

Práctica de Física. COEFICIENTE DE RESTITUCIÓN.

INTRODUCCIÓN TEÓRICA

Los choques entre dos masas pueden ser de tres tipos:

Elástico: Las masas se separan después del choque. Aunque se deforman durante el choque, la elasticidad hace que después del choque recuperen su forma inicial.

Se conserva: – el momento lineal.
 – la energía cinética.

Inelástico: Las masas quedan unidas después del choque.

Se conserva – el momento lineal.
No se conserva: – la energía cinética, porque toda o parte de la energía de las masas antes del choque se gasta en el trabajo de deformación.

Parcialmente elástico: Las masas se separan después del choque, pero se producen deformaciones que hacen que parte de la energía cinética se gaste.

Se conserva: – el momento lineal.
No se conserva: – la energía cinética, porque parte de la energía de las masas antes del choque se ha gastado en el trabajo de deformación.

El momento lineal se conserva en todos los choques, pero en los choques inelástico y parcialmente elástico siempre hay una pérdida de la energía cinética.

El **coeficiente de restitución** c se define como el cociente entre la energía cinética después del choque (E_{c2}) y la energía cinética antes del choque (E_{c1}) :

$$c = \frac{E_{c2}}{E_{c1}} \quad 0 \leq c \leq 1$$

c está comprendido entre 0 y 1. El valor 0 corresponde a un choque inelástico (las masas han quedado unidas) y 1 a un choque perfectamente elástico.

En esta práctica, una de las masas es el suelo y su velocidad siempre es cero, y sólo consideramos las velocidades de la segunda masa (la bola). En este caso, el coeficiente de restitución se calcula de la siguiente forma:

$$c = \frac{\frac{1}{2}mv_2^2}{\frac{1}{2}mv_1^2} = \frac{v_2^2}{v_1^2}$$

c indica la proporción de energía cinética que se pierde en un choque. Por ejemplo, $c = 0,8$ significa que por cada unidad de energía antes del choque, sólo quedarán 0,8. Si multiplicamos c por cien, obtenemos esta misma proporción en tanto por ciento: en este caso, $c = 80 \%$, que significa que de cada 100 unidades de energía incidente, quedan 80 después del choque y se han perdido 20.

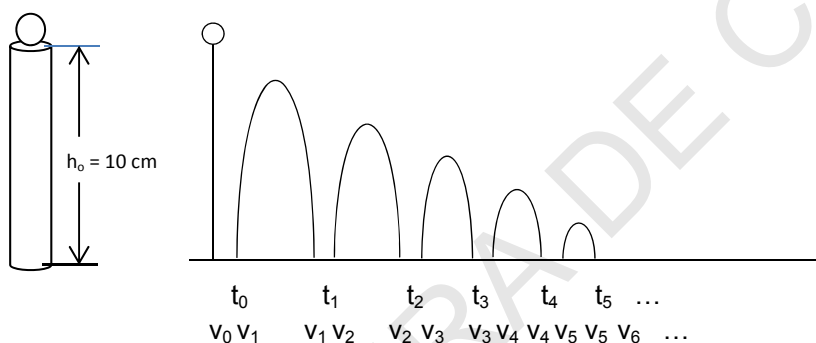
Nota. El coeficiente de restitución se puede definir también como el cociente de las velocidades relativas antes del choque y después del choque, con signo negativo. Los dos se relacionan entre sí porque el primero, (definido con energías cinéticas) es el cuadrado del segundo (definido con velocidades). En esta práctica trabajaremos con la primera definición (con energías cinéticas).

MATERIAL

- Programa **AUDACITY**. Permite registrar sonidos utilizando la tarjeta de sonido del ordenador y un micrófono. Además nos permite medir los tiempos con una precisión de $1/100000$ de segundo, que significa que el reloj de la tarjeta gráfica puede medir 100000 muestras en un segundo. En el menú Editar → Preferencias → Calidad puedes fijar este valor de 100000, porque que el que pone el programa por defecto es 44100 (la frecuencia de muestreo de un CD).
- Bola de acero, que dejaremos caer sobre una superficie plana (no debe ser rugosa): la mesa de madera, el suelo, la encimera de la cocina si es de piedra. Siempre con cuidado y desde una altura pequeña para no romper nada.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se deja caer la bola sin velocidad inicial desde una altura inicial de 10 cm y se registran con el programa **AUDACITY** el sonido de todos los botes hasta que se para. Para que los botes sean verticales, prepara un cilindro de papel que debe medir exactamente 10 cm y un diámetro interior 2 o 3 milímetros mayor que la bola. Es importante que el rozamiento de la bola al caer sea mínimo. Coloca el micrófono pegado a la mesa en una posición relativamente cercana para que los impactos queden bien registrados. Es conveniente que el sonido no se sature, esto es, que no quede cortado ni por arriba ni por abajo. Para ello tendrás que deslizar el indicador de volumen de entrada.



h_0 es la altura inicial. En este caso: 0,1 m

t_0 es el tiempo del primer bote (la primera vez que toca el suelo).

$t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 \dots$ son los tiempos de los sucesivos botes.

v_0 es la velocidad con que la bola llega al suelo por primera vez después de haber sido soltada. La bola rebotará hacia arriba con una velocidad v_1 menor que v_0 , y cuando vuelve de nuevo al suelo, lo hace con la misma velocidad con la que partió, v_1 . Después de este primer bote sale con una velocidad v_2 , que es menor que v_1 , y así sucesivamente en los siguientes botes.

El programa **AUDACITY** registra todos los impactos, y podemos saber el tiempo entre dos impactos midiendo las muestras entre ellos. Ten en cuenta que se registran 100000 muestras cada segundo. Por ejemplo, si obtienes una longitud de 35600 muestras entre dos choques, corresponden a un tiempo de 0,3560 segundos.

Llamamos t_{01} al tiempo total de vuelo del primer bote, t_{12} al del segundo bote, y así sucesivamente. La bola invierte la mitad de este tiempo en subir y la otra mitad, en bajar. De esta forma es muy sencillo calcular la altura del bote y las correspondientes velocidades cuando empieza a subir y al final del bote que son la misma.

CÁLCULOS

Repasa las fórmulas del lanzamiento vertical porque son las que vamos a utilizar en esta práctica.

Cálculo de v_0

Calcula la velocidad con que la bola llega al suelo por primera vez después de haber sido soltada y pon el valor en la tabla:

$$v_0 = \sqrt{2gh_0} =$$

Mide los tiempos de vuelo $t_{01}, t_{12}, t_{23} \dots$ y llévalos a la tabla. No se necesita conocer los tiempos absolutos t_0, t_1, t_2, t_3, t_4 , en que ocurre cada bote, sino los intervalos de tiempo entre los sucesivos botes. Para ello selecciona los puntos inicial y final, estira la gráfica para que las medidas sean precisas y anota el número de muestras del intervalo. Divide por 100000 para pasar a segundos. Repite este proceso para los 10 primeros botes.

Con las fórmulas del tiro vertical calcula las restantes velocidades y alturas y completa las siguientes tablas (para dos superficies distintas):

Tipo de superficie 1: _____

Bote n	Tiempo de vuelo: (s)	$h = \frac{1}{2}g \left(\frac{t_{ab}}{2}\right)^2$	$v = g \cdot \left(\frac{t_{ab}}{2}\right)$	$c_n = \frac{v_n^2}{v_{n-1}^2}$
		$h_0 = 0,1 \text{ m}$	$v_0 =$	—
1	$t_{01} =$	$h_1 =$	$v_1 =$	$c_1 =$
2	$t_{12} =$	$h_2 =$	$v_2 =$	$c_2 =$
3	$t_{23} =$			
4	$t_{34} =$			
5	$t_{45} =$			
6	$t_{56} =$			
7	$t_{67} =$			
8	$t_{78} =$			
9	$t_{89} =$			
10	$t_{9-10} =$			

Tipo de superficie 2: _____

Bote n	Tiempo de vuelo: (s)	$h = \frac{1}{2}g \left(\frac{t_{ab}}{2}\right)^2$	$v = g \cdot \left(\frac{t_{ab}}{2}\right)$	$c_n = \frac{v_n^2}{v_{n-1}^2}$
		$h_0 = 0,1 \text{ m}$	$v_0 =$	—
1	$t_{01} =$	$h_1 =$	$v_1 =$	$c_1 =$
2	$t_{12} =$	$h_2 =$	$v_2 =$	$c_2 =$
3	$t_{23} =$			
4	$t_{34} =$			
5	$t_{45} =$			
6	$t_{56} =$			
7	$t_{67} =$			
8	$t_{78} =$			
9	$t_{89} =$			
10	$t_{9-10} =$			

CONCLUSIONES

1. Construye una gráfica representando en el eje **X** el nº de bote (1, 2, 3, ...) y en el eje **Y**, en cada valor de **n**, dibuja una línea vertical que represente la altura alcanzada en cada bote. Como la máxima altura es 10 cm, puedes dibujarla en una escala real. Una gráfica para cada superficie estudiada.
2. ¿Varía **c** en al realizar la experiencia en distintas superficies?
3. ¿Se mantiene constante el valor de **c** en los distintos botes de una misma superficie? ¿A que puede ser debido?
4. Explica las principales causas de error que puede tener este experimento.
- 5: Si es posible, imprime una captura de pantalla con la onda registrada en el programa *AUDACITY*, (sólo la parte correspondiente a los botes) y entrégala con esta práctica.