3^a FASE - 1^o e 2^o ANOS
28/10/2000

Quando necessário considere:
$g = 10\ m/s^2$, densidade da água = 1 g/cm^3 , 1 atm = $10^5\ N/m^2$, $c_{água} = 1\ cal/g.^0C$, $G = 6,67 \times 10^{-11}\ Nxm^2/kg^2$, r_{terra}= 6400 km, sen 27^0 = 0,45 , cos 27^0 = 0,90 , c = 300.000 km/s; $M_{Terra} = 5,98 \times 10^{24}$ kg; $M_{Lua} = 7,38 \times 10^{22}$ kg; $R = 8,2x10^{-2}$ (litrosxatm)/(mol.K), 1 cal = 4,2 J.

QUESTÃO 01

Colocam-se dois satélites artificiais de mesmas massas, em órbitas circulares: um em órbita lunar e outro em órbita terrestre. A intensidade das forças que a Terra e a Lua exercem sobre eles é a mesma. Calcule:

a) A razão entre os raios de suas órbitas. .
b) A razão entre seus períodos.

Respostas:

a) Satélite terrestre: $F_T = GM_Tm/d_T^2$; Satélite lunar: $F_L = GM_Lm/d_L^2$. Sendo $F_T = F_L$, pode-se escrever: $GM_Tm/d_T^2 = GM_Lm/d_L^2 \rightarrow M_T/d_T^2 = M_L/d_L^2$ donde $(d_T/d_L) = \sqrt{(M_T/ M_L)}$ onde d_T e d_L representam os raios das órbitas terrestre e lunar e M_T e M_L as massas da Terra e da Lua. Substituindo-se os valores das massas, tem-se:

$$\boxed{(d_T/d_L) = \sqrt{(5,98x10^{24}/ 7,38x10^{22})} = 9 \text{ ou } (d_L/d_T) = 1/9}$$

b) A força gravitacional da Terra ou da Lua sobre um satélite artificial em órbita circular com velocidade V é a força centrípeta necessária para ele (o satélite) permaneça em órbita. Então: Satélite terrestre: $GM_Tm/d_T^2 = mV_T^2/d_T$ donde $V_T = \sqrt{(GM_T/d_T)}$; analogamente, para um satélite lunar: $V_L = \sqrt{(GM_L/d_L)}$. A partir da razão entre as velocidades orbitais pode-se obter a relação entre os períodos dos movimentos. Assim: $(V_T/V_L) = \sqrt{[(M_T/M_L)(d_L/d_T)]}$, mas substituindo-se $(M_T/M_L) = d_T^2/d_L^2$, tem-se que: $(V_T/V_L) = \sqrt{[(d_T^2/d_L^2)(d_L/d_T)]} = \sqrt{[(d_T/d_L)} = \sqrt{(9)} = 3$ ou seja : $(V_T/V_L) = 3$. Como no movimento circular a velocidade pode ser expressa em função do raio e do período : $V_T = 2\pi d_T/T_T$ e $V_L = 2\pi d_L/T_L$ que substituídos na relação entre as velocidades resulta a relação entre os períodos. Assim:
$(V_T/V_L) = (d_T/d_L)(T_L/T_T) = 3$, mas como $(d_T/d_L) = 9$ tem-se finalmente que:

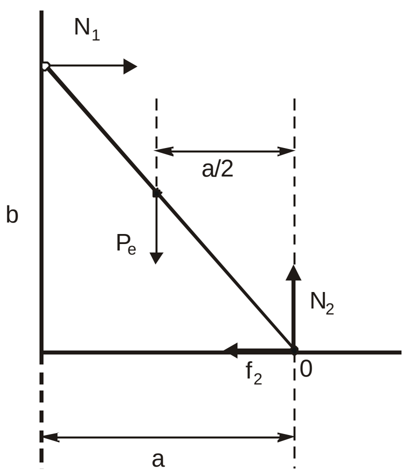
$$\boxed{(T_L/T_T) = 1/3 \text{ ou } (T_T/T_L) =3}$$

QUESTÃO 02

Uma escada de 5 m de comprimento e massa 40 kg tem roldanas na extremidade superior de forma que, ao ser encostada numa parede, o atrito é desprezível. O centro de massa da escada fica no meio dela e o coeficiente de atrito do pé da escada com o piso é $\mu = 0{,}375 = 3/8$.

a) Calcular a máxima distância da parede até o pé da escada, para que ela fique em equilíbrio, encostada na parede.
b) Na situação de equilíbrio anterior, uma pessoa de 80 kg começa a subir a escada bem devagar. Calcular a máxima altura que a pessoa poderá subir.

Resposta.



a) $P_e = N_2 \quad N_1 = f_2 = \mu N_2 = \mu P_e$

Torques com relação a O:

$a/2\ P_e = N_1 b$

$a\ P_e = 2\ \mu P_e\ b$

$a = 2\ \mu b = 2 \times 3/8\ b \qquad b = 4/3\ a$

$a^2 + b^2 = 25 \qquad a^2 + 16/9\ a^2 = 25 \qquad (9a^2 + 16a^2)/9 = 25$

$a = 3$ m

b)

$h/x = b/a = 4/3$

$h = 4/3\ x$

$N_1 = f_2 = \mu N_2$

$N_2 = P + P_e \qquad N_1 = \mu\ (P + P_e)$

$P_x + a/2\ P_e = \mu b\ (P + P_e) \qquad P_x = \mu b\ (P + P_e) - a/2\ P_e$

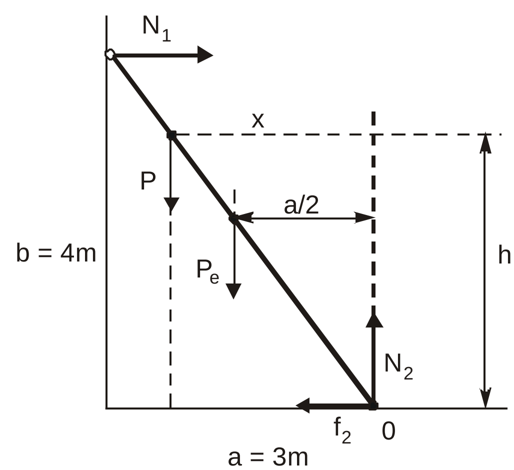
$x = \mu b\ (1 + P_e / P) - a/2\ P_e /P$

$a = 3$ m $\quad b = 4$ m $\quad P_e /P = 2$

$x = 3/8\ 4\ (1 + ½) - 3/2\ ½ = 9/4 - ¾ = 6/4$

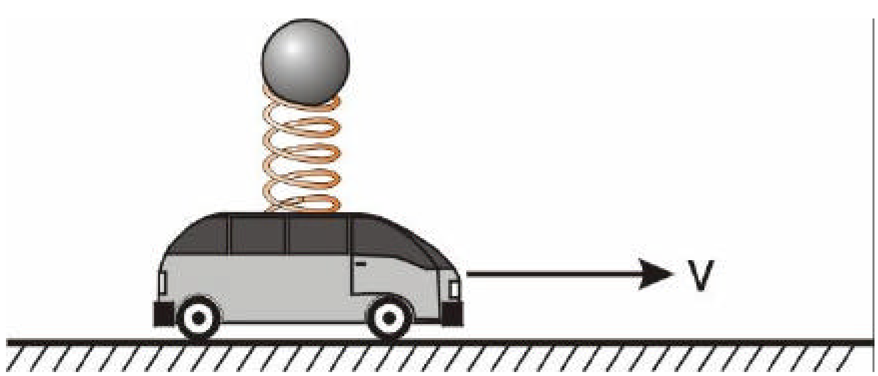
$x = 1{,}5$ m

$h = 4/3\ x = 2$ m



QUESTÃO 03

Prende-se uma extremidade de uma mola num carrinho e sobre a outra coloca-se uma esfera de 100 g. A mola é comprimida de 10 cm e o carrinho é posto em movimento uniforme sobre uma superfície horizontal.



Através de dispositivo especial a mola é solta, lançando a esfera para cima, a qual, após instantes cai novamente sobre a mola. Despreze os atritos. Calcule, sabendo que a constante da mola K = 160 N/m.

a) O tempo que a esfera permanece no ar.(desconectada da mola).
b) A velocidade do carrinho, sabendo que ele deslocou 6 m enquanto a esfera permaneceu no ar.

Como os movimentos são independentes, na horizontal a bolinha e o carrinho mantêm a mesma velocidade Vo e é por isso que a bolinha, após atingir a altura máxima, cai em cima do carrinho.
Em primeiro lugar vamos calcular a velocidade de lançamento vertical da bolinha aplicando a Lei da Conservação da Energia: $(1/2)kX^2 = (1/2)mV_{oy}^2$. Portanto, $V_{oy} = (k/m)^{1/2}X$.
Para responder às questões vamos escrever as equações do movimento parabólico da bolinha considerando as direções x (horizontal) positiva para esquerda e y (vertical) positiva para cima, e a aceleração da gravidade $g = 10\ m/s^2$ (vertical para baixo)

$x = V_{ox}.t$ ($V_{ox} = Vo$ = velocidade do carrinho) e $V_x = V$

$V_y = V_{0x} - 10t$

a) Tempo que a bolinha fica no ar. Fazendo $y = 0$ podemos calcular o instante t em que a bolinha chega ao carrinho depois de ter atingido a altura máxima. Assim: $0 = V_{oy}t - 5t^2 = t(V_{oy} - 5t)$. Tem-se duas soluções: $t' = 0$ (início do movimento) e $t'' = V_{oy}/5 = (k/m)^{1/2}X/5 = (160/0,1)^{1/2}(0,1/5) = 0,8$ s . Portanto, o tempo que a bolinha fica no ar é t = 0,8s.
b) Velocidade Vo do carrinho. Na equação $x = V_o t \rightarrow Vo = x/t$ onde x = 6 m e t = 0,8 s
$V_0 = 6/0,8 = 7,5$ m/s

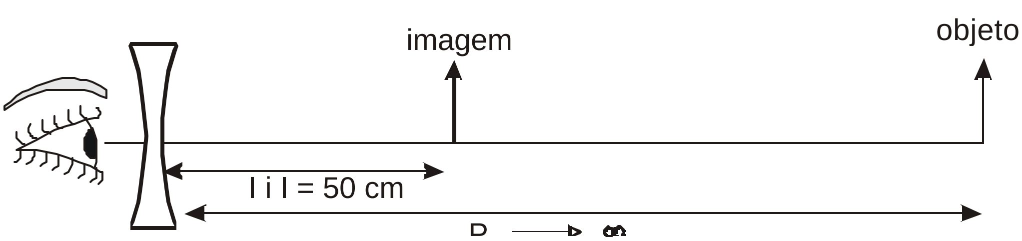
QUESTÃO 04

Um míope só consegue enxergar perfeitamente bem, objetos que estão a distâncias entre 20 cm e 50 cm do olho.

a) Explicar (com figura inclusive) que tipo de lente o míope deve usar para ter visão normal. Calcular a distância focal e a potência ótica da lente (em dioptrias).
b) Calcular a distância do ponto próximo do míope com óculos.

Resposta.

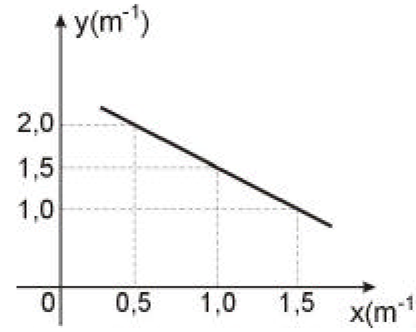
a) Para objeto no infinito ($p = \infty$) a lente deve formar uma imagem à distância $|i| = 50$ cm:
$1/p + 1/i = 1/f$ $\quad$ $1/\infty + 1/i = 1/f \rightarrow f=i$ $\quad$ $f= -50$ cm



A imagem é virtual: i = -50 cm
$1/p + 1/i = 1/i = 1/f$ $\quad$ f = -50 cm (lente menisco divergente)
Potência ótica ; P = 1/f(m) = - 1/0,5 = -2,0 dioptrias.
b) A mínima distância possível para a imagem é $|i| = 20$ cm ou i =- -20 cm (imagem virtual)
$1/p = 1/f - 1/i = - 1/50 + 1/20$

p = 33,3 cm ponto próximo

QUESTÃO 05



Um objeto luminoso de 2,0 cm de altura é colocado defronte a uma lente convergente em diversas posições. O gráfico do inverso da distância do objeto (y), em função do inverso da posição da respectiva imagem (x) formada, é ilustrado na figura.
Calcule:

a) A distância focal da lente.
b) A altura da imagem formada quando o objeto se encontra a 10 cm do vértice da lente.

Resposta.

A equação dos pontos conjugados para as lentes é (1/p) + (1/p') = (1/f) . Podemos associar: y = (1/p) e x = (1/p') .

a) Para y = 1 →x = 1,5. Logo, 1 + 1,5 = (1/f) ∴ $\boxed{\text{f = 0,4 m ou f = 40 cm}}$ que é a distância focal da lente.
b) A altura da imagem pode ser determinada pela relação h'/h = - p'/p ou h'= (-p'/p).h onde h = 2 cm; p = 10 cm. Para se determinar p' utiliza-se a equação dos pontos conjugados: (1/10) + (1/p') = (1/40) donde p'= - (40/3) cm. Substituindo-se na equação da altura temos que h'= -[(-40/30)/10].2 = 8/3 cm. Portanto, a imagem terá comprimento $\boxed{\text{h'= 8/3 cm} \cong \text{2,67 cm.}}$

QUESTÃO 06

Uma usina termoelétrica injeta uma potência de 1,5 x 10^9 W para as águas de um rio a 20 ^{0}C que constitui a fonte fria do sistema. Esta usina trabalha com uma eficiência de 40%.

a) Calcular a máxima vazão de água de refrigeração (em m^3 por segundo) para que o aquecimento da água não seja maior que 2 ^{0}C.
b) Qual o rendimento desta usina, sabendo-se que a potência total consumida para seu funcionamento é de 3,75 x 10^9 W.

Resposta.

a) Potência injetada como calor: P_Q = P_{total} x 0,60 = 1,5 x 10^9 J/s
P = 1,5 x 10^9 W ou P_Q = 3,75 x 10^8 cal/s
Em cada segundo : Q = 3,75 x 10^8 cal
Q = ΔmcΔT c = 1cal/g.^{o}C e ΔT = 2^o C
Δm = Q / cΔT = 1,79 x 10^8 g = 1,79 x 10^5 kg e a vazão = 1,79 x 10^5 litros/s ou **179 m^3/s**

b) R = 40%

QUESTÃO 07

Um automóvel consegue frear de 108 km/h até parar, numa distância de 55m no plano. Desprezar a resistência do ar.

a) Calcular o coeficiente de atrito com o piso.
b) Admitindo que a potência do motor é suficientemente alta , calcular o tempo mínimo (em segundos) para que a velocidade varie de 0 a 100 km/h.

Resolução:

a) v_0 = 108 km/h = 30 m/s

Trabalho da força de atrito: $W = F_{at}\, d = ½\, m\, v_0^2$

$F_{at} = m\, v_0^2 / 2d = 8{,}18\ m$

$F_{at} = \mu N = \mu mg = 8{,}18\ m$ **m = 0,82**

b) $F_{at} = ma = \mu mg =$ ou $a = \mu g = 8{,}2\ m/s^2$

$a = v_{final} / t$ $t = v_{final} / a$

v_{final} = 100 km/h = 27,8 m/s

t = 3,40 s

QUESTÃO 08

A massa de um bate-estaca, que cai sobre a estaca a cada 2 minutos, é de 100 kg. Essa massa é solta de 10 m de altura e cai sobre uma estaca de aço de 2 toneladas afundando-a 5 cm.

a) Calcular a força média exercida sobre a estaca.
b) Estimar a potência do motor que aciona o bate-estaca admitindo uma eficiência de 40% na conversão de energia elétrica em energia mecânica. Fazer as considerações que julgar pertinentes.

Respostas.

a) A velocidade do bate-estaca de massa m ao atingir a estaca de massa M pode ser calculada pela Lei da Conservação de Energia, admitindo-se desprezível a perda de energia durante a queda. Assim, $mgh = (1/2)mV_o^2 \;\therefore\; V_o = (2gh)^{1/2} = \sqrt{200})$ m/s.
    - Admitindo-se que a colisão seja inelástica, pela Lei da Conservação da Quantidade de Movimento, pode-se escrever: $mVo = (m+M)V$ onde V é a velocidade com que a estaca começa a penetrar no solo. Assim, $V = mVo/(m+M) = [m/(m+M)]V_o = [100/2100](\sqrt{200}) = (\sqrt{200})/21$ m/s = 0,67 m/s. Durante a penetração da estaca no solo atua uma força oposta que vamos considerar constante que realiza um trabalho F.d (distância em que a estaca penetra no solo) que deve ser igual a variação da energia cinética e energia potencial do cojunto estaca+bate-estaca. Assim, $Fd = (m+M)gd + (1/2)(m+M)V^2$ donde $F = (m+M)g + (1/2d)(m+M)V^2$. Substituindo-se os valores temos: $\boxed{F = 21000 + (1/2x0{,}05)(2100)(200/21^2) = 30.524\ N \cong 30{,}5\ kN}$.

b) O trabalho útil do motor é elevar o bate-estaca de 100 kg a uma altura de 10 m; W = mgh = 10 kJ.O tempo de queda do bate-estaca pode ser determinado pela relação obtida da aplicação da cinemática $h = 5t^2$; como h = 10 m, o tempo de queda é $t = \sqrt{2} = 1{,}41$ s e se o bate-estaca cai na estaca em cada intervalo de 2 minutos, o tempo que a máquina gasta para elevar o bate-estaca é $\Delta t = 120 – 1{,}41 = 118{,}6$ s. Assim, a potência útil é $Pot_{(útil)} = W/\Delta t$ = 10kJ/118,6 s = 84,3 J/s = 84,3 W. Se o rendimento é 40%, a potência do bate-estaca será $\boxed{Pot = 84{,}3/0{,}4 = 211\ W}$.

QUESTÃO 09

Uma determinada bomba d'água aspira água de um poço, recalcando-a até uma certa altura. A bomba consegue bombear cerca de 80 litros por segundo até 50 metros de altura. O poço é muito profundo, tem 1 metro de diâmetro e o nível da água encontra-se inicialmente a 7 metros abaixo da bomba.

a) Depois de quanto tempo, aproximadamente, a bomba deixará de funcionar?
b) Qual a potência da bomba sabendo que sua eficiência é de 80 % ?

Resposta.
a) Para pressão atmosférica normal a máxima altura para sucção é dada por:
Potência transferida para a água:
$P_{at} = dgh = 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2 \quad d = 10^3 \text{ kg/m}^3 , \quad g = 10 \text{ m/s}^2$
$h = P_{at} / gd = 10 \text{ m}$
A bomba deixará de funcionar depois de bombear h = 3 metros de água:

$V = h \times \pi D^2/4 = 2{,}36 \text{ m}^3$
Vazão $Q = 80 \text{ lt/s} = 0{,}08 \text{ m}^3\text{/s} = \Delta V/\Delta t$
$\Delta t = \Delta V/Q = 2{,}36 \text{ m}^3 / 0{,}08 \text{ m}^3\text{/s} = 29{,}5 \text{ s}$

b) $P\ 80\% = \text{trab}/t = mgh/t = (80 \text{ kg} \times 10 \text{m/s}^2 \times 50 \text{ m})/1 \text{ s} = 40.000 \text{ J/s} = 40.000 \text{ W} = 40 \text{ KW} \quad \therefore$
Ptotal = 50.000 W = 50 KW

QUESTÃO 10

Colocam-se 3 litros de água numa panela de pressão de 5 litros (volume total). O orifício de escape de vapor da panela tem diâmetro 2,83 mm e o "pesinho" para regular pressão tem massa 126 g. A pressão atmosférica é a normal (1 atm).

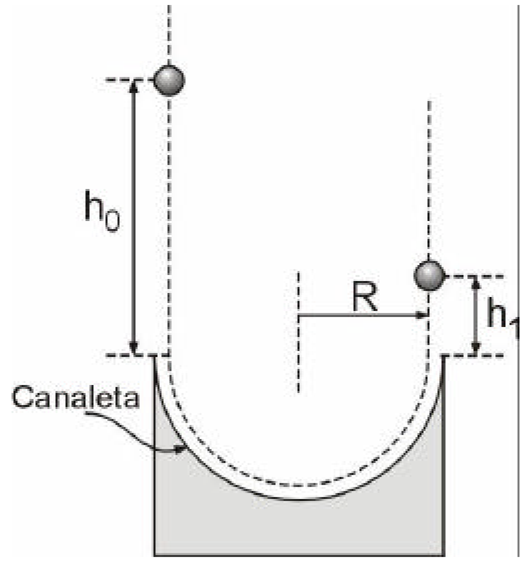
a) Calcular a pressão total na panela em regime normal de funcionamento.
b) Se a temperatura da água no regime normal é 127 ^{0}C, calcular aproximadamente a massa de gás na panela.

Resposta.

a) $S = \pi\, d^2 /4 = 6{,}29 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \quad F = mg = 1{,}26 \text{ N}$
$P_p = F/S = 1{,}26/6{,}29 \times 10^{-6} = 2{,}0 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 2{,}0 \text{ atm}$
A pressão total na panela é
$P_{total} = P_p + P_{atmosfera} = 3{,}0 \text{ atm}$

b) No regime normal de funcionamento, praticamente só existirá vapor de água na panela (devido ao grande aumento de pressão com evaporação de água e devido ao escape de vapor). Desprezando também as dilatações térmicas da panela e da água: $V_{gás} = 2$ litros, $P_{total} = 3{,}0$ atm, T = 400 K
$PV = n RT \qquad n = P_{total} V_{gás} / RT = 3{,}0 \times 2{,}0/ 0{,}083 \times 400 = 0{,}18$
$n = m/M , \quad M = 18 \text{ g} \qquad m = nM = 3{,}25 \text{ g}$

QUESTÃO 11



Uma esfera de aço de 50 g cai de uma altura h_0 = 80 cm, numa canaleta curva de raio R = 50 cm. Ao sair da canaleta a esfera sobe até a altura h_1 = 20 cm. Desprezar o atrito com o ar e considerar constante a força de atrito.

a) Calcular o tempo que a esfera fica em contacto com a canaleta.
b) Calcular a força média que a canaleta exerce sobre a esfera.

Resposta.

a) $V_0 = (2gh_0)^{1/2}$ = 4 m/s é a velocidade ao entrar na canaleta
$V_1 = (2gh_1)^{1/2}$ = 2 m/s é a velocidade ao sair da canaleta.
Se a força de atrito é constante, a aceleração tangencial é constante e o movimento é uniformemente acelerado ao longo da caneleta:
$v^2 = v_0{}^2 + 2\ a_t s$ $s = 2\Pi R/2 = 1{,}57$ m
$a_t = (v^2 - v_0{}^2) / 2s = - 3{,}82\ m/s^2$ (aceleração tangencial)
$v = v_0 + at$ ou $t = (v - v_0)/a = 0{,}52$ s
b) Ft = impulso = mv + m v_0 (variação da quantidade de movimento).
$F = m (v + v_0)/t = 0{,}577$ N

QUESTÃO 12

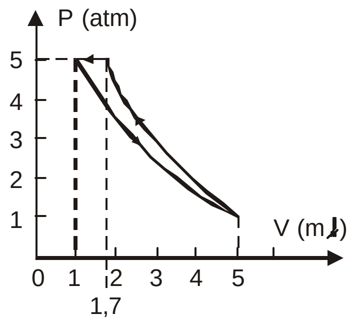
Uma seringa com o bico tampado contém 5 ml de ar na temperatura ambiente (27 ^{0}C) e pressão normal. O êmbolo é rapidamente comprimido de forma que a pressão chega a 5 atm e o volume se reduz a 1,7 ml. O êmbolo é mantido comprimido durante cerca de 20 minutos. Depois disso, alivia-se a força no êmbolo muito lentamente durante cerca de 20 minutos até o gás voltar ao volume inicial.

a) Calcular a temperatura do gás imediatamente após a compressão inicial.
b) Fazer um diagrama PV representando as transformações do gás (indicando valores numéricos em alguns pontos).

Resposta.

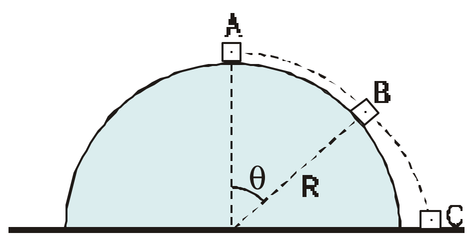
a) PV/T = PoVo/To   T = (PV/PoVo)To
To = 300 K,   P = 5 atm,   V = 1,7 ml,   Po = 1 atm,   Vo= 5 ml
T = 510 K = $\boxed{237\ ^oC}$

b)

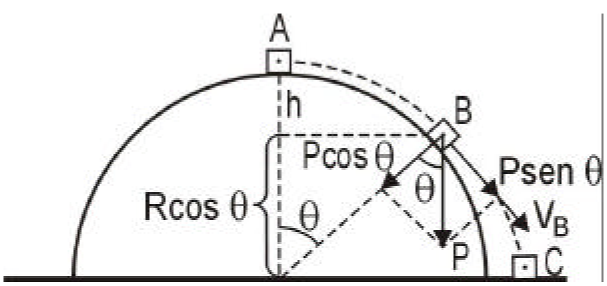


QUESTÃO 13

Um pedaço de gelo é colocado no topo (A) de uma cúpula hemisférica de vidro de raio R. O gelo começa a deslizar e ao passar pelo ponto B ele perde contacto com a superfície e acaba atingindo o ponto C. Desprezando-se atritos:



a) com que velocidade o gelo atinge C?
b) qual o ângulo θ (dar o valor do cosθ ou senθ) no instante em que o bloco passa por B (Ver figura).

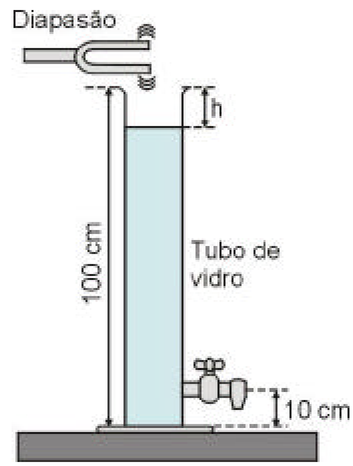


Resposta:

a) $\boxed{V_c = (2gR)^{1/2}}$ m/s

b) Velocidade $V_B^2 = 2gh$, como $h = R - R\cos\theta = R(1-\cos\theta)$, tem-se que $V_B^2 = 2gR(1-\cos\theta)$
No ponto B, a normal N = 0, e $P\cos\theta$ = força centrípeta $= mV_B^2/R$. Como $P = mg$, tem-se:
$mg\cos\theta = m[2gR(1-\cos\theta)]/R = 2mgR(1-\cos\theta)/R$ ou $\cos\theta = 2(1-\cos\theta)$ donde $\cos\theta = 2/3$. Então $\boxed{\theta = \text{arccos} = 2/3.}$

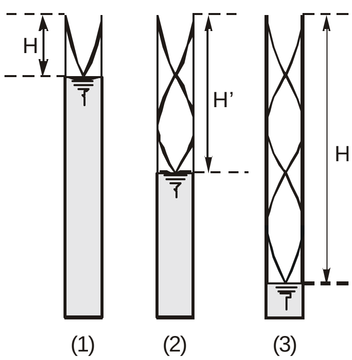
QUESTÃO 14



O diapasão é um instrumento musical que quando posto a vibrar o faz emitindo uma nota musical de freqüência única f.
Um diapasão é posto a vibrar em cima da boca de um tubo contendo uma coluna H de ar que pode ser aumentada abrindo a torneira e deixando a água escoar. Um diapasão de freqüência f = 680 Hz é posto a vibrar e percebe-se que quando H = 12,5 cm ocorre o fenômeno da ressonância (o som ressoa dentro da coluna H de ar, amplificando-o).

a) Nestas condições qual a velocidade do som no ar?
b) Se a torneira for aberta deixando a água escoar para quais outros valores de H ocorrerá a ressonância?

Resposta:

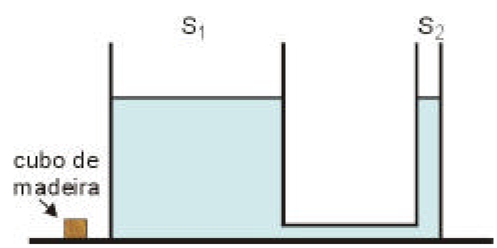


Na boca do tubo sempre forma um "ventre" e na superfície da água um "no". Quando H = 12,5 cm tem-se o primeiro harmônico de modo que H seja igual a ¼ do comprimento de onda. A medida que a coluna de ar for aumentando, ocorre outras situações de ressonância, conforme ilustra a figura.

a) $H = \lambda/4$ donde $\lambda = 4.H = 4 \times 12{,}5 = 0{,}50$ m; $V = \lambda.f = 0{,}50 \times 680$ $\therefore$ $\boxed{V_{som} = 340 \text{ m/s}}$.

b) Teremos ressonância para H = 37,5 cm; H = 62,5 cm e H = 87,5 cm.

QUESTÃO 15



Um tubo em U, contendo água, tem 2 ramos com seções $S_1 = 150$ cm^2 e $S_2 = 10$ cm^2. No ramo esquerdo, coloca-se um cubo de madeira de 5 cm de lado sendo 0,8 g/ cm^3 a densidade da madeira.

a) Calcular o empuxo sobre o cubo de madeira.
b) Calcular as variações do nível da água nos 2 ramos do tubo.

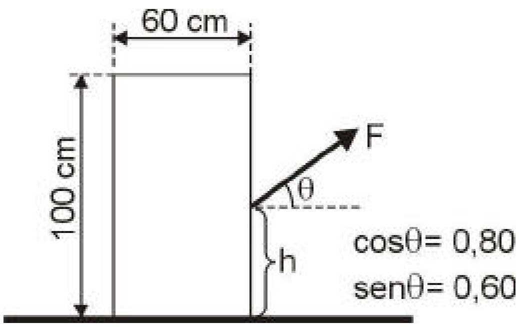
Resposta.

a) A densidade da caixa é menor que a da água. Logo o cubo de madeira flutua na água. O empuxo sobre a caixa será então igual ao peso da caixa que pode ser determinada multiplicando-se o volume da caixa pela densidade da madeira.
Assim, $E = \text{peso} = (d_{caixa})gV = 0{,}8\text{x}10^3\text{x}10\text{x}125\text{x}10^{-6} =$ 1 newton.

b) O volume de água deslocado é igual ao volume imerso do cubo de madeira que pode ser determinado pela equação do empuxo: $E = d_{agua}.g.V_{desloc}$. donde $V_{desloc} = E/(d_{agua}\,g) = 1/(10^3.10) = 10^{-4}$ m^3 = 100 cm^3.
Como no fundo do tubo em U a pressão se igualam ($dgy_1 = dgy_2$) as alturas y_1 e y_2 das colunas sempre serão iguais. Deste modo o volume de 100 cm3 é distribuído de modo que em cada ramo do tubo o nível da água suba de uma mesma altura "x". Assim, xS_1 +

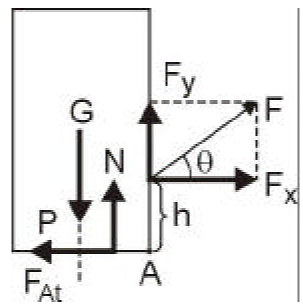
$xS_2 = 100$ ou $150x+10x = 100$ donde $x = 0,625$ cm. Portanto, em cada ramo do tubo a água sobe 0,625 cm.

QUESTÃO 16



Uma caixa homogênea de peso 305 N tem 100 cm de altura e base retangular de 60 x 50cm.e apóia-se sobre uma superfície horizontal onde o coeficiente de atrito estático é igual ao coeficiente de atrito de deslizamento e ambos iguais a 0,70.
Inicialmente em repouso, a caixa recebe a ação de uma força F aplicada a uma distância h = 30 cm da base de apoio e que faz um ângulo θ com a direção horizontal, conforme ilustra a figura.

a) Quando F = 100 N, a caixa está em repouso ou em movimento? Justificar a resposta.
b) Aumentando-se a intensidade da força lentamente, a caixa tomba antes de deslizar ou desliza antes de tombar? Justificar.



Resposta.

a) As forças externas sobre a caixa são: P = 305 newtons; N; Fat; F=100 newtons e estão esquematizadas na figura. A força F, para fins de estudo do equilíbrio, pode ser substituída pelas suas componentes $F_x = F.\cos\theta = 80$ newtons e $F_y = F.\text{sen}\theta = 60$ newtons.
1 - Análise da força de atrito.

A força de atrito tem um valor máximo que é expresso pelo produto do coeficiente de atrito e da força de compressão normal N. Assim,

- A força de atrito estática máxima é $Fat_{max} = 245 \times 0,70 = 171,5$ newtons e
- A força de atrito de deslizamento é $Fat_{desliz.} = 245 \times 0,70 = 171,5$ newtons.

Isto significa que somente quando $F_x = 171,5$ newtons o bloco começa a deslizar. Para F_x menor que este valor o bloco continua em equilíbrio estático. O valor da Fat que realmente atua no bloco deve ser determinado mediante a análise do equilíbrio das forças.

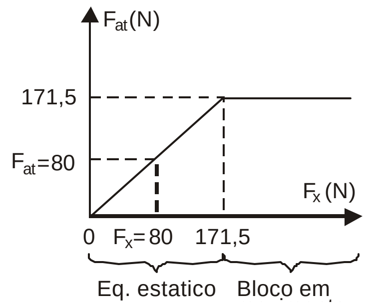
2 – Análise do equilíbrio.

- Análise do equilíbrio na direção vertical.

  Em qualquer situação a caixa encontra-se em equilíbrio na direção vertical. Logo, $P = N + F_y$ donde $N = 305 – 60 = 245$ newtons.

- Análise do equilíbrio na direção horizontal.

Na direção x, Fx = Fat enquanto o bloco estiver em equilíbrio.
A força de atrito Fat é uma força tal que, quando Fx = 0 → Fat = 0 e somente quando Fx > 171,5 newtons, o bloco sai do equilíbrio estático.



Como Fx = 80 newtons a força de atrito é Fat = 80 newtons (menor que o seu valor máximo possível, no caso 171,5 newtons) a caixa estará em repouso. Para que houvesse deslizamento seria necessário que Fx > 171,5 newtons .

b) Aumentando-se a intensidade da força F, quando F = 175 newtons, o bloco começa a deslizar. Os cálculos mostram que o valor da força F que inicia o processo de tombamento é F= 381,25 newtons,. Logo, o bloco desliza antes de tombar. Vejamos as justificativas.

1 – As equações de equilíbrio das forças são:

- P = N + 0,6F e Fx = Fat
- Fat ≤ μN → Fat ≤ μ (P – 0,6F).

1 – Inicio do deslizamento.

Das equações acima tem-se:

Fat ≤ μ (P – 0,6F) e
Fat = Fx = 0,8 F.

Destas 2 equações resulta: 0,8 F ≤ μ (P – 0,6F). Com P = 305 newtons resolvendo, temos : F ≤ 175 newtons.
Portanto, quando F atingir o valor F = 175 newtons, o bloco começa a deslizar.

2 – Inicio do tombamento. Eixo de tombamento coincidindo com a quina A.

A linha de ação da força de atrito passa sempre por A; na iminência de tombamento, a força normal N também se concentra em A . Assim, na iminência de tombamento tem-se:

Momento de Fx ≥ Momento de P

30(cm) x 0,8F ≥ 30 (cm).P

ou

0,8F ≥ P donde F ≥ P/0,8 = 305/0,8 = 381,25 newtons.

Em síntese: o bloco desliza antes de tombar, pois para deslizar F = 175 newtons e para tombar F = 381,25 newtons.