QUESTÃO 1

Uma das hipóteses para explicar a extinção dos dinossauros, ocorrida há cerca de 60 milhões de anos, foi a colisão de um grande meteoro com a Terra. Estimativas indicam que o meteoro tinha massa igual a 10^{16} kg e velocidade de 30 km/s, imediatamente antes da colisão. Supondo que esse meteoro estivesse se aproximando da Terra, numa direção radial em relação à orbita desse planeta em torno do Sol, para uma colisão frontal, determine

a) a quantidade de movimento P_i do meteoro imediatamente antes da colisão;
b) a energia cinética E_c do meteoro imediatamente antes da colisão;
c) a componente radial da velocidade da Terra, V_r, pouco depois da colisão;
d) a energia E_d, em megatons, dissipada na colisão.

> Note e adote:
> A órbita da Terra é circular.
> Massa da Terra: 6×10^{24} kg.
> 1 megaton = 4×10^{15} J é a energia liberada pela explosão de um milhão de toneladas de *trinitrotolueno*.

Resposta

a) Da definição de quantidade de movimento, vem:

$$P_i = mv \Rightarrow P_i = 10^{16} \cdot 30 \cdot 10^3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_i = 3{,}0 \cdot 10^{20} \text{ kg m/s}$$

Assim, a quantidade de movimento ($\vec{P_i}$) do meteoro é:

$$\boxed{\vec{P_i} \begin{cases} P_i = 3{,}0 \cdot 10^{20} \text{ kg m/s} \\ \text{direção: radial em relação à órbita} \\ \text{da Terra} \\ \text{sentido: aproximando-se da Terra} \end{cases}}$$

b) A energia cinética (E_c) do meteoro é dada por:

$$E_c = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow E_c = \frac{10^{16} \cdot (30 \cdot 10^3)^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{E_c = 4{,}5 \cdot 10^{24}\ J}$$

c) Da conservação da quantidade de movimento para o sistema formado pela Terra e o meteoro, supondo que a colisão seja perfeitamente inelástica, temos na direção radial:

$$\vec{Q}_{antes} = \vec{Q}_{depois} \Rightarrow mv = (m + M)\,V_r \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 10^{16} \cdot 30 \cdot 10^3 = (10^{16} + 6 \cdot 10^{24}) \cdot V_r \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_r = \frac{3{,}0 \cdot 10^{20}}{6 \cdot 10^{24}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{V_r = 5{,}0 \cdot 10^{-5}\ m/s}$$

d) A energia cinética (E'_c) remanescente da colisão no sistema, em megatons, é dada por:

$$E'_c = \frac{(m + M) \cdot V_r^2}{2} \cdot \frac{1}{4 \cdot 10^{15}} \Rightarrow E'_c =$$

$$= \frac{(10^{16} + 6 \cdot 10^{24})}{2} \cdot (5{,}0 \cdot 10^{-5})^2 \cdot \frac{1}{4 \cdot 10^{15}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E'_c = 1{,}875 \text{ megatons}$$

Assim, calculando a energia dissipada (E_d), temos:

$$E_d = \frac{E_c}{4 \cdot 10^{15}} - E'_c \Rightarrow E_d = \frac{4{,}5 \cdot 10^{24}}{4 \cdot 10^{15}} - 1{,}875 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_d = 1{,}125 \cdot 10^9 - 1{,}875 \Rightarrow$$

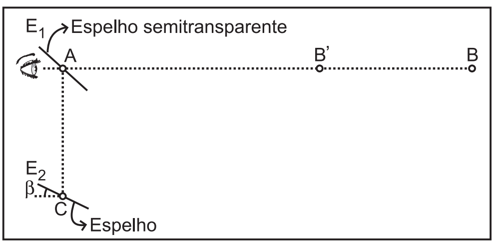
$$\Rightarrow \boxed{E_d = 1{,}125 \cdot 10^9 \text{ megatons}}$$

QUESTÃO 2

O telêmetro de superposição é um instrumento ótico, de concepção simples, que no passado foi muito utilizado em câmeras fotográficas e em aparelhos de medição de distâncias. Uma representação esquemática de um desses instrumentos está na página de respostas. O espelho semitransparente E_1 está posicionado a 45° em relação à linha de visão, horizontal, AB. O espelho E_2 pode ser girado, com precisão, em torno de um eixo perpendicular à figura, passando por C, variando-se assim o ângulo β entre o plano de E_2 e a linha horizontal. Deseja-se determinar a distância AB do objeto que está no ponto B ao instrumento.

a) Desenhe na figura da página de respostas, com **linhas cheias**, os raios de luz que, partindo do objeto que está em B, atingem o olho do observador - um atravessa o espelho E_1 e o outro é refletido por E_2 no ponto C. Suponha que ambos cheguem ao olho do observador paralelos e superpostos.

b) Desenhe, com **linhas tracejadas**, o trajeto aproximado de um raio de luz que parte do objeto em B′, incide em C e é refletido por E_2.



Com o objeto em um ponto B específico, o ângulo β foi ajustado em 44º, para que os raios cheguem ao olho do observador paralelos e superpostos. Nessa condição,

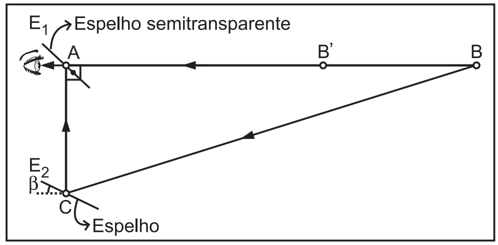
c) determine o valor do ângulo γ entre as linhas AB e BC;

d) com AC = 10 cm, determine o valor de AB.

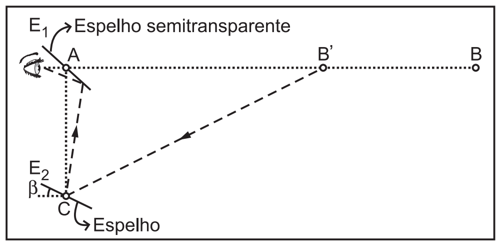
Note e adote:
sen(22º) = 0,37; cos(22º) = 0,93
sen(44º) = 0,70; cos(44º) = 0,72
sen(88º) = 0,99; cos(88º) = 0,03
As direções AB e AC são perpendiculares entre si.

Resposta

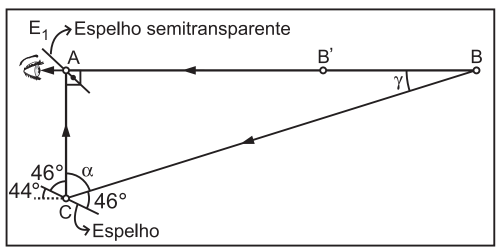
a) Os raios de luz, em linhas cheias, partindo do objeto em B, estão representados na figura:



b) Os raios de luz, em linhas tracejadas, partindo do objeto em B′, estão representados na figura:



c) Da figura do item a*, temos:*



Da figura anterior, vem:

$$\begin{cases} 90^o + \alpha + \gamma = 180^o \\ 2 \cdot 46^o + \alpha = 180^o \end{cases} \Rightarrow 90^o + 88^o + \gamma = 180^o \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\gamma = 2^o}$$

d) Do triângulo ABC da figura do item c *e sendo $\alpha = 88^o$, temos:*

$$tg\alpha = \frac{AB}{AC} \Rightarrow \frac{sen\ 88^o}{cos\ 88^o} = \frac{AB}{10} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{0,99}{0,03} = \frac{AB}{10} \Rightarrow \boxed{AB = 330\ cm}$$

QUESTÃO 3

Um DJ, ao preparar seu equipamento, esquece uma caixa de fósforos sobre o disco de vinil, em um toca-discos desligado. A caixa se encontra a 10 cm do centro do disco.

Quando o toca-discos é ligado, no instante $t = 0$, ele passa a girar com aceleração angular constante $\alpha = 1{,}1\ rad/s^2$, até que o disco atinja a frequência final $f = 33$ rpm que permanece constante. O coeficiente de atrito estático entre a caixa de fósforos e o disco é $\mu_e = 0{,}09$. Determine

a) a velocidade angular final do disco, ω_f, em rad/s;

b) o instante t_f em que o disco atinge a velocidade angular ω_f;

c) a velocidade angular ω_c do disco no instante t_c em que a caixa de fósforos passa a se deslocar em relação ao mesmo;

d) o ângulo total $\Delta\theta$ percorrido pela caixa de fósforos desde o instante $t = 0$ até o instante $t = t_c$.

Note e adote:
Aceleração da gravidade local $g = 10\ m/s^2$.
$\pi = 3$

Resposta

a) Como após atingir a frequência f = 33 rpm = $= \frac{33}{60}$ Hz a velocidade angular permanece constante, temos:

$$\omega_f = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3 \cdot \frac{33}{60} \Rightarrow \boxed{\omega_f = 3{,}3\ rad/s}$$

b) Da equação horária da velocidade angular de um MUV, vem:

$$\omega_f = \cancelto{0}{\omega_0} + \alpha \cdot t_f \Rightarrow 3{,}3 = 1{,}1 \cdot t_f \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{t_f = 3{,}0\ s}$$

c) A caixa de fósforos passa a se deslocar em relação ao disco após o instante em que a força de atrito estático atinge o seu valor máximo. Considerando que essa força atua como resultante centrípeta, temos:

$$\left| \begin{array}{l} R_{cp} = f_{at_e}^{máx.} \\ R_{cp} = m \cdot \omega_c^2 \cdot R \\ f_{at_e}^{máx.} = \mu_e \cdot m \cdot g \end{array} \right. \Rightarrow \cancel{m} \cdot \omega_c^2 \cdot R = \mu_e \cdot \cancel{m} \cdot g \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega_c^2 \cdot \cancel{10} \cdot 10^{-2} = 0{,}09 \cdot \cancel{10} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\omega_c = 3{,}0\ rad/s}$$

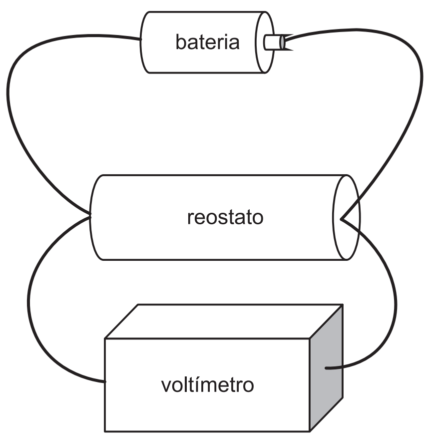
d) Como entre os instantes t = 0 e t = t_c temos um MUV, da Equação de Torricelli, vem:

$$\omega_c^2 = \cancelto{0}{\omega_0^2} + 2\alpha \cdot \Delta\theta \Rightarrow 3^2 = 2 \cdot 1{,}1 \cdot \Delta\theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta\theta = 4{,}1\ rad}$$

QUESTÃO 4

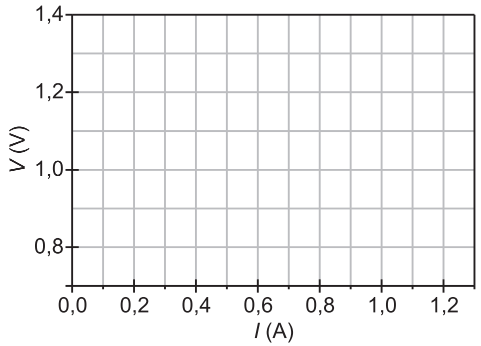
Em uma aula de laboratório, os alunos determinaram a força eletromotriz ε e a resistência interna r de uma bateria. Para realizar a tarefa, montaram o circuito representado na figura abaixo e, utilizando o voltímetro, mediram a diferença de potencial V para diferentes valores da resistência R do reostato. A partir dos resultados obtidos, calcularam a corrente I no reostato e construíram a tabela apresentada na página de respostas.



a) Complete a tabela, na página de respostas, com os valores da corrente I.

V(V)	$R(\Omega)$	I(A)
1,14	7,55	0,15
1,10	4,40	
1,05	2,62	0,40
0,96	1,60	
0,85	0,94	0,90

b) Utilizando os eixos da página de respostas, faça o gráfico de V em função de I.



c) Determine a força eletromotriz ε e a resistência interna r da bateria.

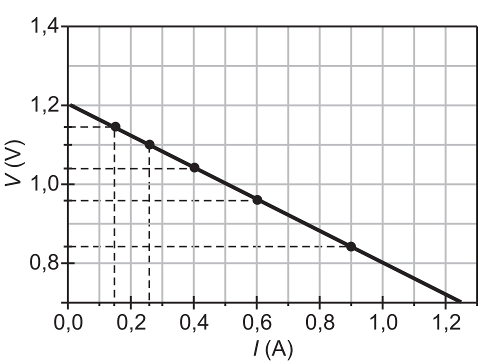
> Note e adote:
> Um reostato é um resistor de resistência variável.
> Ignore efeitos resistivos dos fios de ligação do circuito.

Resposta

a) As correntes elétricas i_1 e i_2 correspondentes aos valores solicitados são dadas pela expressão $V = Ri$, logo substituindo os valores, temos:

$$\begin{vmatrix} 1,10 = 4,40 \cdot i_1 \\ 0,96 = 1,60 \cdot i_2 \end{vmatrix} \Rightarrow \begin{vmatrix} \boxed{i_1 = 0,25\ A} \\ \boxed{i_2 = 0,60\ A} \end{vmatrix}$$

b) Substituindo os valores da tabela, obtemos o gráfico a seguir:

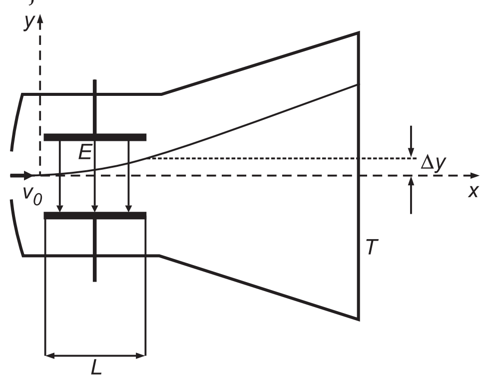


c) Substituindo os valores de i_1 e i_2 na equação de um gerador real ($V = \varepsilon - ri$), temos:

$$\begin{vmatrix} 1,10 = \varepsilon - r \cdot 0,25 \\ 0,96 = \varepsilon - r \cdot 0,60 \end{vmatrix} \Rightarrow \begin{vmatrix} \boxed{\varepsilon = 1,2\ V} \\ \boxed{r = 0,4\ \Omega} \end{vmatrix}$$

QUESTÃO 5

Um equipamento, como o esquematizado na figura abaixo, foi utilizado por J.J.Thomson, no final do século XIX, para o estudo de raios catódicos em vácuo. Um feixe fino de elétrons (cada elétron tem massa m e carga e) com velocidade de módulo v_0, na direção horizontal x, atravessa a região entre um par de placas paralelas, horizontais, de comprimento L. Entre as placas, há um campo elétrico de módulo constante E na direção vertical y. Após saírem da região entre as placas, os elétrons descrevem uma trajetória retilínea até a tela fluorescente T.



Determine

a) o módulo a da aceleração dos elétrons enquanto estão entre as placas;

b) o intervalo de tempo Δt que os elétrons permanecem entre as placas;

c) o desvio Δy na trajetória dos elétrons, na direção vertical, ao final de seu movimento entre as placas;

d) a componente vertical v_y da velocidade dos elétrons ao saírem da região entre as placas.

> Note e adote:
> Ignore os efeitos de borda no campo elétrico.
> Ignore efeitos gravitacionais.

Resposta

a) Sendo a força elétrica ($F_{el.}$) a resultante das forças enquanto os elétrons estão entre as placas, temos:

$$\left| \begin{array}{l} F_{el.} = e \cdot E \\ R = m \cdot a \end{array} \right. \Rightarrow e \cdot E = m \cdot a \Rightarrow \boxed{a = \frac{e \cdot E}{m}}$$

b) Da definição de velocidade média e considerando que em x o movimento dos elétrons é uniforme, o intervalo de tempo Δt em que permanecem entre as placas será:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\Delta t = \frac{L}{v_0}}$$

c) Devido à ação da força elétrica constante que atua na direção y, o movimento dos elétrons nessa direção é uniformemente variado. Assim, da equação horária da posição aplicada na vertical, vem:

$$y = y_0 + \cancelto{0}{v_{0y}} \cdot t + a \cdot \frac{t^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y - y_0 = \frac{eE}{m} \cdot \frac{\left(\frac{L}{v_0}\right)^2}{2} \Rightarrow \boxed{\Delta y = \frac{e \cdot E \cdot L^2}{2 \cdot m \cdot v_0^2}}$$

d) Da equação horária da velocidade, temos:

$$v_y = \cancelto{0}{v_{0y}} + a \cdot t \Rightarrow \boxed{v_y = \frac{e \cdot E \cdot L}{m \cdot v_0}}$$

QUESTÃO 6

A potência elétrica instalada no Brasil é 100 GW. Considerando que o equivalente energético do petróleo seja igual a 4×10^7 J/L, que a potência média de radiação solar por unidade de área incidente na superfície terrestre seja igual a 250 W/m^2 e que a relação de equivalência entre massa m e energia E é expressa por $E = mc^2$, determine

a) a área A de superfície terrestre, na qual incide uma potência média de radiação solar equivalente à potência elétrica instalada no Brasil;

b) a energia elétrica E_B consumida no Brasil em um ano, supondo que, em média, 80% da potência instalada seja utilizada;

c) o volume V de petróleo equivalente à energia elétrica consumida no Brasil em um ano;

d) a massa m equivalente à energia elétrica consumida no Brasil em um ano.

Note e adote:
1 GW = 10^9 W
$c = 3 \times 10^8$ m/s
1 ano = 3×10^7 s

Resposta

a) Da definição de intensidade de radiação, com 100 GW = $100 \cdot 10^9$ W, temos:

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow 250 = \frac{100 \cdot 10^9}{A} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{A = 4{,}00 \cdot 10^8\ m^2}$$

b) Da definição de potência, vem:

$$0{,}8 \cdot P = \frac{E_B}{\Delta t} \Rightarrow 0{,}8 \cdot 100 \cdot 10^9 = \frac{E_B}{3 \cdot 10^7} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{E_B = 2{,}4 \cdot 10^{18}\ J}$$

c) O volume de petróleo é dado por:

Energia (J)	Volume (L)
$4 \cdot 10^7$	1
$2{,}4 \cdot 10^{18}$	V

$\Rightarrow$

$$\Rightarrow 4 \cdot 10^7 \cdot V = 1 \cdot 2{,}4 \cdot 10^{18} \Rightarrow \boxed{V = 6 \cdot 10^{10}\ L}$$

d) Da relação entre massa e energia, vem:

$$E_B = mc^2 \Rightarrow 2{,}4 \cdot 10^{18} = m \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{m = 26{,}7\ kg}$$