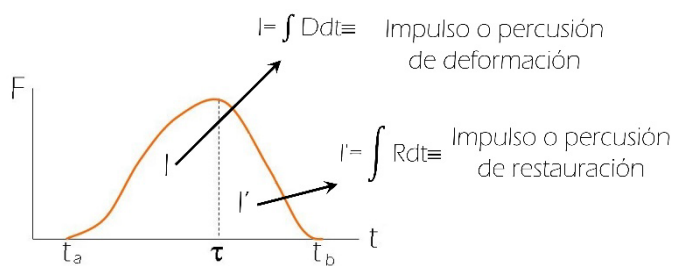


a) Imaginemos el caso más sencillo, un choque entre dos partículas esféricas. En la figura



se muestra una posible forma de variación de la fuerza impulsiva (D o R) que actúa durante el intervalo de tiempo que dura la colisión. Podemos ver que la fuerza aumenta enormemente hasta alcanzar un valor máximo y posteriormente disminuye durante la fase de restauración. El área encerrada entre

la curva $F(t)$ y el eje de abscisas representa el impulso o percusión total producida por dicha fuerza. Es conveniente descomponer la percusión total en dos partes, correspondientes a las etapas que designaremos por impulso o percusión de deformación (I) (desde el momento del contacto hasta la máxima deformación) e impulso o percusión de restauración (I') (desde el instante de la máxima deformación hasta el momento en que las dos partículas se separan). La primera etapa corresponde a la aproximación, durante la colisión, de los centros de las dos esferas, mientras que la segunda etapa corresponde a la separación de los centros de las esferas durante la colisión. En general, estos dos impulsos no son iguales. Se comprueba experimentalmente que los impulsos de deformación y recuperación están relacionados en la forma:

$$I' = eI \Rightarrow e = \frac{I'}{I}$$

donde e es el llamado coeficiente de restitución que es, aproximadamente una constante que tan sólo depende de la naturaleza y estructura de los cuerpos colisionantes.

Aplicando la conservación de la cantidad de movimiento y el teorema del impulso podemos expresar el coeficiente de restitución del choque como:

$$e = \frac{v'_B - v'_A}{v_A - v_B}$$

Esta es la regla conocida como regla de Huygens-Newton, que nos dice que la velocidad relativa entre las dos partículas colisionantes después de la colisión es igual a e veces la velocidad relativa entre las mismas antes de la colisión y de signo opuesto a ésta.

El coeficiente de restitución, cuando se refiere a una sustancia, constituye una medida de sus propiedades elásticas, por lo que suele llamársele también coeficiente de elasticidad. El coeficiente de restitución es una magnitud física adimensional y su valor, el mismo en todos los sistemas de unidades, está comprendido entre cero y la unidad ($0 \leq e \leq 1$). Dicho coeficiente es una medida del grado en que los cuerpos vuelven a su forma original, tras haber tenido lugar la colisión. Podemos encontrar sustancias en las que las fuerzas de rozamiento interno se opongan a la deformación durante la etapa de la deformación, pero que una vez deformados no presentan tendencia alguna a recuperar su forma original. Las colisiones entre cuerpos fabricados con tales sustancias serán completamente inelásticas, y ambos cuerpos quedarán unidos después de la colisión; la expresión anterior nos indica que para una colisión completamente inelástica tendremos $e=0$. Este es el caso, por ejemplo, de las colisiones entre bolas de barro húmedo y otras sustancias pastosas. La colisión entre un proyectil y un bloque de madera, en el que queda incrustado el proyectil, constituye otro ejemplo típico de colisiones completamente inelásticas.

El otro tipo extremo de colisiones lo constituye la colisión perfectamente elástica, en la que existen fuerzas restauradoras tales que el impulso de restauración es igual el de deformación; en este caso será $e=1$. La colisión perfectamente elástica difícilmente se presenta en la Naturaleza; de hecho, las únicas colisiones perfectamente elásticas (o casi-elásticas) que se conocen son las que ocurren a escala atómica, nuclear o de partículas elementales. Sin embargo, a menudo podemos tratar algunas colisiones macroscópicas, como las que ocurren entre las bolas del billar, como si fuesen perfectamente elásticas.

b) En primer lugar se produce un choque, luego aplicamos conservación del momento lineal y coeficiente de restitución:

$$p = \text{cte} \Rightarrow m_B v_B = m_A v'_A + m_B v'_B \Rightarrow 2 = 0,5 v'_A + v'_B$$

$$e = \frac{v'_B - v'_A}{v_A - v_B} \Rightarrow 0,8 = \frac{v'_B - v'_A}{-2} \Rightarrow -1,6 = v'_B - v'_A$$

Y tenemos un sistema de dos ecuaciones y dos incógnitas:

$$\begin{aligned} 2 &= 0,5 v'_A + v'_B \\ -1,6 &= v'_B - v'_A \end{aligned}$$

De la primera ecuación:

$$2 = 0,5 v'_A + v'_B \Rightarrow v'_B = 2 - 0,5 v'_A$$

Y sustituimos en la segunda:

$$\begin{aligned} -1,6 &= v'_B - v'_A \Rightarrow -1,6 = 2 - 0,5 v'_A - v'_A \Rightarrow v'_A = 2,4 \text{ m/s} \\ v'_B &= 2 - 0,5 v'_A = 2 - 0,5 \cdot 2,4 = 0,8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Ahora vemos lo que ocurre después del choque. Para el péndulo A, aplicamos el teorema del trabajo y la energía cinética entre su posición inmediatamente después del choque (altura nula y velocidad 2,4 m/s) y la posición de máxima altura (h) en que la velocidad será nula:

$$W_{i \rightarrow f} = \Delta E_C \Rightarrow W_{mAg} + W_T = \Delta E_C \Rightarrow m_A g (h_i - h_f) = -\frac{1}{2} m_A v_A'^2 \Rightarrow -9,8h = -\frac{1}{2} 2,4^2 \Rightarrow h = 0,294 \text{ m}$$

$$\underline{h = 0,294 \text{ m}}$$

El bloque B desliza sobre una superficie horizontal con rozamiento, parte con una velocidad de 0,8 m/s y tras recorrer una distancia x se detiene. Aplicamos el teorema de las fuerzas vivas entre estas dos situaciones y tendremos:

$$\begin{aligned} W_{i \rightarrow f} &= \Delta E_C \Rightarrow W_{mBg} + W_N + W_{F_r} = \Delta E_C \Rightarrow \vec{F}_r \cdot \vec{x} = -\frac{1}{2} m_B v_B'^2 \\ \mu_C N_B x \cos 180^\circ &= -\frac{1}{2} m_B v_B'^2 \Rightarrow -\mu_C m_B g x = -\frac{1}{2} m_B v_B'^2 \Rightarrow 0,6 \cdot 9,8x = \frac{1}{2} 0,8^2 \Rightarrow x = 0,0544 \text{ m} = 54,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\underline{x = 54,4 \text{ mm}}$$