



OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA 2014

3ª FASE – 11 de outubro de 2014

NÍVEL II PROVA TEÓRICA

Ensino Médio - 1ª e 2ª séries



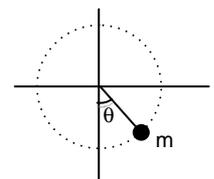
LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

- 01) Esta prova destina-se exclusivamente a alunos das 1ª e 2ª séries do Ensino Médio. Ela contém **doze** questões. Cada questão tem valor de 10 pontos e a prova um total de 80 pontos (máximo oito questões respondidas).
- 02) Os alunos da 1ª série podem escolher livremente **oito questões** para responder. Alunos da 2ª série respondem as **oito questões** não indicadas como “**exclusiva para alunos da 1ª série**”.
- 03) O **Caderno de Resoluções** possui instruções que devem ser lidas cuidadosamente antes do início da prova.
- 04) Todos os resultados numéricos devem ser expressos em unidades no Sistema Internacional quando necessário.
- 05) A duração desta prova é de **quatro** horas, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo noventa minutos**. Use caso necessário: $\pi = 3$; constante universal gravitacional $G=7 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg s}^2$; $g=10 \text{ m/s}^2$; $c=3 \times 10^8 \text{ m/s}$; $\cos 45^\circ = \sin 45^\circ = 0,7$.

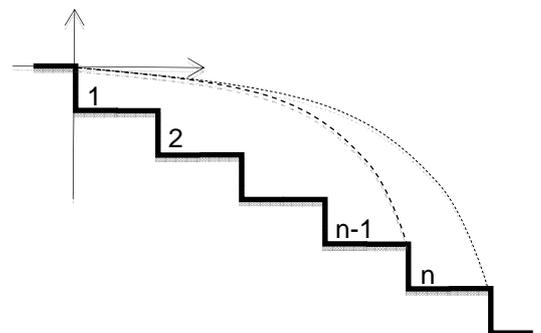
1. (**exclusiva para alunos da 1ª série**) Supondo que a órbita da Terra em torno do Sol seja circular, faça uma estimativa da massa do Sol. Sabe-se que a distância do Sol à Terra é de $1,5 \times 10^{11} \text{ m}$.

2. (**exclusiva para alunos da 1ª série**) Existe um ponto sobre a reta que une os centros da Terra e da Lua em que o campo gravitacional total é nulo. Sabendo-se que a massa da Terra é cerca de 81 vezes a massa da Lua, encontre a razão entre a distância do centro da Terra ao centro da Lua e a distância do centro da Terra a este ponto.

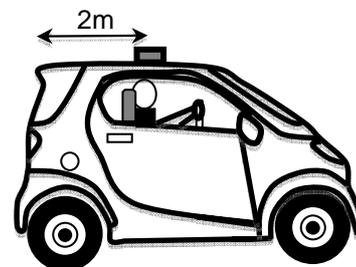
3. Uma partícula de massa m presa a uma corda leve se move numa circunferência vertical de raio R . Sua velocidade no ponto mais baixo da trajetória é v . Encontre a tensão da corda como função do ângulo mostrado na figura.



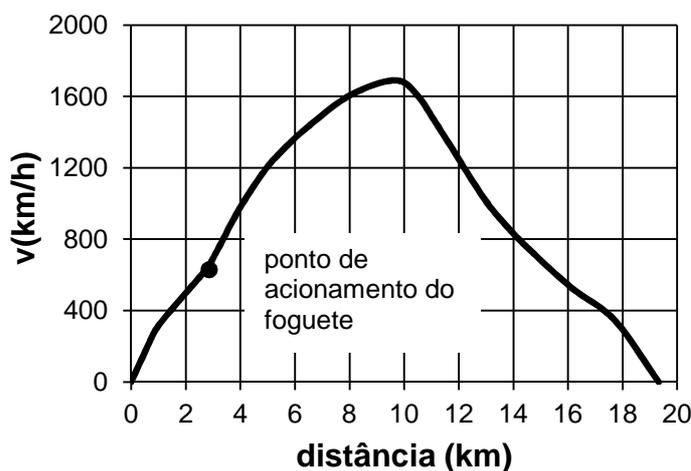
4. Uma bola é lançada horizontalmente do topo (patamar) de uma escada. Se as dimensões dos degraus são $2L$ de largura e L de altura, qual é o intervalo de valores para a velocidade de lançamento de forma que o primeiro degrau atingido pela bola seja o n -ésimo degrau?



5. Um motorista esquece um pequeno pacote de 250 g no teto do seu carro de 2500 kg e, então, parte com o carro acelerando até o veículo atingir 20 m/s em 5 s. Sabe-se que os coeficientes de atrito cinético e estático entre o carro e o pacote são, respectivamente, 0,2 e 0,3. Quanto tempo leva, aproximadamente, para o pacote cair do carro?



6. Engenheiros britânicos estão trabalhando na construção do carro mais veloz do mundo. A expectativa é que o Bloodhound SSC ultrapasse 1600 km/h batendo o recorde mundial de velocidade em terra que é, atualmente, de 1228 km/h. O carro terá dois estágios de aceleração, onde um motor a jato atuará na primeira fase e um foguete na segunda fase além de um motor a combustão auxiliar. O carro deve estar pronto para os primeiros testes em julho de 2015 e a previsão dos engenheiros é que o teste definitivo ocorra em 2016. O gráfico ao lado mostra a velocidade do veículo em função da distância (dados extraídos de <http://www.bloodhoundssc.com>) e o ponto destacado marca o início do acionamento do foguete. Usando os dados fornecidos pelo gráfico, determine (a) o instante de tempo em que o foguete será acionado e (b) o tempo que levará o carro para atingir a velocidade máxima.



7. Muitas pessoas acreditam nos poderes místicos da Lua, satélite natural da Terra. Um levantamento realizado nos Estados Unidos revelou que 45% dos estudantes universitários acreditam que as pessoas são, de alguma forma, afetadas pela Lua. Outras pesquisas sugerem que profissionais que trabalham com saúde mental têm mais facilidade em aceitar essa ideia. Em 2007, a polícia do Reino Unido aumentou o número de policiais em noites de lua cheia, num esforço para lidar com índices de criminalidade presumidamente mais altos. (Texto adaptado de *Sob o Encanto da Lua*, Scientific American Mente e Cérebro, setembro 2009.) Embora seja muito difícil medir tais efeitos psicológicos, é fato que o peso de um corpo na Terra é alterado pela atração gravitacional da Lua e do Sol. No eclipse solar total a Lua, a Terra e o Sol ficam alinhados com a Lua entre o Sol e a Terra. Qual é, aproximadamente, a razão $(P_0 - P)/P_0$, onde P_0 é o peso de uma pessoa de massa m devido à Terra e P seu peso levando-se em conta também os efeitos dos campos gravitacionais da Lua e do Sol.

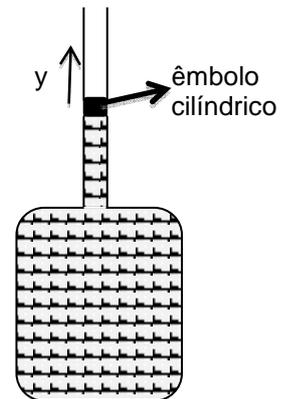
Dados: $m_{\text{Lua}}/m_{\text{Terra}}=0,012$; $m_{\text{Sol}}/m_{\text{Terra}}=3,3 \times 10^5$; $D_{\text{Lua}}/R_{\text{Terra}}=60$; $D_{\text{Sol}}/R_{\text{Terra}}=2,3 \times 10^4$; onde m diz respeito à massa, D à distância e R_{Terra} ao raio da Terra.

8. Para aumentar a intensidade sonora, os fabricantes de pianos instalam duas ou mais cordas para uma mesma tecla do piano. Quando a tecla é acionada um pequeno martelo as toca produzindo exatamente a mesma frequência de vibração. Sendo assim, as cordas devem estar sujeitas à mesma tensão. Suponha que a nota de 440Hz possua três cordas idênticas. Se a tensão de uma dessas cordas diminui em 0,45% e de outra corda aumenta em 0,45%, qual é a frequência de batimento quando a tecla correspondente é acionada? Desprezar a interação entre as cordas. Use a aproximação $(1 \pm x)^n \approx 1 \pm nx$ para $x \ll 1$.

9. Um termômetro pode ser feito de um tubo fino de vidro, o capilar, conectado a um pequeno recipiente, o bulbo. O bulbo contém material líquido que se dilata com a temperatura. Em alguns termômetros usa-se o mercúrio líquido como fluido. Quando há troca de calor entre um corpo e o

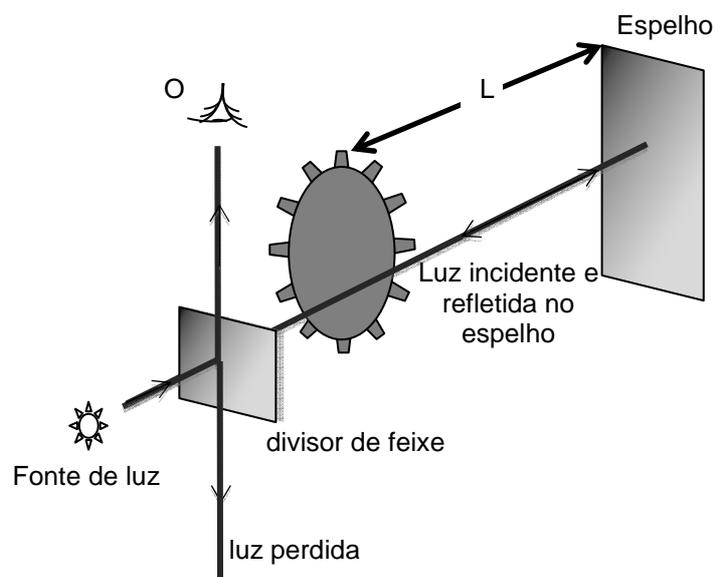
bulbo do termômetro a temperatura do mercúrio, alterando seu volume. Assim, o nível do mercúrio muda ao longo do capilar até que se atinja o equilíbrio térmico. O termômetro clínico, por exemplo, é usado na medição da temperatura do corpo humano e são construídos para medir temperaturas entre 34°C e 43°C. Em 2003 o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) através de uma portaria proibiu o uso dos termômetros de mercúrio. Em substituição ao mercúrio, alguns termômetros têm sido produzidos usando álcool. O coeficiente de expansão térmica volumétrico do álcool é cerca de 5 vezes maior que o do mercúrio. Considerando que os volumes dos bulbos sejam iguais, qual deve ser a razão entre os diâmetros dos capilares de termômetros clínicos de mercúrio e álcool para que ambos apresentem a mesma escala? Despreze os efeitos da variação de temperatura do vidro

10. Eduard Rüchardt propôs um método simples para se medir a razão $\gamma = C_P/C_V$ de um gás ideal, onde C_P é a capacidade calorífica a pressão constante e C_V a capacidade calorífica a volume constante. A figura ao lado mostra esquematicamente o arranjo usado. O recipiente contém um gás, considerado ideal, inicialmente com volume V_0 , pressão P_0 e está em equilíbrio térmico. O êmbolo cilíndrico tem massa m , área da base A , altura L e é livre para se mover ao longo do recipiente. Na posição de equilíbrio o peso do êmbolo equivale à força exercida pelo gás. O êmbolo é tirado da posição de equilíbrio por uma pequeno deslocamento y alterando o estado do gás. O gás exercerá sobre o êmbolo uma força restauradora fazendo-o oscilar com uma frequência característica que depende de γ . Supondo que a transformação seja adiabática e desprezando-se o atrito entre o êmbolo e o recipiente,



- encontre a variação de pressão ΔP . Para isso use a aproximação $(1 \pm \Delta V/V)^\gamma \approx 1 \pm \gamma \Delta V/V$, já que a variação relativa do volume é pequena,
- encontre a força restauradora atuando no êmbolo mantendo apenas termos de ordem linear em y ,
- determine γ em função período de movimento do êmbolo e dos dados fornecidos no problema.

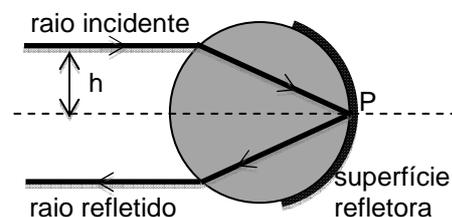
11. A primeira medida da velocidade da luz a partir de dados não astronômicos foi realizada pelo físico francês Armand H. L. Fizeau em 1849. A figura mostra um diagrama simplificado do aparato montado por Fizeau. Uma fonte luminosa emite um raio de luz que passa por um divisor de feixe – espelho semitransparente. Parte da luz é perdida e a outra parte passa entre os dentes de um disco dentado sendo refletida num espelho plano posicionado a uma distância L da engrenagem. O feixe refletido no espelho plano retorna pelo mesmo caminho e é observado em O. O disco, que tem N dentes é, então, posto a girar e o observador vê a imagem intermitente. A medida que a velocidade angular aumenta as interrupções diminuem. Para uma certa velocidade angular ω a luz refletida é completamente obstruída, ou seja, nenhuma luz chega ao observador.



- Determine a expressão para a velocidade da luz em termos das variáveis fornecidas no texto.

(b) No experimento realizado por Fizeau a engrenagem tinha 720 dentes, a distância L foi de 8600 m e a velocidade angular em que o efeito foi observado era de 12,5 rotações por segundo. Neste caso, determine a velocidade da luz encontrada por Fizeau.

12. Diferentemente de materiais não refletivos que espalham a luz em todas as direções, materiais refletivos como fitas e películas refletivas são construídas para retornar a luz diretamente de volta à sua fonte original. Esse tipo de material ajuda a aumentar a visibilidade em condições de pouca luminosidade. No início da produção deste tipo de material, microesferas de vidro eram aplicadas sobre um fundo prateado. Hoje em dia usa-se uma película refletiva prismática. A figura mostra um raio de luz se



propagando no ar e incidindo sobre uma esfera semi-espelhada com índice de refração $\sqrt{3}$. Qual deve ser a razão entre a distância h ($h \neq 0$) e o raio da esfera para que esse raio de luz foque no ponto P e retorne paralelamente ao raio incidente?