

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  $R = \rho v d \eta^{-1}$ , em que  $\rho$  é a densidade do fluido,  $v$ , sua velocidade,  $\eta$ , seu coeficiente de viscosidade, e  $d$ , uma distância característica associada à geometria do meio que circula o fluido. Por outro lado, num outro tipo de experimento, sabe-se que uma esfera, de diâmetro  $D$ , que se movimentava num meio fluido, sofre a ação de uma força de arrasto viscoso dada por  $F = 3\pi D \eta v$ .

Assim sendo, com relação aos respectivos valores de  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\tau$ , uma das soluções é

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

**SOLUÇÃO IDEAL**

**ALTERNATIVA: A**

I) Sendo  $R$  uma constante, tem-se que:

$$k = [\rho]^\alpha \cdot [v]^\beta \cdot [d]^\gamma \cdot [\eta]^\tau$$

II) No segundo experimento é dada a equação da força de arrasto, portanto:

$$[F] = [D] \cdot [\eta] \cdot [V] \rightarrow [\eta] = \frac{[F]}{[D] \cdot [V]}$$

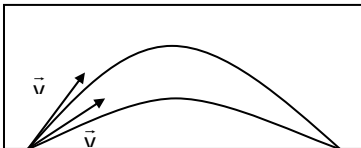
Substituindo (II) em (I) encontra-se:

III)  $[k] = L^{-3\alpha+\beta+\gamma-\tau} \cdot M^{\alpha+\tau} \cdot T^{-\beta-\tau}$ , logo:

$$\begin{aligned} \alpha + \tau &= 0 \quad (a) \\ -\beta - \tau &= 0 \quad (b) \\ -3\alpha + \beta + \gamma - \tau &= 0 \quad (c) \end{aligned}, \text{ portanto } \mathbf{A} \text{ é a alternativa}$$

certa, pois é a única que corresponde a uma possível solução para as três equações.

2) Um projétil de densidade  $\rho_p$  é lançado com um ângulo  $\alpha$  em relação à horizontal no interior de um recipiente vazio. A seguir, o recipiente é preenchido com um superfluido de densidade  $\rho_s$ , e o mesmo projétil é novamente lançado dentro dele, só que sob um ângulo  $\beta$  em relação à horizontal. Observa-se, então, que, para uma velocidade inicial  $\vec{v}$  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  $\beta$  de lançamento do projétil, que



- a)  $\cos \beta = (1 - \rho_s / \rho_p) \cos \alpha$ .
- b)  $\sin 2\beta = (1 - \rho_s / \rho_p) \sin 2\alpha$ .
- c)  $\sin 2\beta = (1 + \rho_s / \rho_p) \sin 2\alpha$ .
- d)  $\sin 2\beta = \sin 2\alpha / (1 + \rho_s / \rho_p)$ .
- e)  $\cos 2\beta = \cos \alpha / (1 + \rho_s / \rho_p)$ .

**SOLUÇÃO IDEAL**

**ALTERNATIVA: B**

I) A equação do alcance quando se tem em X: (MU) e em Y (MUV) como ocorre na questão, é dada por:  $A = \frac{v^2 \cdot \sin 2\theta}{a}$ .

II) Como os alcances são iguais, tem-se que:

$$\frac{\sin 2\alpha}{g} = \frac{\sin 2\beta}{a}, \text{ onde } \underline{a} \text{ representa a aceleração do}$$

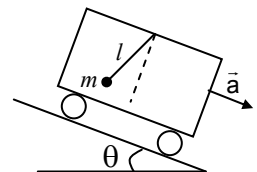
projétil no interior do superfluido. Tal aceleração é dada por:

$$a = g \left( 1 - \frac{\rho_s}{\rho_p} \right), \text{ substituindo na equação acima, encontra-}$$

$$\text{se: } \sin 2\beta = \sin 2\alpha \left( 1 - \frac{\rho_s}{\rho_p} \right).$$

3) Considere uma rampa de ângulo  $\theta$  com a horizontal sobre a qual desce um vagão, com aceleração  $\vec{a}$ , em cujo teto está pendurada 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  $\Delta l = l - l_0$  dada por

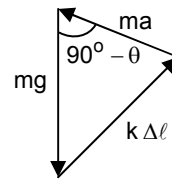
- a)  $\Delta l = mg \sin \theta / k$ .
- b)  $\Delta l = mg \cos \theta / k$ .
- c)  $\Delta l = mg / k$ .
- d)  $\Delta l = m \sqrt{a^2 - 2ag \cos \theta + g^2} / k$ .
- e)  $\Delta l = m \sqrt{a^2 - 2ag \sin \theta + g^2} / k$ .



**SOLUÇÃO IDEAL**

**ALTERNATIVA: E**

Adotando-se o referencial não inercial e representando a força inercial, obtemos o seguinte diagrama de forças.



Para um observador dentro do vagão a massa  $m$  está em repouso, por isso o triângulo de forças é fechado.

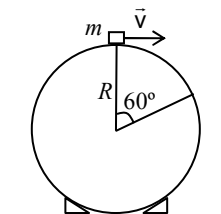
Aplicando a lei dos cossenos no triângulo, obtemos:

$$(k\Delta l)^2 = m^2 g^2 + m^2 a^2 - 2m^2 ag \cos(90^\circ - \theta)$$

$$\text{Logo, } \Delta l = m \sqrt{a^2 - 2ag \sin \theta + g^2} / k$$

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  $60^\circ$  (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 IDEAL**

**ALTERNATIVA: A**

$$F_{CP} = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow m \cdot g \cdot \cos 60^\circ = \frac{mv_F^2}{R} \Rightarrow$$

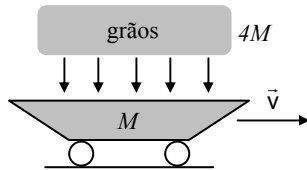
$$v_F^2 = \frac{Rg}{2}$$

$$W_R = E_{CF} - E_{Ci} \Rightarrow W_P - W_{FAT} = \frac{MV_F^2}{2} - \frac{MV_i^2}{2} \Rightarrow$$

$$m \cdot g \cdot h - \frac{7mg}{4\pi} \cdot \frac{\pi R}{3} = \frac{MRg}{4} - \frac{MV^2}{2} \Rightarrow$$

$$\frac{gR}{2} - \frac{7gR}{12} = \frac{gR}{4} - \frac{V^2}{2} \Rightarrow V = \sqrt{2gR/3}$$

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 IDEAL**  
**ALTERNATIVA: C**

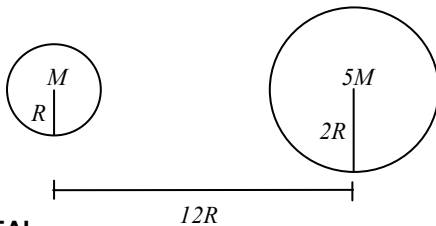
Aplicando conservação do momento linear:  $P_0 = P_f \Rightarrow M \cdot 20 = 5M \cdot V' \Rightarrow V' = 4m/s$

$$\Delta E = E_0 - E_f \Rightarrow \Delta E = E_{C0} + E_{P0} - E_{CF} \Rightarrow$$

$$\Delta E = \frac{M \cdot 400}{2} + 4M \cdot g \cdot h - \frac{5M \cdot 16}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta E = 400M \Rightarrow \frac{Q}{4M} = 100J/kg$$

6) Dois corpos esféricos de massa  $M$  e  $5M$  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  $12R$  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.

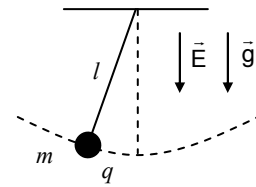
**SOLUÇÃO IDEAL**  
**ALTERNATIVA: D**

Vamos trabalhar com um eixo que passe pelo centro dos dois corpos e cuja origem está no centro do menor. Como o sistema é isolado, o centro de massa do sistema não altera:

$$\frac{M \cdot 0 + 5M \cdot 12R}{6M} = \frac{M \cdot d + 5M(d + 3R)}{6M} \Rightarrow d = 7,5R$$

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 IDEAL**  
**ALTERNATIVA: E**

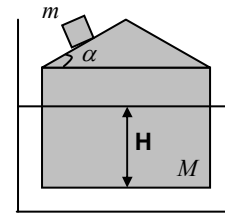
Calculando a aceleração devido a força elétrica:

$$m \cdot a = q \cdot E \Rightarrow a = \frac{q \cdot E}{m}$$

Como a força elétrica está direcionada para baixo:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g+a}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{ml}{mg+qE}}$$

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  $\alpha$ . O bloco flutua em um líquido de densidade  $\rho$ , 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)  $m \sin \alpha / S\rho$ .
- b)  $m \cos^2 \alpha / S\rho$ .
- c)  $m \cos \alpha / S\rho$ .
- d)  $m / S\rho$ .
- e)  $(m + M) / S\rho$ .

**SOLUÇÃO IDEAL**  
**ALTERNATIVA: B**

A força normal do objeto em relação ao bloco é dada por:  $N = mg \cos \alpha$

Assim, a força vertical que o objeto aplica no bloco é:  $F_Y = N \cos^2 \alpha$

Deste modo, o deslocamento devido a esta força é:

$$F_Y = \rho g S 4h \Rightarrow 4h = \frac{m \cos^2 \alpha}{S\rho}$$

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 IDEAL**  
**ALTERNATIVA: C**

Seja a distância entre a imagem e o objeto:  $x = p + p'$

Pela equação dos pontos conjugados:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{p+p'}{p \cdot p'} \Rightarrow pp' = xf$$

Com a média aritmética de dois números positivos é maior ou igual que a média geométrica:

$$\frac{p+p'}{2} \geq \sqrt{p \cdot p'} \Rightarrow \frac{x}{2} \geq \sqrt{xf} \Rightarrow x \geq 4f$$

A igualdade ocorre quando os termos da desigualdade são iguais:  $x = 4f \Rightarrow p = p' = 2f$

$$\text{Assim: } p^3 + fpp' + p'^3 = 8f^3 + 4f^3 + 8f^3 = 20f^3$$

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 IDEAL**

**ALTERNATIVA: D**

$$\beta_1 = 70\text{dB} = 7B \qquad \beta_2 = 120\text{dB} = 12B$$

A diferença entre os níveis sonoros é:  $\Delta\beta = 5B$

Sabendo que:  $P = I/A$ , temos.

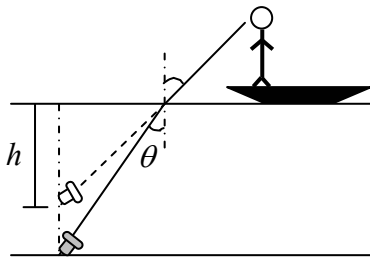
$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{I_2}{I_1} = 10^{\Delta\beta} \text{ , log o: } \frac{P_2}{P_1} = 10^5$$

$$\frac{\Delta P}{P_1} = \frac{P_2}{P_1} - 1 = \frac{10^5 P_1}{P_1} - 1 = 99999$$

Assim: a potência irradiada deve ser elevada de: 9999900%

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  $\theta$  com a vertical (veja figura). Considere:  $\tan \theta \cong \sin \theta \cong \theta$  e o índice de refração da água  $n = 1,33$ . Então, a profundidade aparente  $h$  vista pelo pescador é igual a

- a) 2,5 m.  
b) 5,0 m.  
c) 7,5 m.  
d) 8,0 m.  
e) 9,0 m.



**SOLUÇÃO IDEAL**

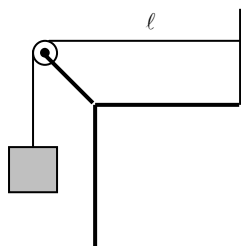
**ALTERNATIVA: C**

Aplicação de Dióptro Plano, logo:

$$\frac{|p'|}{|p|} = \frac{\text{nobserv}}{\text{nobjeto}} \qquad |p'| = 10 \cdot \frac{1}{1,33} \qquad |p'| = 7,5\text{m}$$

12) São de 100 Hz e 125 Hz, respectivamente, as frequências de duas harmônicas adjacentes de uma onda estacionária no trecho horizontal de uma 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  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , a massa do bloco suspenso deve ser de

- a) 10 kg.  
b) 16 kg.  
c) 60 kg.  
d)  $10^2$  kg.  
e)  $10^4$  kg.



**SOLUÇÃO IDEAL**

**ALTERNATIVA: A**

Trata-se de uma corda vibrante, assim:

$$\left. \begin{aligned} f_1 &= N \frac{V}{2\ell} \text{ (I)} \\ f_2 &= (N + 1) \frac{V}{2\ell} \text{ (II)} \end{aligned} \right\} \text{ Dividindo-se (I) por (II) temos: } \frac{f_1}{f_2} = \frac{N}{N+1}$$

$$\frac{100}{125} = \frac{N}{N+1} \rightarrow N = 4$$

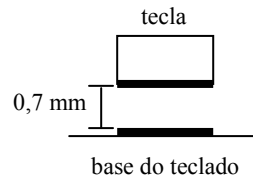
Conhecendo-se "N", pode-se determinar a velocidade de propagação da onda:  $f_1 = N \frac{V}{2\ell} \Rightarrow V = 10^2 \text{ m/s}$

Em seguida aplicando-se Taylor, tem-se:

$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \rightarrow m = 10\text{kg}$$

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 outra, na tecla. Em conjunto, elas funcionam como um capacitor de placas planas 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  $40 \text{ mm}^2$  de área e  $0,7 \text{ mm}$  de distância inicial entre si. Considere ainda que a permissividade do ar seja  $\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ . Se o circuito eletrônico é capaz de detectar uma variação da capacitância a partir de  $0,2 \text{ pF}$ , 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 IDEAL**

**ALTERNATIVA: B**

Deve-se conhecer a Equação do Capacitor Plano:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Assim, determina-se a capacitância do sistema para a situação inicial:  $C_0 = 0,51 \text{ pF}$

Considerando que  $\Delta C = C - C_0$ , temos que  $C \cong 0,7 \text{ pF}$

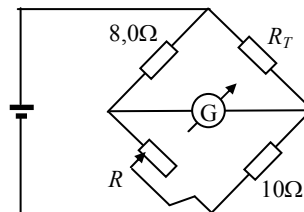
Assim, é possível achar a nova distância entre as placas:

$$d = \frac{\epsilon_0 A}{C} = 0,5 \text{ mm}$$

Portanto;  $\Delta d = 0,2 \text{ mm}$  corresponde deslocamento sofrido pelo teclado

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  $4,00 \Omega$  para  $2,00 \Omega$ . Sabendo que a resistência varia linearmente com a temperatura e que o coeficiente linear de temperatura para o tungstênio vale  $\alpha = 4,00 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , a variação da temperatura do óleo deve ser de

- a)  $-125 \text{ }^\circ\text{C}$ .  
b)  $-35,7 \text{ }^\circ\text{C}$ .  
c)  $25,0 \text{ }^\circ\text{C}$ .  
d)  $41,7 \text{ }^\circ\text{C}$ .  
e)  $250 \text{ }^\circ\text{C}$ .



**SOLUÇÃO IDEAL**

**ALTERNATIVA: E**

I) Estando a parte em equilíbrio:  $R \cdot R_T = 80 \Omega$

- i) para  $R = 4,00 \Omega \rightarrow R_T = 20 \Omega$   
ii) para  $R = 2,00 \Omega \rightarrow R_T = 40 \Omega$

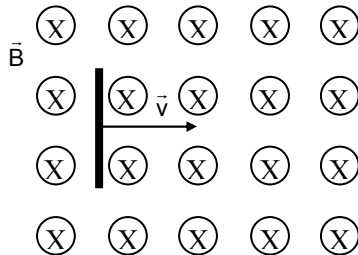
II) Como a resistência varia linearmente com a temperatura, tem-se:

$$R = R_0 (1 + \alpha \Delta\theta) \rightarrow 40 = 20 \cdot (1 + 4,00 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta\theta)$$

$$\Delta\theta = 250^\circ\text{C}$$

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  $v = 216 \text{ km/h}$  num plano horizontal (veja figura), próximo à superfície da Terra. Sendo criada uma diferença de potencial (ddp) de  $3,0 \times 10^{-3} \text{ V}$  entre as extremidades da barra, o valor do componente vertical do campo de indução magnética terrestre nesse local é de

- a)  $6,9 \times 10^{-6} \text{ T}$ .
- b)  $1,4 \times 10^{-5} \text{ T}$ .
- c)  $2,5 \times 10^{-5} \text{ T}$ .
- d)  $4,2 \times 10^{-5} \text{ T}$ .
- e)  $5,0 \times 10^{-5} \text{ T}$ .



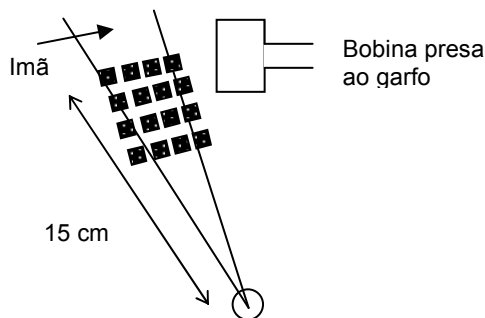
**SOLUÇÃO IDEAL**  
**ALTERNATIVA: C**

Da lei de Faraday, sabe-se que a f.e.m. para translação é dada por:

$$\varepsilon = B \cdot \ell \cdot v \cdot \cos \theta \Rightarrow 3 \cdot 10^{-3} = B \cdot 2 \cdot 60 \Rightarrow B = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

16) Uma bicicleta, com rodas de 60 cm de diâmetro externo, tem seu velocímetro composto de um ímã preso em raios, a 15 cm o eixo da roda, e de uma bobina quadrada de  $25 \text{ mm}^2$  de área, com 20 espigas 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 (ver a figura). Com a bicicleta a  $36 \text{ km/h}$ , a força eletromotriz máxima gerada pela bobina é de

- a)  $2 \times 10^{-5} \text{ V}$ .
- b)  $5 \times 10^{-3} \text{ V}$ .
- c)  $1 \times 10^{-2} \text{ V}$ .
- d)  $1 \times 10^{-1} \text{ V}$ .
- e)  $2 \times 10^{-1} \text{ V}$ .



**SOLUÇÃO IDEAL**  
**ALTERNATIVA: D**

Considerando que a velocidade angular é constante temos:

$$v_2 = \left( \frac{R_2}{R_1} \right) \cdot v_1 \rightarrow v_2 = \left( \frac{30}{60} \right) \cdot 10 \Rightarrow v_2 = 5,0 \text{ m/s}$$

$$E_{\text{ind}} = N \cdot B \cdot L \cdot v \quad E_{\text{ind}} = 20 \cdot 0,2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 5$$

$$E_{\text{ind}} = 1 \cdot 10^{-1} \text{ V}$$

17) Um automóvel pára quase que 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 caro 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 IDEAL**  
**ALTERNATIVA: A**

Considerando que o Teorema do Impulso é  $I = \Delta Q$  e que  $I = F \cdot \Delta t$ , temos:  $F = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$

Como  $\Delta Q$  é igual em ambos os casos deve-se observar o tempo de interação, que no caso do air-bag é maior, logo a força trocada tem menor intensidade.

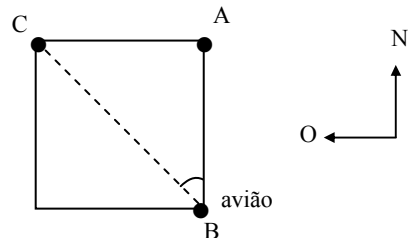
18) Um avião de vigilância aérea está voando a uma altura de 5,0 km, com velocidade de  $50\sqrt{10} \text{ m/s}$  no rumo norte, e capta no radiogoniômetro um sinal de socorro vindo da direção noroeste, de um ponto fixo no solo. O piloto então liga o sistema de pós-combustão da turbina, imprimindo uma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

**SOLUÇÃO IDEAL**  
**ALTERNATIVA: D**

A distância percorrida pelo avião no intervalo de tempo dado é:

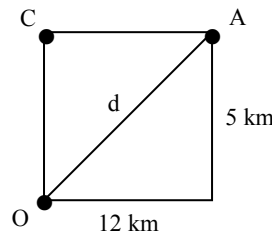
$$\Delta S = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow \Delta S = 12 \text{ km}$$

Vista de cima:



$$\text{Como } \hat{C} \hat{B} A = 45^\circ \Rightarrow \overline{AB} = \overline{CA} = 12 \text{ km}$$

Vista do plano no instante dado:

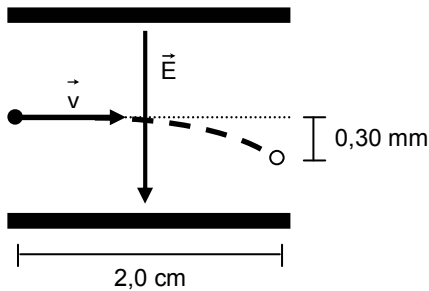


Por Pitágoras,  $d = 13 \text{ km}$

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  $10\ \mu\text{m}$  lançadas com velocidade de módulo  $v = 20\text{m/s}$  entre placas de comprimento igual a  $2,0\ \text{cm}$ , no interior das quais existe um campo elétrico vertical uniforme, cujo módulo é  $E = 8,0 \cdot 10^4\ \text{N/C}$  (veja figura). Considerando que a densidade da gota seja de  $1000\text{kg/m}^3$  e sabendo-se que a mesma sofre um desvio de  $0,30\ \text{mm}$  ao atingir o final do percurso, o módulo da sua carga elétrica é de

- a)  $2,0 \cdot 10^{-14}\ \text{C}$ .
- b)  $3,1 \cdot 10^{-14}\ \text{C}$ .
- c)  $6,3 \cdot 10^{-14}\ \text{C}$ .
- d)  $3,1 \cdot 10^{-11}\ \text{C}$ .
- e)  $1,1 \cdot 10^{-10}\ \text{C}$ .



**SOLUÇÃO IDEAL**  
**ALTERNATIVA: B**

Pela 2ª Lei de Newton temos:

$$F_R = m \cdot a \quad q \cdot E = m \cdot a \quad a = \frac{qE}{m} \quad (I)$$

Da equação da densidade, temos:

$$m = d \cdot v \quad m = \frac{4}{3} d \pi R^3 \quad (II)$$

Substituindo II  $\rightarrow$  I; temos:  $a = \frac{qE}{m} \quad (III)$

Pela equação do alcance do lançamento horizontal, temos:

$$A = v \cdot \sqrt{\frac{2h}{a}} \Rightarrow A = v \cdot \sqrt{\frac{8 \cdot h \cdot d \cdot \pi \cdot R^3}{3 \cdot q \cdot E}}$$

$$q = 3,14 \cdot 10^{-14}\ \text{C}$$

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

- a)  $-14\ \text{m/s}^2$ .
- b)  $-10\ \text{m/s}^2$ .
- c)  $-6\ \text{m/s}^2$ .
- d)  $6\ \text{m/s}^2$ .
- e)  $14\ \text{m/s}^2$ .

**SOLUÇÃO IDEAL**  
**ALTERNATIVA: C**

Pela equação da Pressão Hidrostática, temos:

$$P_H = \mu \cdot g \cdot h \Rightarrow 10 \cdot 10^3 = 10^3 \cdot 10 \cdot h \Rightarrow h = 1\ \text{m}$$

Pela 2ª Lei de Newton, temos:

$$F_R = m \cdot a \quad \Delta P \cdot A = d \cdot A \cdot h \cdot a$$

$$-6 \cdot 10^3 = 10^3 \cdot 1 \cdot a \quad a = -6\ \text{m/s}^2$$

**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 + elétron após a colisão. Dados: a energia do átomo de hidrogênio no estado  $n$  é  $E_n = E_0/n^2$ , o momentum do fóton é  $h\nu/c$ ; e a energia deste é  $h\nu$ , em que  $h$  é a constante de Plank,  $\nu$  a frequência do fóton e  $c$  a velocidade a luz.

**SOLUÇÃO IDEAL**

1) Antes de emitir o fóton a energia do sistema é:

$$E^2 = (mc^2)^2 \quad \frac{E_0}{n^2} = mc^2 \quad m = \frac{E_0}{(nc)^2}$$

2) Depois da emissão e considerando a massa do elétron incorporado desprezível comparada com a do sistema, temos:

$$E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2 \quad (Ec + 2E_0)^2 = \left(\frac{hf}{c} \cdot c\right)^2 + (mc^2)^2$$

$$Ec = \left[ (hf)^2 + \left(\frac{E_0}{n}\right)^2 \right]^{1/2} - 2E_0$$

Usando  $Ec = mc^2(\gamma - 1)$ , onde  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$ ; temos:

$$v = c \sqrt{1 - \frac{\frac{E_0^2}{n^4}}{\left( \sqrt{(hf)^2 + \left(\frac{E_0}{n}\right)^2} - 2E_0 + \frac{E_0}{n^2} \right)^2}}$$

**Obs:** Um erro comum é considerar  $Ec = mv^2/2$  ou  $Q = mv$ , pois assim dá-se um tratamento de mecânica clássica a uma questão que, pelo que diz enunciado, trata-se de um enfoque puramente relativístico.

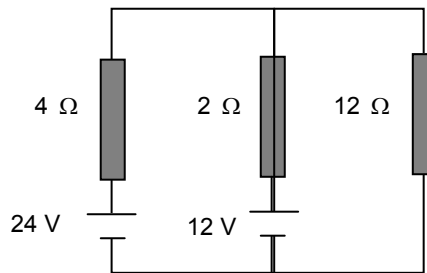
**22)** Inicialmente  $48\ \text{g}$  de gelo a  $0\ ^\circ\text{C}$  são colocados num calorímetro de alumínio de  $2,0\ \text{g}$ , também a  $0\ ^\circ\text{C}$ . Em seguida,  $75\ \text{g}$  de água a  $80\ ^\circ\text{C}$  são despejados dentro desse recipiente. Calcule a temperatura final do conjunto. Dados: calor latente do gelo  $L_g = 80\ \text{cal/g}$ , calor específico da água  $\text{CH}_2\text{O} = 1,0\ \text{cal g}^{-1}\ ^\circ\text{C}^{-1}$ , calor específico do alumínio  $c_{Al} = 0,22\ \text{cal g}^{-1}\ ^\circ\text{C}^{-1}$ .

**SOLUÇÃO IDEAL**

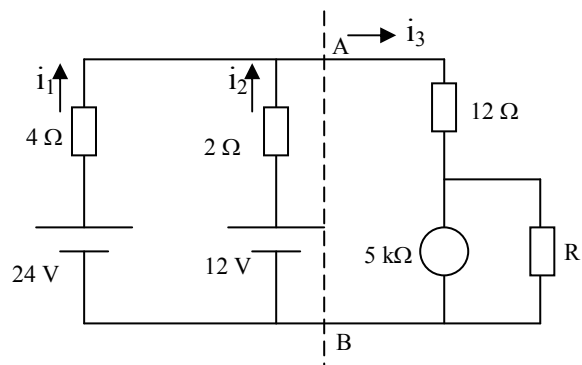
Do princípio das trocas de calor (1ª lei da Termodinâmica)

$$\sum Q_{\text{Rec}} + \sum Q_{\text{Cec}} = 0 \Rightarrow Q_{\text{calorim}} + Q_{\text{H}_2\text{O}} + Q_{\text{gelo}} = 0 \Rightarrow 48 \cdot 80 + 48 \cdot 1 \cdot \theta + 2,0 \cdot 22 \cdot \theta + 75 \cdot 1 \cdot (\theta - 80) = 0 \Rightarrow \theta \cong 17,5\ ^\circ\text{C}$$

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



**SOLUÇÃO IDEAL**

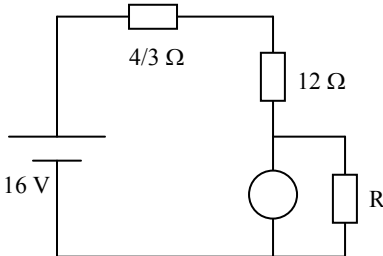


Substituindo os geradores de 24 V e 12 V assim como as resistências de 4 Ω e 2 Ω pelos respectivos valores em Thevenin  $E_{TH}$  e  $R_{TH}$ , encontra-se:

$$E_{TH} = 12 + \frac{2(24 - 12)}{6} = 16V$$

$$R_{TH} = \frac{4 \cdot 2}{4 + 2} = \frac{4}{3} \Omega$$

Então o circuito será:



Aplicando a 1ª Lei de Ohm para a malha e tendo  $R_G \gg R$ , encontra-se:

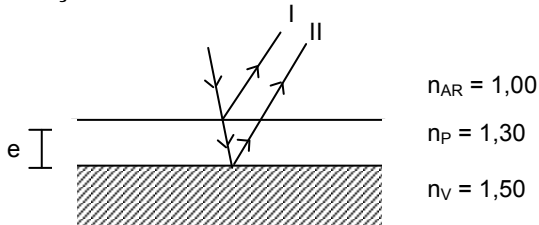
$$16 = \left( \frac{4}{3} + 12 + R \right) i \Rightarrow 16 = \frac{40}{3} i + 0,5 i \Rightarrow 15,5 = \frac{40}{3} i \Rightarrow$$

$$i = 1,1625 \text{ A}$$

$$\text{Para o resistor } R: 0,5 = 1,625 \cdot R \Rightarrow R = 0,43 \Omega$$

**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 da onda  $\lambda = 5500 \text{ \AA}$ , 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 IDEAL**



Os raios (I), que refletem na interface (ar-película), e que refletem a interface (película-vidro), sofrem inversão de fase, então para que se tenha mínima reflexão, deve-se ter:

$$2e = \left( m + \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{\lambda}{n_p}$$

$$\text{para } m = 0 \rightarrow 2e = \frac{1}{2} \cdot \frac{5500}{1,30} \rightarrow e = 1057 \text{ \AA}$$

**25)** Num experimento, foi de  $5,0 \times 10^3 \text{ m/s}$  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  $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$  e constante de Plank reduzida  $h = 1,1 \times 10^{-34} \text{ Js}$ .

**SOLUÇÃO IDEAL**

De acordo com o princípio da incerteza de Heisenberg:

$$\Delta x \cong \frac{h}{2mv}, \text{ sendo assim: } \Delta x \cong \frac{1,1 \cdot 10^{-34}}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 0,003\% \cdot 5 \cdot 10^3} \Rightarrow$$

$$\Delta x \cong 0,403 \text{ mm}$$

**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 da superfície da Lua com aquela mesma velocidade inicial  $v$ .

**SOLUÇÃO IDEAL**

Cálculo do Potencial no interior da cratera:

$$V_p = - \int_{\infty}^{R_L} \vec{g} \cdot d\vec{l} = - \int_{\infty}^{R_L} g \cdot dr - \int_{R_L}^r g \cdot dr \Rightarrow$$

$$V_p = -V_s - \int_R^r \frac{GM'}{r^2} dr$$

$$\text{Cálculo de } M': M' = \frac{Mr^3}{R^3}$$

$$V_p = -V_s - \frac{GM}{R^3} \int_R^r r \cdot dr = -V_s - \frac{GM}{2R^3} (r^2 - R^2),$$

onde  $R = r + 100$

$$V_p = -V_s + \frac{50GM(2R - 100)}{R^3} \Rightarrow$$

$$V_p = -\frac{GM}{R} + \frac{100GM}{R^2} - \frac{5000GM}{R^3}$$

A energia no fundo da cratera e na superfície são iguais:

$$\frac{mv_e^2}{2} - \frac{GMm}{R} + \frac{100GMm}{R^2} - \frac{5000GMm}{R^3} = \frac{mv_s^2}{2} - \frac{GMm}{R} \Rightarrow$$

$$v_s = \sqrt{\frac{2GM}{R} + \frac{200GM}{R^2} - \frac{10000GM}{R^3}} \Rightarrow$$

$$v_s = v_e \sqrt{1 + \frac{100}{R^2} - \frac{5000}{R^3}} \Rightarrow v_s > v_e$$

ou seja, quando o projétil chega a superfície sua velocidade é ligeiramente superior à velocidade de escape, então o projétil escapa.

**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 IDEAL**

Estimando uma sala de:

Largura: 6 m

Comprimento: 8 m

Altura: 3 m

Temos um volume de:

$$V = 6 \cdot 8 \cdot 3 \Rightarrow V = 144 \text{ m}^3$$

Sabendo que nas C.N.T.P. a densidade do ar  $1,2 \text{ kg/m}^3$ , temos que:

$$m = d \cdot V \Rightarrow m = 1,2 \cdot 144 \Rightarrow m = 172,8 \text{ kg}$$

**28)** Uma cesta portando uma pessoa deve ser suspensa por meio de balões, sendo cada qual inflado com  $1 \text{ m}^3$  de hélio na temperatura local ( $27 \text{ }^\circ\text{C}$ ). 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  $R = 0,082 \text{ atm } \ell \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . 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 IDEAL**

Para que o dispositivo suba é necessário que a soma dos empuxos de cada balão seja, no mínimo, dado por:

$$n \cdot E = n \cdot P_b + n \cdot P_{he} + 1000$$

Onde:

$n = \text{n}^\circ$  de balões

$E = \text{empuxo}$

$P_b = \text{peso do balão vazio}$

$P_{he} = \text{peso do gás hélio}$

Para encontrarmos  $n$ , devemos primeiramente encontrar:

1)  $d_{ar}$  = densidade do ar

$$PV = nRT \Rightarrow P_0 = \frac{d_{ar}RT}{\text{Molar}} \Rightarrow d_{ar} = \frac{P_0 \cdot \text{Molar}}{RT}$$

Onde:  $P_0$  = pressão atmosférica

$$\text{Molar} = 0,3 \cdot \text{Mol}_{O_2} + 0,7 \cdot \text{Mol}_{N_2} = 29,2g$$

$$d_{ar} = 1,186 \text{ kg/m}^3$$

2)  $P_{he}$  = peso do gás hélio

$$PV = nRT \Rightarrow P_0 \cdot V = \frac{m}{\text{Mol}} \cdot RT \Rightarrow m_{he} = \frac{P_0 \cdot \text{Mol}_{he} \cdot V}{RT} \Rightarrow$$

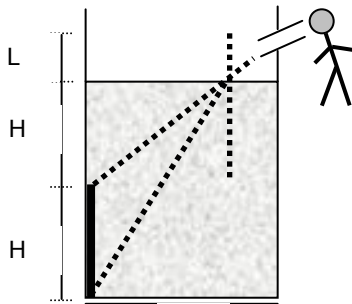
$$m_{he} = 0,1626 \text{ kg}$$

$$\text{Assim: } n \cdot d_{ar} \cdot g \cdot V = n \cdot P_b + n \cdot P_{he} + 1000$$

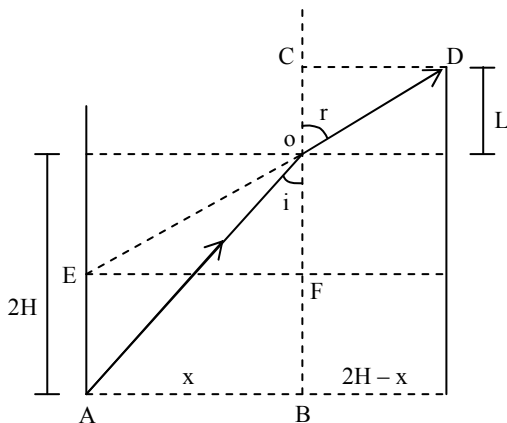
$$n \cdot 1,186 \cdot 10 \cdot 1 = n \cdot 1 + n \cdot 1,626 + 1000$$

$$n = 107,5 \Rightarrow n = 108 \text{ balões}$$

**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 IDEAL**



$$\text{I) O } \triangle OCD \sim \triangle OEF \Rightarrow \frac{2H-x}{L} = \frac{x}{H} \Rightarrow x = \frac{2H^2}{L+H}$$

II) Da equação de Snell:  $n_l \cdot \text{sen } i = n_{ar} \cdot \text{sen } r$

$$n_L \cdot \sqrt{\frac{\text{tg}^2 i}{1 + \text{tg}^2 i}} = 1 \cdot \sqrt{\frac{\text{tg}^2 r}{1 + \text{tg}^2 r}} \Rightarrow n_L \sqrt{\frac{\frac{x^2}{4H^2}}{1 + \frac{x^2}{4H^2}}} = \sqrt{\frac{\frac{x^2}{H^2}}{1 + \frac{x^2}{H^2}}} \Rightarrow$$

$$n_L^2 = \frac{4H^2 + x^2}{H^2 + x^2}$$

III) Substituindo (II) em (I):

$$n_L^2 = \frac{4H^2 + \frac{4H^4}{(L+H)^2}}{H^2 + \frac{4H^4}{(L+H)^2}} \Rightarrow n_L = 2 \sqrt{\frac{H^2 + (L+H)^2}{4H^2 + (L+H)^2}}$$

**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  $M_J = 1,0 \times 10^{27} \text{ kg}$  e cujo raio é  $R_J = 7,0 \times 10^7 \text{ m}$ . Sendo a constante da gravitação universal  $G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$  e considerando que o dia de Júpiter é de aproximadamente 10 h, determine a altitude do satélite em relação à superfície dessa planeta.

**SOLUÇÃO IDEAL**

Como o satélite é geo-estacionário, o período do satélite é igual ao do planeta.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}} \Rightarrow r = 16,1 \times 10^7 \text{ m}$$

Considerando "r" a distância da órbita ao centro de Júpiter, temos que:

$$r = R_J + h, \text{ onde } h \text{ é a altitude, assim temos:}$$

$$h = 9,1 \cdot 10^7 \text{ km}$$

## Solução Ideal - ITA 2005

### Física

Este gabarito foi totalmente elaborado pela equipe de professores de Física do **Ideal Militar**

*Equipe de Física*

Prof. Marcelo Rufino

Prof. Félix Anderson

Prof. Orival Medeiros

Prof. Edilson Lima

Prof. Reginaldo Rodrigues

Prof. Alexandre Sampaio