OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA 2022

Prova da 3ª Fase

11 DE FEVEREIRO DE 2023

NÍVEL II
Ensino Médio
1ª e 2ª Séries

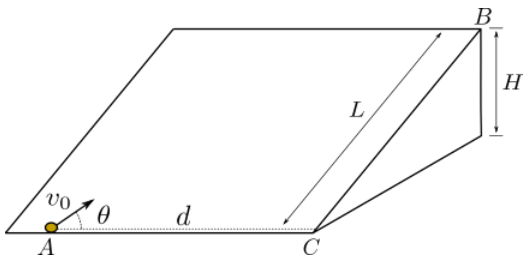
LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES:

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: $\sqrt{2} = 1{,}4$; $\sqrt{3} = 1{,}7$; $\sqrt{5} = 2{,}2$; $\text{sen}(30°) = 0{,}50$; $\cos(30°) = 0{,}85$; $\text{sen}(45°) = 0{,}70$; $\pi = 3$; densidade da água $= 1{,}0\ \text{g/cm}^3$; $1\ \text{cal} = 4{,}2\ \text{J}$; calor específico da água líquida $= 1{,}0\ \text{cal g}^{-1}\,\text{K}^{-1}$; calor latente de fusão da água $= 80\ \text{cal g}^{-1}$; calor latente de vaporização da água $= 540\ \text{cal g}^{-1}$; densidade do gelo $= 0{,}90\ \text{g/cm}^3$; constante de Stefan-Boltzmann $= 5{,}7 \times 10^{-8}\ \text{W m}^{-2}\,\text{K}^{-4}$ e aceleração da gravidade $= 10{,}0\ \text{m/s}^2$.

Questão 1 (exclusiva para alunos da 1ª série). João e Pedro se exercitam em uma trilha circular de 1000 m de comprimento que tem marcos laterais a cada 200 m. Ambos partem do marco inicial (0 m; 1000 m) e correm no mesmo sentido, mas João começa a correr 2,00 minutos após Pedro. João e Pedro correm com velocidades escalares médias (rapidez média) de, respectivamente, 4,00 m/s e 3,00 m/s. Quando eles se cruzam pela primeira vez, que distância eles ainda tem que percorrer, em metros, para completar a volta?

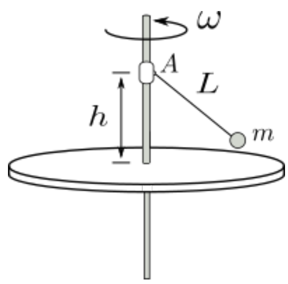
Questão 2 (exclusiva para alunos da 1ª série).

Um criança lança obliquamente uma bola em um trecho de uma pista de skate que é aproximadamente um plano inclinado de altura $H = 1{,}60$ m e largura $L = 4{,}00$ m. Inicialmente a bola está no ponto A situado na base do plano inclinado a uma distância horizontal $d = 4{,}00$ m do ponto C da lateral da pista (veja figura). Qual o menor valor da rapidez inicial v_0 e do ângulo de lançamento θ para que a bola atinja o ponto B localizado no topo da pista? Desconsidere a ação de forças dissipativas.



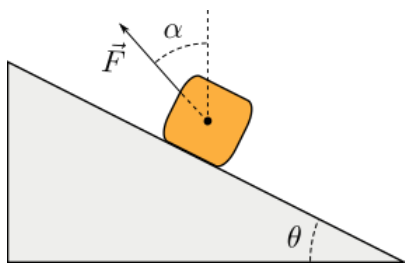
Questão 3 (exclusiva para alunos da 1ª série).

Um estudante de física está contruindo um dispositivo regulador da velocidade angular mínima ω com a qual um eixo fixo vertical deve girar. Seu esquema de funcionamento é dado pela figura. Ao eixo está fixado um disco que gira solidariamente ao eixo e um anel A ao qual se articula uma haste de comprimento $L = 25$ cm e massa desprezível. Na outra extremidade da hasta está presa uma uma pequena esfera de massa m. A haste pode girar livremente em torno do anel A e a distância h ($h < L$) entre ela e o disco, que é ajustável, é usada para regular ω. Um dispositivo não representado na figura é capaz de detectar se a esfera está ou não em contato com o disco. Se o contato ocorre, um motor (também não mostrado na figura) acelera a rotação do eixo até que o esfera suba e deixe de encostar no disco. Obtenha uma expressão para ω em função de h, g e, se necessário, outros parâmetros do sistema.



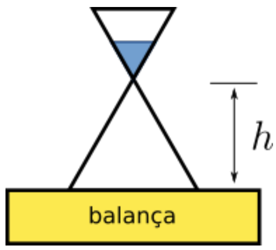
Questão 4 (exclusiva para alunos da 1ª série).

Uma pessoa puxa um caixote inicialmente em repouso que pesa 500 N em um plano de inclinação $\theta = 30°$. Ele aplica uma força $\vec{F}$ no caixote que faz um ângulo de α com a vertical, veja a figura. (a) Caso $\alpha = 30°$ e $|\vec{F}| = 300$ N, determine a aceleração a do caixote (adote a convenção $a > 0 \leftrightarrow$ aceleração para cima ao longo do plano rampa). (b) Determine o ângulo α para o qual a pessoa consegue manter o caixote em equilíbrio estático com uma força $\vec{F}$ de intensidade mínima F_{min}. (c) Determine a intensidede mínima F_{min}.

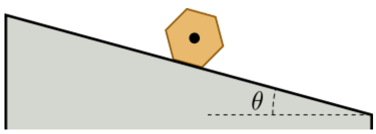


Questão 5.
Recipientes porosos de cerâmica, chamados moringas em algumas regiões do Brasil, são tradicionalmente usados para manter a água fresca em regiões de clima quente. Graças à água que atravessa o meio poroso e forma uma fina película de água na parte exterior e à sua posterior evaporação, a água na moringa pode atingir uma temperatura até 5 °C menor que a temperatura externa. Seja uma moringa aproximadamente esférica de raio $r = 8{,}00$ cm e emissividade $e = 1$ em um ambiente de temperatura $T_a = 36{,}0\,°\mathrm{C}$. Considere que o resfriamento por evaporação é compensado pelo calor absorvido do ambiente por irradiação e desconsidere outras possíveis trocas de energia. Determine a taxa η, em g/s, com a qual varia a massa de água contida na moringa.

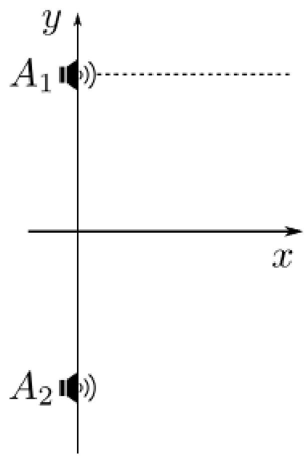
Questão 6.
A figura mostra esquematicamente um relógio de água (clepsidra) cujo funcionamento é análogo ao de uma ampulheta (relógio de areia). A massa total da clepsidra é de $M = 800$ g dos quais 600 g correspondem à massa de água em seu interior. A clepsidra tem uma pequena válvula que, quando aberta, faz com que a água caia com uma vazão de 30 cm^3/s. A clepsidra está sobre uma balança de precisão apoiada em uma mesa horizontal. No instante $t = 0$ a válvula da clepsidra está fechada e toda água está na parte de cima. Determine o instante $t = t_1$ em que a água em queda atinge a base da clepsidra (a) pela primeira vez e (b) pela última t_f vez. (c) Determine a função $M(t)$ que corresponde ao valor da leitura na balança em função de t. (d) Esboce o gráfico $\Delta M(t) = M(t) - M(0)$ em função de t. Considere que a água ao atingir a parte de baixo não respinga e perde imediatamente seu movimento vertical. Considere ainda que a área da base da clepsidra é muito maior que a do topo.



Questão 7.
Um lápis sextavado não apontado (um prisma reto de base hexagonal) está apoiado em uma mesa inclinada de um ângulo θ variável conforme o esquema ilustrado na figura. A inclinação da mesa é lentamente aumentada e observa-se que o lápis permanece em repouso em relação à mesa até o ângulo $\theta = \theta_C$ e, a partir desse ângulo, ele rola. Determine (a) o ângulo θ_C e (b) o valor mínimo do coeficiente de atrito estático necessário para que o lápis não deslize sobre a mesa quando $0 < \theta < \theta_C$. (c) Suponha que o ângulo é ajustado para um ângulo ligeiramete maior que θ_C e que toda a massa do lápis esteja sobre o seu eixo, determine a aceleração angular do lápis no início do rolamento.



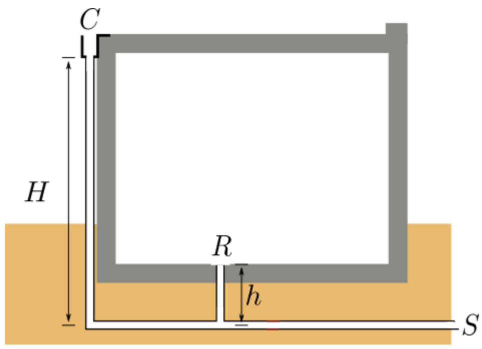
Questão 8.



Dois alto-falantes estão instalados à mesma altura em um ambiente plano, horizontal e aberto. Suas localizações são dadas pelos pontos A_1 e A_2 conforme a figura. Os alto-falantes emitem ondas sonoras de mesma intensidade, com mesmo comprimento de $\lambda = 2{,}00$ m e em fase. Uma pessoa caminha em direção à A_1 pela linha tracejada paralela ao eixo x e com um aplicativo de celular, que é mantido à mesma altura dos alto-falantes, mede a intensidade da onda sonora que chega dos alto-falantes. (a) Se a distância entre os alto-falantes é $d = 3\lambda$, determine a localização dos pontos de interferência destrutiva que a pessoa detecta com $x > 0$. (b) Seja I_d a intensidade do som medido no ponto mais próximo do eixo y determinado no item anterior e I_u a intensidade do som que seria medida no mesmo local com o alto-falante localizado em A_2 desligado, determine a razão I_d/I_u. Considere que o som se propaga isotropicamente e o piso está coberto com um material perfeitamente absorvedor de som.

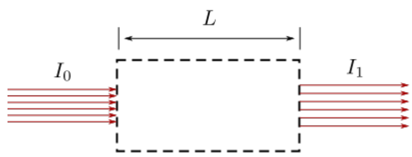
Questão 9.

Uma pessoa está dimensionando um sistema de drenagem de uma garagem semienterrada. A figura mostra em corte o esquema planejado. A chuva que cai na laje plana é coletada pela calha lateral e é levada por um tubo vertical de comprimento H e diâmetro $D = 100$ mm a um tubo de drenagem subterrâneo horizontal de mesmo diâmetro. No piso da garagem há um ralo R que se conecta ao tubo de drenagem por um cano vertical de comprimento $h = 1{,}00$ m e diâmetro $d = 50$ mm. Considere que a água da chuva da calha entre com velocidade nula no ponto de coleta C do tubo vertical. Qual o menor índice de precipitação, ou pluviosidade, de uma chuva (quantidade de água de chuva, por m^2, por unidade de tempo), em mm/hora, capaz de fazer a água transbordar pelo ralo da garagem?



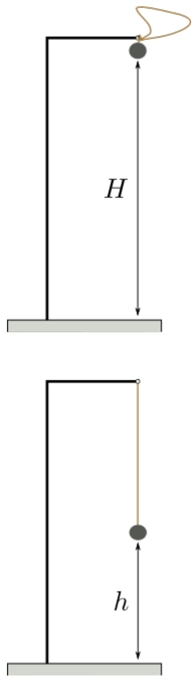
Questão 10.

Um estudante de física deve construir um equipamento ótico para diminuir a intensidade de um feixe cilíndrico de radiação laser de $I_0 = 8{,}00$ kW/m^2 para $I_1 = 2{,}00$ kW/m^2 usando apenas duas lentes que estão separadas por uma distância de $L = 30$ cm, veja a figura. Determine as distâncias focais das duas lentes em mm e apresente o correspondente diagrama de raios de luz nos casos (a) as duas lentes são convergentes e (b) uma lente é convergente e a outra é divergente.



Questão 11.

Em saltos de bungee jump o tamanho da tira elástica deve ser ajustado de acordo com a massa e a distância de queda. Uma estudante de física resolveu estudar esse fenômeno através de um modelo em escala reduzida. No laboratório uma pequena esfera de chumbo de massa $m = 0{,}4$ kg é suspensa por uma tira elástica de massa desprezível. Ao lado, a figura superior corresponde à situação em que a esfera é abandonada do repouso da altura $H = 2{,}00$ m para início do "salto", cujo objetivo é chegar o mais próximo possível da base sem no entanto tocá-la. A figura inferior ao lado mostra a situação na qual a esfera está em equilíbrio estático. Imagine que em um salto real a parte mais baixa é a superfície de um rio ou lago.



Considere que a tira elástica é equivalente a um conjunto de N molas ideais conectadas em série e que cada mola tem constante elástica $k = 200$ N/m e comprimento $\ell = 5{,}00$ cm quando relaxada. Determine (a) o número N de molas necessárias para esse tipo de "salto", (b) a velocidade e (c) a aceleração máximas atingidas durante o "salto". Desconsidere a ação de forças resistivas.

Questão 12.

Uma barra de gelo, a $0\,^{\circ}$C, cilíndrica de altura $H = 20$ cm e base com área $A_g = 15$ cm^2 é inserida em um calorímetro também cilíndrico com área de base $A_c = 16$ cm^2. A barra é posicionada de forma que seu eixo coincida com o do calorímetro. Inicialmente a barra está apoiada em uma tela plástica horizontal vazada (água pode passar livremente por ela) que está situada à uma distância $d = 1{,}00$ cm da base do calorímetro. Na parte superior do calorímetro há uma resistência de potência $P = 60$ W. No instante inicial a resistência é ligada. (a) Determine o instante t_1 no qual o nível da água atinge a tela e (b) estime o menor intervalo de tempo, contado a partir de t_1, necessário para que a barra de gelo flutue. Assuma que todo o calor liberado para a resistência é transferido para o gelo (ou água) e que os eixos da barra e do calorímetro coincidam durante todo o processo.