



Nome:

RG ou CPF:

## Avisos importantes – ler com atenção

- A prova deverá ser realizada sem consulta a qualquer material. É permitido o uso de calculadora sem conexão à internet;
- Todas as questões possuem o mesmo valor;
- As respostas devem ser escritas à caneta;
- Coloque seu nome e RG (ou CPF) em todas as folhas;
- A prova é constituída por 10 (dez) questões. O desenvolvimento de cada questão deve ser apresentado de forma clara, conduzindo à resposta;
- O candidato deve optar por responder apenas 6 (seis) questões – dentre as 10 (dez) que constam na prova – indicando no diagrama abaixo aquelas a serem corrigidas. Além disso é obrigatório que seja resolvida ao menos uma das questões relacionadas à Física Moderna e Contemporânea (8, 9 e 10), como assinalado no diagrama abaixo. Caso nenhuma das questões de Física Moderna seja assinalada, serão corrigidas apenas as primeiras 5 (cinco) questões assinaladas nos espaços entre a questão 1 e 10, independentemente do número de questões assinaladas nesses espaços.

Q1	<input type="radio"/>
Q2	<input type="radio"/>
Q3	<input type="radio"/>
Q4	<input type="radio"/>
Q5	<input type="radio"/>
Q6	<input type="radio"/>
Q7	<input type="radio"/>

Q8	<input type="radio"/>
Q9	<input type="radio"/>
Q10	<input type="radio"/>

É obrigatório resolver ao menos uma questão desse grupo.



Nome:

RG ou CPF:

## Fórmulas e dados

- Unidades de medida de energia:  $1 \text{ cal} \cong 4,2 \text{ J}$ ;
- Constante de Plank:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ;
- Velocidade da luz no vácuo:  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ;
- Massa do elétron:  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ;
- Período do pêndulo simples:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$  ;
- Velocidade do som :  $v = \sqrt{\frac{\beta}{\rho}}$ ;
- Lei de Stevin:  $P_1 + \rho g h_1 = P_2 + \rho g h_2$  ;
- Primeira Lei da Termodinâmica:  $\Delta U = Q - W$  ;
- Potencial elétrico devido a uma carga puntiforme:  $V(r) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$  ;
- Diferença de potencial nos terminais de um capacitor descarregando:  
$$\Delta V(t) = \Delta V_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$
- Lei de Snell:  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ ;
- Interferência de Young:  $r_2 - r_1 = m\lambda \cong d \sin \theta$ ;
- Energia do fóton:  $E = h \cdot f$ ;
- Fator de Lorentz:  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{(1-v^2/c^2)}}$ ;
- Comprimento de onda de de Broglie:  $\lambda = \frac{h}{p}$  ;
- Espalhamento de Compton:  $\Delta\lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta)$ ;
- Equação de Schrödinger unidimensional e independente do tempo:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\Psi(x)}{dx^2} + V(x)\Psi(x) = E\Psi(x).$$



Nome:

RG ou CPF:

- 1) Um pêndulo está suspenso do teto de um vagão ferroviário fechado, que pode se mover sobre uma linha ferroviária horizontal. O pêndulo é constituído por uma pequena esfera metálica com massa de 100 g presa ao teto do vagão por um fio fino, inextensível, com massa desprezível em relação à massa da esfera, sendo o comprimento do pêndulo 1,00 m. Quando o vagão move-se com velocidade constante em relação aos trilhos, a força tensora no fio vale 0,98 N. Depois o vagão é acelerado e, quando o pêndulo está em repouso em relação ao vagão, constata-se que o valor da força tensora no fio cresceu para 1,00 N.

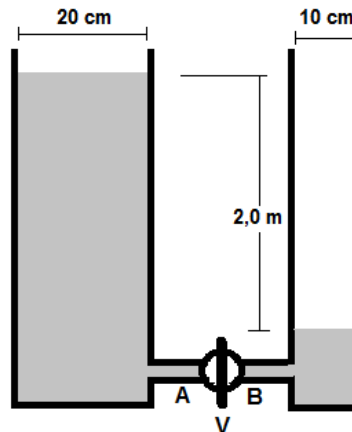
A) Qual é o valor da aceleração do vagão em relação aos trilhos?

B) Caso o pêndulo fosse colocado a oscilar nas duas situações com pequena amplitude, isto é, quando o vagão se move com velocidade constante e depois aceleradamente, qual seria a razão entre o primeiro e o segundo período do pêndulo? (Sugestão: Utilize o Princípio da Equivalência que afirma que um sistema de referência acelerado é equivalente a um sistema de referência inercial sujeito a um campo gravitacional.)

Nome:

RG ou CPF:

- 2) Dois vasos cilíndricos, abertos para a atmosfera onde a pressão é 1 atm, possuem diâmetros de 10 cm e 20 cm conforme a figura indica. Um conduto com 2,0 cm diâmetro pode conectar os dois vasos quando a válvula V é aberta. Inicialmente a válvula está fechada e o desnível entre as superfícies da água em contato com o ar é 2,0 m (sabe-se que a aceleração da gravidade é  $9,8 \text{ m/s}^2$ ).

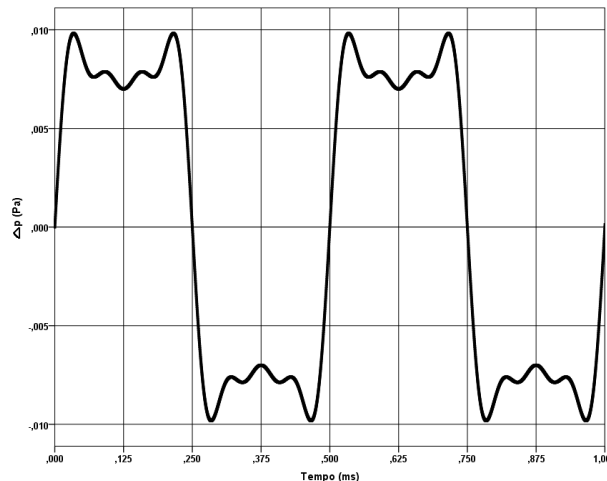


- A) Qual é a diferença de pressão entre os dois lados A e B da válvula.
- B) Após a válvula ser aberta, depois de algum tempo, a água nos dois vasos se encontra novamente em repouso. Qual é a elevação do nível da superfície da água no vaso mais estreito quando a nova situação de equilíbrio é estabelecida?
- C) O que ocorre com energia potencial gravitacional da água nos dois vasos durante o processo que leva à situação final de equilíbrio? Justifique sua resposta.

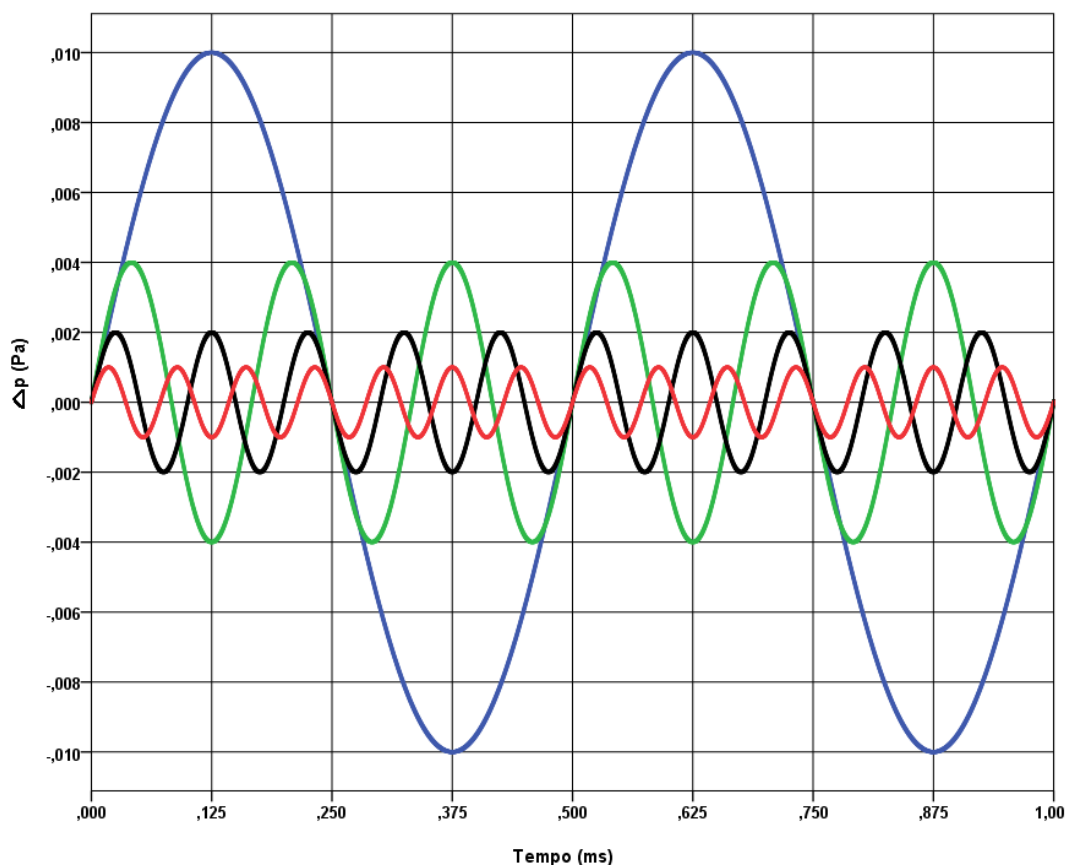
Nome:

RG ou CPF:

- 3) Uma barra de cobre (módulo de elasticidade volumétrica: 82 GPa; densidade:  $8.900 \text{ kg.m}^3$ ) é presa pelo seu centro e percutida com um martelo em uma das suas extremidades. Esta percussão excita, além do modo fundamental de vibração longitudinal da barra, diversos harmônicos que possuem nodo no centro da barra e antinodo em cada extremidade. Essas vibrações da barra são transmitidas ao ar que propaga ondas sonoras até um microfone próximo à barra. Então o microfone registra um SINAL representado no gráfico da variação da pressão em função do tempo que segue abaixo.



A análise de Fourier do SINAL acima é capaz de identificar as componentes, isto é, os diversos harmônicos cuja superposição leva a este SINAL. A próxima figura representa as diversas componentes.





Nome:

RG ou CPF:

- A) Identifique as diversas frequências das componentes do SINAL, bem como a amplitude de pressão associada a cada componente.
- B) Identifique o número de ordem dos diversos harmônicos. O número de ordem de um harmônico é a razão da frequência do harmônico pela frequência do primeiro harmônico (harmônico fundamental).
- C) Determine o comprimento da barra de cobre.

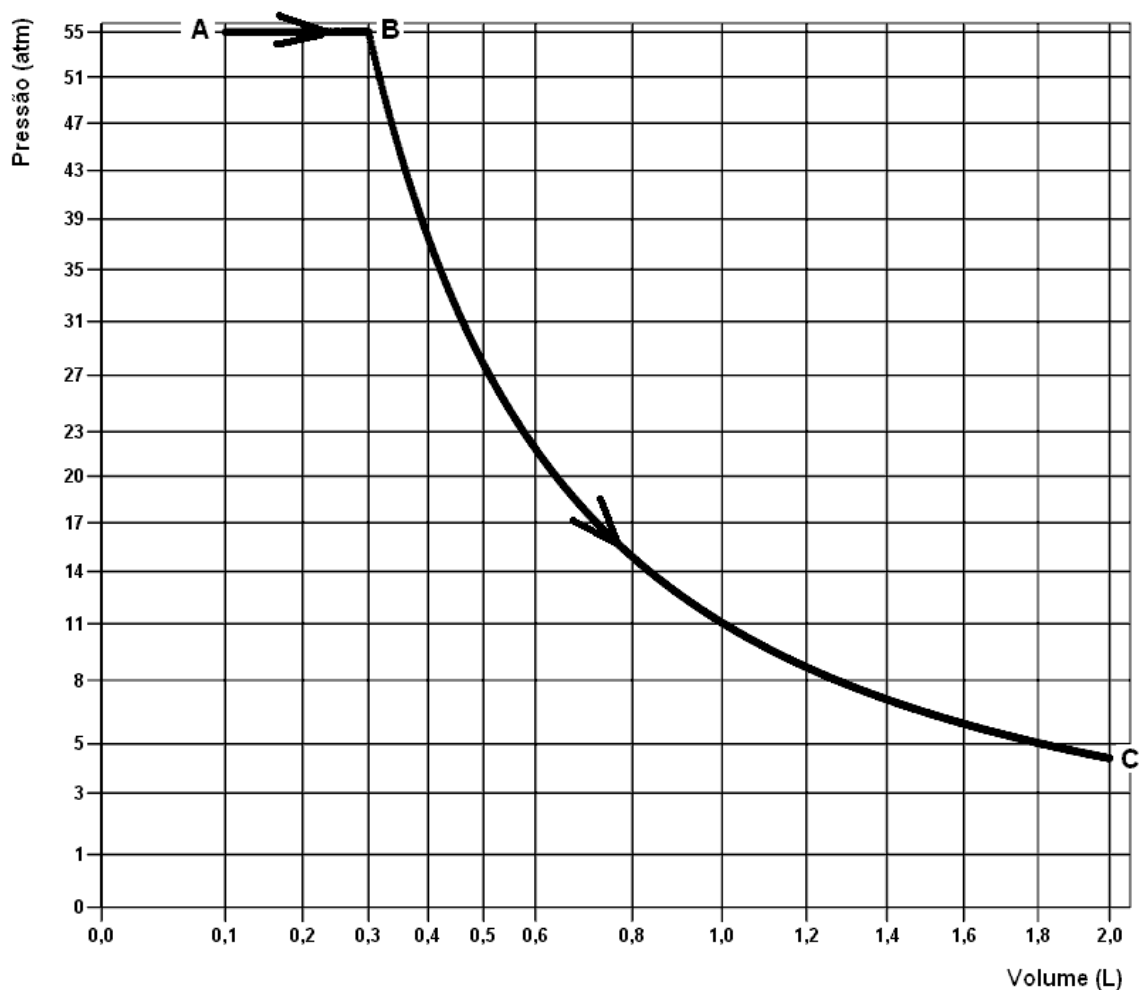
Nome:

RG ou CPF:

- 4) O gráfico abaixo representa uma expansão ABC efetivada em uma máquina tipo Diesel. A expansão ocorre em uma primeira etapa AB de tal forma que o volume do gás comprimido a 55 atm e aquecido se expanda à pressão constante até que o volume inicial de 0,1 L triplique. Em seguida ocorre a expansão BC, que é ADIABÁTICA, até que o volume atinja o seu máximo de 2 L; durante tal expansão a pressão “p” (em atm) varia com o volume “V” (em litros) de acordo com a seguinte expressão:

$$p = \frac{11,05}{V^{4/3}}$$

Sabe-se que a amostra gasosa recebe 3,3 kJ em calor na transformação AB.



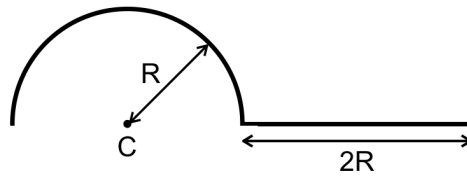
- A) Demonstre que o trabalho na transformação AB vale aproximadamente 1,1 kJ.  
 B) Demonstre que o trabalho na transformação BC vale aproximadamente 2,3 kJ.  
 C) Qual é a variação na energia interna da amostra gasosa na transformação AB?  
 D) Qual é a variação na energia interna da amostra gasosa na transformação BC?



Nome:

RG ou CPF:

- 5) O fio ilustrado na figura abaixo está carregado com uma densidade de carga linear  $\lambda$ . Calcule o potencial elétrico  $V_C$  gerado pelo fio no centro do semicírculo (ponto C indicado na figura), supondo que o potencial elétrico é nulo no infinito.

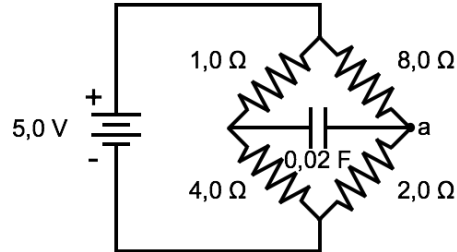




Nome:

RG ou CPF:

6) O circuito ilustrado na figura abaixo está conectado por um tempo muito longo.



- A) Qual é a diferença de potencial entre os terminais do capacitor?
- B) Qual é a corrente elétrica no ponto “a” indicado na figura?

Suponha agora que a bateria tenha sido desconectada do circuito.

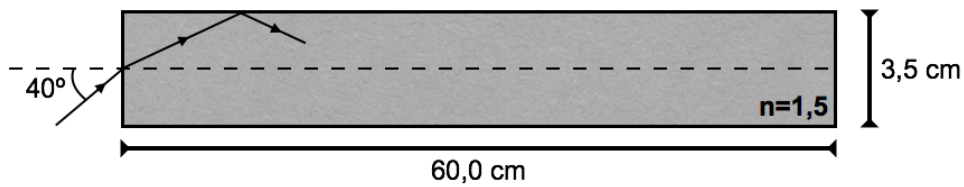
- C) Quanto tempo depois da desconexão a diferença de potencial no capacitor se reduziu a 36,7% do valor calculado no item A?



Nome:

RG ou CPF:

- 7) A figura abaixo ilustra a incidência de um feixe de laser sobre uma placa de vidro com índice de refração  $n = 1,5$ . A placa está imersa no ar ( $n = 1$ ). A direção de incidência do feixe forma um ângulo de  $40^\circ$  com um eixo normal à lateral da placa, atingindo exatamente o centro dessa face do material. Quantas reflexões internas o feixe sofre até emergir na lateral oposta do vidro?





Nome:

RG ou CPF:

- 8) Um feixe de raios X, de comprimento  $\lambda = 22 \text{ pm}$ , é espalhado por um alvo de carbono. Determine que porcentagem da energia dos fótons incidentes é transferida para os elétrons quando o feixe espalhado é detectado a  $60^\circ$  em relação ao feixe incidente.



Nome:

RG ou CPF:

- 9) Um feixe de elétrons movendo-se com velocidade  $v = 0,8c$  incide sobre um anteparo com duas fendas separadas por uma distância  $d = 2 \cdot 10^{-9}$  m. O anteparo está localizado a uma distância  $L = 60$  cm de uma tela, onde é possível observar uma figura de interferência. Determine a distância  $y$  entre o centro da figura e o segundo máximo.



Nome:

RG ou CPF:

10) A solução da equação de Schödinger independente do tempo para uma partícula livre que se move ao longo do eixo  $x$  é dada por  $\psi(x) = \psi_0 e^{ikx}$ .

A) Mostre que a probabilidade de um detector registrar a presença de uma partícula em um intervalo de tempo determinado é a mesma para todos os pontos sobre o eixo  $x$ .

B) Mostre, usando a equação de Schrödinger, que o número de onda da função  $\psi(x)$  é dada pela expressão  $k = \sqrt{2mK}/\hbar$ , onde  $m$  é a massa da partícula e  $K$  é a sua energia cinética.