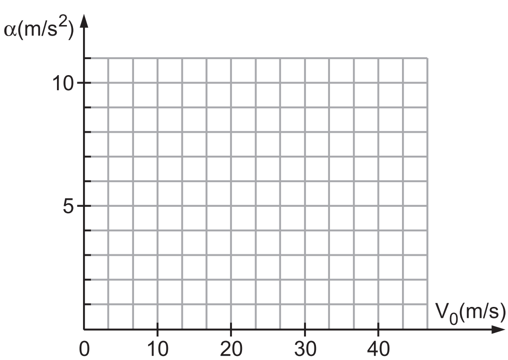
Questão 1

Procedimento de segurança, em auto-estradas, recomenda que o motorista mantenha uma “distância” de 2 segundos do carro que está à sua frente, para que, se necessário, tenha espaço para frear (*“Regra dos dois segundos”*). Por essa regra, a distância **D** que o carro percorre, em 2s, com velocidade constante $\mathbf{V_0}$, deve ser igual à distância necessária para que o carro pare completamente após frear. Tal procedimento, porém, depende da velocidade V_0 em que o carro trafega e da desaceleração máxima α fornecida pelos freios.

a) Determine o intervalo de tempo $\mathbf{T_0}$, em segundos, necessário para que o carro pare completamente, percorrendo a distância D referida.

b) Represente, no sistema de eixos da folha de resposta, a variação da desaceleração α em função da velocidade $\mathbf{V_0}$, para situações em que o carro pára completamente em um intervalo T_0 (determinado no item anterior).

c) Considerando que a desaceleração α depende principalmente do coeficiente de atrito μ entre os pneus e o asfalto, sendo 0,6 o valor de μ, determine, a partir do gráfico, o valor máximo de velocidade $\mathbf{V_M}$, em m/s, para o qual a *Regra dos dois segundos* permanece válida.



Resposta

a) A distância (D) que separa inicialmente os dois carros é $D = V_0 \cdot 2$.

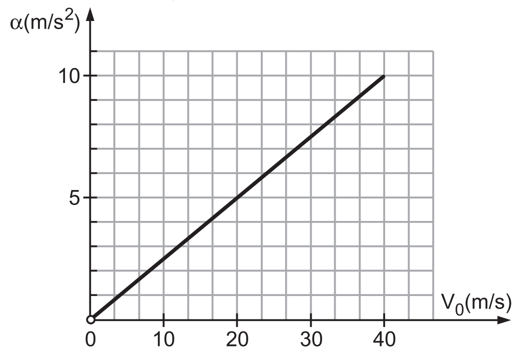
Assim, da definição de velocidade escalar média para o MUV e da regra dos 2 segundos apresentada no enunciado, vem:

$$\frac{V_0 + 0}{2} = \frac{D}{T_0} \Rightarrow \frac{V_0}{2} = \frac{2V_0}{T_0} \Rightarrow \boxed{T_0 = 4\ s}$$

b) Para a condição apresentada, da equação horária da velocidade para o MUV, temos:

$$0 = V_0 - \alpha T_0 \Rightarrow 4\alpha = V_0 \Rightarrow \alpha = \frac{1}{4} V_0$$

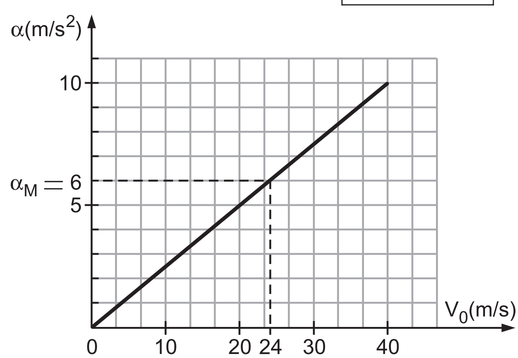
A partir da equação temos o gráfico a seguir:



c) A desaceleração máxima (α_M) do carro é dada por:

$$R = m\gamma \Rightarrow \mu \cancel{m} g = \cancel{m} \alpha_M \Rightarrow 0{,}6 \cdot 10 = \alpha_M \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \alpha_M = 6\ m/s^2$$

Do gráfico temos que para $\alpha_M = 6\ m/s^2$ a velocidade máxima correspondente é $\boxed{V_M = 24\ m/s}$.



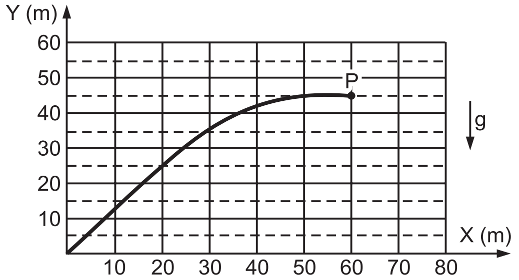
Questão 2

Num espetáculo de fogos de artifício, um rojão, de massa $\mathbf{M_0} = 0{,}5$ kg, após seu lançamento, descreve no céu a trajetória indicada na figura. No ponto mais alto de sua trajetória (ponto **P**), o rojão explode, dividindo-se em dois fragmentos, A e B, de massas iguais a $M_0/2$. Logo após a explosão, a velocidade horizontal de A, $\mathbf{V_A}$, é nula, bem como sua velocidade vertical.

a) Determine o intervalo de tempo $\mathbf{T_0}$, em segundos, transcorrido entre o lançamento do rojão e a explosão no ponto P.

b) Determine a velocidade horizontal $\mathbf{V_B}$, do fragmento B, logo após a explosão, em m/s.

c) Considerando apenas o que ocorre no momento da explosão, determine a energia $\mathbf{E_0}$ fornecida pelo explosivo aos dois fragmentos A e B, em joules.



NOTE E ADOTE:
A massa do explosivo pode ser considerada desprezível.

Resposta

a) O tempo de descida do CM do sistema é dado por:

$$y = y_0 + \cancel{v_{0y}}^{\,0} t + \frac{a_y t^2}{2} \Rightarrow 0 = 45 - \frac{10t^2}{2} \Rightarrow$$

$\Rightarrow t = 3$ s

Como o tempo de subida é igual ao tempo de descida, temos:

$\boxed{T_0 = 3 \text{ s}}$

b) A velocidade horizontal (v_x) do CM do sistema é dada por:

$x = \cancel{x_0}^{\,0} + v_x \cdot T_0 \Rightarrow 60 = v_x \cdot 3 \Rightarrow v_x = 20$ m/s.

Sendo o sistema isolado na direção do eixo x, temos:

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

$$\Rightarrow \cancel{M_0} \cdot v_x = \frac{\cancel{M_0}}{2} \cdot \cancel{v_{A_x}}^{\,0} + \frac{\cancel{M_0}}{2} \cdot V_B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 20 = \frac{V_B}{2} \Rightarrow \boxed{V_B = 40 \text{ m/s}}$$

c) Como após a explosão o fragmento A possui velocidade nula e o fragmento B só possui velocidade no eixo x, a energia (E_0) fornecida ao sistema é dada por:

$$E_0 = \frac{1}{2} \cdot \frac{M_0}{2} \cdot V_B^2 - \frac{1}{2} M_0 \cdot v_x^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_0 = \frac{1}{2} \cdot \frac{0{,}5}{2} \cdot 40^2 - \frac{1}{2} \cdot 0{,}5 \cdot 20^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{E_0 = 100 \text{ J}}$$

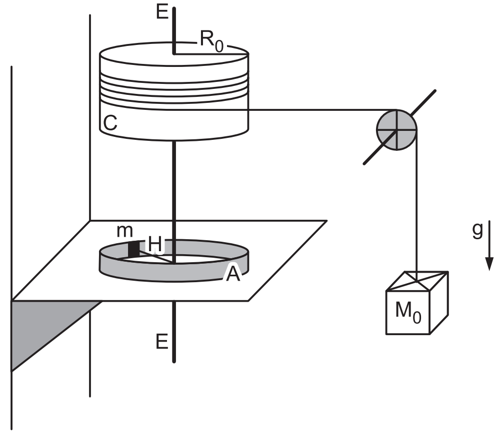
Questão 3

Um sistema mecânico faz com que um corpo de massa $\mathbf{M_0}$, após um certo tempo em queda, atinja uma velocidade descendente constante $\mathbf{V_0}$, devido ao efeito do movimento de outra massa **m**, que age como freio. A massa m é vinculada a uma haste H, presa ao eixo E de um cilindro C, de raio $\mathbf{R_0}$, conforme mostrado na figura. Quando a massa M_0 cai, desenrola-se um fio que movimenta o cilindro e o eixo, fazendo com que a massa m descreva um movimento circular de raio $\mathbf{R_0}$. A velocidade V_0 é mantida constante, pela força de atrito, entre a massa m e a parede A, devido ao coeficiente de atrito μ entre elas e à força centrípeta que age sobre essa massa. Para tal situação, em função dos parâmetros m, M_0, R_0, V_0, μ e g, determine

a) o trabalho $\mathbf{T_g}$, realizado pela força da gravidade, quando a massa M_0 percorre uma distância vertical correspondente a uma volta completa do cilindro C.

b) o trabalho $\mathbf{T_A}$, dissipado pela força de atrito, quando a massa m realiza uma volta completa.

c) a velocidade V_0, em função das demais variáveis.



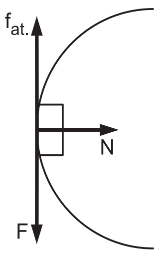
NOTE E ADOTE:
O trabalho dissipado pela força de atrito em uma volta é igual ao trabalho realizado pela força peso, no movimento correspondente da massa M_0, com velocidade V_0.

Resposta

a) Para uma volta completa do cilindro, temos:

$$\left| \begin{array}{l} h = 2\pi R_0 \\ T_g = M_0 gh \end{array} \right. \Rightarrow \boxed{T_g = 2\pi M_0 g R_0}$$

b) As forças que atuam sobre a massa m *no plano paralelo à base do cilindro são dadas por:*



Para uma volta completa da massa m*, temos:*

$$\left| \begin{array}{l} N = \dfrac{mV_0^2}{R_0} \\ d = 2\pi R_0 \\ T_A = -\mu Nd \end{array} \right. \Rightarrow T_A = -\mu \frac{mV_0^2}{R_0} \cdot 2\pi R_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{T_A = -2\pi\mu m V_0^2}$$

c) Como $T_g = |T_A|$, *vem:*

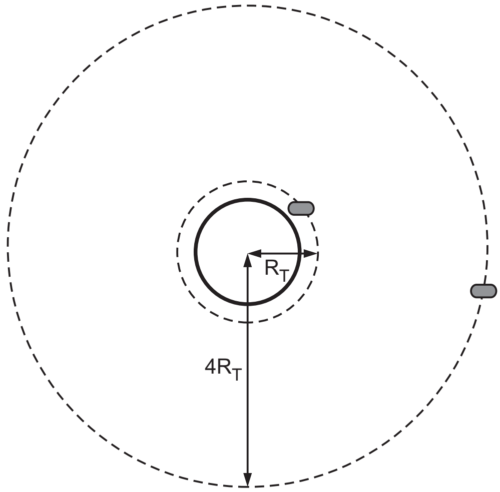
$$2\pi M_0 g R_0 = 2\pi\mu m V_0^2 \Rightarrow \boxed{V_0 = \sqrt{\frac{M_0 g R_0}{\mu m}}}$$

Questão 4

Um satélite artificial, em órbita circular em torno da Terra, mantém um período que depende de sua altura em relação à superfície da Terra. Determine

a) o período $\mathbf{T_0}$ do satélite, em minutos, quando sua órbita está muito próxima da superfície. (Ou seja, está a uma distância do centro da Terra praticamente igual ao raio da Terra).

b) o período $\mathbf{T_4}$ do satélite, em minutos, quando sua órbita está a uma distância do centro da Terra aproximadamente igual a quatro vezes o raio da Terra.



NOTE E ADOTE:
A força de atração gravitacional sobre um corpo de massa m é $F = GmM_T/r^2$, em que r é a distância entre a massa e o centro da Terra, G é a constante gravitacional e M_T é a massa da Terra.
Na superfície da Terra, F = mg em que $g = GM_T/R_T^2$; $g = 10 m/s^2$ e $R_T = 6{,}4 \times 10^6 m$.
(Para resolver essa questão, não é necessário conhecer nem G nem M_T).
Considere $\pi \approx 3$

Resposta

a) Como a órbita é rasante, a aceleração centrípeta é igual a g. *Assim temos:*

$$\omega^2 \cdot R_T = g \Rightarrow \frac{4\pi^2}{T_0^2} \cdot R_T = g \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{4 \cdot 3^2}{T_0^2} \cdot 6{,}4 \cdot 10^6 = 10 \Rightarrow T_0 = 4\,800 \text{ s} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{T_0 = 80 \text{ min}}$$

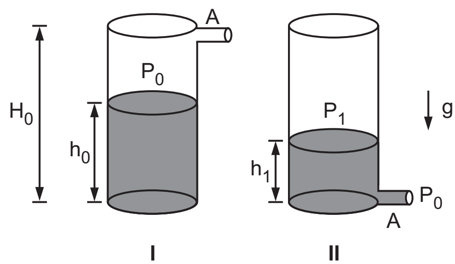
b) Da Terceira Lei de Kepler, o período T_4 *é dado por:*

$$\frac{T_0^2}{R_T^3} = \frac{T_4^2}{(4R_T)^3} \Rightarrow \frac{80^2}{\cancel{R_T^3}} = \frac{T_4^2}{4^3 \cdot \cancel{R_T^3}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{T_4 = 640 \text{ min}}$$

Questão 5

Um tanque industrial, cilíndrico, com altura total $\mathbf{H_0}$ = 6,0 m, contém em seu interior água até uma altura $\mathbf{h_0}$, a uma temperatura de 27°C (300 K).
O tanque possui um pequeno orifício A e, portanto, está à pressão atmosférica $\mathbf{P_0}$, como esquematizado em I. No procedimento seguinte, o orifício é fechado, sendo o tanque invertido e aquecido até 87°C (360 K).
Quando o orifício é reaberto, e mantida a temperatura do tanque, parte da água escoa, até que as pressões no orifício se equilibrem, restando no interior do tanque uma altura $\mathbf{h_1}$ = 2,0 m de água, como em II.



Determine
a) a pressão $\mathbf{P_1}$, em N/m², no interior do tanque, na situação II.
b) a altura inicial $\mathbf{h_0}$ da água no tanque, em metros, na situação I.

NOTE E ADOTE:
$P_{atmosférica}$ = 1 Pa = $1{,}0 \times 10^5$ N/m²
ρ(água) = $1{,}0 \times 10^3$ kg/m³; g = 10 m/s²

Resposta

a) Utilizando a Lei de Stevin, temos:

$P_1 + \rho g h_1 = P_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow P_1 + 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 2{,}0 = 1{,}0 \cdot 10^5 \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{P_1 = 8{,}0 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2}$

b) Sendo S a área da base do tanque, utilizando a lei geral dos gases, vem:

$$\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{P_1V_1}{T_1} \Rightarrow \frac{1{,}0 \cdot 10^5 S(6{,}0 - h_0)}{300} =$$

$$= \frac{8{,}0 \cdot 10^4 \cdot S(6{,}0 - 2{,}0)}{360} \Rightarrow \boxed{h_0 = \frac{10}{3}\text{ m}}$$

Obs.: o valor correto da pressão atmosférica é 1 atm ou $1{,}0 \cdot 10^5$ Pa.

Questão 6

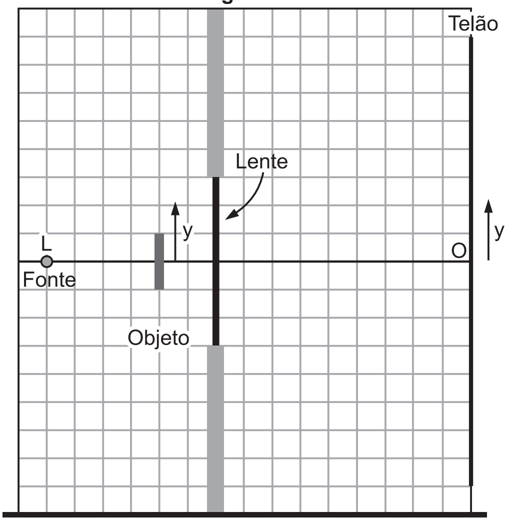
Uma fonte de luz intensa **L**, praticamente pontual, é utilizada para projetar sombras em um grande telão **T**, a 150 cm de distância. Para isso, uma lente convergente, de distância focal igual a 20 cm, é encaixada em um suporte opaco a 60 cm de **L**, entre a fonte e o telão, como indicado na figura A, em vista lateral. Um objeto, cuja região opaca está representada pela cor escura na figura B, é, então, colocado a 40 cm da fonte, para que sua sombra apareça no telão. Para analisar o efeito obtido, indique, no esquema da folha de resposta,

a) a posição da imagem da fonte, representando-a por **L'**.

b) a região do telão, na ausência do objeto, que <u>não</u> é iluminada pela fonte, escurecendo-a a lápis. (Faça, a lápis, as construções dos raios auxiliares, indicando por A_1 e A_2 os raios que permitem definir os limites de tal região).

c) a região do telão, na presença do objeto, que <u>não</u> é iluminada pela fonte, escurecendo-a a lápis. (Faça, a lápis, as construções dos raios auxiliares necessários para tal determinação).

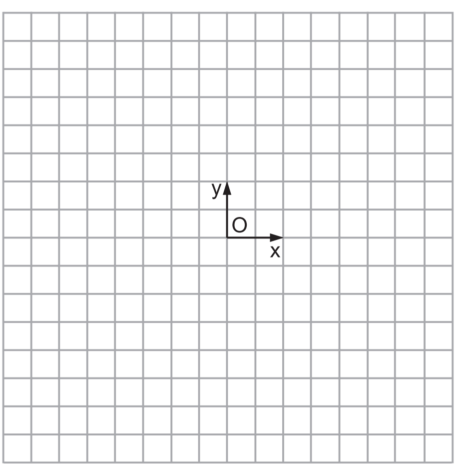
Figura A



(O eixo x é perpendicular ao plano do papel, com sentido para fora dele)

Figura B
(Objeto visto de frente)

Figura C
Telão visto de frente



Resposta

a) Pela Equação de Conjugação, temos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{L} + \frac{1}{L'} \Rightarrow \frac{1}{20} = \frac{1}{60} + \frac{1}{L'} \Rightarrow \boxed{L' = 30\text{ cm}}$$

b) Admitindo que só há passagem de luz pela lente e que a mesma tem formato circular, os raios provenientes de L emergem da lente passando por L', onde obtemos no telão as extremidades limites da região iluminada, conforme a figura a seguir:

Figura A

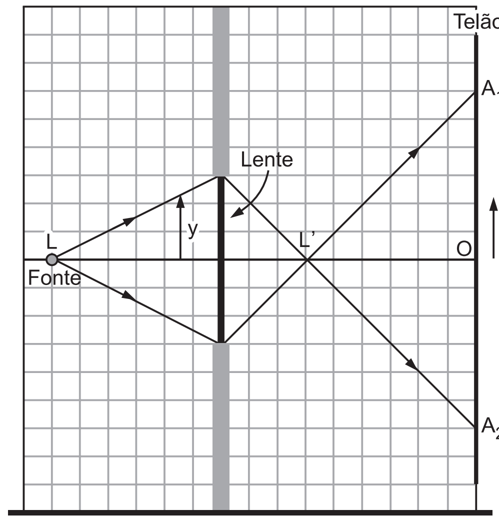
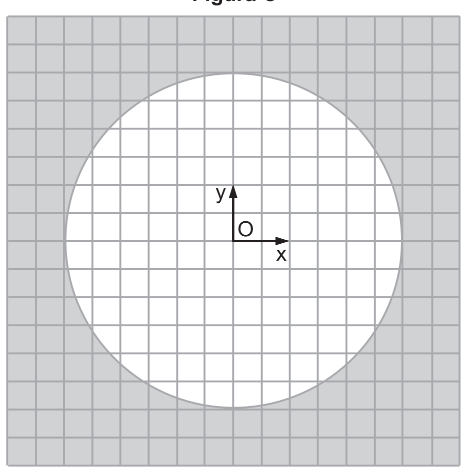


Figura C



c) Sendo a imagem invertida nos eixos x e y, a região não iluminada pela fonte é mostrada na figura a seguir:

Figura A

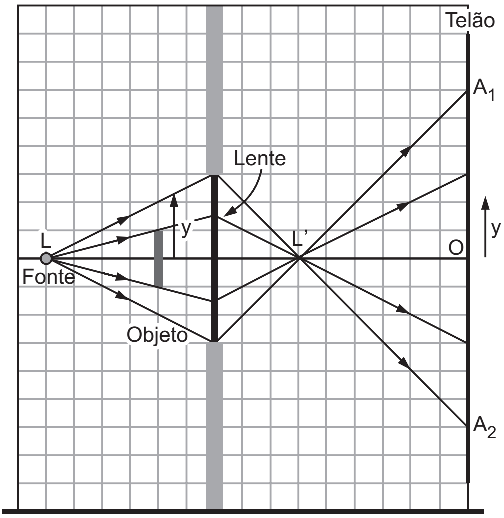


Figura B

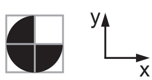
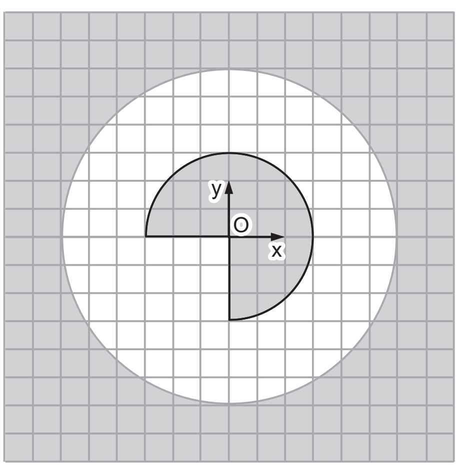


Figura C



Questão 7

O ano de 2005 foi declarado o Ano Internacional da Física, em comemoração aos 100 anos da Teoria da Relatividade, cujos resultados incluem a famosa relação $E = \Delta m \cdot c^2$. Num reator nuclear, a energia provém da fissão do Urânio. Cada núcleo de Urânio, ao sofrer fissão, divide-se em núcleos mais leves, e uma pequena parte, Δm, de sua massa inicial transforma-se em energia. A Usina de Angra II tem uma potência elétrica de cerca 1350 MW, que é obtida a partir da fissão de Urânio-235. Para produzir tal potência, devem ser gerados 4000 MW na forma de calor **Q**. Em relação à Usina de Angra II, estime a

a) quantidade de calor **Q**, em joules, produzida em um dia.

b) quantidade de massa $\mathbf{\Delta m}$ que se transforma em energia na forma de calor, a cada dia.

c) massa $\mathbf{M_U}$ de Urânio-235, em kg, que sofre fissão em um dia, supondo que a massa Δm, que se transforma em energia, seja aproximadamente 0,0008 (8×10^{-4}) da massa M_U.

$$E = \Delta mc^2$$

Essa relação indica que massa e energia podem se transformar uma na outra. A quantidade de energia E que se obtém está relacionada à quantidade de massa Δm, que "desaparece", através do produto dela pelo quadrado da velocidade da luz (c).

NOTE E ADOTE:
Em um dia, há cerca de 9×10^4 s
$1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$
$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

Resposta

a) A quantidade de calor (Q) é dada por:

$$Q = P \cdot \Delta t = 4\,000 \cdot 10^6 \cdot 9 \cdot 10^4 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{Q = 3{,}6 \cdot 10^{14}\ J}$$

b) Sendo $E = Q = 3{,}6 \cdot 10^{14}$ J, a variação na massa de urânio (Δm) é obtida de:

$$E = \Delta m \cdot c^2 \Rightarrow 3{,}6 \cdot 10^{14} = \Delta m \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta m = 4 \cdot 10^{-3}\ kg}$$

c) A massa de urânio necessária (M_U) é dada por:

$$\Delta m = 0{,}0008 \cdot M_U \Rightarrow 4 \cdot 10^{-3} = 0{,}0008 \cdot M_U \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{M_U = 5\ kg}$$

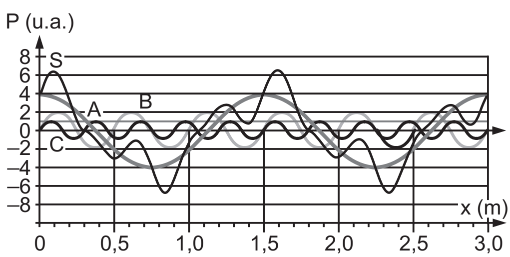
Questão 8

O som produzido por um determinado instrumento musical, longe da fonte, pode ser representado por uma onda complexa S, descrita como uma sobreposição de ondas senoidais de pressão, conforme a figura. Nela, está representada a variação da pressão P em função da posição, num determinado instante, estando as três componentes de S identificadas por A, B e C.

a) Determine os comprimentos de onda, em metros, de cada uma das componentes A, B e C, preenchendo o quadro da folha de respostas.

b) Determine o comprimento de onda λ_0, em metros, da onda S.

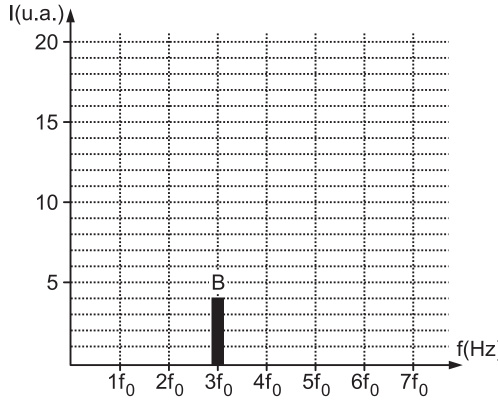
c) Represente, no gráfico apresentado na folha de respostas, as intensidades das componentes A e C. Nesse mesmo gráfico, a intensidade da componente B já está representada, em unidades arbitrárias.



NOTE E ADOTE
u.a. = unidade arbitrária
Velocidade do som ~ 340 m/s
A intensidade I de uma onda senoidal é proporcional ao quadrado da amplitude de sua onda de pressão.
A freqüência f_0 corresponde à componente que tem menor freqüência.

Quadro

	λ (m)
A	
B	
C	



Resposta

a) Sendo o comprimento de onda a distância entre duas cristas consecutivas, do gráfico, temos:

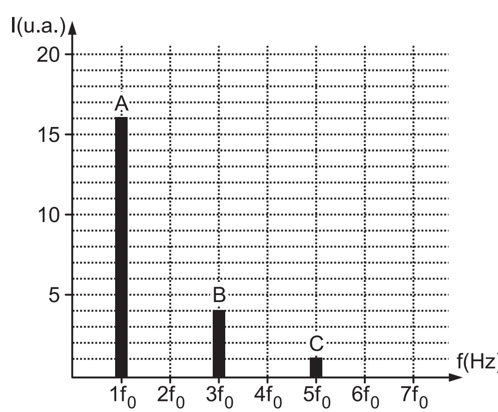
	λ *(m)*
A	*1,5*
B	*0,5*
C	*0,3*

b) Do gráfico da onda temos $\lambda_0 = 1{,}5$ *m.*

c) Para a onda B, temos $v = \lambda \cdot f = 0{,}5 \cdot 3f_0 = 1{,}5f_0$. *Assim, para a onda A temos* $f_A = v/\lambda_A = 1{,}5f_0/1{,}5 = f_0$ *e para a onda C temos* $f_C = v/\lambda_C = 1{,}5f_0/0{,}3 = 5f_0$. *Como a intensidade é proporcional ao quadrado da amplitude* ($I = KA^2$), *para a onda B, vem* $4 = K \cdot 2^2 \Rightarrow k = 1$. *Assim, podemos construir a seguinte tabela:*

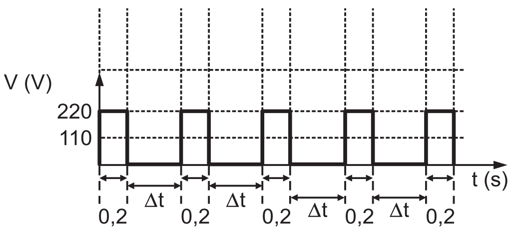
	f	*A (u.a.)*	*I (u.a.)*
A	f_0	*4*	*16*
B	$3f_0$	*2*	*4*
C	$5f_0$	*1*	*1*

O gráfico pedido é dado por:



Questão 9

Um determinado aquecedor elétrico, com resistência R constante, é projetado para operar a 110 V. Pode-se ligar o aparelho a uma rede de 220V, obtendo os mesmos aquecimento e consumo de energia médios, desde que haja um dispositivo que o ligue e desligue, em ciclos sucessivos, como indicado no gráfico. Nesse caso, a cada ciclo, o aparelho permanece ligado por 0,2s e desligado por um intervalo de tempo Δt. Determine



a) a relação $\mathbf{Z_1}$ entre as potências P_{220} e P_{110}, dissipadas por esse aparelho em 220V e 110V, respectivamente, quando está continuamente ligado, sem interrupção.
b) o valor do intervalo **Δt**, em segundos, em que o aparelho deve permanecer desligado a 220V, para que a potência média dissipada pelo resistor nessa tensão seja a mesma que quando ligado continuamente em 110V.
c) a relação $\mathbf{Z_2}$ entre as correntes médias I_{220} e I_{110}, que percorrem o resistor quando em redes de 220V e 110V, respectivamente, para a situação do item anterior.

NOTE E ADOTE:
Potência média é a razão entre a energia dissipada em um ciclo e o período total do ciclo.

Resposta

a) Como $P = V^2/R$, temos:

$$Z_1 = \frac{P_{220}}{P_{110}} = \frac{220^2/R}{110^2/R} \Rightarrow \boxed{Z_1 = 4}$$

b) Como $E = P \cdot \Delta t$ e sendo $P_{220} = 4P_{110}$, vem:

$$E_{220} = E_{110} \Rightarrow P_{220} \cdot 0{,}2 = P_{110} \cdot (0{,}2 + \Delta t) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4\cancel{P_{110}} \cdot 0{,}2 = \cancel{P_{110}} \cdot (0{,}2 + \Delta t) \Rightarrow$$

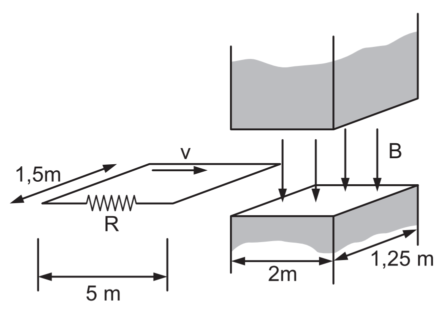
$$\Rightarrow \boxed{\Delta t = 0{,}6\ s}$$

c) Como $I = V/R$ e no item anterior o aquecedor opera em cada ciclo durante 1/4 do período, temos:

$$Z_2 = \frac{I_{220}}{I_{110}} = \frac{220/4R}{110/R} \Rightarrow \boxed{Z_2 = 0{,}5}$$

Questão 10

Uma espira condutora ideal, com 1,5 m por 5,0 m, é deslocada com velocidade constante, de tal forma que um de seus lados atravessa uma região onde existe um campo magnético **B**, uniforme, criado por um grande eletroímã. Esse lado da espira leva 0,5 s para atravessar a região do campo. Na espira está inserida uma resistência **R** com as características descritas. Em conseqüência do movimento da espira, durante esse intervalo de tempo, observa-se uma variação de temperatura, em R, de 40ºC. Essa medida de temperatura pode, então, ser utilizada como uma forma indireta para estimar o valor do campo magnético B. Assim determine



CARACTERÍSTICAS DO RESISTOR R:
Massa = 1,5 g
Resistência = 0,40 Ω
Calor específico = 0,33 cal/g

a) a energia **E**, em joules, dissipada no resistor sob a forma de calor.
b) a corrente **I**, em ampères, que percorre o resistor durante o aquecimento.
c) o valor do campo magnético **B**, em teslas.

NOTE E ADOTE:
1 cal ≈ 4 J
F = I B L é a força F que age sobre um fio de comprimento L, percorrido por uma corrente I, em um campo magnético B.
$|fem| = \Delta\phi / \Delta t$, ou seja, o módulo da força eletromotriz induzida é igual à variação de fluxo magnético ϕ por unidade de tempo.
ϕ = B.S, onde B é a intensidade do campo através de uma superfície de área S, perpendicular ao campo.

Resposta

a) Admitindo que o calor específico do resistor é $c = 0{,}33\ cal/(g \cdot {}^oC) = 1{,}32\ J/(g \cdot {}^oC)$ e que toda a energia elétrica dissipada é utilizada para o seu aquecimento, temos:

$$E = mc\Delta\theta = 1{,}5 \cdot 1{,}32 \cdot 40 \Rightarrow \boxed{E = 79{,}2\ J}$$

b) A corrente (I) é dada por:

$$\left| \begin{array}{l} P_d = R \cdot I^2 \\ P_d = \dfrac{E}{\Delta t} \end{array} \right. \Rightarrow R \cdot I^2 = \frac{E}{\Delta t} \Rightarrow 0{,}4 \cdot I^2 = \frac{79{,}2}{0{,}5} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{I = 20\ A}$$

c) O valor de B é obtido de:

$$\left| \begin{array}{l} \varepsilon = Bv\ell \\ v = \dfrac{\Delta S}{\Delta t} \\ \varepsilon = RI \end{array} \right. \Rightarrow RI = B \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t} \cdot \ell \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0{,}4 \cdot 20 = B \frac{2}{0{,}5} \cdot 1{,}25 \Rightarrow \boxed{B = 1{,}6T}$$

Obs.: a unidade correta de calor específico é $cal/(g \cdot {}^oC)$.