



الموجات

ما الموجات؟

في أثناء سباحتك في البحر يدلك ارتفاع الماء وانخفاضه على عبور الموجات بجانبك. بعض الموجات تكون قوية لدرجة أنها تدفعك بقوة إلى أعلى، وأحياناً تكون خفيفة تدفعك بلطف. إنك تعرف موجات الماء لأنك تشاهدها وتحس بحركتها. لكن هناك أنواعاً أخرى مختلفة من الموجات تحمل إشارات؛ فبعضها يحمل إشارات إلى أجهزة الراديو، والتلفاز، وموجات الصوت وموجات الضوء تنتشر حولك في كل مكان، وتمكنك من السماع والرؤية. كما أن الدمار الناتج عن الزلازل تسببه موجات.

الموجات تنقل الطاقة وليس المادة الموجة Wave اضطراب ينتقل عبر المادة أو الفراغ. والموجات تنقل الطاقة من مكان إلى آخر. ويمكنك مشاهدة موجات الماء كما في الشكل ١؛ فهي تحمل الطاقة، ثم تتحطم على الصخور المقابلة. فموجات الماء تنقل الطاقة عبر اهتزاز جزيئات الماء.

عندما تتحرك الموجة قد يبدو أنها تنقل المادة معها من مكان إلى آخر، لكن هذا لا يحدث؛ فعندما تتحرك الموجات خلال الأوساط الصلبة أو السائلة أو الغازية فإن المادة لا تنتقل معها. حركة الطائر، في الشكل ١، تنقل الطاقة إلى جزيئات الماء المجاورة، وهذه بدورها تنقل الطاقة إلى الجزيئات التي تليها، وهكذا حتى تنتشر الموجة بعيداً. فالاضطراب ينتقل على سطح الماء، أما جزيئات الماء فلا تغادر موقعها أبداً.



حركة الطائر تولد موجات على سطح الماء فننقل الطاقة خلال الماء.



الطاقة المنقولة عبر موجات المحيط يمكنها تحطيم الصخور.

فيم هذا الدرس

الأهداف

- تفسر كيف تنقل الموجات الطاقة.
- تميز بين الموجات الطولية والمستعرضة والكهرومغناطيسية.
- تصف خصائص الموجات.
- تصف انعكاس الموجات وانكسارها وحيودها.

الأهمية

- الأجهزة المختلفة مثل التلفاز والمذياع والهاتف الجوال تستقبل المعلومات وترسلها عبر الموجات.

مراجعة المفردات

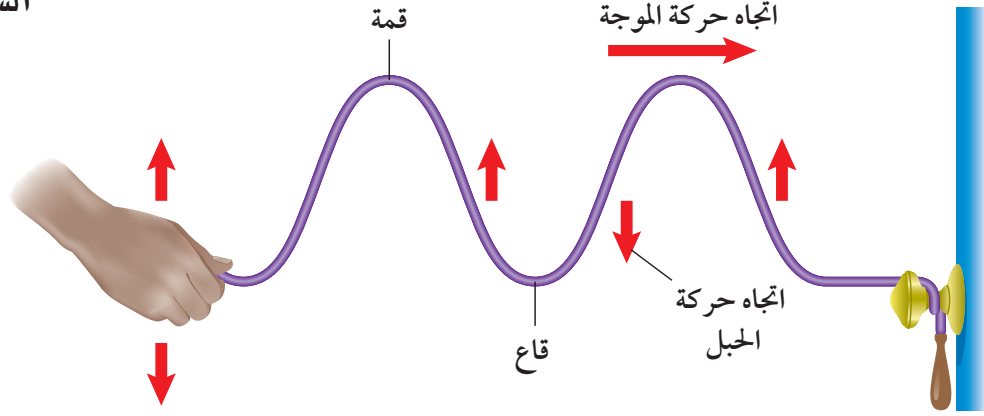
الكثافة: كتلة متر مكعب واحد من المادة.

المفردات الجديدة

- الموجة
- الموجات
- المستعرضة
- الموجات
- الطولية
- الطول
- الموجي
- تردد الموجة
- قانون الانعكاس
- انكسار
- الحيود

الشكل ١ الموجات تنقل الطاقة من مكان إلى آخر دون أن تنقل المادة من مكانها.

الشكل ٢ تتولد موجات مستعرضة عندما تهز طرف الحبل إلى أعلى وإلى أسفل.



أنواع الموجات

تنشأ الموجات عادة عن اهتزاز الأجسام، أي حركتها إلى الأمام والخلف. و طاقة اهتزاز الجسم هي ما يُنقل عبر الموجات. وهذه الطاقة تنتشر بعيداً عن الجسم المهتز بأنواع مختلفة من الموجات، فمنها ما يعرف بالموجات الميكانيكية، وهذه لا تنتقل إلاّ خلال وسط مادي، والأخرى تعرف بالموجات الكهرومغناطيسية، وهذه يمكنها الانتقال عبر المادة والفراغ.

أ. أقسام الموجات الميكانيكية :

١- الموجات المستعرضة من أنواع الموجات الميكانيكية التي يبينها الشكل ٢ Transverse Waves التي تسبب حركة دقائق المادة إلى الأمام وإلى الخلف في اتجاه عمودي على اتجاه انتشار الموجة نفسها. فإذا ربطت طرف حبل مع مقبض باب، وأخذت تحرك الطرف الحر للحبل إلى أعلى وإلى أسفل فسوف تتولد موجات مستعرضة، تنتشر على طول الحبل. النقاط العليا في الموجات تسمى قممًا، بينما تسمى النقاط الدنيا فيها قيعانًا. وتوالي تولد القمم والقيعان بعضها تلو بعض يشكّل موجات مستعرضة؛ حيث تتحرك القمم والقيعان على طول الحبل، في حين أن دقائق جسم الحبل تتحرك إلى أعلى وإلى أسفل.

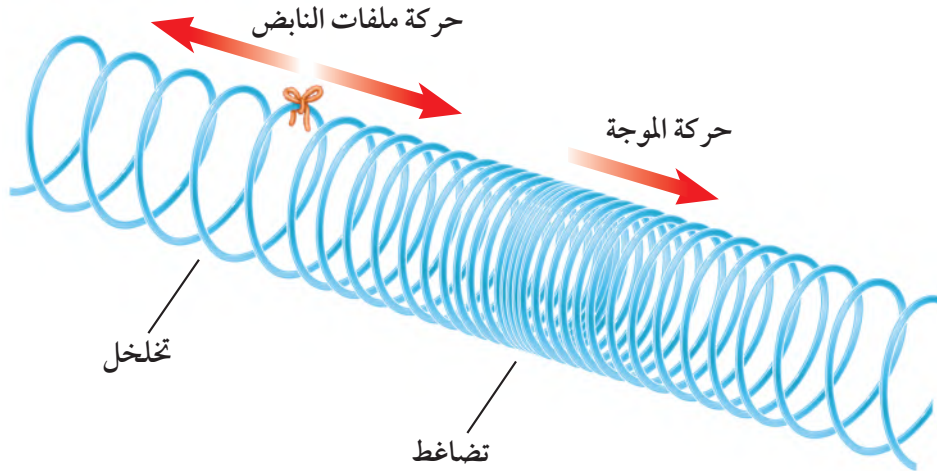
٢- الموجات الطولية نوع آخر من أنواع الموجات الميكانيكية، وتسمى أحياناً الموجات التضاغية. والشكل ٣ يبين موجات طولية تنتقل خلال نابض. **الموجات الطولية** Compressional Waves تسبب حركة دقائق المادة إلى الأمام وإلى الخلف في اتجاه انتشار الموجة نفسها.

الأمواج المستعرضة

تجربة عملية

ارجع إلى كراسة التجارب العملية على منصة عين





الشكل ٣ الموجة المنتشرة في النابض مثال على الموجة الطولية.

في الشكل ٣ تسمى أماكن تقارب حلقات النابض تضاغطاً، بينما تسمى أماكن تباعد الحلقات تخلخلاً. وتوالي التضاغطات والتخلخلات بعضها تلو بعض يشكل موجة طولية؛ حيث تنتقل التضاغطات والتخلخلات على طول النابض، بينما تتحرك الحلقات إلى الأمام والخلف فقط.

كيف تتحرك جزيئات المادة في الموجات الطولية؟

ماذا قرأت؟

للخلف والأمام في اتجاه انتقال الموجة

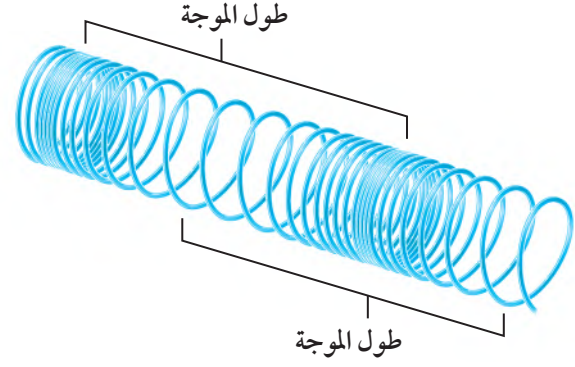
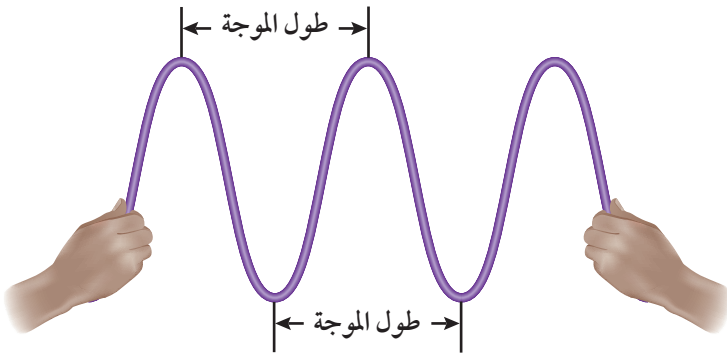
٣- الموجات السطحية عند حدوث الزلزال

تنتشر الموجات الزلزالية عبر الأرض. بعض هذه الموجات طولية، وبعضها الآخر موجات مستعرضة. والموجات الزلزالية المسببة لأغلب ما يحدث من دمار للمباني هي نوع من الموجات السطحية تسمى موجات رايلي (الموجات المتدحرجة)، وهي تراكب موجي من الموجات الطولية والمستعرضة معاً.

ب. الموجات الكهرومغناطيسية موجات الضوء والراديو والأشعة السينية جميعها أمثلة على الموجات الكهرومغناطيسية، وهي تشبه الموجات المتولدة في الجبل؛ في أنها موجات مستعرضة؛ حيث تتكون الموجة الكهرومغناطيسية من جزأين، أحدهما كهربائي، والآخر مغناطيسي، وكلاهما يهتز بشكل يتعامد على اتجاه انتشار الموجة.

خصائص الموجات

تعتمد خصائص الموجات على اهتزاز مصدر تلك الموجات. فعلى سبيل المثال لو حركت قلم رصاص بلطف في حوض ماء فسوف تتولد موجات خفيفة متباعدة تبدأ في الانتشار على سطح الماء. لكن لو حركت القلم بسرعة فستتولد موجات أكبر، ويكون تقارب بعضها من بعض أكثر.



الطول الموجي للموجة المستعرضة هو المسافة بين قمتين متتاليتين، أو قاعين متتاليتين، والطول الموجي للموجة الطولية هو المسافة بين مركزي تضاعطين متتالين أو مركزي تخلخلين متتالين.

الشكل ٤

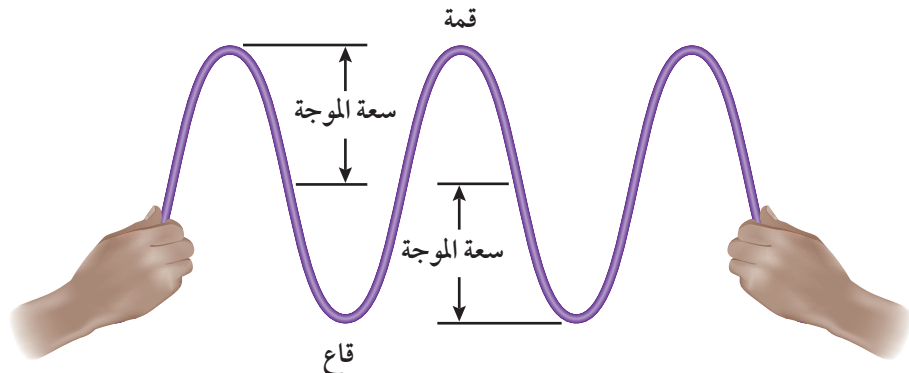
الطول الموجي تسمى المسافة بين نقطة على الموجة وأقرب نقطة أخرى إليها تتحرك بنفس سرعتها واتجاهها **الطول الموجي** Wavelength. والشكل ٤ يبين كيف يقاس الطول الموجي في كل من الموجات المستعرضة والموجات الطولية؛ فالطول الموجي للموجة المستعرضة هو المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتالين. أما الطول الموجي للموجة الطولية فهو المسافة بين مركزي تضاعطين متتالين أو تخلخلين متتالين.

التردد تردد الموجة Frequency هو عدد الأطوال الموجية التي تعبر نقطة محددة خلال ثانية. إذا كنت تراقب موجات مستعرضة في حبل فإن ترددها هو عدد القمم أو القيعان التي تمر أمامك في الثانية الواحدة. وبالمطابقة نفسها يكون تردد الموجة الطولية هو عدد التضاعطات أو التخلخلات التي تمر أمامك في الثانية الواحدة.

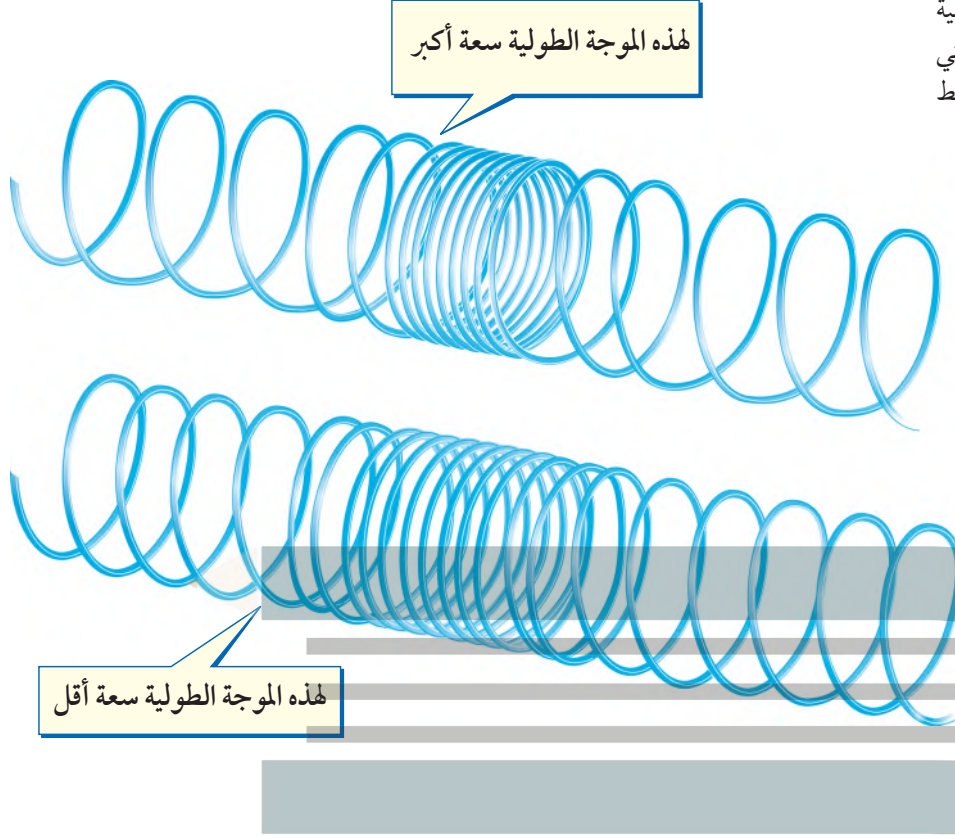
سعة الموجة المستعرضة للموجة خاصية أخرى تسمى السعة. افترض أنك حركت نهاية الحبل الحرة إلى أعلى وإلى أسفل مسافة كبيرة، فإنك بذلك تكون قد أحدثت موجة مستعرضة، فيها قمم عالية وقيعان عميقة، أي أن الموجة التي أنتجتها موجة كبيرة السعة. والسعة هي نصف المسافة العمودية بين القمة والقاع، كما في الشكل ٥. وبزيادة المسافة بين القمة والقاع تزداد سعة الموجة.

تعتمد سعة الموجة المستعرضة على ارتفاع القمة وانخفاض القاع.

الشكل ٥



الشكل ٦ تعتمد سعة الموجة الطولية على كثافة المادة التي يحدث فيها التضاغط والتخلخل.



سعة الموجة الطولية تعتمد سعة الموجة الطولية على كثافة المادة في موقعي التضاغط والتخلخل، كما في الشكل ٦؛ فالموجات الطولية الكبيرة السعة تكون التضاغطات فيها أكثر تقاربًا، والتخلخلات أكثر تباعدًا بعضها عن بعض، مختلفة بذلك عن الموجة الطولية القليلة السعة؛ فاقتراب الحلقات في النابض المضغوط بعضها من بعض أكثر يسبب زيادة في تباعد الحلقات المجاورة لها أكثر.

ماذا قرأت؟ ما المقصود بسعة الموجة الطولية؟

السعة والطاقة المسافة بين مركزي تضاغط وتخلخل متتاليين الطاقة التي تحملها مسافة أكبر لتوليد موجة مستعرضة في الجبل فإنك تنقل طاقة أكبر للموجة. ولأن الموجات الزلزالية الناتجة عن اهتزاز القشرة الأرضية تسبب الزلزال فإنه كلما زادت طاقة الموجات الزلزالية زادت سعتها وزاد الدمار الذي تحدثه في أثناء انتقالها على سطح الأرض.

مسائل تدريبية:

ج1: المعطيات: الطول الموجي = 0.55 مترا

التردد = 0.6 هرتز

المطلوب: سرعة الموجة ع = ؟ م / ث

الحل: ع = $0.55 \times 6 = 3.3$ م / ث

ج2: المعطيات: التردد = 15000 هرتز

السرعة = 1500 م / ث

المطلوب: الطول الموجي = ؟ م

طول الموجة = ع / د = $1500 / 15000 = 0.1$ مترا

سرعة الموجة تعتمد سرعة الموجة على الوس

الموجات زاد عدد القمم أو القيعان التي تعبر نقطة
سرعة الموجة إذا علمت كلاً من ترددها وطولها

معادلة سرعة الموجة

سرعة الموجة (م / ث) = طولها الموجي (م)

ع = $\lambda \times د$ (م / ث)

حيث (ع) السرعة، و(د) التردد. والوحدة الدولية
والهرتز الواحد يعني اهتزازاً واحداً في كل ثانية
الثانية الواحدة (١ / ث). أما الحرف اليوناني λ (و)
الطول الموجي، ويقاس بالمتري.

حل معادلة بسيطة

تطبيق الرياضيات

سرعة الصوت: موجة صوتية ناتجة عن الرعد والبرق ترددها ٣٤ هرتز، وطولها الموجي ١٠ م. ما سرعة هذه الموجة؟

الحل:

١ المعطيات

الطول الموجي = ١٠ م

٢ المطلوب

التردد = ٣٤ هرتز
سرعة الموجة ع = ؟ م / ث

٣ طريقة الحل

عوض بالقيم المعلومة لكل من التردد والطول الموجي في المعادلة:

ع = $\lambda \times د = (١٠ م) \times (٣٤ هرتز) = ٣٤٠ م / ث$

٤ التحقق من الحل

قسّم الجواب على الطول الموجي ١٠ م. يجب أن تكون النتيجة هي التردد المعطى وهو ٣٤ هرتز.

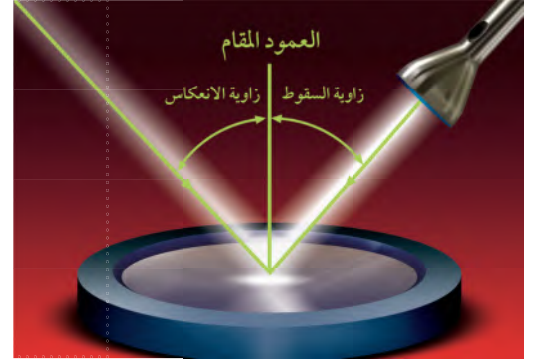
مسائل تدريبية

١. تنتشر موجة طولها ٥٥ م في وتر. إذا كان ترددها ٦٠ هرتز فما سرعتها؟

٢. موجة صوتية ترددها ١٥٠٠٠ هرتز، تنتشر في الماء بسرعة ١٥٠٠ م / ث. ما طولها الموجي؟

الأمواج تغير اتجاهها

لا تستمر الموجات في الحركة بخط مستقيم دائماً. فعندما تنظر إلى المرآة تجدها قد غيرت اتجاه الضوء الساقط عليها إلى اتجاهك، أي أن الضوء غير اتجاهه عندما سقط على المرآة. فالموجات تنعكس (ترتد) عندما تسقط على سطح عاكس، وقد تغير اتجاهها عندما تدخل وسطاً آخر (تنكسر)، وقد تنحني حول حواف الأجسام (يحدث لها حيود).



قانون الانعكاس عندما ترتد الموجات عن سطح عاكس تخضع دائماً لقانون الانعكاس، كما في الشكل ٧. فالخط الذي يصنع زاوية 90° مع السطح يسمى العمود المقام على السطح. وينص **قانون الانعكاس** Law of Reflection على أن الزاوية التي تصنعها الموجة الساقطة مع العمود المقام (وتسمى زاوية السقوط) تساوي الزاوية التي تصنعها الموجة المنعكسة مع هذا العمود (وتسمى زاوية الانعكاس).

الانكسار تعتمد سرعة الموجة على خصائص الوسط الناقل. فموجات الضوء مثلاً تنتشر في الهواء بسرعة أكبر من سرعتها في الماء. ويبين الشكل ٨ أن تغير سرعة الضوء كان سبباً في تغير اتجاه موجته. فعندما انتقلت موجة الضوء من الهواء إلى الماء تباطأت سرعتها، مما سبب تغير (انحراف) في اتجاه مسارها. **فالنكسار** Refraction هو تغير اتجاه الموجة عندما تتغير سرعتها؛ بسبب انتقالها من وسط إلى آخر.

تجربة

انكسار الضوء

الخطوات

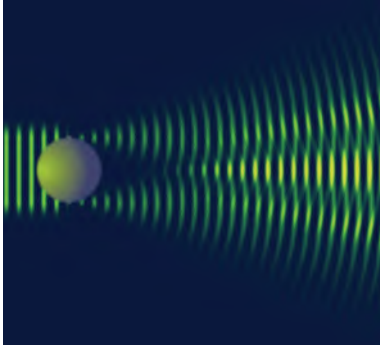
١. املاً كأساً زجاجية إلى نصفها بالماء.
٢. ضع قلم رصاص في الكأس، ثم صف ما تلاحظه.
٣. أضف المزيد من الماء برفق إلى الكأس، ثم صف كيف يتغير منظر القلم؟

التحليل

١. كيف يعتمد شكل القلم كما تراه على مستوى الماء في الكأس؟
٢. أين تتغير سرعة موجة الضوء القادمة من القلم؟
٣. استنتج ما علاقة شكل القلم - كما يبدو لك - بتغير سرعة الضوء؟

ج1: كلما ارتفع الماء في الكأس يزيد انكسار القلم
ج2: تتغير سرعة موجة الضوء عندما تجتاز السطح الفاصل بين الهواء والماء
ج3: يحدث انكسار للقلم عندما تتغير الموجة سرعتها وقد غيرت موجات الضوء اتجاهها عندما نقصت سرعتها نتيجة انتقالها من الهواء إلى الماء

الشكل ٨ يحدث الانكسار عندما تتغير الموجة سرعتها. وقد غيرت موجات الضوء اتجاهها عندما نقصت سرعتها نتيجة انتقالها من الهواء إلى الماء.



الشكل ٩ يعتمد حيود الموجة وانعطافها حول الجسم على حجم (أبعاد) الجسم وعلى طول الموجة.

الحيود تنحني الموجات عند الحواف بسبب ظاهرة **الحيود** Diffraction، وهو انعطاف الموجات حول حواف الأجسام. والشكل ٩ يبين أن الموجات لم تُحجَز تمامًا بسبب وجود جسم في مسارها، ولكنها تجاوزته، وانعطفت حوله. ويعتمد مقدار الحيود على حجم الجسم مقارنة بطول الموجة. فعندما يكون العائق (أبعاد الجسم) أكبر كثيرًا من الطول الموجي يكون الحيود صغيرًا، وعندها يظهر ظل خلف الجسم بالنسبة إلى أبعاد الجسم عندما يصبح الطول الموجي

مع أبعاد الكثير من الأجسام ونتيجة لذلك فإنك تسمع ت لا تراهم.

ج1: الموجات تنقل الطاقة من جزيء إلى الجزيء المجاور

ج2: الموجات الطولية كبيرة السعة تكون أكثر تضاعفا في مناطق التضاعط وأكثر تخلخلا في مناطق التخلخل

ج3: سوف يقل الطول الموجي

ج4: الحجر الأثقل يمتلك طاقة حركية أكبر عندما يضرب الماء والطاقة الأكبر تولد أمواج ذات سعة أكبر

ج5: موجات الماء تسبب حركة الأنبوب الداخلي باتجاه الأعلى والأسفل

ج6: ع = طول الموجة × ترددها = 0.3 م/ث

ج7: طول الموجة = ع / د = 6 م

• بوصف الوجه بطولها الموجي وسعتها وترددها.

• تزداد الطاقة التي تنقلها الموجة بزيادة سعتها.

• سرعة الموجة ع تساوي طولها λ مضروباً في

ترددها، أي أن: $\lambda = ع$

• تغير الموجات اتجاهها بالانكسار والانعكاس والحيود.

اختبر نفسك

١. **حلل** كيف تنقل الموجة الطاقة من مكان إلى آخر دون أن تنقل معها المادة؟
٢. **فسر** كيف تتغير المسافات بين حلقات النابض عندما تزداد سعة الموجة الطولية المارة خلاله؟
٣. **توقع** كيف يتغير الطول الموجي لموجاتٍ عندما يزداد ترددها، مع بقاء سرعتها ثابتة؟
٤. **طبق** حِجران متماثلان، أحدهما ثقيل والثاني خفيف، أسقطا من ارتفاع واحد في بركة، وضح لماذا ينتج عن سقوط الحجر الأثقل موجاتٍ سعتها أكبر؟
٥. **التفكير الناقد** قارب سريع يولد موجات على سطح الماء، ويسحب أنبوباً عائماً، صف حركة الأنبوب عندما تمر به الموجات المتولدة خلف القارب.

تطبيق الرياضيات

٦. **حساب سرعة الموجات** احسب سرعة موجة طولها ٢,٠ م وترددها ١,٥ هرتز.
٧. **حساب الطول الموجي** احسب الطول الموجي لموجة سرعتها ٣,٠ م/ث وترددها ٥,٠ هرتز.