Lista de exercícios 1 – Movimento Oscilatório

A lista de exercício foi elaborada com base nos exercícios do livro: Física II – termodinâmica e ondas- Young & Freedman. Mais exercícios podem ser encontrados nesse mesmo livro ou em outros livros de Física indicados na ementa do curso.

1- A corda de um piano emite um lá médio vibrando com uma freqüência primária igual a 220 Hz. a) Calcule o período e a frequência angular. b) Calcule a freqüência angular de uma soprano emitindo um lá uma oitava acima, que é igual a duas vezes a freqüência da corda do piano.

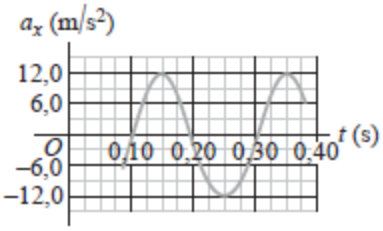
2- Se um objeto sobre uma superfície horizontal, sem atrito, é preso a uma mola, deslocado e depois libertado, ele irá oscilar. Se ele for deslocado 0,120 m da sua posição de equilíbrio e libertado com velocidade inicial igual a zero, depois de 0,800 s verifica-se que o seu deslocamento é de 0,120 m no lado oposto e que ele ultrapassou uma vez a posição de equilíbrio durante esse intervalo. Ache (a) a amplitude, (b) o período, (c) a freqüência.

3- Quando uma massa de 0,750 kg oscila em uma mola ideal, a freqüência é igual a 1,33 Hz. Qual será a freqüência se 0,220 kg forem adicionados à massa original, e (b) subtraídos à massa original?
Tente resolver este problema *sem* achar a constante da mola.

4- A corda de um violão vibra com uma frequência igual a 440 Hz. Um ponto em seu centro se move com MHS com amplitude igual a 3,0 mm e um ângulo de fase igual a zero. a) Escreva uma equação para a posição do centro da corda em função do tempo. b) Quais são os valores máximos dos módulos da velocidade e da aceleração do centro da corda? c) A derivada da aceleração em relação ao tempo pode ser chamada de *'arrancada'*. Escreva uma equação para a arrancada do centro da corda em função do tempo e calcule o valor máximo do módulo da arrancada.

5- A ponta da agulha de uma máquina de costura se move com MHS ao longo de um eixo *Ox* com uma freqüência igual a 2,5 Hz. Em $t = 0$ os componentes da posição e da velocidade são, respectivamente, +1,1 cm e –15 cm/s. a) Ache o componente da aceleração da agulha para $t = 0$. b) Escreva equações para os componentes da posição, da velocidade e da aceleração do ponto considerado em função do tempo.

6- Sobre um trilho de ar sem atrito, horizontal, um corpo oscila na extremidade de uma mola ideal de constante 2,50 N/cm. O gráfico da Figura abaixo mostra a aceleração do corpo em função do tempo. Encontre (a) a massa do corpo; (b) o deslocamento máximo do corpo a partir do ponto de equilíbrio; (c) a força máxima que a mola exerce sobre o corpo.



7- Uma massa de 0,500 kg oscilando em uma mola tem a velocidade em função do tempo dada por $v_x(t)$ = (3,60 cm/s) sen[(4,71 s^{-1})$t - \pi/2$]. Qual é (a) o período; (b) a amplitude; (c) a aceleração máxima da massa; (d) a constante da mola?

8- Um oscilador harmônico possui freqüência ω e amplitude A. a) Quais são os valores dos módulos da posição e da velocidade quando a energia potencial elástica for igual à energia cinética? (Suponha que $U = 0$ no equilíbrio.) b) Quantas vezes isso ocorre em cada ciclo? Qual é o intervalo de tempo entre duas ocorrências consecutivas? c) No momento em que o deslocamento é igual a $A/2$, qual é a fração da energia total do sistema referente à energia cinética e a qual fração corresponde à energia potencial?

9- Uma bola de 1,50 kg e outra de 2,0 kg são coladas uma na outra, a mais leve embaixo da mais pesada. A bola de cima é presa a uma mola vertical ideal de constante 165 N/m, e o sistema está vibrando verticalmente com uma amplitude de 15,0 cm. A cola usada para juntar as bolas é velha e fraca, e cede de repente, quando as bolas estão na posição mais baixa de seu movimento. (a) Por que é mais provável que a cola ceda no ponto *mais* baixo e não em qualquer outro ponto do movimento? (b) Calcule a amplitude e a frequência das vibrações depois que a bola de baixo houver se soltado.

10- Quando deslocados da posição de equilíbrio, os dois átomos da molécula de H_2 são submetidos a uma força restauradora $F_x = -kx$ com k = 580 N/m. Calcule a freqüência da oscilação da molécula de H_2. [*Sugestão:* A massa do átomo de hidrogênio é igual a 1,008 unidade de massa atômica, ou 1 u (ver Apêndice E). Como no Exemplo 13.7 da Seção 13.4, use $m/2$ em vez de m na expressão de f.]

11- Você puxa lateralmente um pêndulo simples de 0,240 m de comprimento até um ângulo de 3,50º e solta-o a seguir. a) Quanto tempo leva o peso do pêndulo para atingir a velocidade mais elevada? b) Quanto tempo levaria se o pêndulo simples fosse solto em um ângulo de 1,75º em vez de 3,50º?

12- Um prédio em São Francisco (EUA) tem enfeites luminosos que consistem em pequenos bulbos de 2,35 kg com quebra-luzes pendendo do teto na extremidade de cordas leves e finas de 1,50 m de comprimento. Se um terremoto de fraca intensidade ocorrer, quantas oscilações por segundo farão esses enfeites?

13- Uma massa de 2,20 kg oscila em uma mola de constante igual a 250,0 N/m com um período de 0,615 s. (a) Esse sistema é amortecido ou não? Como você sabe disso? Se for amortecido, encontre a constante de amortecimento b. (b) Esse sistema é não amortecido, subamortecido, criticamente amortecido ou superamortecido? Como você sabe que é assim?

14- Um ovo de 50,0 g fervido durante muito tempo está preso na extremidade de uma mola cuja constante é k = 25,0 N/m. Seu deslocamento inicial é igual a 0,300 m. Uma força de amortecimento $F_x = -bv_x$ atua sobre o ovo e a amplitude do movimento diminui para 0,100 m em 5,0 s. Calcule o módulo da constante de amortecimento b.

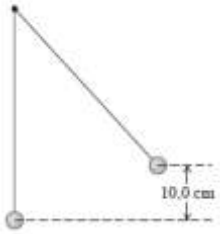
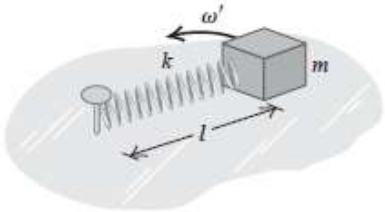
15- Uma força propulsora variando senoidalmente é aplicada a um oscilador harmônico amortecido. a) Quais são as unidades da constante de amortecimento b? b) Mostre que a grandeza $(km)^{1/2}$ possui as mesmas dimensões de b. c) Em termos de $F_{máx}$ e de k, qual é a amplitude para $\omega d = (k/m)^{1/2}$ quando i) $b = 0{,}2(km)^{1/2}$ e ii) $b = 0{,}4(km)^{1/2}$. Compare seus resultados com a Figura 13.28.

16- Um dispositivo experimental e sua estrutura de suporte para instalação a bordo da *International Space Station* (Estação Espacial Internacional) deve funcionar como um sistema massa-mola com subamortecimento com massa de 108 kg e constante da mola igual a $2{,}1 \times 10^6$ N/m. Uma exigência da Nasa é que não ocorra ressonância das oscilações forçadas em nenhuma freqüência menor do que 35 Hz. O dispositivo experimental satisfaz essa exigência?

17- Para um certo oscilador, a força resultante sobre um corpo de massa m é dada por $F_x = -cx^3$. a) Qual é a função energia potencial desse oscilador se considerarmos $U = 0$ para $x = 0$? b) Um quarto do período é o tempo necessário para o corpo se deslocar de $x = 0$ até $x = A$. Calcule esse tempo e, portanto, o período. [*Sugestão:* Comece com a Equação (13.20) modificada para incluir a função energia potencial obtida na parte (a) e explicite v_x em função de x. A seguir substitua v_x por dx/dt. Isole a variável passando todos os fatores que contenham x para um lado e todos os fatores que contenham t para o outro, de modo que os dois lados possam ser integrados. Na integral envolvendo x, faça a mudança de variável $u = x/A$. A equação resultante pode ser calculada usando-se programas de computador e o resultado é $\int_0^1 du/\sqrt{1-u^4} = 1{,}31\bar{1}$ c) De acordo com o resultado obtido na parte (b), verifique se o período depende da amplitude A do movimento. Esse movimento constitui um MHS?

18- Dois átomos idênticos de uma molécula diatômica vibram como osciladores harmônicos. Contudo, o centro de massa situado na metade da distância entre os átomos permanece em repouso. a) Mostre que em qualquer instante os momentos lineares dos átomos são dados por $\vec{p}$ e $-\vec{p}$. b) Mostre que a energia cinética K dos dois átomos em qualquer instante é igual à energia cinética de um único objeto de massa $m/2$ com um momento linear de módulo igual a p. (Use $K = p^2/2m$.) Esse resultado mostra por que usamos $m/2$ na expressão de f no Exemplo 13.7 (Seção 13.4). c) Se os átomos não forem idênticos, mas possuírem massas m_1 e m_2, mostre que o resultado da parte (a) ainda permanece válido e na parte (b) a massa do único objeto é dada por $m_1m_2/(m_1 + m_2)$. A grandeza $m_1m_2/(m_1 + m_2)$ denomina-se *massa reduzida* do sistema.

19- Na Figura abaixo, a esfera de cima é libertada a partir do repouso, colide com a esfera de baixo, que está em repouso, e gruda-se a ela. Ambas as molas têm 50,0 cm de comprimento. A esfera de cima possui uma massa de 2,0 kg e está inicialmente a uma altura 10,0 cm acima da esfera de baixo, cuja massa é igual a 3,0 kg. Ache a freqüência e o deslocamento angular máximo do movimento após a colisão.



20- **Ressonância em um sistema mecânico.** Um bloco de massa *m* está preso à extremidade de uma mola sem massa cuja constante é *k* e comprimento de equilíbrio igual a l_0. A outra extremidade da mola pode girar livremente em torno de um prego cravado em uma superfície horizontal sem atrito (Figura abaixo). O bloco gira em um círculo com uma freqüência angular de revolução ω'. a) Determine o comprimento *l* da mola em função de ω'. b) O que ocorre com o resultado da parte (a) quando ω' se aproxima da freqüência natural $\omega = (k/m)^{1/2}$ do sistema massa-mola? (Se o resultado o incomoda, lembre que molas sem massa e superfícies sem atrito não existem; são apenas descrições aproximadas de molas e superfícies reais. Além disso, a lei de Hooke é ela própria uma aproximação do comportamento das molas reais; quanto maior for a deformação da mola, maior será o desvio da lei de Hooke.)