Olimpíada Brasileira de Física 2001
3ª Fase

3º Ano

Leia com atenção todas as instruções seguintes.

Este exame é destinado **exclusivamente** aos alunos do **3º ano**, sendo constituído por **8 questões**. **Todas** as questões devem ser resolvidas.

O **Caderno de Resolução** com a identificação do estudante encontra-se em separado e deverá ser entregue ao final do exame.

Para a solução das questões, quando necessário, considere:

Aceleração da gravidade: $g = 10\ m/s^2$
Densidade da água: $d = 1\ g/cm^3 = 10^3\ kg/m^3$
Calor específico da água: c = 1 cal/g ºC = 4200 J/kg K
Calor latente de fusão do gelo: $L_f = 80$ cal/g
Calor latente de vaporização da água: $L_v = 540$ cal/g
Constante universal dos gases: R = 2 cal/mol ºC
Velocidade do som no ar: $v_{som} = 340$ m/s
1 atm = $10^5\ N/m^2$ = 760 mm Hg
1 cal = 4,2 J
$T_{Celsius} = T_{Kelvin} - 273$

Algumas relações trigonométricas que podem ser úteis:

$\text{sen}^2 (a) + \cos^2(a) = 1$
$\text{sen}\,(a + b) = \text{sen}\,(a) \cos (b) + \text{sen}\,(b) \cos (a)$
$\cos (a + b) = \cos (a) \cos (b) - \text{sen}\,(a)\, \text{sen}\,(b)$
$\text{sen}\,(a) + \text{sen}\,(b) = 2\, \text{sen}\,[(a + b)/2] \cos [(a - b)/2]$

θ	**30º**	**45º**	**60º**
sen(θ)	0,50	$\sqrt{2}/2$ = 0,71	$\sqrt{3}/2$ = 0,87
cos(θ)	$\sqrt{3}/2$ = 0,87	$\sqrt{2}/2$ = 0,71	0,50
tg(θ)	$\sqrt{3}/3$ = 0,58	1	$\sqrt{3}$ = 1,73

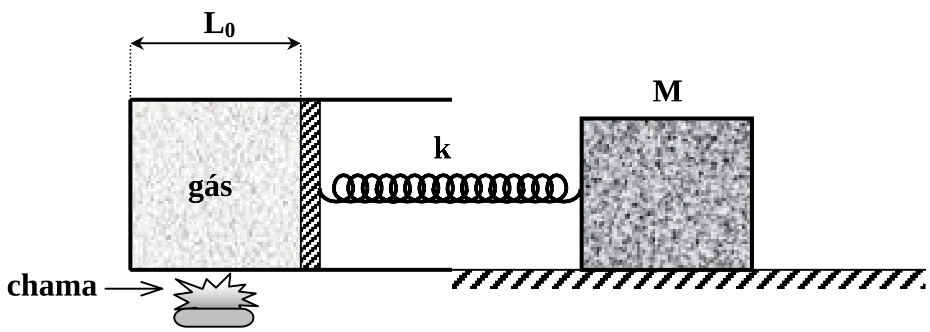
3º Ano

QUESTÕES

1ª QUESTÃO

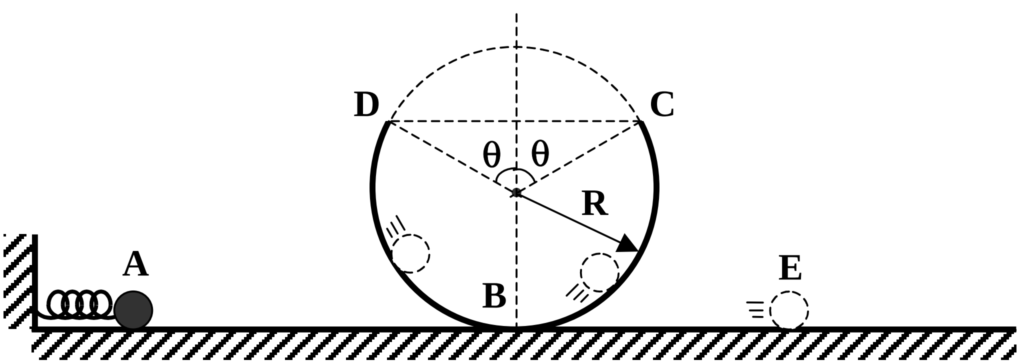
Um gás ideal, inicialmente à temperatura $\mathbf{T_0 = 27\ ^oC}$, é confinado em um recipiente horizontal cilíndrico de comprimento inicial $\mathbf{L_0 = 10\ cm}$ (ver figura). À tampa do recipiente é presa uma mola de constante elástica $\mathbf{k = 100\ N/m}$, inicialmente comprimida de $\mathbf{x_0 = 4\ cm}$, que se encontra conectada a um bloco de massa $\mathbf{M = 1\ kg}$ em repouso. O coeficiente de atrito estático entre o bloco e a superfície vale $\mathbf{\mu_e = 0{,}8}$. Uma chama aquece o gás, que então se expande lentamente e a velocidade constante, aumentando o comprimento do recipiente. Despreze o atrito da tampa com as paredes do recipiente. Quando o bloco encontrar-se na iminência de movimento, calcule:

a) o **comprimento** do recipiente;
b) a **temperatura** do gás.



2ª QUESTÃO

No ponto **A** da figura, um pequeno corpo de massa $\mathbf{m = 0{,}01\ kg}$, inicialmente em repouso, comprime uma mola ideal de constante elástica $\mathbf{k = 2\ N/m}$. A compressão inicial da mola em relação à sua posição de equilíbrio é denotada por $\mathbf{x}$. Em um dado instante, a mola subitamente impulsiona o corpo, que passa a mover-se sobre uma superfície sem atrito. Tal superfície é composta por seções retilíneas e horizontais **AB** e **BE**, e por porções curvas **BC** e **DB**. As partes curvas da superfície são arcos de circunferência que compõem um "loop" circular e vertical de raio $\mathbf{R = 1\ m}$, o qual teve a porção **CD**, de abertura angular $\mathbf{2\theta = 120^o}$, completamente retirada.



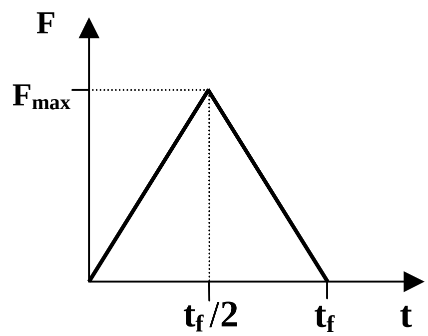
a) Calcule o **valor mínimo da compressão inicial** da mola para que o corpo, partindo em repouso do ponto **A**, atinja o ponto **E** sem perder contato com a superfície **ABCDE**, a não ser no trecho entre **C** e **D**.
b) Nas circunstâncias do item a), calcule a **força normal** que o "loop" exerce sobre o corpo quando este passa pelo ponto **C**. Indique claramente o **módulo**, a **direção** e o **sentido do vetor**.

3º Ano

3ª QUESTÃO

Um bloco de massa **1 kg** encontra-se inicialmente em repouso sobre uma superfície horizontal plana com atrito. Aplica-se então no bloco uma força **F** paralela à superfície desde o instante $\mathbf{t = 0}$ até o instante $\mathbf{t_f}$. O módulo de **F** varia em função do tempo **t** conforme mostra o gráfico a seguir.

a) Esboce qualitativamente o gráfico do **módulo da força de atrito** em função do tempo, considerando que no instante $\mathbf{t_i}$ o bloco entra em movimento e que no instante $\mathbf{t_f}$ ele volta ao repouso.
b) Calcule a razão $\mathbf{t_f / t_i}$ para $\mathbf{F_{max} = 8\ N}$ e coeficientes de atrito estático e dinâmico respectivamente iguais a $\mathbf{\mu_e = 0{,}6}$ e $\mathbf{\mu_c = 0{,}2}$.



4ª QUESTÃO

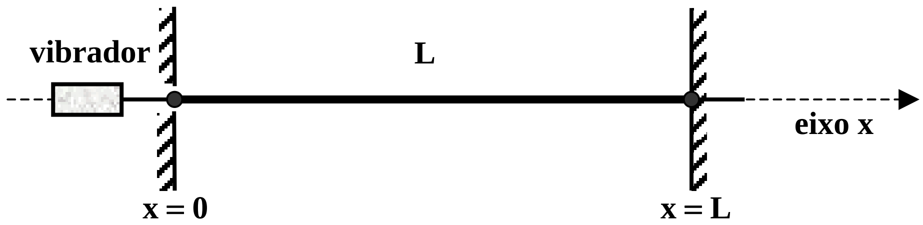
Um longo tubo em U, disposto verticalmente, aberto em suas extremidades e com área da seção reta constante, contém um certo líquido em equilíbrio hidrostático. Uma das extremidades do tubo é então lentamente resfriada. Como conseqüência, uma pequena porção superior do líquido, ocupando inicialmente um comprimento vertical $\mathbf{H_0}$ dessa extremidade, é solidificada, passando a ocupar na nova situação de equilíbrio um comprimento vertical $\alpha\mathbf{H_0}$, onde α é um número positivo. Despreze o atrito entre as paredes do tubo e a substância em ambas as fases líquida e sólida.

a) Na nova situação de equilíbrio, o **nível** da substância na extremidade que não foi resfriada é maior, menor ou permanece constante com relação ao nível inicial? Justifique com cálculos a sua resposta.
b) Considere agora $\mathbf{\alpha = 1{,}1}$ (caso da água pura, H_2O) e $\mathbf{H_0 = 5\ cm}$. Na extremidade do tubo que foi resfriada, calcule a **diferença entre os níveis** da substância nas situações de equilíbrio final e inicial.

5ª QUESTÃO

Uma longa corda ideal de comprimento **L** encontra-se em repouso, esticada horizontalmente ao longo do eixo **x** (ver figura). Nesse momento, um vibrador oscila para cima e para baixo com freqüência **f** e amplitude **A**, gerando uma onda transversal senoidal com comprimento de onda λ, que se propaga no sentido positivo do eixo **x**. A onda gerada sofre reflexão na parede à direita e um padrão de onda estacionária se forma. Despreze efeitos de atrito e resistência do ar.

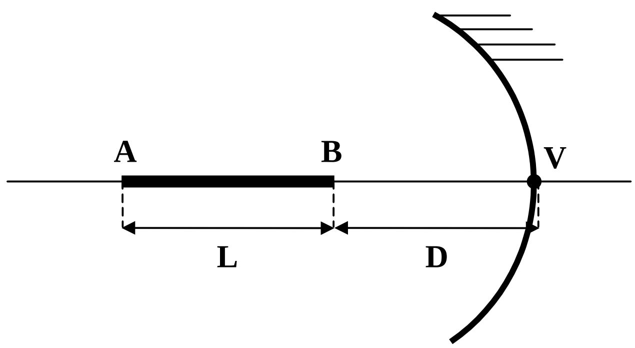
3º Ano



a) Calcule a **equação da onda estacionária** resultante da superposição das ondas propagantes para a direita e para a esquerda.
b) Considerando que o ponto **x = 0** corresponde a um anti-nó, determine o **número de nós** entre **x = 0** e **x = L** desta onda estacionária se **L = 4,5 m** e **λ = 2 m**.

6ª QUESTÃO

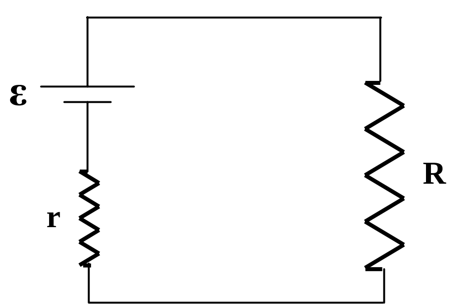
Uma haste retilínea **AB**, de comprimento **L**, localiza-se sobre o eixo principal de um espelho esférico côncavo, como ilustrado na figura a seguir. A distância focal do espelho é denotada por **f**. Sabe-se que a extremidade **B** da haste encontra-se a uma distância **D** do vértice **V** do espelho. Considere que **D > f**.



a) Calcule o **comprimento da imagem** da haste em função de **f**, **L** e **D**.
b) Considere a situação particular em que **f = 20 cm** e **L = 30 cm**. Calcule as **coordenadas** das extremidades **A** e **B** e as posições de suas respectivas imagens, a fim de que a imagem da haste fique superposta sobre si mesma. Comente os resultados obtidos.

7ª QUESTÃO

O circuito da figura a seguir mostra uma bateria de fem **ε** e resistência interna **r** conectada a um resistor **R**.

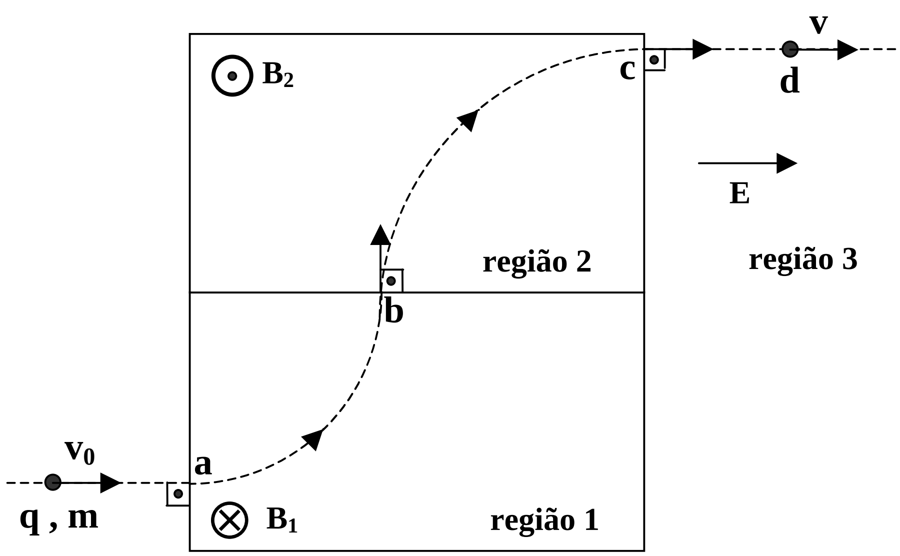


a) Calcule a **potência** elétrica dissipada **P** no resistor **R**, escrevendo o resultado como função de **$\mathcal{E}$**, **r** e **R**.

b) Supondo agora que **$\mathcal{E}$ = 4 V** e **r = 4 Ω,** faça um gráfico de **P** em função de **R,** quando **R** varia de **1 Ω** até **15 Ω**. Do gráfico, estime o **valor do resistor R** para o qual a potência dissipada é máxima. Sugestão: faça **R** variar de **1** em **1 Ω**.

8ª QUESTÃO

Uma partícula carregada, de carga **+q** e massa **m** penetra na região **1** de campo magnético uniforme **B_1** com velocidade **v_0**, como ilustrado na figura a seguir. Posteriormente, tal partícula entra numa região **2**, de campo magnético uniforme **B_2**. Após abandonar a região **2**, a partícula penetra na região **3**, onde não existe campo magnético, mas um campo elétrico uniforme **E**, aplicado na mesma direção e sentido que a velocidade da partícula na região **3**.



a) Calcule o **comprimento L** da trajetória **abc** da partícula ao percorrer as regiões **1** e **2**. Escreva o resultado em termos de **q**, **m**, **v_0**, **B_1** e **B_2**.

b) Suponha que o tempo gasto para a partícula percorrer o segmento retilíneo **cd** é igual ao tempo gasto para percorrer a trajetória curvilínea **abc**. Nestas circunstâncias, calcule o módulo da **velocidade v** da partícula ao passar pelo ponto **d** da região **3**. Escreva o resultado, se necessário, em termos de **q**, **m**, **v_0**, **B_1**, **B_2** e **E**.