Fez

ELITE

PRÉ-VESTIBULAR

campinas

Aprovou!

Elite Resolve

FUVEST 2011

2ª fase

FÍSICA

FÍSICA

QUESTÃO 01

Um forno solar simples foi construído com uma caixa de isopor, forrada internamente com papel alumínio e fechada com uma tampa de vidro de 40 cm x 50 cm. Dentro desse forno, foi colocada uma pequena panela contendo 1 xícara de arroz e 300 ml de água à temperatura ambiente de 25 °C. Suponha que os raios solares incidam perpendicularmente à tampa de vidro e que toda a energia incidente na tampa do forno a atravesse e seja absorvida pela água. Para essas condições, calcule:

a) A potência solar total *P* absorvida pela água.

b) A energia *E* necessária para aquecer o conteúdo da panela até 100 °C.

c) O tempo total *T* necessário para aquecer o conteúdo da panela até 100 °C e evaporar 1/3 da água nessa temperatura (cozer o arroz).

NOTE E ADOTE
Potência solar incidente na superfície da Terra: 1 kW/m^2
Densidade da água: 1 g/cm^3
Calor específico da água: 4 J/(g °C)
Calor latente de evaporação da água: 2200 J/g
Desconsidere as capacidades caloríficas do arroz e da panela.

Resolução

a) A potência total absorvida pela água será dada por: $P = I \cdot A$, sendo I a potência solar incidente e A a área da tampa de vidro.
Assim:

$$P = 1 \cdot 10^3 \cdot 0{,}40 \cdot 0{,}50 \Leftrightarrow \boxed{P = 200 \text{ W}}$$

b) Pela equação do calor sensível: $E = m \cdot c \cdot \Delta\theta$

Como o calor específico da água é dado em $\text{J/g}\cdot{}^\circ\text{C}$, calculando a massa em g, obtemos $m = d \cdot V = 1 \cdot 300 = 300$ g. Portanto:

$$E = 300 \cdot 4 \cdot 75 \Leftrightarrow \boxed{E = 9 \cdot 10^4 \text{ J}}$$

c) O calor total necessário *Q* para o processo será o calor obtido no item anterior mais o calor necessário para evaporar 100 ml de água.
O calor para vaporizar é:

$$Q_V = m \cdot L = 100 \cdot 2200 = 22 \cdot 10^4 \text{ J}$$

Assim, o calor total *Q* é dado por:

$$Q = E + Q_V = 9 \cdot 10^4 + 22 \cdot 10^4 = 31 \cdot 10^4 \text{ J}$$

Já a potência é dada por $P = \dfrac{Q}{\Delta t} \Leftrightarrow T = \Delta t = \dfrac{Q}{P}$. Logo:

$$T = \frac{31 \cdot 10^4}{200} \Leftrightarrow \boxed{T = 1550 \text{ s}}$$

QUESTÃO 02

Num espetáculo de circo, um homem deita-se no chão do picadeiro e sobre seu peito é colocada uma tábua, de 30 cm x 30 cm, na qual foram cravados 400 pregos, de mesmo tamanho, que atravessam a tábua. No clímax do espetáculo, um saco com 20 kg de areia é solto, a partir do repouso, de 5 m de altura em relação à tábua, e cai sobre ela. Suponha que as pontas de todos os pregos estejam igualmente em contato com o peito do homem. Determine:

a) A velocidade do saco de areia ao tocar a tábua de pregos.

b) A força média total aplicada no peito do homem se o saco de areia parar 0,05 s após seu contato com a tábua.

c) A pressão, em N/cm^2, exercida no peito do homem por cada prego, cuja ponta tem 4 mm^2 de área.

NOTE E ADOTE
Aceleração da gravidade no local: *g* = 10 m/s^2
Despreze o peso da tábua com os pregos.
Não tente reproduzir esse número de circo!

Resolução

a) Podemos resolver esta questão com a equação de Torricelli aplicada à queda livre do saco de areia:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s$$

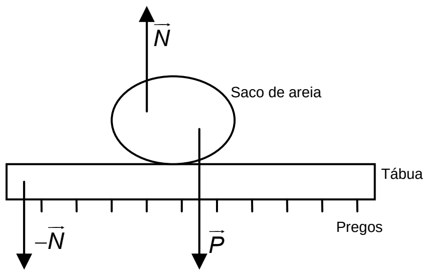
Onde $v_0 = 0$ (abandonado do repouso), $a = g = 10$ m/s^2, $\Delta s = 5$ m. Subsituindo os valores temos:

$$v^2 = 2 \cdot 10 \cdot 5 = 100$$
$$\boxed{v = 10 \text{ m/s}}$$

b) A força média aplicada sobre o peito do homem é igual à:

$$F_{peito} = P_{tábua} + N$$

Onde foi desprezado o peso da tábua e N é a reação normal média de contato entre o saco de areia e a tábua. Logo, para sabermos a força que atua sobre o peito do homem basta calcularmos o valor de N.
Veja a configuração das forças na interação entre a tábua e o saco de areia abaixo:



Sobre o saco de areia temos, pelo teorema do impulso:

$$\vec{I}_R = \Delta\vec{Q}$$
$$\vec{F}_R \cdot \Delta t = m \cdot \vec{v}_f - m \cdot \vec{v}_i$$

Onde $v_f = 0$ e $v_i = 10$ m/s, $m = 20$ kg e $\Delta t = 0{,}05$ s. Assim temos:

$$\vec{F}_R \cdot \Delta t = -m \cdot \vec{v}_i$$
$$\vec{F}_R = -\frac{m \cdot \vec{v}_i}{\Delta t}$$

Concluímos que o vetor força resultante e o vetor velocidade inicial estão na mesma direção, mas possuem sentidos contrários. Assim temos:

$$\left|\vec{N}\right| - P_{Saco} = \frac{m \cdot v_i}{\Delta t}$$
$$\left|\vec{N}\right| - 200 = \frac{20 \cdot 10}{0{,}05}$$
$$\boxed{\left|\vec{N}\right| = 4200 \text{ N}}$$

c) A força sobre o peito do homem se distribuirá através dos 400 pregos, a pressão exercida sobre o peito do homem será:

$$P = \frac{N}{400 \cdot A_{\substack{Cada\\Prego}}} = \frac{4200 \text{ N}}{400 \cdot \left(4 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2\right)}$$
$$\boxed{P = 262{,}5 \text{ N/cm}^2}$$

QUESTÃO 03

Trens de alta velocidade, chamados trens-bala, deverão estar em funcionamento no Brasil nos próximos anos. Características típicas desses trens são: velocidade máxima de 300 km/h, massa total (incluindo 500 passageiros) de 500 t e potência máxima dos motores elétricos igual a 8 MW. Nesses trens, as máquinas elétricas que atuam como motores também podem ser usadas como geradores, freando o movimento (freios regenerativos). Nas ferrovias, as curvas têm raio de curvatura de, no mínimo, 5 km. Considerando um trem e uma ferrovia com essas características, determine:

a) O tempo necessário para o trem atingir a velocidade de 288 km/h, a partir do repouso, supondo que os motores forneçam a potência máxima o tempo todo.

b) A força máxima na direção horizontal, entre cada roda e o trilho, numa curva horizontal percorrida a 288 km/h, supondo que o trem tenha 80 rodas e que as forças entre cada uma delas e o trilho tenham a mesma intensidade.

c) A aceleração do trem quando, na velocidade de 288 km/h, as máquinas elétricas são acionadas como geradores de 8 MW de potência, freando o movimento.

NOTE E ADOTE
1 t = 1000 kg
Desconsidere o fato de que, ao partir, os motores demoram alguns segundos para atingir sua potência máxima.

Resolução

a) Assumindo, segundo o texto, uma potência constante e desprezando a resistência do ar ou quaisquer outras forças dissipativas, ou seja, que toda a energia do motor é transformada em energia cinética do trem, temos:

$$P=\frac{\Delta E_{cin}}{\Delta t}=\frac{\frac{m\cdot v^2}{2}-0}{\Delta t}\Leftrightarrow \Delta t=\frac{m\cdot v^2}{2\cdot P}=\frac{500\cdot 10^3\cdot 80^2}{2\cdot 8\cdot 10^6}$$

Lembrando que a velocidade, no sistema internacional, deve estar em m/s ($v=288\text{ km/h}\overset{\div 3,6}{=}80\text{ m/s}$).

$$\therefore \boxed{\Delta t=200\text{ s}}$$

b) Numa curva, com velocidade constante, desprezando forças dissipativas, a máxima força será dada pela resultante centrípeta. A resultante centrípeta será máxima quando o raio for o menor possível, para velocidade constante, pois são grandezas inversamente proporcionais ($F_{CP}=\frac{m\cdot v^2}{R}$). Sendo f a força horizontal que cada uma das rodas faz sobre os trilhos, temos a seguinte relação:

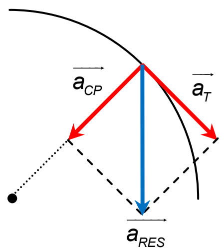
$$F_{\text{Res Horiz}}=80\cdot f=\frac{m\cdot v^2}{R}\Leftrightarrow f=\frac{500\cdot 10^3\cdot 80^2}{80\cdot 5\cdot 10^3}\Leftrightarrow \boxed{f=8000\text{ N}}$$

c) Novamente, desprezando as forças dissipativas e sabendo que a potência instantânea pode ser calculada por $P_{inst}=F\cdot v$ e que $F=m\cdot a$, temos, substituindo a segunda equação na primeira:

$$P_{inst}=F\cdot v=m\cdot a\cdot v$$

$$8\cdot 10^6=500\cdot 10^3\cdot a\cdot 80\Leftrightarrow \boxed{a=0,2\text{ m/s}^2}$$

Observação. O enunciado deste item não deixa claro se o trem estaria executando uma curva ou não nesse momento. Se fosse o caso, ainda não estaria sendo especificado se o raio dessa curva seria de fato o raio mínimo, como foi perguntado no item (b). Embora a velocidade seja numericamente a mesma do item anterior, o que poderia sugerir que o item (c) seria uma continuação da mesma situação tratada no item (b), nada é afirmado explicitamente a esse respeito. Caso levássemos em consideração essa continuidade, teríamos no instante em que o trem executa essa curva de raio R a seguinte ilustração:



A componente tangencial da aceleração seria a aceleração calculada anteriormente: $a_T=0,2\text{ m/s}^2$.

E como estamos analisando o caso da trajetória curva, a aceleração admite ainda uma componente centrípeta, dada por:

$$a_{CP}=\frac{v^2}{R}=\frac{80^2}{R}=\frac{6400}{R}\text{, onde } R \text{ é o raio dessa curva.}$$

Assim, a aceleração (resultante) teria módulo igual a:

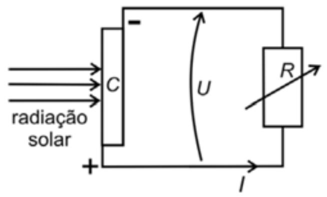
$$a_{RES}{}^2=a_T{}^2+a_{CP}{}^2=0,2^2+\left(\frac{6400}{R}\right)^2\Rightarrow a_{RES}=\sqrt{0,04+\frac{4,096\cdot 10^7}{R^2}}$$

Considerando ainda que o raio R é no mínimo 5 km, a aceleração ficaria limitada a um valor máximo dado por:

$$R\geq 5\cdot 10^3\text{ m}\Leftrightarrow a_{RES}\leq\sqrt{0,04+\frac{4,096\cdot 10^7}{(5\cdot 10^3)^2}}\Leftrightarrow a_{RES}\leq 1,3\text{ m/s}^2$$

QUESTÃO 04

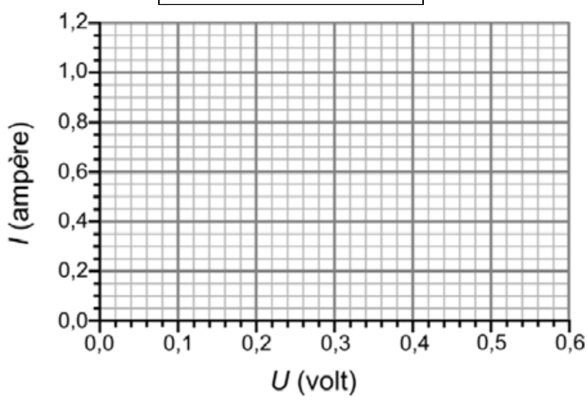
A conversão de energia solar em energia elétrica pode ser feita com a utilização de painéis constituídos por células fotovoltaicas que, quando expostas à radiação solar, geram uma diferença de potencial U entre suas faces. Para caracterizar uma dessas células (C) de 20 cm² de área, sobre a qual incide 1 kW/m² de radiação solar, foi realizada a medida da diferença de potencial U e da corrente I, variando-se o valor da resistência R, conforme o circuito esquematizado na figura abaixo. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela.



U(volt)	I(ampère)
0,10	1,0
0,20	1,0
0,30	1,0
0,40	0,98
0,50	0,90
0,52	0,80
0,54	0,75
0,56	0,62
0,58	0,40
0,60	0,00

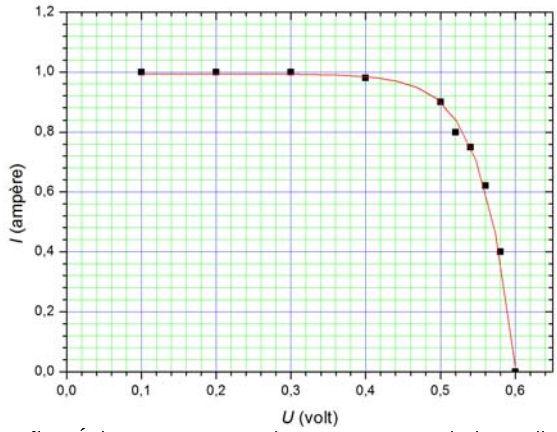
a) Faça o gráfico da curva I x U na figura impressa na folha de respostas.
b) Determine o valor da potência máxima P_m que essa célula fornece e o valor da resistência R nessa condição.
c) Determine a eficiência da célula C para U = 0,3 V.

NOTE E ADOTE
$$Eficiência=\frac{P_{fornecida}}{P_{incidente}}$$



Resolução

a) Na figura a seguir temos a representação gráfica dos pontos experimentais e uma curva que se aproxima desses valores, conforme pedido.



<u>Observação</u>: É importante ressaltar que o enunciado pediu que se fizesse o gráfico da <u>curva</u> I x U a partir dos dados experimentais fornecidos pela tabela dada. No entanto, como não foi dado o modelo teórico para o comportamento da célula fotovoltaica, a rigor o correto seria inserir somente os pontos experimentais sem ligá-los por curva alguma. Ao conhecer apenas alguns pontos experimentais, sem haver um modelo teórico associado, a curva poderia ter qualquer formato, desde que passasse pelos pontos experimentais ou próxima a eles, por exemplo.

b) A potência elétrica é dada pelo produto da tensão pela corrente. Na tabela a seguir temos o resultado da potência fornecida pela célula (nesse caso, igual à potência dissipada pelo resistor) com dois algarismos significativos para todos os pontos experimentais. Como se pode ver na linha indicada pela seta, temos o maior valor para a potência igual a 0,45 W, isto é:

$$\boxed{P_m = 0{,}45\ \text{W}}$$

U (volt)	I (ampère)	P (watt)
0,10	1,0	0,10
0,20	1,0	0,20
0,30	1,0	0,30
0,40	0,98	0,39
→ 0,50	0,90	0,45
0,52	0,80	0,42
0,54	0,75	0,41
0,56	0,62	0,35
0,58	0,40	0,23
0,60	0,00	0,00

Nessa condição, a resistência pode ser calculada por:

$$U = R \cdot i \Rightarrow R = \frac{0{,}50}{0{,}90} \Rightarrow \boxed{R = \frac{5}{9}\ \Omega}$$

c) Seja η a eficiência da célula, sendo $\eta = \dfrac{P_{\text{fornecida ao circuito}}}{P_{\text{incidente na célula}}}$.

Para $U = 0{,}30$ V, pela tabela acima, $P_{\text{fornecida}} = 0{,}30$ W.

A potência incidente é dada por:

$$P_{\text{incidente}} = I \cdot A$$

onde I é a potência incidente da radiação solar por m². Assim:

$$P_{\text{incidente}} = 10^3 \cdot 20 \cdot (10^{-2})^2 = 20 \cdot 10^{-1} \Rightarrow P_{\text{incidente}} = 2{,}0\ \text{W}$$

Portanto:

$$\eta = \frac{0{,}30}{2{,}0} = 0{,}15 \text{ ou } \boxed{\eta = 15\ \%}.$$

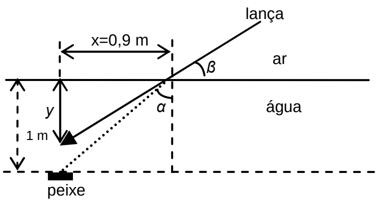
QUESTÃO 05

Um jovem pesca em uma lagoa de água transparente, utilizando, para isto, uma lança. Ao enxergar um peixe, ele atira sua lança na direção em que o observa. O jovem está fora da água e o peixe está 1 m abaixo da superfície. A lança atinge a água a uma distância *x* = 90 cm da direção vertical em que o peixe se encontra, como ilustra a figura abaixo. Para essas condições, determine:

a) O ângulo *α*, de incidência na superfície da água, da luz refletida pelo peixe.

b) O ângulo *β* que a lança faz com a superfície da água.

c) A distância *y*, da superfície da água, em que o jovem enxerga o peixe.

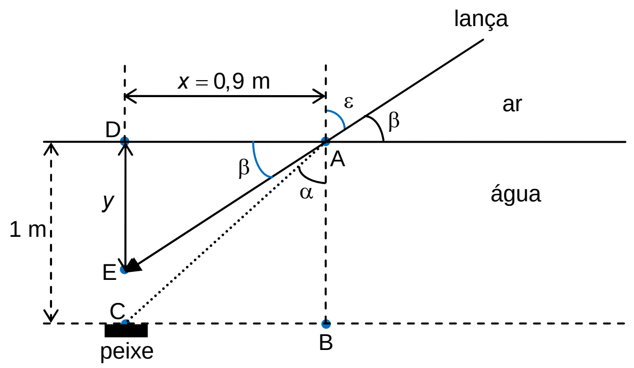


NOTE E ADOTE
Índice de refração do ar = 1
Índice de refração da água = 1,3
Lei de Snell: $v_1 / v_2 = \text{sen}\,\theta_1 / \text{sen}\,\theta_2$

Ângulo *θ*	*sen θ*	*tg θ*
30º	0,50	0,58
40º	0,64	0,84
42º	0,67	0,90
53º	0,80	1,33
60º	0,87	1,73

Resolução

Com base nas grandezas representadas na figura abaixo, vamos responder à questão.



a) No triângulo ABC temos:

$$\text{tg}\alpha = \frac{\overline{BC}}{\overline{AB}} = \frac{0{,}9}{1} \Rightarrow \text{tg}\alpha = 0{,}9$$

Pela tabela temos que:

$$\boxed{\alpha = 42^\circ}$$

b) Pela figura temos que $\varepsilon + \beta = 90^\circ$. O ângulo ε pode ser calculado pela lei de Snell:

$$n_{Ar} \cdot \text{sen}\,\varepsilon = n_{Água} \cdot \text{sen}\,\alpha \Rightarrow \text{sen}\,\varepsilon = 1{,}3 \cdot \text{sen}\,42^\circ$$

Pela tabela temos que $\text{sen}\,42^\circ = 0{,}67$, assim:

$$\text{sen}\,\varepsilon = 1{,}3 \cdot 0{,}67 = 0{,}871$$

Pela tabela, sabemos então que $\varepsilon \approx 60^\circ$, como $\varepsilon + \beta = 90^\circ$ temos finalmente que

$$\boxed{\beta = 30^\circ}$$

c) No triângulo ADE temos que:

$$\text{tg}\beta = \frac{\overline{DE}}{\overline{AD}} \Rightarrow 0{,}58 = \frac{y}{0{,}9} \Rightarrow$$

$$y = 0{,}9 \cdot 0{,}58 \Rightarrow$$

$$\boxed{y = 0{,}522m}$$

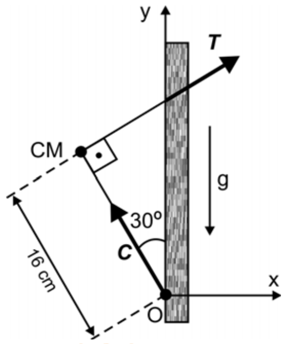
QUESTÃO 06

Para manter-se equilibrado em um tronco de árvore vertical, um pica-pau agarra-se pelos pés, puxando-se contra o tronco, e apoia sobre ele sua cauda, constituída de penas muito rígidas, conforme figura ao lado. No esquema impresso na folha de respostas estão indicadas as direções das forças nos pés (***T***) e na cauda (***C***) do pica-pau – que passam pelo seu centro de massa (CM) – e a distância da extremidade da cauda ao CM do pica-pau, que tem 1 N de peso (***P***).

a) Calcule os momentos da forças ***P*** e ***C*** em relação ao ponto O indicado no esquema impresso na folha de respostas.

b) Escreva a expressão para o momento da força ***T*** em relação ao ponto O e determine o módulo dessa força.

c) Determine o módulo da força ***C*** na cauda do pica-pau.

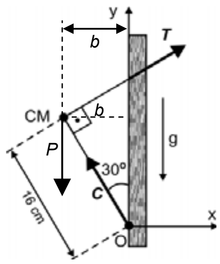


Resolução

a) O momento do peso em relação ao ponto O é dado pelo produto do peso *P* pelo braço *b* (veja figura). Assim:

$$M_P = P \cdot b = 1 \cdot \left(16 \cdot 10^{-2} \cdot \text{sen}30^o\right) \Rightarrow$$

$\boxed{M_P = 8 \cdot 10^{-2}\ \text{N} \cdot \text{m}}$, sendo que $\overrightarrow{M_P}$ é um vetor normal ao plano do papel, saindo do mesmo.



Como o braço da força **C** no ponto O é zero, o momento da mesma será nulo

$$\boxed{\overrightarrow{M_C} = \vec{0}}$$

b) Observando a figura anterior, como **T** passa pela reta que contém o CM, o braço desta força será de 16 cm. Dessa forma:

$$M_T = 0{,}16 \cdot T$$

Para calcularmos o valor da força **T** podemos utilizar da condição de que a soma dos momentos das forças deve ser nula. Assim, adotando o sentido horário como positivo, temos:

$$\sum M = 0 \Rightarrow M_{\text{horário}} + M_{\text{anti-horário}} = 0 \Rightarrow T \cdot 0{,}16 - M_P = 0 \Rightarrow$$

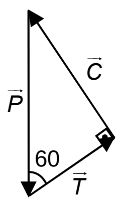
$$\Rightarrow T \cdot 0{,}16 - 8 \cdot 10^{-2} = 0 \Rightarrow$$

$$\boxed{T = 0{,}5\ \text{N}}$$

Finalmente, o momento M_T é:

$\boxed{M_T = 0{,}08\ \text{N} \cdot \text{m}}$, sendo que $\overrightarrow{M_T}$ é um vetor normal ao plano do papel, entrando no mesmo.

c) Observe o triângulo de forças a seguir. Podemos aplicar a seguinte relação trigonométrica:



$$\text{sen}60° = \frac{C}{P} = C \Rightarrow \boxed{C = \frac{\sqrt{3}}{2}\ \text{N}}$$

Equipe desta resolução

Física

Clewton Luís Ferreira da Fonseca
Danilo José de Lima

Revisão

Eliel Barbosa da Silva
Fabiano Gonçalves Lopes
Marcelo Duarte Rodrigues Cecchino Zabani
Vagner Figueira de Faria

Digitação, Diagramação e Publicação

Carolina Dorte dos Santos
Carolina Marcondes Garcia Ferreira