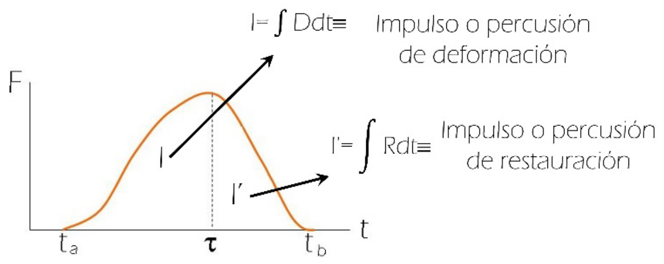
a) Durante la colisión, las fuerzas externas que actúan sobre las partículas son insignificantes en comparación con las fuerzas impulsivas desarrolladas en la propia colisión; en consecuencia, podemos pasar por alto la intervención de dichas fuerzas externas. Así pues, durante la colisión tan sólo actúan fuerzas internas al sistema de partículas colisionantes, fuerzas de deformación desde que se inicia el contacto (t_a) hasta que la deformación es máxima (τ), y fuerzas de restauración desde que la deformación es máxima (τ) hasta que las partículas dejan de estar en contacto (t_b).



En la figura se muestra una posible forma de variación de la fuerza impulsiva (D o R) que actúa durante el intervalo de tiempo $t_a \leq t \leq t_b$ que dura la colisión. 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 $t_a \leq t \leq \tau$ y $\tau \leq t \leq t_b$ que designaremos por impulso o percusión de deformación (I) e impulso o percusión de restauración (I'). 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, y se denomina coeficiente de restitución al cociente entre los impulsos de restauración y de deformación:

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

Teniendo en cuenta el teorema del impulso, el coeficiente de restitución también se puede expresar en función de las velocidades de las partículas antes y después del choque, siendo la expresión final:

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

En cuanto a las expresiones utilizadas para resolver los choques, si el choque es elástico se utilizan la conservación del momento lineal y la conservación de la energía cinética (o bien que el coeficiente de restitución es la unidad) y si el choque es inelástico la conservación del momento lineal.

b) Por el teorema del trabajo-energía cinética, para una pelota que cae desde una cierta altura la velocidad será:

$$W=\Delta E_C \Rightarrow W_{mg}=\Delta E_C \Rightarrow mgh=\frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v=\sqrt{2gh}$$

Por tanto, las velocidades de la pelota (A) antes y después del choque con el suelo, serán:

$$v_A=-\sqrt{2gh}=-\sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot 16}=-17{,}707 \text{ m/s}$$
$$v'_A=\sqrt{2gh'}=\sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot 4}=8{,}854 \text{ m/s}$$

Puesto que el suelo no se mueve su velocidad será nula, y tendremos entonces:

$$e=\frac{v'_B-v'_A}{v_A-v_B}=\frac{-8{,}854}{-17{,}704}=0{,}5$$

$$\underline{e=0{,}5}$$

Ahora vamos a la altura del segundo rebote, donde operaremos igual pero de forma inversa. Para el segundo choque la pelota cae desde una altura de 4 m, de manera que llega a tocar el suelo con una velocidad v'_A=8,854 m/s. Esta será la velocidad antes del segundo impacto, y llamaremos v''_A a la velocidad después de este impacto. Del coeficiente de restitución obtenemos:

$$e=\frac{v''_B-v''_A}{v'_A-v'_B}\Rightarrow 0{,}5=\frac{-v''_A}{-8{,}854}\Rightarrow v''_A=4{,}427\text{ m/s}$$

Y aplicando las ecuaciones anteriores tendremos la altura:

$$v''_A=\sqrt{2gh''}\Rightarrow h''=\frac{v''^2_A}{2g}=\frac{4{,}427^2}{2\cdot 9{,}8}=1\text{ m}$$

$\underline{h''=1\text{ m}}$