

OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE FÍSICA 2015
2ª FASE – 15 DE AGOSTO DE 2015

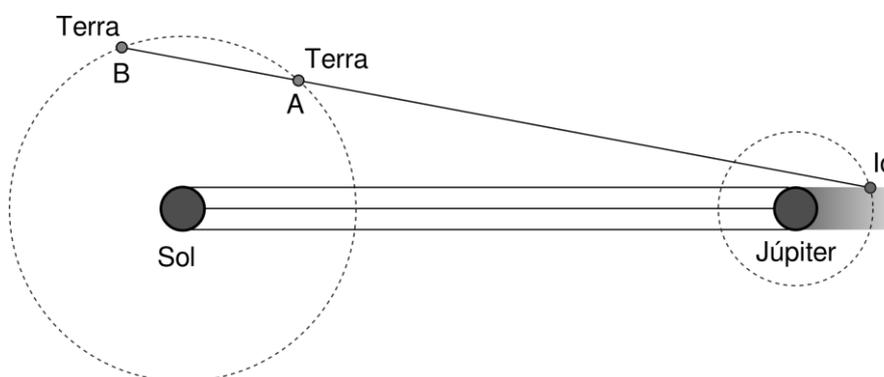
NÍVEL II
Ensino Médio
1ª e 2ª séries

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO

- 1 - Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos das **1ª e 2ª séries** do Ensino Médio. Ela contém **doze** 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 - Os alunos da **1ª série** devem escolher livremente no máximo **quatro questões de resposta direta e quatro questões de resposta aberta**.
 - 4 - Os alunos da **2ª série** também devem responder **quatro questões de resposta direta e quatro questões de resposta aberta** que não estão indicadas como “**exclusiva para alunos da 1ª série**”.
 - 5 - O **Caderno de Respostas** possui instruções que devem ser lidas cuidadosamente antes do início da prova.
 - 6 - Todos os resultados numéricos devem ser expressos em unidades no Sistema Internacional e seguindo as instruções específicas da questão.
 - 7 - 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; $1 \text{ atm} = 10^5$ Pa; densidade da água líquida = $1,00$ g/cm³; $\pi = 3$; $1 \text{ hp} = 750$ W; $\sqrt{2} = 1,4$; $\sqrt{3} = 1,7$; $\text{sen}30^\circ = 0,5$; $\text{cos}30^\circ = 0,85$.

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.

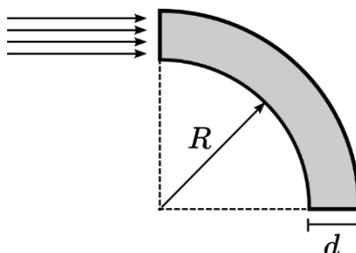


Questão 2 (exclusiva para alunos da 1ª série) - Um estudante encontra em um laboratório, localizado ao nível do mar, um velho termômetro de mercúrio cuja escala se apagou completamente e resolve calibrá-lo. Inicialmente, ele prepara dois sistemas: (A) água líquida em equilíbrio com certa massa de gelo e (B) água em ebulição. Em seguida, coloca o termômetro em contato com o sistema A e espera que a coluna de mercúrio atinja um valor de equilíbrio que, então, é marcada com um ponto. Repete esse procedimento com o sistema B. Após marcar esses dois pontos, faz marcas igualmente espaçadas ao longo do instrumento. A figura abaixo é uma representação desse termômetro no momento que está registrando a temperatura ambiente do laboratório, depois de calibrado. Em graus Celsius, qual é essa temperatura?

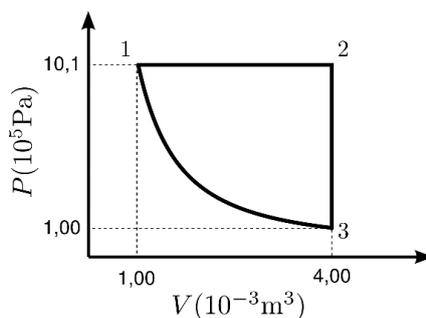


Questão 3 (exclusiva para alunos da 1ª série) - A captação de água em locais cada vez mais distantes dos pontos de consumo muitas vezes exige seu bombeamento para vencer grandes desníveis topográficos. A estação elevatória de Santa Inês é a maior estação de bombeamento do sistema Cantareira na Grande São Paulo e opera com quatro conjuntos motobombas. Três conjuntos operam simultaneamente (um conjunto é mantido de reserva) produzindo uma vazão nominal de $33 \text{ m}^3/\text{s}$ e vencendo um desnível efetivo de 120 m. Estime a potência de operação de cada conjunto motobomba em HP.

Questão 4 - 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 5 - 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.



Questão 6 - 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?

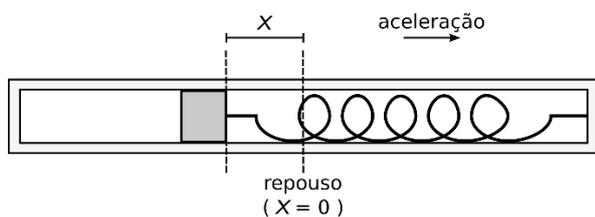


Figura (A)

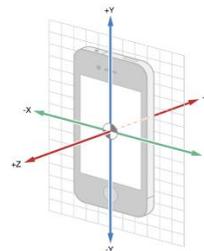
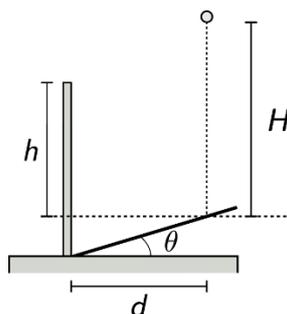


Figura (B)

PARTE II – QUESTÕES DE RESPOSTA ABERTA

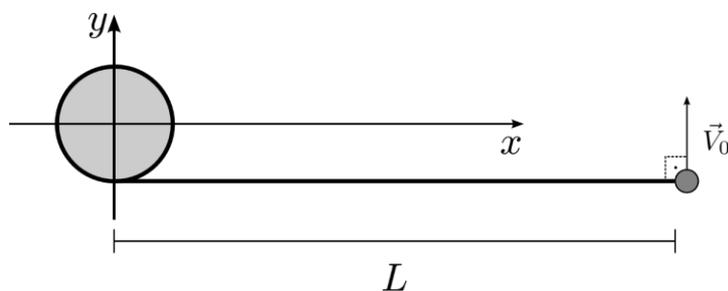
Questão 7 (exclusiva para alunos da 1ª série) - Uma bola de borracha é abandonada de uma altura H acima de um plano inclinado que faz um ângulo $\theta = 15,0^\circ$ com a horizontal. O vértice desse plano está encostado em uma pequena mureta vertical conforme ilustrado na figura abaixo, onde $h = d = 1,20 \text{ m}$. Determine o menor valor de H que faz com que a bola ultrapasse a mureta após colidir elasticamente com o plano inclinado.



Questão 8 - Dois fios de diâmetros d e $2d$, comprimentos $L_1 = 60$ cm e L_2 , feitos do mesmo material, são soldados um ao outro formando um fio composto de comprimento $L_1 + L_2$. O fio composto é então fixado pelas duas extremidades e permanece esticado por uma tensão $T = 9,0$ N. (a) Qual deve ser o comprimento de L_2 para que esse arranjo apresente ondas estacionárias? (b) Sabendo que o fio fino tem densidade linear de massa $\mu = 0,10$ g/m, qual a menor frequência com que o fio composto deve vibrar para que apresente um modo estacionário com um nó na solda?

O texto e figura abaixo se referem às questões 9 e 10.

A figura a seguir mostra, sem escala, a vista superior de um plano horizontal liso que contém dois discos. O disco maior de raio a está preso ao plano horizontal por um parafuso. O disco menor de massa m e raio desprezível está ligado a um fio ideal de comprimento $L = 20a$ cuja outra extremidade está fixada à borda do disco maior. Em determinado instante, com o fio esticado na posição ilustrada, o disco menor é impulsionado e adquire uma velocidade \vec{v}_0 perpendicular ao fio e a partir de então passa a deslizar (sem atrito) sobre o plano enquanto o fio vai se enrolando no disco maior.



Questão 9 (exclusiva para alunos da 1ª série) - Em relação ao sistema de coordenadas representado, qual é a posição do disco menor no instante que o fio completa duas voltas no disco maior?

Questão 10 - Em relação ao sistema de coordenadas representado, determine a velocidade angular do disco menor no instante em que o fio completa duas voltas no disco maior.

Questão 11 - 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 12 - 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.)