

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



VESTIBULAR 2026

2ª FASE

FÍSICA

INSTRUÇÕES

1. Esta prova tem duração de **quatro horas**.
2. Não será permitido deixar o local de exame antes de **duas horas** decorridas do início da prova.
3. É permitido usar **apenas** caneta esferográfica de corpo transparente, lápis ou lapiseira, borracha, régua simples transparente e compasso. Qualquer outro material escolar é **proibido**.
4. Você recebeu este **caderno de questões** e um **caderno de soluções**.
5. Não é permitido destacar folhas de nenhum dos cadernos.
6. O caderno de questões contém **10 questões dissertativas** numeradas de 01 a 10.
7. As **resoluções** devem ser apresentadas no **caderno de soluções**, exclusivamente nos espaços delimitados para cada questão. Somente as respostas registradas nesses espaços serão consideradas para correção. As páginas de rascunho não serão avaliadas.
8. Nas questões que envolvem cálculos, as expressões numéricas devem ser resolvidas **integralmente**, caso contrário haverá desconto na nota.
9. A devolução dos dois cadernos (questões e soluções) é **obrigatória**. O não cumprimento resultará em desclassificação.
10. As médias obtidas nas provas da segunda fase terão divulgação preliminar em 26/11/2025.
11. Aguarde o aviso para iniciar a prova. Ao terminar, comunique o fiscal e permaneça em seu lugar até receber autorização para sair.

FÍSICA

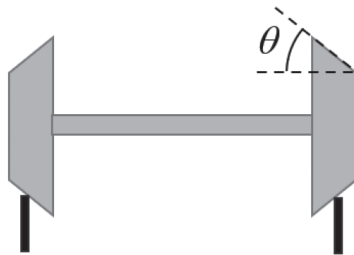
Quando necessário, use os seguintes valores para as constantes:

Aceleração local da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Permeabilidade magnética no vácuo $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N.A}^{-1}$

Questão 1. Um trem de massa M desloca-se a uma velocidade constante v sobre trilhos horizontais. Para garantir a aderência em curvas, as rodas do trem possuem formato de tronco de cone regular com ângulo θ com a horizontal, conforme se observa na figura. Considerando que o raio de curvatura é muito maior que as dimensões do trem e que o eixo das rodas permanece na horizontal, calcule o raio de curvatura mínimo para que nenhuma das rodas perca o contato com o trilho nas seguintes situações:

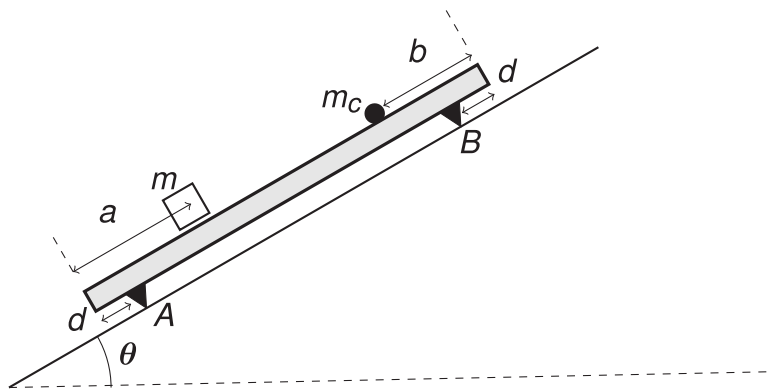
- a) quando o coeficiente de atrito estático entre as rodas e o trilho é μ ;
- b) quando o atrito é desprezível;
- c) quando o coeficiente de atrito estático é μ e as rodas são cilíndricas.



Questão 2. Uma barra rígida, homogênea e uniforme, de massa M e comprimento L , possui dois apoios fixos, A e B , que estão em contato com um plano inclinado que forma um ângulo θ com a horizontal. Os pontos de contato com o plano inclinado estão localizados a uma distância d de cada extremidade da barra, conforme ilustrado na figura. Um objeto de massa m está preso à barra a uma distância a da extremidade inferior. Para manter o equilíbrio, um contrapeso de massa m_c é acoplado a uma distância b da extremidade superior da barra. Admita que os apoios sofrem forças de atrito estático.

Considerando que a barra permanece em repouso, faça o que se pede nos itens a seguir, expressando as respostas em termos dos parâmetros dados ($M, m, m_c, L, d, a, b, g, \theta$).

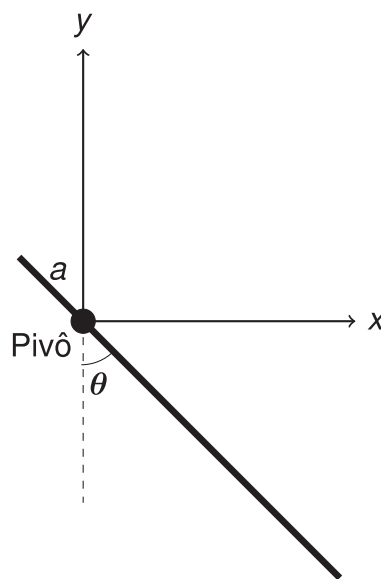
- Determine o valor das forças normais exercidas sobre os apoios A e B .
- Calcule a força de atrito em cada apoio, que impeça o deslizamento da barra ao longo do plano.



Questão 3. Uma haste fina e homogênea de comprimento total L e massa M está presa a um pivô fixo, localizado a uma distância a de uma das extremidades, conforme a figura. A haste pode girar livremente em um plano vertical sob a ação da gravidade. Em determinado instante, ela gira com velocidade angular ω em torno do pivô, formando um ângulo θ com a vertical.

Dadas as considerações, calcule

- a componente radial da força de reação exercida pelo pivô sobre a haste nesse instante, em função de M , L , a , θ , ω e g ;
- o ângulo θ para que a componente radial da força de reação se anule, em função de M , L , a , ω e g .



Questão 4. Considere um objeto de massa m que descreve uma trajetória elíptica sob a influência de uma estrela de massa M ($M \gg m$). Devido a instabilidades internas, ele se separa em duas partes de massas m_1 e m_2 , com $m_1 = 4 m_2$. Em um determinado instante, as posições das massas m_1 e m_2 são, respectivamente, dadas por $P_1 = \left(\frac{3a}{4}, \frac{b}{4}\right)$ e $P_2 = (a, y_2)$, em que a é o semieixo maior, b é o semieixo menor e os focos da elipse descrita originalmente por m estão no eixo x .

Considerando que a origem do sistema de coordenadas coincide com o centro da elipse, determine

a) y_2 ;

b) a menor energia potencial gravitacional possível do sistema nesse instante.

Questão 5. Uma viga fina, cilíndrica, incompressível, maciça de cobre (massa molar M_{Cu}), de massa m , comprimento L e coeficiente de expansão térmica linear α , está posicionada verticalmente sobre o piso de um recipiente que contém um banho de água (calor específico $c_{\text{H}_2\text{O}}$ e densidade $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$) com volume V , inicialmente à temperatura ambiente de 20°C . Sobre a extremidade superior da viga, é colocada uma massa M_1 , que exerce uma força compressiva ao longo de seu eixo. Uma fonte de calor é então acionada, fornecendo energia ao banho até que sua temperatura atinja 90°C . Nesse momento, a fonte de calor é desligada, e a massa M_1 é imediatamente substituída por uma massa menor, M_2 . Com a fonte desligada e a massa reduzida, o sistema esfria e retorna à temperatura ambiente de 20°C . Assim que essa temperatura é atingida, a massa M_1 é recolocada sobre a viga, e a fonte de calor é religada, reiniciando-se o ciclo. Admita que não há troca de calor de M_1 ou M_2 com o sistema.

Considerando válida a lei de Dulong-Petit: $c_v = 3R$ (calor específico molar) para sólidos cristalinos, em que R é a constante universal dos gases, determine

- a) o trabalho total realizado em um ciclo;
- b) a eficiência da máquina térmica descrita.

Questão 6. Uma luneta astronômica é composta por duas lentes delgadas dispostas em um tubo: uma lente objetiva de distância focal $f_1 = +80$ cm; e uma lente ocular de distância focal $f_2 = +5,0$ cm.

Sabendo que, nesse equipamento, as imagens dos objetos celestes observadas são formadas a longas distâncias do observador, faça o que se pede nos itens a seguir.

- a)** Calcule o comprimento L do tubo que separa as lentes.
- b)** Calcule o aumento angular G da luneta para objetos a longas distâncias e indique a orientação da imagem.
- c)** Descreva a posição e o tipo de imagem conjugada pela luneta de um objeto localizado a 40 cm da lente objetiva. A imagem final é maior ou menor que o objeto?

Questão 7. Um feixe cilíndrico e homogêneo de luz laser de intensidade I_0 incide sobre um sistema de $N + 1$ polarizadores dispostos em sequência. O eixo de polarização de cada polarizador forma um ângulo β com o eixo de polarização do polarizador anterior, de modo que $\phi = N\beta$ é o ângulo entre o eixo de polarização do último polarizador e o do primeiro. O laser possui polarização paralela ao eixo do primeiro polarizador e, devido a reflexões e absorções, sua intensidade após a passagem por cada polarizador é igual a uma fração x daquela que seria obtida em um caso ideal.

Considerando P a potência registrada por um analisador após o feixe atravessar todo o sistema, determine, em termos de I_0 , ϕ , x , N e P ,

- a) a intensidade do feixe após passar pelo sistema;
- b) o raio do feixe.

Questão 8. Um celular de massa 100 g e calor específico médio de $2,0 \text{ J/(g}^\circ\text{C)}$, com bateria de 2 Ah de capacidade de carga e tensão de 5,0 V, é carregado completamente em 20 min por um carregador indutivo dotado de um solenoide de 20 espiras por centímetro, seção transversal circular de raio 0,5 cm e comprimento 2 cm. O celular possui um solenoide idêntico que se acopla perfeitamente ao solenoide do carregador durante o carregamento. O carregamento é realizado por ciclos, em cada qual a bobina do carregador é percorrida por uma corrente elétrica que varia linearmente entre 0 e 14 A em um período de tempo Δt , o que induz uma f.e.m. de módulo igual à tensão da bateria na bobina do celular, permanecendo constante durante todo o processo de carregamento. O processo de carregamento foi responsável pelo aumento da temperatura média do aparelho de 20°C para 50°C .

Considerando que a bateria estava totalmente descarregada no início do processo, determine

- a) o mínimo valor possível da potência média, em watts, fornecida pelo carregador;
- b) o máximo valor possível de Δt em segundos.

Questão 9. Uma grade de difração está posicionada horizontalmente a 20 cm acima do solo, na qual incide luz solar perpendicularmente. No solo, a projeção do primeiro máximo de difração do laranja (600 nm) ocorre a 20 cm do ponto central.

Dada as considerações, determine

- a) a distância entre as ranhuras da grade de difração;
- b) a distância do primeiro máximo de difração do violeta (400 nm) até o ponto central.

Questão 10. Considere uma missão espacial cujo objetivo é coletar dados do sistema planetário da estrela Sirius, localizada a 8,6 anos-luz do nosso sistema Solar. Para tal, duas espaçonaves são lançadas da Terra de forma que atingem as fronteiras do sistema Solar ao mesmo instante t_0 , para um observador na Terra, em trajetórias paralelas e velocidades constantes, $v_1 = 0,8c$ e $v_2 = 0,6c$, em que c é a velocidade da luz. Assim que chega ao sistema planetário de Sirius, a espaçonave 1 emite um sinal para a espaçonave 2.

Dada as considerações, determine

- a)** o tempo transcorrido na Terra, desde o instante t_0 até que a espaçonave 2 receba o sinal emitido pela espaçonave 1;
- b)** o tempo transcorrido para os astronautas da espaçonave 2, desde o instante t_0 até que recebam o sinal emitido pela espaçonave 1.

RASCUNHO
