

37

Simple+ física



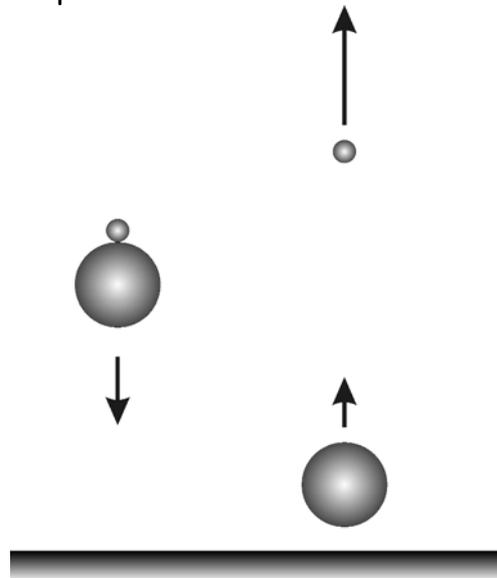
Mi pelota salta y...isuperbota!

(8 - 12 diciembre 2003)

Cuando se deja caer libremente una pelota elástica desde una determinada altura, ésta rebota contra el suelo y sube (como máximo) hasta la misma altura desde la que se dejó caer.

Pero si dejamos caer simultáneamente una pelota pequeña encima de otra mayor (figura de la izquierda) observaremos que, tras rebotar contra el suelo, la pelota pequeña asciende hasta una altura mucho mayor que la inicial desde la que se dejó caer (figura de la derecha).

¿Cómo se explica este superbote?



AVISO: El objeto de *Simple+mente física* no va más allá del placer que proporciona plantearse y resolver sencillas cuestiones razonando (y experimentando) de acuerdo con principios básicos de la física. No hay ningún tipo de compensación, excepto la satisfacción personal y no van dirigidas a ningún grupo de personas en particular (es decir, están abiertas a todo el mundo).

El primer día hábil de cada semana se presentará una nueva cuestión y la respuesta a la cuestión de la semana anterior.

Rafael Garcia Molina - Departamento de Física, Universidad de Murcia (rgm@um.es)
<http://bohr.fcu.um.es/miembros/rgm/s+mf/>

****La ilustración de la cabecera ha sido realizada por Marina Garcia Abril (10 años)****

RESPUESTA

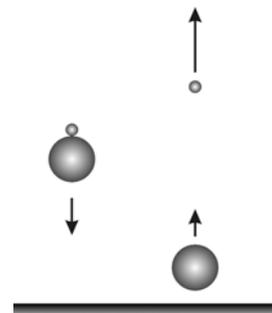
Núm. 37: Mi pelota salta y... isuperbota!

(8 - 12 diciembre 2003)

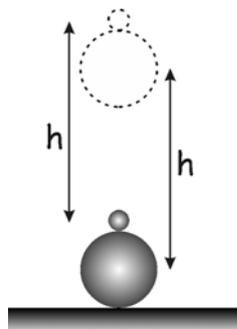
Cuando se deja caer libremente una pelota elástica desde una determinada altura, ésta rebota contra el suelo y sube (como máximo) hasta la misma altura desde la que se dejó caer.

Pero si dejamos caer simultáneamente una pelota pequeña encima de otra mayor (figura de la izquierda) observaremos que, tras rebotar contra el suelo, la pelota pequeña asciende hasta una altura mucho mayor que la inicial desde la que se dejó caer (figura de la derecha).

¿Cómo se explica este superbote?



Resp.: Restringiremos la discusión al caso unidimensional (pues todo el movimiento transcurre verticalmente) y simplificaremos la discusión que sigue suponiendo que la fricción y las deformaciones elásticas son despreciables. Designaremos por v y V las velocidades de las pelotas pequeña y grande, de masas m y M respectivamente, justo antes de que la grande choque contra el suelo; u y U denotarán las respectivas velocidades justo después del choque. La energía potencial gravitatoria inicial de cada pelota se transforma en energía cinética cuando la grande llega al suelo en primer lugar y la pequeña llega a la parte superior de la grande (según se indica en la figura), instante en que se inicia el rebote. De aquí se obtiene que ambas pelotas tienen la misma velocidad $v = V = \sqrt{2gh}$ justo antes de rebotar (la grande contra el suelo y la pequeña contra la parte superior de la grande) tras caer una distancia h ;¹ la letra g representa el valor de la aceleración debida al campo gravitatorio terrestre.



Como las pelotas no están perfectamente en contacto, podemos considerar el breve instante en que la pelota grande está subiendo, justamente después de rebotar contra el suelo, y la pelota pequeña todavía está bajando. Aplicando a esta colisión frontal las leyes de conservación del momento lineal ($mv + MV = mu + MU$) y de la energía cinética ($mv^2/2 + MV^2/2 = mu^2/2 + MU^2/2$) se obtiene, después de operar algebraicamente:

$$u = \frac{2M}{m+M}V + \frac{m-M}{m+M}v \quad \text{y} \quad U = \frac{2m}{m+M}v + \frac{M-m}{m+M}V$$

En el caso que nos ocupa, en que la masa de una de las pelotas es mucho mayor que la de la otra ($M \gg m$), de las dos expresiones anteriores se obtiene que $u \cong 2V - v$ y $U \cong V$.

La colisión entre la pelota grande (con velocidad $V = \sqrt{2gh}$, hacia arriba²) y la pelota pequeña (con velocidad $v = \sqrt{2gh}$, hacia abajo) da lugar a las velocidades $u \cong 3\sqrt{2gh}$ y $U \cong \sqrt{2gh}$ justo después del choque. Por lo tanto, la pelota pequeña rebota con una velocidad que es el triple de la que tenía cuando chocó con la grande. Igualando la energía cinética (justo después del choque) con la energía potencial gravitatoria (en la máxima altura de la pelota), se obtiene $mu^2/2 = mgh'$, de donde se concluye que la altura que alcanza la pelota pequeña vale $h' = u^2/(2g) = (3\sqrt{2gh})^2/(2g) = 9h$; por lo tanto, la pelota pequeña sube hasta una altura que es nueve veces mayor que la que tenía cuando cayó.³

Puedes realizar esta experiencia puedes colocando una pelota de tenis (la pelota pequeña) sobre una de baloncesto, fútbol o playa (la pelota grande).

¹ Las dos pelotas habrán descendido la misma distancia h cuando la primera (que es la mayor) llegue al suelo.

² Pues tras el choque contra el suelo se mantiene el módulo de la velocidad, aunque cambia su sentido.

³ Esto sería estrictamente cierto cuando $m/M \rightarrow 0$, no hay pérdidas energéticas por fricción ni deformación y los centros de las pelotas están perfectamente alineados.