



OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA 2024

Prova da 3ª Fase

26 DE OUTUBRO DE 2024

NÍVEL III
Ensino Médio
3ª e 4ª Séries

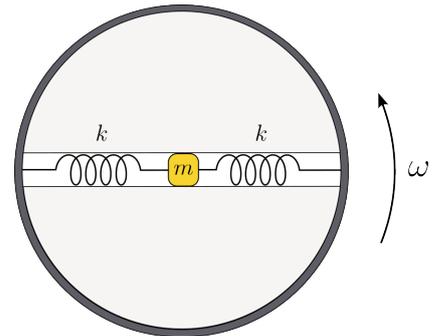
LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES:

1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos da **3ª e 4ª séries do nível médio**. Ela contém **8** questões.
2. Não é permitido uso de calculadoras e material de consulta.
3. 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.
4. O **Caderno de Respostas** possui instruções que devem ser lidas cuidadosamente antes do início da prova.
5. A menos de instruções específicas contidas no enunciado de uma questão, todos os resultados numéricos devem ser expressos em unidades do Sistema Internacional (SI).
6. A duração da prova é de **quatro** horas, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo sessenta minutos**.
7. 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 = $4,2 \text{ J/g}^\circ\text{C}$; constante de Coulomb = $9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2}$; constante de Planck = $6,6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; velocidade do som no ar 340 m/s ; velocidade da luz no vácuo $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$; e aceleração da gravidade = $10,0 \text{ m/s}^2$.

Questão 1. Duas partículas carregadas, de cargas $q_1 = 3 \mu\text{C}$ e $q_2 = 12 \mu\text{C}$, são mantidas fixas a uma distância $d = 7,2 \text{ cm}$. Uma terceira partícula de carga $q = 3 \mu\text{C}$ e massa $m = 5 \text{ g}$ é lançada com velocidade \vec{v} de uma distância muito grande e deve atingir um ponto localizado entre as partículas fixas. Qual o menor valor de $v = |\vec{v}|$ compatível com essa possibilidade?

Questão 2.

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 .



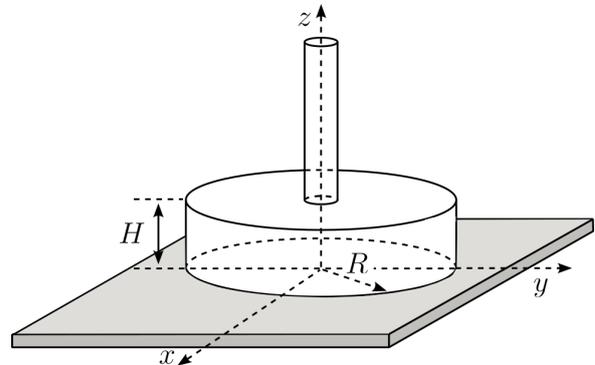
- Determine o máximo valor da velocidade angular do disco ω_m abaixo do qual o movimento do bloco em relação ao disco pode ser oscilatório.
- Com $\omega < \omega_m$, qual a frequência de oscilação do movimento do bloco relativo ao disco?
- Descreva os possíveis movimentos do bloco relativo ao disco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

Questão 3. 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 $d \geq 10 \text{ m}$ 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?

Questão 4.

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 vazze. Até que altura z , medida em relação à superfície de borracha, o estudante pode adicionar água sem que a peça levante?

Questão 5.

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.

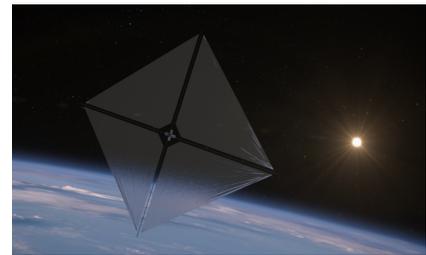


Figura: www.nasa.gov/general/nasa-next-generation-solar-sail-boom-technology-ready-for-launch.

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

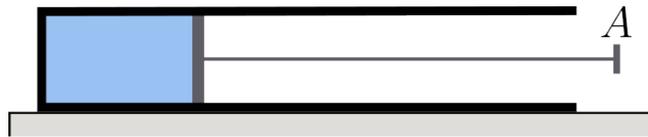
$$F_r = \frac{2IA}{c},$$

onde c é a velocidade da luz no vácuo.

Considere uma região do espaço de campo gravitacional desprezível. Nesta região uma estação espacial dispara um feixe de luz monocromático de frequência F e intensidade I que incide perpendicularmente sobre uma área A de uma vela solar perfeitamente refletora que se afasta com velocidade $v \ll c$.

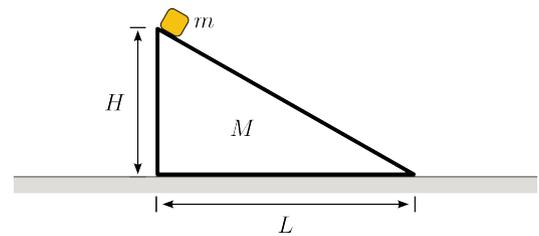
- Qual a frequência do feixe refletido pela vela solar que é medida por um observador na estação espacial?
- Considerando as trocas de energia envolvidas na propulsão da vela solar, demonstre, na região em que $v \ll c$, que a expressão de F_r dada é consistente com o princípio da conservação da energia.

Questão 6. 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 estão em contato com a atmosfera assim como a superfície externa do êmbolo do pistão. 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 7.

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.

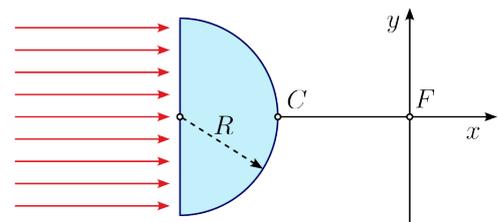


No instante imediatamente anterior ao bloco atingir a superfície horizontal, determine (em relação ao referencial fixo):

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

Questão 8.

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.