

## Topic 4 – Wave

## Formative Assessment

### PROBLEM SET

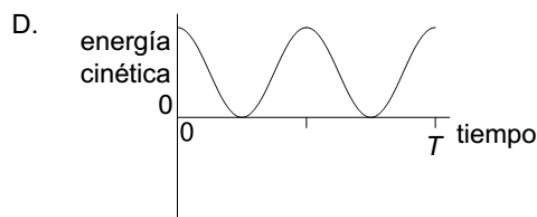
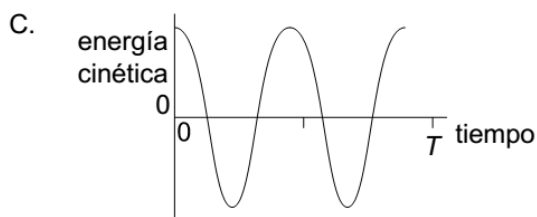
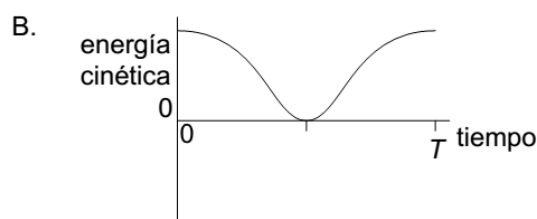
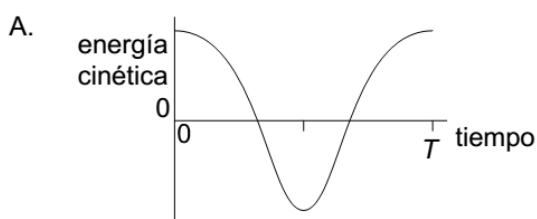
NAME: \_\_\_\_\_ TEAM: \_\_\_\_\_

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

- Describir cualitativa mente las variaciones de energía que tienen lugar durante un ciclo de una oscilación
- Dibujar aproximadamente e interpretar gráficos de ejemplos de movimiento armónico simple

### Topic 4.1 – Oscilaciones-P1

1. Una partícula oscila con movimiento armónico simple (mas) de período  $T$ . ¿Cuál de las gráficas muestra la variación con el tiempo de la energía cinética de la partícula? **D**



2. Un cuerpo sufre una oscilación bajo movimiento armónico simple (mas). ¿Cuál es la afirmación correcta respecto a los sentidos de la aceleración del cuerpo y de su velocidad?

- A. Siempre opuestos
- B. Opuestos durante medio período**
- C. Opuestos durante un cuarto de período
- D. Nunca opuestos

3. En las oscilaciones armónicas simples, ¿cuáles de los siguientes pares de cantidades tienen siempre sentidos opuestos?

- A. Energía cinética y energía potencial
- B. Velocidad y aceleración
- C. Velocidad y desplazamiento
- D. Aceleración y desplazamiento**

4. Una chica situada en una barca estacionaria observa que cada minuto 10 crestas de olas se cruzan con la barca. ¿Cuál es el periodo de las olas?

- A. 1 /10 min**
- B. 1 /10 min<sup>-1</sup>

- C. 10 min  
D.  $10 \text{ min}^{-1}$

5. Una partícula está sometida a un movimiento armónico simple (MAS) con energía cinética máxima  $E_{\text{max}}$  y amplitud  $x_0$ . Se suelta la partícula desde el reposo en su desplazamiento de amplitud máxima.

¿Cuál es la variación en la energía cinética cuando la partícula se ha desplazado una distancia de  $x_0/3$ ?

- A.  $E_{\text{max}}/9$   
B.  $4E_{\text{max}}/9$   
C.  $5E_{\text{max}}/9$   
D.  $8 E_{\text{max}}/9$

6. El periodo de una partícula que experimenta un movimiento armónico simple (MAS) es  $T$ .

El cociente  $\frac{\text{aceleración de la partícula}}{\text{desplazamiento de la partícula desde su posición de equilibrio}}$  es proporcional a

- A.  $T^{-2}$   
B.  $T^{-1}$   
C.  $T$   
D.  $T^2$

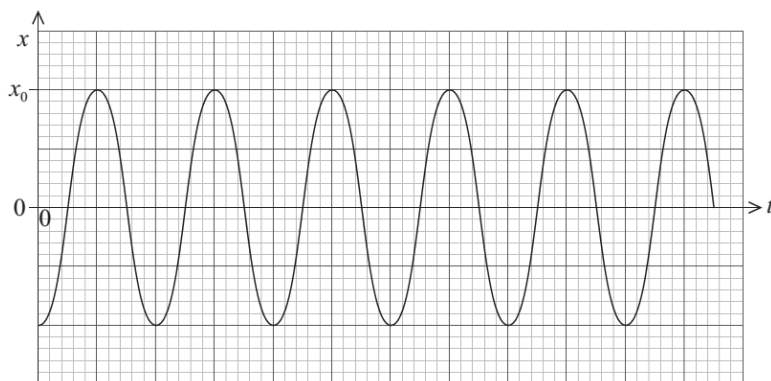
7. Una partícula de masa  $m$  oscila con movimiento armónico simple (MAS) de frecuencia angular  $\omega$ .

La amplitud del MAS es  $A$ . ¿Cuál es la energía cinética de la partícula cuando está a medio camino entre la posición de equilibrio y un extremo del movimiento?

- A.  $\frac{mA^2\omega^2}{4}$   
B.  $\frac{3mA^2\omega^2}{8}$   
C.  $\frac{9mA^2\omega^2}{32}$   
D.  $\frac{15mA^2\omega^2}{32}$

Un objeto situado en el extremo de un muelle oscila verticalmente con movimiento armónico simple.

La gráfica muestra la variación con el tiempo  $t$  del desplazamiento  $x$ . La amplitud es  $x_0$  y el periodo de oscilación es  $T$ .



8. ¿Cuál de las siguientes es la expresión correcta para el desplazamiento  $x$ ? **A**

A.  $-x_0 \cos \frac{2\pi}{T} t$

B.  $x_0 \cos \frac{2\pi}{T} t$

C.  $-x_0 \sin \frac{2\pi}{T} t$

D.  $x_0 \sin \frac{2\pi}{T} t$

9. ¿Cuál de las siguientes es la expresión correcta para la máxima aceleración del objeto? **C**

A.  $\frac{2\pi}{T} x_0$

B.  $\frac{2\pi}{T^2} x_0$

C.  $\frac{4\pi^2}{T^2} x_0$

D.  $\frac{4\pi^2}{T} x_0$

10. Los amortiguadores de un coche, en buen estado, aseguran que las oscilaciones verticales del coche sean

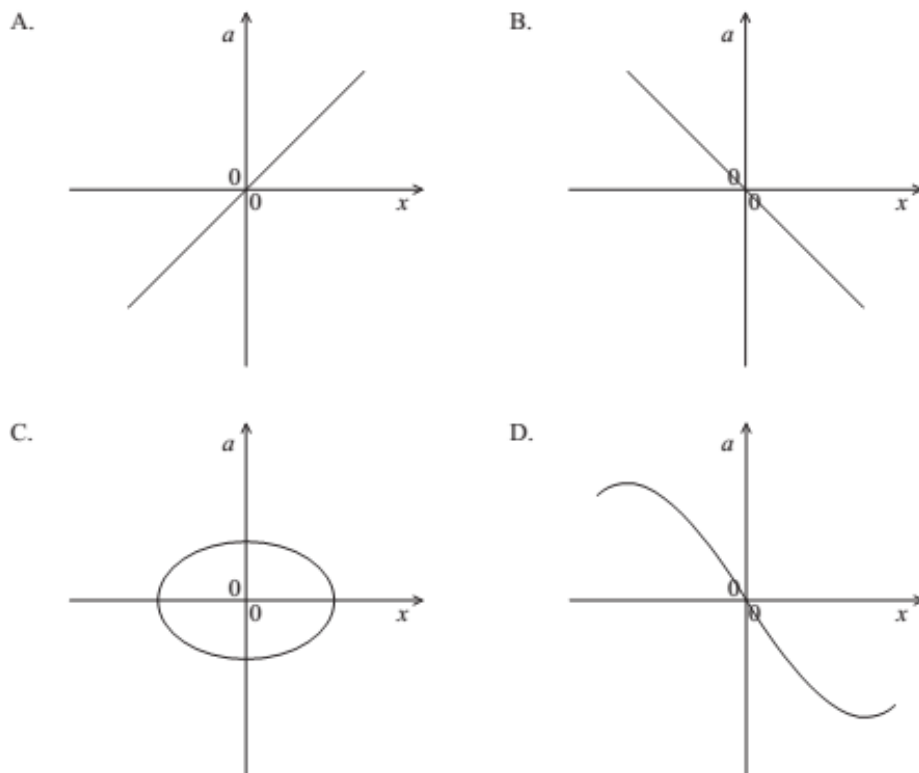
A. no amortiguadas.

B. levemente amortiguadas.

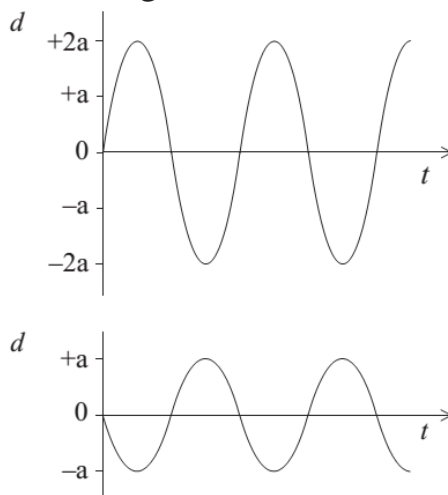
C. moderadamente amortiguadas.

**D. críticamente amortiguadas.**

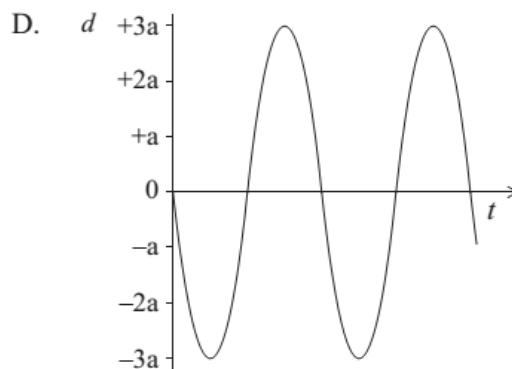
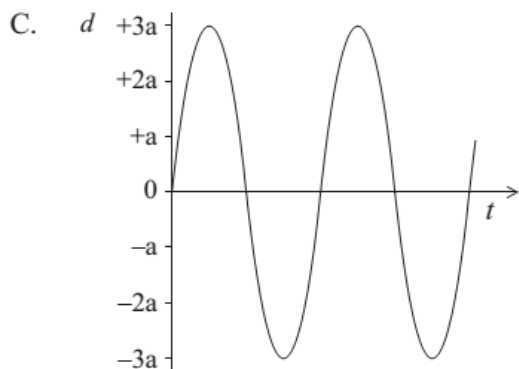
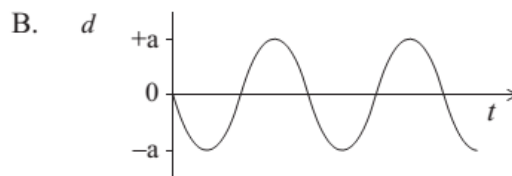
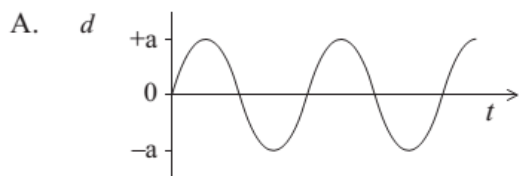
11. Las gráficas muestran cómo la aceleración,  $a$ , de cuatro partículas diferentes varía en función de su desplazamiento  $x$ . ¿Cuál de las partículas se encuentra en movimiento armónico simple? **B**



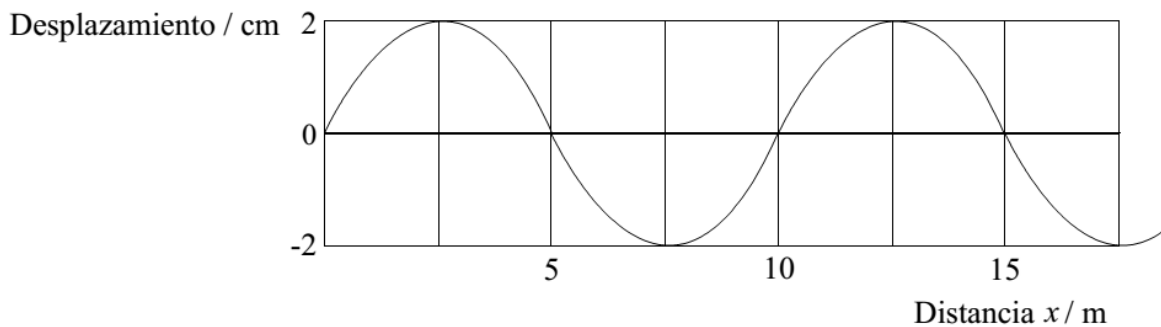
12. La variación con el tiempo  $t$  del desplazamiento  $d$  de un punto de un medio, debido a dos ondas, se muestra en las gráficas siguientes.



Si se superponen las ondas. ¿Cuál de los siguientes diagramas muestra la variación con el tiempo  $t$  del desplazamiento resultante  $d$  de ese punto del medio? **A**



13. El diagrama que sigue representa una onda sinusoidal que, en un momento determinado, se desplaza en el sentido del eje de las  $x$ .



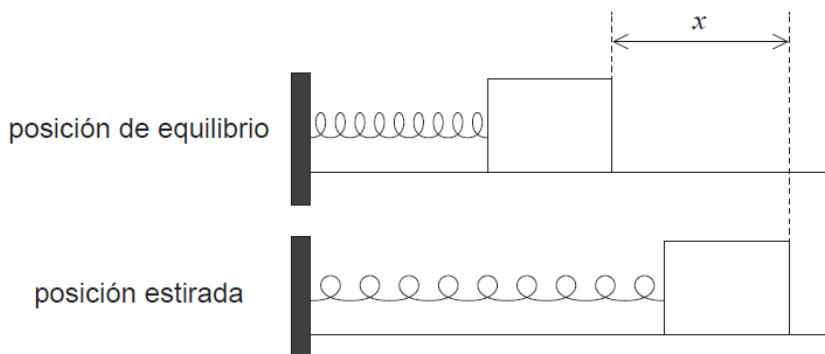
La amplitud y la longitud de onda de esta onda son, respectivamente:

	Amplitud	Longitud de onda
D.	4 cm	10 m
C.	4 cm	5 m
<b>B.</b>	<b>2cm</b>	<b>10 m</b>
A.	2cm	5 m

## Topic 4.1 – Oscilaciones-P2

### 1. Movimiento armónico simple (MAS)

Se coloca un objeto sobre una superficie sin rozamiento. El objeto está sujeto por un muelle (resorte) fijo por un extremo y oscila en el extremo del muelle con movimiento armónico simple (MAS).

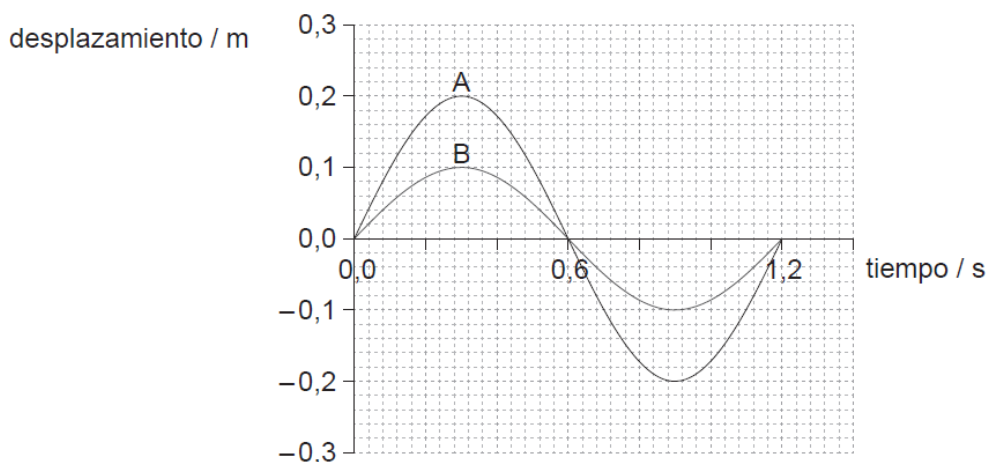


La tensión  $F$  en el muelle viene dada por  $F = k x$  donde  $x$  es la extensión del muelle y  $k$  es una constante.

(a) Demuestre que  $\omega^2 = k/m$ .

[2]

(b) Se muestra un ciclo de la variación del desplazamiento con el tiempo para dos sistemas separados masa–muelle, A y B.



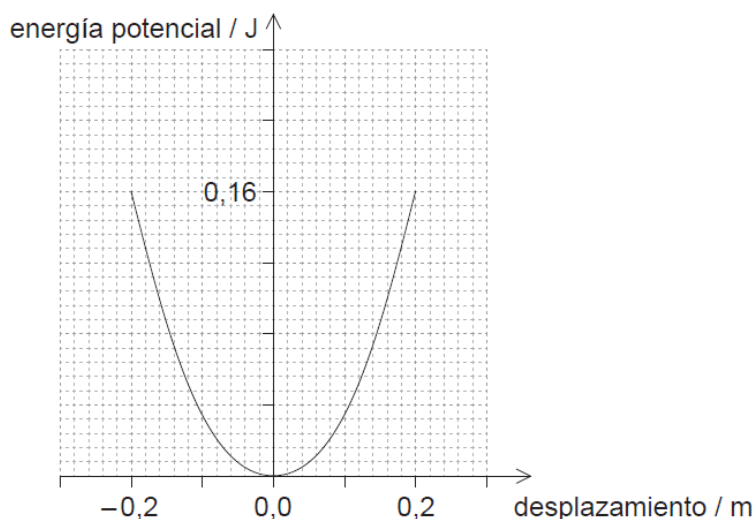
(i) Calcule la frecuencia de la oscilación de A.

[1]

(ii) Los muelles utilizados en A y B son idénticos. Demuestre que la masa en A es igual a la masa en B.

[2]

(c) La gráfica muestra la variación de la energía potencial de A con el desplazamiento.



Sobre los ejes,

(i) dibuje una gráfica que muestre la variación de la energía cinética con el desplazamiento para la masa en A. Rotúlela como A.

[2]

(ii) esquematice una gráfica que muestre la variación de la energía cinética con el desplazamiento para la masa en B. Rotúlela como B.

[3]

5. Part 1 Simple harmonic motion (SHM)

(a)  $ma = -kx$ ;

$a = -\frac{k}{m}x$ ; (condone lack of negative sign)

$\left(\omega^2 = \frac{k}{m}\right)$

[2]

or

implied use of defining equation for simple harmonic motion  $a = -\omega^2 x$ ;

$\left(\text{so } \omega^2 = \frac{k}{m}\right)$

$ma = -kx \text{ so } a = -\left(\frac{k}{m}\right)x$ ;

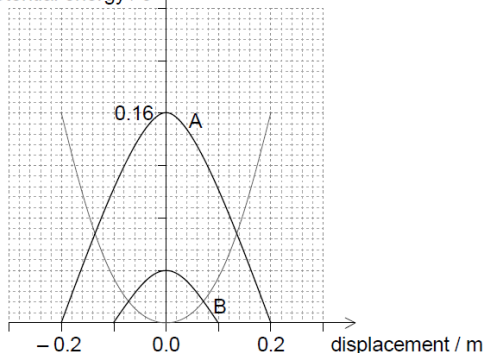
(b) (i) 0.833 (Hz);

[1]

(ii) frequency/period is the same so  $\omega$  is the same;  
 $k$  is the same (as springs are identical);  
(so  $m$  is the same)

[2]

(c) (i) potential energy / J



correct shape;  
maximum at 0.16 J;

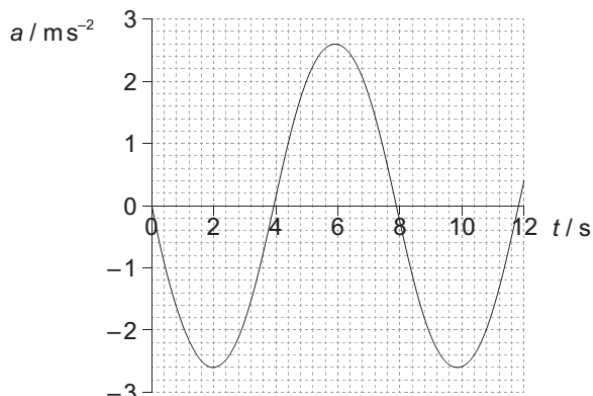
[2]

(ii) end displacements correct  $\pm 0.01$  m;  
maximum lower than 0.16 J;  
maximum equal to 0.04 J  $\pm$  half square;

[3]

2. Esta pregunta trata sobre el movimiento armónico simple (MAS).

La gráfica muestra la variación con el tiempo  $t$  de la aceleración  $a$  de un objeto X que experimenta un movimiento armónico simple (MAS).



- Defina *movimiento armónico simple (MAS)*. [2]
- X tiene una masa de 0,28kg. Calcule la fuerza máxima que actúa sobre X. [1]
- Determine el desplazamiento máximo de X. Dé su respuesta con un número apropiado de cifras significativas. [4]
- Un segundo objeto Y oscila con la misma frecuencia que X pero con una diferencia de fase de  $\pi/4$ . Utilizando la gráfica de enfrente, esquematice cómo varía la aceleración del objeto Y con  $t$ . [2]



3. (a) force/acceleration proportional to the displacement/distance from a (fixed/equilibrium) point/mean position;  
directed towards this (equilibrium) point / in opposite direction to displacement/distance;  
*Allow algebra only if symbols are fully explained.*

(b) 0.73 N;

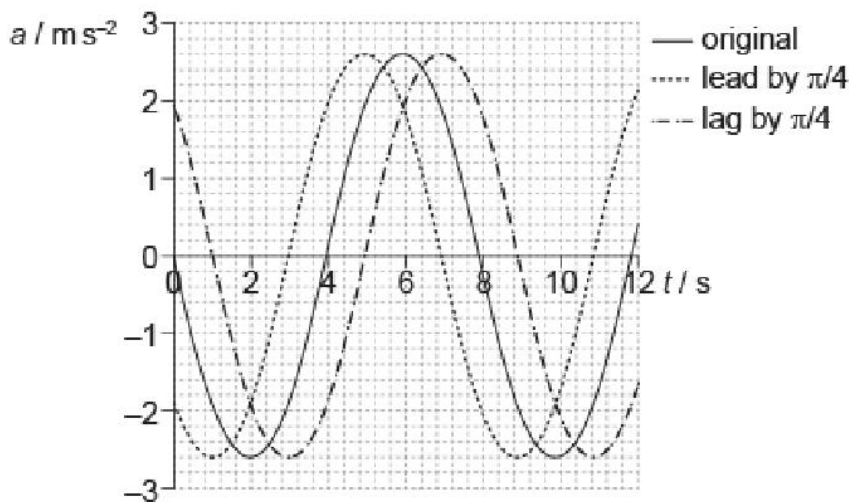
(c) use of  $a_0 = -\omega^2 x_0$ ;

$$T = 7.9 \text{ s} \text{ or } \omega = 0.795 \text{ or } \frac{\pi}{4} \text{ rad s}^{-1};$$

$$x_0 = 4.1(1) \text{ m}; \text{ (allow answers in the range of 4.0 to 4.25 m)}$$

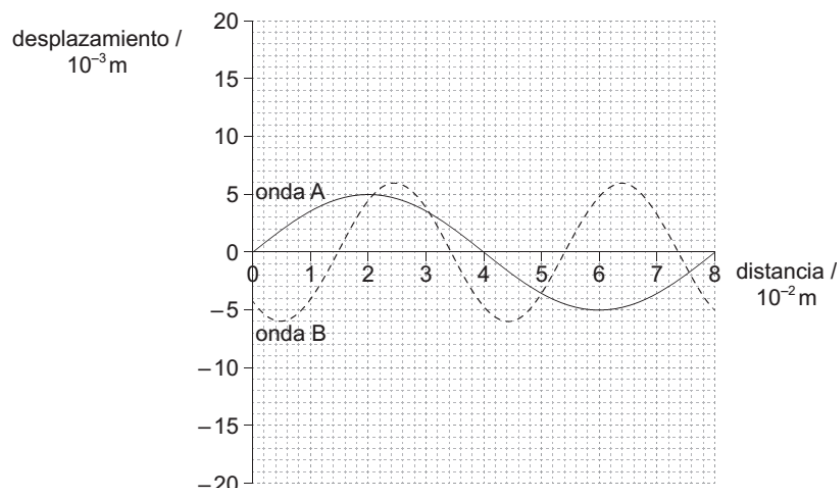
two significant figures in final answer whatever the value;

- (d) shape correct, constant amplitude for new curve, } (there must be some consistent  
minimum of 10 s shown; } lead or lag and no change in  $T$ )  
lead/lag of 1 s (to within half a square by eye);



### 3. Ondas

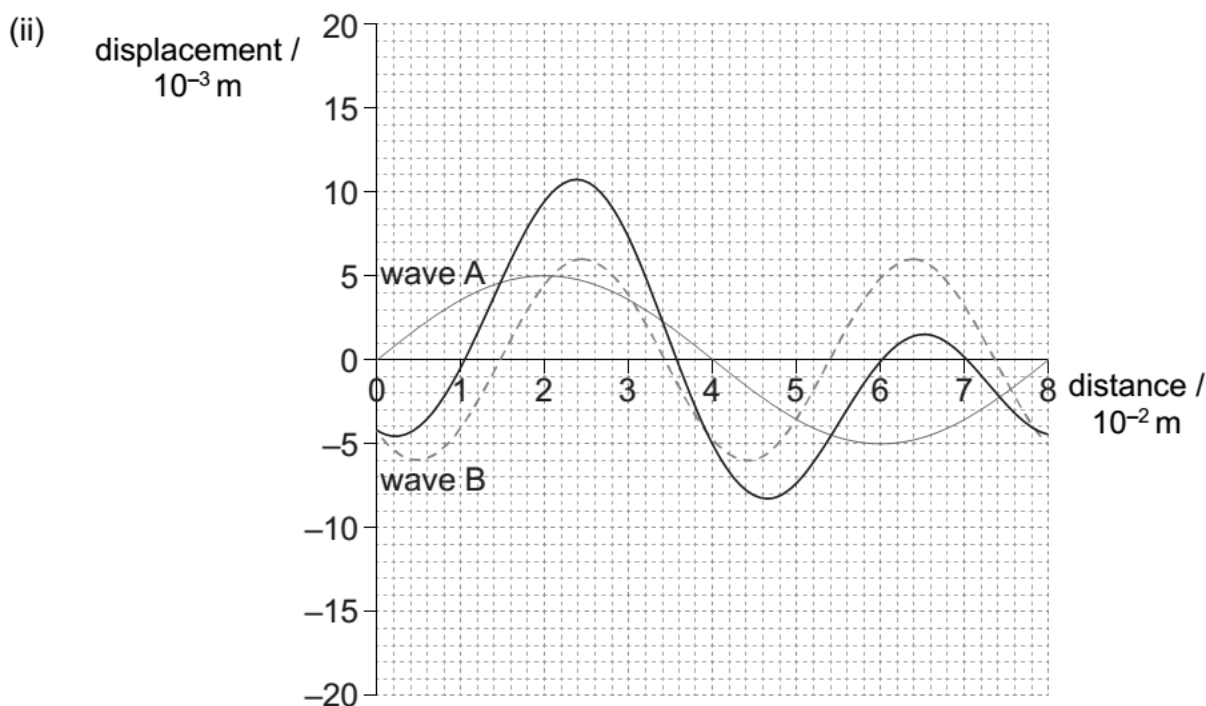
Dos ondas, A y B, están viajando en sentido opuesto en un tanque de agua. La gráfica muestra la variación del desplazamiento de la superficie del agua con la distancia a lo largo de la onda, en un instante particular.



- (d) Indique la amplitud de la onda A. [1]
- (e) (i) La onda A tiene una frecuencia de 9,0Hz. Calcule la velocidad de la onda A. [2]
- (ii) Deduzca la frecuencia de la onda B. [3]
- (f) (i) Indique qué se entiende por principio de superposición de ondas. [2]
- (ii) Sobre el gráfico de enfrente, esquematice la onda que resulta de la superposición de las ondas A y B, en ese instante. [3]

## Part 2 Waves

- (d) 5 mm **or** 5.0 mm; *units are required*  
*Allow other units, eg:  $5/5.0 \times 10^{-3}$  m.*
- (e) (i) wavelength = 8.0 cm **or** 8 cm; *(accept clear substitution in MP2 for this mark)*  
 $v = (f\lambda) = 9 \times 8 = 72 \text{ cm s}^{-1}$ ; *units are required*
- (ii) wavelength = 3.9 cm; *(accept answers in the range of 3.8 to 4.0 cm)*  
frequency =  $\left(\frac{72}{3.9}\right) = 18$ ;  
Hz **or**  $\text{s}^{-1}$ ;
- (f) (i) when two or more waves (of the same nature) meet/interfere / OWTTE;  
the resultant displacement is the (vector) sum of their individual displacements; *(do not allow constructive or destructive interference as answer to this point)*  
*Do not accept "amplitude" for "displacement" anywhere in answer.*



start and end points correct (equal B) and crossing points on distance axis correct (1, 3.6, 6, 7);

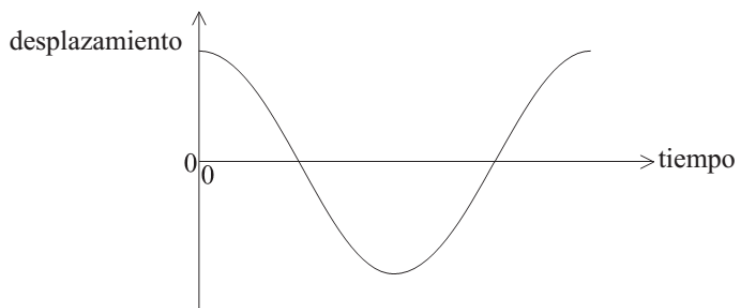
peaks and troughs at (2.4, 11) (4.6, -8) (6.5, 1.5);

general shape correct as in example; *(maximum and minimum must be alternating +/-)*

## 4. Péndulo simple

(a) Un péndulo consta de una pesa suspendida de un soporte rígido, por medio de una cuerda ligera inextensible. La pesa del péndulo se mueve a un lado y, a continuación, se suelta. El esquema gráfico muestra cómo varía con el tiempo, a lo largo de un periodo, el

desplazamiento de la pesa del péndulo que está describiendo un movimiento armónico simple.



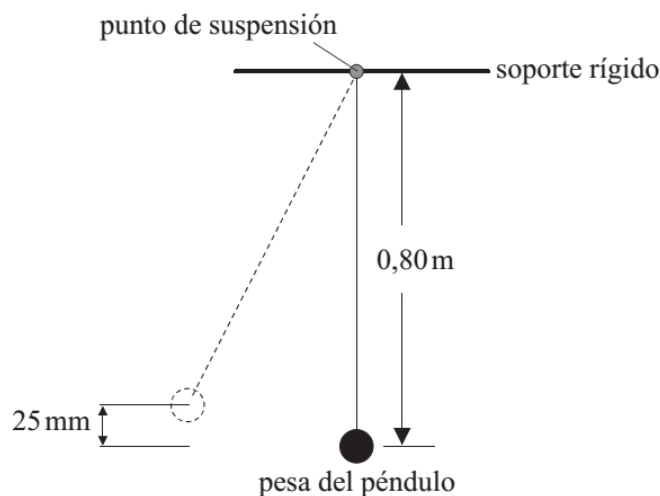
Sobre el esquema gráfico de más arriba,

(i) rotule con la letra A un punto en el que la aceleración de la pesa del péndulo sea máxima. [1]

(ii) rotule con la letra V un punto en el que la rapidez de la pesa del péndulo sea máxima. [1]

(b) Explique por qué el módulo de la tensión de la cuerda en el punto medio de la oscilación es mayor que el peso de la pesa del péndulo. [3]

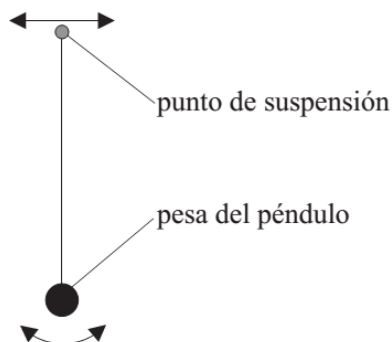
(c) La pesa del péndulo se mueve a un lado hasta que su centro se sitúa a 25mm por encima de su posición en reposo y entonces se suelta.



(i) Demuestre que la rapidez de la pesa del péndulo en el punto medio de la oscilación es de  $0,70\text{ms}^{-1}$ . [2]

(ii) La masa de la pesa del péndulo es  $0,057\text{kg}$ . El centro de la pesa del péndulo está  $0,80\text{m}$  por debajo del soporte. Calcule el módulo de la tensión de la cuerda cuando la pesa del péndulo se encuentra en la vertical por debajo del punto de suspensión. [3]

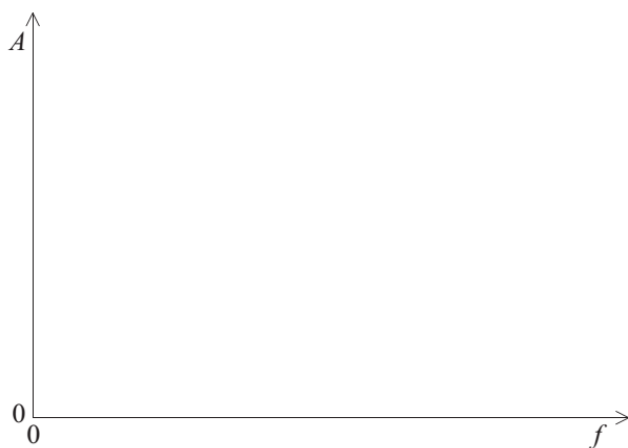
(d) El punto de suspensión de la pesa del péndulo se mueve de un lado a otro con una pequeña amplitud y con un impulso de frecuencia variable  $f$ .



Para cada valor de la frecuencia de impulso se alcanza una amplitud  $A$  constante y estable.

Las oscilaciones de la pesa del péndulo son ligeramente amortiguadas.

(i) Sobre los ejes de más abajo, esquematice un gráfico que muestre la variación de  $A$  con  $f$ . [2]

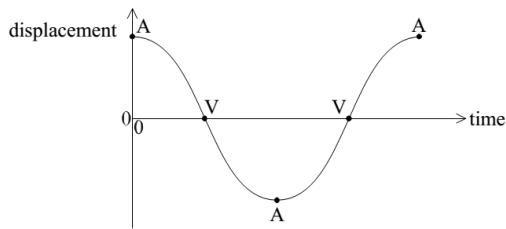


(ii) Haciendo referencia a la gráfica de (d)(i), explique qué se entiende por resonancia. [2]

(e) Se sumerge la pesa del péndulo en agua y se le aplica de nuevo la fuerza impulsora de frecuencia variable de (d). Sugiera qué efecto tendrá esta inmersión de la pesa del péndulo en la forma de su gráfica de (d)(i). [2]

**B1. Part 1** Simple pendulum

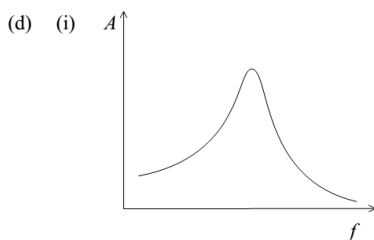
- (a) (i) one A correctly shown; [1]  
(ii) one V correctly shown; [1]



- (b) pendulum bob accelerates towards centre of circular path / OWTTE;  
therefore force upwards;  
that adds to tension produced by the weight; [3]

- (c) (i) evidence shown of equating kinetic energy and gravitational potential energy;  
 $v = \sqrt{(2 \times 9.8 \times 0.025)}$ ;  
 $= 0.70 \text{ m s}^{-1}$  [2]  
Allow  $g = 10 \text{ m s}^{-2}$  answer  $0.71 \text{ m s}^{-2}$ .

- (ii) centripetal acceleration  $\left( = \frac{v^2}{r} \right) \left[ = \frac{0.7^2}{0.8} \right] = 0.61 (\text{m s}^{-2})$ ;  
net acceleration  $= (9.81 + 0.61) = 10.4 (\text{m s}^{-2})$  **or**  $T - mg = m \times 0.61$ ;  
tension  $= (ma) = 0.59 \text{ N}$ ; [3]  
Allow  $g = 10 \text{ m s}^{-2}$  answer  $0.60 \text{ N}$ .



one maximum shown and curve broadly similar to example above;  
amplitude falls on each side as shown; [2]

- (ii) resonance is where driving frequency equals/close to natural frequency;  
the frequency at the maximum amplitude of the graph; [2]

- (e) lower amplitude everywhere on graph;  
with a much broader resonance peak;  
maximum moves to left on graph;  
Award [2] for a sketch graph.

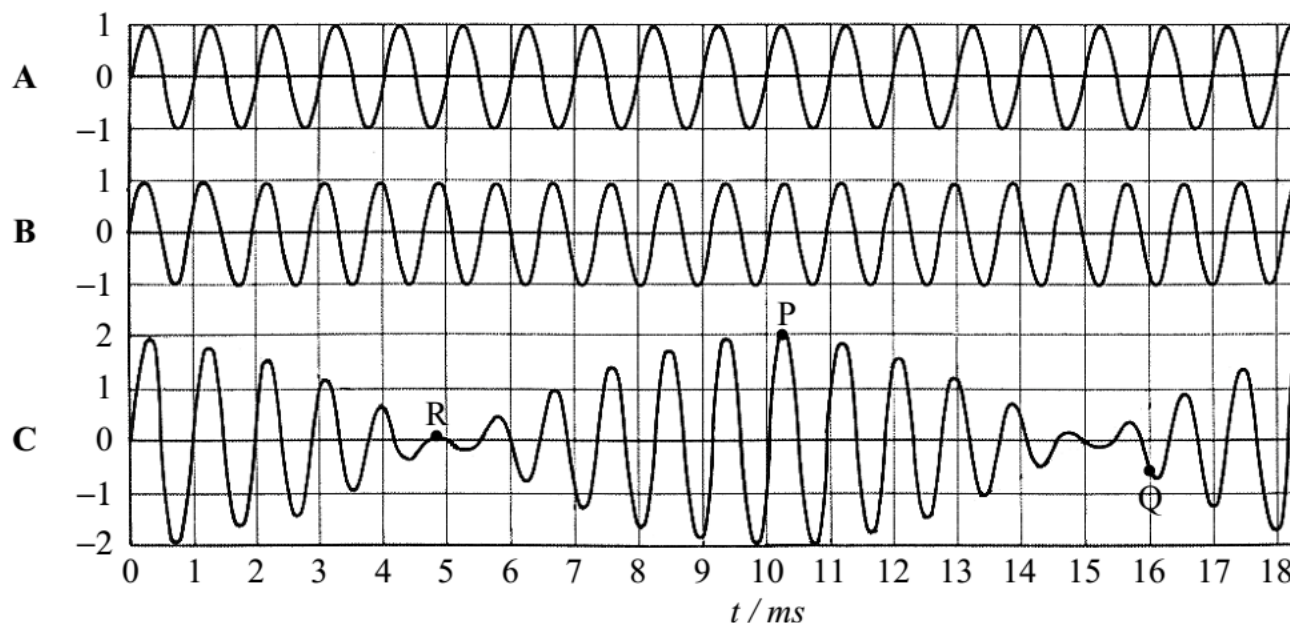
[2 max]

**5. Batidos.**

Esta pregunta es sobre la formación de batidos en ondas sonoras. (a) Enunciar el principio de la superposición lineal aplicado a las ondas. [2]

Dos diapasones **A** y **B** de frecuencias ligeramente distintas, suenan simultáneamente, produciendo ondas sonoras de la misma amplitud. La figura de abajo muestra la perturbación en un punto determinado en el aire, en función del tiempo para cada uno de los diapasones por separado, y la perturbación resultante **C**.





(b) Tres puntos en la forma de onda resultante están identificados **P**, **Q** y **R**. Para **cada uno** de estos puntos, comprobar si la forma de onda resultante **C** dibujada es correcta, refiriéndose a las dos ondas componentes. Justificar la respuesta en cada caso. [3]

Punto **P**: .....

Punto **Q**: .....

Punto **R**: .....

(c) Utilizar el diagrama para determinar

(i) las frecuencias de **A** y **B**; [2]

**A**: .....

**B**: .....

(ii) la frecuencia de batido. [2]

(d) (i) Los batidos a esta frecuencia no podrían realmente percibirse como batidos por el oído humano. Explicar por qué no. [1]

(ii) Con el fin de que los batidos puedan percibirse como tales por el oído, ¿tendría que ser la diferencia en frecuencia entre **A** y **B** mayor o menor que en el caso anterior? [1]

(e) Explicar el uso que podría hacerse de los batidos para sintonizar una cuerda de guitarra con un diapason. [2]

## Part 2

- (a) When two or more waves are present the resultant disturbance at any point is the vector sum of the disturbances due to each wave – or the resultant waveform is the vector sum of the individual waveforms – or words to that effect, showing understanding of superposition.
- (b) Point P: Both displacements maximum in same direction hence resultant is double **[1]**  
 Point Q: Vector sum OK (may estimate magnitudes). **[1]**  
 Point R: Displacements equal and opposite hence cancel to give zero. **[1]**
- (c) (i) **A:** From graph, period is 1 ms so frequency is 1000 Hz. **[1]**  
**B:** From graph, period is 0.9 ms so frequency is 1100 Hz. **[1]**
- (ii) Beat frequency: A maximum intensity every 10 ms so beat frequency is 100 Hz.
- (d) (i) This beat frequency is too high to be perceived as loudness variations.
- (ii) Frequency difference must be smaller **[1]** in order to decrease the beat frequency.
- (e) Sound string and fork together and listen for beats. **[1]**  
 Tune so that beats get slower, meaning string is getting closer to fork frequency. **[1]**