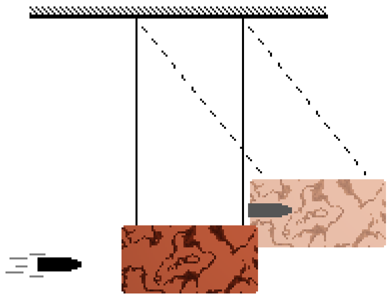
Uma bala de massa 15 g choca-se com um bloco de madeira de massa 2,985 kg, suspenso horizontalmente por dois fios, a bala se aloja no bloco e o conjunto sobe 5 cm em relação a posição inicial. Considere que os fios permaneçam paralelos e adote $g=10\ \text{m/s}^2$ para a aceleração da gravidade. Determinar:

a) A velocidade da bala ao atingir o bloco;
b) A velocidade adquirida pelo sistema bala-bloco;
c) A energia perdida no choque.



Dados do problema

- massa da bala: $m=15\ \text{g}$;
- massa do bloco: $M=2{,}985\ \text{kg}$;
- altura que o sistema sobe após o choque: $h=5\ \text{cm}$.

Solução

Em primeiro lugar devemos transformar todas as unidades para o *Sistema Internacional* (*S.I.*) a massa da bala e a altura a que se eleva o sistema serão

$$m=15\ \text{g}=15.10^{-3}\ \text{kg}=1{,}5.10^{-2}\ \text{kg}$$

$$h=5\ \text{cm}=5.10^{-2}\text{m}$$

a) Aplicando o *Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento* e o *Princípio da Conservação da Energia Mecânica* ao sistema antes e depois do choque da bala contra o bloco, temos pela figura 1

Conservação da Quantidade de Movimento:

Antes do choque a bala, de massa *m*, possui velocidade v_{b} e o bloco, de massa *M*, está em repouso, $v_{\text{B}}=0$. Imediatamente após o choque o sistema bala-bloco, de massa $m+M$, possui velocidade V. Então a quantidade de movimento antes do choque deve ser igual a quantidade de movimento depois do choque

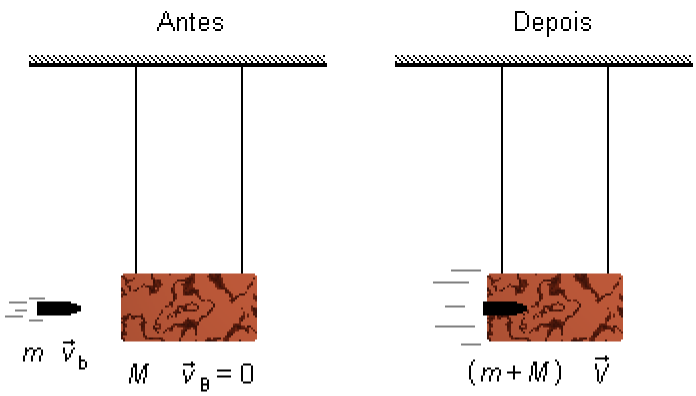


figura 1

$$Q_{\text{antes}} = Q_{\text{depois}}$$
$$m\,v_{\text{b}} + M\,v_{\text{B}} = (m+M)\,V$$
$$m\,v_{\text{b}} + M.0 = (m+M)\,V$$
$$m\,v_{\text{b}} = (m+M)\,V$$
$$v_{\text{b}} = \frac{m+M}{m}\,V \qquad \text{(I)}$$

Conservação da Energia Mecânica:

Adotando-se um *Nível de Referência* (*N.R.*) no meio do bloco em repouso. Pela figura 2 temos que no momento do choque o sistema bala-bloco possui energia cinética (E_{C}^{i}) e a energia potencial (E_{P}^{i}) é nula, pois a altura em relação a referência é zero. Quando o sistema atinge a altura máxima o sistema possui energia potencial (E_{P}^{f}) e a energia cinética (E_{C}^{f}) é nula, pois a velocidade do sistema é zero (o sistema pára por um instante antes de voltar).

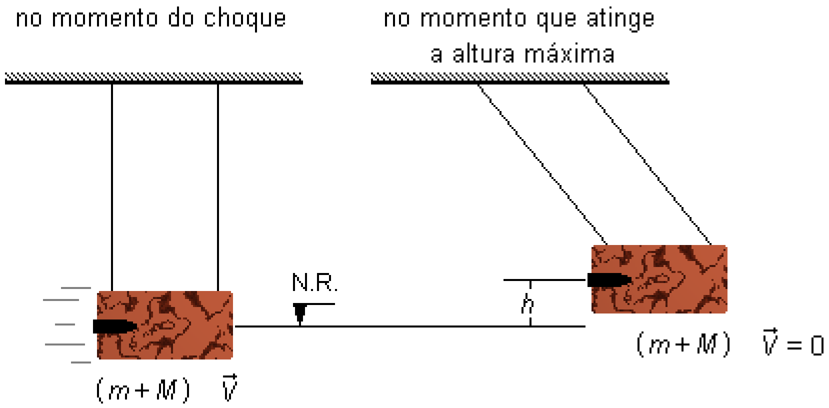


figura 2

Igualando a energia do sistema no momento do choque e no momento que atinge a altura máxima, obtemos

$$E_{\text{M}}^{\text{i}} = E_{\text{M}}^{\text{f}}$$
$$E_{\text{C}}^{\text{i}} + E_{\text{P}}^{\text{i}} = E_{\text{C}}^{\text{f}} + E_{\text{P}}^{\text{f}}$$
$$\frac{(m+M)\,V^2}{2} + (m+M)\,g.0 = \frac{(m+M).0^2}{2} + (m+M)\,g\,h$$
$$\frac{(m+M)\,V^2}{2} = (m+M)\,g\,h$$
$$\frac{V^2}{2} = g\,h$$
$$V^2 = 2\,g\,h$$
$$V = \sqrt{2\,g\,h} \qquad \text{(II)}$$

substituindo (II) em (I)

$$v_{\text{b}} = \frac{m+M}{m}\sqrt{2\,g\,h}$$

$$v_b = \frac{0{,}015 + 2{,}985}{0{,}015}\sqrt{2.10.0{,}05}$$

$$v_b = \frac{3}{0{,}015}\sqrt{1}$$

$$v_b = \frac{3}{0{,}015}$$

$$\boxed{v_b = 200\ \text{m/s}}$$

b) Da expressão (II) temos de imediato que

$$V = \sqrt{2.10.0{,}05}$$

$$V = \sqrt{1}$$

$$\boxed{V = 1\ \text{m/s}}$$

c) Aplicando novamente o *Princípio da Conservação da Energia Mecânica*, temos que antes do choque a bala possui energia cinética (E^{i}_{Cb}) e sua energia potencial (E^{i}_{Pb}) é nula, sua altura em relação ao *Nível de Referência* é zero, as energias cinética e potencial do bloco (E^{i}_{CB} e E^{i}_{PB} respectivamente) são nulas pois sua velocidade e sua altura em relação ao *Nível de Referência* são zero. Durante o choque parte da energia inicial é dissipada (E_D) e o que sobra faz o sistema bala-bloco oscilar, então no momento que o sistema atinge a altura máxima sua energia cinética (E^{f}_{C}) será nula, a velocidade do sistema é zero e toda a energia restante estará na forma de energia potencial (E^{f}_{P})

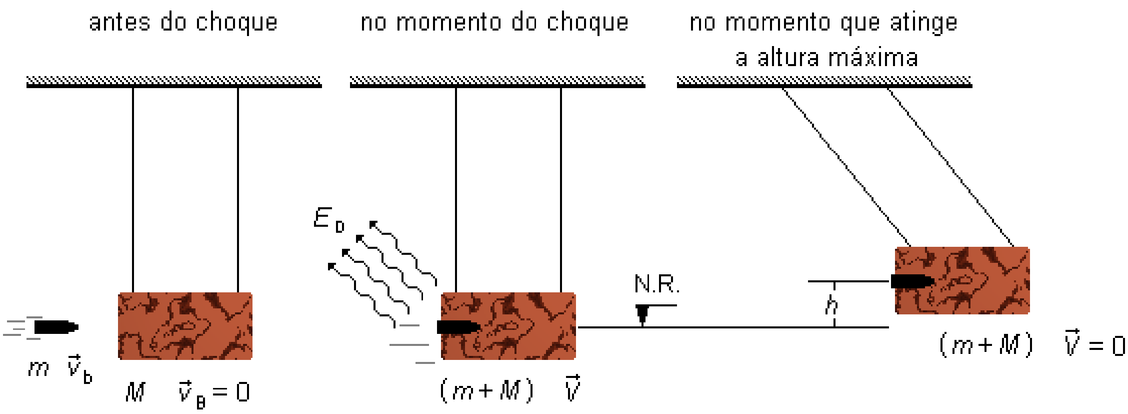


figura 3

Pela figura 2 temos

$$E^{i}_{M} = E^{f}_{M}$$

$$E^{i}_{Cb} + E^{i}_{Pb} + E^{i}_{CB} + E^{i}_{PB} = E^{f}_{C} + E^{f}_{P} + E_D$$

$$\frac{m\,v_b^2}{2} + m\,g\,h + \frac{M\,v_B^2}{2} + M\,g\,h = \frac{(m+M)\,V^2}{2} + (m+M)\,g\,h + E_D$$

$$\frac{m\,v_b^2}{2}+m\,g.0+\frac{M.0}{2}+M\,g.0=\frac{(m+M).0}{2}+(m+M)\,g\,h+E_D$$

$$\frac{m\,v_b^2}{2}=(m+M)\,g\,h+E_D$$

$$E_D=\frac{m\,v_b^2}{2}-(m+M)\,g\,h$$

$$E_D=\frac{0{,}015.200^2}{2}-(0{,}015+2{,}985).10.0{,}05$$

$$E_D=300-1{,}5$$

$$\boxed{E_D=298{,}5\ \text{J}}$$