8. The given Cartesian coordinates are $x = -5.00$, and $y = 12.00$, with the least accurate containing 3 significant figures. Note that the specified point (with $x < 0$ and $y > 0$) is in the second quadrant. The conversion to polar coordinates is then given by:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(-5.00)^2 + (12.00)^2} = 13.0$$

$$\tan\theta = \frac{y}{x} = \frac{12.00}{-5.00} = -2.40 \quad \text{and} \quad \theta = \tan^{-1}(-2.40) = -67.3° + 180° = 113°$$

Note that 180° was added in the last step to yield a second quadrant angle. The correct answer is therefore (b) (13.0, 113°).

الإحداثيات الديكارتية لنقطة تُعطى على النحو الآتي: $x = -5{,}00 \;\&\; y = 12{,}00$. المطلوب: (1) مثل بيانياً تلك النقطة في الإحداثيات الديكارتية، (2) الانتقال من الإحداثيات الديكارتية إلى الإحداثيات القطبية. اعطي النتيجة بثلاثة أرقام معنوية.

الحل:

$$r = \sqrt{(-5{,}00)^2 + (12{,}00)^2} = 13{,}0$$

$$tan\theta = \frac{y}{x} = \frac{12{,}00}{-5{,}00} = -2{,}40 \;\;\&\;\; \theta = tan^{-1}(-2{,}40) = -67{,}3^o + 180^o = 113^o$$

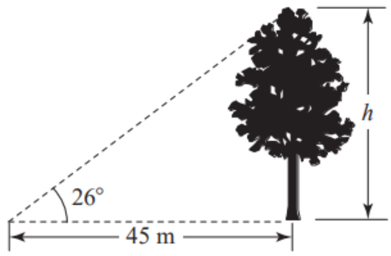
ونشير هنا إلى أنه تم إضافة الزاوية 180^o للحصول على الزاوية في الربع الثاني.

11. The situation described is shown in the drawing at the right.

From this, observe that $\tan 26° = \dfrac{h}{45\text{ m}}$, or

$$h = (45\text{ m})\tan 26° = 22\text{ m}$$

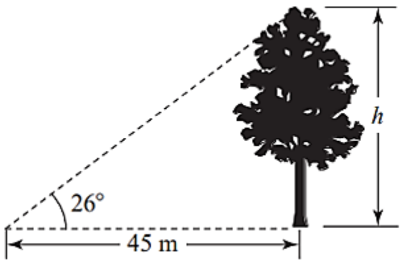
Thus, the correct answer is (a).



ليكن لدينا الشكل المرفق. المطلوب استنتاج ارتفاع الشجرة.

الحل:

$$tan26^o = \frac{h}{45\,m} \rightarrow h = (45\,m)tan26^o$$
$$= (45\,m) \times 0{,}488 = 22\,m$$



▪ EXAMPLE 13.1 Simple Harmonic Motion on a Frictionless Surface

GOAL Calculate forces and accelerations for a horizontal spring system.

PROBLEM A 0.350-kg object attached to a spring of force constant 1.30×10^2 N/m is free to move on a frictionless horizontal surface, as in Active Figure 13.1. If the object is released from rest at $x = 0.100$ m, find the force on it and its acceleration at $x = 0.100$ m, $x = 0.050\,0$ m, $x = 0$ m, $x = -0.050\,0$ m, and $x = -0.100$ m.

STRATEGY Substitute given quantities into Hooke's law to find the forces, then calculate the accelerations with Newton's second law. The amplitude A is the same as the point of release from rest, $x = 0.100$ m.

SOLUTION

Write Hooke's force law:	$F_s = -kx$
Substitute the value for k and take $x = A = 0.100$ m, finding the spring force at that point:	$F_{max} = -kA = -(1.30 \times 10^2\ \text{N/m})(0.100\ \text{m})$ $= \boxed{-13.0\ \text{N}}$
Solve Newton's second law for a and substitute to find the acceleration at $x = A$:	$ma = F_{max}$ $a = \dfrac{F_{max}}{m} = \dfrac{-13.0\ \text{N}}{0.350\ \text{kg}} = \boxed{-37.1\ \text{m/s}^2}$
Repeat the same process for the other four points, assembling a table:	

Position (m)	Force (N)	Acceleration (m/s²)
0.100	−13.0	−37.1
0.050	−6.50	−18.6
0	0	0
−0.050	+6.50	+18.6
−0.100	+13.0	+37.1

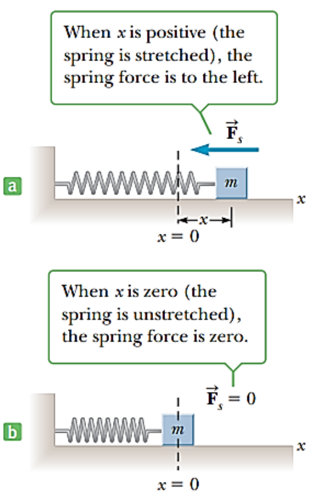
REMARKS The table above shows that when the initial position is halved, the force and acceleration are also halved. Further, positive values of x give negative values of the force and acceleration, whereas negative values of x give positive values of the force and acceleration. As the object moves to the left and passes the equilibrium point, the spring force becomes positive (for negative values of x), slowing the object down.

REMARKS The table above shows that when the initial position is halved, the force and acceleration are also halved. Further, positive values of x give negative values of the force and acceleration, whereas negative values of x give positive values of the force and acceleration. As the object moves to the left and passes the equilibrium point, the spring force becomes positive (for negative values of x), slowing the object down.

QUESTION 13.1 Will doubling a given displacement always result in doubling the magnitude of the spring force? Explain.

EXERCISE 13.1 For the same spring and mass system, find the force exerted by the spring and the position x when the object's acceleration is $+9.00\ \text{m/s}^2$.

ANSWERS 3.15 N, −2.42 cm



مثال: الهدف هو حساب القوى والتسارعات لنابض أفقي.

كتلة مقدارها $0,350\ kg$ معلقة بنابض ثابت مرونته أو صلابته يساوي $1,30 \times 10^2\ N/m$، يتحرك دون احتكاك على مستوى أفقي، كما هو موضح في الشكل المرفق. نُبعد الكتلة عن وضعها التوازني $x = 0,00\ m$، المطلوب إيجاد القوة في تلك النقطة، ومن ثم التسارع في كل من الأوضاع:

$$x = 0,100\ m, x = 0,050\ m, x = 0\ m, x = -0,050\ m,$$
$$\&\ x = -0,100\ m$$

الحل:

نكتب قانون هوك على النحو الآتي:

$$F_x = -kx$$

بتبديل قيمة وأخذ ، نجد أن قوة النابض في تلك النقطة تساوي:

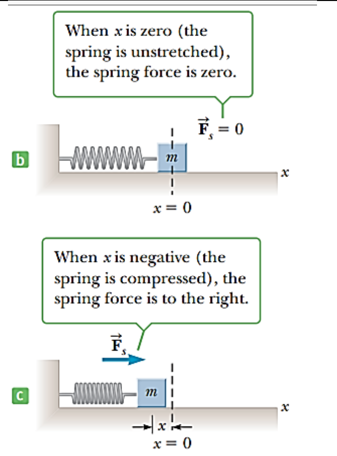
$$F_{max} = -kA = -\left(1,30 \times 10^2 \frac{N}{m}\right)(0,100\ m) = -13,0\ N$$

وبحل قانون نيوتن الثاني في التحريك نجد قيمة التسارع:

$$ma = F_{max} \rightarrow a = \frac{F_{max}}{m} = \frac{-13,0\ N}{0,350\ kg} = -37,1\frac{m}{s^2}$$

Position (m)	Force (N)	Acceleration (m/s^2)
0.100	−13.0	−37.1
0.050	−6.50	−18.6
0	0	0
−0.050	+6.50	+18.6
−0.100	+13.0	+37.1

ملاحظة: من أجل $x = 0$، فإن كل من القوة والتسارع معدومان. من أجل القيم الموجبة للموضع فكلا القوة والتسارع تأخذان قيم موجبة، ومن أجل القيم السالبة للموضع فكلا القوة والتسارع تأخذان قيم سالبة.



القوة المطبقة بواسطة نابض تتغير مع انتقال الكتلة الجسم عن وضعها التوازني $x = 0$.

سؤال: عند مضاعفة الانتقال فإن شدة قوة النابض تتضاعف. اشرح ذلك. لأن تتناسب طرداً مع الانتقال السعة.

تمرين:

من أجل نفس النابض السابق ونفس الكتلة، المطلوب إيجاد القوة المطبقة من قبل النابض والموضع عندما يكون تسارع الكتلة (الجسم) يساوي $9{,}00\,\frac{m}{s^2}$.

الحل:

بما أن $F = ma$ فإن:

$$F = (0{,}350\;kg)\left(9{,}00\,\frac{m}{s^2}\right) = 3{,}15\;N$$

و:

$$F_x = -kx \rightarrow x = -\frac{F_x}{kx} = -\frac{3{,}15\;N}{1{,}30 \times 10^2\,\frac{N}{m}} = -0{,}0242\;m = -2{,}42\;cm$$

EXAMPLE 13.7 Measuring the Value of g

GOAL Determine g from pendulum motion.

PROBLEM Using a small pendulum of length 0.171 m, a geophysicist counts 72.0 complete swings in a time of 60.0 s. What is the value of g in this location?

STRATEGY First calculate the period of the pendulum by dividing the total time by the number of complete swings. Solve Equation 13.15 for g and substitute values.

SOLUTION

Calculate the period by dividing the total elapsed time by the number of complete oscillations:

$$T = \frac{\text{time}}{\#\text{ of oscillations}} = \frac{60.0\text{ s}}{72.0} = 0.833\text{ s}$$

Solve Equation 13.15 for g and substitute values:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad \rightarrow \quad T^2 = 4\pi^2\frac{L}{g}$$

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} = \frac{(39.5)(0.171\text{ m})}{(0.833\text{ s})^2} = 9.73\text{ m/s}^2$$

REMARKS Measuring such a vibration is a good way of determining the local value of the acceleration of gravity.

QUESTION 13.7 True or False: A simple pendulum of length 0.50 m has a larger frequency of vibration than a simple pendulum of length 1.0 m.

EXERCISE 13.7 What would be the period of the 0.171-m pendulum on the Moon, where the acceleration of gravity is 1.62 m/s²?

ANSWER 2.04 s

مثال: استنتاج قيمة تسارع الجاذبية الأرضية انطلاقاً من حركة نواس بسيط.

نواس بسيط طوله $0{,}171\ m$، يقوم بـ 72 نوسة بزمن قدره $60{,}0\ s$. المطلوب حساب قيمة تسارع الجاذبية الأرضية في هذا الموقع.

الحل:

لنقوم بحساب دور النواس وذلك بقسمة الزمن الكلي للنوسات على عدد النوسات:

$$T = \frac{60{,}0\ s}{72} = 0{,}833\ s$$

وبحل المعادلة التي تسمح بحساب دور النواس نستنتج قيمة :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow T^2 = 4\pi^2\frac{L}{g} \rightarrow g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} = \frac{(39{,}5)(0{,}171)}{(0{,}833\ s)^2} = 9{,}73\frac{m}{s^2}$$

ملاحظات:

إن قياس الاهتزاز يُعتبر طريقة جيدة لتحديد القيمة الموضعية لتسارع الجاذبية الأرضية.

سؤال:

خطأ أم صح. نواس بسيط طوله $0{,}50\ m$ تردده أكبر من نواس طوله $1{,}0\ m$. الجواب **صح** . لماذا؟ لأن التردد يتناسب عكساً مع الدور أي أن:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = \frac{1}{f} \rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$$

تمرين:

ماذا يجب أن يكون دور نواس طوله $0{,}171\ m$ على سطح القمر علماً أن تسارع الجاذبية على القمر يساوي $1{,}62\frac{m}{s^2}$؟

الحل:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 2\times\pi\sqrt{\frac{0{,}171\ m}{1{,}62\frac{m}{s^2}}} = 2{,}04\ s$$

مثال:

إذا كان دور نواس بسيط يساوي 1 ثانية $(1\ s)$ فما هو طول هذا النواس؟ بفرض أن النواس السابق موجود على كوكب آخر، وبفرض أن دوره يساوي ثانية واحدة، وطوله متر واحد فما قيمة تسارع الجاذبية على هذا الكوكب؟ ماذا تستنتج؟

الحل:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow L = \frac{T^2 g}{4\pi^2} = \frac{(1{,}00\ s)^2(9{,}80\ m/s^2)}{4\pi^2} = 0{,}248\ \mathrm{m}$$

من العلاقة السابقة يمكن الكتابة أن:

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} = \frac{4\pi^2(1{,}00\ m)^2}{(1{,}00\ s)^2} = 4\pi^2\frac{\mathrm{m}}{s^2} = 39{,}5\frac{\mathrm{m}}{s^2}$$

نستنتج أن جاذبية هذا الكوكب أكبر من جاذبية الكرة الأرضية، تقريباً أربع أضعاف:

$$\frac{39{,}5\frac{\mathrm{m}}{s^2}}{9{,}80\frac{\mathrm{m}}{s^2}} \cong 4$$

EXAMPLE 13.8 A Traveling Wave

GOAL Obtain information about a wave directly from its graph.

PROBLEM A wave traveling in the positive x-direction is pictured in Figure 13.27a. Find the amplitude, wavelength, speed, and period of the wave if it has a frequency of 8.00 Hz. In Figure 13.27a, $\Delta x = 40.0$ cm and $\Delta y = 15.0$ cm.

STRATEGY The amplitude and wavelength can be read directly from the figure: The maximum vertical displacement is the amplitude, and the distance from one crest to the next is the wavelength. Multiplying the wavelength by the frequency gives the speed, whereas the period is the reciprocal of the frequency.

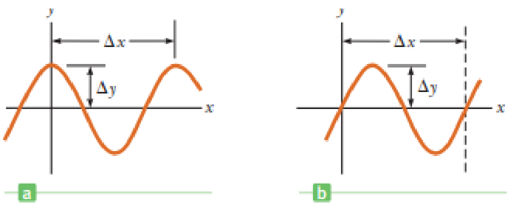


Figure 13.27 (a) (Example 13.8) (b) (Exercise 13.8)

SOLUTION

The maximum wave displacement is the amplitude A: $A = \Delta y = 15.0\ \mathrm{cm} = \boxed{0.150\ \mathrm{m}}$

The distance from crest to crest is the wavelength: $\lambda = \Delta x = 40.0\ \mathrm{cm} = \boxed{0.400\ \mathrm{m}}$

Multiply the wavelength by the frequency to get the speed: $v = f\lambda = (8.00\ \mathrm{Hz})(0.400\ \mathrm{m}) = \boxed{3.20\ \mathrm{m/s}}$

Take the reciprocal of the frequency to get the period: $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{8.00\ \mathrm{Hz}} = \boxed{0.125\ \mathrm{s}}$

REMARKS It's important not to confuse the wave with the medium it travels in. A wave is energy transmitted through a medium; some waves, such as light waves, don't require a medium.

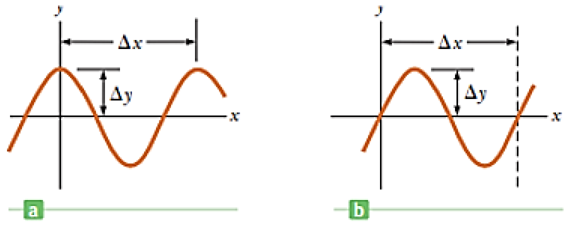
QUESTION 13.8 Is the frequency of a wave affected by the wave's amplitude?

EXERCISE 13.8 A wave traveling in the positive x-direction is pictured in Figure 13.27b. Find the amplitude, wavelength, speed, and period of the wave if it has a frequency of 15.0 Hz. In the figure, $\Delta x = 72.0$ cm and $\Delta y = 25.0$ cm.

ANSWERS $A = 0.250$ m, $\lambda = 0.720$ m, $v = 10.8$ m/s, $T = 0.0667$ s

موجة تتحرك بالاتجاه الموجب للمحور ox كما هو موضح في الشكل المرفق (الجزء اليساري). المطلوب إيجاد السعة،	

طول الموجة، السـرعة، ودور الموجة إذا كان ترددها يسـاوي $8{,}00\ Hz$. علماً أنه بحسب الشكل المعطى لدينا:
$\Delta x = 40{,}0\ cm\ \&\ \Delta y = 15{,}0\ cm$



الحل:

السعة:

$$A = \Delta y = 15{,}0\ cm = 0{,}150\ m$$

طول الموجة:

$$A = \Delta x = 40{,}0\ cm = 0{,}400\ m$$

السرعة:

$$v = f\lambda = (8{,}00\ Hz)(0{,}400\ m) = 3{,}2\frac{m}{s}$$

الدور :

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{(8{,}00\ Hz)} = 0{,}125\ s$$

ملاحظات:

من المهم أن لا نمزج أو نخلط بين الموجة والوسـط الذي تنتشـر فيه الموجة. الموجة تنق طاقة للوسـط التي تنتشـر فيه؛ وهناك بض الأمواج، كالأمواج الضوئية، ليس بحاجة لوسط لكي تنتشر، الأمواج الضوئية (الضوء) تنشتر (ينتشر) في الخلاء.

سؤال: هل التردد يتأثر بسعة الموجة؟ لا يتعلق.

تمرين:

موجة تتحرك بالاتجاه الموجب للمحور ox كما هو موضـح في الشكل المرفق (الجزء اليميني). المطلوب إيجاد السـعة، طول الموجة، السرعة، ودور الموجة إذا كان ترددها يساوي $15{,}0\ Hz$. علماً أنه بحسب الشكل المعطى لدينا:
$\Delta x = 72{,}0\ cm\ \&\ \Delta y = 25{,}0\ cm$

الحل:

السعة:

$$A = \Delta y = 25{,}0\ cm = 0{,}250\ m$$

طول الموجة:

$$A = \Delta x = 72{,}0\ cm = 0{,}720\ m$$

السرعة:

$$v = f\lambda = (15{,}0\ Hz)(0{,}720\ m) = 10{,}8\frac{m}{s}$$

الدور :

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{(15{,}0\ Hz)} = 0{,}0667\ s$$

EXAMPLE 13.9 Sound and Light

GOAL Perform elementary calculations using speed, wavelength, and frequency.

PROBLEM A wave has a wavelength of 3.00 m. Calculate the frequency of the wave if it is **(a)** a sound wave and **(b)** a light wave. Take the speed of sound as 343 m/s and the speed of light as 3.00×10^8 m/s.

SOLUTION

(a) Find the frequency of a sound wave with $\lambda = 3.00$ m.

Solve Equation 3.17 for the frequency and substitute:

$$\text{(1)} \quad f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343 \text{ m/s}}{3.00 \text{ m}} = \boxed{114 \text{ Hz}}$$

(b) Find the frequency of a light wave with $\lambda = 3.00$ m.

Substitute into Equation (1), using the speed of light for c:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{3.00 \text{ m}} = \boxed{1.00 \times 10^8 \text{ Hz}}$$

REMARKS The same equation can be used to find the frequency in each case, despite the great difference between the physical phenomena. Notice how much larger frequencies of light waves are than frequencies of sound waves.

QUESTION 13.9 A wave in one medium encounters a new medium and enters it. Which of the following wave properties will be affected in this process? (a) wavelength (b) frequency (c) speed

EXERCISE 13.9 (a) Find the wavelength of an electromagnetic wave with frequency 9.00 GHz = 9.00×10^9 Hz (G = giga = 10^9), which is in the microwave range. (b) Find the speed of a sound wave in an unknown fluid medium if a frequency of 567 Hz has a wavelength of 2.50 m.

ANSWERS (a) 0.033 3 m (b) 1.42×10^3 m/s

مثال: (صوت وضوء)

موجة طولها $\lambda = 3{,}00\ m$. المطلوب حساب تردد الموجة في الحالتين: (1) حالة موجة صوتية، (2) حالة موجة ضوئية. نأخذ سرعة الصوت $343\frac{m}{s}$، وسرعة الضوء تساوي $3 \times 10^8 43\ m/s$.

الحل:

(1) إيجاد تردد الموجة الصوتية التي طولها $\lambda = 3{,}00\ m$:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343 m/s}{3{,}00\ m} = 114\ Hz$$

(2) إيجاد تردد الموجة الضوئية التي طولها $\lambda = 3{,}00\ m$:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8\ m/s}{3{,}00\ m} = 1{,}00 \times 10^8\ Hz$$

ملاحظات:

نستخدم نفس المعادلة لإيجاد التردد في كل حالة، بالرغم من الاختلاف بين الظاهرة الفيزيائية. ونلاحظ أيضاً أن تردد الأمواج الضوئية أكبر بكثير من تردد الأمواج الصوتية.

سؤال:

بفرض أنه لدينا موجة في وسط تنتقل تصادف وسط جديد وتدخل فيه أي تنتشر فيه. ما هي خصائص الموجة التي ستتأثر في تلك الآلية؟ (1) طول الموجة، (2) التردد، (3) السرعة.

طول الموجة والسرعة، لكن النسبة بينهما تبقى ثابت والذي يمثل التردد: $f = c/\lambda$.

تمرين:

(1) أوجد طول الموجة الكهرطيسية التي ترددها يساوي $9{,}00\ GHz = 9{,}00 \times 10^9\ Hz\ (G = giga = 10^9)$. هل هي من مرتبة الموجة الميكروية؟ (2) أوجد سرعة موجة صوتية تنتشر في وسط مجهول بفرض أن ترددها يساوي $f = 567\ Hz$، وطولها يساوي $\lambda = 2{,}50\ m$.

الحل:

(1) حساب طول الموجة:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8\ m/s}{9{,}00 \times 10^9\ GHz} = 0{,}0333\ m = 33{,}3\ mm$$

وهي من مرتبة الموجة الميكروية.

Les micro-ondes, dans le contexte de la technologie, ont des longueurs d'onde qui varient généralement entre 1 millimètre et 1 mètre. Cela correspond à des fréquences allant de 300 MHz à 300 GHz. Ces ondes se situent entre les ondes radio et les infrarouges dans le spectre électromagnétique.

(2) حساب سرعة الموجة الصوتية التي ترددها يساوي $f = 567\ Hz$، وطولها يساوي $\lambda = 2{,}50\ m$:

$$v = f\lambda = (567\ Hz)(2{,}50\ m) = 1{,}42 \times 10^3\ m/s$$

42. An object attached to a spring vibrates with simple harmonic motion as described by Figure P13.42. For this motion, find (a) the amplitude, (b) the period, (c) the angular frequency, (d) the maximum speed, (e) the maximum acceleration, and (f) an equation for its position x in terms of a sine function.

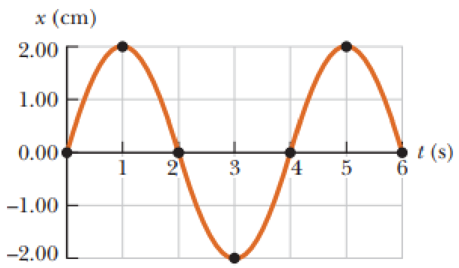


Figure P13.42

13.42 (a) The amplitude is the magnitude of the maximum displacement from equilibrium (at $x = 0$). Thus, $\boxed{A = 2.00 \text{ cm}}$.

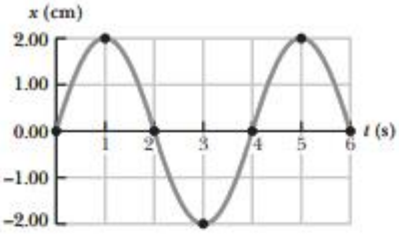


FIGURE P13.42

(b) The period is the time for one full cycle of the motion. Therefore, $\boxed{T = 4.00 \text{ s}}$.

(c) The period may be written as $T = 2\pi/\omega$, so the angular frequency is

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4.00 \text{ s}} = \boxed{\frac{\pi}{2} \text{ rad/s}}$$

(d) The total energy may be expressed as $E = \frac{1}{2}mv_{max}^2 = \frac{1}{2}kA^2$. Thus, $v_{max} = A\sqrt{k/m}$, and since $\omega = \sqrt{k/m}$, this becomes $v_{max} = \omega A$ and yields

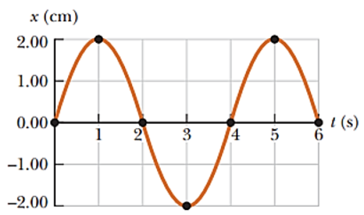
$$v_{max} = \omega A = \left(\frac{\pi}{2} \text{ rad/s}\right)(2.00 \text{ cm}) = \boxed{\pi \text{ cm/s}}$$

(e) The spring exerts maximum force, $|F| = k|x|$, when the object is at maximum distance from equilibrium, i.e., at $|x| = A = 2.00$ cm. Thus, the maximum acceleration of the object is

$$a_{max} = \frac{|F_{max}|}{m} = \frac{kA}{m} = \omega^2 A = \left(\frac{\pi}{2} \text{ rad/s}\right)^2 (2.00 \text{ cm}) = \boxed{4.93 \text{ cm/s}^2}$$

(f) The general equation for position as a function of time for an object undergoing simple harmonic motion with $t = 0$ when $x = 0$ is $x = A\sin(\omega t)$. For this oscillator, this becomes

$$\boxed{x = (2.00 \text{ cm})\sin\left(\frac{\pi}{2}t\right)}$$



مثال:
كتلة معلقة بنابض تهتز وفق حركة توافقية بسـيطة كما هو موضـح في الشـكل المرفق. من أجل هذه الحركة المطلوب: (1) أوجد السـعة، (2) الدور، (3) التردد الزاوي، (4) السرعة العظمى، (5) التسارع الأعظمي، (6) كتابة معادلة الموضع كتابع جيبي.

الحل:

(1) السعة: قيمة السعة من أجل الانتقال الأعظمي انطلاقاً من الوضع التوازني $(x = 0)$ $A = 2{,}00\ cm$.

(2) الدور: الدور هو زمن حلقة (موجة) كاملة للحركة. من أجل الوضع التوازني $T = 4{,}00\ s$.

(3) التردد الزاوي: يمكن كتابة الدور على الشكل $T = 2\pi/\omega$، ومنه فإن التردد يساوي:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \to \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4{,}00\ s} = \frac{\pi}{2}\ rad/s$$

(4) السرعة العظمى: يمكن أن نعبر عن الطاقة الكلية بالعلاقة:

$$E = \frac{1}{2}mv_{max}^2 = \frac{1}{2}kA^2 \to v_{max} = A\sqrt{k/m}$$

و:

$$\omega = \sqrt{k/m} \to v_{max} = \omega A = \left(\frac{\pi}{2}\frac{rad}{s}\right)(2{,}00\ cm) = \pi\frac{cm}{s}$$

(5) التسارع الأعظمي: إن النابض يمارس قوة عظمى ، وذلك عندما يكون بعد الكتلة عن وضع التوازن أعظمي، على سبيل المثال، عند $|x| = A = 2,00\ cm$. فيكون التسارع الأعظمي للكتلة أو للجسم:

$$a_{max} = \frac{|F_{max}|}{m} = \frac{kA}{m} = \omega^2 A = \left(\frac{\pi}{2}\frac{rad}{s}\right)^2 (2,00\ cm) = 4,93\frac{cm}{s^2}$$

(6) المعادلة العامة للموضع كتابع زمني للجسم أو للكتلة تتحرك حركة توافقية بسيطة من أجل $t = 0$ حيث $x = 0$ يكون:

$$x = A\sin(\omega t)$$

ومن أجل الاهتزاز المعطى (المثال أعلاه)، يصبح لدينا:

$$x = (2,00\ cm)\sin\left(\frac{\pi}{2}t\right)$$

41. The sinusoidal wave shown in Figure P13.41 is traveling in the positive x-direction and has a frequency

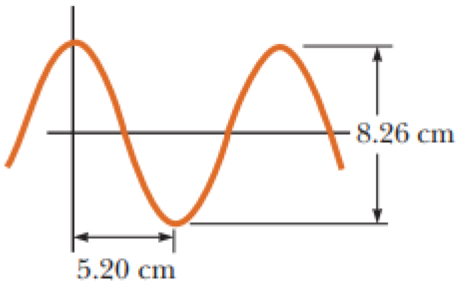


Figure P13.41

of 18.0 Hz. Find the (a) amplitude, (b) wavelength, (c) period, and (d) speed of the wave.

13.41 (a) The distance from the bottom of a trough to the top of a crest is twice the amplitude of the wave. Thus, $2A = 8.26$ cm and $\boxed{A = 4.13\text{ cm}}$.

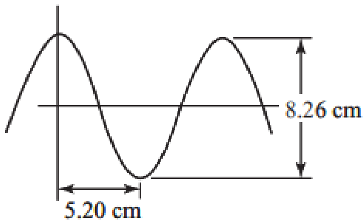


FIGURE P13.41

(b) The horizontal distance from a crest to a trough is a half wavelength. Hence,

$$\lambda/2 = 5.20\text{ cm} \quad \text{and} \quad \boxed{\lambda = 10.4\text{ cm}}$$

(c) The period is

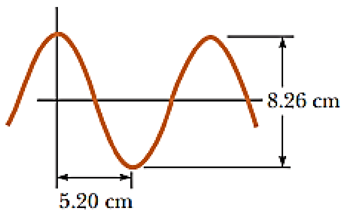
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{18.0\text{ s}^{-1}} = \boxed{5.56\times10^{-2}\text{ s}}$$

(d) The wave speed is

$$v = \lambda f = (10.4\text{ cm})(18.0\text{ s}^{-1}) = \boxed{187\text{ cm/s} = 1.87\text{ m/s}}$$

<u>مثال:</u>

يوضـــح الشـــكل موجة جيبية تنتشـــر بالاتجاه الموجب للمحور ox، وترددها يســـاوي $(18{,}0\ Hz)$. المطلوب حســـاب: (1) السعة، (2) طول الموجة، (3) الدور، و (3) سرعة الموجة.



<u>الحل:</u>

(1) حساب السعة: بحسب الشكل المُعطى لدينا:

$$2A = 8{,}26\ cm \rightarrow A = 4{,}13\ cm$$

(2) حساب طول الموجة: بحسب الشكل المُعطى لدينا:

$$\frac{\lambda}{2} = 5{,}20\ cm \rightarrow \lambda = 10{,}4 cm$$

(3) حساب الدور:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{18{,}0\ s^{-1}} = 5{,}56 \times 10^{-2}\ s$$

(4) حساب سرعة الموجة:

$$v = \lambda f = (10{,}4 cm)(18{,}0\ s^{-1}) = 187 \frac{cm}{s} = 1{,}87 \frac{m}{s}$$

13.4 Position, Velocity, and Acceleration as a Function of Time

When an object is moving with simple harmonic motion, the **position, velocity,** and **acceleration** of the object as a function of time are given by

$$x = A \cos (2\pi f t) \qquad [13.14a]$$

$$v = -A\omega \sin (2\pi f t) \qquad [13.14b]$$

$$a = -A\omega^2 \cos (2\pi f t) \qquad [13.14c]$$

<u>مثال:</u>

عندما تتحرك كتلة أو جسم بحركة توافقية بسيطة، فإن الموضع، السرعة، والتسارع لهذا الجسم بتابعية الزمن تُعطى بالعلاقات الآتية:

$$x = A \cos\ (2\pi f t)$$

$$v = -A\omega \sin\ (2\pi f t)$$

$$a = -A\omega^2 \cos\ (2\pi f t)$$

حيث $\omega = 2\pi f$.

EXAMPLE 14.1 Explosion over an Ice Sheet

GOAL Calculate time of travel for sound through various media.

PROBLEM An explosion occurs 275 m above an 867-m-thick ice sheet that lies over ocean water. If the air temperature is $-7.00°C$, how long does it take the sound to reach a research vessel 1 250 m below the ice? Neglect any changes in the bulk modulus and density with temperature and depth. (Use $B_{ice} = 9.2 \times 10^9$ Pa.)

STRATEGY Calculate the speed of sound in air with Equation 14.4, and use $d = vt$ to find the time needed for the sound to reach the surface of the ice. Use Equation 14.1 to compute the speed of sound in ice, again finding the time with the distance equation. Finally, use the speed of sound in salt water to find the time needed to traverse the water and then sum the three times.

SOLUTION

Calculate the speed of sound in air at $-7.00°C$, which is equivalent to 266 K:

$$v_{air} = (331\ \text{m/s})\sqrt{\frac{T}{273\ \text{K}}} = (331\ \text{m/s})\sqrt{\frac{266\ \text{K}}{273\ \text{K}}} = 327\ \text{m/s}$$

Calculate the travel time through the air:

$$t_{air} = \frac{d}{v_{air}} = \frac{275\ \text{m}}{327\ \text{m/s}} = 0.841\ \text{s}$$

Compute the speed of sound in ice, using the bulk modulus and density of ice:

$$v_{ice} = \sqrt{\frac{B}{\rho}} = \sqrt{\frac{9.2 \times 10^9\ \text{Pa}}{917\ \text{kg/m}^3}} = 3.2 \times 10^3\ \text{m/s}$$

(Continued)

Compute the travel time through the ice:

$$t_{ice} = \frac{d}{v_{ice}} = \frac{867\ \text{m}}{3\,200\ \text{m/s}} = 0.27\ \text{s}$$

Compute the travel time through the ocean water:

$$t_{water} = \frac{d}{v_{water}} = \frac{1\,250\ \text{m}}{1\,533\ \text{m/s}} = 0.815\ \text{s}$$

Sum the three times to obtain the total time of propagation:

$$t_{tot} = t_{air} + t_{ice} + t_{water} = 0.841\ \text{s} + 0.27\ \text{s} + 0.815\ \text{s}$$
$$= \boxed{1.93\ \text{s}}$$

REMARKS Notice that the speed of sound is highest in solid ice, second highest in liquid water, and slowest in air. The speed of sound depends on temperature, so the answer would have to be modified if the actual temperatures of ice and the sea water were known. At 0°C, for example, the speed of sound in sea water falls to 1 449 m/s.

QUESTION 14.1 Is the speed of sound in rubber higher or lower than the speed of sound in aluminum? Explain.

EXERCISE 14.1 Compute the speed of sound in the following substances at 273 K: (a) lead ($Y = 1.6 \times 10^{10}$ Pa), (b) mercury ($B = 2.8 \times 10^{10}$ Pa), and (c) air at $-15.0°C$.

ANSWERS (a) 1.2×10^3 m/s (b) 1.4×10^3 m/s (c) 322 m/s

مثال محلول في المحاضرات.......

EXAMPLE 14.4 Listen, but Don't Stand on the Track

GOAL Solve a Doppler shift problem when only the source is moving.

PROBLEM A train moving at a speed of 40.0 m/s sounds its whistle, which has a frequency of 5.00×10^2 Hz. Determine the frequency heard by a stationary observer as the train *approaches* the observer. The ambient temperature is 24.0°C.

STRATEGY Use Equation 14.4 to get the speed of sound at the ambient temperature, then substitute values into Equation 14.12 for the Doppler shift. Because the train approaches the observer, the observed frequency will be larger. Choose the sign of v_S to reflect this fact.

SOLUTION

Use Equation 14.4 to calculate the speed of sound in air at $T = 24.0°C$:

$$v = (331\ \text{m/s})\sqrt{\frac{T}{273\ \text{K}}}$$
$$= (331\ \text{m/s})\sqrt{\frac{(273 + 24.0)\ \text{K}}{273\ \text{K}}} = \boxed{345\ \text{m/s}}$$

The observer is stationary, so $v_O = 0$. The train is moving *toward* the observer, so $v_S = +40.0$ m/s (*positive*). Substitute these values and the speed of sound into the Doppler shift equation:

$$f_O = f_S\left(\frac{v + v_O}{v - v_S}\right)$$
$$= (5.00 \times 10^2\ \text{Hz})\left(\frac{345\ \text{m/s}}{345\ \text{m/s} - 40.0\ \text{m/s}}\right)$$
$$= \boxed{566\ \text{Hz}}$$

REMARKS If the train were going away from the observer, $v_S = -40.0$ m/s would have been chosen instead.

QUESTION 14.4 Does the Doppler shift change due to temperature variations? If so, why? For typical daily variations in temperature in a moderate climate, would any change in the Doppler shift be best characterized as (a) nonexistent, (b) small, or (c) large?

EXERCISE 14.4 Determine the frequency heard by the stationary observer as the train *recedes* from the observer.

ANSWER 448 Hz

مثال: (انزياح دوبلر من أجل منبع متحرك فقط)

قطار يتحرك بسرعة تساوي $(40,0\ m/s)$، حيث نسمع صوت صفارته التي ترددها يساوي $5,00 \times 10^2\ Hz$. المطلوب تحديد التردد الذي يسمعه مراقب المحطة عند اقتراب القطار منه. علماً أن درجة حرارة الهواء الجوي تساوي $24,0^o\ C$.

الحل:

نحسب أولاً سرعة الصوت في درجة الحرارة $24,0^o\ C$:

$$v = \left(331 \frac{m}{s}\right)\sqrt{\frac{T}{273\ K}} = \left(331 \frac{m}{s}\right)\sqrt{\frac{(273 + 24,0)K}{273\ K}} = 345\ m/s$$

بما أن المراقب ساكن لا يتحرك، فإن $v_0 = 0$. القطار يتحرك باتجاه المراقب، أي أن $v_s = +40,0\ m/s$ (موجب). بالتبديل في العلاقة الآتية نجد:

$$f_0 = f_s\left(\frac{v + v_0}{v - v_s}\right) = (5,00 \times 10^2\ Hz)\left(\frac{345\frac{m}{s} + 0}{345\frac{m}{s} - 40\frac{m}{s}}\right) = 566\ Hz$$

ملاحظات:

إذا تجاوز القطار المراقب وابتعد عنه فيجب استبدال سرعة القطار بـ $v_s = -40,0\ m/s$.

سؤال:

حدد التردد المسموع من قبل المراقب عند ابتعاد المنبع عنه:

$$f_0 = f_s\left(\frac{v + v_0}{v - v_s}\right) = (5,00 \times 10^2\ Hz)\left(\frac{345\frac{m}{s} + 0}{345\frac{m}{s} + 40\frac{m}{s}}\right) = 488\ Hz$$

EXAMPLE 14.5 The Noisy Siren

GOAL Solve a Doppler shift problem when both the source and observer are moving.

PROBLEM An ambulance travels down a highway at a speed of 75.0 mi/h, its siren emitting sound at a frequency of 4.00×10^2 Hz. What frequency is heard by a passenger in a car traveling at 55.0 mi/h in the opposite direction as the car and ambulance **(a)** *approach* each other and **(b)** pass and *move away* from each other? Take the speed of sound in air to be $v = 345$ m/s.

STRATEGY Aside from converting mi/h to m/s, this problem only requires substitution into the Doppler formula, but two signs must be chosen correctly in each part. In part (a) the observer moves toward the source and the source moves toward the observer, so both v_O and v_S should be chosen to be positive. Switch signs after they pass each other.

SOLUTION

Convert the speeds from mi/h to m/s:

$$v_S = (75.0\ \text{mi/h})\left(\frac{0.447\ \text{m/s}}{1.00\ \text{mi/h}}\right) = 33.5\ \text{m/s}$$

$$v_O = (55.0\ \text{mi/h})\left(\frac{0.447\ \text{m/s}}{1.00\ \text{mi/h}}\right) = 24.6\ \text{m/s}$$

(a) Compute the observed frequency as the ambulance and car approach each other.

Each vehicle goes toward the other, so substitute $v_O = +24.6$ m/s and $v_S = +33.5$ m/s into the Doppler shift formula:

$$f_O = f_S\left(\frac{v + v_O}{v - v_S}\right)$$

$$= (4.00 \times 10^2\ \text{Hz})\left(\frac{345\ \text{m/s} + 24.6\ \text{m/s}}{345\ \text{m/s} - 33.5\ \text{m/s}}\right) = 475\ \text{Hz}$$

(b) Compute the observed frequency as the ambulance and car recede from each other.

Each vehicle goes away from the other, so substitute $v_O = -24.6$ m/s and $v_S = -33.5$ m/s into the Doppler shift formula:

$$f_O = f_S\left(\frac{v + v_O}{v - v_S}\right)$$

$$= (4.00 \times 10^2\ \text{Hz})\left(\frac{345\ \text{m/s} + (-24.6\ \text{m/s})}{345\ \text{m/s} - (-33.5\ \text{m/s})}\right)$$

$$= 339\ \text{Hz}$$

REMARKS Notice how the signs were handled. In part (b) the negative signs were required on the speeds because both observer and source were moving away from each other. Sometimes, of course, one of the speeds is negative and the other is positive.

QUESTION 14.5 Is the Doppler shift affected by sound intensity level?

EXERCISE 14.5 Repeat this problem, but assume the ambulance and car are going the same direction, with the ambulance initially behind the car. The speeds and the frequency of the siren are the same as in the example. Find the frequency heard by the observer in the car (a) before and (b) after the ambulance passes the car. *Note:* The highway patrol subsequently gives the driver of the car a ticket for not pulling over for an emergency vehicle!

ANSWERS (a) 411 Hz (b) 391 Hz

مثال: ضجيج صافرة سيارة إنذار (حساب انزياح دوبلر من أجل المنبع والمراقب متحركان)

سيارة اسعاف تسير بسرعة $75,0\ mi/h$، وصفارة السيارة تُصدر صوت تردده $(4,00 \times 10^2\ Hz)$. ما هو التردد الذي يسمعه مسافر في سيارة تسير بسرعة $55,0\ mi/h$، في الحالتين الآتيتين: (1) عند الاقتراب من بعضهما، (2) عند الابتعاد عن بعضهما؟ نأخذ سرعة الصوت في الهواء $345\ m/s$.

الحل:

أولاً يجب تحويل mi/h إلى m/s. ويجب اختيار إشارة كل من سرعة المراقب وسرعة سيارة الاسعاف في كل جزء من المسألة. في الجزء (1) المراقب يتحرك باتجاه المنبع والمنبع يتحرط باتجاه المراقب، أي يجب أن تكون إشـــارة كل من v_0 و v_s موجبة. ومن ثم عكس الإشارتين عن الابتعاد عن بعضهما.

$$v_s = \left(75,0\frac{mi}{h}\right)\left(\frac{0,447\ m/s}{1,00\ mi/h}\right) = 33,5\frac{m}{s}$$

$$v_0 = \left(55,0\frac{mi}{h}\right)\left(\frac{0,447\ m/s}{1,00\ mi/h}\right) = 24,6\frac{m}{s}$$

(1) حساب التردد عند اقتراب سيارة الاسعاف من السيارة: يجب استبدال $v_0 = +24,6\ m/s$ و $v_s = +33,5\ m/s$ في علاقة انزياح دوبلر:

$$f_0 = f_s\left(\frac{v + v_0}{v - v_s}\right) = (4,00 \times 10^2\ Hz)\left(\frac{345\frac{m}{s} + 24,6\frac{m}{s}}{345\frac{m}{s} - 33,5\frac{m}{s}}\right) = 475\ Hz$$

(2) حساب التردد عند ابتعاد سيارة الاسعاف عن السيارة: يجب استبدال $v_0 = -24,6\ m/s$ و $v_s = -33,5\ m/s$ في علاقة انزياح دوبلر:

$$f_0 = f_s\left(\frac{v+v_0}{v-v_s}\right) = (4{,}00\times 10^2\ Hz)\left(\frac{345\frac{m}{s}+\left(-24{,}6\frac{m}{s}\right)}{345\frac{m}{s}-\left(-33{,}5\frac{m}{s}\right)}\right) = 339\ Hz$$

ملاحظات:

نشير هنا إلى كيفية اختيار الإشارة. في الجزء (2) الإشارات سالبة وذلك لأن كلا المراقب والمنبع يبتعدان عن بعضهما. بعض الأحيان، بشكل طبيعي، إحدى السرعتين تكون سالبة والأخرى موجبة.

تمرين: هل انزياح دوبلر يتأثر بمستوى شدة الصوت؟

Le décalage Doppler est-il affecté par le niveau d’intensité sonore ?
Is the Doppler shift affected by sound intensity level?

Non, le décalage Doppler, qui est la variation de fréquence d'une onde due au mouvement relatif entre la source et l'observateur, n'est pas affecté par le niveau d'intensité sonore. Le décalage Doppler dépend uniquement de la vitesse relative de la source et de l'observateur, ainsi que de la vitesse de propagation de l'onde.

مثال:

نكرر المثال السابق لكن بفرض أن السيارة وسيارة الاسعاف يتحركان بنفس الاتجاه، ومن ثم نفرض أن سيارة الاسعاف في البداية كانت خلف السيارة العادية (سيارة المراقب). السرعات والتردد الصافرة لهما القيم في المثال السابق. المطلوب إيجاد التردد الذي يسمعه المراقب في السيارة في الحالتين: (1) قبل و (2) بعد أن تجتاز سيارة الاسعاف السيارة.

الحل:

(1) قبل:

$$f_0 = f_s\left(\frac{v+v_0}{v-v_s}\right) = (4{,}00\times 10^2\ Hz)\left(\frac{345\frac{m}{s}-24{,}6\frac{m}{s}}{345\frac{m}{s}-\left(+33{,}5\frac{m}{s}\right)}\right) = 411\ Hz$$

(2) بعد:

$$f_0 = f_s\left(\frac{v+v_0}{v-v_s}\right) = (4{,}00\times 10^2\ Hz)\left(\frac{345\frac{m}{s}+24{,}6\frac{m}{s}}{345\frac{m}{s}+33{,}5\frac{m}{s}}\right) = 391\ Hz$$