ELITE
PRÉ-VESTIBULAR
c a m p i n a s

O ELITE RESOLVE

ITA 2005
FÍSICA

"É impossível para um homem aprender aquilo que ele acha que já sabe."

Epíteto

www.elitecampinas.com.br

(19) 3251-1012

MÚLTIPLA ESCOLHA

1. Quando camadas adjacentes de um fluido viscoso deslizam regularmente umas sobre as outras, o escoamento resultante é dito laminar. Sob certas condições, o aumento da velocidade provoca o regime de escoamento turbulento, que é caracterizado pelos movimentos irregulares (aleatórios) das partículas do fluido. Observa-se, experimentalmente, que o regime de escoamento (laminar ou turbulento) depende de um parâmetro adimensional (Número de Reynolds) dado por $R = \rho^{\alpha}\upsilon^{\beta}d^{\gamma}\eta^{\tau}$, em que ρ é a densidade do fluido, υ, sua velocidade, η, seu coeficiente de viscosidade, e d, uma distância característica associada à geometria do meio que circunda o fluido. Por outro lado, num outro tipo de experimento, sabe-se que uma esfera, de diâmetro D, que se movimenta num meio fluido, sofre a ação de uma força de arrasto viscoso dada por $F = 3\pi D\eta\upsilon$.
Assim sendo, com relação aos respectivos valores de α, β, γ e τ, uma das soluções é:

a) $\alpha = 1$, $\beta = 1$, $\gamma = 1$, $\tau = -1$
b) $\alpha = 1$, $\beta = -1$, $\gamma = 1$, $\tau = 1$
c) $\alpha = 1$, $\beta = 1$, $\gamma = -1$, $\tau = 1$
d) $\alpha = -1$, $\beta = 1$, $\gamma = 1$, $\tau = 1$
e) $\alpha = 1$, $\beta = 1$, $\gamma = 0$, $\tau = 1$

SOLUÇÃO:
Escrevendo as expressões dimensionais para as gandezas ρ, ν, *d e* η:

$$[\rho] = \frac{M}{L^3}\ ;\ [v] = \frac{L}{T}\ ;\ [d] = L\ ;\ [\eta] = \frac{[F]T}{L^2} = \frac{M}{L\cdot T}$$

Substituindo na formula dimensional para R, tem-se:
$[R] = (M\cdot L^{-3})^{\alpha}\cdot(L\cdot T^{-1})^{\beta}\cdot(L)^{\gamma}\cdot(M\cdot L^{-1}\cdot T^{-1})^{\tau}$

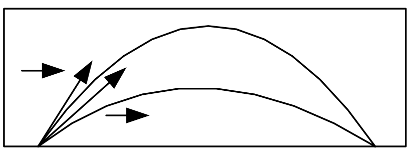
Como R é adimensional, [R] = 1, assim:
$1 = M^{\alpha+\tau}\cdot L^{-3\alpha+\beta+\gamma-\tau}\cdot T^{-\beta-2}$

$$\Rightarrow \begin{cases} \alpha + \tau = 0 \\ -3\alpha + \beta + \gamma - \tau = 0 \\ -\beta - \tau = 0 \end{cases}$$

Resolvendo o sistema, tem-se:
$\alpha = t$, $\beta = t$, $\gamma = t$, $\tau = -t$; para $t \in R$
A única alternativa compatível com a solução desse sistema é a alternativa A.

ALTERNATIVA A

2. Um projétil de densidade ρ_p é lançado com um ângulo α em relação à horizontal no interior de um recipiente vazio. A seguir, o recipiente é preenchido com um superfluido de densidade ρ_s, e o mesmo projétil é novamente lançado dentro dele, só que sob um ângulo β em relação à horizontal. Observa-se, então, que, para uma velocidade inicial $\vec{\upsilon}$ do projétil, de mesmo módulo que a do experimento anterior, não se altera a distância alcançada pelo projétil (veja figura). Sabendo que são nulas as forças de atrito num superfluido, podemos então afirmar, com relação ao ângulo β de lançamento do projétil, que:



a) $\cos\beta = (1 - \rho_s/\rho_p)\cos\alpha$
b) $\text{sen } 2\beta = (1 - \rho_s/\rho_p)\text{ sen } 2\alpha$
c) $\text{sen } 2\beta = (1 + \rho_s/\rho_p)\text{ sen } 2\alpha$
d) $\text{sen } 2\beta = \text{sen } 2\alpha\ (1 + \rho_s/\rho_p)$
e) $\cos 2\beta = \cos\alpha / (1 + \rho_s/\rho_p)$

SOLUÇÃO:
Temos que o alcance é dado por:

$$A = \frac{V_0^2 \text{ sen } 2\theta}{g}$$

Logo:

no vácuo $\qquad A = \dfrac{V^2 \text{ sen } 2\alpha}{g}$

no meio $\qquad A = \dfrac{V^2 \text{ sen } 2\beta}{g^*}$

Como o alcance é igual temos:

$$V^2\frac{\text{sen } 2\alpha}{g} = V^2\frac{\text{sen } 2\beta}{g^*} \Rightarrow \text{sen}2\beta = \text{sen}2\alpha\frac{g^*}{g} \quad (1)$$

Calculando o peso aparente temos:
$P^* = P - E$

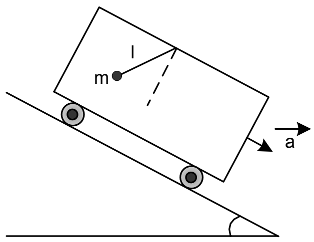
$$\rho_P\cdot V\cdot g^* = \rho_P\cdot V\cdot g - \rho_S\cdot V\cdot g \Rightarrow g^* = g - \frac{\rho_s}{\rho_p}.g \Rightarrow g^* = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_p}\right)g \quad (2)$$

De (1) e (2), temos:

$$\text{sen}2\beta = \left(1 - \frac{\rho_S}{\rho_P}\right)\text{sen}2\alpha$$

ALTERNATIVA B

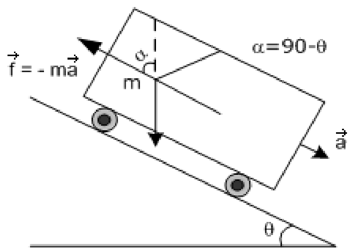
3. Considere uma rampa de ângulo θ com a horizontal sobre a qual desce um vagão, com aceleração $\vec{a}$, em cujo teto está dependurada uma mola de comprimento ℓ, de massa desprezível e constante de mola k, tendo uma massa m fixada na sua extremidade.



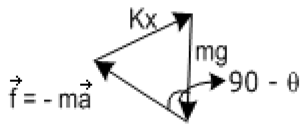
Considerando que ℓ_0 é o comprimento natural da mola e que o sistema está em repouso com relação ao vagão, pode-se dizer que a mola sofreu uma variação de comprimento $\Delta\ell = \ell - \ell_0$ dada por:

a) $\Delta\ell = mg \text{ sen}\,\theta / k$
b) $\Delta\ell = mg \cos\theta / k$
c) $\Delta\ell = mg / k$
d) $\Delta\ell = m\sqrt{a^2 - 2ag\cos\theta + g^2}\ / k$
e) $\Delta\ell = m\sqrt{a^2 - 2ag \text{ sen}\,\theta + g^2}\ / k$

SOLUÇÃO:



No referencial do vagão aparece uma força fictícia $\vec{f}$ como na figura:



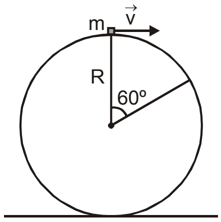
$(K\Delta\ell)^2 = (ma)^2 + (mg)^2 - 2m^2g\cdot a\cdot\cos(90-\theta)$

$\Rightarrow (K\Delta\ell)^2 = m^2a^2 + m^2g^2 - 2m^2g\cdot a\cdot \text{sen}\theta$

$$\Rightarrow \Delta\ell = \frac{m\sqrt{a^2+g^2-2g\cdot a\cdot \text{sen}\theta}}{K}$$

ALTERNATIVA E

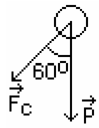
4. Um objeto pontual de massa m, desliza com velocidade inicial $\vec{v}$, horizontal, do topo de uma esfera em repouso, de raio R. Ao escorregar pela superfície, o objeto sofre uma força de atrito de módulo constante dado por $f = 7mg / 4\pi$..



Para que o objeto se desprenda da superfície esférica após percorrer um arco de 60º (veja figura), sua velocidade inicial deve ter o módulo de:

a) $\sqrt{2gR/3}$ b) $\sqrt{3gR}/2$ c) $\sqrt{6gR}/2$
d) $3\sqrt{gR/2}$ e) $3\sqrt{gR}$

SOLUÇÃO:
No momento do descolamento a resultante centrípeta é igual à componente centrípeta do peso.



$$P\cdot\cos 60^o = \frac{mv_f^{\,2}}{R} \Rightarrow v_f^{\,2} = \frac{Rg}{2}$$

O trabalho das forças não conservativas é o trabalho da força de atrito.

$$\sigma_{F\tilde{n}cons} = f_{at}.d = \frac{7mg}{4\pi}.\frac{2\pi R}{6} \Rightarrow \sigma_{F\tilde{n}cons} = \frac{7mgR}{12}$$

$$\sigma_{F\tilde{n}cons} = -\Delta\varepsilon m$$

Logo:

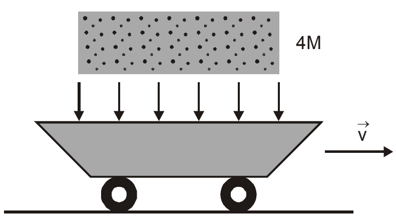
$$\frac{7mRg}{12} = \left(mg2R + \frac{1}{2}mv^2\right) - \left(mg\frac{3R}{2} + \frac{1}{2}mv_f^{\,2}\right)$$

$$\frac{v^2}{2} = \frac{7Rg}{12} - \frac{Rg}{2} + \frac{Rg}{4}$$

$$v^2 = \frac{2Rg}{3} \therefore v = \sqrt{\frac{2Rg}{3}}$$

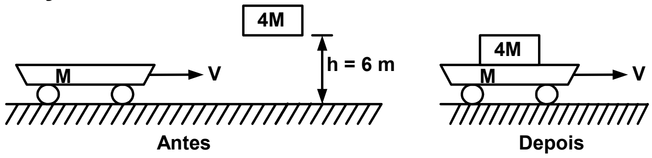
ALTERNATIVA A

5. Um vagão-caçamba de massa M se desprende da locomotiva e corre sobre trilhos horizontais com velocidade constante v = 72,0 km/h (portanto, sem resistência de qualquer espécie ao movimento). Em dado instante, a caçamba é preenchida com uma carga de grãos de massa igual a 4M, despejada verticalmente a partir do repouso de uma altura de 6,00 m (veja figura).



Supondo que toda a energia liberada no processo seja integralmente convertida em calor para o aquecimento exclusivo dos grãos, então, a quantidade de calor por unidade de massa recebido pelos grãos é:
a) 15 J/kg b) 80 J/kg c) 100 J/kg d) 463 J/kg e) 578 J/kg

SOLUÇÃO:



Considerando o sistema isolado:

$\vec{Q}_{antes} = \vec{Q}_{depois}$

$M\cdot v = 5M\cdot v' \Rightarrow M\cdot 20 = 5M\cdot v' \Rightarrow v' = 4$ m/s

Para a variação de energia:

$$E_{antes} = \frac{M\cdot v^2}{2} + 4M\cdot g\cdot h \Rightarrow E_{antes} = \frac{M}{2}(20)^2 + 4\cdot M\cdot 10\cdot 6$$

$\Rightarrow E_{antes} = 440M$

$$E_{depois} = \frac{5M\cdot v'^2}{2} \Rightarrow E_{depois} = \frac{5M\cdot 4^2}{2} \Rightarrow E_{depois} = 40M$$

$\Rightarrow |\Delta E_{MEC}| = 400M$

Temos então:

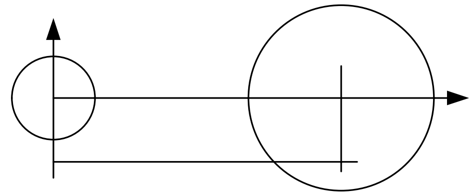
$$\frac{Q}{\text{massa grãos}} = \frac{400M}{4M} \Rightarrow \frac{Q}{\text{massa grãos}} = 100\,J/kg$$

ALTERNATIVA C

6. Dois corpos esféricos de massa *M* e 5*M* e raios *R* e *2R*, respectivamente, são liberados no espaço livre. Considerando que a única força interveniente seja a da atração gravitacional mútua, e que seja de 12*R* a distância de separação inicial entre os centros dos corpos, então, o espaço percorrido pelo corpo menor até a colisão será de:

a) 1,5*R*.
b) 2,5*R*.
c) 4,5*R*.
d) 7,5*R*.
e) 10,0*R*.

SOLUÇÃO:
Calculando a posição do CM do sistema temos:



$$x_{CG} = \frac{0.M + 12R.5M}{M+5M} = 10R$$

Como a única força atuante no sistema é a força de atração gravitacional mútua, o sistema é isolado e portanto seu CG permanece na situação inicial (imóvel). Caso os corpos de massas M e 5M tivessem dimensões desprezíveis, eles se encontrariam na posição do CM, tendo percorrido 10R e –2R respectivamente. Devido às dimensões de cada esfera, os corpos terão uma distância de 3R entre seus centros no instante do impacto. Desse modo, temos:

$\Delta S_A = S_A - S_{0A} = S_A$

$\Delta S_B = S_B - S_{0B} = S_B - 12R$

Mas:

$\Delta S_A = -5\Delta S_B$ e $S_B = S_A + 3R$

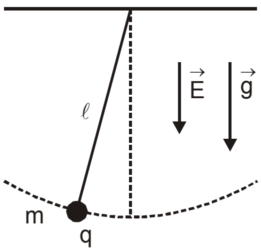
Logo:

$$S_A = -5(S_B - 12R) = -5S_B + 60R = -5S_A - 15R + 60R$$

$$6S_A = 45R \Rightarrow S_A = 7{,}5R$$

ALTERNATIVA D

7. Considere um pêndulo de comprimento ℓ, tendo na sua extremidade uma esfera de massa m com uma carga elétrica positiva q. A seguir, esse pêndulo é colocado num campo elétrico uniforme $\vec{E}$ que atua na mesma direção e sentido da aceleração da gravidade $\vec{g}$.



Deslocando-se essa carga ligeiramente de sua posição de equilíbrio e soltando-a, ela executa um movimento harmônico simples, cujo período é:

a) $T = 2\pi\sqrt{l/g}$
b) $T = 2\pi\sqrt{l/(g+q)}$
c) $T = 2\pi\sqrt{ml/(qE)}$
d) $T = 2\pi\sqrt{ml/(mg-qE)}$
e) $T = 2\pi\sqrt{ml/(mg+qE)}$

SOLUÇÃO:
O período é dado por:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g^*}}$$

Onde g^* é a aceleração efetivamente sentida pela esfera. Temos:

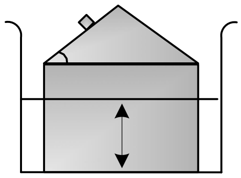
$$P^* = P + F_{ele} \Rightarrow mg^* = mg + q{\cdot}E \Rightarrow g^* = g + \frac{qE}{m}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{\left(g + \frac{q\cdot E}{m}\right)}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{m\ell}{mg + qE}}$$

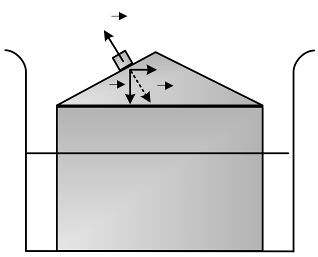
ALTERNATIVA E

8. Um pequeno objeto de massa *m* desliza sem atrito sobre um bloco de massa *M* com o formato de uma casa (veja figura). A área da base do bloco é *S* e o ângulo que o plano superior do bloco forma com a horizontal é α. O bloco flutua em um líquido de densidade ρ, permanecendo, por hipótese, na vertical durante todo o experimento. Após o objeto deixar o plano e o bloco voltar à posição de equilíbrio, o decréscimo da altura submersa do bloco é igual a:

a) $m\,\text{sen}\alpha/S\rho$.
b) $m\cos^2\alpha/S\rho$.
c) $m\cos\alpha/S\rho$.
d) $m/S\rho$.
e) $(m+M)/S\rho$.



SOLUÇÃO:



$N = mg\cos\theta$
F_V = força vertical = $N{\cdot}\cos\theta = mg\cos^2\theta$
O descréscimo da altura submersa é dado por:

$$\Delta h = \frac{F_V}{S\cdot\rho\cdot g} = \frac{m\cdot g\cdot\cos^2\alpha}{S\cdot g\cdot\rho} = \frac{m\cdot\cos^2\alpha}{S\cdot\rho}$$

ALTERNATIVA B

9. Situa-se um objeto a uma distância p diante de uma lente convergente de distância focal f, de modo a obter uma imagem real a uma distância p' da lente. Considerando a condição de mínima distância entre imagem e objeto, então é correto afirmar que:

a) $p^3 + fpp' + p'^3 = 5f^3$
b) $p^3 + fpp' + p'^3 = 10f^3$
c) $p^3 + fpp' + p'^3 = 20f^3$
d) $p^3 + fpp' + p'^3 = 25f^3$
e) $p^3 + fpp' + p'^3 = 30f^3$

SOLUÇÃO:
Sabemos que a distância mínima entre a imagem e o objeto é 4 f e ocorre para o objeto no ponto antiprincipal objeto e conseqüentemente a imagem no ponto antiprincipal imagem da lente.
Sendo assim assim p + p' = 4 f
Da equação da lente temos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow p{\cdot}p' = f(p + p')$$

Substituindo a relação encontrada, temos $p{\cdot}p' = f{\cdot}4f \Rightarrow p{\cdot}p' = 4f^2$
Fazendo:

$(p{\cdot}p')^3 = f^3(p{\cdot}p')^3 \Rightarrow (4f^2)^3 = f^3(p^3 + 3{\cdot}p^2p' + 3p{\cdot}p'^2 + p'^3)$
$\Rightarrow 64f^3 = p^3 + 3{\cdot}p{\cdot}p'(p{\cdot}p') + p'^3 \Rightarrow 64f^3 = p^3 + 3{\cdot}4f^2{\cdot}4f + p'^3$
$\Rightarrow p^3 + p'^3 = 64f^3 - 48f^3 \Rightarrow\ p^3 + p'^3 = 20f^3 - 4f^3$
$\Rightarrow p^3 + p'^3 = 20f^3 - 4f^2{\cdot}f \Rightarrow p^3 + p'^3 = p{\cdot}p'{\cdot}f - 48f^3$
$\Rightarrow p^3 + f{\cdot}p{\cdot}p' + p'^3 = 20\ f^3$

ALTERNATIVA C

10. Uma banda de rock irradia uma certa potência em um nível de intensidade sonora igual a 70 decibéis. Para elevar esse nível a 120 decibéis, a potência irradiada deverá ser elevada de:

a) 71%
b) 171%
c) 7.100%
d) 9.999.900%
e) 10.000.000%

SOLUÇÃO:
O nível de intensidade e a intensidade sonora estão relacionados através da equação: $\beta = 10\log\frac{I}{I_0} = 10\log\frac{P}{P_0}$

Na situação inicial o nível de intensidade é de 70dβ. Na situação final, 120dβ. Assim:

$$70d\beta = 7\beta = \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = \log(I) - \log(I_0) \qquad \text{equação (I)}$$

$$120d\beta = 12\beta = \log\left(\frac{I'}{I_0}\right) = \log(I') - \log(I_0) \qquad \text{equação (II)}$$

Fazendo (II)-(I), tem-se:

$$(12 - 7) = 5 = \log(I') - \log(I) \Rightarrow 5 = \log\left(\frac{I'}{I}\right)$$

Então:

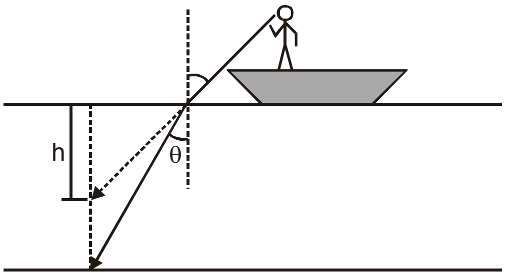
$$\frac{I'}{I} = 1\cdot 10^5\ = 10^7\%$$

O aumento de intensidade sonora será dado por:

$$X = (10^7 - 100)\% = 9999900\%$$

ALTERNATIVA D

11. Um pescador deixa cair uma lanterna acesa em um lago a 10,0 m de profundidade. No fundo do lago, a lanterna emite um feixe luminoso formando um pequeno ângulo θ com a vertical (veja figura).



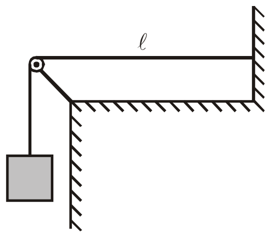
Considere: tan θ ~ sen θ ≅ 0 e o índice de refração da água n = 1,33. Então, a profundidade aparente h vista pelo pescador é igual a:
a) 2,5m. b) 5,0m. c) 7,5m. d) 8,0m e) 9,0m.

SOLUÇÃO:

$$\frac{h_{AP}}{h_{RE}} = \frac{n_{OBS}}{n_{OBJ}} \Rightarrow \frac{h_{AP}}{10} = \frac{1}{1{,}33} \Rightarrow h_{AP} = 7{,}5\text{m}$$

ALTERNATIVA C

12. São de 100 Hz e 125 Hz, respectivamente, as freqüências de duas harmônicas adjacentes de uma onda estacionária no trecho horizontal de um cabo esticado, de comprimento $\ell = 2\text{m}$ e densidade linear de massa igual a 10 g/m (veja figura).



Considerando a aceleração da gravidade g = 10 m/s^2, a massa do bloco suspenso deve ser de:
a) 10kg. b) 16kg. c) 60kg. d) 10^2kg. e) 10^4kg.

SOLUÇÃO:
Temos:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow v = 2\frac{\lambda}{2}f \Rightarrow v = 2\frac{L}{n}f \Rightarrow f = \frac{n \cdot v}{2L}$$

Podemos montar o sistema:

$$\begin{cases} 100 = \dfrac{n \cdot v}{2 \cdot 2} \\ 125 = \dfrac{(n+1) \cdot v}{2 \cdot 2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n = 4 \\ v = 100\text{m/s} \end{cases}$$

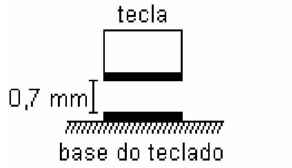
Logo:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow 100 = \sqrt{\frac{m \cdot 10}{10 \cdot 10^3}} \Rightarrow m = 10 \text{ kg}$$

ALTERNATIVA A

13. Considere o vão existente entre cada tecla de um computador e a base do seu teclado. Em cada vão existem duas placas metálicas, uma delas presa na base do teclado e a outra, na tecla. Em conjunto, elas funcionam como um capacitor de placas paralelas imersas no ar. Quando se aciona a tecla, diminui a distância entre as placas e a capacitância aumenta. Um circuito elétrico detecta a variação da capacitância, indicativa do movimento da tecla. Considere então um dado teclado, cujas placas metálicas têm 40 mm^2 de área e 0,7 mm de distância inicial entre si. Considere ainda que a permissividade do ar seja $\varepsilon_0 = 9\times10^{-12}$ F/m. Se o circuito eletrônico é capaz de detectar uma variação de capacitância a partir de 0,2 pF, então, qualquer tecla deve ser deslocada de pelo menos

a) 0,1 mm
b) 0,2 mm
c) 0,3 mm
d) 0,4 mm
e) 0,5 mm



SOLUÇÃO:
Dados da questão:
$A = 40\text{ mm}^2 = 40\cdot10^{-6}\text{ m}^2$
$d_0 = 0{,}7\text{ mm} = 0{,}7\cdot10^{-3}\text{ m}$
$\varepsilon_0 = 9\cdot10^{-12}$ F/m

Temos inicialmente um capacitor de placas paralelas cuja capacitância é dada por:

$$C_0 = \varepsilon_0\frac{A}{d_0} \Rightarrow C_0 = 9\cdot10^{-12}\frac{40\cdot10^{-6}}{0{,}7\cdot10^{-3}} \Rightarrow C_0 = 0{,}514\cdot10^{-12}\text{ F}$$

$\Rightarrow C_0 = 0{,}514$ pF

Como para o computador perceber a tecla sendo pressionada é necessário um aumento de 0,2 pF na capacitância, temos:
$C = C_0 + \Delta C \Rightarrow C = 0{,}514 + 0{,}2 \Rightarrow C = 0{,}714$ pF

Substituindo na equação da capacitância:

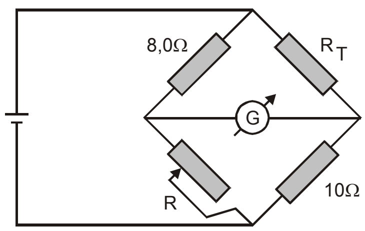
$$C = \varepsilon_0\frac{A}{d} \Rightarrow d = \varepsilon_0\frac{A}{C} \Rightarrow d = 9\cdot10^{-12}\frac{40\cdot10^{-6}}{0{,}714\cdot10^{-12}}$$

$\Rightarrow d = 0{,}000504\text{ m} \Rightarrow d = 0{,}504$ mm

Logo, a variação da distância é dada por:
$\Delta d = d - d_0 \Rightarrow \Delta d = 0{,}7 - 0{,}504 \Rightarrow \Delta d = 0{,}196 \Rightarrow \Delta d \cong 0{,}2$ mm

ALTERNATIVA B

14. O circuito da figura abaixo, conhecido como ponte de Wheatstone, está sendo utilizado para determinar a temperatura de óleo em um reservatório, no qual está inserido um resistor de fio de tungstênio R_T. O resistor variável R é ajustado automaticamente de modo a manter a ponte sempre em equilíbrio, passando de 4,00 Ω para 2,00 Ω.



Sabendo que a resistência varia linearmente com a temperatura e que o coeficiente linear de temperatura para o tungstênio vale $\alpha = 4{,}00 \times 10^{-3}$ °C^{-1}, a variação da temperatura do óleo deve ser de:
a) –125 °C b) –35,7 °C c) 25,0 °C d) 11,7 °C e) 250 °C

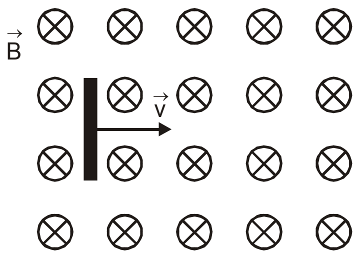
SOLUÇÃO:
Para a ponte de Wheatstone:
$4R_T' = 80 \Rightarrow R_T' = 20r$
$2R_T'' = 80 \Rightarrow R_T'' = 40r$

Temos ainda que:
$\Delta R_T = R_0\cdot\alpha\cdot\Delta\theta$
$(40 - 20) = 20\cdot4\cdot10^{-3}\cdot\Delta\theta \Rightarrow 20 = 8\cdot10^{-2}\cdot\Delta\theta$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{5}{2}.100 = 250^\circ\text{C}$$

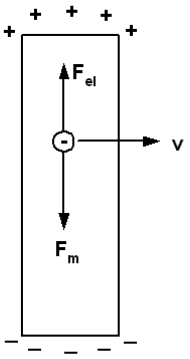
ALTERNATIVA E

15. Quando uma barra metálica se desloca num campo magnético, sabe-se que seus elétrons se movem para uma das extremidades, provocando entre elas uma polarização elétrica. Desse modo, é criado um campo elétrico constante no interior do metal, gerando uma diferença de potencial entre as extremidades da barra. Considere uma barra metálica descarregada, de 2,0 m de comprimento, que se desloca com velocidade constante de módulo v = 216 km/h num plano horizontal (veja figura), próximo à superfície da Terra.



Sendo criada uma diferença do potencial (ddp) de 3,0 x 10^{-3} V entre as extremidades da barra, o valor do componente vertical do campo de indução magnética terrestre nesse local é de:
a) 6,9 x 10^{-6} T b) 1,1 x 10^{-5} T c) 2,5 x 10^{-5} T
d) 4,2 x 10^{-6} T e) 5,0 x 10^{-5} T

SOLUÇÃO:
Como há equilíbrio entre as forças elétricas e magnéticas nas cargas livres da barra metálica, tem-se:



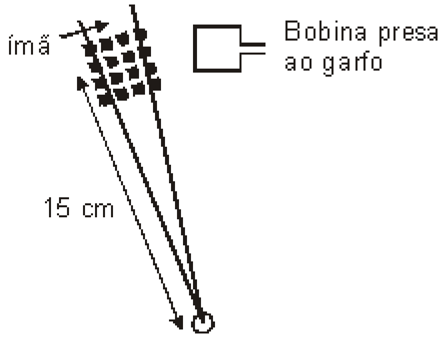
$F_{el} = F_m \Rightarrow |q|\cdot E = |q|\cdot v\cdot B\cdot sen90^o \Rightarrow B = \frac{E}{v} \Rightarrow B = \frac{U}{d \cdot v}$

Substituindo os valores:

$$B = \frac{3{,}0 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 60} \Rightarrow B = 2{,}5\cdot 10^{-5}\ T$$

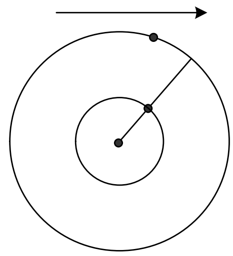
ALTERNATIVA C

16. Uma bicicleta, com rodas de 60 cm de diâmetro externo, tem seu velocímetro composto de um ímã preso em raios, a 15 cm do eixo da roda, e de uma bobina quadrada de 25 mm^2 de área, com 20 espiras de fio metálico, presa no garfo da bicicleta. O ímã é capaz de produzir um campo de indução magnética de 0,2 T em toda a área da bobina (veja a figura).



Com a bicicleta a 36 km/h, a força eletromotriz máxima gerada pela bobina é de:
a) 2 x 10^{-5} V b) 5 x 10^{-3} V c) 1 x 10^{-2} V
d) 1 x 10^{-1} V e) 2 x 10^{-1} V

SOLUÇÃO:



Inicialmente calculamos o fluxo máximo total a passar pela bobina:
S = 25 mm^2
n = 20 espiras
B = 0,2 T
$\varnothing = 0{,}2\cdot 25\cdot 10^{-6} = 50\cdot 10^{-7}$ Wb
$\varnothing_{total} = 20\cdot 5\cdot 10^{-6}$ Wb $\Rightarrow \varnothing_{total} = 10^{-4}$ Wb

Calculamos agora o tempo que o ímã leva para variar o fluxo na bobina de 0 até $\varnothing_{máx}$.
$R = 30\cdot 10^{-2}$ m
$R' = 15\cdot 10^{-2}$ m
v = 36 km/h = 10 m/s
$v' = \omega R' = (v / R)\cdot R' \Rightarrow v' = v\cdot(R' / R) \Rightarrow v' = 5$ m/s
$v' = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 5 = \frac{5 \times 10^{-3}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 1 \times 10^{-3}$ s

A força eletromotriz maxima é:
$\varepsilon = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{10^{-4}}{10^{-3}} = 10^{-1}$

ALTERNATIVA D

17. Um automóvel pára quase instantaneamente ao bater frontalmente numa árvore. A proteção oferecida pelo air-bag, comparativamente ao carro que dele não dispõe, advém do fato de que a transferência para o carro de parte do momentum do motorista se dá em condição de
a) menor força em maior período de tempo.
b) menor velocidade, com mesma aceleração.
c) menor energia, numa distância menor.
d) menor velocidade e maior desaceleração.
e) mesmo tempo, com força menor.

SOLUÇÃO:
A variação da quantidade de movimento do motorista com e sem air-bag é a mesma, portanto o impulso sobre ele também é o mesmo nos dois casos.
A diferença é que com air-bag a desaceleração é menor, ou seja a força é menor, mas atua num maior período de tempo (não tão brusco), pois a variação de velocidade deve ser a mesma nos dois casos.

ALTERNATIVA A

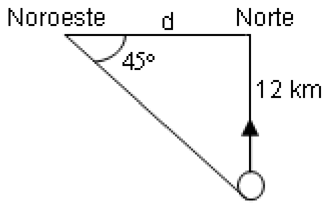
18. Um avião de vigilância aérea está voandoa uma altura de 5,0 km, com velocidade de $50\sqrt{10}$ m/s no rumo norte, e capta no radiogoniômetro um sinal de socorro vindo da direção noroeste, de um ponto fixo no solo. O piloto então liga o sistema de pós-combustão da turbina, imprimindo uma aceleração constante de 6,0 m/s^2 . Após $40\sqrt{10}/3$ s, mantendo a mesma direção, ele agora constata que o sinal esta chegando da direção oeste. Neste instante, em relação ao avião, o transmissor do sinal se encontra a uma distância de
a) 5,2 km b) 6,7 km c) 12 km d) 13 km e) 28 km

SOLUÇÃO:
$V_0 = 50\sqrt{10}$ m/s
a = 6,0 m/s^2
$\Delta S = V_0\cdot t + ½\cdot(a\cdot t^2)$

Para $t = 40\sqrt{10} / 3$ s:
$\Delta S = 50\sqrt{10}\cdot 40\sqrt{10} / 3 + ½\cdot(6\cdot(40\sqrt{10} / 3)^2)$

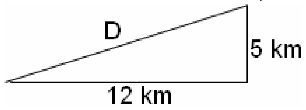
$\Rightarrow \Delta S = 12000$ m $\Rightarrow \Delta S = 12$ km

Da figura:



Podemos observar que se trata de um triângulo retângulo isósceles, logo d = 12 km.

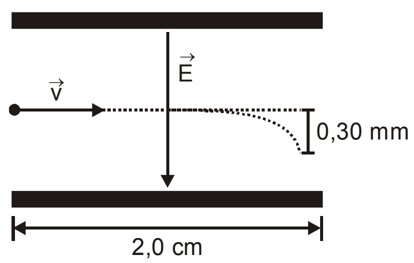
Mas d é apenas a distância horizontal entre o transmissor e o avião. Lembrando que o avião está a 5 km de altura, temos:



Logo D = $\sqrt{12^2 + 5^2}$ = 13 km

ALTERNATIVA D

19. Em uma impressora a jato de tinta, gotas de certo tamanho são ejetadas de um pulverizador em movimento, passam por uma unidade eletrostática onde perdem alguns elétrons, adquirindo uma carga q, e, a seguir, se deslocam no espaço entre placas planas paralelas eletricamente carregadas, pouco antes da impressão. Considere gotas de raio igual a 10 μm lançadas com velocidade de módulo v = 20 m/s entre placas de comprimento igual a 2,0 cm, no interior das quais existe um campo elétrico vertical uniforme, cujo módulo é E = $8{,}0 \times 10^4$ N/C (veja figura).

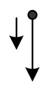


Considerando que a densidade da gota seja de 1000 kg/m^3 e sabendo-se que a mesma sofre um desvio de 0,30 mm ao atingir o final do percurso, o módulo da sua carga elétrica é de:
a) $2{,}0 \times 10^{-14}$ C. b) $3{,}1 \times 10^{-14}$ C. c) $6{,}3 \times 10^{-14}$ C.
d) $3{,}1 \times 10^{-11}$ C. e) $1{,}1 \times 10^{-10}$ C.

SOLUÇÃO:
r = 10 μm
v = 20 m/s
ℓ = 2 cm
E = $8\cdot10^4$ N/C
d = 1000 kg/m^3
Δx = 0,3 mm

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow m = d\cdot V \Rightarrow m = d\cdot\frac{4}{3}\pi R^3$$

$$m = 1000\cdot\frac{4}{3}\pi.10^{-15} \Rightarrow m = \frac{4}{3}\pi.10^{-12}\text{kg}$$



$F_R = Fe + P$

Movimento Horizontal:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 20 = \frac{2.10^{-2}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 10^{-3}\,s$$

Movimento Vertical:
$s = 0{,}30\cdot10^{-3}$m
$s_0 = 0$
$v_0 = 0$
$\Delta t = 10^{-3}$s

$$s = s_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow 0{,}30\cdot10^{-3} = \frac{1}{2}a\cdot10^{-6} \Rightarrow a = 600\text{m/s}^2$$

$F_R = m\cdot a$
$E\cdot q + m\cdot g = m\cdot a$
$E\cdot q = m(a - g)$

$$8\cdot10^4 q = \frac{4}{3}\pi\cdot10^{-12}\cdot590 \Rightarrow q = 308{,}7\cdot10^{-16} \Rightarrow q = 3{,}087\cdot10^{-14}\text{C}$$

ALTERNATIVA B

20. A pressão exercida pela água no fundo de um recipiente aberto que a contém é igual a $P_{atm} + 10 \times 10^3$ Pa. Colocado o recipiente num elevador hipotético em movimento, verifica-se que a pressão no seu fundo passa a ser de $P_{atm} + 4{,}0 \times 10^3$ Pa. Considerando que P_{atm} é a pressão atmosférica, que a massa específica da água é de 1,0 g/cm^3 e que o sistema de referência tem seu eixo vertical apontado para cima, conclui-se que a aceleração do elevador é de:
a) –14 m/s^2 b) 10 m/s^2 c) –6 m/s^2 d) 6 m/s^2 e) 14 m/s^2

SOLUÇÃO:
Para g = 10 m/s^2 temos que $P = P_{atm} + 10\cdot10^3$ Pa
Sendo assim:

$$\mu\cdot g\cdot h = 10\cdot10^3 \Rightarrow \mu\cdot h = \frac{10\cdot10^3}{10} = 10^3$$

Para o elevador acelerado temos $P = P_{atm} + 4\cdot10^3$ Pa

Então:
$\mu\cdot g'\cdot h = 4\cdot10^3 \Rightarrow g' = 4$ m/s^2

Como aceleração resultante para um referencial dentro do elevador é de 4 m/s^2 para baixo, temos que o elevador sofre uma aceleração de 6 m/s^2 para baixo em relação a um referencial fixo na terra.

ALTERNATIVA C

DISSERTATIVAS

21. Um átomo de hidrogênio inicialmente em repouso emite um fóton numa transição do estado de energia n para o estado fundamental. Em seguida, o átomo atinge um elétron em repouso que com ele se liga. assim permanecendo após a colisão. Determine literalmente a velocidade do sistema átomo 9 elétron após a colisão. Dados: a energia do átomo de hidrogênio no estado n é $Em = E_0 / n^2$; o mometum do fóton é $h\upsilon$ / c; e a energia deste é $h\upsilon$, em que h é a constante de Plank, υ a frequência do fóton e c a velocidade da luz.

SOLUÇÃO:
Na transição do elétron do estado n para o estado fundamental, a conservação de energia nos impõe:

$$\left|E_f - E_i\right| = h\upsilon \Rightarrow \left|E_0 - \frac{E_0}{n^2}\right| = h\upsilon \Rightarrow \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)\left|E_0\right| = h\upsilon \quad (1)$$

Utilizando conservação da quantidade de movimento na mesma transição (aproximação não relativística):

$\vec{Q}_{ANTES} = \vec{Q}_{DEPOIS}$

$\Rightarrow Q_{ATOMO} = Q_{ÁTOMO'} + Q_{FÓTON}$

$$\Rightarrow M\cdot0 = M\cdot v + \frac{H\upsilon}{C}$$

$\Rightarrow v = -\dfrac{h\cdot\upsilon}{M\cdot c}$ (2) (velocidade de récuo do átomo devido a emissão do fóton)

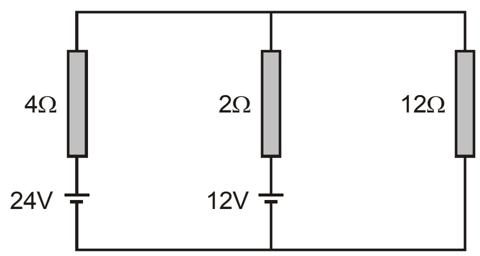
Utilizando conservação da quantidade de movimento na absorção do elétron (aproximação não relativística):

$$\vec{Q}_{ANTES} = \vec{Q}_{DEPOIS}$$
$$Q_{ATOMO\ i} + Q_{ELETRON\ i} = Q_{ATOMO+ELETRON}$$
$$Mv + 0 = (M + m_e)v'$$
Substituindo-se (2), tem-se:
$$M\left(-\frac{h\upsilon}{Mc}\right) = (M + m_e)v'$$
$$v' = \frac{-h\upsilon}{(M + m_e)c}$$
Substituindo-se (1), tem-se:
$$v' = -\left(\frac{n^2-1}{n^2}\right)\frac{|E_0|}{(M + m_e)c}$$
Obs.: considerando M >> m_e, pode-se concluir:
$$v' = -\left(\frac{n^2-1}{n^2}\right)\frac{|E_0|}{Mc}$$

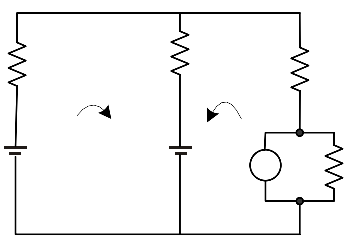
22. Inicialmente 48 g de gelo a 0 °C são colocados num calorímetro de alumínio de 2,0 g, também a 0 °C. Em seguida, 75 g de água a 80 °C são despejados dentro desse recipiente. Calcule a temperatura final do conjunto. Dados: calor latente do gelo L□ = 80 cal/g, calor específico da água C_{H_2O} = 1,0 cal g^{-1} °C^{-1}, calor específico do alumínio $C_{A\ell}$ = 0,22 cal g^{-1} °C^{-1}.

SOLUÇÃO:
$Q_{gelo} + Q_{Cal} + Q_{água} = 0$
$Q_{gelo} = Q_{latente} + Q_{sensível} = 48{\cdot}80 + 48{\cdot}1{\cdot}(t – 0) = 3840 + 48t$
$Q_{cal} = 2{\cdot}0{,}22{\cdot}(t – 0) = 0{,}44t$
$Q_{água} = 75{\cdot}1(t – 80) = 75t – 6000$
Substituindo na 1ª equação temos:
(3840 + 48t) + (0,44t) + (75t – 6000) = 0
$\Rightarrow$ 123,44t = 2160 $\Rightarrow$ t = 17,5ºC

23. Um técnico em eletrônica deseja medir a corrente que passa pelo resistor de 12 Ω no circuito da figura. Para tanto, ele dispõe apenas de um galvanômetro e uma caixa de resistores. O galvanômetro possui resistência interna R_g = 5 kΩ e suporta, no máximo, uma corrente de 0,1 mA. Determine o valor máximo do resistor R a ser colocado em paralelo com o galvanômetro para que o técnico consiga medir a corrente.



SOLUÇÃO:



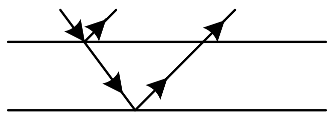
R_g = 5kΩ; I_g = 0,1mA

$$\begin{cases} 4I_1 + 2(I_1 + I_2) = 12 \\ 0{,}5 + 12I_2 + 2(I_1 + I_2) = -12 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (6I_1 + 2I_2 = 12) \div -3 \\ (14I_2 + 2I_1 = -12{,}5) \end{cases}$$

$$\begin{cases} -\frac{2}{3}I_2 - 2I_1 = -4 \\ 14I_2 + 2I_1 = -12{,}5 \end{cases}$$
$$\overline{\left(14 - \frac{2}{3}\right)I_2 = -16{,}5}$$
$$\Rightarrow \frac{(42-2)}{3}I_2 = -16{,}5 \Rightarrow I_2 = \frac{-16{,}5.3}{40}$$
$$v = Ri \Rightarrow 0{,}5 = R.\frac{16{,}5.3}{40} \Rightarrow R = \frac{2}{16{,}5.3} = 0{,}04040\ ...\ \Omega$$

24. Uma fina película de fluoreto de magnésio recobre o espelho retrovisor de um carro a fim de reduzir a reflexão luminosa. Determine a menor espessura da película para que produza a reflexão mínima no centro do espectro visível. Considere o comprimento de onda λ = 5500 Å , o índice de refração do vidro n_v = 1,50 e, o da película n_p = 1,30. Admita a incidência luminosa como quase perpendicular ao espelho.

SOLUÇÃO:



λ = 5500 Å ; n_v = 1,5; n_p = 1,3
Para o raio transmitido na película temos:
$2e = \frac{n\lambda}{2n_p{}^3}$; para interferência destrutiva n = 1,3,5...
Para menor espessura n = 1:
$2e = \frac{1\lambda}{2} \Rightarrow 2e = \frac{15500}{2} \Rightarrow e = \frac{550}{4 \cdot 1{,}3}$ = 1058 Å

25. Num experimento, foi de 5,0 x 10^3 m/s a velocidade de um elétron, medida com a precisão de 0,003%. Calcule a incerteza na determinação da posição do elétron, sendo conhecidos: massa do elétron m_e = 9,1 x 10^{-31} kg e constante de Plank reduzida ħ = 1,1 x 10^{-34} Js.

SOLUÇÃO:
Pelo princípio da incerteza de Heisenberg temos:
$\Delta p{\cdot}\Delta x \cong \hbar$
$\Delta p = m{\cdot}\Delta v = 9{,}1{\cdot}10^{-31}{\cdot}5{\cdot}10^3{\cdot}3{\cdot}10^{-5} = 136{,}5{\cdot}10^{-33} = 1{,}365{\cdot}10^{-31}$

Sendo assim:
$$\Delta x = \hbar/\Delta p = \frac{1{,}1.10^{-34}}{1{,}365.10^{-31}} = 0{,}806.10^{-3} = 0{,}0806.10^{-2} = 0{,}0806\%$$

Logo o erro na medida da posição é de 0,0806%.

De acordo com o livro do Haliday vol. 4, 4ª edição, pg 185, qualquer resultado na faixa de 0,0403% até 0,506% estaria correto devido a aproximação feita nesta fórmula usada para o cálculo da incerteza.

26. Suponha que na Lua, cujo raio é *R*, exista uma cratera de profundidade R/100, do fundo da qual um projétil é lançado verticalmente para cima com velocidade inicial *v* igual à de escape. Determine literalmente a altura máxima alcançada pelo projétil, caso ele fosse lançado da superfície da Lua com aquela mesma velocidade inicial v.

SOLUÇÃO:
Partindo do centro da Lua a velocidade de escape é:
$\varepsilon_p + \varepsilon_c = 0$
$$-\frac{mGM}{2R^2}\left(\frac{r^2}{R} - R\right) + \frac{GMm}{R} = \frac{1}{2}mv^2$$

$r = \frac{99}{100}R$

$\Rightarrow -\frac{GM}{2R}\left(\frac{99^2}{100^2}-1\right)+\frac{GMm}{R}=\frac{v^2}{2}$

$\frac{v^2}{2}=\frac{GM}{R}\left(\frac{3}{2}-\frac{99^2}{2.100^2}\right)$

$\frac{v^2}{2}=\frac{GM}{R}\left(\frac{3.100^2-99^2}{2.100^2}\right)$

portanto $v=\sqrt{\frac{20199GM}{20000R}}>\sqrt{\frac{2GM}{R}}$ Velocidade de Escape.

Logo, o projétil se afastará da lua sem parar e não terá altura máxima.

27. Estime a massa de ar contida numa sala de aula. Indique claramente quais as hipóteses utilizadas e os quantitativos estimados das variáveis empregadas.

SOLUÇÃO:
Suposições:
Supondo uma sala de 8m x 10m x 2,5m, tem-se que o volume ocupado é de:
$V = 8.10.2{,}5 = 200\,m^3$
Temperatura 27°C ou 300K
R = 0,082
Pressão 1 atm.

O ar atmosférico pode ser considerado um gás perfeito, composto por 80% de Nitrogênio (N_2) e 20% de Oxigênio (O_2). Assim sendo, calculamos a massa molar equivalente do ar atmosférico:
$M = 0{,}8.M_{N_2} + 0{,}2.M_{O_2} = 0{,}8.28 + 0{,}2.32 = 28{,}8\text{ g}$

Nestas condições, aplicando PV = nRT, temos:
$n = 2.10^5 / 24{,}6$
Logo:
$m = \frac{200000}{24{,}6}.28{,}8 = 234146g = 234kg$

28. Uma cesta portando uma pessoa deve ser suspensa por meio de balões, sendo cada qual inflado com $1m^3$ de hélio na temperatura local (27°C). Cada balão vazio com seus apetrechos pesa 1,0 N. São dadas a massa atômica do oxigênio $A_O = 16$, a do nitrogênio $A_N = 14$, a do hélio $A_{He} = 4$ e a constante dos gases $R = 0{,}082\ atm\cdot l\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$. Considerando que o conjunto pessoa e cesta pesa 1000 N e que a atmosfera é composta de 30% de O_2 e 70% de N_2, determine o número mínimo de balões necessários.

SOLUÇÃO:
Seja N o número de balões procurado.
A partir da constituição do ar atmosférico, calcularemos sua massa molecular média.
$A_{ar} = 0{,}7\cdot(2\cdot A_N) + 0{,}3\cdot(2\cdot A_O) = 0{,}7\cdot(2\cdot 14) + 0{,}3\cdot(2\cdot 16) = 29{,}2$

Para que a pessoa seja suspensa, devemos ter, no mínimo, o empuxo do ar igual em módulo ao peso total do sistema (pessoa + balões e apetrechos; lembre que o balão está cheio de hélio). Assim no caso crítico (em unidades do SI):
$1000 + N\cdot 1{,}0 + N\cdot m_{He}\cdot g = \mu_{Ar}\cdot g\cdot V$ (1)

Considerando o ar como gás perfeito:
$PV = nRT \Rightarrow PV = (m_{ar}/A_{ar})\cdot RT \Rightarrow \mu_{Ar} = m_{ar}/V = P\cdot A_{ar}/RT$

Como:
T = 27 + 273 = 300 K e P = 1 atm (ao nível do mar), temos:
$\mu_{Ar} = 1\cdot 29{,}2 / 0{,}082\cdot 300 \Rightarrow \mu_{Ar} = 1{,}18\ kg/m^3$

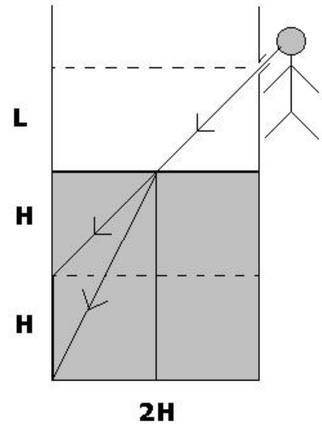
Para o Hélio contido em um balão:
$PV = nRT \Rightarrow PV = (m_{He}/A_{He})\cdot RT \Rightarrow m_{He} = PV\cdot A_{He}/RT$

$\Rightarrow m_{He} = 1\cdot 1\cdot 4/0{,}082\cdot 300 = 0{,}162$ kg

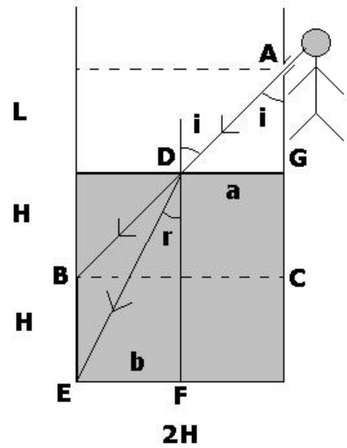
Como V = N·1 + 1 (N balões de $1m^3$ mais uma pessoa e a cesta, com volume estimado de também $1m^3$), temos em (1):
$1000 + N + N\cdot 0{,}162\cdot 10 = 1{,}18\cdot 10\cdot(N+1) \Rightarrow 9{,}18\cdot N = 1000 - 11{,}8$
$\Rightarrow N = 107{,}6$

Então, devemos usar no mínimo 108 balões.

29. Através de um tubo fino, um observador enxerga o topo de uma barra vertical de altura H apoiada no fundo de um cilindro vazio de diâmetro 2H. O tubo encontra-se a uma altura 2H + L e, para efeito de cálculo, é de comprimento desprezível. Quando o cilindro é preenchido com um líquido até uma altura 2H (veja figura), mantido o tubo na mesma posição, o observador passa a ver a extremidade inferior da barra. Determine literalmente o índice de refração desse líquido.



SOLUÇÃO:



Do triângulo ABC da figura acima temos:
$$sen(i) = \frac{2H}{\sqrt{(2H)^2+(H+L)^2}} = \frac{2H}{\sqrt{5H^2+2HL+L^2}}$$

Os triângulos ABC e ADG são semelhantes, logo:
$$\frac{a}{L}=\frac{2H}{L+H}\quad a=\frac{2HL}{L+H}\quad b=2H-a=\frac{2H^2}{L+H}$$

Do triângulo DEF temos:
$$sen(r)=\frac{b}{\sqrt{b^2+(2H)^2}}=\frac{2H^2}{L+H}\cdot\frac{1}{2H}\sqrt{\frac{H^2+2HL+L^2}{2H^2+2HL+L^2}}$$
$$sen(r)=\frac{H}{\sqrt{2H^2+2HL+L^2}}$$

Aplicando Snell-Descartes, temos:

$n_1 \operatorname{sen}(i) = n_2 \operatorname{sen}(r) \Rightarrow n_2 = 2\sqrt{\dfrac{2H^2 + 2HL + L^2}{5H^2 + 2HL + L^2}}$

30. Satélite síncrono é aquele que tem sua órbita no plano do equador de um planeta, mantendo-se estacionário em relação a este. Considere um satélite síncrono em órbita de Júpiter cuja massa é $M_J = 1{,}9 \times 10^{27}$kg e cujo raio é $R_J = 7{,}0 \times 10^7$m. Sendo a constante da gravitação $G = 6{,}7 \times 10^{-11} m^3\ kg^{-1}\ s^{-2}$ e considerando que o dia de Júpiter é de aproximadamente 10h, determine a altitude do satélite em relação à superfície desse planeta.

SOLUÇÃO:
Temos que:
$T = 10h = 10 \cdot 3600s = 3{,}6 \cdot 10^4$

$\Rightarrow \omega = \dfrac{2\pi}{T} = \dfrac{2\pi}{3{,}6.10^4}$

Para a condição de satélite síncrono temos:

$F_{cp} = F_g \Rightarrow \cancel{m} \cdot \omega^2 \cdot R = \dfrac{G\cancel{m}\mu_J}{R^2} \Rightarrow R^3 = \dfrac{G\mu_J}{\omega^2}$

$\Rightarrow R^3 = \dfrac{6{,}7 \cdot 10^{-11} \cdot 1{,}9 \cdot 10^{27}}{\left(\dfrac{2\pi}{3{,}6 \cdot 10^4}\right)^2} = \dfrac{6{,}7 \cdot 1{,}9 \cdot (3{,}6)^2 \cdot 10^{16}}{4\pi}$

$\Rightarrow R^3 = 4{,}18 \cdot 10^{16}$ m $\Rightarrow R = 1{,}61 \cdot 10^8$m $= 16{,}1 \cdot 10^7$m

Mas temos:
$R = R_s + h \Rightarrow 7 \cdot 10^7 + h = 16{,}1 \cdot 10^7 \Rightarrow h = 9{,}1 \cdot 10^7$m