار نتيجة الارتفاع في درجة حرارة الهواء.

– ما الذي يحدث للأشعة الضوئيّة في أثناء انتقالها خلال طبقات الهواء؟ يحدث لها انكسارات متتالية خلال هذه الطبقات بسبب اختلافها في مُعامل الانكسار.

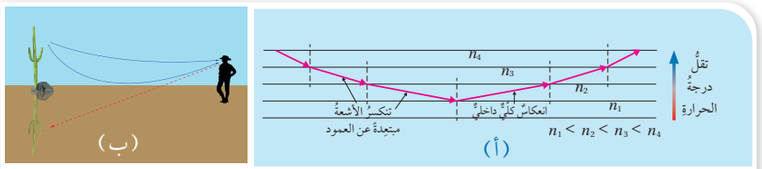
– كيف يرى المراقب صورة الجسم في الشكل (7/ ب)؟ تظهر صورة مقلوبة للجسم على امتداد آخر شُعاع يصلُ إلى عين المراقب.

- أُعطي كلّ مجموعة ورقةً تحوي الأسئلة المذكورة آنفًا.
- أطلبُ إلى كلّ فرد في المجموعة الاطّلاع على الأسئلة، وإضافة جزء من الإجابة لكلّ سؤال.
- أطلبُ إلى أفراد المجموعة التوقُّف بعد أن ينتهوا من الإجابة عن الأسئلة السابقة.
- أوجّهُ أفراد كلّ مجموعة إلى مناقشة إجاباتهم في ما بينهم، ثم عرض نتائجهم أمام أفراد المجموعات الأُخرى، ثم مناقشتهم فيها؛ للتوصُّل إلى الإجابة الصحيحة.

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن تجارب عمليّة مصوّرة توضح السراب بنوعيه، علمًا أنّه يُمكنني إعداد عروض تقديمية تُثري موضوع الدرس.

أُشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو إنشاء مجموعة باستخدام أحد التطبيقات المناسبة، أو استخدام أيّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.



الشكلُ (7): أ. الانكساراتُ المتتاليةُ للأشعةِ الضوئيةِ خلالَ طبقاتِ الهواءِ. ب. مخطّطٌ يبيّنُ تشكُّلَ السرابِ الصحراويِّ.

مبتعدةً عنِ العمودِ، بحسبِ قانونِ سنِل، كما في الشكلِ (7/ أ)، وعندَ حدٍّ معيّنٍ تزيدُ فيه زاويةُ السقوطِ عنِ الزاويةِ الحرجةِ، تنعكسُ الأشعّةُ الضوئيّةُ انعكاسًا كليًّا داخليًّا، ثمَّ تَستمرُّ في الانحناءِ إلى أعلى حيثُ تظهرُ صورةٌ مقلوبةٌ للجسمِ على امتدادِ آخرِ شُعاعٍ يصلُ إلى عينِ المراقبِ، كما في الشكلِ (7/ ب).

السَّرابُ القطبيُّ Superior Mirage

على عكسِ السّرابِ الصحراويِّ، ففي المناطقِ القطبيةِ الباردةِ يكونُ الهواءُ الملامسُ لسطحِ الأرضِ أكثرَ برودةً منَ الذي فوقَه، حيثُ تزيدُ درجةُ حرارةِ الهواءِ كلَّما اتّجهْنا بعيدًا عنْ سطحِ الأرضِ، أيْ أنَّ معاملَ الانكسارِ يقلُّ معَ الارتفاعِ. وللأشعّةِ الضوئيّةِ القادمةِ منْ جسمٍ بعيدٍ وقريبٍ منْ سطحِ الأرضِ يحدثُ لها انكساراتٌ متتاليةٌ خلالَ طبقاتِ الهواءِ، وعندَما تصبحُ زاويةُ السقوطِ أكبرَ منَ الزاويةِ الحرجةِ عندَ الحدِّ الفاصلِ بينَ طبقتينِ متجاورتينِ منَ الهواءِ، فإنَّ الأشعةَ تنعكسُ انعكاسًا كليًّا داخليًّا، ويرى المراقبُ في الأعلى صورةً مقلوبةً للجسمِ على امتدادِ آخرِ شعاعٍ يصلُ إلى عينِه، كما في الشكلِ (8).

✓ **أتحقّقُ:** ما أنواعُ السّرابِ؟

الشكلُ (8): مخطّطٌ يبيّنُ تشكُّلَ السرابِ القطبيِّ.

✓ **أتحقَّق:** السَّرابُ الصحراويّ، والسَّرابُ القطبيّ.

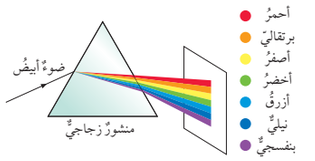
◄ **التعزيز:** أستخدمُ **التعلُّم التعاوني**؛ فأوزّعُ الطلبة في مجموعات، ثم أوجّهُهم إلى المقارنة بين السراب الصحراويّ والسراب القطبيّ، كما يأتي:

وجه المقارنة / نوع السراب	الصحراويّ	القطبيّ
مكان حدوثه	الصحراء/ المناطق الحارّة.	المناطق القطبيّة الباردة.
شكل صورة الجسم	مقلوبة على الأرض.	مقلوبة في الأعلى في الهواء.
تغيّر مُعامل الانكسار	يزداد مُعامل انكسار طبقات الهواء مع الارتفاع.	يقلّ مُعامل انكسار طبقات الهواء مع الارتفاع.
سبب الحدوث	حدوث انكسارات متتالية وانعكاس كُلّي داخليّ.	حدوث انكسارات متتالية وانعكاس كُلّي داخليّ.

- أطلبُ إلى كلّ مجموعة عرض إجاباتها أمام الصف، ثم أُدير نقاشًا بينهم للتوصُّل إلى الإجابة الصحيحة:

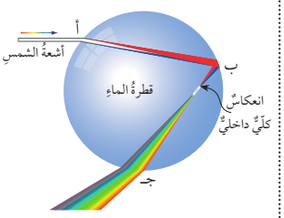
قوسُ المطرِ Rainbow

يتكوّنُ الضوءُ الأبيضُ (مثلَ ضوءِ الشمسِ أوْ ضوءِ مصباحِ التنغستون) منْ سبعةِ ألوانٍ يُطلقُ عليها عادةً ألوانُ الطّيفِ المرئيِّ، ويمكنُ رؤيتُها بمنشورٍ زجاجيٍّ، بتوجيهِ أحدِ أوجهِ المنشورِ نحوَ الشمسِ، واستقبالِ ألوانِ الطيفِ على ورقةٍ بيضاءَ توضعُ في الجهةِ المقابلةِ للشمسِ كما في الشكلِ (9).



الشكلُ (9): تحليلُ الضوءِ الأبيضِ إلى ألوانِ الطيفِ السبعةِ باستخدامِ المنشورِ.

وتقومُ فكرةُ تحليلِ المنشورِ لألوانِ الطيفِ على أنَّ معاملَ انكسارِ المنشورِ (أو أيِّ مادّةٍ شفّافةٍ) يَختلفُ باختلافِ لونِ الضوءِ الساقطِ عليهِ، فلكلِّ لونٍ منْ ألوانِ الطيفِ معاملُ انكسارٍ مختلفٌ عنِ الآخرِ، فأكبرُها للّونِ البنفسجيِّ وأقلُّها للّونِ الأحمرِ؛ لذا تكونُ زاويةُ انكسارِ اللونِ البنفسجيِّ بحسبِ قانونِ سنِل أكبرَ ما يمكنُ، يليهِ النيليُّ، وهكذا دَوالَيْكَ. وعليهِ، تظهرُ ألوانُ الطيفِ مرتّبةً بحسبِ معاملاتِ الانكسارِ للمنشورِ أوْ أيِّ مادّةٍ شفّافةٍ يَعبُرها الضوءُ.



الشكلُ (10): تحلّلُ ضوءِ الشمسِ خلالَ قطرةِ مطرٍ.

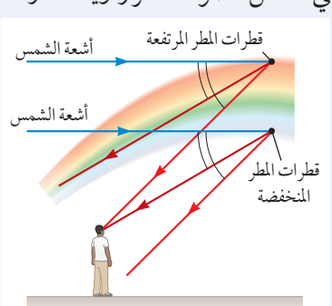
وهذا ما يحدثُ تمامًا عندَ مرورِ ضوءِ الشمسِ عبرَ قطراتِ الماءِ المعلّقةِ في الهواءِ في فصلِ الشتاءِ، فالشكلُ (10) يوضّحُ سقوطَ أشعةٍ ضوئيّةٍ منَ الشمسِ على قطرةِ مطرٍ معلّقةٍ في الهواءِ بزاويةٍ تحقّقُ شروطَ حدوثِ انعكاسٍ كلّيٍّ داخليٍّ، حيثُ تنكسرُ عندَ النقطةِ (أ) منْ سطحِ القطرةِ مقتربةً منَ العمودِ بزوايا تختلفُ باختلافِ لونِ الضوءِ، ثمَّ تسقطُ على السطحِ الداخليِّ للقطرةِ عندَ النقطةِ (ب)، فتنعكسُ انعكاسًا كليًّا داخلَ القطرةِ، إذْ تكونُ زاويةُ سقوطِها عندَ النقطةِ (ب) أكبرَ من الزاويةِ الحرجةِ للماءِ، ثمَّ تسقطُ عندَ نقطةٍ أخرى (جـ) منَ السطحِ الداخليِّ للقطرةِ، فتنكسرُ مبتعدةً عنِ العمودِ بزوايا مختلفةٍ، وتتابعُ مسيرَها خارجَ قطرةِ المطرِ. وتتكرّرُ هذهِ العمليةُ في قطراتِ المطرِ المتجاورةِ، لتشكّلَ في النهايةِ حلقةً دائريةً من ألوانِ الطيفِ المرئيِّ يظهرُ منها قَوسٌ فقطْ لِمُشاهدٍ على سطحِ الأرضِ يقفُ متوجهًا لجهةٍ معاكسةٍ للشمسِ، وهذا القوسُ يُعرفُ باسمِ قوسِ المطرِ أو قوسِ قُزحَ، كما في الشكلِ (11).

الشكلُ (11): صورةٌ لقوسِ المطرِ.

✓ **أتحقّقُ:** ما الألوانُ التي يتكوّنُ منها الضوءُ الأبيضُ؟

إضاءة للمُعلّم / للمعلّمة

ينكسرُ ضوءُ الشمسِ الساقطُ على قطراتِ الماءِ المُعلّقةِ في الهواءِ، وتكوّنُ كلّ قطرةٍ منها طيفًا كاملًا لألوانِ الطيفِ المرئيِّ؛ إلّا أنّ المشاهدَ الموجودَ بينَ الشمسِ وهذهِ القطراتِ يرى منْ كلّ قطرةٍ لونًا معيّنًا من ألوانِ الطيفِ. وسيُشاهدُ طيفًا كاملًا لألوانِ الطيفِ المرئيِّ؛ بسببِ وجودِ عددٍ كبيرٍ من قطراتِ الماءِ في الهواءِ. وتصنعُ القطْراتُ التي تعكسُ الضوءَ الأحمرَ زاويةً مقدارُها (42°) بالنسبةِ لأشعةِ الشمسِ، بينما تصنعُ القطْراتُ التي تعكسُ الضوءَ الأزرقَ زاويةً مقدارُها (40°).



يرى المُشاهدُ الضوءَ الأحمرَ (R) منْ قطراتِ الماءِ المرتفعةِ في الهواءِ، ويرى الضوءَ البنفسجيَّ (V) منْ قطراتِ الماءِ المنخفضةِ.

✓ **أتحقّقُ:** الأحمرُ، والبرتقاليّ، والأصفرُ، والأخضرُ، والأزرقُ، والنيليّ، والبنفسجيّ.

المناقشة:

- أستخدمُ **التعلُّمَ التعاونيَّ**، فأوزّعُ الطلبةَ في مجموعاتٍ.
- أوزّعُ الأدوارَ والمهماتِ على أفرادِ كلّ مجموعةٍ، بحيثُ يتفاعلُ الجميعُ معًا، وأطلبُ إليهم إجابةَ السؤالينِ الآتيينِ:

– لماذا يتحلّلُ الضوءُ الأبيضُ عندَ سقوطِهِ على قطراتِ الماءِ المعلّقةِ في الهواءِ؟ يختلفُ مُعاملُ انكسارِ الماءِ لألوانِ الطيفِ المرئيِّ باختلافِ اللونِ الساقطِ عليهِ؛ لذا تنكسرُ هذهِ الألوانُ بزوايا مختلفةٍ داخلَ قطراتِ الماءِ، ممّا يسببُ تحلّلَ الضوءِ الأبيضِ.

– لماذا يظهرُ قوسُ المطرِ فقطْ لِمُشاهدٍ يقفُ متوجّهًا إلى جهةٍ مُعاكسةٍ للشمسِ؟ لأنّ قوسَ المطرِ يتشكّلُ عندما تنعكسُ الأشعةُ الضوئيّةُ القادمةُ من الشمسِ انعكاسًا كُليًّا داخليًّا في قطراتِ الماءِ المعلقةِ في الهواءِ، وترتدّ إلى الجهةِ القادمةِ منها نفسِها؛ فلا تسقطُ على عينِ شخصٍ يقفُ مُتوجّهًا إلى الشمسِ.

- أطلبُ إلى كلّ مجموعةٍ عرضَ إجاباتِها أمامَ الصفِّ، ثمَّ أُديرُ نقاشًا بينهم للتوصُّلِ إلى الإجابةِ الصحيحةِ.

معلومة إضافية

سرعةُ ألوانِ الطيفِ المرئيِّ المكوّنةِ للضوءِ الأبيضِ تكونُ متساويةً في الهواءِ؛ لذا لا يتحللُ الضوءُ الأبيضُ في أثناءِ مرورِهِ عبرَ طبقاتِ الهواءِ المختلفةِ في مُعاملاتِ انكسارِها.

طريقة أُخرى للتدريس — تحلُّل الضوء الأبيض

- لمساعدةِ الطلبةِ على فهمِ كيفيةِ تحلّلِ الضوءِ الأبيضِ، أستخدمُ **حلَّ المشكلاتِ**؛ فأُوزّعُهم في مجموعاتٍ، وأزوّدُ كلّ مجموعةٍ بصندوقٍ ضوئيٍّ، ومنشورٍ زجاجيٍّ، وورقةٍ بيضاءَ.
- أُكلّفُ كلّ مجموعةٍ بإسقاطِ حُزمةٍ ضوئيّةٍ من الصندوقِ الضوئيِّ على المنشورِ، ووضعِ الورقةِ في الجهةِ المقابلةِ لسقوطِ الضوءِ، وتدويرِ المنشورِ لتغييرِ زاويةِ سقوطِ الضوءِ عليهِ، وتدوينِ ملاحظاتِهم.
- بعدَ انتهاءِ المجموعاتِ المختلفةِ من تنفيذِ مهمّاتِها، وتدوينِ ملاحظاتِها، أطلبُ إلى كلِّ مجموعةٍ عرضَ النتائجِ التي توصلتْ إليها على اللّوحِ أمامَ المجموعاتِ.

التعزيز:

- أستخدمُ **التفكير الناقد**؛ فأوزّعُ الطلبة في مجموعات.
- أناقشُ الطلبة في مفهوم الليف الضوئي، وتركيبه، وميّزات استخدامه، والتطبيقات التي يُستخدم فيها.
- أكتب على اللّوح السؤال الآتي: «لماذا استُخدمت الألياف الضوئيّة في المملكة الأردنية الهاشمية في مجال الاتصالات بدلًا عن الشبكات السلكية القديمة»؟
- أطلبُ إلى كلّ مجموعة الإجابة عن السؤال، ثم تبرّر كُلّ منها إجابتها أمام المجموعات الأُخرى.
- أتقبّل إجابات الطلبة جميعها، وأناقشُهم فيها للتوصّل إلى الإجابة الصحيحة. لأنّ الألياف الضوئيّة تمتاز بمرونتها العالية (يُمكن ثَنيُها)، وبسرعةِ نقلها لإشارات المحادثات الهاتفية واتصالات الإنترنت بكفاءة أعلى من الشبكات السلكية، من حيث الحفاظ على سرّية البيانات، ومقاومتها للتشويش، وحجم المعلومات التي تُنقل، والمحافظة على الطاقة الضوئيّة بنقلها مسافاتٍ بعيدةً دون ضياع يُذكر للطاقة.

أفكّر: لأنّ قوس المطر يتشكّل عندما تنعكس الأشعة الضوئيّة القادمة من الشمس انعكاسًا كُليًّا داخليًّا في قطرات الماء المعلقة في الهواء؛ لذا فإنّ الأشعة ترتدُّ إلى الجهة القادمة منها نفسها، فلا تسقط على عين شخص يقفُ مقابلًا للشمس.

معلومة إضافية

تتميّز الألياف الضوئيّة بقدرتها على نقل الضوء عبر مسارات متعرّجة وبسرعة كبيرة جدًّا.

توظيف التكنولوجيا

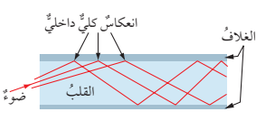
أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن تجارب عمليّة مصوّرة توضح استخدام الألياف الضوئيّة في الطبّ والاتصالات، علمًا أنّه يُمكنني إعداد عروض تقديمية تثري موضوع الدرس.

أُشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو إنشاء مجموعة باستخدام أحد التطبيقات المناسبة، أو استخدام أيّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

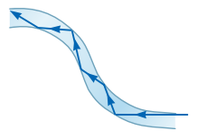
أفكّر: لماذا لا يُرى قوسُ المطرِ لشخصٍ يقفُ متوجّهًا نحوَ الشمسِ؟

الألياف الضوئية Optical Fibers

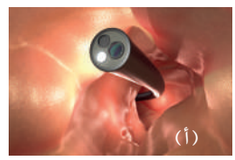
تُعدُّ الألياف الضوئيّةُ أحدَ أكثرِ التطبيقاتِ شيوعًا على الانعكاسِ الكلّيِّ الداخليِّ التي تُستخدمُ على نطاقٍ واسعٍ، لاسيّما في الطبِّ والاتصالاتِ. **والألياف الضوئيّة Optical fibers** عبارةٌ عن أنابيبَ رفيعةٍ وشفافةٍ، تُصنعُ عادةً منَ الزجاجِ أو البلاستيك، وتُستخدمُ لنقلِ الضوءِ. ويتكوّنُ اللّيفُ الضوئيُّ من أنبوبينِ متداخلينِ؛ القلبُ ويتراوحُ قطرُه منْ (10–50) ميكرومتر، والغلافُ، وكلاهما منْ مادّتينِ شفّافتينِ مختلفتينِ، ويكونُ معاملُ انكسارِ مادّةِ الغلافِ أقلَّ منهُ لمادّةِ القلبِ ليبقى الضوءُ داخلَ قلبِ اللّيفِ الضوئيِّ. إذْ عندَما يدخلُ الضوءُ إلى قلبِ اللّيفِ الضوئيِّ، ونظرًا إلى أنَّ قُطرَه صغيرٌ جدًّا، فإنَّ الضوءَ يسقطُ دائمًا على الحدِّ الفاصلِ بينَ القلبِ والغلافِ بزاويةٍ أكبرَ منَ الزاويةِ الحرجةِ، فيحدثُ لهُ انعكاسٌ كلّيٌّ داخليٌّ، على نحوٍ ما يظهرُ في الشكلِ (12)، وبهذا يحافظُ الليفُ الضوئيُّ على الطاقةِ الضوئيةِ وينقلُها إلى مسافاتٍ بعيدةٍ دونَ ضياعٍ يُذكرُ للطاقةِ. وتمتازُ الألياف الضوئيةُ بمرونتِها العاليةِ، إذْ يمكنُ ثَنيُها، كما في الشكلِ (13) دونَ أنْ يؤثّرَ ذلكَ في كفاءتِها على نقلِ الضوءِ.

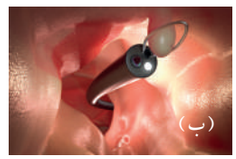


الشكلُ (12): مقطعٌ لأحد الألياف الضوئيةِ.


الشكلُ (13): انتقالُ الضوءِ في ليفٍ ضوئيٍّ منحنٍ.

وللألياف الضوئيةِ تطبيقاتٌ عدّةٌ في الطبِّ والاتصالاتِ. ففي الطبِّ، أحدثتِ الألياف الضوئيّةُ ثورةً في التقنياتِ الجراحيّةِ وعملياتِ التنظيرِ التشخيصيّةِ والعلاجيّةِ وتصويرِ الأجزاءِ الداخليّةِ، إذْ يُستخدمُ المِنظارُ، الذي تُعدُّ الألياف الضوئيّةُ الجزءَ الرئيسَ منه، لاستكشافِ الأعضاءِ الداخليّةِ المختلفةِ بصريًّا دونَ جراحةٍ، إذْ تسمحُ مرونةُ الألياف الضوئيةِ للأطباءِ بالتنقّلِ داخلَ مناطقَ مثلُ الأمعاءِ والقلبِ والأوعيّةِ الدمويّةِ والمفاصلِ، كما في الشكلِ (14/ أ). ويمكنُ أيضًا إجراءُ عملياتٍ جراحيّةٍ، مثلُ الجراحةِ بالمنظارِ على مَفْصِلِ الركبةِ أو الكَتِفِ، أو إزالةِ الزوائدِ اللحميّةِ والأورامِ بأدواتِ القَطعِ المُلحقةِ بالمنظارِ كما في الشكلِ (14/ ب). وفي مجالِ الاتصالاتِ، تُستخدمُ الألياف الضوئيّةُ لنقلِ إشاراتِ المحادثاتِ الهاتفيةِ واتصالاتِ الإنترنتِ بكفاءةٍ عاليةٍ جدًّا، منْ حيثُ الحفاظُ على سرّيّةِ البياناتِ، ومقاومتُها للتشويشِ، وحجمُ





الشكلُ (14):
أ. تنظيرُ القولونِ باستخدامِ منظارٍ ثلاثيِّ الأبعادِ.
ب. منظارٌ ثلاثيُّ الأبعادِ يُزيلُ ورمَ القولونِ بحلقةٍ سلكيةٍ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** المهارات الحياتية: الابتكار**

أُخبرُ الطلبة أنَّ الابتكار يتضمّن تحويل المفاهيم والأفكار إلى مُنتَجات جديدة، وأنَّه يدفعنا إلى التفكير خارج الصُندوق، وتجاوز كلّ ما هو تقليديّ، والبحث عن وسائل جديدة للوصول إلى النتائج المنشودة. فعندما يبحث الطالب/ الطالبة عن حلول لقضايا فيزيائيّة تتعلق بالمواقف اليومية، مثل استخدام الألياف الضوئيّة لاستكشاف الأعضاء الداخلية لجسم الإنسان، وإجراء عمليّات جراحية بالمنظار؛ فإنّه يُمارس الابتكار.

ورقة العمل (4)

أوزّعُ الطلبة في مجموعات، ثم أزوّدُ أفراد كلّ مجموعة بورقة العمل (4) الموجودة في الملحق، وأوجّهُهم إلى الحلّ، وأمنحُهم وقتًا كافيًا، ثم نناقش الحلّ معًا.

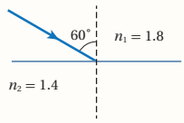
المعلوماتِ التي تُنقلُ مقارنةً بالأسلاكِ النحاسيّةِ. إذْ يمكنُ لِليفٍ زجاجيٍّ واحدٍ بسُمْكِ شعرةِ الإنسانِ أنْ ينقلَ معلوماتٍ صوتيةً أو فيديو تكافئُ (32000) مكالمةٍ صوتيةٍ في آنٍ واحدٍ.

أتحقّقُ: ما المقصودُ بالألياف الضوئيّة؟

أبحثُ في مصادرِ المعرفةِ الموثوقةِ والمتاحةِ عنْ تطبيقاتٍ أخرى على ظاهرةِ الانعكاسِ الكلّيِّ الداخليِّ، وعلى الانكسارِ بوجهٍ عامٍّ، وأشاركُ زملائي في ذلكَ.

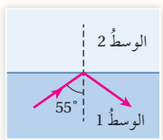
مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** أُوضّحُ المقصودَ بالانعكاسِ الكلّيِّ الداخليِّ، وأذكرُ شروطَ حدوثِه.
2. أَصفُ موضّحًا بالرسمِ الزاويةَ الحرجةَ وعلاقتَها بالانعكاسِ الكلّيِّ الداخليِّ.
3. **أُقارنُ** بينَ السّرابِ الصحراويِّ والسّرابِ القطبيِّ.
4. **أستخدمُ الأرقامَ:** سقطَ شعاعٌ ضوئيٌّ على الحدِّ الفاصلِ بينَ وسطينِ شفّافينِ بزاويةِ (60°) على نحوٍ ما يظهرُ في الشكلِ. أحسبُ الزاويةَ الحرجةَ، وأُحدّدُ ما إذا كانَ الشعاعُ الضوئيُّ سينعكسُ كليًّا داخلَ الوسطِ الأولِ.



5. **أستخدمُ الأرقامَ:** أحسبُ إذا كانتِ الزاويةُ الحرجةُ للماسِ تساوي (24.4°)، فما معاملُ انكسارِ الماسِ.
6. **أستخدمُ الأرقامَ:** أحسبُ إذا كانَ معاملُ انكسارِ الوسطِ الأولِ في الشكلِ المجاورِ يساوي (1.7) ، فما معاملُ انكسارِ الوسطِ الثاني.

7. **أَستنتجُ:** سقطَ شعاعٌ ضوئيٌّ على الحدِّ الفاصلِ بينَ وسطينِ شفّافينِ، فانعكسَ كليًّا في الوسطِ الأولِ، كما في الشكلِ المجاورِ.



فما المعلوماتُ التي يمكنُ معرفتُها عن:

أ . العلاقةِ بينَ معاملَي انكسارِ الوسطينِ الشفّافينِ؟

ب . الزاويةِ الحرجةِ؟

أبحثُ: أوجّهُ الطلبةَ للبحث في مصادر المعرفة الموثوقة والمتاحة عن تطبيقات أُخرى على ظاهرة الانعكاس الكُلّي الداخلي، وعلى الانكسار بوجه عام، ثم أكلفهم بإعداد عرض تقديمي وعرضه أمام زملائهم/ زميلاتهن في الصف.

أتحقّقُ: أنابيب رفيعةٍ وشفّافةٍ، تُصنعُ عادةً من الزجاجِ أو البلاستيك، وتُستخدمُ لنقلِ الضوءِ.

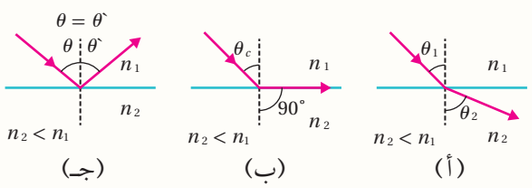
3 التقويم

إجابات أسئلة مراجعة الدرس

1. الانعكاس الكُلّي الداخلي هو العمليّةُ التي تنعكسُ فيها الأشعّةُ الضوئيّة كُليًّا في الوسطِ الذي سقطتْ فيه. وشرطا حدوثه:
   - أن ينتقل الضوء من الوسط الشفّاف ذي مُعامل الانكسار الأكبر إلى الوسط الشفّاف ذي مُعامل الانكسار الأقلّ.
   - أن تكون زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحَرِجة.

2. عندما ينتقل شعاع ضوئي من وسط شفاف مُعامل انكساره (n_1) إلى وسط شفاف آخر مُعامل انكساره (n_2)، حيث $(n_1 > n_2)$، فإنّه ينكسر مبتعدًا عن العمود؛ أي تكون $(\theta_2 > \theta_1)$، كما في الشكل (أ).

وبزيادة زاوية السقوط تزداد زاوية الانكسار، إلى أن ينكسر الشعاع الضوئي بزاوية (90°)، كما في الشكل (ب)، عندما تكون زاوية السقوط (θ_c)، التي تُسمّى: الزاوية الحَرِجة. وعندما يسقط الشعاع الضوئي بزاوية أكبر من الزاوية الحَرِجة؛ فإنّه ينعكس كُليًّا في الوسط الأول (n_1)،كما في الشكل (جـ).



3.

السّراب الصحراويّ	السّراب القطبيّ
يظهر في المناطق الحارة نسبيًّا.	يظهر في المناطق القطبيّة الباردة.
يظهر لمشاهد على الأرض صور مقلوبة للأجسام البعيدة نسبيّا عنه والقريبة من سطح الأرض، حيث تظهر هذه الصور داخل سطح الأرض.	يظهر لمشاهد على الأرض صور مقلوبة للأجسام البعيدة نسبيّا عنه والقريبة من سطح الأرض، حيث تظهر هذه الصور في الأعلى (داخل طبقات الهواء).
ينتُج عن ظاهرة الانعكاس الكُلّي الداخليّ.	ينتُج عن ظاهرة الانعكاس الكُلّي الداخليّ.

4. $\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1.4}{1.8} = 0.778 \ , \ \theta_c = 51.1^\circ$

زاوية السقوط (60°) أكبر من الزاوية الحَرِجة؛ لذا ينعكسُ الشعاع الضوئي كُليًّا في الوسط الأول.

5. $n = \frac{1}{\sin\theta_c} = \frac{1}{\sin 24.4^\circ} = 2.42$

6. نحسب أولًا زاوية سقوط الشعاع:

$\theta_1 = 90^\circ - 37^\circ = 53^\circ$

الشعاع الضوئي انكسر موازيًا للحدّ الفاصل؛ لذا فإنّ زاوية السقوط تساوي الزاوية الحَرِجة، أي أنّ:

$\theta_c = \theta_1 = 53^\circ$

$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1} \ , \ n_2 = 1.7 \times \sin 53^\circ = 1.36$

7. أ . مُعامل انكسار الوسط الأول (n_1) أكبر من مُعامل انكسار الوسط الثاني (n_2).

ب . الزاوية الحرجة أقل من (55°).

الدرس 3

العدسات الرقيقة
Thin Lenses

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- أعرض للطلبة مجموعةً من العدسات بنوعيها؛ المُحدّبة والمُقعّرة، وأُبيّنُ لهم أن العدسة هي جسمٌ شفّاف يعمل على تكوين أخيلة للأجسام التي أمامها.
- أوضّحُ للطلبة أنّ صفات الأخيلة التي تكونها العدسات للأجسام تختلف باختلاف نوع العدسة وبعدها البؤري وموقع الجسم بالنسبة إليها.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- أُذكّرُ الطلبة بمفهوم الانكسار وكيف يتغيّر مسارُ الضوء عند انتقاله من وسط شفاف إلى وسط شفاف آخر.
- أُذكّرُ الطلبة بما درسوه في صفوف سابقة عن تكوّن الأخيلة في المرايا.

2 التدريس

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّهُ الطلبة إلى دراسة الشكل (15)، ثمّ أسألهم:

– ما العناصر المشتركة في الأدوات والأجهزة الظاهرة في الشكل؟ احتواؤها على عدسات تغيّر مسارات الأشعة الضوئيّة الساقطة عليها والنافذة من خلالها، تكوّن أخيلة للأجسام التي أمامها.

– لماذا تغيّر هذه الأدوات والأجهزة مسارات الأشعة الساقطة عليها؟ لإحتوائها على عدسات شفافة تختلف في مُعاملات انكسارها عن مُعامل انكسار الهواء المحيط بها.

- أطلبُ إلى الطلبة ذكر أمثلة أُخرى على أدوات وأجهزة من بيئاتهم تستخدم فيها العدسات، ثمّ أناقشُهم فيها. جهاز عرض الشرائح، جهاز عرض فوق الرأس، جهاز التصوير الشُعاعي، الماسح الضوئي، المطياف الضوئي، وغيرها.

العدساتُ الرقيقةُ
Thin Lenses

الدرس 3

◄ الفكرةُ الرئيسة:

تختلفُ صفاتُ الأخيلةِ المتكوِّنةِ في العدساتِ باختلافِ نوعِ العدسةِ وبُعدِها البؤريِّ وموقعِ الجسمِ بالنسبةِ إليها.

◄ نتاجاتُ التعلُّم:

- أستقصي عمليًّا صفاتِ الخيالِ المتكوِّنِ لجسمٍ في العدساتِ المُقعّرةِ والمحدّبةِ.
- أرسمُ مخطّطاتِ الأشعةِ المنكسرةِ لأتوصّلَ إلى صفاتِ الخيالِ في العدساتِ.
- أبحثُ في عيوبِ الإبصارِ التي قدْ تصيبُ الإنسانَ وآليةِ معالجةِ كلٍّ منها.
- أُصمّمُ أجهزةً بصريّةً تساعدُ على رؤيةِ الأجسامِ البعيدةِ أو الأشياءِ الدقيقةِ.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

عدسةٌ	Lens
طولُ النظرِ	Hyperopia
قصرُ النظرِ	Myopia

درستُ في صفٍّ سابقٍ تكوُّنَ الأخيلةِ للأجسامِ في المرايا (المستويةِ والكرويةِ) بوصفِها تطبيقًا عمليًّا على ظاهرةِ انعكاسِ الضوءِ، وسأتعرّفُ في هذا الدرسِ تطبيقًا عمليًّا على ظاهرةِ انكسارِ الضوءِ، وهو تكوّنُ الأخيلةِ في العدساتِ. فما المقصودُ بالعدسةِ؟ وهل تكوّنُ الأخيلةِ في العدساتِ يشبهُ تكوُّنَها في المرايا؟

العدساتُ Lenses

العدساتُ جمعُ **عدسةٍ Lens**، وهي قطعةٌ بصريّةٌ تتكوّنُ من وسطٍ شفّافٍ يحدُّه سطحانِ مُنحنيانِ، أو أحدُهما مستوٍ والآخرُ مُنحنٍ. وكلمةُ 'عدسةٍ' lens مشتقةٌ منَ الكلمةِ اللاتينيةِ **lentil seed** التي تعني حبّةَ العدسِ، فهي تشبهُ العدسةَ محدّبةَ الوجهينِ. وتُستخدمُ العدساتُ في كثيرٍ منَ الأدواتِ والأجهزةِ البصريّةِ، مثلِ: النظاراتِ، والمنظارِ، والمِجهرِ، وغيرِها. والشكلُ (15) يبيّنُ بعضَ هذهِ الأدواتِ والأجهزةِ.

الشكلُ (15): بعضُ الأدواتِ والأجهزةِ البصريةِ.

◄ بناء المفهوم:

العدسات

- أوزّعُ على الطلبة مجموعةً من العدسات بأشكال مختلفة، أو أعرض أشكالًا مختلفةً للعدسات أمامهم (إذا لم يتوفر عدد كافٍ منها)، مُوضّحًا أن العدسة بوجه عام لها وجهان يكون أحدُهما –على الأقلّ– مُنحنيًا إلى الداخل أو الخارج.
- أستخدمُ **أُفكّرُ، أنتقي زميلًا/ زميلةً، أُشارك**، فأطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– لماذا تصمّم العدسة بحيث يكون أحد وجهيها على الأقلّ منحن؟

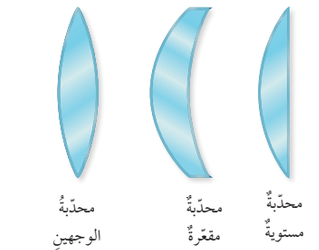
- أطلبُ إلى الطلبة أن يجيب كُلٌّ منهم على السؤال بشكل فردي، ويدوّن إجابته على ورقة مستقلة (دفتر).
- أمنحُ الطلبة الوقت الكافي للإجابة عن السؤال، ثمّ أطلبُ إليهم مشاركة الإجابات مع زملائهم/ زميلاتهن في الصف، ثمّ أُنظّمُ نقاشًا يتشارك فيه طلبة الصف إجاباتهم للوصول إلى الإجابة الصحيحة. لتعمل على تغيير مسار الأشعة الضوئيّة الساقطة عليها وتكوين أخيلة للأجسام التي أمامها.

أنواعُ العدساتِ Types of Lenses

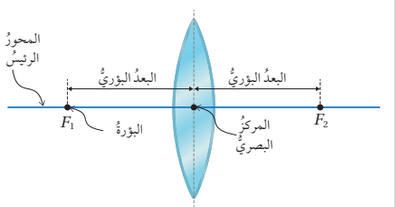
تُصنَّفُ العدساتُ بحسبِ شكلِها الهندسيِّ إلى نوعينِ: مُحدَّبةٌ، ومُقعَّرةٌ. وتعملُ العدساتُ بوجهٍ عامٍّ على تغييرِ مساراتِ الأشعةِ الساقطةِ عليها تبعًا لقانون الانكسارِ.

أولًا: العدساتُ المحدّبةُ Convex Lenses

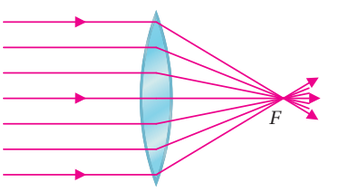
تكونُ سميكةً من الوسطِ وأقلَّ سُمْكًا عندَ الحافاتِ، ولها ثلاثةُ أشكالٍ مختلفةٍ، كما في الشكلِ (16). وتُجمِّعُ العدسةُ المحدّبةُ الأشعّةَ الضوئيّةَ الساقطةَ عليها؛ لذا يُطلقُ عليها اسمُ عدسةٍ مُجمِّعةٍ Converging lens. ولدراسةِ سلوكِ الأشعّةِ الضوئيّةِ التي تعبرُ العدسةَ، أتأمّلُ الشكلَ (17)، حيثُ تمثّلُ المصطلحاتُ الواردةُ في الشكلِ ما يأتي:



الشكلُ (16): أشكالُ العدسةِ المُحدّبةِ.



الشكلُ (17): مصطلحاتُ العدسةِ الرئيسةِ.



الشكلُ (18): بؤرةُ العدسةِ المُحدّبةِ.

المركزُ البصريُّ: النقطةُ التي تتوسّطُ العدسةَ.

البؤرةُ (F): نقطةُ التقاءِ الأشعةِ الضوئيّةِ المُنكسرةِ عنِ العدسةِ عندَما تسقطُ موازيةً للمحورِ الرئيسِ.

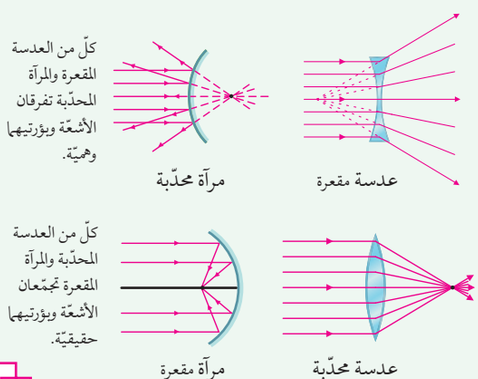
المحورُ الرئيسُ: الخطُّ المستقيمُ المارُّ ببؤرتي العدسةِ ومَركَزِها البصريِّ.

البعدُ البؤريُّ: المسافةُ بينَ البؤرةِ والمركزِ البصريِّ.

أُلاحظُ أنَّ للعدسةِ بؤرتينِ (F_1, F_2) تقعانِ على جانبَي العدسةِ وعلى البُعدِ نفسِه منها، ونظرًا إلى أنَّ للعدسةِ وجهينِ، فعندَ سقوطِ أشعّةٍ ضوئيّةٍ على أحدِ وجهَي العدسةِ موازيةٍ للمحورِ الرئيسِ فإنَّها تلتقي في البؤرةِ المقابلةِ للوجهِ الآخرِ للعدسةِ، كما في الشكلِ (18). وتوصَفُ بؤرةُ العدسةِ المحدَّبةِ بأنَّها حقيقيةٌ، لأنَّها ناتجةٌ منَ التقاءِ الأشعةِ النافذةِ منَ العدسةِ.

◄ التعزيز:

- أُبيّنُ للطلبة أن عمل العدسات يشبه تمامًا عمل المرايا الكُروية، من حيث تجميع الأشعة الضوئيّة أو تفريقها، ونوع البؤرة؛ إلا أن المرايا تُجمّع الأشعة أو تفرّقُها بالانعكاس، بينما تعمل العدسات ذلك بالانكسار، كما أنّ المرآة لها بؤرة واحدة، في حين أن العدسة لها بؤرتان.
- أوضّحُ بالرسم أن عمل العدسة المُحدّبة يشبه عمل المرآة المُقعّرة، وعمل العدسة المُقعّرة يشبه عمل المرآة المُحدّبة، كما في الشكل:



◄ استخدام الصور والأشكال:

- أستخدمُ **التعلم التعاوني**، فأوزّعُ الطلبة في مجموعات ليُساعد بعضهم بعضًا، وأوزّعُ الأدوار في ما بينهم، ثمّ أوجّهُهم لدراسة الأشكال (16–20)، والمقارنة بين العدسات المُحدبّة والعدسات المُقعّرة من حيث:
  - الشكل الهندسيّ.
  - عدد البُؤر ونوعها.
  - تجميع الأشعة الضوئيّة الساقطة عليها أو تفريقُها.
- أمنحُ الطلبة الوقت الكافي لإجراء المقارنات المطلوبة، وأتجوَّل بينهم أثناء ذلك مُوجِّهًا ومُساعِدًا ومُرشِدًا.
- بعد انتهاء الوقت المخصص؛ أطلبُ إلى كل مجموعة عرض ما توصلت إليه أمام المجموعات الأُخرى.
- أُنظّمُ نقاشًا بين الطلبة للتوصل إلى خصائص كُلٍّ من العدسات المحدبة والعدسات المقعرة، وتصويب المفاهيم غير الصحيحة.

◄ المناقشة:

- أُبيّنُ للطلبة أنه يمكن إسقاط الضوء على أيٍّ من وجهي العدسة، وبصرف النظر عن شكلها أو نوعها، كما أوضّحُ لهم أن تجميع العدسة للضوء أو تفريقه يتعلّق بنوع العدسة فقط (مُحدّبة أو مُقعّرة) ولا يعتمد على شكلها.
- أوجّهُ الطلبة إلى تأمل الشكل (17)، ثمّ أسألهم:

– لماذا يوجد للعدسة بؤرتان؟ لأنّ للعدسة وجهان؛ فيمكن إسقاط الأشعة الضوئيّة على أي من وجهي العدسة، لتقوم بتجميع الأشعة في نقطة (إذا كانت العدسة مُحدّبة)، أو تفريق الأشعة لتتجمّع امتداداتُها في نقطة (إذا كانت العدسة مُقعّرة).

– هل تتجمّع الأشعة الساقطة على العدسة المُحدّبة دائمًا في البؤرة؟ لا؛ تتجمّع في البؤرة فقط إذا كانت موازية للمحور الرئيس.

– هل يمكن أن يختلف البُعد البؤري الذي يقعُ على يمين العدسة عن البُعد البؤري الذي يقع على يسارها؟ لا؛ فكلاهما متساويان للعدسة الواحدة، وبصرف النظر عن شكلها أو نوعها.

أخطاء شائعة

قد يعتقد بعض الطلبة اعتقادًا مفادُه أن العدسة المُحدّبة المستوية أو المُقعّرة المستوية لها بؤرة واحدة فقط، وهذا غير صحيح، أُؤكد للطلبة أن للعدسة بؤرتان، وبصرف النظر عن شكلها أو نوعها.

نشاط سريع

- أُثبّتُ مصدرًا ضوئيًا (شمعة مضيئة) في الجهة الخلفية للصف، وأزوّدُ أحد الطلبة بعدسة محدّبة وآخر/ أُخرى بعدسة مُقعرة، ثمّ أطلبُ إلى الطلبة إسدال ستائر النوافذ لحجب الضوء الخارجي عن الصف، وأطلبُ إلى الطالبين/ الطالبتين الوقوف أمام الطلبة وتوجيه العدسة، بحيث يسقط ضوء الشمعة على أحد وجهيها (مع مراعاة أن يكون بُعد العدسة عن اللّوح يُساوي تقريبًا البُعد البؤري للعدسة)، ثمّ محاولة تكوين صورة للشمعة على اللّوح (أو على ورقة بيضاء)، وذلك بتقريب العدسة وإبعادها عن اللّوح ببطء.
- أوجّهُ إلى الطلبة الأسئلة الآتية:

– أي العدستين كوّنت خيالًا للشمعة على اللّوح؟ العدسة المُحدّبة.

– أي العدستين جمّعت ضوء الشمعة وأيها فرّقته؟ العدسة المُحدبة جمّعت الضوء والمُقعّرة فرّقته.

– أي العدستين بُؤرتها حقيقيّة؟ العدسة المُحدّبة؛ لأن الخيال الذي كوّنته على اللّوح ناتج عن التقاء الأشعة الضوئيّة النافذة من العدسة (بما أن المصدر الضوئي بعيد نسبيًا عن العدسة؛ فيمكن عدّ الأشعة الساقطة عليها متوازية تقريبًا).

- أقبل إجابات الطلبة جميعها، ثمّ أناقشُهم فيها، وأصحّح المفاهيم الخاطئة.

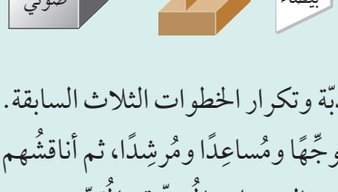
طريقة أُخرى للتدريس — أنواع العدسات

- أستخدمُ التفكير الناقد، فأوزّعُ الطلبة في مجموعات، ثمّ أزوّدُ كل مجموعة بصُندوق ضوئيّ وعدد من العدسات المختلفة شكلًا ونوعًا.
- أطلبُ إلى مجموعات الطلبة إجراء ما يأتي:

– تصنيف العدسات إلى محدّبة ومقعّرة تبعًا لشكلها.

– إسقاط حُزمة ضوئيّة من الصُندوق الضوئيّ على كُلٍّ من العدسات التي جرى تصنيفُها، وملاحظة أثر كُلٍّ منها على الحُزمة الضوئيّة بعد نفاذها من العدسة من حيث التجميع أو التفريق.

– استخدام فلترٍ للصُندوق الضوئيّ يعطي حزمتين ضوئيتين فأكثر، وتسليطها على أحد وجهي إحدى العدسات المُحدّبة، ومحاولة تجميع الحزم الضوئيّة النافذة من العدسة على ورقة بيضاء في أصغر بقعة مُمكنة عن طريق تقريب الورقة وإبعادها عن العدسة، ثمّ قياس المسافة بين العدسة والورقة.



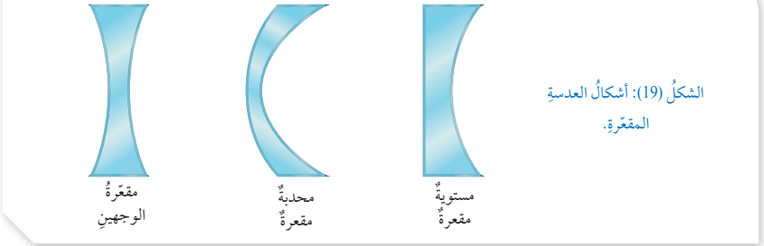
– قلبُ العدسة، بحيث تسقط الحزم الضوئيّة على وجهها الآخر، وتكرار الخطوة السابقة، ثمّ مقارنة المسافة التي جرى الحصول عليها في هذه الخطوة مع الخطوة السابقة.

– استخدام إحدى العدسات المُقعّرة بدلًا عن المُحدبّة وتكرار الخطوات الثلاث السابقة.

- أتجوّل بين الطلبة أثناء أدائهم للمهمّات المطلوبة مُوجّهًا ومُساعِدًا ومُرشِدًا، ثم أناقشُهم في ما توصلوا إليه من نتائج؛ للتوصل إلى خصائص العدسات المُحدّبة والمُقعّرة.

✓ **أتحقّق:** مُحدّبة، ومُقعّرة.

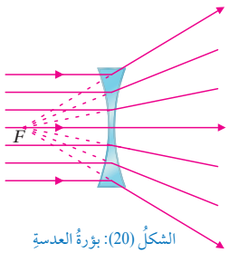
أفكّرُ: العدسة المُحدّبة تعمل على تجميع الأشعة الساقطة عليها، وبما أن أشعة الشمس تسقط متوازية (لكبرها وبعدها الكبير عن الأرض)، فإنّ العدسة المُحدّبة تعمل على تجميعها في بقعة صغيرة (البؤرة)؛ لذا فهي تكون مركزة الإضاءة والحرارة.



الشكلُ (19): أشكالُ العدسةِ المقعّرةِ.

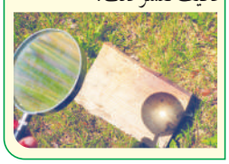
ثانيًا: العدساتُ المقعّرةُ Concave Lenses

تكونُ سميكةً عندَ الحافاتِ وأقلَّ سُمْكًا عندَ الوسطِ، ولها ثلاثةُ أشكالٍ مختلفةٍ، كما في الشكلِ (19). وتعملُ العدسةُ المقعّرةُ على تفريقِ الأشعّةِ الضوئيّةِ الساقطةِ عليها؛ لذا يُطلقُ عليها اسمُ عدسةٍ مفرِّقةٍ Diverging lens. ومثلَما للعدسةِ المحدّبةِ بؤرتانِ، فإنَّ للعدسةِ المقعّرةِ بؤرتينِ أيضًا، لكنَّ بؤرةَ العدسةِ المقعّرةِ وهميّةٌ لأنَّها ناتجةٌ مِنِ التقاءِ امتداداتِ الأشعةِ النافذةِ منَ العدسةِ، كما في الشكلِ (20).



الشكلُ (20): بؤرةُ العدسةِ المقعّرةِ.

أفكّرُ: عندَما أُوجِّهُ أحدَ أوجُهِ عدسةٍ محدَّبةٍ نحوَ الشمسِ فإنَّ أشعّةَ الشمسِ تتجمّعُ في بقعةٍ صغيرةٍ شديدةِ الإضاءةِ، يُمكنُها أنْ تحرقَ ورقةً رقيقةً، فكيفَ تفسّرُ ذلكَ؟



✓ **أتحقّقُ:** ما أنواعُ العدساتِ؟

تتبُّعُ مساراتِ الأشعةِ وتكوُّنُ الأخيلةِ في العدساتِ
Ray Tracing and Image Formation by Lenses

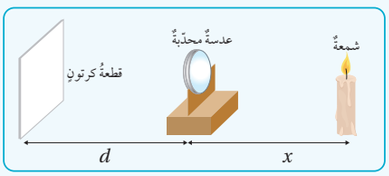
تكمنُ أهميّةُ العدساتِ في أنّها تُكوِّنُ أخيلةً للأجسامِ التي توضعُ أمامَها، وتختلفُ صفاتُ الأخيلةِ المتكوِّنةِ باختلافِ نوعِ العدسةِ وبُعْدِها البؤريِّ وموقعِ الجسمِ بالنسبةِ إليها. وسأتعرّفُ صفاتِ الأخيلةِ المتكوِّنةِ في العدساتِ عبرَ النشاطِ الآتي، وعبرَ مخطّطاتِ الأشعةِ التي تلي النشاطَ.

التجربةُ 3

صفاتُ الأخيلةِ المتكوِّنةِ في العدساتِ

الموادُّ والأدواتُ: عدسةٌ محدّبةٌ وأخرى مقعّرةٌ معلومتا البعد البؤري، حاملُ عدساتٍ، شمعةٌ، قطعةٌ منَ الكرتونِ الأبيضِ، مَسطرةٌ متريّةٌ، ورقٌ أبيضُ (A4)، قلمٌ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحـذَرُ من سـقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدمينِ، وأتجنبُ تقريبَ الموادِّ القابـلةِ للاشتعالِ منَ الشمعةِ.



خطواتُ العملِ:

1- أُشعلُ الشمعةَ وأُثبّتُها على سطحِ الطاولةِ ثمَّ، أُرتّبُ الأدواتِ كما في الشكلِ، مُراعيًا أنْ يكونَ بُعدُ الشمعةِ عنِ العدسةِ المحدّبةِ أكبرَ منْ مثلَي بُعدِها البؤريِّ.

2- أُقرّبُ قطعةَ الكرتونِ وأُبعدُها عنِ العدسةِ حتى يظهرَ عليها خيالٌ واضحٌ للشمعةِ، ثمَّ أُسجّلُ صفاتِ الخيالِ المتكوّنِ.

3- أُغيّرُ موقعَ العدسةِ عنِ الشمعةِ بحسبِ الأبعادِ المبيَّنةِ في الجدولِ المجاورِ، وأُسجّلُ صفاتِ الخيالِ المتكوّنِ كلَّ مرّةٍ.

4- أَستخدمُ العدسةَ المقعّرةَ بدلًا منَ العدسةِ المحدّبةِ، ثمّ أُقرّبُ قطعةَ الكرتونِ وأُبعدُها عنِ العدسةِ، وأُلاحظُ هل يتكوّنُ خيالٌ للشمعةِ على قطعةِ الكرتونِ أم لا.

رقمُ الحالةِ	نوعُ العدسةِ: بعدُ الشمعةِ عن العدسةِ (x)	بُعدُها البؤريُّ: بُعدُ الخيالِ عن العدسةِ (d)	صفاتُ الخيالِ المتكوّنِ
1	$x > 2F$		
2	$x = 2F$		
3	$F < x < 2F$		
4	$x = F$		
5	$x < F$		

التعزيز:

- أطلبُ إلى الطلبة -عند تنفيذهم للخطوة (3) من التجربة- أن يلاحظوا ما يحدث للخيال المُتكوّن في العدسة المُحدّبة (سواءً كان حقيقيًا أو وهميًا) عندما تقترب الشمعة من البؤرة أثناء تحريكهم للعدسة. وأن يلاحظوا ما يحدث للخيال المتكوّن في العدسة المُقعّرة عند تقريبها أو إبعادها عن الشمعة في الخطوة رقم (4).
- أُبيّنُ للطلبة عن طريق الرسومات التوضيحية أن الخيال المُتكوّن في العدسة المُحدّبة (سواءً كان حقيقيًا أو وهميًا) يزداد تكبيرُه كلما اقترب الجسم من البؤرة، وأن الخيال المُتكوّن في العدسة المُقعّرة يزدادُ تكبيرُه كلما اقترب الجسم من العدسة.

معلومة إضافية

إذا تكوّن خيالٌ للشمعة على قطعة الكرتون (أو أيّ حاجز للضوء)؛ فإنّ الخيال المُتكوّن يكون حقيقيًا؛ لأنه يكون ناتجًا عن التقاء أشعة حقيقية (النافذة من العدسة). أما الخيال الذي نراهُ من خلال العدسة فهو خيال وهميّ؛ لأنه يكون ناتجًا عن التقاء امتدادات الأشعة النافذة من العدسة.

المناقشة:

- أوضّحُ للطلبة أنّ العدسات تشكل العنصر الأساسيّ في الأجهزة البصرية كافة، وأن أهميتها تكمُن في أنّها تُكوّن أخيلةً للأجسام، تختلف صفاتُها باختلاف نوع العدسة وبُعدِها البؤري وموقع الجسم بالنسبة إليها.
- أُبيّنُ للطلبة أنّهم سيتعرّفون إلى صفات الأخيلة المتكوّنة في العدسات عن طريق إجراء التجربة الآتية:

التجربة 3

صفات الأخيلة المُتكوّنة في العدسات

الهدف:

- التوصّلُ عمليًّا إلى صفاتِ الأخيلة المتكوّنة في العدساتِ.
- التمييزُ بينَ الخيالِ الحقيقيِّ والخيالِ الوهميِّ.

زمن التنفيذ: 25 دقيقة.

إرشادات السلامة: الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين، وتجنّب تقريب المواد القابلة للاشتعال من الشّمعة.

المهارات العلمية: الملاحظة، القياس، إصدار الأحكام، تحليل البيانات وتفسيرها، التنبؤ.

الإجراءات والتوجيهات:

- أوجّهُ الطلبة إلى الاستعانة بكتاب الأنشطة والتجارب عند إجراء التجربة، وقراءة الخلفيّة العلميّة للتجربة.
- أُنبّهُ الطلبة إلى الالتزام بخطوات التجربة كما وردت في كتاب الأنشطة والتجارب بالترتيب.

النتائج المتوقعة:

من المُتوقّع أن تتوصل معظم المجموعات إلى النتيجة نفسها، وهي أنّ صفات الأخيلة المتكوّنة في العدسات المُحدّبة تعتمد على بُعدها البؤري وموقع الجسم بالنسبة إليها، وأن الخيال الحقيقي يتكوّن من التقاء الأشعة المُنكسرة والنافذة من العدسة، بينما يتكوّن الخيالُ الوهميّ من امتدادات الأشعة النافذة من العدسة.

5- أَنظرُ إلى الشمعةِ من خلالِ العدسةِ المقعّرةِ، وأُلاحظُ الخيالَ المتكوّنَ.

6- أُقرّبُ العدسةَ وأُبعدُها عنِ الشمعةِ ناظرًا إليها من خلالِ العدسةِ، وأُلاحظُ الخيالَ المتكوّنَ.

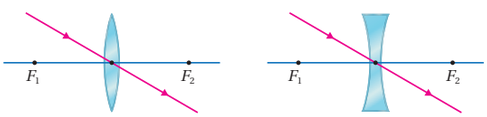
التحليلُ والاستنتاجُ

1. **أُقارنُ** بينَ بُعدِ الشمعةِ عنِ العدسةِ (x) وبُعدِ الخيالِ عنها (d)، مُبيِّنًا علاقةَ ذلكَ بحجمِ الخيالِ المتكوّنِ مقارنةً بحجمِ الجسمِ (الشمعةِ).
2. **التفكيرُ الناقدُ**: بناءً على الحالاتِ الواردةِ في الجدولِ، أتوصّلُ إلى ما يأتي:
   أ . مدى البعدِ الذي تُوضعُ فيه الشمعةُ عن العدسةِ المحدّبةِ ليتكوّنَ لها خيالٌ حقيقيٌّ.
   ب . علاقةُ نوعِ الخيالِ المتكوّنِ (حقيقيٌّ، وهميٌّ) بحالتِه (معتدلٌ، مقلوبٌ).
   جـ. أيُّ الحالاتِ لا يتكوّنُ فيها خيالٌ للشمعةِ؟
3. **أُقارنُ** بينَ الخيالِ الحقيقيِّ والخيالِ الوهميِّ.
4. **أَستنتجُ** صفاتِ الخيالِ المتكوّنِ في العدسةِ المقعّرةِ.
5. **أتوقّعُ** مصادرَ الخطأِ المحتمَلةَ في التجربةِ.

المخطّطاتُ الشعاعيّةُ المعياريّةُ Standard Ray Diagrams

الشعاعُ المعياريُّ هو الشعاعُ الذي نعرفُ مسارَه الكاملَ. وتوجدُ ثلاثةُ أشعّةٍ معياريّةٍ، يمكنُ استخدامُها لتحديدِ موقعِ الخيالِ المتكوّنِ لجسمٍ وصِفاتِه وهي:

1. الشعاعُ المارُّ بالمَركزِ البصريِّ للعدسةِ المحدّبةِ أوِ العدسةِ المقعّرةِ، يستمرُّ في مسارِه دونَ انحرافٍ، كما في الشكلِ (21).



الشكلُ (21): الشعاعُ المعياريُّ الأولُ.

التحليل والاستنتاج:

1. – عندما تكون ($x > 2F$) ؛ فإنّ ($F < d < 2F$)، ويكون حجم الخيال أصغر من حجم الجسم.
   – عندما تكون ($x = 2F$)، فإنّ ($d = 2F$)، ويكون حجم الخيال مساويًا لحجم الجسم.
   – عندما تكون ($F < x < 2F$)، فإنّ ($d > 2F$)، ويكون حجم الخيال أكبر من حجم الجسم.
   – عندما يكون الجسم في البؤرة ($x = F$)، لا يتكوّن خيال للجسم.
   – عندما تكون ($x < F$)، يتكوّن خيال وهمي للجسم يكون حجمه أكبر من حجم الجسم.
2. أ. عندما توضع الشمعة على بعد أكبر من البُعد البؤري للعدسة.
   ب. الخيال الحقيقي يكون مقلوبًا دائمًا، والخيال الوهميّ يكون معتدلًا دائمًا.
   جـ. الحالة (4)، عندما توضع الشمعة عند بؤرة العدسة المُحدّبة.
3.

الخيال الحقيقي	الخيال الوهميّ
يتكوّن في العدسة المُحدّبة فقط.	يتكوّن في العدسة المُحدّبة والعدسة المُقعّرة.
يكون مقلوبًا دائمًا.	يكون معتدلًا دائمًا.
يمكن تجميعُه على حاجز (جدار).	لا يمكن تجميعُه على حاجز.

4. وهميّ، ومعتدل، ومصغّر.
5. إجابات محتملة: الأخطاء الناتجة عن التقديرات المتعلقة بحجم الخيال مُقارنةً بحجم الجسم، الخطأُ الصفريّ (الذي ينتُج عن عدم وضع الشمعة في المكان المُحدّد حسب ما هو وارد في الجدول، أو عدم تثبيت الأدوات بشكل عمودي).

المناقشة:

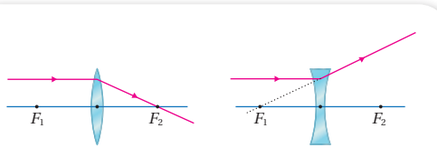
- أوضّحُ للطلبة أنّ النتائج التي جرى الحصول عليها من التجربة السابقة يمكن فهمها بصورة أفضل عن طريق ترجمتها بالرسومات التوضيحية؛ وهي مخطّطاتٌ شعاعية تبيّنُ مسارات الأشعة الضوئيّة إبتداءً من المصدر الضوئي، مرورًا بالعدسة، وانتهاءً بنقاط تجمّعها أو تجمّع امتداداتها لتكوين الأخيلة.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء. **أداة التقويم:** سُلَّم تقدير.

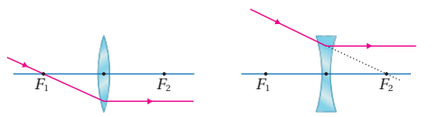
الرقم	مؤشر الأداء	التقدير			
		4	3	2	1
1	مراعاة تعليمات الأمان والسلامة العامة عند تنفيذ التجربة.				
2	التعاون مع أفراد المجموعة في تنفيذ خطوات التجربة.				
3	تنفيذ خطوات التجربة بدقة كما وردت في كتاب الأنشطة والتجارب.				
4	التمييز بين الخيال الحقيقي والخيال الوهمي.				
5	الالتزام بالوقت المحدد لعمل التجربة.				
6	المحافظة على الأدوات المستخدمة في عمل التجربة.				

2. الشعاعُ الموازي للمحورِ الرئيسِ ينكسرُ في العدسةِ المحدّبةِ مارًّا بالبؤرةِ، وفي العدسةِ المقعّرةِ ينكسرُ بحيث يمرُّ امتدادُه بالبؤرةِ، كما في الشكلِ (22).

3. الشعاعُ المارُّ ببؤرةِ العدسةِ المحدّبةِ، أو امتدادُه يمرُّ ببؤرةِ العدسةِ المقعّرةِ، ينكسرُ موازيًا للمحورِ الرئيسِ، كما في الشكلِ (23).



الشكلُ (22): الشعاعُ المعياريُّ الثاني.



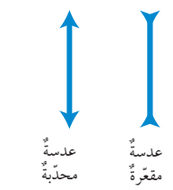
الشكلُ (23): الشعاعُ المعياريُّ الثالثُ.

تفكير

أستنتجُ: أُبيّنُ عبرَ رسمِ المخطّطاتِ الشعاعيّةِ المعياريّةِ سببَ عدمِ تكوّنِ خيالِ للحالةِ رقم (4) في التجربةِ (3) السابقةِ.

ولإيجادِ موقعِ وصفاتِ الخيالِ المتكوّنِ في العدسةِ بالرسمِ، أتّبعُ الخطواتِ الآتيةَ:

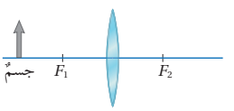
1. أرسمُ رسمًا تخطيطيًّا يمثّلُ العدسةَ، ويمكنُ استخدامُ الرمزينِ الموضّحينِ في الشكلِ (24) لكلٍّ منَ العدسةِ المحدّبةِ والعدسةِ المقعّرةِ.



الشكلُ (24): رمزُ كلٍّ منَ العدسةِ المحدّبةِ والعدسةِ المقعّرةِ.

2. أرسمُ خطًّا أفقيًّا مستقيمًا بالمسطرةِ يمرُّ بمنتصفِ العدسةِ يمثّلُ المحورَ الرئيسَ، ثمَّ أحدّدُ نقطتينِ على جانبَي العدسةِ تقعانِ على المحورِ الرئيسِ وعلى البعدِ نفسِه منَ المركزِ البصريِّ (نقطةُ التقاءِ المحورِ الرئيسِ بالعدسةِ) لتُمثّلا بؤرتَي العدسةِ.

3. أرسمُ مخطّطًا للجسمِ، أو سهمًا ذيلُه على المحورِ الرئيسِ يمثّلُ الجسمَ المرادَ تحديدُ صفاتِ خيالِه، أتأمّلُ الشكلَ (25).



الشكلُ (25): جسمٌ موضوعٌ أمامَ عدسةٍ محدبةٍ.

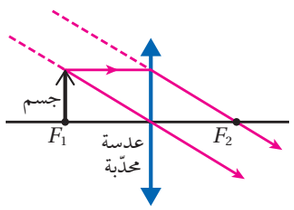
المناقشة:

- أُبيّنُ للطلبة أن التوصل إلى صفات الأخيلة المتكوّنة في العدسات عن طريق الرسم يتطلّب اتّباع خطوات محدّدة، بحيث تمثّل كل خطوة من هذه الخطوات مهمّة محدّدة يجب تنفيذُها بدقّة للتوصل إلى الصفات الصحيحة للخيال، وهذا يتطلب استخدام مسطرة لرسم الخطوط المستقيمة التي تمثّل الأشعة الضوئيّة، ولقياس المسافات التي تمثّل كُلًّا من: البُعد البؤري، وبُعد الجسم وطوله، وبُعد الخيال وطوله.
- أستخدمُ **التعلم التعاوني**، فأوزّعُ الطلبة في مجموعات، وأوزّعُ الأدوار في ما بينهم؛ ليقوم كُلٌّ منهم بمهمة محدّدة، ثمّ أوجّهُهم لدراسة الخطوات الواجب اتّباعها لإيجاد موقع وصفات الخيال المُتكون في العدسة، وتنفيذها عمليًّا، على الترتيب كما وردت في الصفحات (61, 62).
- أمنحُ الطلبة الوقت الكافي لأداء المهمات المطلوبة، وأتجوّل بينهم أثناء ذلك مُوجّهًا ومُساعِدًا ومُرشِدًا.
- بعد انتهاء الوقت المخصص، أطلبُ إلى مجموعات الطلبة بأن يقوم أحد أفراد كُلٍّ منها بتنفيذ إحدى الخطوات على اللّوح أمام الطلبة وبالترتيب حسب ورودها في الكتاب.
- أُبيّنُ للطلبة أنه يوجد ثلاثة أشعة معروفة المسار بالكامل، تُسمّى الأشعة المعيارية، والتي عن طريقها يمكن معرفةُ خصائص أنواع الأخيلة المتكوّنة جميعها في العدسات؛ بصرف النظر عن شكلها أو نوعها.

استخدام الصور والأشكال:

- أستخدمُ **الطاولة المستديرة**، فأوزّعُ الطلبة في مجموعات، ثمّ أوجّهُهم لدراسة الأشكال (21–23).
- أطلبُ إلى أحد أفراد كل مجموعة كتابة السؤال الآتي في رأس ورقة فارغة: (كيف تسلك الأشعة المعيارية في كُلٍّ من العدسات المُحدّبة والعدسات المُقعّرة؟)، ثمّ تُمرّر الورقة بين أفراد المجموعة على التوالي؛ ليكتب كُلٌّ منهم قدرًا أكبر من الإجابات المُحتملة.
- أمنحُ الطلبة الوقت الكافي للإجابة عن السؤال، وأتجوّل بينهم أثناء ذلك للإجابة على استفساراتهم، وللتأكد أنهم يُنفّذون المهمات المطلوبة.
- بعد انتهاء الوقت المخصص، أطلبُ إلى كل مجموعة مناقشة إجاباتهم وتنقيحها، ثمّ أُنظّمُ نقاشًا بين الطلبة، لتعرض كُلُّ مجموعة ما توصلت إليه أمام المجموعات الأُخرى.

تفكير



يظهر من الشكل المُجاور أن الأشعة المعيارية لا تلتقي بعد نفاذها من العدسة ولا امتداداتها لأنها متوازية؛ لذا لا يتكون للجسم الموضوع في البؤرة خيال سواءً أكان حقيقيًا أم وهميًا.

إضاءة للمُعلّم / للمعلّمة

عُرفت مسارات الأشعة المعيارية من تطبيق قانون الانكسار (قانون سنل)، وقوانين وخصائص الشكل الكرويّ.

المناقشة:

- أُبيّنُ للطلبة أن التوصُّل إلى صفات الخيال المتكوّن في العدسة يتطلّب الرسم الدقيق؛ بحيث يجري تحديد بؤرتي العدسة على جانبيها وعلى بُعدَين متساويين منها، واستخدام المسطرة لرسم الخطوط التي تمثّل الأشعة المعيارية، مع مراعاة أن تكون النقاط التي تقعُ على الخط الموازي للمحور الرئيس جميعها على البُعد ذاته منه.
- أستخدمُ **أكواب إشارات المرور**؛ بأن أوزّعُ على الطلبة أكوابًا (أو بطاقات) بألوان إشارات المرور (الخضراء، والصفراء، والحمراء)، ثمّ أوجّهُ إلى الطلبة السؤال الآتي:

– كيف نحدّد صفات الخيال المُتكوّن لجسم في العدسة؟

- أمنحُ الطلبة الوقت الكافي للإجابة عن السؤال، ثمّ أطلبُ إليهم أن يرفعوا إحدى البطاقات، حسب مدى معرفتهم وتمكُّنهم من الإجابة عن السؤال، كما يأتي:

– رفع البطاقة الخضراء في حال أنهم واثقون من الإجابة.

– رفع البطاقة الصفراء في حال أنهم يعرفون جزءًا من الإجابة.

– رفع البطاقة الحمراء في حال أنهم لا يعرفون الإجابة، أو غير متأكدين منها.

- أستمع لإجابات الطلبة وأقبلها جميعها، ثمّ أناقشُهم فيها، وتوضيح الأجزاء غير الواضحة، خاصة إذا كان عدد البطاقات الحمراء والصفراء المرفوعة كبير نسبيًا.

الربطُ بعلمِ الفضاءِ

- أوجّهُ الطلبة إلى قراءة النص الوارد في بند الربط بعلم الفضاء، ثمّ أعرض أمامهم مقطع فيديو يتحدّث عن عدسات الجاذبية وعلاقتها بالنسبية العامة لأينشاتين، ثمّ مقارنة عملها بعمل العدسات الرقيقة من حيث تغييرها لمسار الضوء.
- أطرح على الطلبة السؤال الآتي: كيف تعمل عدسات الجاذبية على تغيير المواقع النسبيّة للنجوم والمجرّات؟
- أستمع لإجابات الطلبة، ثمّ أناقشُهم فيها؛ للتوصل إلى الإجابة الصحيحة، وهي أنّ المجرّات والنجوم العملاقة التي تقع في مسار الضوء القادم من نجوم أُخرى تعمل على تغيير مسار هذا الضوء؛ وذلك بجذبه نحوها، بسبب كتلها الضخمة، كما تَحرف العدساتُ الرقيقة مسار الأشعة الضوئيّة المارّة من خلالها؛ لذا تظهر تلك النجوم في غير مواقعها الحقيقية.

أفكّرُ: لماذا يتكوّنُ خيالُ الجزءِ السفليِّ للجسمِ على المحورِ الرئيسِ؟

الربطُ بعلمِ الفضاءِ

تتنبّأُ النظريةُ النسبيّةُ العامّةُ لأينشتاين بأنَّ الضوءَ الذي يمرُّ بالقربِ منَ الأجسامِ الثقيلةِ جدًّا مثلُ المجرّاتِ والثقوبِ السوداءِ والنجومِ الضخمةِ سوفَ ينحني. لذا تعملُ هذهِ الأجسامُ الضخمةُ عملَ نوعٍ منَ العدساتِ يُعرفُ باسمِ عدساتِ الجاذبيّةِ Gravitational Lenses. وتقومُ عدساتُ الجاذبيّةِ هذهِ بتشويهِ المواقعِ الظاهريّةِ للنجومِ وتغييرِها.

4. أرسمُ بالمسطرةِ من رأسِ الجسمِ (السهمِ) مخطّطاتِ الأشعةِ المعياريّةِ الثلاثةَ (1, 2, 3)، وألاحظُ أنّها تلتقي جميعُها أوِ امتداداتُها، بعدَ نفاذِها منَ العدسةِ في نقطةٍ واحدةٍ تمثّلُ خيالَ رأسِ الجسمِ (يمكنُ تحديدُ الخيالِ بشعاعينِ فقطْ منَ الأشعةِ المعياريّةِ، وأرسمُ الشعاعَ الثالثَ للتحقّقِ منَ الدقّةِ التي رسمتُ بها أوّلَ شعاعينِ). أمّا خيالُ الجزءِ السفليِّ للجسمِ، فإنّه يتكوّنُ على المحورِ الرئيسِ.

5. أرسمُ مخطّطًا للخيالِ أو سهمًا يكونُ ذيلُه على المحورِ الرئيسِ ورأسُه عندَ نقطةِ التقاءِ الأشعّةِ المعياريّةِ، وأقيسُ كلًّا من طولِ الخيالِ وطولِ الجسمِ بالمسطرةِ، وألاحظُ ما يأتي:

أ . إذا كانَ حجمُ (طولُ) الخيالِ أكبرَ من حجمِ (طولِ) الجسمِ فإنّه يكونُ مُكبَّرًا، وإذا كانَ حجمُ الخيالِ أصغرَ من حجمِ الجسمِ فإنّه يكونُ مُصغَّرًا، وأمّا إذا كانَ غيرَ ذلكَ، فهوَ مساوٍ للجسمِ في الحجمِ.

ب . إذا كانَ الخيالُ ناتجًا منِ التقاءِ الأشعةِ النافذةِ منَ العدسةِ فإنّه يكونُ حقيقيًّا، وإذا كانَ ناتجًا منِ التقاءِ امتداداتِ الأشعةِ النافذةِ منَ العدسةِ فإنّه يكونُ وهميًّا.

جـ. إذا وقعَ خيالُ رأسِ الجسمِ فوقَ المحورِ الرئيسِ يكونُ معتدلًا، وإذا وقعَ أسفلَ المحورِ الرئيسِ يكونُ مقلوبًا.

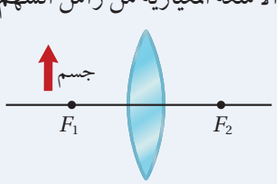
تكوّنُ الأخيلةِ في العدساتِ Image Formation by Lenses

لتحديدِ موقعِ الخيالِ المتكوّنِ في العدسةِ وصفاتِه نتّبعُ الخطواتِ السابقةَ، والأمثلةُ الآتيةُ توضّحُ ذلكَ:

أفكّرُ: لأن الأشعة المعيارية تنطبق جميعها على المحور الرئيس عندما يكون الجزء السُفليّ للجسم منطبقًا عليه.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

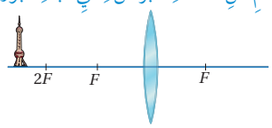
لتحديد الخيال المُتكوّن في العدسة لجسم ما؛ لا بدّ من تحديد نقطتين يقع بينهما الخيال؛ وهما رأسُ السهم الذي يمثّل الجسم وذيلُه، وبما أن ذيل السهم يقع على المحور الرئيس؛ فإنّ الأشعة المعيارية تكون جميعُها منطبقةً عليه، وبالتالي؛ فإنّ النقطة التي تلتقي فيها هذه الأشعة أو امتداداتُها تكون على المحور الرئيس أيضًا، لذلك نرسمُ الأشعّة المعيارية من رأس السهم فقط؛ إلا إذا كان السهم يرتفع أو ينخفض عن المحور الرئيس، كما في الشكل المجاور؛ فإننا في هذه الحالة نرسم الأشعة المعيارية من رأس السهم (الجسم)، ومن ذيله.



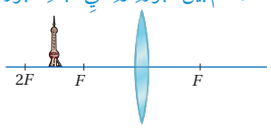
المثالُ 9

أُحدّدُ بالرسمِ موقعَ وصفاتِ الخيالِ المتكوِّنِ لجسمٍ موضوعٍ أمامَ عدسةٍ محدّبةٍ عندَما يكونُ:

1 . بُعدُ الجسمِ عنِ العدسةِ أكبرَ منْ مِثْلَيِ البُعدِ البؤريِّ.



2 . الجسمُ بينَ البؤرةِ ومِثْلَيِ البعدِ البؤريِّ.

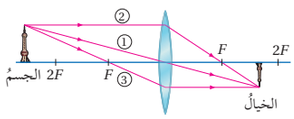


المُعطياتُ: جسمٌ موضوعٌ أمامَ عدسةٍ محدّبةٍ.

المطلوبُ: موقعُ الخيالِ المتكوّنِ للجسمِ وصفاتُهُ.

الحلُّ:

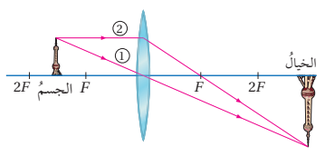
1 . أرسمُ منْ رأسِ الجسمِ مخطّطاتِ الأشعةِ المعياريّةِ (1, 2, 3) بالمسطرةِ، كما في الشكلِ المجاورِ. وأُلاحظُ ما يأتي:



أ . الخيالُ المتكوِّنُ للجسمِ يقعُ خلفَ العدسةِ بينَ البؤرةِ ومِثْلَيِ البعدِ البؤريِّ، وحجمُه (طولُه) أصغرُ من حجمِ (طولِ) الجسمِ، ومقلوبٌ أيضًا.

ب . نظرًا إلى أنَّ الخيالَ ناتجٌ منِ التقاءِ الأشعةِ النافذةِ منَ العدسةِ، فهوَ حقيقيٌّ. أيْ أنَّ صفاتِ الخيالِ تكونُ على النحوِ الآتي: مصغّرٌ ومقلوبٌ وحقيقيٌّ.

2 . أرسمُ بالمسطرةِ منْ رأسِ الجسمِ مخطّطاتِ الأشعةِ المعياريةِ (1, 2)، كما في الشكلِ. وأُلاحظُ ما يأتي:



أ . الخيالُ المتكوّنُ للجسمِ يقعُ خلفَ العدسةِ على بُعدٍ أكبرَ منْ مِثلَيِ البُعدِ البؤريِّ، وحجمُه أكبرُ منِ حجمِ الجسمِ، ومقلوبٌ أيضًا.

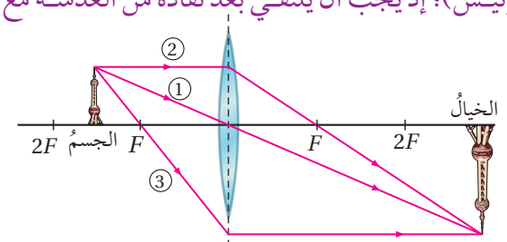
ب . نظرًا إلى أنَّ الخيالَ ناتجٌ منِ التقاءِ الأشعةِ النافذةِ منَ العدسةِ، فهوَ حقيقيٌّ. أيْ أنَّ صفاتِ الخيالِ تكونُ على النحوِ الآتي: مُكبّرٌ ومقلوبٌ وحقيقيٌّ.

✓ **أتحقّقُ:** كيف يمكنني التأكد من الدقة التي رسمت بها الشعاعين 1 و 2 في الشكل السابق؟

◄ التعزيز:

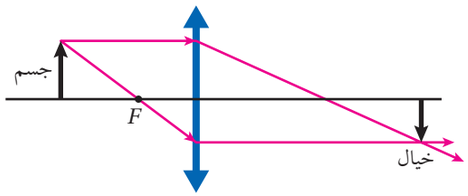
أتأكّد أن الطلبة يتقنون رسم الأشعة المعيارية للعدسة المُحدّبة والعدسة المُقعّرة؛ عن طريق إعطاء تمارين عن إكمال رسم أحد هذه الأشعة، لكلا النوعين من العدسات، ثمّ الانتقال إلى شُعاع آخر، وهكذا، وملاحظة أداء الطلبة في ذلك.

✓ **أتحقّق:** عن طريق رسم الشعاع المعياري الثالث (المار بالبؤرة والذي ينكسر مُوازيًا للمحور الرئيس)؛ إذ يجب أن يلتقي بعد نفاذه من العدسة مع الشعاعين المرسومين عند نقطة تقاطُعِهما.



مثال إضافي

رسم طالب مخططات الأشعة المعيارية لجسم موضوع أمام عدسة محدّبة، فكانت كما هو مبيّن في الشكل الآتي:



اعتمادًا على الشكل، أجيب عن ما ياتي:

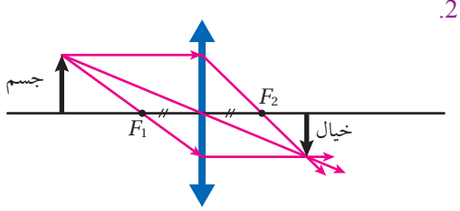
1. أُبيّنُ في ما إذا كان رسم الطالب صحيحًا، وكيف يمكن التحقق من ذلك؟
2. أعيد رسم الشكل مُصحّحًا مسارات الأشعة غير الصحيحة، إن وجدت.
3. أُحدّد صفات الخيال المتكوّن.

الحلّ:

1. رسم الطالب للشُّعاع المعياري المارّ بالبؤرة صحيح؛ بينما رسمه للشعاع الموازي للمحور بعد نفاذه من العدسة غير صحيح؛ ذلك أن هذا الشعاع ينكسر مارًا بالبؤرة، والبؤرة على يمين العدسة يجب أن تكون على بُعدٍ من العدسة مساوٍ لبُعد البؤرة التي تقع على يسارها، وهذا مخالف لما هو ظاهر في رسم الطالب (لاحظ نقطة تقاطع الشعاع المنكسر مع المحور الرئيس).

ويمكن التحقق من ذلك بطريقتين؛ الأولى: بقياس المسافة بين البؤرة (نقطة تقاطع الشعاع الأول مع المحور الرئيس) والعدسة، والمسافة بين نقطة تقاطع الشعاع الثاني مع المحور الرئيس والعدسة؛ إذ يجب أن تكون هاتان المسافتان متساويتين. والثانية: برسم الشعاع المعياري المار بالمركز البصري للعدسة؛ إذ يجب أن يلتقي مع الشعاعين المرسومين عند نقطة تقاطُعِهما.

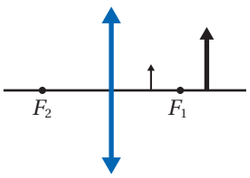
2.



3. الخيال ناتج عن التقاء الأشعة النافذة من العدسة؛ فهو حقيقي، وطوله أقلّ من طول الجسم؛ فهو مصغّر، أي أن صفات الخيال: مصغّرٌ ومقلوب وحقيقي.

مثال إثرائي

أجرت كُلٌّ من سارة وبتول تجربةً لتحديد صفات الخيال المُتكوّن في عدسة محدّبة لجسم موضوع أمامها، وأثناء تنفيذ التجربة رسمتا سهمين؛ أحدهما يمثّل الجسم والآخر يمثّل الخيال، كما في الشكل. وعندما طلبت إليهما المعلمة رسم مُخططات الأشعة المعيارية اختلفتا في أيّ السهمين يمثّل الجسم وأيهما يمثّل الخيال.

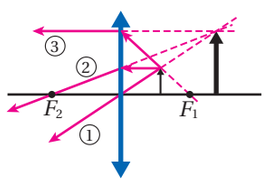


أجيب عمّا يأتي:

1. هل يمكن تحديد أي السهمين يمثّل الجسم وأيهما يمثّل الخيال؟ وكيف يتم ذلك؟
2. أرسم الأشعة المعيارية للشكل.

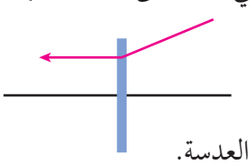
الحلّ:

1. نعم؛ فبما أن السهمين يقعان في الجهة نفسها من العدسة؛ فإنّ الخيال المتكوّن يكون وهميًّا، والخيال الوهمي الذي يتكوّن في العدسة المُحدّبة يكون دائمًا مُكبّرًا؛ لذا يكون السهم الممثّل للخيال هو السهم الأطول.
2.



مثال إثرائي

يُبيّنُ الشكل مسار شعاع ضوئي يسقط على عدسة. اعتمادًا على الشكل؛ أُجيب عمّا يأتي:



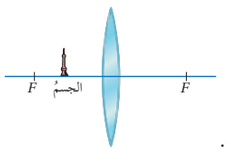
1. أُبيّنُ نوع العدسة.
2. أُحدّد موقع كُلٍّ من بؤرتي العدسة.
3. إذا كان الشعاع الساقط قادم من رأس جسم يمثّله سهمٌ يقع ذيلُه على المحور الرئيس؛ فأبيّن بالرسم صفات الخيال المتكوّن.

الحلّ:

1. العدسة مُقعّرة؛ فالشعاع الساقط يتّجه نحو المحور الرئيس، لكن العدسة تبعِدُه بحيث يكون الشعاع المُنكسر موازيًا للمحور، وهذا يعني أن العدسة تُفرّق الأشعة.

المثال 10

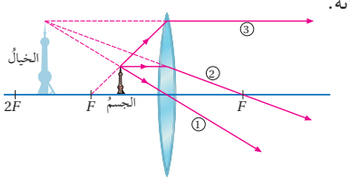
أُحدّدُ بالرسمِ موقعَ الخيالِ المتكوّنِ وصفاتِهِ لجسمٍ موضوعٍ بينَ عدسةٍ محدّبةٍ وبؤرتِها.



المُعطياتُ: جسمٌ موضوعٌ أمامَ عدسةٍ محدّبةٍ بينَ البؤرةِ والعدسةِ.

المطلوبُ: موقعُ الخيالِ المتكوّنِ للجسمِ وصفاتُهُ.

الحلُّ:



أرسمُ بالمسطرةِ منْ رأسِ الجسمِ مخطّطاتِ الأشعةِ المعياريةِ (1, 2, 3)، كما في الشكلِ المجاورِ. وأُلاحظُ ما يأتي:

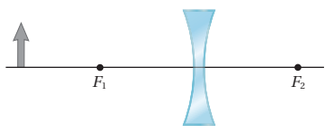
أ . الخيالُ المتكوّنُ للجسمِ يقعُ في الجهةِ نفسِها التي يوجدُ فيها الجسمُ بينَ البؤرةِ ومِثلَي البُعدِ البؤريِّ، وحجمُه أكبرُ من حجمِ الجسمِ ومعتدلٌ أيضًا.

ب . لا تلتقي الأشعةُ النافذةُ منَ العدسةِ بلْ تلتقي امتداداتُها؛ لذا يكونُ الخيالُ المتكوّنُ وهميًّا.

أيْ أنَّ صفاتِ الخيالِ تكونُ على النحوِ الآتي: مكبّرٌ ومعتدلٌ ووهميٌّ.

المثال 11

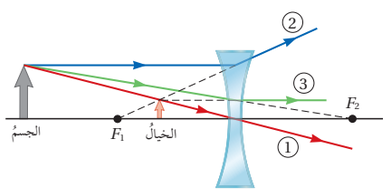
أُحدّدُ بالرسمِ موقعَ الخيالِ المتكوّنِ وصفاتِهِ لجسمٍ موضوعٍ أمامَ عدسةٍ مقعّرةٍ.



المُعطياتُ: جسمٌ موضوعٌ أمامَ عدسةٍ مقعّرةٍ.

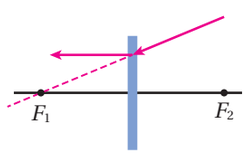
المطلوبُ: موقعُ الخيالِ المتكوّنِ للجسمِ وصفاتُهُ.

الحلُّ:

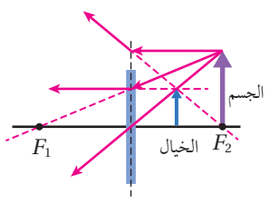


أرسمُ بالمسطرةِ منْ رأسِ الجسمِ مخطّطاتِ الأشعةِ المعياريّةِ (1, 2, 3)، كما في الشكلِ المجاورِ. وأُلاحظُ ما يأتي:

2. بما أن الشعاع الساقط انكسر موازيًا للمحور الرئيس؛ فإنّ امتداده يمرُّ بالبؤرة (الشعاع المعياري الثالث)؛ لذا فإنّ إحدى بؤرتي العدسة تقع على المحور الرئيس على امتداد الشعاع الساقط، والبؤرة الثانية تقع على الجهة الأُخرى من العدسة. وعلى نفس بعد البؤرة الأولى منها، كما يُبيّنُ الشكل.



3. يظهر من الشكل أن الخيال: مصغّر ومعتدل ووهميّ.



ورقة العمل (5)

أوزّعُ الطلبة في مجموعات ثُنائية، ثم أزوّدُ أفراد كلّ مجموعة بورقة العمل (5) المدرجة في الملحق، وأوجّهُهم إلى الحلّ، وأمنحُهم وقتًا كافيًا، ثم نناقش الحلّ معًا.

أ . الخيالُ المتكوّنُ للجسمِ يقعُ في الجهةِ نفسِها التي يوجدُ فيها الجسمُ بينَ البؤرةِ والعدسةِ، وحجمُه أصغرُ من حجمِ الجسمِ، ومعتدلٌ أيضًا.

ب . لا تلتقي الأشعةُ النافذةُ منَ العدسةِ، ولكنْ تلتقي امتداداتُها؛ لذا يكونُ الخيالُ المتكوّنُ وهميًّا، أيْ أنَّ صفاتِ الخيالِ تكونُ على النحو الآتي: مصغّرٌ ومعتدلٌ ووهميٌّ.

أُلاحظُ منَ التجربةِ (3) والأمثلةِ السابقةِ أنَّ العدسةَ المحدّبةَ يمكنُ أنْ تكوّنَ لجسمٍ خيالًا حقيقيًّا أو وهميًّا، مقلوبًا أوْ معتدلًا، مصغّرًا أوْ مساويًا لحجمِ الجسمِ أو مكبّرًا، ويعتمدُ ذلكَ على موقعِ الجسمِ بالنسبةِ إلى العدسةِ. أمّا بالنسبةِ إلى العدسةِ المقعّرةِ، فإنَّ الخيالَ يكونُ دائمًا مصغّرًا ومعتدلًا ووهميًّا، بصرفِ النظرِ عنْ موقعِه منَ العدسةِ، ويقعُ دائمًا بينَ العدسةِ المقعّرةِ وبؤرتِها. ويمكنُ ملاحظةُ أنَّ الخيالَ الحقيقيَّ يكونُ دائمًا مقلوبًا، ويمكنُ تكوينُه على حاجزٍ (جدارٍ)، في حينِ أنَّ الخيالَ الوهميَّ يكونُ دائمًا معتدلًا، ولا يمكنُ تكوينُه على حاجزٍ.

أعدُّ فيلمًا قصيرًا باستعمالِ برنامجِ صانعِ الأفلامِ (movie maker) يعرضُ خصائصَ الأخيلةِ المتكوّنةِ لجسمٍ في العدساتِ المحدّبةِ والمقعّرةِ، وتقريبَ الجسمِ وإبعادَهُ عنِ العدسةِ، وملاحظةَ التغيُّرِ الذي يحدثُ على كلٍّ من: موقعِ الخيالِ المتكوّنِ وحجمِه وصفاتِه.

✓ **أتحقّقُ:** ما نوعُ العدسةِ التي يمكنُ أن تُكوّنَ خيالًا حقيقيًّا لجسمٍ؟

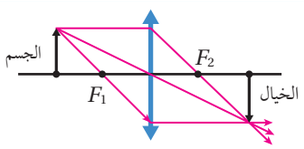
تهيئة

أُحدّدُ بالرسمِ موقعَ الخيالِ المتكوّنِ وصفاتِه لجسمٍ موضوعٍ عندَ نقطةٍ تقعُ على بُعدٍ يساوي مِثلَي البُعدِ البؤريِّ لعدسةٍ إذا كانتِ العدسةُ:

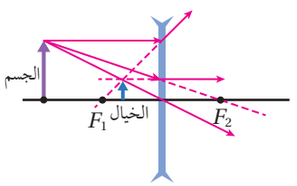
1. محدّبةً.
2. مقعّرةً.

تهيئة

1. الخيال: حقيقيّ، ومقلوب، ومساوٍ للجسم.



2. الخيال: وهميّ، ومُعتدل، ومصغّر.



أوجّهُ الطلبة إلى إعداد مقطع فيديو (فيلم) قصير باستخدام برنامج صانع الأفلام (Movie maker)؛ يوضّح خصائص الأخيلة المتكوّنة في العدسات المُحدّبة والمُقعّرة، عندما يوضع الجسم على أبعاد مختلفة منها، مُدعّمًا بالشروح الصوتية المناسبة والصور أو مقاطع فيديو، ثمَّ أنظّم عرضه أمام الطلبة أثناء الحصّة الصفيّة.

معلومة إضافية

بما أن بُؤرة العدسة المُقعّرة وهميّة؛ فإنها تُكوّن خيالًا للجسم الموضوع على بُعد منها يُساوي البُعد البؤريّ، وذلك كما يظهر في الفرع رقم (3) من المثال السابق، فهي تختلف في ذلك عن العدسة المُحدّبة التي لا تُكوّن خيالًا للجسم الموضوع عند إحدى بؤرتيها.

المناقشة:

- أُبيّنُ للطلبة أن الأمثلة السابقة توضّحُ صفات الأخيلة التي تكوّنُها العدساتُ على اختلاف أنواعها وأشكالها، ثمّ أسألُهم:

– بماذا تختلف صفات الأخيلة التي تكوّنها العدسات المُحدّبة للأجسام الموضوعة أمامَها عن تلك التي تُكوّنها العدسات المُقعّرة؟ العدسات المُحدّبة يمكن أن تُكوّن أخيلةً حقيقيّةً أو وهميّة، مقلوبةً أو مُعتدلة، مُصغّرةً أو مكبّرة، في حين أنّ الأخيلة التي تُكوّنها العدساتُ المُقعّرة تكون دائمًا وهميّةً ومصغّرةً ومعتدلة، وذلك بصرف النظر عن موقع الجسم من العدسة.

– كيف نميّز الخيال الحقيقي من الخيال الوهميّ؟

يمكن تمييزُه بإحدى الطرائق الآتية:

- الخيال الحقيقي يمكن تجميعه على حاجز، بينما لا يمكن تجميع الخيال الوهميّ.
- الخيال الحقيقي ينتُج عن التقاء الأشعة النافذة من العدسة؛ بينما ينتُج الخيال الوهميّ عن التقاء امتدادات الأشعة النافذة من العدسة.
- الخيال الحقيقي يكون مقلوبًا دائمًا، بينما الخيال الوهميّ يكون معتدلًا دائمًا.
- الخيال الحقيقي يتكوّن فقط في العدسات المُحدّبة، بينما الخيال الوهميّ يتكوّن في العدسات المُقعّرة؛ ويكون مصغّرًا، أو المُحدّبة؛ ويكون مُكبّرًا.
- الخيال الحقيقي يتكوّن في الجهة المقابلة للجهة الموضوع فيها الجسم أمام العدسة، بينما الخيال الوهميّ يتكوّن في الجهة ذاتها التي يكون فيها الجسم.

- أقبلُ إجابات الطلبة جميعها، ثمّ أناقشُهم فيها، وأصحّح المفاهيم الخاطئة.

✓ **أتحقّق:** مُحدّبة.

المناقشة:

- أُوضّحُ للطلبة؛ أنه وبسبب أنّ العدسات تكوّن أخيلةً للأجسام؛ فإنّ لها عددًا من التطبيقات العلميّة والعمليّة التي سنتعرَّف بعضها، ومن أهم هذه التطبيقات عمليّةُ الإبصار عند الانسان.
- أُبيّنُ للطلبة أنّ العضو الخاصّ بعملية الإبصار عند الانسان هو العين؛ إذ تتكوّن من عدد من الأجزاء التي تُساعد في تكوين أخيلة للأشياء، يجري تحليلها عن طريق الدماغ، وسنتعرَّف إلى بعض هذه الأجزاء.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّهُ الطلبة إلى دراسة الشكل (26)، ثمّ أسألهم:

– أي أجزاء العين يدخل منه الأشعة الضوئيّة؟ القرنيّة.

– أي أجزاء العين يعمل على تجميع الأشعة الضوئيّة الداخلة إلى العين؟ النظام المُكوّنُ من العدسة والقرنيّة.

– أي أجزاء العين تتكوّن عليه الأخيلةُ للأجسام؟ الشبكيّة.

– أي أجزاء العين يحوّل الأخيلة المُتكوّنة على الشبكيّة إلى إشارات كهربائية؟ الشبكيّة ذاتها.

– أين يجري تحليلُ الإشارات الكهربائية المُعبّرة عن الأخيلة المتكوّنة على الشبكيّة؟ في مركز الإبصار في الدماغ.

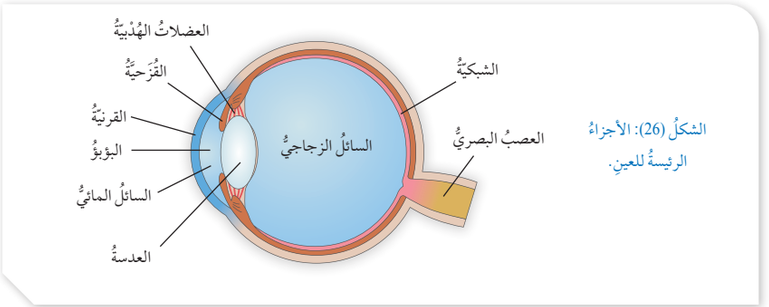
– ما وظيفة العصب البصريّ؟ نقل الإشارات الكهربائية المعبّرة عن الأخيلة إلى مركز الإبصار في الدماغ.

- أستخدمُ **أُفكّرُ، أنتق زميلًا/ زميلةً، أُشارك**، وأوجّهُ الطلبة إلى دراسة الشكل (27)، ثمّ أطلبُ إليهم الإجابة عن السؤال الآتي:

– كيف تتكوّن الأخيلة للأجسام على شبكيّة العين، وما نوع هذه الأخيلة؟

- أطلبُ إلى الطلبة أن يُجيب كُلٌّ منهم على السؤال بشكل فردي، ويدوّن إجابته على ورقة مستقلة (دفتر).
- أمنحُ الطلبة الوقت الكافي للإجابة عن السؤال، ثمّ أطلبُ إليهم أن يتشارك كُلٌّ منهم الإجابة مع زميله/ زميلتها في الصف.
- أُدير نقاشًا يتشارك فيه طلبة الصف إجاباتهم للوصول إلى الإجابة الصحيحة، وأُصوّب المفاهيم غير الصحيحة.

تسقط الأشعة الضوئيّة القادمة من الجسم المُراد رؤيته على قرنيّة العين، فيجري تجميعُها لتسقط على العدسة التي تُجمّعها وتوجّهها نحو الشبكيّة مُكوّنة خيالًا للجسم؛ حقيقيًّا ومقلوبًا ومصغّرًا.



الشكلُ (26): الأجزاءُ الرئيسةُ للعين.

الربطُ بالطبِّ

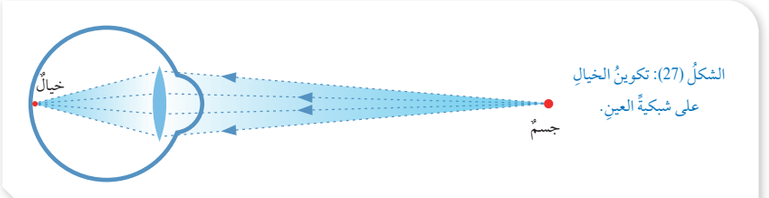
يُصحَّحُ البصرُ عندَ بعضِ الأشخاصِ الذينَ يعانونَ ضعفَ البصرِ عن طريقِ عملياتٍ جراحيّةٍ بتقنيةِ الليزك، التي تعني تصحيحَ تحدُّبِ القرنيةِ باستخدامِ الليزرِ الموضعيِّ، وقدْ حقّقتْ هذهِ العملياتُ الجراحيّةُ نجاحاتٍ جيدةً. ونادرًا ما تحدثُ لها مضاعفاتٌ أو آثارٌ جانبيةٌ، وهيَ تغني عنِ استخدامِ العدساتِ اللاصقةِ أوِ النظاراتِ، لكنَّها لا تناسبُ الأشخاصَ المصابينَ جميعًا، لاسيما الذينَ لديهم قِصَرُ نظرٍ أو طولُ نظرٍ شديدانِ.

تطبيقاتُ العدساتِ Applications of Lenses

العينُ البشريةُ The Human Eye

هيَ العضوُ الخاصُّ بإبصارِ الأشياءِ وتمييزِ الألوانِ، وتتكوّنُ منْ أجزاءٍ خاصّةٍ باستقبالِ الأشعةِ الضوئيّةِ وتمريرِها وتكوينِ أخيلةٍ واضحةٍ للأشياءِ، والشكلُ (26) يبيّنُ الأجزاءَ الرئيسةَ للعينِ المتعلّقةَ بعمليةِ الإبصارِ.

وتتلخصُ عمليةُ الإبصارِ بدخولِ أشعةِ الضوءِ إلى العينِ عبرَ القرنيةِ (وهي طبقةٌ رقيقةٌ شفّافةٌ تقعُ في مقدمةِ العينِ)، ومنها إلى العدسةِ (وهي محدَّبةُ الوجهينِ) لتشكّلا نظامًا يُجمّعُ الأشعةَ الضوئيّةَ القادمةَ منْ جسمٍ ما، ويوجّهُها إلى الشبكيّةِ فتكوّنُ خيالًا للجسمِ، كما في الشكلِ (27)، التي تقومُ بتحويلِها إلى إشاراتٍ كهربائيةٍ ينقلُها العصبُ البصريُّ إلى مركزِ الإبصارِ في الدماغِ لتحليلِها، فتحدثُ الرؤيةُ.



الشكلُ (27): تكوينُ الخيالِ على شبكيةِ العينِ.

الربطُ بالطبِّ

- أوجّهُ الطلبة إلى قراءة النص الوارد في بند (الربط بالطب)، ثم أناقشُهم في كيفية تصحيح تحدّب قرنية العين باستخدام الليزر، وأي الأشخاص الذين لا يناسبهم استخدام هذه التقنيّة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ **المهارات الحياتية: الحوار**

أخبر الطلبة أن الحوار من المهارات الشخصية التي تساعد الفرد على تكوين علاقات ايجابية مع الآخرين، والتكيف مع المجتمع الذي يعيش فيه، فمحاورة الطالب لزميله أثناء تأدية نشاط مشترك يتعلق بكيفية تكوّن الأخيلة للأجسام على شبكية العين، يعمل على تقوية العلاقة وزيادة الثقة المتبادلة بينهما، وترسخ ثقتهما بما يتوصلان إليه من نتائج.

ويتحكّمُ البؤبؤُ (فتحةٌ في وسطِ القزحيةِ، وهي الجزءُ الملوّنُ منَ العينِ) في شدّةِ الضوءِ الداخلِ إلى العينِ عنْ طريقِ زيادةِ اتّساعِ الفتحةِ، لتمريرِ أكبرِ قدرٍ منَ الأشعةِ الضوئيةِ عندَما يكونُ الضوءُ خافتًا، وإنقاصِ اتّساعِ الفتحةِ عندَما يكونُ الضوءُ قويًّا. في حينِ تتحكّمُ العضلاتُ الهدبيّةُ في درجةِ تحدُّبِ العدسةِ لتكوينِ أخيلةٍ للأجسامِ البعيدةِ أوِ انقباضِها لتكوينِ أخيلةٍ للأجسامِ القريبةِ، فيما يُعرفُ بتكيُّفِ العينِ.

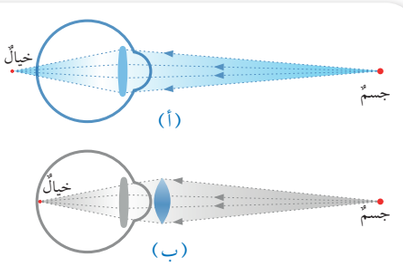
وتزدادُ أقربُ مسافةٍ للرؤيةِ الواضحةِ عندَ الإنسانِ معَ التقدُّمِ في العمرِ، إذْ تبلغُ نحوَ (18 cm) في سنِّ (10) سنواتٍ، وتصلُ (25 cm) عندَ الإنسانِ السليمِ في سنِّ الشبابِ (20) سنةً ، في حينِ تصلُ إلى نحوِ (50 cm) في سنِّ (40) سنةً.

العيوبُ التي تصيبُ العينَ Defects that Affect the Eye

يوجدُ عيبانِ شائعانِ يُصيبانِ كثيرًا منَ الناسِ ينتجُ منهما عدمُ قدرةِ العينِ على تكوينِ أخيلةٍ واضحةٍ على شبكيّةِ العينِ، هما: **طولُ النظرِ Hyperopia** و**قِصرُ النظرِ Myopia**، ويمكنُ تصحيحُهما كليهما إلى حدٍّ كبيرٍ باستخدامِ العدساتِ – النظاراتِ الطبّيّةِ أو العدساتِ اللاصقةِ.

طولُ النظرِ Farsightedness (Hyperopia)

أقربُ مسافةٍ للرؤيةِ الواضحةِ عندَ الشخصِ الذي يُعاني طولَ النظرِ تكونُ أكبرَ من (25 cm)، فهو يرى الأجسامَ البعيدةَ بوضوحٍ، أمّا الأجسامُ القريبةُ (التي يقلُّ بُعدُها عنْ أصغرِ مسافةٍ للرؤيةِ الواضحةِ) فتتكوّنُ أخيلتُها خلفَ الشبكيةِ، كما في الشكلِ (28/ أ) فلا يراها الشخصُ بوضوحٍ. ويمكنُ معالجةُ هذهِ الحالةِ بوضعِ عدسةٍ محدّبةٍ أمامَ العينِ، تكسرُ الأشعةَ نحوَ المحورِ الرئيسِ قبلَ أنْ تدخلَ العينَ، ما يؤدّي إلى تركيزِ هذهِ الأشعةِ على شبكيّةِ العينِ وتكوينِ خيالٍ واضحٍ على الشبكيّةِ، على كما في الشكلِ (28/ ب).



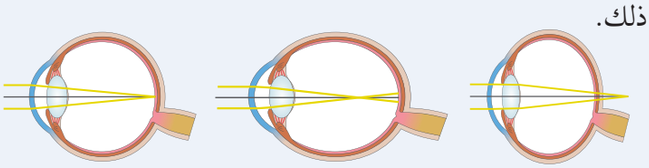
الشكلُ (28): أ. طولُ النظرِ. ب. علاجُ طولِ النظرِ.

وأصحح المفاهيم الخاطئة.

- أوجّهُ الطلبة إلى الاطّلاع على مَسرد المُصطلحات الوارد في نهاية كتاب الطالب، ثم تلخيص مفهومي: طول النظر، وقصر النظر بكلماتهم الخاصة.

إضاءة للمُعلّم / للمعلّمة

قد تنتج عيوبُ العين عن تفلطح في مُقلَة العين سواءً أكان ذلك بشكل طولي؛ فتزداد المسافة بين عدسة العين والشبكية، وتصاب العين بقصر النظر، أو يكون التفلطح عرضيًّا؛ فتقلُّ المسافة بين عدسة العين والشبكية، وتُصاب العينُ بطول النظر، والأشكال الآتية تُوضّح ذلك.



طول النظر　قصر النظر　عين سليمة

المناقشة:

- أُبيّنُ للطلبة أنّ العين البشرية يمكنُها رؤية الأجسام البعيدة والقريبة؛ شديدةَ الإضاءة وخافتةَ الإضاءة؛ وذلك لما تتمتّع به من قُدرة على التكيّف أودعها الله فيها، ولكن ضمن حدود مُعيّنة، تعتمد على عوامل عدّة؛ منها العمر، وسلامة العين، ثمّ أسألهم:

– أي أجزاء العين يتحكّم في شدّة الضوء الداخل إلى العين، وكيف يجري ذلك؟ البؤبؤ (فتحة العين)؛ إذ يزداد اتّساعُه عندما يكون الضوء خافتًا، ويقلُّ اتساعه عندما يكون الضوء قويًا.

– كيف تتكيّف العين مع الأجسام القريبة والأجسام البعيدة؟ عن طريق التحكّم في درجة تحدُّب عدسة العين؛ إذ تضغط العضلات الهدبية على العدسة؛ فيزدادُ تحدُّبها (تنقبض)، في حال كانت الأجسام قريبة، أو تعمل العضلات الهدبية على شدّ العدسة، فيقلُّ تحدّبها (تنبسط)، في حال كانت الأجسام بعيدةً.

- أُبيّنُ للطلبة أنّ هناك عيوبًا قد تُصيب العين البشرية، ينتُج عنها عدم قدرة على تكوين أخيلة واضحة للأجسام؛ أشهرها طول النظر وقصر النظر، ثمّ أُبيّنُ للطلبة أنّه يمكن التغلُّب على هذين العَيْبَيْن باستخدام العدسات.

بناء المفهوم:

طول النظر، وقصر النظر

- أستخدمُ **حلّ المشكلات**، فأوزّعُ الطلبة في مجموعات، ثمّ أوجّهُهم إلى دراسة الشكلين (28, 29)؛ منوّهًا إلى أن هذه الأشكال توضّح العيوب التي تصيب العين البشرية، وكيفية علاجها.
- أكتب الأسئلة الآتية على السبورة:

– ما المقصود بطول النظر؟ وكيف يمكن علاجه؟

– ما المقصود بقصر النظر؟ وكيف يمكن علاجه ؟

- أطلبُ إلى مجموعات الطلبة الإجابة على الأسئلة، وأمنحُهم الوقت الكافي للتعاون في ما بينهم، وأتجوّل بينهم أثناء ذلك، للإجابة على استفساراتهم، والتأكد من أدائهم للمهمة المطلوبة منهم بفعالية.
- بعد انتهاء الوقت المحدّد، أطلبُ إلى كل مجموعة أن تعرض ما توصلت إليه، ثمّ أُدير نقاشًا للتوصل إلى الإجابات الصحيحة والحلّول المناسبة لعيوب الإبصار،

نشاط سريع

- أوزّعُ الطلبة في مجموعات، وأزوّدُ كُلّ مجموعة بعدسة مُحدّبة (ليكن عدد المجموعات مساويًا لعدد العدسات المتوفّرة تقريبًا).
- أطلبُ إلى مجموعات الطلبة النظر تباعًا إلى شعار المملكة الأردنية الهاشمية المطبوع على غلاف كتاب الفيزياء مباشرة، ثمّ من خلال العدسة، ومُلاحظة الفرق بين تفاصيل الشعار المرئية مباشرة، وتلك المرئيّة من خلال العدسة.
- أطلبُ إلى أحد الطلبة (سليم/ سليمة البصر) النظر إلى الشعار مباشرة، ومحاولة تقريب وإبعاد الكتاب حتى يرى الشعار في أوضحُ صورة مُمكنة، وأطلبُ إلى طالب آخر/ طالبة أُخرى أن يقيس/ تقيس المسافة بين الشعار وعين زميله/ زميلتها، ثمّ قياس المسافة لأوضحُ رؤية للشعار من خلال العدسة.
- أوجّهُ إلى الطلبة الأسئلة الآتية:

– في أي الحالتين السابقتين كانت رؤية تفاصيل الشعار بصورة أفضل وأوضحُ؟ الرؤية من خلال العدسة المُحدّبة.

– لماذا كانت تفاصيل الشعار أوضحُ عند النظر إليه من خلال العدسة؟ لأن العدسة المُحدّبة تُكوّن أخيلةً وهمية مُكبّرة للأجسام؛ فتظهر بصورة أوضَحُ.

– هل يمكن استخدام عدسة مُقعّرة بدلًا من المُحدّبة للحصول على تفاصيل دقيقة للشعار؟ لا؛ فالعدسة المقعّرة تكوّن خيالًا وهميًّا مصغرًا للأجسام؛ لذا تكون رؤية تفاصيل الشعار بالنظر مباشرة أكثر وضوحًا من تلك المرئية من خلال العدسة.

◄ استخدام الصور والأشكال:

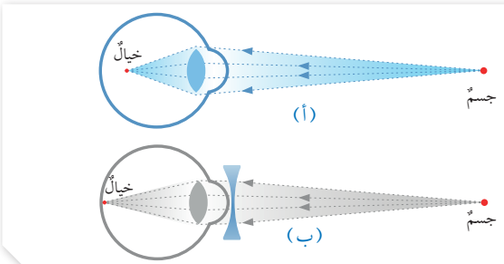
- أوجّهُ الطلبة إلى دراسة الشكل (31) بفرعيه ومقارنة الشكل (أ) بالشكل (ب)، ثمّ أسألهم:

– لماذا يكون الجسم على بعد (25 cm) من العين عند النظر إليه مباشرة؟ لأنّ المسافة (25 cm) هي أقرب مسافة للرؤية الواضحة عند الشخص السليم البالغ؛ لذا تكون تفاصيل الجسم في أوضّحُ حالة.

– لماذا وضعت العدسة المُحدّبة بين الجسم والعين في الشكل (ب)؟ لتكوين صورة وهمية مكبّرة للجسم، وبالتالي تظهر تفاصيلُه بصورة أوضّحُ.

– ماذا يحدث لو أبعدت العدسة قليلًا عن العين أو اقتربت منها؟ يصبح الخيال المتكوّن أقلّ وضوحًا.

- أقبل إجابات الطلبة جميعها، ثمّ أناقشُهم فيها، وأصوّب المفاهيم غير الصحيحة.



الشكلُ (29):
أ. قصرُ النظرِ.
ب. علاجُ قصرِ النظرِ.

أبحثُ:
في مصادرِ المعرفةِ الموثوقةِ والمتاحةِ عنْ عيوبٍ أخرى تُصيبُ العينَ، غيرِ طولِ النظرِ وقصرِهِ وكيفيةِ علاجِها.

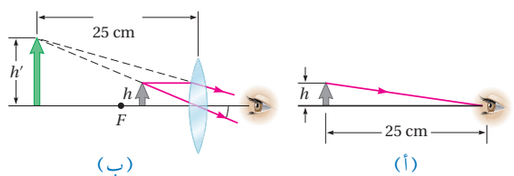
قِصرُ النظرِ Nearsightedness (Myopia)

الشخصُ الذي يُعاني قِصرَ النظرِ لا يرى الأجسامَ البعيدةَ بوضوحٍ، حيثُ تتكوّنُ أخيلتُها أمامَ الشبكيّةِ، كما في الشكلِ (29/ أ). ويمكنُ معالجةُ هذهِ الحالةِ بوضعِ عدسةٍ مقعّرةٍ أمامَ العينِ، تفرّقُ الأشعةَ بعيدًا عنِ المحورِ الرئيسِ قبلَ أنْ تدخلَ العينَ، ما يؤدّي إلى تركيزِ الأشعةِ على شبكيّةِ العينِ وتكوينِ خيالٍ واضحٍ على الشبكيّةِ، كما في الشكلِ (29/ ب).

الشكلُ (30): النظرُ إلى حشرةٍ من خلالِ مِجهرٍ بسيطٍ.

المِجهرُ البسيطُ (العدسةُ المكبّرةُ) The Simple Magnifier

يتكوّنُ من عدسةٍ محدّبةٍ واحدةٍ تكوّنُ أخيلةً مكبّرةً للأشياءِ، فيمكنُنا من خلالِها رؤيةُ الأشياءِ الصغيرةِ أوْ تفاصيلِها بوضوحٍ أكبرَ. فعندَما أنظرُ بالعينِ المجرّدةِ إلى حشرةٍ صغيرةِ الحجمِ، كما في الشكلِ (30) مثلًا، لنْ أتمكّنَ منْ تمييزِ تفاصيلِها؛ لذا فإنّ العدسةَ المُكبّرةَ تكوّنُ خيالًا وهميًّا مُكبّرًا، أتأمّلُ الشكلَ (31/ أ، ب).

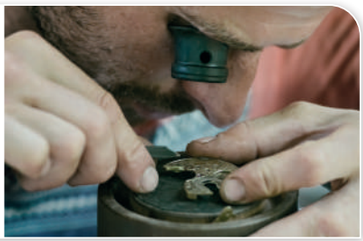


الشكلُ (31): النظرُ إلى جسمٍ
أ. مباشرةً.
ب. من خلالِ عدسةٍ مكبّرةٍ.
حيث (h) طول الجسم و (h') طول الخيال.

أبحثُ: أطلبُ إلى الطلبة البحث في مصادر المعرفة الموثوقة عن عيوب أُخرى قد تصيب العين وكيفية علاجها، ثم كتابة تقرير في ذلك مُدعَّم بمقاطع الفيديو والصور التوضيحية، وعرضه أمام زملائهم/ زميلاتهن في الصف.

إضاءة للمُعلّم / للمعلّمة

في الشكل (31/ ب) إذا أبعدت العدسة عن العين، فإنها تقترب من الجسم؛ فيتكوّن له خيال وهميٌّ مكبّر على بعد يقلُّ عن (25 cm) من العين، وهي أقلّ من مسافة الرؤية الواضحة؛ لذا لا تكون تفاصيلُ الجسم واضحةً رغم تكبيره. وإذا قرّبت العدسة من العين؛ فإنها تبتعد عن الجسم (على أن لا يقع الجسم بعد البؤرة)، فيتكوّن له خيالٌ وهميّ مكبّر على بعد أكبر من (25 cm)، وهي أكبر من مسافة الرؤية الواضحة.



الشكلُ (32): النظرُ إلى أجزاءِ الساعةِ من خلالِ العدسةِ المكبِّرةِ.

وتُعدُّ العدسةُ المُكبِّرةُ منَ الأدواتِ الأساسيةِ عندَ طبيبِ الأسنانِ للنظرِ من خلالِها إلى داخلِ فمِ المريضِ، وأنَّ فنّيَّ إصلاحِ الساعاتِ سيجدُ صعوبةً في تفحُّصِ الأجزاءِ الصغيرةِ للساعةِ دونَ الاستعانةِ بالعدسةِ المُكبِّرةِ، أتأمّلُ الشكلَ (32).

المِجهرُ المركّبُ The Compound Microscope

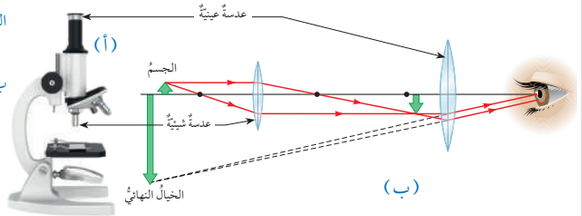
للمِجهرِ البسيطِ قدرةٌ محدودةٌ في إظهارِ التفاصيلِ الدقيقةِ لجسمٍ ما، ويمكنُ تحقيقُ تكبيرٍ أكبرَ عبرَ الجمعِ بينَ عدستينِ في جهازٍ يُسمّى المِجهرَ المركّبَ كما في الشكلِ (33/ أ)، الذي يتكوّنُ منْ عدسةٍ شيئيةٍ (يوضعُ أمامَها الجسمُ المرادُ تكبيرُه) بُعدُها البؤريُّ صغيرٌ جدًّا (أقلُّ من 1 cm)، وعدسةٌ عينيّةٌ يبلغُ بُعدُها البؤريُّ بضعةَ سنتيمتراتٍ، ويفصلُ بينَ العدستينِ مسافةٌ أكبرُ بكثيرٍ من بُعديْهما البؤريّينِ. تُكوّنُ العدسةُ الشيئيّةُ للجسمِ خيالًا حقيقيًّا مقلوبًا يقعُ بينَ العدسةِ العينيّةِ وبؤرتِها، التي تعملُ بدورِها عملَ مِجهرٍ بسيطٍ، وتُكوّنُ خيالًا وهميًّا مكبّرًا، كما في الشكلِ (33/ ب).

الربطُ بالتاريخِ

إنَّ أولَ منِ اخترعَ النظارةَ الطبيّةَ هوَ العالمُ المسلمُ الحسنُ بنُ الهيثمِ، رائدُ علمِ البصرياتِ، إذْ عندَما ضعُفَ بصرُه، أجرى تجاربَ عدّةً على الزجاجِ ليصنعَ منهُ نظارةً تُعينُه على القراءةِ، وتوصّلَ إلى اختراعِ عدسةٍ محدّبةٍ كانتْ تُظهرُ الكلامَ والأشكالَ بصورةٍ كبيرةٍ وواضحةٍ. وقد صُنعتْ أولُ نظارةٍ طبيّةٍ دقيقةٍ في إيطاليا سنةَ 1286 ميلاديّةٍ.

الربطُ بعلومِ الحياةِ

يُستخدمُ المجهرُ المركّبُ لرؤيةِ المكوّناتِ الدقيقةِ للخلايا النباتيةِ والحيوانيةِ، وللتمييزِ بينَ أنواعِ الميكروباتِ وغيرِ ذلكَ منَ المكوّناتِ الدقيقةِ للأجزاءِ الحيّةِ.



الشكلُ (33):
أ. المِجهرُ المركّبُ.
ب. رسمٌ تخطيطيٌّ لتكوّنِ الخيالِ في المجهرِ المركّبِ.

التعزيز:

- أعرض أمام الطلبة مجهرًا مُركّبًا، وأُبيّنُ لهم مُكوّناته، ثمّ أوزّعُ الطلبة في مجموعات، وأزوّدُ كل مجموعة بمجهر مركّب ومجهر بسيط (عدسة مُحدّبة) وشريحة مجهرية (تحتوي على خلايا نباتيّة أو حيوانيّة).
- أطلبُ إلى مجموعات الطلبة النظر تِباعًا إلى مُكوّنات الشريحة بواسطة المجهر البسيط، ثمّ من خلال المجهر المُركّب، وملاحظة الفرق بين التفاصيل المرئيّة لمحتوى الشريحة في الحالتين.

معلومة إضافية

الخيال الذي يتكوّن في العدسة الشيئيّة للمجهر يكون مقلوبًا (لأنه حقيقي)، وهذا الخيالُ يُعدّ جسمًا بالنسبة للعدسة العينيّة، فتُكوّن له خيالًا وهميًا (لأن الخيال الذي يُعدّ جسمًا بالنسبة للعدسة العينيّة يقع بين العدسة العينيّة وبؤرتها)، والخيال الوهميّ يكون دائمًا مُماثلًا للجسم؛ فإنّ كان الجسم مُعتدلًا يكون خيالُه مُعتدلًا، وإن كان الجسم مقلوبًا يكون خيالُه مقلوبًا أيضًا.

المناقشة:

- أُبيّنُ للطلبة أنّ للعدسة المكبّرة استخدامات متعدّدة في مختلف المجالات، خاصة في المجالين الطبي والتقني؛ وذلك لسهولة استخدامها ونقلها من مكان إلى آخر.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّهُ الطلبة إلى دراسة الشكل (33)، ثمّ أسألُهم:

– ممّ يتكوّن المجهر المُركّب؟ من عدستين محدّبتين؛ إحداهما عينيّة (يُنظَر من خلالها)، والأُخرى شيئيّة (توضع أمام الشيء المراد مشاهدته).

– بماذا يختلف المجهر المُركّب عن المجهر البسيط؟ المجهرُ البسيط يتكوّن من عدسة مُحدّبة واحدة؛ بينما يتكوّن المجهر المُركّب من عدستين محدّبتين؛ مما يعطيه قدرةً أكبر من المجهر البسيط في إظهار التفاصيل الدقيقة لجسم.

– ما عدد الأخيلة التي يُكوّنها المجهر المُركّب، وما صفاتُها؟ اثنان؛ أحدُهما تُكوّنُه العدسة الشيئيّة، ويكون حقيقيًّا ومقلوبًا ومُكبّرًا، وهذا الخيال يعدّ بمثابة جسم بالنسبة للعدسة العينيّة، فتُكوّن له خيالًا وهميًا ومكبّرًا ومقلوبًا؛ أي أن المجهر المُركّب يُكبّرُ مرّتين.

- أقبل إجابات الطلبة جميعها، ثمّ أناقشُهم فيها، وأصحّح المفاهيم غير الصحيحة منها.

الربطُ بالتاريخِ

- أوجّهُ الطلبة إلى قراءة النص الوارد في بند (الربط بالتاريخ)، ثم أناقشُهم في نوع العيب البصري الذي كان يعانيه الحسن بن الهيثم، استنادًا إلى نوع العدسة التي استخدمَها للقراءة.
- أوجّهُ الطلبة إلى الرجوع إلى مصادر المعرفة الموثوقة والاطّلاع على انجازات العالِم الحسن بن الهيثم في علم البصريات، والعلوم الأُخرى بوجه عام، وكتابة تقريرًا بذلك وعرضه أمام الزملاء/ الزميلات في الصف.

الربطُ بعلومِ الحياةِ

- أوجّهُ الطلبة إلى قراءة النص الوارد في بند (الربط بعلوم الحياة)، ثم أناقشُهم في دور المجهر المُركّب في التعرُّف إلى التفاصيل الدقيقة للخلايا الحيّة، والتعرُّف إلى أنواع الميكروبات المختلفة.

◄ استخدام الصور والأشكال:

● أستخدمُ **التفكير الناقد**، فأوزّعُ الطلبة في مجموعات، وأوجّهُهم إلى دراسة الشكل رقم (34) ومقارنته بالشكل رقم (33)، ثمّ أسألهم:

- بماذا يتشابهُ التلسكوب مع المجهر المُركّب؟ يتكوّن كُلٌّ منهما من عدستين مُحدّبتين؛ إحداهُما عينيّة (يُنظَر من خلالها) والأُخرى شيئيّة، ويُكوّن كُلٌّ منهما خيالًا نهائيًّا وهميًّا ومكبّرًا ومقلوبًا للجسم.

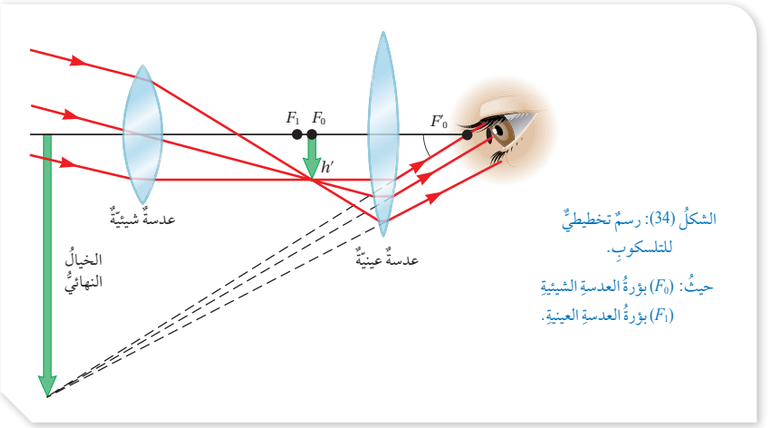
- بماذا يختلف التلسكوب عن المجهر المُركّب؟ يكون البُعد البؤري لكُلٍّ من العدستين في المجهر المُركّب صغيرًا (أقلّ من 1 سم للشيئيّة، وبضعة سنتمترات للعينيّة) وتكون بؤرتاهما متباعدتين؛ بينما يكون البُعد البؤري لكُلٍّ من العدستين في التلسكوب كبيرًا، وتكون بؤرتاهما متقاربتين ومتداخلتين، ويُستخدم المجهر المُركّب لرؤية الأجسام الصغيرة جدًا والقريبة؛ بينما يُستخدم التلسكوب لرؤية الأجسام الكبيرة جدًا والبعيدة جدًا.

- لماذا يُصمّم التلسكوب بحيث تكون بُؤرتا عدستية مُتجاورتين ومُتداخلتين؟ لتكوين أخيلة نهائيّة مُكبّرة ووهميّة للنجوم.

أفكّرُ: لأنه كلما اقترب الجسم من بؤرة العدسة المُحدّبة كان الخيال المُتكوّن له أكبر.

إضاءة للمُعلّم / للمعلّمة

عند توجيه عدسة مُحدّبة نحو أحد النجوم؛ يتكوّن له خيالٌ حقيقي في بؤرة العدسة؛ ذلك لأنّ الأشعة القادمة من النجم متوازية بسبب بُعده الكبير عن الأرض، ولتكوين خيالٍ نهائيّ وهميّ ومكبّر للنجم في العدسة العينيّة؛ يجبُ أن يقع خيال النجم المُتكوّن في العدسة الشيئيّة بين العدسة العينيّة وبؤرتها؛ لأن هذا الخيال يُعدّ جسمًا بالنسبة للعدسة العينيّة؛ لذا يجب أن تقع بُؤرة العدسة الشيئيّة بين العدسة العينيّة وبُؤرتها (أي يجب أن تكون البؤرتان مُتداخلتين). وحيث أنّ تكبير العدسة المُحدّبة يزداد بنقصان بُعد الجسم عن بُؤرتها؛ فإنّ بؤرة العدسة العينيّة تكون مجاورةً لبؤرة العدسة الشيئيّة.



الشكلُ (34): رسمٌ تخطيطيٌّ للتلسكوبِ.
حيثُ: (F_0) بؤرةُ العدسةِ الشيئيةِ
(F_1) بؤرةُ العدسةِ العينيةِ.

التلسكوبُ (المِقرابُ الفلكيُّ) The Telescope

يُستخدمُ التلسكوبُ لتكوينِ أخيلةٍ واضحةٍ ومكبَّرةٍ للأجسامِ البعيدةِ جدًّا، مثلِ النجومِ والأجرامِ السماويةِ الأخرى، إذْ عندَما أنظرُ إليها بالعينِ المجرّدةِ فإنَّها تظهرُ صغيرةً جدًّا. والتلسكوبُ يشبهُ المجهرَ المركّبَ في أنَّ لهُ عدستينِ: عينيّةً وشيئيّةً. وتُرتَّبُ العدستانِ على أنْ تُكوّنَ العدسةُ الشيئيّةُ للجسمِ البعيدِ خيالًا حقيقيًّا مقلوبًا في مكانٍ قريبٍ جدًّا منْ بؤرةِ العدسةِ العينيّةِ، ونظرًا إلى أنَّ الجسمَ (النجم مثلًا) موجودٌ في اللانهايةِ، فإنَّ خيالَهُ سيتكوّنُ في بؤرةِ العدسةِ الشيئيّةِ؛ لذا تكونُ بؤرتا العدستينِ متجاورتينِ تمامًا ومتداخلتينِ، أيْ أنَّ بؤرةَ الشيئيّةِ تكونُ أقربُ للعينيّةِ، وبؤرةَ العينيةِ أقربُ للشيئيّةِ. والشكلُ (34) يبيّنُ الرسمَ التخطيطيَّ لتركيبِ التلسكوبِ وتكوُّنِ الخيالِ فيهِ.

أفكّرُ: لماذا يُصمَّمُ التلسكوبُ على أنْ تكونَ بؤرةُ العدسةِ الشيئيّةِ قريبةً جدًّا من بؤرةِ العدسةِ العينيّةِ؟

أبحثُ:
عنْ طريقةِ صنعِ تلسكوبٍ يتكونُ منْ عدستينِ، مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ الموثوقةِ.

أبحثُ:

أطلبُ إلى الطلبة البحث في مصادر المعرفة الموثوقة عن طريقة صُنع تلسكوب يتكوّن من عدستين، ثمّ تصميم تلسكوبٍ على أن تكون عدستاه محدّبتين ذواتا بُعدين بؤريّين كبيرين نسبيًا، ويجري ترتيبُهما معًا، بحيث تكون بؤرتاهما متداخلتين ومتجاورتين.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ **المهارات الحياتية: الابتكار.**

أخبرُ الطلبة أن الابتكار هو نتاج تفاعل الفرد مع خبراته، بحيث يكون قادرًا على تطوير فكرة أو تصميم شيء بطريقة أفضل وأيسر؛ لإنتاج شيء جديد خارج عن المألوف. فتصميم الطلبة لتلسكوب بسيط يُحاكي التلسكوبات العملاقة التي ترصد الأجرام السماوية يسمو بتفكيرهم، ويبعدُهم عن التفكير الروتينيّ، ويُضيف إلى خبراتهم ما يُعمّق فهمهم لموضوع الدرس وما يرتبط به.

مراجعةُ الدرسِ

1 . **الفكرةُ الرئيسةُ:** أُحدّدُ العواملَ التي تعتمدُ عليها صفاتُ الأخيلةِ المتكوِّنةِ في العدساتِ.

2 . أَصِفُ موضِّحًا بالرسمِ الفرقَ بينَ:

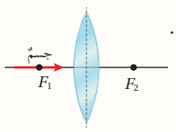
أ . الخيالِ الحقيقيِّ والخيالِ الوهميِّ.

ب . البؤرةِ الحقيقيّةِ والبؤرةِ الوهميّةِ.

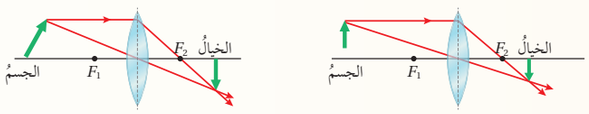
3 . **أُقارِنُ** بينَ العدساتِ المحدّبةِ والعدساتِ المقعّرةِ منْ حيثُ:

أ . الشكلُ. ب . نوعُ البؤرةِ. جـ . نوعُ الخيالِ الذي تكوّنُه.

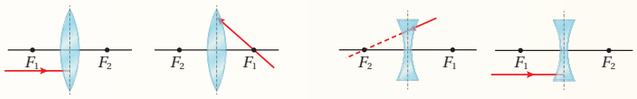
4 . في الشكلِ جسمٌ موضوعٌ أمامَ عدسةٍ محدّبةٍ، أصفُ (دونَ رسمٍ تخطيطيٍّ) الخيالَ المتكوّنَ للجسمِ.



5 . **التفكيرُ الناقدُ:** في الشكلِ الآتي، رسمَ طالبٌ رسومًا تخطيطيّةً للتوصّلِ إلى صفاتِ الخيالِ المتكوّنِ لجسمٍ موضوعٍ أمامَ عدسةٍ محدّبةٍ في حالتينِ مختلفتينِ، أُبيّنُ ما إذا كانتْ رسومُ الطالبِ صحيحةً أم لا.



6 . **أَتوقّعُ:** أُكملُ مسارَ كلٍّ منَ الأشعةِ الضوئيةِ في الأشكالِ الآتيةِ:



7 . **أُقارِنُ** بينَ طولِ النظرِ وقِصرِ النظرِ من حيثُ:

أ . المفهومُ.

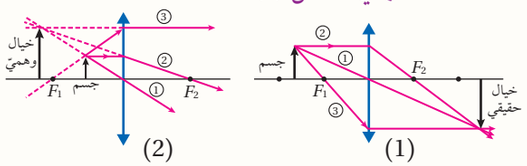
ب . العلاجُ.

3 التقويم

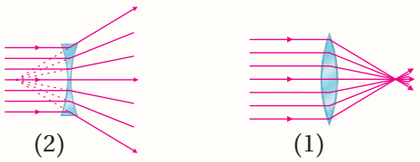
إجاباتُ أسئلةِ مراجعةِ الدرسِ

1 نوعُ العدسةِ، وبعدها البؤريِّ، وموقعِ الجسمِ بالنسبةِ لها.

2 أ. يتكوّنُ الخيالُ الحقيقيُّ من التقاءِ الأشعةِ الضوئيّةِ النافذةِ من العدسةِ كما في الشكلِ (1)، بينما يتكوّنُ الخيالُ الوهميُّ من التقاءِ امتداداتِ الأشعةِ الضوئيّةِ النافذةِ من العدسةِ كما في الشكلِ (2).



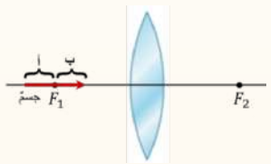
ب. تتكوّنُ البؤرةُ الحقيقيّةُ من التقاءِ الأشعةِ الضوئيّةِ النافذةِ من العدسةِ عندما تسقطُ موازيةً للمحورِ الرئيسِ، كما في الشكلِ (1)؛ في حينِ تتكوّنُ البُؤرةُ الوهميّةُ من التقاءِ امتداداتِ الأشعةِ الضوئيّةِ النافذةِ من العدسةِ عندما تسقُطُ موازيةً للمحورِ الرئيسِ كما في الشكلِ (2).



3

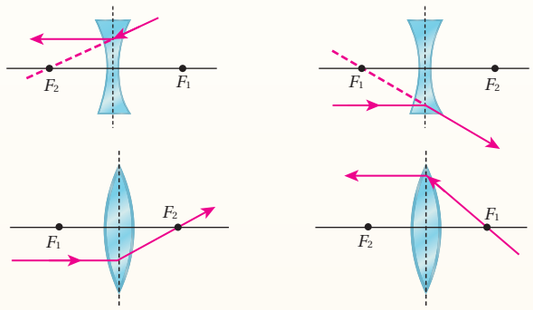
وجهُ المقارنةِ	العدسةُ المُحدّبةُ	العدسةُ المُقعّرةُ
الشكلُ	سميكةٌ من الوسطِ وأقلُّ سمكًا عندَ الحوافِ	سميكةٌ عندَ الحوافِ وأقلُّ سمكًا عندَ الوسطِ
نوعُ البؤرةِ	حقيقيّةٌ	وهميّةٌ
نوعُ الخيالِ الذي تُكوّنه	يمكنُ أن يكونَ حقيقيًّا أو وهميًّا	وهميٌّ فقط

4 الجزءُ (أ) من الجسمِ الظاهرِ في الشكلِ الآتي، يتكوّنُ له خيالٌ حقيقيٌّ مُكبّرٌ يقعُ في الجهةِ الأُخرى للعدسةِ على امتدادِ المحورِ الرئيسِ، وعلى بعدٍ أكبرَ من مِثلي البُعدِ البؤريِّ لها، والجزءُ (ب) من الجسمِ يتكوّنُ له خيالٌ وهميٌّ مكبّرٌ يقعُ في الجهةِ ذاتِها التي يقعُ فيها الجسمُ، وعلى امتدادِ المحورِ الرئيسِ.



5 كلتا الرسمتينِ غيرُ صحيحةٍ، ففي الشكلِ الأيمنِ لا يقعُ ذيلُ السهمِ (الجزءُ السُّفليُّ للجسمِ) على المحورِ الرئيسِ؛ لذا فإنّ خيالَه لن يقعَ على المحورِ الرئيسِ، إنما يقعُ أسفلَه. وفي الشكلِ الأيسرِ، فإنّ السهمَ الممثّلَ للجسمِ غيرِ عموديٍّ على المحورِ الرئيسِ، ولذا فإنّ خيالَه لن يكونَ عموديًّا على المحورِ الرئيسِ، إنما يكونُ مائلًا أيضًا.

6



7

وجهُ المقارنةِ	طولُ النظرِ	قصرُ النظرِ
المفهومُ	أحدُ عيوبِ الإبصارِ التي تصيبُ العينَ، وينتُجُ عنه تكوّنُ أخيلةٍ للأجسامِ القريبةِ من العينِ خلفَ الشبكيّةِ.	أحدُ عيوبِ الإبصارِ التي تصيبُ العينَ، وينتُجُ عنه تكوّنُ أخيلةٍ للأجسامِ البعيدةِ عن العينِ أمامَ الشبكيّةِ.
العلاجُ	وضعُ عدسةٍ محدّبةٍ أمامَ العينِ	وضعُ عدسةٍ مقعّرةٍ أمامَ العينِ

الإثراء والتوسُّع

الفيزياءُ والفضاءُ الهالةُ الشمسيّةُ

الهدف:

- تعرُّف مفهوم كُلٍّ من الهالة الشمسية، والهالة القمريّة.
- مقارنة آلية تشكّل الهالة الشمسية مع قوس المطر.

الإجراءات والتوجيهات:

- أوجّهُ الطلبة إلى قراءة نص «الهالة الشمسية»؛ ضمن فقرة الإثراء والتوسع.
- أعرض أمام الطلبة فيلمًا قصيرًا يُوضّح آلية تشكل كُلٍّ من الهالة الشمسية والهالة القمرية.
- أستخدمُ **التعلم التعاوني**، فأوزّعُ الطلبة في مجموعات ليساعد بعضهم بعضًا، وأوزّعُ الأدوار في ما بينهم.
- أكتب الأسئلة الآتية على اللّوح وأطلبُ إلى الطلبة الإجابة عنها:

– ما المقصود بالهالة، وفي أي المناطق من الأرض تتشكّل؟

– أُقارن مبيّنًا بالرسومات التوضيحية بين الهالة وقوس المطر من حيث:

- آلية تشكّل كُلٍّ منهما.
- المناطق من الكرة الأرضية التي تتشكل فيها كُلٌّ منهما.
- كيفية ظهور كُلٍّ منهما لمشاهد على سطح الأرض.

- أمنحُ الطلبة الوقت الكافي للإجابة عن الأسئلة، وأتجوَّل بينهم أثناء ذلك مُوجِّهًا ومُساعِدًا ومُرشِدًا.
- بعد انتهاء الوقت المخصص، أطلبُ إلى كل مجموعة أن تعرض ما توصّلت إليه أمام المجموعات الأُخرى.
- أُنظّمُ نقاشًا بين الطلبة للتوصل إلى الإجابات الصحيحة مُتضمنةً النقاط الأساسية الآتية:

– كُلٌّ من قوس المطر والهالة ظاهرتان طبيعيتان تحدُثان عند توفّر ظروف وعوامل جوية معيّنة تؤثر في الأشعة الضوئيّة الساقطة على الأرض.

– سبب تكوّن الظاهرتين هو انكسار الضوء وتحلّله عند مروره عبر بلّورات الجليد المُعلّقة في طبقات الجوّ العليا؛ فتتكوّن الهالة، أو عبر قطرات المطر المُعلّقة والقريبة من سطح الأرض (الطبقات السُفلى)؛ فيتكوّن قوس المطر.

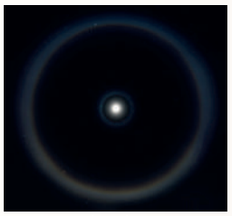
– الهالة تظهرُ حول الشمس أو القمر على شكل حلقة دائريّة تحيط بالشمس (الهالة الشمسية)، أو القمر (الهالة القمريّة)، وقوس المطر يتشكّل أيضًا على شكل حلقة دائريّة، يظهر منها قوسٌ فقط لمُشاهدٍ على الأرض؛ لقربها من سطح الأرض، ويمكن أن تظهر كاملة لشخص يقف على قمة جبل عالٍ، أو يركب طائرة. كما يمكن لقوس المطر أن يظهر في الليل؛ نتيجة انكسار وتحلّل ضوء القمر عند مروره عبر قطرات المطر المعلّقة في الجو.

أبحث

- أوجّهُ الطلبة إلى الرجوع إلى مصادر المعرفة الموثوقة، والبحث عن ظواهر بصرية وتطبيقات أُخرى على انكسار الضوء، وكتابة تقريرًا عنها، مدعّمًا بالصور والرسومات التوضيحية ومقاطع الفيديو، ثمّ أنظّم عرضه أمامي وأمام الزملاء/ الزميلات في الصف.

الفيزياءُ والفضاءُ الهالةُ الشمسيّةُ

الهالةُ هيَ ظاهرةٌ شائعةٌ في الغلافِ الجويِّ، لها بعضُ أوجهِ التشابُهِ معَ قوسِ المطرِ، وتظهرُ على شكلِ حلقةٍ مضيئةٍ حولَ الشمسِ أو القمرِ، عندَما ينكسرُ الضوءُ القادمُ منَ الشمسِ (أو القمرِ) عنْ طريقِ بلوراتٍ ثلجيّةٍ سُداسيّةِ الشكلِ ذاتِ أقطارٍ أقلَّ منْ (20) ميكرومتر. ويوضّحُ الشكلُ هالةً شمسيّةً، وأخرى قمريّةً. وتتشكّلُ الهالاتُ على مدارِ السنةِ، منَ المناطقِ المداريّةِ إلى القطبينِ، عنْ طريقِ بلوراتِ الجليدِ الصغيرةِ التي تتراكمُ عادةً في غيومٍ رقيقةٍ على ارتفاعاتٍ عاليةٍ، (5 – 10 km) فوقَ سطحِ الأرضِ، في طبقةِ التروبوسفيرِ العُليا الباردةِ دائمًا.

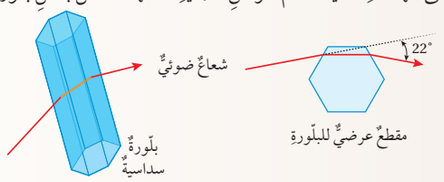


هالةٌ قمريةٌ.

هالةٌ شمسيّةٌ.

وأحيانًا، تتشكّلُ الهالةُ أيضًا، في الطقسِ الشديدِ البرودةِ، عنْ طريقِ بلوراتِ الجليدِ القريبةِ منْ سطحِ الأرضِ.

فعندَما يدخلُ الضوءُ الأبيضُ القادمُ منَ الشمسِ (أو القمرِ) أحدَ جوانبِ بلورةِ الجليدِ، فإنَّه ينكسرُ مرّتينِ ليخرجَ منَ الجانبِ الآخرِ بانحرافٍ زاويٍّ يبلغُ حدُّه الأقصى نحوَ (22°)، على نحوٍ ما يظهرُ في الشكلِ اللاحقِ، بمدًى يتراوحُ بينَ (21.537°) للضوءِ الأحمرِ و (22.371°) للضوءِ الأزرقِ ، إذْ إنَّ ضوءَ الشمسِ يتحلّلُ نتيجةَ عبورِه بلورةَ الجليدِ؛ لأنَّ معاملَ انكسارِ البلورةِ يختلفُ باختلافِ لونِ الضوءِ الساقطِ. وبتكرارِ هذهِ العمليّةِ في البلوراتِ المتجاورةِ، تتكوّنُ حلقاتٌ ملوّنةٌ مضيئةٌ حلقيّةٌ تشبهُ قوسَ المطرِ، لكنَّ ترتيبَ الألوانِ في الهالةِ يكونُ معاكسًا لترتيبِها في قوسِ المطرِ، فيظهرُ الأزرقُ منَ الداخلِ والأحمرُ منَ الخارجِ. ويُطلقُ على الهالةِ التي تتشكّلُ بهذهِ الطريقةِ اسمُ هالةِ 22 درجةً، ويُطلقُ على الهالاتِ أحيانًا اسمُ أقواسِ الجليدِ، لأنَّها تتشكّلُ بفعلِ بلّوراتِ الجليدِ.

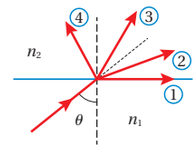


أبحث مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المناسبةِ، أبحثُ عنْ ظواهرَ بصريةٍ أخرى وتطبيقاتٍ على انكسارِ الضوءِ. ثمَّ أكتبُ تقريرًا عنها، وأقرؤُه أمامَ زملائي/ زميلاتي في غرفةِ الصفِّ.

مراجعةُ الوحدةِ

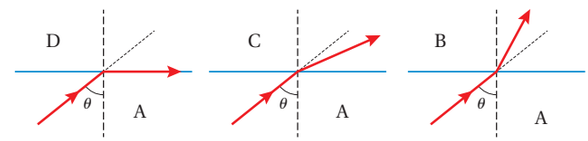
1. أَضعُ دائرةً حولَ رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ لكلِّ جملةٍ ممّا يأتي:

1. أيُّ المساراتِ: (1, 2, 3, 4) في الشكلِ المجاورِ يمثّلُ أقربَ مسارٍ صحيحٍ لشعاعٍ ضوئيٍّ ينتقلُ منْ وسطٍ شفّافٍ مُعاملُ انكسارِه ($n_1 = 1.4$) إلى وسطٍ شفّافٍ آخرَ مُعاملُ انكسارِه ($n_2 = 1.6$)؟



أ . 1 ب . 2 جـ. 3 د . 4

* تُبيّنُ الأشكالُ الآتيةُ انتقالَ شعاعٍ ضوئيٍّ من وسطٍ شفّافٍ (A) إلى أوساطٍ شفّافةٍ مختلفةٍ (B, C, D).
أُجيبُ عنِ الفقرتينِ (2 ، 3) الآتيتينِ:



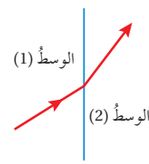
2. تكونُ سرعةُ الضوءِ أكبرَ ما يمكنُ في الوسطِ:

أ . A ب . B جـ. C د . D

3. الوسطُ ذو مُعاملِ الانكسارِ الأكبرِ هو:

أ . A ب . B جـ. C د . D

4. منْ تتبُّعِ مسارِ الشعاعِ الضوئيِّ في الشكلِ المجاورِ نَستدلُّ على أنَّ:



أ . زاويةَ السقوطِ أكبرُ من زاويةِ الانكسارِ.

ب . زاويةَ السقوطِ أكبرُ من الزاويةِ الحرجةِ.

جـ. معاملَ انكسارِ الوسطِ الأولِ أكبرُ من معاملِ انكسارِ الوسطِ الثاني.

د . سرعةَ الضوءِ في الوسطِ الأولِ أكبرُ من سرعتِه في الوسطِ الثاني.

5. ينتقلُ شعاعٌ ضوئيٌّ منْ وسطٍ شفّافٍ مُعاملُ انكسارِه n_1 إلى وسطٍ آخرَ مُعاملُ انكسارِه n_2. يحدثُ انعكاسٌ كلّيٌّ داخليٌّ للشعاعِ الضوئيِّ عندَما يكونُ:

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

1

1. جـ . 3

2. د . D

3. ب . B

4. جـ . مُعامل انكسارِ الوسطِ الأولِ أكبرُ من مُعامل انكسارِ الوسطِ الثاني.

5. ب . $\theta_c < \theta_1$ ، $n_2 < n_1$

6. يبلغُ مُعاملُ انكسارِ الماءِ نحوَ $\frac{4}{3}$. ماذا يحدثُ لشعاعٍ ضوئيٍّ ينتقلُ منَ الهواءِ ($n = 1$) إلى الماءِ؟

أ . تقلُّ سرعتُه إلى $(\frac{3}{4}\ c)$.
ب . تزيدُ سرعتُه إلى $(\frac{4}{3}\ c)$.
جـ. ينكسرُ بزاويةٍ تساوي $(\frac{3}{4}\ \theta_1)$.
د . ينكسرُ بزاويةٍ تساوي $(\frac{4}{3}\ \theta_1)$.

* يمثّلُ الشكلُ عمليّةَ تكوّنِ خيالٍ حقيقيٍّ مُكبَّرٍ للهبِ شمعةٍ موضوعةٍ أمامَ عدسةٍ محدّبةٍ. مستعينًا بالشكلِ، أجيبُ عنِ الفقرتينِ (7، 8) الآتيتينِ:

7. موقعُ الشمعةِ بالنسبةِ إلى العدسةِ يكونُ:

أ . بينَ العدسةِ وبؤرتِها.
ب . بينَ البؤرةِ ومِثلَي البُعدِ البؤريِّ.
جـ. على بُعدٍ يساوي مِثلَي البُعدِ البؤريِّ.
د . على بُعدٍ أكبرَ من مِثلَي البُعدِ البؤريِّ.

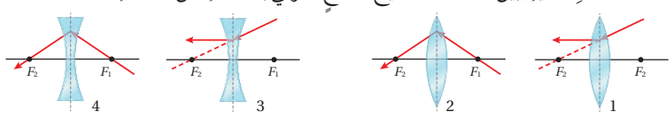
8. لتكوينِ خيالٍ مُصغّرٍ للهبِ الشمعةِ على قطعةِ الكرتونِ تُحرَّكُ:

أ . قطعةُ الكرتونِ نحوَ العدسةِ.
ب . قطعةُ الكرتونِ بعيدًا عنِ العدسةِ.
جـ. العدسةُ نحوَ الشمعةِ.
د . العدسةُ نحوَ قطعةِ الكرتونِ.

9. الأخيلةُ التي تكوّنُها العدسةُ المقعّرةُ للأجسامِ الموضوعةِ أمامَها تكونُ دائمًا:

أ . وهميّةً ومعتدلةً ومصغّرةً.
ب . وهميّةً ومعتدلةً ومُكبَّرةً.
جـ. حقيقيةً ومقلوبةً ومُصغّرةً.
د . حقيقيّةً ومقلوبةً ومكبَّرةً.

10. أحدُ الأشكالِ الآتيةِ يُبيّنُ المسارَ الصحيحَ لشعاعٍ ضوئيٍّ بعدَ نفاذِه منَ العدسةِ:



أ . 1
ب . 2
جـ. 3
د . 4

2. **أَستخدمُ الأرقامَ:** تَتبّعَ سامي مسارَ شعاعٍ ضوئيٍّ سقطَ منَ الهواءِ على مكعبٍ بلاستيكيٍّ، فوَجدَ أنَّ زاويةَ السقوطِ (50°) وزاويةَ الانكسارِ (21.7°). أَجدُ:

أ . معاملَ انكسارِ المكعبِ.
ب . الزاويةَ الحرجةَ للمادّةِ المصنوعِ منها المكعبُ.

مراجعةُ الوحدةِ

6. أ . تقلُّ سرعتُه إلى $(\frac{3}{4}\ c)$.

7. ب. بينَ البؤرةِ ومِثلَي البُعد البؤْري.

8. د . العدسةُ نحوَ قطعةِ الكرتونِ.

9. أ. وهميّةً ومعتدلةً ومصغَّرةً.

10. جـ. 3

2 أ.

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

$$1 \times \sin 50° = n_2 \sin 21.7°$$

$$n_2 = \frac{\sin 50°}{\sin 21.7°} = 2.07$$

ب.

$$\sin\theta_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{2.07} = 0.483$$

$$\theta_c = 28.9°$$

3. **أُفسّرُ:** تُصنَعُ الأليافُ الضوئيّةُ بحيثُ تكونَ ضيّقةً جدًّا. مُراعيًا المساراتِ المختلفةَ التي يمكنُ أنْ يسلكَها الضوءُ في الألياف الضوئيّةِ، فلماذا يجبُ ألّا تكونَ الأليافُ الضوئيّةُ واسعةً جدًّا؟

4. **أستخدمُ الأرقامَ:** أحسبُ إذا كانتِ الزاويةُ الحرجةُ لقالبٍ من الزجاجِ تساوي (42°)، أحسبُ الزاويةَ الحرجةَ للقالبِ إذا أُلقيَ في الماءِ، علمًا أنَّ معاملَ انكسارِ الماءِ (1.33).

زاويةُ السقوطِ	زاويةُ الانكسارِ
10°	7.5°
20°	14.3°
30°	21.4°
40°	28.4°
50°	34.0°
60°	40.0°

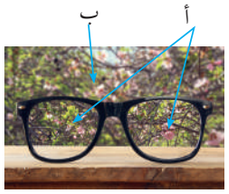
5. **التفكيرُ النّاقدُ:** أجرتْ سلمى وآيةُ استقصاءً لتحديدِ نوعِ سائلٍ غيرِ معروفٍ، فسلطتا شعاعًا ضوئيًّا على سطحِ السائلِ بزاويةٍ معيَّنةٍ وقاستا زاويةَ الانكسارِ. وقد كرّرتا هذهِ العمليّةَ بتغييرِ زاويةِ السقوطِ، ثمَّ سجلتا نتائجَ التجربةِ في الجدولِ المجاورِ.

أ . أكتبُ هدفًا لهذا الاستقصاءِ.
ب . أكتبُ قائمةً بالأدواتِ جميعِها التي استُخدِمتْ.
جـ. أُحدّدُ نوعَ السائلِ (مستعينًا بالجدول 1).
د . أُحدّدُ الأخطاءَ المحتمَلةَ في التجربةِ.

6. **أستنتِجُ:** وُضِعَ جسمٌ طولُه (15 cm) أمامَ عدسةٍ، فتكوّنَ لهُ خيالٌ مقلوبٌ طولُه (5 cm). أُجيبُ عمّا يأتي:

أ . ما نوعُ العدسةِ الموضوعِ أمامَها الجسمُ؟
ب . هلِ الخيالُ المتكوّنُ حقيقيٌّ أمْ وهميٌّ؟ أذكرُ السببَ.
جـ. إذا قُرِّبَ الجسمُ من العدسةِ، فماذا يحدثُ لطولِ الخيالِ؟

7. **أستنتِجُ:** في الشكلِ المجاورِ، ينظرُ شخصٌ مصابٌ بأحدِ عيوبِ الإبصارِ إلى مكعبينِ: أحدُهما قريبٌ (A) والآخرُ بعيدٌ (B). فما نوعُ العيبِ البصريِّ الذي أُصيبَ بهِ الشخصُ؟ وكيفَ يمكنُ علاجُه؟



8. **أستنتِجُ:** في الشكلِ ينظرُ شخصٌ إلى أحدِ المناظرِ الطبيعيةِ البعيدةِ نسبيًّا، فيبدو لهُ المنظرُ (أ) من خلالِ النظاراتِ والمنظرُ (ب) من غيرِ النظاراتِ. فما نوعُ عدساتِ النظاراتِ؟ وما نوعُ العيبِ البصريِّ الذي يعانيهِ الشخصُ؟

9. **أُقارنُ بالرسمِ** بينَ الخيالِ الوهميِّ المتكوّنِ في كلٍّ منَ العدسةِ المحدّبةِ والعدسةِ المقعّرةِ، مُبيِّنًا ما يحدثُ للخيالِ عندَ تقريبِ الجسمِ منَ العدسةِ في الحالتينِ.

3 إذا كانت الألياف الضوئيّة واسعةً؛ فإنّ زوايا سقوط الأشعة الضوئيّة على جدران هذه الألياف ستكون في الغالب أقلّ من الزاوية الحَرِجة لها؛ ممّا يؤدي إلى خروج الضوء منها دون أن ينعكس داخلها، خاصةً عندما تكون فيها انحناءات، وبالتالي فإنها تفقدُ خاصيّة نقل الطاقة الضوئيّة دون ضياع.

4 نحسب أولًا مُعامل انكسار قالب الزجاج:

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

$$n = \frac{1}{\sin\theta_c} = \frac{1}{\sin 42^\circ} = 1.5$$

$$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1.33}{1.5} = 0.887$$

$$\theta_c = 62.5^\circ$$

5 أ . قياس مُعامل انكسار سائل مجهول.

ب. سائل معامل انكساره غير معلوم، وعاء، مصدر ضوئي يُعطي حزمةً ضيّقةً من الأشعة، مسطرة، منقلة دائرية، ورق أبيض (A4)، قلم.

جـ. لتحديد نوع السائل؛ نُطبّق على قانون سنِل:

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

حيث: (n_1): مُعامل انكسار الهواء، ويُساوي (1)، (n_2): مُعامل انكسار السائل المجهول (المطلوب حسابه)، ومن القانون السابق نجد أن: $n_2 = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$

ولحساب (n_2) نُكمل الجدول الوارد في السؤال، ثمّ نحسب الوسط الحسابيّ للقيم الناتجة من العلاقة السابقة كما يأتي:

زاوية السقوط (θ_1)	زاوية الانكسار (θ_2)	$\sin\theta_1$	$\sin\theta_2$	$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$
10°	7.5°	0.174	0.131	1.33
20°	14.3°	0.342	0.247	1.38
30°	21.4°	0.500	0.365	1.37
40°	28.4°	0.643	0.476	1.35
50°	34.0°	0.766	0.560	1.37
60°	40.0°	0.866	0.643	1.35

$$n_2 = \frac{1.33+1.38+1.37+1.35+1.37+1.35}{6} = 1.36$$

وبالاستعانة بالجدول (1)؛ نجدُ أنّ السائل الذي مُعامل انكساره (1.36) هو الأسيتون.

د. الأخطاء الناتجة عن التقديرات المتعلقة بقراءة زاويتي السقوط والانكسار، الخطأ الصفري (الذي ينتُج عن عدم انطباق صفر المنقلة مع العمودي على سطح السائل)، خطأ زاوية النظر.

6 أ. مُحدّبة.

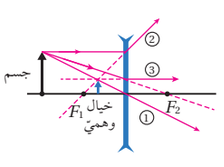
ب. حقيقيّ، لأنه خيال مقلوب.

جـ. يزداد.

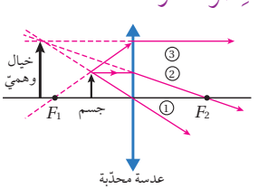
7 طول النظر، وضعُ عدسةٍ محدّبة أمام العين.

8 عدسات مُقعّرة، قِصَر النظر.

9



عدسة مقعرة



عدسة محدّبة

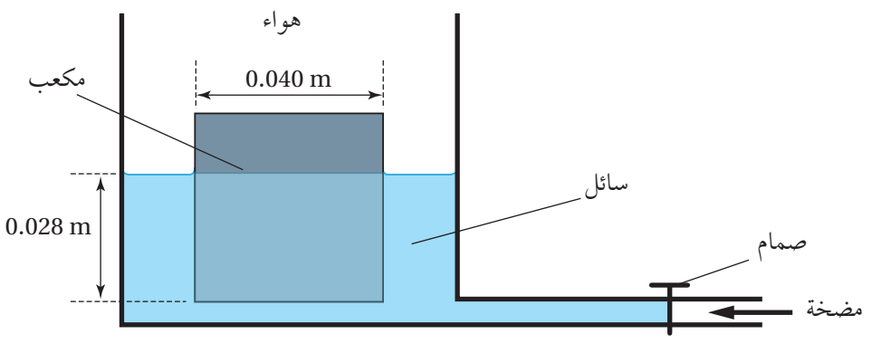
عند تقريب الجسم من العدسة المُحدّبة؛ فإنّ الخيال يبقى وهميًّا ومعتدلًا ومُكبّرًا، لكن؛ يقلُّ حجمُه عن السابق. وعند تقريب الجسم من العدسة المُقعّرة؛ فإنّ الخيال يبقى وهميًّا ومعتدلًا ومصغّرًا، لكن يزداد حجمه عن السابق.

ملحق أوراق العمل وإجاباتها

ورقة العمل (1)

الوَحدة الرابعة: ميكانيكا الموائع. **الدرس الأول:** المائع الساكن.

مُكعّب طول ضلعه (0.040 m)، يطفو داخل سائل كثافتُه ($1500\ kg/m^3$)، بحيث يكون سطحه السُفليّ على عمق (0.028 m) من سطح السائل، كما يُبيّنُ الشكل. في أسفل الوعاء يوجد صمامٌ يتّصل بمضخّة، وفي البداية يكون الصمام مغلقًا.



أ . ما الضغط المُؤثّر في السطح العلوي للمُكعّب؟

ب. أحسبُ مقدار ضغط السائل على السطح السُفليّ للمُكعّب.

جـ. أحسبُ مقدار القوّة التي يسببها ضغط السائل على السطح السُفليّ للمُكعّب.

د. عند فتح الصمام وضخّ كمية من السائل؛ ارتفع سطح السائل بمقدار (0.034 m)، فارتفع المُكعّب إلى الأعلى مع بقاء سطحه السُفليّ على عُمق (0.028 m) تحت سطح السائل. أحسبُ الشغل المبذول على المُكعّب.

هـ. أقترحُ سببًا واحدًا لعدم فاعلية الطريقة المذكورة في الفرع (د) في رفع المُكعّب.

إجابة ورقة العمل (1)

الوَحدة الرابعة: ميكانيكا الموائع. **الدرس الأول:** المائع الساكن.

أ . يتأثر السطح العلوي بضغط الهواء فقط .

ب. يُحسب ضغط السائل من العلاقة:

$$P = \rho hg = 1500 \times .0.028 \times 10 = 420 \text{ Pa}$$

جـ. القوّة المُؤثّرة في سطح المُكعّب:

$$F = PA$$
$$= 420 \times (0.04)^2$$
$$= 0.67\text{N}$$

د . يُحسب الشغل المبذول على المُكعّب من العلاقة:

$$W = Fd$$
$$= 0.67 \times 0.034$$
$$= 0.023 \text{ J}$$

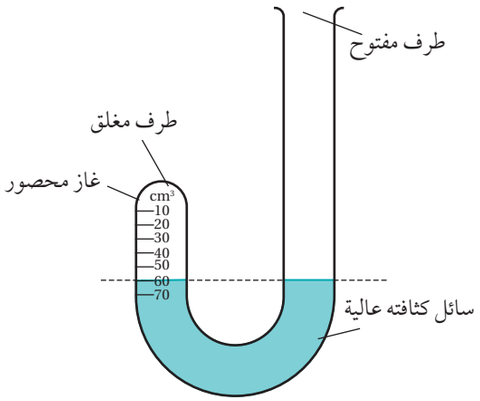
هـ. الطريقة غير فاعلة في رفع المُكعّب؛ لأنها أدت إلى رفع مستوى سطح السائل أيضًا.

ورقة العمل (2)

الوَحدة الرابعة: ميكانيكا الموائع.

الدرس الثاني: قياس الضغط.

يُبيّنُ الشكل غازًا محصورًا في النهاية المُغلقة لأنبوبٍ بواسطة سائل ذو كثافة عالية. جرت مُعايرة التدريج الموضَّح على الطرف المغلق للأنبوب لقراءة حجم الغاز المحصور فوق سطح السائل.



يُوضّح الشكل أن الحجم الابتدائي للغاز $V_1 = 60\ \text{cm}^3$

الضغط الجويّ $(P_0 = 1.0 \times 10^5\ \text{Pa})$

أ . أوضّحُ كيف يُظهر الشكل أن ضغط الغاز المحصور (P_1) يُساوي الضغط الجويّ.

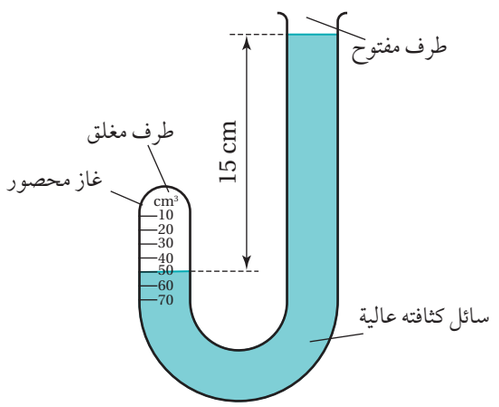
ب . أوضّحُ لماذا يسبب الغاز المحصور ضغطًا على جدران الأنبوب؟

جـ. يُصبُّ مزيد من السائل في الطرف المفتوح للأنبوب؛ فيرتفع مستوى سطح السائل في كلا الطرفين؛ المغلق والمفتوح للأنبوب، ويصبح حجم الغاز $(V_2 = 50\ \text{cm}^3)$، كما هو مُبيّن في الشكل. مع بقاء درجة حرارة الغاز ثابتة.

1. بثبوت درجة الحرارة؛ فإنّ العلاقة بين حجم الغاز وضغطه علاقةٌ عكسية وفق المعادلة الآتية:

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

أستخدمُ هذه العلاقة لحساب ضغط الغاز (P_2).



2. أحسبُ كثافة السائل.

إجابة ورقة العمل (2)

الوَحدة الرابعة: ميكانيكا الموائع. **الدرس الثاني:** قياس الضغط.

أ . تساوي ارتفاع السائل في ذراعي الأنبوب.

ب .تتحرك جزيئات الغاز في اتجاهات مختلفة، فتتصادم مع جدران الأنبوب، ونتيجةً لذلك تُولّد ضغطًا ينتُج عنه قُوًى تؤثّر عموديًّا في جدران الأنبوب.

جـ. 1 . نحسب الضغط باستخدام العلاقة:

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$P_2 = \frac{1.0 \times 10^5 \times 60}{50} = 1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

2 . نستخدم العلاقة:

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

$$1.2 \times 10^5 = 1.0 \times 10^5 + 15 \times 10^{-2} \times 10 \times \rho$$

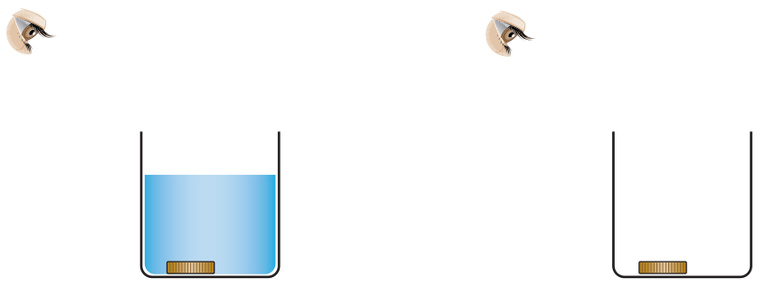
$$\rho = \frac{1.2 \times 10^5 - 1.0 \times 10^5}{1.5}$$

$$= \frac{4}{3} \times 10^4 \text{ kg/m}^3$$

ورقة العمل (1)

الوَحدة الخامسة: انكسار الضوء وتطبيقاته. **الدرس الأول**: انكسار الضوء.

يُنفّذ طالب تجربةً بإحضار كوب، ويضع في قاعِهِ قطعة نقد فلزية. وفي أثناء نظره إلى قطعة النقد يطلب إلى زميله تحريك الكوب بعيدًا عنه حتى يُصبح غير قادر على رؤيتها كما في الشكل (أ)، وعند هذه اللحظة يتوقّفُ زميله عن تحريك الكوب. ويبقى الطالب مكانه. ويبدأ زميله بإضافة الماء ببطء إلى الكوب، ويتوقف عن إضافته في اللحظة التي يُصبح فيها الطالب قادرًا على رؤية قطعة النقد مرّة أُخرى، كما في الشكل (ب). أُجيب عمّا يأتي:



(أ) (ب)

1. ما الظاهرة التي يختبرُها الطالب في هذه التجربة؟
2. لماذا أصبح الطالب قادرًا على رؤية قطعة النقد مرّةً أُخرى بعد سكب ماء في الكوب؟ أُفسّر إجابتي.
3. هل يرى الطالب قطعة النقد على عُمقِها الحقيقيّ أم لا؟ أُفسّر إجابتي.
4. أذكر مشاهدات من حياتي اليومية؛ أرى فيها أجسامًا في غير موقعها الحقيقي نتيجة انكسار الأشعة الضوئيّة.

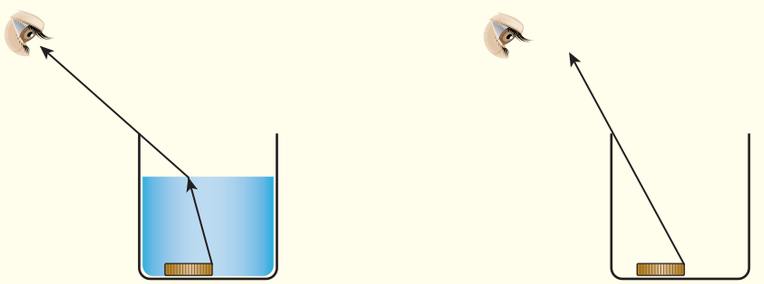
إجابة ورقة العمل (1)

الوَحدة الخامسة: انكسار الضوء وتطبيقاته.

الدرس الأول: انكسار الضوء.

1. ظاهرة الانكسار.

2. بسبب ظاهرة الانكسار؛ حيث تنكسر الأشعة المنعكسة عن قطعة النقد عند الحدّ الفاصل بين الماء والهواء منحرفةً نحو عين الطالب؛ فيرى قطعة النقد مرّة أُخرى.



(أ) (ب)

3. لا، يرى الطالب قطعة النقد على عُمقٍ أقلّ من عُمقها الحقيقي؛ حيث يرى قطعة النقد أقرب إلى فوّهة الكوب بسبب انكسار الأشعة الضوئيّة المُنعكسة عنها عند الحدّ الفاصل بين الماء والهواء.

4. **إجابةٌ مُحتملة**: نرى برك السباحة عند أعماق أقلّ من أعماقها الحقيقية. تصعُب محاولة إمساك سمكة في حوض للسّمك أو في بركة؛ لأنّه السمكة أعمق داخل الماء ممّا تبدو عليه.

ورقة العمل (2)

الوَحدة الخامسة: انكسار الضوء وتطبيقاته. **الدرس الأول**: انكسار الضوء.

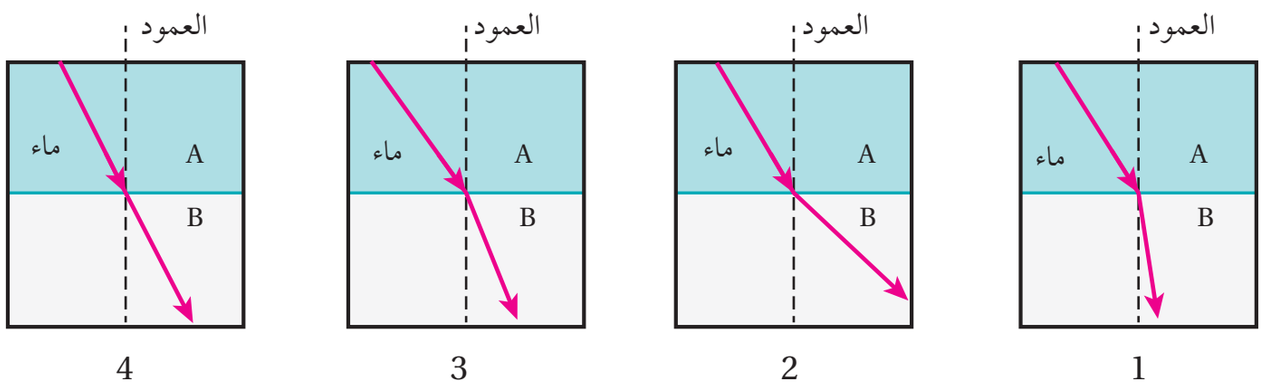
1. ينتقل شعاع ضوئي من الماء ($n_1 = 1.33$) إلى أحد أنواع البلاستيك الشفاف ($n_2 = 1.59$). هل ينحرف الشعاع الضوئي مُقتربًا من العمود أم مُبتعدًا عنه؟ أفسّر إجابتي.

2. أيُّ الشعاعين الآتيين ينكسر بمقدار أكبر:
شعاع ضوئيّ ينتقل من الماس ($n_1 = 2.42$) إلى الماء ($n_2 = 1.33$) بزاوية سقوط (θ_1)، أم شعاع ضوئي ينتقل من الياقوت ($n_1 = 1.77$) إلى الهواء ($n_2 = 1$) بزاوية السقوط نفسها؟ أفسّر إجابتي.

3. يُوضّح الجدول الآتي مُعاملات الانكسار لبعض المواد.

المادة	مُعامل الانكسار
الهيليوم Helium	1.00004
الماء Water	1.33
الزمرّد Emerald	1.58
مكعب الزركونيا Cubic Zirconia	2.17

توضّحُ الأشكال الأربعة أدناه انتقال شعاع ضوئي من الماء (A) بزاوية السقوط نفسها إلى مادة أُخرى (B). مستعينًا بالبيانات الموضّحة في الجدول؛ أُسمّي المادة (B) في كُلّ شكل من الأشكال الآتية:



إجابة ورقة العمل (2)

الوَحدة الخامسة: انكسار الضوء وتطبيقاته. **الدرس الأول**: انكسار الضوء.

1. ينتقل الشعاع الضوئي من وسط مُعامل انكسارُه أقلّ إلى وسط مُعامل انكسارُه أكبر؛ لذا فإنّه ينكسر مُقتربًا من العمود.

2. نحسب $\sin\theta_2$ باستخدام قانون سنل:

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

الانتقال من الماس إلى الماء:

$$\sin\theta_2 = \frac{2.42}{1.33}\sin\theta_1 = 1.82\sin\theta_1$$

الانتقال من الياقوت إلى الهواء:

$$\sin\theta_2 = \frac{1.77}{1}\sin\theta_1 = 1.77\sin\theta_1$$

بما أن ($\sin\theta_2$) أكبر عند الانتقال من الماء إلى الماس؛ فتكون زاوية الانكسار (θ_2) أكبر عند الانتقال من الماء إلى الماس.

3. 1: مكعب الزركونيا.

2: الهيليوم.

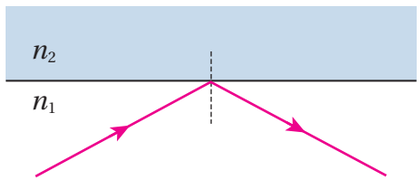
3: الزمرّد.

4: الماء.

ورقة العمل (3)

الوَحدة الخامسة: انكسار الضوء وتطبيقاته. **الدرس الثاني**: تطبيقات وظواهر بصريّة.

1. ينتقل شعاع ضوئي من الوسط الشفّاف الأول (n_1) إلى الوسط الشفّاف الثاني (n_2)، ويحدث له انعكاس كُلّي داخلي عند الحدّ الفاصل بين الوسطين، كما في الشكل. إذا علمت أنّ سرعة الضوء في الوسط الأول (v_1)، وسرعته في الوسط الثاني (v_2)؛ فأيّ العلاقات الآتية صحيحة؟



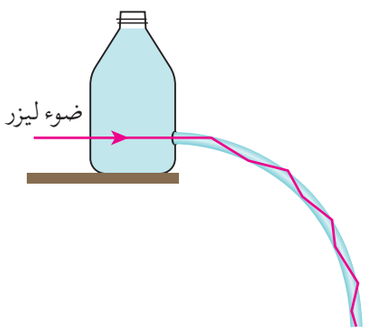
أ . $n_1 > n_2$ ، $v_1 > v_2$.

ب. $n_1 > n_2$ ، $v_1 < v_2$.

جـ. $n_1 < n_2$ ، $v_1 > v_2$.

د. $n_1 < n_2$ ، $v_1 < v_2$.

2. يُنفّذ طالب تجربةً بإحضار قارورة بلاستيكية سعتها (1 L)، ويُحدِثُ ثقبًا صغيرًا في جانبها، ثم يملؤها بالماء ويُغلق فوّهتها ويضعها على حافة طاولة، حيث يبدأ الماء في التدفق من الثقب نحو وعاء بلاستيكيّ عند إزالة غطاء القارورة. ثم يوجّه الطالب ضوء ليزر عبر القارورة من الجانب المُعاكس للثقب، ويفتح غطاء القارورة فيتدفق الماء من الثقب، كما في الشكل. أُجيب عمّا يأتي:



أ . ما اسم الظاهرة التي يوضّحها الشكل؟

ب . لماذا يظهر ضوء الليزر مُحاصرًا داخل تيار الماء المُتدفّق؟

جـ. ما شرطا حدوث هذه الظاهرة؟

د . أذكر تطبيقًا يجري فيه نقل الضوء المُحمّل بالبيانات والمعلومات عبر مساراتٍ مُتعرّجة.

إجابة ورقة العمل (3)

الوَحدة الخامسة: انكسار الضوء وتطبيقاته. **الدرس الثاني**: تطبيقات وظواهر بصريّة.

1. ب. $v_1 < v_2$ ، $n_1 > n_2$.

2.

أ . الانعكاس الكُلّي الداخليّ.

ب. بسبب الانعكاس الكُلّي الداخلي، حيث يسقط ضوء الليزر على الحد الفاصل بين الماء والهواء بزاوية سقوط أكبر من الزاوية الحَرِجة، فيحدُث له انعكاس كُلّيٌّ داخلي في الماء.

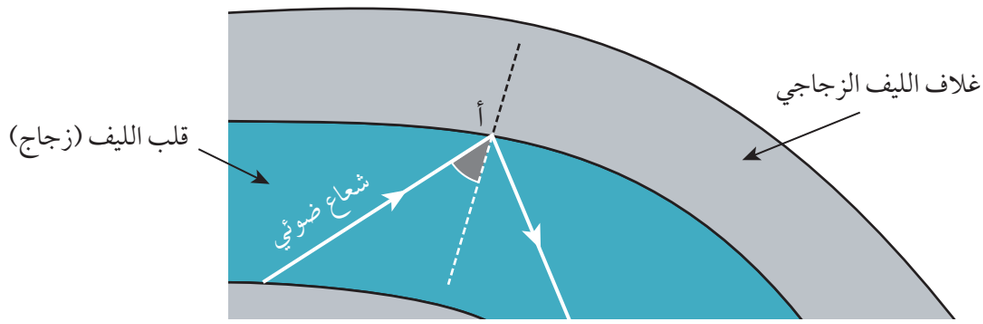
جـ. أن ينتقل الضوء من الوسط الشفاف ذي مُعامل الانكسار الأكبر إلى الوسط الشفاف ذي مُعامل الانكسار الأقلّ، وأن تكون زاوية سقوط الضوء أكبر من الزاوية الحَرِجة.

د . **إجابةٌ مُحتملة**: الألياف الضوئيّة؛ حيث يجري خلالها نقلُ الضوء المحمّل بالبيانات والمعلومات عبر مسافات كبيرة.

ورقة العمل (4)

الوَحدة الخامسة: انكسار الضوء وتطبيقاته. **الدرس الثاني**: تطبيقات وظواهر بصريّة.

تُستخدم الألياف الضوئيّة لنقل الضوء من مكان إلى آخر. ويتكوّن اللّيف الضوئي من أنبوبين متداخلين: القلب والغلاف. فإذا استُخدم ليفٌ ضوئي مصنوع من الزجاج لنقل شعاع ضوئي، وكان مُعامل انكسار الزجاج (1.60)، ومُعامل انكسار مادة غلاف الليف (1.48)؛ أُجيبُ عمّا يأتي مستعينًا بالشكل أدناه والبيانات المثبتة فيه:



1. أحسبُ الزاوية الحَرِجة للشعاع الضوئي عند انتقاله من قلب الليف (الزجاج) إلى الغلاف.
2. إذا سقط الشعاع الضوئي بزاوية (70°) عند النقطة (أ)؛ فماذا يحدث له؟
3. ماذا تُسمّى الظاهرة التي حدثت للضوء في الفرع السابق؟ وما أهميتها؟
4. أحسبُ سرعة انتقال الضوء في القلب الزجاجيّ للّيف الضوئي.

إجابة ورقة العمل (4)

الوَحدة الخامسة: انكسار الضوء وتطبيقاته. **الدرس الثاني**: تطبيقات وظواهر بصريّة.

1.

$$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1.48}{1.60} = 0.925$$

$$\theta_c = 67.67^\circ$$

2. زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحَرِجة؛ لذا يحدث انعكاس كُلّي داخلي، ويرتدُّ الشعاع داخل الزجاج (القلب)، ولا ينفذ إلى الغلاف.

3. الانعكاس الكُلّي الداخلي، وتكمن أهمية هذه الظاهرة في نقل الضوء مسافات كبيرة مع المحافظة على الطاقة الضوئيّة؛ لذا يمكن نقل البيانات والمعلومات المُحمّلة على الضوء عبر مسارات متعرّجة وبسرعة كبيرة جدًّا، ولهذه الظاهرة تطبيقات واسعة في مجال الطب والاتصالات.

4.

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

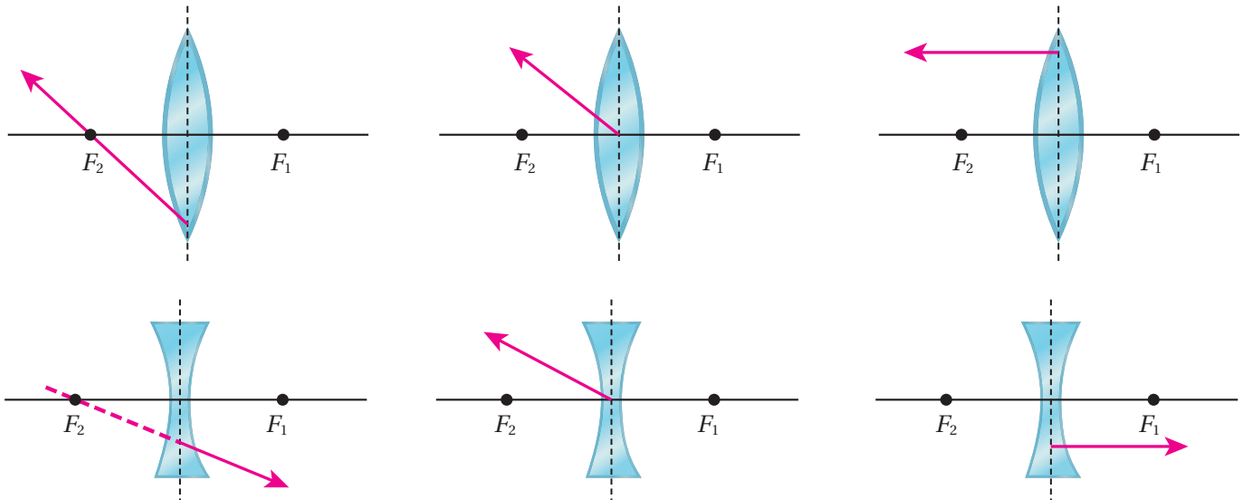
$$v = \frac{c}{n}$$

$$= \frac{3.0 \times 10^8}{1.60} = 1.9 \times 10^8 \text{ m/s}$$

ورقة العمل (5)

الوَحدة الخامسة: انكسارُ الضوءِ وتطبيقاته. **الدرس الثالث**: العدسات الرقيقة.

1. أتتبّعُ مسار الشعاع النافذ من العدسة في الأشكال الآتية برسم الشعاع الساقط عليها:



2. نظر خالد بواسطة عدسة إلى جسم أمامه فوجده مكبّرًا، وعندما نظر عليٌّ إلى الجسم ذاته بواسطة عدسة أُخرى وجده مصغّرًا. كيف أُفسّر ذلك؟

.....

.....

أملأ الفراغات في العبارات الآتية بما يناسبها:

- وضع جسم أمام عدسة فتكوّن له خيال مقلوب، إذًا؛ فنوع العدسة هو .....، ونوع الخيال هو .....
- الخيال الوهميّ الذي يتكوّن في كُلٍّ من العدسة المُحدّبة والعدسة المُقعّرة يكون دائمًا .....
- إذا وضع جسم أمام عدسة وجرى تجميع خيالِه على حاجز؛ فهذا يعني أنّ نوع العدسة المُستخدمة هو عدسة .....، وأنّ الجسم يقع على بعد من العدسة ..... (أكبر/ أصغر) من بعدها البؤري.

3. أضع إشارة (✔) أمام العبارة الصحيحة وإشارة (✘) أمام العبارة غير الصحيحة في ما يأتي:

( ) إذا تكوّن خيال مصغّر لجسم في العدسة المُحدّبة؛ فهذا يدل على أنّ هذا الخيال يكون حقيقيّا.

( ) يزداد حجم الخيال الذي تكوّنه العدسة المُقعّرة لجسم بزيادة بعد هذا الجسم عن العدسة.

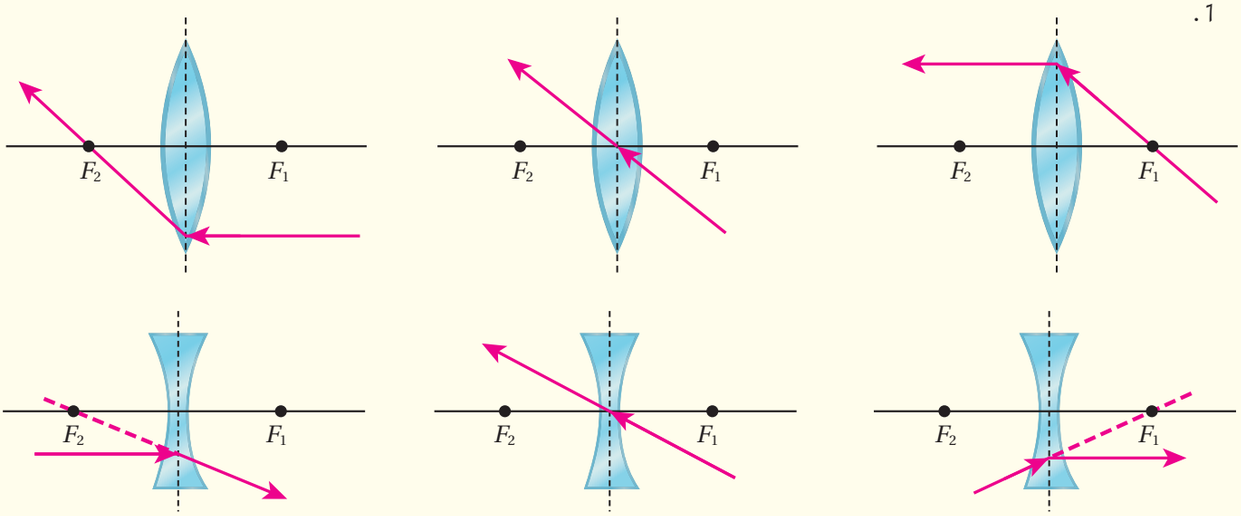
( ) إذا تكوّن خيال لجسم في عدسة في الجهة ذاتها التي يكون فيها الجسم؛ فإنّ الخيال يكون وهميًا.

إجابة ورقة العمل (5)

الوَحدة الخامسة: انكسار الضوء وتطبيقاته.

الدرس الثالث: العدسات الرقيقة.

1.



2. الخيال الذي شاهده كُلٌّ من خالد وعلي هو خيال وهميّ، والخيال الوهميّ يكون دائمًا مُكبّرًا في العدسة المُحدّبة ومصغّرًا في العدسة المُقعّرة، وهذا يعني أنّ خالد استخدم عدسةً مُحدّبة، بينما أستخدم عليٌّ عدسةً مُقعّرة.

- وضع جسم أمام عدسة فتكوّن له خيال مقلوب، إذًا؛ فنوع العدسة هو **مُحدّبة**، ونوع الخيال هو **حقيقي**
- الخيال الوهميّ الذي يتكوّن في كُلٍّ من العدسة المُحدّبة والعدسة المُقعّرة يكون دائمًا **معتدلًا**.
- إذا وضع جسم أمام عدسة وجرى تجميع خيالِه على حاجز؛ فهذا يعني أنّ نوع العدسة المُستخدمة هو عدسة **مُحدّبة** وأنّ الجسم يقع على بعد من العدسة **أكبر** من بعدها البؤري.

3.

(✔) إذا تكوّن خيال مصغّر لجسم في العدسة المُحدّبة؛ فهذا يدل على أنّ هذا الخيال يكون حقيقيّا.

(✘) يزداد حجم الخيال الذي تكوّنه العدسة المُقعّرة لجسم بزيادة بعد هذا الجسم عن العدسة.

(✔) إذا تكوّن خيال لجسم في عدسة في الجهة ذاتها التي يكون فيها الجسم؛ فإنّ الخيال يكون وهميًا.

ملحق إجابات

كتاب الأنشطة والتجارب العملية

تجربة إثرائية: أصمم نموذج رافعة هيدروليكية

الهدف:

- تصميم نموذج نظام هيدروليكي

زمن التنفيذ: 60 min.

إرشادات السلامة: أوجّهُ الطلبة إلى ما يأتي:

- **الحذر عند استخدام الأدوات الحادة**
- **لبس النظّارة الواقية**
- **ارتداء القفّازين.**

المهارات العلمية:

الملاحظة، القياس، التصميم، التوقّع.

الإجراءات والتوجيهات:

أطلبُ إلى الطلبة الاطّلاع على الخلفية النظرية للتجربة في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

النتائج المتوقعة:

من المُتوقع أن يعمل النظام المُكوّن من الرافعة على رفع جسم خفيف.

التحليل والاستنتاج:

1. تختلف الإجابات؛ قد لا يعمل النموذج بسبب تسرُّب الهواء إلى النظام، أو عند استخدامه لرفع جسم وزنه غير مناسب .
2. تختلف الإجابات؛ استخدام أكثر من مَحقِن، زيادة مساحة سطح المكبس، استخدام زيت بدلًا من الماء.

إجابات أسئلة تحاكي الإختبارات الدولية

السؤال الأول:

1. د . الضغط متساوٍ على قاعدة الأوعية الثلاثة.
2. ب. ينخفض، يرتفع
3. د . 86
4. أ . A

2. مقياس الضغط عندما تكون الغواصة عند سطح الماء، يقرأ الضغط الجويّ $(P_0 = 100\ \text{KPa})$

عندما تغوص الغواصة تحت سطح الماء؛ فإنّ قراءة المقياس تساوي الضغط الكُلّي، وباستخدام العلاقة :

$$P = P_0 + \rho hg$$

$$250 \times 10^3 = 100 \times 10^3 + 1.0 \times 10^3 \times 10\ \mathbf{h}$$

$$h = \frac{150}{10} = 15\ \text{m}$$

الوحدة الخامسة: انكسار الضوء وتطبيقاته.

تجربة إثرائية: استخدام قانون سنل في إيجاد معامل انكسار قالب من الزجاج

الهدف:

- قياس مُعامل انكسار مادّة شفّافة عمليًّا.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة.

إرشادات السلامة: أوجّهُ الطلبة إلى ما يأتي:

- لبس النظّارة الواقية، وارتداء القفّازين ومريول المختبر
- الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين.

المهارات العلمية:

الملاحظة، القياس، الاستنتاج، تحليل البيانات وتفسيرها، التوقّع.

الإجراءات والتوجيهات:

أطلبُ إلى الطلبة الاطّلاع على الخلفية النظريّة للتجربة في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

النتائج المتوقعة:

عن طريق التطبيق على قانون سنل؛ يحسبُ الطلبة مُعاملَ انكسار القالب الزجاجيّ، ويكون الوسط الحسابيّ لقياساتهم قريبًا من القيمة المقبولة لمُعامل انكسار القالب الزجاجيّ، مع مراعاة قواعد القياس الصحيحة، وتجنُّب الأخطاء التجريبية ما أمكن.

التحليل والاستنتاج:

1. تختلف الإجابات بحسب زاويتي السقوط والانكسار ومُعامل انكسار القالب الزجاجيّ.
2. تختلف الإجابات بحسب مُعامل انكسار القالب الزجاجيّ، وبحسب مراعاة الطلبة لقواعد القياس الصحيحة وتجنُّبهم الأخطاء التجريبية.
3. تختلف الإجابات بحسب مُعامل انكسار مادّة القالب، وبحسب القيم التي يحصل عليها الطلبة.
4. للتقليل من أثر الأخطاء العشوائية على نتائج القياسات.
5. تختلف الإجابات بحسب القيم التي يحصُل عليها الطلبة، ويُعزَى وجود أيّ اختلاف بينها إلى الوقوع في أخطاء تجريبية.
6. للتوصل إلى القيمة المقبولة (أقرب قيمة للقيمة الحقيقية).
7. لا؛ لأنّه في هذه الحالة تكون كُلٌّ من زاويتي السقوط والانكسار تساوي صفرًا، وبالتالي لا نستطيع حساب مُعامل انكسار القالب الزجاجيّ عن طريق التطبيق على قانون الانكسار (سنِل).

إجابات أسئلة تحاكي الإختبارات الدولية

السؤال الأول:

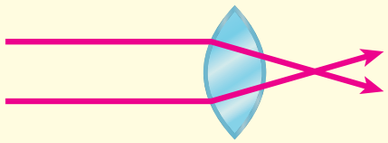
د . (الفراغ).

السؤال الثاني:

تظهر على الشاشة ألوان الضوء الأبيض السبعة مُرتبةً من الأحمر إلى البنفسجي دون فواصل بينها، على نحو ما يظهر في الشكل المجاور.

السؤال الثالث:

ب.



السؤال الرابع:

جـ . (لتسهيل رؤية الأجسام المختلفة في بُعدها عن العين).

قائمةُ المراجعِ

أولا- المراجع العربية:

الفريق الوطني للتقويم، وزارة التربية والتعليم الأردنية (2004). **استراتيجيات التقويم وأدواته (الإطار النظري)**، عمّان، وزارة التربية والتعليم الأردنية.

ثانيًا- المراجع الأجنبية:

1. Avijit Lahiri, **BASIC PHYSICS: PRINCIPLES AND CONCEPTS**, Avijit Lahiri, 2018
2. David Halliday, Robert Resnick , Jearl Walker, **Fundamentals of Physics**, Wiley; 11 edition 2018.
3. Douglas C. Giancoli, Physics: **Principles with Applications**, Addison Wesley, 6th edition, 2009.
4. Gurinder Chadha, **A Level Physics a for OCR**, A Level Physics a for OCR, 2015.
5. Hugh D. Young , Roger A. Freedman, **University Physics with Modern Physics**, Pearson; 14 edition (February 24, 2015)
6. Malcom Bradley and Susan Gardner, **Cambridge Igcse Physics**, Harper Collins Publishers Limited 2014.
7. Michael Smyth, Lynn Pharaoh, Richard Grimmer, Chris Bishop and Carol Davenport, **Cambridge International AS& A Level Physics**, Harper Collins Publishers Limited 2020.
8. Paul G. Hewitt, **Conceptual Physics**, Pearson; 14th edition, 2015.
9. R. Shankar, **Fundamentals of Physics I: Mechanics, Relativity, and Thermodynamics**, Yale University Press; Expanded Edition, 2019.
10. Raymond A. Serway , John W. Jewett, **Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics**, Cengage Learning; 009 edition, 2015.
11. Raymond A. Serway, Chris Vuille, **College Physics**, Cengage Learning; 11 edition, 2017.
12. Roger Muncaster, **A Level Physics**, Oxford University Press; 4th edition, 2014.