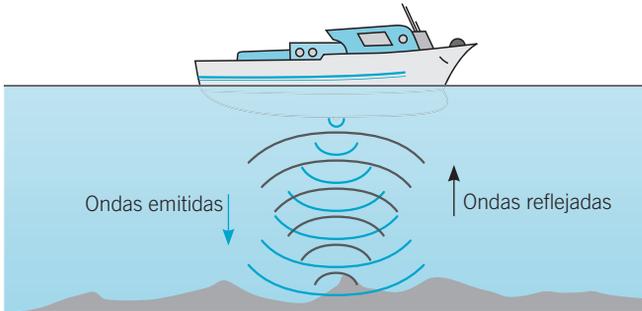


5. Explica a partir de un esquema cómo funciona un sonar empleado para medir la profundidad del fondo marino.

El sonar es un instrumento basado en las reflexiones de los ultrasonidos emitidos por un dispositivo capaz de detectar los sonidos reflejados y medir el tiempo que tardan en regresar. Midiendo el tiempo que tarda el eco y conociendo la velocidad de propagación en el medio se puede determinar, por ejemplo, la profundidad de los fondos marinos o la existencia de un banco de peces bajo el agua.



6. Pon ejemplos de trabajadores que deben extremar las medidas de protección para evitar los problemas derivados de la contaminación acústica.

Teniendo en cuenta la tabla de valores de sonido de la página 164 del libro de texto se pueden citar como ejemplos de trabajadores que deben extremar las medidas de protección:

- Operarios que utilizan perforadoras.
- Empleados de discotecas.
- Controladores y asistentes de vuelo en pista.
- Profesionales relacionados con las carreras de Fórmula 1.

7. ¿Por qué la Luna se muestra como un disco negro durante un eclipse de Sol?

En un eclipse de Sol la Luna se interpone entre este y la Tierra. Desde la Tierra solo se observa la cara de la Luna opuesta a la iluminada, mostrándose como un disco negro.

8. Explica las diferencias entre:

a) Sombra y penumbra. b) Rayo y onda.

- a) La zona de penumbra recibe solo parte de los rayos luminosos, y la de sombra no recibe ninguno.
- b) Una onda electromagnética es una perturbación tridimensional, mientras que el rayo es la línea perpendicular a la onda, y nos indica la dirección de propagación de la misma.

9. ● El periscopio te permite ver sin ser visto. Lo puedes construir fácilmente colocando dos espejos inclinados en el interior de una caja en la que has hecho dos «ventanas».

a) Explica cómo puede llegar a tu ojo el rayo procedente del objeto que deseas ver.

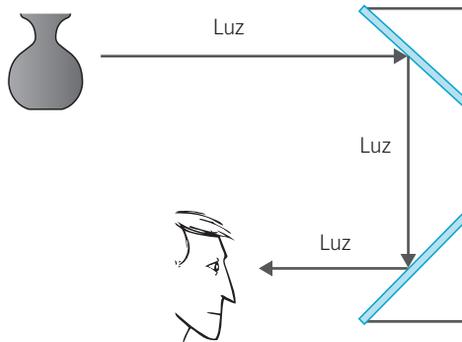
b) ¿Por qué se usan los periscopios en los submarinos?

a) Dentro del periscopio están colocados dos espejos, de forma que los rayos de luz procedentes del objeto a observar se reflejan en el primer espejo. Estos, a su vez, se reflejan en el segundo espejo, llegando esta imagen, producto de una doble reflexión, al ojo del observador.

b) Para poder observar los objetos situados sobre la superficie cuando el observador se encuentra sumergido bajo el agua.

10. ●● Diseña un periscopio que te permita ver algo que está a tu espalda.

Respuesta gráfica:



11. ●● Las antenas parabólicas captan señales de televisión. Tienen forma curva y, a cierta distancia del centro, un elemento que capta la señal que va al aparato (alimentador).

a) Explica su funcionamiento teniendo en cuenta las leyes de la reflexión.

b) ¿Qué ventaja proporciona la curvatura de la antena?

a) Según las leyes de la reflexión, el rayo incidente, la normal y el reflejado están en el mismo plano; además, el ángulo de incidencia coincide con el de reflexión. La forma de la antena parabólica permite que todos los rayos incidentes paralelos que llegan hasta ella se reflejen con ángulos apropiados para cruzarse en un punto determinado denominado foco. En este punto es donde se coloca el alimentador.

b) La curvatura de la antena proporciona el cambio adecuado en la dirección de la normal. Esto no sucedería en una superficie plana, donde la normal siempre tiene la misma dirección.

12. ●● Explica por qué la mayoría de las lámparas de estudio tienen una pantalla cónica o semiesférica.

La luz emitida por la bombilla se refleja dentro de la pantalla cónica de la lámpara, concentrándose en la dirección deseada.

13. ●● ¿En qué dirección se reflejará un rayo que incide perpendicularmente a un espejo?

Cuando un rayo incide perpendicularmente en un espejo, el reflejado mantiene la dirección cambiando el sentido.

14. ● Teniendo en cuenta las leyes de la refracción, explica por qué parece torcida una pajita introducida en un vaso con agua.

Según la ley de Snell, el ángulo de incidencia y el de refracción están relacionados por la expresión:

$$n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r}$$

A partir de ella se deduce que, al aumentar el índice de refracción por cambiar de medio (aire-agua), debe disminuir el ángulo de refracción. Esto produce el efecto óptico que nos hace ver la pajita torcida dentro del agua.

15. ●● Explica por qué si te inclinas más o menos la posición de la moneda que está dentro de un tazón con agua parece que sube o baja.

Se observa la imagen de la moneda donde la prolongación del rayo que llega hasta el ojo se corta con la vertical. Si modificamos el punto de vista, varía el punto de corte y, en consecuencia, la posición de la imagen de la moneda.

16. ● ¿Te puedes colocar en alguna situación para ver la moneda que está dentro del tazón con agua en su posición real?

Sí, colocando el punto de vista sobre la vertical, en dirección perpendicular a la superficie del agua.

17. ● Clasifica las siguientes ondas según su modo de propagación.

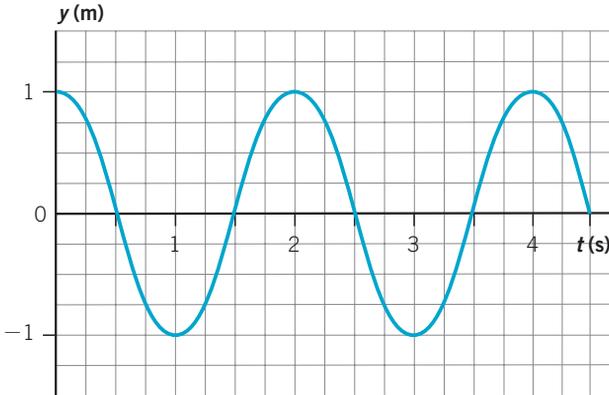
- a) Las ondas de radio.
- b) Las ondas producidas al arrojar una piedra a un estanque.
- c) La luz del Sol.
- d) Las ondas producidas al estirar un muelle a lo largo.
 - a) Tridimensional, electromagnética y transversal.
 - b) Bidimensional, mecánica y transversal.
 - c) Tridimensional, electromagnética y transversal.
 - d) Unidimensional, mecánica y longitudinal.

Transferencia de energía: ondas

18. La onda de la figura se propaga a una velocidad de 10 m/s. Calcula:



- a) La amplitud. c) La longitud de onda.
b) El periodo. d) La frecuencia.



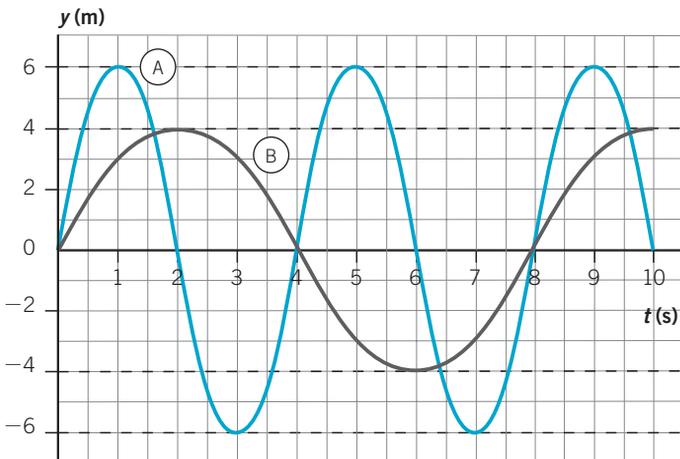
a) $A = 1 \text{ m}$

b) $T = 2 \text{ s}$

c) $v = \frac{\lambda}{T} \rightarrow \lambda = v \cdot T = 10 \text{ m/s} \cdot 2 \text{ s} = 20 \text{ m}$

d) $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2 \text{ s}} = 0,5 \text{ Hz}$

19. Observa las dos ondas –la onda A, en azul, y la onda B, en rojo (negro)– que se propagan a la misma velocidad.



Razona qué afirmaciones son correctas.

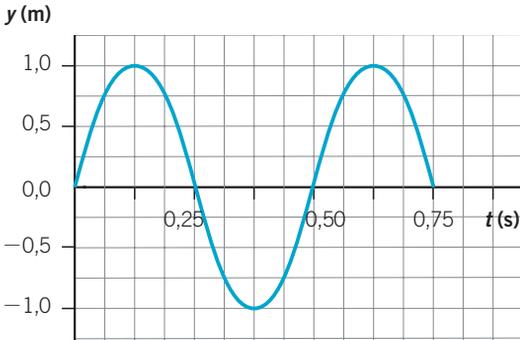
- a) La amplitud de la onda A es mayor que la de B.

- b) La frecuencia de la onda A es menor que la de B.
 c) La longitud de onda de la onda A es mayor que la de B.
 d) El periodo de la onda B es menor que el de la A.

- a) Verdadero. Según los datos reflejados en la gráfica, la amplitud de A es 6 m y la amplitud de B es 4 m.
 b) Falso. El periodo de A es menor; por tanto, su frecuencia es mayor.
 c) Falso. Para la misma velocidad, tiene mayor longitud de onda la de mayor periodo, es decir, la onda B.
 d) Falso. Según los datos de la gráfica, el periodo de A es 4 s, y el de la onda B es 8 s.

20.

La onda de la figura se propaga a una velocidad de 4 m/s.



Calcula:

- a) El periodo.
 b) La frecuencia.
 c) La amplitud.
 d) La longitud de onda.

- a) El periodo se deduce de la gráfica:

$$T = 0,5 \text{ s}$$

- b) La frecuencia es la inversa del periodo:

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,5 \text{ s}} = 2 \text{ Hz}$$

- c) A se deduce de la gráfica:

$$A = 1 \text{ m}$$

- d) La velocidad es:

$$\nu = \frac{\lambda}{T} \rightarrow \lambda = \nu \cdot T = 4 \text{ m/s} \cdot 0,5 \text{ s} = 2 \text{ m}$$

21. Indica el concepto que se define en cada apartado:

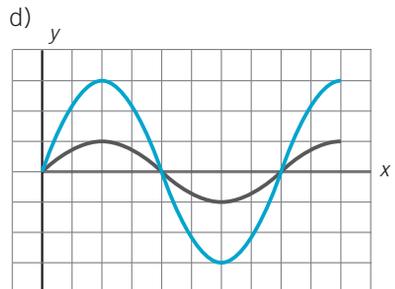
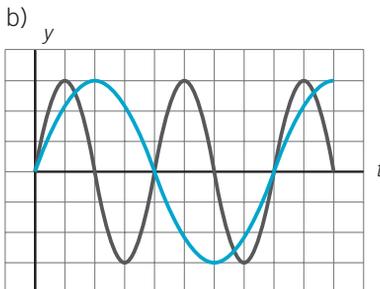
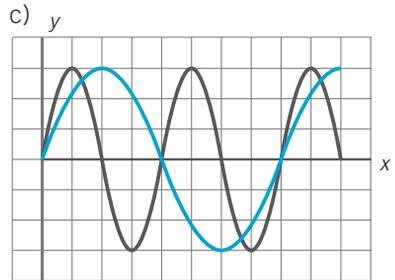
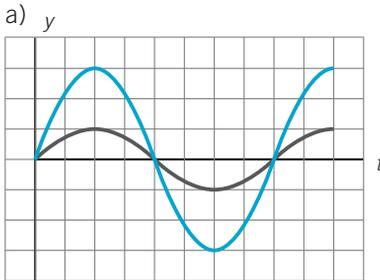
- a) Distancia que separa dos puntos de una onda con el mismo estado de vibración.
- b) Distancia que avanza la onda en la unidad de tiempo.
- c) Tiempo que tarda una onda en realizar una vibración completa.
- d) Número de vibraciones completas en la unidad de tiempo.
 - a) Longitud de onda.
 - b) Velocidad de propagación.
 - c) Periodo.
 - d) Frecuencia.

22. Completa las frases sobre la clasificación de las ondas:

- a) Las ondas _____ se pueden propagar en el vacío.
- b) Todas las ondas _____ son transversales.
- c) Las ondas _____ necesitan un medio material para propagarse.
- d) El sonido es una onda _____.
 - a) Las ondas **electromagnéticas** se pueden propagar en el vacío.
 - b) Todas las ondas **electromagnéticas** son transversales.
 - c) Las ondas **mecánicas** necesitan un medio material para propagarse.
 - d) El sonido es una onda **mecánica**.

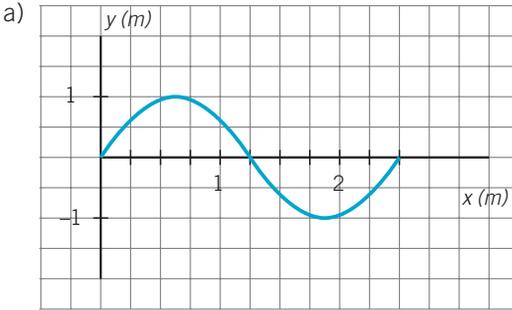
23. Dibuja las ondas que se indican:

- a) Dos ondas de la misma frecuencia y distinta amplitud.
- b) Dos ondas de la misma amplitud y distinta frecuencia.
- c) Dos ondas de la misma amplitud y diferente longitud de onda.
- d) Dos ondas de la misma longitud de onda y diferente amplitud.



24. Un movimiento ondulatorio tiene una longitud de onda de 2,5 m, una amplitud de 1 m y una frecuencia de 100 Hz.

- a) Dibuja un esquema de la onda.
 b) Calcula la velocidad de propagación.
 c) ¿Cuál será el periodo del movimiento ondulatorio?



b) $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu = 2,5 \text{ m} \cdot 100 \text{ Hz} = 250 \text{ m/s}$

c) $T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{100 \text{ Hz}} = 0,01 \text{ s}$

25. Dos personas están situadas a una distancia de 1,1 km. Una de ellas hace explotar un petardo y la otra mide el tiempo transcurrido, que resulta ser de 3 s.

- a) Calcula el tiempo que tarda el sonido en recorrer la distancia entre ambas y compáralo con el dato del enunciado.
 b) Razona si durante el desarrollo de la experiencia sopla viento a favor o en contra.
 c) ¿Cuál es la velocidad del viento? Dato: velocidad del sonido en el aire = 340 m/s.

- a) Calculamos el tiempo teórico utilizando el dato de la velocidad del sonido en el aire:

$$v = \frac{d}{t} = \frac{1100 \text{ m}}{3 \text{ s}} = 367 \text{ m/s}; \quad t = \frac{d}{v_s} = \frac{1100 \text{ m}}{340 \text{ m/s}} = 3,24 \text{ m/s}$$

El valor obtenido es superior al real.

- b) Al tardar menos tiempo del teórico, podemos suponer que el viento sopla a favor.
 c) La velocidad del viento será la diferencia entre la velocidad real y la teórica:

$$v = \frac{d}{t} \rightarrow t = \frac{d}{v} = \frac{1100 \text{ m}}{340 \text{ m/s}} = 3,24 \text{ s} \rightarrow$$

$$\rightarrow v_{\text{viento}} = 367 \text{ m/s} - 340 \text{ m/s} = 27 \text{ m/s}$$

26. La onda acústica generada por una sirena de los bomberos tiene una frecuencia de 3600 Hz. Calcula:

- a) La velocidad de propagación.
 b) El periodo.
 c) ¿Originan algún tipo de contaminación las sirenas?

- a) Las ondas producidas por la sirena se propagan a la velocidad del sonido en el aire a 15 °C, es decir, 340 m/s.
 b) El periodo es el inverso de la frecuencia:

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{3600 \text{ Hz}} = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

- c) Sí, el uso de las sirenas a elevada intensidad origina contaminación acústica.

27. El sonar de un barco emite señales que tardan 2 s desde que se emiten hasta que rebotan en un banco de peces y retornan al barco.

- a) ¿A qué distancia del barco se encuentran los peces?
 b) ¿En qué fenómeno físico se basa el sonar?

Velocidad del sonido en el agua = 5200 km/h.

- a) El tiempo que tarda el sonido en llegar al banco de peces es la mitad del dato reflejado en el enunciado, es decir, 1 s.
 Pasamos el dato de velocidad a unidades del SI:

$$v = 5200 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 1444,4 \text{ m/s}$$

Calculamos la distancia despejándola de la fórmula de velocidad constante:

$$v = \frac{d}{t} \rightarrow d = v \cdot t = 1444,4 \text{ m/s} \cdot 1 \text{ s} = 1444,4 \text{ m}$$

- b) El sonar se basa en la reflexión del sonido.

28. Algunos animales, como los perros y los delfines, pueden percibir sonidos muy agudos de hasta 100 000 Hz de frecuencia. Calcula:

- a) El periodo de ese sonido.
 b) La longitud de onda.

Velocidad del sonido en el aire = 340 m/s.

- a) El periodo es el inverso de la frecuencia:

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{100\,000 \text{ Hz}} = 10^{-5} \text{ s}$$

b) La velocidad es:

$$v = \frac{\lambda}{T} \rightarrow \lambda = v \cdot T = 340 \text{ m/s} \cdot 10^{-5} \text{ s} = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

29. ● **Un sonido tiene una frecuencia de 400 Hz. Calcula el periodo y la longitud de onda del sonido en:**

a) El aire.

b) El agua.

Velocidad del sonido en el aire = 340 m/s;

velocidad del sonido en el agua = 5200 km/h.

a) En el aire:

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{400 \text{ Hz}} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$v = \frac{\lambda}{T} \rightarrow \lambda = v \cdot T = 340 \text{ m/s} \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 0,85 \text{ m}$$

b) En el agua:

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{400 \text{ Hz}} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

Pasamos el dato de velocidad a unidades del SI:

$$v = 5200 \text{ km/h} = 1444,4 \text{ m/s} \rightarrow$$

$$\rightarrow v = \frac{\lambda}{T} \rightarrow \lambda = v \cdot T = 1444,4 \text{ m/s} \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 3,6 \text{ m}$$

30. ● **Ordena de menor a mayor los diferentes medios según la velocidad de propagación del sonido en ellos:**

a) Metal.

d) Aire caliente.

b) Aire frío.

e) Arena.

c) Agua.

La velocidad del sonido depende fundamentalmente de dos factores:

- El estado de agregación del medio: la velocidad en los sólidos es mayor que en los líquidos; y esta, a su vez, mayor que en los gases.
- La temperatura: cuanto mayor sea la temperatura, mayor es la velocidad.

Atendiendo a estos dos factores y consultando los datos de las tablas (página 162 del libro de texto) podemos establecer el siguiente orden:

$$\text{Aire frío} < \text{aire caliente} < \text{agua} < \text{metal} < \text{arena}$$

31. El oído humano no percibe todos los sonidos; solo los que poseen frecuencias comprendidas entre 20 Hz y 20 000 Hz.

- a) ¿Cómo se denominan los sonidos con frecuencias superiores?
 b) ¿Qué aplicaciones tienen este tipo de sonidos no audibles para las personas?
 c) Calcula las longitudes de onda para los que el oído humano no percibe el sonido.

- a) Ultrasonidos.
 b) Sonar, telémetros de cámaras fotográficas, ecografías...
 c) Al ser inversamente proporcionales, el límite superior de longitud de onda vendrá dado por el valor menor de frecuencia audible para el ser humano (20 Hz); y el inferior, por el mayor (20 000 Hz).

$$v = \lambda \cdot \nu \rightarrow \lambda = \frac{v}{\nu}$$

$$\bullet \lambda_{\text{superior}} = \frac{v}{\nu_1} = \frac{340 \text{ m/s}}{20 \text{ Hz}} = 17 \text{ m}$$

$$\bullet \lambda_{\text{inferior}} = \frac{v}{\nu_2} = \frac{340 \text{ m/s}}{20\,000 \text{ Hz}} = 0,017 \text{ m}$$

32. Un montañero emite un silbido frente a una montaña y dos segundos después percibe el sonido reflejado.

- a) ¿Qué fenómeno físico se ha producido?
 b) ¿A qué distancia de la montaña se encuentra el montañero?
 c) ¿Se percibe el mismo fenómeno si la montaña se encuentra situada a 10 m?
- a) Se produce eco, que es un fenómeno físico basado en la reflexión del sonido.
 b) El tiempo necesario para recorrer la distancia será la mitad del dato que aparece en el enunciado, es decir, 1 segundo.

$$v = \frac{d}{t} \rightarrow d = v \cdot t = 340 \text{ m/s} \cdot 1 \text{ s} = 340 \text{ m}$$

- c) No; en este caso se produciría otro fenómeno, denominado reverberación, puesto que la distancia mínima para que no se solapen el sonido incidente y el reflejado debe ser al menos de 17 m.

33. Una excursionista grita frente a un precipicio de 680 m de profundidad.

- a) ¿Cuánto tiempo tarda en escuchar el eco?
 b) Si realiza el mismo grito un día caluroso, ¿tardaría más o menos tiempo en escuchar el eco?

- a) La distancia se multiplica por 2, ida y vuelta. La velocidad es:

$$v = \frac{d}{t} \rightarrow t = \frac{d}{v} = \frac{1360 \text{ m}}{340 \text{ m/s}} = 4 \text{ s}$$

- b) Tardaría menos, porque al aumentar la temperatura aumenta la velocidad del sonido.

34.



Un espectador español asiste a un partido de fútbol entre España y Brasil situado a 100 m de distancia del punto donde el árbitro pita un penalti.

- a) ¿Cuánto tiempo tarda el espectador en escuchar el silbato?
 b) Si el árbitro llevase un micrófono incorporado, ¿cuánto tiempo tardaría un aficionado situado a 2 km del estadio en escucharlo?

Velocidad del sonido en el aire = 340 m/s.

$$a) v = \frac{d}{t} \rightarrow t = \frac{d}{v} = \frac{100 \text{ m}}{340 \text{ m/s}} = 0,29 \text{ s}$$

$$b) v = \frac{d}{t} \rightarrow t = \frac{d}{v} = \frac{2000 \text{ m}}{340 \text{ m/s}} = 5,9 \text{ s}$$

35.



Una luz tiene una longitud de onda de $6,5 \cdot 10^{-5}$ m. Calcula la frecuencia y el periodo en:

- a) El aire. b) El agua.

Velocidad de la luz en el aire = $3 \cdot 10^8$ m/s;

velocidad de la luz en el agua = $2,25 \cdot 10^8$ m/s.

- a) En el aire:

$$v = \lambda \cdot \nu \rightarrow \nu = \frac{v}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{6,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}} = 4,6 \cdot 10^{12} \text{ Hz} \rightarrow$$

$$\rightarrow T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{4,6 \cdot 10^{12} \text{ Hz}} = 2,17 \cdot 10^{-13} \text{ s}$$

- b) En el agua:

$$v = \lambda \cdot \nu \rightarrow \nu = \frac{v}{\lambda} = \frac{2,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{6,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}} = 3,5 \cdot 10^{12} \text{ Hz} \rightarrow$$

$$\rightarrow T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{3,5 \cdot 10^{12} \text{ Hz}} = 2,9 \cdot 10^{-13} \text{ s}$$

36.



¿Qué instrumento es el adecuado para medir la distancia entre la Tierra y la Luna?

- a) Una regla graduada. d) Un cuentakilómetros.
 b) Un sonar. e) Un telescopio.
 c) Un aparato de rayo láser.

- c) Un aparato de rayo láser.

La distancia se mide gracias a la reflexión de la luz láser en espejos colocados en la Luna.

37. Un excursionista en mitad del campo observa el destello luminoso de un relámpago y 10 s más tarde oye el estampido del trueno.

- a) ¿A qué distancia de la tormenta se encuentra?
 b) El siguiente rayo que escucha tarda 6 s. Razona si el excursionista debe ir buscando refugio.

a) La velocidad de la luz en el aire es tan elevada que podemos suponer que vemos el relámpago junto en el momento que se produce para calcular la distancia a la que se encuentra la tormenta.

Por tanto, calculamos la distancia que recorre el sonido en 10 s.

$$v = \frac{d}{t} \rightarrow d = v \cdot t = 340 \text{ m/s} \cdot 10 \text{ s} = 3400 \text{ m} = 3,4 \text{ km}$$

b) Al ser menor el tiempo transcurrido entre el relámpago y el trueno, sabemos que la tormenta se está acercando. Por tanto, al excursionista le convendría ir buscando refugio.

38. Una emisora de radio emite a 93 MHz. Señala para dicha onda:

- a) La velocidad de propagación. c) Su periodo.
 b) Su frecuencia. d) La longitud de onda.

a) La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas es la velocidad de la luz, es decir, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

b) $\nu = 93 \text{ MHz} = 9,3 \cdot 10^7 \text{ Hz}$.

c) $T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{9,3 \cdot 10^7 \text{ Hz}} = 1,1 \cdot 10^{-8} \text{ s}$

d) $c = \lambda \cdot \nu \rightarrow \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{9,3 \cdot 10^7 \text{ Hz}} = 0,31 \text{ m}$

39. La distancia entre la Tierra y la Luna es de 384 000 km.

- a) ¿Cuánto tiempo tardaría en recorrer esa distancia una nave que viajase a 1000 km/h?
 b) ¿Qué tiempo emplea la luz en el mismo viaje?
 c) ¿Se podría escuchar una explosión que se produjese en la Luna?
 d) Suponiendo que el sonido pudiese viajar a través del espacio vacío, ¿cuánto tardaría en llegar de la Luna hasta la Tierra?

a) $v = \frac{d}{t} \rightarrow t = \frac{d}{v} = \frac{384\,000 \text{ km}}{1000 \text{ km/h}} = 384 \text{ h} = 16 \text{ días}$

- b) Expresamos la velocidad de la luz en km/h.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 1,08 \cdot 10^9 \text{ km/h}$$

$$v = \frac{d}{t} \rightarrow t = \frac{d}{c} = \frac{384\,000 \text{ km}}{1,08 \cdot 10^9 \text{ km/h}} = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ h} = 1,28 \text{ s}$$

- c) No lo escucharíamos; las ondas de sonido necesitan aire para propagarse y en la Luna no hay atmósfera conectada con la atmósfera terrestre.

- d) Expresamos la velocidad del sonido en km/h:

$$v = 340 \text{ m/s} = 1224 \text{ km/h}$$

$$v = \frac{d}{t} \rightarrow t = \frac{d}{v} = \frac{384\,000 \text{ km}}{1224 \text{ km/h}} = 333,73 \text{ h} = 13,1 \text{ días}$$

40.



La distancia entre cuerpos celestes muy lejanos se expresa en años luz (distancia que recorre la luz en un año). Si la luz de una estrella emplea 10 años en llegar hasta la Tierra:

- ¿Qué distancia recorre la luz emitida por la estrella en ese tiempo?
- ¿Podríamos afirmar que esa estrella sigue existiendo?
- ¿Cuánto tiempo tarda la luz del Sol en llegar hasta la Tierra?

Distancia media de la Tierra al Sol = 150 millones de kilómetros.

- Si la luz tarda 10 años en llegar, recorrerá una distancia de 10 años luz.
- No se puede afirmar que la estrella sigue existiendo, puesto que hay una diferencia de 10 años de tiempo desde que la luz fue emitida hasta que la recibimos.
- A partir de la velocidad:

$$v = \frac{d}{t} \rightarrow t = \frac{d}{v} = \frac{15\,000\,000 \text{ km}}{3 \cdot 10^5 \text{ km/s}} = 500 \text{ s} = 8,3 \text{ min}$$

41.



Define el índice de refracción de un medio y enuncia las leyes de la refracción. Luego completa las frases:

- Cuando el índice de refracción del segundo medio es _____ que el índice de refracción del primer medio, el rayo de luz se aleja de la normal.
- Cuando el índice de refracción del segundo medio es mayor que el índice de refracción del primer medio, el rayo de luz se _____ a la normal.
- El índice de refracción es diferente para los distintos _____. Por eso vemos el arco iris en días lluviosos y soleados.

Índice de refracción de un medio es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en ese medio.

Leyes de la refracción:

1. El rayo incidente, el rayo refractado y la normal están en el mismo plano.
2. Ley de Snell: el ángulo de incidencia y el de refracción están relacionados por la expresión:

$$n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r}$$

- a) Cuando el índice de refracción del segundo medio es **menor** que el índice de refracción del primer medio, el rayo se aleja de la normal.
- b) Cuando el índice de refracción del segundo medio es mayor que el índice de refracción del primer medio, el rayo se **acerca** a la normal.
- c) El índice de refracción es diferente para los distintos **medios**. Por eso vemos el arco iris en días lluviosos y soleados.

42. ●● ¿Qué significa que el índice de refracción de la luz en el diamante es 2,4?

- a) Que la velocidad de la luz es 2,4 veces mayor en el vacío que en el diamante.
- b) Que la velocidad de la luz es 2,4 veces menor en el vacío que en el diamante.

¿A qué velocidad se propaga la luz en el diamante?

La respuesta correcta es la a), la velocidad de la luz es 2,4 veces mayor en el vacío que en el diamante.

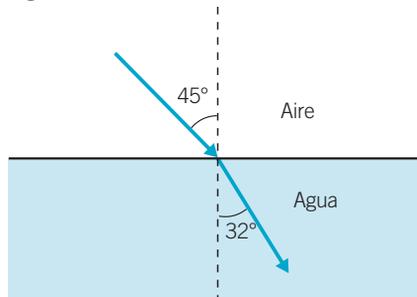
$$n = \frac{c}{v} \rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{2,4} = 1,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

43. ●● Un rayo de luz láser pasa desde el aire hasta el agua.

- a) Dibuja la dirección del rayo de luz.
- b) Si el ángulo de incidencia es de 45° , ¿cuál será el ángulo de refracción?
- c) Si el ángulo de refracción es de 90° , ¿cuánto vale el ángulo de incidencia?

Índice de refracción del agua = 1,33.

- a) Respuesta gráfica:



b) Aplicamos la ley de Snell y despejamos el ángulo de refracción:

$$n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r} \rightarrow$$

$$\rightarrow \sin \hat{r} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \hat{i} = \frac{1,0003}{1,33} \cdot \sin 45^\circ = 0,53 \rightarrow$$

$$\rightarrow \hat{r} = 32,13^\circ$$

c) No hay ningún caso en el que el ángulo de refracción sea de 90° , porque al pasar de un medio de menor índice de refracción a otro de mayor, el rayo de luz se acerca a la normal.

44.



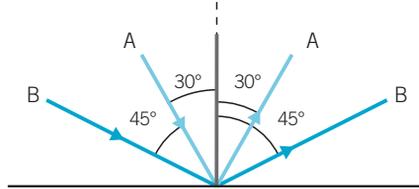
Un haz de luz incide sobre un espejo. Dibuja las direcciones del rayo incidente y del reflejado cuando el ángulo de incidencia es:

a) 30°

b) 45°

c) 90°

Respuesta gráfica:



c) Si el ángulo de incidencia es 90° la luz es rasante al espejo.

45.



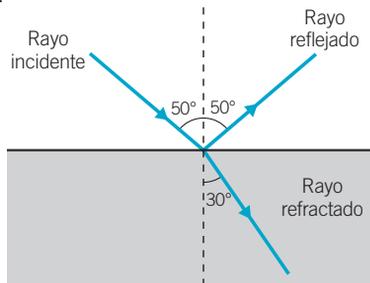
Un rayo de luz que se propaga por el aire llega hasta otro medio con un ángulo de incidencia de 50° .

a) **Dibuja los rayos incidente, reflejado y refractado.**

b) **Calcula el índice de refracción del otro medio.**

Ángulo de refracción = 30° ; índice de refracción del aire = 1.

a) Respuesta gráfica:



b) Aplicando la ley de Snell:

$$n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r} \rightarrow$$

$$\rightarrow 1 \cdot \sin 50^\circ = n_2 \cdot \sin 30^\circ \rightarrow$$

$$\rightarrow n_2 = \frac{\sin 50^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{0,766}{0,5} \rightarrow n_2 = 1,532$$

46. La estrella α Centauro se encuentra a 4,3 años luz del Sistema Solar.



- a) Expresa la distancia en unidades del Sistema Internacional.
 b) Si una nave espacial viajase a diez veces la velocidad del sonido, ¿cuánto tiempo tardaría en recorrer los 4,3 años luz?

- a) Un año luz es la distancia que recorre la luz en un año.
 Considerando que un año tiene 365 días, y cada día, 24 horas, calculamos la equivalencia en segundos:

$$1 \text{ año} = 31\,536\,000 \text{ s}$$

$$d = c \cdot t = 3 \cdot 10^5 \text{ km/s} \cdot 3,1536 \cdot 10^7 \text{ s} = 9,4608 \cdot 10^{12} \text{ km recorre la luz en un año.}$$

La estrella se encuentra a 4,3 años luz; por tanto:

$$d = 4,3 \cdot 9,4608 \cdot 10^{12} \text{ km} = 4,068\,14 \cdot 10^{13} \text{ km} \simeq 4,07 \cdot 10^{16} \text{ m}$$

- b) La velocidad es $10 \cdot 340 \text{ m/s} = 3,4 \text{ km/s}$. El tiempo empleado es:

$$t = \frac{d}{v} = \frac{4,06814 \cdot 10^{13} \text{ km}}{3,4 \text{ km/s}} = 1,38 \cdot 10^{14} \text{ s} \rightarrow \\ \rightarrow t = 4\,386\,000 \text{ años}$$

47. Un aparato de rayos X emite ondas de longitud de onda 10^{-10} m .



Indica:

- a) Cuál es la velocidad de propagación de la onda.
 b) Su frecuencia.
 c) Su periodo.
 d) Compara la longitud de onda de los rayos X con la de la luz visible. (Observa los esquemas de la página 185.)



- a) Los rayos X son ondas electromagnéticas. Por tanto, la velocidad de propagación es la velocidad de la luz, es decir:

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$b) c = \lambda \cdot \nu \rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{10^{-10} \text{ m}} = 3 \cdot 10^{18} \text{ Hz}$$

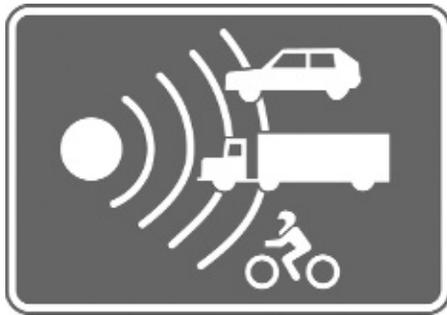
$$c) T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{3 \cdot 10^{18} \text{ Hz}} = 3,3 \cdot 10^{-19} \text{ s}$$

- d) La longitud de onda del visible es del orden de 10^{-6} m ; es decir, alrededor de 10 000 veces superior a la de los rayos X (10^{-10} m).

48. El efecto Doppler es el nombre dado al cambio percibido en la frecuencia de una onda cuando la fuente que la origina se está moviendo (sirena de ambulancia). En este efecto se basan los aparatos que utiliza la policía de tráfico para determinar la velocidad de los automóviles.

Un radar de tráfico situado en una autopista emite un haz de microondas que, al rebotar contra un automóvil, tarda $2 \cdot 10^{-7}$ s en ser recibida por el aparato.

El siguiente haz de microondas se emite al cabo de un segundo y tarda $6 \cdot 10^{-7}$ s en regresar.



Contesta:

- ¿A qué distancia se encuentra el automóvil cuando le llega la primera onda?
- ¿Y cuando le llega la segunda onda?
- ¿Cuál es la velocidad a la que circula el auto?
- ¿Será multado por exceso de velocidad?

Dato: velocidad máxima permitida en España en autopista = 120 km/h.

- Las microondas son una onda electromagnética; se propagan a la velocidad de la luz. Considerando la mitad del tiempo, pues recorre camino de ida y vuelta, la distancia a la que se encuentra el automóvil será:

$$d = v \cdot t = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 10^{-7} \text{ s} = 30 \text{ m}$$

- Análogamente al primer apartado:

$$d = v \cdot t = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 3 \cdot 10^{-7} \text{ s} = 90 \text{ m}$$

- Entre las dos señales el automóvil ha recorrido 60 m, siendo el tiempo transcurrido de 1 s. La velocidad a la que circula es:

$$v = \frac{d}{t} = \frac{60 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 60 \text{ m/s} = 216 \text{ km/h}$$

- El automóvil será multado por exceso de velocidad, al ser la velocidad máxima permitida en España en autopista de 120 km/h y suponer un grave peligro para la seguridad vial.

RINCÓN DE LA LECTURA

1. **¿Cuáles son los peligros de la radiación ultravioleta para nuestro organismo? ¿Cómo podemos protegernos de ella?**

La radiación ultravioleta puede causar daños en la piel. En los casos más extremos, cáncer de piel.

Para protegernos de ella no debemos exponernos en verano al sol durante las horas centrales del día, usar cremas protectoras, gorras, gafas de sol...

2. **Explica por qué no se ha descubierto la cola de Mira hasta 2007 si era una estrella que los astrónomos habían observado regularmente.**

Porque la cola brilla en el ultravioleta lejano, una región del espectro electromagnético menos estudiada que otras.

3. **Calcula la longitud de la cola de Mira en km.**

La cola mide 13 años luz:

$$13 \text{ años luz} \cdot \frac{9,46 \cdot 10^{12} \text{ km}}{1 \text{ año luz}} = 1,23 \cdot 10^{14} \text{ km}$$

4. **¿Por qué dice el texto que la cola representa la masa perdida por Mira cuando todavía vivían los neanderthales?**

Porque, como la velocidad de la luz es finita, la imagen que vemos ahora de la cola de Mira corresponde a la masa perdida hace 30 000 años.