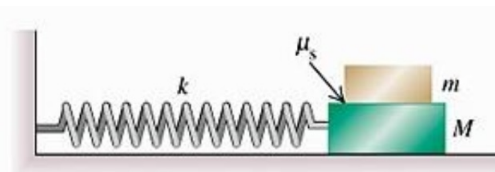
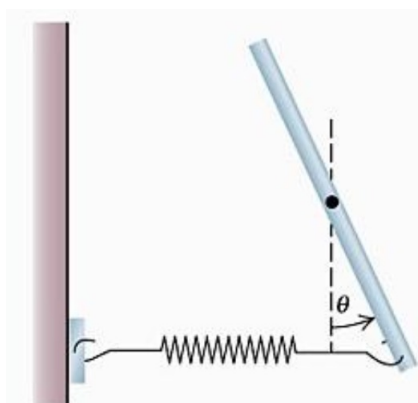


**Exercícios- Física II - Movimento Harmônico Simples (MHS)**

1. Um brinquedo de 0,150 kg executa um movimento harmônico simples na extremidade de uma mola horizontal com uma constante elástica  $k=300$  N/m. Quando o objeto está a uma distância de 0,012 m da posição de equilíbrio, verifica-se que ele possui uma velocidade igual a 0,300 m/s. Quais são (a) a energia mecânica total do objeto quando ele está em qualquer ponto; (b) a amplitude do movimento; (c) a velocidade máxima atingida pelo objeto durante o movimento?
2. Você observa um objeto movendo-se em MHS. Quando o objeto é deslocado até 0,600 m à direita de sua posição de equilíbrio, sua velocidade é igual a 2,20 m/s e sua aceleração é  $8,40$  m/s<sup>2</sup> para a esquerda. A que distância máxima desse ponto irá o objeto se mover antes de parar momentaneamente e depois recomeçar a se mover para a esquerda?
3. Um bloco de massa  $M$  repousa sobre uma superfície sem atrito e está preso a uma mola horizontal cuja constante elástica é  $k$ . A outra extremidade da mola está presa a uma parede, conforme ilustrado na figura. Um segundo bloco de massa  $m$  repousa sobre o primeiro. O coeficiente de atrito estático entre os blocos é  $\mu_s$ . Ache a amplitude máxima da oscilação para que o bloco superior não deslize sobre o bloco inferior.

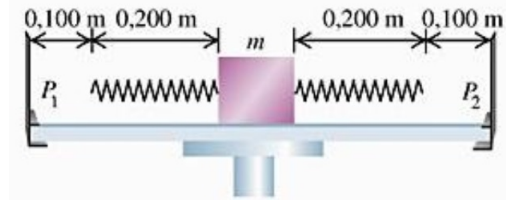


4. Uma barra metálica delgada e homogênea de massa  $M$  possui um pivô em seu centro por onde passa um eixo perpendicular à barra. Uma mola horizontal cuja constante elástica é  $k$  possui uma extremidade presa na parte inferior da barra e sua outra extremidade está rigidamente presa a um suporte. Quando a barra é deslocada formando um pequeno ângulo  $\theta$  com a vertical e liberada, mostre que a oscilação é um movimento harmônico angular e calcule seu período. Sugestão: suponha que o ângulo  $\theta$  seja suficientemente pequeno para que as relações  $\sin \theta = \theta$  e  $\cos \theta = 1$  sejam aproximadamente válidas. O movimento é harmônico simples quando  $d^2\theta/dt^2 = -\omega^2\theta$  e o período é então dado por  $T = 2\pi/\omega$ .

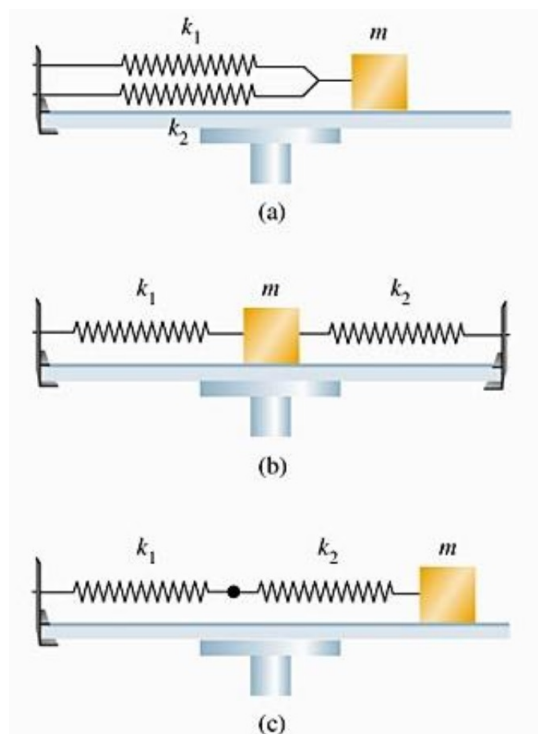


5. Duas molas, cada uma com um comprimento sem deformação igual a 0,200 m, porém com constantes elásticas diferentes,  $k_1$  e  $k_2$ , são ligadas às extremidades opostas de um bloco de massa  $m$  apoiado sobre uma

superfície horizontal sem atrito. As extremidades externas das molas são agora ligadas a dois pinos  $P_1$  e  $P_2$ , igualmente afastados de 0,100 m da extremidade externa original de cada mola, conforme ilustrado na figura. Seja  $k_1=2,0$  N/m,  $k_2=6,0$  N/m e  $m=0,100$  kg. (a) Ache o comprimento de cada mola quando o bloco atinge a nova posição de equilíbrio depois da ligação das extremidades das molas aos pinos. (b) Ache o período das oscilações do bloco quando ele é deslocado da nova posição e a seguir liberado.



6. **A constante elástica efetiva de duas molas.** Duas molas, ambas com o mesmo comprimento sem deformação, porém com constantes diferentes  $k_1$  e  $k_2$ , são ligadas a um bloco de massa  $m$  apoiado sobre uma superfície horizontal sem atrito. Determine a constante efetiva  $k_{ef}$  da força para cada um dos três casos ilustrados na figura. A constante efetiva da força é obtida pela definição  $\sum F_x = -k_{ef}x$ . Um objeto de massa  $m$ , suspenso da extremidade de uma mola cuja constante elástica é  $k$ , oscila com uma frequência  $f_1$ . Se a mola for cortada em duas metades e o mesmo objeto for suspenso em uma das metades, a frequência da oscilação será  $f_2$ . Qual é a razão  $f_2/f_1$ ?



**Respostas:**

- (a)  $E=0,028$  J; (b)  $x_m=0,0137$  m; (c)  $v_{max}=0,61$  m/s.
- A amplitude é 0,84 m, mas o deslocamento máximo em relação ao ponto  $x=0,6$  m é 0,24 m.
- A amplitude da oscilação para que o bloco não deslize é dada por:

$$A = \frac{(m + M)}{k} \mu_s g.$$

4. Partindo do cálculo do torque e da segunda lei de Newton para o movimento de rotação mostra-se que

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \omega^2\theta = 0, \quad \omega = \sqrt{\frac{kL^2}{4I}},$$

onde  $L$  é o comprimento da barra e  $I$  o momento de inércia. Conforme visto em aula, a equação obtida é de MHS.

5. (a) O comprimento de cada mola é: 0,25 m para a mola 2 e 0,35 m para a mola 1; (b)  $T=0,702$  s. A expressão obtida para o período é a seguinte:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}}.$$

6. Constante elástica efetiva: (a)  $k_{ef}=k_1+k_2$ ; (b)  $k_{ef}=k_1+k_2$ ; (c)  $k_{ef}=k_1k_2/(k_1+k_2)$ . Razão entre as frequências:  $f_2/f_1=\sqrt{2}$ .

**Exercícios- Física II - Ondas mecânicas**

1. **Som audível.** Desde que a amplitude seja suficientemente grande, o ouvido humano pode detectar ondas longitudinais no intervalo aproximado entre 20 Hz e 20000 Hz. (a) Se você precisasse assinalar o início de cada configuração de onda completa com um ponto vermelho para o som de comprimento de onda longo e um ponto azul para o som de comprimento de onda curto, a que distância os pontos azuis estariam um do outro? (b) Na realidade, os pontos adjacentes em cada conjunto estariam longe o suficiente para que você pudesse medir a distância com uma régua? (c) Suponha que você repetisse o item (a) na água, onde o som se propaga a 1480 m/s. A que distância estariam os pontos um do outro em cada conjunto? Você poderia medir essa distância com uma régua?

2. **Imagem de ultrassom.** Sons que possuem frequências acima da capacidade de audição humana (cerca de 20000 Hz) são chamados de ultrassom. Ondas acima dessa frequência podem ser usadas para penetrar no corpo e produzir imagens por meio da reflexão de superfícies. Em um típico exame de ultrassom, a onda atravessa os tecidos do corpo com uma velocidade de 1500 m/s. Para uma imagem boa e detalhada, o comprimento de onda deve ser maior do que 1,0 mm. Que frequência sonora é necessária para obter boas imagens?

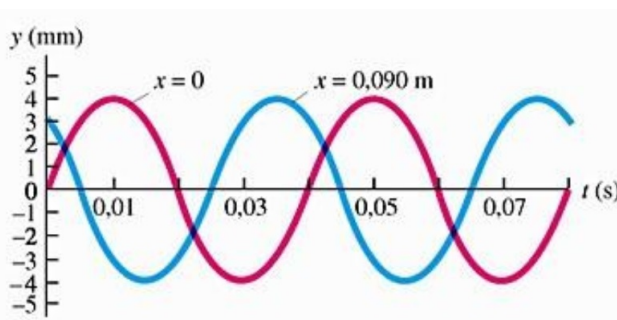
3. **Luz visível.** A luz é uma onda, mas não é uma onda mecânica. As grandezas que oscilam são campos elétrico e magnético. A luz visível para os seres humanos possui comprimentos de onda entre 400 nm (violeta) e 700 nm (vermelho), e toda luz se propaga no vácuo à velocidade de  $3 \cdot 10^8$  m/s. (a) Quais são os limites da frequência e do período da luz visível? (b) Seria possível medir a duração de uma única vibração de luz com um cronômetro?

4. Uma certa onda transversal é descrita por:

$$y(x, t) = (6,50 \text{ mm}) \cos \left[ 2\pi \left( \frac{x}{28,0 \text{ cm}} - \frac{t}{0,0360 \text{ s}} \right) \right].$$

Determine para esta onda: (a) a amplitude; (b) o comprimento de onda; (c) a frequência; (d) a velocidade de propagação; (e) a direção de propagação.

5. Uma onda senoidal propaga-se ao longo de uma corda esticada sobre o eixo  $Ox$ . O deslocamento da corda em função do tempo é indicado na figura para partículas nos pontos  $x=0$  e  $x=0,090$  m. (a) Qual é a amplitude da onda? (b) Qual é o período da onda? (c) Informamos a você que a distância entre os pontos  $x=0$  e  $x=0,090$  é menor que o comprimento de onda. Determine a velocidade e o comprimento de onda quando ela se propaga no sentido  $+x$ . (d) Supondo agora que a onda se propaga no sentido  $-x$ , determine a velocidade e o comprimento de onda.



6. Uma corda de 1,5 m e de peso 1,25 N está amarrada ao teto pela sua extremidade superior enquanto que a extremidade inferior sustenta um peso  $p$ . Quando a corda é puxada suavemente, as ondas que se deslocam para cima obedecem à equação

$$y(x, t) = (8,5 \text{ mm}) \cos(172 \text{ m}^{-1}x - 2730 \text{ s}^{-1}t).$$

(a) Quanto tempo leva um pulso para percorrer toda a extensão da corda? (b) Qual é o peso  $p$ ? (c) Quantos comprimentos de onda há sobre a corda em qualquer instante? (d) Qual é a equação para ondas que se deslocam para baixo na corda?

7. Por meio de medições, você determina que ondas sonoras estão se propagando igualmente em todas as direções a partir de uma fonte puntual e que a intensidade é igual a  $0,026 \text{ W/m}^2$  a uma distância de 3,1 m da fonte. (a) Qual é a intensidade a uma distância de 4,3 m da fonte? (b) Quanta energia sonora a fonte emite em uma hora se a potência fornecida permanecer constante?

8. A distância entre dois ventres adjacentes de uma onda estacionária sobre uma corda é igual a 15,0 cm. Uma partícula situada em um ventre oscila em MHS com amplitude igual a 0,850 cm e período igual a 0,0750 s. A corda está sobre o eixo  $Ox$  e se encontra fixa no ponto  $x=0$ . (a) Qual a distância entre os nós adjacentes? (b) Qual o comprimento de onda, a amplitude e a velocidade de duas ondas progressivas que adquirem essa configuração? (c) Calcule as velocidades transversais máxima e mínima de um ponto em um ventre. (d) Qual é a menor distância ao longo da corda entre um nó e um ventre?

9. Um fio ou corda se romperá se for submetido a muita tensão. Cordas muito grossas podem resistir a uma tensão maior sem se romper porque quanto mais grossa a corda, maior é a área transversal e menor a tensão. Um tipo de aço possui densidade igual a  $7,8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  e uma tensão de ruptura igual a  $7,0 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ . Você deseja fabricar uma corda de guitarra usando 4,0 g deste aço. A corda de guitarra deve resistir a uma tensão de 900 N sem se romper. A sua tarefa é: (a) determinar o comprimento máximo e o raio mínimo que a corda pode ter; (b) determinar a frequência fundamental mais alta possível das ondas estacionárias na corda, se toda a extensão da corda estiver livre para vibrar.

10. Duas ondas transversais de mesma frequência  $\nu=100 \text{ s}^{-1}$  são produzidas num fio de aço de 1 mm de diâmetro e densidade  $8 \text{ g/cm}^3$ , submetido a uma tensão  $T=500 \text{ N}$ . As ondas são dadas por

$$y_1 = A \cos\left(kx - \omega t + \frac{\pi}{6}\right), \quad y_2 = 2A \sin(\omega t - kx),$$

onde  $A=2 \text{ mm}$ . (a) Escreva a expressão da onda harmônica progressiva resultante da superposição dessas duas ondas. (b) Calcule a intensidade da resultante. (c) Se a diferença de fase entre as duas ondas variar, qual é a razão entre os valores máximo e mínimo possíveis da intensidade da resultante?

**Lista de Exercícios- Física II - Ondas Sonoras**

1. Considere uma onda sonora no ar com amplitude de deslocamento igual a 0,0200 mm. Calcule a amplitude da pressão para as frequências: (a) 150 Hz; (b) 1500 Hz; (c) 15000 Hz. Em cada caso, compare os resultados com o limiar da dor, que é 30 Pa.
2. Uma máquina barulhenta em uma fábrica produz um som de amplitude de deslocamento igual a  $1,0 \mu\text{m}$ , mas a frequência desse som pode ser ajustada. A fim de prevenir danos aos ouvidos dos trabalhadores, a amplitude de pressão máxima das ondas sonoras é limitada a 10,0 Pa. Nas condições dessa fábrica, o módulo de compressão do ar é  $1,42 \times 10^5$  Pa. Qual é o som de frequência mais alta para o qual essa máquina pode ser ajustada sem exceder o limite recomendado? Essa frequência é audível para os trabalhadores?
3. Um oscilador vibrando a 1250 Hz produz uma onda sonora que se desloca em um gás ideal a 325 m/s quando a temperatura do gás é  $22^\circ\text{C}$ . Em um certo experimento, você precisa que o mesmo oscilador produza um som de comprimento de onda igual a 28,5 cm nesse gás. Qual deveria ser a temperatura do gás para obter esse comprimento de onda?
4. **Ondas longitudinais em diversos fluidos.** (a) Uma onda longitudinal se propagando em um tubo cheio de água possui frequência igual a 3400 Hz e intensidade igual a  $3,0 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ . Calcule a amplitude  $A$  e o comprimento de onda  $\lambda$  da onda. A densidade da água é  $1000 \text{ kg/m}^3$  e o seu módulo de compressão é  $2,18 \times 10^9$  Pa. (b) Se o tubo está cheio de ar sob pressão de  $1,0 \times 10^5$  Pa e com densidade igual a  $1,2 \text{ kg/m}^3$ , qual deve ser a amplitude  $A$  e o comprimento de onda  $\lambda$  de uma onda longitudinal com a mesma frequência e intensidade do item (a)? (c) Em qual fluido a amplitude é maior, no ar ou na água? Qual é a razão entre as duas amplitudes? Por que essa razão é muito diferente de um?
5. (a) Qual é o nível da intensidade sonora no ouvido quando a intensidade do som é igual a  $0,500 \mu\text{W/m}^2$ ? (b) Qual é o nível da intensidade sonora nas proximidades de um bate-estacas quando a amplitude de pressão do som é de 0,150 Pa e a temperatura é igual a  $20^\circ\text{C}$ ?
6. Para uma pessoa com audição normal, o som mais fraco que pode ser ouvido a uma frequência de 400 Hz possui uma amplitude de pressão aproximadamente igual a  $6,0 \times 10^{-5}$  Pa. Calcule a intensidade correspondente e o nível da intensidade sonora a  $20^\circ\text{C}$ .
7. Dois alto-falantes, A e B, são alimentados por um mesmo amplificador e emitem ondas senoidais em fase. O alto-falante B está a uma distância de 12,0 m à direita do alto-falante A. A frequência das ondas emitidas por cada um dos alto-falantes é 688 Hz. Você está em pé entre os dois alto-falantes, sobre a linha reta que os une, em um ponto onde há interferência construtiva. A que distância você precisa andar na direção do alto-falante B para atingir um ponto de interferência destrutiva?
8. Dois alto-falantes, A e B, são alimentados por um mesmo amplificador e emitem ondas senoidais em fase. A frequência das ondas emitidas por cada um dos alto-falantes é 172 Hz. Você está a 8,0 m do alto-falante A. Qual é a menor distância de B em que você deve ficar para estar em um ponto de interferência destrutiva/
9. O alarme de um carro está emitindo ondas sonoras de frequência igual a 520 Hz. Você está dirigindo uma motocicleta, afastando-se em linha reta do carro. Com que velocidade você está andando se escuta uma frequência de 490 Hz?
10. **Medicina com ultrassom.** Uma onda sonora de 2,0 MHz se propaga ao longo do ventre de uma mulher grávida, sendo refletida pela parede do coração do feto. A parede do coração se move no sentido do receptor do som quando o coração bate. O som refletido é então misturado com o som transmitido, e 85 batimentos por segundo são detectados. A velocidade do som nos tecidos do corpo é 1500 m/s. Calcule a velocidade da parede do coração do feto no instante em que essa medida é realizada.