

# *Actividad de resolución de problemas*

Tema: Movimiento armónico simple

**Docente de cátedra:** Dra. Narcisa Sánchez

**Periodo académico:** 2025 1s

**Asignatura:** Mecánica de fluidos, oscilaciones y ondas

**Semestre:** 4to

**Fecha de publicación:** 14 de junio de 2025

**Fecha de entrega:** 22 de junio de 2025

---

## 1. Instrucciones:

Con el objetivo de reforzar y evaluar los conocimientos adquiridos en la unidad de **Movimiento Armónico Simple (MAS)**, se propone la siguiente actividad:

- Seleccione **cinco (5) ejercicios** de cada uno de los bloques temáticos que se presentan a continuación.
- Resuelva los problemas de forma **explicativa y detallada**, justificando cada paso del procedimiento.
- Incluya **gráficos o esquemas** cuando sea necesario, para favorecer la comprensión conceptual del fenómeno físico.
- La **evaluación correspondiente a la unidad de Movimiento Armónico Simple** se tomará a partir de los problemas propuestos en este texto según los temas descritos a continuación.

### Temáticas disponibles:

- Movimiento Armónico Simple (MAS)
- MAS y su relación con el movimiento circular uniforme
- Energía en el MAS
- MAS aplicado a sistemas con resortes (muelles)
- Péndulo simple
- Péndulo físico

- Oscilaciones amortiguadas
- Oscilaciones forzadas y resonancia

*Nota:* El libro completo del cual se tomaron los problemas propuestos está disponible en el canal de la asignatura de Mecánica de fluidos, oscilaciones y ondas.

## MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE

*Nota: a menos que se indique lo contrario, suponer que el movimiento de los objetos de esta sección es armónico simple.*

29 • La posición de una partícula viene dada por  $x = (7 \text{ cm}) \cos 6\pi t$ , donde  $t$  viene dado en segundos. Determinar (a) la frecuencia, (b) el periodo y (c) la amplitud del movimiento de la partícula. (d) ¿Cuál es el primer instante después de  $t = 0$  en el que la partícula está en su posición de equilibrio? ¿En qué sentido se está moviendo en ese instante?

30 • ¿Cuál es la constante de fase  $\delta$  de la ecuación 14.4 si la posición de la partícula oscilante en el instante  $t = 0$  es (a) 0, (b)  $-A$ , (c)  $A$ , (d)  $A/2$ ?

31 • Una partícula de masa  $m$  parte del reposo en  $x = +25 \text{ cm}$  y oscila alrededor de su posición de equilibrio en  $x = 0$  con un periodo de 1,5 s. Escribir las ecuaciones para (a) la posición  $x$  en función del tiempo  $t$ , (b) la velocidad  $v_x$  en función de  $t$  y (c) la aceleración  $a_x$  en función de  $t$ . **SSM**

32 •• Hallar el módulo máximo de (a) la velocidad y (b) la aceleración de la partícula del problema 29. (c) ¿Cuál es la primera vez que la partícula está en  $x = 0$  y moviéndose hacia la derecha?

33 •• Resolver el problema 31 para el caso en que la partícula está inicialmente en  $x = 25 \text{ cm}$  y se está moviendo con velocidad  $v_0 = +50 \text{ cm/s}$ .

34 •• Una partícula oscilante tiene un periodo de 8 s y una amplitud de 12 cm. En el tiempo  $t = 0$ , se encuentra en la posición de equilibrio. Determinar la distancia recorrida durante el intervalo (a)  $t = 0$  a  $t = 2 \text{ s}$ , (b)  $t = 2 \text{ s}$  a  $t = 4 \text{ s}$ , (c)  $t = 0$  a  $t = 1 \text{ s}$  y (d)  $t = 1 \text{ s}$  a  $t = 2 \text{ s}$ .

35 •• El periodo de una partícula oscilante es 8 s. En  $t = 0$ , la partícula está en reposo en  $x = A = 10 \text{ cm}$ . (a) Hacer un gráfico de  $x$  en función de  $t$ . (b) Hallar la distancia recorrida en el primer, segundo, tercer y cuarto segundo después de  $t = 0$ .

36 •• **APLICACIÓN A LA INGENIERÍA, PÓNGALO EN SU CONTEXTO** En las especificaciones militares es frecuente que exijan que los dispositivos electrónicos sean capaces de resistir aceleraciones de  $10g = 98,1 \text{ m/s}^2$ . Para asegurarse de que sus productos cumplen con esta especificación, los fabricantes los someten a ensayos en una mesa vibrante que puede hacer vibrar un equipo a diversas frecuencias y amplitudes especificadas. Si un determinado dispositivo se somete a una vibración de 1,5 cm de amplitud, ¿cuál deberá ser su frecuencia para que cumpla con la especificación militar de los  $10g$ ?

37 •• La posición de una partícula viene dada por  $x = 2,5 \cos \pi t$ , donde  $x$  se expresa en metros y  $t$  en segundos. (a) Determinar la velocidad máxima y la aceleración máxima de la partícula. (b) Determinar la velocidad y la aceleración de la partícula cuando  $x = 1,5 \text{ m}$ . **SSM**

38 ••• (a) Demostrar que  $A_0 \cos(\omega t + \delta)$  puede escribirse también como  $A_x \sin(\omega t) + A_c \cos(\omega t)$ , y determinar  $A_x$  y  $A_c$  en función de  $A_0$  y  $\delta$ . (b) Relacionar  $A_x$  y  $A_c$  con la posición y la velocidad iniciales de una partícula que experimenta un movimiento armónico simple.

## MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE Y MOVIMIENTO CIRCULAR

39 • Una partícula se mueve sobre una circunferencia de radio 40 cm con una velocidad constante de 80 cm/s. Hallar (a) la frecuencia y el periodo del movimiento de la componente  $x$  de su posición. (b) Escribir una ecuación para la componente  $x$  de la posición de la partícula en función del tiempo  $t$ , suponiendo que la partícula está sobre el eje  $x$  en el instante  $t = 0$ . **SSM**

40 • Una partícula se mueve sobre una circunferencia de radio 15 cm, dando 1 revolución cada 3 s. (a) ¿Cuál es el módulo de la velocidad de la partícula? (b) ¿Cuál es su velocidad angular  $\omega$ ? (c) Escribir una ecuación para la componente  $x$  de la posición de la partícula en función de  $t$ , suponiendo que está sobre el eje  $x$  positivo en el instante  $t = 0$ .

## LA ENERGÍA EN EL MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE

41 • Un objeto de 2,4 kg que descansa sobre una superficie horizontal sin rozamiento está sujeto a un muelle horizontal de constante de fuerza  $k = 4,5 \text{ kN/m}$ . El otro extremo del muelle está quieto. El muelle se estira 10 cm desde el equilibrio y se deja en libertad. Determinar su energía total.

42 • Determinar la energía total de un objeto de 3 kg que oscila sobre un muelle horizontal con una amplitud de 10 cm y una frecuencia de 2,4 Hz.

43 • Un objeto de 1,5 kg oscila con movimiento armónico simple unido a un muelle de constante de fuerza  $k = 500 \text{ N/m}$ . Su velocidad máxima es 70 cm/s. (a) ¿Cuál es la energía total? (b) ¿Cuál es la amplitud de la oscilación? **SSM**

44 • Un objeto de 3 kg que descansa sobre una superficie horizontal sin rozamiento está unido a un muelle de constante de fuerza 2 kN/m. El sistema tiene una energía total de 0,9 J. (a) ¿Cuál es la amplitud del movimiento? (b) ¿Cuál es su velocidad máxima?

45 • Un objeto que descansa sobre una superficie horizontal sin rozamiento oscila unido a un muelle con una amplitud de 4,5 cm. Su energía mecánica total es 1,4 J. ¿Cuál es la constante de fuerza del muelle?

46 •• Un objeto de 3 kg descansa sobre una superficie horizontal sin rozamiento y oscila sobre un muelle con una amplitud de 8 cm. Su aceleración máxima es  $3,50 \text{ m/s}^2$ . Determinar la energía total.

## MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE Y MUELLES

47 • Un objeto de 2,4 kg está sujeto a un muelle horizontal de constante de fuerza  $k = 4,5 \text{ kN/m}$ . El muelle se estira 10 cm desde el equilibrio y se deja en libertad. Determinar (a) la frecuencia del movimiento, (b) el periodo, (c) la amplitud, (d) la velocidad máxima y (e) la aceleración máxima. (f) ¿Cuándo alcanza el objeto por vez primera su posición de equilibrio? ¿Cuál es su aceleración en ese instante?

48 • Responder a las cuestiones del problema 47 para un objeto de 5 kg sujeto a un muelle de constante de fuerza  $k = 700 \text{ N/m}$ , teniendo en cuenta que el muelle está inicialmente separado 8 cm de la posición de equilibrio.

49 • Un objeto de 3 kg sujeto a un muelle horizontal oscila con una amplitud  $A = 10 \text{ cm}$  y una frecuencia  $f = 2,4 \text{ Hz}$ . (a) ¿Cuál es la constante de fuerza del muelle? (b) ¿Cuál es el periodo del movimiento? (c) ¿Cuál es la velocidad máxima del objeto? (d) ¿Cuál es la aceleración máxima del objeto? **SSM**

50 • Al subir una persona de 85 kg a un coche de masa 2400 kg, sus ballestas descienden 2,35 cm. Suponiendo que empieza oscilando verticalmente y que no hay amortiguamiento, ¿con qué frecuencia vibrará el coche y el pasajero sobre las ballestas?

51 • Un objeto de 4,5 kg oscila sobre un muelle horizontal con una amplitud de 3,8 cm. Su aceleración máxima es de  $26 \text{ m/s}^2$ . Determinar (a) la constante de fuerza  $k$ , (b) la frecuencia y (c) el periodo del movimiento.

52 •• Un objeto de masa  $m$  está colgado de un muelle vertical de constante 1800 N/m. Cuando se estira de él hacia abajo separándolo 2,5 cm del equilibrio y se le deja en libertad desde el reposo, el objeto oscila con una frecuencia de 5,5 Hz. (a) Hallar  $m$ . (b) Hallar cuánto se estira el muelle a partir de su longitud natural cuando el objeto está en equilibrio. (c) Escribir expresiones para el desplazamiento  $x$ , la velocidad  $v_x$  y la aceleración  $a_x$  en función de  $t$ .

53 •• Un objeto de masa desconocida se cuelga verticalmente del extremo de un muelle sin deformación, y se suelta desde el reposo. Cae 3,42 cm antes de que quede en reposo por primera vez. Hallar el periodo del movimiento.

54 •• Una maleta de 20 kg de masa cuelga de dos cuerdas, tal como se muestra en la figura 14.27. Cada cuerda se alarga 5 cm cuando la maleta está en equilibrio. Si se estira la maleta un poco hacia abajo y se suelta, ¿cuál será la frecuencia de la oscilación?



FIGURA 14.27 Problema 54

55 •• Un bloque de 0,12 kg está suspendido de un muelle. Cuando una pequeña piedra de masa 30 g se sitúa sobre el bloque, el muelle se alarga 5 cm más. Con la piedra sobre el bloque, el muelle oscila con una amplitud de 12 cm. (a) ¿Cuál es la frecuencia del movimiento? (b) ¿Cuánto tiempo tardará el bloque en recorrer la distancia entre el punto más bajo y el punto más alto? (c) ¿Cuál es la fuerza neta sobre la piedra cuando se encuentra en un punto de máximo desplazamiento hacia arriba?

56 •• Determinar en el problema 55 la máxima amplitud de oscilación para la cual la piedra permanece sobre el bloque.

57 •• Un objeto de masa 2,0 kg está sujeto en la parte superior de un muelle vertical que está anclado en el suelo. La longitud natural del muelle es de 8,0 cm y la longitud del muelle cuando el objeto está en equilibrio es de 5,0 cm. Cuando el objeto está en reposo en su posición de equilibrio, se le da un impulso hacia abajo con un martillo, de tal manera que la velocidad inicial es de 0,3 m/s. (a) ¿A qué máxima altura, respecto al nivel del suelo, se elevará el objeto? (b) ¿Cuánto tiempo tardará el objeto en alcanzar la máxima altura la primera vez? (c) ¿Volverá el muelle a estar sin compresión? ¿Qué velocidad inicial mínima debe darse al objeto para que el muelle no tenga compresión en un instante dado?

58 ••• **APLICACIÓN A LA INGENIERÍA** En un torno, un bloque de 950 kg de masa cuelga del extremo de un cable de 150 GN/m<sup>2</sup> de módulo de Young, 1,5 cm<sup>2</sup> de área transversal y 2,5 m de longitud. (a) ¿Cuánto se alargará el cable? (b) Suponiendo que el cable se comporta como un muelle simple, ¿cuál es la frecuencia de oscilación del bloque en el extremo del cable?

### PÉNDULOS SIMPLES

59 • Determinar la longitud de un péndulo simple si su frecuencia para pequeñas amplitudes es de 0,75 Hz. **SSM**

60 • Hallar la longitud de un péndulo simple si el periodo del péndulo es 5 s.

61 • ¿Cuál sería el periodo del péndulo del problema 60 en la Luna, donde la aceleración de la gravedad es un sexto de la correspondiente a la Tierra?

62 • Si el periodo de un péndulo de 70 cm de longitud es 1,68 s, ¿cuál es el valor de  $g$  en el sitio donde está situado el péndulo?

63 • Un péndulo colgado en el hueco de una escalera de un edificio de 10 pisos se compone de una masa grande suspendida de un alambre de 34,0 m de longitud. ¿Cuál es su periodo de oscilación?

64 •• Demostrar que la energía total de un péndulo simple que se mueve con oscilaciones de pequeña amplitud  $\phi_0$  es, aproximadamente,  $E \approx \frac{1}{2}mgL\phi_0^2$ . Sugerencia: utilizar la aproximación  $\cos \phi \approx 1 - \frac{1}{2}\phi^2$  para valores pequeños de  $\phi$ .

65 ••• Un péndulo simple de longitud  $L$  está sujeto a un carro que se desliza sin rozamiento hacia abajo por un plano inclinado que forma un ángulo  $\theta$  con la horizontal, como muestra la figura 14.28. Determinar el periodo de oscilación del péndulo que está sobre el carro deslizante. **SSM**



FIGURA 14.28 Problema 65

66 ••• Un péndulo simple de longitud  $L$  se libera partiendo del reposo desde un ángulo  $\phi_0$ . (a) Suponiendo que el péndulo realiza un movimiento armónico simple, determinar su velocidad cuando pasa por la posición  $\phi = 0$  utilizando la aproximación de pequeñas oscilaciones. (b) Considerando la conservación de la energía, determinar exactamente esta velocidad para cualquier ángulo. (c) Demostrar que los resultados de (a) y (b) coinciden cuando  $\phi_0$  es pequeño. (d) Determinar la diferencia entre estos resultados para  $\phi_0 = 0,20$  rad y  $L = 1$  m. (e) Determinar la diferencia entre estos resultados para  $\phi_0 = 1,20$  rad y  $L = 1$  m.

### \* PÉNDULOS FÍSICOS

67 • Un disco uniforme y delgado de 5 kg cuyo radio es de 20 cm, puede girar ligeramente en torno a un eje horizontal fijo perpendicular al disco y que pasa por su borde. El disco se desliza ligeramente del equilibrio y se suelta. Hallar el periodo del movimiento armónico simple que se produce. **SSM**

68 • Un aro circular de 50 cm de radio se cuelga de una varilla horizontal delgada, a la que se permite oscilar en el plano del aro. ¿Cuál es el periodo de su oscilación, suponiendo que la amplitud es pequeña?

69 • Se suspende una figura plana de 3 kg de un punto situado a 10 cm de su centro de masas. Cuando está oscilando con amplitud pequeña, el periodo de oscilación es 2,6 s. Hallar el momento de inercia  $I$  respecto a un eje perpendicular al plano de la figura que pasa por el punto de oscilación.

70 •• **APLICACIÓN A LA INGENIERÍA, PÓNGALO EN SU CONTEXTO, CONCEPTUAL** Usted ha diseñado una gatera (puerta para gatos) que consiste en una pieza cuadrada de madera de 2,54 cm de grosor y 15,24 cm de lado con la bisagra en su parte superior. Para asegurarse de que el gato tiene suficiente tiempo de pasar a través de ella y no quedar atrapado, la puerta debería tener, por lo menos, una frecuencia natural de 1 s. ¿Funcionará bien su diseño? En caso de respuesta negativa, indique las modificaciones que se deberían hacer.

71 •• Tenemos una regla y se nos pide que taladremos un agujero de tal modo que cuando pivoteamos la regla sobre él, el periodo del péndulo sea un mínimo. ¿Dónde taladraremos el agujero?

72 •• La figura 14.29 muestra un disco uniforme de radio  $R = 0,8$  m y masa 6 kg con un pequeño agujero a la distancia  $d$  del centro del disco que puede servir de punto de pivote. (a) ¿Cuál debe ser la distancia  $d$  para que el periodo de este péndulo físico sea 2,5 s? (b) ¿Cuál debe ser la distancia  $d$  para que este péndulo físico tenga el periodo menor posible? ¿Cuál es este periodo?



FIGURA 14.29 Problema 72

73 ••• Los puntos  $P_1$  y  $P_2$  de un objeto plano (figura 14.30) están a una distancia  $h_1$  y  $h_2$ , respectivamente, del centro de masas. El objeto oscila con el mismo periodo  $T$  cuando rota libremente que si lo hace en torno a  $P_1$  o a  $P_2$ . Ambos ejes son perpendiculares al plano del cuerpo. Demostrar que  $h_1 + h_2 = gT^2/(4\pi^2)$ , con  $h_1 \neq h_2$ . **SSM**

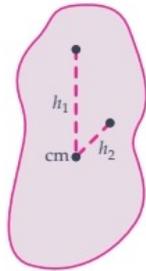


FIGURA 14.30  
Problema 73

74 ••• Se construye un péndulo físico a partir de una lenteja esférica de radio  $r$  y masa  $m$  colgada de una cuerda (figura 14.31). La distancia desde el centro de la esfera al punto de suspensión es  $L$ . Cuando  $r$  es mucho menor que  $L$ , este péndulo suele considerarse como un péndulo simple de longitud  $L$ . (a) Demostrar que para pequeñas oscilaciones el periodo viene dado por  $T = T_0 \sqrt{1 + (2r^2/5L^2)}$ , donde  $T_0 = 2\pi\sqrt{L/g}$  es el periodo del péndulo simple de longitud  $L$ . (b) Demostrar que cuando  $r$  es mucho menor que  $L$ , el periodo vale, aproximadamente,  $T \approx T_0(1 + r^2/5L^2)$ . (c) Si  $L = 1$  m y  $r = 2$  cm, hallar el error cuando se utiliza la aproximación  $T = T_0$  para este péndulo. ¿Qué tamaño deberá tener el radio de la lenteja para que el error sea del 1 por ciento?

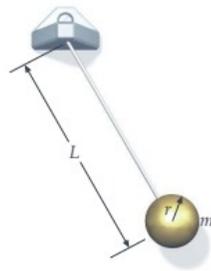


FIGURA 14.31  
Problema 74

75 ••• La figura 14.32 muestra el péndulo de un reloj. La barra uniforme de longitud  $L = 2,0$  m tiene una masa  $m = 0,8$  kg. Sujeto a la barra hay un disco de masa  $M = 1,2$  kg y radio  $0,15$  m. El reloj se ha construido de modo que funcione con total precisión si el periodo del péndulo es exactamente  $3,50$  s. (a) ¿Cuál debe ser la distancia  $d$  para que el periodo del péndulo sea  $2,5$  s? (b) Supongamos que el reloj de péndulo atrasase  $5,0$  min por día. ¿A qué distancia y en qué sentido debe desplazarse el disco para conseguir que el reloj marque correctamente el tiempo?

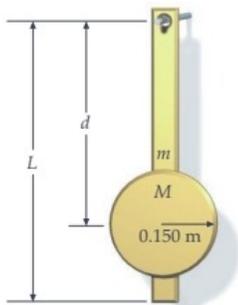


FIGURA 14.32  
Problema 75

## OSCILACIONES AMORTIGUADAS

76 • Un objeto de  $2$  kg ligado a un muelle de constante  $k = 400$  N/m oscila con una amplitud inicial de  $3$  cm. Hallar (a) el periodo y (b) la energía inicial total. (c) Si la energía disminuye en un  $1$  por ciento por periodo, hallar la constante de amortiguamiento  $b$  y el factor  $Q$ .

77 •• Demostrar que el cociente de las amplitudes de dos oscilaciones sucesivas en un oscilador forzado es constante. **SSM**

78 •• Un oscilador tiene un periodo de  $3$  s. Su amplitud disminuye en un  $5$  por ciento durante cada ciclo. (a) ¿Cuánto disminuye su energía durante cada ciclo? (b) ¿Cuál es la constante de tiempo  $\tau$ ? (c) ¿Cuál es el factor  $Q$ ?

79 •• Un oscilador lineal posee un factor  $Q$  igual a  $20$ . (a) ¿En qué fracción disminuye la energía en cada ciclo? (b) Utilizar la ecuación 14.40 para determinar la diferencia en porcentaje entre  $\omega'$  y  $\omega_0$ . Sugerencia: utilizar la aproximación  $(1+x)^{1/2} \approx 1 + \frac{1}{2}x$  para valores pequeños de  $x$ .

80 •• Un sistema masa-muelle amortiguado lineal oscila con una frecuencia de  $200$  Hz. La constante de tiempo del sistema es  $2,0$  s. En el tiempo  $t = 0$ , la amplitud de oscilación es  $6,0$  cm y la energía del sistema oscilante es  $60$  J. (a) ¿Cuál es la amplitud de oscilación para  $t = 2,0$  s y para  $t = 4,0$  s? (b) ¿Cuánta energía se disipa en el primer intervalo de  $2$  s? ¿Y en el segundo intervalo de  $2$  s?

81 •• **APLICACIÓN A LA INGENIERÍA** Se ha establecido que cuando la Tierra vibra tiene un periodo de resonancia de  $54$  min y un factor  $Q$  de aproximadamente  $400$ , y que después de un gran terremoto, la Tierra "tiembla" (se produce una vibración continua) durante dos meses. (a) Determinar el porcentaje de energía de vibración perdida debido a las fuerzas de amortiguamiento en cada ciclo. (b) Demostrar que después de  $n$  periodos, la energía es  $E_n = (0,984)^n E_0$ , siendo  $E_0$  la energía inicial. (c) Si la energía inicial de vibración de un terremoto es  $E_0$ , ¿cuál es la energía al cabo de  $2$  días? **SSM**

82 ••• Un péndulo compacto que se usa en un experimento de física tiene una masa de  $15$  g y una longitud de  $75$  cm. Para que el péndulo comience a oscilar, un estudiante de física instala un ventilador, que produce un flujo horizontal de aire de velocidad  $7$  m/s hacia la lenteja. Con el ventilador en marcha, la lenteja está en equilibrio cuando el péndulo está inclinado  $5^\circ$  respecto a la dirección vertical. Cuando se para el ventilador, se deja que el péndulo oscile. (a) Si suponemos que la fuerza de resistencia a causa del aire viene dada por  $-bv$ , ¿cuál es la constante de tiempo o tiempo de extinción  $\tau$  de las oscilaciones del péndulo? (b) ¿Cuánto tiempo pasará hasta que la amplitud de la oscilación sea de  $1^\circ$ ?

83 ••• **APLICACIÓN A LA INGENIERÍA, PÓNGALO EN SU CONTEXTO** Se trata de medir la viscosidad de ciertos aceites de la siguiente manera: la viscosidad de un fluido puede medirse determinando el tiempo que tardan en decaer las oscilaciones de un oscilador inmerso en ese fluido, cuando se conocen previamente las propiedades del oscilador. Como las velocidades a las que se moverá el oscilador no son grandes, sino más bien pequeñas, no habrá turbulencia y la fuerza de arrastre del fluido sobre una esfera de radio  $a$  que se mueve a velocidad  $v$  será  $F_d = 6\pi a\eta v$ , donde  $\eta$  es la viscosidad del fluido. Supongamos que el oscilador está formado por un muelle de constante elástica  $350$  N/cm y una esfera de oro de  $6$  cm de radio que cuelga del muelle. (a) ¿Cuál es la viscosidad del fluido si la constante de tiempo es de  $2,8$  s? (b) ¿Cuánto vale el factor  $Q$ ? **SSM**

## OSCILACIONES FORZADAS Y RESONANCIA

84 • Un oscilador amortiguado pierde el  $2$  por ciento de su energía en cada ciclo. (a) ¿Cuál es su factor  $Q$ ? (b) Si su frecuencia de resonancia es  $300$  Hz, ¿cuál es la anchura de la curva de resonancia  $\Delta\omega$  cuando el oscilador está forzado?

85 • Determinar la frecuencia de resonancia de cada uno de los tres sistemas indicados en la figura 14.33.

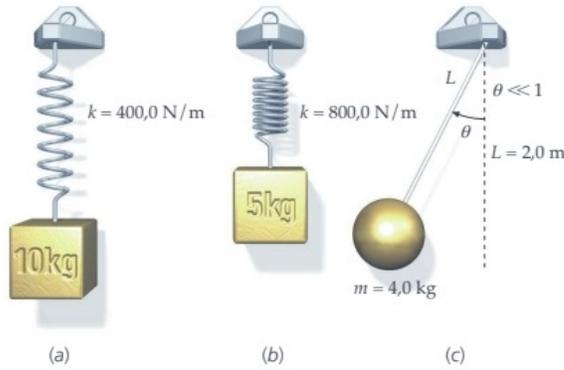


FIGURA 14.33 Problema 85

86 •• Un oscilador amortiguado pierde el 3,5 por ciento de su energía durante cada ciclo. (a) ¿Cuántos ciclos han de transcurrir antes de que se disipe la mitad de su energía? (b) ¿Cuál es el factor  $Q$ ? (c) Si la frecuencia natural es 100 Hz, ¿cuál es la anchura de la curva de resonancia cuando el oscilador se ve forzado exteriormente?

87 •• Un objeto de 2 kg oscila sobre un muelle de constante de fuerza  $k = 400$  N/m. La constante de amortiguamiento es  $b = 2,00$  kg/s. Está forzado por una fuerza sinusoidal de valor máximo 10 N y frecuencia angular  $\omega = 10$  rad/s. (a) ¿Cuál es la amplitud de las oscilaciones? (b) Si se varía la frecuencia de la fuerza impulsora, ¿a qué frecuencia se producirá la resonancia? (c) Hallar la amplitud de las vibraciones en la resonancia. (d) ¿Cuál es la anchura  $\Delta\omega$  de la curva de resonancia? **SSM**

88 •• **APLICACIÓN A LA INGENIERÍA, PÓNGALO EN SU CONTEXTO** Supongamos que tenemos el mismo oscilador que el del problema 83, pero ahora la constante elástica del muelle es de 35 N/cm. Se ha estudiado la viscosidad del etilenglicol con ese método y se ha determinado que su viscosidad es 19,9 mPa · s. Ahora decidimos forzar el sistema con una fuerza externa. (a) Si el módulo de la fuerza externa es 0,11 N y se alcanza la resonancia, ¿cuál sería el valor de la amplitud de la oscilación resultante? (b) Si el sistema no se forzara, pero se le permite oscilar, ¿qué porcentaje de energía se perdería por ciclo?

PROBLEMAS GENERALES

89 • **MÚLTIPLES PASOS** El desplazamiento de una partícula viene dado por  $x = 0,4 \cos(3t + \pi/4)$ , donde  $x$  se expresa en metros y  $t$  en segundos. (a) Hallar la frecuencia  $f$  y el periodo  $T$  del movimiento. (b) Obtener la expresión para la velocidad en función del tiempo. (c) ¿Cuál es su máxima velocidad?

90 • **APLICACIÓN A LA INGENIERÍA** Un astronauta llega a un nuevo planeta y lleva consigo un simple dispositivo para medir la aceleración de la gravedad allí. El radio del planeta es de 7550 km y el péndulo de 0,5 m de longitud tiene un periodo de 1 s. ¿Cuál es la masa del planeta?

91 •• Un reloj de péndulo funciona correctamente en la superficie de la Tierra. ¿En qué situación el error será mayor: si el reloj se baja a una mina de profundidad  $h$  o si se eleva a una altura  $h$ ? Suponer que  $h \ll R_T$ .

92 •• La figura 14.34 muestra un péndulo de longitud  $L$  con una lenteja de masa  $M$ . La lenteja está unida a un muelle de constante  $k$ , como se indica. Cuando la lenteja está directamente por debajo del soporte del péndulo, el muelle tiene su longitud natural de equilibrio.

(a) Deducir una expresión para el periodo de este sistema oscilante para vibraciones de pequeña amplitud. (b) Suponer que  $M = 1$  kg y  $L$  es tal que en ausencia del muelle el periodo es 2,0 s. ¿Cuál es la constante de fuerza del muelle  $k$  si el periodo del sistema oscilante es 1,0 s?

93 •• Una masa  $m_1$  que se desliza sobre una superficie horizontal sin rozamiento está sujeta a un muelle de constante de fuerza  $k$  y oscila con amplitud  $A$ . Cuando el muelle está con su mayor deformación y la masa está instantáneamente en reposo, se coloca en la parte superior de  $m_1$  otra masa  $m_2$ . (a) ¿Cuál es el menor valor del coeficiente de rozamiento estático  $\mu_e$  que permite que  $m_2$  no se deslice sobre  $m_1$ ? (b) Explicar cómo se modifican la energía total  $E$ , la amplitud  $A$ , la frecuencia angular  $\omega$  y el periodo  $T$  al situar  $m_2$  sobre  $m_1$ , suponiendo que el rozamiento es suficientemente grande para que no haya deslizamiento. **SSM**

94 •• Una caja de 100 kg de masa cuelga del techo de una habitación sujeta a un muelle de constante 500 N/m. El muelle tiene una longitud natural de 0,5 m. (a) Determinar la posición de equilibrio de la caja. (b) Un muelle idéntico se cuelga del techo y se sujeta a la misma caja, al lado del anterior. Determinar qué frecuencia tendrán las oscilaciones cuando se libere la caja. (c) ¿Cuál será la nueva posición de equilibrio de la caja cuando acabe parándose?

95 •• **APLICACIÓN A LA INGENIERÍA** La aceleración causada por la fuerza de la gravedad  $g$  varía con la situación geográfica, debido a la rotación de la Tierra y a que la Tierra no es exactamente esférica. Este hecho fue descubierto por primera vez durante el siglo XVII, cuando se observó que un reloj de péndulo cuidadosamente ajustado para marcar el tiempo correcto en París, se atrasaba alrededor de 90 s/día cerca del ecuador. (a) Demostrar que una pequeña variación en la aceleración de la gravedad  $\Delta g$  produce un pequeño cambio  $\Delta T$  en el periodo de un péndulo dado por  $\Delta T/T \approx -\frac{1}{2} \Delta g/g$ . (b) ¿Qué variación de  $g$  se necesita para justificar un cambio de periodo de 90 s/día?

96 •• Un bloque pequeño de masa  $m_1$  descansa sobre un pistón que está vibrando verticalmente con movimiento armónico simple dado por  $y = A \sin \omega t$ . (a) Demostrar que el bloque se separará del pistón si  $\omega^2 A > g$ . (b) Si  $\omega^2 A = 3g$  y  $A = 15$  cm, ¿en qué instante el bloque se separará del pistón?

97 •• Demostrar que en los dos casos de la figura 14.35a y b, el objeto oscila con una frecuencia  $f = (1/2\pi)\sqrt{k_{\text{ef}}/m}$ , donde  $k_{\text{ef}}$  viene dado por (a)  $k_{\text{ef}} = k_1 + k_2$  y (b)  $1/k_{\text{ef}} = 1/k_1 + 1/k_2$ . (Sugerencia: hallar la fuerza neta  $F$  sobre el objeto para un pequeño desplazamiento  $x$ , y escribir  $F = -k_{\text{ef}}x$ . Obsérvese que en (b) los muelles se deforman en cantidades diferentes cuya suma es  $x$ .) **SSM**

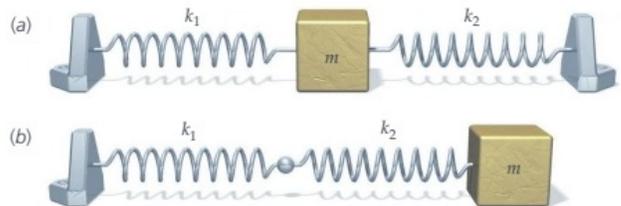


FIGURA 14.35 Problema 97

98 •• **PÓNGALO EN SU CONTEXTO** Durante un terremoto, el suelo horizontal oscila con un movimiento armónico simple. Supongamos que el periodo es de 0,8 s. (a) Tras el terremoto, las imágenes registradas en los vídeos mostraban cómo una caja empezaba a deslizarse sobre el suelo

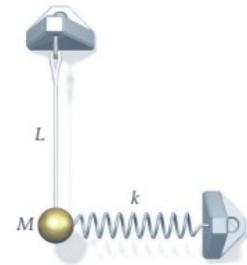


FIGURA 14.34 Problema 92

## 2. Referencia bibliografica

- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2008). Física para la ciencia y la tecnología (6.<sup>a</sup> ed., Vol. 1B, pp. 490-493. Editorial Reverté.