

Dicas para resolver a lista: Use sempre o número apropriado de algarismos significativos para as respostas, uniformize as unidades de acordo com o S.I. ( $m$ ,  $kg$ ,  $s$ ,...), use  $g = 9,80m/s^2$  e bons estudos!

### Parte 1 - Oscilações

1. O gráfico da *Figura 1* mostra uma 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  $+x_m$  e 0?
2. A *Figura 2* mostra as curvas  $x(t)$  obtidas em três experimentos fazendo um certo sistema bloco-mola oscilar em um MHS. Ordene as curvas, em ordem decrescente, de acordo com:
  - (a) A frequência angular natural 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) A energia cinética máxima do bloco.
3. A *Figura 3* mostra os gráficos da energia cinética  $K$  em função da posição  $x$  para três osciladores harmônicos que tem a mesma massa. Ordene os gráficos, em ordem decrescente, de acordo com:
  - (a) A constante elástica.
  - (b) O período de oscilação.
4. Qual é a aceleração máxima de uma plataforma que oscila com uma amplitude de  $2,20cm$  e uma frequência de  $6,60Hz$ ?
5. Um corpo de  $0,12kg$  executa um movimento harmônico simples de amplitude  $8,5cm$  e período  $0,20s$ .
  - (a) Qual é o módulo da força máxima que age sobre o corpo?
  - (b) Se as oscilações são produzidas por uma mola, qual é a constante elástica da mola?
6. Um objeto que executa um M.H.S. leva  $0,25s$  para se deslocar de um ponto de velocidade nula para o ponto seguinte do mesmo tipo. A distância entre os dois pontos é  $36cm$ . Calcule:
  - (a) O período.
  - (b) A frequência.
  - (c) A amplitude do movimento.
7. Na *Figura 4* duas molas iguais, de constante elástica  $7580N/m$ , estão ligadas a um bloco de massa  $0,245kg$ . Qual é a frequência de oscilação no piso sem atrito?
8. Um oscilador é formado por um bloco preso a uma mola ( $k = 400N/m$ ). Em um certo instante  $t$  a posição (medida a partir da posição de equilíbrio do sistema), a velocidade e a aceleração do bloco são  $x = 0,100m$ ,  $v = -13,6m/s$  e  $a = -123m/s^2$ . Calcule:
  - (a) A frequência de oscilação.
  - (b) A massa do bloco.
  - (c) A amplitude das oscilações.
9. Na *Figura 4* 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 uma frequência de  $30Hz$ . Se a mola removida é a da direita, o bloco oscila com uma frequência de  $45Hz$ . Com que frequência o bloco oscila se as duas molas estão presentes?

10. Determine a energia cinética máxima de um sistema bloco-mola com uma constante elástica de  $1,3N/cm$  e uma amplitude de oscilação de  $2,4cm$ .
11. Quando o deslocamento em um MHS é de metade da amplitude  $A$ , que fração da energia total é:
  - (a) Energia cinética?
  - (b) Energia potencial?
  - (c) Para que deslocamento, como fração da amplitude, a energia do sistema é metade energia cinética e metade energia potencial?
12. Uma partícula de  $10g$  executa um MHS com uma amplitude de  $2,0mm$ , uma aceleração máxima de módulo  $8,0 \times 10^3 m/s^2$  e uma constante de fase desconhecida  $\phi$ . Calcule:
  - (a) O período do movimento.
  - (b) A velocidade máxima da partícula.
  - (c) A energia mecânica total do oscilador.
  - (d) A força que age sobre a partícula quando ela está no seu deslocamento máximo.
  - (e) A força que age sobre a partícula quando ela está na metade do seu deslocamento máximo.
13. Um bloco de massa  $M = 5,4kg$ , em repouso sobre uma mesa horizontal sem atrito, está ligado a um suporte rígido através de uma mola de constante elástica  $k = 6000N/m$ . Uma bala de massa  $m = 9,5g$  e velocidade  $v = 630m/s$  atinge o bloco e fica alojada nele (*Figura 7*). 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.
  - (b) A amplitude do movimento harmônico resultante.
14. Na *Figura 8* o bloco 2, de massa  $2,0kg$ , oscila na extremidade de uma mola em MHS com período de  $20ms$ . A posição do bloco é dada por  $x = (1,0cm)\cos(\omega t + \pi/2)$ . O bloco 1, de massa  $4,0kg$ , desliza em direção ao bloco 2 com uma velocidade de módulo  $v = 6,0m/s$ , dirigida ao longo do comprimento da mola. Os dois blocos sofrem uma colisão perfeitamente inelástica no instante  $t = 5,0ms$ . Qual é a amplitude do MHS após a colisão?
15. Uma esfera maçica com uma massa de  $95kg$  e  $15cm$  de raio está suspensa por um fio vertical. Um torque de  $0,20N \cdot m$  é necessário para fazer a esfera girar  $0,85rad$  e manter essa orientação. Qual é o período das oscilações que ocorrem quando a esfera é liberada?
16. Na *Figura 9* o bloco possui uma massa de  $1,50kg$  e a constante elástica é  $8,00N/m$ . A força de amortecimento é dada por  $-b(dx/dt)$ , com  $b = 230g/s$ . O bloco é puxado  $12,0cm$  para baixo e liberado.
  - (a) Calcule o tempo necessário para que a amplitude das oscilações resultantes diminua para um terço do valor inicial.
  - (b) Quantas oscilações o bloco realiza nesse intervalo de tempo?
17. A amplitude de um oscilador fracamente amortecido diminui de  $3,0\%$  a cada ciclo. Que porcentagem da energia mecânica do oscilador é perdida por ciclo?
18. Nove pêndulos com os seguintes comprimentos são pendurados em uma viga horizontal: (a) $0,10m$ , (b) $0,30m$ , (c) $0,40m$ , (d) $0,80m$ , (e) $1,2m$ , (f) $2,8m$ , (g) $3,5m$ , (h) $5,0m$  e (i) $6,2m$ . A viga sofre oscilações horizontais com frequências angulares na faixa de  $2,00rad/s$  a  $4,00rad/s$ . Quais pêndulos entram (fortemente) em oscilação?
19. Um carro de  $1000kg$  com quatro ocupantes de  $82kg$  viaja em uma estrada de terra com "costeiras" separadas por uma distância média de  $4,0m$ . O carro trepida com amplitude máxima quando está a  $16km/h$ . Quando o carro para e os ocupantes desembarcam, qual é a variação da altura do carro?

### Problemas

20. A *Figura 5* mostra o bloco 1, de massa  $0,200kg$ , deslizando para a direita, sobre uma superfície elevada, com uma velocidade de  $8,00m/s$ . O bloco sofre uma colisão elástica com o bloco 2, inicialmente em repouso, que está preso a uma mola de constante elástica  $1208,5N/m$ . (Suponha

que a mola não afeta a colisão.) Após a colisão, o bloco 2 inicia um MHS com um período de  $0,140s$  e o bloco 1 desliza para fora da extremidade oposta da superfície elevada, indo cair a uma distância horizontal  $d$  dela, depois de descer uma altura  $h = 4,90m$ . Qual é o valor de  $d$ ?

21. Na *Figura 6* dois blocos ( $m = 1,8kg$  e  $M = 10kg$ ) e uma mola ( $k = 200N/m$ ) estão dispostos em uma superfície horizontal sem atrito. O coeficiente de atrito estático entre os blocos é  $0,40$ . Que amplitude do movimento harmônico simples do sistema blocos-mola faz com que o bloco menor fique na eminência de deslizar sobre o bloco maior?

### Parte 2 - Oscilações em Circuitos Elétricos

Leitura recomendada: Fundamentos da Física, Halliday, Resnick, 8a edição, volume 3, capítulo 31.

22. Um circuito  $LC$  oscilante é formado por um indutor de  $75,0mH$  e um capacitor de  $3,60\mu F$ . Se a carga máxima do capacitor é  $2,90\mu C$ , determine:
- A energia total presente no circuito.
  - A corrente máxima.
23. A energia de um circuito  $LC$  oscilante que contém um indutor de  $1,25H$  é  $5,70\mu J$ . A carga máxima do capacitor é  $175\mu C$ . Para um sistema massa-mola com o mesmo período, determine:
- A massa.
  - A constante elástica da mola.
  - A amplitude máxima.
  - O módulo da velocidade máxima.
24. Em um circuito  $LC$  oscilante com  $C = 64,0\mu F$  a corrente é dada por  $i = (1,60)\text{sen}(2500t + 0,680)$ , com as unidades apropriadas do S.I..
- Quanto tempo após  $t = 0s$  a corrente atinge o valor máximo?
  - Qual é o valor da indutância  $L$ ?
  - Qual é a energia total?
25. Em um circuito  $LC$  oscilante, quando 75% da energia total está armazenada no campo magnético do indutor, determine a porcentagem da carga máxima armazenada no capacitor e a porcentagem da corrente máxima que atravessa o indutor.
26. Que resistência  $R$  deve ser ligada em série com uma indutância  $L = 220mH$  e uma capacitância  $C = 12,0\mu F$  para que a carga máxima do capacitor caia para 99% do valor inicial após 50,0 ciclos? (Considere  $\omega_a = \omega$ .)
27. Um circuito de uma única malha é formado por um resistor de  $7,20\Omega$ , um indutor de  $12,0H$  e um capacitor de  $3,20\mu F$ . Inicialmente o capacitor possui uma carga de  $6,20\mu C$  e a corrente é zero. Calcule a carga do capacitor após:
- 5 ciclos.
  - 10 ciclos.
  - 100 ciclos.

### Parte 3 - Ondas

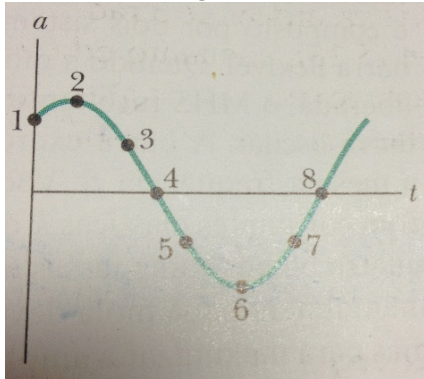
28. Para uma onda:  $y(x, t) = 0,020m \cdot \cos(0,250m^{-1} \cdot x - 50,0s^{-1} \cdot t + \pi/3)$  identifique ou calcule as grandezas  $\phi_0$ ,  $A$ ,  $k$ ,  $\omega$ ,  $v$ ,  $\lambda$ ,  $f$  e  $T$ .
29. Uma onda é descrita  $y(x, t) = 3,0cm \cdot \cos(2,0m^{-1} \cdot x + 120s^{-1} \cdot t + \pi/4)$ . Calcule:
- Seu período de oscilação.
  - Sua velocidade de fase.
  - Sua fase inicial.
30. Qual é a velocidade de fase de uma onda cuja frequência é  $220Hz$  e cujo comprimento de onda é  $1,56m$ ?
31. Duas ondas progressivas idênticas viajam no mesmo sentido e no mesmo meio. Entre elas há uma diferença de fase  $\phi_0$  de valor genérico. Calcule a função da onda resultante.

32. Duas ondas de mesma frequência propagam-se em uma corda. Ambas tem a amplitude de  $1,00\text{cm}$ , mas estão defasadas  $45^\circ$ .
- Calcule a amplitude da onda resultante da sua superposição.
  - Qual teria de ser a defasagem entre elas para que a amplitude da onda resultante fosse também igual a  $1,00\text{cm}$ ?
33. Duas ondas de mesma amplitude  $A$ , mesma frequência e mesma direção de propagação, se propagam em um dado meio.
- Sendo  $90^\circ$  a diferença de fase entre elas, qual é a amplitude da onda resultante.
  - Para uma amplitude da onda composta de  $A/2$  qual é a diferença de fase?
  - Para uma amplitude da onda composta de  $3A/2$  qual é a diferença de fase?
34. Um fio de aço, cuja densidade de massa é  $\rho = 7,87\text{g/cm}^3$ , com diâmetro de  $0,500\text{mm}$ , é esticado da maneira ilustrada na Figura 10. Uma das suas extremidades é presa a uma haste fixa e a outra passa por uma roldana e sustenta uma massa de  $1,00\text{kg}$ . Qual é a frequência do modo fundamental de oscilação da corda no seu segmento entre a haste e a roldana?
35. A primeira corda de um violão é feita de náilon, cuja densidade é  $1,150\text{g/cm}^3$ . O diâmetro da corda é de  $0,711\text{mm}$  e seu comprimento é de  $65,5\text{cm}$ . Qual deve ser a força de tensão na corda para que seu modo normal de vibração seja a nota mi, com frequência de  $329,6\text{Hz}$ ?
36. Uma das frequências harmônicas de uma certa corda sob tensão é  $325\text{Hz}$ . A frequência harmônica seguinte é  $390\text{Hz}$ . Qual é a frequência que se segue à de  $195\text{Hz}$ ?
37. Na água do mar, à temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , o som se propaga com velocidade de  $1,52\text{km/s}$ . Além da velocidade maior o som atenua-se na água muito menos do que no ar, o que permite que mamíferos marinhos, como as baleias e os golfinhos, comuniquem-se a grandes distâncias através de sons. Uma baleia emite um sinal sonoro. Quanto tempo leva para que outra, distante  $100\text{km}$ , o ouça?
38. Uma pedra é jogada em um poço. O som produzido pela pedra ao se chocar com a água é ouvido  $3,00\text{s}$  depois. Qual é a profundidade do poço?
39. Os terremotos geram ondas sonoras no interior da Terra. Diferentemente de um gás, a Terra pode transmitir tanto ondas sonoras transversais (S) quanto longitudinais (P). A velocidade das ondas S é próxima de  $4,5\text{km/s}$  e das ondas P próxima de  $8,0\text{km/s}$ . Um sismógrafo registra as ondas S e P de um terremoto. As primeiras ondas P chegam  $3,0\text{min}$  antes das primeiras ondas S. Se as ondas se propagaram em linha reta, a que distância ocorreu o terremoto?
40. Calcule o nível de intensidade sonora, em decibéis de um som cuja intensidade seja de  $6,0 \times 10^{-6}\text{W/m}^2$ .
41. Qual é a intensidade de um som cujo nível de intensidade sonora é de  $75\text{dB}$ ?
42. Um carro à velocidade de  $40\text{m/s}$  é perseguido em uma estrada reta por outro carro à velocidade de  $30\text{m/s}$ . Tentando chamar a atenção, o carro de trás toca a buzina, cuja frequência é  $200\text{Hz}$ . Com que frequência a buzina é ouvida pelo carro da frente?
43. Um sonar, usando ultra-som com frequência de  $1,000\text{MHz}$ , emite suas ondas na direção de uma nuvem que está se afastando. A onda refletida tem frequência de  $0,920\text{MHz}$ . Qual é a velocidade da nuvem?
44. O ruído de um avião em vôo tem, à distância de  $100\text{m}$ , o nível de intensidade sonora de  $100\text{dB}$ . Qual é o nível de intensidade sonora à distância de  $500\text{m}$ ?
45. A uma distância de  $10\text{km}$  uma corneta de  $100\text{Hz}$ , considerada uma fonte pontual isotrópica, mal pode ser ouvida. A que distância começa a causar dor? *Dados: Limiar da audição:  $0\text{dB}$ . Limiar da dor:  $120\text{dB}$*
46. Um carro aproxima-se buzinando de um muro onde o som da buzina é refletido. Um pedestre, atrás do carro, ouve dois sons para a buzina. Um a  $373\text{Hz}$  e outro a  $429\text{Hz}$ . Calcule a velocidade do carro e a frequência da buzina.
47. Um navio detecta, em seu sonar, um submarino verticalmente sob ele. Os pulsos do sonar, emitidos com frequência de  $50000\text{MHz}$  são refletidos e recebidos de volta com um retardo de  $120\text{ms}$  e uma

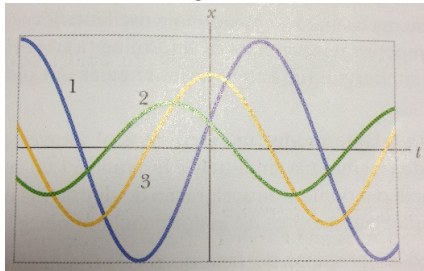
frequência de  $49968\text{MHz}$ . A velocidade do som na água é de  $1,53\text{km/s}$ . Calcule a velocidade vertical do submarino e a profundidade dele.

48. Um audacioso engenheiro aeronáutico resolve fazer um experimento colocando um alto falante muito potente em um caça supersônico. Considerando que o caça se mova com Mach 2 em direção ao engenheiro e que o alto falante esteja emitindo bipes idênticos com frequência de  $200\text{Hz}$ , calcule a frequência dos bipes que o engenheiro capta. Interprete o resultado.

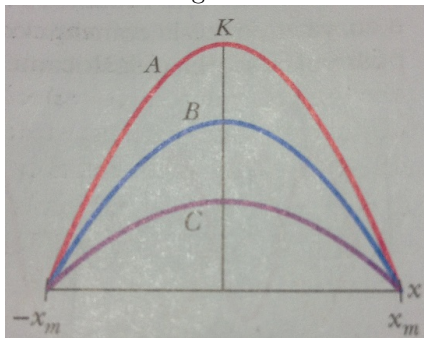
**Figuras**



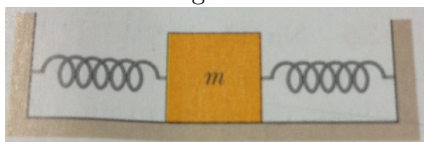
**Figura 1**



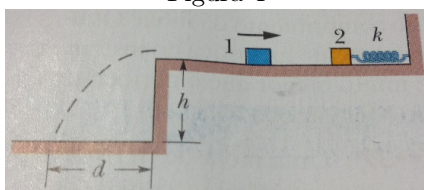
**Figura 2**



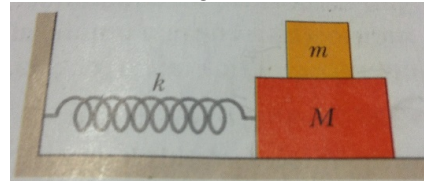
**Figura 3**



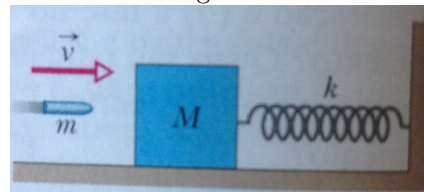
**Figura 4**



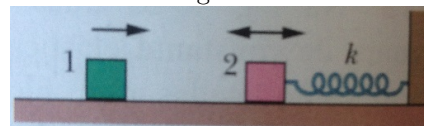
**Figura 5**



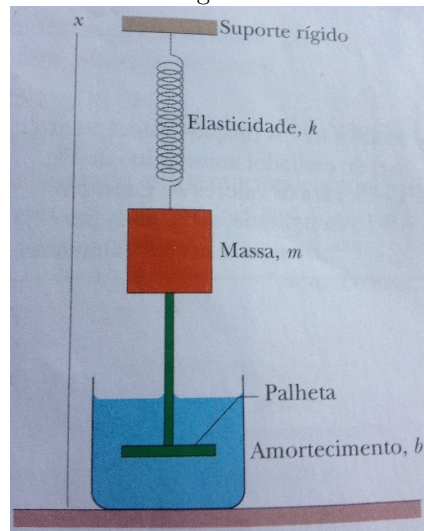
**Figura 6**



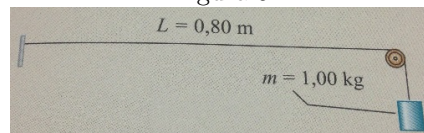
**Figura 7**



**Figura 8**



**Figura 9**



**Figura 10**

## Respostas

1. (a) 2  
(b) Positiva.  
(c) Entre  $x_m$  e 0.
2. (a)  $1 = 2 = 3$   
(b)  $3 > 2 = 1$   
(c)  $1 > 2 > 3$   
(d)  $1 > 2 > 3$   
(e)  $1 > 3 > 2$
3. (a) A, B, C.  
(b) C, B, A.
4.  $a_{MAX} = 37,8m/s^2$
5. (a)  $F_{MAX} = 10N$   
(b)  $k = 120N/m$
6. (a)  $T = 0,50s$   
(b)  $f = 2,0Hz$   
(c)  $A = 0,18m$
7.  $f = 39,6Hz$
8. (a)  $f = 5,58Hz$   
(b)  $m = 0,325kg$   
(c)  $A = 0,400m$
9.  $f = 54Hz$
10.  $0,037J$
11. (a)  $3/4$   
(b)  $1/4$   
(c)  $\frac{A}{\sqrt{2}}$
12. (a)  $T = 0,0031Hz$   
(b)  $v = 4,0m/s$   
(c)  $E = 0,080J$   
(d)  $F = 80N$
- (e)  $F = 40N$
13. (a)  $v = 1,1m$   
(b)  $A = 3,3cm$
14.  $A = 1,1cm$
15.  $T = 11s$
16. (a)  $14,3s$   
(b)  $5,27$
17.  $6,0\%$
18.  $d$  e  $e$
19.  $5,0cm$
20.  $d = 4m$
21.  $x_{MAX} = 3,5cm$
22. (a)  $E = 1.17 \times 10^{-6}J$   
(b)  $i_{MAX} = 5.58 \times 10^{-3}A$
23. (a)  $m = 1.25kg$   
(b)  $K = 372N/m$   
(c)  $i_{MAX} = 3,02 \times 10^{-3}A$   
(d)  $v_{MAX} = 3.02 \times 10^{-3}m/s$
24. (a)  $t = 3,56 \times 10^{-4}s$   
(b)  $L = 2,50 \times 10^{-3}H$   
(c)  $E = 3,20 \times 10^{-3}J$
25. (a)  $25,0\%$   
(b)  $75,0\%$
26.  $R = 8,66 \times 10^{-3}\Omega$
27. (a)  $q_5 = 5,85\mu C$   
(b)  $q_{10} = 5,52\mu C$   
(c)  $q_{100} = 1,93\mu C$
28.  $\phi_0 = \pi/3$ ,  $A = 0,020m$ ,
- $k = 0,250m^{-1}$ ,  $\omega = 50,0s^{-1}$ ,  $v = 200m/s$ ,  $\lambda = 25m$ ,  $f = 8,0Hz$  e  $T = 0,79s$ .
29. (a)  $T = 0,052s$   
(b)  $v = -60m/s$   
(c)  $\phi_0 = \pi/4$
30.  $v = 343m/s$
31.  $y(x,t) = 2A\cos(\phi_0/2) \cdot \cos(kx - \omega t + \phi_0/2)$
32. (a)  $A = 1,85cm$   
(b)  $\phi_0 = 120^\circ$
33. (a)  $\sqrt{2}A$   
(b)  $151^\circ$   
(c)  $83^\circ$
34.  $f = 49,8Hz$
35.  $T = 85,1N$
36.  $f = 260Hz$
37.  $t = 65,8s$
38.  $40,6m$
39.  $d = 1851km$
40.  $68dB$
41.  $3,2 \times 10^{-5}W/m^2$
42.  $f = 194Hz$
43.  $14,3m/s$
44.  $86,0dB$
45.  $d = 1,0cm$
46.  $v_c = 24m/s$
47.  $v = 0,490m/s$ ,  $d = 29,4m$
48.  $f = 200Hz$

### Referências

1. CHAVES, ALAOR - Física Básica: Gravitação, Fluidos, Ondas, Termodinâmica.
2. HALLIDAY; RESNICK; WALKER, JEARL - Fundamentos de Física - Volume 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica.
3. HALLIDAY; RESNICK; WALKER, JEARL - Fundamentos de Física - Volume 3: Eletromagnetismo.