

Topic 4 – Wave

Formative Assessment

PROBLEM SET

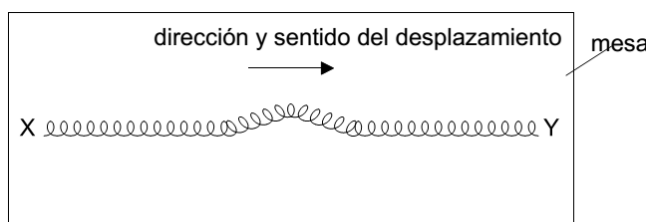
NAME: _____ TEAM: _____

THIS IS A PRACTICE ASSESSMENT. Show formulas, substitutions, answers, and units!

- Explicar el movimiento de las partículas de un medio cuando lo atraviesa una onda en los casos transversales y longitudinales
- Dibujar aproximadamente e interpretar gráficos de desplazamiento-distancia y gráficos de desplazamiento-tiempo para ondas transversales y longitudinales
- Resolver problemas relacionados con velocidad de onda, frecuencia y longitud de onda
- Investigar la velocidad del sonido experimentalmente

Topic 4.2 – Traveling waves

1. Un muelle (resorte) XY se encuentra apoyado sobre una mesa sin rozamiento y con su extremo Y libre.



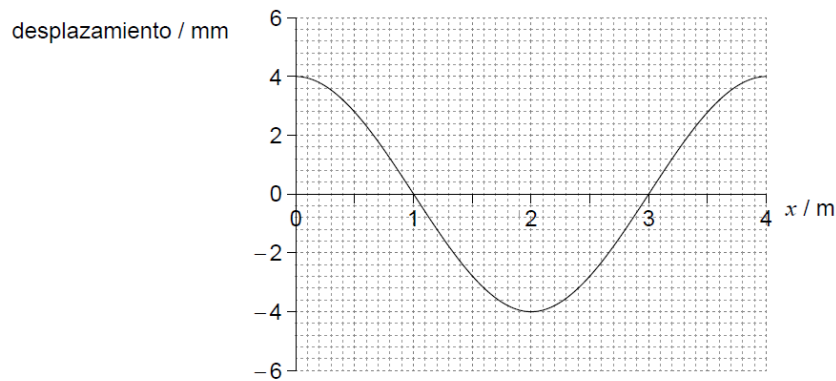
Si un pulso horizontal se desplaza sobre el muelle de X a Y, ¿qué ocurrirá cuando el pulso alcance Y?

- A. El pulso será reflejado hacia X e invertido.
- B. El pulso será reflejado hacia X pero no invertido.**
- C. Y se desplazará y el pulso desaparecerá.
- D. Y no se desplazará y el pulso desaparecerá.

2. Una alumna se encuentra de pie a una distancia L de una pared y bate sus palmas. Nada más oír el eco de la pared vuelve a batir sus palmas. Continúa haciendo esto, de tal modo que coinciden sus batidos sucesivos con el sonido reflejado en la pared. Si la frecuencia con que bate es f , ¿cuál ha de ser la velocidad del sonido en el aire?

- A. $L/2f$
- B. L/f
- C. Lf
- D. $2Lf$**

3. La gráfica muestra la variación con la distancia x , del desplazamiento de las partículas de un medio en el que una onda longitudinal viaja de izquierda a derecha. Se consideran positivos los desplazamientos hacia la derecha de la posición de equilibrio.



¿Qué punto se encuentra en el centro de una compresión?

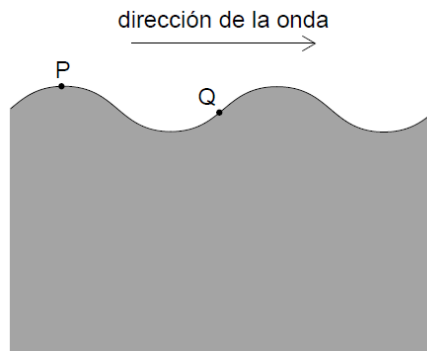
A. $x = 0$

B. $x = 1 \text{ m}$

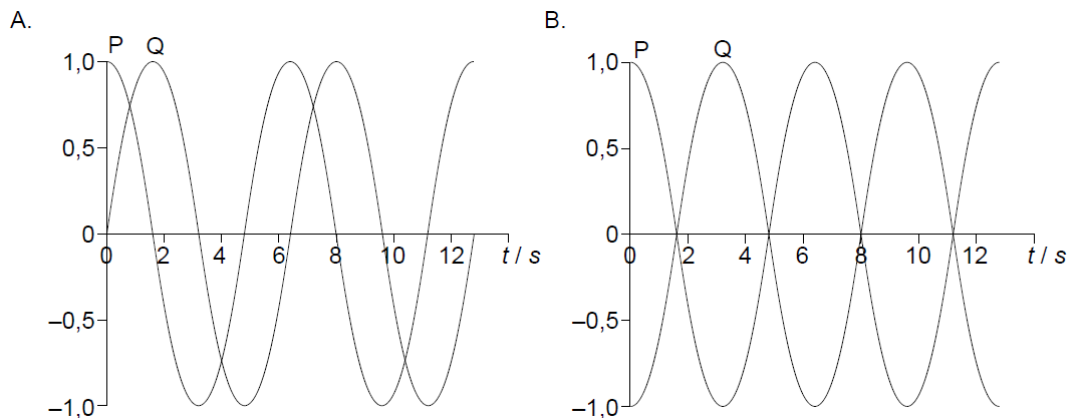
C. $x = 2 \text{ m}$

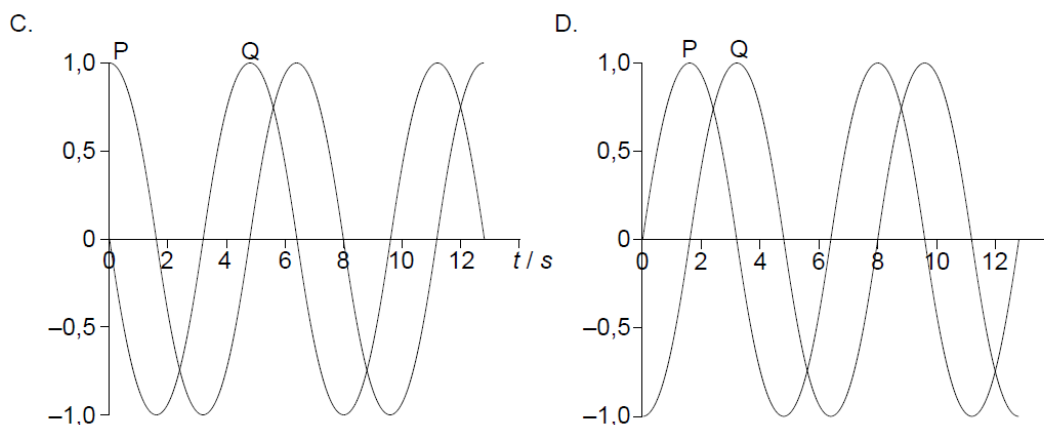
D. $x = 3 \text{ m}$

4. Una onda de agua se desplaza sobre la superficie de un lago. P y Q son dos puntos sobre la superficie del agua. La onda se desplaza hacia la derecha. **c**

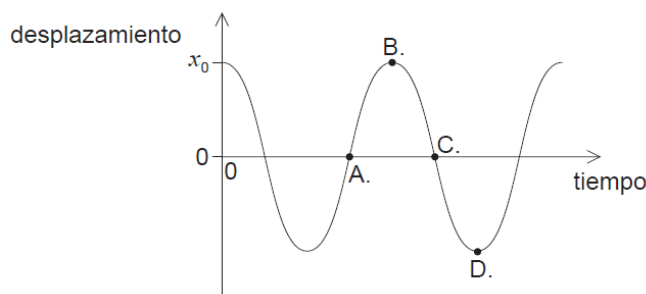


El diagrama muestra la onda en el tiempo $t = 0$. ¿Cuál de las gráficas muestra cómo varían frente a t los desplazamientos de P y Q?





5. La pesa de un péndulo tiene un desplazamiento inicial x_0 hacia la derecha. Se suelta la pesa y se la deja oscilar. En la gráfica se muestra cómo varía el desplazamiento con el tiempo. ¿En qué punto alcanza su máximo la velocidad de la pesa hacia la derecha? **a**

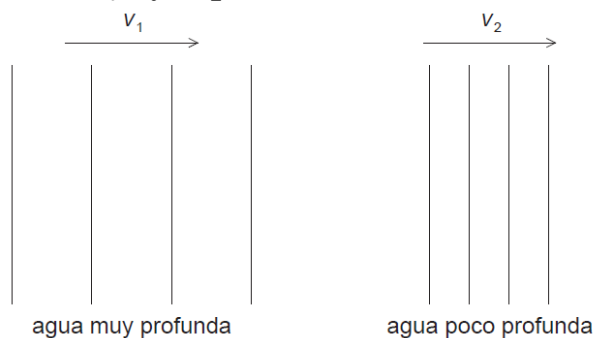


6. Los efectos de la resonancia deben evitarse en

- A. los osciladores de cuarzo.
- B. las vibraciones en maquinaria.**
- C. los generadores de microondas.
- D. los instrumentos musicales.

7. Una ola que entra en un puerto pasa súbitamente de agua muy profunda a poco profunda.

En el agua muy profunda, la ola tiene frecuencia f_1 y rapidez v_1 . En el agua poco profunda, la ola tiene frecuencia f_2 y rapidez v_2 .



¿Cuál de las siguientes opciones compara las frecuencias y rapideces de la ola en el agua muy profunda y poco profunda?

Frecuencias Rapideces de la ola

- A. $f_1 = f_2$ $v_1 > v_2$**
- B. $f_1 = f_2$ $v_1 < v_2$

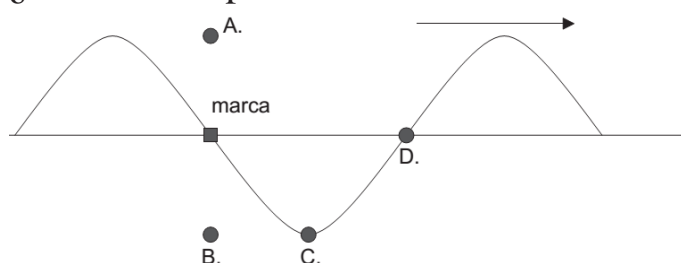
- C. $f_1 > f_2$ $v_1 = v_2$
D. $f_1 < f_2$ $v_1 > v_2$

8. Una onda progresiva transversal tiene una amplitud x_0 y una longitud de onda λ . ¿Cuál es la distancia mínima entre una cresta y un valle, medida en la dirección de propagación de la energía?

- A. $2x_0$ B. x_0 C. λ **D. $\lambda/2$**

9. Una onda en una cuerda viaja hacia la derecha como se muestra en la figura. La frecuencia de la onda es f . En el tiempo $t = 0$, una pequeña marca sobre la cuerda está en la posición mostrada.

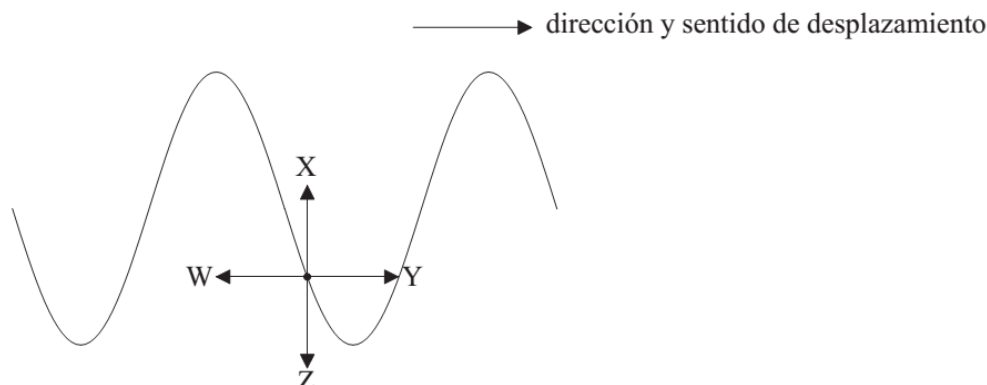
¿Cuál será la posición de la marca en $t = 1/4 f$? **A**



10. Las ondas electromagnéticas

- A. siempre obedecen a una ley de la inversa del cuadrado.
B. están compuestas por campos eléctrico y magnético de amplitud constante.
C. siempre viajan con la misma rapidez en el vacío.
D. están siempre polarizadas.

11. El diagrama muestra, en un cierto instante de tiempo, parte de una cuerda sobre la cual se desplaza una onda.



La onda se desplaza de izquierda a derecha.

¿Qué flecha muestra la dirección y sentido de movimiento de la cuerda en el punto indicado?

- A. W **B. X** C. Y D. Z

12. ¿Cuál de las siguientes opciones relaciona correctamente la dirección de la oscilación de las partículas de un medio con la dirección de la propagación de la energía, en el caso

de ondas transversales y longitudinales?

	Onda transversal	Onda longitudinal
A.	perpendicular	perpendicular
B.	perpendicular	paralela
C.	paralela	perpendicular
D.	paralela	paralela

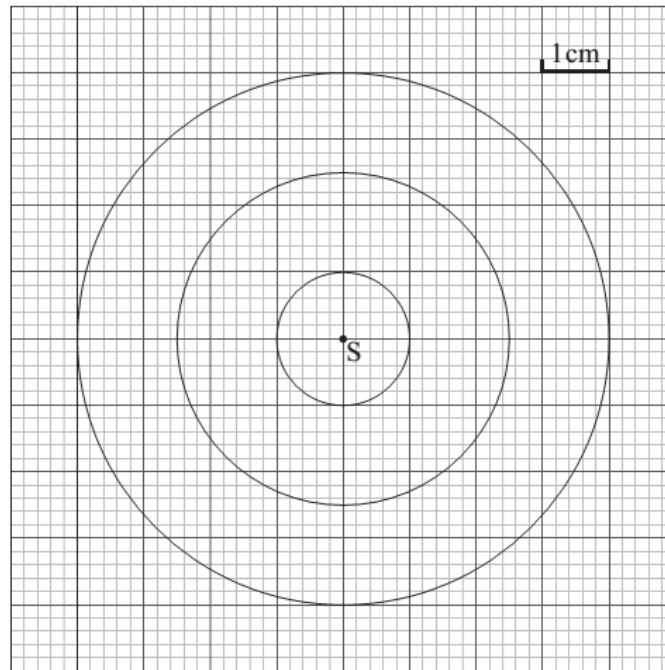
13. ¿Cuál de las siguientes respuestas describe correctamente la dirección de un rayo trazado con respecto a un frente de onda para ondas longitudinales y transversales?

	Onda longitudinal	Onda transversal
A.	paralela	paralela
B.	paralela	perpendicular
C.	perpendicular	paralela
D.	perpendicular	perpendicular

14. ¿Cuál de las siguientes opciones indica regiones del espectro electromagnético en orden **decreciente** de frecuencia?

- A. rayos gamma, microondas, visible
- B. ondas de radio, infrarrojo, microondas
- C. ultravioleta, infrarrojo, microondas
- D. visible, rayos gamma, ondas de radio

15. El siguiente diagrama es una instantánea de frentes de onda de las olas circulares emitidas por una fuente puntual, S, en la superficie del agua. La fuente vibra con una frecuencia $f = 10,0 \text{ Hz}$.



La velocidad del frente de onda será

- A. $0,15 \text{ cms}^{-1}$. B. $1,5 \text{ cms}^{-1}$. **C. 15 cms^{-1} .** D. 30 cm s^{-1} .

16. Una onda transversal se está propagando por una cuerda. Dos puntos de la cuerda distan entre sí media longitud de onda. Las velocidades de esos puntos

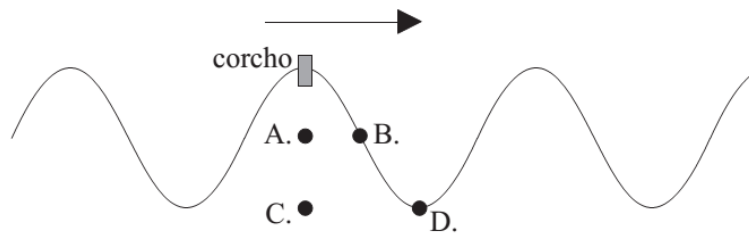
- A. son siempre constantes.
B. están siempre en dirección paralela a la dirección de propagación de la onda.
C. son siempre opuestas la una a la otra.
D. son siempre idénticas la una a la otra.

17. ¿Cuál de las siguientes respuestas describe mejor la velocidad de onda de una onda progresiva que se desplaza por un medio?

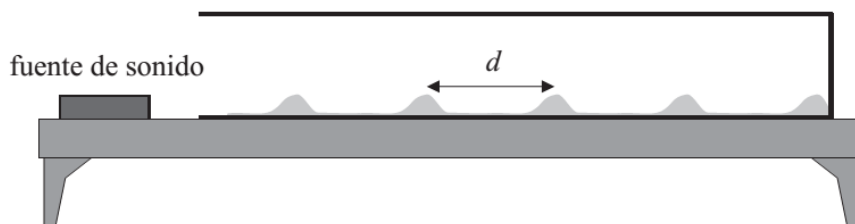
- A. la velocidad máxima de las partículas en vibración del medio.
B. la velocidad media de las partículas en vibración del medio.
c. la velocidad del medio por el que se desplaza la onda.
D. la velocidad de transferencia de energía por el medio.

18. Una onda superficial de agua (rizado) está viajando hacia la derecha sobre la superficie de un lago. El periodo de la onda es T . El diagrama siguiente muestra la superficie del lago en un instante determinado. Un trozo de corcho está flotando en el agua, en la posición indicada.

¿Cuál es la posición correcta del corcho al cabo de un tiempo de $T/4$? **A**



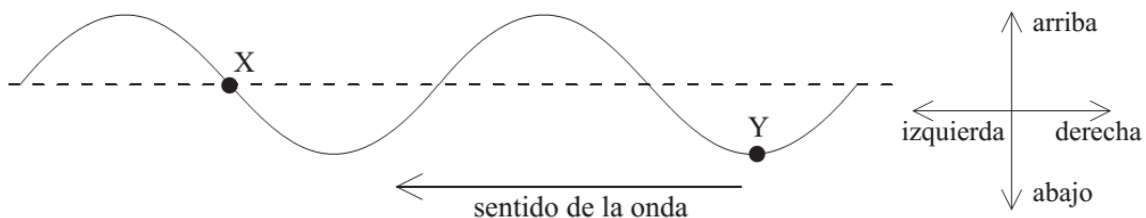
19. Una fuente de sonido está situada en las proximidades del extremo abierto de un tubo cilíndrico se encuentra situado sobre una mesa horizontal. El tubo tiene espolvoreado aserrín en toda su longitud. El aserrín se acumula en montones a lo largo de la longitud del tubo como se muestra en la figura siguiente.



La distancia entre dos montones consecutivos de aserrín es d y la velocidad del sonido en el tubo v . La frecuencia de la fuente es

- A. $v/2d$. B. v/d . C. dv . D. $2dv$.

20. el diagrama siguiente muestra una onda transversal sobre una cuerda. la onda se desplaza de derecha a izquierda.



En la posición mostrada, el punto X tiene desplazamiento nulo y el punto Y está en una posición de desplazamiento máximo. ¿Cuál de las siguientes respuestas da los sentidos de desplazamiento subsiguientes de los puntos X e Y?

	Punto X	Punto Y
A.	izquierda	izquierda
B.	arriba	arriba
C.	abajo	izquierda
D.	abajo	arriba

21. El diagrama 1 de más abajo muestra el desplazamiento, en el instante $t = 0$, de una parte de un medio a través del cual está viajando una onda. El diagrama 2 muestra el desplazamiento en un instante posterior $t = 4,0$ s, en el cual la onda se ha propagado 10 cm hacia delante. En ese instante, el punto P de la onda se ha movido desde una cresta hasta un valle, pasando por la posición de desplazamiento cero.

Diagrama 1

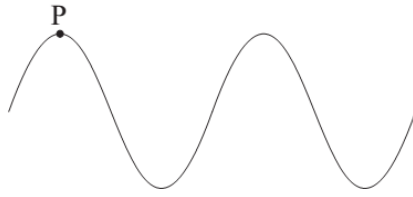
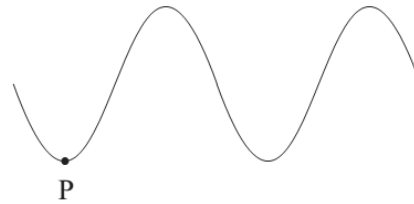


Diagrama 2



La longitud de onda de dicha onda es

A. 5,0 cm.

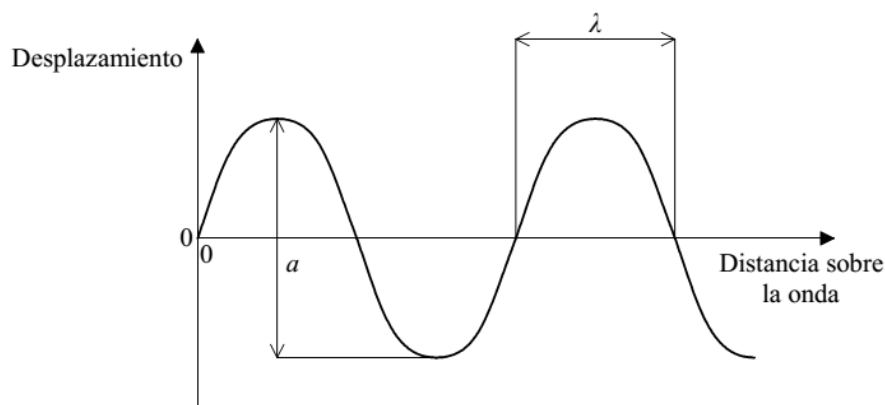
B. 10 cm.

C. 20 cm.

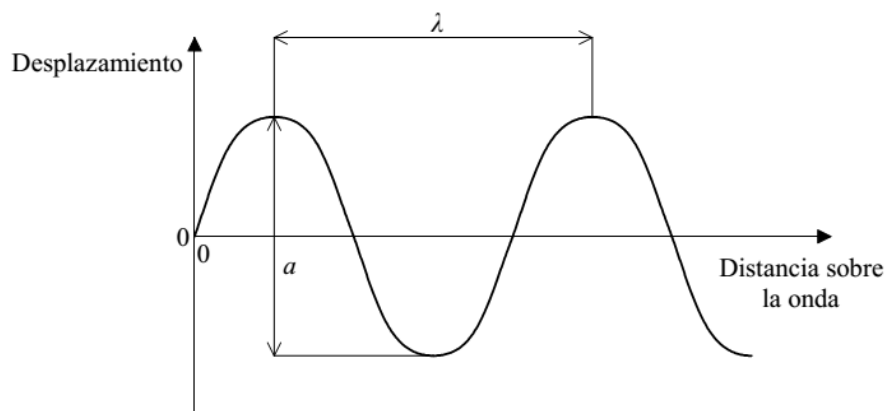
D. 40 cm.

22. ¿En cuál de las siguientes gráficas están representadas correctamente la longitud de onda λ y la amplitud a de una onda? **D**

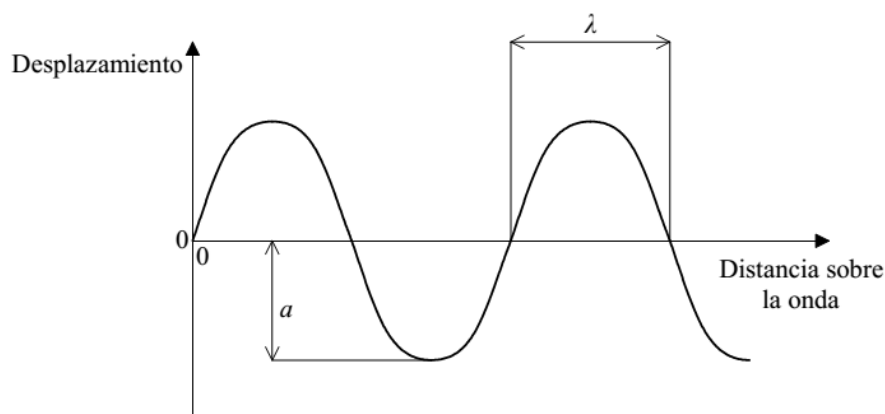
A.



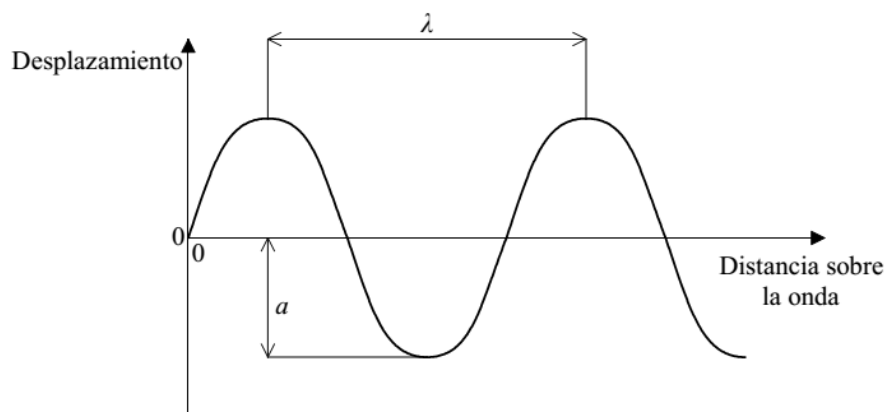
B.



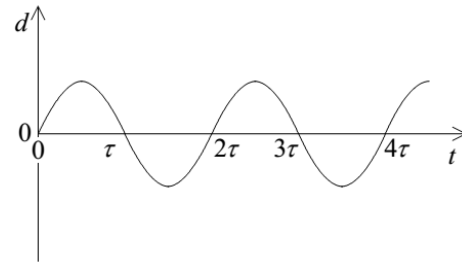
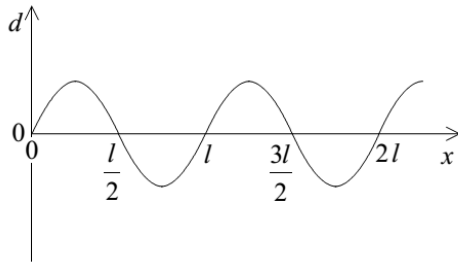
C.



D.



23. El desplazamiento d de una partícula, en una onda, varía con la distancia x a lo largo de la onda y con el tiempo t como se muestra en las figuras siguientes.



¿Qué expresión proporciona la rapidez de la onda?

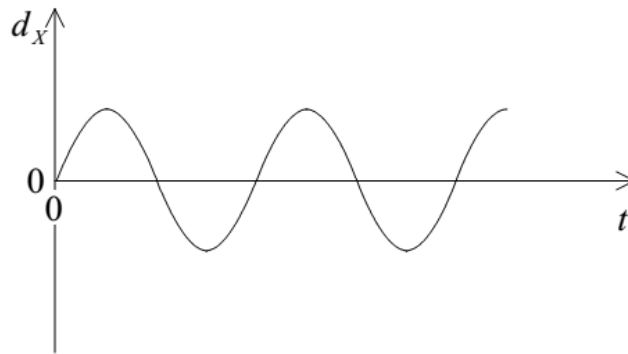
A. $1/4\tau$

B. $1/2 \tau$

C. $1/\tau$

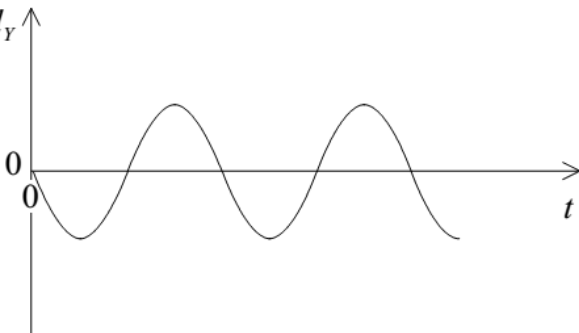
D. $2l/\tau$

20. En una onda estacionaria de longitud de onda λ hay dos partículas, X e Y, que se encuentran separadas una distancia $1/2 \lambda$. Más abajo se muestra la variación con el tiempo t del desplazamiento de X, d_x

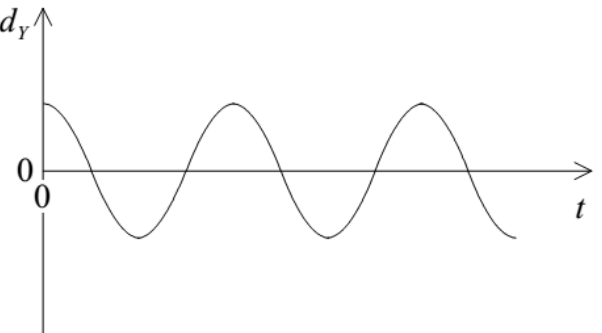


¿Cuál de las siguientes gráficas muestra, correctamente, la variación del desplazamiento de Y, d_Y , con el tiempo t ?

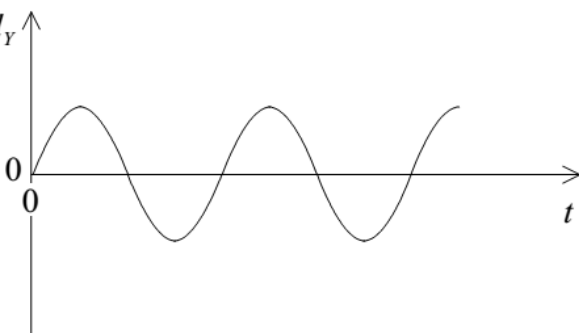
A. d_Y



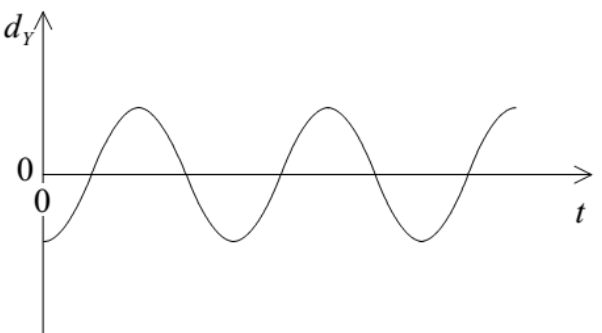
B. d_Y



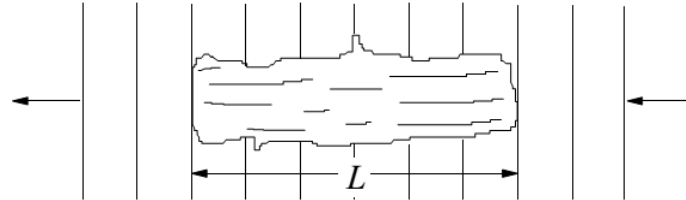
C. d_Y



D. d_Y



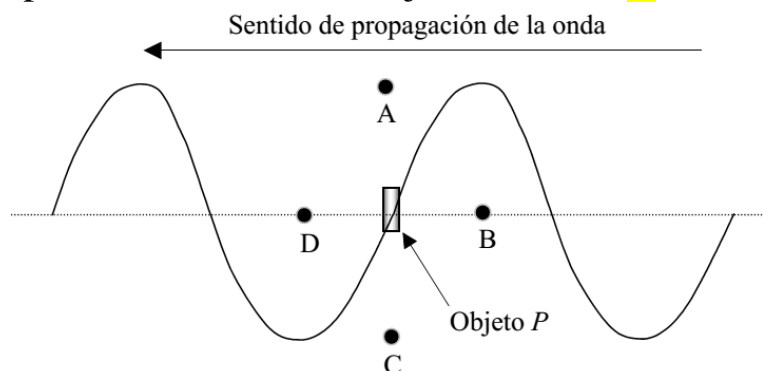
21. Las ondas que se desplazan por la superficie del agua de un estanque pasan un madero de longitud L que se encuentra flotando en ella. El madero se encuentra en reposo con respecto a la orilla. El diagrama muestra las crestas de las ondas en un momento determinado.



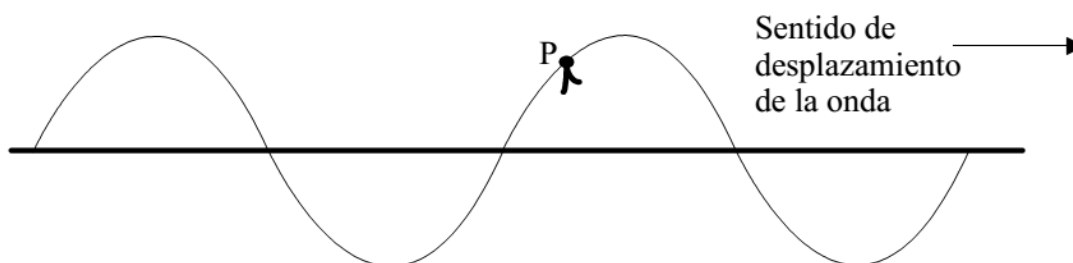
El número de crestas que pasan por el madero por unidad de tiempo es N . La velocidad de las ondas del agua con respecto al madero en reposo es:

- A. $\frac{L}{7}(N - 1)$ **B. $\frac{L}{6}(N - 1)$** C. $\frac{L}{7}(N)$ D. $\frac{L}{6}(N)$

22. El diagrama de más abajo muestra las ondulaciones sobre una superficie de agua en un instante dado. Las ondulaciones se mueven de derecha a izquierda y un pequeño objeto, P , se encuentra flotando sobre el agua. Transcurrido un cuarto del periodo, ¿Cuál de las letras indica la posición correcta del objeto flotante? **A**



23. La figura esquemática que sigue representa a una onda transversal que se desplaza hacia la derecha por una cuerda en un momento determinado. Una sección de la cuerda lleva atada una cinta en el punto P .



¿En qué sentido se desplaza la cinta en el momento que se indica en la figura esquemática? **C**

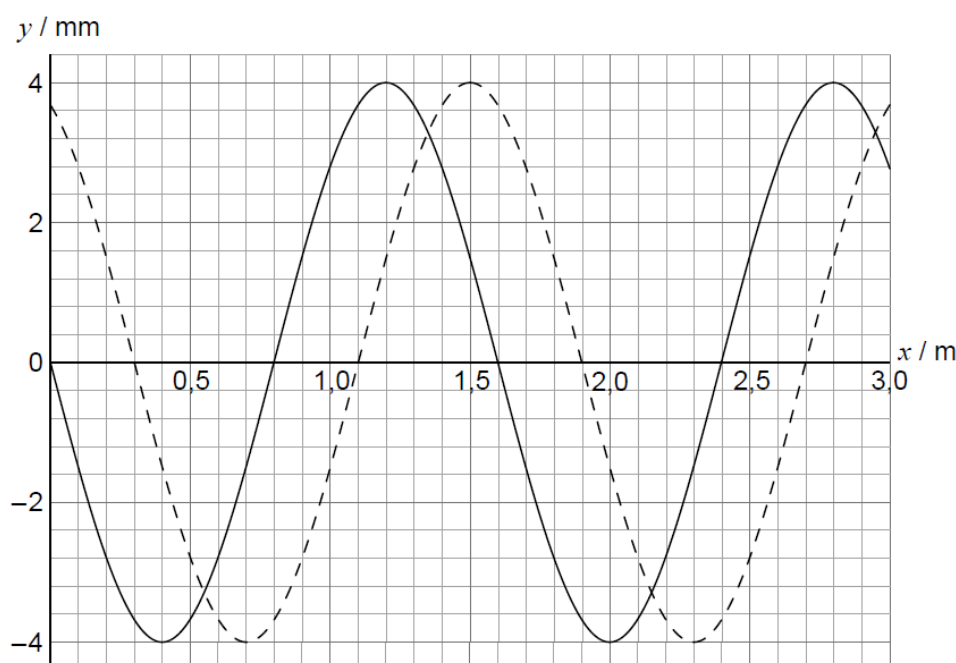


24. ¿Cuál de las siguientes respuestas sitúa correctamente las partes nombradas del espectro electromagnético en el orden de longitud de onda **creciente**?

- A. rayos gamma, ondas de radio, rayos x, rayos ultravioleta
B. rayos gamma, rayos x, rayos ultravioleta, ondas de radio
 C. ondas de radio, rayos ultravioleta, rayos x, rayos gamma
 D. rayos ultravioleta, rayos x, rayos gamma, ondas de radio.

PAPER 2

1. Una onda longitudinal se desplaza en un medio de izquierda a derecha. En la gráfica se muestra la variación frente a la distancia x del desplazamiento y de las partículas en el medio. La línea sólida y la línea a trazos muestran el desplazamiento en $t = 0$ y en $t = 0,882$ ms, respectivamente.



El período de la onda es mayor de 0,882 ms. Se toma positivo el desplazamiento hacia la derecha de la posición de equilibrio.

- (a) Indique qué se entiende por onda progresiva longitudinal. [1]
 (b) Calcule, para esta onda,
 (i) la rapidez. [2]
 (ii) la frecuencia. [2]

(c) La posición de equilibrio de una partícula en el medio se encuentra en $x = 0,80$ m.

Para esta partícula en $t = 0$, indique y explique

(i) la dirección y sentido del movimiento. [2]

(ii) si la partícula se encuentra en el centro de una compresión o una rarefacción. [2]

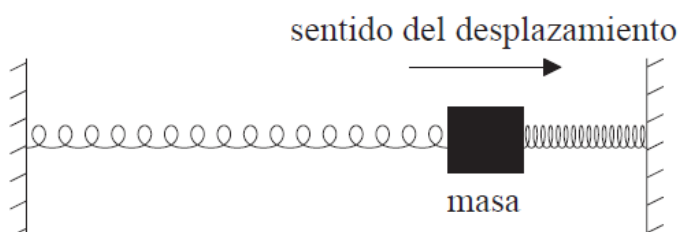
Question	Answers	Notes	Total
4 a	a wave where the displacement of particles/oscillations of particles/movement of particles/vibrations of particles is parallel to the direction of energy transfer/wave travel/wave movement ✓	Do not allow "direction of wave".	1
b i	ALTERNATIVE 1 «distance travelled by wave \Rightarrow 0.30 m ✓ $v = \frac{\text{distance}}{\text{time}} \Rightarrow 340 \text{ m s}^{-1}$ ✓ ALTERNATIVE 2 evaluates $T = \frac{0.882 \times 10^{-3} \times 1.6}{0.3} \approx 4.7 \text{ ms}$ to give $f = 210$ or 212 Hz ✓ uses $\lambda = 1.6$ m with $v = f\lambda$ to give 340 m s^{-1} ✓		2

Question	Answers	Notes	Total
4 b ii	ALTERNATIVE 1 $\lambda = 1.60 \text{ m}$ ✓ $f = \frac{340}{1.60} = 212$ or 213 Hz ✓ ALTERNATIVE 2 $T = \frac{0.882 \times 10^{-3} \times 1.6}{0.3} \approx 4.7 \text{ ms}$ ✓ $F = \frac{1}{T} \Rightarrow 210 \text{ Hz}$ ✓		2
c i	the displacement of the particle decreases OR «on the graph» displacement is going in a negative direction OR on the graph the particle goes down ✓ to the left ✓	Do not allow "moving downwards" unless accompanied by reference to graph.	2
c ii	molecules to the left of the particle have moved left and those to the right have moved right ✓ «hence» the particle is at the centre of a rarefaction ✓		2

2. Oscilación de una masa

Una masa de 0,80 kg se encuentra en reposo sobre una superficie sin rozamiento y está conectada a dos muelles (resortes) idénticos, ambos fijos por sus otros extremos. Se necesita una fuerza de 0,030 N para extender o comprimir cada muelle en 1,0 mm. Cuando la masa se encuentra en reposo en el centro del sistema, los muelles no están extendidos.

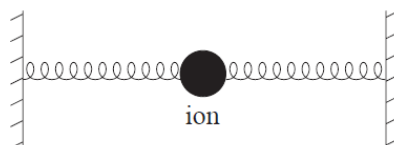
(a) Se desplaza la masa 60 mm hacia la derecha y se suelta.



(no a escala)

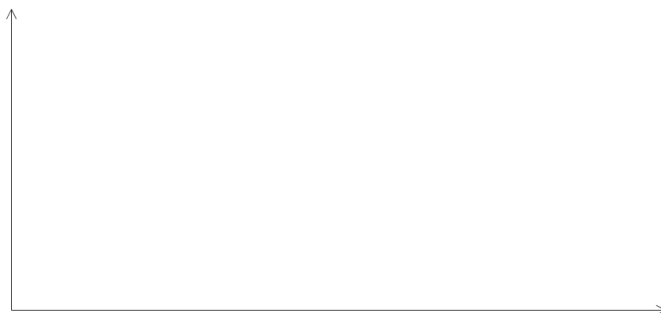
- (i) Determine la aceleración de la masa en el momento en que se suelta. [3]
- (ii) Resuma por qué la masa entra a continuación en un movimiento armónico simple (MAS). [2].
- (iii) Calcule el período de oscilación de la masa. [2]

(b) El movimiento de un ion en una red cristalina puede modelarse mediante el sistema masa–muelle. Las fuerzas interatómicas pueden modelarse como fuerzas debidas a muelles como en el sistema que se muestra a continuación.



La frecuencia de vibración de un ion concreto es de $7 \times 10^{12} \text{ Hz}$ y la masa del ion es de $5 \times 10^{-26} \text{ kg}$. La amplitud de vibración del ion es de $1 \times 10^{-11} \text{ m}$.

- (i) Estime la energía cinética máxima del ion. [2]
- (ii) Sobre los ejes, dibuje una gráfica que muestre la variación con el tiempo de la energía cinética de la masa y la energía potencial elástica almacenada en los muelles. Añada valores adecuados a los ejes para mostrar la variación en un período. [3]



- (c) (i) Calcule la longitud de onda de una onda infrarroja cuya frecuencia es igual a la del modelo de (b). [1]
- (ii) Explique cómo el modelo de (b) predice cómo la red absorberá una cierta longitud de onda de la radiación infrarroja electromagnética. [2]

5. Part 1 Oscillation of a mass

- (a) (i) force of 1.8 N for each spring so total force is 3.6 N;

$$\text{acceleration} = \frac{3.6}{0.8} = 4.5 \text{ ms}^{-2}; \text{ (allow ECF from first marking point)}$$

to left/towards equilibrium position / negative sign seen in answer;

[3]

- (ii) force/acceleration is in opposite direction to displacement/towards equilibrium position;
and is proportional to displacement;

[2]

$$(iii) \omega = \left(\sqrt{\frac{a}{x}} \right) = \sqrt{\frac{4.5}{60 \times 10^{-3}}} (= 8.66 \text{ rad s}^{-1});$$

$$T = 0.73 \text{ s};$$

[2]

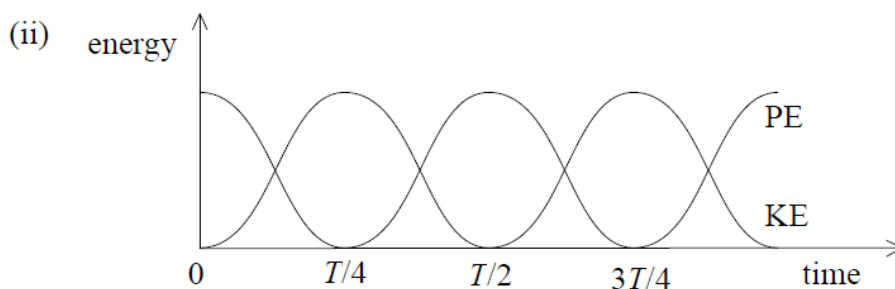
Watch out for ECF from (a)(i) eg award [2] for $T = 1.0 \text{ s}$ for $a = 2.25 \text{ ms}^{-2}$.

- (b) (i) $\omega = 2\pi \times 7 \times 10^{12} (= 4.4 \times 10^{13} \text{ Hz});$

$$5 \times 10^{-21} \text{ J};$$

[2]

Allow answers in the range of 4.8 to $4.9 \times 10^{-21} \text{ J}$ if 2 sig figs or more are used.



KE and PE curves labelled – very } (allow reversal of curve labels)
roughly \cos^2 and \sin^2 shapes;

KE and PE curves in anti-phase and of equal amplitude;

at least one period shown;

either E_{\max} marked correctly on energy axis, or T marked correctly on time axis;

[3 max]

- (c) (i) $7.0 \times 10^{12} \text{ Hz}$ is equivalent to wavelength of $4.3 \times 10^{-5} \text{ m};$

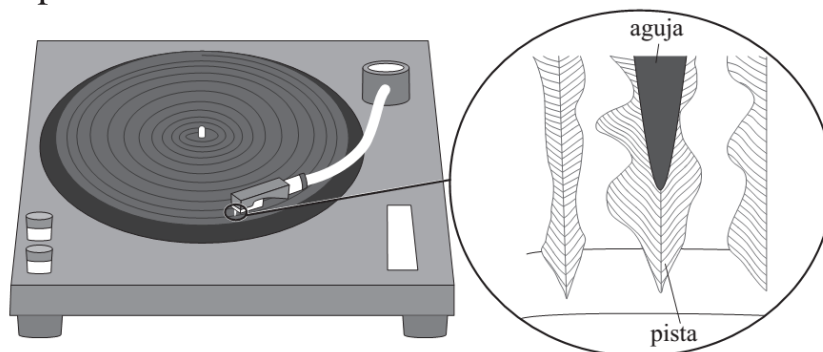
[1]

- (ii) mention of resonance;
when frequency of (IR) radiation equals natural frequency of the lattice /
OWTTE;

[2]

3. El movimiento armónico simple (MAS) y el sonido

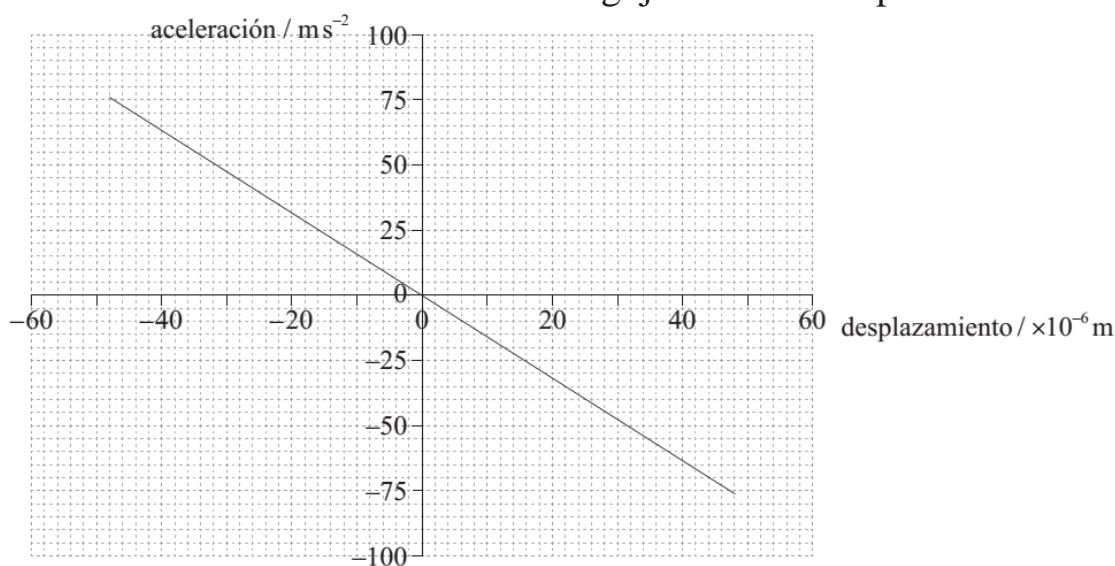
El diagrama muestra una sección de pista continua de un disco de larga duración (LP). Se coloca la aguja en la pista del disco.



Al girar el LP, la aguja se mueve debido a los cambios en la anchura y posición de la pista.

Estos movimientos son convertidos en ondas de sonido por un sistema eléctrico y un altavoz.

Se reproduce una grabación de una nota musical de frecuencia única. La gráfica muestra la variación en la aceleración horizontal de la aguja frente al desplazamiento horizontal.



(a) Explique por qué la gráfica muestra que la aguja experimenta un movimiento armónico simple. [4]

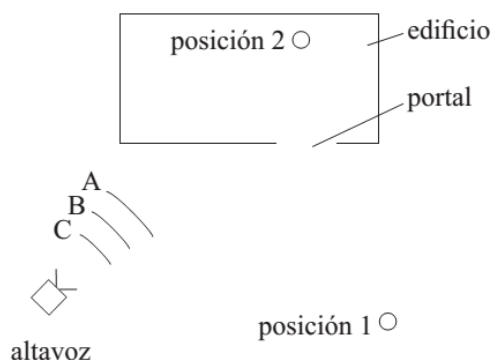
(b) (i) Utilizando la gráfica de la página 14, demuestre que la frecuencia de la nota reproducida es de aproximadamente 200Hz. [4]

(ii) Sobre la gráfica de la página 14, identifique, con la letra P, la posición de la aguja en la que alcanza un máximo la energía cinética. [1]

(c) El sonido producido por el disco LP se envía a un altavoz que está fuera de un edificio.

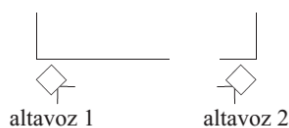
Este altavoz emite una onda de sonido con la misma frecuencia que la nota grabada.

Dos personas, una en la posición 1 fuera del edificio y otra en la posición 2 dentro del edificio, escuchan el sonido emitido por el altavoz.



A, B y C son frentes de onda emitidos por el altavoz.

- Dibuje rayos que muestren cómo la persona en la **posición 1** es capaz de escuchar el sonido emitido por el altavoz. [1]
 - La rapidez del sonido en el aire es de 330ms^{-1} . Calcule la longitud de onda de la nota. [1]
 - Las paredes de la habitación están diseñadas para absorber el sonido. Explique cómo la persona en la **posición 2** es capaz de escuchar el sonido emitido por el altavoz. [2]
- (d) Se modifica la disposición de (c) añadiendo otro altavoz. Los dos altavoces emiten la misma nota grabada, en fase una con otra.



Resuma por qué hay posiciones entre los altavoces en las que el sonido apenas se oye. [3]

5. Part 1 Simple harmonic motion (SHM) and sound

- (a) acceleration is proportional to displacement;
force/acceleration is directed towards equilibrium } (do not accept “centre” or
(point)/rest position; } “fixed” point)
straight line through the origin shows the proportionality;
negative gradient shows acceleration directed towards equilibrium (point) /
acceleration has opposite sign to displacement; [4]

- (b) (i) gradient = $(-)\omega^2$;
 $\omega^2 = 1.56 \times 10^6 \text{ (s}^{-2}\text{)}$;
 $\omega = 1250 \text{ (rad s}^{-1}\text{)}$;
 $f = 198 \text{ (Hz)}$; [4]

or

$$\omega^2 = (-)\frac{a}{x};$$

$$\omega = \sqrt{\frac{75}{48 \times 10^{-6}}};$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{75}{48 \times 10^{-6}}};$$

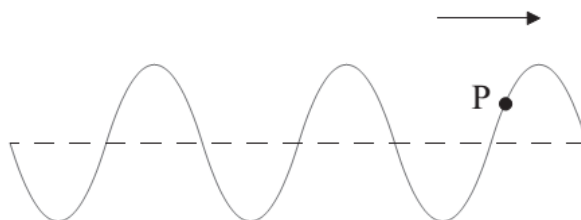
$$f = 198 \text{ (Hz)};$$

Allow substitution for fourth mark.

- (ii) at origin; [1]
- (c) (i) ray shown at 90° to wavefront A, plausible reflection and } (judge by
reflected ray goes in direction of position 1; } eye) [1]
- (ii) 1.65 (m); (allow ECF from (b)) (accept rounding to 1.6 or 1.7) [1]
- (iii) mention of diffraction;
diffraction means that sound spreads beyond the limit of geometrical
shadow/can go around a corner / OWTTE; [2]
Accept marking points in the form of a clearly drawn correctly labelled
diagram.
- (d) interference/superposition mentioned;
when sounds arrive out of phase / path difference half integer number of
wavelengths / OWTTE;
cancellation occurs / destructive (interference);
some (back) reflection from walls so cancellation may not be complete (hence
“faint” not “zero”); [3 max]

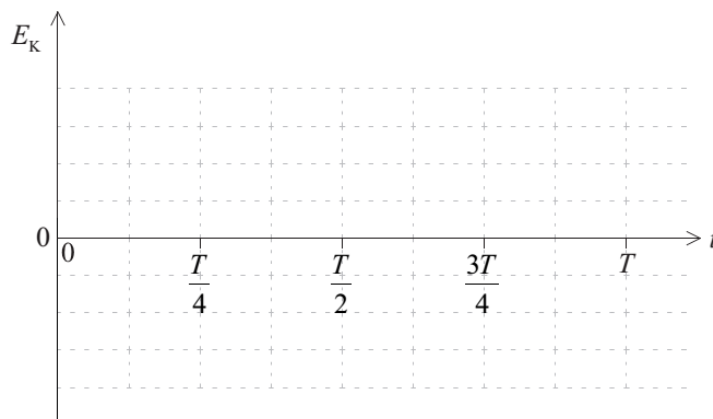
4. Movimiento ondulatorio

El diagrama muestra una onda viajando hacia la derecha a lo largo de una cuerda estirada, en un instante determinado.

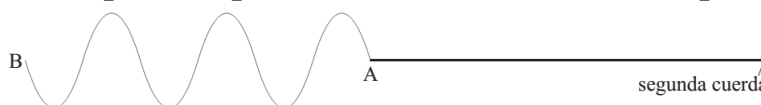


La línea de puntos muestra la posición de la cuerda estirada cuando no estaba perturbada. P es un pequeño indicador sujeto a la cuerda.

- (a) Sobre el diagrama anterior, identifique
- con una flecha la dirección y sentido del movimiento del indicador P en el instante mostrado. [1]
 - la longitud de onda de la onda. [1]
- (b) La longitud de onda de la onda es 25mm y su rapidez 18mms^{-1} .
- Calcule el periodo T de oscilación de la onda. [2]
 - Sobre el diagrama anterior, dibuje el desplazamiento de la cuerda en un tiempo $T/3$ posterior al mostrado en el diagrama. [1]
- (c) El indicador P realiza un movimiento armónico simple. La amplitud de la onda es $1,7 \times 10^{-2}\text{m}$ y la masa del indicador P es $3,5 \times 10^{-3}\text{kg}$.
- Calcule la energía cinética máxima del indicador P. [2]
 - Esquematice un gráfico para mostrar cómo varía la energía cinética E_K del indicador P con el tiempo t , desde $t=0$ hasta $t=T$, donde T es el periodo de la oscilación calculado en (b). Rotule los ejes de la gráfica con valores numéricos. [3]



(d) La parte derecha de la onda AB llega a un punto en el que la cuerda está bien sujeta a una segunda cuerda, en la que la rapidez de las ondas es menor que en la primera cuerda.



- Sobre el diagrama anterior, dibuje la forma de la segunda cuerda después de que toda la onda AB se encuentre viajando en ella. [2]
- Explique la forma que ha dibujado en su respuesta a (d)(i). [3]

B4. Part 1 Wave motion

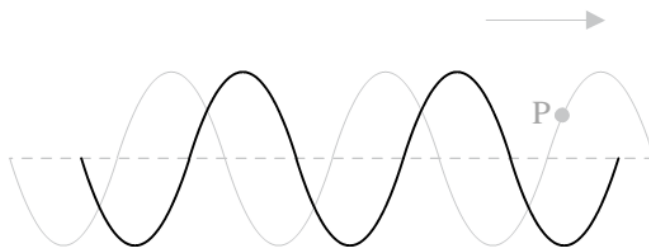
(a) (i) downward arrow at P; [1]

(ii) clear single wavelength marked; [1]

(b) (i) frequency = $\frac{18}{25}$ (Hz) = 0.72 (Hz);
period = $\left(\frac{1}{0.72}\right) = 1.4$ s; [2]

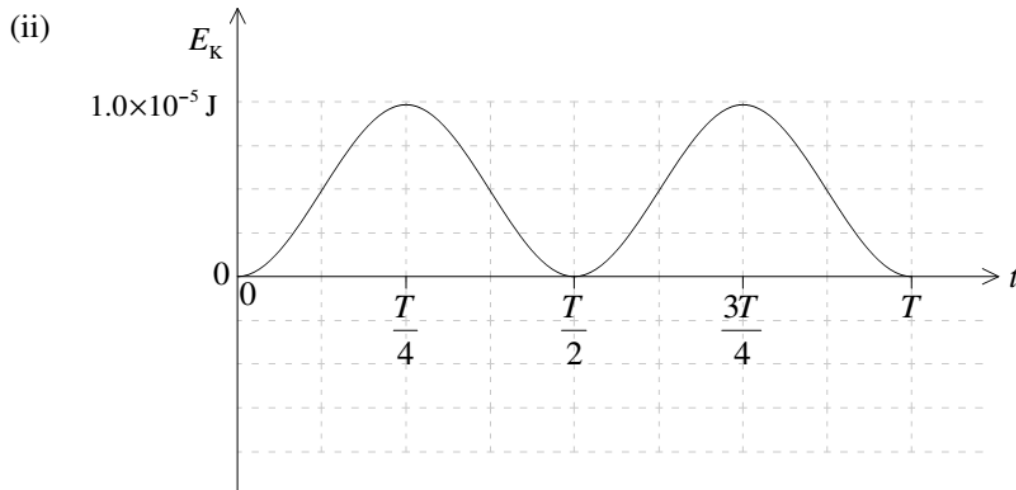
Award [2] for a bald correct answer.

(ii) wave moved to right by one-third of a cycle by eye; [1]



(c) (i) $\omega = \frac{2\pi}{1.4}$;
 $\left(\frac{1}{2} \times 3.5 \times 10^{-3} \times \left[\frac{4\pi^2}{1.4^2}\right] \times [1.7 \times 10^{-2}]^2\right) = 1.0 \times 10^{-5}$ J; [2]

Award [2] for a bald correct answer.



correct shape (\sin^2); (allow any phase for this graph)

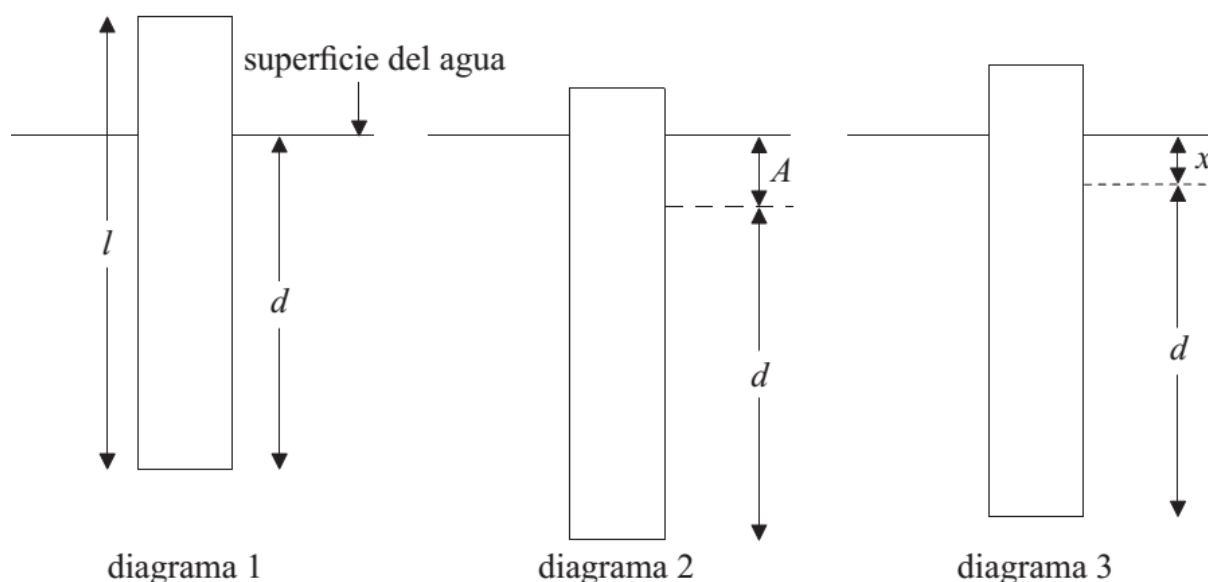
varying between 0 and 1.0×10^{-5} J; $\left\{ \begin{array}{l} \text{(allow ECF from (c)(i) but} \\ \text{do not allow E to be negative)} \end{array} \right.$

one period takes $\frac{T}{2}$; [3]

- (d) (i) reduced wavelength;
reduced amplitude; [2]
- (ii) speed reduced and frequency constant;
therefore wavelength reduced;
some energy reflected at boundary / second string is denser/greater mass per unit length;
therefore amplitude reduced; [3 max]

5. Oscilaciones y ondas

(a) Un trozo de madera rectangular de longitud l flota en el agua con su eje vertical tal como se muestra en el diagrama 1.



La longitud de la madera que está por debajo de la superficie es d . Se empuja el trozo de madera en vertical hacia abajo una distancia A de modo que una porción de la madera permanece por encima de la superficie del agua tal como se muestra en el diagrama 2. A continuación se suelta el trozo de madera y se pone a oscilar en vertical. En el instante que se muestra en el diagrama 3, el trozo de madera se está moviendo hacia abajo y la longitud de madera que está por debajo de la superficie es $d = x$.

- (i) Sobre el diagrama 3, dibuje una flecha que muestre la dirección y sentido de la aceleración del trozo de madera. [1]
- (ii) La aceleración a del trozo de madera (en ms^{-2}) está relacionada con x (en m) mediante la siguiente ecuación. $a = -\frac{14}{l}x$. Explique por qué esta ecuación muestra que el trozo de madera exhibe un movimiento armónico simple. [2]
- (iii) El período de oscilación del trozo de madera es de 1,4s. Demuestre que la longitud l del trozo de madera es de 0,70m. [3]
- (b) En el instante $t = 0$ se suelta el trozo de madera de (a), tal como se muestra en el diagrama 2. Sobre los siguientes ejes, esquematice una gráfica que muestre cómo varia

la velocidad v del trozo de madera con respecto al tiempo en un período de oscilación.
[1]

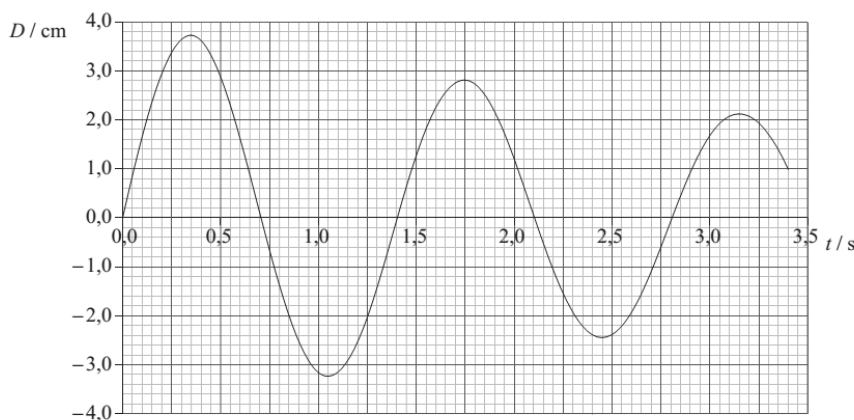


(c) La distancia A hasta la que se empuja hacia abajo inicialmente el trozo de madera es de 0,12 m.

(i) Calcule el módulo de la aceleración máxima del trozo de madera. [2]

(ii) Sobre el bosquejo de gráfica en (b) rotule con la letra P un punto en el que el módulo de la aceleración alcance un máximo. [1]

(d) Las oscilaciones del trozo de madera generan en el agua olas con longitud de onda de 0,45m. La gráfica muestra cómo varía con el tiempo, t , el desplazamiento, D , de la superficie del agua a una cierta distancia del trozo de madera.



Utilizando la gráfica, calcule

(i) la velocidad de las olas. [2]

(ii) el cociente entre el desplazamiento en $t = 1,75\text{s}$ y el desplazamiento en $t = 0,35\text{s}$.
[2]

(iii) el cociente entre la energía de la ola en $t = 1,75\text{s}$ y la energía en $t = 0,35\text{s}$. [1]

B2. Part 1 Oscillations and waves

(a) (i) upwards; [1]

(ii) the acceleration is proportional to the displacement from equilibrium; and is directed towards equilibrium / opposite to displacement; [2]

(iii) $\omega^2 = \frac{14}{l}$;
 $\omega^2 = \frac{4\pi^2}{T^2}$;
 $l = \frac{14 \times 1.4^2}{40}$;
 $= 0.70\text{m}$ [3]

(b) sine curve / negative sine curve; [1]

(c) (i) $\omega^2 = \frac{14}{0.70} = 20 \text{ rad}^{-1}$;
 max acceleration = $(20 \times 0.12) = 2.4 \text{ ms}^{-2}$; [2]

(ii) any point where $v = 0$; [1]

(d) (i) period = 1.4 s ;
 $c = \frac{\lambda}{T} = \frac{0.45}{1.4} = 0.32 \text{ ms}^{-1}$; [2]

(ii) $\frac{2.8}{3.7}$;
 0.76 ; [2]

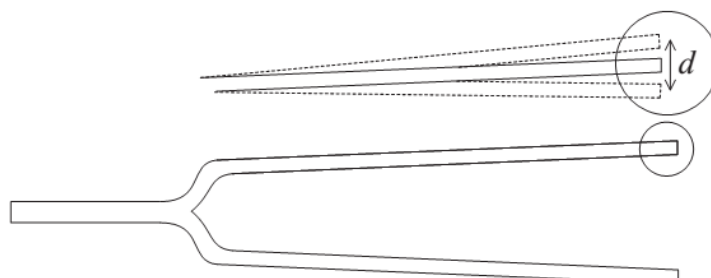
(iii) 0.57 *or* 0.58; [1]

6. Movimiento armónico simple

(a) Haciendo referencia a la aceleración, indique **dos** condiciones necesarias para que un sistema describa un movimiento armónico simple.

1.
2. [2]

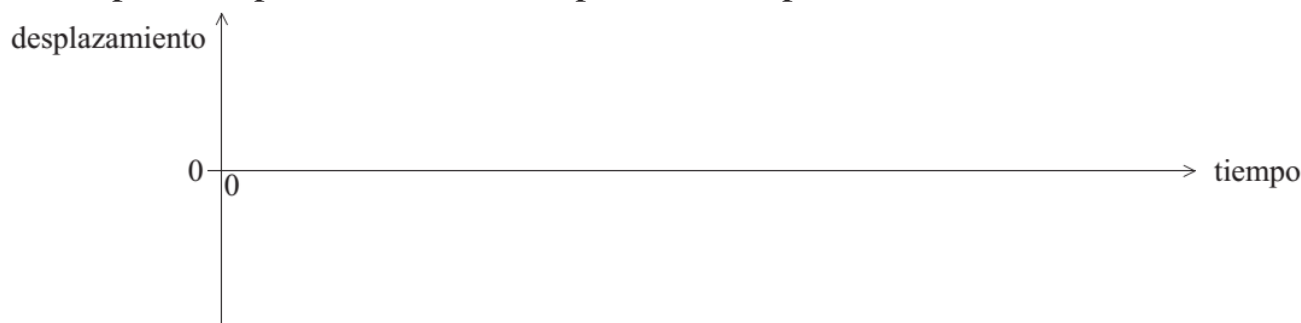
(b) Se hace sonar un diapasón y se acepta que cada punta vibra con un movimiento armónico simple.



Las posiciones extremas de cada punta del diapasón se encuentran separadas una distancia d .

(i) Indique la amplitud de la vibración en función de d . [1]

(ii) Sobre los siguientes ejes, esquematice una gráfica para mostrar cómo varía con el tiempo el desplazamiento de una punta del diapasón. [1]



(iii) Sobre su gráfica, rotule el periodo temporal T y la amplitud a . [2]

(c) La frecuencia de oscilación de las puntas es 440Hz y la amplitud de oscilación de cada punta es 1,2mm. Determine la máxima

(i) rapidez lineal de una punta. [2]

(ii) aceleración de una punta. [2]

B2. Part 1 Simple harmonic motion

- (a) 1. acceleration proportional to displacement from equilibrium/centre (of motion) /mean position;
2. acceleration directed to equilibrium/centre/mean position; [2]

(b) (i) $\frac{d}{2}$; [1]

(ii) sine/cosine curve shape reasonable; [1]
Do not allow semi-circle for half sine curve.

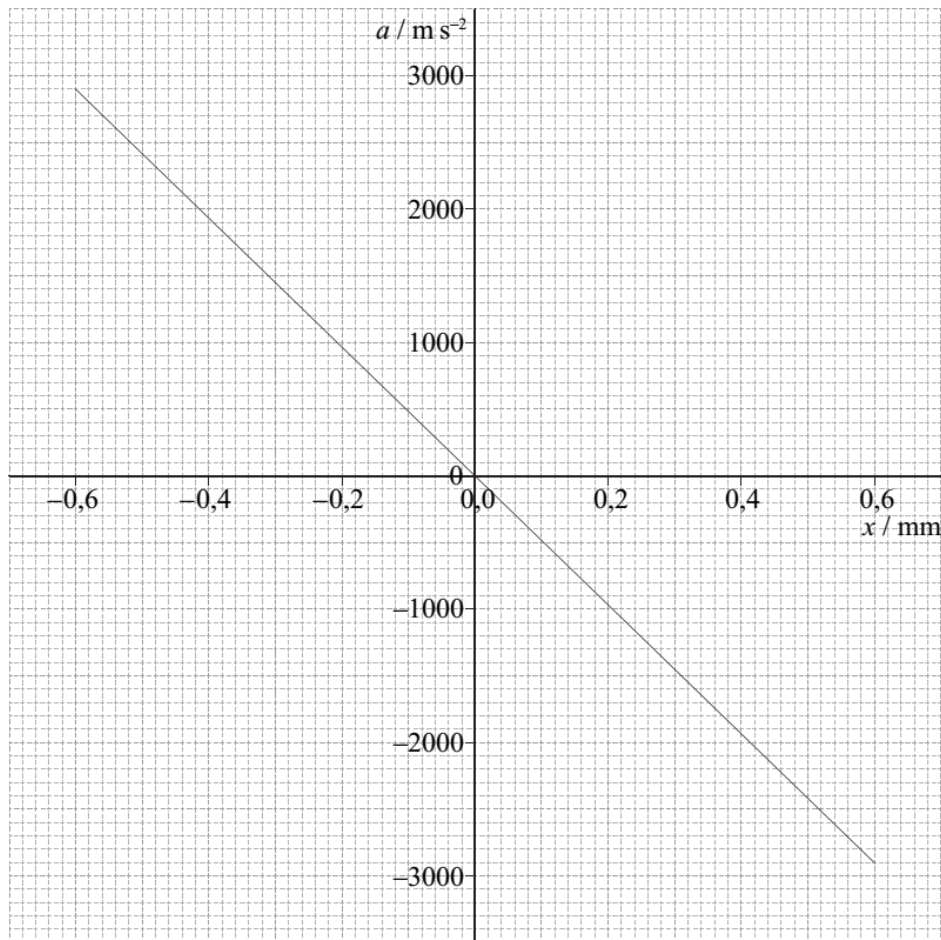
(iii) period labelled; [2]
amplitude labelled;

(c) (i) $v = a2\pi f$ seen/used; [2]
 3.3 ms^{-1} ;

(ii) acceleration = $a4\pi^2 f^2$ seen/used; [2]
 $9.2 \times 10^3 \text{ ms}^{-2}$;

7. El movimiento armónico simple y las ondas

Un objeto vibra en el aire. A continuación se muestra la variación con el desplazamiento x de la aceleración a del objeto.



- (a) Indique y explique **dos** razones por las cuales la gráfica de la página anterior indica que el objeto está siguiendo un movimiento armónico simple. [4]
- (b) Utilice los datos de la gráfica para demostrar que la frecuencia de oscilación es de 350 Hz. [4]
- (c) Indique la amplitud de las vibraciones. [1]
- (d) El movimiento del objeto da lugar a una onda sonora longitudinal progresiva (viajera).
- Indique qué se entiende por una onda longitudinal progresiva. [2]
 - La velocidad de la onda es de 330 ms^{-1} . Utilizando la respuesta de (b), calcule su longitud de onda. [2]

B2. Part 1 Simple harmonic motion and waves

- (a) displacement is proportional to acceleration / *vice versa*;
because graph is straight-line through origin;
displacement and acceleration in opposite directions / acceleration always directed
towards origin;
because negative gradient;

[4]

- (b) use of $\omega^2 = (-)\frac{a}{x}$;
 $\omega^2 = \frac{2900}{0.60 \times 10^{-3}}$;
 $\omega = 2\pi f$;
 $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2900}{0.60 \times 10^{-3}}}$;
(to give $f = 350 \text{ Hz}$)

[4]

- (c) 0.60 mm;

[1]

- (d) (i) transfer of energy by means of vibrations/oscillations;
vibrations all in one direction parallel to direction of energy transfer;

[2]

- (ii) $\frac{330}{350}$ *or* use of $c = f\lambda$;
0.94 m;

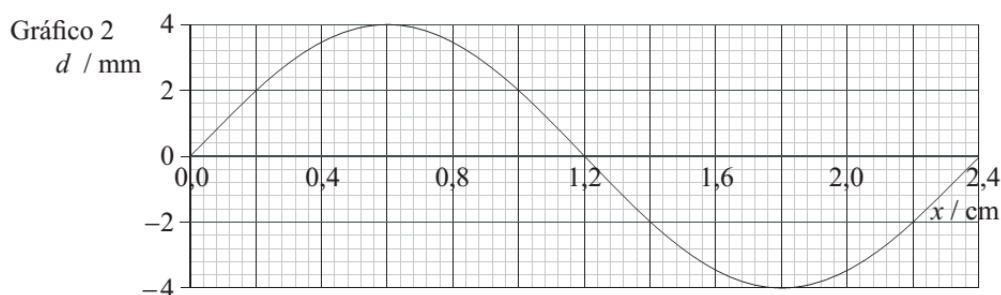
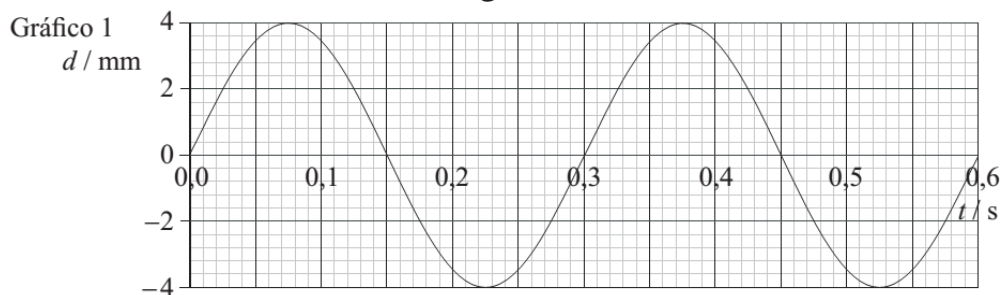
[2]

Award [2] for bald correct answer.

8. Fenómenos ondulatorios

Ondas viajeras

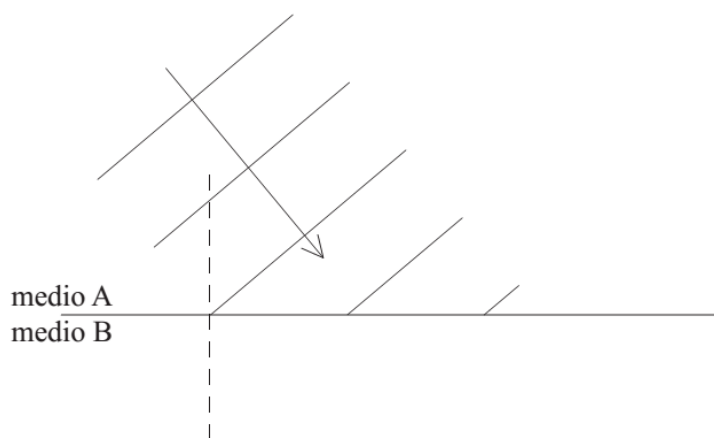
(a) El Gráfico 1 que sigue a continuación muestra la variación con el tiempo t del desplazamiento d de una onda viajera (progresiva). El Gráfico 2 muestra la variación del desplazamiento d con la distancia x a lo largo de la misma onda.



- (i) Indique qué se entiende por onda *viajera*. [1]
- (ii) Utilice los gráficos para determinar la amplitud, la longitud de onda, la frecuencia y la velocidad de la onda.
 Amplitud: [1]
 Longitud de onda: [1]
 Frecuencia: [1]
 Velocidad: [1]

Refracción de ondas

(b) El diagrama siguiente muestra los frentes de onda planos incidentes sobre una superficie de separación entre dos medios A y B.



El cociente $\frac{\text{índice de refracción del medio B}}{\text{índice de refracción del medio A}}$ es 1,4.

El ángulo entre un frente de onda incidente y la normal a la superficie de separación es 50° .

- (i) Calcule el ángulo entre un frente de onda refractado y la normal a la superficie de separación. [3]
- (ii) Sobre el diagrama anterior, trace **tres** frentes de onda para mostrar la refracción de la onda en la superficie de separación. [3]

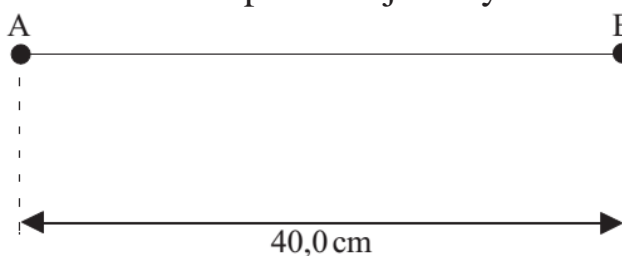
B2. Part 1 Wave phenomena

- (a) (i) wave that transfers energy; [1]
- (ii) amplitude = 4.0 mm; [1]
wavelength = 2.4 cm; [1]
frequency = $\frac{1}{0.3}$;
= 3.3 Hz; [1 max]
speed = 3.3×2.4 ;
= 8.0 cm s^{-1} ; [1 max]
- (b) (i) angle of incidence = 40° ;
 $\sin r = \frac{\sin 40}{1.4}$
 $r = 27^\circ$;
angle = 63° ; [3]
Award [1 max] for angle of incidence = 50° , $r = 33^\circ$.
- (ii) construction: wavefronts equally spaced;
separation less in medium B;
angle in medium B correct – by eye; [3]

9. Ondas estacionarias

(a) Indique la diferencia entre ondas estacionarias y ondas viajeras. [2]

Una cuerda se mantiene tensa entre dos puntos fijos A y B. La distancia AB es 40,0 cm.



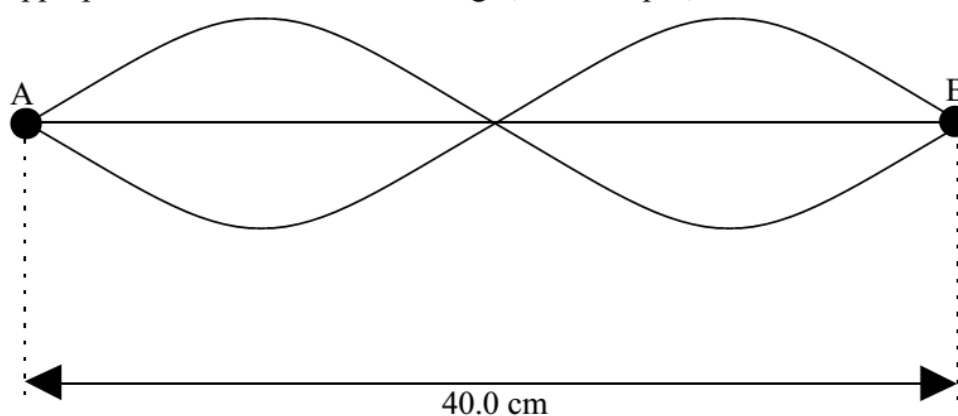
- (b) (i) Indique la longitud de onda del modo resonante fundamental (primer armónico). [1]
- (ii) Sobre el diagrama anterior, esquematice la forma de la cuerda cuando vibra en el segundo modo resonante armónico. [1]
- (iii) Explique por qué no es posible tener modos resonantes de frecuencias comprendidas entre las del primero y segundo armónicos. [2]
- (iv) La rapidez de la onda en la cuerda es de 200 ms^{-1} . Calcule la frecuencia del segundo armónico. [2]
- (v) Para una amplitud máxima dada, la energía de una onda estacionaria es proporcional a la (frecuencia)². Calcule el cociente $\frac{\text{energía del segundo armónico}}{\text{energía del fundamental}}$, suponiendo que ambos armónicos tienen la misma

amplitud máxima. [2]

B3. Part 1 Standing waves

- (a) standing waves have varying amplitude whereas travelling waves have a fixed amplitude;
energy transfer in travelling waves whereas no energy transfer in standing waves; [2]
Allow any appropriate diagrams or descriptions that shows understanding.
Award [2] for just one difference if it is fully described or explained.

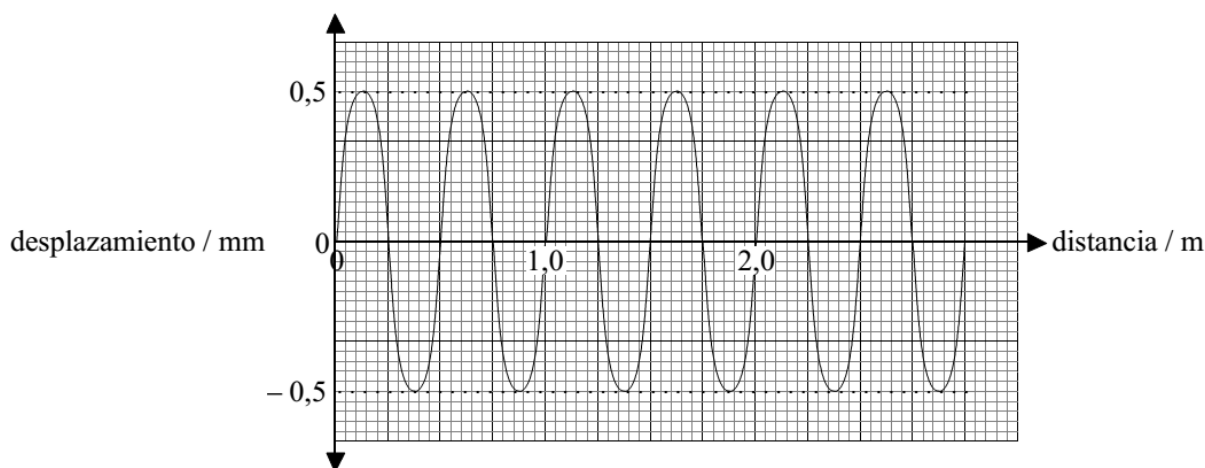
- (b) (i) 80 cm; [1]
(ii) appropriate sketch *i.e.* one wavelength, two “loops”; [1]



- (iii) only the standing waves that have a wavelength that fits the boundary conditions are possible / OWTTE;
The above can be implied. Award [2] for “there always has to be a node at either end” / OWTTE.
in this situation the boundary conditions are a node at each end / OWTTE; [2]
- (iv) use of $v = f \lambda$ with $\lambda = 40 \text{ cm}$;
to give 500 Hz ; [2]
- (v) frequency of fundamental = 250 Hz / frequency of second harmonic = $2 \times$ fundamental;
therefore, ratio = $\frac{500^2}{250^2} = 4$; [2]

10. Esta pregunta trata de las ondas sonoras.

Una onda sonora de frecuencia 660 Hz se propaga a través del aire. En la figura siguiente se muestra la variación del desplazamiento de las partículas con la distancia, a lo largo de la onda y en un instante dado.

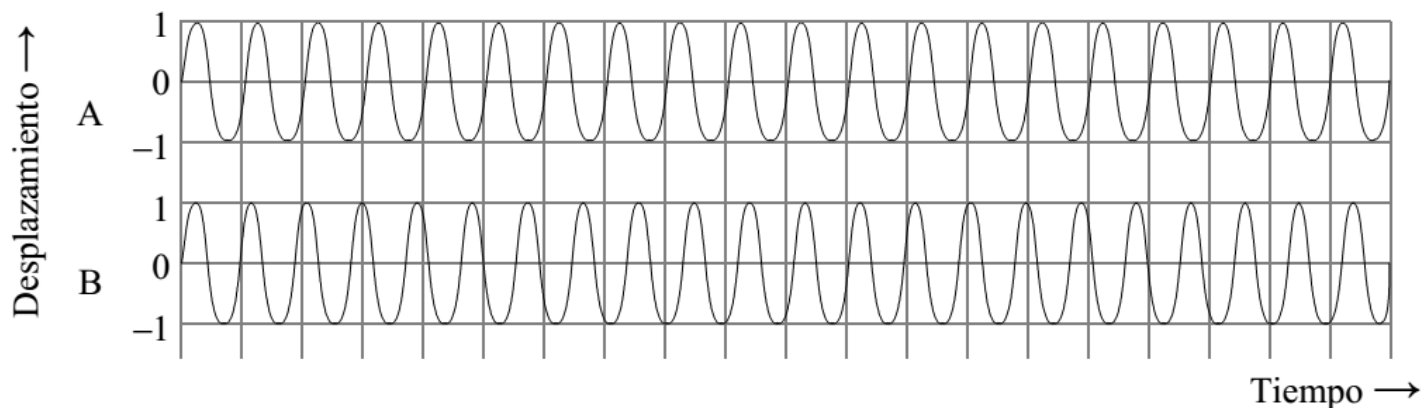


- (a) Indique si esta onda es un ejemplo de onda longitudinal o de onda transversal. [1]
- (b) Utilizando los datos proporcionados por la gráfica, deduzca para dicha onda sonora,
- (i) la longitud de onda. [1]
- (ii) la amplitud. [1]
- (iii) la rapidez. [2]

- A3. (a) longitudinal; [1]
- (b) (i) wavelength = 0.5 m; [1]
- (ii) amplitude = 0.5 mm; [1]
- (iii) correct substitution into speed = frequency \times wavelength;
to give $v = 660 \times 0.5 = 330 \text{ m s}^{-1}$; [2 max]

11. Batidos o Pulsaciones

Se generan simultáneamente dos sonidos de tono (frecuencia) ligeramente diferente. Cada uno de ellos es un sonido continuo, estacionario, de frecuencia fija y sonoridad constante. Ambos se han representado en los gráficos del desplazamiento frente al tiempo, de más abajo.



- (a) Explique por qué el sonido resultante que escucha un oyente fluctuará en sonoridad (i.e. será escuchado como “batidos”). Refiera su respuesta al diagrama anterior. Cite el principio o principios físicos de los que haga uso en su explicación e indique sobre el

diagrama los instantes en que la sonoridad percibida será máxima, y aquellos en que será cero. [5]

(b) Exponga las razones físicas por las que, si las frecuencias de dos sonidos llegan a ser muy próximas, las fluctuaciones de sonoridad disminuirán en frecuencia. Refiera su respuesta al diagrama. [2]

B1. Part 3 Beats

- (a) *Mark by overall judgement, look for five of the following aspects, written or diagrammatically:*
 principle of superposition: (likely to be implicit);
 resultant wave / disturbance will be of large amplitude (constructive interference) at times like X where two waves are in phase;
 and zero amplitude (destructive interference) at times they are out of phase;
 like Y (on diagram);
 correct labels on diagram;
 thus resultant amplitude varies, and is heard as fluctuation of loudness; **[5 max]**
- (b) if components are closer in frequency, it would take a longer time for the two component waveforms to get back into phase (as can be seen from diagram) / *OWTTE*;
 so the beat frequency will be smaller; **[2 max]**

12. Esta pregunta trata de las ondas y de sus propiedades.

El Diagrama 1 que sigue representa una instantánea de algunos de los frentes de una onda continua plana que se desplaza en el sentido que se muestra.

El Diagrama 2 es un bosquejo que muestra como el desplazamiento del medio en el que viaja la onda varía con la distancia en dicho medio.

Diagrama 1

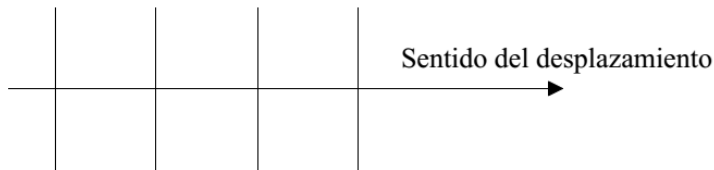
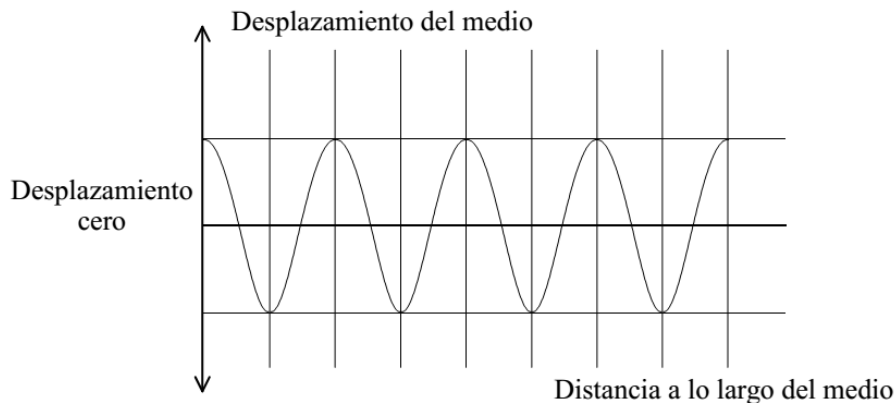


Diagrama 2



La frecuencia de la fuente de la que emanan las ondas es de 10 Hz y la velocidad de estas es de 30 cm s^{-1}

(a) Marque en el Diagrama 1 la longitud de onda de estas. [1]

(b) Calcule el valor de la longitud de onda de estas. [1]

(c) 0,05 s después se toma otra instantánea de las ondas.

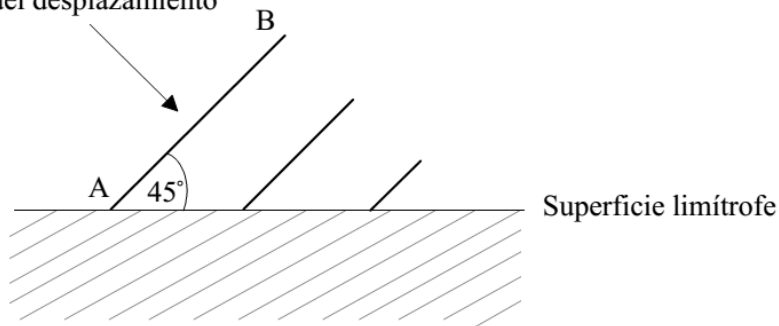
(i) Determine en cuanto se han desplazado los frentes de onda durante este periodo de tiempo. [2]

(ii) Bosqueje en el Diagrama 2 otro gráfico que muestre como el desplazamiento del medio varía ahora con la distancia a lo largo de dicho medio. [1]

Las partes (d) y (e) tratan de la reflexión y refracción de las ondas.

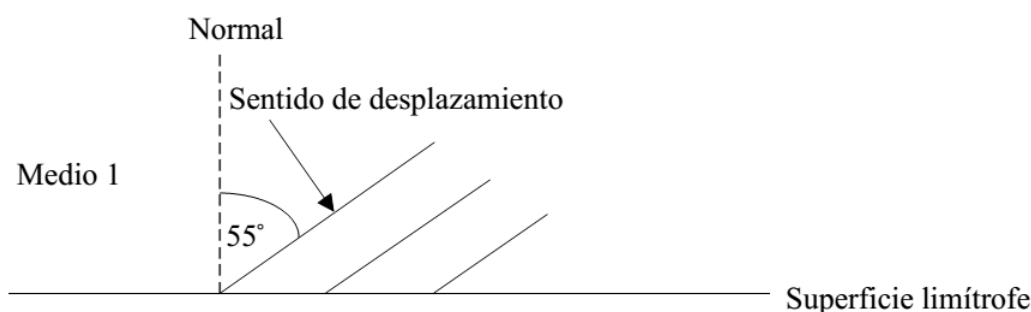
(d) Los mismos frentes de onda del Diagrama 1 inciden ahora con un ángulo de 45° sobre una superficie limítrofe de la que son reflejados. En el diagrama que sigue, bosqueje la posición del frente de onda, identificado como AB, cuando el punto B del frente de onda justo llega a la superficie en cuestión. [1]

Dirección y sentido del desplazamiento



(e) Las mismas ondas viajan ahora atravesando una superficie limítrofe que separa dos medios diferentes. El diagrama que sigue muestra los frentes de onda incidiendo en esta superficie, con un ángulo de 55° con respecto a la normal. La velocidad de las ondas en el medio 1 es de 30 cm s^{-1} y en el medio 2 es de 45 cm s^{-1}

(iii)



Medio 2

(i) ¿Cuál es la frecuencia de las ondas en el medio 2? [1]

(ii) ¿Cuál es la longitud de onda de las ondas en el medio 2? [2]

(iii) Bosqueje en el diagrama la posición del frente de onda, identificado como AB, cuando

el punto B del frente de las ondas justo llega a la superficie límite. [2]

(iv) Calcule el valor del ángulo que los frentes de onda forman en el medio 2 con respecto a

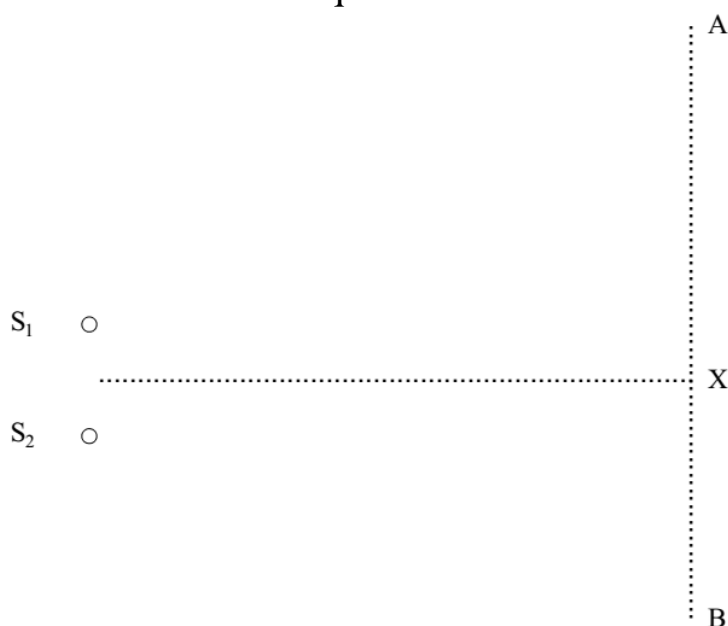
la normal. [4]

(v) Explique que les ocurrir· a las ondas que inciden con un ·ángulo de 45° con respecto a

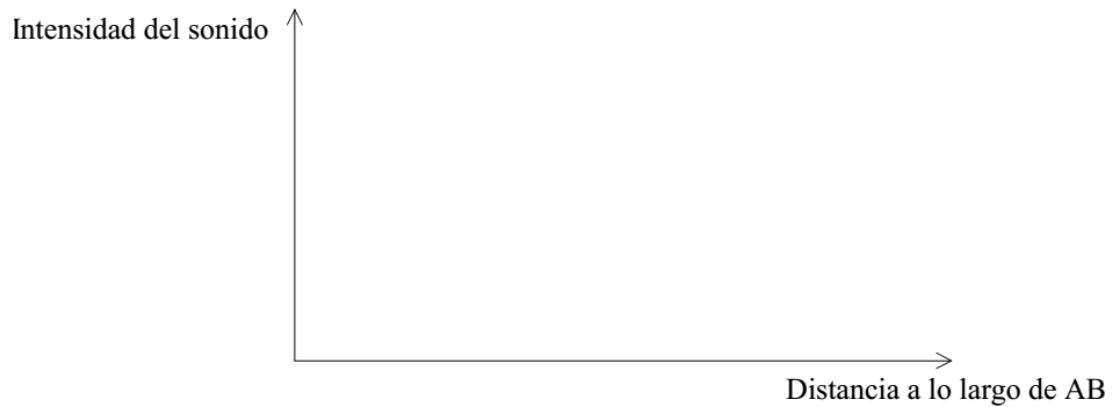
la normal en el medio 1 y justifique sus razonamientos mediante cálculos. [4]

(f) En el diagrama que sigue S_1 y S_2 son dos fuentes sonoras armónicas y continuas que emiten

sonidos de idéntica frecuencia. La distancia. A lo largo de la línea AB se $S_1X=S_2X$ desplaza un instrumento que detecta la intensidad del sonido.

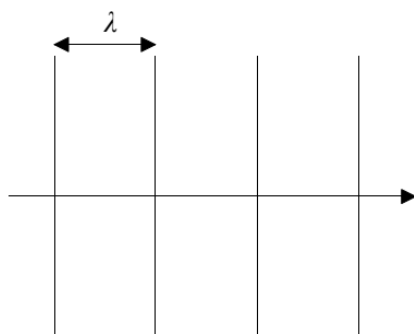


(i) Bosqueje en los ejes que siguen un gráfico que muestre como la intensidad del sonido varía con la distancia a lo largo de AB. Marque la posición X en su gráfico. [2]



(ii) Explique lo que se quiere decir por el principio de superposición según se aplica a las ondas y describa como este principio da cuenta de la variación de la intensidad del sonido a lo largo de la línea AB. [4]

B2. (a)



λ on diagram

[1 max]

(b) $\lambda = 3 \text{ cm}$

[1 max]

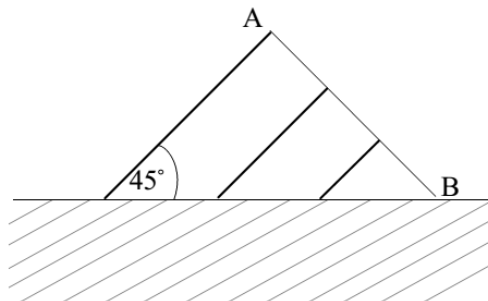
(c) (i) period = 0.1 s;
so in 0.05 s wave front will move 1.5 cm (half a wavelength);

[1]
[1]
[2 max]

(ii) negative cosine graph

[1 max]

(d)



Boundary

correct position of A and B

[1 max]

- (e) (i) 10 Hz

[1 max]

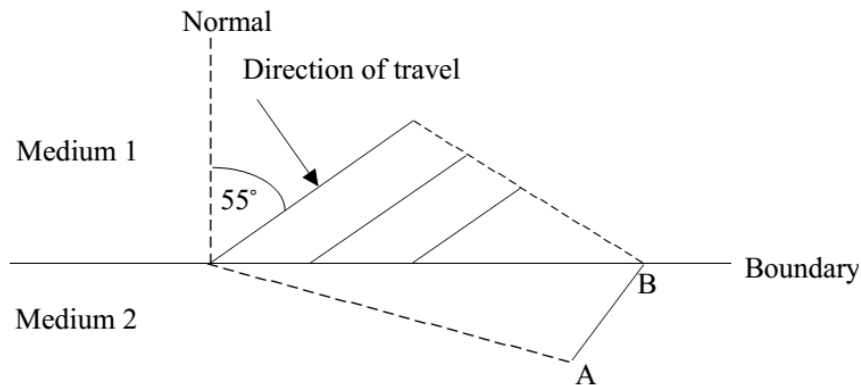
(ii) $\lambda = \frac{c}{f};$
= 4.5 cm ;

[1]

[1]

[2 max]

- (iii)



correct position of B at the boundary;

[1]

position of A showing that the wave is refracted away from the normal;

[1]

[2 max]

- (iv) recognise that the refractive index is ratio of the speeds;

[1]

to give $n=1.5$;

[1]

use $1.5 = \frac{\sin r}{\sin 35^\circ};$

[1]

to give $r = 59^\circ$;

[1]

[4 max]

- (v) the wave fronts will be totally reflected at the boundary;

[1]

since critical angle $= \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right);$

[1]

$r = 42^\circ$;

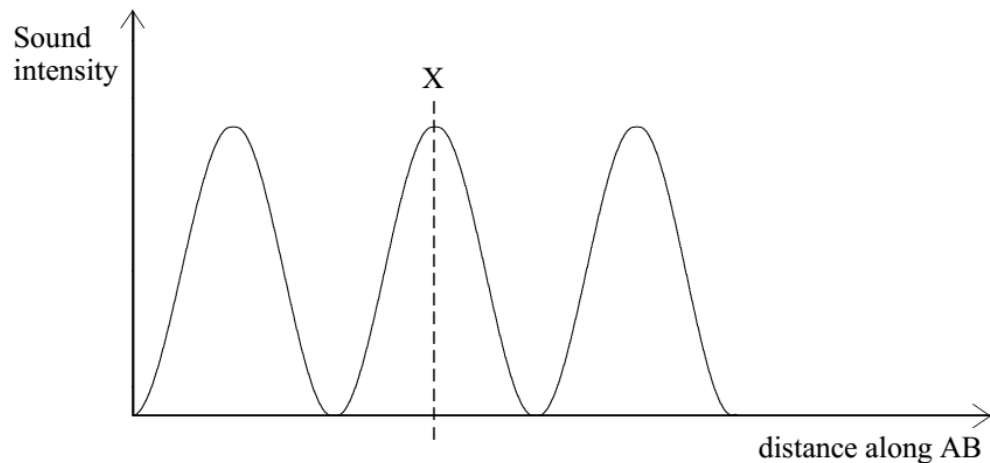
[1]

hence waves are incident at an angle greater than critical angle;

[1]

[4 max]

(f) (i)



correct shape;

[1]

position of X coincident with a central maxima;

[1]

[2 max]

(ii) when two or more waves meet at a point;

[1]

the resulting amplitude at that point is the vector sum of the individual amplitudes of the separate waves;

[1]

OWTTE;

i.e. look for an understanding of how the resultant amplitude is produced

Argument should go something like this:

waves from S_1 and S_2 travel different distances to different points on AB
they will therefore be out of phase at a particular point;

[1]

if the phase difference is such that a trough meets a crest then the individual wave amplitudes will add to cancel out-minimum;

[1]

if a crest meets crest (trough meets trough) then they will add to a maximum;

[1]

[4 max]