

# MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE

## 1. 2016-Septiembre

### A. Pregunta 2.-

a) En un movimiento armónico simple  $a = -kx = -\omega^2 x$ , luego, para un instante dado, si la aceleración es nula, la elongación también es nula.

b) Al ser la elongación nula en  $t=0$  tomamos seno, y la ecuación del movimiento es

$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0)$  donde la fase inicial que consigue  $x=0$  en  $t=0$  puede ser  $0 \text{ rad}$  ó  $\pi \text{ rad}$ , y para elegir entre ambos valores usamos el signo de la velocidad.

La velocidad es  $v(t) = \frac{dx}{dt} = A \omega \cos(\omega t + \varphi_0)$ , y como es negativa para  $t=0$  tenemos que la fase inicial es  $\pi \text{ rad}$ .

En el instante inicial la velocidad es máxima y su valor es  $-A\omega$  (se puede razonar que la  $E_p$  es nula y la  $E_c$  es máxima al conservarse la  $E_m$ , y también con la expresión  $v(x) = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$ )

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 0,25 = \frac{\pi}{2} \text{ rad/s} \quad -5 = -A \frac{\pi}{2} \Rightarrow A = \frac{10}{\pi} \text{ cm}$$

La expresión matemática para la elongación es  $x(t) = \frac{10}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{2}t + \pi\right)$  [ $x$  en cm,  $t$  en s]

## 2. 2016-Junio

### A. Pregunta 2.-

a) Si tomamos coseno, la ecuación del movimiento es  $x(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0)$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{4,5}{2}} = 1,5 \text{ rad/s}$$

Si en  $t=0$  está en la posición de equilibrio, su velocidad y energía cinética es máxima, y la energía potencial nula, por lo que el dato de energía cinética es también la energía mecánica. Al no haber pérdidas la energía mecánica total es constante, y también coincide con la energía potencial máxima, con lo que averiguamos la amplitud

$$E_{cmáx} = E_m = E_{pmáx} = \frac{1}{2} k A^2 \Rightarrow A = \sqrt{\frac{2 E_{cmáx}}{k}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,90 \cdot 10^{-3}}{4,5}} = 0,02 \text{ m}$$

En  $t=0$  la elongación es nula, luego  $0 = 0,02 \cos(\varphi_0) \Rightarrow \varphi_0 = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$   
 $\frac{-\pi}{2} \text{ rad}$

La velocidad es  $v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = -A \omega \sin(\omega t + \varphi_0)$ . Si en  $t=0$  la velocidad es positiva, el valor de fase inicial debe ser  $-\pi/2$

La ecuación del movimiento es  $x(t) = 0,02 \cos\left(1,5t - \frac{\pi}{2}\right)$  [ $t$  en s,  $x$  en m]

Si tomamos seno al ser  $x(t=0)=0$  y ser su derivada positiva en  $t=0$ , el desfase sería nulo y sería

$$x(t) = 0,02 \sin(1,5t) \text{ [t en s, x en m]}$$

b) Expresamos la energía cinética en función de la posición

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m (\omega \sqrt{A^2 - x^2})^2 = \frac{1}{2} k (A^2 - x^2)$$

$$\frac{2 \cdot 0,30 \cdot 10^{-3}}{4,5} = 0,02^2 - x^2 \Rightarrow x = \pm \sqrt{0,02^2 - \frac{2 \cdot 0,30 \cdot 10^{-3}}{4,5}} = \pm 0,016 \text{ m}$$

## 3. 2016-Modelo

### B. Pregunta 2.-

a) La velocidad de oscilación máxima es  $A \cdot \omega$ , luego  $A = \frac{v_{máx}}{\omega} = \frac{5}{\frac{\pi}{2}} = \frac{10}{\pi} \text{ cm}$

La fase inicial del movimiento está asociada a la ecuación  $x(t)$ , que integrando / buscando la función que derivando nos de la velocidad es

$$x(t) = -\frac{10}{\pi} \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{3\pi}{2}\right) [x \text{ en cm}, t \text{ en s}]$$

Se podría responder que  $\phi_0 = 3\pi/2$  rad si en  $t=0$  s la elongación es  $-A$ , lo que podría ser válido ya que no se indican condiciones iniciales en el enunciado.

Si asumimos que se pide la fase inicial asociada a la expresión habitual de  $x(t)$  con amplitud positiva, transformamos la expresión para que la amplitud sea positiva. Por trigonometría

$-\cos(\alpha) = \cos(\alpha - \pi)$ , luego  $x(t) = \frac{10}{\pi} \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{3\pi}{2} - \pi\right) = \frac{10}{\pi} \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{2}\right) [x \text{ en cm}, t \text{ en s}]$  y la fase inicial para que en  $t=0$  se tenga elongación  $+A$  es  $\phi_0 = \pi/2$  rad.

$$b) \quad E_c(t=1s) = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} 0,002 \cdot \left(0,05 \sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot 1 + \frac{3\pi}{2}\right)\right)^2 = 0 \text{ J}$$

Como la energía cinética en ese instante es nula, la energía potencial será máxima, y será igual a la energía cinética máxima, ya que la energía mecánica es constante e igual a la cinética y potencial máximas.

$$E_p(t=1s) = E_{p\text{máx}} = E_{c\text{máx}} = E_m = \frac{1}{2} m v_{\text{máx}}^2 = \frac{1}{2} 0,002 \cdot (0,05)^2 = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

#### 4. 2015-Septiembre

##### B. Pregunta 2.-

a) Utilizamos las expresiones de la aceleración y la velocidad en función de la posición

$$a = -\omega^2 x \quad ; \quad v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$$

Sustituimos para  $x = +0,06$  m, calculando la frecuencia angular:  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{8}{0,5}} = \sqrt{16} = 4 \text{ rad/s}$

$$a = -4^2 \cdot 0,06 = 0,96 \text{ m/s}^2$$

$$v = \pm 4 \sqrt{0,1^2 - 0,06^2} = \pm 0,32 \text{ m/s}$$

b) Según el enunciado,  $x(t=0) = 0$  m y en sentido positivo, en ese instante la elongación aumenta.

Obtenemos la ecuación de la elongación utilizando seno, con lo que la fase inicial será 0

$$x(t) = A \cdot \sin(\omega t + \phi_0) \Rightarrow x(t) = 0,1 \cdot \sin(4 \cdot t + \phi_0) [x \text{ en m}, t \text{ en s}]$$

(El que la fase sea 0 se ve cualitativamente, aunque se puede razonar matemáticamente)

$$x(t) = A \cdot \sin(\omega t + \phi_0) \Rightarrow x(t=0) = 0 = 0,1 \cdot \sin(4 \cdot 0 + \phi_0) \Rightarrow 0 = \sin(\phi_0) \Rightarrow \phi_0 = 0 \text{ ó } \pi \text{ rad}$$

Como en  $t=0$  la velocidad es positiva y utilizando seno para la posición

$$v(t) = A \omega \sin(\omega t + \phi_0) \Rightarrow v(t=0) = 0,1 \cdot 4 \cdot \sin(4 \cdot 0 + \phi_0) \Rightarrow \text{tomamos } \phi_0 = 0 \text{ rad para } v(t=0) > 0$$

Igualemos la elongación a 0,08 m y calculamos el tiempo:

$$0,08 = 0,1 \cdot \sin(4t) \Rightarrow 4t = \arcsen(0,08/0,1) \approx 0,927 \text{ rad} \Rightarrow t = 0,927/4 = 0,232 \text{ s}$$

#### 5. 2015-Junio-Coincidentes

##### B. Pregunta 2.-

a) Utilizando la ley de Hooke y teniendo en cuenta que la fuerza que lo estira es el peso de la masa asociado a la gravedad

$$|F| = K \Delta x = m g = K \Delta x$$

$$0,5 \cdot 9,81 = k \cdot 0,02 \Rightarrow k = \frac{0,5 \cdot 9,81}{0,02} = 245,25 \text{ N/m}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{245,25}{0,5}} \approx 22,15 \text{ rad/s}$$

b) La masa realiza un movimiento armónico simple, cuya elongación máxima es  $A = 0,03$  m (se dice que se estira hasta una longitud total de 20 cm, y en el equilibrio ya medía 17 cm, 15 de longitud del muelle y 2 que se estira al colocar la masa).

Tomamos como  $t=0$  el instante en el que es liberado, y eje  $x$  positivo hacia abajo, por lo que en  $t=0$  s la elongación será positiva e igual a la amplitud, por lo que utilizamos como función trigonométrica el coseno y así tendremos fase inicial cero.



$$x(t) = A \cdot \cos(\omega t + \phi_0) \Rightarrow x(t) = 0,03 \cdot \cos(22,15 t) [x \text{ en m}, t \text{ en s}]$$

La mínima longitud del muelle en el movimiento estará asociada a la máxima compresión del muelle, que es igual a la amplitud, por lo que será la longitud asociada al equilibrio menos la amplitud. La longitud asociada al equilibrio incluye el estiramiento asociado a colocar la masa, por lo que  $\text{longitud mínima} = l_0 + 0,02 - A = 0,15 + 0,02 - 0,03 = 0,14 \text{ m}$

## 6. 2015-Junio

### A. Pregunta 2.-

a) Utilizando la ley de Hooke y teniendo en cuenta que la fuerza que lo estira es el peso de la masa asociado a la gravedad en ese planeta

$$|F| = K \Delta x \Rightarrow mg = K \Delta x$$

$$0,050 \cdot g = 350 \cdot (0,0525 - 0,05) \Rightarrow g = \frac{350 \cdot 0,0025}{0,050} = 17,5 \text{ m/s}^2$$

b) El muelle describirá un movimiento armónico simple, cuya amplitud serán  $0,5 \text{ cm}$  ( $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ ). Tomamos como  $t=0$  el instante en el que es liberado, y eje  $x$  positivo hacia abajo, por lo que en  $t=0$  la elongación será positiva e igual a la amplitud, por lo que utilizamos como función trigonométrica el coseno y así tendremos fase inicial cero.

$$\text{La frecuencia angular de oscilación será } k = m \cdot \omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{350}{0,050}} = 83,7 \text{ rad/s}$$

$$\text{La ecuación que describe el movimiento será } x = 5 \cdot 10^{-3} \cdot \cos(83,7 t) [x \text{ en m}, t \text{ en s}]$$

## 7. 2015-Modelo

### A. Pregunta 2.-

$$k = m \cdot \omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 3,16 \text{ rad/s}$$

a)

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{3,16} \approx 2 \text{ s}$$

Si el muelle está sin deformar, está en la posición de equilibrio, y en esa posición la velocidad es máxima y de módulo igual a  $A \cdot \omega$ , luego utilizando unidades de Sistema Internacional

$$v_{\text{máx}} = A \cdot \omega \Rightarrow 0,158 = A \cdot 3,16 \Rightarrow A = \frac{0,158}{3,16} \approx 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

No se pide la expresión de la elongación en función del tiempo, pero si se pidiese, dado que en  $t=0$  la elongación es 0, podríamos tomar como función seno (la elección es arbitraria), con lo que el desfase sería  $0$  ó  $\pi$  rad. Tomamos desfase  $\pi$  rad ya que la función seno es creciente para fase  $0$ , pero se dice que el muelle se comprime inicialmente, luego la elongación está disminuyendo en  $t=0$ .

$$x = 5 \cdot 10^{-2} \cdot \sin(3,16 t + \pi) [x \text{ en m}, t \text{ en s}]$$

b) Según la ley de Hooke  $F = -kx$ , la fuerza será máxima en módulo cuando la elongación sea igual a la amplitud, luego  $|F_{\text{máx}}| = k \cdot A = 2 \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 0,1 \text{ N}$

La energía potencial máxima está asociada a la posición donde el muelle tiene la máxima compresión o alargamiento

$$E_{p\text{máx}} = \frac{1}{2} k \cdot A^2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot (5 \cdot 10^{-2})^2 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

## 8. 2014-Septiembre

### B. Pregunta 2.-

a) En la figura podemos ver que la elongación varía entre  $+8 \text{ m}$  y  $-8 \text{ m}$ , luego la amplitud es  $A=8 \text{ m}$ . El movimiento oscilatorio se repite cada  $60 \text{ s}$  (podemos ver un máximo en  $10 \text{ s}$  y en  $70 \text{ s}$ , y un mínimo en  $40 \text{ s}$  y en  $100 \text{ s}$ ). El periodo es  $T = 60 \text{ s}$

b) Para la expresión general de la elongación

$x(t) = A \cdot \cos(\omega t + \phi_0)$  necesitamos conocer el valor de la fase inicial, ya que si conocemos

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{30} \text{ rad/s} \text{ y podemos llegar a la expresión}$$

$$x(t) = 8 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{30}t + \varphi_0\right) [x \text{ en m}, t \text{ en s}]$$

Vemos que  $x(t=0 \text{ s}) = 4 \text{ m}$ , luego sustituyendo

$$4 = 8 \cdot \cos(\varphi_0) \Rightarrow \varphi_0 = \arccos(1/2) = \frac{\pi}{3} \text{ rad } \text{ ó } -\frac{\pi}{3} \text{ rad}$$

Para elegir entre los dos valores, comprobamos la velocidad

$$v(t) = \frac{-\pi}{30} 8 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{30}t + \varphi_0\right) [v \text{ en m/s}, t \text{ en s}]$$

Vemos que  $v(t=0 \text{ s})$  es positiva (la pendiente de la gráfica), y sustituyendo

$$v(t=0 \text{ s}) = \frac{-\pi}{30} 8 \sin(\varphi_0) \Rightarrow \varphi_0 = \frac{-\pi}{3} \text{ rad}, \text{ para que } v(t=0 \text{ s}) > 0$$

La expresión final

$$x(t) = 8 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{30}t - \frac{\pi}{3}\right) [x \text{ en m}, t \text{ en s}]$$

## 9. 2014-Junio-Coincidentes

### B. Pregunta 2.-

a) La energía mecánica se conserva en un oscilador ideal, y coincide con la energía cinética máxima, que es precisamente la energía que tiene en la posición de equilibrio en la que  $x=0$  y la

velocidad es máxima  $E_m = E_{cmáx} = \frac{1}{2} m v_{máx}^2 = 0,5 \cdot 0,100 \cdot 4^2 = 0,8 \text{ J}$

como se nos proporciona otra velocidad asociada a una posición, utilizamos la expresión de la velocidad en función de la elongación  $v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$

Como queremos averiguar A, la relacionamos con  $\omega$ : la velocidad máxima es  $\omega A$ , luego podemos plantear que  $4 = \omega A \rightarrow \omega = 4/A$

Si  $x = +0,40 \text{ m}$ ,  $v = 2 \text{ m/s}$ :

$$2 = \frac{\pm 4}{A} \sqrt{A^2 - 0,4^2} \Rightarrow \frac{1}{2^2} = \frac{A^2 - 0,4^2}{A^2} = 1 - \frac{0,4^2}{A^2} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{A^2}{0,4^2} \Rightarrow A = 0,4 \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \approx 0,462 \text{ m}$$

b)  $a = -\omega^2 \cdot x = -(4/0,462)^2 \cdot 0,4 = -29,98 \text{ m/s}^2$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{4/A} = \frac{\pi \cdot 0,462}{2} \approx 0,726 \text{ s}$$

## 10. 2014-Junio

### A. Pregunta 2.-

a) La energía mecánica máxima en un muelle ideal oscilando es igual a la energía cinética máxima, por lo que podemos plantear

$$E_m = E_{cmáx} = \frac{1}{2} m v_{máx}^2 \Rightarrow 0,3 = \frac{1}{2} 0,3 \cdot v_{máx}^2 \Rightarrow v_{máx} = \sqrt{2} \text{ m/s} \approx 1,41 \text{ m/s}$$

La velocidad máxima se alcanza en los puntos en los que la energía potencial es mínima, que es en la posición de equilibrio; se puede ver con la expresión  $v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$ . Como se pide posición medida respecto al extremo fijo del muelle, y el muelle en equilibrio tiene 25 cm, se alcanza cuando la masa está a 25 cm del extremo del muelle.

b) La máxima aceleración ocurrirá en los extremos de la oscilación, es decir cuando la elongación sea igual a la amplitud, ya que en un movimiento oscilatorio se cumple  $a = -\omega^2 x$ .

En el enunciado  $K = 0,2 \frac{\text{N}}{\text{cm}} \cdot \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 20 \text{ N/m}$  y  $m = 0,3 \text{ kg}$ , con los que podemos calcular

directamente la frecuencia angular  $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}} = \sqrt{\frac{20}{0,3}} \approx 8,16 \text{ rad/s}$ , pero necesitamos calcular la  $x$  máxima.

La podemos calcular a partir de la energía

$$E_m = E_{pmáx} = \frac{1}{2} K x_{máx}^2 \Rightarrow 0,3 = \frac{1}{2} 0,2 \cdot 100 \cdot x_{máx}^2 \Rightarrow x_{máx} = \sqrt{\frac{0,3}{10}} \text{ m} \approx 0,17 \text{ m}$$

O bien con la velocidad máxima obtenida en el apartado anterior sabiendo que

$$v_{\text{máx}} = \omega x_{\text{máx}} \Rightarrow x_{\text{máx}} = \frac{v_{\text{máx}}}{\omega} \approx \frac{1,41}{8,16} \approx 0,17 \text{ m}$$

Operando

$$|a_{\text{máx}}| = \omega^2 x_{\text{máx}} = \frac{K}{m} x_{\text{máx}} \approx \frac{20}{0,3} \cdot 0,17 = 11,3 \text{ m/s}^2$$

## 11. 2013-Septiembre

### B. Pregunta 2.-

a) Si el periodo de oscilación es de 2,5 s, tenemos que la frecuencia angular será  $\omega = 2\pi/T = 2\pi/2,5 = 0,8\pi \text{ rad/s}$ .

La velocidad máxima en módulo es  $v_{\text{máx}} = A\omega$ , luego la amplitud del movimiento será

$$A = v_{\text{máx}}/\omega = 40/0,8\pi = 15,9 \text{ cm}$$

b) Como tenemos que relacionar velocidad y posición, utilizamos la expresión  $v = \pm \omega \sqrt{(A^2 - x^2)}$

Sustituyendo el valor 10 cm/s en la expresión tenemos  $100/(0,8\pi)^2 = 15,9^2 - x^2$ ;  $x = 15,39 \text{ cm}$ . La velocidad tendría ese módulo a esa distancia del punto de equilibrio, tanto con x positiva como negativa, a ambos lados del punto de equilibrio a lo largo de su movimiento oscilatorio.

## 12. 2013-Junio

### B. Pregunta 2.-

a) Utilizando la ley de Hooke  $F = Kx$ , siendo la fuerza el peso  $P = mg = 0,05 \cdot 9,8 = 0,49 \text{ N}$  y la elongación  $0,45 - 0,4 = 0,05 \text{ m}$ . Despejamos  $K = 0,49/0,05 = 9,8 \text{ N/m}$

Describirá un movimiento armónico simple, con amplitud 0,1 m, y frecuencia angular

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}} = \sqrt{\frac{9,8}{0,05}} = 14 \text{ rad/s} \quad (\text{la expresión la podemos obtener igualando } F = -kx = ma \text{ y } a = -\omega^2 x)$$

Para describir el movimiento tomamos  $x=0$  en la posición de equilibrio, y tomamos  $x=0,06 \text{ m}$  en el instante inicial (valor positivo, el eje x está dirigido hacia abajo), con lo que la expresión general

$$x(t) = A \cdot \cos(\omega t + \phi_0) \quad \text{en este caso es } x(t) = 0,06 \cdot \cos(14t) [x \text{ en m, } t \text{ en s}]$$

(Si se toma eje x dirigido hacia arriba,  $x = -0,06 \text{ m}$  en instante inicial, y tendríamos fase inicial.

También tendríamos fase inicial si hubiéramos elegido seno en lugar de coseno)

b) Cuando pasa por el punto de equilibrio ascendiendo la velocidad es máxima y según el eje x elegido la velocidad será negativa,  $v = -A\omega = -0,06 \cdot 14 = -0,84 \text{ m/s}$

En el punto de equilibrio la aceleración es nula, ya que al ser un movimiento armónico  $a = -\omega^2 x$  y en el equilibrio  $x=0$ .



### 13. 2013-Modelo

#### A. Pregunta 2.-

a)  $F = -Kx = ma$ ;  $a = -\omega^2 x$ ;  $K = \omega^2 m \Rightarrow m = \frac{K}{\omega^2} = \frac{2 \cdot 10^4}{(2 \cdot \pi \cdot 50)^2} = 0,203 \text{ kg}$

$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{K}{m}}$  El periodo no depende de lo grande que sea la elongación inicial, pero no se pregunta por elongación sino por la energía inicial con la que se estire el muelle. La energía inicial con la que se estira es energía potencial elástica  $E_p = \frac{1}{2} K A^2$ , por lo que se podría

plantear  $T = 2\pi \sqrt{\frac{2 E_p}{m A^2}}$ . A medida que varía  $E_p$ , aumenta en la misma proporción  $A^2$ , por lo que realmente no hay dependencia.

b) La fuerza elástica es  $F = -Kx$ , luego será máxima para  $x = A = 0,05 \text{ m}$ .  $|F| = 2 \cdot 10^4 \cdot 0,05 = 1000 \text{ N}$

### 14. 2012-Septiembre

#### A. Pregunta 1.-

a) El periodo está relacionado con la frecuencia y con la constante elástica, ya que  $\omega = 2\pi/T$ , y  $\omega^2 = K/m$ , luego sustituyendo

$$K = \omega^2 m = (2\pi/T)^2 \cdot m = (2\pi/0,25)^2 \cdot 0,1 = 63,1 \text{ N/m}$$

Para escribir la función matemática  $x(t) = A \cdot \cos(\omega t + \phi_0)$  calculamos

Frecuencia angular  $\omega = 2\pi/T = 2\pi/0,25 = 8\pi \text{ rad/s}$

Amplitud A: como la energía potencial elástica inicial es el valor máximo, podemos plantear

$$E_{p\text{máx}} = \frac{1}{2} K A^2 \Rightarrow A = \sqrt{2 \frac{E_{p\text{máx}}}{K}} = \sqrt{2 \cdot \frac{2}{63,1}} = 0,25 \text{ m}$$

Respecto a la fase inicial, si tomamos  $t=0$  en el momento que comienza a oscilar, será nula ya que hemos elegido como función trigonométrica el coseno.

La función es  $x(t) = 0,25 \cdot \cos(8\pi t)$  ( $x$  en m,  $t$  en s)

b) Si derivamos  $v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = -2\pi \sin(8\pi t)$  ( $v$  en m/s,  $t$  en s)

$$E_c(t) = \frac{1}{2} m v(t)^2 \Rightarrow E_c(t=0,1 \text{ s}) = \frac{1}{2} 0,1 (-2\pi \sin(8\pi 0,1))^2 = 0,68 \text{ J}$$

### 15. 2012-Modelo

#### A. Pregunta 2.-

$$T = \frac{9}{30} = \frac{3}{10} = 0,3 \text{ s} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,3} = \frac{20\pi}{3} \text{ rad/s}$$

$$x(t) = A \cdot \cos(\omega t + \phi_0) = 0,2 \cos\left(\frac{20\pi}{3} t + \phi_0\right) [x \text{ en m}, t \text{ en s}]$$

Como queremos que en  $t=0$ ,  $x=0,1 \text{ m}$

$$0,1 = 0,2 \cos(\phi_0); \phi_0 = \arccos\left(\frac{0,1}{0,2}\right) = \frac{\pi}{3} \text{ ó } -\frac{\pi}{3}$$

a)

$$v(t) = -A \omega \cdot \sin(\omega t + \phi_0) = \frac{-0,2 \cdot 20\pi}{3} \cdot \sin\left(\frac{20\pi}{3} t + \phi_0\right) [v \text{ en m/s}, t \text{ en s}]$$

Como para  $t=0$ , la velocidad es positiva

$$v(t=1,2 \text{ s}) = -4 \frac{\pi}{3} \cdot \sin\left(\frac{20\pi}{3} 1,2 + \phi_0\right) = -4 \frac{\pi}{3} \cdot \sin(8\pi + \phi_0) = -4 \frac{\pi}{3} \cdot \sin(\phi_0) \Rightarrow \phi_0 = -\frac{\pi}{3}$$

$$v(t=1,2 \text{ s}) = -4 \frac{\pi}{3} \cdot \sin\left(-\frac{\pi}{3}\right) = 3,63 \text{ m/s}$$

$$b) E_{c_{\max}} = \frac{1}{2} m v_{\max}^2 = \frac{1}{2} m (A \omega)^2 = 0,5 \cdot 2 \cdot \left(0,2 \cdot 20 \frac{\pi}{3}\right)^2 = 17,55 J$$

## 16. 2011-Septiembre **B. Cuestión 1.-**

a) En un oscilador armónico la energía mecánica es  $E_m = E_{c_{\max}} = E_{p_{\max}} = \frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$

Para duplicar la energía mecánica asumimos que no se ha variado la m: se ha modificado frecuencia y/o amplitud.

Manteniendo constante la frecuencia, habrá aumentado la amplitud en un factor  $\sqrt{2}$ :

cualitativamente se puede ver que la masa tiene más energía potencial elástica máxima.

Manteniendo constante la amplitud, habrá aumentado la frecuencia en un factor  $\sqrt{2}$ , y habrá disminuido el periodo: cualitativamente se puede ver que la masa tiene más energía cinética máxima, ya que debe recorrer la misma distancia en menos tiempo.

Si varían tanto amplitud como frecuencia, debe cumplirse que su producto aumente en un factor  $\sqrt{2}$ ; podría incluso disminuir una de ellas si la otra aumentase lo suficiente.

b) Como el módulo de la velocidad máxima es  $A\omega$ , aumentará en un factor  $\sqrt{2}$

El periodo de oscilación es la inversa de la frecuencia de oscilación: su variación es la inversa de la comentada en el apartado a.

## 17. 2011-Junio

### **A. Problema 1.-**

a)  $F_{\max} = m \cdot a_{\max}$ ;  $a_{\max} = 6/1 = 6 \text{ m/s}^2$

$$a_{\max} = \omega^2 \cdot x_{\max}; \omega = \sqrt{\frac{a_{\max}}{x_{\max}}} = \sqrt{\frac{6}{0,03}} = \sqrt{200} = 14,14 \text{ rad/s}$$

$$\omega = 2 \frac{\pi}{T}; T = 2 \frac{\pi}{\omega} = 0,44 \text{ s}$$

b)  $W = -\Delta E_p = -(E_{p_{\text{Final}}} - E_{p_{\text{inicial}}}) = -(0 - (\frac{1}{2} K x_{\max}^2))$

Calculamos la constante elástica del muelle:  $F_{\max} = K \cdot x_{\max}$ ;  $K = 6/0,03 = 200 \text{ N/m}$

$$W = 0,5 \cdot 200 \cdot (0,03)^2 = 0,09 \text{ J}$$

Positivo porque es realizado por el muelle

c)  $|v| = \omega \sqrt{(A^2 - x^2)} = 0,44 \cdot \sqrt{(0,03^2 - 0,01^2)} = 0,0124 \text{ m/s}$

d) Utilizamos el mismo muelle, con la K conocida. La frecuencia de oscilación sería la misma que en caso a: aumentaría la fuerza inicial, pero en la misma proporción la amplitud. Podríamos plantear

directamente  $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$  que daría el mismo resultado. Haciendo el desarrollo:

$$F_{\max} = K \cdot x = 200 \cdot 0,05 = 10 \text{ N}$$

$$a_{\max} = 10/1 = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\omega = \sqrt{\frac{a_{\max}}{x_{\max}}} = \sqrt{\frac{10}{0,05}} = \sqrt{200} = 14,14 \text{ rad/s}; f = \frac{\omega}{2\pi} = 2,25 \text{ Hz}$$

## 18. 2011-Modelo

### **A. Cuestión 1.-**

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 5 = 10\pi \text{ rad/s}$$

a)  $\omega^2 = \frac{K}{m} \Rightarrow K = m \omega^2 = 0,25 \cdot (10\pi)^2 = 25\pi^2 = 246,74 \text{ N/m}$

b)  $E = \frac{1}{2} K A^2 \Rightarrow A = \sqrt{2 \frac{E}{K}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10}{246,74}} = 0,285 \text{ m}$

## 2010-Septiembre-Fase General

### **A. Cuestión 1.-**

Solución 100% idéntica a 2009-Septiembre-Cuestión 2 y 2008-Septiembre-Cuestión 2.

## 19. 2010-Septiembre-Fase Específica

### A. Problema 2.-

a) Planteamos dos maneras de resolverlo, que son realmente idénticas, la segunda algo más simple. En la primera no se introduce explícitamente  $K$ , que no se menciona en enunciado

$$F_{\text{máx}} = m \cdot a_{\text{máx}}; \quad a_{\text{máx}} = A \omega^2; \quad E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$$
$$A^2 = \frac{2E}{m \omega^2} = \frac{2E}{\frac{F_{\text{máx}}}{a_{\text{máx}}} \cdot \omega^2} = \frac{2E A \omega^2}{F_{\text{máx}} \omega^2} = \frac{2E A}{F_{\text{máx}}} \Rightarrow A = \frac{2E}{F_{\text{máx}}} = \frac{2 \cdot 0,02}{0,05} = 0,8 \text{ m}$$

En la segunda introducimos  $K$ , ya que todo MAS hay una constante recuperadora

$$|F| = Kx \Rightarrow F_{\text{máx}} = KA; \quad E = \frac{1}{2} K A^2$$

Despejamos  $K$  en una expresión y sustituimos en la segunda, despejando  $A$

$$A^2 = \frac{2E}{K} = \frac{2E A}{F_{\text{máx}}} \Rightarrow A = \frac{2E}{F_{\text{máx}}} = \frac{2 \cdot 0,02}{0,05} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{b) } m = \frac{F_{\text{máx}}}{a_{\text{máx}}} = \frac{F_{\text{máx}}}{A \omega^2} = \frac{F_{\text{máx}}}{A \left(2 \frac{\pi}{T}\right)^2} = \frac{0,05}{0,8 \cdot \left(2 \frac{\pi}{2}\right)^2} = 0,0063 \text{ kg} = 6,3 \text{ g}$$

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0) = 0,8 \cos(\pi t + \phi_0)$$

$$\text{c) } x(t=0) = +A = A \cos(\phi_0) \Rightarrow \phi_0 = 0$$

$$x(t) = 0,8 \cos(\pi t) [x \text{ en m, } t \text{ en s}]$$

$$\text{d) } |v(x)| = \omega \sqrt{A^2 - x^2} = \pi \sqrt{0,8^2 - 0,2^2} = 2,43 \text{ m/s}$$

## 20. 2010-Junio-Coincidentes

### A. Cuestión 1.-

a)  $k = m\omega$

En la gráfica podemos ver que  $T = 0,4 \text{ s}$ , luego  $f = 1/T = 1/0,4 \text{ Hz}$ , y  $\omega = 2\pi f = 2\pi/0,4 = 5\pi \text{ rad/s}$

$$k = 0,5 \cdot (5\pi)^2 = 123,37 \text{ N/m}$$

b) En la gráfica podemos ver que  $A = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$

Obtenemos la expresión de la elongación en función del tiempo

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi) = 0,05 \cos(5\pi t); \quad \phi = 0 \text{ ya que para } t=0, x=+A$$

A partir de ella obtenemos  $E_p$ ,  $E_c$ , y luego validamos que su suma es al  $E_m$  máxima

$$E_p = \frac{1}{2} k x^2 = \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t + \phi) = 0,5 \cdot 123,37 \cdot 0,05^2 \cos^2(5\pi \cdot 0,25) = 0,153 \text{ J}$$

$$E_c = \frac{1}{2} k (A^2 - x^2) = \frac{1}{2} k A^2 \sin^2(\omega t + \phi); \quad E_c(t=0,25 \text{ s}) = 0,5 \cdot 123,37 \cdot 0,05^2 \sin^2(5\pi \cdot 0,25) = 0,0007 \text{ J}$$

$$E_m = E_c + E_p = E_{c\text{máx}} = E_{p\text{máx}} = \frac{1}{2} k A^2; \quad 0,5 \cdot 123,37 \cdot 0,05^2 = 0,0154 \text{ J} = 0,0153 \text{ J} + 0,0007 \text{ J}$$

## 21. 2010-Junio-Fase General

### A. Problema 1.-

$$T = \frac{60}{10} = 6 \text{ s}; \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2 \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{3} \text{ rad/s}$$

a)

$$K = m \omega^2 = 0,75 \cdot \left(\frac{\pi}{3}\right)^2 = 0,82 \text{ N/m}$$

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0) = 0,2 \cos\left(\frac{\pi}{3} t + \phi_0\right)$$

b) Tomamos  $x$  positivas en la dirección en la que se separa el bloque inicialmente

$$x(t=0) = +A = A \cos(\phi_0) \Rightarrow \phi_0 = 0$$

$$x(t) = 0,2 \cos\left(\frac{\pi}{3} t\right) [x \text{ en m, } t \text{ en s}]$$



$$x(t=30\text{ s})=0,2\cos\left(\frac{\pi}{3}30\right)=0,2\cos(10\pi)=0,2\text{ m}$$

$$c) \quad v(t)=-A\omega\sin(\omega t+\phi_0)=-0,2\frac{\pi}{3}\sin\left(\frac{\pi}{3}t\right)[v\text{ en m/s}, t\text{ en s}]$$

$$v(t=30\text{ s})=-0,2\frac{\pi}{3}\sin\left(\frac{\pi}{3}30\right)=-0,2\frac{\pi}{3}\sin(10\pi)=0\text{ m/s}$$

$$d) \quad E_{p\text{máx}}=E_{c\text{máx}}=\frac{1}{2}KA^2=0,5\cdot 0,82\cdot 0,2^2=0,0164\text{ J}$$

## 22. 2010-Junio-Fase Específica

### B. Cuestión 1.-

$$a) \quad f_2=\frac{f_1}{2}\Rightarrow\frac{1}{T_2}=\frac{1}{2T_1}\Rightarrow T_2=2T_1$$

Como  $f=1/T$ , si la frecuencia se reduce a la mitad, el periodo se duplica

$$b) \quad v_{2\text{máx}}=A\omega_{2\text{máx}}=A\frac{1}{2}\omega_{1\text{máx}}=\frac{1}{2}v_{1\text{máx}} \quad \text{Se reduce a la mitad}$$

$$c) \quad a_{2\text{máx}}=A\omega_{2\text{máx}}^2=A\frac{1}{2^2}\omega_{1\text{máx}}^2=\frac{1}{4}a_{1\text{máx}} \quad \text{Se reduce a la cuarta parte}$$

$$d) \quad E_{2\text{máx}}=\frac{1}{2}mA^2\omega_{2\text{máx}}^2=\frac{1}{2}mA^2\frac{1}{2^2}\omega_{1\text{máx}}^2=\frac{1}{4}E_{1\text{máx}} \quad \text{Se reduce a la cuarta parte}$$

## 23. 2010-Modelo

### A. Cuestión 1.-

$$a) \quad K=m\omega^2=m\left(2\frac{\pi}{T}\right)^2=0,2\cdot\left(2\frac{\pi}{0,25}\right)^2=12,8\pi^2=126,33\text{ N/m}$$

$$b) \quad E=\frac{1}{2}KA^2\Rightarrow A=\sqrt{\frac{2E}{K}}=\sqrt{\frac{2\cdot 8}{126,33}}=0,36\text{ m}$$

## 24. 2009-Septiembre

### Cuestión 2.-

Solución 100% idéntica a 2009-Septiembre-Cuestión 2 y 2008-Septiembre-Cuestión 2.

## 25. 2009-Junio

### A. Problema 1.-

$A=0,1\text{ m}$  ya que tiene velocidad 0 en los puntos de elongación máxima

$$a) \quad K=m\omega^2=m\left(2\frac{\pi}{T}\right)^2=0,1\cdot\left(2\frac{\pi}{1,5}\right)^2=1,75\text{ N/m}$$

$F=-Kx$ , y en  $t=0$   $x$  es máxima y la fuerza también luego  
 $F=-KA=-1,75\cdot 0,1=-0,175\text{ N}$  (dirigida hacia  $x$  negativas ya que es recuperadora)

$$b) \quad E_m=\frac{1}{2}KA^2=0,5\cdot 1,75\cdot (0,1)^2=8,75\cdot 10^{-3}\text{ J}$$

$$c) \quad |v_{\text{máx}}|=A\omega=0,1\cdot 2\frac{\pi}{1,5}=0,42\text{ m/s}$$

$$x(t)=A\cos(\omega t+\phi_0)=0,1\cos\left(2\frac{\pi}{1,5}t+\phi_0\right)$$

$$d) \quad x(t=0)=A\Rightarrow\phi_0$$

$$x(t)=0,1\cos\left(\frac{4}{3}\pi t\right)[x\text{ en m}, t\text{ en s}]$$

## 26. 2009-Modelo

### Problema 1.-

a) Según la figura,  $E_{p\text{máx}}=0,1\text{ J}$  y  $A=0,05\text{ m}$

$$E_{p\text{máx}}=\frac{1}{2}KA^2\Rightarrow K=\frac{2E_{p\text{máx}}}{A^2}=\frac{2\cdot 0,1}{0,05^2}=80\text{ N/m}$$

$$b) |a_{\max}| = A \omega^2 = A \frac{K}{m} = \frac{0,05 \cdot 80}{0,2} = 20 \text{ m/s}^2$$

c) Podemos utilizar la expresión de  $v$  en función de  $x$ , o utilizar la conservación de energía para restar a la energía total la potencia y obtener la cinética, llegando en ambos casos a

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 (A^2 - x^2) = \frac{1}{2} K (A^2 - x^2) = 0,5 \cdot 80 \cdot (0,05^2 - 0,023^2) = 0,079 \text{ J}$$

$$v(x) = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$$

$$d) v = \frac{1}{4} v_{\max} = \frac{1}{4} A \omega \Rightarrow \frac{1}{4} A \omega = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2} \Rightarrow \frac{A^2}{4^2} = A^2 - x^2; x^2 = A^2 \left(1 - \frac{1}{16}\right)$$

$$x = \pm A \sqrt{\frac{15}{16}} = \pm 0,05 \sqrt{\frac{15}{16}} = \pm 0,048 = \pm 4,8 \text{ cm}$$

## 27. 2008-Septiembre Cuestión 2.-

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

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0) = 0,1 \cos(\pi t + \phi_0) [x \text{ en m}, t \text{ en s}]$$

$$v(t) = -A \omega \sin(\omega t + \phi_0) = -0,1 \pi \sin(\pi t + \phi_0) [v \text{ en m/s}, t \text{ en s}]$$

a)

Como queremos que en  $t=0$ ,  $v=0$ , entonces  $\phi_0 = 0$  ó  $\pi \text{ rad}$

Para que la elongación sea positiva en  $t=0$ , tomamos  $\phi_0 = 0$

La expresión matemática que representa la elongación en función del tiempo queda

$$x(t) = 0,1 \cos(\pi t) [x \text{ en m}, t \text{ en s}]$$

$$v(t) = -A \omega \sin(\omega t + \phi_0) = -0,1 \pi \sin(\pi t) [v \text{ en m/s}, t \text{ en s}]$$

$$v(t=0,25 \text{ s}) = -0,1 \pi \sin(\pi \cdot 0,25) = -0,22 \text{ m/s}$$

b)

$$a(t) = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi_0) = -\pi^2 \cdot 0,1 \cos(\pi t) [a \text{ en m/s}^2, t \text{ en s}]$$

$$a(t=0,25 \text{ s}) = -\pi^2 \cdot 0,1 \cos(0,25 \pi) = -0,7 \text{ m/s}^2$$

## 28. 2008-Junio Cuestión 1.-

$$a) \frac{v_{\max_1}}{v_{\max_2}} = \frac{A_1 \omega_1}{A_2 \omega_2} = \frac{X \sqrt{\frac{k}{m}}}{2X \sqrt{\frac{k}{m}}} = \frac{1}{2} \quad (\omega \text{ sólo depende de } k \text{ y } m, \text{ no depende de la amplitud})$$

$$b) \frac{E_{m_1}}{E_{m_2}} = \frac{\frac{1}{2} k A_1^2}{\frac{1}{2} k A_2^2} = \frac{X^2}{(2X)^2} = \frac{1}{4}$$

## 29. 2007-Junio Cuestión 2.-

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{3,3} = 0,3 \text{ s}$$

a)

$$K = m \omega^2 = m (2\pi f)^2 = 2,5 (2 \cdot \pi \cdot 3,3)^2 = 1075 \text{ N/m}$$

$$v_{\max} = A \omega = A 2\pi f = 0,05 \cdot 2\pi \cdot 3,3 = 1,04 \text{ m/s}$$

b)

$$a_{\max} = A \omega^2 = A (2\pi f)^2 = 0,05 \cdot (2\pi \cdot 3,3)^2 = 21,5 \text{ m/s}^2$$

## 30. 2006-Septiembre Cuestión 2.-

a) Si la distancia que recorre en cada ciclo son 16 cm, la amplitud es la cuarta parte, 4 cm.

$$a_{\text{máx}} = A \omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{a_{\text{máx}}}{A}} = \sqrt{\frac{48}{0,04}} = 34,64 \text{ rad/s}$$

$$\omega = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{34,64}{2\pi} = 5,51 \text{ Hz}; T = \frac{1}{f} = \frac{1}{5,51} = 0,18 \text{ s}$$

b)  $v_{\text{máx}} = A \omega = 0,04 \cdot 34,64 = 1,39 \text{ m/s}$

### 2006-Junio

#### 31. B. Problema 2.-

a)  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{65}{0,15}} = 20,81 \text{ rad/s}$

$$v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2} = \pm 20,81 \sqrt{0,0025 - x^2} [v \text{ en m/s}, x \text{ en m}]$$

b) Cuando la velocidad de oscilación es nula, la elongación es máxima

$$E_p(x=A) = \frac{1}{2} k A^2 = 0,5 \cdot 65 \cdot 0,05^2 = 0,081 \text{ J}$$

c) Cuando la velocidad de oscilación es máxima, la elongación es nula. Podemos calcular la energía cinética, pero como en un oscilador la energía se conserva, el resultado será el mismo que en el apartado b, ya que antes toda la energía era potencial, y ahora toda la energía es cinética.

$$E_c(x=0) = \frac{1}{2} m v_{\text{máx}}^2 = 0,5 \cdot 0,15 \cdot (0,05 \cdot 20,81)^2 = 0,081 \text{ J}$$

d) Como la energía mecánica se conserva y conocemos la energía mecánica total de apartados a y b, nos basta con calcular la  $E_p$  asociada a esa aceleración y luego podemos calcular la  $E_c$  restando.

$$a = -\omega^2 x \Rightarrow x = \frac{-a}{\omega^2}$$

$$E_p = \frac{1}{2} k x^2 = 0,5 \cdot 65 \cdot \left( \frac{-13}{(20,81)^2} \right)^2 = 0,029 \text{ J}$$

$$E_c = E_{\text{total}} - E_p = 0,081 - 0,029 = 0,052 \text{ J}$$

### 32. 2006-Modelo

#### B. Problema 1.-

a)  $|F| = k x \Rightarrow k = \frac{F}{x} = \frac{0,75}{0,025} = 30 \text{ N/m}$

$$A = 0,3 \text{ m}; \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{30}{1,5}} = 4,47 \text{ rad/s}$$

b)  $x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0) = 0,3 \cos(4,47t + \phi_0)$

$$x(t=0 \text{ s}) = A = 0,3 \cos(\phi_0) \Rightarrow \phi_0 = 0$$

$$x(t) = 0,3 \cos(4,47t) [x \text{ en m}, t \text{ en s}]$$

$$v_{\text{máx}} = A \omega = 0,3 \cdot 4,47 = 1,34 \text{ m/s}$$

c)  $a_{\text{máx}} = A \omega^2 = 0,3 \cdot (4,47)^2 = 5,99 \text{ m/s}^2$

$$E_p = \frac{1}{2} k x^2 = 0,5 \cdot 30 \cdot 0,15^2 = 0,34 \text{ J}$$

d)

$$E_c = E_{\text{total}} - E_p = \frac{1}{2} k A^2 - \frac{1}{2} k x^2 = 0,5 \cdot 30 \cdot 0,3^2 - 0,34 = 1,01 \text{ J}$$

### 33. 2005-Septiembre

#### Cuestión 1.-

a) Como  $F = -k x$ , representando  $F$  frente a  $x$  tendremos unas líneas rectas en las que a mayor valor absoluto de  $k$  tendrán mayor pendiente, por lo que viendo la gráfica deducimos que  $k_1 > k_2$ . Por lo tanto es el muelle 2 el que tiene mayor constante elástica.



$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{2\pi}{\omega_1} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{\sqrt{\frac{k_2}{m_2}}}{\sqrt{\frac{k_1}{m_1}}} = \sqrt{\frac{k_2 m_1}{k_1 m_2}} = \sqrt{\frac{k_2}{k_1}} \sqrt{\frac{m_1}{m_2}}$$

b) Como  $k_1 > k_2 \Rightarrow \sqrt{\frac{k_2}{k_1}} < 1$

Como  $m_1 < m_2 \Rightarrow \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} < 1$

Por lo tanto  $\frac{T_1}{T_2} < 1$  y  $T_2 > T_1$

### 34. 2005-Modelo

#### A. Problema 1.-

$$a = -\omega^2 x \Rightarrow \omega^2 = 9\pi^2; \omega = 3\pi \text{ rad/s}$$

a)  $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{3\pi} = \frac{2}{3} = 0,67 \text{ s}$

$$K = m\omega^2 = 0,1 \cdot (3\pi)^2 = 0,9\pi^2 = 8,88 \text{ N/m}$$

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0) = 3 \cos(3\pi t + \phi_0)$$

Podríamos razonar que para  $t=0$ ,  $x=A$  y que así la fuerza recuperadora es máxima con lo que podríamos deducir que  $\phi_0=0$ , pero utilizando enunciado con aceleración

b)  $a(t) = \frac{d^2}{dt^2} x(t) = -A\omega^2 \cos(3\pi t + \phi_0) = -\omega^2 x(t)$

$$\text{Si } x > 0, a(t=0) = -A\omega^2 \Rightarrow \phi_0 = 0$$

$$x(t) = 3 \cos(3\pi t) [x \text{ en m, } t \text{ en s}]$$

c)  $|v| = \omega \sqrt{A^2 - x^2} \Rightarrow v\left(x = \frac{3}{2}\right) = 3\pi \sqrt{3^2 - \left(\frac{3}{2}\right)^2} = 24,5 \text{ m/s}$

c)  $|a| = \omega^2 x = \frac{K}{m} x = \frac{8,88 \cdot 3}{0,1 \cdot 2} = 133 \text{ m/s}^2$

d) El punto donde la velocidad es máxima es el punto de equilibrio ( $x=0$ ), punto en el que la energía potencial será nula y la energía cinética será igual a la energía mecánica máxima

$$E_c(x=0) = E_{m \max} = \frac{1}{2} m v_{\max}^2 = \frac{1}{2} K A^2 = 0,5 \cdot 8,88 \cdot 3^2 = 40 \text{ J}$$

### 35. 2004-Junio

#### Cuestión 1.-

$$\text{Fuerza elástica } |F| = k d$$

$$\text{Fuerza gravitatoria } |F| = mg$$

a) Igualando ambas  $k d = m g \Rightarrow \frac{d}{g} = \frac{m}{k}$ : depende de la masa y la constante elástica del muelle

$$k = m\omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

b)  $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{d}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{0,05}{9,81}} = 0,45 \text{ s}$

### 36. 2004-Modelo

#### B. Problema 1.-

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0) = 0,06 \cos(\omega t + \phi_0)$$

$$x(t=0) = 0,03 = 0,06 \cos(\phi_0) \Rightarrow \phi_0 = \arccos\left(\frac{0,03}{0,06}\right) = \frac{-\pi}{3} \text{ ó } \frac{\pi}{3} \text{ rad}$$

$$x(t=1) = 0,06 = 0,06 \cos\left(\omega \pm \frac{\pi}{3}\right) \Rightarrow \cos\left(\omega \pm \frac{\pi}{3}\right) = 1$$

Tenemos dos opciones, entre las que hay que elegir una:

$$A: \omega = \frac{\pi}{3} \text{ rad/s y } \phi_0 = \frac{-\pi}{3} \text{ rad}$$

$$a) \quad B: \omega = 5 \frac{\pi}{3} \text{ rad/s y } \phi_0 = \frac{\pi}{3} \text{ rad}$$

Utilizamos dato enunciado: en  $t=0$  el sentido de desplazamiento (velocidad) es positivo

$$v(t) = -A \omega \sin(\omega t + \phi_0) = 0,06 \cos(\omega t + \phi_0)$$

$$v(t=0) = -A \omega \sin(\phi_0) \Rightarrow \phi_0 \text{ debe ser negativo para que } v \text{ sea positiva}$$

$$\text{Fase inicial} = \phi_0 = \frac{-\pi}{3} \text{ rad}$$

$$\text{Frecuencia} = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\pi}{2 \cdot 3 \pi} = \frac{1}{6} = 0,17 \text{ Hz}$$

$$b) \quad x(t) = 0,06 \cos\left(\frac{\pi}{3}t - \frac{\pi}{3}\right) [x \text{ en m, } t \text{ en s}]$$

c) Velocidad máxima en punto de equilibrio,  $x=0$ :

$$v_{\text{máx}} = A \omega = \frac{0,06 \cdot \pi}{3} = 0,02 \pi = 0,063 \text{ m/s}$$

Aceleración máxima en puntos de amplitud máxima ( $x=-A$  y  $x=A$ ):

$$a_{\text{máx}} = A \omega^2 = 0,06 \cdot \left(\frac{\pi}{3}\right)^2 = 0,02 \pi = 0,066 \text{ m/s}^2$$

$$F(t) = m a(t) = m (-\omega^2 x(t)) = -m \omega^2 A \cos(\omega t + \phi_0)$$

$$d) \quad F(t=1 \text{ s}) = -0,005 \cdot \left(\frac{\pi}{3}\right)^2 \cdot 0,06 \cos\left(\frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{3}\right) = 3,3 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

$$E_m = \frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 = 0,5 \cdot 0,005 \cdot \left(\frac{\pi}{3}\right)^2 \cdot (0,06)^2 = 9,87 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

### 37. 2003-Junio

#### B. Problema 1.-

$$a) \quad F = -Kx = -35 \cdot 0,01 = -0,35 \text{ N}$$

$$b) \quad a = \frac{F}{m} = \frac{-0,35}{0,05} = -7 \text{ m/s}^2$$

c) Se pide la energía potencial elástica del sistema en esa posición, no la máxima

$$E_p = \frac{1}{2} K x^2 = 0,5 \cdot 35 \cdot (0,01)^2 = 1,75 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

d) La velocidad en esa posición puede ser tanto positiva como negativa

$$v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2} = \pm \sqrt{\frac{K}{m}} \sqrt{A^2 - x^2} = \pm \sqrt{\frac{35}{0,05}} \sqrt{0,04^2 - 0,01^2} = \pm 1,02 \text{ m/s}$$

### 38. 2003-Modelo

#### Cuestión 2.-

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0)$$

$$a) \quad A = 0,5 \text{ m}; \omega = 4 \text{ rad/s}; f = \frac{\omega}{2\pi} = 0,637 \text{ Hz}; \phi_0 = 0,1 \text{ rad}$$

$$x(t=20 \text{ s}) = 0,5 \cos(0,4 \cdot 20 + 0,1) = -0,12 \text{ m}$$

b) Energía cinética máxima en punto de equilibrio,  $x=0$ :

$$E_{c\text{máx}} = \frac{1}{2} m v_{\text{máx}}^2 = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = 0,5 \cdot 0,003 \cdot 0,5^2 \cdot 0,4^2 = 6 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

Energía cinética mínima en en puntos de amplitud máxima ( $x=-A$  y  $x=A$ ), donde es nula.

$$a_{\max} = A \omega^2 = 0,06 \cdot \left(\frac{\pi}{3}\right)^2 = 0,02 \pi = 0,066 \text{ m/s}^2$$

### 39. 2002-Junio

#### B. Problema 1.-

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0)$$

$$\text{a) } A = 0,05 \text{ m}; \omega = \sqrt{\frac{K}{m}} = \sqrt{\frac{10}{2}} = \sqrt{5} = 2,24 \text{ rad/s}$$

$$x(t=0) = -A = A \cos(\phi_0) \Rightarrow \phi_0 = \pi \text{ rad}$$

$$x(t) = 0,05 \cos(\sqrt{5}t + \pi) [x \text{ en m}, t \text{ en s}]$$

$$\text{b) } |v| = \omega \sqrt{A^2 - x^2} \Rightarrow |v(x=0,02)| = \sqrt{5} \sqrt{0,05^2 - 0,02^2} = 0,102 \text{ m/s}$$

$$|a| = \omega^2 x \Rightarrow |a(x=0,02)| = 5 \cdot 0,02 = 0,1 \text{ m/s}^2$$

$$F = -Kx; \text{ tenemos dos extremos}$$

$$\text{c) } x = A \Rightarrow F = -10 \cdot 0,05 = -0,5 \text{ N}$$

$$x = -A \Rightarrow F = -10 \cdot (-0,05) = 0,5 \text{ N}$$

$$\text{d) } E_m = \frac{1}{2} K A^2 = 0,5 \cdot 10 \cdot 0,05^2 = 0,0125 \text{ J}$$

### 40. 2002-Modelo

#### B. Problema 1.-

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0) = A \cos(8t + \phi_0)$$

$$x(t=0) = 0,04 = A \cos(\phi_0)$$

$$v(t) = -A \omega \sin(\omega t + \phi_0) = -A 8 \sin(8t + \phi_0)$$

$$v(t=0) = -0,2 = -A 8 \sin(\phi_0)$$

$$\text{a) } \text{Dividimos ambas expresiones}$$

$$\frac{-0,2}{0,04} = \frac{-A 8 \sin(\phi_0)}{A \cos(\phi_0)} \Rightarrow 0,625 = \tan(\phi_0); \phi_0 = \arctan(0,625) = 0,56 \text{ rad}$$

$$A = \frac{0,04}{\cos(0,56)} = 0,04 \text{ m}$$

$$K = m \omega^2 = 0,2 \cdot 8^2 = 12,8 \text{ N/m}$$

$$\text{b) } E_m = \frac{1}{2} K A^2 = 0,5 \cdot 12,8 \cdot 0,04^2 = 1,02 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

### 41. 2001-Septiembre

#### Cuestión 2.-

$$\text{a) } \omega = 2\pi f = 2\pi \frac{1}{T} = 2\pi \text{ Hz}$$

En  $t=0$  calculamos la  $E_p$  y  $E_c$ , y dejamos  $E_p$  en función de  $m$  ya que  $K=m\omega^2$

$$E_p = \frac{1}{2} K x^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 x^2 = \frac{1}{2} m (2\pi)^2 0,007^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m (0,0439)^2$$

Sabemos que la suma de  $E_p$  y  $E_c$  es constante, es la  $E_{p\max} = E_{c\max}$

$$E_p + E_c = E_{p\max} = \frac{1}{2} K A^2$$

$$\frac{1}{2} m (2\pi)^2 (0,007)^2 + \frac{1}{2} m (0,0439)^2 = \frac{1}{2} m (2\pi)^2 A^2$$

$$(2\pi)^2 (0,007)^2 + (0,0439)^2 = (2\pi)^2 A^2$$

$$A = \sqrt{\frac{(2\pi)^2 (0,007)^2 + (0,0439)^2}{(2\pi)^2}} = 0,00989 \text{ m} = 0,989 \text{ cm}$$



Para calcular la fase inicial utilizamos la función coseno, elección arbitraria

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0) = 0,989 \cos(2\pi t + \phi_0) [x \text{ en cm}, t \text{ en s}]$$

$$x(t=0) = 0,7 = 0,989 \cos(\phi_0) \Rightarrow \phi_0 = \arccos\left(\frac{0,7}{0,989}\right) = 0,784 \text{ rad}$$

b) La aceleración máxima se puede obtener derivando  $x(t)$  respecto al tiempo 2 veces, y comprobar que en valor absoluto es  $a_{\max} = A\omega^2 = 0,989 \cdot (2\pi)^2 = 39,04 \text{ cm/s}^2$

La aceleración es un vector; la dirección de movimiento es la de oscilación (eje  $x$ ) y el sentido viene determinado por la expresión general de un movimiento armónico simple  $a = -\omega^2 x$ , que indica que la aceleración tiene signo opuesto a la posición y está asociada a una fuerza recuperadora.

## 42. 2001-Junio Cuestión 2.-

a) Combinando la ley de Hooke y la segunda ley de Newton,  $F = -kx = ma$ , luego  $a = \frac{-k}{m}x$

expresión que es asociable a un movimiento armónico simple con  $a = -\omega^2 x$ , siendo

$$\omega^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}. \text{ El periodo de oscilación } T \text{ está relacionado con } \omega, \text{ ya que}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{1}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}, \text{ y por lo tanto } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

b) En un movimiento armónico simple la posición viene definida por una función sinusoidal:

elegimos coseno y fase inicial cero.  $x(t) = A \cos(\omega t)$

La velocidad la obtenemos derivando respecto al tiempo,  $v(t) = -A\omega \sin(\omega t)$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 \sin^2(\omega t)$$

La energía potencial elástica viene dada por la expresión  $E_p = \frac{1}{2} k x^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \cos^2(\omega t)$

Como se nos pide la expresión en función de la elongación  $x(t) = A \cos(\omega t)$ , utilizando propiedades trigonométricas  $1 = \cos^2(y) + \sin^2(y)$  podemos escribir

$$E_c = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 (1 - x^2) \quad E_p = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 x^2$$

Si sumamos ambas expresiones

$$E_{\text{total}} = E_c + E_p = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = \frac{1}{2} K A^2 = \frac{1}{2} m v_{\max}^2$$

## 43. 2000-Septiembre B. Problema 1.-

a) Para un muelle tenemos  $k = \omega^2 m$

En el segundo oscilador, al tener un muelle idéntico al primero, tiene la misma constante elástica, luego podemos plantear

$$k_1 = k_2 \Rightarrow \omega_1^2 m_1 = \omega_2^2 m_2$$

Como  $\omega = 2\pi f$ , si se duplica  $\omega$  se duplica igualmente  $f$ , y podemos escribir

$$f_1^2 m_1 = f_2^2 m_2$$

$$\text{Como } f_2 = 2 \cdot f_1 \Rightarrow f_1^2 m_1 = (2 f_1)^2 m_2 \Rightarrow m_2 = \frac{1}{4} m_1$$

En el segundo oscilador la masa debe ser 4 veces menor que en el primero

b) Calculamos la constante elástica, que es la misma en ambos muelles:

$$k_1 = k_2 = \omega_1^2 m_1 = \left(\frac{2\pi}{2}\right)^2 \cdot 0,04 = 0,395 \text{ N/m}$$

La energía potencial es igual para el primer y segundo oscilador al compartir  $k$  y  $A$ .

$$E_{pm\acute{a}x} = \frac{1}{2} K A^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,395 \cdot 0,1^2 = 1,98 \cdot 10^{-3} J$$

La energía cinética es distinta al tener cada oscilador una masa distinta

Para el primer oscilador

$$E_{cm\acute{a}x1} = E_{pm\acute{a}x} = \frac{1}{2} m_1 v_{m\acute{a}x}^2; 1,98 \cdot 10^{-3} = \frac{1}{2} \cdot 0,04 \cdot v_{m\acute{a}x}^2 \Rightarrow v_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,98 \cdot 10^{-3}}{0,04}} = 0,315 m/s$$

Para el segundo oscilador

$$E_{cm\acute{a}x2} = E_{pm\acute{a}x} = \frac{1}{2} m_2 v_{m\acute{a}x}^2; 1,98 \cdot 10^{-3} = \frac{1}{2} \cdot \frac{0,04}{4} \cdot v_{m\acute{a}x}^2 \Rightarrow v_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,98 \cdot 10^{-3}}{0,01}} = 0,629 m/s$$