

**OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE FÍSICA 2021**  
**Prova Especial Teórica das 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> Fases**  
**13 DE NOVEMBRO DE 2021**

**NÍVEL III**  
**Ensino Médio**  
**3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> Séries**

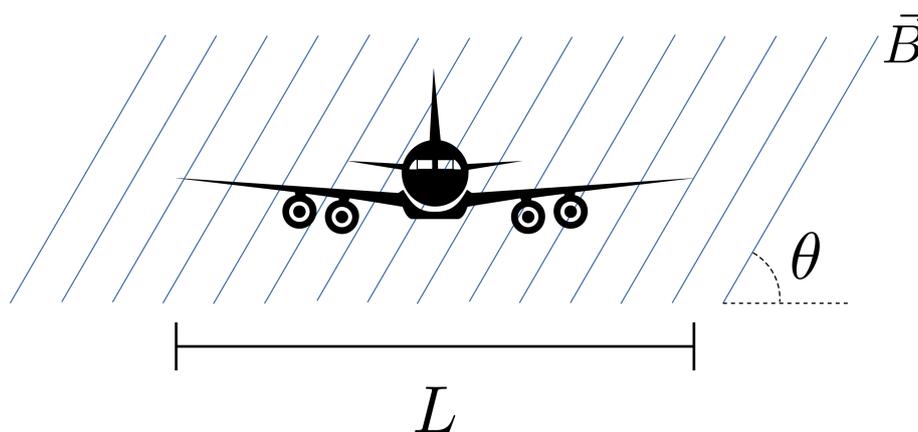
**LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES:**

1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos da **3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> séries do nível médio**. Ela contém **8** questões.
2. Você deve seguir as instruções de provas (dadas em [https://app.graxaim.org/obf/2021/open\\_page/instrucoes\\_2\\_fase?title](https://app.graxaim.org/obf/2021/open_page/instrucoes_2_fase?title), em particular as seções *Sobre Intervalo de Tempo de Respostas* e *Campos (Caixas) de Respostas*. Resumidamente, essas seções informam que:
  - **O intervalo de submissão entre duas questões consecutivas (ou entre a primeira e o início da prova) não pode ultrapassar 45 minutos, caso contrário você pode ser penalizado com anulação de uma ou mais questões.** O documento completo tem exemplos claros de como são aplicadas as penalidades.
  - **Preencha as caixas/campos de respostas apenas com números.** O documento completo tem exemplos claros de como preencher os campos de respostas.
3. Durante a prova, é permitido o uso de celular ou computador **apenas** para acessar o site <https://app.graxaim.org/obf/2021>, ou para trocas de mensagens com os coordenadores estaduais da OBF ou com [obf.app.online@gmail.com](mailto:obf.app.online@gmail.com). **Todos os demais usos (calculadoras, aplicativos gráficos e numéricos, consultas, busca na internet, etc) são proibidos.**
4. As respostas devem ser enviadas das 13h00 às 17h00, horário de Brasília.
5. Se houver suspeita de congestionamento da rede, ou notícias de problemas localizados em partes do país, pode ser que o site seja ajustado para aceitar submissões após as 17h00, horário de Brasília. No entanto, a validade dessas respostas ficará suspensa até que uma comissão da OBF, especialmente designada para este fim, analise as razões específicas de cada atraso.

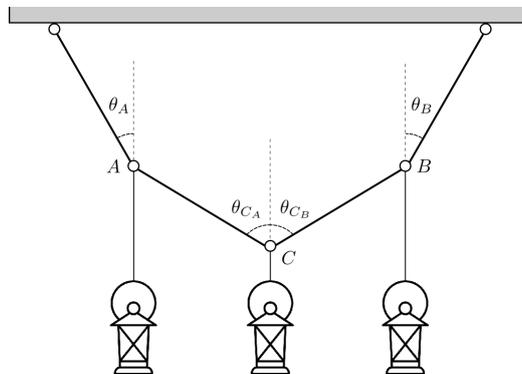
### INSTRUÇÕES (CONTINUAÇÃO)

6. São vedados comentários e discussões sobre os enunciados das questões, suas respostas e possíveis resoluções até as 22h00, horário de Brasília, nas redes sociais, blogs, fóruns e ferramentas afins de comunicação da internet.
7. Se necessário e salvo indicação em contrário, use:  $\sqrt{2} = 1,4$ ;  $\sqrt{3} = 1,7$ ;  $\sqrt{5} = 2,2$ ;  $\text{sen}(30^\circ) = 0,50$ ;  $\text{cos}(30^\circ) = 0,85$ ;  $\text{sen}(45^\circ) = 0,70$ ;  $\pi = 3,1$ ; densidade da água =  $1,0 \text{ g/cm}^3$ ;  $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$ ; densidade do Ar (CNTP) =  $1,20 \text{ kg/m}^3$  e aceleração da gravidade =  $10,0 \text{ m/s}^2$ .

**Questão 1.** Um avião voa com velocidade de  $800 \text{ km/h}$  em uma região em que o campo magnético da Terra tem módulo igual a  $30,0 \mu\text{T}$ . As asas do avião estão na horizontal, e a direção do campo magnético é dada pelas linhas de campo, ilustradas na figura com  $\theta = 60^\circ$ . Suponha que as asas do avião se comportem como uma barra condutora horizontal de comprimento  $L = 20,0 \text{ m}$ . Determine o módulo da diferença de potencial entre as extremidades das asas.



**Questão 2.** Cinco argolas estão unidas por quatro cabos de mesmo comprimento  $L$  e são usadas para pendurar três luminárias conforme ilustrado na figura. As luminárias estão penduradas nas argolas,  $A$ ,  $B$  e  $C$ , e as argolas das extremidades estão fixadas no teto (suporte horizontal).

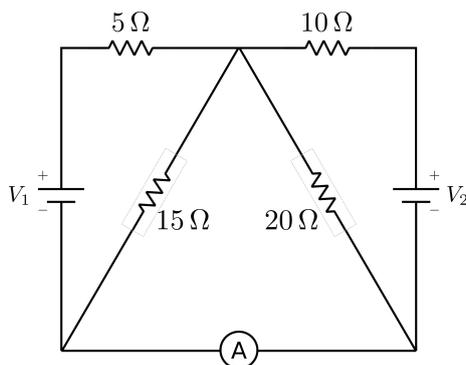


Os cabos são ideais e as argolas têm massas desprezíveis. Sejam  $T_1$  a tração no cabo  $AC$  e  $T_2$  a tração no cabo entre a argola  $A$  e a argola fixa no teto. Determine:

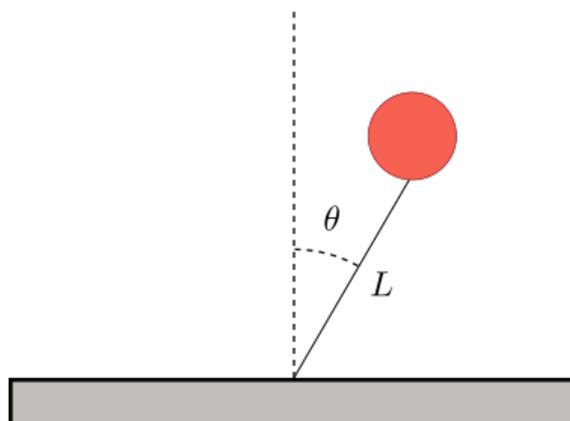
- A razão  $T_1/T_2$  quando as luminárias têm as mesmas massas,  $m_A = m_B = m_C$ , e observa-se que  $\theta_A = \theta_B = 30^\circ$  e  $\theta_{CA} = \theta_{CB} = 60^\circ$ .
- $T_1$ , em N, quando a luminária central tem massa  $m_C = 1,00$  kg e as luminárias presas às argolas  $A$  e  $B$  têm massas iguais  $m_A = m_B$  muito muito maiores que  $m_C$ ,  $m_A = m_B \gg m_C$ .
- $T_1$ , em N, quando a luminária central tem massa  $m_C = 1,00$  kg e as luminárias presas às argolas  $A$  e  $B$  têm massas iguais  $m_A = m_B$  muito menores que  $m_C$ ,  $m_A = m_B \ll m_C$ .

**Questão 3.** A exposição a sons muito elevados, como uma explosão ou ruídos intensos por períodos prolongados, podem causar traumas acústicos, ou seja, lesões no ouvido interno. Sons de intensidade  $1,0 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$ , por períodos prolongados, podem causar traumas. Acima  $1 \text{ W/m}^2$  podem causar traumas imediatamente. Considere que onda sonora produzida por um fone de ouvido, em seu volume máximo, tem intensidade de  $0,1 \text{ W/m}^2$ , enquanto a intensidade da onda sonora produzida por uma britadeira a  $2,0 \text{ m}$  do ponto de impacto é de  $2,0 \text{ W/m}^2$ . A que distância  $d$  do ponto de impacto de uma britadeira, em m, deve estar uma pessoa para que escute a britadeira com mesma intensidade com que ouve uma música em seus fones de ouvido no volume máximo?

**Questão 4.** Na bancada de um laboratório didático de física está montado um circuito de corrente contínua com quatro resistores e duas baterias ideiais de tensões  $V_1 = 12,00 \text{ V}$  e  $V_2 = 6,0 \text{ V}$ , conforme o diagrama representado abaixo. Determine o valor da corrente  $i$ , em A, medida no amperímetro A conectado no fio inferior. Adote a convenção na qual  $i > 0$  indica corrente movendo-se para a direita.

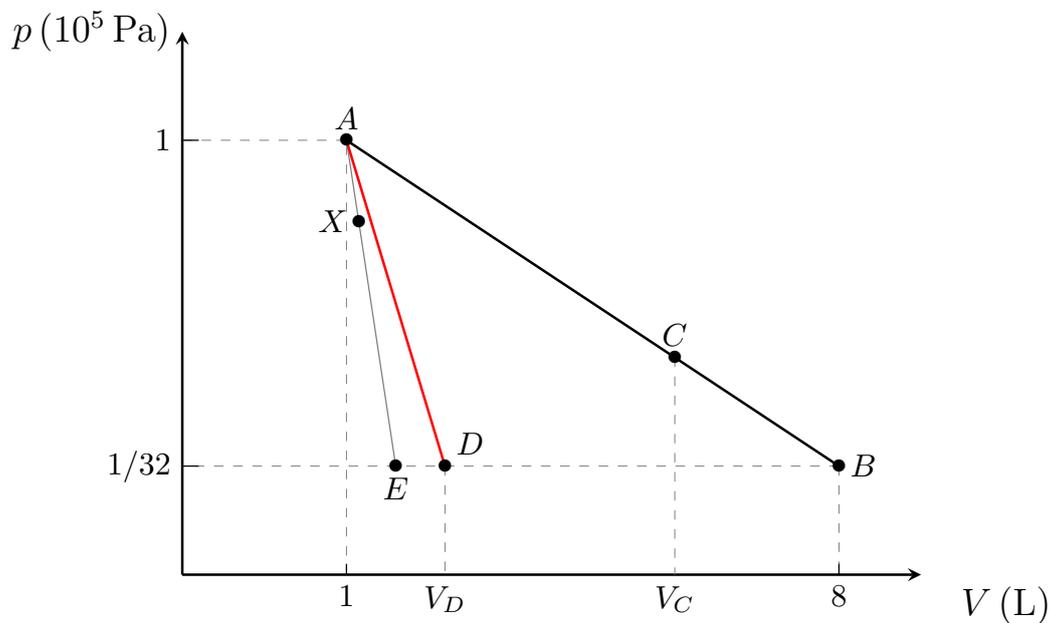


**Questão 5.** Um balão de festa, preenchido com um gás de densidade  $0,20 \text{ kg/m}^3$ , tem volume de 15 litros e está amarrado por um fio ideal, de comprimento  $L = 80 \text{ cm}$ , a uma superfície horizontal (veja figura fora de escala). Quando o balão está vazio sua massa é de 3,0 g.



- Considere que o balão está em repouso na posição de equilíbrio  $\theta = 0$ . Determine a tração no fio, em N.
- Considere que o balão é levemente deslocado da posição de equilíbrio e depois é abandonado a partir do repouso. Determine o intervalo de tempo, em s, para atingir, pela primeira vez, a posição  $\theta = 0$ . (Desconsidere eventuais forças dissipativas).

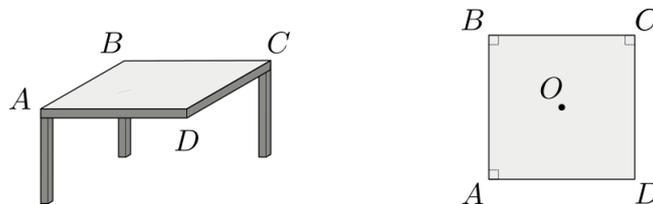
**Questão 6.** Em um laboratório de física, um estudante investiga o comportamento termodinâmico de uma certa amostra de gás ideal monoatômico. O equipamento disponível permite a especificação de qualquer processo termodinâmico quase-estático e fornece medidas das energias trocadas pelo gás na forma de trabalho ( $W$ ) e calor ( $Q$ ) à medida em que os processos ocorrem. O equipamento usa a seguinte convenção:  $Q > 0$  indica que o gás absorve calor e  $Q < 0$  indica que o gás cede calor. Inicialmente o estudante investiga o comportamento do gás no processo  $AB$ , no qual o gás é levado do ponto  $A$  ao ponto  $B$  pelo processo linear ilustrado no diagrama pressão-volume,  $p \times V$ , mostrado na figura. Neste processo, ele observa que o gás **absorve** calor até o ponto  $C$  ( $Q_{AC} > 0$ ) e, a partir de  $C$ , o gás **libera** calor ( $Q_{CB} < 0$ ). Depois ele observa que todos os processos lineares, que partem de  $A$  e cruzam a linha  $p = 10^5/32$  Pa com  $V < V_D$ , são exotérmicos desde o início. Por exemplo, no processo linear  $AE$ , mesmo para um ponto  $X$  muito próximo de  $A$ , observa-se que  $Q_{AX} < 0$ .



- Determine o calor transferido para o gás no processo  $AB$ ,  $Q_{AB}$ , em joules.
- Determine  $V_C$ , em litros (L).
- Determine  $V_D$ , em litros (L).

**Questão 7.** Uma mesa de tampo quadrado de lado  $L = 120$  cm e apenas três pernas está apoiada em um piso horizontal liso. O tampo da mesa é homogêneo, tem espessura constante e massa 3,00 kg. Nos três cantos  $A$ ,  $B$  e  $C$ , estão fixadas pernas finas de mesmas características, cada uma de massa 0,50 kg. A figura à esquerda abaixo representa a mesa em perspectiva, e a figura à direita, como ela é vista de cima. Também está disponível uma garrafa de bebida de massa 2,00 kg.

- (a) Se a garrafa é apoiada no ponto  $O$ , situado exatamente no centro do tampo da mesa, qual a intensidade da força, em N, que o piso exerce na perna da mesa que está fixada no canto  $A$ ?
- (b) Considere os pontos sobre o tampo da mesa localizado no triângulo  $ADC$  nos quais se pode apoiar a garrafa sem desequilibrar a mesa. Determine a maior distância, em cm, que um ponto desses pode ter em relação ao centro da mesa.



**Questão 8.** Uma caixa cúbica de lado  $L$  tem um espelho que cobre totalmente a parede interna de sua face esquerda. No centro da face oposta (face direita), há uma pequena abertura pela qual uma pessoa pode observar o interior da caixa. Sejam  $A_O$  a área da face interna direita que a pessoa consegue observar através do espelho e  $A_F$  a área de uma das faces do cubo. Determine a razão  $A_O/A_F$ .

