تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية

*للحصول على أوراق عمل لجميع الصفوف وجميع المواد اضغط هنا

https://almanahj.com/ae

* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الحادي عشر المتقدم اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/14

* للحصول على جميع أوراق الصف الحادي عشر المتقدم في مادة فيزياء ولجميع الفصول, اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/14physics

* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الحادي عشر المتقدم في مادة فيزياء الخاصة بـ الفصل الأول اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/14physics1

* لتحميل كتب جميع المواد في جميع الفصول للـ الصف الحادي عشر المتقدم اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/grade14

للحصول على جميع روابط الصفوف على تلغرام وفيسبوك من قنوات وصفحات: اضغط هنا

https://t.me/UAElinks_bot

الفصل 7

الاهتزازات والموجات

مسائل تدريبية

7–1 الحركة الدورية (صفحة 14–9)

صفحة 12

1. ما مقدار استطالة نابض عند تعليق جسم وزنه 18 N في نهايته إذا كان ثابت النابض له يساوي 56 N/m؟

$$F = kx$$

$$x = \frac{F}{k} = \frac{18\ \text{N}}{56\ \text{N/m}} = 0.32\ \text{m}$$

2. ما مقدار طاقة الوضع المرونية المخزّنة في نابض عند ضغطه مسافة 16.5 cm، إذا كان ثابت النابض له يساوي 144 N/m؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$$

$$= \frac{1}{2}(144\ \text{N/m})(0.165\ \text{m})^2 = 1.96\ \text{J}$$

3. ما المسافة التي يستطيلها نابض حتى يخزّن طاقة وضع مرونية مقدارها 48 J، إذا كان ثابت النابض له يساوي 256 N/m؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$$

$$x = \sqrt{\frac{2PE_{sp}}{k}} = \sqrt{\frac{(2)(48\ \text{J})}{256\ \text{N/m}}} = 0.61\ \text{m}$$

صفحة 13

4. ما طول بندول موجود على سطح القمر، حيث $g = 1.6\ \text{m/s}^2$ حتى يكون الزمن الدوري له 2.0 s؟

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$l = g\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = (1.6\ \text{m/s}^2)\left(\frac{2.0\ \text{s}}{2\pi}\right)^2 = 0.16\ \text{m}$$

5. إذا كان الزمن الدوري لبندول طوله 0.75 m يساوي 1.8 s على سطح أحد الكواكب، فما مقدار g على هذا الكوكب؟

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$g = l\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = (0.75\ \text{m})\left(\frac{2\pi}{1.8\ \text{s}}\right)^2 = 9.1\ \text{m/s}^2$$

مراجعة القسم

7–1 الحركة الدورية (صفحة 14–9)

صفحة 14

6. **قانون هوك** علّقت أجسام مختلفة الوزن بنهاية شريط مطاطي مثبت بخطاف، ثم رسمت العلاقة البيانية بين وزن الأجسام المختلفة واستطالة الشريط المطاطي. كيف تستطيع الحكم –اعتمادًا على الرسم البياني – ما إذا كان الشريط المطاطي يحقق قانون هوك أم لا؟

إذا كانت العلاقة البيانية خطيّة فإن الشريط المطاطي يحقق قانون هوك. أما إذا كانت العلاقة البيانية على شكل منحنى فإنه لا يحقق قانون هوك.

7. **البندول** ما مقدار التغير اللازم في طول بندول حتى يتضاعف زمنه الدوري إلى الضعف؟ وما مقدار التغير اللازم في طوله حتى يقل زمنه الدوري إلى نصف زمنه الدوري الأصلي؟

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

لذا فإن

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}}$$

لمضاعفة الزمن الدوري

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}} = 2$$

لذا فإن

$$\frac{l_2}{l_1} = 4$$

يجب مضاعفة طول البندول أربع مرات.

ولتقليل الزمن الدوري للبندول إلى النصف

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}} = \frac{1}{2}$$

لذا فإن

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{1}{4}$$

يجب تقليل طول البندول ليساوي طوله ربع طوله الأصلي.

تابع الفصل 7

8. **طاقة النابض** ما الفرق بين الطاقة المختزنة في نابض استطال 0.40 m والطاقة المختزنة في النابض نفسه عندما يستطيل 0.20 m؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$$
$$\frac{PE_1}{PE_2} = \frac{x_1^2}{x_2^2}$$
$$= \frac{(0.40\ \text{m})^2}{(0.20\ \text{m})^2} = 4.0$$

تكون الطاقة المختزنة أكبر أربع مرات عندما يستطيل النابض إلى 0.40 m.

9. **الرنين** إذا كانت عجلات سيارة غير متوازنة فسوف تهتز السيارة بقوة عند سرعة محدّدة، ولا يحدث ذلك عند سرعات أقل أو أكبر من هذه السرعة. فسّر ذلك.

عند تلك السرعة يقترب تردد دوران الإطار من التردد الطبيعي للسيارة؛ مما يؤدي إلى حدوث الرنين.

10. **التفكير الناقد** ما أوجه الشبه بين الحركة الدائرية المنتظمة والحركة التوافقية البسيطة؟ وما أوجه الاختلاف بينهما؟

الحركتان دوريتان إلا أنه في الحركة الدائرية المنتظمة لا تتناسب القوة التي تحدث التسارع مع الإزاحة. بالإضافة إلى أن الحركة التوافقية البسيطة تتحدث في بعد واحد. أما الحركة الدائرية المنتظمة فتتحدث في بعدين.

مسائل تدريبية

7–2 خصائص الموجات (صفحة 15–20)

صفحة 20

11. أطلق فادي صوتًا عاليًا في اتجاه جرف رأسي يبعد 465 m عنه، وسمع الصدى بعد 2.75 s. احسب مقدار:

a. سرعة صوت فادي في الهواء.

$$v = \frac{d}{t} = \frac{(2)(465\ \text{m})}{2.75\ \text{s}} = 338\ \text{m/s}$$

b. تردّد موجة الصوت إذا كان طولها الموجي يساوي 0.750 m.

$$v = \lambda f$$

لذا فإن

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{338\ \text{m/s}}{0.750\ \text{m}} = 451\ \text{Hz}$$

c. الزمن الدوري للموجة.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{451\text{Hz}} = 2.22\times10^{-3}\ \text{s}$$

12. إذا أردت زيادة الطول الموجي لموجات في حبل فهل تهز الحبل بتردد كبير أم بتردد صغير؟

تهز الحبل بتردد صغير؛ وذلك لأن الطول الموجي يتناسب عكسيًا مع التردد.

13. ولّد مصدرٌ في حبل اضطرابًا تردّده 6.00 Hz، فإذا كانت سرعة الموجة المستعرضة في الحبل 15.0 m/s، فما طولها الموجي؟

$$v = \lambda f$$

لذا فإن

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{15.0\ \text{m/s}}{6.00\ \text{Hz}} = 2.50\ \text{m}$$

14. تولّد خمس نبضات في خزان ماء كل 0.100 s، فإذا كان الطول الموجي للموجات السطحية 1.20 cm، فما مقدار سرعة انتشار الموجة؟

$$\frac{0.100\ \text{s}}{5\ \text{نبضات}} = 0.0200\ \text{s/نبضة}$$

لذا فإن

$$T = 0.0200\ \text{s}$$

$$\lambda = vT$$

لذا فإن

$$v = \frac{\lambda}{T}$$
$$v = \frac{1.20\ \text{cm}}{0.0200\ \text{s}}$$
$$= 60.0\ \text{cm/s}$$
$$= 0.600\ \text{m/s}$$

تابع الفصل 7

مراجعة القسم

2–7 خصائص الموجات (صفحة 20–15)

صفحة 20

15. **السرعة في أوساط مختلفة** إذا سحبت أحد طرفي نابض، هل تصل النبضة إلى طرفه الآخر في اللحظة نفسها؟ ماذا يحدث لو سحبت حبلاً؟ ماذا يحدث عند ضرب طرف قضيب حديدي؟ قارن بين سرعة انتقال النبضات في المواد الثلاث.

تحتاج النبضة إلى فترة زمنية حتى تصل إلى الطرف الآخر في كل حالة. ويكون انتقالها في الحبل أسرع منه في النابض. والنبضة الأسرع تكون في قضيب الحديد.

16. **خصائص الموجة** إذا ولّدت موجة مستعرضة في حبل عن طريق هزّ يدك وتحريكها من جانب إلى آخر، ثم بدأت تهزّ الحبل أسرع من دون تغيير المسافة التي تتحركها يدك، فماذا يحدث لكل من: السعة، والطول الموجي، والتردد، والزمن الدوري، وسرعة الموجة؟

لا يتغير كل من السعة والسرعة. إلا أن التردد يزداد. في حين يقل كل من الزمن الدوري والطول الموجي.

17. **الموجات تنقل الطاقة** افترض أنه طُلب إليك أنت وزميلك في المختبر توضيح أن الموجة المستعرضة تنقل الطاقة دون انتقال مادة الوسط، فكيف توضح ذلك؟

اربط قطعة من الصوف في مكان ما بالقرب من منتصف الحبل. ثم اطلب إلى زميلك أن يثبت أحد طرفي الحبل. ثم حرّك الحبل إلى أعلى وإلى أسفل لتوليد موجة مستعرضة. لاحظ أنه عندما تتحرك الموجة خلال الحبل فإن قطعة الصوف تتحرك إلى أعلى وإلى أسفل. ولكنها تبقى في المكان نفسه على الحبل.

18. **الموجات الطولية** صف الموجات الطولية. وما أنواع الأوساط التي تنقل الموجات الطولية؟

تهتزّ دقائق الوسط في الموجات الطولية في اتجاه موازٍ لاتجاه حركة الموجة. وتسمح الأوساط جميعها تقريبًا للموجات الطولية بالانتقال خلالها سواء أكانت أوساطًا صلبة أم سائلة أم غازية.

19. **التفكير الناقد** إذا سقطت قطرة مطر في بركة فستولّد موجات ذات سعات صغيرة. أما إذا قفز سبّاح في البركة فسيولّد موجات ذات سعات كبيرة. فلماذا لا تولّد الأمطار الغزيرة في أثناء العواصف الرعدية موجات ذات سعات كبيرة؟

تنتقل طاقة السبّاح إلى الموجة عبر مساحة صغيرة وخلال فترة زمنية قصيرة. في حين تنتشر طاقة حبات المطر على مساحة أوسع خلال فترة زمنية أكبر.

مراجعة القسم

3–7 سلوك الموجات (صفحة 25–21)

صفحة 25

20. **الموجات عند الحدود الفاصلة** أيّ خصائص الموجة الآتية لا تتغير عندما تمر الموجة خلال حد فاصل بين وسطين مختلفين: التردد، السعة، الطول الموجي، السرعة، الاتجاه؟

لا يتغير التردد. في حين يتغير كل من السعة والطول الموجي والسرعة عندما تعبر الموجة وسطًا جديدًا. أما الاتجاه فقد يتغير أو لا يتغير. وذلك اعتمادًا على الاتجاه الأصلي للموجة.

21. **انكسار الموجات** لاحظ الشكل 17–7a، وبين كيف يتغير اتجاه الموجة عندما تمر من وسط إلى آخر. وهل يمكن أن تعبر موجة في بعدين حدًّا فاصلاً بين وسطين دون أن يتغير اتجاهها؟ وضح ذلك.

نعم. إذا سقطت الموجة عموديًا على الحد الفاصل. أو إذا كان لها السرعة نفسها في الوسطين.

22. **الموجات الموقوفة** العلاقة بين عدد العقد وعدد البطون في موجة موقوفة في نابض مثبت الطرفين؟

يزيد عدد العقد دائمًا واحدة على عدد البطون.

23. **التفكير الناقد** هناك طريقة أخرى لفهم انعكاس الموجات، وهي أن تغطي الطرف الأيمن لكل رسم في الشكل 13a–7 بقطعة ورق، على أن يكون طرف الورقة موجودًا عند النقطة N (العقدة)، ثم تركز على الموجة الناتجة التي تظهر باللون الأزرق الغامق، وتلاحظ أنها تبدو مثل موجة منعكسة عن حد فاصل. فهل هذا الحد الفاصل حائط صلب أم ذو نهاية مفتوحة؟ كرّر هذا التمرين مع الشكل 13b–7.

الشكل 13a–7 يسلك سلوك جدار صلب؛ لأن الموجة المنعكسة منقلبة. أما الشكل 13b–7 فيسلك سلوك النهاية المفتوحة؛ لأن الحد الفاصل بطن. والموجة المنعكسة غير منقلبة.

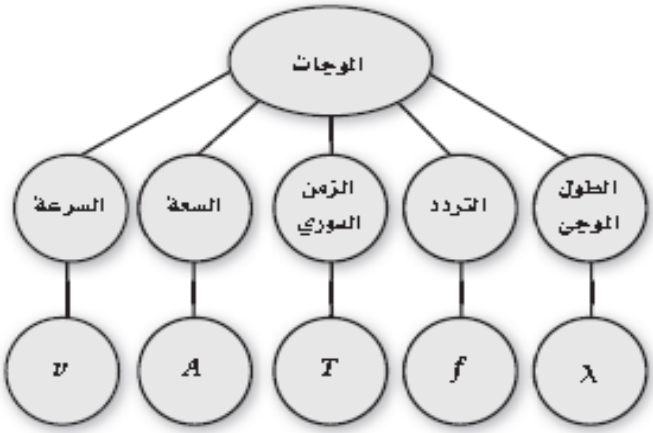
تابع الفصل 7

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 30

24. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات والرموز التالية: السعة، التردد، T, λ, v.



إتقان المفاهيم

صفحة 31–30

25. ما الحركة الدورية؟ أعط ثلاثة أمثلة عليها. (1–7)

الحركة الدورية حركة تعيد نفسها في دورة منتظمة. ومن الأمثلة عليها: اهتزاز نابض، وتأرجح بندول بسيط، والحركة الدائرية المنتظمة.

26. ما الفرق بين الزمن الدوري والتردد؟ وكيف يرتبطان؟ (1–7)

التردد هو عدد الدورات أو التكرارات في الثانية. والزمن الدوري هو الزمن الذي يستغرقه إكمال دورة واحدة. ويمثل التردد مقلوب الزمن الدوري.

27. إذا حقق نابض قانون هوك؛ فكيف يكون سلوكه؟ (1–7)

يتضغط النابض مسافة تتناسب طرديًا مع القوة المؤثرة فيه.

28. كيف يمكن أن نستخلص من رسم بياني للقوة والإزاحة لنابض ما قيمة ثابت النابض؟ (1–7)

ثابت النابض يساوي ميل العلاقة البيانية بين F و x.

29. كيف يمكن أن نستخلص من الرسم البياني للقوة والإزاحة طاقة الوضع في نابض ما؟ (1–7)

طاقة الوضع تساوي المساحة تحت منحنى العلاقة بين F و x.

30. هل يعتمد الزمن الدوري لبندول على كتلة ثقله؟ وهل يعتمد على طول خيطه؟ وعلامَ يعتمد الزمن الدوري للبندول أيضًا؟ (1–7)

لا يعتمد على كتلة ثقله. ويعتمد على طول خيطه. وتسارع الجاذبية الأرضية g.

31. ما الطرائق العامة لانتقال الطاقة؟ أعط مثالين على كل منها. (2–7)

طريقتان. تنتقل الطاقة بانتقال الجسيمات والموجات. وهناك أكثر من مثال على كل منهما؛ البيسبول والرصاصة لانتقال الجسيمات. وموجات الصوت والضوء لانتقال الموجات.

32. ما الفرق الرئيس بين الموجات الميكانيكية والموجات الكهرومغناطيسية؟ (2–7)

الاختلاف الرئيس هو أن الموجات الميكانيكية تحتاج إلى وسط ناقل لتنتقل خلاله. أما الموجات الكهرومغناطيسية فلا تحتاج إلى وسط ناقل.

33. ما الفروق بين كلٍّ من: الموجة المستعرضة، والموجة الطولية والموجة السطحية؟ (2–7)

تسبّب الموجات المستعرضة اهتزاز جسيمات الوسط في اتجاه عمودي على اتجاه انتشار الموجة. أما الموجات الطولية فتسبّب اهتزاز جسيمات الوسط في اتجاه موازٍ لاتجاه انتشار الموجة. أما الموجات السطحية فلها سمات الموجتين الطولية والمستعرضة.

34. ما الفرق بين النبضة الموجية والموجة الدورية؟ (2–7)

النبضة عبارة عن اضطراب مفرد في الوسط. أما الموجة الدورية فتتكون من عدة اضطرابات متجاورة.

35. انتقلت موجات خلال نابض طوله ثابت. أجب عن السؤالين التاليين: (2–7)

a. هل تتغير سرعة الموجات في النابض؟ وضح ذلك.

لا تتغير سرعة الموجات؛ لأنها تعتمد فقط على الوسط الناقل.

b. هل يتغير تردد الموجة في النابض؟ وضح ذلك.

يمكن تغيير التردد عن طريق تغيير تردد توليد الموجات.

36. افترض أنك ولّدت نبضة خلال حبل، فكيف تقارن موضع نقطة على الحبل قبل وصول النبضة بموضعها بعد مرور النبضة؟ (2–7)

بمجرد مرور النبضة فإن هذه النقطة تعود تمامًا كما كانت قبل وصول النبضة.

37. افترض أنك ولّدت موجة مستعرضة بهزّ أحد طرفي نابض جانبيًا، فكيف يكون تردد يدك مقارنة بتردد الموجة؟ (2–7)

يكونان متساويين.

38. متى تكون النقاط في موجة في الطور نفسه؟ ومتى تكون في حالة اختلاف في الطور؟ أعط مثالاً على كل حالة. (2–7)

تكون النقاط في الطور نفسه إذا كان لها الإزاحة نفسها والسرعة المتجهة نفسها. وخلاف ذلك تكون النقاط في حالة اختلاف في الطور. فمثلاً تكون قمتان في الموجة في الطور نفسه إحداهما بالنسبة إلى الأخرى. أما القمة والقاع فلا يكونان في الطور نفسه أحدهما بالنسبة إلى الآخر.

39. صف العلاقة بين سعة موجة والطاقة التي تحملها. (2–7)

تتناسب الطاقة التي تحملها الموجة طرديًا مع مربع سعتها.

40. عندما تمر موجة خلال حد فاصل بين حبل رفيع وآخر سميك، كما في الشكل 18–7، متتغير سرعتها وطولها الموجي، ولن يتغير ترددها. فسر لماذا يبقى التردد ثابتًا. (3–7)

■ الشكل 18–7

يعتمد التردد فقط على معدل اهتزاز الحبل الرفيع الذي يدور يؤدّي إلى اهتزاز الحبل السميك بالتردد نفسه.

41. ثُبتت شريحة فلزية رقيقة من مركزها، ونُثر عليها سكر. فإذا نقر على قوس بالقرب منها فإن أحد طرفيها يبدأ في الاهتزاز، ويبدأ السكر في التجمع في مساحات محدّدة، ويتحرك مبتعدًا عن مساحات أخرى. صف هذه المناطق بدلالة الموجات الموقوفة. (3–7)

المساحات الخالية هي مناطق البطون؛ حيث يكون فيها أكبر اهتزاز. أما المساحات التي يتجمّع فيها السكر فهي مناطق العقد التي لا يكون عندها اهتزاز.

42. إذا اهتز حبل مشكّلاً أربعة أجزاء أو أقسام فإنك تستطيع أن تلمس عددًا من النقاط عليه دون أن تحدث اضطرابًا في حركته. بيّن عدد هذه النقاط. (3–7)

تتكوّن موجة موقوفة. ويمكن أن تلمس الحبل عند أي نقطة من العقد الخمس.

43. مرّت مقدمات موجات بزاوية من وسط إلى آخر، وتحركت فيه بسرعة مختلفة. صف تغيرين في هذه المقدمات، وما الذي لم يتغير؟ (3–7)

يتغير كل من الطول الموجي واتجاه مقدمات الموجة. أما التردد فلا يتغير.

تطبيق المفاهيم

صفحة 31

44. تهتز كرة إلى أعلى وإلى أسفل عند طرف نابض مثبت رأسيًا. صف تغيرات الطاقة التي تحدث خلال دورة كاملة. وهل تغيرت الطاقة الميكانيكية الكلية؟

تكون طاقة الوضع المرونية عند أسفل الحركة عند قيمتها العظمى. وطاقة الوضع الجاذبية عند قيمتها الصغرى. والطاقة الحركية صفرًا. أما عند وضع الاتزان فتكون الطاقة الحركية (KE) عند قيمتها العظمى. وطاقة الوضع المرونية صفرًا. أما عند أعلى نقطة في مسار الحركة – لحظة الارتداد إلى أسفل –فتكون الطاقة الحركية (KE) صفرًا. وتكون كل من طاقة الوضع الجاذبية وطاقة الوضع المرونية عند قيمتها العظمى. وتكون الطاقة الميكانيكية الكلية محفوظة.

45. هل يمكن استخدام ساعة بندول في محطة فضائية دولية تتحرك في مدارها؟ وضح ذلك.

لا. تكون المحطة الفضائية في حالة سقوط حر. لذا تكون القيمة الظاهرية لثابت الجاذبية g صفرًا. ولا يتأرجح البندول.

46. افترض أنك أمسكت قضيبًا فلزيًا طوله 1 m، وضربت أحد طرفيه بمطرقة، في اتجاه موازٍ لطوله أولاً، ثم في اتجاه يصنع زاوية قائمة مع طوله ثانيًا. صف الموجات المتولّدة في الحالتين.

تتولّد في الحالة الأولى موجات طولية؛ أما في الحالة الثانية فتتولّد موجات مستعرضة.

47. افترض أنك غمست إصبعك بشكل متكرّر في حوض مملوء بالماء لتوليد موجات دائرية، فماذا يحدث لطول الموجة إذا حركت إصبعك بسرعة؟

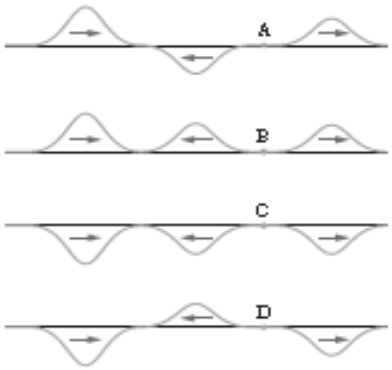
يزداد تردد الموجات وتبقى السرعة نفسها ويقل الطول الموجي.

48. افترض أنك أحدثت نبضة واحدة في نابض مشدود، فما الطاقة التي يتطلبها إحداث نبضة لها ضعف السعة؟

أربعة أضعاف الطاقة تقريبًا.

تابع الفصل 7

49. تكون النبضة اليسرى في كل واحدة من الموجات الموضحة في الشكل 19–7 أدناه هي النبضة الأصلية، وتتحرك إلى اليمين، وتكون النبضة التي في المركز هي النبضة المنعكسة، بينما تكون النبضة اليمنى هي النبضة النافذة. صف صلابة الحد الفاصل عند النقاط A، B، C، D.



■ الشكل 19–7

يكون كل من الحدين الفاصلين A و D أكثر صلابة؛ أما الحدان الفاصلان B و C فيكونان أقل صلابة.

إتقان حل المسائل

صفحة 32–31

1–7 الحركة الدورية

صفحة 32–31

50. ماصّات الصدمات: إذا كان ثابت كل نابض من نوابض سيارة وزنها 1200 N يساوي 25000 N/m. فكم يضغط كل نابض إذا حُمّلت السيارة بربع وزنها؟

$$F = kx$$

لذا فإن

$$x = \frac{F}{k}$$

$$x = \frac{\left(\frac{1}{4}\right)(1200\ \text{N})}{25000\ \text{N/m}} = 0.012\ \text{m}$$

51. إذا امتطال نابض مسافة 0.12 m عندما علّق في أسفله عدد من التفاحات وزنها 3.2 N كما في الشكل 20–7، فما مقدار ثابت النابض؟

■ الشكل 20–7

$$F = kx$$

لذا فإن

$$k = \frac{F}{x} = \frac{3.2\ \text{N}}{0.12\ \text{m}}$$

$$= 27\ \text{N/m}$$

52. قاذفة الصواريخ تحتوي لعبة قاذفة الصواريخ على نابض ثابته يساوي 35 N/m. ما المسافة التي يجب أن ينضغطها النابض حتى يخزّن طاقة مقدارها 1.5 J؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$$

لذا فإن

$$x = \sqrt{\frac{2PE_{sp}}{k}} = \sqrt{\frac{(2)(1.5\text{J})}{35\ \text{N/m}}}$$

$$= 0.29\ \text{m}$$

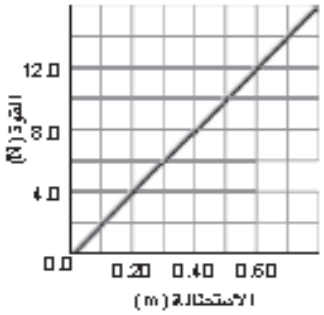
53. ما مقدار طاقة الوضع المختزنة في نابض عندما يستطيل مسافة 16 cm علمًا بأن مقدار ثابته يساوي 27 N/m؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$$

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}(27\ \text{N/m})(0.16)^2$$

$$= 0.35\text{J}$$

54. يبين **الشكل 21–7** العلاقة البيانية بين القوة المؤثرة في نابض ومقدار استطالته. احسب مقدار:



■ **الشكل 21–7**

a. ثابت النابض.

$$k = \text{الميل}$$
$$= \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{12.0\,\text{N} - 4.0\,\text{N}}{0.6\,\text{m} - 0.2\,\text{m}} = 20\,\text{N/m}$$

b. الطاقة المختزنة في النابض عندما يستطيل ويصبح طوله $0.50\,\text{m}$.

$$PE_{sp} = \text{المساحة} = \frac{1}{2}bh$$
$$= \left(\frac{1}{2}\right)(0.50\,\text{m})(10.0\,\text{N}) = 2.50\,\text{J}$$

2–7 خصائص الموجات

صفحة 32

55. موجات المحيط إذا كان طول موجة محيطية $12.0\,\text{m}$، وتمر بموقع ثابت كل $3.0\,\text{s}$، فما سرعة الموجة؟

$$v = \lambda f = \lambda\left(\frac{1}{T}\right) = (12.0\,\text{m})\left(\frac{1}{3.0\,\text{s}}\right) = 4.0\,\text{m/s}$$

56. تنتقل موجة ماء في بركة مسافة $3.4\,\text{m}$ في $1.8\,\text{s}$. فإذا كان الزمن الدوري للاهتزازة الواحدة يساوي $1.1\,\text{s}$، فاحسب مقدار:

a. سرعة موجات الماء.

$$v = \frac{d}{t} = \frac{3.4\,\text{m}}{1.8\,\text{s}} = 1.9\,\text{m/s}$$

b. الطول الموجي لهذه الموجات.

$$\lambda = \frac{v}{f} = vT$$
$$= (1.9\,\text{m/s})(1.1\,\text{s}) = 2.1\,\text{m}$$

57. **السونار** يرسل سونار (جهاز يكشف المواقع تحت سطح الماء عن طريق الصدى) في الماء إشارة ترددها $1.00\times10^{6}\,\text{Hz}$ وطولها الموجي يساوي $1.50\,\text{mm}$. احسب مقدار:

a. سرعة الإشارة في الماء.

$$v = \lambda f$$
$$= (1.50\times10^{-3}\,\text{m})(1.00\times10^{6}\,\text{Hz})$$
$$= 1.50\times10^{3}\,\text{m/s}$$

b. الزمن الدوري للإشارة في الماء.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1.00\times10^{6}\,\text{Hz}}$$
$$= 1.00\times10^{-6}\,\text{s}$$

c. الزمن الدوري للإشارة في الهواء.

$$1.00\times10^{-6}\,\text{s}$$

الزمن الدوري والتردد لا يتغيران.

58. جلس عمر وطارق بعد السباحة على شاطئ بركة، وقدّرا المسافة الفاصلة بين قاع الموجة السطحية وقمتها بمقدار $3.0\,\text{m}$، فإذا عدّا 12 قمة مرت بالشاطئ خلال $20.0\,\text{s}$، فاحسب سرعة انتشار الموجات.

$$\lambda = (2)(3.0\,\text{m}) = 6.0\,\text{m}$$
$$f = \frac{(12\ \text{موجة})}{20.0\,\text{s}} = 0.60\,\text{Hz}$$
$$v = \lambda f$$
$$= (6.0\,\text{m})(0.60\,\text{Hz})$$
$$= 3.6\,\text{m/s}$$

59. **الزلازل** إذا كانت سرعة الموجات المستعرضة الناتجة عن زلزال $8.9\,\text{km/s}$ وسرعة الموجات الطولية $5.1\,\text{km/s}$، ومسجّل جهاز السيزموجراف زمن وصول الموجات المستعرضة قبل وصول الموجات الطولية بـ $68\,\text{s}$، فكم يبعد مركز الزلزال؟

نبدأ بالمعادلة $d = vt$. ونحن لا نعلم مقدار الزمن t. ولكننا نعلم مقدار الفرق في الزمن Δt فقط. المسافة التي قطعتها الموجات المستعرضة $d_T = v_T t$ تساوي المسافة التي قطعتها الموجات الطولية $d_L = v_L(t + \Delta t)$. استخدم المعادلة الآتية وحلها بالنسبة إلى t،

$$v_T t = v_L(t + \Delta t)$$

$$t = \frac{v_L \Delta t}{v_T - v_L}$$

$$t = \frac{(5.1\ \text{km/s})(68\ \text{s})}{8.9\ \text{km/s} - 5.1\ \text{km/s}} = 91\ \text{s}$$

ثم عوض قيمة t في المعادلة الاتية:

$$d_T = v_T t = (8.9\ \text{km/s})(91\ \text{s})$$

$$= 8.1 \times 10^2\ \text{km}$$

3–7 سلوك الموجات

صفحة 32

60. إذا كانت سرعة الموجة في وتر طوله 63 cm تساوي 265 m/s، وقد حرّكته من مركزه بسحبه إلى أعلى ثم تركته، فتحرّكت نبضة في الاتجاهين، ثم انعكست النبضتان عند نهايتي الوتر:

a. فما الزمن الذي تحتاج إليه النبضة حتى تصل طرف الوتر ثم تعود إلى مركزه؟

$$d = \frac{(2)(63\ \text{cm})}{2} = 63\ \text{cm}$$

لذا فإن

$$t = \frac{d}{v} = \frac{0.63\ \text{m}}{265\ \text{m/s}} = 2.4 \times 10^{-3}\ \text{s}$$

b. هل يكون الوتر أعلى موضع سكونه أم أسفله عندما تعود النبضتان؟

تنقلب النبضات عندما تنعكس عن وسط أكثر كثافة. لذا يكون اتجاه النبضة المنعكسة إلى أسفل.

c. إذا حرّكت الوتر من نقطة تبعد 15 cm عن أحد طرفيه فأين تلتقي النبضتان؟

15 cm من الطرف الاخر. حيث المسافات المقطوعة هي نفسها.

مراجعة عامة

صفحة 33–32

61. ما الزمن الدوري لبندول طوله 1.4 m؟

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{1.4\ \text{m}}{9.80\ \text{m/s}^2}}$$

$$= 2.4\ \text{s}$$

62. موجات الراديو تبث إشارات راديو Am بترددات بين 550 kHz و 1600 kHz وتنتقل بسرعة 3.00×10^8 m/s، أجب عما يلي:

a. ما مدى الطول الموجي لهذه الإشارات؟

$$v = \lambda f$$

$$\lambda_1 = \frac{v}{f_1} = \frac{3.00 \times 10^8\ \text{m/s}}{5.5 \times 10^5\ \text{Hz}}$$

$$= 550\ \text{m}$$

$$\lambda_2 = \frac{v}{f_2} = \frac{3.00 \times 10^8\ \text{m/s}}{1.6 \times 10^6\ \text{Hz}}$$

$$= 190\ \text{m}$$

المدى من 190 m إلى 550 m.

b. إذا كان مدى ترددات FM بين 88 MHz (ميجا Hz) و108 MHz وتنتقل بالسرعة نفسها، فما مدى الطول الموجي لموجات FM؟

$$v = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3.00 \times 10^8\ \text{m/s}}{8.8 \times 10^7\ \text{Hz}}$$

$$= 3.4\ \text{m}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3.00 \times 10^8\ \text{m/s}}{1.08 \times 10^8\ \text{Hz}}$$

$$= 2.78\ \text{m}$$

المدى من 2.78 m إلى 3.4 m.

63. **القفز بالحبل المطاطي** قفز لاعب من منطاد على ارتفاع عالٍ بواسطة حبل نجاة قابل للاستطالة طوله 540 m، وعند اكتمال القفزة كان اللاعب معلقًا بالحبل الذي أصبح طوله 1710 m. ما مقدار ثابت التابض لحبل النجاة إذا كانت كتلة اللاعب 68 kg؟

$$k = \frac{F}{x} = \frac{mg}{x} = \frac{(68\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}{1710\ \text{m} - 540\ \text{m}} = 0.57\ \text{N/m}$$

64. **تأرجح جسر** يتأرجح طارق وحسن على جسر بالحبال فوق أحد الأنهار، حيث يربطان حبالهما عند إحدى نهايتي الجسر ويتأرجحان عدة دورات جيئة وذهابًا، ثم يسقطان في النهر. أجب عن الأسئلة التالية:

a. إذا استخدم طارق حبلًا طوله 10.0 m، فما الزمن الذي يحتاج إليه حتى يصل قمة الدورة في الجانب الآخر من الجسر؟

التأرجح إلى قمة الدورة $= \frac{1}{2}T$

$$= \pi\sqrt{\frac{l}{g}} = \pi\sqrt{\frac{10.0\text{ m}}{9.80\text{ m/s}^2}} = 3.17\text{ s}$$

b. إذا كانت كتلة حسن تزيد 20 kg على كتلة طارق، فكم تتوقع أن يختلف الزمن الدوري لحسن عما هو لطارق؟

لن يكون هناك اختلاف. فالزمن الدوري T لا يتأثر بالكتلة.

c. أي نقطة في الدورة تكون عندها KE أكبر ما يمكن؟

عند أسفل التأرجح.

d. أي نقطة في الدورة تكون عندها PE أكبر ما يمكن؟

عند قمة التأرجح.

e. أي نقطة في الدورة تكون عندها KE أقل ما يمكن؟

عند قمة التأرجح.

f. أي نقطة في الدورة تكون عندها PE أقل ما يمكن؟

عند أسفل التأرجح.

65. **نوابض السيارات:** إذا أُضيفت حمولة مقدارها 45 kg إلى صندوق سيارة صغيرة جديدة، ينضغط النابضان الخلفيان مسافة إضافي مقدارها 1.0 cm، احسب مقدار:

a. ثابت النابض لكل من النابضين الخلفيين.

$$F = mg = (45\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2) = 440\text{ N}$$

لذا تساوي القوة المؤثرة في كل نابض 220 N.

$$F = kx$$

لذا فإن

$$k = \frac{F}{x}$$

$$k = \frac{220\text{ N}}{0.010\text{ m}} = 22000\text{ N/m}$$

b. طاقة الوضع الإضافية المختزنة في كل من النابضين الخلفيين بعد تحميل صندوق السيارة.

$$PE = \frac{1}{2}kx^2$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(22000\text{ N/m})(0.010\text{ m})^2 = 1.1\text{ J}$$

التفكير الناقد

صفحة 4 – 33

66. حلّل واستنتج إذا لزمت قوة مقدارها 20 N لإحداث استطالة في نابض مقدارها 0.5 m، فأجب عما يلي:

a. ما مقدار ثابت النابض؟

$$F = kx$$

لذا فإن

$$k = \frac{F}{x} = \frac{20\text{ N}}{0.5\text{ m}} = 40\text{ N/m}$$

b. ما مقدار الطاقة المختزنة في النابض؟

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$$

$$= \frac{1}{2}(40\text{ N/m})(0.5\text{ m})^2 = 5\text{ J}$$

c. لماذا لا يكون الشغل المبذول لإطالة النابض مساويًا لحاصل ضرب القوة في المسافة، أو 10 J؟

القوة غير ثابتة في أثناء انضغاط النابض. ويُعطي حاصل ضرب متوسط القوة 10 N في المسافة الشغل الصحيح.

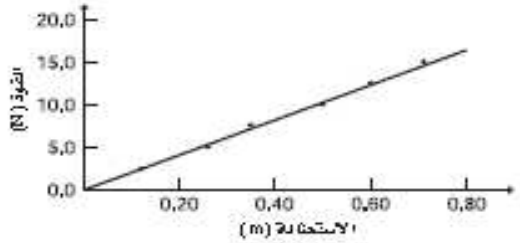
67. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها عُلّقت عدة كتل في نهاية نابض، وقيست الزيادة في طول النابض. ويبين الجدول 1–7 المعلومات التي تم الحصول عليها.

الجدول 1 – 7

الأوزان المعلقة في النابض

القوة F(N)	الاستطالة x(m)
2.5	0.12
5.0	0.26
7.5	0.35
10.0	0.50
12.5	0.60
15.0	0.71

a. مثّل بيانيًا القوة المؤثرة في النابض مقابل الاستطالة فيه، على أن ترسم القوة على المحور y.



b. احسب ثابت النابض من الرسم البياني.

ثابت النابض يساوي الميل.

$$k = \text{الميل} = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{15.0\text{ N} - 2.5\text{ N}}{0.71\text{ m} - 0.12\text{ m}} = 21\text{ N/m}$$

c. استخدم الرسم البياني في إيجاد طاقة الوضع المرونية المختزنة في النابض عندما يستطيل مسافة 0.50 m

طاقة الوضع المرونية تساوي المساحة تحت المنحنى.

$$PE_{sp} = \text{المساحة} = \frac{1}{2}bh$$

$$= \frac{1}{2}(0.50\text{ m})(10.0\text{ N}) = 2.5\text{ J}$$

68. تطبيق المفاهيم تتكون تموجات ترابية في الغالب على الطرق الترابية، ويكون بعضها متباعدًا عن بعض بصورة منتظمة، كما تكون هذه التموجات عمودية على الطريق كما في الشكل 22–7. وينتج هذا التموج بسبب حركة معظم السيارات بالسرعة نفسها واهتزاز النوابض المتصلة بعجلات السيارة بالتردد نفسه. فإذا كان بعد التموجات بعضها عن بعض 1.5 m، وتتحرك السيارات على هذا الطريق بسرعة 5 m/s، فما تردد اهتزاز نوابض السيارة؟

■ الشكل 22–7

$$v = \lambda f$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{5\text{ m/s}}{1.5\text{ m}} = 3\text{ Hz}$$

الكتابة في الفيزياء

صفحة 34

69. بحث درس العالم كرستيان هيجنز في الموجات، وحدث خلاف بينه وبين نيوتن حول طبيعة الضوء. قارن بين تفسير كل منهما لظواهر الانعكاس والانكسار. أيّ النموذجين تؤيد؟ ولماذا؟

وضع هيجنز النظرية الموجية للضوء. أما نيوتن فقد وضع النظرية الجسيمية للضوء. ويمكن تفسير قانون الانعكاس باستخدام النظريتين. أما في تفسير قانون الانكسار فهما متناقضتان.

مراجعة تراكمية

صفحة 34

70. تقطع سيارة سباق كتلتها 1400 kg مسافة 402 m خلال 9.8 s. فإذا كانت سرعتها النهائية 112 m/s، فأجب عما يلي: (الفصل 4)

a. ما مقدار الطاقة الحركية النهائية للسيارة؟

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$KE = \left(\frac{1}{2}\right)(1400\,\text{kg})(112\,\text{m/s})^2$$

$$= 8.8\times10^6\,\text{J}$$

b. ما أقل مقدار من الشغل يبذله محرك السيارة؟ ولماذا لا يمكنك حساب مقدار الشغل الكلي المبذول؟

أقل مقدار من الشغل يجب أن يساوي الطاقة الحركية (KE)، أي 8.8×10^6 J. ويبذل المحرك شغلا أكبر للتعويض عن الشغل الضائع ضد قوة الاحتكاك.

c. ما مقدار التسارع المتوسط للسيارة؟

$$\overline{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\overline{a} = \frac{112\,\text{m/s}}{9.8\,\text{s}} = 11\,\text{m/s}^2$$

مسألة تحفيز

صفحة 14

سيارة كتلتها m(kg) تستقر على قمة تل ارتفاعه h(m) قبل أن تهبط على طريق عديم الاحتكاك في اتجاه حاجز تصادم عند أسفل التل. فإذا احتوى حاجز التصادم على نابض مقدار ثابته يساوي k(N/m) مصمَّم على أن يوقف السيارة بأقل الأضرار.

1. بيّن أقصى مسافة x ينضغطها النابض عندما تصطدم به السيارة بدلالة m و h و k و g.

يشير مبدأ حفظ الطاقة إلى أن طاقة الوضع الجاذبية للسيارة عند أعلى التل تساوي طاقة الوضع المرونية في النابض عندما يتسبّب النابض في توقف السيارة. وبمساواة معادلتي هاتين الطاقتين وحلّهما بالنسبة إلى المتغير x ينتج:

$$PE_g = PE_{\text{نابض}}$$

لذا فإن

$$mgh = \frac{1}{2}kx^2$$

$$x = \sqrt{\frac{2mgh}{k}}$$

2. كم ينضغط النابض إذا هبطت السيارة من قمة تل ارتفاعه ضعف ارتفاع التل السابق؟

تضاعف الارتفاع. ولما كانت x تتناسب مع الجذر التربيعي للارتفاع. لذا؛ ستزداد قيمة x بمقدار $\sqrt{2}$.

3. ماذا يحدث بعد أن تتوقف السيارة؟

في حالة النابض المثالي، سيدفع النابض السيارة إلى أعلى التل.

الفصل
8 الصوت

مسائل تدريبية

8-1 خصائص الصوت والكشف عنه (صفحة 37-44)

صفحة 39

1. ما الطول الموجي لموجة صوتية ترددها 18 Hz تتحرك في هواء درجة حرارته (20°C)؟ (يُعد هذا التردد من أقل الترددات التي يمكن للأذن البشرية سماعها).

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343\ \text{m/s}}{18\ \text{Hz}} = 19\ \text{m}$$

2. إذا وقفت عند طرف وادٍ وصرخت، وسمعت الصدى بعد مرور 0.80 s، فما عرض هذا الوادي؟

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

لذا فإن

$$d = vt = (343\ \text{m/s})(0.40\ \text{s}) = 140\ \text{m}$$

3. تنتقل موجة صوتية ترددها 2280 Hz وطولها الموجي 0.655 m، في وسط غير معروف. حدّد نوع الوسط.

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

لذا فإن

$$v = \lambda f = (0.655\ \text{m})(2280\ \text{Hz}) = 1490\ \text{m/s}$$

وتقابل هذه السرعة سرعة الصوت في الماء عند 25°C.

صفحة 43

4. افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة 25.0 m/s في اتجاه صفارة إنذار. إذا كان تردد صوت الصفارة 365 Hz، فما التردد الذي تسمعه؟ علمًا بأن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s.

$$v = 343\ \text{m/s}, f_s = 365\ \text{Hz}, v_s = 0,$$

$$v_o = -25.0\ \text{m/s}$$

$$f_o = f_s\left(\frac{v - v_o}{v - v_s}\right) = (365\ \text{Hz})\left(\frac{343\ \text{m/s} + 25.0\ \text{m/s}}{343\ \text{m/s}}\right) = 392\ \text{Hz}$$

5. افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة 24.6 m/s، وتتحرك سيارة أخرى في اتجاهك بالسرعة نفسها. فإذا انطلق المنبه فيها بتردد 475 Hz، فما التردد الذي تسمعه؟ علمًا بأن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s.

$$v = 343\ \text{m/s}, f_s = 475\ \text{Hz}, v_s = +24.6\ \text{m/s}$$

$$v_o = -24.6\ \text{m/s}$$

$$f_o = f_s\left(\frac{v - v_o}{v - v_s}\right) = (475\ \text{Hz})\left(\frac{343\ \text{m/s} + 24.6\ \text{m/s}}{343\ \text{m/s} - 24.6\ \text{m/s}}\right) = 548\ \text{Hz}$$

6. تتحرك غوّاصة في اتجاه غوّاصة أخرى بسرعة 9.20 m/s، وتصدر موجات فوق صوتية بتردد 3.50 MHz. ما التردد الذي تلتقطه الغوّاصة الأخرى وهي ساكنة؟ علمًا بأن سرعة الصوت في الماء 1482 m/s.

$$v = 1482\ \text{m/s}, f_s = 3.50\ \text{MHz}$$

$$v_s = 9.20\ \text{m/s}, v_o = 0\ \text{m/s}$$

$$f_o = f_s\left(\frac{v - v_o}{v - v_s}\right) = (3.50\ \text{MHz})\left(\frac{1482\ \text{m/s}}{1482\ \text{m/s} - 9.20\ \text{m/s}}\right) = 3.52\ \text{MHz}$$

7. يرسل مصدر صوت موجات بتردد 262 Hz. ما السرعة التي يجب أن يتحرك بها المصدر لتزيد حدّة الصوت إلى 271 Hz؟ علمًا بأن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s.

$$v = 343\ \text{m/s}, f_s = 262\ \text{Hz}, f_o = 271\ \text{Hz}$$

$$v_o = 0\ \text{m/s}$$

أما v_s فهي كمية غير معروفة القيمة.

$$f_o = f_s\left(\frac{v - v_o}{v - v_s}\right)$$

حل المعادلة السابقة بالنسبة إلى v_s.

$$v_s = v - \frac{f_s}{f_o}(v - v_o) = 343\ \text{m/s} - \left(\frac{262\ \text{Hz}}{271\ \text{Hz}}\right)(343\ \text{m/s} - 0\ \text{m/s}) = 11.4\ \text{m/s}$$

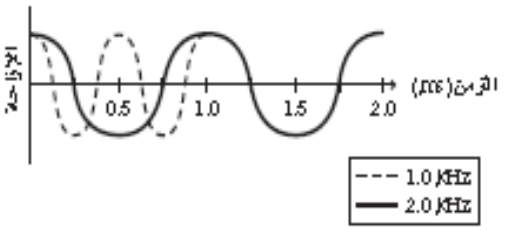
تابع الفصل 8

مراجعة القسم

1–8 خصائص الصوت والكشف عنه (صفحة 44–37)

صفحة 44

8. **رسم بياني** تتحرك طبلة الأذن إلى الخلف وإلى الأمام استجابة لتغيرات ضغط موجات الصوت. مثّل بيانيًا العلاقة بين إزاحة طبلة الأذن والزمن لدورتين لنغمة ترددها 1.0 kHz، ولدورتين لنغمة ترددها 2.0 kHz.



9. **تأثير الوسط** اذكر خصيصتين من خصائص الصوت تتأثران بالوسط الذي تتحرك فيه موجة الصوت، وخصيصتين من الخصائص التي لا تتأثر بالوسط.

الخصيصتان اللتان تتأثران: السرعة والطول الموجي. أما الخصيصتان اللتان لا تتأثران فهما الزمن الدوري والتردد.

10. **خصائص الصوت** ما الخصيصة الفيزيائية التي يجب تغييرها لموجة صوت حتى تتغير حدّة الصوت؟ وما الخصيصة التي يجب تغييرها حتى يتغير علوّ الصوت؟

التردد. السعة

11. **مقياس الديسبل** ما نسبة مستوى ضغط صوت جزازة العشب (110 dB) إلى مستوى ضغط صوت محادثة عادية (50 dB)؟

يزداد مستوى ضغط الصوت 10 مرات مقابل كل زيادة مقدارها 20 dB في مستوى الصوت، لذا فإن 60 dB تقابل زيادة مقدارها 1000 ضعف في مستوى ضغط الصوت.

12. **الكشف المبكر** كان الناس في القرن التاسع عشر يضعون آذانهم على مسار سكة الحديد ليترقّبوا وصول القطار. لماذا تُعد هذه الطريقة نافعة؟

إن سرعة الصوت في المواد الصلبة أكبر من سرعته في الغازات. لذا تنتقل موجات الصوت بسرعة أكبر في القضبان الفولاذية مقارنة بسرعة انتقالها في الهواء. وتساعد القضبان على عدم انتشار طاقة الموجات الصوتية على مساحة أكبر لذا لا يتلاشى الصوت بسرعة كما يحدث له في الهواء.

13. **الخفافيش** يرسل الخفاش نبضات صوت قصيرة بتردد عالٍ ويستقبل الصدى. ما الطريقة التي يميز بها الخفاش بين:

a. الصدى المرتد عن الحشرات الكبيرة والصدى المرتد عن الحشرات الصغيرة إذا كانت على البعد نفسه منه؟

سيختلفان في الشدة. حيث تعكس الحشرات الأكبر طاقة صوتية أكبر في اتجاه الخفاش.

b. الصدى المرتد عن حشرة طائرة مقتربة منه والصدى المرتد عن حشرة طائرة مبتعدة عنه؟

إن الحشرة التي تطير نحو الخفاش تعيد الصدى بتردد أكبر (انزياح دوبلر). أما الحشرة التي تطير مبتعدة عن الخفاش فستعيد الصدى بتردد أقل.

14. **التفكير الناقد** هل يستطيع شرطي يقف على جانب الطريق استخدام الرادار لتحديد سرعة سيارة في اللحظة التي تمر فيها أمامه؟ وضح ذلك.

لا. يجب أن تتحرك السيارة مقتربة أو مبتعدة عن المراقب لملاحظة تأثير دوبلر؛ حيث لا تنتج الحركة المستعرضة أي أثر لتأثير دوبلر.

مسائل تدريبية

2–8 الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار (صفحة 53–45)

صفحة 51

15. إذا وضعت شوكة رنانة تهتز بتردد 440 Hz فوق أنبوب مغلق، فأوجد الفواصل بين أوضاع الرنين عندما تكون درجة حرارة الهواء 20°C.

الفواصل بين أوضاع الرنين تساوي $\frac{\lambda}{2}$. وعند استخدام العلاقة التالية، $\lambda = \frac{v}{f}$ فإن الفواصل بين أوضاع الرنين تساوي:

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{v}{2f} = \frac{343\ \text{m/s}}{(2)(440\ \text{Hz})} = 0.39\ \text{m}$$

16. استخدمت شوكة رنانة تهتز بتردد 440 Hz مع عمود رنين لتحديد سرعة الصوت في غاز الهيليوم. فإذا كانت الفواصل بين أوضاع الرنين 110 cm، فما سرعة الصوت في غاز الهيليوم؟

الفواصل بين أوضاع الرنين $\frac{\lambda}{2} = 1.1\ \text{m}$

لذا فإن

$$\lambda = 2.2\ \text{m}$$

$$v = \lambda f = (2.2\ \text{m})(440\ \text{Hz}) = 970\ \text{m/s}$$

17. استخدم طالب عمود هواء عند درجة حرارة 27°C، ووجد فواصل بين أوضاع الرنين بمقدار 20.2 cm. ما تردد الشوكة الرنانة؟ استخدم سرعة الصوت في الهواء المحسوبة في المثال 2 عند درجة الحرارة 27°C.

$$v = 347\ \text{m/s}$$

وذلك عند 27 °C

ومن خلال الفواصل بين أوضاع الرنين نحصل على

$$\frac{\lambda}{2} = 0.202\ \text{m}$$

أو

$$\lambda = 0.404\ \text{m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{347\ \text{m/s}}{0.404\ \text{m}} = 859\ \text{Hz}$$

مراجعة القسم

2–8 الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار (صفحة 53–45)

صفحة 53

18. **مصادر الصوت** ما الشيء المهتز الذي ينتج الأصوات في كل مما يلي؟

a. الصوت البشري

الحبال الصوتية

b. صوت المذياع

غشاء رقيق (غشاء السماعة)

19. **الرنين في الأنابيب المفتوحة** ما النسبة بين طول الأنبوب المفتوح والطول الموجي للصوت لإنتاج الرنين الأول؟

طول الأنبوب يساوي نصف الطول الموجي.

20. **الرنين في الأوتار** يصدر وتر نغمة حادة ترددها 370 Hz. ما ترددات الإيقاعات الثلاثة اللاحقة الناتجة بهذه النغمة؟

إيقاعات الوتر تساوي أعدادا صحيحة مضروبة في التردد الأساسي. وعليه فإن ترددات الإيقاعات هي:

$$f_2 = 2f_1$$
$$= (2)(370\ \text{Hz})$$
$$= 740\ \text{Hz}$$

$$f_3 = 3f_1$$
$$= (3)(370\ \text{Hz})$$
$$= 1110\ \text{Hz}$$
$$= 1100\ \text{Hz}$$

$$f_4 = 4f_1$$
$$= (4)(370\ \text{Hz})$$
$$= 1480\ \text{Hz}$$
$$= 1500\ \text{Hz}$$

21. **الرنين في الأنابيب المغلقة** يبلغ طول أنبوب مغلق 2.40 m. ما تردد النغمة التي يصدرها هذا الأنبوب؟

$$\lambda = 4L$$
$$= (4)(2.40\ \text{m})$$
$$= 9.60\ \text{m}$$
$$\lambda = \frac{v}{f}$$
$$f = \frac{v}{\lambda}$$
$$= \frac{343\ \text{m/s}}{9.60\ \text{m}}$$
$$= 35.7\ \text{Hz}$$

22. **التفكير الناقد** اضرب شوكة رنانة بمطرقة مطاطية واحملها بحيث تكون ذراعك ممدودة، ثم اضغط بمقبضها على طاولة، وباب، وخزانة، وأجسام أخرى. فما الذي تسمعه؟ ولماذا؟

يتضخم صوت الشوكة الرنانة كثيرا عندما تضغط بمقبضها على أجسام أخرى؛ لأن هذه الأجسام تولد رنينا كالنوحات الصوتية. وتختلف الأصوات الناتجة من جسم إلى آخر؛ لأن كلا منها يولد رنينا مع ترددات وإيقاعات مختلفة؛ لذا يكون لها طابع صوت مختلف.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 58

23. أكمل الخريطة المفاهيمية أدناه باستخدام المصطلحات التالية: السعة، الإدراك، حدّة الصوت، السرعة.

إتقان المفاهيم

صفحة 58

24. ما الخصائص الفيزيائية لموجات الصوت؟ (1–8)

يمكن وصف الموجات الصوتية بواسطة التردد، والطول الموجي، والسعة، والسرعة.

25. عند قياس زمن الركض لمسافة 100 m يبدأ المراقبون عند خط النهاية تشغيل ساعات الإيقاف لديهم عند رؤيتهم دخانًا يتصاعد من المسدس الذي يشير إلى بدء السباق، وليس عند سماعهم صوت الإطلاق. فسّر ذلك. وما الذي يحدث لقياس زمن الركض إذا ابتدأ التوقيت عند سماع الصوت؟ (1–8)

ينتقل الضوء بسرعة $3.00\times10^8\ \text{m/s}$ في حين ينتقل الصوت في الهواء بسرعة 343 m/s. لذا سيرى المراقبون الدخان قبل سماع صوت إطلاق المسدس. وسيكون الزمن أقل من الزمن الفعلي لو اعتمد على سماع الصوت.

26. اذكر نوعين من أنواع إدراك الصوت والخصائص الفيزيائية المرتبطة معهما. (1–8)

الحدّة – التردد؛ العلو – السعة.

27. هل يحدث انزياح دوبلر لبعض أنواع الموجات فقط أم لجميع أنواع الموجات؟ (1–8)

لجميع أنواع الموجات.

28. الموجات فوق الصوتية موجات صوتية ترددتها أعلى من تلك التي تسمع بالأذن البشرية، وتنتقل هذه الموجات خلال الجسم البشري. كيف يمكن استخدام الموجات فوق الصوتية لقياس سرعة الدم في الأوردة أو الشرايين؟ وضح كيف تتغير الموجات لتجعل هذا القياس ممكنًا. (1–8)

يستطيع الأطباء قياس انزياح دوبلر من الصوت المنعكس عن خلايا الدم المتحركة. ولأن الدم يتحرك. لذا يحدث انزياح دوبلر لهذا الصوت. وتتقارب الانضغاطات أو تتباعد. مما يؤدي إلى تغيير تردد الموجة.

29. ما الضروري لتوليد الصوت وانتقاله؟ (2–8)

توافر جسم يهتز ووسط مادي.

30. **المشاة** عند وصول جنود المشاة في الجيش إلى جسر فإنهم يسيرون على الجسر بخطوات غير منتظمة. فسّر ذلك. (2–8)

عندما يسير الجنود بخطوات منتظمة ينشأ تردد معين يؤدي إلى اهتزاز الجسر بالتردد نفسه، أي يحدث رنين مع الجسر، مما يؤدي إلى زيادة سعة اهتزازه ومن ثم انهياره. ولا يكون هناك تضخيم لتردد معين عندما يسيرون بخطوات غير منتظمة.

تطبيق المفاهيم

صفحة 58–59

31. التقدير لتقدير المسافة بينك وبين وميض برق بالكيلومترات، عُدّ الثواني بين رؤية الوميض وسماع صوت الرعد، واقسم على 3. وضح كيف تعمل هذه القاعدة.

إن سرعة الصوت تساوي:

$$343\ m/s = 0.343\ km/s = (1/2.92)\ km/s$$

أو ينتقل الصوت تقريبًا 1 km خلال 3 s؛ لذا اقسم عدد الثواني على 3. أما بالنسبة إلى وحدة الميل فإن الصوت ينتقل تقريبًا 1 mile خلال زمن مقداره 5 s؛ لذا اقسم عدد الثواني على 5.

32. تزداد سرعة الصوت بمقدار 0.6 m/s لكل درجة سلسيوس عند ارتفاع درجة حرارة الهواء بمقدار درجة واحدة. ماذا يحدث لكل مما يلي بالنسبة لصوتٍ ما عند ارتفاع درجة الحرارة؟

a. التردد

لا يوجد تغير في التردد.

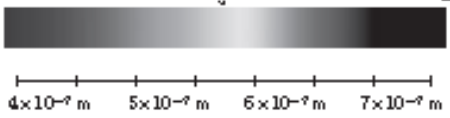
b. الطول الموجي

يزداد الطول الموجي.

33. **الأفلام** انفجر قمر اصطناعي في فيلم خيال علمي؛ حيث سمع الطاقم في مركبة فضائية قريبة من الانفجار صوته وشاهدوه فورًا. إذا اخترت مستشارًا فما الخطآن الفيزيائيان اللذان تلاحظهما وتعين عليك تصحيحهما؟

أولاً، إذا سمعت صوتًا فإنك ستسمعه بعد رؤيتك للانفجار؛ فموجات الصوت تنتقل أبطأ كثيرًا من الموجات الكهرومغناطيسية. ثانيًا، كثافة المادة في الفضاء قليلة جدًا. إلى الحد الذي لا تنتشر معه موجات الصوت لذا لن يسمع أي صوت.

34. الانزياح نحو الأحمر لاحظ الفلكيون أن الضوء القادم من المجرات البعيدة يبدو مزاحًا نحو الأحمر أكثر من الضوء القادم من المجرات القريبة. فسّر لماذا استنتج الفلكيون أن المجرات البعيدة تتحرك مبتعدة عن الأرض، اعتمادًا على الشكل 17–8 للطيف المرئي.



■ الشكل 17–8

للضوء الأحمر طول موجي أكبر. لذا فإن تردده أقل من تردد الألوان الأخرى. أما بالنسبة إلى انزياح دوبلر للضوء القادم من المجرات البعيدة نحو الترددات المنخفضة (اللون الأحمر) فيشير ذلك إلى أن تلك المجرات تتحرك مبتعدة عنا.

35. يبلغ مستوى صوت 40 dB. فهل تغيّر ضغطه أكبر 100 مرة من عتبة السمع، أم 40 مرة؟

للصوت 40 dB ضغط صوت أكبر 100 مرة.

36. إذا ازدادت حدّة الصوت، فما التغير الذي يحدث لكل مما يلي؟

a. التردد

يزداد التردد.

b. الطول الموجي

يقل الطول الموجي.

c. سرعة الموجة

تبقى سرعة الموجة نفسها.

d. سعة الموجة

تبقى السعة نفسها.

37. تزداد سرعة الصوت بازدياد درجة الحرارة. هل تزداد حدّة صوت أنبوب مغلق عند ارتفاع درجة حرارة الهواء أم تقل؟ افترض أن طول الأنبوب لا يتغير.

$\lambda = 4L$ و $v = \lambda f$. لذا فإن $v = 4fL$. إذا ازدادت v وبقيت L ثابتة فإن f تزداد. وتزداد حدّة الصوت أيضًا.

38. يولّد أنبوب مغلق نغمة معينة، فإذا أُزيلت السدادة من نهايته المغلقة ليصبح أنبوبًا مفتوحًا فهل تزداد حدّة الصوت أم تقل؟

تزداد حدّة الصوت؛ حيث يكون التردد أكبر بمقدار الضعف للأنبوب المفتوح مقارنة بالأنبوب المغلق.

إتقان حل المسائل

صفحة 61–59

1–8 خصائص الصوت والكشف عنه

صفحة 60–59

39. إذا سمعت صوت إطلاق قذيفة من مدفع بعيد بعد 5.0 s من رؤيتك للوميض فما بُعد المدفع عنك؟

$$d = vt = (343\ \text{m/s})(5.0\ \text{s}) = 1.7\ \text{km}$$

40. إذا صِحت في وادٍ وسمعت الصدى بعد 3.0 s، فما مقدار عرض الوادي؟

المسافة الكلية المقطوعة تساوي

$$d = vt = (343\ \text{m/s})(3.0\ \text{s})$$

أما المسافة بينك وبين الجانب الآخر للوادي فتساوي:

$$\frac{1}{2}(343\ \text{m/s})(3.0\ \text{s}) = 5.1\times10^{2}\ \text{m}$$

41. إذا انتقلت موجة صوت تردُّدها 4700 Hz في قضيب فولاذي، وكانت المسافة بين التضاغطات المتتالية هي 1.1 m، فما سرعة الموجة؟

$$v = \lambda f = (1.1\ \text{m})(4700\ \text{Hz}) = 5200\ \text{m/s}$$

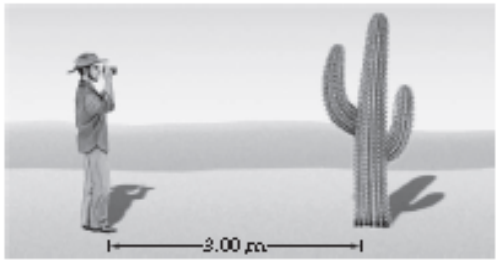
42. **الخفافيش** يرسل الخفاش موجات صوتية طولها الموجي 3.5 mm. ما تردد الصوت في الهواء؟

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343\ \text{m/s}}{0.0035\ \text{m}} = 9.8\times10^{4}\ \text{Hz}$$

43. ينتقل صوت تردده 261.6 Hz خلال ماء درجة حرارته 25°C. أوجد الطول الموجي لموجات الصوت في الماء. (لا تخلط بين الموجات الصوتية المتحركة خلال الماء والموجات السطحية المتحركة فيه).

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1493\ \text{m/s}}{261.6\ \text{Hz}} = 5.707\ \text{m}$$

44. **التصوير الفوتوجرافي** تحدّد بعض الكاميرات بُعد الجسم عن طريق إرسال موجة صوت وقياس الزمن الذي يحتاج إليه الصدى للعودة إلى الكاميرا، كما يبين **الشكل 18–8**. ما الزمن الذي تحتاج إليه موجة الصوت حتى تعود إلى الكاميرا إذا كان بعد الجسم عنها يساوي 3.00 m؟



■ **الشكل 18–8**

المسافة الكلية التي يجب أن يقطعها الصوت تساوي

$$6.00\ \text{m}$$

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

لذا فإن

$$t = \frac{d}{v} = \frac{6.00\ \text{m}}{343\ \text{m/s}} = 0.0175\ \text{s}$$

45. إذا كان الطول الموجي لموجات صوت ترددها 2.40×10^{3} Hz في ماء نقي هو 3.30 m فما سرعة الصوت في هذا الماء؟

$$v = \lambda f = (3.30\ \text{m})(2.40\times10^{3}\ \text{Hz})$$

$$= 7.92\times10^{3}\ \text{m/s}$$

46. ينتقل صوت تردّده 442 Hz خلال قضيب حديد. أوجد الطول الموجي لموجات الصوت في الحديد.

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{5130\ \text{m/s}}{442\ \text{Hz}} = 11.6\ \text{m}$$

47. **الطائرة النفاثة** يعمل موظف في المطار بالقرب من طائرة نفاثة على وشك الإقلاع، فتأثر بصوت مستواه 150 dB.

a. إذا وضع الموظف أداة حماية للأذن تخفض مستوى الصوت إلى حد صوت النشيد الوطني المدرسي فما مقدار الانخفاض في المستوى؟

إن مستوى صوت النشيد 110 dB. لذا يتطلب تخفيضا بمقدار 40 dB.

b. إذا سمع الموظف صوتًا مثل الهمس لا يكاد يُسمع إلا بصعوبة فما الذي يسمعه شخص لا يضع أداة الحماية على أذنيه؟

إن الهمس الذي يكاد يكون مسموعا له مستوى صوت 10 dB. لذا فإن المستوى الفعلي سيكون 50 dB. أو مماثلا لمستوى متوسط صوت طلاب صف دراسي.

48. **النشيد** تُنشد فرقة نشيد بصوت مستواه 80 dB. ما مقدار الزيادة في ضغط الصوت لفرقة أخرى تُنشد بالمستويات التالية؟

a. 100 dB

كل زيادة مقدارها 20 dB تؤدي إلى زيادة في الضغط مقدارها 10 مرات؛ لذا ينتج ضغط أكبر 10 مرات.

b. 120 dB

$10 \times 10 = 100$ ؛ أي 100 مرة ضغط أكبر

49. يهتز ملف نابضي للعبة بتردد 4.0 Hz بحيث تظهر موجات موقوفة بطول موجي 0.50 m. ما سرعة انتشار الموجة؟

$$v = \lambda f = (0.50\ \text{m})(4.0\ \text{s}^{-1}) = 2.0\ \text{m/s}$$

50. يجلس مشجع في مباراة كرة قدم على بُعد 152 m من حارس المرمى في يوم دافئ درجة حرارته 30.°C. احسب مقدار:

a. سرعة الصوت في الهواء عند درجة حرارة 30.°C

تزداد السرعة بمعدل 0.6 m/s لكل 1°C. لذا فإنه عند ارتفاع درجة الحرارة من 20°C حتى 30°C. تكون الزيادة في السرعة 6 m/s. لذا تصبح السرعة تساوي

$$343 + 6 = 349\ \text{m/s}$$

b. الزمن الذي يحتاج إليه المشجع ليسمع صوت ضرب الكرة بعد مشاهدته لضرب الحارس لها.

$$t = \frac{d}{v} = \frac{152\ \text{m}}{349\ \text{m}} = 0.436\ \text{s}$$

51. وقف شخص على بُعد d من جرف صخري، كما يبين **الشكل 19–8** فإذا كانت درجة الحرارة 15.°C، وصفّق الشخص بيديه فسمع صدى الصوت بعد 2.0 s، فما بُعد الجرف الصخري؟

■ **الشكل 19–8**

عند درجة حرارة 15°C تكون سرعة الصوت أبطأ بمقدار 3 m/s مقارنة بسرعة الصوت عند درجة حرارة 20°C؛ لذا فإن سرعة الصوت تصبح 340 m/s عند درجة الحرارة تلك.

$$v = 340\ \text{m/s}$$

$$2t = 2.0\ \text{s}$$

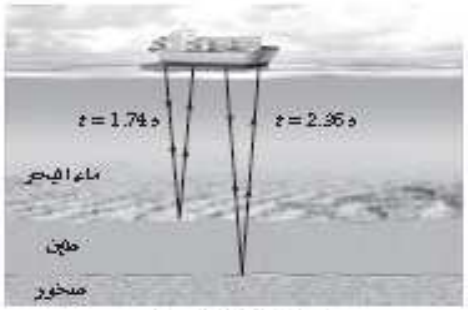
$$d = vt = (340\ \text{m/s})(1.0\ \text{s}) = 3.4 \times 10^2\ \text{m}$$

52. **التصوير الطبي** تستخدم موجات فوق صوتية بتردد 4.25 MHz للحصول على صور للجسم البشري. فإذا كانت سرعة الصوت في الجسم مماثلة لسرعته في الماء المالح وهي 1.50 km/s، فما الطول الموجي لموجة ضغط ترددها 4.25 MHz في الجسم؟

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1.50 \times 10^3\ \text{m/s}}{4.25 \times 10^6\ \text{Hz}}$$

$$= 0.353\ \text{mm}$$

53. السونار تمسح سفينة قاع المحيط بإرسال موجات سونار مباشرة من السطح إلى أسفل سطح الماء، كما يبين الشكل 20–8. وتستقبل السفينة الانعكاس الأول عن الطين عند القاع بعد زمن مقداره 1.74 s من إرسال الموجات. ويصل الانعكاس الثاني عن الصخور تحت الطين بعد 2.36 s. فإذا كانت درجة حرارة ماء المحيط 25°C، وسرعة الصوت في الطين 1875 m/s، فاحسب ما يلي:



■ الشكل 20–8

a. عمق الماء.

سرعة الصوت في ماء البحر تساوي 1533 m/s. وزمن رحلة الصوت خلال الذهاب أو الإياب فقط يساوي 0.87 s. لذا فإن:

$$d_{ماء} = vt_{ماء}$$
$$= (1533\ \text{m/s})(0.87\ \text{s})$$
$$= 1300\ \text{m}$$

b. سمك طبقة الطين.

مقدار زمن رحلة الصوت ذهابا وإيابا خلال طبقة الطين يساوي

$$2.36\ \text{s} - 1.74\ \text{s} = 0.62\ \text{s}$$

مقدار زمن رحلة الصوت ذهابا أو إيابا فقط خلال طبقة الطين يساوي 0.31 s. لذا فإن

$$d_{طين} = vt_{طين}$$
$$= (1875\ \text{m/s})(0.31\ \text{s})$$
$$= 580\ \text{m}$$

54. تتحرك سيارة إطفاء بسرعة 35 m/s، وتتحرك حافلة أمام سيارة الإطفاء في الاتجاه نفسه بسرعة 15 m/s. فإذا انطلقت صفارة إنذار سيارة الإطفاء بتردد 327 Hz فما التردد الذي يسمعه سائق الحافلة؟

$$v_s = 35\ \text{m/s}, v = 343\ \text{m/s}, v_o = 15\ \text{m/s},$$

$$f_s = 327\ \text{Hz}$$

$$f_o = f_s\left(\frac{v - v_o}{v - v_s}\right)$$
$$= (327\ \text{Hz})\left(\frac{343\ \text{m/s} - 15\ \text{m/s}}{343\ \text{m/s} - 35\ \text{m/s}}\right) = 350\ \text{Hz}$$

55. يتحرك قطار في اتجاه مراقب صوت، وعندما كانت سرعته 31 m/s انطلقت صفارته بتردد 305 Hz. ما التردد الذي يستقبله المراقب في كل حالة مما يلي:

a. المراقب ثابت.

$$f_o = f_s\left(\frac{v - v_o}{v - v_s}\right)$$
$$= \frac{(305\ \text{Hz})(343\ \text{m/s} - 0)}{343\ \text{m/s} - 31.0\ \text{m/s}}$$
$$= 335\ \text{Hz}$$

b. المراقب يتحرك في اتجاه القطار بسرعة 21.0 m/s.

$$f_o = f_s\left(\frac{v - v_o}{v - v_s}\right)$$
$$= \frac{(305\ \text{Hz})(343\ \text{m/s} - (-21.0\ \text{m/s}))}{343\ \text{m/s} - 31.0\ \text{m/s}}$$
$$= 356\ \text{Hz}$$

56. إذا تحرك القطار في المسألة السابقة مبتعدًا عن المراقب فما التردد الذي يستقبله الكاشف في كل حالة مما يلي:

a. المراقب ثابت.

$$f_o = f_s\left(\frac{v - v_o}{v - v_s}\right)$$
$$= \frac{(305\ \text{Hz})(343\ \text{m/s} - 0)}{343\ \text{m/s} - (-31.0\ \text{m/s})}$$
$$= 2.80 \times 10^2\ \text{Hz}$$

b. المراقب يتحرك مبتعدًا عن القطار بسرعة 21.0 m/s.

$$f_o = f_s\left(\frac{v - v_o}{v - v_s}\right)$$

$$= \frac{(305\ \text{Hz})(343\ \text{m/s} - 21.0\ \text{m/s})}{343\ \text{m/s} - (-31.0\ \text{m/s})}$$

$$= 2.63 \times 10^2\ \text{Hz}$$

8–2 الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار

صفحة 61–60

57. أنبوب في وضع رأسي مملوء بالماء وله صنبور عند قاعدته، وتهتز شوكة رنانة فوق طرفه العلوي. فإذا سُمع رنين عند تخفيض مستوى الماء في الأنبوب بمقدار 17 cm، وسُمع رنين مرة أخرى عند تخفيض مستوى الماء عن فوهة الأنبوب بمقدار 49 cm، فما تردّد الشوكة الرنانة؟

$$49\ \text{cm} - 17\ \text{cm} = 32\ \text{cm}$$

أو

$$0.32\ \text{m}$$

يوجد $\frac{1}{2}\lambda$ بين نقطتي الرنين

$$\frac{1}{2}\lambda = 0.32\ \text{m}$$

$$\lambda = 0.64\ \text{m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343\ \text{m/s}}{0.64\ \text{m}}$$

$$= 540\ \text{Hz}$$

58. **السمع البشري** القناة السمعية التي تؤدي إلى طبلة الأذن عبارة عن أنبوب مغلق طوله 3.0 cm. أوجد القيمة التقريبية لأقل تردّد رنين. أهمل تصحيح النهاية.

$$L = \frac{\lambda}{4}$$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$f = \frac{v}{4L}$$

$$= \frac{343\ \text{m/s}}{(4)(0.030\ \text{m})}$$

$$= 2.9\ \text{kHz}$$

59. إذا أمسكت قضيب ألومنيوم طوله 1.2 m من منتصفه وضربت أحد طرفيه بمطرقة فسيهتز كأنه أنبوب مفتوح، ويكون هناك بطن ضغط عند مركز القضيب؛ بسبب توافق بطون الضغط لتعقّد الحركة الجزيئية. فإذا كانت سرعة الصوت في الألومنيوم 5150 m/s فما أقل تردّد اهتزاز للقضيب؟

طول القضيب يساوي $\frac{1}{2}\lambda$. لذا فإن

$$\lambda = 2.4\ \text{m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{5150\ \text{m/s}}{2.4\ \text{m}} = 2.1\ \text{kHz}$$

60. إذا أنتج أنبوب مفتوح نغمة تردّدها 370 Hz فما ترددات الإيقاعات الثاني، والثالث، والرابع المصاحبة لهذا التردد؟

$$f_2 = 2f_1 = (2)(370\ \text{Hz})$$

$$= 740\ \text{Hz}$$

$$f_3 = 3f_1 = (3)(370\ \text{Hz}) = 1110\ \text{Hz}$$

$$= 1100\ \text{Hz}$$

$$f_4 = 4f_1 = (4)(370\ \text{Hz}) = 1480\ \text{Hz}$$

$$= 1500\ \text{Hz}$$

61. إذا أنتج أنبوب مغلق نغمة تردّدها 370 Hz فما تردّد أقل ثلاثة إيقاعات يُنتجها هذا الأنبوب؟

$$3f_1 = (3)(370\ \text{Hz}) = 1110\ \text{Hz} = 1100\ \text{Hz}$$

$$5f_1 = (5)(370\ \text{Hz}) = 1850\ \text{Hz} = 1800\ \text{Hz}$$

$$7f_1 = (7)(370\ \text{Hz}) = 2590\ \text{Hz} = 2600\ \text{Hz}$$

62. ضبط وتر طوله 65.0 cm ليُنتج أقل تردّد، ومقداره 196 Hz. احسب مقدار:

a. سرعة الموجة في الوتر.

$$\lambda_1 = 2L = (2)(0.650\ \text{m})$$

$$= 1.30\ \text{m}$$

$$v = \lambda f = (1.30\ \text{m})(196\ \text{Hz})$$

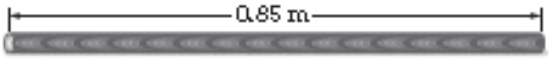
$$= 255\ \text{m/s}$$

b. الترددين التاليين لرنين هذا الوتر.

$$f_2 = 2f_1 = (2)(196\ \text{Hz}) = 392\ \text{Hz}$$

$$f_3 = 3f_1 = (3)(196\ \text{Hz}) = 588\ \text{Hz}$$

63. يمثل الشكل 21–8 أنبوبًا بلاستيكيًا مموّجًا مرنًا طوله 0.85 m. وعندما يتأرجح يتج نغمة ترددها يماثل أقل تردّد ينتجه أنبوب مفتوح له الطول نفسه. فما تردّد النغمة؟



■ الشكل 21–8

$$L = 0.85\ \text{m} = \frac{\lambda}{2},$$

لذا فإن

$$\lambda = 1.7\ \text{m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343\ \text{m/s}}{1.7\ \text{m}} = 2.0\times10^{2}\ \text{Hz}$$

64. إذا تأرجح الأنبوب في المسألة السابقة بسرعة أكبر منتجًا نغمة حدّتها أعلى، فما التردد الجديد؟

$$f_2 = 2f_1 = (2)(2.0\times10^{2}\ \text{Hz}) = 4.0\times10^{2}\ \text{Hz}$$

65. إذا كانت موجة ضغط خلال محادثة عادية 0.020 Pa،

a. فما القوة المؤثرة في طبلة أذن مساحتها 0.52 cm²؟

$$F = PA$$

$$= (0.020\ \text{N/m}^2)(0.52\times10^{-4}\ \text{m}^2)$$

$$= 1.0\times10^{-6}\ \text{N}$$

b. إذا انتقلت القوة نفسها التي في الفرع a كاملة إلى العظام الثلاثة في الأذن الوسطى، فما مقدار القوة التي تؤثر بها هذه العظام في الفتحة البيضية؛ أي الغشاء المرتبط مع العظمة الثالثة؟ علمًا بأن الفائدة الميكانيكية لهذه العظام 1.5.

$$MA = \frac{F_t}{F_o}$$

لذا فإن

$$F_t = (MA)(F_o)$$

$$F_t = (1.5)(1.0\times10^{-6}\ \text{N}) = 1.5\times10^{-6}\ \text{N}$$

c. ما مقدار الضغط الإضافي الذي انتقل إلى السائل الموجود في القوقعة نتيجة تأثير هذه القوة، إذا كانت مساحة الفتحة البيضية 0.026 cm²؟

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1.5\times10^{-6}\ \text{N}}{0.026\times10^{-4}\ \text{m}^2} = 0.58\ \text{Pa}$$

مراجعة عامة

صفحة 62–61

66. أنبوب مفتوح طوله 1.65 m. ما نغمة التردّد الأساسي التي ينتجها في الهيليوم عند درجة حرارة 0 °C؟

طول الأنبوب المفتوح يساوي نصف الطول الموجي للتردد الأساسي. وعليه. فإن $\lambda = 3.30\ \text{m}$.

إن سرعة الصوت في الهيليوم تساوي 972 m/s. لذا فإن

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{972\ \text{m/s}}{3.30\ \text{m}} = 295\ \text{Hz}$$

67. يطير طائر نحو رائد فضاء على كوكب مكتشف حديثًا بسرعة 19.5 m/s، ويُغرّد بحدّة مقدارها 954 Hz. فإذا سمع الرائد النغمة بتردّد 985 Hz فما سرعة الصوت في الغلاف الجوي لهذا الكوكب؟

$$f_o = 985\ \text{Hz},\ f_s = 945\ \text{Hz},\ v_s = 19.5\ \text{m/s}$$

$$v = ?$$

$$\frac{f_o}{f_s} = \frac{v}{v - v_s} = \frac{1}{1 - \frac{v_s}{v}}$$

لذا فإن

$$\frac{v_s}{v} = 1 - \frac{f_s}{f_o}$$

أو

$$v = \frac{v_s}{1 - \frac{f_s}{f_o}} = \frac{19.5\ \text{m/s}}{1 - \left(\frac{945\ \text{Hz}}{985\ \text{Hz}}\right)}$$

$$= 4.80\times10^{2}\ \text{m/s}$$

68. إذا ألقيت حجرًا في بئر عمقها 122.5 m كما في الشكل 22–8، فبعد كم ثانية تسمع صوت ارتطام الحجر بقاع البئر؟

■ الشكل 22–8

احسب أولا الزمن الذي يحتاج إليه الحجر عند سقوطه ليصل إلى قعر البئر بالمعادلة التالية :

$$d = \frac{1}{2}gt^2$$

لذا فإن

$$t = \sqrt{\frac{d}{\frac{1}{2}g}} = \sqrt{\frac{122.5\,\text{m}}{\left(\frac{1}{2}\right)(9.80\,\text{m/s}^2)}}$$

$$= 5.00\,\text{s}$$

يحسب الزمن الذي يستغرقه الصوت عند عودته إلى أعلى بالمعادلة التالية :

$$d = v_s t$$

لذا فإن

$$t = \frac{d}{v_s} = \frac{122.5\,\text{m}}{343\,\text{m/s}}$$

$$= 0.357\,\text{s}$$

الزمن الكلي يساوي

$$5.00\,\text{s} + 0.357\,\text{s} = 5.36\,\text{s}$$

69. تستخدم سفينة موجات السونار بتردُّد 22.5 kHz. فإذا كانت سرعة الصوت في ماء البحر 1533 m/s فما مقدار التردُّد الذي يصل السفينة بعد انعكاسه عن حوت يتحرك بسرعة 4.15 m/s مبتعدًا عن السفينة؟ افترض أن السفينة ساكنة.

الجزء الأول: من السفينة حتى الحوت

$$v_d = +4.15\,\text{m/s}, v = 1533\,\text{m/s},$$

$$f_s = 22.5\,\text{kHz}, v_s = 0$$

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$

$$= (22.5\,\text{kHz})\left(\frac{1533\,\text{m/s} - 4.15\,\text{m/s}}{1533\,\text{m/s}}\right)$$

$$= 22.4\,\text{kHz}$$

الجزء الثاني: من الحوت حتى السفينة

$$v_s = -4.15\,\text{m/s}, v = 1533\,\text{m/s},$$

$$f_s = 22.4\,\text{kHz}, v_d = 0$$

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right) = (22.4\,\text{kHz})\left(\frac{1533\,\text{m/s}}{1533\,\text{m/s} + 4.15\,\text{m/s}}\right)$$

$$= 22.3\,\text{kHz}$$

70. يتحرك قطار نحو نفق بسرعة 37.5 m/s، ويصدر صوتًا بتردُّد 327 Hz، فيرتد الصوت من فتحة النفق. ما تردُّد الصوت المنعكس الذي يُسمع في القطار، علمًا بأن سرعة الصوت في الهواء كانت 343 m/s؟ تلميح: حل المسألة في جزأين، افترض في الجزء الأول أن النفق مراقب ثابت، واحسب التردُّد. ثم افترض في الجزء الثاني أن النفق مصدر ثابت، واحسب التردُّد المقيس في القطار.

الجزء الأول:

$$v_s = +37.5\,\text{m/s}, v = 343\,\text{m/s},$$

$$f_s = 327\,\text{Hz}$$

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right) = (327\,\text{Hz})\left(\frac{343\,\text{m/s}}{343\,\text{m/s} - 37.5\,\text{m/s}}\right)$$

$$= 367\,\text{Hz}$$

الجزء الثاني:

$$v_s = -37.5\ \text{m/s}, v = 343\ \text{m/s},$$

$$f_s = 367\ \text{Hz}$$

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right) = (367\ \text{Hz})\left(\frac{343\ \text{m/s} - (-37.5\ \text{m/s})}{343\ \text{m/s}}\right)$$

$$= 407\ \text{Hz}$$

التفكير الناقد

صفحة 62

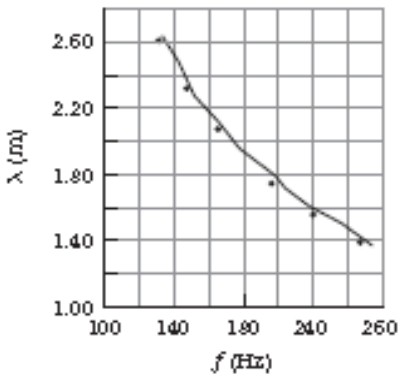
71. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها يبين الجدول 2–8 الأطوال الموجية لموجات صوتية ناتجة عن مجموعة من الشوكات الرنانة عند تردّدات معيّنة.

الجدول 2–8

الشوكات الرنانة	
الطول الموجي (m)	التردد (Hz)
2.62	131
2.33	147
2.08	165
1.75	196
1.56	220
1.39	247

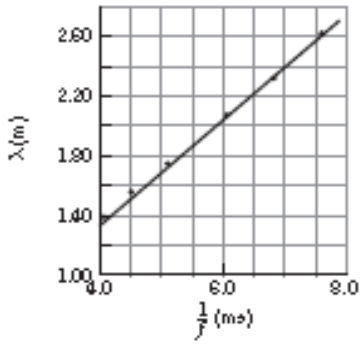
a. مثّل بيانيًّا العلاقة بين الطول الموجي والتردّد (المتغير المضبوط). ما نوع العلاقة التي يبيّنها الرسم البياني؟

يبين الرسم البياني وجود علاقة عكسية بين التردد والطول الموجي.



b. مثّل بيانيًّا العلاقة بين الطول الموجي ومقلوب التردّد $\left(\frac{1}{f}\right)$. ما نوع العلاقة التي يبيّنها الرسم البياني؟ حدّد سرعة الصوت من الرسم البياني.

يبين الرسم البياني وجود علاقة طردية بين الزمن الدوري $\left(\frac{1}{f}\right)$ والطول الموجي. ويمكن حساب سرعة الصوت من خلال حساب ميل الخيط الموضح في الرسم البياني. والذي يساوي تقريبًا 343 m/s.



72. إعداد الرسوم البيانية افترض أن تردّد بوق سيارة يساوي 300 Hz عندما كانت السيارة ثابتة، فكيف يكون الرسم البياني للعلاقة بين التردّد والزمن عندما تقترب السيارة منك ثم تتحرك مبتعدة عنك؟ صمّم مخطّطًا تقريبيًّا للمسألة.

يجب أن يوضح الرسم البياني ترددًا ثابتًا نوعًا ما أعلى من 300 Hz عندما تقترب السيارة. ويوضح ترددًا ثابتًا نوعًا ما أقل من 300 Hz عندما تبتعد.

73. حلّل واستنتج صف كيف تستخدم ساعة إيقاف لتقدر سرعة الصوت إذا كنت على بعد 200 m من حفرة ملعب جولف، وكان مجموعة من اللاعبين يضربون كراتهم. هل يكون تقديرك لسرعة الصوت كبيرًا جدًّا أم صغيرًا جدًّا؟

تبدأ تشغيل الساعة لقياس الزمن لحظة رؤيتك اللاعب يضرب الكرة. وتوقفها لحظة سماعك صوت الضربة. ويمكن حساب السرعة من خلال قسمة المسافة 200 m على الزمن المقيس. سيكون الزمن المقيس كبيرًا وذلك لأنك تستطيع تحديد لحظة ضرب الكرة بالنظر بدقة. ولكنك لا تستطيع تحديد لحظة وصول الصوت بدقة. ومن ثم تكون السرعة المحسوبة قليلة جدًا.

74. تطبيق المفاهيم وجد أن تردد موجة ضوء قادمة من نقطة على الحافة اليسرى للشمس أكبر قليلاً من تردّد الضوء القادم من الجهة اليمنى. علام يدل هذا بالنسبة لحركة الشمس اعتمادًا على هذا القياس؟

يجب أن تدور الشمس حول محورها بنفس نمط دوران الأرض. وبشير انزياح دوبلر إلى أن الجانب الأيسر من الشمس يقترب نحونا. في حين يبتعد الجانب الأيمن عنا.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 62

75. ابحث في استخدام تأثير دوبلر في دراسة الفلك. ما دوره في نظرية الانفجار الكبير؟ وكيف يستخدم في الكشف عن الكواكب حول النجوم، ودراسة حركة المجرّات؟

يجب أن يناقش الطلاب عمل إدوين هابل. والانزياح نحو الأحمر. وتمدد الكون والتحليل الطيفي. واكتشاف التذبذبات في حركة أنظمة الكوكب– النجم.

مراجعة تراكمية

صفحة 62

76. ما سرعة الموجات المتولّدة في وتر طوله 60.0 cm، إذا نُقر في منطقة الوسط فأنتج نغمة تردداها 440 Hz؟ (الفصل 7)

$$\lambda = 2L = 2(0.600\text{ m}) = 1.20\text{ m}$$

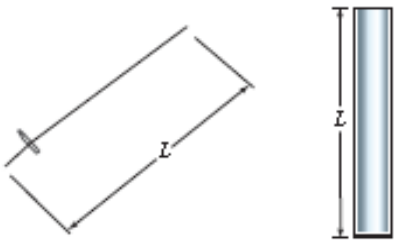
$$v = \lambda f = (1.20\text{ m})(440\text{ Hz}) = 530\text{ m/s}$$

مسألة تحفيز

صفحة 52

1. حدّد قوة الشد، F_T، في وتر كتلته m وطوله L، عندما يهتز بالتردد الأساسي، والذي يساوي التردد نفسه لأنبوب مغلق طوله L. عبّر عن إجابتك بدلالة m وL وسرعة الصوت في الهواء v. استخدم معادلة سرعة الموجة في

$u = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$، حيث تمثل F_T قوة الشد في الوتر، و μ الكتلة لكل وحدة طول من الوتر.



يساوي الطول الموجي الأساسي في الأنبوب المغلق $4L$. لذا فإن التردد $f = \frac{v}{4L}$. والطول الموجي الأساسي في الوتر يساوي $2L$. لذا فإن تردد الوتر $f = \frac{u}{2L}$. حيث u هي سرعة الموجة في الوتر

$$u = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$$

والكتلة لكل وحدة طول للوتر هي $\mu = m/L$. وبتربيع الترددين وترتيبهما بعلاقة مساواة ينتج

$$\frac{v^2}{16L^2} = \frac{u^2}{4L^2}$$

$$= \frac{F_T}{4L^2\mu}$$

$$= \frac{F_T L}{4L^2 m}$$

$$= \frac{F_T}{4Lm}$$

أخيرًا. بإعادة الترتيب بالنسبة إلى قوة الشد ينتج

$$F_T = \frac{mv^2}{4L}$$

2. ما مقدار قوة الشد في وتر كتلته 1.0 g وطوله 40.0 cm يهتز بالتردد نفسه لأنبوب مغلق له الطول نفسه؟

بالنسبة إلى وتر كتلته 1.0 g وطوله 0.40 m. فإن قوة الشد تساوي

$$F_T = \frac{mv^2}{4L} = \frac{(0.0010\text{ kg})(343\text{ m/s})^2}{4(0.400\text{ m})} = 74\text{ N}$$