

OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE FÍSICA 2019
2ª FASE - 17 DE AGOSTO DE 2019

NÍVEL III
Ensino Médio
3ª e 4ª séries

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES:

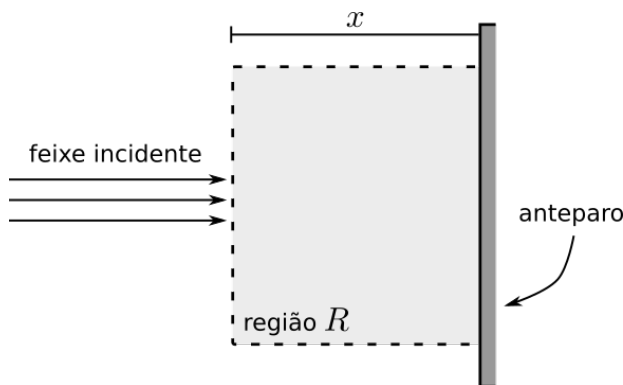
1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos da **3ª e 4ª séries do nível médio**. Ela contém **oito** questões. Cada questão tem valor de 10 pontos e a prova um total de 80 pontos.
2. A prova é composta por dois tipos de questões: **I) Questões de Resposta Direta e II) Questões de Resposta Aberta**. No primeiro caso, é avaliado (pontuado) apenas o resultado final, enquanto no segundo podem ser avaliadas também as etapas necessárias (desenvolvimento) que levam à(s) resposta(s) apresentada(s).
3. O **Caderno de Respostas** possui instruções que devem ser lidas cuidadosamente antes do início da prova.
4. A menos de instruções específicas contidas no enunciado de uma questão, todos os resultados numéricos devem ser expressos em unidades do Sistema Internacional (SI).
5. A duração da prova é de **quatro** horas, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo sessenta minutos**.
6. Se necessário e salvo indicação em contrário, use: $\pi = 3,00$; $\sqrt{2} = 1,40$; $\sqrt{3} = 1,70$; $\sqrt{5} = 2,20$; $\sin(30^\circ) = 1/2$; $\cos(30^\circ) = \sqrt{3}/2$; $\sin(45^\circ) = \sqrt{2}/2$; constante de Coulomb (eletrostática) = $9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{C}^2/\text{m}^2$; permeabilidade magnética no vácuo = $4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$; densidade da água líquida = $1,00 \text{ g/cm}^3$; $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$; calor específico da água líquida = $1,00 \text{ cal}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$; calor latente de fusão do gelo = $80,0 \text{ cal/g}$; índice de refração do ar = $1,00$; pressão atmosférica = $1,00 \times 10^5 \text{ Pa}$; aceleração da gravidade = $10,0 \text{ m/s}^2$.

Parte I - Questões de Resposta Direta

Questão 1. Para algumas situações específicas, é necessário que equipamentos eletrônicos funcionem adequadamente mesmo quando submetidos a acelerações extremas de até $8g$, onde g é a aceleração da gravidade. Uma forma de testar esses equipamentos é através de uma plataforma oscilante. O teste é realizado fixando o equipamento à plataforma e posto a oscilar. Se a amplitude de oscilação da plataforma é ajustada para 2,00 cm, qual deve ser o ajuste de sua frequência de oscilação para que o equipamento seja testado dentro do intervalo de acelerações requerido?

Questão 2. Um avião ultraleve tem uma massa total (com o piloto) de 500 kg e uma velocidade de estol, velocidade mínima do avião para se sustentar no ar, igual a $V = 24,0$ m/s. Considere que, sob as superfícies inferiores de suas asas, o ar escoia com velocidade 25% menor que V e, sobre as superfícies superiores das asas, o ar escoia com uma velocidade 25% maior que V . Estime a área total das asas do avião, sabendo que a densidade do ar é $1,20$ kg/m³.

Questão 3. Tubos de raios catódicos, semelhantes aos tubos de imagem de televisores antigos, e modernos aceleradores de partículas, usam campos magnéticos para desviar feixes de íons. Considere um desses feixes em que os íons tem massa m e carga elétrica q , e que se movem com energia cinética E_c não relativística. Ao entrar em uma região R de campo magnético \vec{B} uniforme, esse feixe deve ser desviado do anteparo colocado a uma distância x do ponto de entrada em R , conforme ilustrado na figura abaixo. Considerando que a magnitude do campo magnético é ajustável, determine o menor valor de $B = |\vec{B}|$ que faz o feixe sair de R sem colidir com o anteparo. (Em sua resolução admita que a força gravitacional é desprezível.)



Questão 4. Uma bolha de ar de $10,0$ cm³ escapa de um navio naufragado a $50,0$ m de profundidade, onde a temperatura é $15,0$ °C, e emerge até a superfície onde a temperatura é $25,0$ °C. Considere que o ar se comporta como um gás ideal e, à medida que se desloca, o ar da bolha se equilibra termicamente com a água ao redor. Determine o volume da bolha ao chegar à superfície.

Parte II - Questões de Resposta Aberta

Questão 5. Um fenômeno comum em regiões muito frias é o congelamento de lagos. A água dos lagos sob o gelo permanece aproximadamente a $0,00$ °C, pois a camada de gelo acima funciona como um isolante térmico. Porém, se a temperatura do ar é mais fria, a camada de gelo vai crescendo de cima para baixo. Considere a situação em que a temperatura ambiente é $-15,0$ °C. Dados a condutividade térmica do gelo $k = 5,00 \times 10^{-3}$ cal/(s · cm · K), estime a taxa média de crescimento da camada de gelo, em centímetros por hora, quando ela tem uma espessura de $\ell = 3,00$ cm.

Questão 6. Charles Darwin ficou fascinado com as aranhas que pousavam no convés do *HMS Beagle* quase dois séculos atrás. Sem asas, as aranhas chegavam ao barco, a 100 km da costa da América do Sul. Como? Novas pesquisas revelam como isso acontece. As aranhas “voam” graças a um processo conhecido como “balonização”. Essas aranhas produzem fios de seda, que eletrizados estaticamente, formam “velas” que as transportam. A figura I abaixo representa, esquematicamente, uma aranha “voando” graças à ação do vento. (Trecho adaptado da revista *National Geographic - Brasil*, edição de maio de 2019.)

A repulsão eletrostática entre os fios é a responsável pelo ângulo de abertura da “vela” de uma aranha voadora. Considere um modelo bastante simplificado para descrever essa abertura no qual a carga q e massa m de um fio de teia de aranha, ao invés de estarem distribuídas ao longo de seu comprimento, estão concentradas em uma única partícula localizada na sua extremidade final. As extremidades iniciais dos fios estão unidas em um único ponto fixo preso no corpo da aranha. Para simplificar ainda mais, considere o caso no qual a “vela” é formada por apenas dois fios idênticos de comprimento ℓ e não há ação de ventos. Logo, existe uma configuração na qual os fios permanecem pendurados, estáticos, sob a ação do campo gravitacional, das forças eletrostáticas e, naturalmente, das forças necessárias para manter suas extremidades iniciais fixas. A figura II abaixo representa esse modelo. Determine o valor da carga q supondo que o equilíbrio estático ocorre para $\theta = 60,0^\circ$ em uma “vela” no qual $\ell = 2,00$ cm. Tipicamente, a densidade da seda de aranha é $0,200$ g/cm³ e um fio de teia tem diâmetro de $2,00$ μ m.

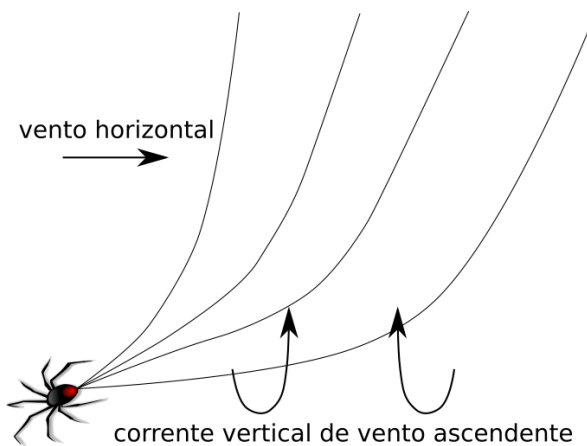


figura I

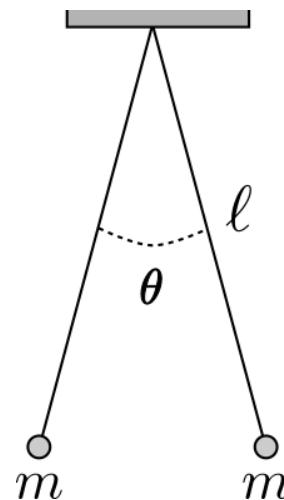


figura II

Questão 7. Pequenas bolinhas de vidro maciço, de índice de refração $n_v = 1,30$, são brinquedos tradicionais em muitas regiões do Brasil. Dependendo da região em que se vive, são conhecidas como bolas de gude, bolitas, balebas, etc. Considere uma bolinha de vidro transparente de 20,0 mm de diâmetro na qual, durante sua fabricação, ficaram aprisionadas duas minúsculas bolhas de ar. Uma bolha (bolha *A*) ficou exatamente no centro da bolinha e a outra (bolha *B*) a 5,00 mm de sua superfície. Considere que uma pessoa aproxima a bolinha de vidro de seu olho, direcionando sua visão para as bolhas de ar, com a bolha *B* mais próxima de si. A que distância, ao longo da linha de visada e em relação à superfície da bolinha, ela vê as imagens (a) da bolha *A* e (b) da bolha *B*?

Questão 8. Uma estrela de nêutrons é composta essencialmente por nêutrons que estão ligados por meio da atração gravitacional mútua. Tais estrelas possuem uma densidade ρ comparável à de um núcleo atômico, que é de aproximadamente 10^{14} g/cm³, e algumas possuem uma frequência de rotação de $f_O = 500$ Hz. Considerando que uma estrela de nêutrons seja uma esfera homogênea, e que a Lei da Gravitação Universal de Newton possa ser aplicada em uma primeira aproximação, (a) determine a frequência máxima f_M com a qual essa estrela pode girar, sem que sua massa se desprenda do equador. (b) Qual a diferença relativa entre o valor modelado e o valor observado $(f_M - f_O)/f_O$? Assuma o valor da constante de gravitação universal como sendo $G = 6,7 \times 10^{-11}$ m³/(s² · kg).