I.T.I. FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Física de ondas, electricidad y moderna
Guía 5 – Grado 11°
2025
Movimiento Armónico Simple

MOVIMIENTO PERIÓDICO

Siempre que un objeto se deforma, aparece en él una fuerza elástica de restitución que es proporcional a la deformación que ha sufrido. Cuando la fuerza deja de actuar, el objeto vibra de un lado a otro, con respecto a su posición de equilibrio. Por ejemplo, después de que un clavadista salta del trampolín (fig. 1), éste continúa vibrando hacia arriba y hacia abajo de su posición normal, por un tiempo determinado.

Se dice que este tipo de movimiento es periódico porque la posición y la velocidad de las partículas en movimiento se repiten como función del tiempo. Puesto que la fuerza de restitución disminuye después de cada vibración, el trampolín volverá al reposo al cabo de cierto tiempo.

En la figura 2 se muestra un disco de goma (deslizador) acoplado a un resorte. Este deslizador es un dispositivo de laboratorio que se desplaza sobre un cojín de dióxido de carbono, por lo cual se aproxima a un movimiento sin fricción. Suponga que tiramos hacia un lado el deslizador y luego lo soltamos, de modo que oscile con respecto a su posición inicial O sin que haya fricción. De acuerdo con la ley de Hooke, la fuerza de restitución F es directamente proporcional al desplazamiento x del deslizador con respecto a su posición de equilibrio O. En vista de que la fuerza de restitución siempre es opuesta al desplazamiento, es necesario representarla con signo negativo. Entonces escribimos

$$F = -kx$$

Al desplazamiento máximo del deslizador con respecto a su posición de equilibrio se le llama amplitud A. En esta posición el deslizador experimenta la máxima fuerza de restitución y, por lo tanto, su máxima aceleración. La fuerza disminuye a medida que el deslizador se aproxima a su centro de oscilación, volviéndose cero en ese punto. Sin embargo, la cantidad de movimiento lineal lo hace llegar más allá del centro, haciendo que la fuerza de restitución del resorte actúe nuevamente. Esta fuerza se incrementa hasta que el deslizador se detiene en su desplazamiento máximo, y en ese punto inicia su retorno. Si no hay pérdida de energía debido a la fricción, el movimiento hacia un lado y otro continuará indefinidamente. Este tipo de movimiento oscilatorio en ausencia de fricción se conoce como movimiento armónico simple (MAS).

> *El movimiento armónico simple(MAS) es un movimiento periódico que tiene lugar en ausencia de fricción y es producido por una fuerza de restitución que es directamente proporcional al desplazamiento y tiene una dirección opuesta a éste.*

El periodo T se define como el tiempo para realizar un recorrido completo, u oscilación. Por ejemplo, si el deslizador se suelta desde la derecha a una distancia A de su posición de equilibrio, el tiempo requerido para que regrese a esa posición es su periodo de vibración. Debe señalarse, sin embargo, que cada punto de su trayectoria vibratoria debe cubrirse al medir una oscilación completa. El tiempo requerido para moverse del centro de la oscilación a la distancia A y luego el de regreso representa sólo la mitad de un periodo.
La frecuencia f es el número de oscilaciones completas por unidad de tiempo. Puesto que el periodo es el tiempo en que se realiza una oscilación, la frecuencia tiene que ser el recíproco del periodo, o sea

$$f = \frac{1}{T}$$

La unidad de frecuencia a menudo se expresa como vibraciones por segundo o como el inverso de segundos (s^{-1}); la unidad del SI para la frecuencia es el hertz (Hz).

$$1 \text{ Hz} = \frac{1}{s}$$

Por lo tanto, una frecuencia de 500 vibraciones por segundo equivale a 500 Hz.

EL CÍRCULO DE REFERENCIA

Se ha demostrado que un objeto que vibra con MAS es afectado por una fuerza de restitución que es directamente proporcional a su desplazamiento. Si aplicamos la segunda ley de Newton a la ecuación, veremos que la aceleración también es proporcional al desplazamiento. Por lo tanto, F = ma = –kx, de lo cual tenemos

$$a = -\frac{k}{m}x$$

Mientras la masa m permanezca constante, la relación k/m también será constante, lo que indica que la magnitud de la aceleración aumenta con el desplazamiento. Se usa el signo menos porque la aceleración siempre se dirige hacia el centro de la oscilación.

Para determinar nuevas relaciones en forma directa hacen falta conocimientos de cálculo integral. Por fortuna, estas ecuaciones se pueden deducir por medio de métodos geométricos. Cuando un cuerpo se mueve en una trayectoria circular con rapidez uniforme, su proyección lineal se mueve con MAS. Esto se ilustra en la fig. 3, donde la sombra de una pelota unida a un disco giratorio oscila hacia atrás y hacia adelante con movimiento periódico. Este experimento sugiere que nuestro conocimiento sobre el movimiento circular uniforme puede ser útil para describir el MAS.

El círculo de referencia de la fig. 4 se utiliza para comparar el movimiento de un objeto que se mueve en un círculo, con su proyección horizontal. Puesto que es el movimiento de la proyección el que deseamos estudiar, nos referiremos aquí a la posición P del objeto que se mueve en círculo como el punto de referencia. El radio del círculo de referencia es igual a la amplitud de la oscilación horizontal. Si la velocidad lineal v_T y la velocidad angular w del punto de referencia son constantes, entonces la proyección Q se moverá de un lado al otro con un MAS. Al tiempo se le asigna un valor de cero cuando el punto de referencia se encuentra en B en la fig. 4. En un momento posterior t, el punto de referencia P se habrá movido a través de un ángulo θ. El desplazamiento x de la proyección Q es, por lo tanto,

$$x = A \cos\theta$$

Hay que recordar que el ángulo θ = wt, por lo que ahora podemos escribir el desplazamiento como una función de la velocidad angular del punto de referencia.

$$x = A \cos\theta = wt$$

Aunque la velocidad angular w es útil para describir el movimiento del punto de referencia P, no se aplica directamente a la proyección Q. Sin embargo, recordemos que la velocidad angular se relaciona con la frecuencia de revolución mediante

$$w = 2\pi f$$

donde w se expresa en radianes por segundo y f es el número de revoluciones por segundo. También hay que reconocer que la proyección Q describirá una oscilación completa, mientras el punto de referencia describe una revolución completa. Por lo tanto, la frecuencia f es la misma para cada punto. Sustituyendo w = 2πf en la ecuación, obtenemos

$$x = A\ cos\ 2\pi ft$$

Esta ecuación se puede aplicar para calcular el desplazamiento de un cuerpo que se mueve con un MAS de amplitud A y frecuencia f. Recuerde que el desplazamiento x siempre se mide a partir del centro de la oscilación.

VELOCIDAD EN EL MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE

Considere un cuerpo que se mueve de un lado a otro con up MAS bajo la influencia de una fuerza de recuperación. Puesto que la dirección del cuerpo que vibra se invierte en los puntos extremos de su movimiento, su velocidad debe ser cero cuando su desplazamiento es máximo. Entonces se acelera hacia el centro mediante la fuerza de recuperación, hasta que alcanza su máxima velocidad en el centro de la oscilación, cuando su desplazamiento es cero.

En la figura 5 la velocidad de un cuerpo que vibra se compara en tres distintos instantes con los correspondientes puntos sobre el círculo de referencia. Se observará que la velocidad v del cuerpo que vibra, en cualquier instante dado, es la componente horizontal de la velocidad tangencial v_T del punto de referencia. En el punto B, el punto de referencia se mueve en dirección vertical hacia arriba y, no tiene velocidad horizontal. Por lo tanto, este punto corresponde a la velocidad cero del cuerpo que vibra, cuando éste alcanza su amplitud A. En el punto C la componente horizontal v_T es igual a su magnitud total. Este punto corresponde a una posición de máxima velocidad para el cuerpo que vibra, es decir, a su centro de oscilación. En general, la velocidad del cuerpo que vibra, en cualquier punto Q, se determina a partir del círculo de referencia en esta forma:

$$v = -v_T \; sen\,\theta = -v_T \; sen\,wt$$

El signo es negativo en virtud de que la dirección de la velocidad es hacia la izquierda. Podemos darle una forma más conveniente a la ecuación recordando la relación entre la velocidad tangencial v_T y la velocidad angular:

$$v_T = wA = 2\pi f A$$

Sustituyendo en la ecuación nos queda

$$v = -2\pi f A \; sen\; 2\pi f t$$

Esta ecuación proporciona la velocidad de un cuerpo que vibra en cualquier instante si se tiene presente que sen θ es negativo cuando el punto de referencia queda por debajo del diámetro del círculo de referencia.

ACELERACIÓN EN EL MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE

La velocidad de un cuerpo que vibra jamás es constante. Por lo tanto, aunque no se mencionó con frecuencia, la aceleración desempeña un papel importante en las ecuaciones obtenidas en la sección anterior. Ahora trataremos de obtener una expresión que nos permita determinar la aceleración de los objetos bajo la influencia de una fuerza de restitución.

En la posición de desplazamiento máximo, la velocidad de un objeto que vibra es igual a cero. Es en ese instante cuando el cuerpo está sometido a la máxima fuerza de restitución. Por lo tanto, la aceleración del cuerpo es máxima cuando su velocidad es cero. Cuando el objeto se aproxima a su posición de equilibrio, la fuerza de recuperación (y por lo tanto la aceleración) se reduce hasta llegar a cero en el centro de la oscilación.

En la posición de equilibrio, la aceleración es cero y la velocidad alcanza su valor máximo.

La figura 6 demuestra que la aceleración a de una partícula que se mueve con MAS es igual a la componente horizontal de la aceleración centrípeta a_C del punto de referencia. A partir de la figura,

$$a = -a_C \; cos\,\theta = -a_C \; cos\,wt$$

El signo menos indica que la aceleración está dirigida hacia la izquierda. Recordando que $a_C = w^2R$ y que R = A, podemos reescribir la ecuación como

$$a = -w^2 A \; cos\,wt$$

Sustituyendo w = 2πf, como en la sección previa, obtenemos

$$a = -4\pi^2 f^2 A \; \cos\; 2\pi f$$

La ecuación puede simplificarse observando que

$$cos\,\theta = cos\; 2\pi f t = \frac{x}{A}$$

Sustituyendo este resultado, tenemos

$$a = -4\pi^2 f^2 \cancel{A} \; \frac{x}{\cancel{A}}$$

o bien

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

Por lo tanto, la aceleración es directamente proporcional al desplazamiento y opuesta a la dirección de éste.

EL PERIODO Y LA FRECUENCIA

A partir de la información dada acerca de los conceptos desplazamiento, velocidad y aceleración de cuerpos que vibran, podemos derivar algunas fórmulas útiles para calcular el periodo o frecuencia de la vibración. Por ejemplo, si resolvemos la ecuación para la frecuencia f, obtenemos

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

Puesto que el desplazamiento x y la aceleración son siempre de signos opuestos, el término –a/x siempre es positivo.
El periodo T es el recíproco de la frecuencia. Recurriendo a este hecho en la ecuación, definimos el periodo como

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

Por consiguiente, si se conoce la aceleración para un determinado desplazamiento, puede calcularse el periodo de vibración. Cuando se analiza el movimiento de cuerpos bajo la influencia de una fuerza de recuperación elástica, es más conveniente expresar el periodo como función de la constante del resorte y de la masa del cuerpo que vibra. Esto se puede lograr comparando las ecuaciones:

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

Combinando estas relaciones obtenemos

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

de donde resulta que la frecuencia es

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

Finalmente, el periodo T está dado por el recíproco de la frecuencia. O sea,

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

Observe que ni el periodo ni la frecuencia dependen de la amplitud (desplazamiento máximo) del cuerpo que vibra. Dependen únicamente de la constante del resorte y de la masa del cuerpo que vibra.

EL PÉNDULO SIMPLE

Cuando una lenteja de un péndulo oscila unida al extremo de una cuerda o varilla ligera, como se muestra en la fig. 8, se trata aproximadamente de un MAS. Si suponemos que toda la masa se concentra en el centro de gravedad de la lenteja y que la fuerza de recuperación actúa en un sólo punto; nos referiremos a este aparato como al péndulo. Aunque esta suposición no es estrictamente cierta, se obtiene una aproximación haciendo que la masa de la cuerda o varilla de sostén sea pequeña en comparación con la de la lenteja del péndulo.
Observe que el desplazamiento x de la lenteja no se produce a lo largo de una recta sino que sigue un arco subtendido por el ángulo θ. La longitud del desplazamiento es simplemente el producto del ángulo θ y de la longitud de la cuerda, por lo cual

$$x = l\theta$$

Si el movimiento de la lenteja corresponde al MAS, la fuerza de recuperación debe estar dada por

$$F = -kx = -kl\theta$$

lo que significa que la fuerza de recuperación debiera ser proporcional a θ, puesto que la longitud l es constante. Examinemos la fuerza de recuperación para ver si esto es cierto. En el movimiento de un lado a otro de la lenteja, la fuerza de recuperación necesaria es proporcionada por la componente tangencial del peso. Partiendo de la figura 8, podemos escribir

$$F = -mg\ sen\ \theta$$

Por consiguiente, la fuerza de recuperación es proporcional a sen θ y no a θ. La conclusión es que la lenteja no oscila con MAS. Sin embargo, si estipulamos que el ángulo θ es pequeño, sen θ será aproximadamente igual al ángulo θ en radianes. Verifique esta aproximación considerando varios ángulos pequeños:

sen θ	θ (rad)
sen 6° = 0.1045	6° = 0.1047
sen 12° = 0.208	12° = 0.209
sen 27° = 0.454	27° = 0.471

Cuando se utiliza la aproximación sen θ ≈ θ, la ecuación se vuelve

$$F = -mg \operatorname{sen} \theta = -mg\theta$$

Comparando esta relación con la ecuación, obtenemos

$$F = -kl\theta = -mg\theta$$

de donde

$$\frac{m}{k} = \frac{l}{g}$$

Sustituyendo esta proporción en la ecuación se obtiene una expresión para el periodo de un péndulo simple:

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

Observe que para amplitudes pequeñas el periodo del péndulo simple no es función ni de la masa de la lenteja, ni de la amplitud de la vibración. En realidad, puesto que la aceleración de la gravedad es constante, el periodo depende exclusivamente de la longitud de la cuerda o varilla.

EL PÉNDULO DE TORSIÓN

Otro ejemplo de MAS es el péndulo de torsión (fig. 9), que consiste en un disco o cilindro sólido apoyado en el extremo de una barra delgada. Si el disco se hace girar recorriendo un ángulo θ, el momento de torsión T es directamente proporcional al desplazamiento angular. Por lo tanto,

$$\tau = -k'\theta$$

donde k' es una constante que depende del material de que está hecha la varilla.

Cuando el disco se suelta, el par de recuperación produce una aceleración angular que es directamente proporcional al desplazamiento angular. El periodo del movimiento armónico simple angular producido en esta forma está dado por

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{k'}}$$

donde I es el momento de inercia del sistema que vibra y k' es la constante de torsión.

CONCEPTOS CLAVE

1. movimiento armónico simple
2. constante elástica
3. fuerza de recuperación
4. péndulo simple
5. constante de torsión
6. desplazamiento
7. amplitud
8. frecuencia
9. Periodo
10. Hertz

FIGURAS

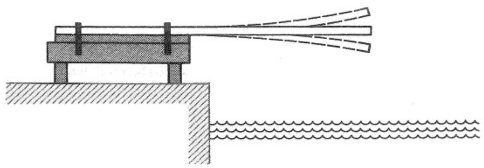


Fig. 1 Vibración periódica de un trampolín.

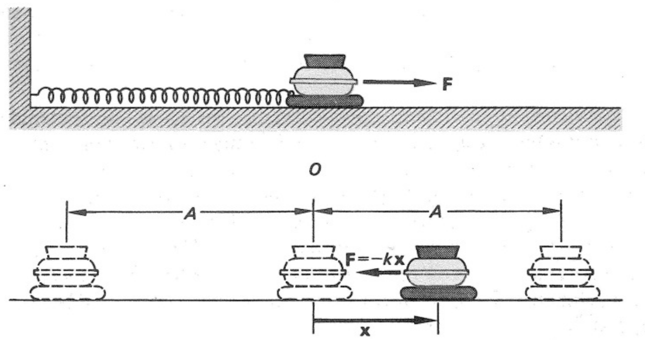


Fig. 2 El deslizador sin fricción puede usarse para ejemplificar el movimiento armónico simple. La fuerza de recuperación F siempre se dirige hacia el centro de oscilación O.

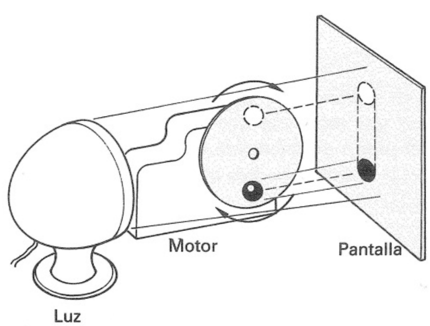


Fig. 3 La proyección o sombra de una pelota unida a un disco que gira se mueve con movimiento armónico simple.

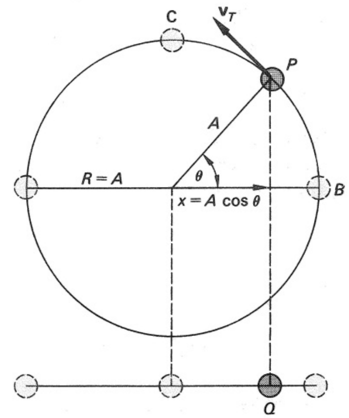
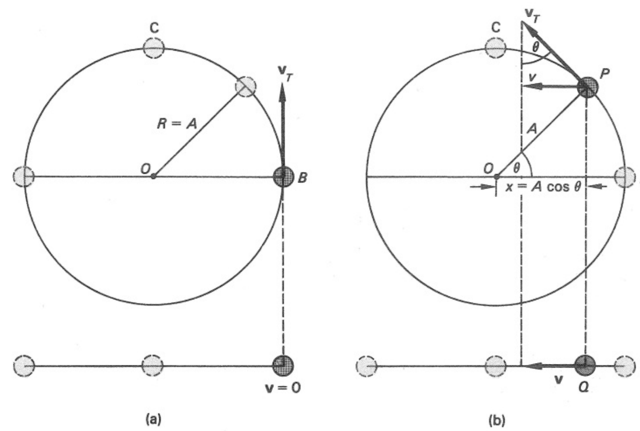


Fig. 4 Desplazamiento en el movimiento armónico simple.



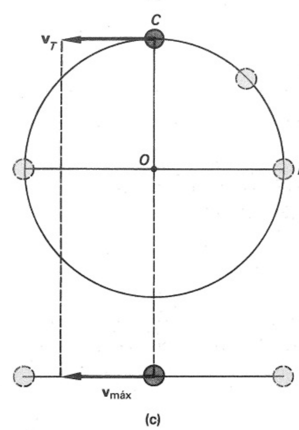


Fig. 5 La velocidad y el círculo de referencia.

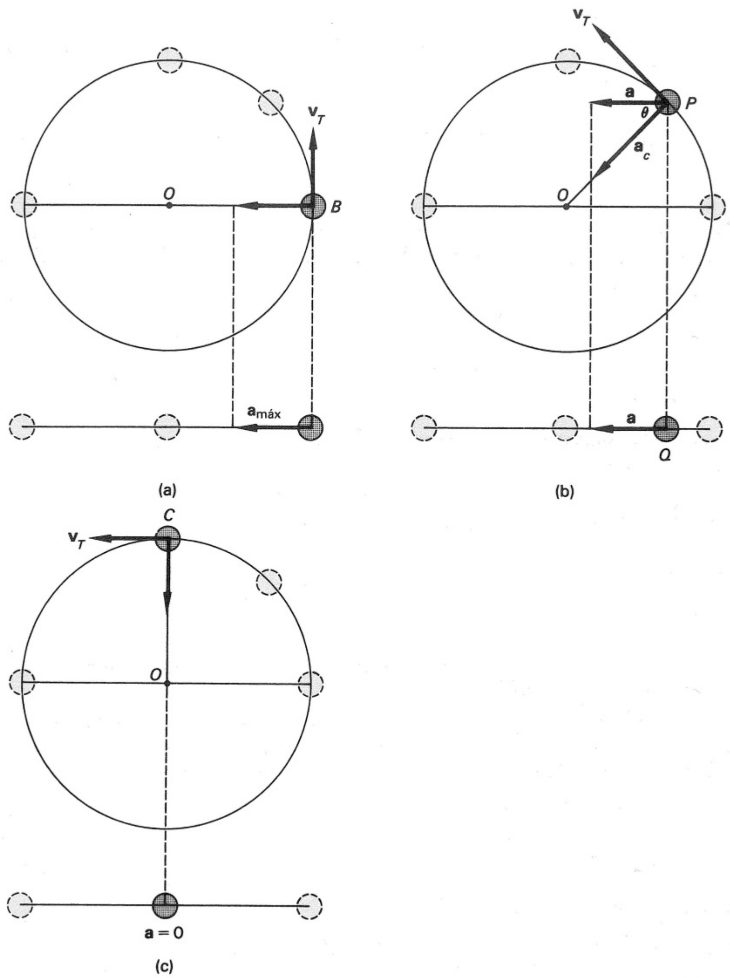


Fig. 6 La aceleración y el círculo de referencia.

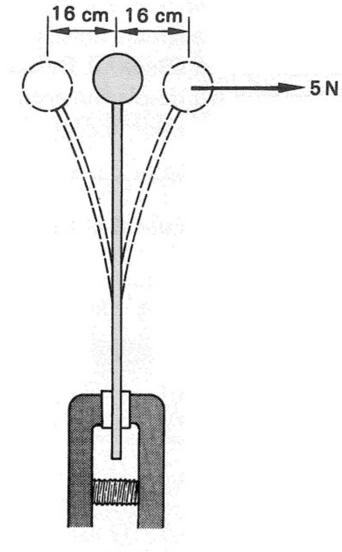


Figura 7

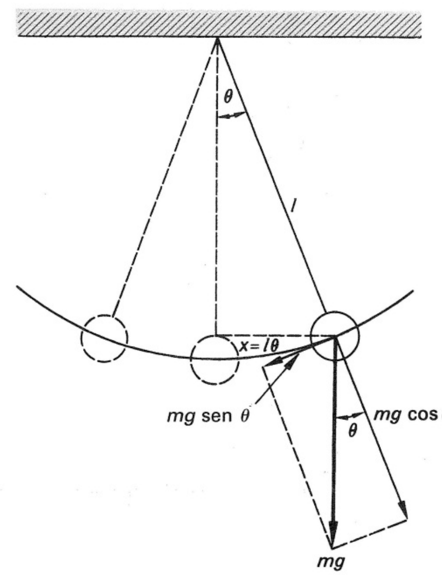


Figura 8

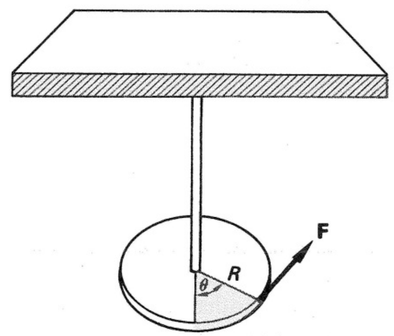


Figura 9

E J E M P L O 1

Un deslizador unido a un resorte, como el de la figura 2, es apartado hacia la derecha hasta una distancia de 6 cm y luego se suelta.
(a) Si regresa al punto desde donde se soltó en 2 s y continúa vibrando con MAS, calcule su posición y su velocidad después de 5.2 s.
(b) ¿Cuál es su velocidad máxima?.

Solución (a)
El tiempo que dura una vibración completa es 2 s. Por lo tanto, la frecuencia está dada por

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\ \mathrm{s}} = 0.5\ \mathrm{Hz}$$

La posición al cabo de 5.2 s es

$$\begin{aligned} x &= A \cos 2\pi f t \\ &= (6\ \mathrm{cm}) \cos\,[(2\pi)(0.5\ \mathrm{Hz})(5.2\ \mathrm{s})] \\ &= (6\ \mathrm{cm}) \cos\,(16.34\ \mathrm{rad}) \end{aligned}$$

Antes de evaluar cos (16.34 rad) asegúrese de que la calculadora está ajustada para leer ángulos en radianes (rad). También se aconseja no tratar de redondear los números antes de tener la respuesta final Un pequeño error en la medida en radianes es significativa. Después de tomar estas precauciones, el desplazamiento x resulta ser

$$x = (6\ \mathrm{cm})(-0.809) = -4.85$$

El signo menos indica que el deslizador se encuentra a 4.85 cm a la izquierda de su posición de equilibrio.

La velocidad del deslizador después de 5.2 s se encuentra a partir de

$$\begin{aligned} v &= -2\pi f A \text{ sen } 2\pi f t \\ &= -2\pi(0.5\ \mathrm{Hz})(6\ \mathrm{cm})(\text{sen } 16.34\ \mathrm{rad}) \\ &= (-18.8\ \mathrm{cm/s})(-0.588) \\ &= 11.1\ \mathrm{cm/s} \end{aligned}$$

La velocidad es positiva, lo que indica que el movimiento es hacia la derecha.

Solución (b)
La velocidad máxima se presenta cuando el desplazamiento es cero o cuando el ángulo de referencia es de 90° o de 270°. Por consiguiente,

$$\begin{aligned} v_{\text{máx}} &= -2\pi f A \text{ sen } 90° = -2\pi f A \\ &= -2\pi(0.5\ \mathrm{Hz})(6\ \mathrm{cm}) \\ &= -18.8\ \mathrm{cm/s} \end{aligned}$$

Esto representa la velocidad máxima dirigida hacia la izquierda puesto que elegimos 90° como ángulo de referencia. Si se hubiera elegido 270°, habría resultado un valor positivo.

E J E M P L O 2

Una bola de acero de 2 kg está unida al extremo de una tira plana de metal que está sujeta en su base, como muestra la figura 7.
(a) Si se requiere una fuerza de 5 N para desplazar la bola 16 cm, ¿cuál será su periodo de vibración después de soltarla?
(b) ¿Cuál es su aceleración máxima?.

Solución (a)
Una fuerza de 5 N desplaza la masa 16 cm. O sea que la constante del resorte es

$$k = \frac{F}{x} = \frac{5\ \mathrm{N}}{0.16\ \mathrm{m}} = 31.2\ \mathrm{N/m}$$

El periodo se encuentra a partir de la ecuación

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{2\ \mathrm{kg}}{31.2\ \mathrm{N/m}}}$$
$$= 2\pi(0.253) = 1.59\ \mathrm{s}$$

Solución (b)
La aceleración máxima se alcanza cuando el desplazamiento es máximo: cuando x = 0.16 m. Por consiguiente,

$$a = -4\pi^2 f^2 x = -\frac{4\pi^2}{T^2}x$$
$$= -\frac{4\pi^2(0.16\ \mathrm{m})}{(1.59\ \mathrm{s})^2} = -2.5\ \mathrm{m/s^2}$$

E J E M P L O 3

En un experimento de laboratorio un estudiante recibe un cronómetro, una lenteja de madera y un trozo de cuerda. Se le pide que determine el valor de la aceleración de la gravedad g. Si el estudiante construye un péndulo simple de 1 m de longitud y al medir el periodo, éste es de 2 s, ¿qué valor obtendrá para g?

Solución
Elevando al cuadrado ambos miembros de la ecuación se obtiene

$$T^2 = 4\pi^2\frac{l}{g}$$

de donde

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{4\pi^2(1\ \mathrm{m})}{(2\ \mathrm{s})^2}$$
$$= 9.87\ \mathrm{m/s^2}$$

E J E M P L O 4

Un disco sólido cuya masa es de 0.16 kg y su radio es de 0.12 m se gira un ángulo de 1 rad y luego se suelta.
(a) Si la constante de torsión del alambre del que cuelga el disco es de 0.025 N · m/rad, calcule la máxima aceleración angular.
(b) ¿Cuál es el periodo de oscilación?

Solución (a)
El momento de inercia del disco es

$$I = \frac{1}{2}mR^2 = \frac{1}{2}(0.16\ \mathrm{kg})(0.12\ \mathrm{m})^2$$
$$= 1{,}15 \times 10^{-3}\ \mathrm{kg\cdot m^2}$$

La aceleración angular es máxima cuando el desplazamiento angular es de 1 rad.

A partir de la ecuación tenemos:

$$\tau = I\alpha = -k'\theta$$

$$\alpha = -\frac{k'\theta}{I} = \frac{-(0.025\ \text{N}\cdot\text{m/rad})(1\ \text{rad})}{1.15\times10^{-3}\ \text{kg}\cdot\text{m}^2}$$

$$= -21.7\ \text{rad/s}^2$$

Solución (b)
El periodo según la ecuación es

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{k'}} = 2\pi\sqrt{\frac{1.15\times10^{-3}\ \text{kg}\cdot\text{m}^2}{0.025\ \text{N}\cdot\text{m/rad}}}$$

$$= 2\pi(0.214)\text{s} = 1.35\ \text{s}$$

Observe que el periodo no es función del desplazamiento angular.

EJERCICIOS

1. Para un péndulo de 0.25 m de longitud con un periodo medido de 1.0 s, ¿qué valor de g se alculará?

a) 9.7 m/s²
b) 9.9 m/s²
c) 10.0 m/s²
d) 9.8 m/s²

Respuesta correcta: d) 9.8 m/s²

2. Una masa de 0.8 kg unida a un resorte oscila con un periodo de 1.5 s. ¿Cuál es la constante del resorte?

a) 8.0 N/m
b) 10.5 N/m
c) 14.0 N/m
d) 22.3 N/m

3. Un objeto oscila con MAS con una amplitud de 10 cm y un periodo de 4 s. ¿Cuál es su posición después de 3 s si parte del extremo máximo positivo?

a) 5 cm
b) 10 cm
c) -5 cm
d) -10 cm

4. Un estudiante quiere obtener g usando un péndulo de 0.6 m de longitud. Si el periodo medido es de 1.55 s, ¿qué valor obtendrá?

a) 9.9 m/s²
b) 9.5 m/s²
c) 9.7 m/s²
d) 10.0 m/s²

5. Un péndulo simple tiene un periodo de 2 s. ¿Qué desplazamiento tiene después de 1 s si la amplitud es de 15 cm y parte del equilibrio?

a) 0 cm
b) 15 cm
c) -15 cm
d) 10.6 cm

6. Una masa de 3 kg unida a un resorte oscila con una aceleración máxima de 6 m/s². Si la amplitud es 0.2 m, ¿cuál es la constante del resorte?

a) 30 N/m
b) 45 N/m
c) 60 N/m
d) 90 N/m

7. Una masa unida a un resorte realiza MAS con una frecuencia de 0.5 Hz. ¿Cuál es su velocidad máxima si la amplitud es 0.2 m?

a) 0.2π m/s
b) 0.1π m/s
c) π m/s
d) 0.4π m/s

8. Para un péndulo de 0.4 m de longitud, ¿qué periodo debería medir un estudiante para que g sea 9.8 m/s²?

a) 1.10 s
b) 1.20 s
c) 1.25 s
d) 1.30 s

9. Si un resorte se estira 20 cm con una fuerza de 4 N, ¿cuál es su constante elástica?

a) 10 N/m
b) 20 N/m
c) 25 N/m
d) 40 N/m

10. Si un objeto que oscila con MAS tiene una amplitud de 6 cm y un periodo de 3 s, ¿cuál será su posición después de 0.75 s desde el equilibrio?

a) 6 cm
b) 0 cm
c) -6 cm
d) 4.2 cm

11. Un péndulo tiene un periodo de 2.0 s y una longitud de 1.0 m. ¿Qué valor de g determinará el estudiante?

a) 9.5 m/s²
b) 9.8 m/s²
c) 10.0 m/s²
d) 9.6 m/s²

12. Un resorte requiere una fuerza de 3 N para extenderse 12 cm. Si se conecta una masa de 1.5 kg, ¿cuál será su frecuencia angular?

a) 5 rad/s
b) 4 rad/s
c) 2 rad/s
d) 1 rad/s

13. El periodo de un sistema torsional es 2.0 s y la constante del alambre es 0.02 N·m/rad. ¿Cuál es el momento de inercia del sistema?

a) 0.010 kg·m²
b) 0.015 kg·m²
c) 0.020 kg·m²
d) 0.025 kg·m²

14. Una partícula en MAS tiene una posición dada por $x(t) = 4\cos(\pi t)$. ¿Cuál es su velocidad en t = 1 s?

a) 0 cm/s
b) -4π cm/s
c) 4π cm/s
d) $-\pi$ cm/s

15. Si un péndulo tiene un periodo de 1.6 s, ¿cuál debe ser la longitud del hilo para que g sea 9.8 m/s²?

a) 0.62 m

b) 0.64 m
c) 0.66 m
d) 0.68 m

16. Una rueda con momento de inercia de 0.01 $kg \cdot m^2$ cuelga de un alambre. Si su periodo torsional es 1.57 s, ¿cuál es la constante del alambre?

a) 0.16 N·m/rad
b) 0.20 N·m/rad
c) 0.25 N·m/rad
d) 0.40 N·m/rad

17. Una masa de 2 kg se sujeta a una tira metálica con constante efectiva de 31.25 N/m. ¿Cuál es el periodo de oscilación del sistema?

a) 0.5 s
b) 1.0 s
c) 1.6 s
d) 2.0 s

18. Una masa oscila con frecuencia de 2 Hz y amplitud de 5 cm. ¿Cuál es su velocidad cuando pasa por el punto medio?

a) 20π cm/s
b) 10π cm/s
c) 5π cm/s
d) 2π cm/s

19. Un disco de 0.12 kg y radio 0.10 m se suelta desde una torsión de 0.01 N·m. ¿Cuál es su aceleración angular máxima?

a) 1.67 rad/s^2
b) 2.22 rad/s^2
c) 2.78 rad/s^2
d) 3.33 rad/s^2

20. Si el periodo de un péndulo de 0.9 m es de 1.9 s, ¿qué valor estimará un estudiante para la aceleración de la gravedad?

a) 9.1 m/s^2
b) 9.4 m/s^2
c) 9.7 m/s^2
d) 9.8 m/s^2

21. Un objeto tiene una aceleración angular máxima de 4 rad/s^2 debido a una torsión máxima de 0.012 N·m. ¿Cuál es su momento de inercia?

a) 0.003 $kg \cdot m^2$
b) 0.004 $kg \cdot m^2$
c) 0.002 $kg \cdot m^2$
d) 0.006 $kg \cdot m^2$

22. Si una partícula en MAS tiene un periodo de 2 s, ¿cuánto tiempo tarda en ir del extremo positivo al extremo negativo?

a) 1 s
b) 0.5 s
c) 2 s
d) 1.5 s

23. Si un sistema en MAS tiene frecuencia de 2 Hz y amplitud de 0.1 m, ¿cuál es su velocidad máxima?

a) 0.63 m/s
b) 0.79 m/s
c) 1.26 m/s
d) 1.57 m/s

24. Un disco uniforme de 0.20 kg y 0.10 m de radio cuelga de un alambre con constante de torsión de 0.05 N·m/rad. ¿Cuál es su periodo de oscilación?

a) 1.33 s
b) 1.41 s
c) 1.50 s
d) 1.67 s

25. Un péndulo de 1.5 m de longitud oscila con un periodo de 2.45 s. ¿Cuál será el valor aproximado de la aceleración de la gravedad?

a) 9.6 m/s²
b) 9.5 m/s²
c) 9.3 m/s²
d) 9.8 m/s²

26. Una partícula tiene un MAS de ecuación $x(t) = 3\sin(2\pi t)$. ¿Cuál es su aceleración máxima?

a) $6\pi^2$ m/s²
b) $12\pi^2$ m/s²
c) $3\pi^2$ m/s²
d) $9\pi^2$ m/s²

27. Un cilindro de masa 0.3 kg y radio 0.15 m gira 2 rad y luego se suelta. Si la constante de torsión es 0.03 N·m/rad, ¿cuál es la aceleración angular máxima?

a) 5.33 rad/s²
b) 4.44 rad/s²
c) 3.33 rad/s²
d) 2.22 rad/s²

28. Una masa de 0.25 kg unida a un resorte oscila con una amplitud de 0.08 m. Si la constante del resorte es 20 N/m, ¿cuál es su aceleración máxima?

a) 4 m/s²
b) 6.4 m/s²
c) 8 m/s²
d) 10.2 m/s²

29. Un estudiante construye un péndulo de 0.8 m de longitud y mide un periodo de 1.8 s. ¿Qué valor obtiene para la aceleración de la gravedad?

a) 9.8 m/s²
b) 9.5 m/s²
c) 9.2 m/s²
d) 9.0 m/s²

30. La energía total de un MAS depende de:

a) La masa y la aceleración
b) La amplitud y la constante del resorte
c) La frecuencia y la velocidad
d) La posición inicial

31. Si un sistema tiene un momento de inercia de 0.005 kg·m² y una constante de torsión de 0.02 N·m/rad, ¿cuál será su frecuencia angular?

a) 2 rad/s
b) 4 rad/s
c) 6 rad/s
d) 8 rad/s

32. Una esfera de masa 0.5 kg unida a un resorte se desplaza 10 cm cuando se aplica una fuerza de 2 N. ¿Cuál es el periodo de vibración del sistema?

a) 0.44 s
b) 0.63 s
c) 0.88 s
d) 1.00 s

33. Una rueda de inercia de 0.25 kg y 0.08 m de radio está sujeta por un alambre con constante de torsión de 0.04 N·m/rad. ¿Cuál es su periodo?

a) 1.10 s
b) 1.27 s
c) 1.40 s
d) 1.55 s

34. Un estudiante realiza un péndulo de 1.2 m de longitud y mide un periodo de 2.2 s. ¿Cuál es el valor de g que obtendrá?

a) 9.6 m/s^2
b) 9.4 m/s^2
c) 9.2 m/s^2
d) 9.0 m/s^2

35. Una masa oscila con una posición $x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$. Si $x(0) = 0$ y $v(0) > 0$, ¿cuál es el valor de φ?

a) $\pi/2$
b) 0
c) π
d) $-\pi/2$

36. Un disco de 0.18 kg y radio 0.09 m se suelta desde una torsión máxima de 0.015 N·m. ¿Cuál es la aceleración angular inicial?

a) 2.22 rad/s^2
b) 1.39 rad/s^2
c) 3.33 rad/s^2
d) 4.44 rad/s^2

37. Una masa de 1 kg unida a un resorte con constante 16 N/m se libera desde el extremo de su amplitud. ¿Cuál es su velocidad máxima?

a) 1.6 m/s
b) 2.0 m/s
c) 3.2 m/s
d) 4.0 m/s

38. Si un péndulo tiene una longitud de 0.5 m y su periodo es 1.42 s, ¿cuál es el valor aproximado de g calculado por el estudiante?

a) 9.8 m/s^2
b) 9.7 m/s^2
c) 9.6 m/s^2
d) 9.9 m/s^2

39. Un cuerpo con momento de inercia de 0.002 $kg \cdot m^2$ y constante de torsión 0.06 N·m/rad oscila torsionalmente. ¿Cuál es su periodo?

a) 1.25 s
b) 1.45 s
c) 1.15 s
d) 1.10 s

40. Un sistema masa-resorte tiene un periodo de 2 s y una amplitud de 5 cm. ¿Cuál es su aceleración máxima?

a) 0.25 m/s^2
b) 0.50 m/s^2
c) 0.79 m/s^2
d) 1.57 m/s^2

PREGUNTAS RAZONAMIENTO Y AFIRMACIÓN

OPCIONES DE RESPUESTA Y SU SIGNIFICADO

- **Opción a: Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.**
  → Ambas son correctas y **hay relación causal**.
- **Opción b: Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.**→ Ambas son correctas, pero **no hay relación causal** entre ellas.
- **Opción c: Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.**→ La razón es correcta, pero la afirmación **es errónea**.
- **Opción d: Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.**→ La afirmación es correcta, pero la **razón no lo es**.

41. **AFIRMACIÓN** Un objeto que vibra con MAS regresa continuamente a su posición de equilibrio.
    RAZÓN: La fuerza de recuperación es siempre proporcional y opuesta al desplazamiento.
    Opciones:
    a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
    b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
    c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
    d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

42. **AFIRMACIÓN** La velocidad de un objeto en MAS es máxima en el punto medio de su recorrido.
    RAZÓN: En ese punto, el desplazamiento es máximo y la aceleración es nula.
    Opciones:
    a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
    b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
    c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
    d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

43. **AFIRMACIÓN** El periodo del péndulo simple depende únicamente de la longitud del hilo.
    RAZÓN: Para ángulos pequeños, el movimiento de un péndulo es aproximadamente armónico simple.
    Opciones:
    a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
    b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
    c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
    d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

44. **AFIRMACIÓN** La frecuencia de un objeto en MAS no depende de su amplitud.
    RAZÓN: La frecuencia está determinada por la masa del objeto y la constante del resorte.
    Opciones:
    a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
    b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
    c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
    d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

45. **AFIRMACIÓN** Un péndulo de longitud mayor oscila con menor frecuencia.
RAZÓN: El periodo del péndulo es proporcional a la raíz cuadrada de la longitud.
Opciones:
a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

46. **AFIRMACIÓN** El MAS es un movimiento periódico.
RAZÓN En cada ciclo, el objeto pasa por la misma posición con la misma velocidad y aceleración.
Opciones:
a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

47. **AFIRMACIÓN** Un objeto que realiza MAS presenta aceleración máxima cuando se encuentra en su posición de equilibrio.
RAZÓN: La fuerza de recuperación es nula en esa posición.
Opciones:
a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

48. **AFIRMACIÓN** La energía de un sistema que realiza MAS es constante si no hay fricción.
RAZÓN: En ausencia de fuerzas disipativas, se conserva la energía mecánica total.
Opciones:
a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

49. **AFIRMACIÓN** La máxima velocidad en el MAS se alcanza en los extremos del movimiento.
RAZÓN: En esos puntos la aceleración es nula.
Opciones:
a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

50. **AFIRMACIÓN** La aceleración en MAS es una función lineal del desplazamiento.
RAZÓN: La ecuación $a = -\omega^2 x$ lo demuestra.
Opciones:
a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.

c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

51. **AFIRMACIÓN** El desplazamiento de una partícula en MAS puede representarse mediante una función seno o coseno.
RAZÓN: Estas funciones son periódicas y simétricas.
Opciones:
a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

52. **AFIRMACIÓN** En un MAS, el objeto nunca se detiene por completo.
RAZÓN: La fuerza de restitución siempre está actuando.
Opciones:
a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

53. **AFIRMACIÓN** El péndulo de torsión es un ejemplo de MAS.
RAZÓN: La torsión angular es proporcional al desplazamiento angular.
Opciones:
a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

54. **AFIRMACIÓN** La aceleración en el MAS se anula cuando la velocidad es máxima.
RAZÓN: La aceleración se dirige hacia el equilibrio y es proporcional al desplazamiento.
Opciones:
a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

55. **AFIRMACIÓN** La constante elástica del resorte afecta el periodo de oscilación.
RAZÓN: La constante elástica representa la rigidez del resorte.
Opciones:
a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

56. **AFIRMACIÓN** Un objeto que oscila con MAS se mueve más rápido cuanto más lejos esté del equilibrio.
RAZÓN: La velocidad máxima ocurre cuando el desplazamiento es máximo.
Opciones:
a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no

explica la afirmación.
c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

57. **AFIRMACIÓN** El desplazamiento en MAS varía con el coseno del ángulo θ.
RAZÓN: El MAS puede representarse como la proyección horizontal de un movimiento circular uniforme.
Opciones:
a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

58. **AFIRMACIÓN** El momento de inercia influye en el periodo de un péndulo de torsión.
RAZÓN: El periodo depende directamente de la raíz del cociente entre momento de inercia y constante de torsión.
Opciones:
a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

59. **AFIRMACIÓN** La velocidad en el MAS se calcula como la derivada del desplazamiento respecto al tiempo.
RAZÓN La velocidad se relaciona con el seno del ángulo de referencia.
Opciones:
a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

60. **AFIRMACIÓN** El periodo de un péndulo no depende de su masa.
RAZÓN: La aceleración de la gravedad afecta el periodo de oscilación del péndulo.
Opciones:
a) Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
b) Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
c) Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
d) Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

BIBLIOGRAFÍA

Mc Graw Hill Serway, Física Tomo II

Prentice Hall, Wilson - Buffa, Física

Editorial Voluntad Física Investiguemos

Wikipedia. Enciclopedia libre Apuntes de Física Luis Alfredo Caro Fisicanet

Ver FÍSICA OLIMPIADAS 10 (Editorial Voluntad) Ejercicios de página de Internet fuerzas mecánicas. Ejercicios y laboratorios virtuales

www.educaplus.org www. Ibercajalav.net/