

Topic 4 – Wave

Formative Assessment

PROBLEM SET

NAME: _____ TEAM: _____

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

- Dibujar aproximadamente e interpretar diagramas de frentes de onda y rayos
- Resolver problemas de amplitud, intensidad y de la ley de la inversa del cuadrado
- Dibujar aproximadamente e interpretar la superposición de pulsos y ondas
- Describir métodos de polarización
- Dibujar aproximadamente e interpretar diagramas donde se ilustren haces polarizados, reflejados y transmitidos
- Resolver problemas relacionados con la ley de Malus

Topic 4.5 - Standing waves/ Paper1

1. La frecuencia del primer armónico de la onda estacionaria en un tubo con ambos extremos abiertos es de 200 Hz. ¿Cuál será la frecuencia del primer armónico en un tubo de la misma longitud que esté abierto por un extremo y cerrado por el otro?

- A. 50 Hz B. 75 Hz C. 100 Hz D. 400 Hz

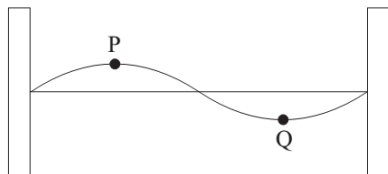
2. Una tubería de longitud L tiene sus dos extremos abiertos. Otra tubería de longitud L' tiene un extremo abierto y el otro cerrado. La frecuencia del primer armónico para ambas tuberías es la misma. ¿Cuánto valdrá L'/L ?

- A. 2 B. $3/2$ C. 1 D. $1/2$

3. La frecuencia natural de vibración de un sistema

- A. es la frecuencia a la cual oscila cuando es impulsado por otro sistema.
B. es la frecuencia a la cual oscila cuando no es impulsado por otro sistema.
 C. depende del amortiguamiento en el sistema.
 D. depende de la amplitud de la oscilación del sistema.

4. Se establece una onda estacionaria en una cuerda, entre dos puntos fijos.



¿Cuál es la diferencia de fase, en radianes, entre los puntos P y Q de la cuerda?

- A. cero B. $\pi/2$ **C. π** D. 2π

5. Un coche de bomberos se aproxima a un observador estacionario hacienda sonar su sirena y le sobrepasa. La frecuencia del sonido emitido por la sirena es f_s . La frecuencia del sonido medida por el observador es f_o . ¿Cuál de las siguientes opciones describe la

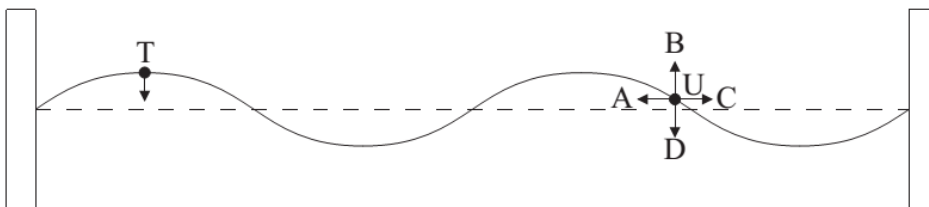
relación entre f_o y f_s ? **A**

	Coche de bomberos aproximándose al observador	Coche de bomberos alejándose del observador
A.	$f_o > f_s$	$f_o < f_s$
B.	$f_o < f_s$	$f_o < f_s$
C.	$f_o > f_s$	$f_o > f_s$
D.	$f_o < f_s$	$f_o > f_s$

6. El modo fundamental de vibración de una cuerda tiene frecuencia f y longitud de onda λ . Para una cuerda idéntica con la mitad de longitud y sometida a la misma tensión, ¿cuál de las siguientes indica la frecuencia y la longitud de onda correctas del modo fundamental?

	Frecuencia	Longitud de onda
A.	$2f$	$\lambda/2$
B.	$2f$	2λ
C.	$f/2$	2λ
D.	$f/2$	$\lambda/2$

7. Se forma una onda estacionaria sobre una cuerda entre dos puntos fijos.



En el instante mostrado, el punto T se mueve hacia abajo. ¿Qué flecha indica la dirección y sentido del movimiento del punto U en este instante?

- A. A B. B C. C **D. D**

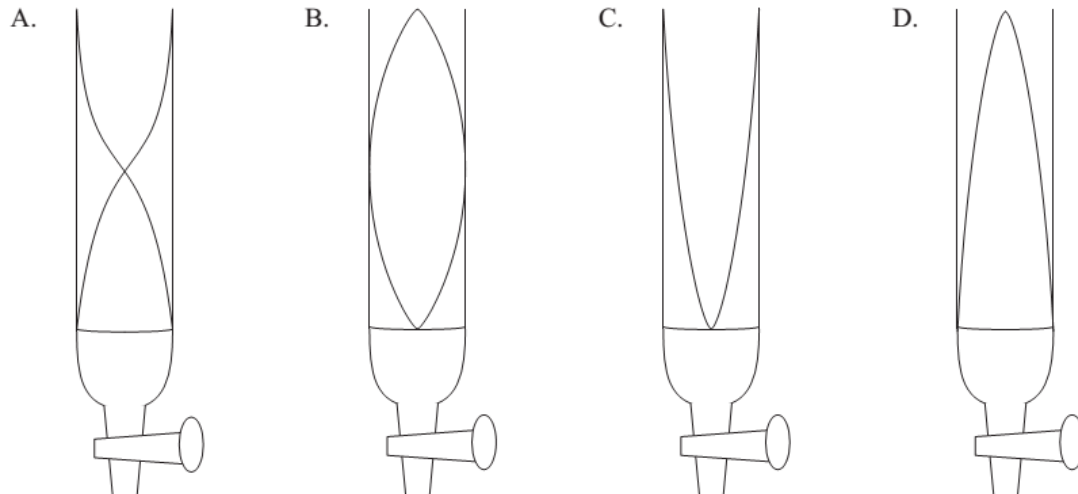
8. un extremo de una cuerda larga está vibrando con una frecuencia constante f . Se establece en la cuerda una onda viajera de longitud de onda λ y rapidez v . Se duplica la frecuencia de vibración de la cuerda manteniendo inalterada su tensión. ¿cuál de las siguientes opciones muestra la longitud de onda y la rapidez de la nueva onda viajera?

	longitud de onda	rapidez
A.	$\lambda/2$	v
B.	$\lambda/2$	$2v$

- c. 2λ v
D. 2λ $2v$

9. un diapason en vibración se encuentra sostenido por encima de un tubo lleno de agua. El agua va saliendo del tubo gradualmente hasta que el sonido alcanza su máxima intensidad.

¿Cuál de los siguientes diagramas muestra mejor el patrón de la onda estacionaria establecida en el interior del tubo en esta posición? **C**



10. el diagrama siguiente muestra la fotografía de una parte de una **onda estacionaria** en una cuerda fija por ambos extremos, la longitud de onda de la onda es 40 cm. en cierto instante, el punto rotulado P tiene un desplazamiento de +2,0cm y se mueve con una velocidad de +80ms⁻¹.



un segundo punto Q de la cuerda se encuentra a una distancia de 20cm de P. en el mismo instante en que se tomó la fotografía de más arriba, el desplazamiento y velocidad del punto Q eran

	desplazamiento	velocidad
A.	+2,0cm	+80ms ⁻¹
B.	+2,0cm	-80ms ⁻¹
c.	-2,0cm	+80ms ⁻¹
D.	-2,0cm	-80 ms ⁻¹

11. ¿Cuál de las siguientes definiciones describe correctamente la velocidad de onda en el caso de una onda estacionaria?

A. la diferencia en velocidad de las dos ondas en movimiento que dan lugar a la onda estacionaria.

B. la velocidad de una de las ondas en movimiento que da lugar a la onda estacionaria.

C. La velocidad de transferencia de energía entre ondulaciones internodales vecinas de la onda estacionaria.

D. La velocidad máxima de una partícula en un antinodo de la onda estacionaria.

12. ¿Cuál de las siguientes opciones es la correcta en relación con la transferencia de energía a lo largo de una onda estacionaria y con la amplitud de vibración de la onda estacionaria?

**Transferencia de energía
lo largo de una onda estacionaria**

**Amplitud de vibración de la
onda estacionaria**

- A. Ninguna
- B. **Ninguna**
- C. Se transfiere energía
- D. Se transfiere energía

- Amplitud constante
- Amplitud variable**
- Amplitud constante
- Amplitud variable

13. Dos tubos P y Q tienen la misma longitud. El tubo P está cerrado por un extremo y el tubo Q está abierto por los dos extremos. La frecuencia fundamental (primer armónico) del tubo cerrado P es 220 Hz.

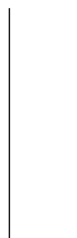
La mejor estimación para la frecuencia fundamental del tubo abierto Q es

- A. 880 Hz.
- B. 440 Hz.**
- C. 110 Hz.
- D. 55 Hz.

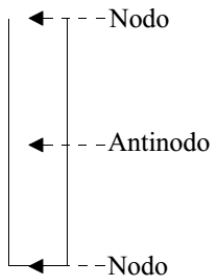
14. Si una fuente de sonido se aproxima a un observador estacionario, el observador podrá identificar el efecto Doppler como

- A. el incremento en la intensidad del sonido.
- B. el incremento en la longitud de onda del sonido.
- C. el incremento en la frecuencia del sonido.**
- D. el incremento en la velocidad relativa de las ondas sonoras.

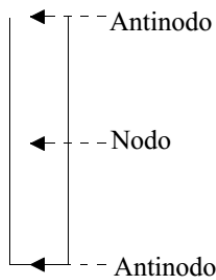
15. Un tubo de órgano está cerrado por uno de sus extremos y abierto por el otro, como se muestra más abajo.



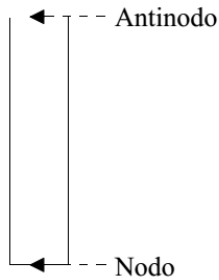
¿Cuál de los siguientes diagramas muestra correctamente las posiciones de los nodos y antinodos de desplazamiento, cuando se forma en el tubo la onda estacionaria fundamental? **C**



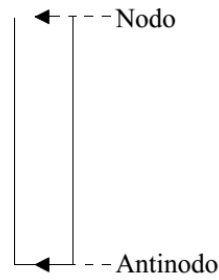
A.



B.

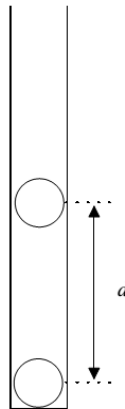


C.



D.

16. Considere dos bolas de plástico cargadas que se encuentran en equilibrio y a una distancia d entre sí dentro de un tubo vertical.



Si la carga de cada bola se duplicara, la distancia entre ellas dentro del tubo pasaría a ser

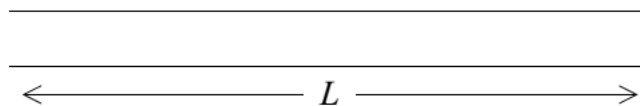
A. $\sqrt{2}d$

B. $2d$.

C. $4d$.

D. $8d$.

17. Un tubo de órgano tiene una longitud L y está abierto en un extremo y cerrado en el otro. Se crea en el tubo la onda estacionaria fundamental (de frecuencia más baja).



¿Cuál es la longitud de onda fundamental, en términos de la longitud L del tubo? Ignórese cualquier corrección en el extremo.

A. $L/4$

B. $L/2$

C. $2L$

D. $4L$

18. Una cuerda vibrante tiene una longitud L . Si la velocidad de las ondas en la cuerda es c , la frecuencia del modo de vibración fundamental de la cuerda será

A. $2L/c$

B. c/L

C. $c/2L$

D. $2c/L$

Topic 4.5 - Standing waves/ Paper1

1. Parte 1 Movimiento ondulatorio

(a) Una onda está viajando sobre una cuerda, en la dirección x . Los dos gráficos muestran la variación del desplazamiento y de la cuerda con la distancia x . El gráfico 1 corresponde al instante $t=0$ y el gráfico 2 al instante $t=0,20$ s.

Gráfico 1 ($t=0$)

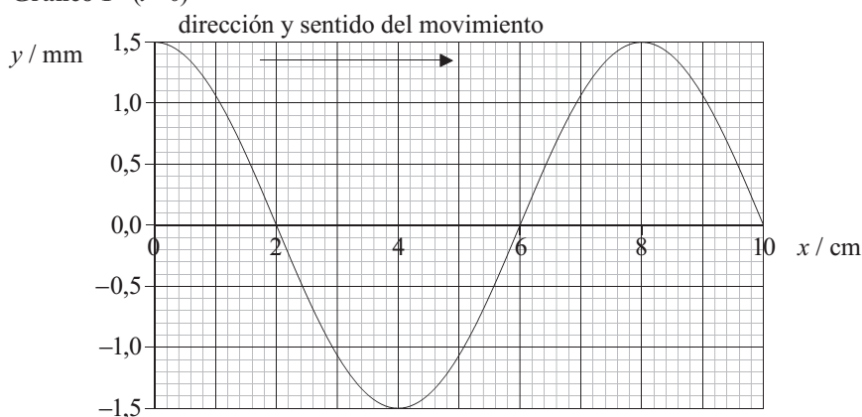
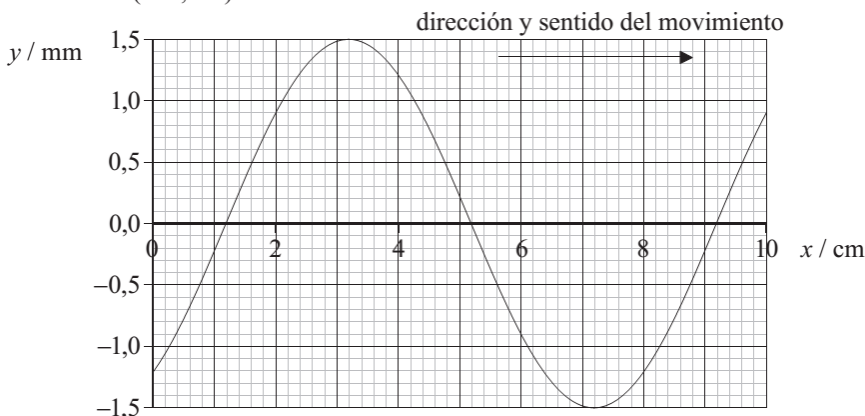


Gráfico 2 ($t=0,20$ s)



El periodo de la onda es superior a 0,20s.

Utilice los gráficos para determinar, para esta onda,

(i) la amplitud. [1]

(ii) la longitud de onda. [1]

(iii) la rapidez. [2]

(iv) la frecuencia. [1]

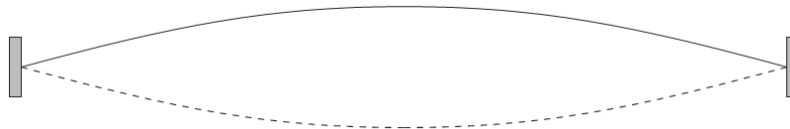
(b) Indique **dos** diferencias entre una onda viajera y una onda estacionaria. [2]

(c) Explique qué significa velocidad de onda en relación a

(i) ondas viajeras. [1]

(ii) ondas estacionarias. [2]

(d) Se mantienen fijos los extremos de una cuerda y se establece en ella una onda estacionaria, como se representa en el diagrama siguiente.



La onda estacionaria origina una onda de sonido.

(i) Explique cómo la onda estacionaria crea una onda sonora. [2]

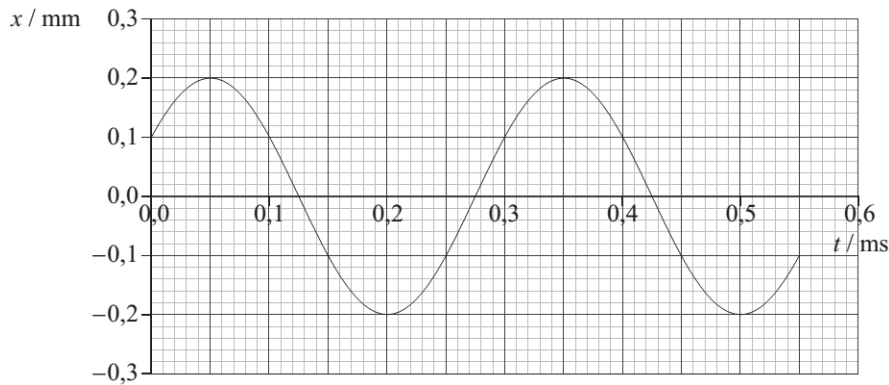
(ii) La rapidez del sonido en el aire es de 340 ms^{-1} . La longitud de la cuerda es de $0,80\text{m}$ y la rapidez de la onda en la cuerda es de 240 ms^{-1} . Calcule la longitud de onda del sonido en el aire. [3]

B1. Part 1 Wave motion

- (a) (i) 1.5 mm; [1]
- (ii) 8.0 cm; [1]
- (iii) distance travelled in 0.20 s is 3.2 cm;
so speed is $\left(\frac{3.2 \times 10^{-2}}{0.20}\right) = 0.16 \text{ ms}^{-1}$; [2]
- (iv) $f = \frac{0.16}{8.0 \times 10^{-2}} = 2.0 \text{ Hz}$; [1]
- (b) travelling waves transfer energy (standing waves do not);
travelling waves have a constant amplitude (standing waves do not);
standing waves have points that always have zero displacement (travelling waves do not);
the phase of a travelling wave constantly changes (but in standing waves points in between consecutive nodes have constant phase); [2 max]
- (c) (i) it is the speed of energy transfer/rate/speed at which wavefronts move forward; [1]
- (ii) a standing wave is formed from the superposition of two travelling waves;
wave speed refers to the speed of the travelling waves; [2]
- (d) (i) the oscillating string collides with the air molecules surrounding it;
creating a pressure/longitudinal wave; [2]
- (ii) wavelength of wave on string is $2 \times 0.80 = 1.6 \text{ m}$;
frequency is then $\left(\frac{240}{1.6}\right) = 150 \text{ Hz}$;
sound has the same frequency and so wavelength is $\left(\frac{340}{150}\right) = 2.3 \text{ m}$; [3]
- Award [1 max] for those using a wavelength of 0.80m obtaining a wavelength of 1.1 m in air. Accept alternative derivations that use a ratio and do not calculate the frequency explicitly.*

2. Parte 1 Ondas

- (a) La siguiente gráfica muestra la variación con el tiempo t del desplazamiento x de una partícula en una onda sonora.



La velocidad de la onda es de 380ms^{-1} .

- (i) Sugiera, marcando con la letra C en el eje t de la anterior gráfica, un instante en el que la partícula podría estar en el centro de una compresión. [1]
 - (ii) Indique la amplitud de esta onda de sonido. [1]
 - (iii) Deduzca la longitud de onda de la onda. [3]
- (b) (i) Resuma las condiciones necesarias para la formación de una onda estacionaria. [2]
- (ii) Se esparce polvo fino a lo largo de un tubo horizontal, cerrado por un extremo. En el extremo abierto del tubo se sitúa una fuente de sonido, tal como se indica a continuación.



Se varía la frecuencia de la fuente S. Explique por qué, para una frecuencia concreta, se observa cómo el polvo forma montoncitos equidistantes dentro del tubo. [2]

- (iii) La separación media de los montoncitos de polvo de (b)(ii) es de $9,3\text{cm}$ cuando la frecuencia de la fuente S es de 1800Hz . Calcule la velocidad del sonido dentro del tubo. [2]
- (c) Se repite el experimento de (b)(ii) un día en el que la temperatura del aire en el tubo es más alta. Se observa que, para la misma frecuencia de la fuente S, la separación media de los montoncitos ha aumentado. Deduzca cualitativamente el efecto, si existe, que tiene el incremento de temperatura sobre la velocidad del sonido en el tubo. [2]

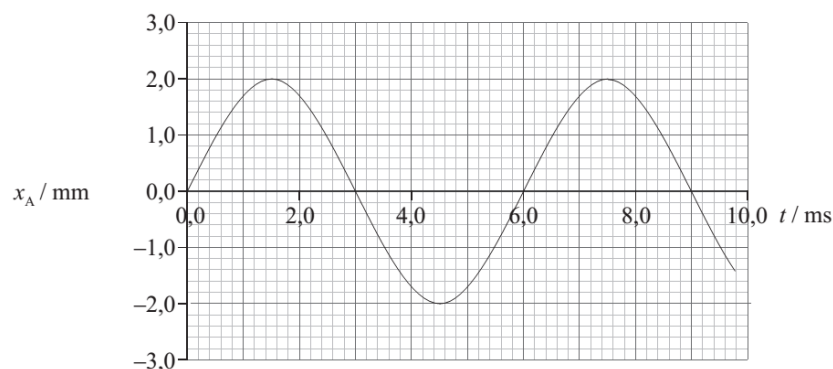
B3. Part 1 Waves

- (a) (i) C shown where graph line cuts x -axis; [1]
- (ii) amplitude = 0.20 mm; [1]
- (iii) time period = 0.30 ms;
use of $v = f\lambda$ and $f = \frac{1}{T}$ **or** $v = \frac{\lambda}{T}$;
 $\lambda = 380 \times 0.30 \times 10^{-3} = 0.11 \text{ m}$; [3]
ECF if time period misread.
- (b) (i) superposition of two waves / *OWTTE*;
of same frequency and amplitude travelling in opposite directions; [2]
- (ii) stationary/standing wave is set up in the tube;
heaps form at the (displacement) nodes / powder pushed away from antinodes; [2]
- (iii) wavelength = $(2 \times 9.3 =) 18.6 \text{ cm}$;
speed = $(1800 \times 0.186 =) 330 \text{ ms}^{-1}$; [2]
ECF if value of wavelength wrong.
- (c) heaps further apart means longer wavelength;
hence speed increases (as temperature rises); $\left\{ \begin{array}{l} \text{Do not award if there is no reasoning or} \\ \text{reasoning is fallacious or misleading.} \end{array} \right.$ [2]

3. Parte 1 Propiedades de las ondas

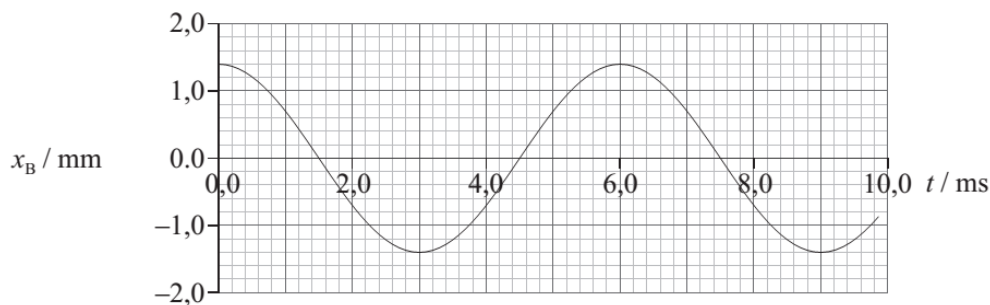
- (a) Haciendo referencia a la energía de una onda viajera, indique qué entendemos por
- (i) rayo. [1]
- (ii) rapidez de la onda. [1]
- (b) La gráfica siguiente muestra la variación con el tiempo t del desplazamiento x_A de la onda A, a su paso por un punto P.

Onda A



La gráfica siguiente muestra la variación con el tiempo t del desplazamiento x_B de la onda B, a su paso por el punto P.

Onda B



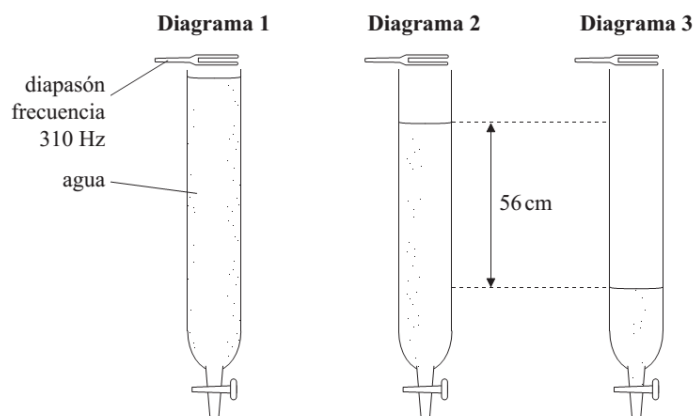
(i) calcule la frecuencia de las ondas. [1]

(ii) Las ondas pasan simultáneamente por el punto P. Utilice las gráficas para determinar el desplazamiento resultante en el punto P de las dos ondas en los instantes $t = 1,0 \text{ ms}$ y $t = 8,0 \text{ ms}$.

En $t = 1,0 \text{ ms}$:

En $t = 8,0 \text{ ms}$: [3]

(c) Se llena un tubo con agua y se hace sonar un diapasón sobre el tubo, como muestra el diagrama 1.



Se permite que el agua salga del tubo y, en la posición del diagrama 2, se escucha un sonido intenso por primera vez. El agua continúa saliendo del tubo y se vuelve a escuchar un sonido intenso en la posición mostrada en el diagrama 3.


(i) Un sonido intenso indica que se ha formado una onda estacionaria en el tubo.

Resuma cómo se forma la onda estacionaria. [2]

(ii) Sobre el **diagrama 3**, dibuje líneas para representar la onda estacionaria producida en el tubo. Además, identifique las posiciones de los nodos de la onda estacionaria, usando la letra N. [2]

(iii) El cambio en la altura de la superficie de agua entre las posiciones mostradas en los diagramas 2 y 3 es de 56 cm. La frecuencia del diapasón es 310 Hz. calcule la rapidez del sonido en el tubo. [3]

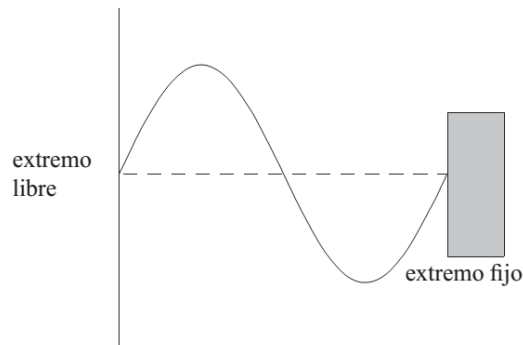
B3. Part 1 Wave properties

- (a) (i) direction in which energy is travelling / locus of one point on a wavefront; [1]
- (ii) speed at which energy is propagated along the wave; [1]
- (b) (i) frequency $\left(= \{6.0 \times 10^{-3}\}^{-1} \right) = 170 \text{ Hz};$ [1]
- (ii) at $t = 1.0 \text{ ms}$, displacement $(= 1.7 + 0.7) = 2.4 \text{ mm};$
at $t = 8.0 \text{ ms}$, displacement $= 1.7 - 0.7;$
 $= 1.0 \text{ mm};$ [3]
- (c) (i) wave (travels down tube and) is reflected at (water surface);
incident and reflected waves interfere/superpose; [2]
- (ii)  *i.e. $\frac{3}{4} \lambda$, 2 nodes, 2 antinodes;*
all nodes marked; [2]
- Accept pressure nodes if clearly identified.*
- (iii) substitution in $v = f\lambda$;
 $\frac{1}{2} \lambda = 56 \text{ cm};$
 $v = (2 \times 0.56 \times 310) = 350 \text{ ms}^{-1};$ [3]

4. Ondas

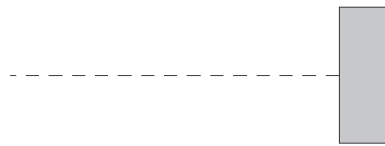
Las ondas estacionarias y la resonancia

- (a) Indique **dos** maneras en que una onda estacionaria difiere de una onda continua. [2]
- (b) Indique el principio de superposición aplicado a las ondas. [2]
- (c) Una cuerda estirada está fija por un extremo. Se hace vibrar el otro extremo de manera continua para producir una onda a lo largo de la cuerda. La onda se refleja en el extremo fijo y, como resultado, se forma una onda estacionaria en la cuerda.
El diagrama siguiente muestra el desplazamiento de la cuerda en el instante de tiempo $t = 0$. La línea a trazos muestra la posición de equilibrio de la cuerda.



(i) El período de oscilación de la cuerda es T . Sobre los diagramas siguientes, dibuje bosquejos del desplazamiento de la cuerda en los instantes $t = T/4$ y $t = T/2$. [2]

$$t = \frac{T}{4}$$



(ii) Utilice sus bosquejos en (i) para explicar por qué la onda en la cuerda parece ser estacionaria. [2]

(d) Las ondas estacionarias están a menudo relacionadas con el fenómeno de la resonancia.

(i) Describa qué se entiende por *resonancia*. [2]

(ii) El 19 de septiembre de 1985 ocurrió un terremoto (sismo) en la ciudad de México. Muchos edificios que tenían unos 80m de altura se vinieron abajo mientras que edificios de mayor y menor altura aguantaron sin sufrir daños. Utilice los datos siguientes para sugerir una razón que explique esto.

Período de oscilación de un edificio alto de 80m = 2,0s

velocidad de las ondas sísmicas = $6,0 \times 10^3 \text{ ms}^{-1}$

longitud de onda media de las ondas = $1,2 \times 10^4 \text{ m}$ [3]

B2. Part 1 Stationary (standing) waves and resonance

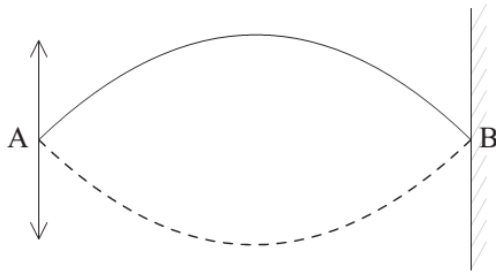
- (a) no energy is transferred;
variable amplitude / variable maximum displacement of particles / *OWTTE*;
points along the wave where amplitude is always zero / reference to phase / *OWTTE*; [2 max]
- (b) if two or more waves overlap / *OWTTE*;
the resultant displacement at any point is found by adding the displacements
produced by each individual wave / e.g. peak/trough meets peak/trough to give
maximum/minimum / *OWTTE*; [2]
- (c) (i) $t = \frac{T}{4}$: straight-line; (a line must be drawn on the diagram)
 $t = \frac{T}{2}$: negative sine; [2]
- (ii) the points of no displacement/nodes (at middle and ends) do not change with
time;
therefore, the wave cannot be moving forward / does not progress; [2]
- (d) (i) maximum amplitude of oscillation;
when a periodic force is applied to it and the frequency of the force is equal to
the natural frequency of vibration of the system / *OWTTE*; [2]
- (ii) frequency of wave $f = \frac{c}{\lambda} = \left(\frac{6.0 \times 10^3}{1.2 \times 10^4} \right) = 0.50 \text{ Hz}$;
natural frequency of oscillation of building = $\frac{1}{2.0} = 0.50 \text{ Hz}$;
the waves therefore, cause the building to resonate/vibrate violently / *OWTTE*; [3]

5. Ondas progresivas y estacionarias

(a) Indique **dos** diferencias entre una onda progresiva y una onda estacionaria.

1.
 2.
- [2]

(b) Para demostrar la producción de una onda estacionaria, Samantha une el extremo B de un tubo de goma de longitud AB a un soporte rígido. Ella sostiene el otro extremo A del tubo, tira de él levemente y, a continuación, sacude el extremo A en dirección perpendicular a AB. A una cierta frecuencia de sacudidas, se ve cómo el tubo forma el patrón de ondas estacionarias mostrado a continuación.



Explique cómo se forma este patrón. [5]

(c) La velocidad v con la que la energía es propagada en el tubo por una onda estacionaria depende de la tensión T en el tubo. La relación entre estas cantidades es $v = k\sqrt{T}$ donde k es una constante.

En un experimento para comprobar esta relación, la frecuencia fundamental (primer armónico) f fue medida para diferentes valores de la tensión T .

(i) Explique cómo los resultados de este experimento, representados gráficamente,

pueden utilizarse para verificar la relación $v = k\sqrt{T}$ [4]

(ii) En el experimento, la longitud del tubo se mantuvo constante en 2,4m. La frecuencia fundamental para una tensión de 9,0n en el tubo era de 1,8 Hz. calcule el valor numérico de la constante k . [3]

B1. Part 1 Travelling and standing waves

- (a) no energy is propagated along a standing wave / *OWTTE*;
the amplitude of a standing wave varies along the wave / standing wave has nodes and antinodes;
in standing wave particles are either in phase or in antiphase / *OWTTE*; [2 max]

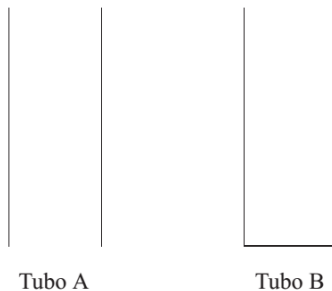
- (b) *Look for these main points.*
when the tube is vibrated, a wave travels along the tube and is reflected at B;
the wave is inverted on reflection;
the reflected wave interferes with the forward wave;
the maximum displacements occurs midway between A and B;
since there is always a node at A and B, then the pattern shown will be produced / *OWTTE*; [5]
Award [1] for essentially two waves in opposite directions, [1] for π out of phase, [1] for interference and [2] for condition to produce shape.

- (c) (i) $f = \frac{v}{\lambda}$;
to get $f = \text{constant}\sqrt{T}$ since λ constant;
therefore, a plot of f^2 against T **or** f against \sqrt{T} ;
should produce a straight-line through the origin / *OWTTE*; [4]

- (ii) $\lambda = 4.8\text{m}$;
 $v = f\lambda = 1.8 \times 4.8 = 8.6\text{ms}^{-1}$;
 $k = \frac{v}{\sqrt{T}} \frac{8.6}{3} = 2.9$; [3]
Ignore any unit.

6. Esta pregunta trata sobre ondas estacionarias en tubos.

El diagrama de más abajo muestra dos tubos de la misma longitud. El tubo A está abierto por ambos extremos y el tubo B está cerrado por uno de ellos.

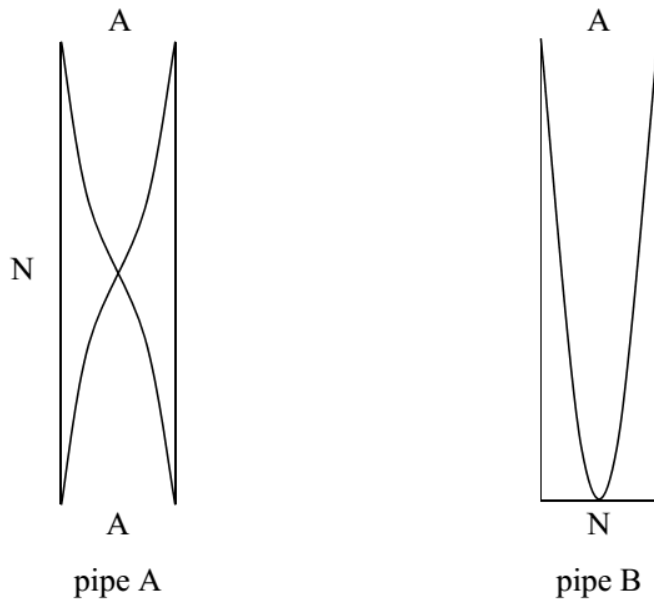


- (a) (i) Dibuje sobre el diagrama anterior las curvas que representen las formas de la nota resonante fundamental (primer armónico) para cada tubo. [2]
- (ii) Sobre cada diagrama, rotule la posición de los nodos con la letra N y la posición de los antinodos con la letra A. [2]

La frecuencia de la nota fundamental del tubo A es 512 Hz.

- (b) (i) Calcule la longitud del tubo A. (Velocidad del sonido en el aire = $320,50 \text{ ms}^{-1}$) [3]
- (ii) Sugiera por qué los tubos diseñados para emitir notas de frecuencia fundamental baja (*por ejemplo*: frecuencia 132 Hz) son, a menudo, cerrados por un extremo. [2]

A2. (a)



- (i) correct wave shape for pipe A;
correct wave shape for pipe B; [2]
- (ii) correct marking of A and N for pipe A;
correct marking of A and N for Pipe B; [2]
- (b) (i) for pipe A, $\lambda = 2L$, where L is length of the pipe;
 $c = f\lambda$ to give $L = \frac{c}{2f}$;
substitute to get $L = 0.317$ m; [3]
- (ii) for 32 Hz, the open pipe will have a length of about 5 m;
whereas the closed pipe will have half this length, so will not take up as much space as the open pipe / OWTTE; [2]
The argument does not have to be quantitative. Award [1] for recognition that low frequencies mean longer pipes and [1] for the same frequency, closed pipes will be half the length of open pipes. The fact they need less space can be implicit.

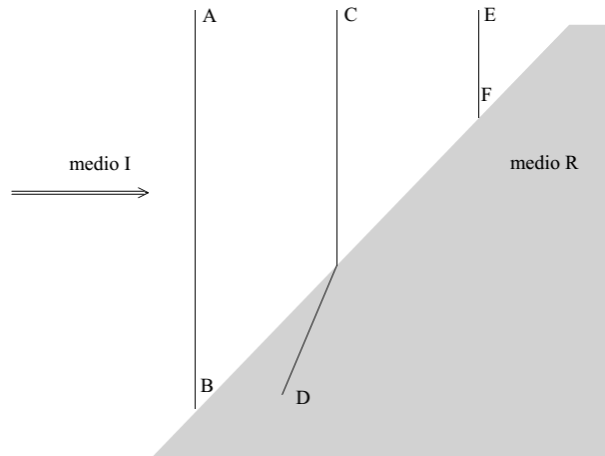
7. Esta pregunta versa sobre las ondas y sus propiedades.

(a) Remitiéndose a las ondas, diferencie entre un rayo y un frente de onda.

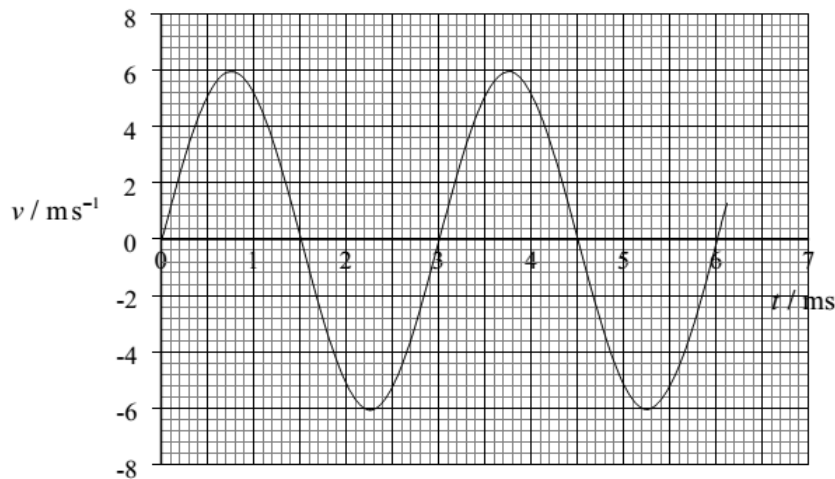
El diagrama que sigue muestra tres frentes de onda que inciden sobre la interfaz que separa el medio I y el medio R. El frente de onda CD se muestra cruzando dicho interfaz.

El frente de onda

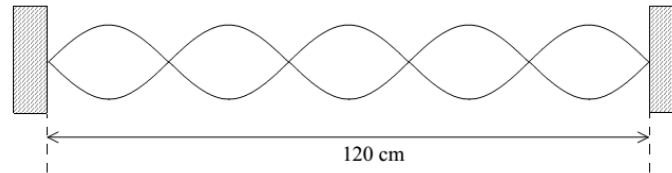
EF está incompleto.



- (b) (i) En el diagrama anterior, trace una línea que complete el frente de onda EF. [1]
 (ii) Explique en cuál de los medios, I o R, viaja la onda a más velocidad. [3]
 (iii) Mida en el diagrama apropiadamente y de los resultados obtenidos determine la razón entre las velocidades de la onda que viaja desde el medio I al medio R
 El gráfico que sigue muestra la variación con respecto al tiempo t de la velocidad v de una partícula del medio por el que la onda se desplaza.



- (c) (i) Explique cómo puede deducirse del gráfico que la partícula se encuentra oscilando. [2]
 (ii) Determine la frecuencia de oscilación de la partícula. [2]
 (iii) Marque en el gráfico con la letra M un momento en el que la partícula se encuentra a su desplazamiento máximo. [1]
 (iv) Estime el área entre la curva y el eje de las x desde el momento $t = 0$ hasta el momento $t = 1,5$ ms. [2]
 (v) Sugiera lo que representa el área de (c)(iv). [1]
 (d) Refiriéndose a la transferencia de energía y a la amplitud de la vibración de las partículas de una onda, diferencie entre una onda progresiva y una onda estacionaria. [4]
 Transferencia de energía:
 Amplitud:
 Una cuerda tensada se fija en ambos extremos y después se le da un tirón en el centro. El diagrama que se muestra a continuación ilustra cómo vibra la cuerda.



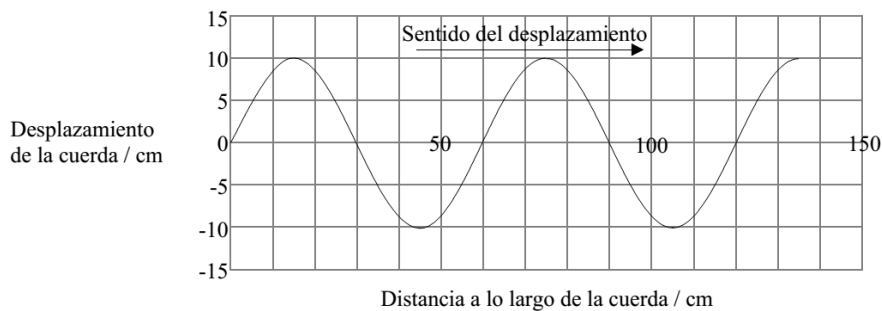
La distancia entre los puntos de fijación es 120 cm.

- (e) (i) Marque en el diagrama una distancia igual a la longitud de la onda estacionaria. [1]
 (ii) La frecuencia de vibración de la cuerda es de 250 Hz. Determine la velocidad de la onda en la cuerda. [3]

- B1.** (a) ray: direction in which wave (energy) is travelling;
wavefront: line joining (neighbouring) points that have the same phase / displacement /
Or suitable reference to Huygen's principle;
ray is normal to a wavefront; [3]
- (b) (i) wavefront parallel to D; [1]
- (ii) frequency is constant;
since $v = f\lambda$, $v \propto \lambda$;
wavelength larger in medium I, **hence** higher speed in medium I; [3]
Allow solution based on angles marked on diagram or speed of wavefronts.
- (iii) ratio = $\frac{v_I}{v_R} = \frac{\lambda_I}{\lambda_R}$ (or based on Snell's law);
 $= \frac{3.0}{1.5} = 2.0$ allow ± 0.5 ; [2]
- (c) (i) velocity / displacement / direction in (+) and (–) directions;
idea of periodity; [2]
- (ii) period = 3.0 ms;
frequency = $\frac{1}{T} = 330$ Hz; [2]
- (iii) *Accept any one of the following.*
at time $t = 0, 1.5$ ms, 3.0 ms, 4.5 ms, etc. ; [1]
- (iv) area of half-loop = 140 ± 10 squares / mean $v = 4.0 \text{ m s}^{-1}$ accept ± 0.2 ;
 $= 140 \times 0.4 \times 0.1 \times 10^{-3}$ / $4.0 \times 1.5 \times 10^{-3}$;
 $= 5.6 \times 10^{-3} \text{ m}$ / $6.0 \times 10^{-3} \text{ m}$;
Award [1] for area of triangle. [2]
- (v) (twice) the amplitude;
Allow distance moved in 1.5 m s. [1]
- (d) travelling wave transfers energy;
standing wave does not transfer energy;
amplitude same for all particles in a travelling wave;
amplitude varies from zero to a maximum in a standing wave; [4]
- (e) (i) distance shown as length of two loops; [1]
- (ii) wavelength = $\frac{2}{5} \times 120 = 48$ cm;
 $v = f\lambda = 250 \times 0.48$;
 $= 120 \text{ m s}^{-1}$; [3]

8. Ondas en una cuerda de goma

El diagrama que sigue muestra parte de una cuerda de goma por la que viaja una onda.



- En lo que a la onda respecta, determine
 - su amplitud. [1]
 - su longitud de onda. [1]
- El periodo de la onda es de 0,2 s. ¿Cuál es la velocidad de la onda? [2]
- Si en el diagrama anterior se muestra el desplazamiento de la cuerda en el momento $t = 0$, trácese a mano alzada, en el mismo diagrama, el desplazamiento de la cuerda de goma 0,1s después. Interprete el bosquejo que se trace. [3]
- Considere ahora la cuerda de goma estirada entre dos puntos de anclaje separados por una distancia de 2,5 m a los que queda sujeta. Si se crea una onda en la cuerda, dicha onda viajar a una velocidad de 10 ms^{-1}
 - Trace a mano alzada en el diagrama que sigue la forma de la onda estacionaria que se produciría si la cuerda se somete a una vibración cuya frecuencia sea la fundamental de la cuerda. [1]

_____ Cuerda en reposo

(ii) Calcule la frecuencia fundamental de la vibración. [3]

(iii) ¿Cuál es la frecuencia de vibración del primer armónico de la cuerda tensada? [1]

B3. Part 1. Waves in a rubber cord

(a) (i) 10 cm [max 1]

(ii) 60 cm [max 1]

(b) $v = f\lambda = \frac{\lambda}{T};$ [1]

$= 3.0 \text{ ms}^{-1};$ [1]

[max 2]

(c) 0.1 s is half a period; [1]

therefore wave has moved forward 30 cm; [1]

therefore –ve sine; [1]

i.e. [1] for correct sketch.

[max 3]

(d) (i)



Undisturbed cord

[max 1]

(ii) $\lambda = 5.0 \text{ m};$ [1]

$f = \frac{c}{\lambda};$ [1]

$= 2.0 \text{ Hz};$ [1]

[max 3]

(iii) 4.0 Hz [max 1]