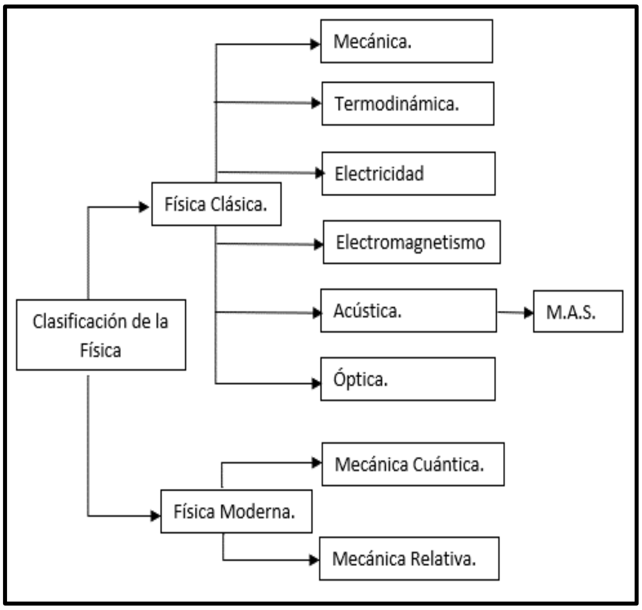
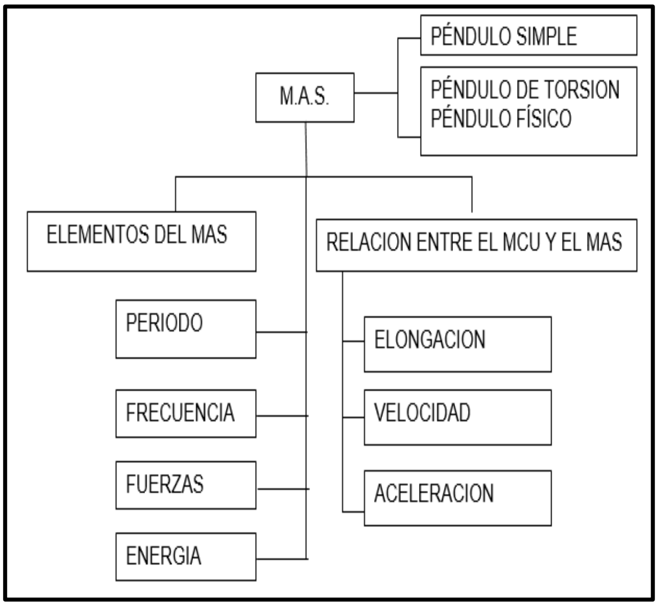
MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE



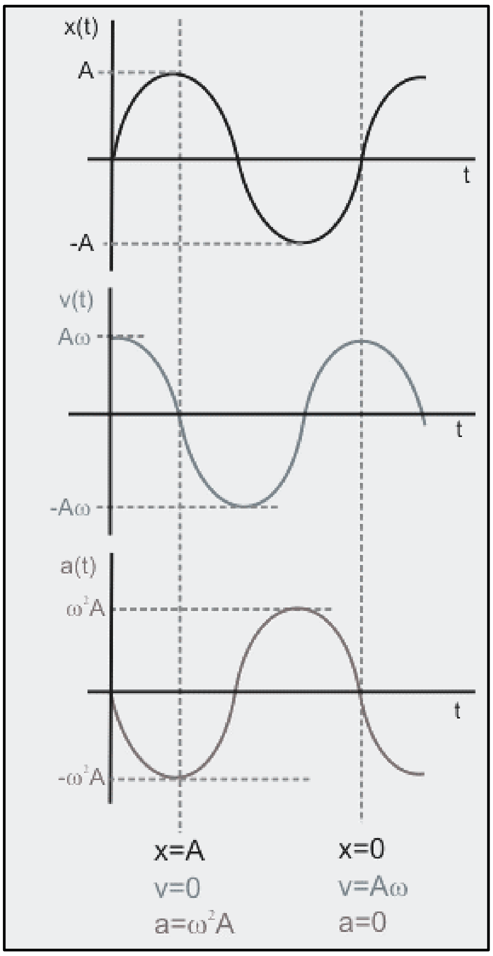


Resultados de Aprendizaje:

1. Define al movimiento armónico y lo aplica en ejemplos de la conservación de la energía mecánica con solvencia.
2. Emplea el círculo de referencia para describir la variación en magnitud y dirección del desplazamiento, velocidad y aceleración para el movimiento armónico simple.
3. Escribe y aplica fórmulas para la determinación del desplazamiento x, velocidad v y aceleración a en términos del tiempo, frecuencia y amplitud.
4. Calcula la frecuencia del periodo del movimiento armónico simple cuando la posición y la aceleración se dan.
5. Describe el movimiento de un péndulo simple, físico y de torsión y calcula el período de oscilación.
6. Analiza los tipos de energía que se producen en el M.A.S.

ANÁLISIS DE LAS GRAFICAS EN EL M.A.S.

Las gráficas que las representan a la elongación, la velocidad y la aceleración en función del tiempo, respectivamente en el M.A.S son:



Las ecuaciones de la Velocidad y de la Aceleración son consecuencia de la gráfica de la Elongación, ya que estas se derivan de la anterior. Sin embargo, las ecuaciones también se las puede expresar como:

$x = A \cos(2\pi f t + \phi)$
$x = A \operatorname{sen}(2\pi f t + \phi)$

$v = -2\pi f A \operatorname{sen}(2\pi f t + \phi)$
$v = -2\pi f A \cos(2\pi f t + \phi)$

$a = -4\pi^2 f^2 A \cos(2\pi f t + \phi)$
$a = -4\pi^2 f^2 A \operatorname{sen}(2\pi f t + \phi)$

Esta se debe a que las gráficas de las funciones Seno y Coseno son iguales en su forma y sólo se encuentran desfasadas entre sí por un valor de $\phi = 90^0$ o $\phi = \frac{\pi}{2}$

Dada esta circunstancia se cumple la siguiente regla:

- Si la elongación se expresa en función del Seno, entonces la velocidad está en función del Coseno y la aceleración en función del Seno.

- Si la elongación se expresa en función del Coseno, la velocidad está en función del Seno y la aceleración en función del Coseno.

El uso de la función Seno o Coseno para expresar la elongación, depende del instante en que se comienza a contar una oscilación completa:

- Si inicia desde el punto de equilibrio la gráfica es sinusoidal.

- Si inicia desde cualquier punto de retorno, la gráfica es del tipo cosenoidal.

Es decir, cualquier forma de la gráfica describirá el Movimiento Armónico Simple de la partícula y sus propiedades particulares, ya que ambas formas son válidas.

También se puede concluir al graficas las siguientes características:

- La elongación y la velocidad están desfasadas un ángulo de $\frac{\pi}{2}$ rad. Esto determina que (en módulo) la velocidad es mínima (nula) cuando la elongación es máxima y que la velocidad es máxima cuando la elongación es nula.

- La velocidad y la aceleración están también desfasadas $\frac{\pi}{2}$ rad. Ya que se puede observar (en módulo) que la velocidad es máxima cuando la aceleración es nula y que la velocidad es nula cuando la aceleración es máxima.

- La elongación y la aceleración están desfasadas por 0 rad (se dice que estas magnitudes están en oposición de fase). Esto significa que los módulos de ambas magnitudes se anulan y toman sus valores máximos simultáneamente, siendo sus sentidos opuestos en todo momento.

- La elongación, la velocidad y la aceleración varían periódicamente en el tiempo, pero no están en fase.

- La aceleración es proporcional a la elongación, pero de sentido opuesto.

- La frecuencia y el período del movimiento es independiente de la amplitud, ya que se considera al M.A.S. isócrono, es decir se produce, con intervalos o períodos de igual duración, o en tiempos de igual duración entre ellos.

EL PERIODO Y LA FRECUENCIA EN EL M. A. S.

A partir de la ecuación $a = -4\pi^2 f^2 x$, se puede deducir la ecuación de la frecuencia:

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{-\frac{a}{x}}$$

Ya que el desplazamiento y la aceleración siempre tienen signos opuesto, el término $-a / x$ siempre será positivo.

El período T es el reciproco de la frecuencia por lo que estará definido por:

$$T = 2\pi\sqrt{-\frac{x}{a}}$$

Cuando se considera el periodo de un resorte es conveniente expresarlo en función de la constante del resorte y de la masa del cuerpo en vibración.

$F = m\,a$ y $F = -k\,x$

$m\,a = -k\,x$

$a = \frac{-k}{m}x$; como: $a = -4\pi^2 f^2 x$

$4\pi^2 f^2 = \frac{k}{m}$

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

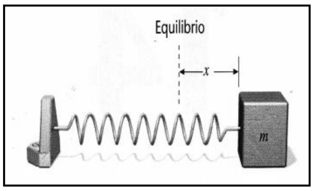
El periodo es:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

EJERCICIOS RESUELTOS

1. Una masa m se encuentra unido a un resorte colocado en forma horizontal. Se estira hacia la derecha una distancia de 6 cm y se suelta. Si regresa al punto donde se soltó y continua vibrando con M. A. S, dando 1 oscilación en 3s. Calcular:

   A) Su posición, velocidad y aceleración después de 5,2 s.



   B) Su velocidad y aceleración máxima.

   A) La posición, velocidad y aceleración serán:

   $f = \frac{n}{t}$; $f = \frac{1}{3s}$; $f = 0,333$ Hz

   $x = A\cos 2\pi f t$
   $x = 6\text{ cm}\cos[2\pi(0,333\text{ Hz})(5,2\text{s})]$
   $x = 6\text{ cm}\cos[10,78\text{ rad}]$
   $x = 6\text{ cm}\cos(617,65^0)$
   $x = -1,28$ cm

   $v = -2\pi f A \operatorname{sen} 2\pi f t$.
   $v = -2\pi(0,333\text{ Hz})(6\text{ cm})\operatorname{sen}(617,65^0)$
   $v = 12,47$ cm/s

   $a = -4\pi^2 f^2 A\cos 2\pi f t$
   $a = -4\pi^2(0,333^2)(6\text{ cm})\cos(617,65^0)$
   $a = 5,62\text{ cm/s}^2$

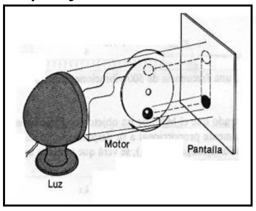
   B) La velocidad y aceleración máxima es:

   $v_{max} = -2\pi f A$; $v_{max} = -2\pi(0,333\text{ Hz})(6\text{ cm})$

   $v_{max} = -12,55$ cm/s

   $a_{max} = -4\pi^2 f^2 A$;
   $a_{max} = -4\pi^2(0,333^2)(6\text{ cm})$
   $a_{max} = -26,31\text{ cm/s}^2$

2. Una pelota de hule se mueve en un círculo horizontal de 80 cm de diámetro y gira a 30 rpm. La sombra de la pelota se proyecta sobre una pared debido a una luz distante. Calcular: el periodo, la frecuencia, la amplitud de la sombra, la velocidad y aceleración máxima.



   El período y frecuencia será:

   30 rpm = 3,14 rad/s

   $\omega = 2\pi f$; $f = \frac{\omega}{2\pi}$; $f = \frac{3,14\text{ rad/s}}{2\pi}$; $f = 0,5$ Hz

   $T = \frac{1}{f}$; $T = \frac{1}{0,5\text{ Hz}}$; $T = 2$ s

   Si el diámetro es igual a 80 cm entonces, y se sabe que $R = A$ entonces:

   $A = 40$ cm

   La velocidad y aceleración máxima son:

   $v_{max} = -2\pi f A$; $v_{max} = -2\pi(0,5\text{ Hz})(40\text{ cm})$

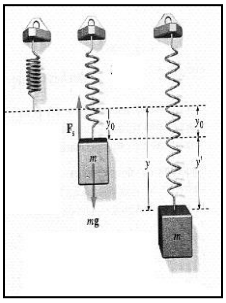
   $v_{max} = -125,66$ cm/s

   $a_{max} = -4\pi^2 f^2 A$;
   $a_{max} = -4\pi^2(0,5^2)(40\text{ cm})$
   $a_{max} = -394,78\text{ cm/s}^2$

3. Una masa de 300 g se sujeta a un resorte helicoidal largo. Cuando se desplaza 10 cm, se

encuentra que la masa vibra con un periodo de 2s. Calcular:

A) La constante del resorte.
B) La velocidad y aceleración cuando se mueve hacia arriba hasta un punto que se encuentra a 6 cm sobre su posición de equilibrio.



A) Para la constante del resorte sabemos que en la posición de equilibrio se tiene:

$\Sigma F y = 0$

$P - F_e = 0$; $P = F_e$; $m g = k x$; entonces k es:

$k = \frac{m\,g}{x}$; $k = \frac{(0{,}3\ kg)\left(9{,}8\frac{m}{s^2}\right)}{0{,}10\ m}$; k = 29,4 N/m

B) La velocidad es:

$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$; $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{29{,}4\ N/m}{0{,}3\ kg}}$

f = 1,58 Hz.

$v = -2\,\pi\, f\,\sqrt{A^2 - x^2}$

$v = -2\,\pi(1{,}58\ Hz)\sqrt{(0{,}10m)^2 - (0{,}06m)^2}$

v = 0,79 m/s

$a = -4\,\pi^2 f^2 x$

$a = -4\,\pi^2\,(1{,}58\ Hz)^2\,(0{,}06m)$

$a = -6\ m/s^2$

4. Un cuerpo que describe un M. A. S. tiene una aceleración máxima de 48 m/s^2 y una rapidez máxima de 4 m/s . Calcular:

A) Su periodo.
B) Su amplitud de vibración.
C) Su frecuencia angular o velocidad angular.
D) Escribir la ecuación del desplazamiento.

A) Si $a_{max} = -4\,\pi^2 f^2 A$; $a_{max} = 48\ m/s^2$

$48\ m/s^2 = -4\,\pi^2 f^2 A$ (1)

$v_{max} = -2\,\pi\, f\, A$; $v_{max} = 4\ m/s$

$4\ m/s = -2\,\pi\, f\, A$ (2)

Simplificamos ecuación (1) / (2)

$\frac{48\,\cancel{m/s}^2}{4\,\cancel{m/s}} = \frac{-4\,\pi^{\cancel{2}}\, f^{\cancel{2}}\,\cancel{A}}{-2\,\cancel{\pi}\,\cancel{f}\,\cancel{A}}$;

f = 1,91 Hz

$T = \frac{1}{f}$; $T = \frac{1}{1{,}91\ Hz}$; T = 0,52 s

B) $v_{max} = -2\,\pi\, f\, A$; $A = \frac{v_{max}}{-2\,\pi\, f}$

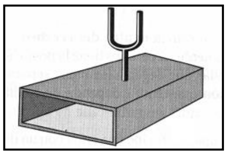
$A = \frac{4\ m/s}{-2\,\pi\,(1{,}91\ Hz)}$; A = 0,33 m

C) $\omega = 2\,\pi\, f$; $\omega = 2\,\pi\,(1{,}91\ Hz)$; $\omega = 12$ rad/s

D) $x = A \cos 2\,\pi\, f\, t$

$x = (0{,}33\ m) \cos 2\,\pi\,(1{,}91\ Hz)\, t$

5. Una de las ramas de un diapasón vibra con una frecuencia de 330 Hz y una amplitud de 2 mm. ¿ Cuál es la velocidad cuando el desplazamiento es de 1,5 mm.



La velocidad podemos determinar con:

$v = -2\,\pi\, f\,\sqrt{A^2 - x^2}$

$v = -2\,\pi\,(330Hz)\sqrt{(2\ mm)^2 - (1{,}5\ mm)^2}$

v = - 2 742,91 mm/s

El valor de esta rapidez nos permite entender por qué cuando vibra las ramas del diapasón son casi imperceptibles al ojo humano.

6. Un motor eléctrico de 20 kg se monta sobre cuatro resortes verticales, teniendo cada uno de ellos una constante de resorte de 30 N/cm. Calcular el periodo y frecuencia con el cual oscilará verticalmente

La masa del motor se reparte en cada uno de los resortes(20 kg/ 4 = 5 kg) y la constante 30 N/cm es igual a 3 000 N/m; así tenemos que el periodo va a ser igual a:

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$;$T = 2\pi\sqrt{\frac{5\ kg}{3\ 000\ N/m}}$; T = 0,04 s

La frecuencia:

$f = \frac{1}{T}$; $f = \frac{1}{0{,}04\ s}$; f = 25 Hz

7. La ecuación del M.A.S. de una partícula Q de 20 g es: x = 5. sen (3. t) cm. Determinar:
   A) La amplitud del movimiento
   B) La frecuencia angular de oscilación o velocidad angular
   C) La frecuencia de oscilación
   D) La constante (k) de recuperación del movimiento.
   E) La velocidad de la partícula en t = 2s
   F) La aceleración de la partícula en t = 2s

   Se determina que:
   m = 20 g; m = 0,02kg
   t = 2s.
   A) Si igualamos las ecuaciones de la elongación se tiene:

   $x = A \text{ sen } (2\,\pi\, f\, t + \phi)$
   $x = A \text{ sen } (\omega .\, t)$
   $x = 5. \text{ sen } (3.\, t)$

   Entonces: A = 5 cm

   B) Para: $\omega = 3$ rad/s
   C) Para la frecuencia:
   $f = \frac{\omega}{2\pi}$; $f = \frac{3\ \mathrm{rad/s}}{2\pi}$; f = 0,48 Hz

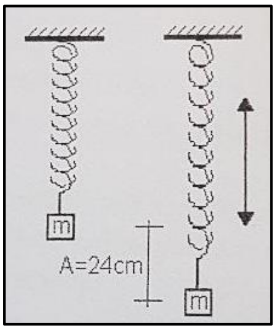
   D) Para la constante se tiene:
   $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$; $2\pi f = \sqrt{\frac{k}{m}}$; $(2\pi f)^2 = \left(\sqrt{\frac{k}{m}}\right)^2$

   $k = 4\pi^2 \cdot f^2 \cdot m$;
   $k = 4\,\pi^2\,(0{,}48\ \mathrm{Hz})^2 (0{,}02\mathrm{kg})^2\ (\mathrm{m/m})$
   k = 0,13 N/m

   E) $v = -\,2\,\pi\, f\, A \cos(2\,\pi\, f\, t + \phi)$
   $v = +\omega .\, A \cos(\omega .\, t)$ (+ ya que esta girando hacia la derecha)
   $v = 3\ \mathrm{rad/s}.\ 0{,}05\ \mathrm{m}\ .\ \cos(3\ .\ 2.\ 180^0/\pi)$
   v = 0,14 m/s

   F) $a = -\ 4\,\pi^2 f^2 A \text{ sen } (2\,\pi\, f\, t + \phi)$
   $a = +\,\omega^2 .\ A \text{ sen } (\omega .\, t)$
   $a = (3\ \mathrm{rad/s})^2 .\ 0{,}05\ \mathrm{m} .\text{sen } ((3\ .\ 2)(180^0/\pi))$
   $a = -\,0{,}04\ \mathrm{m/s^2}$

8. Una masa de 10 g se mueve con movimiento armónico simple de 24 cm de amplitud y 4 s de período. El desplazamiento es + 24 cm, para t = 0 s. Determinar:
   A) La posición de la masa cuando t = 0,5 s
   B) El tiempo mínimo necesario para que la masa se mueva desde la posición inicial a un punto x = - 12 cm.
   C) La velocidad y aceleración de dicha masa cuando x = - 12 cm.



   Se determina que:
   m = 10 g; m = 0,010 kg
   A = 24 cm: A = 0,24 m
   T = 4s
   x_o = 24 cm para t = 0 s
   t = 0,5 s

   A) Para determinar la posición de la masa:
   $T = \frac{2\,\pi}{\omega}$; $\omega = \frac{2\,\pi}{T}$;
   $\omega = \frac{2\,\pi}{4\ s}$; $\omega = 1{,}57$ rad/s

   $x = A \cos(\omega\ .\ t)$

   $x = 0{,}24\ \mathrm{m} \cos((1{,}57\ .\ 0{,}5)(180^0/\pi))$

   x = 0,17 m

   B) El tiempo se determina a partir de:

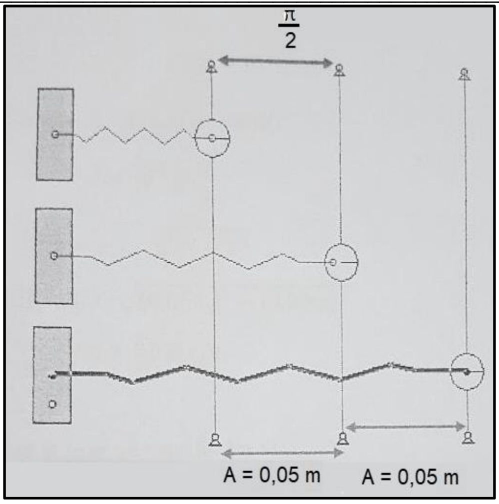
   $x = A \cos(\omega .\ t)$; $t = \frac{cos^{-1}\left(\frac{x}{A}\right)}{\omega}$

   $t = \frac{\left(cos^{-1}\left(\frac{-0{,}12\ m}{0{,}24\ m}\right)\right)\frac{\pi\ rad}{180^O}}{1{,}57\ rad/s}$; t = 1,33 s

   C) $v = -\ A.\ \omega \text{ sen } (\omega .\ t)$
   $v = -\ 0{,}24\ .\ 1{,}57 \text{ sen } ((1{,}57 . 1{,}33)(180^0/\pi)$
   v = - 0,33 m/s

   $a = -\,\omega^2 .\ A \cos(\omega .\ t)$
   $a = -\,(1{,}57)^2 . 0{,}24 .\text{sen } ((1{,}57\ . 1{,}33)(180^0/\pi))$
   $a = -\,0{,}56\ \mathrm{m/s^2}$

9. Una masa de 2 kg está unida un resorte horizontal cuya constante de recuperación es de 10 N/m, el resorte se comprime 5 cm desde la posición de equilibrio y se deja en libertad. Determinar:
   A) La expresión de la posición de la masa en función del tiempo.
   B) Los módulos de la velocidad y la aceleración de la masa en un punto situado a 2cm de la posición de equilibrio.



A) Se conoce que la A = 5 cm, A = 0,05 m
La masa m = 2 kg
La constante k = 10 N/m

La ecuación general para la elongación con fase es:

x = A cos (ω. t + ϕ)

$x = 0{,}05 \text{ m} \cos\left(\omega .\ t - \frac{\pi}{2}\right)$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$; $T = \frac{2\pi}{\omega}$

Al igualar las ecuaciones se tiene:

$$2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{2\pi}{\omega}$$

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$; $\omega = \sqrt{\frac{10 \text{ N/m}}{2 \text{ kg}}}$; ω = 2,24 rad/s

La ecuación de la elongación queda finalmente como:

$$x = 0{,}05 \text{ m} \cos\left(2{,}24.\ t - \frac{\pi}{2}\right)$$

B) La velocidad se la puede calcular con:

$v = -2\pi f\sqrt{A^2 - x^2}$

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

$v = 2{,}24 \text{ rad/s}\sqrt{(0{,}05)^2 - (0{,}02)^2}$.

v = 0,10 m/s

$v = -\omega .\ A .\ \text{sen}\left(\omega\ .\ t - \frac{\pi}{2}\right)$

$0{,}10 = -(2{,}24)(0{,}05)\ \text{sen}\left(2{,}24\ t - \frac{\pi}{2}\right)$

$0{,}10\text{m} = -0{,}11 \text{ m sen}\left(2{,}24\ t - \frac{\pi}{2}\right)$

$$t = \frac{\left(sen^{-1}\left(\frac{0{,}10\ m}{-0{,}11m}\right)\right)\frac{\pi\ rad}{180^0} + \frac{\pi}{2}\text{rad}}{2{,}24\ rad/s}$$

t = 0,19 s

La aceleración se la calcula con:

$a = -\omega^2 A\cos(\omega t + \phi)$

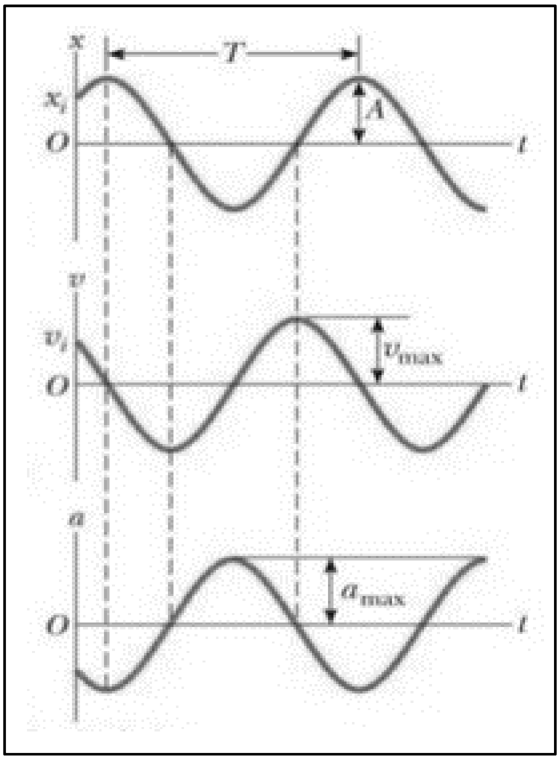
$a = -(2{,}24)^2 .\ 0{,}05\cos\left(\left(2{,}24 .\ 0{,}19 - \frac{\pi}{2}\right)(180^0/\pi)\right)$

$a = -0{,}10 \text{ m/s}^2$

10. Analizar las gráficas siguientes:

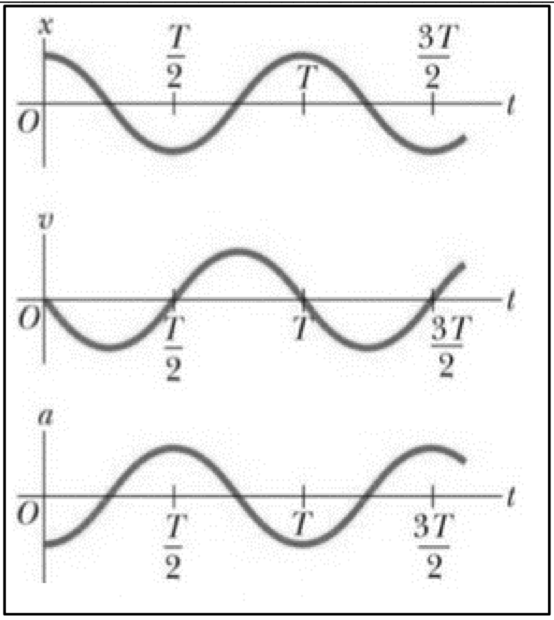
Al observar las gráficas se puede concluir lo siguiente:

- La velocidad tiene un desface de 90^0 o π/2 rad con respecto al desplazamiento.
- La aceleración tiene un desface de 180^0 o π rad con respecto al desplazamiento.



11. Analizar las gráficas siguientes:

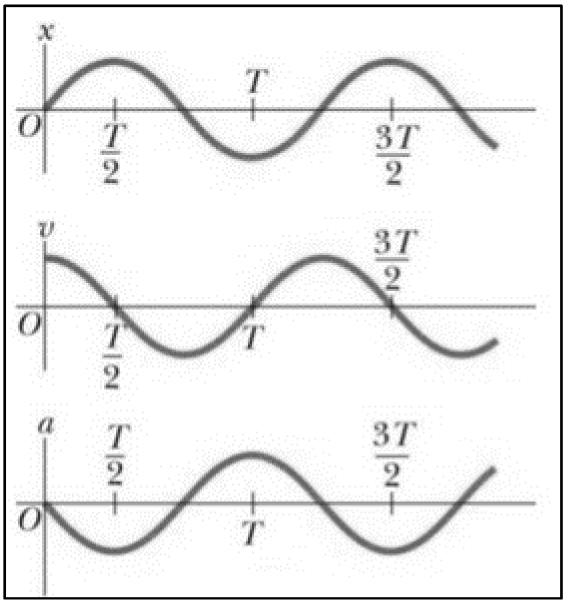
Al observar las gráficas se puede concluir lo siguiente:



- Las condiciones iniciales son:
  x(O) = A y v(O) = 0
- El ángulo de fase es ϕ = 0 rad
- La velocidad en X = 0 es:
  v = ± ω. A
- La aceleración en A es:
  a = ± ω^2. A

12. Analizar las gráficas siguientes:

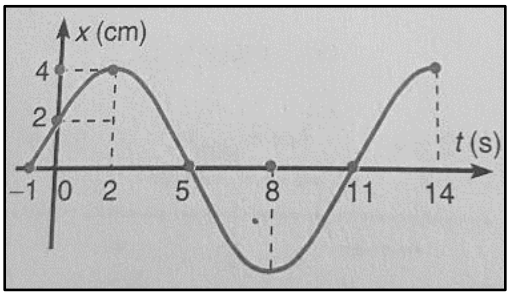
Al observar las gráficas se puede concluir lo siguiente:



- Las condiciones iniciales son:
  x(O) = 0 y v(O) = v_i
- El valor del ángulo de fase es: ϕ = - π/2 rad

- El gráfico de la aceleración esta corrido un cuarto de ciclo a la derecha con relación al caso x(O) = A. (elongación)

13. En la gráfica se representa un M.A.S. de ecuación: x = A sen (ωt + ϕ). Determinar los valores de A, ω, ϕ



De acuerdo a la grafica se determina que A es la elongación máxima y es igual a 4 cm. El período T es el tiempo que gasta en regresar a su posición inicial.

T = 11 – (-1); T = 12 s

También se puede analizar de un máximo a otro máximo:

T = 14 – 2; T = 12 s

LA frecuencia angular es:

$$\omega = \frac{2\,\pi}{T};\ \omega = \frac{2\,\pi}{12};\ \omega = \frac{\pi}{6}\ \mathrm{rad/s}$$

La fase inicial ϕ se deduce de las condiciones iniciales para t = 0 s y x = 2 cm; por lo tanto:

$$x = A\ \mathrm{sen}\ (\ \omega t + \ \phi)$$
$$2 = 4\ \mathrm{sen}\ \left(\frac{\pi}{6}\ .0 + \ \phi\right)$$
$$2 = 4\ \mathrm{sen}\ (\phi)$$
$$\mathrm{sen}\ (\phi) = \frac{2}{4}$$
$$\phi = 30^0;\ \phi = \frac{\pi}{6}\ \mathrm{rad}$$

También se determina que t = -1 s y x = 0 m:

$$0 = 4\ \mathrm{sen}\ \left(\frac{\pi}{6}\ .(-1) + \ \phi\right)$$
$$0 = -\ \frac{\pi}{6} + \phi$$
$$\phi = \frac{\pi}{6}\ \mathrm{rad};\ \phi = 30^0;$$

EJERCICIOS PARA LA TAREA

1. Una rueda de bicicleta se mueve en forma horizontal de 90 cm de diámetro y gira a 40 rad / s . La sombra de la rueda se proyecta sobre una pared debido al sol. Calcular: el periodo, la frecuencia, la amplitud de la sombra, la velocidad y aceleración máxima.

2. Una masa de 10 lb se sujeta a un resorte helicoidal largo. Cuando se desplaza 4 pulg, se encuentra que la masa vibra con un periodo de 4s. Calcular:

A) La constante del resorte.
B) La velocidad y aceleración cuando se mueve hacia arriba hasta un punto que se encuentra a 3 pulg sobre su posición de equilibrio.

3. Una de las ramas de un diapasón vibra con una frecuencia de 120 Hz y una amplitud de 3 mm. ¿Cuál es la velocidad cuando el desplazamiento es de 2 mm.

4. Una masa de 1,2 kg se encuentra unido a un resorte colocado en forma horizontal. Se estira hacia la derecha una distancia de 8 cm y se suelta. a) Si regresa al punto donde se soltó y continúa vibrando con M. A. a 2 oscilaciones cada 10 s. Calcular:
A) Su posición, velocidad y aceleración después de 7 s.
B) Cuál es su velocidad máxima.
C) Cuál es su aceleración máxima.

5. Una pelota de hule se mueve en un círculo de 10 in de radio y gira a 200 rpm, ¿ Cuál es la frecuencia de su proyección, de su amplitud y de su velocidad máxima.

6. Un oscilador armónico de amplitud 10 cm, de frecuencia angular 5 rad/s, tiene una posición x = 0 para t = 0.
A) ¿Cuál es la ecuación del movimiento?
B) ¿Cuál es su velocidad máxima y la aceleración máxima de este oscilador?

7. Las personas experimentan movimientos vibratorios cuando viajan en autos, aviones, trenes, usan máquinas potentes o escuchan música moderna exageradamente amplificada. Experimentos de laboratorio muestran que una aceleración de 6,3 m/s^2, para una frecuencia de 5,5 Hz, es muy peligrosa para los órganos humanos, como corazón, pulmones y cerebro. Determinar la amplitud que se produce en los órganos humanos.

8. Los resortes de un automóvil de 1000 kg se comprime 1,3 cm, cuando un hombre de 110 kg se sube. Con el hombre en el interior, determinar el periodo de vibración del carro cuando pasa por una piedra.

9. La ecuación de un M.A.S. es x(t) = 2 cos (30π.t), donde x es la elongación en cm y t en s. Determinar:
A) Los valores de A y ω
B) La posición de una partícula con este movimiento a los 10 s

C) El período del movimiento.
D) La velocidad de la partícula a los 10s
E) La aceleración de la partícula a los 10s

10. La aceleración (en m/s^2) de un M.A.S. en función de la elongación (en m) es: a = -126 x. Expresar esta aceleración en función del tiempo sabiendo que la amplitud de la vibración es de 3,5 cm. Considere nula la constante de fase.

11. Una partícula efectúa un movimiento armónico simple cuyo período es igual a 1 s. Sabiendo que en el instante t = 0 su elongación es de 0,70 cm y su velocidad es de 4,39 cm/s. Determinar:
A) La amplitud del movimiento y la fase inicial
B) La máxima aceleración de la partícula.

12. Determinar la diferencia de fase entre los siguientes movimientos:
A) $x = 4\cos 5t\ ;\ x = 6\cos 5t$
B) $x = 4\cos 5t\ ;\ x = 6\cos(5t + 3)$
C) $x = 4\cos 5t\ ;\ x = 6\,\mathrm{sen}\,5t$