



OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA 2024

Prova da 3ª Fase

26 DE OUTUBRO DE 2024

NÍVEL II
Ensino Médio
1ª e 2ª Séries

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES:

1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos das **1ª e 2ª séries do nível médio**. Ela contém **12** questões.
2. Os alunos da **1ª 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 **2ª série** podem responder apenas as 8 questões que não estão indicadas como *exclusivas para alunos da 1ª série*. As questões para a **2ª série** estão numeradas de 5 a 12.
4. Não é permitido uso de calculadoras e material de consulta.
5. Todas as respostas devem ser justificadas.
 - As resoluções e respostas devem ser dadas a tinta com caneta esferográfica azul ou preta (não use caneta de ponta porosa).
 - Use o verso das folhas de questões como rascunho.
6. O **Caderno de Respostas** possui instruções que devem ser lidas cuidadosamente antes do início da prova.
7. A menos de instruções específicas contidas no enunciado de uma questão, todos os resultados numéricos devem ser expressos em unidades do Sistema Internacional (SI).
8. A duração da prova é de **quatro** horas, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo sessenta minutos**.
9. Se necessário e salvo indicação em contrário, use:
 $\sqrt{2} = 1,4$; $\sqrt{3} = 1,7$; $\sqrt{5} = 2,2$; $\text{sen}(30^\circ) = 0,50$; $\text{cos}(30^\circ) = 0,85$; $\text{sen}(45^\circ) = 0,70$; $\pi = 3$; densidade da água = $1,0 \text{ g/cm}^3$; $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$; calor específico da água = $4,2 \text{ J/g}^\circ\text{C}$; calor específico do gelo = $2,1 \text{ J/g}^\circ\text{C}$; calor latente de vaporização da água = 540 cal/g ; calor latente de fusão da água = 80 cal/g ; velocidade da luz no vácuo $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$; velocidade do som no ar 340 m/s ; raio da Terra = $6\,400 \text{ km}$; e aceleração da gravidade = $10,0 \text{ m/s}^2$.

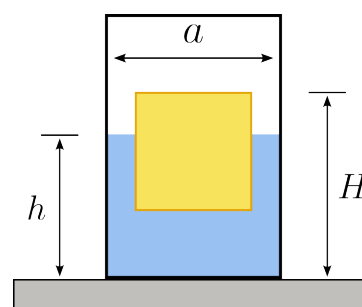
Questão 1 (exclusiva para alunos da 1ª série). Júlio Verne pode ser considerado o criador do gênero literário de ficção científica. Em 1873, ele publicou o romance de aventura *A Volta ao Mundo em 80 Dias* no qual a rapidez e a integração dos transportes são destaques da trama.

Considerando uma viagem de volta ao mundo que dura exatamente 80 dias, determine a velocidade escalar média (rapidez média) dos viajantes, em km/h, nos casos:

- A viagem é feita ao longo do equador.
- A viagem é feita ao longo do paralelo de latitude 30° norte.

Questão 2 (exclusiva para alunos da 1ª série).

Dentro de uma geladeira de temperatura interna $T_i = 6^\circ\text{C}$ há uma cuba de base quadrada de lado $a = 10\text{ cm}$. Dentro da cuba há 750 g de água e 194,4 g de manteiga na forma de uma barra cúbica. A figura ao lado, fora de escala, mostra a cuba com a água e a manteiga, onde h e H são, respectivamente, as alturas em relação à base da cuba dos níveis mais altos de água e de manteiga.



Considere que a manteiga tem temperatura de fusão $T_f = 26^\circ\text{C}$ e densidade constante de $0,9\text{ g/cm}^3$ e trata-se de um dia quente de verão de temperatura ambiente $T_a = 36^\circ\text{C}$. Desconsidere a dilatação da água e do recipiente.

- Determine os valores de h e H , em cm, com a cuba ainda na geladeira.
- Determine os valores de h e H , em cm, após a cuba ter sido retirada da geladeira, apoiada em um mesa horizontal e esperado até que toda a manteiga tenha se derretido.

Questão 3 (exclusiva para alunos da 1ª série). Em laboratório didático, uma estudante de física acrescenta 200 g de água em calorímetro (recipiente de paredes termicamente isolantes) de capacidade calorífica $100\text{ cal/}^\circ\text{C}$. O calorímetro e a água estão inicialmente na temperatura ambiente de 22°C . Depois, retira dois cubos de gelo de 30 g de dentro de um congelador de temperatura interna -18°C e os coloca imediatamente no calorímetro, fechando-o em seguida. determine a temperatura de equilíbrio no interior do calorímetro.

Questão 4 (exclusiva para alunos da 1ª série).

Um helicóptero decola no instante $t = 0$ nas proximidades de um aeroporto. A tabela mostra as coordenadas cartesianas do helicóptero em um sistema de referência com origem no radar do aeroporto durante os 25 minutos em que ele voa em sua zona de segurança. Os eixos x e y , são paralelos às direções cardeais, com o eixo y apontando para o norte e o eixo x para o leste. A tabela mostra os instantes nos quais o helicóptero muda de direção de movimento e o instante final no qual o helicóptero deixa de ser monitorado pelo radar.

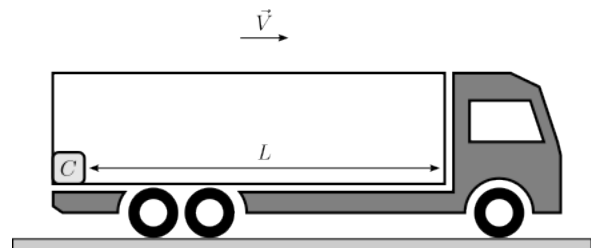
t (min)	x (km)	y (km)
0,0	0,0	3,0
5,0	-4,0	6,0
13,0	-12,0	0,0
19,0	0,0	-9,0
25,0	16,0	3,0

Durante o intervalo de tempo em que o helicóptero é monitorado pelo radar:

- Faça um gráfico da trajetória do helicóptero.
- Determine a distância percorrida e o deslocamento do helicóptero.
- Determine a velocidade escalar média e a velocidade média do helicóptero.

Questão 5.

Um caminhão, que carrega apenas uma caixa C apoiada na extremidade de trás de seu compartimento de carga, trafega em uma estrada retilínea, veja a figura. De repente, ao ver um obstáculo, seu motorista pisa no freio impondo ao veículo uma desaceleração constante de intensidade $|a|$.

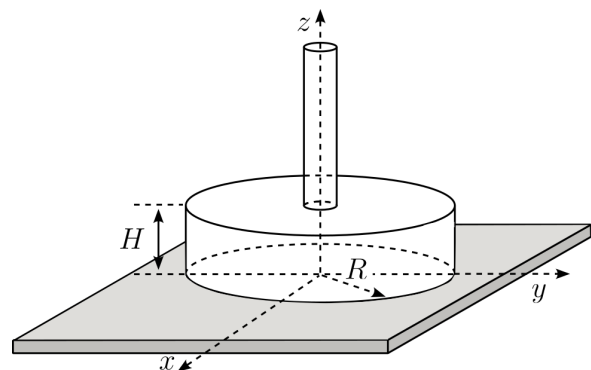


Com caminhão ainda em movimento, a caixa desliza pelo piso e colide na parede frontal do compartimento após 2,00 s do início da frenagem. O coeficiente de atrito estático entre a caixa e o piso é $\mu_e = 0,40$ e $L = 6,00$ m. Considere o menor valor de $|a|$ capaz de fazer a caixa deslizar no piso do compartimento.

- A intensidade da aceleração $|a|$ do caminhão.
- O coeficiente de atrito cinético entre a caixa e o piso do compartimento de carga.

Questão 6.

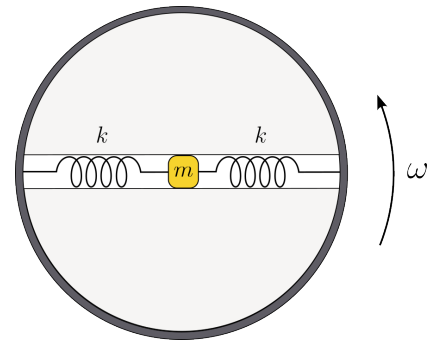
Em um laboratório de física um estudante produz uma peça perfurando a base de um pote cilíndrico de raio $R = 4$ cm e altura $H = 3$ cm. Depois cola um tubo longo oco e fino na abertura criada e veda as junções de modo que a peça funcione como um funil. Então completa o arranjo experimental inicial apoiando a peça sobre uma superfície horizontal de borracha. Veja figura ao lado (note que o “funil” está de cabeça para baixo).



A peça tem uma massa total de 300 g. Ao derramar água pela abertura superior do tubo fino, o contato da boca do “funil” com a borracha impede que a água vaze. Até que altura z , medida em relação à superfície de borracha, o estudante pode adicionar água sem que a peça levante?

Questão 7.

Um disco giratório horizontal de raio R possui um sulco retilíneo que passa por seu centro dentro do qual pode deslizar sem atrito um bloco de massa m . Duas molas idênticas de constantes elásticas k e massas desprezíveis são colocadas no sulco com uma das extremidades presa à borda do disco e a outra ao bloco. Veja a figura. Considere que o conjunto é posto a girar com velocidade angular constante ω .



- Determine o máximo valor da velocidade angular do disco ω_m abaixo do qual o movimento do bloco em relação ao disco pode ser oscilatório.
- Com $\omega < \omega_m$, qual a frequência de oscilação do movimento do bloco relativo ao disco?
- Descreva os possíveis movimentos do bloco relativo ao disco quando $\omega > \omega_m$.

Questão 8.

Sondas espaciais movidas a velas solares utilizam a pressão (força por unidade de área) da luz solar para propulsão. Quando um fóton (partícula de luz) colide com um objeto ele exerce uma pequena força sobre ele. Em uma vela solar, os milhares de bilhões de fótons que formam o feixe de luz colidem com a superfície refletora da vela, empurrando-a.

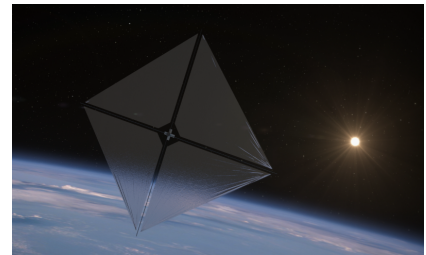


Figura: www.nasa.gov/general/nasa-next-generation-solar-sail-boom-technology-ready-for-launch.

Quando um feixe de intensidade de I (energia por unidade de tempo por unidade de área) incide perpendicularmente em uma vela perfeitamente refletora de área A a força de radiação F_r é dada por

$$F_r = \frac{2IA}{c},$$

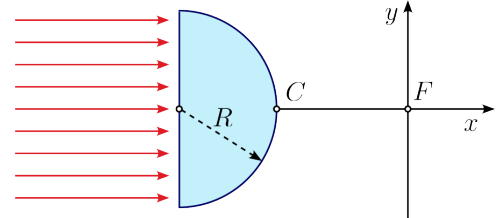
onde c é a velocidade da luz no vácuo.

Considere uma sonda impulsionada por uma vela solar de área $A = 80 \text{ m}^2$, de superfície perfeitamente refletora, orientada perpendicularmente aos raios solares em uma região do espaço no qual a intensidade deles é $I = 1400 \text{ J}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$. Determine:

- A taxa de variação da energia cinética da sonda quando sua velocidade é $v = 1000 \text{ km/h}$.
- Considerando que a propulsão a vela solar é análoga à propulsão a vela de um barco, quais são os análogos na propulsão do barco a vela ao (i) feixe de luz e (ii) aos fótons?
- Como a orientação da vela influencia sobre a força de radiação exercida sobre ela. Em qual orientação a força é máxima? Em qual é mínima? Faça diagramas.

Questão 9.

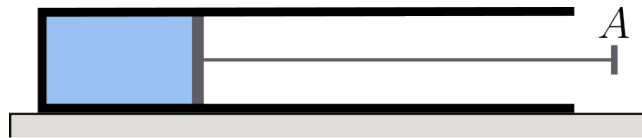
Um feixe de luz monocromática incide perpendicularmente na superfície de um prisma semicilíndrico de raio $R = 4,00$ cm conforme a figura. O prisma está imerso no ar e é feito de um material de índice de refração $n = 1,40$. No ponto F em frente ao prisma, que é o ponto focal do feixe de luz, é colocado um anteparo opaco. Desprezando as reflexões internas no prisma a partir da 2ª ordem, determine:



- A distância entre os pontos F e C .
- O maior valor da coordenada y no anteparo que é iluminada pelo feixe.

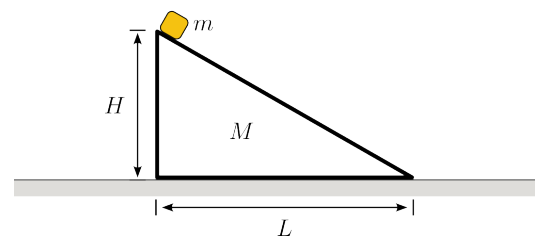
Questão 10.

Uma porção de volume V_0 de gás monoatômico ideal está confinada em uma câmara de um cilindro ao qual está acoplado a um pistão móvel, conforme a figura. As paredes do cilindro são condutoras de calor e a superfície externa do êmbolo do pistão está em contato com a atmosfera. O sistema está apoiado em uma mesa horizontal e está em equilíbrio termodinâmico com a atmosfera de pressão p_0 . Em determinado momento, uma força externa \vec{F} é aplicada no ponto A do pistão e faz com que o gás se expanda muito lentamente até atingir o triplo do volume inicial. Determine o trabalho realizado por \vec{F} .



Questão 11.

Uma cunha de massa $M = 300$ g, $H = 30$ cm e $L = 40$ cm está em repouso apoiada em uma superfície horizontal fixa. Em determinado instante, um pequeno bloco de massa $m = 100$ g é apoiado e abandonado com velocidade nula no ponto mais alto da cunha, veja a figura. Considere que todas as superfícies em contato são perfeitamente lisas, ou seja, tanto o bloco sobre a cunha quanto a cunha sobre a superfície horizontal deslizam sem a ação de forças de atrito.



No instante imediatamente anterior ao bloco atingir a superfície horizontal, determine (em relação ao referencial fixo):

- O deslocamento da cunha.
- A intensidade da velocidade do bloco.



Questão 12.

Uma estação de rádio que opera na frequência de 75 MHz está localizada no limite da região urbana de uma cidade. A estação possui uma antena de potência P_0 que envia o sinal isotropicamente. Com o objetivo de evitar o desperdício de energia enviando o sinal para a zona rural a oeste, os proprietários da estação de rádio decidem direcionar o sinal para leste onde reside seu público. Sabendo que este efeito pode ser obtido por interferência entre sinais, eles decidem instalar uma segunda antena a uma distância $d \geq 10$ m a oeste da primeira (a distância mínima é uma exigência técnica de instalação). Após instaladas, cada antena opera com potência P e o sinal da segunda antena em relação à primeira é emitido com uma diferença de fase ϕ . Suponha uma região perfeitamente plana. Determine:

- A razão de P/P_0 para que o sinal na nova configuração chegue na região urbana com a mesma intensidade de antes.
- A menor distância de instalação d entre as antenas.
- O menor valor de $|\phi|$ em graus. O sinal da segunda antena deve estar atrasado, em fase ou adiantado em relação primeira?