

LA MECÁNICA ESTUDIADA A TRAVÉS DE UN MARTILLO

Jesús Vila Muño⁵⁹

Carlos Julio Sierra Mora⁶⁰

RESUMEN: En este trabajo se presenta una práctica de laboratorio muy didáctica, puesto que conseguimos con ella dos objetivos: por un lado se realizarán experimentos de la percusión de un martillo giratorio contra un disco deslizante en reposo, donde intervienen y se aplican una gran cantidad de conceptos y principios de la Mecánica; y, por otro lado, se estudiarán los coeficientes de rozamiento entre los discos y el suelo donde se apoyan.

PALABRAS CLAVE: Percusión, Conservación Energía, Conservación Momento Angular, Coeficiente de Rozamiento

RESUMO: Neste trabalho é apresentada uma prática de laboratório muito didática, posto que conseguimos com a mesma dois objetivos: por um lado se realizaram experimentos de percussão de um martelo giratório contra um disco deslizante em repouso, onde intervém e se aplicam uma grande quantidade de conceitos e princípios da Mecânica; e, por outro lado, se estudaram os coeficientes de atrito entre os discos e a superfície de apoio.

PALAVRAS-CHAVES: Percussão; Conservação de Energia, Conservação do Momento Angular; Coeficiente de Rozamiento

1. DESCRIPCIÓN

El material necesario para la puesta en marcha de este experimento es el siguiente: soporte con martillo, cuadrante graduado, tabla de madera o similar, discos de madera, cronómetro, balanza.

⁵⁹ Doctor en Ciencias Físicas. Profesor de la Universidad del País Vasco. España.

⁶⁰ Licenciado en Ciencias Físicas. Profesor del Colegio "Los Peñascales". Madrid. España

El montaje viene representado en la figura 1 y se estudiará la percusión entre dos sólidos, uno de ellos un martillo girando alrededor de un eje y un disco apoyado en el suelo según el esquema siguiente:

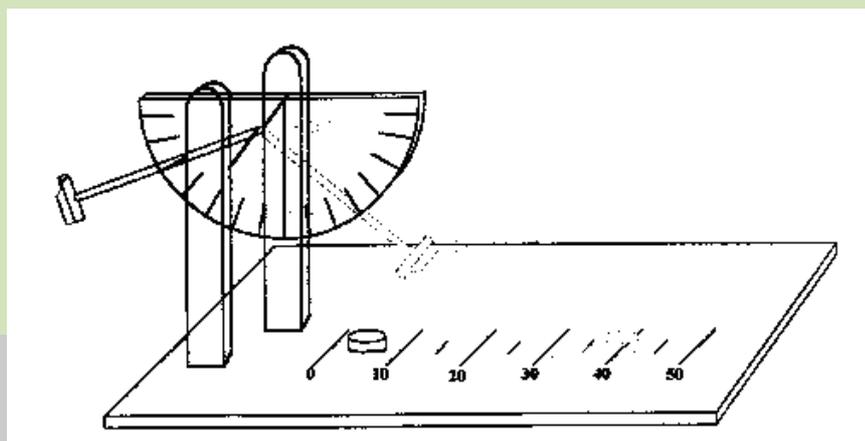


Figura 1. Montaje del experimento

2. DESARROLLO TEÓRICO

Sabemos que un péndulo físico o compuesto es todo sólido rígido que puede oscilar alrededor de un eje fijo, que no pase por su centro de gravedad.

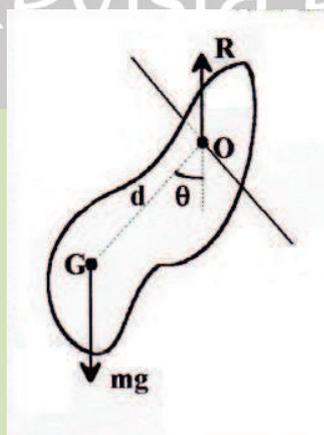


Figura 2. Fuerzas aplicadas sobre el péndulo compuesto

Si separamos el cuerpo de su posición de equilibrio y lo dejamos en libertad, el péndulo se encuentra sometido a un par de fuerzas, su peso y la reacción en el eje de oscilación. Aplicando la ecuación fundamental de la dinámica de rotación y teniendo en cuenta que para pequeñas oscilaciones $\sin \theta \cong \theta$, obtenemos que el valor del período es:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}}$$

siendo I el momento de inercia respecto al eje de giro, m la masa y d la distancia del eje de giro al centro de gravedad. Por tanto, si conocemos la masa del martillo y la distancia d podemos determinar I .

La energía potencial de martillo cuando se desplaza un ángulo θ de la vertical y se deja caer, se convierte energía cinética en la posición vertical. A través de esta relación podemos calcular la velocidad angular ω y la velocidad lineal v justo antes de la percusión.

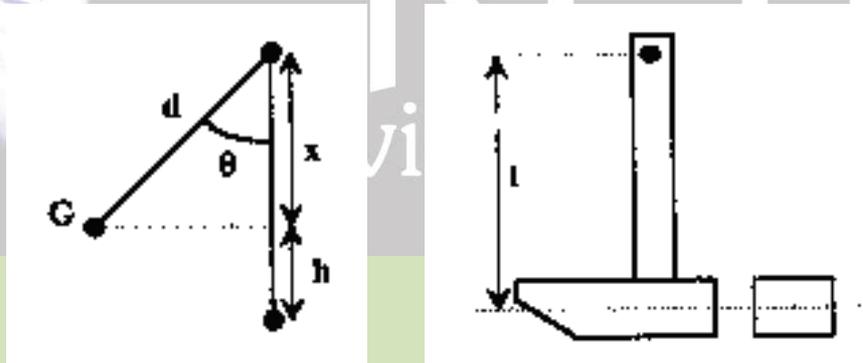


Figura 3. Distancias a tener en cuenta

$$mgh = \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$h = d - x = d - d \cos \theta = d (1 - \cos \theta)$$

$$mgd(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2mgd(1 - \cos \theta)}{I}}$$

$$v = \omega.l$$

Un instante después de la percusión, la energía cinética que poseerá el martillo se invertirá en la energía potencial que adquiere al llegar a la posición dada por θ' :

$$\frac{1}{2} I \omega'^2 = m.g.d(1 - \cos \theta')$$

$$\omega' = \sqrt{\frac{2mgd(1 - \cos \theta')}{I}}$$

$$v' = \omega' l$$

Para calcular la velocidad de salida del disco, tendremos en cuenta que en la percusión se debe conservar el momento angular total, antes y después del choque.

El momento angular del martillo respecto al eje de giro, antes del choque es $L = I.\omega$ y, después del choque es $L' = I.\omega'$.

El momento angular del disco respecto al eje de giro del martillo es $L = z.m_d.v_d$ siendo z la distancia vertical del disco al eje de giro, m_d su masa y v_d su velocidad.

$$\text{Luego: } I.\omega = I.\omega' + z.m_d.v_d \Rightarrow v_d = \frac{I(\omega - \omega')}{z.m_d}$$

Teniendo todas las velocidades, podemos calcular el coeficiente de restitución correspondiente a esta percusión.

$$K = -\frac{v - v_d}{v - 0} = \frac{v_d - v}{v}$$

La diferencia de energía antes y después de la percusión se debe invertir en aumentar la energía cinética del disco de madera; pero si el choque no es elástico, parte se invierte en deformar el disco y el martillo.

También podremos calcular el coeficiente de rozamiento dinámico del disco con el tablero por el que se mueve:

$$V^2_{\text{final}} = v^2_{\text{inicial}} + 2ax$$

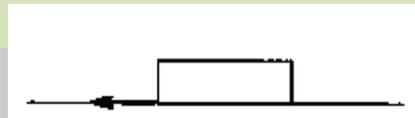


Figura 4. Disco apoyado sobre la tabla horizontal

$$\sum F = m_d \cdot a \Rightarrow -F_r = m_d \cdot a$$

$$-\mu \cdot m_d \cdot g = m_d \cdot a \Rightarrow a = -\mu \cdot g$$

$$\text{Luego: } 0 = v_d^2 - 2\mu g x \Rightarrow \mu = \frac{v_d^2}{2gx}$$

Para calcular el coeficiente de rozamiento estático, se eleva el tablero respecto de uno de sus lados menores, y con el disco en el extremo superior. El ángulo de inclinación del tablero nos permite determinar dicho coeficiente. Este ángulo se determina estudiando el ángulo del martillo sobre el cuadrante graduado.

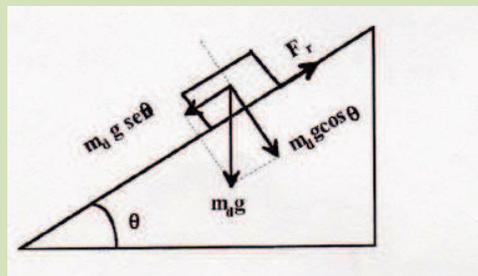


Figura 5. Disco apoyado sobre la tabla inclinada

$$F_r = \mu_e \cdot N = \mu_e \cdot m_d \cdot g \cos \theta$$

En el momento en el que el disco comienza a deslizar, tenemos que

$$m_d g \sin \theta = \mu_e m_d g \cos \theta$$

$$\text{Luego: } \mu_e = \tan \theta$$

3. PROCEDIMIENTO A SEGUIR

1. Obtener experimentalmente el período del péndulo físico constituido por el martillo oscilando alrededor de un eje que pasa por el mango. Para ello, se realizará un desplazamiento angular pequeño del martillo y se medirá el tiempo que tarda en realizar un número de oscilaciones completas. Calcular el valor de T con su error cuadrático medio cometido después de repetir 5 veces la medida.
2. Una vez determinado su período, obtener el momento de inercia I respecto al eje de giro del martillo. Se conocen los datos correspondientes a la masa del martillo y a la distancia del centro de gravedad del martillo al eje de giro.
3. Determinar con la balanza las masas de los tres discos.
4. Dejar caer el martillo desde diferentes ángulos θ para que golpee el disco, quien se situará en la posición indicada "o" de la plataforma los ángulos máximos θ' que alcanza el martillo después del choque, así como la distancia x recorrida por el disco. Repetir lo mismo para todos los discos y anotar en una tabla.
5. Calcular los valores de ω , ω' , v , v' , v_d , K, y colocar en una tabla junto con los valores de θ , θ' .
6. Calcular el coeficiente de rozamiento dinámico para cada disco.
7. Calcular el coeficiente de rozamiento estático para cada disco.

4. CONCLUSIONES

Se tienen en cuenta una gran cantidad de conceptos y principios de la Mecánica, abarcando al Cinemática, la Dinámica de traslación y la Dinámica de rotación. En una sola práctica trabajamos con los conceptos de velocidad lineal, velocidad angular, aceleración, centro de gravedad, momento de inercia, período de un péndulo físico o compuesto, conservación de la energía, conservación del momento angular, coeficiente de restitución, fuerza de rozamiento, coeficiente de rozamiento estático, coeficiente de rozamiento dinámico, etc. Este experimento se ha propuesto a muchos profesores en diferentes cursos de formación, y siempre se llega a la conclusión de que se trata de un experimento muy sencillo en cuanto a la puesta en funcionamiento, pero de un valor didáctico extraordinario.

BIBLIOGRAFÍA

VILA, J. y otros. **Prácticas de Física**. Servicio de Publicaciones E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. España: Universidad de Cantabria, 1995.

SIERRA, C.J. y otros. **65 experimentos de Mecánica de fácil realización**. Servicio de Publicaciones E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. España: Universidad de Cantabria, 1995.

VILA, J. **Prácticas de laboratorio. Física I. 4º Curso**. Quito: Edicumbre Editorial Corporativa, 1997.