

OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE FÍSICA 2017
3ª FASE - 07 DE OUTUBRO DE 2017

NÍVEL II
Ensino Fundamental
1ª e 2ª séries

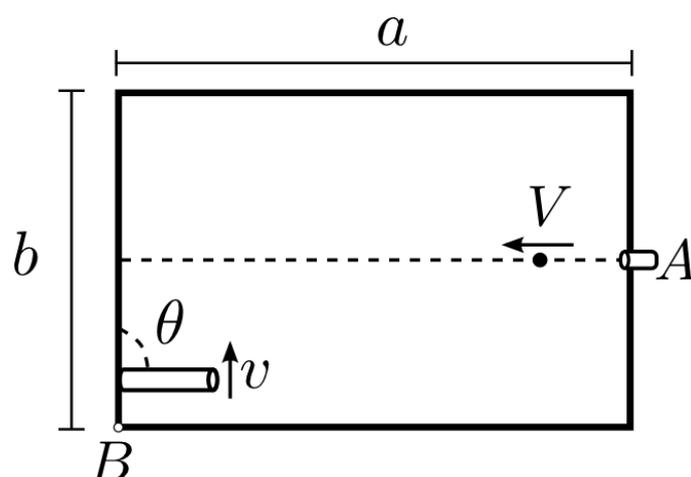
**LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES
ABAIXO:**

1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos da **1ª e 2ª séries do nível médio**. Ela contém **doze** questões. Cada questão tem valor de 10 pontos e a prova um total de 80 pontos (máximo de oito questões respondidas).
2. Os alunos da **1ª série** podem escolher livremente oito questões para responder. Alunos da **2ª série** podem responder apenas as oito questões não indicadas como *exclusivas para alunos da 1ª série*.
3. O **Caderno de Respostas** possui instruções que devem ser lidas cuidadosamente antes do início da prova.
4. A menos de instruções específicas contidas no enunciado de uma questão, todos os resultados numéricos devem ser expressos em unidades do Sistema Internacional (SI).
5. A duração da prova é de **quatro** horas, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo sessenta minutos**.
6. Se necessário e salvo indicação em contrário, use: $\sqrt{2} = 1,4$; $\sqrt{3} = 1,7$; $\sqrt{5} = 2,2$; $\text{sen}30^\circ = 0,50$; $\text{cos}30^\circ = 0,85$; $\text{sin}45^\circ = 0,70$; $\pi = 3,0$; densidade da água = $1,0 \text{ g/cm}^3$; calor específico da água líquida = $4,2 \text{ J/g}\cdot\text{K}$; calor específico do gelo = $2,1 \text{ J/g}\cdot\text{K}$; calor latente de fusão do gelo = $0,34 \text{ kJ/g}$; calor latente de vaporização da água = $2,3 \text{ kJ/g}$; aceleração da gravidade = 10 m/s^2 .

Questão 1 (exclusiva para alunos da 1^a série). Os fenômenos astronômicos das eclipses solar e lunar ocorreriam se as distâncias da Terra-Sol e Terra-Lua fossem diferentes? Qual deveria ser a distância Terra-Lua acima da qual não ocorreria mais a eclipse lunar? Considere órbitas circulares e coplanares para o movimento da Terra em torno do Sol e da Lua em torno da Terra. Para solucionar este problema utilize os dados relevantes da tabela abaixo, onde R_S é o raio do Sol, R_T raio da Terra, R_L raio da Lua, d_{ST} distância média Sol-Terra e d_{TL} distância média Terra-Lua.

R_S (m)	R_T (m)	R_L (m)	d_{ST} (m)	d_{TL} (m)
$7,0 \times 10^8$	$6,4 \times 10^6$	$1,8 \times 10^6$	$1,5 \times 10^{11}$	$3,8 \times 10^8$

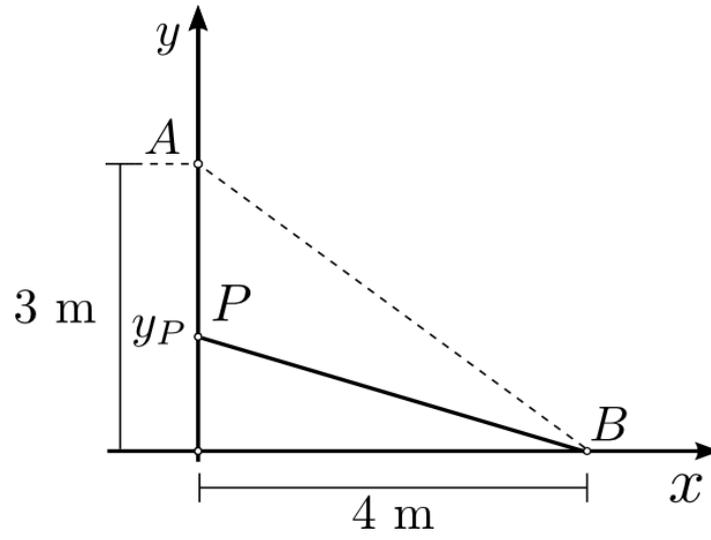
Questão 2 (exclusiva para alunos da 1ª série). A figura abaixo representa a vista superior de um jogo no qual todos os movimentos ocorrem em uma superfície retangular horizontal de lados $a = 1,80$ m e $b = 0,90$ m. O objetivo do jogo é embocar os projéteis que são disparados pelo canhão fixo no ponto A e se que movem com velocidades de módulos constante $V = 3,00$ m/s em direção ao lado b (a linha tracejada indica a trajetória dos projéteis). O recipiente que deve ser usado para capturar os projéteis se move paralelamente à aresta b com velocidade de módulo constante v e que pode ser ajustada pelo jogador. A orientação do recipiente, dada pelo ângulo θ também deve ser escolhida pelo jogador, pois a contagem de ponto ocorre apenas se o projétil atinge o fundo do recipiente sem tocar as suas paredes laterais. No instante em que o projétil é disparado e o recipiente está no ponto B , quais devem ser os ajustes de v e θ para que o jogador marque um ponto?



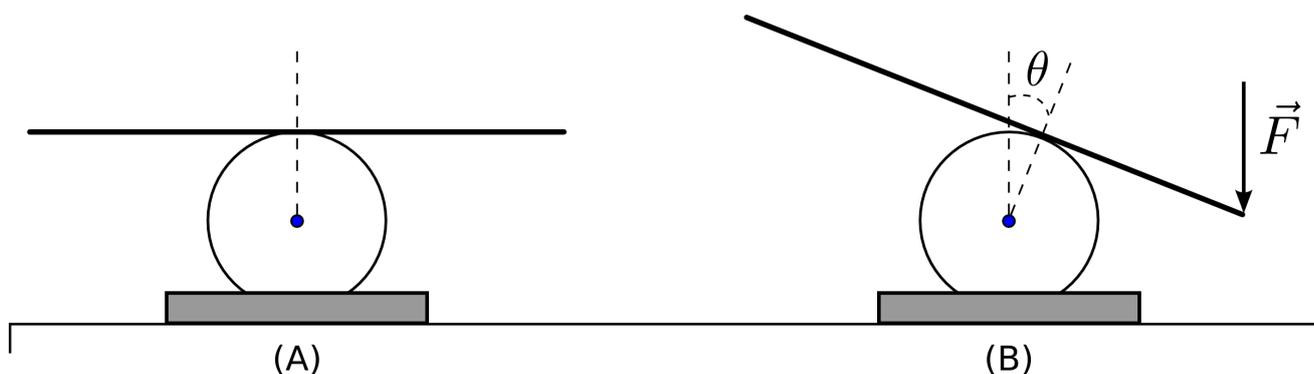
Questão 3 (exclusiva para alunos da 1^a série). Uma experiência bastante interessante e que pode ser feita em casa consiste em levar a água líquida a um estado de temperatura abaixo de seu ponto de congelamento. Quando isso acontece dizemos que a água está em um estado super-resfriado. Este é um estado de equilíbrio metaestável pois se perturbado a água passa do estado líquido para o sólido quase que instantaneamente. Talvez você já tenha presenciado este fenômeno surpreendente ao pegar uma bebida gelada que esqueceu no congelador. Para reproduzir este fenômeno mais facilmente é preciso trabalhar com água destilada, pois são as impurezas dissolvidas na água que facilitam o processo de formação do gelo. Suponha um recipiente A com um litro de água mineral e um recipiente B com um litro de água destilada, ambos à temperatura ambiente $T_a = 20^\circ\text{C}$. Estes recipientes são então colocados em um congelador que está a $T_c = -6^\circ\text{C}$ e espera-se um tempo suficiente para que A contenha gelo a -6°C mas com a água de B ainda no estado líquido. Quais as quantidades de calor trocada entre o congelador e (a) a água de A e (b) a água de B ? Se B é retirado do congelador e agitado levemente observa-se que o líquido se solidifica imediatamente. (c) Este processo emite ou absorve calor? (d) Estime a quantidade de calor trocada nesse último processo.

Questão 4. Em laboratórios é possível atingir baixas temperaturas usando sistemas de refrigeração alimentados por energia elétrica. Entretanto, para manter a temperatura baixa há um custo, pois o isolamento térmico da câmara fria nunca é perfeito e calor entra permanentemente por suas paredes. Qual custo mínimo de extração de um watt-hora de um sistema mantido à temperatura constante de $T_c = 1,00$ K em uma região em que o custo do kwh é R\$ 0,50 e a temperatura ambiente é $T_a = 300$ K?

Questão 5 (exclusiva para alunos da 1^a série). Qual o caminho liso (sem atrito) que conecta dois pontos A e B que é percorrido no menor intervalo de tempo possível quando utilizado por uma partícula deslizando sob a ação da gravidade? Este problema foi formulado por Johann Bernoulli em 1696 e é atualmente conhecido como o problema da braquistócrona (em grego clássico esta palavra significa menor tempo). Há várias soluções possíveis para este problema que, no entanto, envolvem cálculo avançado e por isso vamos considerar uma versão bastante simplificada. Na figura abaixo, a partícula está inicialmente em repouso no ponto A e a trajetória da partícula deve ser necessariamente formada por dois trechos retilíneos AP e PB . O trecho de AP é vertical e a partícula desliza sobre o mesmo em queda livre. Ao atingir P a partícula, imediatamente e sem perda de energia, é direcionada para o trecho PB para que se complete a trajetória. Note que se $y_P = 3$ m o ponto P coincide com A e a trajetória é a mais curta possível. Se $y_P = 0$, a trajetória PB é um plano horizontal. Esta é a trajetória em que a partícula atinge a velocidade máxima mais rapidamente possível. (a) Entre as trajetórias definidas por $y_P = 0$ ou $y_P = 3$ m qual é a percorrida no menor tempo? (b) Existe alguma trajetória com y_P no intervalo de 0 a 3 m que é percorrida em um intervalo de tempo menor que as encontradas no item anterior?



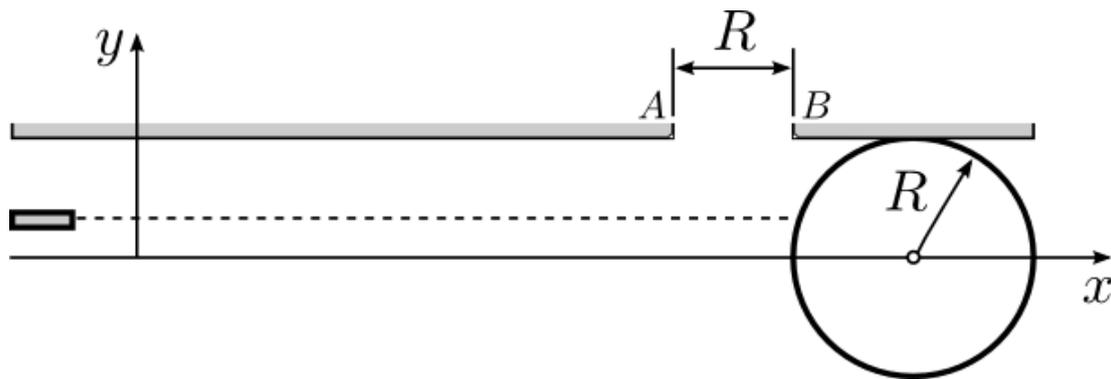
Questão 6. Um aluna de física está investigando condições de equilíbrio estático de objetos encontrados em sua mesa de estudos. Inicialmente ela fixa uma lata cilíndrica de raio $r = 5,00$ cm em uma mesa horizontal e em seu topo apoia uma régua plástica homogênea de comprimento $L = 30,0$ cm e massa $m = 40,0$ g na situação de equilíbrio estático ilustrada na figura A. Depois, ela aplica uma força vertical \vec{F} em uma das extremidades da régua e observa que o ponto de apoio da mesma sobre o cilindro se desloca conforme ilustrado na figura B. Ela observa que a régua pode assumir configurações de equilíbrio estático desde que $\theta \leq 30^\circ$. Determine (a) o valor do coeficiente de atrito estático entre a régua e a lata e (b) a intensidade da força externa na situação em que $\theta = 30^\circ$.



Questão 7. Na região ártica do Canadá vivem povos indígenas que constroem abrigos de caça feitos de neve compactada. Estes abrigos são conhecidos no resto do mundo como iglus. O objetivo do iglu, além de proteger contra o vento, é criar um ambiente interno de temperatura relativamente amena em comparação com a temperatura exterior muito mais baixa. Suponha uma situação de equilíbrio na qual a temperatura interior se mantém fixa graças ao calor corporal emitidos por três caçadores que estão dormindo em seu interior e que as perdas de calor se dão exclusivamente pelas paredes do iglu. Considere que o iglu pode ser aproximado por um hemisfério de raio interno R e espessura d . Se d for muito menor que R , a transmissão de calor pela superfície esférica é equivalente à que seria transmitida por uma superfície plana de área e espessuras iguais. Usando esta aproximação e desprezando as trocas de calor com o piso, estime a espessura d da parede de um iglu de raio $R = 1,60$ m para uma situação de equilíbrio de temperatura interna $T_i = 2^\circ\text{C}$ e temperatura externa $T_e = -38^\circ\text{C}$. Considere que o calor corporal emitido por cada caçador tem uma potência de $P = 250$ W e que a condutividade térmica da neve compactada é $k = 0,240$ W/(m·K).

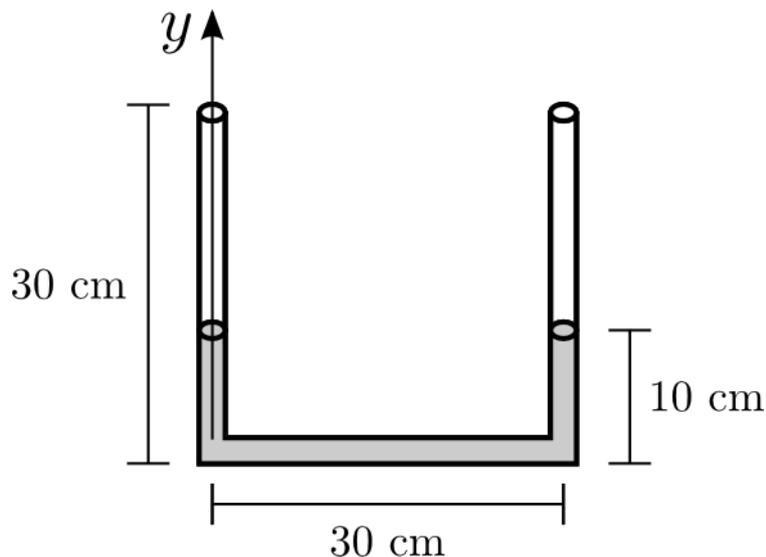
Questão 8. Um anel de raio r e massa m rola sem escorregar em um plano horizontal, de coeficientes de atrito estático e cinético iguais a μ , quando no instante $t = 0$ se choca contra uma parede lisa. Antes do choque a velocidade do centro de massa do anel é V_0 e o choque é instantâneo e perfeitamente elástico de forma que resulta apenas na aplicação de um impulso horizontal no anel. Determine (a) o instante a partir do qual a velocidade do centro do anel é constante e (b) o valor desta velocidade. (c) Repita o problema mas com o anel sendo substituído por um disco uniforme de mesma dimensão. (Dados: momento de inércia do anel $I_a = mr^2$ e do disco $I_d = mr^2/2$.)

Questão 9. Um fonte de luz laser está posicionada para que seu feixe de luz seja paralelo ao eixo x e aponta para um espelho cilíndrico de raio R cuja superfície tangencia um anteparo plano opaco conforme ilustrado na figura abaixo. Acima e à frente do espelho, marcados pelos pontos A e B há uma abertura de largura R . Determine (a) uma equação para y_{max} , o maior valor que y pode assumir de forma que o feixe refletido atravessa a abertura e (b) estime o valor de y_{max} sabendo que esse se encontra próximo a $R/2$.



Questão 10. Se um recipiente que contém um gás rarefeito apresenta uma pequena abertura ocorre um fenômeno chamado efusão no qual o número de moléculas que sai do recipiente é proporcional $n\bar{v}$ onde n é a densidade do gás e \bar{v} é a velocidade escalar média das moléculas. Considere um recipiente dividido em duas câmaras com uma pequena abertura entre elas e que contém um gás rarefeito. As condições são tais que ocorre o fenômeno de efusão entre uma câmara e outra. Se as câmaras 1 e 2 são mantidas, respectivamente, a temperaturas T_1 e T_2 e a pressão da câmara 1 é P_1 , qual o valor da pressão na câmara 2 na situação de equilíbrio?

Questão 11. A figura abaixo ilustra um tubo fino de extremidades abertas em forma de U , em repouso, e que contém água até o nível $H = 10$ cm. Acionando um motor é possível fazer com que o tudo gire com velocidade angular constante ω em torno do eixo vertical y centrado no ramo esquerdo do tubo. Para que valor de ω a água está no limite de escapar do tubo? Use em suas considerações o fato de que, a pressão de equilíbrio de líquidos que estão dentro de recipientes em rotação uniforme varia com a distância r ao eixo de rotação de acordo com expressão $p = p_c + \frac{1}{2}\rho\omega^2 r^2$ onde p_c é a pressão do líquido sobre o eixo e ρ é a densidade do líquido.



Questão 12. A figura abaixo mostra um sistema em equilíbrio estático. A haste homogênea AB de comprimento $\ell = 80,0$ cm e massa desprezível está presa à parede vertical por um pino em torno do qual poderia girar livremente. Na extremidade B da haste está presa uma pequena esfera de massa $m = 200$ g. Fixada a essa esfera e ao ponto C do teto há um material elástico de constante elástica $k = 2,50$ N/m e que quando relaxado tem comprimento desprezível. Determine (a) o ângulo $\theta = \theta_0$ de equilíbrio e (b) o período de oscilação deste sistema se a posição angular θ for levemente deslocada de θ_0 .

