الحركةُ الموجيةُ
Wave Motion

أتأمَّلُ الصورةَ

يعملُ العلماءُ في بناءِ نموذجٍ متطورٍ يمكِّنُهُمْ منْ حصادِ الطاقةِ الهائلةِ التي تحملُها موجاتُ البحارِ، التي تشكلُ مصدرَ طاقةٍ متجددةٍ لا ينضبُ، إضافةً إلى كونِها طاقةً نظيفةً مقارنةً ببعضِ مواردِ الطاقةِ الأخرى. وقدْ صممَ العلماءُ جهازًا يُكثِّفُ الموجاتِ ويركِّزُها في مكانٍ ضيقٍ، قبلَ أنْ تُحوَّلَ منْ طاقةٍ حركيةٍ إلى طاقةٍ كهربائيةٍ.

ما نوعُ الطاقةِ التي تحملُها موجاتُ البحرِ، وعلى ماذا تعتمدُ؟

الحركة الموجية
Wave Motion

أتأمَّل الصورة

- الفت انتباه الطلبة إلى صورة نموذج تركيز موجات البحار، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما نوع الطاقة التي تحملها موجات البحار؟

طاقة ميكانيكية (حركية).

– ما أهمية الحواجز الرأسية المبينة في الشكل؟

تعمل على تكثيف موجات البحر القادمة من أي اتجاه، وتركزها في المركز.

– كيف يجري تحويل طاقة الموجات إلى كهرباء؟

يوضع في مركز الجهاز جزء عائم يتحرك نتيجة مرور الموجات، وهو يتصل مع مولد كهربائي.

– كيف تختلف طريقة توليد الكهرباء باستخدام المياه الجارية عن هذه الطريقة؟

في حالة المياه الجارية تنتقل الطاقة الحركية؛ بسبب جريان الماء، بينما في حالة الموجات تنتقل الطاقة دون الحاجة إلى جريان الماء.

الفكرة العامة:

- ضع على الطاولة مصباحًا كهربائيًّا يعمل على البطارية، وهاتفًا خلويًّا ونابضًا، ثم نفّذ الخطوات الآتية:

– شغّل المصباح الكهربائي، بحيث يسقط الضوء الصادر عنه على الحائط.

– شغّل جرس الهاتف بحيث يسمع الطلبة صوته.

– حرّك النابض على سطح الطاولة حركة موجية مستعرضة.

- **اطرح الأسئلة الآتية على الطلبة:**

– كيف انتقل الضوء من المصباح إلى الحائط؟

على شكل موجات.

– كيف انتقل الصوت من الهاتف إلى أذنك؟

على شكل موجات.

– هل تعتقد أن شكل موجات الضوء والصوت مشابه للموجات المنتقلة في النابض؟

بعض الطلبة سيجيب: (نعم) وبعضهم الآخر، سيجيب: (لا)، أخبرهم بأن الإجابة الصحيحة سيتوصلون إليها بعد دراسة نوعي الموجات.

– اذكر أشكالًا أخرى للحركة الموجية.

موجات سطح الماء، الموجات المنتشرة في حبل، موجات الزلازل، ...

مشروع الوحدة:

الزلازل والموجات الزلزالية

- وزع الطلبة إلى مجموعات، ثم نظم نقاشًا بينهم حول الزلازل: أسباب حدوثها، وكيفية انتقال تأثيرها المدمر، وما يترتب على ذلك من خسائر في الأرواح والممتلكات.
- اطرح الأسئلة الآتية على الطلبة، ثم كلف كل مجموعة بالإجابة عن سؤال واحد، عن طريق البحث، ثم إعداد تقرير ملخص ينظمون فيه الأفكار التي توصلوا إليها.

والأسئلة هي:

– كيف تؤدي الحركة المستمرة للصفائح التي تتكون منها القشرة الأرضية إلى حدوث الزلزال؟

– ما أنواع الموجات الزلزالية؟ وكيف ينتشر كل نوع في القشرة الأرضية؟ وما سرعة انتشاره؟

الفكرةُ العامةُ:

دراسةُ الحركةِ الموجيةِ وسلوكِ الموجاتِ تساعدُنا في فهمِ كثيرٍ منَ الظواهرِ والمواقفِ الحياتيةِ المتعلقةِ بالصوتِ والضوءِ؛ فالصوتُ والضوءُ ينتقلانِ على شكلِ موجاتٍ تشبهُ موجاتِ الماءِ، حيثُ يمكنُ وصفُها بمعرفةِ طولِها الموجيِّ وترددِها وسعتِها وسرعةِ انتشارِها.

الدرسُ الأولُ: الموجاتُ وصفاتُها

Waves and their Characteristics

الفكرةُ الرئيسةُ: الموجاتُ تنقلُ الطاقةَ ولا تنقلُ المادةَ، وندركُ ذلكَ بحواسِّنا المختلفةِ؛ فنحنُ نشاهدُ موجاتِ البحرِ وهيَ تنقلُ الطاقةَ الحركيةَ لقاربٍ يرسو على الشاطئِ، بينَما لا تنقلُ الماءَ نحوَ الشاطئِ، وإنَّ موجاتِ الصوتِ والضوءِ تنقلُ الطاقةَ أيضًا.

الدرسُ الثاني: خصائصُ الحركةِ الموجيةِ

Properties of Wave Motion

الفكرةُ الرئيسةُ: للموجاتِ المختلفةِ سلوكٌ محددٌ يظهرُ في تطبيقاتٍ حياتيةٍ كثيرةٍ عندَ انتقالِها خلالَ الوسطِ الواحدِ، أو بينَ وسطيْنِ مختلفيْنِ، مثلَ: الانعكاسِ والانكسارِ والتداخلِ والحيودِ والاستقطابِ.

92

– كيف يتم رصد الزلزال؟ وكيف تقاس قوته؟

– ما الآثار الناتجة عن حدوث الزلازل؟

– كيف نحمي أنفسنا ونحمي الآخرين عند حدوث زلزال؟

- كلف إحدى المجموعات بإعداد مطوية تتضمن التقارير المختصرة التي قدمتها المجموعات الأخرى، ثم تصويره وتوزيع نسخ منه على طلبة المدرسة.
- اختر عددًا محددًا من الطلبة؛ لبناء نموذج لجهاز رصد الزلازل.

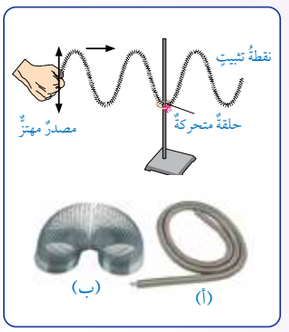
القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: التنبّؤ.**

وضّح للطلبة أنّ التنبّؤ العلمي المبني على الملاحظة يعدّ من طرائق المعرفة العلمية، وأنّ أهميته تتمثّل في اكتساب المعرفة في الحالات التي تصعب فيها الملاحظة، أو إجراء القياس العلمي.

تجربةٌ استهلاليةٌ

الموجاتُ تنقلُ الطاقةَ ولا تنقلُ المادةَ



الموادُّ والأدواتُ: نابضانِ فلزيانِ طويلانِ أحدُهما رفيعٌ والآخرُ عريضٌ، منصبٌ فلزيٌّ، حلقةٌ فلزيةٌ، شريطٌ قماشيٌّ ملونٌ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدمَيْنِ.

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

1. أثبتُ المنصبَ الفلزيَّ كما في الشكلِ معَ تثبيتِ قاعدتِهِ بأجسامٍ ثقيلةٍ، ووضعِ الحلقةِ الفلزيةِ حولَ ساقِ المنصبِ.
2. أربطُ النابضَ الرفيعَ (أ) منْ منتصفِهِ معَ الحلقةِ الفلزيةِ باستخدامِ الشريطِ القماشيِّ الملونِ.
3. **أجرِبُ:** أمسكُ طرفَ النابضِ بيدي وأطلبُ منْ زميلي أنْ يمسكَ الطرفَ الثانيَ ويثبتَ يدَهُ، وأحركُ الطرفَ الذي بيدي للأعلى وللأسفلِ بشكلٍ منتظمٍ، وأراقبُ حركةَ الشريطِ الملونِ، ثمَّ أدوِّنُ ملاحظاتي في الجدولِ.
4. أغيرُ منْ سرعةِ حركةِ يدي للأعلى وللأسفلِ، وأراقبُ حركةَ الشريطِ الملونِ وأدوِّنُ ملاحظاتي في الجدولِ.
5. **ألاحظُ:** أجعلُ مدى حركةِ يدي للأعلى وللأسفلِ أكبرَ وأوسعَ منَ السابقِ، ثمَّ ألاحظُ حركةَ الحلقةِ الفلزيةِ، وأدوِّنُ ملاحظاتي.
6. **أجرِبُ:** أضعُ وأفرادَ مجموعتي النابضَ العريضَ (ب) على الأرضِ، ثمَّ أحركُ يدي لتصنعَ أوْ تُحدِثَ تضاغطاتٍ وتخلخلاتٍ متتاليةً، بينَما يثبِّتُ زميلي الطرفَ الآخرَ، ثمَّ ألاحظُ كيفَ ينتقلُ التخلخلُ خلالَ النابضِ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أصفُ شكلَ حركةِ النابضِ، محددًا مصدرَ الطاقةِ اللازمةِ لهذهِ الحركةِ.
2. **أفسّرُ** سببَ حركةِ الحلقةِ الفلزيةِ، موضحًا كيفَ انتقلتِ الطاقةُ الحركيةُ إليْها.
3. **أقارنُ** بينَ اتجاهِ حركةِ الحلقةِ الفلزيةِ واتجاهِ انتشارِ الموجةِ في الحبلِ.
4. أفرقُ بينَ حركةِ دقائقِ الوسطِ في كلٍّ منْ نوعَيِ الموجاتِ الطوليةِ والمستعرضةِ.
5. **أستنتجُ:** ما الطرائقُ التي يمكنُ بِها زيادةُ الطاقةِ المنقولةِ في المدةِ الزمنيةِ نفسِها خلالَ الحركةِ الموجيةِ؟

الموجة أفقيًّا إلى الأمام.

4. في الموجات الطولية تتحرك دقائق الوسط باتجاه انتشار الموجة، وفي الموجات المستعرضة تتحرك دقائق الوسط باتجاه عمودي على اتجاه انتشار الموجة.
5. زيادة المعدل الزمني للطاقة المنقولة بواسطة الموجات تكون بزيادة سرعة حركة اليد (زيادة التردد).

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء. **أداة التقويم:** سلّم تقدير رقمي.

الرقم	معيار الأداء	1	2	3
1	يراعي تعليمات الأمان والسلامة العامة عند تنفيذ خطوات التجربة.			
2	يقرأ تعليمات التجربة قراءة دقيقة، ويتعاون مع زملائه على تنفيذ الخطوات.			
3	يشد النابض الرفيع بشكل أفقي ويثبت أحد طرفيه جيدًا.			
4	يضع النابض العريض على الأرض بشكل مستقيم، ويثبت أحد طرفيه جيدًا.			
5	يولد موجات مستعرضة وموجات طولية بصورة واضحة.			
6	يغير من مقدار الطاقة الحركية التي تنقلها الموجات.			
7	يغير من سعة الموجة الطولية، وسعة الموجة المستعرضة بصورة صحيحة.			

تجربة استهلالية

الهدف: توليد موجات مستعرضة عمليًّا لاستقصاء انتقال الطاقة الميكانيكية بواسطة الحركة الموجية، بالرغم من عدم انتقال دقائق الوسط باتجاه انتشار الموجات.

زمن النشاط: 20 دقيقة.

إرشادات السلامة: حذّر الطلبة من خطر سقوط الأجسام والأدوات المختلفة على أقدامهم.

المهارات العلمية: الملاحظة، التفسير، الاستقصاء.

الإجراءات والتوجيهات:

- اطلب إلى الطلبة الاطلاع على الخلفية النظرية للتجربة في كتاب الأنشطة والتجارب العملية، ثم وضّح لهم ما يأتي:

– طريقة التعامل مع كل من النابضين، لتوليد موجات مستعرضة وموجات طولية.

النابض الرفيع يستخدم لتوليد موجات مستعرضة بعد شده في الهواء بين شخصين وتحريكه من أحد طرفيه إلى الأعلى والأسفل، في حين يستخدم النابض العريض لتوليد موجات طولية بعد وضعه على الأرض وهو مشدود بين شخصين، وتحريكه من أحد طرفيه إلى الأمام والخلف.

ملاحظة: يمكن توليد موجات مستعرضة باستخدام النابض العريض وهو ملقى على الأرض.

– وظيفة الحلقة الفلزية المثبتة بالنابض.

الحلقة تتحرك للأعلى والأسفل؛ لإثبات أن أجزاء النابض لا تنتقل باتجاه انتشار الموجة.

- وضّح للطلبة أن مصدر الطاقة التي تنقلها موجات النابض هو اهتزاز اليد.
- اطلب إلى الطلبة زيادة سرعة تحريك طرف النابض، ثم وضّح لهم أن ذلك يمثل زيادة طاقة المصدر.
- اطلب إلى الطلبة زيادة مدى تحريك طرف النابض، ثم وضّح لهم أن ذلك يمثل زيادة سعة الموجة.

النتائج المتوقعة:

أخبر الطلبة أنّ النتائج قد تختلف بين مجموعاتهم بالرغم من استخدام نوابض متماثلة، وذلك بسبب الاختلاف في وضع النابض، ومقدار الشد فيه وسرعة التحريك لكل مجموعة.

التحليل والاستنتاج:

1. يتحرك النابض الرفيع على شكل موجات مستعرضة (قمم وقيعان متتالية)، بينما يتحرك النابض العريض على شكل موجات طولية (تضاغطات وتخلخلات). ومصدر الطاقة في الحالتين هو حركة اليد.
2. تحركت الحلقة الفلزية نتيجة حركة اليد، وذلك بانتقال الطاقة الحركية من اليد إلى الحلقة بفعل انتشار الموجات في النابض.
3. اتجاه حركة الحلقة رأسيًّا للأعلى والأسفل، واتجاه انتشار

الدرس 1

الموجات وصفاتها
Waves and their Characteristics

1 تقديم الدرس

الفكرة الرئيسة:

- اسأل الطلبة عن الطرائق المختلفة لنقل الطاقة، واحصل منهم على إجابات، ثم ركّز على طريقة انتقال الطاقة خلال الحركة الموجية. اذكر لهم مثال موجات البحر التي تنقل الطاقة الحركية إلى القارب الذي يرسو على الشاطئ، فتحركه لكن الماء لا ينتقل مع الموجات. واذكر لهم انتقال الطاقة الصوتية والطاقة الضوئية عن طريق الموجات.

الربط بالمعرفة السابقة:

- اطلب إلى الطلبة مراجعة موضوع الضوء، وتذكّر ما درسوه في الصف التاسع، مثل: انكسار موجات الضوء في الأوساط المختلفة، كالعدسات، وتكون الأخيلة فيها.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية: الحوار، الاتصال.**

أخبر الطلبة أنّ الحوار والاتصال من المفاهيم العابرة التي لها أهمية كبيرة في نقل المعلومات بين الأفراد والجهات المختلفة؛ سعيًا إلى بلوغ المعرفة العلمية، وتوثيق مصدرها.

- اطلب إلى الطلبة ذكر أمثلة على ظواهر يومية نستدل منها على وجود أنواع مختلفة من الموجات.
- ركّز على قضية نقل الموجات للطاقة، وعدم نقلها لدقائق الوسط.

الفكرةُ الرئيسةُ:
الموجاتُ تنقلُ الطاقةَ ولا تنقلُ المادةَ، وندركُ ذلكَ بحواسِّنا المختلفةِ؛ فنحنُ نشاهدُ موجاتِ البحرِ وهيَ تنقلُ الطاقةَ الحركيةَ لقاربٍ يرسو على الشاطئِ، بينَما لا تنقلُ الماءَ نحوَ الشاطئِ. وإنَّ موجاتِ الصوتِ والضوءِ تنقلُ الطاقةَ أيضًا.

نتاجاتُ التعلُّمِ:
- أوضحُ صفاتِ الموجاتِ والمفاهيمَ المتعلقةَ بكلٍّ منْها.
- أوظفُ معرفتي بالمفاهيمِ المتعلقةِ بالموجاتِ وصفاتِها في حلِّ مسائلَ حسابيةٍ، وفي تفسيرِ ظواهرَ ومشاهداتٍ يوميةٍ.
- أمثلُ رسوماتٍ بيانيةً تتعلقُ بصفاتِ الموجاتِ، وأحللُها.
- أوظفُ التجربةَ العمليةَ في تعرفِ صفاتِ الموجاتِ.
- أتوصلُ إلى أنَّ الصوتَ موجةٌ طوليةٌ تعتمدُ صفاتُها على الوسطِ الذي تنتشرُ فيهِ.
- أتوصلُ إلى أنَّ موجاتِ (الراديو) والضوءِ والأشعةِ السينيةِ لَها أطوالٌ موجيةٌ مختلفةٌ ضمنَ طيفِ الموجاتِ الكهرمغناطيسيةِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
موجةٌ Wave
موجةٌ طوليةٌ Longitudinal Wave
موجةٌ مستعرَضةٌ Transverse Wave
طولٌ موجيٌّ Wave Length
سعةُ الموجةِ Wave Amplitude
ترددٌ Frequency
زمنٌ دوريٌّ Period
سرعةُ الموجةِ Speed of a Wave
عتبةُ السمعِ Threshold of Hearing
شدةُ الموجةِ Wave Intensity

الموجةُ The wave

تساعدُنا دراسةُ الفيزياءِ في فهمِ الظواهرِ منْ حولِنا. ومنْ بينِ التطبيقاتِ اليوميةِ والظواهرِ الطبيعيةِ التي نشاهدُها كثيرًا في حياتِنا: الموجاتُ والحركةُ الموجيةُ. تنتشرُ الموجاتُ على سطحِ الماءِ، كما في الشكلِ (1)، وتنتقلُ الموجاتُ في حبلٍ مشدودٍ أوْ نابضٍ، كما توجدُ أنواعٌ أخرى منَ الموجاتِ يمكنُنا الإحساسُ بِها دونَ أنْ نراها مثلَ موجاتِ الصوتِ، وموجاتِ الضوءِ.

تُعرَّفُ **الموجةُ Wave** في الفيزياءِ بأنَّها اضطرابٌ أوِ اهتزازٌ ينتقلُ منْ مكانٍ إلى آخرَ، وتعدُّ الموجةُ وسيلةً لنقلِ الطاقةِ، ومعَ أنَّ الاضطرابَ يتسببُ في حدوثِ اهتزازٍ لدقائقِ الوسطِ الناقلِ للموجةِ، إلا أنَّ هذهِ الدقائقَ لا تنتقلُ منْ موقعٍ إلى آخرَ مثلَ الطاقةِ. وقدْ شاهدْنا ذلكَ يحدثُ لأجزاءِ النابضِ في التجربةِ الاستهلاليةِ، حيثُ كانتْ تهتزُّ للأعلى وللأسفلِ، لكنَّها لمْ تنتقلْ باتجاهِ انتقالِ الطاقةِ في النابضِ. تتولدُ الموجاتُ في الوسطِ نتيجةَ اهتزازِ المصدرِ المولدِ للموجاتِ، ثمَّ ينتقلُ الاهتزازُ منَ المصدرِ خلالَ الوسطِ الناقلِ.

الشكلُ (1): موجاتُ الماءِ على سطحِ البحرِ.

2 التدريس

نشاط سريع

- استخدم بعض الحبال الصغيرة أو النوابض لتوليد موجات؛ حيث يثبت أحد الطلبة طرف الحبل، ويحرك طالب آخر الطرف الثاني. وناقش الطلبة في صفات الموجات المتولدة.

بناء المفهوم:

(موجة، موجة مستعرضة، موجة طولية)

- وضّح للطلبة مفهوم الموجة، ثم أخبرهم بشروط توليد الموجات وكيفية انتقالها في الوسط. بيّن لهم أن الموجات يمكن أن تنتشر في بعد واحد، مثل موجات الحبل والنابض، ويمكن أن تنتشر في بعدين مثل موجات سطح الماء، ويمكن أن تنتشر في ثلاثة أبعاد مثل: موجات الصوت.
- وضّح للطلبة أن الموجات تقسم من حيث طريقة اهتزاز دقائق الوسط الذي تنتشر فيه إلى نوعين؛ هما الموجات المستعرضة والموجات الطولية، ثم وضّح لهم المقصود بكل نوع.

أنواعُ الموجاتِ Types of Waves

يُحدَّدُ نوعُ الموجاتِ بناءً على اتجاهِ اهتزازِ دقائقِ الوسطِ؛ إذْ تصنَّفُ الموجاتُ إلى نوعيْنِ رئيسيْنِ هما: موجاتٌ مستعرضةٌ وموجاتٌ طوليةٌ.

الموجاتُ المستعرضةُ Transverse Waves

تُسمّى الموجةُ التي يكونُ اتجاهُ اهتزازِ جزيئاتِ الوسطِ الناقلِ لها متعامدًا مَعَ اتجاهِ انتشارِها موجةً مستعرضةً Transverse wave، مثلَ موجاتِ سطحِ الماءِ والموجاتِ التي تنتقلُ في نابضٍ أوْ حبلٍ مشدودٍ، كما لاحظتُ في التجربةِ الاستهلاليةِ. وتنتشرُ الموجاتُ المستعرضةُ في الأوساطِ الصلبةِ والسائلةِ، بينَما لا يمكنُها الانتقالُ خلالَ الغازاتِ. معَ أنَّ بعضَ الموجاتِ المستعرضةِ مثلَ موجاتِ الضوءِ يمكنُها الانتقالُ في الفراغِ.

يبينُ الشكلُ (2/أ) انتشارَ الموجاتِ المستعرَضةِ في حبلٍ باتجاهٍ أفقيٍّ معَ امتدادِ الحبلِ، لاحظِ اهْتزازَ أجزاءِ الحبلِ في اتجاهِ المحورِ العموديِّ على شكلِ قممٍ وقيعانٍ متتاليةٍ.

الموجاتُ الطوليةُ Longitudinal Waves

تُسمّى الموجةُ التي يكونُ فيها اتجاهُ اهتزازِ جزيئاتِ الوسطِ الناقلِ لَها باتجاهِ انتشارِ الموجةِ نفسِها موجةً طوليةً Longitudinal wave،ومثلُ ذلكَ موجاتُ الصوتِ وبعضُ أنواعِ الموجاتِ التي تنتقلُ في النابضِ على شكلِ تضاغطٍ وتخلخلٍ، كما لاحظتُ في النابضِ العريضِ في النشاطِ التمهيديِّ.

وينتشرُ هذا النوعُ منَ الموجاتِ في الأوساطِ جميعِها؛ الصلبةِ والسائلةِ والغازيةِ. يبينُ الشكلُ (2/ب) انتشارَ الموجاتِ الطوليةِ في نابضٍ، لاحظْ كيفَ ينتشرُ التضاغطُ والتخلخلُ على طولِ النابضِ، التضاغطُ منطقةٌ تتقاربُ فيها جزيئاتُ الوسطِ، بينَما تكونُ الجزيئاتُ أكثرَ تباعدًا في منطقةِ التخلخلِ.

صفاتُ الموجةِ Characteristics of a Wave

للموجاتِ جميعِها – مهما اختلفتْ أنواعُها – صفاتٌ مشتركةٌ، نميِّزُ بها الحركةَ الموجيةَ Wave motion، وهيَ الطريقةُ التي تنتشرُ بِها

(أ) موجةٌ مستعرضةٌ

(ب) موجةٌ طوليةٌ

الشكلُ (2): الموجاتُ المستعرضةُ والموجاتُ الطوليةُ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية: الحوار، والاتصال.**

أخبر الطلبة أنّ الحوار والاتصال من المفاهيم العابرة التي لها أهمية كبيرة في نقل المعلومات بين الأفراد والجهات المختلفة؛ سعيًا إلى بلوغ المعرفة العلمية، وتوثيق مصدرها.

◄ المناقشة:

- ناقش الطلبة في تعريف كل من: الموجات المستعرضة والموجات الطولية، وتوضيح أوجه الاختلاف بينهما من حيث: طبيعة الوسط الذي تنتشر فيه الموجات، واتجاه اهتزاز دقائق هذا الوسط.
- اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما المقصود بكل من: القمة، والقاع، والتضاغط، والتخلل.

إجابات محتملة: تعريف كل مفهوم كما ورد في كتاب الطالب.

– اذكر مثالاً على كل نوع من أنواع الموجات.

إجابات محتملة: المستعرضة (موجات الماء، موجات الحبل)، الطولية (موجات الصوت، موجات النابض).

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجّه الطلبة إلى الاطلاع على الشكل (2) في الكتاب، مبيّنًا لهم أنّ الفرع (أ) في الشكل يمثل النابض الرفيع أو الحبل عند انتقال موجات مستعرضة فيه، مع التركيز على تعامد اتجاه الاهتزاز مع اتجاه الانتشار، في حين يمثل الفرع (ب) نابضًا عريضًا تنتقل فيه موجات طولية.

◄ التعزيز:

- **اذكر أمثلة مختلفة، مثل:**

تنتشر موجة مستعرضة في حبل أفقي باتجاه الشرق، في حين تهتز أجزاء الحبل للأعلى وللأسفل، وتنتشر موجة مستعرضة أخرى أفقيًّا في نابض رفيع ملقى على الأرض باتجاه الشمال، وتهتز حلقات النابض أفقيًّا باتجاهي الشرق والغرب. وتنتشر موجة طولية أفقيًّا في نابض عريض ملقى على الأرض باتجاه الجنوب، وتهتز حلقات النابض باتجاهي الجنوب والشمال.

◄ بناء المفهوم:

سعة الموجة

- وضّح للطلبة أنّ سعة الموجة تعني اتساع اهتزاز دقائق الوسط، وهذا يتطلب توضيح موضع اتزان الجزء المهتز من الوسط، وكيف تحدث الإزاحة باتجاهين متعاكسين عند مرور الموجة، ثم بيّن لهم أن أقصى إزاحة تسمى السعة، وقد تكون أقصى إزاحة للأعلى أو للأسفل.
- بيّن للطلبة أن سعة الموجة ناتجة عن سعة اهتزاز مصدر الموجات، أي تعتمد على الطاقة، وأن قسمة الطاقة على مساحة السطح الذي تنتشر عليه الموجات – والعمودي على اتجاه انتشارها – تعطي شدة الموجة.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجّه الطلبة إلى الاطلاع على الشكل (3) في الكتاب؛ لملاحظة موقع الشريط الأحمر عند مرور الموجة، وكيف أن أقصى إزاحة له قد تكون للأعلى وقد تكون للأسفل، ثم ملاحظة المسافة الرأسية بين موقع الاتزان وأي من الموقعين المذكورين.

◄ المناقشة:

- درّب الطلبة على كيفية إيجاد سعة الموجة الطولية، ثم ناقش ذلك معهم بطرح أمثلة حسابية، تبين فيها المسافة بين أقصى إزاحة، وموضع الاتزان. ثم اطرح عليهم السؤالين الآتيين:

– إذا كانت المسافة الرأسية بين أعلى إزاحة وأدنى إزاحة لجزيئات الماء عند مرور موجات مستعرضة هي (60 cm). فما مقدار سعة هذه الموجة؟

(30 cm).

– إذا كانت سعة الموجة الطولية في نابض هي (20 cm). فما مقدار طولها الموجي؟

(40 cm).

✓ أتحقَّق:

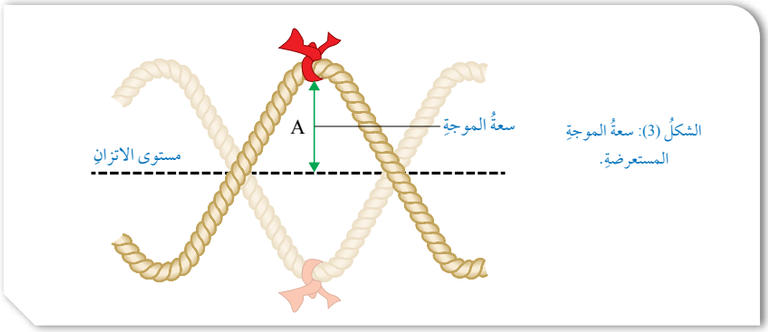
تحصل الموجة على الطاقة من مصدر الاهتزاز الذي يولد هذه الموجة، سواء كانت طولية أم مستعرضة، وتنقل الموجة هذه الطاقة خلال الوسط إلى مكان آخر.

الموجاتُ في الأوساطِ المختلفةِ، وتختلفُ باختلافِ أنواعِ الموجاتِ سواءٌ أكانتْ مستعرضةً أمْ طوليةً. وهذهِ الصفاتُ هيَ:

سعةُ الموجةِ Wave Amplitude

لاحظْنا في نوعَيِ الموجاتِ المستعرضةِ والطوليةِ أنَّ دقائقَ الوسطِ تتحركُ باتجاهيْنِ متعاكسيْنِ على طرفَيْ موقعِ اتزانِها؛ أي أنَّها تهتزُّ، وقدْ يبدو هذا الاهتزازُ أكثرَ وضوحًا في الموجاتِ المستعرضةِ؛ فعندَ انتقالِ موجةٍ مستعرضةٍ في حبلٍ مشدودٍ، نجدُ أنَّ العلامةَ المثبتةَ على الحبلِ، كما يبينُها الشكلُ (3) تُغيرُ موقعَها باستمرارٍ بالنسبةِ إلى موقعِ اتزانِها (موقعُ الاتزانِ هوَ نقطةٌ على الحبلِ المشدودِ أفقيًّا بشكلٍ مستقيمٍ في حالةِ عدمِ انتقالِ أيِّ موجةٍ خلالَهُ)، ويمثلُ هذا التغيرُ في الموقعِ الإزاحةَ التي تحدثُ لدقائقِ الحبلِ عندَ تلكَ العلامةِ، وتتغيرُ هذهِ الإزاحةُ باستمرارٍ معَ مرورِ الزمنِ. وتُعرَّفُ أقصى إزاحةٍ تُحدثُها الموجةُ لدقائقِ الوسطِ الناقلِ بالنسبةِ إلى موقعِ اتزانِها بأنَّها **سعةُ الموجةِ Wave amplitude**، ويُرمَزُ إليْها على الشكلِ بالرمزِ (A). كما تُعرَّفُ **شدةُ الموجةِ Wave intensity** بأنَّها نسبةُ الطاقةِ التي تنقلُها الموجةُ إلى وحدةِ المساحةِ التي يتعامدُ معَها اتجاهُ انتشارِ الموجةِ. وسعةُ الموجةِ تزدادُ بزيادةِ طاقةِ المصدرِ، وتقلُّ بزيادةِ البعدِ عنهُ. لذلكَ فإنَّ سعةَ الموجةِ تتناسبُ طرديًّا معَ شدتِها.

✓ أتحقَّقُ: منْ أينَ تحصلُ الموجاتُ على طاقتِها؟



الشكلُ (3): سعةُ الموجةِ المستعرضةِ.

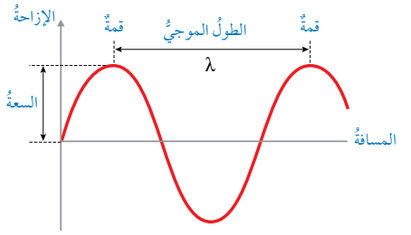
أخطاء شائعة

- قد يعتقد بعض الطلبة أنّ سعة الموجة تساوي المسافة بين موقعي أقصى إزاحة للأعلى وأقصى إزاحة للأسفل، وهذا غير صحيح، إذ إن هذه المسافة تساوي مثلي السعة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ **التفكير: التحليل.**

وضّح للطلبة أنّ التحليل هو أحد المفاهيم العابرة، وأنّه من خطوات التفكير، وأنّ أهميته تتمثّل في استخراج المعلومة من نص، أو تجربة عملية، أو صورة بعد تحليلها.



الشكلُ (4): الطولُ الموجيُّ للموجةِ المستعرضةِ.

طولُ الموجةِ Wave Length

توصفُ الموجاتُ أيضًا باستخدامِ **مفهومِ الطولِ الموجيِّ Wave length**، وهوَ المسافةُ بينَ قمتيْنِ متتاليتيْنِ، كما في الشكلِ (4)، أوْ هوَ المسافةُ بينَ قاعيْنِ متتاليينِ، ويُرمزُ إليهِ بالحرفِ اليونانيِّ (λ – لامدا). وبصورةٍ عامةٍ فإنَّ المسافةَ بينَ أيِّ نقطتيْنِ متناظرتيْنِ ومتتاليتيْنِ على الموجةِ تساوي الطولَ الموجيَّ.

التردُّدُ Frequency

تتوالى الموجاتُ عندَ استمرارِ انتقالِها خلالَ الوسطِ بشكلٍ متماثلٍ، ويطلقُ على تكرارِ الموجاتِ المتماثلةِ **التردُّدُ Frequency**، وهوَ عددُ الموجاتِ الكاملةِ (n) التي تعبرُ نقطةً ثابتةً في الوسطِ خلالَ ثانيةٍ واحدةٍ. ويُرمَزُ إليهِ بالحرفِ اللاتينيِّ (*f*)، أما وحدةُ قياسِ التردُّدِ فهيَ هيرتز (Hz)، وتكافئُ (s^{-1})، ويُستخدَمُ أيضًا **مفهومُ الزمنِ الدوريِّ Period** للتعبيرِ عنِ المدةِ الزمنيةِ اللازمةِ لعبورِ موجةٍ كاملةٍ واحدةٍ نقطةً ثابتةً في الوسطِ. ويُرمَزُ إلى الزمنِ الدوريِّ بالرمزِ (*T*)، ووحدةُ قياسِهِ هيَ (s). ويرتبطُ التردُّدُ بالزمنِ الدوريِّ للموجةِ بالعلاقةِ الرياضيةِ الآتيةِ:

$$T = \frac{1}{f}$$

✓ **أتحقَّقُ:** كيفَ يمكنُني التمييزُ بينَ الموجاتِ المستعرضةِ والموجاتِ الطوليةِ؟

بناء المفهوم:

طول الموجة، التردد

- وضّح للطلبة أنّ طول الموجة تعني المسافة بين أي نقطتين متتاليتين ومتماثلتين في موقعها على مسار الموجة؛ فقد تكونان قمتين أو قاعين أو غيرهما. وينطبق ذلك على نوعي الموجات المستعرضة والطولية.
- وضّح للطلبة أن التردد يتعلق بالمصدر أولا ثم بالموجات؛ فعدد اهتزازات المصدر في الثانية الواحدة يحدد تردد الموجات الصادرة عنه. ومثّل ذلك بتكليف أحد الطلبة بالسير داخل الصف؛ بحيث تمثل كل خطوة من خطواته موجة واحدة، وطول الخطوة يساوي الطول الموجي، وعدد الخطوات في الثانية يساوي التردد.

استخدام الصور والأشكال:

- وجّه الطلبة إلى الاطلاع على الشكل (2)؛ لتحديد كل من الطول الموجي وسعة الموجة على الشكل، ثم كلّفهم برسم أشكال مماثلة، بعد أن تحدد لهم طول الموجة وسعتها، وعدد الموجات لكل شكل.

التعزيز:

- وضّح للطلبة العلاقة بين التردد والزمن الدوري؛ مبينًا لهم دلالة الرموز المستخدمة في هذه العلاقة.

✓ **أتحقَّق:**

في الموجات المستعرضة يكون اهتزاز دقائق الوسط عموديًّا على اتجاه انتشار الموجة، بينما يكون موازيًا لاتجاه انتشارها في الموجات الطولية.

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن صفات الموجة Characteristics of Wave، علمًا بأنّه يمكنك إعداد عروض تقديمية تتعلّق بموضوع الدرس.

شارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي WhatsApp، أو إنشاء مجموعة على تطبيق Microsoft teams، أو استعمل أيّة وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

مثال إضافي

يهتز جسم في الهواء، فتصدر عنه (240) موجة طولية في مدة زمنية مقدارها (6 s)، وتنتشر في الهواء. أحسب كلًّا من: الزمن الدوري، والتردد

المعطيات: $(t = 6\ \text{s})$، $(n = 240)$

المطلوب: $(T = ?)$، $(f = ?)$

الحل:

$$T = \frac{t}{n} = \frac{6}{240} = 0.025\ \text{s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.025} = 40\ \text{s}^{-1}$$

بناء المفهوم:

سرعة الموجة

- وضّح للطلبة أنّ مفهوم السرعة لا يتغير؛ فهو يعني المسافة المقطوعة في وحدة الزمن، إلا أن هناك علاقة بين كل من السرعة والتردد والطول الموجي.

نشاط سريع

- قدّم النشاط للطلبة، بتوضيح أن الخطوة تقابل موجة، وعدد الخطوات في الثانية يساوي التردد، ثم كلف أحد الطلبة بالسير داخل غرفة الصف بسرعة ثابتة مقدارًا واتجاهًا وخطوات متماثلة؛ بحيث يقيس طالب آخر زمن الحركة. اكتب عدد الخطوات، والمدة الزمنية، وطول الخطوة على السبورة، وكلّف طالبًا بإيجاد التردد والسرعة.

التعزيز:

- يمكن تعزيز مفهوم سرعة الموجة بتكرار النشاط السريع السابق، على أن يسير طالبان معًا وهما متلازمان، على أن يختلف طول خطوة أحدهما عن الآخر، ثم قارن بين الطول الموجي، والتردد، والسرعة لكل منهما.

المثال 1

يهتزُّ جسمٌ وهوَ يلامسُ سطحَ الماءِ فيصدرُ عنهُ (12) موجةً مستعرضةً في مدةٍ زمنيةٍ مقدارُها (3 s)، وتنتشرُ على سطحِ الماءِ. أحسبُ كلًّا منَ: الزمنِ الدوريِّ والترددِ.

المعطياتُ: $(t = 3\ \text{s})$، $(n = 12)$

المطلوبُ: $(T = ?)$، $(f = ?)$

الحلُّ:

$$T = \frac{t}{n} = \frac{3}{12} = 0.25\ \text{s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.25} = 4\ \text{s}^{-1}$$

تصدرُ الموجاتُ عن مصدرٍ مهتزٍّ، وترددُها يساوي ترددَ هذا المصدرِ، فالترددُ لا يعتمدُ على نوعِ الوسطِ، أيْ أنَّهُ عندَ انتقالِ موجةٍ ترددُها (5 Hz) بينَ وسطيْنِ مختلفيْنِ، فإنَّ ترددَها لا يتغيرُ، ويبقى (5 Hz).

سرعةُ الموجةِ Speed of a Wave

تُحسبُ سرعةُ الموجةِ بقسمةِ المسافةِ (S) التي تقطعُها على الزمنِ الكليِّ (t) اللازمِ لقطعِ تلكَ المسافةِ، وتُعطى سرعةُ الموجةِ بالعلاقةِ الرياضيةِ الآتيةِ:

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

وتتناسبُ سرعةُ الموجةِ (v) طرديًّا معَ ترددِها (f)، لأنَّهُ بزيادةِ سرعةِ انتقالِ الموجةِ يزدادُ عددُ الموجاتِ الكاملةِ التي تعبرُ نقطةً معينةً في الثانيةِ الواحدةِ؛ أيْ يزدادُ الترددُ، ويُمثَّلُ ذلكَ التناسبُ كما يأتي:

$$F \propto v$$

وعندَ مقارنةِ موجتيْنِ تنتقلانِ في وسطٍ بالسرعةِ نفسِها، حيثُ تمتلكُ إحداهُما طولًا موجيًّا أكبرَ منَ الأخرى، نجدُ أنَّ الموجةَ ذاتَ الطولِ الموجيِّ الأكبرِ تنتقلُ بترددٍ أقلَّ، في حينِ تنتقلُ الموجةُ التي هيَ أقصرُ بترددٍ أكبرَ؛ أيْ أنَّ الطولَ الموجيَّ يتناسبُ عكسيًّا معَ الترددِ. ويُمثَّلُ ذلكَ رياضيًّا كما يأتي:

$$F \propto \frac{1}{\lambda}$$

مما سبقَ نتوصلُ إلى علاقةٍ رياضيةٍ ترتبطُ فيها سرعةُ الموجةِ بكلٍّ منْ ترددِها وطولِها الموجيِّ، وتنصُّ على أنَّ: سرعةَ الموجةِ تساوي حاصلَ ضربِ الترددِ في الطولِ الموجيِّ، وهيَ:

$$v = f\lambda$$

المثالُ 2

يمسكُ صبيٌّ بطرفِ حبلٍ مشدودٍ ويحركهُ للأعلى والأسفلِ بترددٍ مقدارهُ 5 Hz، إذا كانَ طولُ الموجةِ الواحدةِ يساوي 0.4 m، فأجدُ سرعةَ انتقالِ الموجاتِ في الحبلِ:

المعطياتُ: $(\lambda = 0.4\ m)$، $(f = 5\ Hz)$

المطلوبُ: $(v = ?)$

الحلُّ:

$$v = f\lambda = 5 \times 0.4 = 2\ m/s$$

تمرينٌ

تنتقلُ موجةٌ مستعرضةٌ على سطحِ الماءِ بسرعةِ (12 m/s)، إذا علمتُ أنَّ طولَها يساوي 1.5 m، فأجدُ ترددَها.

تختلفُ سرعاتُ الموجاتِ باختلافِ أنواعِها، فمثلًا، تختلفُ سرعةُ موجاتِ الماءِ عنْ سرعةِ موجاتِ الصوتِ. والجدولُ (1) يبينُ بعضَ الأمثلةِ على تغيرِ سرعةِ الموجةِ باختلافِ نوعِها.

الجدول (1): تغيرُ سرعةِ الموجاتِ باختلافِ كلٍّ منْ نوعِ الموجاتِ ووسطِ انتقالِها.

نوعُ الموجاتِ والوسطُ الذي تنتقلُ خلالَهُ	السرعةُ (m/s)
موجاتُ الصوتِ في الهواءِ عندَ مستوى سطحِ البحرِ ودرجةِ حرارةِ (20°C).	343
موجاتُ الصوتِ في ماءِ البحرِ عندَ عمقِ (4 m) ودرجةِ حرارةِ (20°C).	1500
موجاتُ الصوتِ في الصخورِ.	4750
موجاتُ الضوءِ في الأليافِ البصريةِ الزجاجيةِ.	2.00×10^8
موجاتُ الضوءِ في الهواءِ أو الفراغِ (c).	3.00×10^8

مثال إضافي

إذا كان تردد الموجات التي تنتقل في نابض أفقي 9 Hz، وكانت المسافة بين تضاغطين متتاليين 0.2 m، أجد سرعة انتقال الموجات في النابض.

المعطيات: $(f = 9\ Hz)$، $(\lambda = 0.2\ m)$

المطلوب: $(v = ?)$

الحل:

$$v = f\lambda = 9 \times 0.2 = 1.8\ m/s$$

تمرين

الحل:

يحسب تردد الموجة بمعرفة سرعتها وطولها الموجي؛ باستخدام العلاقة الآتية:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{12}{1.5} = 8\ s^{-1}$$

التعزيز:

وجّه الطلبة إلى الاطلاع على الجدول (1) في الكتاب، وتحديد البيانات الخاصة بسرعة الصوت، ثم اسألهم عن سبب اختلاف سرعة الصوت من وسط إلى آخر. ثم اطلب إلى مجموعة أخرى من الطلبة بحث الاختلاف في سرعة الضوء، وسبب هذا الاختلاف. ثم بيّن لهم أن سرعة الموجة تعتمد على أمرين هما؛ نوع الموجة، ونوع الوسط وصفاته. ثم ذكرهم بأن سرعة الضوء في الفراغ هي أكبر سرعة يمكن أن تنتقل فيها الطاقة.

معلومة إضافية

الثوابت الكونية.

تعد سرعة الضوء في الفراغ أحد الثوابت الكونية، وضّح للطلبة أن المقصود بالثوابت الكونية هو مجموعة من الثوابت الفيزيائية التي لا تتغير، وتعتمد عليها بعض الخصائص، ومنها: النفاذية المغناطيسية للفراغ، والسماحية الكهربائية للفراغ، وثابت الجذب الكتلي، وثابت بلانك، مع تأكيد عدم شمول هذه المعلومة في تقويم الطلبة.

المناقشة:

- الفت انتباه الطلبة إلى أنّ تردد الموجات يعتمد على تردد المصدر؛ فهو لا يتغير عند انتقال الموجة من وسط إلى آخر مختلف عنه في خصائصه. لكن على الرغم من ذلك فإن سرعة الموجة الواحدة تتغير. اطرح السؤال:

– لماذا تتغير سرعة الموجة عند انتقالها بين وسطين مختلفين، مع أن ترددها لا يتغير؟

إن سبب تغير سرعة الموجة عند عبورها من وسط إلى آخر هو تغير الطول الموجي. فالسرعة تساوي حاصل ضرب التردد في الطول الموجي.

بناء المفهوم:

التمثيل البياني

- وضّح للطلبة أنّ الأشكال البيانية تعد إحدى طرق التواصل، وهي تعرض البيانات بطريقة أفضل من عرض الجداول والأرقام؛ لأنها تساعد المتعلم على ربط المتغيرات، وتكوين تصور أكثر وضوحًا للعلاقات بينها. ثم ذكّرهم بالتمثيل البياني للحركة في الفصل الدراسي الأول.
- اذكر للطلبة أنه توجد طريقتان لتمثيل الموجات بيانيًّا، الأولى بالنسبة إلى البعد عن مصدر الموجات، والثانية بالنسبة إلى الزمن.

استخدام الصور والأشكال:

- وجّه الطلبة إلى الاطلاع على الشكل (5) في الكتاب؛ لفهم العلاقة بين الإزاحة والمسافة، حيث مثّلت المسافة على محور (x) بتدريج منتظم بوحدة (m)، ومثّلت الإزاحة من موقع الاتزان على المحور (y) بتدريج منتظم ووحدة (m) أيضًا.
- بيّن للطلبة أن المقصود بالمسافة هو البعد بين دقائق الوسط التي تهتز ومصدر الموجات، أما الإزاحة فهي مقدار ابتعاد دقائق الوسط المهتزة عن مركز اتزانها، فعندما تكون الموجات مستعرضة فإن المسافة تكون أفقية، والإزاحة عمودية عليها.

ألاحظُ منَ الجدولِ السابقِ أيضًا أنَّ سرعةَ الموجةِ الواحدةِ تختلفُ منْ وسطٍ إلى آخرَ، وألاحظُ اختلافَ سرعةِ انتقالِ موجاتِ الصوتِ في الهواءِ عنْ سرعةِ انتقالِها في ماءِ البحرِ، وحيثُ إنَّ ترددَ هذهِ الموجاتِ يساوي ترددَ مصدرِها ولا يتغيرُ عندَ انتقالِها منْ وسطٍ إلى آخرَ، فإنَّ التغيرَ في سرعتِها ينتجُ عنْ تغيرِ طولِها الموجيِّ. وتُعدُّ سرعةُ الموجاتِ الكهرومغناطيسيةِ في الفراغِ إحدى الثوابتِ الكونيةِ، ويُرمَزُ إليْها بالرمزِ (c).

✓ **أتحقَّقُ:** توصفُ الموجةُ بترددِها وسرعتِها وطولِها الموجيِّ. أيٌّ منْ هذهِ الكمياتِ تتغيرُ عندَ انتقالِ الموجةِ منْ وسطٍ إلى آخرَ مختلفٍ في خصائصِهِ؟

أستخدمُ برنامجَ الجداولِ الإلكترونيةِ (Microsoft Excel) لتمثيلِ البياناتِ في الجدولِ (1) بمخططٍ بيانيٍّ (عمودٌ ثلاثيُّ الأبعادِ)، ثمَّ أشاركهُ معلمي وزملائي في الصفِّ.

تمثيلُ الموجاتِ بيانيًّا Graphical Representations of Waves

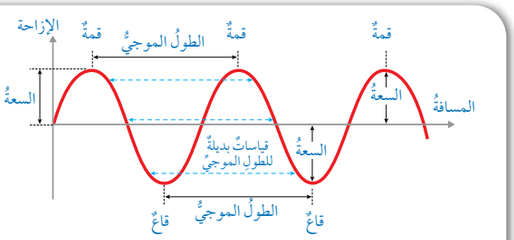
عندَ معرفتكَ للمزيدِ عنِ الموجاتِ وانتشارِها، ستجدُ أنَّهُ منَ المفيدِ تمثيلُ الحركةِ الموجيةِ بيانيًّا؛ سواءٌ أكانتْ موجاتٍ مستعرضةً أمْ موجاتٍ طوليةً، ويمكنكَ ذلكَ بطريقتيْنِ، في الأولى يتمُّ رسمُ المنحنى البيانيِّ؛ اعتمادًا على المسافةِ التي تقطعُها الموجةُ، وفي الطريقةِ الثانيةِ يكونُ التمثيلُ بالنسبةِ إلى الزمنِ، ولا بدَّ منَ التفريقِ بينَ الطريقتيْنِ.

منحنى الإزاحةِ ـ المسافةِ Displacement –Distance Graph

عندَ رميِ حجرٍ في بركةِ ماءٍ، تتولدُ موجاتٌ مستعرضةٌ تنتشرُ على سطحِ الماءِ على شكلِ دوائرَ مركزُها نقطةُ سقوطِ الحجرِ. لوْ قمتُ بالتقاطِ صورةٍ ثابتةٍ لمشهدِ تلكَ الموجاتِ عندَ لحظةٍ زمنيةٍ محددةٍ، فإنَّ المشهدَ يبدو كالمنحنى المبينِ في الشكلِ (5)، الذي يمثلُ العلاقةَ بينَ إزاحةِ جزيئاتِ الماءِ للأعلى أوِ الأسفلِ والبعدِ عنْ موقعِ سقوطِ الحجرِ، حيثُ يمثلُ البعدُ عنِ المركزِ على محورِ (x) ووحدةِ قياسِهِ (m)، والإزاحةُ بالنسبةِ إلى مستوى اتزانِ سطحِ الماءِ على محورِ (y) ووحدةِ قياسِها (m).

✓ **أتحقَّق:**

عند انتقال الموجة من وسط إلى آخر مختلف في خصائصه، فإن التردد يبقى ثابتًا، أما السرعة والطول الموجي فيتغيران.



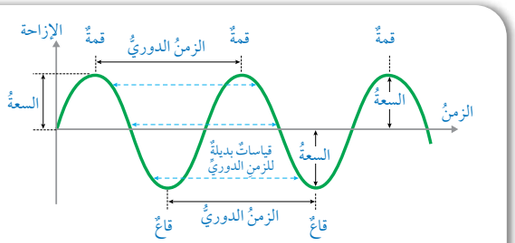
الشكلُ (5): العلاقةُ البيانيةُ بينَ إزاحةِ جزيئاتِ سطحِ الماءِ والبعدِ عنْ مركزِ انتشارِ الموجاتِ عندَ لحظةٍ محددةٍ.

يفيدُ المنحنى في معرفةِ كلٍّ منَ: الطولِ الموجيِّ وهوَ المسافةُ الأفقيةُ بينَ قمتيْنِ متتاليتيْنِ، أو قاعيْنِ متتاليْنِ، والسعةِ – وهيَ أكبرُ إزاحةٍ رأسيةٍ لجزيئاتِ الماءِ بالنسبةِ إلى مستوى اتزانِها– وكذلكَ معرفةُ مواقعِ القممِ والقيعانِ المتتاليةِ على سطحِ الماءِ عندَ لحظةٍ زمنيةٍ محددةٍ.

منحنى الإزاحةِ - الزمنِ Displacement –Time Graph

بالرجوعِ إلى مشهدِ الموجاتِ الناتجةِ عنْ رميِ الحجرِ في بركةِ الماءِ، وتحديدِ نقطةٍ معينةٍ على سطحِ الماءِ على بُعدٍ ثابتٍ منْ مركزِ انتشارِ الموجاتِ، ثمَّ وضعِ قطعةِ فلينٍ عندَ هذهِ النقطةِ ومراقبتِها، نجدُ أنَّ قطعةَ الفلينِ تتحركُ للأعلى وللأسفلِ بشكلٍ منتظمٍ معَ مرورِ الزمنِ، وعندَ تمثيلِ العلاقةِ بينَ إزاحةِ قطعةِ الفلينِ والزمنِ نحصلُ على المنحنى المبينِ في الشكلِ (6).

✓ **أتحقَّقُ:** أوضحُ المقصودَ بسعةِ الموجةِ لموجاتٍ طوليةٍ تنتقلُ أفقيًّا في نابضٍ.



الشكلُ (6):العلاقةُ البيانيةُ بينَ إزاحةِ جزيئاتِ سطحِ الماءِ والزمنِ عندَ موقعٍ على بعدٍ ثابتٍ منْ مركزِ انتشارِ الموجاتِ.

✓ **أتحقَّق:**

عند انتقال الموجات الطولية أفقيًّا في نابض عريض ممدود على أرض أفقية، فإن اهتزاز حلقات النابض يكون أفقيًّا وباتجاه مواز لاتجاه انتقال الموجة، فتكون السعة مساوية لأقصى إزاحة تحدثها الحلقات من موقع اتزانها، ومقدارها يساوي نصف المسافة بين تضاغطين متتاليين، أو تخلخلين متتاليين، أي أن السعة تساوي نصف الطول الموجي.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجّه الطلبة إلى الاطلاع على الشكل (6) في الكتاب؛ لفهم العلاقة بين الإزاحة والزمن، حيث مثّل الزمن على محور (x) بتدريج منتظم بوحدة (s)، ومثّلت الإزاحة على المحور (y) بتدريج منتظم ووحدة (m).
- بيّن للطلبة أن المقصود بالزمن هو الفترة الزمنية منذ بداية رصد الموجة، أما الإزاحة فهي مقدار ابتعاد دقائق الوسط المهتزة عن مركز اتزانها عند لحظة معينة.

◄ المناقشة:

- بيّن للطلبة أن هذا الرسم البياني خاص بدقائق الوسط في مكان واحد، وكيفية اهتزازها مع مرور الزمن، كأن تكون قطعة فلين على سطح الماء، ثم يأخذ الشخص الراصد قراءات الزمن، وإزاحة قطعة الفلين وكتابة النتائج في جدول، ثم تمثيل الجدول بيانيًّا.
- بيّن لهم أن الرسم السابق المبين في الشكل (5)، يمثل إزاحة أجزاء مختلفة من الوسط تقع على مسافات مختلفة من مصدر الموجات، وترصد القراءات الخاصة بالإزاحة والمسافة جميعها في لحظة واحدة.
- بيّن للطلبة استخراج البيانات من الشكلين، مراعيًا اختلاف تدريج المحور (x) في كل منهما. واطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما الذي تمثله المسافة الأفقية بين قمتين متتاليتين في الشكل (5)؟

(الطول الموجي)

– ما الذي تمثله المسافة الأفقية بين قمتين متتاليتين في الشكل (6)؟

(الزمن الدوري)

يفيدُ المنحنى في معرفةِ كلٍّ منَ:

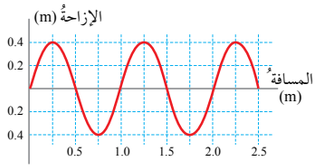
- الزمنِ الدوريِّ للحركةِ الموجيةِ: وهوَ الفرقُ في الزمنِ بينَ قمتيْنِ متتاليتيْنِ، أوْ قاعيْنِ متتاليَيْنِ.
- السعةِ: وهيَ أكبرُ إزاحةٍ رأسيةٍ تُحدثُها قطعةُ الفلينِ بالنسبةِ إلى مستوى اتزانِها على سطحِ الماءِ.
- عددِ القممِ والقيعانِ التي تحدثُ لقطعةِ الفلينِ خلالَ مدةٍ زمنيةٍ محددةٍ.

ملاحظةٌ

نلاحظُ منَ الشكليْنِ السابقيْنِ (6،5) تماثلًا في تعريفِ الطولِ الموجيِّ والزمنِ الدوريِّ وفي تمثيلِهما على المنحنى. الطولُ الموجيُّ هوَ مسافةٌ بينَ نقطتيْنِ منفصلتيْنِ، تُقاسُ في لحظةٍ زمنيةٍ محددةٍ، كما في الشكلِ (5). والزمنُ الدوريُّ هوَ مدةٌ زمنيةٌ بينَ لحظتيْنِ منفصلتيْنِ، تُقاس في نقطةٍ محددةٍ، كما في الشكلِ (6).

المثالُ 3

تنتشرُ موجاتٌ مستعرضةٌ في حبلٍ ممدودٍ بشكلٍ أفقيٍّ، وفي لحظةٍ زمنيةٍ محددةٍ رُسِمَتِ العلاقةُ بينَ إزاحةِ أجزاءِ الحبلِ وبُعدِ كلِّ جزءٍ عنْ مصدرِ الاهتزازِ، فكانتْ كما في الشكلِ (7). معتمدًا على الرسمِ، أجدُ كلًّا منْ: الطولِ الموجيِّ، السعةِ، عددِ الموجاتِ الكاملةِ.



الشكلُ (7): العلاقةُ بينَ إزاحةِ أجزاءِ الحبلِ والبُعدِ عنِ المصدرِ.

المعطياتُ: الشكلُ المجاورُ.

المطلوبُ: الطولُ الموجيُّ، السعةُ، عددُ الموجاتِ الكاملةِ.

الحلُّ:

الطولُ الموجيُّ: $\lambda = 1.25 - 0.25 = 1.0\ m$

السعةُ: $A = 0.4\ m$

عددُ الموجاتِ الكاملةِ: $n = 2$

التعزيز:

يمكن تعزيز مفهوم الرسوم البيانية لدى الطلبة بالمقارنة بين الرسمين؛ من حيث البيانات التي يحصل عليها من كل رسم.

منحنى الإزاحة – المسافة يفيد في معرفة: السعة، والطول الموجي، وعدد الموجات الكلي خلال مسافة محددة، في حين نحصل من المنحنى **الإزاحة – الزمن** على كل من: السعة، والزمن الدوري، والتردد، وعدد الموجات التي تعبر نقطة محددة خلال فترة زمنية.

ملاحظة:

للمقارنة بين الشكلين السابقين، أكد للطلبة أنه في الشكل الأول تقاس الإزاحة في مواقع مختلفة ويكون الزمن ثابتًا، في حين أنه في الشكل الثاني تقاس الإزاحة في لحظات زمنية مختلفة في موقع واحد.

مثال إضافي

غير تدريج محور المسافة في المثال (3) بحيث يصبح (0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1)، وتدريج محور الإزاحة؛ بحيث يصبح (5, 10)، ثم حل المثال مرة أخرى.

الحل:

الطول الموجي: $\lambda = 0.5 - 0.1 = 0.4\ m$

السعة: $A = 10\ m$

عدد الموجات الكاملة: $n = 2$

طريقة أخرى للتدريس

موجات مستعرضة

- طبق **إستراتيجية التعلم التعاوني**؛ وزّع الطلبة إلى مجموعات، ثم وزع عليهم حبلًا مناسبًا، وجهاز هاتف للتصوير.
- كلّف اثنين من كل مجموعة بعمل الموجات، على أن يمسك أحدهما بالطرف الأول للحبل ويثبته جيدًا، ويمسك الآخر بالطرف الثاني للحبل، ويحدث اهتزازات متتالية للأعلى والأسفل.
- عند الحصول على نمط منتظم لمسار الموجات في الحبل، يلتقط أحد أفراد المجموعة صورة ثابتة للحبل بواسطة جهاز الهاتف. ثم كلّف المجموعات بإعادة المحاولة للحصول على صور واضحة.
- اعرض الصور على الطلبة باستخدام جهاز العرض، أو بتمرير الهاتف على مجموعات الطلبة. اطلب إليهم مقارنة الصورة بالرسم البياني للمثال.

المثال 4

تنتشرُ موجاتٌ مستعرضةٌ على سطحِ الماءِ، وتُحدثُ اهتزازًا في قطعةِ فلينٍ على بُعدِ (x) منْ مصدرِ الموجاتِ، مُثِّلَتِ العلاقةُ بينَ الإزاحةِ الرأسيةِ لقطعةِ الفلينِ والزمنِ بيانيًّا، فكانتْ كما في الشكلِ (8).

معتمدًا على الرسمِ، أجدُ كلًّا منَ:

الزمنِ الدوريِّ، التردد، السعةِ.

المعطياتُ: الشكلُ المجاورُ.

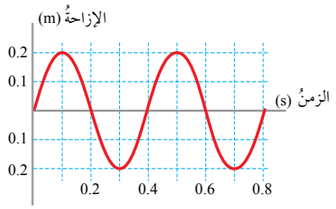
المطلوبُ: الزمنُ الدوريُّ، التردد، السعةُ.

الحلُّ:

الزمنُ الدوريُّ: $T = 0.5 - 0.1 = 0.4\ s$

السعةُ: $A = 0.2\ m$

التردد: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.4} = 2.5\ s^{-1}$



الشكلُ (8): العلاقةُ بينَ إزاحةِ قطعةِ الفلينِ والزمنِ.

موجاتُ الصوتِ Sound Waves

ينتجُ الصوتُ عنِ اهتزازِ مصدرِ الصوتِ، وينتقلُ الاهتزازُ إلى دقائقِ الوسطِ المحيطِ، فينتشرُ في الاتجاهاتِ جميعِها على شكلِ موجاتٍ طوليةٍ. عندَ اهتزازِ وترٍ مشدودٍ في الهواءِ، فإنَّهُ يتحركُ باتجاهيْنِ متعاكسيْنِ فيؤثرُ في جزيئاتِ الهواءِ المحيطةِ بهِ مُحدثًا فيها مجموعةً منَ التضاغطاتِ (ضغطُ الهواءِ المرتفعُ) والتخلخلاتِ (ضغطُ الهواءِ المنخفضُ) المتتاليةِ التي تنتشرُ في الهواءِ ناقلةً الصوتَ منَ الوترِ إلى أذنِ السامعِ. وتختلفُ الأصواتُ بعضُها عنْ بعضٍ في الطولِ الموجيِّ والترددِ والسعةِ، ونتيجةً لذلكَ يمكنُنا تمييزُ الأصواتِ المختلفةِ.

جهارةُ الصوتِ Loudness

يُعبَّرُ عنْ علوِّ الصوتِ أوِ انخفاضِهِ **بجهارةِ الصوتِ Loudness** وهوَ مقياسٌ لاستجابةِ الأذنِ للصوتِ، ويمكنُ التعبيرُ عنْ هذهِ الصفةِ **بمستوى شدةِ الصوتِ Sound intensity level** الذي يُقاسُ بوحدةِ **ديسيبل Decibel (dB)**. وتعتمدُ جهارةُ الصوتِ على سعةِ موجاتِهِ، وعلى شدتِهِ عندَ ثبوتِ الترددِ.

مثال إثرائي

غيّر تدريج محور الزمن في المثال (4)؛ بحيث يصبح (1, 2, 3, 4)، وتدريج محور الإزاحة؛ بحيث يصبح (0.3, 0.6)، ثم حل المثال مرة أخرى.

الحل:

الزمن الدوري: $T = 2.5 - 0.5 = 2\ s$

السعة: $A = 0.6\ m$

التردد: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2} = 0.5\ s^{-1}$

◄ بناء المفهوم:

موجات الصوت

- ذكّر الطلبة بأن الصوت يصدر عن جسم مهتز، وينتشر على شكل موجات تحمل الطاقة الصوتية، وبيّن لهم صفات موجات الصوت من حيث: طريقة الاهتزاز، وأن مميزات الموجة الصوتية تحدد صفات الصوت الذي نسمعه.

◄ المناقشة:

- اطلب إلى الطلبة مراجعة موضوع الصوت، وتذكّر ما درسوه في صفوف سابقة، بأن الصوت ينتقل في الهواء وفي أوساط أخرى، وأن للصوت سرعة محددة تعتمد على الوسط الذي ينتقل فيه، وقد ينعكس فيحدث له صدى.
- بيّن للطلبة أنّ موجات الصوت موجات طولية تنتشر في الأوساط المختلفة على شكل تضاغط وتخلخل، وأنّ ما درسوه عن مميزات الموجات وصفاتها ينطبق على موجات الصوت. ثم ناقش الطلبة في خبراتهم اليومية في ما يتعلق بتوليد الصوت وانتقاله والإحساس به. واطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– كيف يتولد الصوت وكيف ينتشر؟

– كيف تنتقل موجات الصوت؟

– وكيف تلتقط الأذن الصوت؟

يتولد الصوت بفعل مصدر مهتز، يولد الموجات التي تنقل الطاقة.

تنتشر موجات الصوت في الوسط على شكل تضاغطات وتخلخلات متتالية في جزيئات هذا الوسط.

تلتقط الأذن موجات الصوت بطريقة ميكانيكية تهتز فيها طبلة الأذن عند تصادم موجات الصوت معها، ثم تنتقل الاهتزازات عبر أجزاء الأذن الأخرى، ثم تتحول إلى إشارات كهربائية ينقلها العصب السمعي إلى الدماغ.

◄ بناء المفهوم:

جهارة الصوت

- استعرض مع الطلبة الآية الكريمة الآتية:

﴿ يَٰٓأَيُّهَا ٱلَّذِينَ ءَامَنُواْ لَا تَرۡفَعُوٓاْ أَصۡوَٰتَكُمۡ فَوۡقَ صَوۡتِ ٱلنَّبِيِّ وَلَا تَجۡهَرُواْ لَهُۥ بِٱلۡقَوۡلِ كَجَهۡرِ بَعۡضِكُمۡ لِبَعۡضٍ أَن تَحۡبَطَ أَعۡمَٰلُكُمۡ وَأَنتُمۡ لَا تَشۡعُرُونَ ﴿٢﴾ ﴾ الآية (2) من سورة الحجرات.

- وضّح للطلبة معنى الجهر بأنه عكس السرّ، وجهارة الصوت تصف مقدار ضخامته، ويطلق أحيانًا على مكبر الصوت (المجهار).
- بيّن أن صفة جهارة الصوت مقياس لإحساس الأذن بشدة الصوت.

◄ المناقشة:

- وجّه الطلبة إلى الاطلاع على الجدول (2) في الكتاب، ومقارنة قيم سرعة الصوت في الهواء بسرعة الضوء في الهواء، للتأكد من أن سرعة الموجات المختلفة في الوسط الواحد تعتمد على نوعها. ثم اطلب إليهم مقارنة سرعة الصوت في الهواء بسرعة الصوت في الماء أو الصخور، للتأكد من تغير سرعة الموجة الواحدة؛ عندما يتغير نوع الوسط الذي تنتقل فيه، أو تتغير خصائص هذا الوسط.

◄ التعزيز:

- وضّح للطلبة ما يأتي:

– الطاقة التي تنقلها موجات الصوت تعتمد على طاقة مصدر الصوت، وتقل شدتها كلما ابتعدت عنه.

– تسمى جهارة الصوت مستوى شدة الصوت، وهو مقياس لإحساس الأذن بعلو الصوت.

– هناك مجال معين لحدود سمع الإنسان السليم، وتوجد عادات غير صحية تتعلق بمستوى شدة الصوت، والتعرض لها يسبب أضرارًا قد تكون بالغة لحاسة السمع. مثل: تعرض سائقي الآليات الثقيلة، والذين يعملون في صيانة الطائرات للأصوات العالية دون وضع واقيات للأذن.

الجدول (2): مقارنةٌ بينَ شدةِ الصوتِ ومستوى شدةِ الصوتِ لبعضِ الأصواتِ المألوفةِ.

مصدرُ الصوتِ	شدةُ الصوتِ ($Watt/m^2$)	مستوى شدةِ الصوتِ (dB)
عتبةُ السمعِ عندَ ترددِ (1000 Hz)	1×10^{-12}	0
حفيفُ أوراقِ الشجرِ	1×10^{-11}	10
المحادثةُ العاديةُ	1×10^{-6}	60
شاحنةٌ كبيرةٌ	1	120
طائرةٌ نفاثةٌ	1×10^{2}	140

بعضُ الآلاتِ كالمنشارِ أوِ الطائرةِ يكونُ مستوى شدةِ صوتِها عاليًا؛ لأنَّ موجاتِهِ تحملُ الكثيرَ منَ الطاقةِ، وتكون سعتُها كبيرةً، في حينِ يكونُ لحفيفِ أوراقِ الشجرِ أوِ الهمسِ في الحديثِ مستوى شدةِ صوتٍ منخفضٌ، لأنَّ موجاتِهِ تحملُ القليلَ منَ الطاقةِ، وسعتُها صغيرةٌ، ويعودُ الاختلافُ في مستوى الشدةِ إلى طاقةِ المصدرِ.

يقعُ مستوى شدةِ الصوتِ المسموعِ لدى الإنسانِ ضمنَ المجالِ (0 – 180 dB)، ويمثلُ المستوى (0 dB) عتبةَ السمعِ Threshold of hearing لدى الإنسانِ، وهيَ أدنى مستوى شدةٍ للصوتِ يمكنُ للإنسانِ سماعهُ. وتعدُّ الأصواتُ التي يزيدُ مستوى شدتِها على (120 dB) ضارةً بالأذنِ. وللتمييزِ بينَ شدةِ الصوتِ ومستوى شدتِهِ، أنظرُ الجدولَ (2) الذي يتضمنُ بعضَ الأمثلةِ على بعضِ الأصواتِ المألوفةِ التي نسمعُها كثيرًا.

✓ **أتحقَّقُ:** أوضِّحُ المقصودَ بعتبةِ السمعِ لدى الإنسانِ السليمِ.

درجةُ الصوتِ Pitch of Sound

يُسمّى إحساسُنا بترددِ الصوتِ درجةَ الصوتِ Pitch of Sound، فنحنُ نميزُ بينَ الأصواتِ الحادةِ والأصواتِ الغليظةِ عندَما نصغي لبعضِ الآلاتِ الموسيقيةِ، كالتي في الشكلِ (9)؛ فالآلاتُ الموسيقيةُ صغيرةُ الحجمِ مثلَ الناي يَصدرُ عنْها موجاتٌ صوتيةٌ قصيرةٌ وعاليةُ الترددِ، فيكونُ صوتُها حادًا (درجتهُ عاليةٌ)، بينَما يصدرُ عنِ الآلاتِ الموسيقيةِ كبيرةِ الحجمِ مثلَ البوقِ موجاتٌ صوتيةٌ طويلةٌ ومنخفضةُ الترددِ، فيكونُ صوتُها غليظًا (درجتهُ منخفضةٌ).

البوقُ

الناي

الشكلُ (9): تختلفُ الآلاتُ الموسيقيةُ الهوائيةُ في درجةِ الصوتِ.

إضاءة للمُعلِّم

تتناسب شدة الصوت عند نقطة عكسيًّا مع مربع بعدها عن مصدر الصوت؛ لأن الطاقة تتوزع على سطح كروي، وتحسب شدة موجات الصوت بقسمة طاقتها على مساحة سطح الكرة التي تعطى بدلالة مربع نصف قطرها.

✓ **أتحقَّق:**

عتبة السمع عند الإنسان السليم هي أدنى مستوى شدة للصوت يمكن للإنسان سماعه.

يمكنُنا سماعُ مجالٍ واسعٍ منَ الترددات الصوتيةِ عنْ طريقِ حاسةِ السمعِ لدينا، فالتردداتُ التي تحسُّ بها أذنُ الإنسانِ سليمِ السمعِ تقعُ في المتوسطِ ضمنَ المجالِ (20 Hz - 20 kHz). ومعَ تقدمِ العمرِ يفقدُ الإنسانُ مقدرتَهُ على سماعِ الترددات العاليةِ التي تزيدُ على (14 kHz).

سرعةُ الصوتِ Speed of Sound

نستمتعُ في كثيرٍ منَ المناسباتِ الوطنيةِ مثلَ يومِ الاستقلالِ، وفي الأفراحِ والمناسباتِ الخاصةِ بمشاهدةِ عروضِ الألعابِ الناريةِ، وكثيرًا ما يلفتُ انتباهَنا سماعُ الصوتِ متأخرًا بمدةٍ زمنيةٍ عن رؤيتِنا الوميضَ، ويُعدُّ هذا دليلًا ملموسًا على سرعةِ الصوتِ، وهيَ تساوي في الهواءِ (340 m/s) تقريبًا، وتقلُّ كثيرًا عنْ سرعةِ الضوءِ، ومقدارُها (3×10^8 m/s).

تتأثرُ سرعةُ موجاتِ الصوتِ بطبيعةِ الوسطِ الناقلِ، فهيَ كبيرةٌ في الوسطِ غيرِ القابلِ للانضغاطِ، وتقلُّ في الأوساطِ القابلةِ للانضغاطِ. لذلكَ نجدُ أنَّ سرعةَ الصوتِ في الصخورِ والماءِ أكبرُ منْها في الهواءِ، كما لاحظْنا في الجدولِ (1)، وذلكَ لأنَّ الصخورَ والماءَ وسَطانِ غيرُ قابليْنِ للانضغاطِ، بينَما يمكنُ بسهولةٍ ضغطُ الهواءِ.

تتأثرُ سرعةُ الصوتِ بكثافةِ الوسطِ الذي ينتقلُ فيهِ. عندَ انتشارِ الصوتِ في الهواءِ، على سبيلِ المثالِ، فإنَّ سرعتَهُ تزدادُ كلَّما قلَّت كثافةُ الهواءِ، وحيثُ إنَّ كثافةَ الهواءِ تقلُّ بارتفاعِ درجةِ الحرارةِ، نجدُ أنَّ سرعةَ الصوتِ في الهواءِ تزدادُ بارتفاعِ درجةِ حرارتِهِ. وينتقلُ الصوتُ في الغازاتِ قليلةِ الكثافةِ مثلَ غازِ الهيليومِ بسرعةٍ أكبرَ منْ سرعتِهِ في الهواءِ.

أفكّرُ: يمكنُ للإنسانِ العاديِّ أنْ يتحدثَ بصوتٍ يقعُ ترددهُ بينَ (85 Hz - 3 kHz)، فما أهميةُ سماعهِ لتردداتٍ أخرى تزيدُ على الترددِ الذي يتحدثُ بهِ؟

الربطُ مع الحياةِ:
معظمُنا يكونُ سعيدًا بسماعِ صوتهِ الذي يألفهُ، لكنْ عندَما يستمعُ أحدُنا لتسجيلِ صوتهِ عبرَ أجهزةِ التسجيلِ المختلفةِ، ربَّما يشعرُ بالحرجِ. إذ إنَّ كلًّا منّا اعتادَ على سماعِ صوتهِ عندَما تنتقلُ موجاتُهُ الصوتيةُ خلالَ عظامِ الجمجمةِ إلى الأذنيْنِ (وليسَ خلالَ الهواءِ كما هوَ الحالُ عندَ سماعِ صوتهِ المسجلِ)؛ حيثُ تصبحُ سرعتُهُ أكبرَ منْها في الهواءِ، ويختلفُ الطولُ الموجيُّ نتيجةً لذلكَ.
كيفَ يسمعُ الآخرونَ صوتي؟ أيسمعونَهُ كما أسمعُهُ أنا عندَما أتحدثُ؟ أمْ كما أسمعُهُ منْ جهازِ التسجيلِ؟

أفكّرُ: تُنفَخُ بعضُ البالوناتِ بغازِ الهيليومِ كيْ ترتفعَ في الهواءِ. عندَما يستنشقُ شخصٌ غازَ الهيليومِ منَ البالونِ ثمَّ يتحدثُ، نلاحظُ أنَّ صوتَهُ يصبحُ مختلفًا إلى درجةٍ كبيرةٍ. ما الذي يُحدثُهُ غازُ الهيليومِ في صوتِ الشخصِ؟

المثالُ 5

تنتقلُ موجاتُ الصوتِ في الهواءِ بسرعةِ 340 m/s، إذا علمتُ أنَّ ترددَها يساوي 425 Hz؛ فما طولُها الموجيُّ؟

المعطياتُ: ($v = 340$ m/s)، ($f = 425$ Hz)

المطلوبُ: $\lambda = ?$

الحلُّ:

$$v = f\lambda$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{425} = 0.8 \text{ m}$$

أفكّرُ:
يتكون صوت الإنسان من مجموعة من ترددات عالية وأخرى منخفضة، تعطي صوته صفة خاصة، ولأن سرعة الصوت في غاز الهيليوم أكبر بكثير من سرعته في الهواء؛ بسبب كثافته القليلة، فإن التحدث برئة مملوءة بالهيليوم يزيد من الطول الموجي لموجات الصوت، فتخفت الترددات المنخفضة، وتبقى الترددات العالية، فيصبح صوته مثل صوت الشخصية الكرتونية البطة Donald Duck.

إضاءة للمُعلِّم

تكون سرعة الصوت كبيرة في الصخر والماء، وقليلة في الوسط القابل للانضغاط مثل الهواء. بينما في الهواء فإن نقصان كثافة الهواء تزيد من سرعة الصوت فيه، وفي هذه الحالة يكون التأثير لعامل آخر غير الانضغاط؛ إذ إنه في الهواء منخفض الكثافة يمكن للجزيئات الاهتزاز بشكل أفضل؛ فتزيد سرعة الصوت.

بناء المفهوم:

درجة الصوت، سرعة الصوت

- بيّن للطلبة أن درجة الصوت هي مقياس آخر لإحساس الأذن بالصوت؛ للتمييز بين الصوت الرفيع والصوت الغليظ.
- بيّن لهم أيضًا أن الصوت الرفيع يكون تردده عاليًا، والطول الموجي لموجاته قصيرًا. في حين يكون للصوت الغليظ تردد منخفض، وطول موجي كبير.
- وضح للطلبة أن موجات الصوت مثل باقي الموجات الأخرى لها سرعة في الوسط الواحد، وأن العلاقة بين التردد والطول الموجي والسرعة هي نفسها التي درسها سابقًا.
- كلّف الطلبة بالرجوع إلى الجدول (2)؛ للاطلاع على القيم المختلفة لسرعة الصوت في الأوساط المختلفة.
- وضّح للطلبة مجال الترددات التي يسمعها الإنسان، ثم ابحث عن مجال السمع عند بعض الحيوانات، وأخبر الطلبة بذلك. ثم بيّن لهم سبب اختلاف سرعة الصوت في الأوساط المختلفة.

الربط مع الحياة:
يمكن تسجيل أصوات بعض الطلبة، ثم يسمع كل منهم التسجيل، ويبدي رأيه بذلك.

أفكّرُ:
إن الإنسان بحاجة لسماع أصوات أخرى غير صوته، مثل المخلوقات الأخرى والأجهزة والآلات..

مثال إضافي

تنتقل موجات الصوت في الماء بسرعة 1500 m/s إذا علمت أن ترددها يساوي 600 Hz؛ فما طولها الموجي؟

المعطيات: ($v = 1500$ m/s)، ($f = 600$ Hz)

المطلوب: $\lambda = ?$

الحل:

$$v = f\lambda$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1500}{600} = 2.5 \text{ m}$$

◄ بناء المفهوم:

الموجات الكهرمغناطيسية

- وضّح للطلبة أن الطيف الكهرمغناطيسي يتكون من مجموعة من الترددات المختلفة، وأن جزءًا صغيرًا منه تراه عين الإنسان. وقدّم لهم فكرة بسيطة عن الطبيعة المزدوجة للإشعاع، دون الدخول في مفاهيم وعلاقات تفوق مستواهم.

◄ المناقشة:

- ناقش الطلبة فيما سبق من أنواع الموجات، وبين لهم أن الموجات التي تنقل الطاقة الميكانيكية تحتاج إلى وسط مادي للانتشار؛ لذلك فهي تسمى موجات ميكانيكية، في حين تنقل الموجات الكهرمغناطيسية الطاقتين الكهربائية والمغناطيسية خلال الأوساط المادية، وخلال الفراغ أيضًا.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- قدم الشكل (10) للطلبة على أنه رسم ثلاثي الأبعاد، فعند رسم الشكل على السبورة، فإنه إذا كان المجال الكهربائي يهتز رأسيًّا وينطبق على محور (y)، والمجال المغناطيسي يهتز أفقيًّا، وينطبق على محور (x)؛ فإن اتجاه انتشار الموجة يكون إلى الأمام (داخلاً في السبورة)، أو إلى الخلف (خارجًا منها).

معلومة إضافية

مصادر بعض الموجات الكهرمغناطيسية.

قدّم للطلبة فكرة عن مصادر بعض الموجات الكهرمغناطيسية؛ حيث تصدر موجات الراديو عن الحركة التذبذبية للشحنات في دارة كهربائية، ويصدر الضوء المرئي وغيره من الموجات عن انتقال الإلكترون بين مدارات الذرة، وتنتج الأشعة السينية عن انتقال الإلكترون إلى المدارات القريبة من النواة في العناصر الثقيلة، وتصدر أشعة جاما من داخل نوى بعض العناصر المشعة.

الموجاتُ الميكانيكيةُ والموجاتُ الكهرمغناطيسيةُ

Mechanical Waves and Electromagnetic Waves

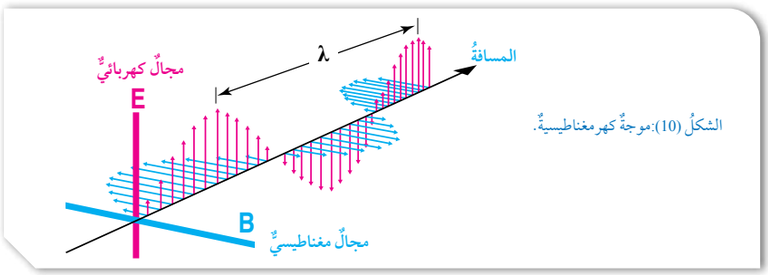
قُسِّمتِ الموجاتُ عندَ بدايةِ الدرسِ منْ حيثُ اتجاهُ الاهتزازِ الذي تُحدثهُ عندَ انتشارِها إلى نوعيْنِ: موجاتٍ مستعرضةٍ، وموجاتٍ طوليةٍ، إلا أنَّهُ يوجدُ تقسيمٌ آخرُ للموجاتِ منْ حيثُ طبيعةُ الأوساطِ التي تنتشرُ فيها، وتأثيرُها في هذهِ الأوساطِ؛ فهيَ تُقسَّمُ إلى نوعيْنِ:

الموجاتُ الميكانيكيةُ Mechanical Waves

تحتاجُ كلٌّ منْ موجاتِ الماءِ والصوتِ والنابضِ وبعضِ الموجاتِ الأخرى إلى وسطٍ تنتشرُ خلالَهُ؛ إذْ إنَّها تسببُ اهتزازًا ميكانيكيًّا في جزيئاتِ هذا الوسطِ، فهيَ تنقلُ الطاقةَ الميكانيكيةَ خلالَ الوسطِ. لذلكَ فهيَ تُسمّى موجاتٍ ميكانيكيةً. ونلاحظُ أنَّ هذهِ الموجاتِ يمكنُ أنْ تكونَ مستعرضةً أوْ طوليةً.

الموجاتُ الكهرمغناطيسيةُ Electromagnetic Waves

للإشعاعِ الكهرمغناطيسيِّ طبيعتانِ: جسيميةٌ وموجيةٌ؛ فهوَ ينتقلُ على شكلِ موجاتٍ مستعرضةٍ تُسمّى موجاتٍ كهرمغناطيسيةً Electromagnetic waves، لا تحتاجُ وسطًا ماديًّا لتُحدثَ اهتزازًا في جزيئاتهِ؛ لأنَّها تتكونُ، كما يبينُ الشكلُ (10) منْ مجاليْنِ متعامديْنِ: أحدُهُما كهربائيٌّ (**E**)، والآخرُ مغناطيسيٌّ (**B**)، يتذبذبُ كلٌّ منهُما بشكلٍ عموديٍّ على الآخرِ، وكلاهُما عموديٌّ على اتجاهِ انتشارِ الموجةِ الكهرمغناطيسيةِ. وبذلكَ فإنَّ الطاقةَ التي تنقلُها الموجاتُ الكهرمغناطيسيةُ طاقةٌ كهربائيةٌ وطاقةٌ مغناطيسيةٌ.

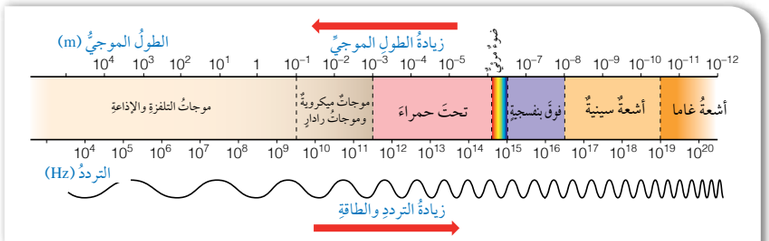


الشكلُ (10): موجةٌ كهرمغناطيسيةٌ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ **التفكير: إنتاج المعرفة.**

أخبر الطلبة أنّ إنتاج المعرفة مرحلة متقدمة من مراحل التفكير، وأنّه يساعدهم على استكمال البنية المعرفية لديهم؛ إذ سيكتسبون معرفة جديدة عند البحث في مصادر الموجات الكهرمغناطيسية المختلفة في أطوالها الموجية.



الشكلُ (11): مكوناتُ الطيفِ الكهرمغناطيسيِّ.

تحصلُ موجاتُ الإشعاعِ الكهرمغناطيسي على طاقتِها منْ مصدرِها الذي يتكونُ منْ جُسيماتٍ مشحونةٍ (مثلَ الإلكتروناتِ) تهتزُّ بترددٍ محددٍ (f) حولَ مركزِ اتزانِها، ويكونُ لكلِّ موجةٍ كهرمغناطيسيةٍ ترددٌ (f) مساوٍ لترددِ مصدرِها وطولٌ موجيٌّ (λ) خاصٌّ بها. تنتقلُ موجاتُ الإشعاعِ الكهرمغناطيسي جميعُها في الفراغِ بسرعةٍ ثابتةٍ، هيَ سرعةُ الضوءِ ($c = 299{,}792{,}458$ m/s)، وقيمتُها التقريبيةُ في الفراغِ هيَ (3×10^8 m/s). ولا تختلفُ كثيرًا سرعتُها في الهواءِ عنْها في الفراغِ، إلا أنَّ هذهِ السرعةَ تقلُّ كثيرًا عندَ انتقالِ الموجاتِ الكهرمغناطيسيةِ المختلفةِ في الأوساطِ الماديةِ الأخرى مثلَ الزجاجِ أوِ الماءِ. ويرتبطُ الطولُ الموجيُّ للإشعاعِ الكهرمغناطيسيِّ معَ ترددِهِ وفقَ العلاقةِ السابقةِ، التي استُعملتْ في حالةِ الموجاتِ الميكانيكيةِ، معَ استبدالِ سرعةِ الضوءِ في الفراغِ (c) بسرعةِ الموجةِ (v)، بحيثُ تصبحُ العلاقةُ:

$$c = f\lambda$$

تشكِّلُ موجاتُ الإشعاعِ الكهرمغناطيسيِّ ما يُعرَفُ بالطيفِ الكهرمغناطيسيِّ، وهوَ مجالٌ واسعٌ منَ الأطوالِ الموجيةِ المختلفةِ لهذهِ الموجاتِ، التي تختلفُ في خصائصِها. ويبينُ الشكلُ (11) المكوناتِ الرئيسةَ للطيفِ الكهرمغناطيسيِّ.

ألاحظُ أنَّ مكوناتِ الطيفِ الكهرمغناطيسيِّ مرتبةٌ تصاعديًّا منَ اليمينِ إلى اليسارِ حسبَ أطوالِها الموجيَّةِ، وهيَ: موجاتُ أشعةِ غاما، موجاتُ الأشعةِ السينيةِ، موجاتُ الأشعةِ فوقَ البنفسجيةِ، موجاتُ الضوءِ المرئيِّ، موجاتُ الأشعةِ تحتَ الحمراءِ، الموجاتُ الميكرويةُ،

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: الشك المنهجي أو الهادف، وتفحّص المقترحات.**

أخبر الطلبة أنّ الشك المنهجي أو الهادف أحد المفاهيم العابرة التي تفيد الباحث في تمحيص المعلومة؛ لقبول الصحيح ورفض ما سوى ذلك، وأنّه يتعيّن عليهم تقديم المقترحات وتفحّصها للتوصّل إلى المعرفة الصحيحة. ويمكن تطبيق هذا المفهوم عند مناقشة خصائص مكونات الطيف الكهرمغناطيسي، والمقارنة بينها من حيث: طاقتها، وقدرتها على النفاذ من الأوساط المختلفة، وما يترتب على هذه الصفات من استخدامات وتطبيقات.

مثلاً: تستخدم الأشعة تحت الحمراء في الاستشعار الحراري.

استخدام الصور والأشكال:

- وجه الطلبة لقراءة الشكل (11)، موضحًا لهم تدريج الطول الموجي، واتجاه تزايده، وتدريج التردد والطاقة واتجاه تزايدهما.
- اكتب مكونات الطيف على السبورة، وناقش الطلبة في صفات كل منها واستخداماته.
- بيّن للطلبة أن جميع هذه المكونات تنتقل في الفراغ بسرعة الضوء، وأن سرعتها تتغير؛ بتغير نوع الوسط وخصائصه.
- قدّم للطلبة بعض الأمثلة الرقمية على مكونات الطيف الكهرمغناطيسي، تتضمن أطوالًا موجية وترددات مختلفة.

معلومة إضافية

موجات مكونات الطيف الكهرمغناطيسي.

قدّم للطلبة فكرة عن موجات مكونات الطيف الكهرمغناطيسي: بأنها ليست محددة الطول الموجي، فالأشعة تحت الحمراء مثلا تحتوي مجالًا واسعًا من الترددات أو الأطوال الموجية، تبدأ من الطول الموجي (1×10^{-6} m)، وتنتهي بالطول الموجي (1×10^{-3} m)، وكذلك باقي مكونات الطيف. وتبعًا لاختلاف التردد؛ فإن طاقة كل موجة تختلف عن غيرها.

أتحقَّق:

الموجات (تحت الحمراء، الرادار، فوق البنفسجية، جميعها من مكونات الطيف الكهرمغناطيسي، لكنها تختلف عن بعضها في التردد والطول الموجي، والطاقة التي تحملها). أكبرها طاقة: فوق البنفسجية، أكبرها تردد: فوق البنفسجية أيضًا، أكبرها طولًا موجيًّا: الرادار.

بناء المفهوم:

الضوء المرئي.

- وضّح للطلبة المقصود بالضوء المرئي، وأهمية هذا الجزء من الطيف الكهرمغناطيسي بالنسبة إلى الحياة على كوكب الأرض.

المناقشة:

- ناقش الطلبة في خبراتهم في الطيف المرئي، واسألهم عن الألوان السبعة فيه. ثم بيّن لهم أن عدد الألوان في الطيف المرئي كبير جدًّا، إذ إن اللون الواحد يتدرج ضمن مجال واسع من الألوان المتقاربة، فمثلاً يتدرج اللون الأصفر من البرتقالي إلى الأخضر، وكذلك جميع ألوان الطيف؛ لذلك يطلق عليه الطيف المتصل. ثم اطرح عليهم السؤال الآتي:

– ما أهمية الضوء بالنسبة إلى الحيوانات والنباتات؟

يمكن للحيوانات الرؤية بفضل الضوء، ويمكن للنباتات صنع غذائها عن طريق التركيب الضوئي.

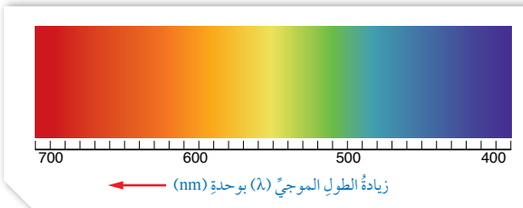
مثال إضافي

اسأل الطلبة عن ثلاثة أطوال موجية (بوحدة nm) مختلفة خاصة باللون الأحمر، وأخرى خاصة باللون الأزرق.

الحل:

الأحمر: 660, 670, 680, 690, 700

الأزرق: 400, 410, 420, 430, 440



الشكلُ (12): الأطوالُ الموجيةُ المختلفةُ لمركباتِ الضوءِ المرئيِّ.

ثمَّ أكبرُها طولًا موجيًّا موجاتُ التلفزةِ والموجاتُ الإذاعيةُ، وهيَ في الوقتِ نفسهِ مرتبةٌ منَ اليسارِ إلى اليمينِ تصاعديًّا حسبَ ترددِها وطاقتِها، حيث تُعدُّ أشعةُ غاما أعلاها طاقةً وترددًا.

أتحقَّقُ: أيُّ الموجاتِ الآتيةِ تحملُ طاقةً أكبرَ منْ غيرِها؟ أيُّها أكبرُها ترددًا؟ أيُّها أكبرُها طولًا موجيًّا؟

(موجاتُ الأشعةِ تحتَ الحمراءِ، موجاتُ الرادارِ، موجاتُ الأشعةِ فوقَ البنفسجيةِ).

يشكلُ الضوءُ المرئيُّ جزءًا صغيرًا منَ الطيفِ الكهرمغناطيسيِّ، وهذا الجزءُ هوَ ما تراهُ عينُ الإنسانِ، وتنحصرُ الأطوالُ الموجيةُ للضوءِ المرئيِّ بينَ (400 nm - 700 nm)، ويمكنُ تمييزُ سبعةِ ألوانٍ منْها، ويبينُ الشكلُ (12) الأطوالَ الموجيةَ لهذهِ الألوانِ، إذ يُعدُّ الضوءُ البنفسجيُّ أكبرَها ترددًا وطاقةً وأصغرَها طولًا موجيًّا، في حينِ أنَّ الضوءَ الأحمرَ أكبرُها طولًا موجيًّا وأصغرُها ترددًا وطاقةً.

ألاحظُ منَ الشكلِ أنَّ أصغرَ طولٍ موجيٍّ تراهُ عينُ الإنسانِ: حواليْ (400 nm) للضوءِ البنفسجيِّ، وأكبرُ طولٍ موجيٍّ تراهُ: حواليْ (700 nm) للضوءِ الأحمرِ. وباستخدامِ البادئاتِ الملحقةِ في وحداتِ النظامِ الدوليِّ، فإنَّ: $(700\ nm = 700 \times 10^{-9}\ m = 7 \times 10^{-7}\ m)$.

أتحقَّقُ: أستخرجُ منَ الشكليْنِ السابقيْنِ:

- اسمَ الموجاتِ التي لَها ترددٌ مقدارهُ $(1 \times 10^{13}\ Hz)$.
- اسمَ الموجاتِ التي لَها طولٌ موجيٌّ مقدارهُ $(1 \times 10^{-9}\ m)$.
- لونَ الضوءِ المرئيِّ الذي لهُ طولٌ موجيٌّ مقدارهُ (560 nm).

إضاءة للمُعلِّم

يسمى الطيف الضوئي المبين بالشكل (12) في كتاب الطالب طيفًا متصلًا؛ لأنه لا يتخلله أي خط معتم، ونحصل عليه من تحليل ضوء الشمس، أو أضواء المصباح الكهربائي المتوهج الذي يعمل على فتيل مصنوع من فلز التنغستن. وتوجد أطياف أخرى تعرف بالطيف الخطي؛ لأنها تتخللها بعض الخطوط المعتمة.

أتحقَّق:

بعض موجات الأشعة تحت الحمراء ترددها يساوي: $1 \times 10^{13}\ Hz$

بعض موجات الأشعة السينية لها طول موجي يساوي: $1 \times 10^{-9}\ m$

موجات الضوء المرئي ذات اللون الأصفر لها طول موجي يساوي: 560 nm

المثالُ 6

يسيرُ الضوءُ المرئيُّ بجميعِ مركباتِهِ في الفراغِ بسرعةِ 3×10^8 m/s مع أنَّ لكلِّ لونٍ منْ ألوانِ الضوءِ ترددًا مختلفًا، إذا علمتُ أنَّ ترددَ الضوءِ الأصفرِ 530 THz فما طولُ موجةِ الضوءِ الأصفرِ في الهواءِ؟

المعطياتُ: $(c = 3 \times 10^8 \text{ m/s})$، $(f = 5.3 \times 10^{14} \text{ Hz})$

المطلوبُ: $\lambda = ?$

الحلُّ:

$$c = f\lambda$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{5.3 \times 10^{14}} = 5.7 \times 10^{-7} \text{ m}$$

تطبيقاتُ الموجاتِ الكهرمغناطيسيةِ
Applications of Electromagnetic Waves

تختلفُ استخداماتُ الموجاتِ الكهرمغناطيسيةِ في التطبيقاتِ التكنولوجيةِ والحياتيةِ باختلافِ خصائصِ كلٍّ منْها، منْ مثلِ: الترددِ والطولِ الموجيِّ والطاقةِ التي تحملُها كلُّ موجةٍ، وقدرتِها على الاختراقِ، وخصائصِ الوسطِ الذي تسيرُ فيهِ، ومنْ بينِ هذهِ الاستخداماتِ استخدامُ الأشعةِ السينيةِ في مجالاتٍ مختلفةٍ، منْ مثلِ: الطبِّ والصناعةِ والمجالاتِ العسكريةِ والأمنيةِ.

تُستخدَمُ الأشعةُ السينيةُ في تصويرِ العظامِ والأعضاءِ الداخليةِ للجسمِ؛ فهيَ تحملُ طاقةً كبيرةً تساعدُها على اختراقِ طبقاتِ الجسمِ. أُلاحظُ الشكلَ (13).

تُستخدمُ الأشعةُ السينيةُ أيضًا في مجالاتٍ صناعيةٍ للكشفِ عنْ عيوبِ الصناعاتِ ونقاطِ الضعفِ في الهياكلِ الفلزيةِ.

وفي المجالاتِ الأمنيةِ، مثلَ فحصِ حقائبِ المسافرينَ في المطاراتِ، أوْ على شكلِ بواباتٍ يدخلُ خلالَها المسافرونَ للكشفِ عنِ الأجسامِ والموادِّ التي قدْ يُخفيها بعضُهم. أُلاحظُ الشكلَ (14).

الشكلُ (13): تصويرُ الأسنانِ باستخدامِ الأشعةِ السينيةِ.

الشكلُ (14): فحصُ الحقائبِ في المطاراتِ.

أبحثُ: مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ الموثوقةِ والمتاحةِ ومنها شبكةُ الإنترنتِ أبحثُ عنِ استخدامِ الموجاتِ الأخرى منْ موجاتِ الطيفِ الكهرمغناطيسيِّ، ثمَّ تتبادلُ مجموعاتُ الطلبةِ ما توصلتْ إليهِ منَ استخداماتٍ في ما بينَها.

مثال إضافي

سرعة الضوء في الفراغ 3×10^8 m/s، إذا كان الطول الموجي للضوء الأحمر 650 nm فما تردده؟

المعطيات: $(c = 3 \times 10^8 \text{ m/s})$، $(\lambda = 650 \text{ nm} = 6.5 \times 10^{-7} \text{m})$

المطلوب: $f = ?$

الحل:

$$c = f\lambda$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{6.5 \times 10^{-7}} = 4.6 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

المناقشة:

- ناقش الطلبة في الاختلاف في التردد والطول الموجي لجميع مكونات الطيف الكهرمغناطيسي، وكذلك الاختلاف في مقدار الطاقة التي تنقلها هذه الموجات، ونتيجة لذلك؛ ستختلف قدرتها على الاختراق والنفاذ خلال الأوساط المختلفة.
- بعد تقديم التطبيقات الواردة في كتاب الطالب، وهي جميعها متعلقة بالأشعة السينية، يمكنك تقديم تطبيقات أخرى خاصة بالأشعة الميكروية، وهي استخدامها في الرادار؛ لتتبع حركة الطائرات في الجو أو مراقبة سرعة السيارات على الطرق، وكذلك استخدامها في أفران الميكروويف.

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن استخدامات الطيف الكهرمغناطيسي، علمًا بأنّه يمكنك إعداد عروض تقديمية تتعلّق بموضوع الدرس.

شارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي WhatsApp، أو إنشاء مجموعة على تطبيق Microsoft teams، أو استعمل أيّة وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير:** الأدلة والبراهين.

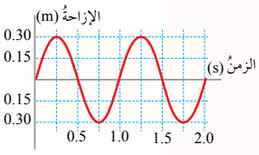
أخبر الطلبة أنّ استعمال الأدلة والبراهين من أشكال التفكير؛ فإقامة الدليل لها أهمية في تأكيد المعرفة، ويمكن تطبيق هذه المفاهيم في الحكم على الاستخدام الصحيح للموجات الكهرمغناطيسية؛ بناءً على خصائصها.

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** أصفُ كلًّا منْ نوعَيْ الموجاتِ: المستعرضةِ والطوليةِ، وأذكرُ مثالًا على كلِّ نوعٍ.
2. أوضحُ المقصودَ بكلٍّ منَ:
الطولِ الموجيِّ، السعةِ، التردّدِ، الزمنِ الدوريِّ.
3. **أقارنُ** بينَ الموجاتِ: الميكانيكيةِ والكهرومغناطيسيةِ منْ حيثُ: طبيعةُ الوسطِ الناقلِ، ونوعُ الطاقةِ المنقولةِ، وطريقةُ الاهتزازِ.
4. تابعُ سارةُ برنامجًا تلفزيونيًّا للهواةِ على قناةٍ فضائيةٍ، وتستمعُ إلى صديقتِها سالي وهيَ تعزفُ قيثارتَها في بثٍّ مباشرٍ. أحددُ نوعَ الموجاتِ إنْ كانتْ مستعرضةً أوْ طوليةً في الفقراتِ الآتيةِ:
أ . اهتزازُ أوتارِ قيثارةِ سالي.
ب. موجاتُ الصوتِ المنبعثةُ منَ القيثارةِ إلى جهازِ الميكرفونِ.
جـ. موجاتُ الراديو للقناةِ التلفزيونيةِ المنبعثةِ منَ القمرِ الصناعيِّ.
د. موجاتُ الصوتِ المنبعثةُ خلالَ الهواءِ منْ سماعةِ التلفازِ إلى أذنَيْ سارةَ.
هـ. موجاتُ الصوتِ التي تنتقلُ خلالَ جدارِ غرفةِ سارةَ إلى الغرفةِ المجاورةِ.
5. **أقارنُ:** بينَ الموجاتِ الكهرمغناطيسيةِ المبينةِ في الجدولِ الآتي:

الموجاتُ	الطولُ الموجيُّ	التردّدُ	السرعةُ في الفراغِ	مرئيةٌ/ غيرُ مرئيةٍ
الميكرويةُ				
الضوءُ الأزرقُ				
فوقَ البنفسجيةِ				

6. **أحسبُ:** موجتانِ كهرمغناطيسيتانِ؛ الطولُ الموجيُّ للأولى ($\lambda_1 = 3.0 \times 10^{-5}$ m)، والطولُ الموجيُّ للثانيةِ ($\lambda_2 = 1.5 \times 10^{-9}$ m)، تنتقلانِ معًا في الهواءِ. أجدُ ما يأتي:
أ . سرعةَ انتقالِ كلِّ موجةٍ في الهواءِ.
ب. تردّدَ كلِّ موجةٍ.
جـ. أحددُ موقعَ كلٍّ منهُما في الطيفِ الكهرمغناطيسيِّ.
7. **أحللُ:** الشكلُ التالي يمثلُ إزاحةَ جزيئاتِ الوسطِ بالنسبةِ إلى الزمنِ عندَ انتقالِ موجةٍ طوليةٍ فيهِ. أستخرجُ منَ الشكلِ كلًّا منَ: الزمنِ الدوريِّ، والسعةِ، ثمَّ أحسبُ التردّدَ.



3 التقويم

مراجعة الدرس

1 الموجات المستعرضة يكون فيها اهتزاز دقائق الوسط عموديًّا على اتجاه انتشارها، مثال: موجات الحبل. والموجات الطولية يكون فيها اهتزاز دقائق الوسط موازيًا لاتجاه انتشارها، مثال: موجات الصوت.

2 **الطول الموجي:** المسافة بين قمتين متتاليتين، أو بين قاعين متتاليين.
السعة: تعرّف بأقصى إزاحة تحدثها الموجة لدقائق الوسط الناقل بالنسبة إلى موقع اتزانها.
التردد: عدد الموجات الكاملة (n) التي تعبر نقطة ثابتة في الوسط خلال ثانية واحدة.
الزمن الدوري: المدة الزمنية اللازمة لعبور موجة كاملة واحدة نقطة ثابتة في الوسط.

3 **مقارنة:**

	موجات ميكانيكية	موجات كهرمغناطيسية
طبيعة الوسط	الأوساط المادية	الأوساط المادية والفراغ
نوع الطاقة	ميكانيكية	كهربائية ومغناطيسية
طبيعة الاهتزاز	مستعرضة وطولية	مستعرضة فقط

4 أ. مستعرضة ، ب. طولية ، جـ. مستعرضة، د. طولية ، هـ. طولية.

5

الموجات	الطول الموجي	التردد	السرعة في الفراغ	مرئية/ غير مرئية
الميكروية	1×10^{-3} *to* 1×10^{-1} m	3×10^{11} *to* 3×10^{9} Hz	3×10^{8} m/s	غير مرئية
الضوء الأزرق	4×10^{-7} *to* 5×10^{-7} m	7.5×10^{14} *to* 6×10^{14} Hz	3×10^{8} m/s	مرئية
فوق بنفسجية	1×10^{-8} to 3×10^{-7} m	3×10^{16} *to* 1×10^{15} Hz	3×10^{8} m/s	غير مرئية

6 أ . سرعة كلتا الموجتين في الفراغ تساوي (تقريبًا) 3×10^{8} m/s

ب . تردد الأولى: $f_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{3 \times 10^{8}}{3 \times 10^{-5}} = 1 \times 10^{13}$ Hz

تردد الثانية: $f_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{3 \times 10^{8}}{1.5 \times 10^{-9}} = 2 \times 10^{17}$ Hz

جـ. الموجة الأولى تقع ضمن موجات الأشعة تحت الحمراء، والموجة الثانية تقع ضمن موجات الأشعة السينية.

7 الزمن الدوري يساوي ثانية واحدة (1 s)، والسعة تساوي (0.3 m)، والتردد (f):

$$f = \frac{1}{T} = 1 \text{ Hz}$$

الفكرةُ الرئيسةُ:
للموجاتِ المختلفةِ سلوكٌ محددٌ يظهرُ في تطبيقاتٍ حياتيةٍ كثيرةٍ عندَ انتقالِها خلالَ الوسطِ الواحدِ، أوْ بينَ وسطيْنِ مختلفيْنِ، مثلَ: الانعكاسِ والانكسارِ والتداخلِ والحيودِ والاستقطابِ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:
- أصممُ تجربةً عمليةً لأصفَ عددًا منَ الظواهرِ الموجيةِ مثلَ: تراكبِ موجتيْنِ باتجاهيْنِ متعاكسيْنِ، وانعكاسِ موجاتِ سطحِ الماءِ عنْ حاجزٍ.
- أستقصي عمليًّا شروطَ حدوثِ حيودِ موجاتِ الماءِ.
- أطورُ نموذجًا ليحددَ خصائصَ الموجاتِ: التداخلَ، الحيودَ، الانكسارَ، الاستقطابَ.
- أنفذُ تجاربَ عمليةً لتوضيحِ ظاهرةِ تأثيرِ دوبلر.
- أوظفُ تجاربَ عمليةً في معرفةِ خصائصِ الموجاتِ: الانعكاسِ، الانكسارِ، الحيودِ، التداخلِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
انعكاسٌ Reflection
انكسارٌ Refraction
حوضُ موجاتٍ Ripple Tank
تراكبُ الموجاتِ Superposition of Waves
تداخلٌ Interference
حيودٌ Diffraction
استقطابٌ Polarization
تأثيرُ دوبلر Doppler Effect

انعكاسُ الموجاتِ وانكسارُها
Reflection and Refraction of Waves

تظهرُ خاصيتا انعكاسِ الموجاتِ وانكسارِها بوضوحٍ في كثيرٍ منَ الظواهرِ الصوتيةِ والضوئيةِ. إنَّ صدى الصوتِ الذي نسمعهُ بفارقٍ زمنيٍّ عنِ الصوتِ الأصليِّ ناتجٌ عنْ ظاهرةِ انعكاسِ موجاتِ الصوتِ عنْ جدارٍ أوْ جبلٍ أوْ أيِّ حاجزٍ آخرَ. وصُورُنا التي نراها في المرآةِ وزجاجِ النافذةِ والمسطحاتِ المائيةِ ناتجةٌ عنْ ظاهرةِ انعكاسِ موجاتِ الضوءِ عنِ السطوحِ الملساءِ العاكسةِ. كما أنَّ الموجاتِ التلفزيونيةَ التي ترسلُها الأقمارُ الصناعيةُ تنعكسُ عنْ أطباقٍ مقعرةٍ وتتجمعُ في جهازٍ صغيرٍ يلتقطُ تلكَ الموجاتِ، التي تحولُ في النهايةِ إلى صورٍ نشاهدُها على شاشةِ التلفازِ. كيفَ تَحدثُ كلٌّ منْ ظاهرتيْ انعكاسِ الموجاتِ وانكسارِها؟

سوفَ نتوصلُ باستخدامِ حوضِ الموجاتِ في التجربةِ الآتيةِ إلى خاصيتَيِ انعكاسِ موجاتِ الماءِ وانكسارِها، وإلى شروطِ حدوثِ كلٍّ منهُما. وحوضُ الموجاتِ جهازٌ يتكونُ في أبسطِ أشكالِهِ منْ حوضٍ زجاجيٍّ أوْ بلاستيكيٍّ شفافٍ، توضعُ فيهِ كميةٌ منَ الماءِ بارتفاعٍ مناسبٍ، ويُثبَّتُ مصدرٌ ضوئيٌّ تحتَ الحوضِ، فيظهرُ خيالٌ مكبرٌ للحركةِ الموجيةِ المتكونةِ في الحوضِ على السقفِ، ويمكنُ استخدامُ مرآةٍ تساعدُ في تكوينِ الخيالِ على شاشةٍ مثبتةٍ بشكلٍ رأسيٍّ. ويُزوَّدُ الحوضُ بملحقاتٍ متعددةٍ لتوليدِ أشكالٍ مختلفةٍ منَ الموجاتِ؛ بهدفِ دراسةِ خصائصِ موجاتِ سطحِ الماءِ.

✓ **أتحقَّقُ:** أوضِّحُ عمليةَ انعكاسِ موجاتِ الصوتِ وموجاتِ الضوءِ بذكرِ مثالٍ على كلِّ حالةٍ.

طريقة أُخرى للتدريس — قياس زاويتي السقوط والانعكاس.

- طبق إستراتيجيتي التعلم التعاوني وأكواب إشارة المرور في تنفيذ نشاط عملي.
- وزّع الطلبة إلى مجموعات ثم وزّع على كل مجموعة ثلاثة أكواب: أحمر، وأخضر، وأصفر.
- وزّع على المجموعات مرآة مستوية، ومصباحًا صغيرًا، وورقة عمل تتضمّن خطوات قياس زاويتي السقوط والانعكاس.
- اطلب إلى أفراد المجموعات تنفيذ التجربة وتكوين انعكاس لضوء المصباح؛ بحيث تظهر بقعة الضوء على ورقة بيضاء مجاورة للمصباح.
- وضّح لأفراد المجموعات أنّ الأكواب تستعمل بوصفها إشارةً للمعلّم على النحو الآتي: اللون الأحمر يشير إلى حاجة الطلبة العاجلة إلى المساعدة، واللون الأصفر يشير إلى حاجتهم البسيطة إلى المساعدة، أمّا الأخضر فيشير إلى عدم حاجتهم إلى المساعدة.
- اطلب إلى أفراد كل مجموعة مقارنة نتائج مجموعتهم بنتائج المجموعات الأخرى.

خصائصُ الحركةِ الموجيةِ
Properties of Wave Motion

1 تقديم الدرس

الفكرة الرئيسة:
- تحدث للطلبة عن بعض المشاهدات اليومية المتعلقة بالموجات، كأن تلفت انتباههم إلى انعكاس الضوء عن زجاج النافذة، أو عن الجدران والأرضية، وكذلك صدى الصوت. ثم أجر أمامهم النشاط البسيط الآتي: املأ كأسًا زجاجيًا شفافًا بالماء إلى نصفه، ثم ضع فيه قلمًا، وناقش الطلبة في خبراتهم حول هذه المشاهدة.

الربط بالمعرفة السابقة:
- اطرح الأسئلة الآتية ثم ناقش الإجابات مع الطلبة:

– ما سبب رؤية القلم مكسورًا؟

انكسار موجات الضوء وهي خارجة من الماء إلى الهواء عبر جدار الكأس.

– من العالم العربي المسلم الذي ناقش هذه الظاهرة؟

الحسن بن الهيثم.

– اذكر بعض الظواهر المتعلقة بانعكاس الموجات.

رؤية الخيال في المرآة، صدى الصوت في الغرفة المفرغة من الأثاث، رؤية ضوء القمر في الليل، ...

2 التدريس

بناء المفهوم:
الانعكاس، الانكسار.
- وضّح للطلبة المقصود بكل من: الانعكاس والانكسار، وطبّق التعريف على موجات مختلفة، كأن تكون مستعرضة أو طولية، ثم بيّن لهم أهمية ذلك في حياتنا.

✓ **أتحقَّق:**

تنعكس موجات الصوت (وهي ميكانيكية) عن السطوح الصلبة، وتحافظ على صفاتها بعد الانعكاس، ومثال ذلك حدوث ظاهرة الصدى. تنعكس موجات الضوء (وهي كهرمغناطيسية) عن السطوح الملساء المصقولة كالمرايا انعكاسًا منتظمًا، وتحافظ على صفاتها بعد الانعكاس.

التجربة 1

استقصاء خاصيتي انعكاس الموجات وانكسارها

الهدف: تكوين موجات دائرية ومستقيمة؛ لاستقصاء خاصيتي الانعكاس والانكسار في الحركة الموجية.

زمن النشاط: 35 دقيقة.

إرشادات السلامة:

- حذّر الطلبة من خطر سقوط الأجسام والأدوات المختلفة على أقدامهم، ووصول الماء على الوصلات الكهربائية.
- أخبر الطلبة أنّ الالتزام بإرشادات السلامة يحفظ لهم حياتهم، ويحافظ على سلامة الأدوات، ونظافة المكان والبيئة.

المهارات العلمية:

الملاحظة، الاستنتاج، التفسير، البحث في مصادر الخطأ.

الإجراءات والتوجيهات:

- وضّح للطلبة أهمية ضبط الحوض بوضع أفقي صحيح؛ حتى يكون ارتفاع الماء متساويًا في الحوض كله.
- وضّح للطلبة أهمية تحديد كمية الماء في الحوض؛ حتى يكون ارتفاع الماء مناسبًا لانتشار الموجات.
- بيّن للطلبة أهمية وضع المصباح في موقع مناسب؛ لكي يظهر خيال واضح على السقف أو الشاشة.

النتائج المتوقعة:

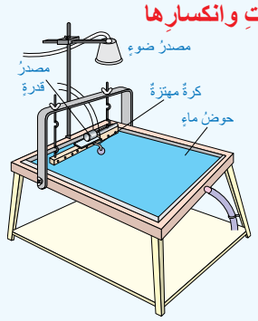
قد يلاحظ بعض الطلبة النتائج وفق ما هو متوقع، وقد لا يحدث ذلك بالنسبة إلى بعض المجموعات؛ بسبب أخطاء قد تنتج عن: ميل الحوض عن الأفق، أو زيادة سرعة المحرك الذي يولد الاهتزاز أو نقصها ، أو عدم ضبط المسطرة بحيث تنغمس جزئيًّا في الماء.

التحليل والاستنتاج:

1. تتولد الموجات الدائرية من اهتزاز مصدر نقطي، وتنتشر على شكل دوائر متحدة في المركز.
2. عند مواجهة الموجات المستقيمة للحاجز الرأسي انعكست عنه محققة قانون الانعكاس (زاوية السقوط = زاوية الانعكاس).
3. عند وضع لوح زجاجي جوانبه موازية لجوانب الحوض ومرور الموجات المستقيمة فوقه، فإن طولها الموجي يقل لكنها لا تغير اتجاهها. وعند مرور الموجات فوق لوح الزجاج وهو في وضع غير موازٍ؛ فإن طولها الموجي يقل وتنحرف عن اتجاهها السابق. تسمى هذه الظاهرة انكسار الموجات.
4. الاستنتاج: يتغير الاتجاه عند الانعكاس والانكسار، ويتغير الطول الموجي والسرعة عند الانكسار.
5. التفسير: عند عبور موجات سطح الماء منطقة ضحلة، فإنها تنتقل بين وسطين مختلفين بالخصائص، فيحدث لها انكسار، ويتغير طولها الموجي فتتغير سرعتها لأن: السرعة = التردد × الطول الموجي.

التجربةُ 1

استقصاءُ خاصيتَي انعكاسِ الموجاتِ وانكسارِها



الموادُّ والأدواتُ: حوضُ الموجاتِ وملحقاتُه، شاشةُ عرضٍ، مصدرُ ضوءٍ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ منْ وصولِ الماءِ إلى مصدرِ الكهرباءِ.

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

1. أركبُ حوضَ الموجاتِ بوضعٍ أفقيٍّ، وأثبّتُ مصدرَ الإضاءةِ في مكانِهِ الصحيحِ للحصولِ على خيالٍ واضحٍ على السقفِ، بمساعدةِ المعلمِ وأعضاءِ مجموعتي.
2. أضعُ كميةَ ماءٍ في الحوضِ حتى ارتفاعٍ مناسبٍ لا يقلُّ عنْ (3 cm) تقريبًا.
3. **أجرِبُ:** أركّبُ المحركَ الكهربائيَّ المولّدَ للاهتزازاتِ، وأُشغّلُهُ بحيثُ يُصدرُ موجاتٍ دائريةً، وأراقبُ أنا وأفرادُ مجموعتي انتشارَها في الحوضِ. ثمَّ أكررُ الخطوةَ لتوليدِ موجاتٍ مستقيمةٍ. وأدوّنُ الملاحظاتِ في الجدولِ.
4. أثبّتُ حاجزًا رأسيًّا في منتصفِ الحوضِ بشكلٍ قطريٍّ، ثمَّ أشغّلُ مولدَ الموجاتِ المستقيمةِ، وأراقبُ انعكاسَ الموجاتِ عنِ الحاجزِ. وأدوّنُ الملاحظاتِ في الجدولِ.
5. **أجرِبُ:** أزيلُ الحاجزَ وأضعُ في منتصفِ الحوضِ لوحًا زجاجيًّا شفافًا لا يزيدُ سمكهُ عنْ (2 cm) بحيثُ يبقى مغمورًا بالماءِ بشكلٍ كليٍّ، وحافتهُ موازيةٌ لحافةِ الحوضِ، وأراقبُ ما يحدثُ للموجاتِ المستقيمةِ، وأدونُ الملاحظاتِ.
6. أكررُ الخطوةَ (5)، لكنْ بعدَ تدويرِ اللوحِ الزجاجيِّ؛ بحيثُ تصبحُ حافتهُ غيرَ موازيةٍ لحافةِ الحوضِ. وأدونُ الملاحظاتِ.
7. أرسمُ الأنماطَ التي حصلتُ عليْها في الخطواتِ السابقةِ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أصفُ نمطَ كلٍّ منَ: الموجاتِ الدائريةِ والموجاتِ المستقيمةِ ، وأصفُ انتشارَها.
2. أصفُ ما حدثَ للموجاتِ المستقيمةِ عندَ مواجهتِها للحاجزِ الرأسيِّ. ماذا تُسمّى هذهِ الظاهرةُ؟
3. أصفُ ما حدثَ للموجاتِ المستقيمةِ عندَ مرورِها فوقَ اللوحِ الزجاجيِّ في الحالتيْنِ (الخطوةَ 5 والخطوةَ 6). ماذا تُسمّى هذهِ الظاهرةُ؟
4. **أستنتجُ:** ما الذي تغيرَ منْ صفاتِ الموجةِ (الطولُ الموجيُّ، أمِ التردّدُ، أمِ السرعةُ، أمِ الاتجاهُ) في الحالاتِ السابقةِ؟
5. **أفسرُ** سببَ تغيرِ سرعةِ الموجاتِ على سطحِ الماءِ عندَ عبورِها منطقةً ضحلةً.

112

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

الرقم	معيار الأداء	نعم	لا
1	يراعي تعليمات الأمان والسلامة العامة عند تنفيذ خطوات التجربة.		
2	يقرأ تعليمات التجربة قراءة دقيقة، ويتعاون مع زملائه على تنفيذ الخطوات.		
3	يضع حوض الموجات بوضع أفقي صحيح.		
4	يضبط سرعة المحرك الكهربائي الصغير؛ حتى يحصل على نمط موجات ثابت.		
5	يستخدم الأدوات الملحقة بالحوض والمناسبة؛ لاستقصاء خاصية الانعكاس.		
6	يستخدم الأدوات الملحقة بالحوض والمناسبة؛ لاستقصاء خاصية الانكسار.		
7	يرصد ملاحظاته حول خطوات التجربة بصورة منظمة.		
8	يتعاون مع أفراد مجموعته، وينظم العمل.		
9	يتوصل إلى نتائج صحيحة، ويبحث عن مصادر الخطأ إن وجد.		

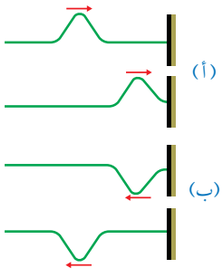
انعكاسُ الموجاتِ Reflection of Waves

ظاهرةُ انعكاسِ موجاتِ الماءِ على سطحِ بركةٍ منَ الظواهرِ الموجيَّةِ المألوفةِ في حياتِنا، وكذلكَ انعكاسُ موجاتِ الصوتِ والضوءِ. وقدْ لاحظْنا عندَ تنفيذِ النشاطِ السابقِ أنَّ الموجاتِ المنتشرةَ على سطحِ الماءِ تغيرَ اتجاهُها عندَ مواجهتِها حاجزًا في طريقِ انتشارِها، ولقدْ لاحظْنا أيضًا أنَّ الموجةَ المنعكسةَ حافظتْ على صفاتِها، عندَما لمْ تتغيرْ خصائصُ الوسطِ الذي تنتقلُ خلالَهُ. وكما هيَ الموجاتُ في الماءِ، فإنَّ أنواعَ الموجاتِ الأخرى مثلَ: موجاتِ النابضِ والحبلِ أوِ الموجاتِ الصوتيةِ، أوِ الضوئيةِ جميعِها تنعكسُ بطريقةٍ مشابهةٍ. **وانعكاسُ الموجةِ Wave reflection** هوَ عمليةُ سقوطِ الموجةِ على جسمٍ أوْ حاجزٍ ثمَّ ارتدادِها عنهُ باتجاهٍ مختلفٍ.

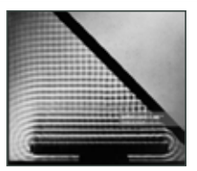
عندَ إرسالِ نبضةٍ موجيةٍ واحدةٍ خلالَ حبلٍ بعدَ تثبيتِ طرفِهِ الثاني في الجدارِ أوْ في مقبضِ البابِ، وإحداثِ اهتزازةٍ واحدةٍ في طرفِهِ الحرِّ، فإنَّنا نلاحظُ أنَّ هذهِ النبضةَ ترتدُّ عنِ الجدارِ وتنتقلُ باتجاهٍ معاكسٍ منَ الجدارِ إلى الطرفِ الحرِّ للحبلِ، كما يبينُ الشكلُ (15).

تنتقلُ النبضةُ باتجاهِ اليمينِ كما في المرحلةِ (أ)، وعندَ اقترابِها منْ نقطةِ التثبيتِ على الجدارِ، فإنَّ الحبلَ يؤثرُ في الجدارِ بقوةٍ نحوَ الأعلى، وحسبَ القانونِ الثالثِ في الحركةِ لنيوتن، فإنَّ الجدارَ يؤثرُ في الحبلِ بقوةِ ردِّ فعلٍ نحوَ الأسفلِ، ويُحدِثُ فيهِ نبضةً جديدةً مقلوبةً تنتقلُ عائدةً (راجعةً) نحوَ اليسارِ، كما في المرحلةِ (ب)؛ أيْ أنَّها تنعكسُ.

تنعكسُ موجاتُ سطحِ الماءِ الدائريةُ عنِ الحاجزِ على شكلِ أقواسٍ دائريةٍ يقعُ مركزُها الوهميُّ خلفَ الحاجزِ، كما يبينُ الشكلُ (16/ أ)، بينَما يبينُ الشكلُ (16/ ب) انعكاسَ موجاتٍ مستقيمةٍ، كالتي شاهدْناها في التجربةِ السابقةِ.



الشكلُ (15):انعكاسُ النبضةِ في حبلٍ.


(ب)

(أ)

الشكلُ (16):انعكاسُ موجاتِ سطحِ الماءِ الدائريةِ والمستقيمةِ.

إضاءة للمُعلِّم

في حال كان طرف الحبل المثبت بالجدار حر الحركة للأعلى والأسفل، كأن يكون مثبتًا بحلقة فلزية يمر خلالها قضيب فلزي مثبت بشكل رأسي؛ سوف ترتد النبضة في الحبل دون أن تنقلب للأسفل.

نشاط سريع

- يمكن تجريب الشكل (15) في غرفة الصف وذلك بربط حبل مناسب في مقبض الباب، ثم إحداث نبضة واحدة في طرفه الحر، وملاحظة ما يحدث.

◄ المناقشة:

- وضّح للطلبة المقصود بالانعكاس، وطبّق التعريف على موجات مختلفة، كأن تكون مستعرضة أو طولية، ثم بيّن لهم أهمية ذلك في حياتنا، عن طريق السؤال الآتي:

– ما أهمية انعكاس الضوء في عملية الرؤية؟

انعكاس الضوء عن الأجسام يجعل الضوء يسقط على أعيننا؛ فنرى تلك الأجسام.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجّه الطلبة إلى الاطلاع على الشكل (15)، مبيّنًا لهم أنّه يتكون من أربع مراحل زمنية لنبضة تتحرك في حبل أفقي باتجاه اليمين، المرحلة الأولى تبين نبضة علوية تتحرك نحو اليمين، وفي المرحلة الثانية تقترب من الجدار، وتؤثر فيه بقوة نحو الأعلى (فعل)، في المرحلة الثالثة ترتد النبضة نحو اليسار، لكنها تنقلب للأسفل؛ تحت تأثير قوة رد الفعل التي يؤثر بها الجدار في الحبل، ثم تبتعد نحو اليسار في المرحلة الرابعة.

◄ التعزيز:

- بيّن للطلبة أن ظاهرة الانعكاس تحدث للموجات المستعرضة التي تنتقل على سطح الماء عند تصادمها مع حاجز يعترض مسارها، وأن أفضل نموذج لدراسة الظاهرة هو استخدام حوض الموجات. ثم قدّم لهم تعريفًا بالحوض والأدوات الملحقة به، واستخداماته المختلفة.

معلومة إضافية

طاقة الموجة.

في الحالة المثالية تكون الطاقة محفوظة فترتد النبضة، وتحافظ على مقدار سعتها كما هي قبل الارتداد، لكن ضياع الطاقة يجعل سعة النبضة أقل منه في البداية، وهذا ما يجعل الموجات تتلاشى عند حدوث انعكاسات متكررة في وسط معين.

◄ المناقشة:

- وضّح للطلبة المقصود بانكسار الموجات، وطبق التعريف على موجات مختلفة، كأن تكون مستعرضة أو طولية، ثم بيّن لهم أهمية ذلك في حياتنا. مع التركيز على شرط حدوث الانكسار وهو: انتقال الموجات من وسط إلى آخر يختلف عنه في خصائصه.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجّه الطلبة إلى الاطلاع على الصور في الشكل (17)، مبيّنًا لهم أنّ الشكل هو صورة للخيال الذي تحدثه موجات سطح الماء عند انكسارها. وأن الخطوط البيضاء تمثل القمم، والخطوط المعتمة تمثل القيعان بالنسبة إلى موجات الماء المستعرضة.
- ذكّر الطلبة بأن المسافة بين كل خطين مضيئين متتاليين تساوي الطول الموجي، ثم استنتج من ذلك كيف يقل الطول الموجي عند الانكسار.

ملاحظة: عندما يكون السطح الفاصل بين الوسطين عموديًّا على اتجاه انتشار الموجات، يحدث الانكسار (تغير في السرعة والطول الموجي) مع محافظة الموجات على اتجاهها السابق.

◄ التعزيز:

- وضّح للطلبة أن الاختلاف بين الوسطين ينتج عن اختلاف بعض الصفات التي تؤثر في سلوك الموجات خلال الوسط، فتتغير سرعة الموجات نتيجة التغير في الطول الموجي، لكن التردد لا يتغير؛ لأنه يعتمد على تردد المصدر. ومثال ذلك:
  - انتقال موجات الماء من منطقة عميقة إلى أخرى ضحلة ينتج عنه انكسار.
  - انتقال موجات الضوء من وسط شفاف إلى آخر يختلف عنه شفافية (مثل: الهواء والزجاج) ينتج عنه انكسار.
  - انتقال موجات الصوت من وسط صلب إلى وسط سائل (مثل: الصخور والماء) ينتج عنه انكسار.

كما يحدثُ انعكاسُ الموجاتِ المستعرضةِ على سطحِ الماءِ، أوْ في الحبلِ والنابضِ، فإنَّ جميعَ الموجاتِ المستعرضةِ الأخرى تنعكسُ بالطريقةِ نفسِها، ومثالُ ذلكَ موجاتُ الضوءِ وباقي الموجاتِ الكهرمغناطيسيةِ. ويحدثُ الشيْءُ نفسهُ بالنسبةِ إلى الموجاتِ الطوليةِ، فإنَّها تنعكسُ أيضًا عندَما تواجهُ حاجزًا يعترضُ طريقَ انتشارِها، ومثالُ ذلكَ انعكاسُ موجاتِ الصوتِ عندَ الحواجزِ المختلفةِ كالمباني والجبالِ.

انكسارُ الموجاتِ Refraction of Waves

ظاهرةُ انكسارِ الموجاتِ هيَ الظاهرةُ الشائعةُ الثانيةُ إضافةً إلى ظاهرةِ الانعكاسِ، ويُعرَّفُ **انكسارُ الموجةِ Wave refraction** بأنَّهُ انحرافُ اتجاهِ انتشارِ الموجاتِ عندَ اجتيازِها الحدَّ الفاصلَ بينَ وسطيْنِ مختلفيْنِ في خصائصِهما. وقدْ لاحظْنا ذلكَ بوضوحٍ في النشاطِ السابقِ، حيثُ أدى وجودُ لوحِ زجاجٍ شفافٍ داخلَ الحوضِ إلى اختلافِ سمكِ الماءِ، وتكوَّنَ نتيجةَ ذلكَ وسطانِ مختلفانِ نتجَ عنهُما انكسارُ موجاتِ الماءِ؛ أيْ تغييرٌ في اتجاهِ انتشارِها. وينتجُ الانكسارُ عنِ اختلافِ الطولِ الموجيِّ معَ بقاءِ التردِدِ ثابتًا عندَ الحدِّ الفاصلِ بينَ وسطيْنِ مختلفيْنِ في الخصائصِ. وباستخدامِ العلاقةِ: ($v = f\lambda$) فإنَّ سرعةَ انتشارِ الموجاتِ تتغيرُ منْ وسطٍ إلى آخرَ نتيجةً لاختلافِ الطولِ الموجيِّ. ألاحظُ أنَّ الطولَ الموجيَّ في الشكلِ (17) هوَ المسافةُ بينَ كلِّ خطيْنِ مضيئيْنِ، أوْ بينَ كلِّ خطيْنِ مظلميْنِ، ويبينُ الشكلُ النتيجةَ التي حصلْنا عليْها في النشاطِ السابقِ، وهوَ نقصانُ الطولِ الموجيِّ الذي أدى إلى الانكسارِ.

الشكلُ (17): انكسارُ موجاتِ سطحِ الماءِ المستويةِ.

✓ **أتحقَّقُ:** ما سببُ حدوثِ انكسارِ لموجاتِ الماءِ عندَ مرورِها فوقَ لوحٍ زجاجيٍّ موضوعٍ في قاعِ الحوضِ؟

تمرينٌ

بالرجوعِ إلى الشكلِ (17). إذا كان التردُدُ (8 Hz)، وكانتِ المسافةُ بينَ كلِّ خطيْنِ مضيئيْنِ في الوسطِ الأولِ (5 cm)، وفي الوسطِ الثاني (3 cm). **فأحسبُ** سرعةَ الموجاتِ في كلٍّ منَ الوسطيْنِ.

تمرين

الحل:

$v_1 = f\lambda_1 = 8 \times 5 = 40$ cm/s $v_2 = f\lambda_2 = 8 \times 3 = 24$ cm/s

✓ **أتحقَّق:**

سبب الانكسار هو اختلاف عمق الماء، الذي يعد تغيرًا في صفات الوسط.

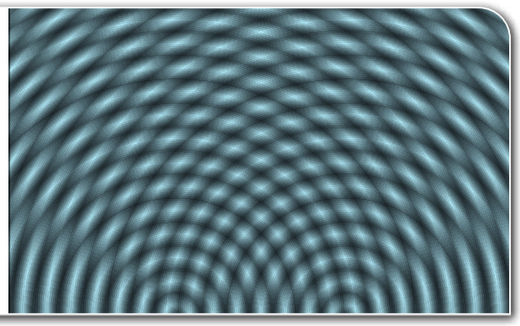
التداخلُ والحيودُ Interference and Diffraction

التداخلُ Interference

تحدثُ ظاهرةُ تداخلِ الموجاتِ عندَما تلتقي موجتانِ أوْ أكثرُ في لحظةٍ واحدةٍ عندَ نقطةٍ محددةٍ، فتُحدِثُ هذهِ الموجاتُ -مجتمعةً- إزاحةً محصلةً لجزيئاتِ الوسطِ الذي تنتقلُ خلالهُ. **فالتداخلُ Interference**: التقاءُ مساريْنِ منَ الحركةِ الموجيةِ بحيثُ ينتجُ عنِ التقاءِ القممِ والقيعانِ نمطٌ محددٌ.

وعندَما تلتقي موجتانِ متماثلتانِ (لهُما التردُدُ نفسهُ والطولُ الموجيُّ نفسهُ) ومنِ النوعِ نفسهِ، فإنَّ عمليةَ التداخلِ تكونُ منتظمةً. ويبينُ الشكلُ (18) نمطَ تداخلٍ منتظمٍ يتكوَّنُ عندَ التقاءِ موجاتٍ ناتجةٍ عنْ مصدريْنِ متجاوريْنِ ومتماثليْنِ على سطحِ الماءِ. وحتى تتلاشى الإزاحةُ تمامًا عندَ التقاءِ قمةِ موجةٍ مع قاعِ موجةٍ أخرى يجبُ أنْ تكونَ الموجتانِ متساويتيْنَ في السعةِ. ومثالٌ على ذلكَ يحدثُ تداخلٌ هدّامٌ وتداخلٌ بنّاءٌ بينَ موجاتِ الصوتِ التي تصدرُ عنْ سماعتيْنِ موصولتيْنِ معَ مصدرٍ واحدٍ يولدُ الاهتزازاتِ.

لتكوينِ نمطِ تداخلٍ منتظمٍ عمليًّا، ولدراسةِ الحيودِ Diffraction وهوَ ظاهرةٌ أخرى متعلقةٌ بالحركةِ الموجيةِ، أنفِّذُ التجربةَ الآتيةَ:



الشكلُ (18): تداخلُ الموجاتِ منْ مصدريْنِ متماثليْنِ على سطحِ الماءِ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: التخطيط.**

وضّح للطلبة أنّ التخطيط المبني على أسس علمية وواقعية يعدّ من طرائق المعرفة العلمية، وأنّ أهميته تتمثّل في تنظيم الوقت، وزيادة كفاءة العمل للتوصل إلى معرفة معينة، أو الحصول على منتج بأقل جهد أو تكاليف. وبيّن لهم أن العمل المخبري من الأمور التي تحتاج إلى: التخطيط الجيد، والإعداد، وتحضير الأدوات، ووضع الخطوات المناسبة، ثم تنفيذها؛ للوصول إلى نتائج مقبولة يمكن تعميمها بطرائق التواصل المختلفة؛ لتحقيق الفائدة منها.

◄ بناء المفهوم:

التداخل

- وضّح للطلبة المقصود بتداخل الموجات، وما شروط حدوثه، وكيف يتكون نمط تداخل منتظم (يكرر نفسه)، أو تداخل غير منتظم.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجّه الطلبة إلى الاطلاع على الصور في الشكل (18)، مبيّنًا لهم أنّ الشكل يوضّح صورة لعملية تداخل منتظم لموجات سطح الماء، أو خيال لهذا التداخل كما يظهر على شاشة. وكما يحدث التداخل لموجات الماء فهو يحدث أيضًا للموجات الميكانيكية والكهرمغناطيسية جميعها، ويمكن ملاحظة أثر ذلك في مشاهدات مختلفة.

◄ المناقشة:

- وضّح للطلبة أن التداخل يحدث في أنواع الموجات المختلفة، لكن الطريقة الأكثر سهولة لملاحظته هي: استخدام حوض الموجات، وتحقيق شروط تداخل موجات سطح الماء الدائرية عندما تنتشر في الحوض.

التجربة 2

استقصاء خاصيتي تداخل الموجات وحيودها

الهدف: ملاحظة نمطي التداخل والحيود، واستنتاج شروط حدوثهما.

زمن النشاط: 35 دقيقة.

إرشادات السلامة:

- حذّر الطلبة من خطر سقوط الأجسام والأدوات المختلفة على أقدامهم، ووصول الماء على الوصلات الكهربائية.
- أخبر الطلبة أنّ الالتزام بإرشادات السلامة يحفظ لهم حياتهم، ويحافظ على سلامة الأدوات، ونظافة المكان والبيئة.

المهارات العلمية:

الملاحظة، التفسير، الاستنتاج، الاستقصاء، التواصل.

الإجراءات والتوجيهات:

- وضح للطلبة أهمية ضبط الحوض بوضع أفقي صحيح؛ حتى يكون ارتفاع الماء متساويًا في الحوض كله.
- وضّح للطلبة أهمية تحديد كمية الماء في الحوض؛ حتى يكون ارتفاع الماء مناسبًا لانتشار الموجات.
- بيّن للطلبة أهمية وضع المصباح في موقع مناسب؛ لكي يظهر خيال واضح على السقف أو الشاشة.

النتائج المتوقعة:

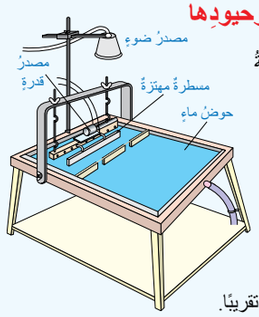
قد يلاحظ بعض الطلبة النتائج كما هو متوقع، فيشاهدون التداخل والحيود، وقد لا يحدث ذلك بالنسبة لبعض المجموعات بسبب أخطاء قد تنتج عن: ميل الحوض عن الأفق، زيادة أو نقص سرعة المحرك الذي يولد الاهتزاز، عدم ضبط المسطرة بحيث تنغمس جزئيًا في الماء، المسافة بين الفتحتين في حالة التداخل، أو اتساع الفتحة في حالة الحيود.

التحليل والاستنتاج:

1. وجود الفتحتين في الحاجز للحصول على مصدرين متماثلين للموجات الدائرية، ويمكن إحداث ذلك بتثبيت مسمارين خاصين بالمسطرة المهتزة بحيث يلامسان سطح الماء.
2. تنفذ الموجات من فتحتي الحاجز على شكل نمطين متجاورين من الموجات الدائرية، فيحدث بينهما التداخل.
3. تنفذ الموجات من فتحة الحاجز على شكل موجات دائرية، فيحدث لها حيود وتلتف قليلًا حول حافة الحاجز.
4. يحدث الحيود عندما يكون اتساع الفتحة مقاربًا للطول الموجي، ولا يحدث حيود عندما يزيد اتساع الفتحة كثيرًا عن الطول الموجي، أو يقل كثيرًا عنه.

التجربة 2

استقصاءُ خاصيتَيْ تداخلِ الموجاتِ وحيودِها



الموادُّ والأدواتُ: حوضُ الموجاتِ وملحقاتُهُ (مصدرُ ضوءٍ ومجموعةُ حواجزَ).

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ منْ وصولِ الماءِ إلى مصدرِ الكهرباءِ.

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

1. أركبُ حوضَ الموجاتِ بوضعٍ أفقيٍّ وأثبّتُ مصدرَ الإضاءةِ في مكانِهِ الصحيحِ بمساعدةِ معلمي وأعضاءِ مجموعتي.
2. أضعُ كميةَ ماءٍ مناسبةً في الحوضِ حتى ارتفاعٍ لا يقلُّ عن (3 cm) تقريبًا.
3. أثبتُ المحركَ الكهربائيَّ المولدَ للاهتزازاتِ فوقَ المسطرةِ الخاصةِ وأشغّلُهُ بحيثُ يصدرُ موجاتٍ مستقيمةً، وأراقبُ حركةَ تقدمِ هذهِ الموجاتِ في الحوضِ.
4. أضعُ حاجزًا يحتوي على فتحتيْنِ على بُعدِ (15 cm) أمامَ المسطرةِ، كما في الشكلِ، وأراقبُ عبورَ الموجاتِ المستقيمةِ من كلتا الفتحتين، وأغيرُ منْ سرعةِ المحركِ للحصولِ على شكلٍ واضحٍ، ثمَّ أدوّنُ الملاحظاتِ على النمطِ المتكونِ بعدَ الفتحتيْنِ.
5. أعدلُ الحاجزَ في الخطوةِ السابقةِ بحيثُ يحتوي على فتحةٍ واحدةٍ ضيقةٍ، ثمَّ أدوّنُ الملاحظاتِ على النمطِ المتكونِ. ثمَّ أغيّرُ اتساعَ الفتحةِ وأراقبُ ما يحدثُ للموجاتِ مرةً أخرى.
6. أرسمُ الأنماطَ التي حصلتُ عليْها في الخطوتيْنِ (5,4) السابقتيْنِ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أفسّرُ** أهميةَ وجودِ فتحتيْنِ في الحاجزِ في الخطوةِ (4). وما التغيرُ الذي حصلَ للموجاتِ بعدَ الحاجزِ؟
2. أصفُ ما حدثَ للموجاتِ المستقيمةِ بعدَ تجاوزِها الحاجزَ الذي يحتوي على فتحتيْنِ، وأذكرُ اسمَ هذهِ العمليةِ.
3. أصفُ ما حدثَ للموجاتِ المستقيمةِ بعدَ تجاوزِها الحاجزَ الذي يحتوي على فتحةٍ ضيقةٍ، وأذكرُ اسمَ هذهِ العمليةِ.
4. **أستنتجُ:** عندَما تتجاوزُ الموجاتُ المستقيمةُ حاجزًا فيهِ فتحةٌ، فإنَّها تنفذُ منهُ وتكملُ مسيرَها على هيئةِ موجاتٍ دائريةٍ، أيْ أنَّها تحيدُ عن اتجاهِها، وتلتفُّ حولَ الحاجزِ قليلًا. ما العلاقةُ بينَ حيودِ الموجاتِ واتساعِ الفتحةِ؟

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء.

أداة التقويم: سلّم تقدير رقمي.

الرقم	معيار الأداء	1	2	3
1	يراعي تعليمات الأمان والسلامة العامة عند تنفيذ خطوات التجربة.			
2	يقرأ تعليمات التجربة قراءة دقيقة، ويتعاون مع زملائه على تنفيذ الخطوات.			
3	يضع حوض الموجات بوضع أفقي صحيح.			
4	يضبط سرعة المحرك الكهربائي الصغير؛ حتى يحصل على نمط موجات ثابت.			
5	يستخدم الأدوات الملحقة بالحوض والمناسبة؛ لاستقصاء خاصية التداخل.			
6	يستخدم الأدوات الملحقة بالحوض والمناسبة؛ لاستقصاء خاصية الحيود.			
7	يرصد ملاحظاته حول خطوات التجربة بصورة منظمة.			
8	يتعاون مع أفراد مجموعته، وينظم العمل.			
9	يتوصل إلى نتائج صحيحة، ويبحث عن مصادر الخطأ إن وجد.			

بعدَ أنْ لاحظتَ نمطَ التداخلِ المنتظمَ في التجربةِ السابقةِ، ربَّما تسألُ كيفَ يحدثُ التداخلُ وما الذي يؤدي إلى ظهورِ هذا النمطِ المنتظمِ؟ تعودُ ظاهرةُ التداخلِ إلى إحدى الخصائصِ الموجيةِ التي تُعرَفُ بمبدأِ **تراكُبِ الموجاتِ Priciple of Superposition of Waves** وهوَ أنَّ الإزاحةَ الكليةَ التي تحدثُ لجزيئاتِ الوسطِ تساوي ناتجَ الجمعِ المتجهيِّ للإزاحاتِ الناتجةِ عنِ التقاءِ الموجاتِ عندَ النقطةِ نفسِها. كيفَ يحدثُ التراكبُ؟

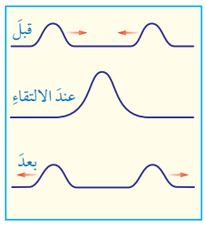
عندَ مرورِ موجةٍ مستعرضةٍ في نابضٍ باتجاهِ اليمينِ، ومرورِ موجةٍ مستعرضةٍ أخرى في النابضِ نفسِهِ باتجاهِ اليسارِ، فإنَّ الموجتيْنِ ستلتقيانِ في مكانٍ واحدٍ عندَ لحظةٍ زمنيةٍ معينةٍ، ويعملُ تأثيرُ الموجتيْنِ في دقائقِ النابضِ عندَ لحظةِ التقائِهما بشكلٍ مشتركٍ فيظهرُ النابضُ بصورةٍ مختلفةٍ عن أيٍّ منَ الموجتيْنِ، والنتيجةُ جمعُ التأثيرِ المشتركِ للموجتيْنِ معًا في جزيئاتِ الوسطِ الذي تنتقلُ خلالهُ. يحدثُ التراكُبُ بينَ موجتيْنِ في حالِ انتقالِهما باتجاهيْنِ متعاكسيْنِ، أوْ بالاتجاهِ نفسِهِ عندَما تلحقُ إحداهُما بالأخرى، كما يحدثُ أيضًا بينَ موجتيْنِ أوْ أكثرَ عندَ التقائِها مهما كانَ اتجاهُ كلٍّ منْها. يوضحُ الشكلُ (19/ أ) مثالًا بسيطًا على تراكبِ الموجاتِ، حيثُ تلتقي موجاتٌ دائريةٌ على سطحِ الماءِ في حوضٍ.

ويبينُ الشكلُ (19/ ب) أيضًا قمتيْ موجتيْنِ تسيرانِ باتجاهيْنِ متعاكسيْنِ قبلَ التقائِهما، وعندَ حدوثِ التراكبِ ثمَّ بعدِ ابتعادِهما، لاحظْ أنَّهُ ينتجُ عنِ الأثرِ المشتركِ للقمتيْنِ لحظةَ تراكبِهما قمةٌ مضاعفةٌ، وينتجُ عنْ هذا التراكبِ تداخلٌ بنّاءٌ Constructive interference.

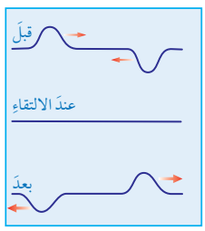
ويبينُ الشكلُ (19/ جـ) أنَّ تراكبَ قمةٍ معَ قاعٍ ينتجُ عنهُ انعدامٌ للإزاحةِ، وتختفي الموجتانِ في لحظةِ تراكبِهما، ويُسمّى هذا التراكبُ تداخلًا هدّامًا Destructive interference.

نلاحظُ منَ الشكلِ السابقِ أنَّ كلاً منَ الموجتيْنِ المتراكبتيْنِ بعدَ التراكبِ تعودُ إلى شكلِها السابقِ الذي كانتْ عليْهِ قبلَ التراكبِ. ويُشترطُ لحدوثِ تراكبِ الموجاتِ أنْ تكونَ الموجتانِ منَ النوعِ نفسِهِ، فلا يمكنُ أنْ يحدثَ تراكبٌ بينَ موجتيْنِ إحداهُما طوليةٌ والأخرى مستعرضةٌ، فلا يحدثُ بينَ موجةٍ صوتيةٍ وأخرى كهرمغناطيسيةٍ.

(أ)



(ب)



(جـ)

الشكلُ (19): تراكُبُ الموجاتِ.

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن مبدأ تراكب الموجات Principle of Superposition of Waves، علمًا بأنّه يمكنك إعداد عروض تقديمية تتعلّق بهذا.

شارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي WhatsApp، أو إنشاء مجموعة على تطبيق Microsoft teams، أو استعمل أيّة وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

◄ بناء المفهوم:

مبدأ تراكب الموجات

- قدم للطلبة تعريف مبدأ تراكب الموجات، مع توضيح كيف يجري جمع الإزاحتين الناتجتين عن موجتين متراكبتين للحصول على إزاحة كلية. ثم بين لهم الحالات التي يحدث فيها التراكب.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجّه الطلبة إلى الاطلاع على الصور في الشكل (19)، بفرعيه (ب، ج)؛ للتفريق بين التراكب الذي يولد تداخلًا بنّاءً والتراكب الذي يولد تداخلًا هدّامًا.

◄ التعزيز:

- درب الطلبة على رسم نبضتين منفصلتين، ثم رسم إحداهما مع الأخرى على المستوى الديكارتي نفسه، ثم جمع الإزاحات الفرعية لهما؛ للحصول على التداخل.
- أكد للطلبة أن شرط حدوث التراكب هو أن تكون الموجتان المتراكبتان من النوع نفسه.

المناقشة:

- ناقش الطلبة في إمكانية حدوث التداخل للموجات الأخرى الطولية أو المستعرضة. اطرح مثالًا على تداخل موجات الصوت عند وضع سماعتين تفصلهما مسافة، وتوصيلهما بمصدر واحد مثل مذياع أو جهاز تسجيل، ثم اضرب أو اطرح مثالًا آخر على تداخل موجات الضوء عند مروره من شقين متجاورين تفصلهما مسافة صغيرة جدًّا، تتناسب مع طول موجات الضوء.

استخدام الصور والأشكال:

- وجّه الطلبة إلى الاطلاع على الصور في الشكل (20)، بفروعه الثلاثة، مبيّنًا لهم دلالات الشكل في كل فرع.

نشاط سريع

- يمكن استخدام مصباح ليزر أحمر وتنفيذ نشاط سريع نبين فيه التداخل كما يظهر في الشكل (20).

أفكّر:
الأضواء الملونة التي تخرج من المنشور ناتجة عن ظاهرة انكسار الضوء في المنشور وخروجه بزوايا مختلفة؛ تبعًا للأطوال الموجية لكل لون. في حين أن الألوان المنعكسة عن غشاء فقاعة الصابون: ناتجة عن ظاهرة التداخل.

أتحقَّق:
يكون التداخل بنّاءً عندما تلتقي قمة موجة مع قمة موجة أخرى، أو يلتقي قاع موجة مع قاع آخر. أما التداخل الهدام فينتج عن التقاء قمة موجة مع قاع موجة أخرى.
شرط حدوث التراكب بين موجتين من النوع نفسه وتنتقلان في وسط واحد، هو التقاؤهما في موضع واحد.

الشكلُ (20): (أ): غشاءُ فقاعةِ صابونٍ. (ب): نمطُ تداخلِ موجاتِ ضوءِ الشمسِ. (جـ): تجربةُ تداخلِ موجاتِ ضوءِ الليزرِ.

تحدثُ ظاهرةُ التداخلِ في جميعِ أنواعِ الموجاتِ، فموجاتُ الصوتِ تتداخلُ وتنشأُ عنْ تداخلِها أنماطٌ تتألفُ منْ مناطقَ تزدادُ فيها شدةُ الصوتِ، ومناطقَ أخرى ينخفضُ فيها الصوتُ. كما يمكنُ رؤيةُ بعضِ الأنماطِ الناتجةِ عنْ تداخلِ موجاتِ الضوءِ على غشاءِ فقاعةِ صابونٍ مثلَما يبينُ الشكلُ (20/ أ). وهناكَ تجاربُ عمليةٌ تمكنُنا منْ رؤيةِ بعضِ أنماطِ التداخلِ لموجاتِ الضوءِ. يوضحُ الشكلُ (20/ ب) تداخلَ موجاتِ ضوءِ الشمسِ بعدَ عبورهِ منْ شقيْنِ صغيريْنِ متجاورينِ، بينَما يُظهرُ الشكلُ (20/ جـ) رسمًا توضيحيًّا للتداخلِ الناتجِ عنْ ضوءِ ليزرَ أحمرَ عندَ مرورهِ من شقيْنِ. ويكونُ نمطُ التداخلِ منتظمًا بحيثُ يكررُ نفسَهُ عندَما تكونُ الموجاتُ المتداخلةُ متساويةً في الطولِ الموجيِّ.

يحدثُ التداخلُ أيضًا بينَ الموجاتِ التي لا تتساوى في التردّدِ والطولِ الموجيِّ، أوْ أنَّها صادرةٌ عنْ مصدريْنِ غيرِ متماثليْنِ، لكنَّ النمطَ الناتجَ عنْ ذلكَ لا يكونُ منتظمًا.

أفكّر: عندَ النظرِ إلى المنشورِ الزجاجيِّ وعندَ النظرِ إلى فقاعةِ الصابونِ، في الحالتيْنِ نلاحظُ مركباتِ الطيفِ المرئيِّ الملونةَ، أوْ جزءًا منْها. ما الاختلافُ بينَ الحالتيْنِ؟

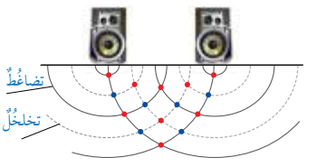
أتحقَّقُ:
- متى يكونُ التداخلُ بنّاءً؟ ومتى يكونُ هدّامًا؟
- ما الشرطُ اللازمُ توافرهُ حتى يحدثَ تراكبٌ لموجتيْنِ تنتقلانِ في وسطٍ واحدٍ؟

إضاءة للمُعلِّم

عندما يحدث تداخل موجات الضوء عن غشاء فقاعة الصابون، فإن السطح الداخلي لغشاء الفقاعة يمثل المصدر الأول والسطح الخارجي للغشاء يمثل المصدر الثاني للموجات، والمسافة بين السطحين (سمك غشاء الصابون) قريبة من الطول الموجي للضوء. وبالنسبة إلى ظهور الألوان على الغشاء؛ فإن سبب ذلك حدوث تداخل هدّام بين بعض الألوان، وتداخل بنّاء بين ألوان أخرى.

المثالُ 7

وُضِعتْ سماعتانِ متصلتانِ معَ المصدرِ نفسهِ، بحيثُ تفصلهُما مسافةُ (1 m) تقريبًا، فحدثَ تداخلٌ بينَ الموجاتِ الصادرةِ عنِ السماعتيْنِ معًا، كما يبينُ الشكلُ (21). أحددُ نقاطَ التداخلِ البنّاءِ والهدّامِ، وأبيّنُ ما يحدثُ للصوتِ عندَ كلٍّ منْها.



الشكلُ (21): التداخلُ المنتظمُ بينَ موجاتِ الصوتِ المتماثلةِ.

المعطياتُ: الشكلُ.

المطلوبُ: تحديدُ نقاطِ التداخلِ البنّاءِ والهدّامِ، ووصفُ ما يحدثُ للصوتِ.

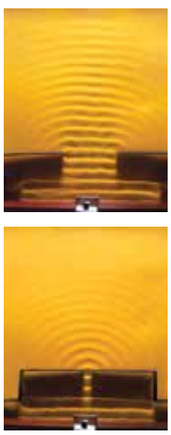
الحلُّ:

الخطوطُ المتصلةُ على الشكلِ تمثلُ مناطقَ تضاغطٍ، والخطوطُ المتقطعةُ تمثلُ مناطقَ تخلخلٍ. تبينُ النقاطُ الحمراءُ التداخلَ البنّاءَ، فبعضُها ناتجةٌ عنْ تقاطعِ خطيْنِ متصليْنِ (تضاغطٌ معَ تضاغطٍ)؛ فهيَ تمثلُ تضاغطًا مضاعفًا. وبعضُ النقاطِ الحمراءِ الأخرى ناتجةٌ عنْ تقاطعِ خطيْنِ متقطعيْنِ (تخلخلٌ معَ تخلخلٍ)؛ فهيَ تمثلُ تخلخلًا مضاعفًا. وتكونُ شدةُ الصوتِ عندَ النقاطِ الحمراءِ جميعِها أكبرَ ما يمكنُ. النقاطُ الزرقاءُ جميعُها تبينُ التداخلَ الهدّامَ، فهيَ ناتجةٌ عنْ تقاطعِ خطٍّ متصلٍ معَ خطٍّ متقطعٍ (تضاغطٌ معَ تخلخلٍ)؛ فهيَ تمثلُ انعدامًا للموجاتِ، أيِ اختفاءَ الصوتِ.

الحيودُ Diffraction

الحيودُ هوَ ظاهرةُ انحرافِ الموجاتِ عنِ اتجاهِها عندَ نفاذِها خلالَ الفتحاتِ الضيقةِ، أوْ بالقربِ منْ حوافِّ الحواجزِ، وهيَ ظاهرةٌ تحدثُ لمختلفِ أنواعِ الموجاتِ، مثلَ: موجاتِ الماءِ والصوتِ والضوءِ، وقدْ لاحظتَ حيودَ الموجاتِ المنتشرةِ على سطحِ الماءِ في التجربةِ السابقةِ عندَ نفاذِها خلالَ فتحةٍ في حاجزٍ. ويكونُ الحيودُ واضحًا عندَما يكونُ اتساعُ الفتحةِ التي تمرُّ منْ خلالِها الموجاتُ مقاربًا لمقدارِ طولِها الموجيِّ.

يبينُ الشكلُ (22) نمطيْنِ مختلفيْنِ لحيودِ موجاتٍ مستقيمةٍ على سطحِ الماءِ عندَ نفاذِها منْ فتحتيْنِ مختلفتيْنِ في حاجزيْنِ، وسببُ الاختلافِ في نمطَيِ الحيودِ ناتجٌ عنْ الاختلافِ في اتساعِ الفتحةِ التي عبرتْ خلالَها الموجاتُ.


الشكلُ (22): حيودُ موجاتِ سطحِ الماءِ عندَ نفاذِها منْ فتحةٍ واسعةٍ وأخرى ضيقةٍ.

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن حيود الموجات Diffraction، علمًا بأنّه يمكنك إعداد عروض تقديمية تتعلّق بهذا.

شارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي WhatsApp، أو إنشاء مجموعة على تطبيق Microsoft teams، أو استعمل أيّة وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

مثال إضافي

في المثال (7) كان التداخل منتظمًا. ما الذي يجب تغييره حتى يصبح التداخل غير منتظم؟

الحل:

يصبح التداخل غير منتظم عند وجود اختلاف في الطول الموجي بين المصدرين، بحيث إن النمط الناتج عن التداخل لا يكرر نفسه بشكل مستمر. وعندما يكون المصدران غير متزامنين في إصدارهما للموجات، يحدث اختلاف في نمط التداخل.

بناء المفهوم:

(الحيود)

- ذكّر الطلبة بنتيجة التجربة السابقة، ثم اطلب إليهم مقارنة ما شاهدوه في التجربة بالصورتين في الشكل (22). بعد ذلك وجّههم إلى استنتاج تعريف الحيود، مع التركيز على كلمة حيود (مصدر الفعل حاد) باللغة العربية.

نشاط سريع

- اطلب إلى الطلبة جميعًا وضع طرفي إصبعيهم السبابة والإبهام بشكل قريب جدًّا من بعضهما، قبل أن يتلامسا، والنظر من خلال هذه المسافة الضيقة إلى ضوء النافذة، ثم تقريب الإصبعين من بعضهما أكثر وأكثر، حتى تظهر لديهم أهداب تداخل موجات الضوء. ثم بين لهم بأن ما شاهدوه هو تداخل لموجات الضوء، ناتج عن حيودها عند مرورها خلال الفتحة بين الإصبعين.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجّه الطلبة إلى الاطلاع على الصور في الشكل (23)؛ الذي يبين ما ينتج عن حيود موجات الضوء عند مرورها خلال ثقب إبرة خياطة، ثم اطلب إليهم طرح أمثلة مشابهة يتوقعون أنها تشكل مشاهدات لحيود موجات الضوء.

◄ بناء المفهوم:

الاستقطاب.

- وضّح للطلبة أن الموجات الكهرمغناطيسية تتكون من مجالين متعامدين: أحدهما كهربائي، والثاني مغناطيسي، لكن مستوى كل مجال ليس نفسه في كل الموجات، لو تخيلنا أن شعاعًا ضوئيًّا يتكون من خمس مسارات من الموجات، في الموجة الأولى يهتز المجال الكهربائي في المستوى الأفقي (على محور x)، ويهتز المجال المغناطيسي في المستوى الرأسي (على محور y)، وفي الموجة الثانية يهتز المجال الكهربائي؛ بحيث يصنع زاوية (20) مع محور (x)، ويهتز المجال المغناطيسي؛ بحيث يصنع زاوية (20) مع محور (y)، والموجة الثالثة تميل بزاوية أخرى، وهكذا... كما في الشكل (24)، ثم عبرت هذه الحزمة خلال مستقطب (أداة استقطاب)، فإن موجة واحدة تنفذ خلاله، وباقي الموجات لا يسمح لها بالنفاذ. ويمكننا اختيار الموجة التي نرغب بمرورها عن طريق تمييل زاوية المستقطب.
- وبيّن للطلبة أن استقطاب الضوء يخفف من الوهج الناتج عن الانعكاسات الكثيرة عن سطح الماء، والأرصفة، والمباني وغيرها.

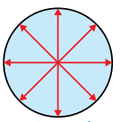
الشكلُ (23): حيودُ موجاتِ الضوءِ الأحمرِ عندَ مرورِها منْ ثقبِ إبرةِ خياطةٍ.

نلاحظُ أحيانًا تكوُّنَ أهدابِ تداخلٍ مضيئةٍ وأخرى مظلمةٍ عندَما ننظرُ إلى حاجزٍ يسقطُ عليهِ ضوءٌ صادرٌ عنْ فتحةٍ ضيقةٍ، وتكونُ هذهِ الأهدابُ ناتجةً عنْ حيودِ موجاتِ الضوءِ عندَ نفاذِها خلالَ هذهِ الفتحةِ أوْ بالقربِ منَ الحوافِّ الحادةِ للأجسامِ الصغيرةِ؛ فعندَ مرورِ الضوءِ خلالَ ثقبِ إبرةِ خياطةٍ مثلًا، أوْ بالقربِ منْ حافةِ جسمٍ دقيقٍ آخرَ، ثمَّ سقوطِهِ على حاجزٍ، فإنَّنا نرى بوضوحٍ أهدابَ التداخلِ المتكونةَ على الحاجزِ الناتجةَ عنْ حيودِ الضوءِ. والشكلُ (23) يبينُ حيودَ ضوءٍ أحمرَ عندَ مرورِهِ خلالَ ثقبِ إبرةِ خياطةٍ.

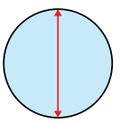
أفكّرُ: عندَما يُناديني زميلي منْ خلفِ سورٍ مرتفعٍ، فإنّي أسمعُ صوتَهُ، لكنّي لا أراهُ. لماذا؟

الاستقطابُ Polarization

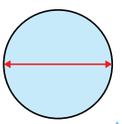
ترتبطُ خاصيةُ الاستقطابِ بالموجاتِ المستعرضةِ فقطْ، فهيَ تتعلقُ باتجاهِ اهتزازِ جزيئاتِ الوسطِ عندَما يكونُ متعامدًا معَ اتجاهِ انتشارِ الموجةِ. فالموجاتُ المستعرضةُ بجميعِ أنواعِها يمكنُ استقطابُها، في حينِ لا يمكنُ استقطابُ الموجاتِ الطوليةِ. ويعدُّ الاستقطابُ الذي نلاحظُهُ لموجاتِ الضوءِ المرئيِّ دليلًا على أنَّ الموجاتِ الكهرمغناطيسيةَ جميعَها مستعرضةٌ. في الموجاتِ المستقطبةِ يكونُ اهتزازُ جزيئاتِ الوسطِ في بُعدٍ واحدٍ يتعامدُ معَ اتجاهِ انتشارِ الموجةِ، بينَما في الموجاتِ غيرِ المستقطبةِ تهتزُّ هذهِ الجزيئاتُ في أبعادٍ عدَّةٍ جميعُها متعامدةٌ معَ اتجاهِ انتشارِ الموجةِ.



الشكلُ (24/أ): موجاتٌ غيرُ مستقطبةٍ.



الشكلُ (24/ب): استقطابٌ رأسيٌّ.



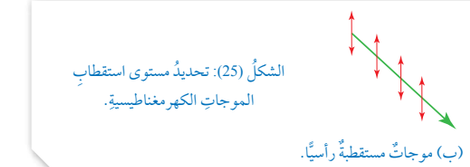
الشكلُ (24/جـ): استقطابٌ أفقيٌّ.

لذلكَ يُعرَّفُ **الاستقطابُ Polarization** بأنَّهُ عمليةُ انتقاءِ موجةٍ مستعرضةٍ تُحدث اهتزازًا في جزيئاتِ الوسطِ في بُعدٍ واحدٍ فقطْ منْ بينِ حزمةِ موجاتٍ يكونُ الاهتزازُ فيها باتجاهاتٍ عدَّةٍ، جميعُها متعامدةٌ معَ اتجاهِ انتشارِ الموجاتِ.

يبينُ الشكلُ (24/ أ) موجاتٍ غيرَ مستقطبةٍ تهتزُّ منْ خلالِها دقائقُ الوسطِ باتجاهاتٍ مختلفةٍ، إذْ تمثلُ الأسهمُ اتجاهاتِ الاهتزازِ، أما اتجاهُ انتشارِ الموجاتِ فيكونُ عموديًّا على سطحِ الورقةِ، داخلًا فيها أوْ خارجًا منْها. في حينِ يبينُ الشكلُ (24/ ب) موجاتٍ مستقطبةً استقطابًا رأسيًّا، ويبينُ الشكلُ (24/ جـ) موجاتٍ مستقطبةً استقطابًا أفقيًّا.

أفكّرُ:

وجود زميلي خلف السور أو الحائط المرتفع - يجعل ما ينعكس عنه من موجات ضوئية أو ما يصدره من موجات صوتية لا تنتقل إلى مكاني؛ لأنها تسير بخطوط مستقيمة، لكن كلا من الموجات الضوئية و الموجات الصوتية يحدث لها حيود عند مرورها قرب حافة السور، وحيث إن موجات الضوء قصيرة جدًّا فإن حيودها لا يذكر، أما حيود موجات الصوت فكبير؛ لأن موجات الصوت طويلة، فتصل إلى السامع.



(أ) موجاتٌ مستقطبةٌ أفقيًّا.

(ب) موجاتٌ مستقطبةٌ رأسيًّا.

الشكلُ (25): تحديدُ مستوى استقطابِ الموجاتِ الكهرمغناطيسيةِ.

نعلمُ أنَّ الموجةَ الكهرمغناطيسيةَ تتكونُ منْ مركبتيْنِ متعامدتيْنِ إحداهُما ناتجةٌ عنِ اهتزازٍ في المجالِ الكهربائيِّ، والأخرى عنِ اهتزازٍ في المجالِ المغناطيسيِّ، ويتمُّ تحديدُ مستوى الاستقطابِ في الموجاتِ الكهرمغناطيسيةِ على أنَّهُ المستوى الذي يهتزُّ فيهِ المجالُ الكهربائيُّ فقطْ. يبينُ الشكلُ (25/ أ) موجةً مستقطبةً أفقيًّا، ويبينُ الشكلُ (25/ ب) موجةً مستقطبةً رأسيًّا.

كثيرٌ منْ مصادرِ الضوءِ، مثلَ بعضِ مصابيحِ الليزرِ والشاشاتِ الرقميةِ (LED) يكونُ الضوءُ الصادرُ عنْها مستقطبًا، في حينِ يكونُ ضوءُ المصباحِ العاديِّ وضوءُ الشمسِ غيرَ مستقطبٍ، وأيضًا تُستخدَمُ بعضُ النظاراتِ الشمسيةِ التي تعملُ على استقطابِ الضوءِ لتخفيفِ شدةِ الأضواءِ المنعكسةِ عنِ الطرقِ والمسطحاتِ المائيةِ.

الفيزياءُ والتكنولوجيا

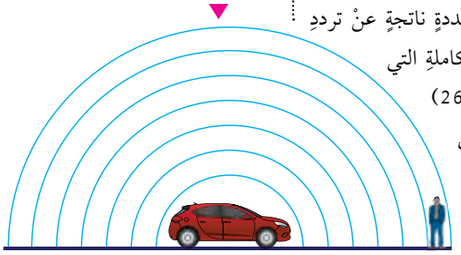
عندَ سقوطِ ضوءِ الشمسِ غيرِ المستقطبِ على سطحِ الماءِ أوِ الزجاجِ أوِ الطريقِ بزاويةٍ معينةٍ، فإنَّهُ ينعكسُ مستقطبًا باتجاهٍ واحدٍ يوازي السطحَ العاكسَ، كما في الشكلِ (25/ أ).

عندَ استخدامِ نظارةٍ شمسيةٍ ذاتِ محورِ استقطابٍ رأسيٍّ، فإنَّها تمتصُّ نسبةً كبيرةً منَ الضوءِ المستقطبِ استقطابًا أفقيًّا وهوَ المنعكِسُ عنِ الأرضِ، لكنَّها تسمحُ للضوءِ غيرِ المستقطبِ بالوصولِ إلى العينِ؛ مما يقللُ منْ وهجِ الانعكاساتِ المزعجةِ.

✓ **أتحقَّقُ:** ما المقصودُ بعمليةِ استقطابِ الموجاتِ؟ ولماذا تُستقطَبُ موجاتُ الضوءِ، ولا تُستقطَبُ موجاتُ الصوتِ؟

تأثيرُ دوبلر Doppler Effect

عندَ سماعِكَ صوتَ منبهِ سيارةٍ متوقفةٍ عنِ الحركةِ، وأنتَ تقفُ بالقربِ منْها، فإنَّكَ تسمعهُ بدرجةِ صوتٍ محددةٍ ناتجةٍ عنْ ترددِ هذا الصوتِ، وهوَ عددُ الموجاتِ الصوتيةِ الكاملةِ التي يصدرُها المنبهُ في الثانيةِ الواحدةِ. يبينُ الشكلُ (26) الموجاتِ الصوتيةَ الصادرةَ عنْ منبهِ سيارةٍ في حالةِ وقوفٍ، وهيَ تصلُ إلى المستمعِ، إذْ تمثلُ الأقواسُ مناطقَ التضاغطِ المتتاليةَ في الهواءِ.



الشكلُ (26): موجاتُ صوتِ منبهِ سيارةٍ متوقفةٍ.

✓ **أتحقَّق:**

استقطابُ الموجةِ هو اختيارُ موجةٍ تهتزُ فيها دقائقُ الوسطِ في مستوى واحدٍ منْ بينِ مجموعةٍ منَ الموجاتِ، تهتزُ فيها دقائقُ الوسطِ في اتجاهاتٍ كثيرةٍ، متعامدةٍ معَ اتجاهِ انتشارِ الموجةِ.

والاستقطابُ يحدثُ للموجاتِ المستعرضةِ ولا يحدثُ للموجاتِ الطوليةِ.

الفيزياء والتكنولوجيا:

استعرض للطلبة بعض التطبيقات التكنولوجية التي تعود إلى بعض فروع علم الفيزياء، مع التركيز على ما يخص الضوء والموجات الكهرمغناطيسية.

قدم فكرة عن آلات التصوير، وكيفية الحصول على صور واضحة في النهار مع وجود الوهج والانعكاسات الكثيرة، وبيّن أهمية استخدام المرشحات المستقطبة بذلك.

ثم تحدث عن أهمية النظارات الشمسية المستقطبة في حماية العين من الوهج الناتج عن انعكاس الضوء.

بناء المفهوم:

تأثير دوبلر

- ذكّر الطلبة بصوت منبه سيارة الإسعاف مثلاً عندما تتجاوز شخصًا يسير على الطريق، واسألهم:

– هل يوجد فرق في صوت منبهها في حالة اقترابها؟ وفي حالة ابتعادها؟

– وهل صوت منبه السيارة الواقفة يختلف مقارنة بالحالتين السابقتين؟

- ناقش الطلبة في إجاباتهم واستنتج من ذلك تعريفًا لهذه الظاهرة، ثم استعن بالشكل (26)؛ لتفسير ما يحدث.
- بيّن لهم أن ظاهرة تأثير دوبلر تحدث لكل من الموجات المستعرضة والطولية، مهما كان نوع كل منها.

التعزيز:

- أكد للطلبة أن تردد الموجات يعتمد على تردد مصدرها، ولا يتغير هذا التردد سواء أكان المصدر ساكنًا أم متحركًا، وكذلك سرعة الموجة لا تتغير. لكنّ هناك ترددًا ظاهريًّا تستقبله أذن السامع نتيجة اقتراب الموجات بعضها من بعض، أو ابتعادها، أي أن سبب حدوث ظاهرة دوبلر هو تغير ظاهري (غير حقيقي) في الطول الموجي؛ ناتج عن حركة المصدر أو حركة السامع أحدهما بالنسبة إلى الآخر.

أُفكِّرُ:

عند حركة مصدر الموجات وبقاء المراقب ساكنًا، أو أثناء حركة المراقب وبقاء المصدر ساكنًا، أو أثناء حركة المراقب والمصدر: أحدهما بالنسبة إلى الآخر، فإن الموجة الأولى تصدر بطولها الموجي الحقيقي، والموجة الثانية كذلك، لكن الحركة تجعل الموجة الثانية تلحق بالأولى أو تتأخر عنها، ونتيجة ذلك تتقارب الموجات أمام المصدر المتحرك، وتتباعد خلفه، ويكون هذا سببًا في ظهور ما يسمى ترددًا ظاهريًّا.

◄ استخدام الصور والأشكال:

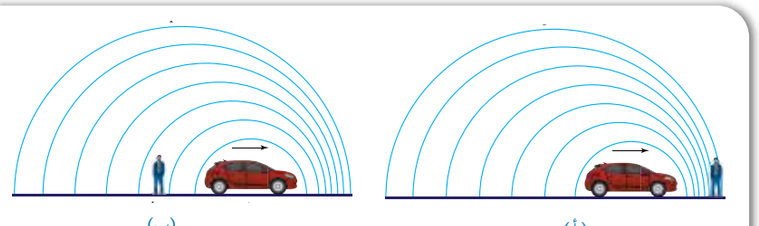
- اطلب إلى الطلبة قراءة الشكل (27)، والتمييز بين الشكلين (أ، ب)؛ لملاحظة التغير في المسافة بين كل موجتين على جهتي المصدر المتحرك (السيارة)، وبيّن لهم أنه نتيجة هذه الظاهرة يميز المراقب الذي يقترب مصدر الصوت منه أن الصوت له درجة عالية؛ أي تردده كبير. والمراقب الذي يبتعد عنه مصدر الصوت يميز أن الصوت له درجة منخفضة؛ أي تردده قليل.

لنتساءلْ: ما الذي سيحدثُ لوْ كانتِ السيارةُ تُصدرُ صوتَ المنبهِ وهيَ متحركةٌ بسرعةٍ نحوَ السامعِ؟ إنَّ منبهَ السيارةِ لمْ يتغيرْ وسيبقى يُصدرُ الصوتَ بالترددِ نفسهِ والطولِ الموجيِّ نفسهِ، وكذلك سرعةُ الصوتِ في الهواءِ لنْ تتغيرَ؛ لأنَّها تعتمدُ على خصائصِ الهواءِ. لكنْ بسببِ حركةِ السيارةِ فإنَّ موجاتِ الصوتِ في الجهةِ الأماميةِ سوفَ تتقاربُ منْ بعضِها، أيْ أنَّ الطولَ الموجيَّ للموجاتِ التي بينَ السيارةِ والسامعِ سوفَ يقصرُ، كما في الشكلِ (27/ أ). وستصلُ مزيدٌ منَ الموجاتِ إلى أذنِ السامعِ في الثانيةِ الواحدةِ، وهذا يدركهُ السامعُ على صورةِ زيادةٍ في درجةِ الصوتِ، أيْ أنَّ الترددَ الذي يصلُ إلى أذنِ السامعِ يكونُ أكبرَ منْ ترددِ مصدرِ الصوتِ (المنبهِ).

ويحدثُ عكسُ ذلك عندما تُصدرُ سيارةٌ صوتَ منبهٍ وهيَ تتحركُ مبتعدةً عنِ السامعِ، كما في الشكلِ (27/ ب)، حيثُ ستصلُ التضاغطاتُ إلى أذنِ السامعِ متباعدةً عنْ بعضِها، أيْ ستُحدثُ زيادةً في الطولِ الموجيِّ، فيصبحُ الترددُ المسموعُ أقلَّ منْ ترددِ المصدرِ، وهذا سوفَ يدركهُ السامعُ على صورةِ نقصانٍ في درجةِ صوتِ المنبهِ. تُعرَفُ هذهِ الظاهرةُ **بتأثيرِ دوبلر Doppler effect**، وهوَ التغيُّرُ الظاهريُّ في ترددِ الموجةِ نتيجةَ وجودِ حركةٍ نسبيةٍ بينَ مصدرِ الصوتِ والسامعِ. وتأثيرُ دوبلر يحدثُ في الموجاتِ الأخرى؛ الميكانيكيةِ والكهرمغناطيسيةِ.

أُفكِّرُ: في تأثيرِ دوبلر يحدثُ تغيُّرٌ ظاهريٌّ في ترددِ الموجةِ عندَ وصولِها إلى المراقبِ نتيجةَ حركةِ المصدرِ أوْ المراقبِ. كيفَ لهذا أنْ يحدثَ دونَ أنْ يتغيرَ ترددُ المصدرِ؟

أعدُّ فلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلامِ (movie maker) يوضحُ الاستقطابَ، وأحرصُ على أنْ يشتملَ الفلمُ على مفهومِ كلٍّ منَ: الاستقطابِ الأفقيِّ، والاستقطابِ الرأسيِّ، وعلى صورٍ متحركةٍ لأمثلةٍ توضيحيةٍ، ثمَّ أشاركهُ معلمي وزملائي في الصفِّ.



(ب) (أ)

الشكلُ (27): موجاتُ الصوتِ الصادرةُ عنْ منبهِ سيارةٍ متحركةٍ بسرعةٍ.

تطبيقاتٌ على تأثيرِ دوبلر Doppler Effect Applications

- **الخفاشُ**: يعتمدُ الخفاشُ على الموجاتِ فوقَ الصوتيةِ في إيجادِ طريقِهِ أوْ تعقُّبِ فريستِهِ؛ فهوَ يرسلُ موجاتٍ فوقَ صوتيةٍ تصلُ إلى جسمِ الفريسةِ ثمَّ ترتدُّ عنْها، فيحددُ الخفاشُ موقعَ الفريسةِ، ثمَّ يحددُ سرعتَها منْ فرقِ التردِدِ بينَ الموجتينِ المرسلةِ والمنعكسةِ، كما يوضحُ الشكلُ (28).

الشكلُ (28): خفاشٌ يطاردُ فريستَهُ.

- **الرادارُ**: على غرارِ الطريقةِ التي وهبَها اللّهُ تعالى للخفاشِ، ابتكرَ الإنسانُ تقنيةَ الرادارِ، الذي يرسلُ موجاتٍ كهرمغناطيسيةً قصيرةً (ميكروية) ثمَّ تنعكسُ عنْ جسمِ الهدفِ الذي قدْ يكونُ طائرةً في الجوِّ أوْ سيارةً على الطريقِ، وبمعرفةِ الفرقِ بينَ ترددِ الموجاتِ المرسلةِ، وترددِ الموجاتِ المرتدةِ عنِ الهدفِ يجري حسابُ سرعةِ الهدفِ المتحركِ.
- **التصويرُ فوقَ الصوتيِّ**: حيثُ تُستخدَمُ موجاتٌ فوقَ صوتيةٍ في تصويرِ أماكنَ يصعبُ الوصولُ إليْها مثلَ قيعانِ البحارِ، وكذلكَ في الطبِّ لقياسِ سرعةِ الدمِ في الأوعيةِ الدمويةِ داخلَ جسمِ الإنسانِ.
- **دراسة تطورِ الكونِ**: لاحظَ علماءُ الفلكِ أنَّ كثيرًا منَ المجراتِ يميلُ طيفُها الضوئيُّ القادمُ إلى الأرضِ نحوَ اللونِ الأحمرِ؛ ما يعني أنَّ ترددَ الضوءِ الذي يصلُ منْها إلى الأرضِ أقلُّ منْ الترددِ الذي ترسلهُ، ولنْ يحدثَ هذا إلا عندَما يكونُ مصدرُ الضوءِ متحركًا بسرعةٍ كبيرةٍ مبتعدًا عنِ الأرضِ، حسبَ تأثيرِ دوبلر. وبذلكَ؛ افترضَ العلماءُ أنَّ مجراتِ الكونِ ما زالتْ تتحركُ مبتعدةً عنْ بعضِها منذُ بدءِ الكونِ، وتُعرَفُ هذهِ الفرضيةُ بتمددِ الكونِ.

أعدُّ فلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلامِ (movie maker) يبيِّنُ تأثيرَ دوبلر، وأحرصُ على أنْ يشتملَ الفلمُ على توضيحِ التغيرِ الذي يحدثُ لدرجةِ الصوتِ في حالِ كانَ مصدرُ الصوتِ يتحركُ ابتعادًا عنِ السامعِ أو اقترابًا منهُ، وكذلكَ في حالِ كانَ مصدرُ الصوتِ ساكنًا والمراقبُ (السامعُ) يتحركُ ابتعادًا أو اقترابًا منْ مصدرِ الصوتِ، ويشتملُ الفلمُ على صورٍ متحركةٍ لأمثلةٍ توضيحيةٍ، ثمَّ أشاركهُ معلمي وزملائي في الصفِّ.

إضاءة للمُعلِّم

في حال استخدام ظاهرة تأثير دوبلر في التصوير، لا بد من العلم أن موجات الأشعة المستخدمة المنعكسة عن الجسم المراد تصويره لا تعمل على تكوين صورة أو خيال للجسم، سواء كانت موجات فوق صوتية أم موجات راديو. لكن الذي يحدث هو أن ترسل هذه الموجات المنعكسة إلى جهاز حاسوب خاص، يعمل على تحويلها إلى بيانات؛ اعتمادًا على التغير في التردد، ثم تجري معالجة البيانات؛ لإنتاج الصورة المطلوبة لهذا الجسم.

المناقشة:

- ابحث في الإنترنت عن تطبيقات أخرى على ظاهرة تأثير دوبلر، وقدمها للطلبة في أثناء عرض تلك الموجودة في كتاب الطالب، ثم نظم نقاشًا بين الطلبة حول كل من هذه التطبيقات؛ بحيث تطرح أفكارًا حول فوائد كل تطبيق أو آثاره الجانبية إن وجدت.
- كلف الطلبة بالبحث عن تطبيقات أخرى، وتنظيمها حسب المجالات المختلفة، مثل: الطب، أو الزراعة، أو حماية الغابات، وغير ذلك.

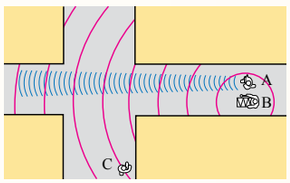
معلومة إضافية

رصد الأحوال الجوية

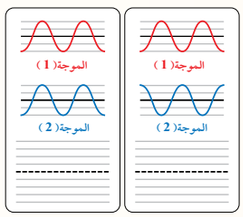
يستخدم الرادار في رصد الأحوال الجوية؛ حيث يرسل حزمة واسعة من موجات راديو بتردد محدد، فتسقط هذه الموجات على الغيوم والعواصف والأعاصير، ثم يرتد جزء منها فيلتقطه الرادار، وباستخدام حاسوب تجري مقارنة اختلاف التردد بين الأشعة المرسلة والمنعكسة؛ لتحديد اتجاه حركة الغيوم والأعاصير وقياس سرعتها، ثم رسم صور خاصة بالنشرات الجوية.

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** أذكرُ خصائصَ الموجاتِ التي ترتبطُ بكثيرٍ منَ الظواهرِ الطبيعيةِ.
2. أوضحُ المقصودَ بكلٍّ منْ: تراكبِ الموجاتِ واستقطابِها.
3. **أقارنُ:** بينَ عمليتَيْ انعكاسِ الموجاتِ المستعرضةِ التي تنتشرُ على سطحِ الماءِ، وانكسارِها.
4. أيٌّ منَ العملياتِ الآتيةِ تحدثُ في الموجاتِ المستعرضةِ ولا تحدثُ في الموجاتِ الطوليةِ: التداخلُ، الحيودُ، الاستقطابُ؟
5. **أفسّرُ:** بينَما كنتُ أقفُ في الموقعِ (C) بالقربِ منْ تقاطعِ شارعيْنِ، كما في الشكلِ المجاورِ، سمعتُ صوتَ فرقةٍ موسيقيةٍ، العازفُ (A) يعزفُ القِربةَ التي تُصدرُ صوتًا حادًّا طولهُ الموجيُّ قصيرٌ (اللونُ الأزرقُ)، والعازفُ (B) يقرعُ الطبلَ الذي يُصدرُ صوتًا غليظًا طولهُ الموجيُّ كبيرٌ (اللونُ الأحمرُ). أيَّ الصوتيْنِ أسمعُ؟ ولماذا؟



6. أبينُ أهميةَ استخدامِ السائقِ للنظاراتِ الشمسيةِ التي تعملُ على استقطابِ الضوءِ بشكلٍ رأسيٍّ؛ خاصةً عندَما يقودُ سيارتَهُ في النهارِ، ويتعرضُ إلى وهجٍ كبيرٍ ناتجٍ عنِ انعكاسِ ضوءِ الشمسِ عنِ السطوحِ الأفقيةِ.
7. **تفكيرٌ ناقدٌ:** وضعَ العلماءُ نظرياتٍ عدَّةً تصفُ تطورَ الكونِ، منْها نظريةُ الانفجارِ العظيمِ التي تفترضُ أنَّ المجراتِ ما زالتْ تتحركُ متباعدةً عنْ بعضِها بسرعةٍ كبيرةٍ. معتمدًا على معرفتي بمكوناتِ الطيفِ المرئيِّ وترددِاتِها، ومعرفتي بتأثيرِ دوبلر في الحركةِ الموجيةِ. أصفُ ما يحدثُ للضوءِ القادمِ إلى الأرضِ منْ مجرةٍ تتحركُ مبتعدةً عنِ الأرضِ.
8. أكملُ الشكلَ المجاورَ برسمِ الموجةِ الناتجةِ عنْ تراكبِ الموجتيْنِ (1,2) في كلٍّ منَ الحالتيْنِ (أ، ب)، ثمَّ أكتبُ تحتَ كلِّ حالةٍ إنْ كانَ التراكبُ بنّاءً أوْ هدّامًا.

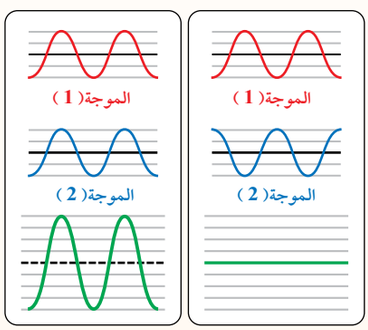


الحالةُ (ب) الحالةُ (أ)

3 التقويم

مراجعة الدرس

1. الانعكاس، الانكسار، التداخل، الحيود، الاستقطاب.
2. تراكب الموجات هو التقاء موجتين أو أكثر عند نقطة بحيث إن الإزاحة الكلية التي تحدث لجزيئات الوسط تساوي ناتج الجمع المتجهيّ للإزاحات الناتجة عن التقاء الموجات عند النقطة نفسها. أما استقطاب الموجات فهو عملية انتقاء موجة مستعرضة تحدث اهتزازًا في جزيئات الوسط في بعد واحد فقط، من بين حزمة موجات يكون الاهتزاز فيها باتجاهات عدّة، جميعها متعامدة مع اتجاه انتشار الموجات.
3. عند انعكاس الموجات المستعرضة التي تنتشر على سطح الماء فإنها تغير اتجاهها وتحافظ على طولها الموجي وترددها وسرعتها دون تغيير، بينما عند انكسارها فإنها تغير من اتجاهها وطولها الموجي وسرعتها، وتحافظ على ترددها ثابتًا.
4. الاستقطاب فقط.
5. أسمع صوت العازف (B) الذي يقرع الطبل أولًا؛ لأن الموجات الصادرة عنه طويلة، ويحدث لها حيود عن حواف المباني عند تقاطع الشارعين، فتغير اتجاهها وتصلني، بينما الموجات القصيرة لا تحيد بشكل كبير.
6. معظم الضوء المنعكس عن سطح الأرض والمسطحات المائية يكون مستقطبًا في الاتجاه الأفقي والجزء الأقل منه يكون غير مستقطب. النظارات الشمسية التي تستقطب الضوء رأسيًّا تسمح فقط للضوء المستقطب عموديًّا بالمرور من خلالها ليصل إلى أعيننا وبذلك نرى الأشياء؛ بينما تمنع وصول الضوء الساطع المستقطب افقيًّا إلى أعيننا فتحميها ونرى الأشياء بشكل مريح.
7. الضوء القادم إلينا من مجرة تتحرك مبتعدة عن الأرض، تكون موجاته متباعدة؛ فيزداد الطول الموجي له، لذلك نرى المجرة بألوان تميل إلى اللون الأحمر.
8. الشكل المجاور:



الحالةُ (أ) الحالةُ (ب)

تطبيقاتُ تأثيرِ دوبلر في الطبِّ

الهدف:

- تعرّف أهمية استخدام الموجات في الطب؛ للتقليل من الجراحة.
- استقصاء عملية قياس سرعة الدم في الأوعية الدموية.

الإرشادات والإجراءات:

- وجّه الطلبة إلى دراسة فقرة (التوسّع والإثراء)، ثم اطرح عليهم أسئلة تتطلّب إجاباتها معرفة بعض خصائص الموجات فوق الصوتية، واستخداماتها.
- ناقش الطلبة في العوامل التي تحدد سرعة تدفق الدم في كل من: الشرايين والأوردة.
- وجّه الطلبة إلى دراسة الشكل، ثم كلّف بعضهم بتوضيح الآلية التي تقاس بها سرعة الدم في الأوعية؛ باستخدام تأثير دوبلر.
- اسأل الطلبة عن أهمية معرفة الطبيب بمعادلة برنولي في تحديد وجود مشكلة ما في الأوعية الدموية.

ملحوظة: تتفاوت قدرات الطلبة في هذا الموضوع؛ لذا فهم غير مطالبين به، بأيّ شكل من أشكال التقويم.

مهمة للطالب:

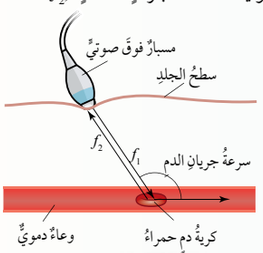
- وزّع الطلبة إلى مجموعات، ثم اطلب إليهم البحث في شبكة الإنترنت عن إجابات الأسئلة.

تطبيقاتُ تأثيرِ دوبلر في الطبِّ

يمتازُ الطبُّ الحديثُ عنِ الماضي بقلةِ اعتمادِهِ على العملياتِ الجراحيةِ؛ فكثيرٌ منَ الحالاتِ المرضيةِ الصعبةِ أصبحتْ تعالَجُ باستخدامِ تقنياتٍ حديثةٍ، ويُعدُّ التصويرُ الصوتيُّ واحدًا منَ التقنياتِ غيرِ الجراحيةِ التي تُستخدَمُ في الطبِّ الحديثِ، وفيهِ تُستخدَمُ الموجاتُ فوقَ الصوتيةِ لتصويرِ ما في داخلِ الجسمِ. والموجاتُ فوقَ الصوتيةِ هيَ موجاتٌ صوتيةٌ يزيدُ تردُّدُها على الحدِّ الأعلى لحاسةِ السمعِ عندَ الإنسانِ (20 kHz)، ولَها قدرةٌ على اختراقِ أنسجةِ الجسمِ اللينةِ (الجلدِ والعضلاتِ والدهونِ).

منْ بينِ الاستخداماتِ الطبيةِ الكثيرةِ للموجاتِ فوقَ الصوتيةِ تقنيةُ قياسِ سرعةِ الدمِ، بهدفِ تتبعِ الدورةِ الدمويةِ داخلَ أنسجةِ الجسمِ المختلفةِ، للبحثِ عنِ الانسدادِ والتضيُّقِ في الأوعيةِ الدمويةِ. حيثُ يتدفَّقُ الدمُ في الأوردةِ بسرعةٍ متوسطةٍ ثابتةٍ تقريبًا، بينَما تتأثرُ سرعتُهُ في الشرايينِ بضرباتِ القلبِ، وتكونُ هذهِ السرعاتُ بالنسبةِ إلى الإنسانِ السليمِ معلومةً لدى الأطباءِ، وعندَما يحدثُ تغيرٌ ملحوظٌ في سرعةِ الدمِ، فإنَّ هذا يعني وجودَ تضيُّقٍ أوِ انسدادٍ جزئيٍّ في الوريدِ أوِ الشريانِ.

يبينُ الشكلُ المجاورُ طريقةَ استخدامِ الموجاتِ فوقَ الصوتيةِ لقياسِ سرعةِ الدمِ، حيثُ يُستخدمُ مسبارٌ خاصٌّ لإرسالِ موجاتٍ فوقَ صوتيةٍ ترددُها معلومٌ (f_1)، ثمَّ يلتقطُ الموجةَ فوقَ الصوتيةَ المنعكسةَ بترددٍ مختلفٍ (f_2)، علمًا أنَّ هذهِ الموجةَ تنعكسُ عنْ كرياتِ الدمِ الحمراءِ داخلَ الوعاءِ الدمويِّ. وسببُ تغيرِ التردُّدِ هوَ تأثيرُ دوبلر نتيجةَ الحركةِ النسبيةِ بينَ كريةِ الدمِ والمسبارِ. ويعملُ جهازُ حاسوبٍ خاصٍّ بحسابِ سرعةِ الدمِ بالاعتمادِ على معرفةِ الفرقِ وتحديدِهِ بينَ ترددَيِ الموجتَيْنِ، وسرعةِ الموجاتِ فوقَ الصوتيةِ داخلَ أنسجةِ الجسمِ اللينةِ التي تساوي (1500 m/s).ثمَّ يرى الطبيبُ إنْ كانتْ سرعةُ تدفقِ الدمِ في الوعاءِ الدمويِّ اعتياديةً أمْ لا.



ابحث في كتبِ الفيزياءِ، أوْ في شبكةِ الإنترنتِ عنْ إجاباتِ الأسئلةِ الآتيةِ:

- أيُّ الحيواناتِ تسمعُ موجاتٍ فوقَ صوتيةٍ؟ وأيُّها تسمعُ موجاتٍ تحتَ سمعيةٍ؟
- هلْ يمكنُ استخدامُ الموجاتِ فوقَ الصوتيةِ لقياسِ سرعةِ جريانِ الدمِ في الأوعيةِ الدمويةِ داخلَ الدماغِ؟ علِّلْ إجابتكَ.
- عندَ استخدامِ المسبارِ فوقَ الصوتيِّ لقياسِ سرعةِ الدمِ في الأوعيةِ الدمويةِ، ولكَيْ تكونَ النتائجُ صحيحةً، فإنَّهُ يجبُ أنْ يبقى المسبارُ ملاصقًا لجلدِ الإنسانِ ولا يبتعدُ عنهُ. ما سببُ ذلكَ؟
- احسبِ الطولَ الموجيَّ لموجاتٍ فوقَ صوتيةٍ ترددُها (24 MHz)، عندَما تنتقلُ في الهواءِ، ثمَّ احسبْ طولَها الموجيَّ عندَما تنتقلُ داخلَ أنسجةِ الجسمِ اللينةِ.

الإجابات:

- بعض الحيوانات التي تتميز بسماع ترددات صوتية أعلى من تلك التي يسمعها الإنسان هي القط والكلب، وبعض الحيوانات التي تسمع ترددات أقل من الإنسان مثل الفيل والحمام والسلحفاة.
- إن ذلك ممكن، لكن النتائج لا تكون دقيقة؛ بسبب انخفاض شدة الموجات، لأن عظام الجمجمة تمتص جزءًا منها، إضافة إلى حدوث انعكاسات بين الأنسجة المختلفة.
- يجب أن يكون المسبار ملاصقًا للجلد؛ لأنه لو ابتعد لانتقلت الموجات خلال الهواء، واختلفت سرعتها؛ ما يعطي نتائج غير صحيحة.
- الطول الموجي في الهواء: $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{24 \times 10^6} = 1.4 \times 10^{-5}\ \text{m}$
- الطول الموجي داخل أنسجة الجسم: $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1500}{24 \times 10^6} = 6.25 \times 10^{-5}\ \text{m}$
- اطلب إلى كل مجموعة عرض نتائجها أمام المجموعات الأخرى.

نظّم نقاشًا بين أفراد المجموعات؛ للتوصّل إلى آراء موحّدة عن الموضوع.

1

1. جـ

2. د

3. د

4. أ

5. ب

2 يحدث لها انكسار مع المحافظة على الاتجاه، ويكون الانكسار على هيئة تغيّر في الطول الموجي والسرعة والسعة، مع المحافظة على ترددها ثابتًا. لأن الحبلين المختلفين يمثلان وسطين مختلفين في خصائصهما

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

1. المقصودُ بالتخلخلِ في الحركةِ الموجيةِ، هوَ منطقةٌ:
   أ . منخفضةُ الضغطِ تنشأُ في الوسطِ عندَ مرورِ موجاتٍ مستعرضةٍ خلالَهُ.
   ب . مرتفعةُ الضغطِ تنشأُ في الوسطِ عندَ مرورِ موجاتٍ مستعرضةٍ خلالَهُ.
   جـ . منخفضةُ الضغطِ تنشأُ في الوسطِ عندَ مرورِ موجاتٍ طوليةٍ خلالَهُ.
   د . مرتفعةُ الضغطِ تنشأُ في الوسطِ عندَ مرورِ موجاتٍ طوليةٍ خلالَهُ.

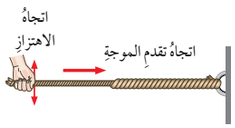
2. حركةُ جزيءِ الهواءِ عندَ مرورِ الصوتِ خلالَهُ حركةٌ:
   أ . اهتزازيةٌ باتجاهٍ يتعامدُ معَ اتجاهِ انتشارِ الموجةِ.
   ب . دائريةٌ في مستوى اتجاهِ انتشارِ الموجةِ.
   جـ . انتقاليةٌ ينتقلُ فيها باتجاهِ انتشارِ الموجةِ.
   د . اهتزازيةٌ باتجاهٍ يوازي اتجاهَ انتشارِ الموجةِ.

3. متى تزدادُ سرعةُ الصوتِ في الهواءِ؟
   أ . بزيادةِ سعةِ الموجةِ الصوتيةِ.
   ب . بزيادةِ طاقةِ مصدرِ الصوتِ.
   جـ . بانخفاضِ درجةِ حرارةِ الهواءِ.
   د . بارتفاعِ درجةِ حرارةِ الهواءِ.

4. تنتقلُ موجتانِ مستعرضتانِ في حبلٍ وتلتقيانِ عندَ نقطةٍ في لحظةٍ ما، فإنَّ الظاهرةَ التي تحدثُ هيَ:
   أ . تراكبُ الموجتيْنِ معًا، وحصولُ إزاحةٍ واحدةٍ.
   ب . تلاشٍ للموجتين، وانعدامُ الإزاحةِ.
   جـ . انعكاسُ الموجةِ الأكبرِ سعةً عن الموجةِ الأصغرِ سعةً.
   د . انعكاسُ الموجةِ الأصغرِ سعةً عن الموجةِ الأكبرِ سعةً.

5. التردُدُ الظاهريُّ لصوتِ منبهِ سيارةِ إسعافٍ متحركةٍ بسرعةٍ إلى الأمامِ، يكونُ كما يأتي:
   أ . أمامَها أصغرَ منْ ترددِ المصدرِ، وخلفَها أكبرَ منْ ترددِ المصدرِ.
   ب . أمامَها أكبرَ منْ ترددِ المصدرِ، وخلفَها أصغرَ منْ ترددِ المصدرِ.
   جـ . مساويًا لترددِ المصدرِ أمامَ السيارةِ وخلفَها.
   د . أكبرَ منْ ترددِ المصدرِ أمامَ السيارةِ وخلفَها.

2. تفكيرٌ ناقدٌ: عندَ توصيلِ حبليْنِ مختلفيْنِ في مساحةِ المقطعِ والمتانةِ، كما يبينُ الشكلُ المجاورُ، ثمَّ إرسالِ نبضةٍ في الحبلِ الرفيعِ. أبيِّنُ ما يحدثُ لها عندَما تصلُ إلى نقطةِ التقاءِ الحبليْنِ، مفسرًا إجابتي.



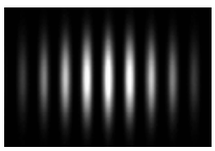
3. **أحسبُ: موجتانِ كهرمغناطيسيتانِ تنتقلانِ معًا في الهواءِ؛ الطولُ الموجيُّ للأولى ($\lambda_1 = 8.0 \times 10^{-4}$ m)، والطولُ الموجيُّ للثانيةِ ($\lambda_2 = 2.4 \times 10^{-2}$ m). أجيبُ عما يأتي:**

أ . أحسبُ ترددَ كلِّ موجةٍ، علمًا أنَّ سرعتَهُما في الهواءِ (3.0×10^8 m/s).

ب . ما الذي يحدثُ لكلٍّ منَ: الطولِ الموجيِّ والترددِ عندَ انتقالِ الموجتيْنِ في الماءِ؟ علمًا أنَّ سرعةَ الموجاتِ الكهرمغناطيسيةِ في الماءِ أقلُّ منْها في الهواءِ.

جـ. أحددُ موقعَ كلٍّ منهُما في الطيفِ الكهرمغناطيسيِّ.

4. **وُضِعَ حاجزٌ معتمٌ فيهِ شقّانِ رفيعانِ أمامَ مصدرٍ ضوئيٍّ، ثمَّ وُضِعَتْ شاشةٌ بعدَ الحاجزِ، فظهرتْ على الشاشةِ خطوطٌ مضيئةٌ، كما في الشكلِ. أجيبُ عما يأتي:**



أ . ما اسمُ هذهِ الظاهرةِ؟

ب . ما الذي تمثلهُ الخطوطُ المضيئةُ؟

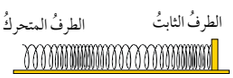
جـ . ما الذي تمثلهُ الخطوطُ المظلمةُ؟

5. **تتحركُ سيارةُ إسعافٍ بسرعةٍ نحوَ اليمينِ وهيَ تصدرُ صوتَ منبهٍ، متجهةً نحوَ فتاةٍ تقفُ في الموقعِ (A)، وتتجاوزُ عنْ شابٍّ يسيرُ في الموقعِ (B)، كما في الشكلِ.**

أصفُ درجةَ الصوتِ الذي يسمعهُ كلٌّ منَ الفتاةِ والشابِّ وسائقِ سيارةِ الإسعافِ. أفسرُ إجابتي، ذاكرًا الخصيصةَ الموجيةَ التي اعتمدتُ عليْها في إجابتي.

6. **أذكرُ استخدامًا تكنولوجيًّا واحدًا يعتمدُ على تأثيرِ دوبلر لكلٍّ منَ: الموجاتِ فوقَ الصوتيةِ والموجاتِ الكهرمغناطيسيةِ.**

7. **أحلّلُ: الشكلُ المجاورُ يمثلُ موجاتٍ طوليةً تنتقلُ في نابضٍ. أبينُ على الرسمِ كلًّا منْ: اتجاهِ انتشارِ الموجاتِ، اتجاهِ إزاحةِ حلقاتِ النابضِ، الطولِ الموجيِّ، اتجاهِ انتقالِ الطاقةِ.**



3 أ . التردد:

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{3 \times 10^8}{8 \times 10^{-4}} = 3.75 \times 10^{11} \text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{3 \times 10^8}{2.4 \times 10^{-2}} = 1.25 \times 10^{10} \text{ Hz}$$

ب. عند انتقال الموجتين في الماء، فإن الطول الموجي لكل منهما يقل، في حين يبقى التردد ثابتًا.

جـ. الموجة الأولى تحت حمراء، والموجة الثانية ميكروية (ميكروويف).

4 أ . ظاهرة التداخل.

ب. الخطوط المضيئة تمثل تداخلًا بنّاءً ناتجًا عن التقاء قمة مع قمة، أو قاع مع قاع.

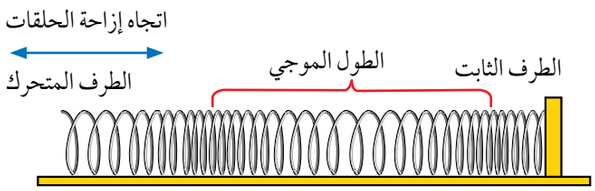
جـ. الخطوط المظلمة تمثل تداخلًا هدامًا ناتجًا عن التقاء قمة مع قاع.

5 تسمع الفتاة في الموقع (A) درجة صوت حادة ناتجة عن تردد ظاهري أكبر من تردد المصدر؛ بسبب تأثير دوبلر لمصدر صوت مقترب، ويسمع السائق درجة صوت المنبه الحقيقية؛ لأنه لا توجد حركة نسبية بين السائق والسيارة، ويسمع الشاب في الموقع (B) درجة صوت غليظة ناتجة عن تردد أقل من تردد المصدر؛ بسبب تأثير دوبلر لمصدر صوت مبتعد.

6 **الموجات فوق الصوتية**: تصوير الأعضاء الداخلية لجسم الإنسان.

الموجات الكهرمغناطيسية: تصوير محتويات الحقائب دون فتحها.

7 البيانات على الشكل:



اتجاه انتشار الموجة و اتجاه نقل الطاقة يكون أفقيًّا لجهة اليمين أو جهة اليسار.

ملحق إجابات

كتاب الأنشطة والتجارب العملية

العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة المركزية.

البيانات والمشاهدات:

عينة بيانات:

$m_{hanger} = 10\ g = 0.01\ kg$ $\quad$ $m_{ball} = 20\ g = 0.02\ kg$

$n = 10$ $\quad$ $r = 30\ cm = 0.30\ m$

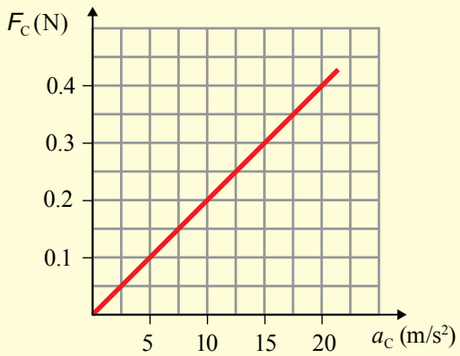
الجدول (1)				
رقم المحاولة	مقدار القوة المركزية F_C (N)	الزمن الكلي t (s)	سرعة الكرة المماسية v (m/s)	التسارع المركزي a_C (m/s²)
1	0.2	11.09	1.69	9.5
2	0.3	8.98	2.09	14.56
3	0.4	7.54	2.49	20.67

$n = 10$

الجدول (2)					
رقم المحاولة	مقدار القوة المركزية F_C (N)	الزمن الكلي t (s)	نصف القطر r (m)	سرعة الكرة المماسية v (m/s)	التسارع المركزي a_C (m/s²)
1	0.3	8.96	0.3	2.10	14.7
2	0.3	10.18	0.4	2.47	15.25
3	0.3	11.42	0.5	2.75	15.13

التحليل والاستنتاج:

1. مقدار قوة الشد في الخيط يمثل مقدار القوة المركزية المؤثرة في الكرة.
2. أنظر الجدول (1)، والجدول (2).
3. أنظر الجدول (1)، والجدول (2).
4. أستنتج من بيانات الجدول (1)، أنه بزيادة مقدار السرعة المماسية يزداد مقدار القوة المركزية اللازم تأثيرها في الكرة؛ للمحافظة على ثبات نصف قطر المسار الدائري دون تغيير.
5. أستنتج من بيانات الجدول (2)، أنه عند زيادة نصف قطر المسار الدائري يزداد مقدار السرعة المماسية، بحيث يبقى مقدار القوة المركزية المؤثر في الكرة ثابتًا. العلاقة خطية طردية، حيث تقع النقاط على خط مستقيم تقريبًا، وأستنتج أن مقدار القوة المركزية المؤثرة في الكرة يتناسب طرديًّا مع مقدار تسارعها المركزي.
6. ميل المنحنى البياني يساوي مقدارًا ثابتًا، وبتحليل وحدات قياس الميل أجد أنها تساوي (kg)، وبمقارنتها بكتلة كرة المطاط أستنتج أن ميل منحنى (القوة المركزية – التسارع المركزي) يساوي كتلة كرة المطاط.
7. نعم، لقد دعمت النتائج التجريبية التي حصلت عليها هذه العلاقة النظرية بين القوة المركزية، والتسارع المركزي؛ فعند



تطبيق هذه العلاقة على الجدولين 1، و2، أجد أن القيم التي أحصل عليها بالحسابات النظرية تتطابق تقريبًا مع القيم التجريبية الموجودة فيها. وإذا كان هنالك أي اختلافات فيعود سبب ذلك إلى وجود أخطاء في القياسات وعدم دقتها.

مصادر الخطأ المحتملة في التجربة: قياس زمن دوران الكرة، عدم تحريك الكرة في مسار دائري أفقي تمامًا، ملامسة مشبك الورق أسفل الأنبوب، خطأ في إجراء الحسابات، وخطأ ناتج عن التقريب. القوة المركزية المؤثرة في الكرة أقل قليلًا من وزن حامل الأثقال والأثقال التي عليه؛ لأن الخيط الممتد بين الكرة والطرف العلوي للأنبوب البلاستيكي لا يكون أفقيًّا تمامًا، ....

1 أ.

$$r = 6.85 \times 10^5 + 6.38 \times 10^6 = 7.065 \times 10^6 \text{ m}$$

$$F_{EM} = \frac{Gm_E m_M}{r^2}$$

$$= \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24} \times 1123}{(7.065 \times 10^6)^2}$$

$$= \frac{4.48 \times 10^{17}}{4.99 \times 10^{13}}$$

$$= 8.98 \times 10^3 \text{ N}$$

ب.

$$g = \frac{Gm_E}{r^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24}}{(7.065 \times 10^6)^2} = 7.996 \text{ m/s}^2$$

جـ.

$$F_C = \frac{mv^2}{r}$$

$$v^2 = \frac{rFc}{m} = \frac{7.065 \times 10^6 \times 8.98 \times 10^3}{1123} = 5.65 \times 10^7$$

$$v = 7.52 \times 10^3 \text{ m/s}$$

2

$$r_1 + r_2 = 3.84 \times 10^8$$

$$r_2 = 3.84 \times 10^8 - r_1$$

$$g_E = g_M$$

$$\frac{Gm_E}{r_1^2} = \frac{Gm_M}{r2^2}$$

$$\frac{5.98 \times 10^{24}}{r_1^2} = \frac{7.35 \times 10^{22}}{(3.84 \times 10^8 - r_1)^2}$$

$$\frac{2.45 \times 10^{12}}{r_1} = \frac{2.71 \times 10^{11}}{(3.84 \times 10^8 - r_1)}$$

$$r_1 = 3.457 \times 10^8 \text{ m}$$

3 أ. تؤثر القوة المحصلة (القوة المركزية) نحو مركز المسار الدائري في أثناء الحركة الدائرية المنتظمة.

ب. يرجع سبب ذلك إلى القصور الذاتي لأجسامنا، فحسب القانون الأول لنيوتن يميل الجسم إلى المحافظة على حركته في خط مستقيم بسرعة ثابتة ما لم تؤثر فيه قوة محصلة، فعند انعطاف سيارة إلى اليسار – مثلًا – يحافظ جسم الراكب على حركته بخط مستقيم، فيصطدم جسمه بالجدار الداخلي لباب السيارة فيؤثر فيه بقوة، وبحسب القانون الثالث لنيوتن يؤثر الباب في الراكب بقوة مساوية لقوة تأثير الراكب به في المقدار، ولكن معاكسة لها في الاتجاه.

4 أ. تكون في اتجاه الرمز (E)؛ حيث تؤثر القوة المركزية دائمًا نحو مركز المسار الدائري في الحركة الدائرية المنتظمة.

ب. تتحرك الكرة في اتجاه المماس للمسار الدائري عند نقطة انقطاع الخيط؛ لذا تتحرك نحو الرمز (A).

جـ.

$$a_C = \frac{v^2}{r} = \frac{(10)^2}{0.8} = 125 \text{ m/s}^2$$

د.

$$F_C = ma_C = 0.5 \times 125 = 62.5 \text{ N}$$

هـ. التسارع هنا في الحركة الدائرية المنتظمة يكون ناتجًا عن تغير اتجاه السرعة المماسية فقط، في حين يبقى مقدارها ثابتًا؛ فالتسارع كمية متجهة، ويكتسب الجسم تسارعًا عند تغير مقدار السرعة أو اتجاهها أو كليهما.

5 أ. يتم حساب معامل الاحتكاك السكوني عندما تكون قوة الاحتكاك السكوني عظمى؛ أي عندما يكون الجسم على وشك الحركة، وهي تساوي أكبر قيمة لقوة الاحتكاك في المنحنى.

$$\mu_s = \frac{f_{s,max}}{F_N} = \frac{120}{240} = 0.50$$

ب.

$$\mu_k = \frac{f_k}{F_N} = \frac{100}{240} = 0.42$$

جـ.

$$\sum F = F_{applied} - f_k = 160 - 0.42 \times 240 = 100.8 \text{ N}$$

$$a = \frac{\sum F}{m} = \frac{100.8}{24} = 4.2 \text{ m/s}^2$$

قياس كل من سرعة تدفق المائع عمليًّا ومعدل تدفقه

الهدف:

استخدام مقياس فنتوري لقياس سرعة المائع ومعدل تدفقه عمليًّا.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة

إرشادات السلامةِ:

الحذر من سكب السوائل على الأرضية؛ حتى لا تصبح زلقة.

المهارات العلمية:

القياس، المقارنة، التجريب، التحليل، الاستنتاج.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة إلى الاستعانة بدليل التجارب والأنشطة، وضِّح للطلبة طريقة معايرة الورنية قبل استخدامها الورنية وطريقة استخدامها بطريقة صحيحة أثناء قياس قطر الأنابيب، ونبِّه الطلبة إلى توخي الدقة في قياس فرق ارتفاع الماء في الماصتين، والتأكد من جريان الماء في الأنبوب بشكل انسيابي.

النتائج المتوقعة:

يمكن الحصول على نتائج متقاربة، ولكنها قد تختلف من مجموعة لأخرى؛ لأسباب عدة:

- تسرب الهواء إلى أنبوب الجريان؛ لذا يجب التأكد عدم وجود ثقوب في الأنبوب.
- عدم الدقة في أخذ القياسات.
- عدم معايرة الورنية.
- أخطاء في إجراء الحسابات.
- تدفق الماء بشكل غير منتظم من الصنبور.

التحليل والاستنتاج:

1. نقيس قطر كل من الأنبوبين d ونحسب نصف قطر كل منهما $r = \frac{d}{2}$، ولحساب مساحة مقطع كل من الأنبوبين $(A_1 ، A_2)$؛ نطبق العلاقة $A = \pi r^2$
2. بما أن مساحة مقطع الأنبوب الضيق (2) أقل منها في الأنبوب الواسع (1)، فإن سرعة الماء في الأنبوب (2) تكون أكبر حسب معادلة الاستمرارية، وعليه؛ فإن ضغط الماء فيه يكون أقل حسب معادلة برنولي وارتفاع الماء في الماصة المتصلة به يكون أقل منه في الماصة المتصلة بالأنبوب (1).
3. أجد فرق الضغط ΔP باستخدام العلاقة: $\Delta P = \rho_f g h$.

   أجد سرعة تدفق الماء v_1 باستخدام العلاقة: $v_1 = A_2 \sqrt{\frac{2\,\Delta P}{\rho_f (A_1^2 - A_2^2)}}$.
4. أستخدم العلاقة: $\frac{V}{\Delta t} = A_1 v_1$؛ لإيجاد معدل تدفق الماء.
5. حسب مبدأ حفظ الكتلة فإن معدل تدفق الماء في الأنبوبين يكون متساويًا.

السؤال الأول:

أ. بما أن قوة الطفو أكبر من وزن البالون، فإن البالون يرتفع إلى أعلى بتسارع حتى يصبح مجموع مقاومة الهواء ووزن البالون مساويًا لقوة الطفو(محصلة القوى تساي صفرًا)؛ عندئذٍ يصل البالون إلى سرعته الحدّية.

ب. باستمرار ارتفاع البالون؛ فإن كثافة الهواء المحيطة به تقل، ومن ثَم تقل قوة الطفو؛ حتى تصبح السرعة الحدية للبالون صفرًا
ووزن البالون مساويًا لقوة الطفو،عندئذٍ يتوقف البالون عن الارتفاع.

السؤال الثاني:

1) ب- يقتربان من بعضهما.

2) عند النفخ بين البالونين تزداد سيرعة الهواء بينهما؛ فيقل ضغطه حسب معادلة برنولي، مما يجعل الضغط حول البالونين أكبر منه بينهما، ونتيجة لفرق الضغط هذا يندفع البالونين نحو بعضهما.

3) لأنه عند مرور القطار يندفع الهواء بجانب القطار بسرعة ، فيقل ضغطه حسب معادلة برنولي ليصبح ضغط الهواء بين الطفل والقطار أقل من ضغطه حول الطفل، وفرق الضغط هذا يؤثر بقوة في الطفل تدفعه نحو القطار.

السؤال الثالث:

اعتقاد خديجة خاطىء؛ لأنه عند الضغط على فوهة الخرطوم تقل مساحة مقطعه فتزداد سرعة تدفق المائع منه حسب معادلة الاستمراية، لكن معدل تدفق الماء لا يتغير ويبقى ثابتًا، وبما أن حجم الماء ثابت في الحالتين؛ فإن الزمن يكون متساويًا.

تجربة إثرائية: قياس سرعة الصوت في الهواء

الهدف:

- قياس سرعة الصوت عمليًّا؛ بالاعتماد على تحديد المدة الزمنية التي تفصل بين لحظتي وصول الصوت إلى جهازي استقبال.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة

إرشادات السلامة: حذّر الطلبة من الخطر عند توصيل الأجهزة الكهربائية بالمصدر الرئيس للكهرباء، وعند استخدام أسلاك التوصيل.

المهارات العلمية: الملاحظة، القياس، الاستنتاج، الحسابات، التواصل، البحث في مصادر الخطأ.

الإجراءات والتوجيهات:

- وضّح للطلبة الطريقة المتبعة في ضبط جهازي مولد الذبذبات، وراسم الموجات.
- وضّح للطلبة أهمية إبعاد كل من الميكرفونين عن الجدار والأجسام الأخرى؛ خوفًا من التقاط موجات منعكسة.
- وضّح للطلبة أهمية تكرار المحاولة 3 مرّات.
- وضّح للطلبة لماذا لا يمكن استخدام الساعة لقياس الزمن في هذه التجربة.

النتائج المتوقعة:

قد تختلف نتائج الطلبة للأسباب الآتية:

- عدم اختيار التدريج المناسب على جهاز راسم الموجات.
- عدم وضع السماعة والميكرفونين على استقامة واحدة.
- وجود حواجز تعكس الصوت وتؤثر في الميكرفونين كليهما.

التحليل والاستنتاج:

1. الميكرفون يحول الطاقة الصوتية إلى طاقة كهربائية. والسماعة تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة صوتية.
2. سوف يلتقط الصوت القادم من السماعة وصدى الصوت المنعكس عن الحائط، ويحدث تداخل بينهما.
3. الفاصل الزمني: $t = \frac{S}{v} = \frac{0.2}{340} = 5.88 \times 10^{-4}\ s$

إجابات أسئلة الاختبارات الدولية في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

السؤال الأول:

د – موجات الضوء الأحمر أقصر طولًا من موجات (الراديو)؛ لذلك يكون حيودها قليلاً جدًّا، فلا تنحرف للأسفل.

السؤال الثاني:

أ – زادت شدة موجات الصوت، فازداد ضغط الهواء عند الفتحة.

قائمةُ المراجعِ

أولا: المراجع العربية

1. زيد الهويدي ، **أساليب تدريس العلوم في المرحلة الأساسية**، ط 2 ، دار الكتاب الجامعي، العين، دولة الإمارات العربية المتحدة، 0102 م.
2. عايش زيتون ، **أساليب تدريس العلوم**، ط7، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان، 3102 م.
3. عايش زيتون ،**النظرية البنائية واستراتيجيات تدريس العلوم**، ط1، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان، 9102 م.
4. محمد محمود الحيلة، **طرائق التدريس واستراتيجياته**، ط 4، العين، دار الكتاب، الامارات، 2102 م.
5. مهيدات، عبد الحكيم، والمحاسنة، إبراهيم، **التقويم الواقعي**، ط1، دار جرير للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، 0102م.

ثانيا: المراجع الأجنبية

1. Avijit Lahiri, **BASIC PHYSICS: PRINCIPLES AND CONCEPTS,** Avijit Lahiri, 2018 David Halliday, Robert Resnick , Jearl Walker, Fundamentals of Physics, Wiley; 11 edition 2018.
2. Douglas C. Giancoli, Physics: **Principles with Applications**, Addison Wesley, 6th edition, 2009.
3. Gurinder Chadha, **A Level Physics a for OCR**, A Level Physics a for OCR, 2015.
4. Hugh D. Young , Roger A. Freedman, **University Physics with Modern Physics**, Pearson; 14 edition (February 24, 2015)
5. Paul A. Tipler, Gene Mosca, **Physics for Scientists and Engineers**, W. H. Freeman; 6th edition, 2007.
6. Paul G. Hewitt, **Conceptual Physics**, Pearson; 14th edition, 2015.
7. R. Shankar, **Fundamentals of Physics I: Mechanics, Relativity, and Thermodynamics**, Yale University Press; Expanded Edition, 2019.
8. Raymond A. Serway , John W. Jewett, **Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics**, Cengage Learning; 009 edition, 2015.
9. Raymond A. Serway, Chris Vuille, **College Physics**, Cengage Learning; 11 edition, 2017.
10. Roger Muncaster, **A Level Physics**, Oxford University Press; 4th edition, 2014.
11. Steve Adams, **Advanced Physics**, Oxford University Press, USA; 2nd UK ed. Edition, 2013.
12. Tom Duncan, **Advanced Physics**, Hodder Murray; 5th edition, 2000.