

-26-

MOMENTO DE INERCIA

OBJETIVO

Observar el movimiento de rotación de un cuerpo y estimar su momento de inercia.

MATERIAL

- Sistema rotatorio con barra metálica, pesas y poleas
- Pesas de masas conocidas.
- Cronómetro.
- Cinta métrica

INTRODUCCIÓN

En esta práctica se estudiará el movimiento de una barra que gira alrededor de su eje, en cuyos extremos colocaremos unas pesas. Se estimará también su momento de inercia. Para ello se realizarán medidas de la aceleración angular de la barra cuando se le aplique una fuerza constante en un punto situado a una cierta distancia de su eje. El montaje se muestra en la figura 1.

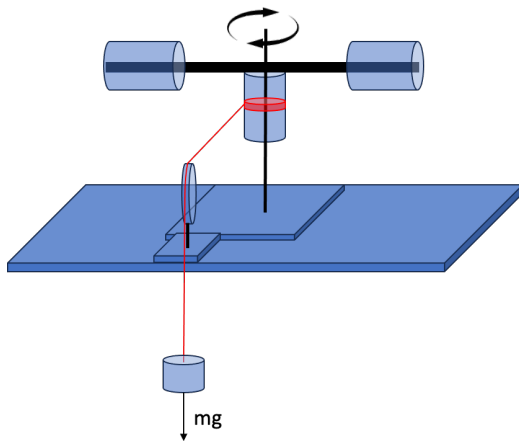


Figura 1a. Esquema del dispositivo experimental

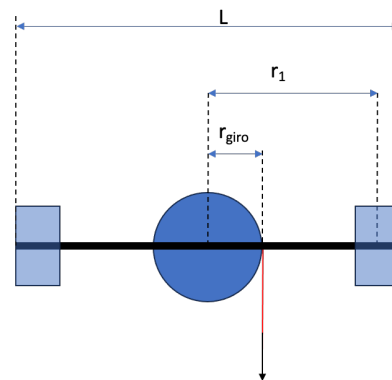


Figura 1b. Medida de las magnitudes sobre el esquema del dispositivo experimental

FUNDAMENTO TEÓRICO

Consideramos el montaje de la figura. Llamaremos I al momento de inercia del sistema barra y cilindros, α a su aceleración angular, r_{giro} , a su radio, m_{pesa} a la masa de la pesa que cuelga de la cuerda, a a su aceleración y T a la tensión de la cuerda. Aplicando las leyes de Newton podemos obtener las ecuaciones de movimiento del sistema.

$$I \alpha = T r_{giro} \quad (\text{Movimiento de rotación})$$

$$m_{pesa} g - T = m_{pesa} a \quad (\text{Caída de la pesa})$$

Resolviendo el sistema y teniendo en cuenta que $\alpha r_{giro} = a$ obtenemos el momento de inercia del disco si conocemos la aceleración de la pesa que cae:

$$I = \frac{m_{pesa} (g-a) r_{giro}^2}{a} \quad (1)$$

Para calcular la aceleración de la pesa medimos el tiempo t que tarde en caer una cierta altura, h , partiendo del reposo y usamos que se trata de un movimiento con aceleración constante. Por tanto,

$$a = \frac{2h}{t^2} \quad (2)$$

Por otro lado, podemos calcular el momento de inercia del sistema barra y cilindros de forma teórica utilizando la expresión del momento de inercia de una barra delgada de longitud L girando alrededor de un eje perpendicular a su longitud mayor y que pase por su centro:

$$I_{tco} = \frac{1}{12} m_{barra} L^2 + 2 m_{cil} r_1^2 \quad (3)$$

MÉTODO EXPERIMENTAL

La expresión (1) nos proporciona un procedimiento para medir el momento de inercia del sistema, conocida la aceleración de caída del cuerpo, que podemos, a su vez, calcular usando la fórmula (2). Usaremos distintas pesas (m_{pesa}) y distancias de colocación de los cilindros (r_1) para entender el efecto de las distintas incertidumbres aleatorias y sistemáticas en nuestra medida. Finalmente, calcularemos el valor esperado teóricamente mediante la expresión (3).

RESULTADOS EXPERIMENTALES

1) Caracterización del dispositivo experimental

Coloque los dos cilindros en los extremos de la barra, como indica la figura 1. Mida, utilizando la regla, la distancia entre el eje de giro y el centro de masas de los cilindros, r_1 .

Tras montar el sistema, mida la distancia h desde la pesa hasta el suelo. Es importante que esta colocación sea lo más repetible posible, por lo que es útil tomar alguna referencia (por ejemplo, el nudo de la cuerda que sujeta la pesa) para poder reproducir esta colocación en medidas sucesivas (Figura 2). Estime la incertidumbre de esta medida en base a su repetibilidad.

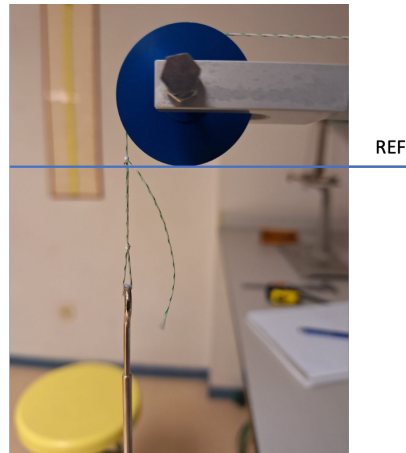


Figura 2. Toma de referencias de la altura de la pesa sobre la polea

2) Estimación experimental del momento de inercia en posición 1

Escoja 2 valores distintos de la pesa (m_{pesa}) y mida en cada caso 4 veces el tiempo de caída, enrollando con cuidado el carrete de hilo tras cada medición. Calcule el tiempo medio de caída en cada caso, con su incertidumbre, y a partir de él calcule la aceleración de la masa.

Estime el momento de inercia a partir de la aceleración en cada caso y combine las dos medidas mediante una media ponderada.

3) Estimación experimental del momento de inercia en posición 2

Varíe la posición de los cilindros a un punto intermedio, como indica la Figura 3. Es importante que ambos estén situados a la misma distancia del eje de giro, para que la expresión (3) siga siendo válida.

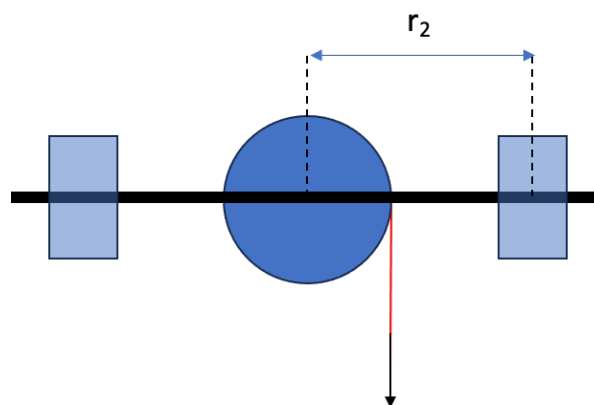


Figura 3. Colocación de los cilindros en posición intermedia

Repita las medidas del apartado 2) con la nueva colocación de los cilindros y calcule el momento de inercia experimental del sistema.

4) Cálculo del momento de inercia a partir de la geometría

Estime el momento de inercia teórico del sistema en posición 1 (cilindros en el extremo de la barra) y 2 (cilindros en posición intermedia), utilizando la expresión (3).

CUESTIONES

1. Calcule las diferencias absoluta y relativa entre los valores experimentales y sus correspondientes teóricos. Compare los valores teóricos con los experimentales y discuta su compatibilidad y precisión.
2. ¿Qué magnitud experimental modificarías para reducir la incertidumbre final en el momento de inercia y por qué? Proporcione un razonamiento numérico.
3. Las ecuaciones de movimiento asumen ausencia de rozamiento. ¿Cómo se modificaría la ecuación del movimiento de rotación si tuviéramos en cuenta un par de rozamiento constante? Discuta cualitativamente cómo afecta no tener en cuenta el rozamiento a la estimación experimental del momento de inercia.

TRABAJO PREVIO

- 1) Calcule las expresiones para la propagación de incertidumbres de las expresiones (1), (2) y (3).
- 2) Supongamos que montamos el sistema de rotación de modo que tiene un momento de inercia $I = 0.01 \text{ kgm}^2$. ¿Cuánto tardaría una pesa de 100 g en caer una distancia de 1 m, según el sistema mostrado en la figura 1? Utilice para el cálculo un valor del radio de giro del sistema de $r_{giro} = 2 \text{ cm}$.

DATOS

Tome como valor de la aceleración de la gravedad en Madrid: 9.800 m/s^2