



3.- Una pelota maciza de 10 cm de radio y de masa 0,2 kg descansa sobre una columna vertical de altura de 5 m. Una bala de masa 10 g viaja a una velocidad de 500 m/s y atraviesa horizontalmente la pelota, pasando por su centro. La pelota cae al suelo a una distancia de 20 m de la base de la columna.

a) Realice un análisis de las fuerzas (con un dibujo en el que se muestren los vectores-fuerza correspondientes) que actúan sobre la bala y sobre la pelota en cada una de las tres situaciones siguientes: antes del choque, mientras la bala atraviesa la pelota y después de haberla atravesado.

b) ¿A qué distancia de la columna cae la bala?

c) ¿Cuánto vale en promedio cada una de las fuerzas que actúan en el sistema bala-pelota en la situación en la que la bala está atravesando la pelota?

a) Antes del choque:

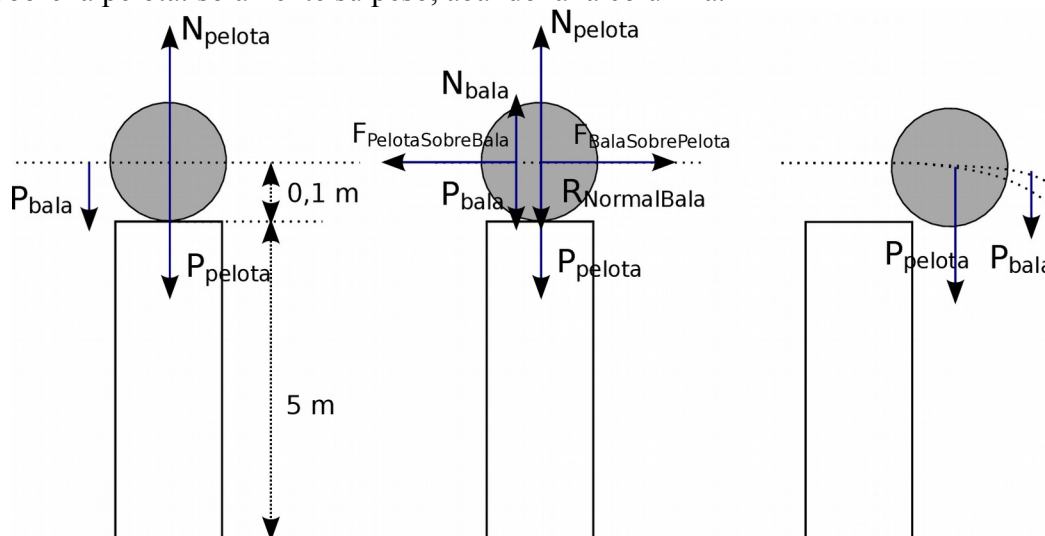
- Sobre la bala: solamente su peso.
- Sobre la pelota: su peso y la normal, opuesta al peso de la pelota ya que está en reposo.

Mientras la bala atraviesa la pelota:

- Sobre la bala: peso, normal, fuerza de pelota sobre bala.
- Sobre la pelota: peso, normal, fuerza de bala sobre pelota y reacción de la bala sobre la pelota (la normal sobre la bala la hace la pelota)

Después de haberla atravesado:

- Sobre la bala: solamente su peso.
- Sobre la pelota: solamente su peso, abandona la columna.



b) Planteamos conservación de momento lineal

$$p_{\text{antes}} = p_{\text{después}}$$

$$m_{\text{pelota}} \cdot v_{\text{pelota antes}} + m_{\text{bala}} \cdot v_{\text{bala antes}} = m_{\text{pelota}} \cdot v_{\text{pelota después}} + m_{\text{bala}} \cdot v_{\text{bala después}}$$

$$0,2 \cdot 0 + 0,010 \cdot 500 = 0,2 \cdot v_{\text{pelota después}} + 0,010 \cdot v_{\text{bala después}}$$

La pelota describe un movimiento parabólico: horizontalmente MRU y verticalmente MRUA. Tomamos $g=9,8 \text{ m/s}^2$

$$y = y_0 + v_{0,y}t - \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow y = 5 + 0,1 - 4,9t^2 \quad \text{En el suelo } y=0 \quad t = \sqrt{\frac{5,1}{4,9}} = 1,02 \text{ s}$$

$$x = x_0 + v_{0,x}t \quad \text{Si horizontalmente en } 1,02 \text{ s ha recorrido } 20 \text{ m} \quad v_{0,x} = \frac{20}{1,02} = 19,6 \text{ m/s}$$

Despejando



$$v_{bala\ después} = \frac{0,010 \cdot 500 - 0,2 \cdot 19,6}{0,010} = 108\ m/s$$

La bala también describe un movimiento parabólico y tiene el mismo tiempo de caída, por lo que recorrerá $x = 108 \cdot 1,02 = 110,16\ m$

c) Mientras la bala atraviesa la pelota peso y normal tienen un valor fijo, no realizan trabajo. La bala está atravesando la pelota por su centro y recorre un diámetro, por lo que la pelota ejerce una fuerza sobre la bala que modifica su velocidad. Utilizando el teorema de las fuerzas vivas

$$W = \Delta E_c = \frac{1}{2} m_{bala} (v_{bala\ después}^2 - v_{bala\ antes}^2) = \frac{1}{2} 0,010 \cdot (108^2 - 500^2) = -1191,68\ J$$

Si utilizamos la definición de trabajo $W = \int \vec{F} \cdot d\vec{x}$ pero si asumimos una fuerza promedio constante podemos plantear, llamando F a su módulo teniendo en cuenta que es opuesta al

$$\text{desplazamiento } W = -F \cdot \Delta x \Rightarrow F = \frac{-W}{\Delta x} = \frac{1191,68}{0,2} = 5958,4\ N$$