UTN HAEDO
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL HAEDO

LABORATORIO DE FÍSICA I

TRABAJO DE LABORATORIO

CHOQUE

INELÁSTICO

2019

CHOQUE INELÁSTICO

Objetivos:

- Estudiar físicamente una colisión inelástica.
- Determinar el coeficiente de restitución para el impacto entre dos pelotas de golf.

Materiales:

- Balanza electrónica.
- Pie Universal.
- Hilo inextensible y de masa despreciable.
- Pelotas de golf (dos).
- Soporte de apoyo.
- Cinta métrica.
- Papel afiche.
- Papel carbónico.

Marco teórico y Desarrollo:

El desarrollo del siguiente trabajo experimental se apoya fundamentalmente en dos teoremas de conservación: El de la cantidad de movimiento lineal $\left(Si \sum F_{ext.} = 0 \Rightarrow \vec{P}_{tot.} = cte.\, o\, bien: \Delta\vec{P} = 0\right)$, y el de la conservación de la energía mecánica $\left(Si \sum W_{F_{nocons.}} = 0 \Rightarrow E_{m_T} = cte.\, o\, bien: \Delta E_m = 0\right)$.

El dispositivo experimental consta de un montaje donde dos pelotas de golf, de masa casi idéntica, se hacen chocar centralmente tal y como se muestra en el siguiente esquema:

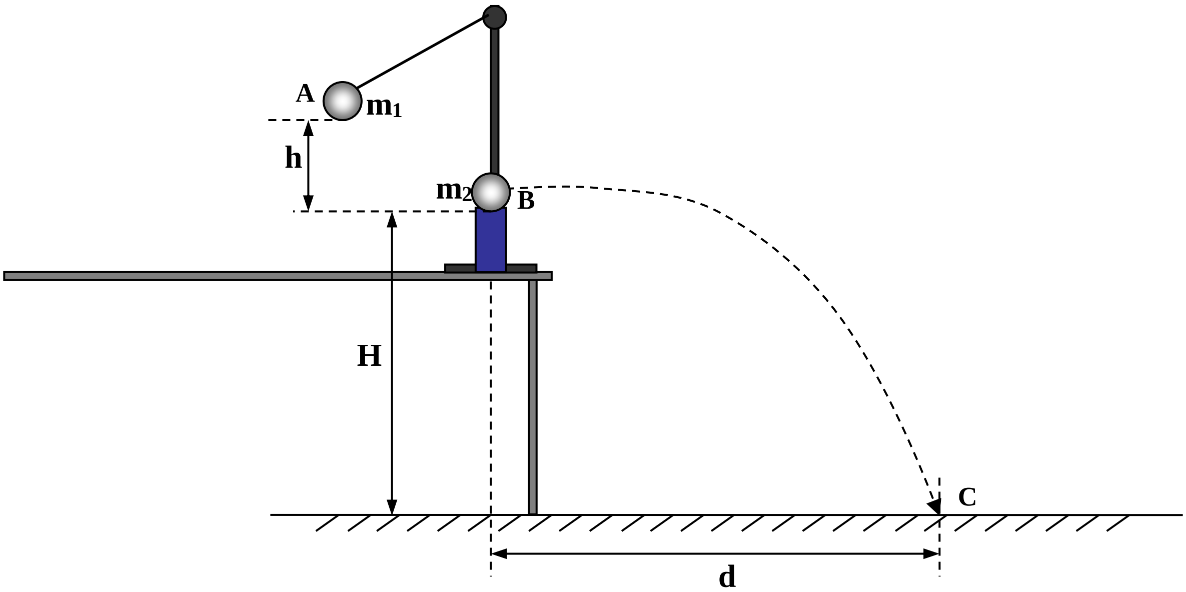

Figura 1: Montaje experimental. Una pelota de golf atada convenientemente de manera de poder oscilar en un plano, se deja en libertad desde cierta altura ***"h", golpeando sobre otra, de masa igual que se encuentra en reposo. Luego del choque, la segunda pelota caerá, golpeando contra el suelo a una distancia "d"*** *de la vertical de lanzamiento.*

Para estudiar el fenómeno debemos entonces estudiar el choque por un lado, y los otros movimientos por el otro.

En el dispositivo se encuentran dos pelotas de golf, de masa casi idéntica; una colocada sobre un pedestal y la otra suspendida de un hilo muy fino. La forma de sujeción de la pelota que puede oscilar es tal que sólo le permite hacerlo a lo largo de un plano de manera de asegurar un choque central.

Dejando la pelota **m_1** en libertad, vemos que toma una posición de equilibrio; en ese lugar colocaremos el pedestal y la segunda pelota, de manera de que el choque se produzca en el momento en que **m_1** pasa por la vertical del lugar. Esto garantiza que la velocidad con la que se produzca el impacto sea, para ésta, de dirección horizontal. Estamos acotando el fenómeno del choque a uno central, y solamente en dirección horizontal.

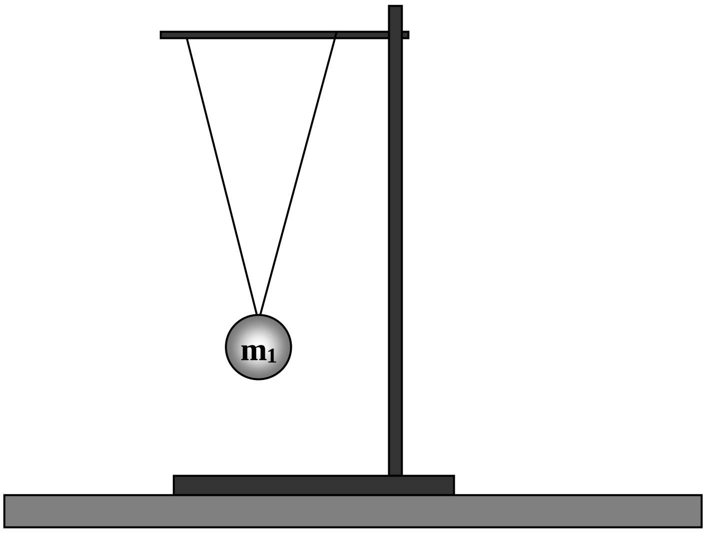

*Figura 2: Forma de sujeción de la pelota "**m₁**" vista de frente.*

Tal y como muestra la figura 1, se levanta **m_1** hasta una altura **h**, medible perfectamente y por lo, tanto de valor conocido, y se deja caer. En su oscilación golpeará a **m_2** cuando pase por la posición de menor altura y moviéndose horizontalmente. Para esta primera etapa podemos plantear entonces que, desde que **m_1** es dejada en libertad hasta que choca, la energía se conserva, por lo que podemos escribir:

$$\Delta E_m = 0 \Rightarrow \left(E_{P_B} + E_{C_B}\right) - \left(E_{P_A} + E_{C_A}\right) = 0$$

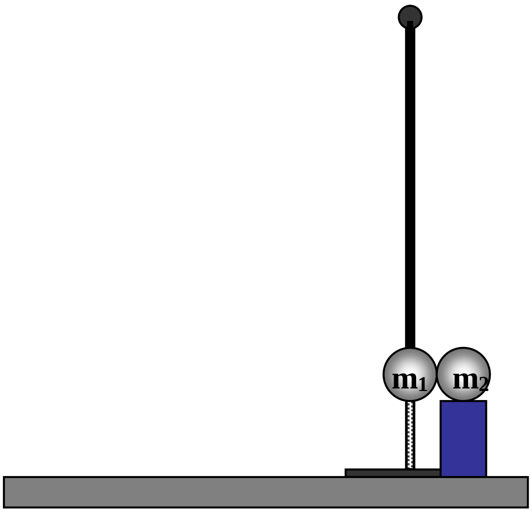

*Figura 3: Posición de las pelotas **m₁** y **m₂** en el momento del impacto.*

Tomando como referencia $E_{P_B} = 0$, nos queda:

$$m_1 g h = \frac{1}{2} m_1 v_1^{\ 2}$$

Cancelando las masas y despejando entonces la velocidad dad en **B** (antes del choque) de la pelotita:

$$\boxed{v_1 = \sqrt{2\, g\, h}} \quad (1).$$

Un instante después del choque, m_2 saldrá con velocidad horizontal $\overrightarrow{v'_2}$, mientras que la velocidad de m_1 será prácticamente cero (¿Por qué?).

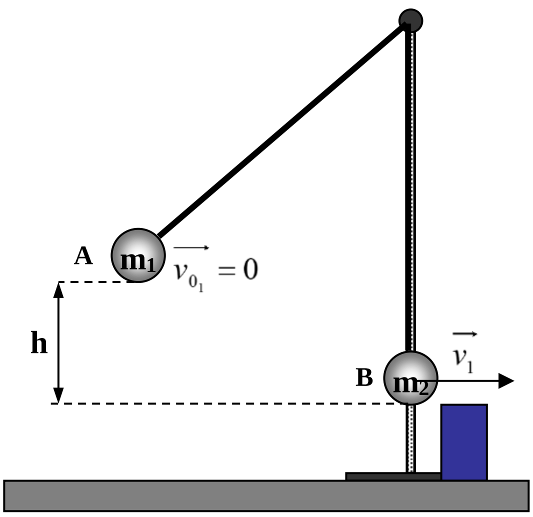

*Figura 4: movimiento de **m₁** desde que es liberada hasta un instante antes del choque.*

Supongamos que, en nuestro dispositivo el choque es perfectamente elástico; podemos plantear entonces que se conservan la energía y la cantidad de movimiento:

Para la energía mecánica:

$$\left(E_{P_f} + E_{C_f}\right) - \left(E_{P_0} + E_{C_0}\right) = 0$$

Como $E_{P_B} = 0$ La expresión toma la forma:

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^{'2} + \frac{1}{2}m_2v_2^{'2}$$

$$m_1\left(v_1^2 - v_1^{'2}\right) = m_2\left(v_2^{'2} - v_2^2\right)\therefore$$

$$\boxed{m_1\left(v_1 - v_1^{'}\right)\left(v_1 + v_1^{'}\right) = m_2\left(v_2^{'} - v_2\right)\left(v_2^{'} + v_2\right)} \text{ (a)}$$

Para la cantidad de movimiento:

$$\Delta\vec{P} = 0 \Rightarrow m_1\vec{v_1} + m_2\vec{v_2} = m_1\vec{v_1^{'}} + m_2\vec{v_2^{'}}$$

Procediendo igual que antes, y debido a que el choque ocurre en una sola dimensión, podemos darle tratamiento escalar a la ecuación; agrupando convenientemente:

$$\boxed{m_1\left(v_1 - v_1^{'}\right) = m_2\left(v_2^{'} - v_2\right)} \text{ (b)}$$

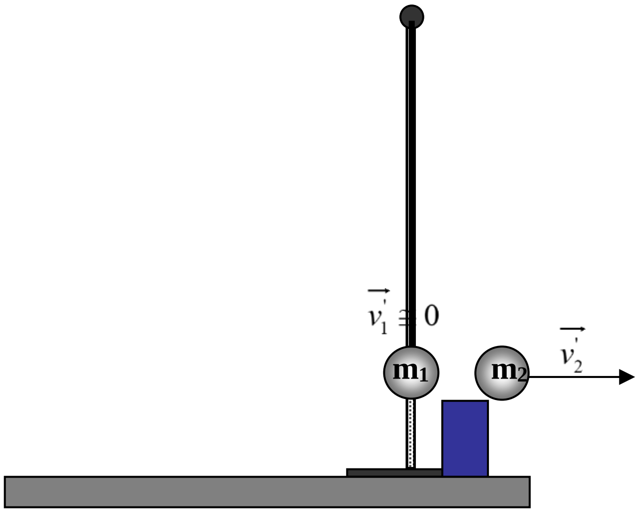

*Figura 5: Posición de las pelotas **m1 y m2 un instante** después del choque.*

Dividiendo miembro a miembro (a)÷(b) y agrupando convenientemente nos queda:

$$v_1 - v_2 = -\left(v_1^{'} - v_2^{'}\right) \Rightarrow \boxed{-\frac{v_1^{'} - v_2^{'}}{v_1 - v_2} = 1}$$

Por lo que, para un choque perfectamente elástico la velocidad relativa del sistema antes del choque es igual a la velocidad relativa después del choque, cambiada de signo.

Obsérvese que, para el caso de un choque perfectamente plástico $-\frac{v_1^{'} - v_2^{'}}{v_1 - v_2} = 0$. Puede deducirse que, entonces para un choque inelástico:

$$\boxed{0 < -\frac{v_1^{'} - v_2^{'}}{v_1 - v_2} < 1}$$

Generalizando, para cualquier choque de las características analizadas:

$$\boxed{k = -\frac{v_1^{'} - v_2^{'}}{v_1 - v_2}} \text{ (2)}$$

Donde k se reconoce como el *coeficiente de restitución* del choque, y toma valores entre cero y uno, siendo k = 1 para un choque perfectamente elástico y k = 0 para uno perfectamente plástico.

Para el caso que nos ocupa, $v_2 = 0; v'_1 = 0$ con lo que la ecuación (2) queda:

$$\boxed{k = \frac{v_2^{'}}{v_1}} \text{ (3)}$$

La pelota (2) seguirá viaje describiendo un tiro horizontal, tal y como lo muestra la figura (1), cayendo desde una altura ***H*** y golpeando el piso a una distancia ***d*** medida desde su posición inicial. Debido a que las distancias recorridas son relativamente pequeñas y que las velocidades son bajas, podemos suponer que la resistencia del aire puede despreciarse y entonces, colocando un sistema de referencia en forma conveniente y escribiendo las ecuaciones de la cinemática de un movimiento en el vacío nos quedará:

En el eje x: $\boxed{x = v'_2 t}$ En el eje y: $\boxed{y = H - \frac{1}{2}gt^2}$

Cuando y =***0*** x = ***d***; $\Rightarrow$ combinando las ecuaciones anteriores convenientemente:

$$\boxed{v'_2 = d\sqrt{\frac{g}{2H}}} \quad (4).$$

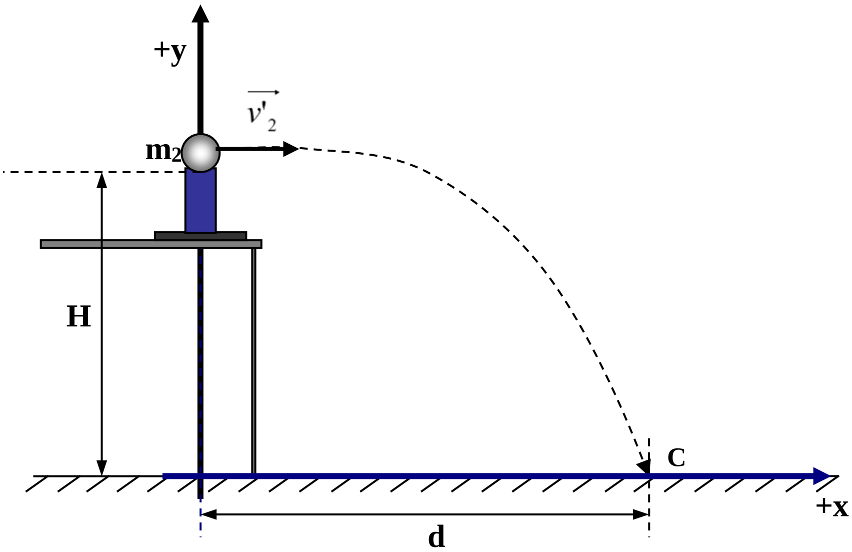

Figura 6: ***Luego del choque, la segunda pelota caerá, golpeando contra el suelo a una distancia "d"*** *de la vertical de lanzamiento.*

Tomando como base la expresión (3) y reemplazando convenientemente las velocidades de acuerdo con (1) y (4) nos queda:

$$\boxed{k = \frac{1}{2}d\sqrt{\frac{1}{Hh}}} \quad (5)$$

Con lo que, midiendo estas longitudes, podemos determinar el coeficiente de restitución de las pelotas de golf.

PROCEDIMIENTO:

1. Coloque el pedestal con la pelota (2) sobre él, lo más cerca posible del borde de la mesa.
2. Acercando o alejando el pie y ajustando la altura, coloque la pelota (1) de manera que en su posición de equilibrio quede rozando y a la misma altura que la pelota (29. Esto asegurará que el choque se produzca horizontalmente.
3. Levante la pelota (1) hasta una altura ***h*** (decida cómo va a medir ese desnivel, y luego hágalo siempre de la misma manera) y déjela en libertad. Observe cuál es la posición aproximada en la que la pelota (2) impacta contra el piso. Puede aumentar o disminuir la distancia ***d*** a la que impacta contra el suelo variando ***h***. Pruebe con varias alturas para (1) hasta obtener una posición de impacto de (2) contra el suelo que considere conveniente.

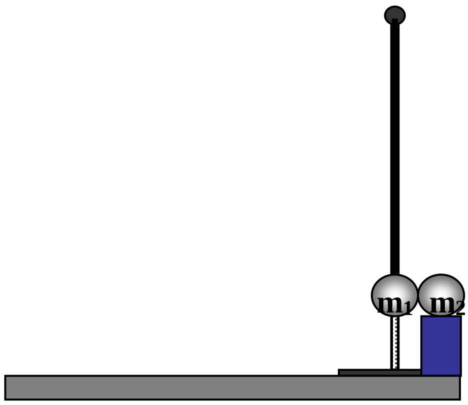

Figura 7: Posición de las pelotas $\boldsymbol{m_1}$ *y* $\boldsymbol{m_2}$

4. Coloque en el suelo, en la zona probable de impacto, la hoja de papel afiche con el carbónico encima (esto le servirá para registrar el lugar del impacto).
5. Mida y anote el valor de ***H*** con su correspondiente incerteza.

$\boldsymbol{H}$ = (±   ) cm

6. Realice cinco ensayos (siempre soltando (1) desde la altura ***h*** elegida) y mida cada vez: ***h*** y ***d*** anotando los valores obtenidos en una tabla como la siguiente. Calcule los promedios de ambos valores.

medición	h (cm)	d (cm)
1		
2		
3		
4		
5		
promedio		

7. Anote estos valores con sus correspondientes incertezas, tome las mismas como la menor división de la escala del instrumento que ha usado para medir.

$\boldsymbol{h}$ = (±   ) cm

$\boldsymbol{d}$ = (±   ) cm

8. Utilizando la expresión (5), calcule el valor de k. No olvide propagar incertezas (en el caso de que lo necesite, consulte el apunte correspondiente).

Una investigación realizada por K.C. Maynes, M.G. Compton, and Blane Baker, William Jewell College, Liberty, MO acerca de los valores de los coeficientes de restitución de diversos balones, llamada "*Coefficient of Restitution Measurements for Sport Balls: An Investigative Approach*" y publicada por la revista de la American Association Physics Teacher (AAPT) (volumen 43 –setiembre de 2005) ofrece como resultados obtenidos los que se publican en la siguiente tabla:

Table I. Coefficients of restitution for various sport balls at room temperature.

Baseball	0.60 ± 0.01
Foam ball	0.69 ± 0.02
Tennis ball	0.81 ± 0.01
Soccer ball	0.81 ± 0.02
Basket ball	0.82 ± 0.03
Golf ball	0.89 ± 0.02

Compare el valor correspondiente a las pelotas de golf con el obtenido en su experiencia; ¿resultan ser físicamente iguales?

BIBLIOGRAFÍA:

[1] Reese, Ronald Lane; "Física Universitaria"; (Editorial Thompson; México D.F.; México; 2002).

[2] Máximo, Antonio; Alvarenga, Beatriz; "Física General"; (Editorial Oxford; México D.F.; México; 2000).

[3] Resnick, Robert; Halliday, David; Krane, Kenneth S.; "Física, volumen uno"; (Editorial CECSA; México D.F.; México; 1998).

[4] Alonso, M.; Finn, E.J.; "Física"; (Editorial Addison – Wesley Iberoamericana; Wilmington; U.S.A.; 1995).

[5] Hewitt, Paul; "Física Conceptual"; (Editorial Addison – Wesley Iberoamericana; Wilmington; U.S.A.; 1995).

[6] Roederer, Juan; "Mecánica Elemental"; (Editorial Eudeba; Buenos Aires; Argentina; 1986)

[7] Tipler, Paul; "Física"; (Editorial Reverté; Barcelona; España; 1993)

RECURSOS EN INTERNET:

Una versión interactiva del péndulo balístico: http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/con_mlineal/balistico/balistico.htm

Simulaciones acerca de choques entre dos partículas: http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/con_mlineal/choques/choques.htm

Simulación que permite determinar el coeficiente de restitución de una bola que rebota:

http://www.phy.ntnu.edu.tw/oldjava/bouncingBall/bouncingBall_s.htm