Um prego de massa 5 g é pregado numa parede utilizando-se um martelo de massa 495 g. A velocidade do martelo imediatamente antes de atingir o prego é 4 m/s e o choque é perfeitamente inelástico. Determinar:
a) A velocidade do sistema prego-martelo imediatamente após o choque;
b) A energia dissipada no choque;
c) Admitindo-se que o prego penetra na parede 0,5 cm a cada golpe, calcular a intensidade da força, suposta constante, oposta pela parede à penetração.

Dados do problema

- massa do prego: $m=5\text{ g}$;
- massa do martelo: $M=495\text{ g}$;
- velocidade do martelo: $v_{\text{M}}=4\text{ m/s}$.

Esquema do problema

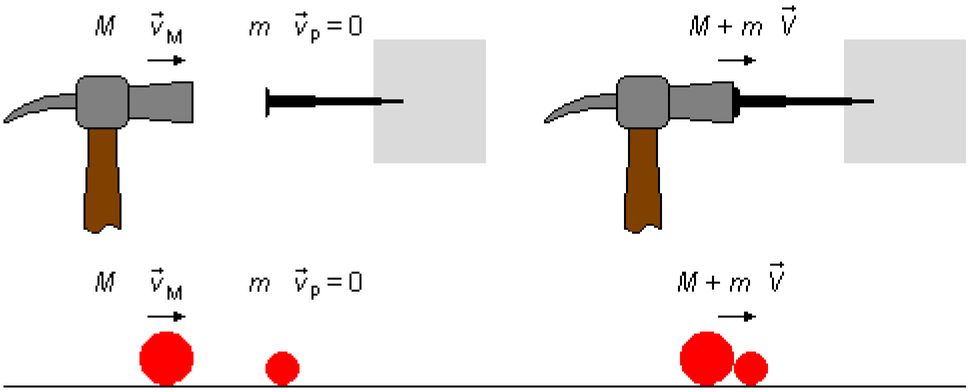

figura 1

Podemos substituir o martelo e o prego por duas esferas de mesma massa, o sistema martelo-prego será equivalente a um choque perfeitamente inelástico entre estas esferas (figura 1).

Solução

Em primeiro lugar devemos transformar as massas do prego e do martelo dadas em gramas para quilogramas e o deslocamento do prego dado em centímetros para metros usados no *Sistema Internacional* (*S.I.*).

$$m=5\text{ g}=5.10^{-3}\text{ kg}=0{,}005\text{ kg}$$

$$M=495\text{ g}=495.10^{-3}\text{ kg}=0{,}495\text{ kg}$$

$$\Delta S=0{,}5\ cm=0{,}5.10^{-2}\ m=0{,}005\ m$$

a) Para encontrarmos a velocidade do sistema após o choque aplicamos o *Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento* ao esquema da figura 1, igualando a quantidade de movimento antes e depois do choque

$$Q_{\text{antes}}=Q_{\text{depois}}$$
$$M\,v_{\text{M}}+m\,v_{\text{p}}=\left(M+m\right)V$$
$$M\,v_{\text{M}}+m.0=\left(M+m\right)V$$

$$M\,v_{\text{M}} = (M+m)\,V$$
$$V = \frac{M}{M+m}\,v_{\text{M}}$$
$$V = \frac{0{,}495}{0{,}495+0{,}005}.4$$
$$V = \frac{1{,}98}{0{,}5}$$
$$\boxed{V = 3{,}96\ \text{m/s}}$$

b) Para encontrarmos a energia perdida no choque usamos o *Princípio da Conservação da Energia Mecânica*. Pela figura 2 temos que se adotando um *Nível de Referência* (*N.R.*) na linha do movimento não há diferença de altura durante o choque, então, não há energia potencial envolvida, apenas a energia cinética e a energia dissipada contribuem para a energia mecânica do sistema.

figura 2

Antes do choque o martelo possui energia cinética (E^{i}_{CM}) e a energia cinética do prego (E^{i}_{Cp}) é nula, no momento do choque parte da energia mecânica é dissipada (E_{D}) e depois do choque o sistema martelo-prego possui energia cinética (E^{f}_{C})

$$E^{\text{i}}_{\text{M}} = E^{\text{f}}_{\text{M}}$$
$$E^{\text{i}}_{\text{CM}} + E^{\text{i}}_{\text{Cp}} = E^{\text{f}}_{\text{C}} + E_{\text{D}}$$
$$\frac{M\,v^2_{\text{M}}}{2} + \frac{m\,v^2_{\text{p}}}{2} = \frac{(M+m)\,V^2}{2} + E_{\text{D}}$$
$$\frac{M\,v^2_{\text{M}}}{2} + \frac{m.0}{2} = \frac{(M+m)\,V^2}{2} + E_{\text{D}}$$
$$\frac{M\,v^2_{\text{M}}}{2} = \frac{(M+m)\,V^2}{2} + E_{\text{D}}$$
$$E_{\text{D}} = \frac{M\,v^2_{\text{M}}}{2} - \frac{(M+m)\,V^2}{2}$$
$$E_{\text{D}} = \frac{0{,}495.4^2}{2} - \frac{(0{,}495+0{,}005)\,3{,}96^2}{2}$$
$$E_{\text{D}} = \frac{0{,}495.16}{2} - \frac{0{,}5.15{,}68}{2}$$
$$E_{\text{D}} = \frac{7{,}92}{2} - \frac{7{,}84}{2}$$
$$E_{\text{D}} = 3{,}96 - 3{,}92$$

$$\boxed{E_D = 0{,}04 \text{ J}}$$

c) A força que a parede faz contra o sistema martelo-prego é encontrada aplicando-se a *2.ª Lei de Newton*

$$\vec{F} = m.\vec{a} \qquad \text{(I)}$$

Pela *3.ª Lei de Newton - Lei da Ação e Reação* - a força que a parede faz no sistema martelo-prego é igual a força que o sistema faz na parede. O sistema tem uma velocidade inicial $\vec{V}_0$, encontrada no item (a), e desacelera até $\vec{V} = 0$ quando o prego entra na parede ΔS e pára sendo necessária nova martelada (figura 3). Então devemos encontrar a aceleração que o sistema sofre quando o prego entra na parede, para isso aplicamos a *Equação de Torricelli*

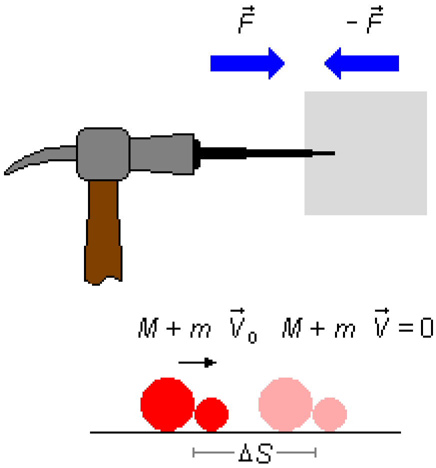

figura 3

$$V^2 = V_0^2 + 2\,a\,\Delta S$$

$$0^2 = V_0^2 + 2\,a\,\Delta S$$

$$2\,a\,\Delta S = -V_0^2$$

$$a = -\frac{V_0^2}{2\,\Delta S} \qquad \text{(II)}$$

substituindo (II) em (I), em módulo temos

$$F = -\left(M + m\right)\frac{V_0^2}{2\Delta S}$$

$$F = -\left(0{,}495 + 0{,}005\right)\frac{3{,}96^2}{2.0{,}005}$$

$$F = -0{,}5.\frac{15{,}68}{0{,}01}$$

$$\boxed{F = -784 \text{ N}}$$