

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA 2020  
Prova Especial Teórica das 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> Fases  
28 DE NOVEMBRO DE 2020

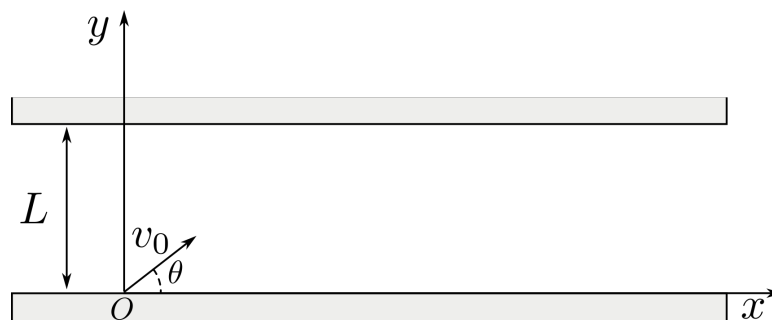
NÍVEL II  
Ensino Médio  
1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> Séries

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES:

1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos das 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> séries do nível médio. Ela contém 12 questões.
2. Os alunos da 1<sup>a</sup> série podem escolher livremente 8 questões para responder. Caso sejam respondidas mais de 8 questões, apenas as 8 primeiras respostas serão corrigidas.
3. Os alunos da 2<sup>a</sup> série podem responder apenas as 8 questões que não estão indicadas como *exclusivas para alunos da 1<sup>a</sup> série*. As questões para a 2<sup>a</sup> série estão numeradas de 5 a 12.
4. Você deve seguir as instruções dadas em [https://app.graxaim.org/obf/2020/instrucoes\\_segunda\\_fase.html](https://app.graxaim.org/obf/2020/instrucoes_segunda_fase.html), em particular a seção Campos (Caixas) de Respostas.
5. Durante a prova, é permitido o uso de celular ou computador **apenas** para acessar o site <https://app.graxaim.org/obf/2020>, ou para trocas de mensagens com os coordenadores estaduais da OBF ou com [obf2020online@gmail.com](mailto:obf2020online@gmail.com). **Todos os demais usos (calculadoras, aplicativos gráficos e numéricos, consultas, busca na internet, etc) são proibidos.**
6. As respostas devem ser enviadas das 14h00 às 18h00, horário de Brasília.
7. Se houver suspeita de congestionamento da rede, ou notícias de problemas localizados em partes do país, pode ser que o site seja ajustado para aceitar submissões após as 18h00, horário de Brasília. No entanto, a validade dessas respostas ficará suspensa até que uma comissão da OBF, especialmente designada para este fim, analise as razões específicas de cada atraso.
8. São vedados comentários e discussões sobre os enunciados das questões, suas respostas e possíveis resoluções até as 22h00, horário de Brasília, nas redes sociais, blogs, fóruns e ferramentas afins de comunicação da internet.
9. Se necessário e salvo indicação em contrário, use:  $\sqrt{2} = 1,4$ ;  $\sqrt{3} = 1,7$ ;  $\sqrt{5} = 2,2$ ;  $\text{sen}(30^\circ) = 1/2$ ;  $\text{cos}(30^\circ) = \sqrt{3}/2$ ;  $\text{sen}(45^\circ) = \sqrt{2}/2$ ;  $\pi = 3$ ; aceleração da gravidade = 10 m/s<sup>2</sup>; densidade da água = 1 g/cm<sup>3</sup>; 1 cal = 4,2 J; calor específico da água = 1 cal g<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>; calor latente de fusão da água = 80 cal g<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>; calor latente de vaporização da água = 540 cal g<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>; índice de refração do ar = 1; velocidade do som no ar = 340 m/s.

**Questão 1 (exclusiva para alunos da 1ª série).** Em um laboratório de física, há uma pista plana e lisa, de largura  $L = 20,0$  cm, com pequenos furos por onde é forçada a passagem de jatos de ar. Sobre esta pista, desliza um pequeno disco de plástico com ação desprezível de forças dissipativas graças à fina camada de ar formada entre a superfície inferior do disco e a pista. Em estabelecimentos de diversão, as máquinas de hóquei de mesa apresentam um arranjo parecido com este. Considere que um disco é lançado do ponto  $O$ , no instante  $t = 0$ , obliquamente, com um ângulo  $\theta = 60^\circ$  e velocidade de módulo  $v_0 = 28,0$  cm/s, conforme ilustrado na figura. Suponha que o disco deslize pela superfície sem a ação de qualquer força resistiva e, ao colidir, ocorra apenas a inversão da componente  $y$  de sua velocidade. Usando o sistema de referências adotado na figura, passados 4,00 s, determine:

- (a) número de colisões com as paredes;
- (b) distância percorrida pelo disco, em cm;
- (c) módulo do deslocamento em relação à posição inicial, em cm.

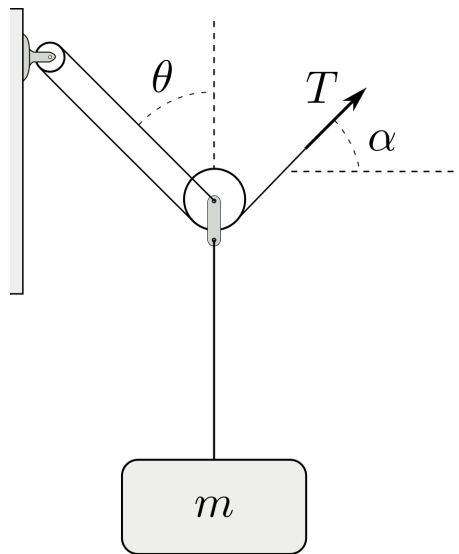


**Questão 2 (exclusiva para alunos da 1ª série).** Considere dois pequenos satélites,  $A$  e  $B$ , de mesma massa. Ambos estão em órbitas circulares em torno da Terra, mas o raio da órbita do satélite  $B$  é 50% maior que a do satélite  $A$ . Sejam  $E_{c,A}$  e  $E_{c,B}$ , respectivamente, as energias cinéticas de cada satélite. Use as leis de Kepler e seus conhecimentos de física para determinar a razão  $E_{c,B}/E_{c,A}$ .

**Questão 3 (exclusiva para alunos da 1ª série).** Uma estudante de física resolveu analisar uma filmagem, com som e imagem, feita de uma exibição de fogos de artifícios. A filmadora eletrônica que utilizou gravou o vídeo em 30 FPS, que é a sigla, em inglês, para 30 quadros (frames) por segundo. Isto quer dizer que o aparelho tira 30 fotografias por segundo em intervalos de tempo igualmente espaçados. Depois, quando se assiste à filmagem, as imagens são exibidas também na taxa de 30 FPS e, por isso, temos a impressão de ver uma cena em movimento a partir de uma sequência de imagens estáticas. Existem vários aplicativos de edição de vídeos, muitos deles de software livre, que podem ser usados para analisar uma filmagem quadro-a-quadro. Em geral, estes aplicativos também mostram representações gráficas da intensidade da onda sonora que chega à filmadora durante a gravação. Ao analisar a filmagem da explosão de um morteiro, a estudante percebe que o som da explosão aparece 52 quadros depois do quadro com o brilho da explosão. Com seus conhecimentos de física e estas informações, ela conseguiu estimar a distância  $d$  entre o morteiro no momento da explosão e a sua filmadora. Qual o valor de  $d$ , em metros, que ela estimou?

**Questão 4 (exclusiva para alunos da 1ª série).** Uma caixa de  $m = 60$  kg é suspensa pelo sistema de polias representados na figura. Os trechos de corda entre as duas polias são paralelos e formam um ângulo  $\theta = 30^\circ$  com a vertical. Na extremidade da corda, é aplicada uma força  $\vec{T}$ , de módulo  $T$ , e que faz um ângulo  $\alpha$  com a horizontal. Considerando que o sistema está em equilíbrio estático e as cordas e polias são ideais, determine:

- (a) o ângulo  $\alpha$ , em graus;
- (b) a intensidade da força  $T$ , em  $N$ .



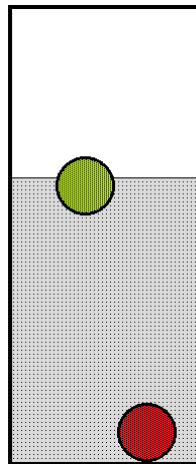
**Questão 5.** Uma ducha com água aquecida eletricamente, de potência 4,20 kW, ou seja, que utiliza energia elétrica a uma taxa 4,20 kJ por segundo, liga automaticamente quando a torneira é aberta permitindo uma vazão mínima de 3,00 litros de água por minuto. A partir daí, à medida que a torneira é aberta para permitir vazões maiores, o aquecedor elétrico permanece operando à mesma potência. A vazão máxima desta ducha é de 6,60 litros de água por minuto.

- (a) Qual a temperatura máxima possível da água liberada pela ducha em um dia de inverno, em  $^\circ\text{C}$ , no qual a água que entra na ducha está a  $15,0^\circ\text{C}$ ?
- (b) Se a ducha está ligada, qual a temperatura mínima possível da água liberada em um dia de verão, em  $^\circ\text{C}$ , no qual a água que entra na ducha está a  $24,0^\circ\text{C}$ ?

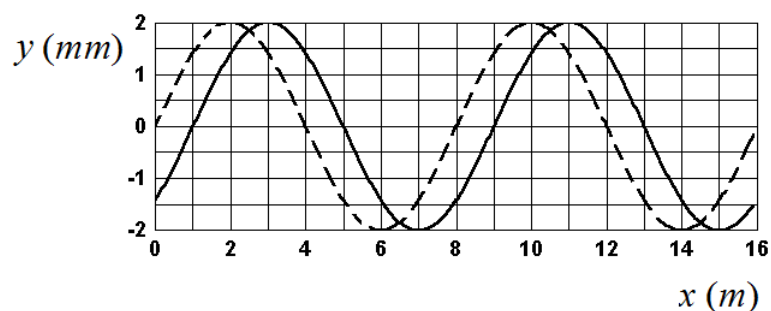
**Questão 6.** Um posto de gasolina instalou densímetros em suas bombas para atestar a qualidade do produto. Os combustíveis utilizados nos automóveis são misturas de hidrocarbonetos, cuja densidade varia com a composição, isto é, com a quantidade de cada componente da mistura. Assim, se a mistura for alterada pelo acréscimo de alguma substância destinada a “dar volume” ao combustível, o densímetro acusará a adulteração.

O modelo de densímetro adotado pelo posto utiliza duas esferas plásticas ocas de mesmos volumes e massas, de cores diferentes, contendo um sólido particulado, que serve de lastro. A massa de lastro dentro de cada uma das esferas é diferente, e calculada para que uma das esferas flutue e a outra permaneça no fundo, conforme é ilustrado na figura. Além disso, elas devem permanecer em suas posições originais ainda que o combustível sofra uma variação de densidade dentro de uma certa faixa de tolerância determinada pelo distribuidor. No entanto, se a densidade do combustível é aumentada por uma diferença maior do que a tolerável, a esfera que está embaixo sobe. Se, ao contrário, a densidade do combustível é diminuída, a esfera de cima desce.

Considere um densímetro em que as esferas, de volumes iguais a  $V$ , devem manter suas posições relativas quando a densidade do combustível varia em 5,00% para mais ou para menos. Suponha que o combustível é adulterado de forma que a esfera de baixo está na situação limite em que começa a subir. Seja  $v$  o volume da parte da esfera de cima que está emersa, determine a razão  $v/V$ .



**Questão 7.** A figura abaixo representa dois instantâneos de uma mesma onda mecânica transversal senoidal que se propaga para a direita em uma corda esticada. Sabendo que o intervalo de tempo que separa os dois instantâneos é de 0,05 s, determine a velocidade transversal máxima da onda, em m/s.

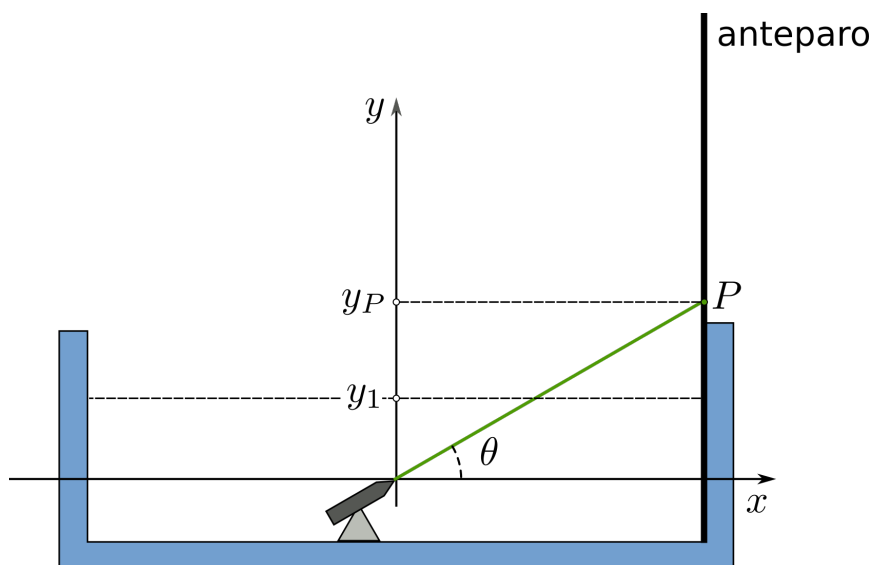


**Questão 8.** Considere um sistema planetário hipotético formado por uma única estrela em torno da qual orbita um planeta que possui uma única lua (satélite natural). Neste sistema, as órbitas do planeta em torno da estrela e da lua em torno do planeta são circulares e coplanares e o período de translação do planeta em torno da estrela é de  $T_P = 360$  dias. Sabendo que, após um eclipse solar, o próximo eclipse lunar ocorre 30 dias depois, determine o período orbital da lua em torno do planeta, em dias, nos seguintes casos.

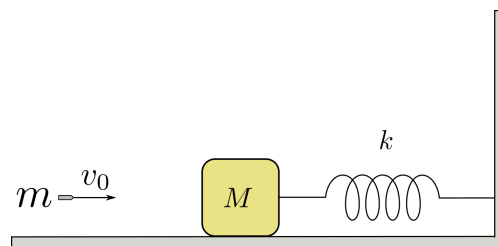
- (a) O planeta e a sua lua percorrem suas órbitas no mesmo sentido, por exemplo, ambas no sentido anti-horário.
- (b) O planeta e a sua lua percorrem suas órbitas em sentidos opostos.

**Questão 9.** Uma fonte de radiação laser que pode ser submergida é fixada no fundo de uma cuba inicialmente vazia. A fonte é orientada na direção de um anteparo vertical de modo que o feixe laser emitido faz um ângulo  $\theta = 60^\circ$  com a horizontal. Adotando o sistema de referências da figura, observa-se que, quando a fonte é ligada, o feixe atinge o anteparo no ponto  $P$  de coordenada  $y_P = 50$  cm. Depois, quando a cuba é preenchida com um líquido de índice de refração  $n = \sqrt{2}$  até um nível  $y_1 = 10$  cm, verifica-se que o feixe atinge o anteparo em um ponto  $Q$  (não representado na figura).

- (a) Qual a coordenada  $y_Q$  do ponto  $Q$ , em cm?
- (b) O arranjo experimental permite deslocar o aparelho laser ao longo do eixo  $x$ . Mantendo-se a orientação do feixe, para que coordenada  $x$ , em cm, deve ser movido o ponto de origem do feixe de modo que o mesmo atinja o ponto  $P$  com a cuba preenchida com o líquido?

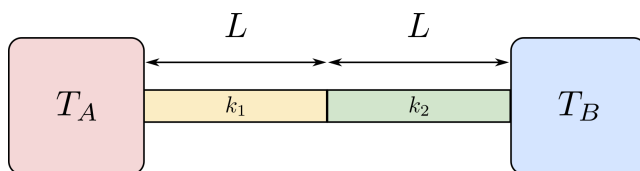


**Questão 10.** Em um laboratório de física, é usado um sistema massa-mola para determinar a velocidade com que um projétil é disparado. O sistema é constituído por um bloco de massa  $M = 5,00 \text{ kg}$  que está apoiado em uma superfície horizontal de atrito desprezível e está preso a uma parede rígida vertical através de uma mola de constante elástica  $k = 4500 \text{ N/m}$ . Para fazer a medida da velocidade  $v_0$  de um projétil de massa  $m = 10,0 \text{ g}$ , o mesmo é disparado contra o bloco, que está inicialmente em repouso, nas condições mostradas na figura. A parte do bloco que recebe o impacto é feita de um material deformável que aloja o projétil em seu interior. Considere que a mola se deforma apenas depois do projétil se alojar completamente no bloco (colisão projétil-bloco instantânea). Determine a velocidade  $v_0$  do projétil, em m/s, no caso em que a medida da amplitude de oscilação do bloco após o impacto é de  $2,50 \text{ cm}$ .

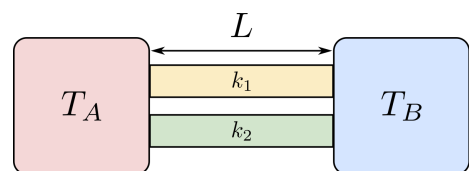


**Questão 11.** As figuras abaixo ilustram dois arranjos experimentais usados para investigar a taxa de transferência de calor entre os corpos  $A$  e  $B$ . As temperaturas  $T_A$  e  $T_B$ , com  $T_A > T_B$ , são mantidas constantes por equipamentos não representados na figura. Em ambos os arranjos, são usadas duas barras cilíndricas de dimensões idênticas. A barra 1 tem condutividade térmica  $k_1$  e a barra 2 tem condutividade térmica  $k_2$ . Ambas as barras são isoladas termicamente em suas superfícies laterais de modo que o calor é conduzido de  $A$  a  $B$  sem perdas para a vizinhança. Suponha que, no regime estacionário, a taxa de transferência de calor de  $A$  para  $B$ , nos arranjos  $I$  e  $II$  sejam, respectivamente  $\phi_I$  e  $\phi_{II}$ . Determine a razão  $\phi_{II}/\phi_I$  nos seguintes casos:

- as barras têm as mesmas condutividades térmicas  $k_1 = k_2$ ;
- a condutividade térmica de uma barra é o triplo da outra  $k_1 = 3k_2$ .



arranjo experimental  $I$



arranjo experimental  $II$

**Questão 12.** Uma prateleira vazia de massa  $25,0\text{ kg}$ , altura  $H = 1,80\text{ m}$  e largura  $L = 40,0\text{ cm}$  está montada sobre pequenos rodízios ideais que rolam pelo piso liso com ação desprezível de forças dissipativas. A prateleira, inicialmente em repouso, é empurrada por uma força horizontal  $\vec{F}$ , de intensidade  $F = 100\text{ N}$ , aplicada a uma altura  $h$ , conforme ilustrado na figura. Considere que os rodízios têm massa e dimensões desprezíveis e que o centro de massa da prateleira está em seu centro geométrico. Determine:

- (a) a aceleração  $a$  do centro de massa da prateleira, em  $\text{m/s}^2$ ;
- (b) a menor altura  $h_{min}$ , em m, na qual  $\vec{F}$  pode ser aplicada sem que a prateleira tombe;
- (c) a maior altura  $h_{max}$ , em m, na qual  $\vec{F}$  pode ser aplicada sem que a prateleira tombe.

