

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA

Seletiva 1 - 2023

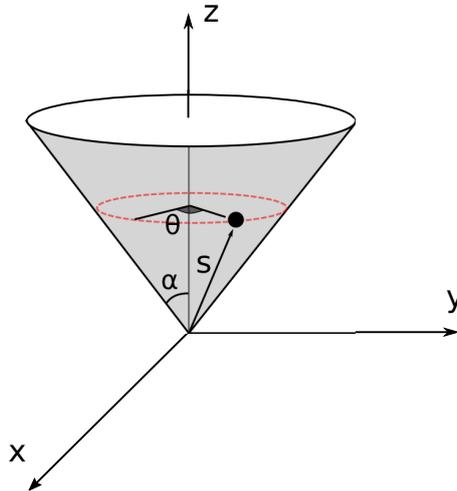
22 de Outubro de 2022

INSTRUÇÕES

1. A prova é composta por 5 questões. Sem contar essa folha de rosto, ela contém 4 páginas.
 2. Leia também as instruções dadas em <https://app.graxaim.org/soif/2023/todo>.
 3. **Todas as respostas devem ser justificadas**, ou seja, os **desenvolvimentos** das resoluções, composto pela principais etapas que levam às respostas, devem ser apresentados.
 4. **As resoluções devem escritas de próprio punho** em folhas inicialmente em branco (não use editores de texto). É permitido apenas o uso de caneta, de cor **azul ou preta**, lápis preto de traço forte, régua e calculadora **não programável**.
 5. Cada resolução deve ser escaneada em um documento PDF de no máximo 10 Mbytes.
 6. Os documentos PDF com as resoluções das questões devem ser enviadas através da interface de provas no endereço <https://app.graxaim.org/soif/2023>.
 7. Durante a prova, é permitido o uso de celular ou computador **apenas** para acessar o site <https://app.graxaim.org/soif/2023>, ou para trocas de mensagens com os coordenadores da SOIF através do endereço equipeobf@graxaim.org. **Todos os demais usos (aplicativos gráficos e numéricos, consultas, busca na internet, etc) são proibidos**.
 8. São vedados comentários e discussões sobre os enunciados das questões, suas respostas e possíveis resoluções até as 24h00, horário de Brasília, nas redes sociais, blogs, fóruns e ferramentas afins de comunicação da internet.
 9. Se necessário e salvo indicação em contrário, use símbolos, e seus respectivos valores em problemas numéricos, para as grandezas: constante de Coulomb $k = 9,00 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{C}^2/\text{m}^2$; permeabilidade magnética no vácuo $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$; densidade da água líquida $\rho_a = 1,00 \text{ g/cm}^3$; calor específico da água líquida $c_a = 1,00 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$; calor latente de fusão do gelo $L_g = 80,0 \text{ cal/g}$; índice de refração do ar $n = 1,00$; aceleração da gravidade $g = 9,80 \text{ m/s}^2$.
 10. Se necessário e salvo indicação em contrário, use os os seguintes fatores de conversão: $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$; $1 \text{ atm} = 1,00 \times 10^5 \text{ Pa}$.
-

Q1 -Cinemática (10 pontos)

Uma partícula puntiforme é livre para movimentar-se ao longo de um cone como o ilustrado na figura a seguir. O ângulo de abertura do cone é dado por α . A posição da partícula é descrita em termos da distância s entre o vértice do cone e a partícula e pelo ângulo θ , definido como ângulo de abertura entre a direção \hat{x} e a posição da partícula com respeito ao centro de uma circunferência horizontal (veja a linha tracejada na figura).



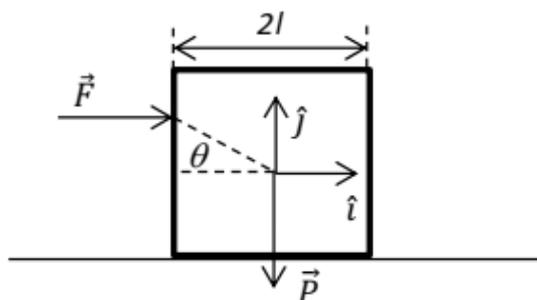
A respeito desse sistema físico, determine:

- As componentes do vetor posição $\vec{r} = (x, y, z)$, em coordenadas cartesianas, em termos de s e θ .
- As três componentes, em coordenadas cartesianas, do vetor aceleração (a_x, a_y e a_z), em termos de $s, \theta, \dot{s}, \dot{\theta}, \ddot{s}$ e $\ddot{\theta}$.

Q2 - Dinâmica (10 pontos)

Apresentamos a seguir um modelo mecânico para estudar as forças aplicadas sobre um sistema que mantém o equilíbrio estático. Não levaremos em conta detalhes microscópicos.

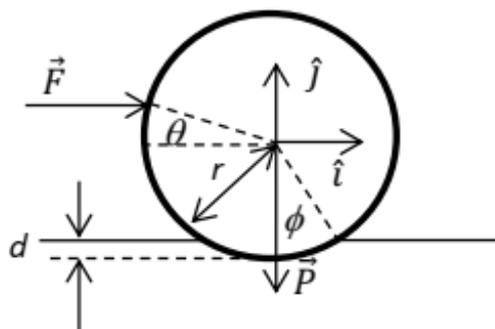
Considere um bloco cúbico rígido de peso $\vec{P} = P(-\hat{j})$ e lado $2l$, que descansa sobre uma superfície horizontal rugosa e rígida, sobre a qual se aplica uma força $\vec{F} = F(\hat{i})$ cujo módulo é menor que a força de atrito estático máxima $\mu_s N$ (ver figura abaixo).



Em função dos módulos de \vec{F} , \vec{P} e do ângulo θ , existe uma força de reação \vec{R} aplicada em um ponto x , $0 \leq x \leq 2l$, de contato entre a superfície e o bloco, que garante o equilíbrio do sistema. Considere a força \vec{F} aplicada no ponto y tal que $0 \leq y \leq 2l$.

- Encontre uma expressão para x em função de F , P , l e θ .
- Qual é o intervalo válido ($x_{min} \leq x \leq x_{max}$) para a posição do ponto de aplicação da força R ? Analise os possíveis valores que pode assumir a força F .

Suponha agora que ao invés do sistema anterior, temos uma esfera maciça rígida, de raio r , sobre uma superfície rugosa “não tão rígida”, ou seja, que pode sofrer deformação (ver figura abaixo). Essa é situação mais próxima à realidade.



Nesta situação, a força de reação da superfície, \vec{R} , é aplicada em um ponto do arco compreendido entre $\phi = 0$ e $\phi = \phi_{max}$, dependendo de F , P e θ . Considere a situação em que \vec{R} se aplica em ϕ_{max} .

- Encontre uma equação que relacione o ângulo θ e a deformação da superfície, d , em função das forças F e P e o raio r da esfera.

Q3 - Termodinâmica (10 pontos)

Considere um sistema físico de massa m cuja energia interna é dada pela expressão

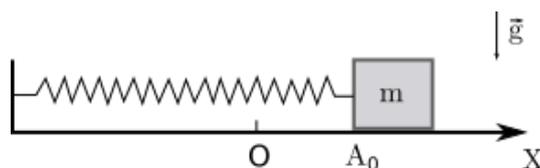
$$U(T) = R \frac{T_c}{e^{T_c/T} - 1}, \quad (1)$$

em que T_c representa uma temperatura crítica característica do sistema, R é a constante universal dos gases e T a sua temperatura.

- Calcule a expressão do calor específico do material $c(T)$ à temperatura T .
- Determine os valores limites quando $T \ll T_c$ e $T \gg T_c$.
- Calcule a quantidade de calor que precisa ser fornecida ao sistema para aquecê-lo desde a temperatura T_c até a temperatura $2T_c$. Considere que a variação de volume do material é desprezível.

Q4 - Oscilações (10 pontos)

Considere um corpo sólido de massa M sobre uma superfície horizontal rugosa OX, de coeficiente de atrito μ , conectado a uma parede através de uma mola de constante elástica k (ver figura).



Todo o sistema se encontra dentro de um elevador que pode se mover na vertical. Considere o elevador se movendo para baixo com aceleração também para baixo, cujo valor varia com o tempo com respeito ao referencial do chão. O valor da aceleração do elevador corresponde a uma função “de pulso quadrado” como mostrado na figura abaixo.

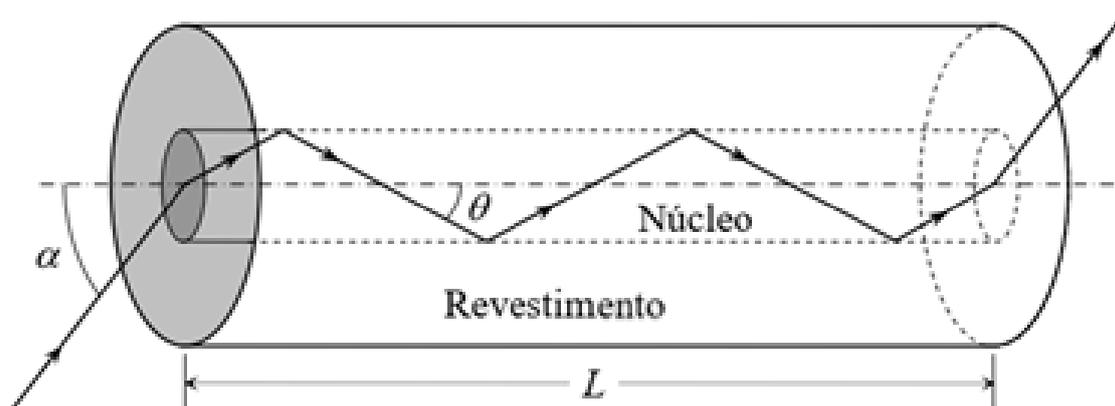


O valor T indicado é o período de oscilação do sistema massa-mola que se encontra dentro do elevador e g é a aceleração da gravidade. A posição de alongamento nulo da mola é $x = 0$ e os coeficientes de atrito estático e cinético podem ser considerados iguais a μ . Inicialmente o corpo se encontra em repouso na posição $A_0 > \mu \frac{Mg}{k}$.

- Escreva a equação do movimento, para qualquer instante de tempo, do sistema anterior.
- Faça uma análise do balanço energético do sistema e desenhe o gráfico (x, v) correspondente à primeira oscilação.
- A partir do gráfico anterior, encontre o decréscimo do desvio máximo do oscilador no sentido positivo do eixo x , ΔA , durante uma oscilação. Que tempo transcorre entre esses dois primeiros desvios máximos?

Q5 - Óptica (10 pontos)

As fibras ópticas tem revolucionado o mundo das telecomunicações nas últimas décadas. Seu funcionamento está baseado nas leis da reflexão e da refração, em particular, no fenômeno da refração total interna. Na figura abaixo mostramos o esquema de uma fibra óptica, a qual é um fino fio de material transparente, chamado núcleo, através do qual se propaga luz que sofre diversas reflexões totais, já que o material que “envolve” a fibra, chamado revestimento, possui um menor índice de refração.



Dados: $n_{ar} = 1,000$, $n_{nuc} = 1,4665$ e $n_{rev} = 1,460$.

- a) Determine o máximo ângulo respeito ao eixo, θ_{max} , com que pode viajar a luz dentro do núcleo para que se produzam reflexões totais ao atingir o revestimento. Para que ângulo máximo externo de iluminação α_{max} esta situação acontece?

Todos os raios que incidem sobre a entrada do núcleo com $0 \leq \alpha \leq \alpha_{max}$ propagar-se-ão ao longo da fibra, confinados no núcleo. Os raios seguem caminhos diferentes e, portanto, tardam tempos diferentes até alcançar o extremo de saída.

- b) Sabendo que a velocidade da luz no vácuo é $c = 2,998.10^8 m/s$, calcule os comprimentos L_0 e L_{max} percorridos pela luz nos casos extremos ($\alpha = 0$, $\alpha = \alpha_{max}$), assim como os tempos de trânsito correspondentes, t_0 , t_{max} , para uma fibra de comprimento $L = 1000m$.