

Problemas Movimiento Armónico Simple

1. Una partícula describe un M.A.S de pulsación $\omega=2\pi$ rad/s. En un instante dado se activa el cronómetro. En ese momento la elongación que tiene un sentido de recorrido hacia elongaciones positivas, es la mitad de la máxima elongación y la velocidad es de 10 cm/s. Calcula:
- la fase inicial
 - la aceleración en el instante $t=0,1$ s

$$\omega = 2\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad ,, \quad 10 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$t = 0 \implies x_0 = \frac{A}{2} \quad ,, \quad v = 10 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) \implies \frac{A}{2} = A \sin(\omega \cdot 0 + \varphi_0)$$

$$\frac{1}{2} = \sin \varphi_0 \implies \varphi_0 = 30^\circ = \frac{\pi}{6} \text{ rad}$$

$$v = \frac{dx}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0) \implies v(0) = A\omega \cos \varphi_0$$

$$0,1 = A \cdot 2\pi \cos \frac{\pi}{6} \implies 0,1 = A \cdot 2\pi \frac{\sqrt{3}}{2} \implies \frac{0,1}{\sqrt{3}\pi} \text{ m} = A$$

$$x = \frac{0,1}{\sqrt{3}\pi} \sin\left(2\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$t = 0,1s \implies x = \frac{0,1}{\sqrt{3}\pi} \sin\left(2\pi \cdot 0,1 + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$x = 0,01679 \dots \implies a = -\omega^2 x$$

$$a = -4\pi^2 \cdot 0,01679 \frac{m}{s^2} \implies a = -0,663 \frac{m}{s^2}$$

2. Una partícula de 300 g de masa está unida a un muelle elástico de constante $k=43.2$ N/m y describe un movimiento armónico simple de 20 cm de amplitud. Sabiendo que el instante $t=0$ se encuentra a 10 cm del origen moviéndose hacia la izquierda, determinar:

- Las ecuaciones de la posición, velocidad y aceleración en función del tiempo.
- Las energías potencial, cinética y total en el instante inicial y en cualquier instante.
- Valores de t en los que la partícula pasa por el origen

$$m=0,3 \text{ kg}$$

$$K=43,2 \text{ N/m}$$

$$A=0,2 \text{ m}$$

$$t=0 \rightarrow x=0,1 \text{ m}$$

$$x=0,1$$



$$X = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$V = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0)$$

← 0,3 kg

$$F_r = -kx = ma \quad \implies \quad -kx = m(-\omega^2 x) \quad \implies \quad k = m \omega^2$$

$$\rightarrow 43,2 = 0,3 \cdot \omega^2 \quad \implies \quad \frac{43,2}{0,3} = \omega^2 \quad \implies \quad 144 = \omega^2 \quad ; \quad \omega = 12$$

$$t=0 \rightarrow x = 0,2 \cdot \text{Sen} \left(12 \cdot 0 + \varphi_0 \right) \quad \rightarrow \quad 0,1 = 0,2 \cdot \text{Sen} \varphi_0 \rightarrow$$

$$\frac{1}{2} = \sin \varphi_0 \implies \varphi_0 = \frac{\pi}{6} \text{ rad}$$

$$x(t) = A \cdot \text{Sen} \left(\omega t + \frac{\pi}{6} \right)$$

$$x(t) = 0,2 \sin \left(12t + \frac{\pi}{6} \right)$$

$$v(t) = 0,2 \cdot 12 \cos \left(12t + \frac{\pi}{6} \right)$$

$$v(t) = 2,4 \cos \left(12t + \frac{\pi}{6} \right)$$

$$a(t) = -2,4 \cdot \left[\sin \left(12t + \frac{\pi}{6} \right) \right] \cdot 12$$

$$a(t) = -28,8 \sin\left(12t + \frac{\pi}{6}\right)$$

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

$$\rightarrow mv^2 = m \cdot \omega^2 (A^2 - x^2) \implies v = \omega \sqrt{(A^2 - x^2)}$$

Demostración Energía total elástica

$$* \frac{1}{2} kx^2 + \frac{1}{2} mv^2$$

$$\rightarrow \frac{1}{2} kx^2 + \frac{1}{2} m \cdot [\omega \sqrt{A^2 - x^2}]^2 \implies \frac{1}{2} kx^2 + \frac{1}{2} m \omega^2 (A^2 - x^2)$$

$$\rightarrow E_{total} = \frac{1}{2} k A^2$$

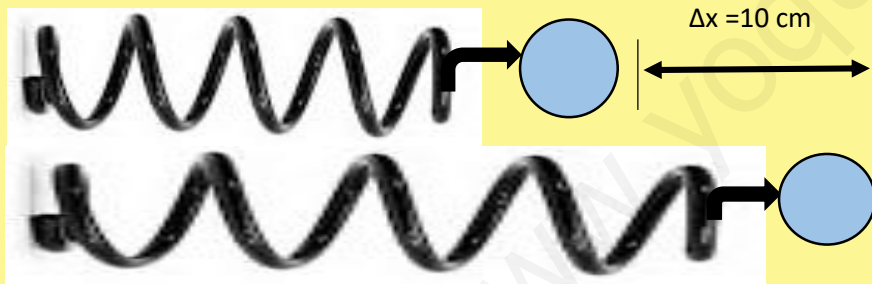
c).- En el origen $x=0 \rightarrow$

$$0 = A \operatorname{sen}\left(12t + \frac{\pi}{6}\right) \text{ „} A \neq 0 \implies \operatorname{sen}\left(12t + \frac{\pi}{6}\right) = 0 \implies 12t + \frac{\pi}{6} = \pm \pi n \implies t = \frac{\pm n\pi - \frac{\pi}{6}}{12}$$

3. Un cuerpo de 2 g, está unido a un muelle horizontal de constante $k=5 \text{ N/m}$. El muelle se alarga 10 cm y se suelta en el instante inicial $t=0$. Hallar:

- La frecuencia, el período y la amplitud del movimiento. Escribir la ecuación MAS.
- ¿En que instante pasa el cuerpo por primera vez por la posición del equilibrio?

$$m = 2g \quad ,, \quad k = 5 \frac{N}{m} \quad ,, \quad A = 10 \text{ cm}$$



$$F = -kx = ma = -m \cdot \omega^2 \cdot x$$

$$k = m \omega^2 \implies \frac{k}{m} = \omega^2 \implies \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \implies \omega = \sqrt{\frac{5}{2 \cdot 10^{-3}}}$$

$$\omega = \sqrt{2500} \implies \omega = 50 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \implies \omega = \frac{2\pi}{T} \implies T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$T = \frac{\pi}{25} \text{ s} \implies f = \frac{25}{\pi} \text{ hertz}$$

$$A=10 \text{ cm} \rightarrow A=0,1 \text{ m}$$

La ecuación del MAS, será

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$x = 0,1 \sin\left(50t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Posición de equilibrio: $x=0 \rightarrow$

$$\left(50t + \frac{\pi}{2}\right) = \pi \implies 50t = \pi - \frac{\pi}{2} \implies t = +\frac{\pi}{100} \text{ s}$$

4. Un muelle elástico de constante $k=0,4 \text{ N/m}$ está unido a una masa de $m=25\text{g}$. En el instante inicial su posición es $x=5\text{cm}$ y su velocidad $v=-20\sqrt{3}\text{cm/s}$. Calcular:

- Período de la oscilación
- Las ecuaciones de la posición, velocidad y aceleración de este MAS.
- El (los) instante (s) en el que el móvil pasa por el origen, $x=0$, y su velocidad.

$$k = 0,4 \frac{\text{N}}{\text{m}} \implies m = 25\text{g} = m = 25 \cdot 10^{-3}\text{kg}$$

$$t = 0 \implies x = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \quad ,, \quad v = 20\sqrt{3} \text{ cm/s}$$

$$(*) \begin{cases} x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0) \quad ,, \quad x(0) = \\ v(t) = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0) \end{cases}$$

Ley de Hooke

$$F = -kx = ma \implies F = -kx = m(-\omega^2 x) \implies k = m\omega^2$$

Por lo tanto: $0,4 = 25 \cdot 10^{-3} \cdot \omega^2 \implies \frac{0,4}{25 \cdot 10^{-3}} = \omega^2 \implies \frac{0,4 \cdot 10^3}{25} = \omega^2$

$$\implies \frac{400}{25} = \omega^2 \implies \omega = \frac{20}{5} \implies \omega = 4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$v_o = 20\sqrt{3} \frac{cm}{s} \implies v_o = 0,2\sqrt{3} \frac{m}{s}$$

De (*)

$$\begin{cases} x(0) = A \sin \varphi_0 \implies 5 \cdot \omega^{-2} = A \sin \varphi_0 \\ v(0) = A\omega \cos \varphi_0 \implies 0,2\sqrt{3} = A\omega \cos \varphi_0 \end{cases}$$

$$\frac{5 \cdot 10^{-2}}{20 \cdot \sqrt{3} \cdot 10^{-2}} = \frac{A \sin \varphi_0}{A\omega \cos \varphi_0}$$

$$\implies \frac{1}{4\sqrt{3}} = \frac{1}{4} \operatorname{tg} \varphi_0 \implies \operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{1}{\sqrt{3}} \implies \varphi_0 = 30^\circ \implies \varphi_0 = \frac{\pi}{6} \text{ rad}$$

$$x(t) = A \sin \left(4t + \frac{\pi}{6} \right)$$

$$v(t) = A\omega \cos \left(4t + \frac{\pi}{6} \right)$$

$$t = 0 \implies 5 \cdot 10^{-2} = A \sin \frac{\pi}{6} \implies 5 \cdot 10^{-2} = A \cdot \frac{1}{2} \implies A = 0,1 \text{ m}$$

$$t_{origen} \implies 4t + \frac{\pi}{6} = \pm n\pi \implies 4t = \pm n\pi - \frac{\pi}{6}$$

$$t = \frac{\pm n\pi - \frac{\pi}{6}}{4}$$

5. Un cuerpo de 10 g de masa se desplaza con un MAS de 80 Hz de frecuencia y con de 1m de amplitud. Calcula:

- La energía potencial cuando la elongación es igual a 70 cm.
- El módulo de la velocidad cuando se encuentra en esa posición.
- El módulo de la aceleración en esa posición.

$$m = 10g \implies m = 10 \cdot 10^{-3} kg \implies m = 10^{-2} kg$$

$$f = 80 Hz \quad , , \quad A = 1 m$$

$$\text{¿ } E_p(x = 0,7)? \quad v(x = 0,7) \quad , , \quad a(x = 0,7)$$

Resolución

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \implies \omega = 2\pi f \implies \omega = 2\pi \cdot 80$$

$$\omega = \frac{160 \pi \text{ rad}}{s} \implies k = m \cdot \omega^2 \implies k = 10^{-2} \cdot (160\pi)^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} k x^2 \implies E_{p(x=0,7)} = \frac{1}{2} \cdot 10^{-2} (160\pi)^2 \cdot 0,7^2$$

$$\implies E_{p(x=0,7)} = 1263,3 \text{ julios}$$

$$\text{a) } E_{p(A)} = \frac{1}{2} k \cdot A^2 \implies E_{p(A)} = \frac{1}{2} \cdot 10^{-2} (160\pi)^2 \cdot 1$$

$$E_{p(A)} = 1804,72$$

$$\text{b) } v = \omega \sqrt{A^2 - x^2} \implies v = 160\pi \sqrt{1^2 - 0,7^2}$$

$$v = 358,97 \frac{m}{s}$$

6. Un punto material de 20 g de masa oscila con un MAS de amplitud 2 cm y frecuencia 10 oscilaciones/s coincidiendo el inicio de los tiempos con el punto donde la velocidad es nula. Calcular:

- Velocidad y aceleración máximas
- Velocidad y aceleración en el instante $t=1/120s$
- Energía mecánica en ese instante

$$m = 20gr \implies m = 20 \cdot 10^{-3} kg$$

$$A = 20 cm \implies A = 0,2 m$$

$$f = 10 \text{ oscilaciones/s} \implies T = \frac{1}{f} \implies T = \frac{1}{10} s, T = 0,1s \text{ (período)}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \implies \omega = \frac{2\pi}{0,1} \implies \omega = 20\pi \text{ rad/s}$$

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$t = 0$, v es nula. En $x = A$

$$A = A \sin(20 \cdot 0 + \varphi_0) \implies 1 = \sin \varphi_0 \implies \varphi_0 = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$$

$$\rightarrow x = 0,2 \sin\left(20\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

a) Velocidad y aceleración máximas

$$v = \frac{dx}{dt} = 0,2 \cdot 20\pi \cos\left(20\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$v_{max} = 4\pi \frac{m}{s}$$

$$a = \frac{dv}{dt} = -0,2 \cdot (20\pi)^2 \cdot \sin\left(20\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \implies a_{max} = 80\pi^2 \frac{m}{s^2}$$

b) Velocidad y aceleración en el instante $t=1/120s$

$$v(t) = 4\pi \cos\left(20\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\rightarrow v\left(\frac{1}{120}\right) = 4\pi \cos\left(\frac{20\pi \cdot 1}{120} + \frac{\pi}{2}\right) \implies v\left(\frac{1}{120}\right) = 4\pi \cos\left(\frac{\pi}{6} + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\rightarrow v\left(\frac{1}{120}\right) = 4\pi \cos \frac{4\pi}{6} \implies v\left(\frac{1}{120}\right) = 4\pi \cos \frac{2\pi}{3}$$

$$\rightarrow v\left(\frac{1}{120}\right) = -2\pi \frac{m}{s}$$

$$a(t) = \frac{dv}{dt} = -4\pi \cdot 20\pi^2 \sin\left(20\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$a\left(\frac{1}{120}\right) = -80\pi^2 \sin\left(20\pi \cdot \frac{1}{120} + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$a\left(\frac{1}{120}\right) = -80\pi^2 \sin \frac{2\pi}{3} \implies \mathbf{a\left(\frac{1}{120}\right) = -40\sqrt{3} \pi^2 \frac{m}{s^2}}$$

c.) Energía mecánica : $E_{mec} = \frac{1}{2} KA^2$

$$\rightarrow K = m \cdot \omega^2 \implies K = 2 \cdot 10^{-2} \cdot (20\pi)^2$$

$$\rightarrow K = 8\pi^2 \frac{N}{m} \quad \rightarrow E_{mec} = \frac{1}{2} 8\pi^2 \cdot 0,2^2 \text{ julios}$$

$$\rightarrow \quad \mathbf{E_{mec} = 0,16\pi^2 \text{ j}}$$

7. Un punto material de 500 g describe un MAS de 10 cm de amplitud realizando 2 oscilaciones completas cada segundo. Calcular:

- La elongación de dicho punto en el instante 0,5 s después de alcanzar la máxima separación.
- La velocidad y aceleración de 0,5 s después de alcanzar la máxima separación.
- Energía cinética que tendrá el móvil al pasar por la posición de equilibrio.

$$m = 500 \text{ g} \implies m = 0,5 \text{ kg}$$

$$A = 10 \text{ cm} \implies A = 0,1 \text{ m}$$

$$f = 2 \text{ oscilaciones/segundo} \implies T = \frac{1}{2} \text{ s}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \implies \omega = \frac{2\pi}{\frac{1}{2}} \implies \omega = 4\pi \text{ rad/seg}$$

$$t = 0 \implies x = A \implies x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$A = A \sin(\omega \cdot 0 + \varphi_0) \implies 1 = \sin \varphi_0 \implies \varphi_0 = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$$

a) La elongación de dicho punto en el instante 0,5 s después de alcanzar la máxima separación.

$$x = 0,1 \sin\left(4\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \implies x\left(\frac{1}{2}\right) = 0,1 \left(\sin 4\pi \cdot \frac{1}{2} + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$x\left(\frac{1}{2}\right) = 0,1 \text{ m}$$

b) La velocidad y aceleración de 0,5 s después de alcanzar la máxima separación.

$$v = \frac{dx}{dt} = 0,1 \cdot 4\pi \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\rightarrow v(0,5) = 0,4\pi \cos\left(4\pi \cdot 0,5 + \frac{\pi}{2}\right) \implies v(0,5) = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ (está en el extremo)}$$

$$\rightarrow a(t) = \frac{dv}{dt} = -0,4\pi \cdot 4\pi \sin\left(4\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\rightarrow a(0,5) = -1,6\pi^2 \sin\left(4\pi \cdot 0,5 + \frac{\pi}{2}\right) \implies a(0,5) = -1,6 \pi^2 \frac{m}{s}$$

c).- Energía cinética que tendrá el móvil al pasar por la posición de equilibrio.

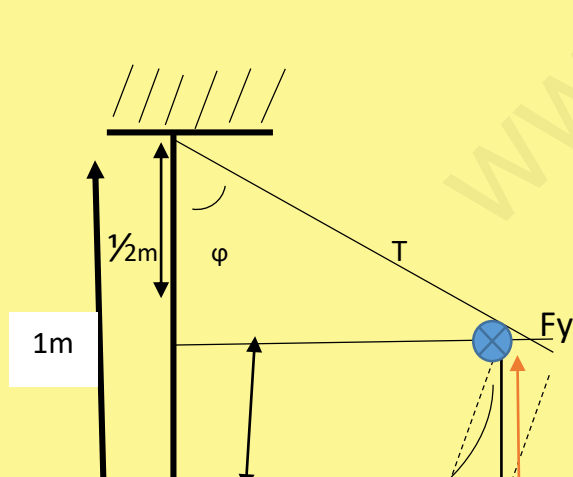
$$V_{max} \implies E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot (0,4\pi)^2 \text{ julios}$$

$$E_c = 0,04\pi^2 \text{ j}$$

8. Un péndulo tiene una longitud de 1m y un cuerpo colgado en su extremo de 1 kg, es desviado de su posición de equilibrio quedando suelto a medio metro de altura. Calcula:

a.) Su velocidad en el punto más bajo aplicando el principio de conservación de la energía mecánica.



$$\cos \varphi = \frac{l}{l} \implies \cos \varphi = \frac{1}{2}$$

$$\implies \varphi = 60^\circ = \frac{\pi}{3} \text{ rad}$$

$$F_{y=T}$$

1kg

P=mg

h=L/2

En el punto más alto:

$$E_{p_0} = mgh \implies E_{p_0} = 1 \cdot 9,8 \cdot 0,5 \implies E_{p_0} = 4,9 \text{ J}$$

$$E_{c_0} = 0 \quad ,, \quad E_{total} = 4,9 \text{ J}$$

En el punto más bajo:

$$h = 0 \quad ,, \quad E_p \implies E_c = \frac{1}{2} mv^2 \implies \frac{1}{2} \cdot 1v^2 = 1gh$$

$$\rightarrow v^2 = 2gh \implies v = \sqrt{2gh} \implies v = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot \frac{1}{2}}$$

$\rightarrow v = \sqrt{9,8} \frac{m}{s}$ como consecuencia del principio de la conservación de la energía mecánica: en la máxima altura energía potencial. Y en la mínima energía cinética.

b.) su velocidad valorando la aplicación de las ecuaciones del MAS

$$A = \varphi \cdot l \implies A = \frac{\pi}{3} \cdot 1 \implies A = \frac{\pi}{3} \text{ m}$$

$F_j = T$ (tensión del cable)

$$F_x = P \sin \varphi \implies F_x = mg \sin \varphi = ma \implies mg \sin \varphi = m(-\omega^2 x)$$

Para ángulos φ , pequeños el $\sin \varphi \cong \varphi \implies -mg\varphi = -m\omega^2 x$

$$\implies \frac{g}{l} = \omega^2 \implies \omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) \implies x = \frac{\pi}{3} \sin\left(\sqrt{\frac{g}{l}} t + \frac{\pi}{3}\right)$$

b)
$$x = \frac{\pi}{3} \sin\left(\sqrt{\frac{g}{l}} t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} = \frac{2\pi}{T} \implies T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$v = \frac{dx}{dt} \implies v = \frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{g}{l}} \cos\left(\sqrt{\frac{g}{l}} t + \frac{\pi}{2}\right)$$

En el punto más bajo, tenemos el máximo valor de v , lo que alcanzamos cuando el coseno valga 1.

$$\text{Siendo entonces } v = \frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{g}{l}} \implies v = \frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{g}{l}} \text{ al ser } l = 1$$

Que es lo que teníamos casi por energías.

$$\text{Nos daba allí } v = \sqrt{g} \frac{m}{s} \text{ y como MAS ,, } v = \frac{3,14}{3} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

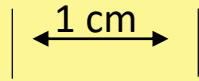
$$\implies v = 1,05 \sqrt{\frac{g}{l}} \frac{m}{s} \implies \frac{\pi \sqrt{g}}{3\sqrt{l}} = \sqrt{g} \implies \frac{\pi}{3} = \sqrt{l} \implies l = \frac{\pi^2}{9} \text{ m}$$

9. En el sistema de la figura, un cuerpo de 2 kg se mueve m/s sobre un plano horizontal.

a.) Determinar la velocidad del cuerpo al comprimirse 1 cm en el resorte, de constante $k=10000 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ (sin fricción).

$$K = 10.000 \text{ N}\cdot\text{m}^2$$





$$E_{c_0} = \frac{1}{2} m v_0^2 \implies E_{c_0} = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 3^2 \implies E_{c_0} = 9 \text{ julios}$$

La energía cinética inicial se transforma en energía potencial elástica total al comprimir el resorte:

$$\begin{aligned} b) \quad E_{c_0} = E_{pot.total} &= \frac{1}{2} K \cdot A^2 \implies 9 = \frac{1}{2} \cdot 10.000 \cdot A^2 \\ \implies \frac{18}{10.000} &= A^2 \implies A = \frac{3\sqrt{2}}{100} \text{ m} \end{aligned}$$

a.) a.) Determinar la velocidad del cuerpo al comprimirse 1 cm en el resorte, de constante $k=10000 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ (sin fricción).

$$E_{cx} + E_{px} = E_{total}$$

$$E_{cx} + \frac{1}{2} k \cdot x^2 = \frac{1}{2} k \cdot A^2 \implies E_{cx} = \frac{1}{2} k \cdot A^2 - \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

$$\implies E_{cx} = \frac{1}{2} k (A^2 - x^2) \implies E_{cx} = \frac{1}{2} 10000 \left(\frac{9 \cdot 2}{10000} - \frac{1}{10000} \right)$$

$$E_{cx} = \frac{5000}{10000} (18 - 1) \implies E_{cx} = \frac{1}{2} \cdot 17 \text{ j}$$

$$E_{cx} = \frac{17}{2} = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot v^2 \implies v = \sqrt{\frac{17}{2} \frac{\text{m}}{\text{s}}} \implies v = \frac{1}{2} \sqrt{34} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

c.) ¿A qué distancia se igualan las energías cinética y potencial del resorte?

$$E_c + E_{pe} = E_{total} \quad ,, \quad E_c = E_{pe}$$

$$2E_c = 9 \implies E_c = E_{pe} = 4,5 \text{ j}$$

$$E_{pe} = 4,5 = \frac{1}{2} 10000 \cdot x^2 \implies \frac{9}{10000} = x^2 \implies x = \frac{3}{100} \text{ m}$$

$x = 0,03 \text{ m}$ tiene igualadas las energías cinética y potencial.

10. Un objeto de 1,4 kg de masa se une a un muelle de constante elástica 15 N/m. Calcula la velocidad máxima del objeto cuando el sistema vibra con una amplitud de 2,0 cm. ¿Cuál es el valor de las energías cinética y potencial elástica cuando el objeto se encuentra a 1 cm de la posición central de vibración?

$K=15\text{N/m}$



$$\text{a) } E_{total} = \frac{1}{2} K \cdot A^2 \quad \Rightarrow \quad E_{total} = \frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 0,02^2$$

$$E_{total} = 0,0030\text{j}$$

$$E_c + E_p = E_{total} \quad \Rightarrow \quad E_c = 0,0030 - \frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 0,01^2$$

$$E_c = 3 \cdot 10^{-3} - 7,5 \cdot 10^{-4} = 30 \cdot 10^{-4} - 7,5 \cdot 10^{-4} \Rightarrow 22,5 \cdot 10^{-4}\text{j}$$

$$E_c = 22,5 \cdot 10^{-4} = \frac{1}{2} \cdot 1,4 \cdot v^2 \Rightarrow \frac{45 \cdot 10^{-4}}{1,4} = v^2$$

$$v = \sqrt{32,14 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow v = \frac{5,67 \text{ m}}{100 \text{ s}}$$

$$\text{b) } E_{pe} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 \implies \frac{1}{2} \cdot 15 \cdot (10^{-2})^2 = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ j}$$

$$E_c = 0,0030 - 7,5 \cdot 10^{-4} \implies E_c = 0,00225 \text{ j}$$

11. Un péndulo está calibrado para realizar una oscilación completa 1 s en un lugar en el que la aceleración de la gravedad es $g=9,8 \text{ m/s}^2$. ¿Cuánto retrasará o adelantará al cabo de un día cuando se traslade a un lugar en el que la aceleración de la gravedad es $g=9,7 \text{ m/s}^2$?

1 seg en una oscilación completa

$T = 1$ período

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \implies 1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{9,8}} \implies T' = 2\pi \sqrt{\frac{l}{9,7}}$$

$$\frac{T'}{1} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{l}{9,7}}}{2\pi\sqrt{\frac{l}{9,8}}} \implies T' = \sqrt{\frac{9,8}{9,7}}$$

Error: $T' = 2\pi\sqrt{\frac{l}{9,7}}$

$$\sqrt{\frac{9,8}{9,7}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{9,7}} \implies \frac{\sqrt{9,8}}{2\pi} = \sqrt{l} \implies l = \frac{9,8}{4\pi^2} \text{ m}$$

Error: $T' - 1$ en cada oscilación

$$E \text{ total} \rightarrow \left(\sqrt{\frac{9,8}{9,7}} - 1\right) \cdot 24h \cdot \frac{3600s}{h} \implies e = \left(\sqrt{\frac{9,8}{9,7}} - 1\right) \cdot 86400$$

$$e = 444,22 \text{ s}$$