

**Lista de Exercícios - OSCILAÇÕES**

**Perguntas:**

- O gráfico da figura 1 mostra a aceleração  $a(t)$  de uma partícula que executa um MHS. (a) Qual dos pontos indicados corresponde à partícula na posição  $-x_m$ ? (b) No ponto 4, a velocidade da partícula é positiva, negativa ou nula? (c) No ponto 5, a partícula está em  $-x_m$ , em  $x_m$ , em 0, entre  $-x_m$  e 0 ou entre 0 e  $+x_m$ ?

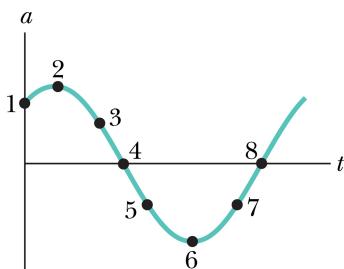


Figura 1: Pergunta 1

- Qual das seguintes relações entre a aceleração  $a$  e o deslocamento  $x$  de uma partícula corresponde a um MHS: (a)  $a = 0,5x$ , (b)  $a = 400x^2$ , (c)  $a = -20x$ , (d)  $a = -3x^2$ ?
- A velocidade  $v(t)$  de uma partícula que executa um MHS é mostrada no gráfico da Figura 2b. A partícula está momentaneamente em repouso, está se deslocando em direção a  $-x_m$  ou está se deslocando em direção a  $+x_m$ . (a) No ponto A do gráfico e (b) no ponto B? A partícula está em  $-x_m$ , em  $+x_m$ , em 0, entre  $-x_m$  e 0 ou entre 0 e  $+x_m$  quando sua velocidade é representada (c) pelo ponto A e (d) pelo ponto B? A velocidade da partícula está aumentando ou diminuindo (e) no ponto A e (f) no ponto B?

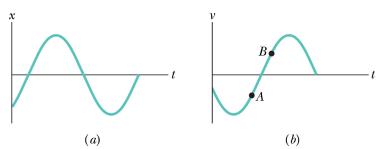


Figura 2: Pergunta 3

- A figura 3 mostra as curvas  $x(t)$  obtidas em três experimentos fazendo um certo sistema bloco-mola oscilar em um MHS. Ordene as curvas de acordo com (a) a frequência angular do sistema, (b) a energia potencial da mola no instante  $t = 0$ , (c) a energia cinética do bloco no instante  $t = 0$ , (d) a velocidade do bloco no instante  $t = 0$  e (e) a energia cinética máxima do bloco, em ordem decrescente.

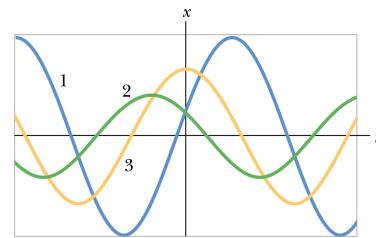


Figura 3: Pergunta 4

- A figura 4 mostra, para três situações, os deslocamento  $x(t)$  de um par de osciladores harmônicos simples (A e B) que são iguais em tudo exceto na fase. Para cada par, qual o deslocamento de fase (em radianos e graus) necessário para deslocar a curva A e fazê-la coincidir com a curva B? Das várias respostas possíveis, escolha o deslocamento com menor valor absoluto.

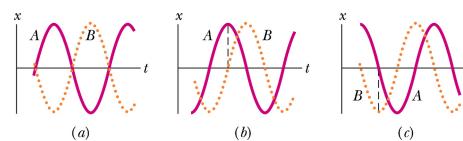


Figura 4: Pergunta 5

- Você deve completar a figura 5a para que seja o gráfico da velocidade  $v$  em função do tempo  $t$  do oscilador bloco-mola que é mostrado na figura 5b para  $t = 0$ . (a) Na figura 5a, em qual dos pontos indicados por letras ou em que região entre os pontos o eixo  $v$  (vertical) deve interceptar o eixo  $t$ ? (Por exemplo, ele deve

interceptar o eixo  $t$  no ponto A, ou, talvez, na região entre os pontos A e B?)  
 (b) Se a velocidade do bloco é dada por  $v = -v_m \sin(\omega t + \phi)$ , qual é o valor de  $\phi$ ? Suponha que é positivo, e se não puder especificar um valor (como  $+\pi/2$  rad), forneça uma faixa de valores (como  $0 < \phi < \pi/2$ ).

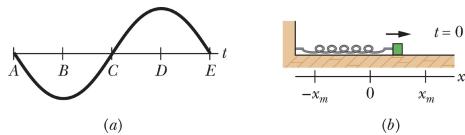


Figura 5: Pergunta 6

7. Você deve completar a figura 6a para que seja o gráfico da aceleração  $a$  em função do tempo  $t$  do oscilador bloco-mola que é mostrado na figura 6b para  $t = 0$ . (a) Na figura 6a, em qual dos pontos indicados por letras ou em que região entre os pontos o eixo  $a$  (vertical) deve interceptar o eixo  $t$ ? (Por exemplo, ele deve interceptar o eixo  $t$  no ponto A, ou, talvez, na região entre os pontos A e B?)  
 (b) Se a aceleração do bloco é dada por  $a = -a_m \cos(\omega t + \phi)$ , qual é o valor de  $\phi$ ? Suponha que é positivo, e se não puder especificar um valor (como  $+\pi/2$  rad), forneça uma faixa de valores (como  $0 < \phi < \pi/2$ )

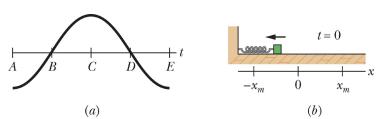


Figura 6: Pergunta 7

8. Na figura 7, um sistema bloco-mola é colocado em MHS em dois experimentos. No primeiro o bloco é puxado até sofrer um deslocamento  $d_1$ , em relação à posição de equilíbrio, e depois liberado. No segundo, é puxado até sofrer um deslocamento maior  $d_2$ , e depois liberado. (a) A amplitude, (b) o período, (c) a frequência, (d) a energia cinética máxima e (e) a energia potencial máxima do movimento no segundo experimento são maiores, menores ou iguais às do primeiro experimento?

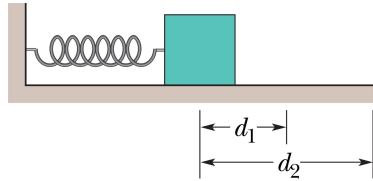


Figura 7: Pergunta 8

9. A figura 8 mostra os gráficos da energia cinética  $K$  em função da posição  $x$  para três osciladores harmônicos que têm a mesma massa. Ordene os gráficos de acordo (a) com a constante elástica e (b) o período do oscilador, em ordem decrescente.

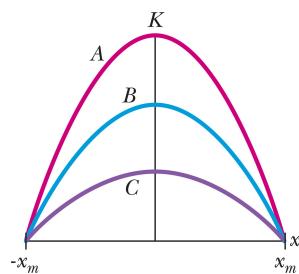


Figura 8: Pergunta 9

## Problemas

- Qual é a aceleração máxima de uma plataforma que oscila com uma amplitude de 2,2 cm e uma frequência de 6,6 Hz?
- Uma partícula com uma massa de  $1,0 \times 10^{-20}$  kg descreve um movimento harmônico simples com um período de  $1,0 \times 10^{-5}$  s e uma velocidade máxima de  $1,0 \times 10^3$  m/s. Calcule (a) a frequência angular e (b) o deslocamento máximo da partícula.
- Em um barbeador elétrico a lâmina se move para frente e para trás, ao longo de uma distância de 2 mm, em um movimento harmônico simples com uma frequência de 120 Hz. Determine (a) a amplitude, (b) a velocidade máxima da lâmina e (c) o módulo da aceleração máxima da lâmina.
- Do ponto de vista das oscilações verticais, um automóvel pode ser considerado como estando apoiado em quatro molas iguais. As molas de um certo carro

- são ajustadas de tal forma que as oscilações têm uma frequência de 3 Hz. (a) Qual é a constante elástica de cada mola se a massa do carro é 1450 kg e está igualmente distribuída pelas molas? (b) Qual será a frequência de oscilações se cinco passageiros pesando, em média, 73 kg entrarem no carro e a distribuição de massa continuar uniforme?
5. Um sistema oscilatório bloco-mola oscilante leva 0,75 s para começar a repetir seu movimento. Determine (a) o período, (b) a frequência em hertz e (c) a frequência angular em radianos por segundo.
6. Um alto-falante produz um som musical através das oscilações de um diafragma cuja amplitude é limitada a  $1 \mu\text{m}$ . (a) Para que frequência o módulo  $a$  da aceleração do diafragma é igual a  $g$ ? (b) Para frequências maiores,  $a$  é maior ou menor que  $g$ ?
7. Na figura 9 duas molas iguais, de constante elástica  $7580 \text{ N/m}$ , estão ligadas a um bloco de massa  $0,245 \text{ kg}$ . Qual é a frequência de oscilação no piso sem atrito?

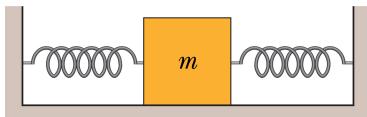


Figura 9: Problemas 7 e 10

8. Um oscilador é formado por um bloco preso a uma mola ( $k = 400 \text{ N/m}$ ). Em um certo instante  $t$  a posição (medida a partir da posição de equilíbrio do sistema), a velocidade e a aceleração são  $x = 0,1 \text{ m}$ ,  $v = -13,6 \text{ m/s}$  e  $a = -123 \text{ m/s}^2$ . Calcule (a) a frequência de oscilação, (b) a massa do bloco e (c) a amplitude do movimento.
9. Em um certo ancoradouro as marés fazem com que a superfície do oceano suba e desça um distância  $d$  (do nível mais alto ao nível mais baixo) em um movimento harmônico simples com um período de 12,5 h. Quanto tempo é necessário para

que a água desça uma distância de  $0,25d$  a partir do nível mais alto?

10. Na figura 9 duas molas estão presas a um bloco que pode oscilar em um piso sem atrito. Se a mola da esquerda é removida o bloco oscila com um frequência de 30 Hz. Se a mola removida é a da direita, o bloco oscila com uma frequência de 45 Hz. Com que frequência o bloco oscila se as duas molas estão presentes?
11. Determine a energia mecânica de um sistema bloco-mola com uma constante elástica de  $1,3 \text{ N/cm}$  e uma amplitude de oscilação de  $2,4 \text{ cm}$ .
12. Um sistema oscilatório bloco-mola possui uma energia mecânica de  $1,0 \text{ J}$ , uma amplitude de  $10 \text{ cm}$  e uma velocidade máxima de  $1,2 \text{ m/s}$ . Determine (a) a constante elástica, (b) a massa do bloco e (c) a frequência de oscilação.
13. A figura 10 mostra o poço de energia potencial unidimensional no qual se encontra uma partícula de  $2 \text{ kg}$  (a função  $U(x)$ ) é da forma  $bx^2$  e a escala do eixo vertical é definida por  $U_s = 2,0 \text{ J}$ . (a) Se a partícula passa pela posição de equilíbrio com uma velocidade de  $85 \text{ cm/s}$ , ela retorna antes de chegar ao ponto  $x = 15 \text{ cm}$ ? (b) Caso a resposta seja afirmativa, calcule a posição do ponto de retorno; caso a resposta seja negativa, calcule a velocidade da partícula no ponto  $x = 15 \text{ cm}$ .

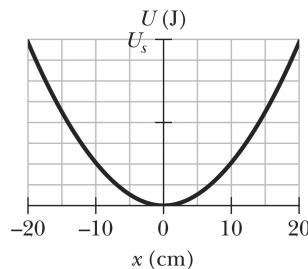


Figura 10: Problema 13

14. A figura 11 mostra a energia cinética  $K$  de um oscilador harmônico simples em função de sua posição  $x$ . A escala vertical é definida por  $K_s = 4,0 \text{ J}$ . Qual é a constante elástica?

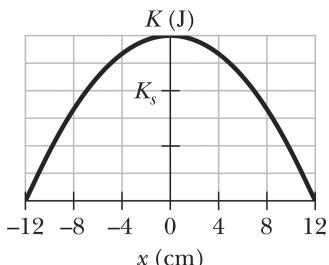


Figura 11: Problema 14

15. Um bloco de massa  $M = 5,4$  kg, em repouso sobre uma mesa horizontal sem atrito, está ligado a um suporte rígido através de uma mola de constante elástica  $k = 6000$  N/m. Uma bala de massa  $m = 9,5$  g e velocidade  $\vec{v}$  de módulo 630 m/s atinge o bloco e fica alojada nele (fig 12). Supondo que a compressão da mola é desprezível até a bala se alojar no bloco, determine (a) a velocidade do bloco imediatamente após a colisão e (b) a amplitude do movimento harmônico simples resultante.

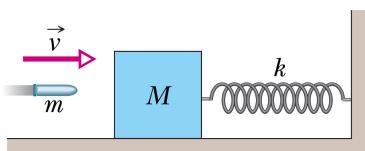


Figura 12: Problema 15

16. Suponha que um pêndulo simples consiste em um pequeno peso de 60,0 g na extremidade de uma corda de massa desprezível. Se o ângulo  $\theta$  entre a corda e a vertical é dado por  $\theta = (0,0800 \text{ rad/s}) \cos[(4,43 \text{ rad/s})t + \phi]$ , quais são (a) o comprimento do pêndulo e (b) sua energia cinética máxima?

17. Um pêndulo físico consiste em uma régua de um metro cujo pivô passa por um pequeno furo feito na régua a uma distância  $d$  da marca de 50 cm. O período de oscilação é 2,5 s. Encontre  $d$ .

18. Na Figura 13, o bloco possui massa de 1,50 kg e a constante elástica é 8,00 N/m. A força de amortecimento é dada por  $-b(dx/dt)$ , onde  $b = 230$  g/s. O bloco é puxado 12,0 cm para baixo e liberado. (a) Calcule o tempo necessário para a amplitude das oscilações decaírem a um

terço do seu valor inicial. (b) Quantas oscilações são efetuadas pelo bloco neste tempo?

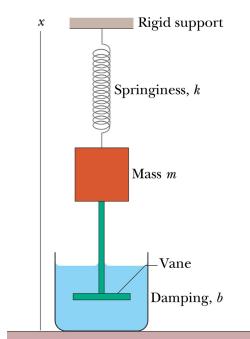


Figura 13: Problema 18.

19. Pendurados em uma trave horizontal encontram-se nove pêndulos com os seguintes comprimentos: (a) 0,10, (b) 0,30, (c) 0,40, (d) 0,80, (e) 1,2, (f) 2,8, (g) 3,5, (h) 5,0 e (i) 6,2 m. Suponha que a trave efetua oscilações horizontais com freqüências angulares no intervalo de 2,00 rad/s a 4,00 rad/s. Quais dos pêndulos serão (fortemente) postos em movimento?
20. Na Figura 14, o pêndulo consiste em um disco uniforme com raio  $r = 10,0$  cm e massa de 500 g preso a uma haste uniforme com comprimento  $L = 500$  mm e massa de 270 g. (a) Calcule o momento de inércia em torno do ponto de pivô. (b) Qual é a distância entre o ponto de pivô e o centro de massa do pêndulo? (c) Calcule o período de oscilação.

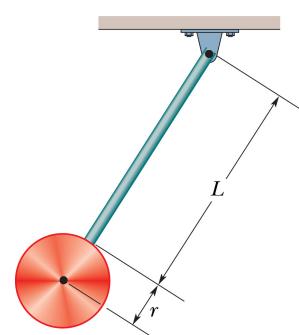


Figura 14: Problema 20.

21. Na Figura 15, uma haste de comprimento  $L = 1,85$  m oscila como um pêndulo físico. (a) Que valor da distância  $x$  entre o centro de massa da haste e o seu ponto

de pivô  $O$  fornece o menor período? (b) Qual é este período mínimo?

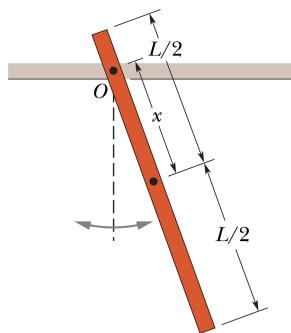


Figura 15: Problema 21.

### Respostas:

#### Perguntas:

1. (a) 2; (b) positivo; (c) entre 0 e  $+x_m$ .
2. c.
3. (a) em direção a  $-x_m$ ; (b) em direção a  $+x_m$ ; (c) entre  $-x_m$  e 0; (d) entre  $-x_m$  e 0; (e) diminuindo; (f) aumentando.
4. (a) todos iguais; (b) 3, então 1 e 2 juntos; (c) 1, 2, 3 (zero); (d) 1, 2, 3 (zero); (e) 1, 3, 2.
5. (a)  $-\pi$ ,  $-180^\circ$ ; (b)  $-\pi/2$ ,  $-90^\circ$ ; (c)  $+\pi/2$ ,  $+90^\circ$ .
6. (a) entre D e E; (b) entre  $3\pi/2$  rad e  $2\pi$  rad.
7. (a) entre B e C; (b) entre  $\pi/2$  rad e  $\pi$  rad.
8. (a) maior; (b) igual; (c) igual; (d) maior; (e) maior

9. (a) A, B, C; (b) C, B, A

### Problemas:

1. 37,8 m/s.
2. a)  $6,28 \times 10^5$  rad/s; (b) 1,59 mm.
3. (a) 1,0 mm; (b) 0,75 m/s; (c)  $5,7 \times 10^2$  m/s<sup>2</sup>.
4. (a)  $1,29 \times 10^5$  N/m; (b) 2,68 Hz.
5. (a) 0,75 s; (b) 1,3 Hz; (c) 8,4 rad/s.
6. (a) 498 Hz; (b) maior.
7. 39,6 Hz.
8. (a) 5,58 Hz; (b) 0,325 kg; (c) 0,400 m.
9. 2,08 h.
10. 54 Hz.
11. 37 mJ.
12. (a) 200 N/m; (b) 1,39 kg; (c) 1,91 Hz.
13. (a) sim; (b) 12 cm.
14.  $8,3 \times 10^2$  N/m.
15. (a) 1,1 m/s; (b) 3,3 cm.
16. (a) 0,499 m; (b)  $9,40 \times 10^{-4}$  J.
17. 5,6 cm.
18. (a) 14,3 s; 5,27.
19. (d) e (e).
20. (a) 0,205 kg·m<sup>2</sup>; (b) 47,7 cm; (c) 1,50 s.
21. (a) 0,53 m; (b) 2,1 s.