

OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE FÍSICA 2015

2ª FASE – 15 DE AGOSTO DE 2015

NÍVEL III

Ensino Médio – 3ª série
Ensino Técnico - 4ª série

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

1 - Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos da **3ª série do Ensino Médio e 4ª série do Ensino Técnico**. Ela contém **oito** questões.

2 - A prova é composta por dois tipos de questões: I) **Questões de Resposta Direta** e II) **Questões de Resposta Aberta**. Nas questões de resposta direta somente será considerada na correção a resposta final, enquanto nas questões de resposta aberta caso o resultado final não estiver correto o desenvolvimento poderá ser considerado na pontuação final, de acordo com os critérios de correção adotados.

3 - O **Caderno de Respostas** possui instruções que devem ser lidas cuidadosamente antes do início da prova.

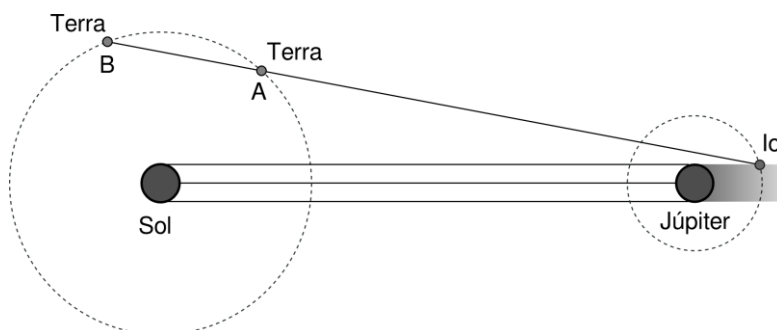
4 - Todos os resultados numéricos devem ser expressos em unidades no Sistema Internacional ou seguindo as instruções específicas da questão.

5 - A duração desta prova é de **quatro** horas, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo sessenta minutos**.

Se necessário, e a menos que indicado ao contrário, use: velocidade da luz no vácuo = $3,0 \times 10^8$ m/s; aceleração da gravidade $g = 10$ m/s²; 1hp = 750W; densidade da água líquida $\rho = 1,00$ g/cm³; 1atm = 10^5 Pa; $\sqrt{2} = 1,4$; $\sqrt{3} = 1,7$; $\sqrt{5} = 2,2$; $\pi = 3$; $\text{sen}30^\circ = 0,5$; $\text{cos}30^\circ = 0,85$

PARTE I – QUESTÕES DE RESPOSTA DIRETA

Questão 1 – Em meados do século XVII, o astrônomo dinamarquês Ole Römer observou que o período orbital de Io em torno de Júpiter aumentava à medida que a Terra se afastava de Júpiter. Römer atribuiu essa discrepância ao fato da luz ter uma velocidade finita. No esquema abaixo, sem escala, representa-se o Sol, a Terra, Júpiter e sua lua Io. Enquanto a Terra se movimenta de A para B em dois meses, Io, que tem um período orbital de 42,46 h, dá várias órbitas em torno de Júpiter. Este, praticamente permanece na mesma posição, pois o ano joviano é cerca de 12 anos terrestres. Usando os dados de Römer, o período da órbita de Io medido em B seria 11 minutos maior do que a mesma medida feita em A. Qual a velocidade da luz que Römer poderia ter calculado? Considere que o ano tem 360 dias, com doze meses de 30 dias, e que à época de Römer a distância Terra-Sol era estimada em $1,40 \times 10^{11}$ m.



Questão 2 – A maioria dos tablets e smartphones possui um sensor de aceleração ou acelerômetro. Esse sensor é responsável, entre outras coisas, por orientar a posição da imagem na tela do aparelho. Internamente, o acelerômetro é de fato um dinamômetro e pode ser um sistema análogo ao sistema massa-mola ilustrado na Figura (A). Quando orientado horizontalmente, a coordenada $x = 0$ indica que a mola está relaxada. Quando o tubo é acelerado na direção x a posição da massa em relação ao tubo se altera e a medida de x é usada para inferir a aceleração do aparelho. Os acelerômetros de celulares são compostos de três arranjos análogos a esse, perpendiculares entre si, e orientados ao longo dos eixos ilustrados na Figura (B).

Há vários aplicativos, muitos deles gratuitos, que podem ser instalados no aparelho e que apresentam os valores das componentes cartesianas da aceleração medidas pelo acelerômetro a_x , a_y e a_z . Alguns também calculam automaticamente o módulo da aceleração, armazenam os dados em função do tempo, os apresentam graficamente, etc. Considere um aplicativo que quando o smartphone está em repouso e orientado com seu eixo y na direção vertical e para cima mostra os seguintes valores $a_x = 0,00 \text{ m/s}^2$, $a_y = 9,80 \text{ m/s}^2$, $a_z = 0,00 \text{ m/s}^2$ e ainda calcula o valor do módulo da aceleração.

Imagine um estudante que possui um smartphone com esse aplicativo e está sentado em um carro em movimento. O estudante tem o cuidado de orientar o aparelho de forma que seu eixo x seja paralelo à direção transversal do carro, o eixo y aponte verticalmente para cima e o eixo z seja paralelo à direção longitudinal do carro e aponte para trás (para que o estudante, olhando para frente, possa fazer a leitura do acelerômetro). Em dado instante, quando o carro faz uma curva em uma rotatória e seu velocímetro registra uma velocidade de $40,0 \text{ km/h}$, o estudante observa os seguintes valores no acelerômetro $a_x = 3,50 \text{ m/s}^2$, $a_y = 9,80 \text{ m/s}^2$, $a_z = 0,50 \text{ m/s}^2$. Qual o raio de curvatura da trajetória do celular nesse instante?

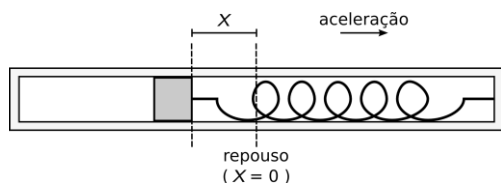


Figura (A)

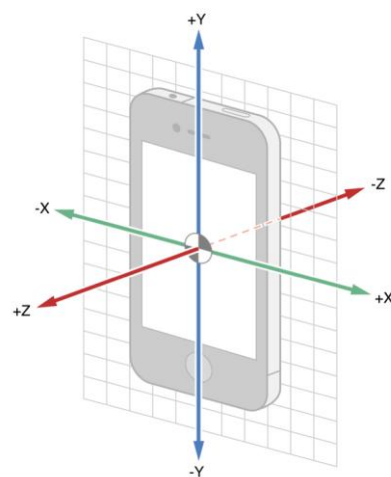
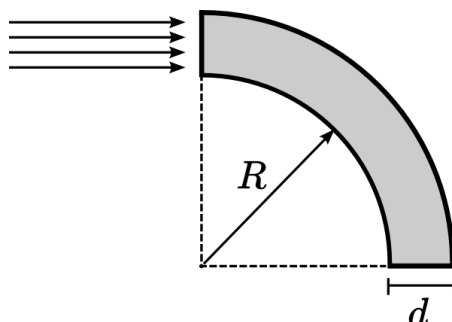
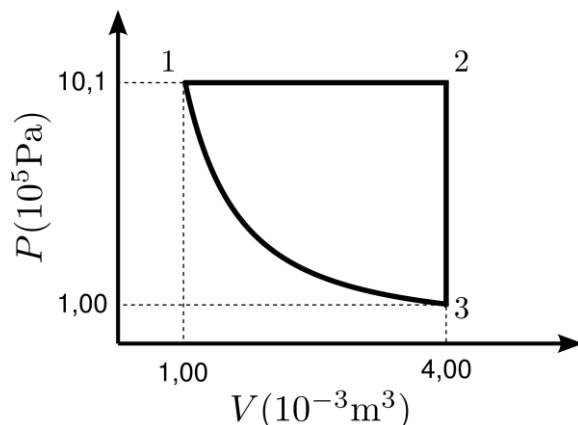


Figura (B)

Questão 3 – A capacidade de transmissão de sinais por fibras óticas só é possível se o feixe luminoso não escapar para o meio exterior. Suponha uma fibra ótica de diâmetro d feita de um material de índice de refração n e cercada pelo vácuo. Baseando-se na figura abaixo, qual é o menor raio de curvatura que se pode dobrar essa fibra sem que a luz escape para o meio exterior?



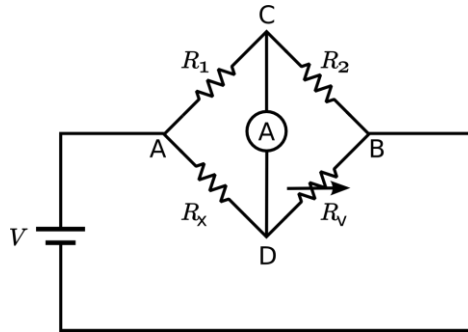
Questão 4 – Uma máquina térmica cuja substância de trabalho é uma certa quantidade de gás ideal monoatômico opera na forma de um ciclo definido pelo diagrama pressão por volume, $P \times V$, como mostrado na figura, no qual a etapa $3 \rightarrow 1$ é adiabática. Sabendo que o objetivo dessa máquina é realizar trabalho às custas do calor absorvido, determine sua eficiência.



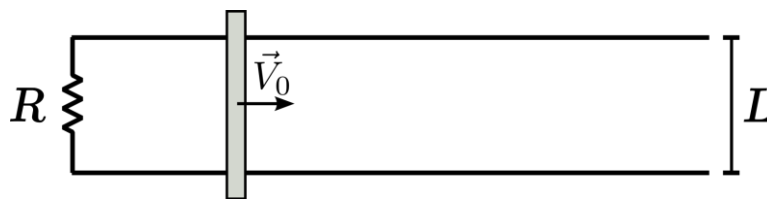
PARTE II – QUESTÕES DE RESPOSTA ABERTA

Questão 5 – Um estudante em uma fila de um caixa de supermercado observa o movimento dos produtos sobre uma esteira automática. Com a esteira parada, os clientes colocam produtos sobre a mesma. Quando a esteira se põe em movimento, alguns produtos caem e outros não. O estudante se interessa por esse fenômeno e imagina a situação de um produto na forma de um paralelepípedo rígido de dimensões $e < l < h$. Inicialmente, com a esteira em repouso, o produto pode estar em qualquer um de seus estados de equilíbrio estáveis. Qual é a faixa de acelerações em que a esteira pode operar sem derrubar nenhum produto? Suponha que a massa do produto esteja uniformemente distribuída e que ele não escorregue sobre a esteira.

Questão 6 – A ponte de Wheatstone é um circuito feito para medir o valor de uma resistência desconhecida em termos dos valores conhecidos de outras três. A montagem do circuito é feita conforme o diagrama abaixo no qual R_x é a resistência desconhecida, R_1 , R_2 são conhecidas, R_v é uma resistência variável também conhecida. A fonte tem uma tensão V fixa e entre os pontos C e D há um galvanômetro. Para medir o valor da resistência variável, ajusta-se o valor de R_v até o momento em que a corrente medida no galvanômetro se anule. Quando isso ocorre, diz-se que a ponte está balanceada e é possível escrever uma expressão para R_x em termos dos valores das demais resistências. Deduza essa expressão.



Questão 7 – Uma barra condutora de massa m é lançada para a direita com velocidade \vec{V}_0 sobre um par de trilhos metálicos e paralelos separados por uma distância L , como ilustrado na figura abaixo. Os trilhos estão apoiados em um plano horizontal, têm suas extremidades esquerdas conectadas por um resistor de resistência R e estão na presença de campo magnético vertical uniforme e que aponta para cima. Considerando que a barra e os trilhos são condutores ideais e que a barra desliza sem atrito, (a) determine a taxa de variação da energia cinética da barra; (b) esboce um gráfico da energia cinética da barra em função do tempo.



Questão 8 – Uma caixa cúbica rígida, aberta em uma das faces, tem paredes finas e é feita de material mais denso que a água. Seu lado mede 30,0 cm e sua massa é de 3,00 kg. A caixa é completamente preenchida com água e jogada em um tanque de mergulho com 20,0 m de profundidade. Uma vez lá no fundo, um mergulhador vira a caixa de forma que sua face aberta fique voltada para baixo. Em seguida, desvia ar de seu tanque de mergulho para dentro da caixa até que essa atinja equilíbrio hidrostático (sem tocar no fundo do tanque). Então vagarosamente conduz a caixa para a superfície, tomando o cuidado para que nenhuma bolha de ar entre ou saia. Quando a caixa finalmente chega à superfície, ele a abandona de modo que ela permaneça flutuando estaticamente na água tranquila. Qual a altura do topo da caixa, em relação ao nível da água? (Considere que a temperatura da água não varie com a profundidade.)