2ª FASE – DIA 2

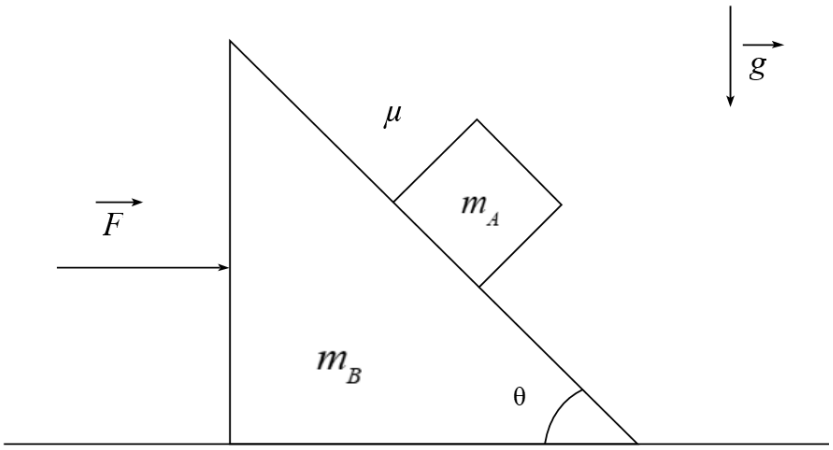
FÍSICA

Quando necessário, considere as seguintes constantes:
Aceleração local da gravidade $g = 10$ m/s^2. Velocidade da luz no vácuo $c = 3,0 \times 10^8$ m/s. Massa molar do ar seco $m_{ar} = 29$ g/mol. Massa molar da água $m_{H_2O} = 18$ g/mol. Constante de Rydberg $R_y = 13,6\ eV$.

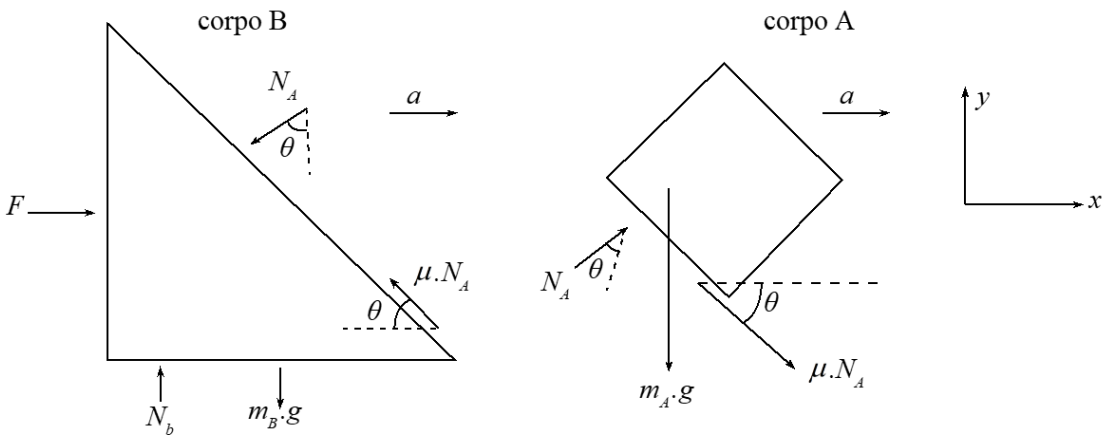
Questão 01

Um bloco de massa m_A encontra-se sobre a superfície de uma cunha de massa m_B, que desliza sem atrito em uma superfície plana devido à ação de uma força horizontal. O ângulo de inclinação da cunha é dado por θ. Sabendo que o coeficiente de atrito entre o bloco e a cunha é μ, calcule em função de m_A, m_B, θ, μ e g:

a) a aceleração mínima à qual a cunha deve ser submetida para que o bloco inicie um movimento de subida;
b) a intensidade da força de contato entre o bloco e a cunha.



Resolução



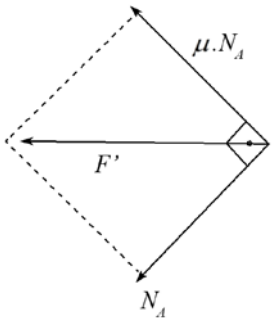
Corpo A

Em x: $N_A \cdot \text{sen}\,\theta + \mu \cdot N_A \cos\theta = m_A \cdot a \therefore N_A(\text{sen}\theta + \mu\cos\theta) = m_A \cdot a$ (I)

Em y: $N_A \cdot \cos\theta = m_A \cdot g + \mu \cdot N_A \cdot sen\theta \therefore N_A(\cos\theta - \mu\,\text{sen}\,\theta) = m_A \cdot g$ (II)

(I) ÷ (I) → $\dfrac{\text{sen}\,\theta + \mu\cos\theta}{\cos\theta - \mu\cos\theta} = \dfrac{a}{g} \therefore a = g \cdot \dfrac{\text{sen}\,\theta + \mu \cdot \cos\theta}{\cos\theta - \mu \cdot \cos\theta}$

Força de contato entre A e B (não necessariamente horizontal)



$$F' = \sqrt{N_A{}^2 + \mu^2 N_A{}^2} = N_A\sqrt{1+\mu^2}$$

De (II) → $N_A = \dfrac{m_A \cdot g}{\cos\theta - \mu\text{sen}\theta}$

$$F' = \frac{m_A \cdot g \cdot \sqrt{1+\mu^2}}{\cos\theta - \mu\text{sen}\theta}$$

a) $a = g \cdot \dfrac{\text{sen}\theta + \mu \cdot \cos\theta}{\cos\theta - \mu \cdot \text{sen}\theta}$

b) $F' = \dfrac{m_A \cdot g \cdot \sqrt{1+\mu^2}}{\cos\theta - \mu \cdot \text{sen}\theta}$

Questão 02

Existe um limite inferior da distância Terra-Lua para que o nosso satélite não se desintegre por efeitos de maré. Para determinar uma expressão aproximada dessa distância, considere a Lua como a composição de dois semi-satélites esféricos idênticos, homogêneos e em contato. Os corpos descritos realizam um movimento circular ao redor da Terra, cuja massa é dada por M_T, com os três centros sempre colineares. A estabilidade da Lua é associada à tendência natural dessas duas metades manterem o contato entre si por efeitos gravitacionais. Considerando que o raio da lua R_L é muito menor do que a distância Terra-Lua D e que M_T é muito maior que a massa da Lua M_L, faça o que se pede.

Caso necessário, use: $(1+x)^n \approx 1 + nx$, se $|x| \ll 1$.

a) Considerando que os semi-satélites têm a mesma densidade da Lua, determine os seus raios r e massas m. Deixe sua resposta em termos dos dados do enunciado.

b) Estime o valor mínimo de D para que a Lua não se desintegre. Deixe sua resposta em termos de M_T, m e r.

Resolução:

a) Como os semi-satélites são idênticos e constituem uma aproximação para a Lua, sua massa deve ser metade da massa da Lua:

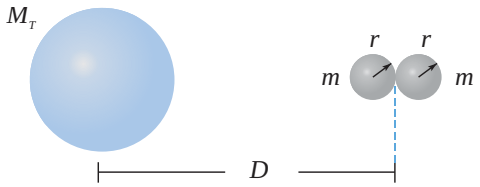
$$m = \frac{M_L}{2}$$

Seus raios podem ser calculados a partir da densidade, que é a mesma da Lua:

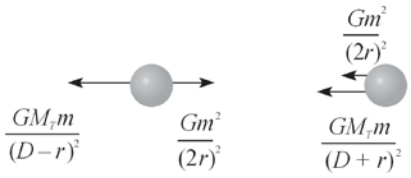
$$\rho_L = \frac{M_L}{\frac{4\pi}{3}R_L{}^3} = \frac{m}{\frac{4\pi}{3}r^3}$$

$$r = \frac{R_L}{\sqrt[3]{2}}$$

b) Seja D a distância desde o centro da Terra ao centro da Lua, que, neste caso, consideramos como o ponto de contato entre os semi-satélites. Podemos construir a seguinte representação:



No caso limite, em que a Lua quase se desintegra, não existe força de contato entre os semi-satélites, de modo que a resultante centrípeta será dada unicamente pela soma das forças gravitacionais. Observe a representação das forças em cada um dos semi-satélites.



$$\begin{cases} \dfrac{GM_Tm}{(D-r)^2} - \dfrac{Gm^2}{4r^2} = m\omega^2(D-r) \\ \dfrac{GM_Tm}{(D+r)^2} + \dfrac{Gm^2}{4r^2} = m\omega^2(D+r) \end{cases}$$

Para que a desintegração não aconteça, as duas metades devem permanecer girando com a mesma velocidade angular. Isolando ω^2 em cada uma das equações acima e igualando, segue:

$$\frac{M_T}{(D-r)^3} - \frac{m}{4r^2(D-r)} = \frac{M_T}{(D+r)^3} + \frac{m}{4r^2(D+r)}$$

$$\frac{M_T}{D^3}\left(1-\frac{r}{D}\right)^{-3} - \frac{m}{4r^2D}\left(1-\frac{r}{D}\right)^{-1} = \frac{M_T}{D^3}\left(1+\frac{r}{D}\right)^{-3} + \frac{m}{4r^2D}\left(1+\frac{r}{D}\right)^{-1}$$

Simplificando as expressões e aplicando a aproximação sugerida, uma vez que $r \ll D$, tem se

$$\cancel{\frac{M_T}{D^2}} + \frac{3M_Tr}{D^3} - \frac{m}{4r^2} - \cancel{\frac{m}{4rD}} = \cancel{\frac{M_T}{D^2}} - \frac{3M_Tr}{D^3} + \frac{m}{4r^2} - \cancel{\frac{m}{4rD}}$$

$$\frac{6M_Tr}{D^3} = \frac{m}{2r^2} \Rightarrow \boxed{D = r\sqrt[3]{\frac{12M_T}{m}}}$$

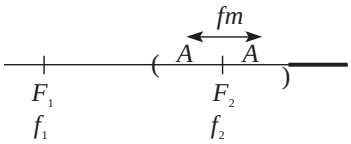
Questão 03

As fontes F_1 e F_2 contém duas buzinas que geram ruídos de frequências próprias f_1 e f_2 $(f_2 > f_1)$, respectivamente. A fonte F_1 mantém-se em repouso, enquanto a fonte F_2 realiza um movimento harmônico simples de frequência f_m e amplitude A ao longo da reta que une os dois corpos. Um observador vizinho a F_1 registra um intervalo acústico entre os dois sons captados que varia de 5/4 até 3/2. Considere o tempo de propagação do som desprezível. Com base nas informações fornecidas, determine:

a) o intervalo acústico entre f_1 e f_2;

b) a relação entre f_m, A e a velocidade do som v_0.

Resolução:



Quando F_2 se aproxima com velocidade máxima, $v_2 = Aw_m = 2\pi A f_m$

$$f_{2MÁX} = f_2 \cdot \frac{v_0}{v_0 - 2\pi A f_m}$$

$$\frac{f_{2MÁX}}{f_1} = \frac{3}{2} = \frac{f_2}{f_1} \cdot \frac{v_0}{v_0 - 2\pi A f_m} \qquad \text{(I)}$$

Quando F_2 se afasta com velocidade máxima, $v_2 = Aw_m = 2\pi A f_m$

$$f_{2MIN} = f_2 \cdot \frac{v_0}{v_0 - 2\pi A f_m}$$

$$\frac{f_{2MIN}}{f_1} = \frac{5}{4} = \frac{f_2}{f_1} \cdot \frac{v_0}{v_0 - 2\pi A f_m} \qquad \text{(II)}$$

$$\text{(I)} \div \text{(II)} \; \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{5} = \frac{v_0 + 2\pi A f_m}{v_0 - 2\pi A f_m} \therefore 6v_0 - 12\pi A f_m = 5v_0 + 10\pi A f_m$$

$$\underline{v_0 = 22\pi A f_m}$$

De (I) $\frac{3}{2}=\frac{f_2}{f_1}\cdot\frac{22\pi A f_m}{20\pi A f_m}\therefore\frac{f_2}{f_1}=\frac{3}{2}\cdot\frac{20}{22}=\frac{15}{11}$

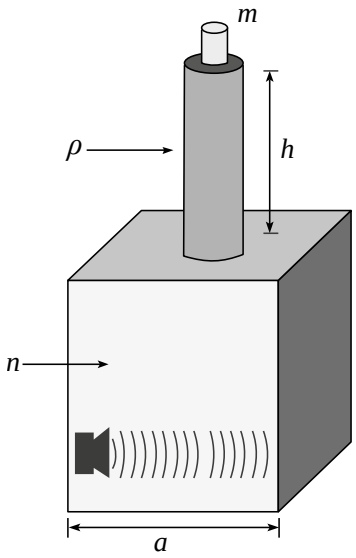
De (II) $\frac{5}{4}=\frac{f_2}{f_1}\cdot\frac{22\pi A f_m}{24\pi A f_m}\therefore\frac{f_2}{f_1}=\frac{5}{4}\cdot\frac{24}{22}=\frac{15}{11}$

a) $\frac{f_2}{f_1}=\frac{15}{11}$

b) $v_0=22\pi\cdot A\cdot f_m$

Questão 04

Considere um cubo de lado *a*, que contem *n* mols de um gás ideal em equilíbrio termodinâmico, sobre o qual é colocado um recipiente cilíndrico de altura *h* e raio *r*, completamente preenchido de um fluido de densidade ρ. O cilindro e o cubo são separados por uma membrana flexível. No topo do cilindro, há uma outra membrana flexível sobre a qual é colocada um corpo de massa *m*. Sabendo que a velocidade de propagação do som é v_0 a uma temperatura T_0, que a pressão atmosférica vale P_{atm} e que uma fonte sonora gera uma onda com frequência *f* no interior do cubo, determine:



a) temperatura do gás no interior do cubo;

b) expressão para o comprimento de onda dessa onda no meio gasoso,

---

Resolução:

a) Como as membranas de separação entre os meios são flexíveis e o sistema encontra-se em equilíbrio, não deve haver diferença de pressão nas interfaces. Desse modo, a pressão logo abaixo do corpo de massa *m* terá valor igual a

$$P=P_{atm}+\frac{mg}{\pi r^2}.$$

Pelo teorema de Stevin, a pressão no fundo do cilindro, que corresponde à pressão no gás, será, portanto

$$P_{gas}=P_{atm}+\frac{mg}{\pi r^2}+\rho gh.$$

Aplicando a equação de Clapeyron, encontramos a temperatura do gás no interior do cubo:

$$PV=nRT$$

$$\left(P_{atm}+\frac{mg}{\pi r^2}+\rho gh\right)a^3=nRT$$

$$T=\frac{\left(P_{atm}+\frac{mg}{\pi r^2}+\rho gh\right)a^3}{nR}$$

Sendo *g* a aceleração da gravidade e *R* a constante universal dos gases perfeitos.

b) Admitindo-se que a velocidade v_0, mencionada no enunciado, se refira à propagação do som no meio gasoso, podemos estabelecer uma relação entre as velocidades e as temperaturas:

$$v \propto \sqrt{T} \Rightarrow v = v_0\sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

$$v = v_0\sqrt{\frac{\left(P_{atm} + \frac{mg}{\pi r^2} + \rho gh\right)a^3}{nRT_0}}$$

O comprimento de onda pode ser determinado pela equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{v_0}{f}\sqrt{\frac{\left(P_{atm} + \frac{mg}{\pi r^2} + \rho gh\right)a^3}{nRT_0}}$$

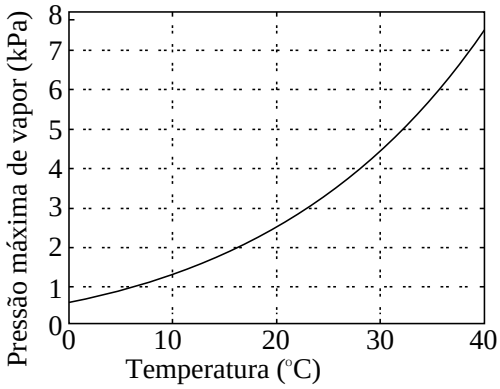
Questão 05

Uma cidade localiza-se ao nível do mar, próxima à costa oceânica à oeste e a poucos quilômetros de uma cordilheira. Durante o dia, uma brisa constante úmida de ar flui da costa para a montanha. Um barômetro localizado na cidade indica uma pressão de 100 *kPa* a temperatura de 25 °C. Por sua vez, um outro barômetro localizado no ponto mais alto da cordilheira indica uma pressão de 80 *kPa*. Considere que o calor específico molar do ar a volume constante vale 2*R*. Se necessário, considere: $\sqrt[3]{2} \approx 1,26$ e $\sqrt[3]{10} \approx 2,15$.

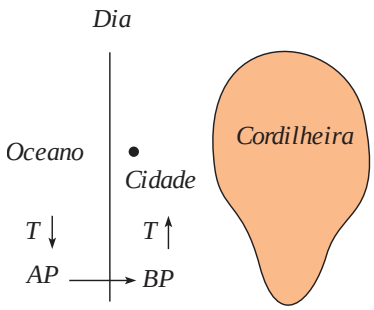
a) Estime a temperatura no ponto mais alto da cordilheira em Kelvin.

b) Considerando uma umidade relativa $\phi_0 = 50\%$ ao nível do mar e $\phi_0 = 10\%$ no ponto mais alto da cordilheira, estime o volume de água em m^3 que precipita por hora na trajetória da brisa entre a cidade e o pico se o fluxo médio de ar seco que alcança o topo da cordilheira for de $2,0 \times 10^9$ kg/h.

c) Explique qualitativamente a razão pela qual desertos se formam no lado continental das cordilheiras



Resolução:



a) vamos supor que não há troca de calor no ar desde a cidade (1) até o topo da cordilheira (2) $\rightarrow$ adiabática.

$$P_1 \cdot V_1^{\gamma} = P_2 \cdot V_2^{\gamma}$$

$$C_V = 2R$$

$$C_p - C_V = R \text{ (Relação de Mayer)}$$

$$C_p = 3R \therefore \gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{3R}{2R} = \frac{3}{2}$$

$$P_1 = 100\,kP_a \therefore P_2 = 80\,kP_a \therefore 100 \cdot V_1^{3/2} = 80 \cdot V_2^{3/2}$$

$$\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{3}{2}} = \frac{10}{8} \therefore \frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{10}{8}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{\left(\sqrt[3]{10}\right)^2}{\left(\sqrt[3]{8}\right)^2} = \frac{\left(\sqrt[3]{10}\right)^2}{4} = \frac{\sqrt[3]{10}\cdot\sqrt[3]{10}}{4}$$

$P_1 \cdot V_1 = n \cdot R \cdot T_1$ (I) $P_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T_2$ (II)	$\text{II} \div \text{I} \rightarrow \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{V_2}{V_1} = 298 \cdot \frac{80}{100} \cdot \frac{\sqrt[3]{10}\cdot\sqrt[3]{10}}{4} = 298 \cdot \frac{8}{10} \cdot \frac{\sqrt[3]{10}\cdot\sqrt[3]{10}}{4} =$$

$$= 298 \cdot 2 \cdot \frac{\sqrt[3]{10}\cdot\sqrt[3]{10}}{\sqrt[3]{10}\cdot\sqrt[3]{10}\cdot\sqrt[3]{10}} = \frac{298 \cdot 2}{\sqrt[3]{10}} = \frac{298 \cdot 2}{2{,}15} = \underline{277{,}2\ K}$$

b) Nível do mar $\rightarrow$ $T = 25\ °C \rightarrow P_{máx1} \simeq 3{,}4\ kPa$ (do gráfico)

Umidade relativa $1 = 50\% \rightarrow P_{\substack{\text{vapor 1}\\ \text{d'água}}} = 50\% \cdot 3{,}4\,kPa = 1{,}7\,kPa$

$P_{\text{ar seco1}} = 100\,kPa - 1{,}7\,kPa \cong 100\,kPa$ (diferença desprezível)

$f_1 = p_{\substack{\text{vapor 1}\\ \text{d'água}}} / p_{\text{ar seco 1}} = 1{,}7\ kPa / 100\,kPa = 1{,}7\%$

Ponto mais alto da cordilheira $\rightarrow T = 277{,}2\ K = 4{,}2\ °C$

$p_{máx_2} \cong 0{,}8\,kPa$

Umidade relativa $2 = 10\% \rightarrow p_{\substack{\text{vapor 2}\\ \text{d'água}}} = 10\% \cdot 0{,}8\,kPa = 0{,}8\,kPa$

$p_{\text{ar seco2}} = 80\,kPa - 0{,}08\,kPa \simeq 80\,kPa$ (diferença desprezível)

$f_2 = p_{\substack{\text{vapor 2}\\ \text{d'água}}} / p_{\text{ar seco 2}} = 0{,}08\,kPa / 80\,kPa = 0{,}1\%$

$\Delta f = f_1 - f_2 = 1{,}7\% - 0{,}1\% = 1{,}6\%$

$$\Delta f = \frac{\Delta n_{\text{vapor d'água}}}{n_{\text{ar seco}}} = \frac{\dfrac{\Delta m_{\text{vapor d'água}}}{MM_{\text{vapor d'água}}}}{\dfrac{m_{\text{ar seco}}\,(\text{em 1h})}{MM_{\text{ar seco}}}} = \frac{\dfrac{\Delta m_{\text{vapor d'água}}}{18\,g}}{\dfrac{2 \cdot 10^9\,kg}{29\,g}}$$

$$\frac{\Delta m_{\text{vapor d'água}}}{18\,g} = 1{,}6 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{2 \cdot 10^9\,kg}{29\,g}$$

$$\Delta m_{\text{vapor d'água}} = 1{,}6 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{18}{29} \cdot 2 \cdot 10^9\,kg$$

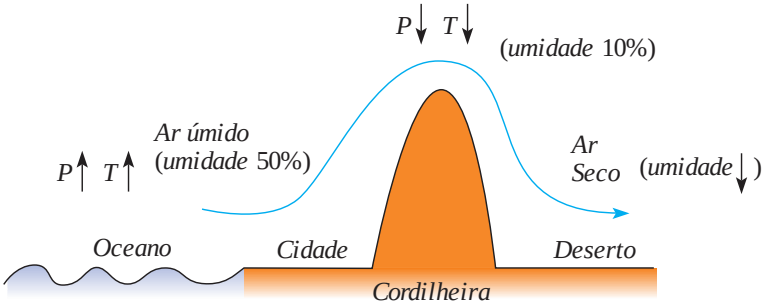
$18 \cdot 1{,}6 = 28{,}8 \simeq 29$

$\Delta m_{\text{vapor d'água}} = 2 \cdot 10^7\,kg$

Água $\rightarrow 10^3\,kg \rightarrow 1\,m^3$

$2 \cdot 10^7\,kg \rightarrow 2 \cdot 10^4\,m^3\,(\text{em 1h})$

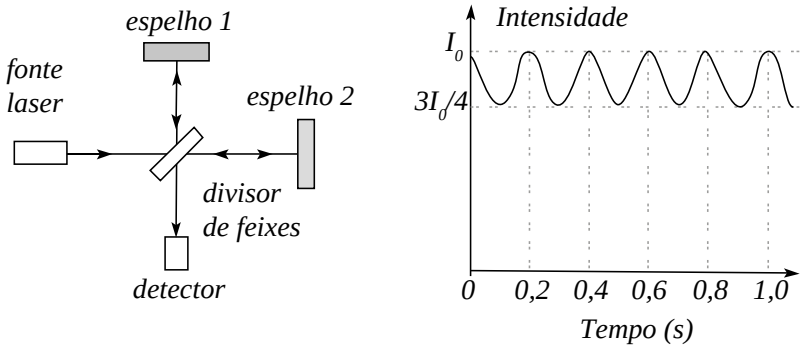
c)



Como vimos, a umidade relativa do ar cai drasticamente quando o ar atravessa a cordilheira. Há precipitações e o ar chega seco depois da cordilheira. Além disso, o ar úmido é mais pesado que o ar seco e o vapor d'água não consegue atravessar a cordilheira. Como chove muito pouco, há tendência de formação de desertos do lado continental (oposto ao lado oceânico).

Questão 06

O LIGO é um observatório de ondas gravitacionais baseado em interferômetros de Michelson-Morley. Considere um interferômetro no qual um feixe LASER monocromático de 300 *nm* é dividido em dois feixes que percorrem dois caminhos ópticos de 4,0 *km*. Quando uma onda gravitacional atravessa esse sistema com velocidade c, o espaço-tempo é perturbado. Esse efeito pode ser aproximado como movimentos harmônicos simples do espelho 1 e do espelho 2 ao longo dos caminhos ópticos de seus respectivos feixes incidentes. Enquanto um comprimento de um braço do interferômetro contrai, o outro se dilata na mesma amplitude. Durante a passagem da onda gravitacional, o sinal medido no detector, originalmente igual a I_0, passa a descrever um comportamento como o representado no gráfico abaixo.



Faça o que se pede nos itens a seguir.

a) Determine o comprimento de onda da onda gravitacional detectada.

b) Qual a máxima variação do comprimento de cada braço do interferômetro?

Resolução:

a) No início, não há diferença de caminhos ópticos, de modo que a interferência entre os feixes é totalmente construtiva. Com a passagem da onda gravitacional, haverá uma diferença máxima de caminhos ópticos quando um dos braços estiver dilatado e o outro contraído. Podemos representar as oscilações completas do interferômetro pela seguinte tabela, sendo *A* a amplitude de oscilação dos espelhos.

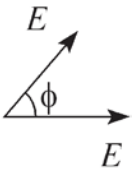
Instante	Diferença de caminhos ópticos
$t = 0$	0
$t = T/4$	$4A$
$t = T/2$	0
$t = 3T/4$	$4A$
$t = T$	0

Isso acontece porque, enquanto um dos feixes tem que ir e voltar uma distância *A* a mais, o outro deixa de percorrer esta distância também duas vezes (ida e volta), de modo que a diferença de percurso é 4*A*.

Analisando o gráfico fornecido, notamos que entre dois picos sucessivos de intensidade (I_0) se passa 0,2s. Conforme nossa tabela, isso corresponde à metade de um período. Logo, *T* = 0,4 s. Pela equação fundamental da ondulatória, determinamos o comprimento de onda da onda gravitacional detectada:

$$c = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow \lambda = 3{,}0 \times 10^8 \cdot 0{,}4 = \boxed{1{,}2 \times 10^8 m}$$

b) Observando novamente o gráfico da intensidade, nota-se que não ocorre interferência destrutiva total, o que significa que a diferença de fase não chega a valer π. Para calcularmos a máxima diferença de fase entre os feixes, utilizaremos a representação dos vetores campo elétrico de cada uma das ondas em um diagrama fasorial. Seja ϕ a diferença de fase:



Pela lei dos cossenos para adição de vetores, podemos escrever

$$E_R^{\,2} = E^2 + E^2 + 2E^2 \cos\phi$$

$$E_R^{\,2} = 2E^2(1 + \cos\phi)$$

A intensidade resultante é proporcional ao quadrado do módulo do campo elétrico ($E_R^{\,2}$), de modo que podemos relacionar as intensidades sem a passagem da onda gravitacional (interferência construtiva total) e com a passagem da onda gravitacional (interferência parcialmente construtiva). Seja *I* a intensidade de apenas um feixe:

$$\begin{cases} I_0 = 2I(1+\cos 0) = 4I \\ \dfrac{3I_0}{4} = 2I(1+\cos\phi) \end{cases}$$

Dividindo uma equação pela outra, encontramos $\cos\phi = \dfrac{1}{2} \Rightarrow \phi = \dfrac{\pi}{3}$.

A essa diferença de fase corresponde uma diferença de caminhos ópticos igual a 4*A*, como discutido anteriormente. Como uma diferença de 2π corresponde a um comprimento de onda do feixe LASER, podemos encontrar a amplitude de oscilação dos espelhos por uma regra de três simples:

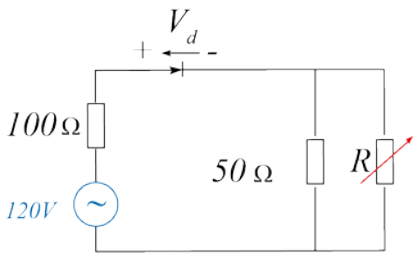
$$\begin{cases} 2\pi \rightarrow 300\,\text{nm} \\ \dfrac{\pi}{3} \rightarrow 4A \end{cases} \Rightarrow 2A = 25\,\text{nm}$$

Como os espelhos oscilam com amplitude *A*, a máxima variação do comprimento de cada braço é igual a

$2A = \boxed{25\,\text{nm}}$

Questão 07

Considere o circuito ilustrado abaixo com uma fonte de corrente alternada senoidal de 60 *Hz* e tensão de pico de 120 *V*, um diodo ideal sujeito a uma diferença de potencial V_d, dois resistores, cujas resistências elétricas valem $50\,\Omega$ e $100\,\Omega$, e um reostato de resistência variável *R*. Um diodo é um dispositivo eletrônico que permite a passagem de corrente em apenas um sentido $(V_d > 0)$.



Faça o que se pede nos itens a seguir.

a) Descreva e esboce o gráfico da corrente $i(t)$ que atravessa o reostato quando este está configurado para oferecer uma resistência elétrica de $R = 25\Omega$.

b) Determine o valor de *R* que proporciona uma transferência máxima de potência da fonte alternada ao reostato.

Resolução:

a) Para $R = 25\Omega$ teremos uma resistência equivalente do circuito igual a:

$$R_{eq} = 100 + \frac{50 \cdot 25}{50+25} = 100 + \frac{50}{3} = \frac{350}{3}\Omega$$

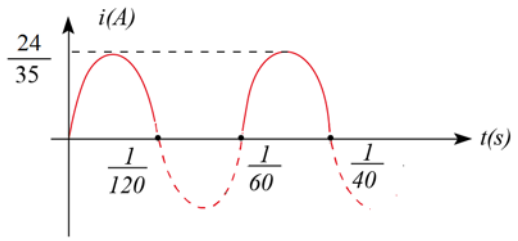
A corrente máxima será no diodo será

$$V_p = i_p \cdot R_{eq} \Rightarrow 120 = i_p \cdot \frac{350}{3} \qquad i_p = \frac{36}{35}A'$$

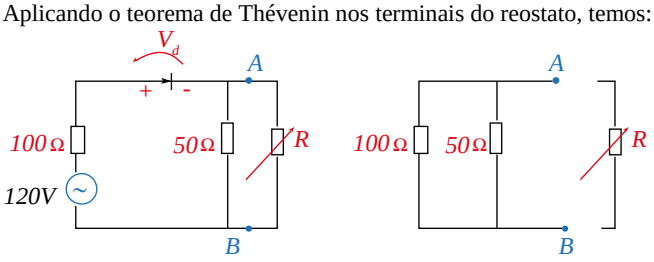
Essa corrente por sua vez se dividirá na proporção de 2:1 entre o resistor de $50\,\Omega$ e o reostato. A corrente máxima no reostato será, portanto:

$$i_{p_R} = \frac{2}{3} i_p = \frac{2}{3} \cdot \frac{36}{35} \qquad i_{p_R} = \frac{24}{35}A$$

Para tensões positivas no diodo, temos a passagem de corrente senoidal até um limite de $i_p = \dfrac{24}{35}A$. Já para as tensões negativas, o diodo corta a corrente. Logo:



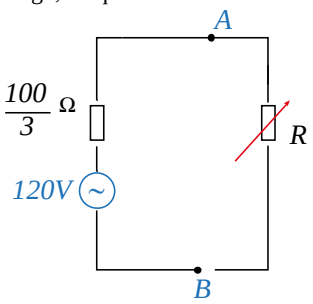
b) Aplicando o teorema de Thévenin nos terminais do reostato, temos:



$$R_{Th} = R_{AB} = (50 \,||\, 100)\Omega$$

$$R_{Th} = \frac{100}{3}\Omega$$

Logo, o equivalente será:



Nessa condição, a máxima transferência de potência para o reostato acontece quando $R = R_{Th} = \frac{100}{3}\Omega$

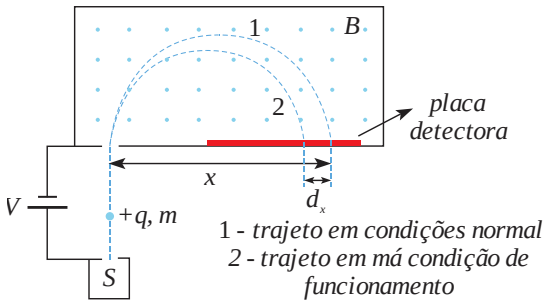
Questão 08

Em um espectrômetro de massa, íons de massa m e carga q sao acelerados de uma fonte S até uma fenda por uma diferença de potencial elétrico V. Assim que atravessam a fenda, acessam uma câmara na qual existe um campo magnético uniforme $B\hat{z}$, perpendicular ao plano ilustrado pela figura abaixo. Em condições normais de funcionamento, os íons entram na câmara com velocidade perpendicular ao anteparo e têm o movimento completamente contido no plano da figura até atingir a placa detectora a uma distância horizontal x da fenda de entrada.

Contudo, verificou-se um desvio horizontal d_x nos valores esperados de suas medidas, resultando cm uma distância x — d_x, associada a uma elevação vertical do ponto de detecção de d_z. Suspeita-se que as partículas carregadas tenham uma componente de velocidade vertical de tal forma que a velocidade de entrada das mesmas faz um ângulo a com a direção normal ao anteparo. Assumindo essas considerações, calcule:

a) $\cos\alpha$ em termos de d_x, B, q, m e V;

b) a distância d_z em termos de B, q, m, V e α.



Resolução:

a) Os íons entrarão no espectômetro com uma velocidade dada por:

$$E_{pe} = E_c \;\Rightarrow\; q \cdot V = \frac{m \cdot v^2}{2} \;\Rightarrow\; v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

Na condição normal de funcionamento, a distância x pode ser relacionada como:

$$R = \frac{x}{2} = \frac{mv}{qB}$$

Já na má condição de funcionamento, a componente de velocidade responsável pela trajetória circular é $v\cos\alpha$, assim:

$$\frac{(x-d_x)}{2}=\frac{m\cdot v\cos\alpha}{qB}$$

$$\cos\alpha=\frac{qB(x-d_x)}{2mv}=\frac{qB}{2mv}\left(\frac{2mv}{qB}-d_x\right)=1-\frac{d_xqB}{2mv}$$

Logo:

$$\cos\alpha=1-\frac{d_xqB}{2m}\cdot\sqrt{\frac{m}{2qv}}=1-\frac{d_xB}{2}\sqrt{\frac{q}{2mv}}$$

b) A elevação d_z na direção vertical (z) é dada por:

$$d_z=(v\,sen\alpha)\frac{T}{2} \qquad \left(\frac{T}{2}\text{ equivale a meio período e é dado por }\frac{T}{2}=\frac{\pi m}{qB}\right)$$

$$d_z=\sqrt{\frac{2qV}{m}}\cdot sen\alpha\frac{\pi m}{qB}$$

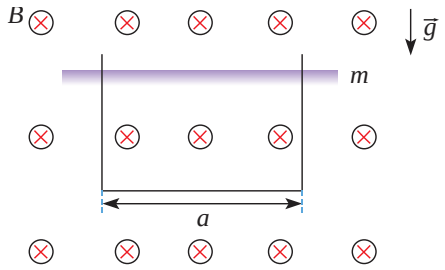
Logo,

$$d_z=\frac{\pi sen\alpha}{B}\cdot\sqrt{\frac{2mV}{q}}$$

Questão 09

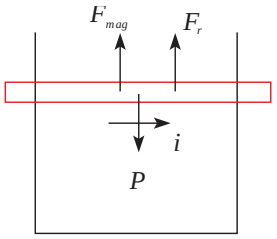
Considere uma haste condutora móvel de massa m e resistência R sobre trilhos fixos condutores em forma de U. conforme a figura abaixo. Esse sistema está em uma região com campo magnético $\vec{B}$ uniforme e perpendicular ao plano do trilho. Em um determinado instante, a haste é solta do repouso e cai sob a influência da gravidade $\vec{g}$ e de uma força de resistência do ar, proporcional à sua velocidade, $\vec{F_r}=-\alpha\vec{v}$. Considerando que a resistência da haste é muito maior que a resistência do trilho, faça o que se pede.

a) Forneça o diagrama de forças que atuam na haste e indique suas intensidades.
b) Determine a velocidade terminal da haste.
c) Esboce o gráfico da velocidade $v(t)$.



Resolução:

a)



Na condição fornecida, teremos uma corrente induzida cujo sentido será tal que a força magnética por ela produzida se oponha a causa que lhe deu origem. Desta forma, força magnética será para cima e a corrente da esquerda para direita.

b) Na condição de velocidade terminal, a aceleração é nula. Logo:

$$a=0\Rightarrow Fr=0\Rightarrow mg=Bi\ell\,sen\theta+\alpha\cdot v$$

Pela Lei da indução de Faraday, temos:

$$\varepsilon=\left|\frac{\Delta\cancel{\phi}}{\Delta t}\right|=\left|\frac{B\Delta A}{\Delta t}\right|=B\cdot\ell\cdot\left|\frac{\Delta y}{\Delta t}\right|=B\ell v\quad\Rightarrow\quad R\cdot i=B\ell v\quad\Rightarrow\quad i=\frac{B\ell v}{R}$$

Logo,

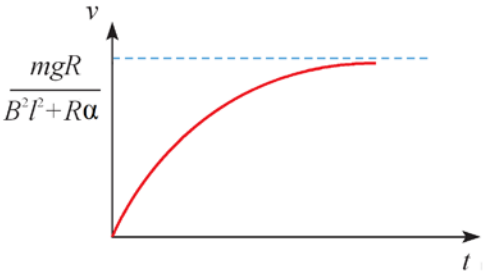
$$mg=B\cdot\left(\frac{B\ell v}{R}\right)\cdot\ell+\alpha v\quad\Rightarrow\quad v=\frac{mgR}{B^2\ell^2+R\alpha}$$

c) A velocidade da haste pode ser relacionada pela expressão da força resultante

$$mg - Fmg - Fr = m\frac{dv}{dt} = ma$$

$$mg - \frac{B^2\ell^2 v}{R} - \alpha v = Ma \quad \Rightarrow \quad a(t) = g - \left(\frac{B^2\ell^2}{mR} + \frac{\alpha}{m}\right)v(t)$$

Percebe-se, pela expressão, que à medida que v aumenta, a aceleração diminui até o momento que se atinge a velocidade limite (terminal) e a aceleração zera. Dessa forma, podemos partir da aceleração máxima com $v = 0$ e $t = 0$ (máxima inclinação da curva) e chegar em uma aceleração nula para $t \to \infty$ (assintótico em relação à horizontal)



Questão 10

Uma placa metálica é iluminada com radiação de diferentes comprimentos de onda a fim de coletar fotoelétrons. Os elétrons emitidos são desacelerados por uma diferença de potencial, e os potenciais de corte para os quais a corrente elétrica deixa de ser detectada para cada comprimento de onda isolado são apresentados na tabela a seguir.

λ (Å)	V_c (V)
250	37
150	70
110	100
50	235

Faça o que se pede nos itens a seguir.

a) Determine, em eV, a função trabalho da placa metálica.

b) Em seguida, foi utilizada uma lâmpada de hidrogênio para iluminar a mesma placa metálica. Determine de quais saltos quânticos dos elétrons do átomo de H é possível obter radiação capaz de emitir fotoelétrons da placa metálica considerada.

Resolução:

a) Pela equação do Efeito Fotoelétrico, temos:

$$E = \phi + k$$

$$hf = \phi + k \qquad \text{em que a energia cinética } (k) \text{ pode ser escrita como } k = e\,V_o$$

$$\frac{hf}{\lambda} = \phi + e \cdot V_o$$

Aplicando a equação acima para os dois primeiros eventos, temos:

$$\begin{cases} \dfrac{h \cdot 3 \cdot 10^8}{250 \cdot 10^{-10}} = \phi + e \cdot 37 \;\Rightarrow\; 12 \cdot 10^{15} h = \phi + 37e \;\text{(I)} \\ \dfrac{h \cdot 3 \cdot 10^8}{150 \cdot 10^{-10}} = \phi + e \cdot 70 \;\Rightarrow\; 20 \cdot 10^{15} h = \phi + 70e \;\text{(II)} \end{cases}$$

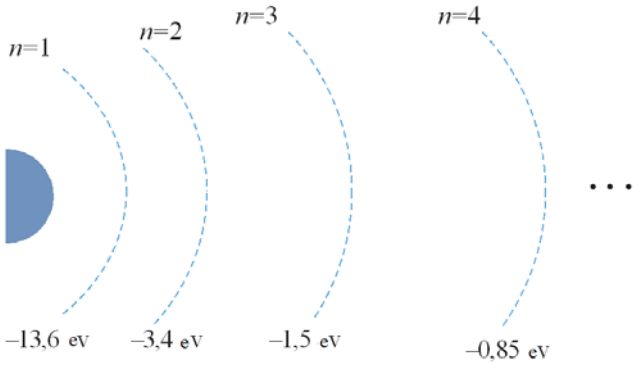
Subtraindo as equações $(II) - (I)$: $\quad 8 \cdot 10^{15} h = 33e \Rightarrow h = \dfrac{33e}{8 \cdot 10^{15}} = \dfrac{33}{8 \cdot 10^{15}}\, eV \cdot s$

A função trabalho será, portanto:

$$\phi = 12 \cdot 10^{15} h - 37e = 12 \cdot \frac{10^{15} \cdot 33}{8 \cdot 10^{15}} e - 37e = 12{,}5\; eV$$

b) Sabemos que as energias no átomo de Bohr são dadas por:

$$E_n = \frac{-13{,}6}{n^2}\, eV$$



Observando as quantizações dos níveis de energia, percebemos que para $\Delta E = hf \geq 12{,}5\ eV$ **,** todas as transições devem chegar no nível n = 1. Quaisquer outras transições possuem ΔE de no máximo 3,4 eV. Além disso, a diferença de energia necessária para o elétron voltar para n = 1 só se dá para n a partir de 4. Desta forma, todos os saltos quânticos com $n \geq 4$ para n = 1 satisfazem a condição de emissão de fotoelétrons pela placa.

PROPOSTAS

Com base no seu conhecimento e em pelo menos um dos itens da coletânea, discorra argumentativamente sobre o seguinte tema: *a influência do medo nas ações humanas.*

Item 1. "Ao princípio esperança, contrapomos o princípio responsabilidade, e não o princípio medo. Mas, certamente, o medo pertence à responsabilidade, tanto quanto a esperança. A esperança é uma condição de toda ação, pois ela supõe ser possível fazer algo e diz que vale a pena fazê-lo em uma determinada situação. Para o homem experimentado, e mesmo para o favorecido pela sorte, pode tratar-se de algo mais do que esperança: da certeza daquele que confia em si mesmo. Mas, por maior que seja a confiança em si, só se poderia ter a esperança de que os desdobramentos daquilo que já se obteve será, no fluxo imprevisível das coisas, aquilo que se desejou. Os homens experientes sabem que um dia podem desejar não ter agido desta ou daquela forma. O medo de que falo não se refere a esse tipo de incerteza, ou ele pode estar presente apenas como um efeito secundário. Com efeito, é uma das condições da ação responsável não se deixar deter por esse tipo de incerteza, assumindo-se, ao contrário, a responsabilidade pelo desconhecido, dado o caráter incerto da esperança; isso é o que chamamos de 'coragem para assumir a responsabilidade'. O medo que faz parte da responsabilidade não é aquele que nos aconselha a não agir, mas aquele que nos convida a agir. Trata-se de um medo que tem a ver com o objeto da responsabilidade. A responsabilidade é o cuidado reconhecido como obrigação cm relação a um outro ser, que se torna 'preocupação' quando há uma ameaça à sua vulnerabilidade. Mas o medo está presente na questão original, com a qual podemos imaginar que se inicie qualquer responsabilidade ativa: o que pode acontecer a ele, se eu não assumir a responsabilidade por ele? Quanto mais obscura a resposta, maior se delineia a responsabilidade. Quanto mais no futuro longínquo situa-se aquilo que se teme, quanto mais distante do nosso bem-estar ou mal-estar, quanto menos familiar for o seu gênero, mais necessitam ser diligentemente mobilizadas a lucidez da imaginação e a sensibilidade dos sentidos. Torna-se necessária uma heurística* do medo capaz de investigar, que não só descubra e represente o novo objeto como tal, mas que tome conhecimento do interesse moral particular, ao ser interpelado pelo objeto, algo que jamais teria ocorrido antes."

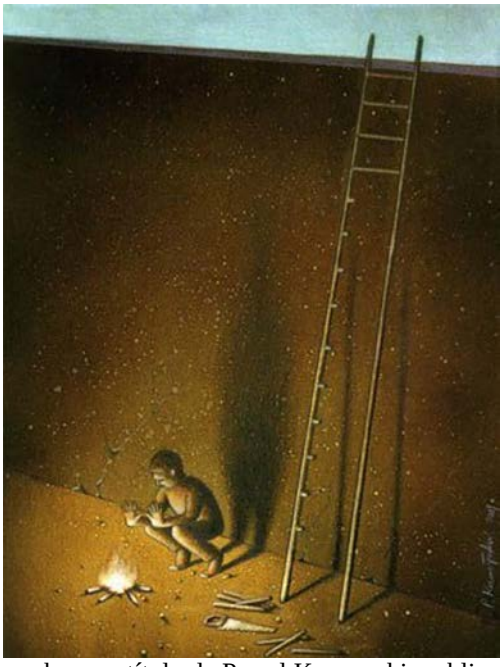
* *Heurística:* método para chegar à resolução de problemas, à invenção ou à descoberta; arte ou ciência de inventar, de descobrir; hipótese provisória adotada para investigar os fatos. *Fonte:* Hans Jonas. *O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a. civilização tecnológica* [adaptado]. Trad.: Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto; Editora PUC-Rio, 2006, p. 351-352.

Item 2.

Provisoriamente não cantaremos o amor,
que se refugiou mais abaixo dos subterrâneos.
Cantaremos o medo, que esteriliza os abraços,
não cantaremos o ódio porque esse não existe,
existe apenas o medo, nosso pai e nosso companheiro,
o medo grande dos sertões, dos mares, dos desertos,
o medo dos soldados, o medo das mães, o medo das igrejas,
cantaremos o medo dos ditadores, o medo dos democratas,
cantaremos o medo da morte e o medo de depois da morte,
depois morreremos de medo
e sobre nossos túmulos nascerão flores amarelas e medrosas

Fonte. Carlos Drummond de Andrade. *Antologia poética.* 1ª ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2012, p. 139

Item 3.

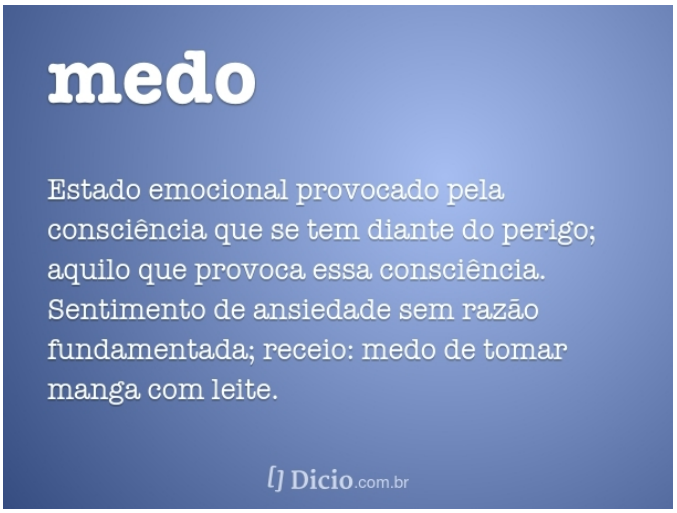


Desenho sem título de Pawcl Kuczynski, publicado em 15/10/2016, no perfil do artista no Instagram.

Fonte: https://www.instagram.com/p/BLlzqbWj5Kj/. Acesso em 22/08/2021.

Comentário:

Com o tema deste ano "A INFLUÊNCIA DO MEDO NAS AÇÕES HUMANAS", o ITA segue o mesmo direcionamento da prova do ano passado: mais subjetivo. De forma geral, a partir do que os textos motivadores nos oferecem, espera-se que o candidato desenvolva uma reflexão crítica acerca do medo, de como o medo interfere em nossas **ações humanas**. Assim, é importante se questionar: O que é o medo? Como ele nos influencia? Como ele nos paralisa?
Vejam como o Dicio.com define esse substantivo:



Sabendo que o medo é provocado pela consciência que se tem diante do perigo ou pela ansiedade em razão de algo não fundamentado, podemos nos ater à ideia de que o medo nada mais é do que uma reação da nossa mente a algo que criamos ou que sentimos (verdadeiro ou não), ou seja, inerente a todos os indivíduos. A consequência desse sentimento é a paralisia. O medo nos impede de agir, de tomar decisões, de dar um "novo passo". Partindo disso, os textos da coletânea nos direcionam às seguintes possibilidades de reflexão:

Texto 1
O autor fala do medo associado à responsabilidade. "O que pode acontecer se eu fizer ou não fizer algo?"
É a partir desse senso de responsabilidade que nós tomamos decisões. Certamente, como o próprio autor afirma, quanto mais obscura a nossa resposta, mais cuidadosos seremos.

Texto 2
O texto 2 faz parte da segunda fase drummondiana: fase social, que dialoga com os efeitos relacionados à Segunda Guerra Mundial, às problemáticas sociais. É interessante a ideia de que só temos duas mãos e a necessidade de nos juntarmos enquanto corpo social.
O congresso internacional do medo, como bem conjuga Drummond, convida-nos a um passeio por diversos receios, o que, de certo modo, nos aproxima como espécie.
O eu lírico nos leva a pensar na suspensão de tudo. Parece que tudo parou. Tudo: emoções, gestos...o medo nos invade e paralisa. A angústia grita. Consequentemente, um isolamento e uma falta de união tomam conta da sociedade. O eu lírico mostra que tudo contribui com essa sensação de medo: a natureza, a própria cidade e até os ambientes religiosos. Como consequência, uma sociedade paralisada.
O que quebra o tom sombrio do medo são as flores amarelas. Certamente, para nos mostrar que somos humanos e frágeis. Finitos, sobretudo.

Texto 3
A imagem nos mostra um homem que usa a madeira da escada para colocar fogo e se aquecer. Poderia passar para o outro lado? Sim. Talvez o que o impede é o medo do novo, o sentimento de vulnerabilidade, não saber o que o espera, o receio do risco e da exposição. Poderia sair da "Caverna", mas não quis arriscar. O medo paralisa, impede que busquemos novos caminhos, o que é visto de forma negativa nesse texto. Nesse sentido, ter coragem para arriscar, viver experiências novas e dizer coisas importantes implica abraçar a vulnerabilidade e as incertezas.

Professores

Física
Anderson Marques
João Paulo Botelho
Rodolfo Martins

Redação
Rogger Teles

Colaboradores
Alexandre Manso
Caíque Abraão

Digitação e Diagramação
Igor Soares
Pollyanna Chagas

Revisor
Pedro Verdejo

Desenhista
Keoma Medeiros
Rodrigo Ramos

Supervisão Editorial
Fernando Oliveira

Copyright©Olimpo2021

A Resolução Comentada das provas do ITA
poderá ser obtida diretamente no site do ***GRUPO OLIMPO****.*

As escolhas que você fez nesta prova, assim como outras escolhas na vida, dependem de conhecimentos, competências e habilidades específicas.
Esteja preparado.

www.grupoolimpo.com.br