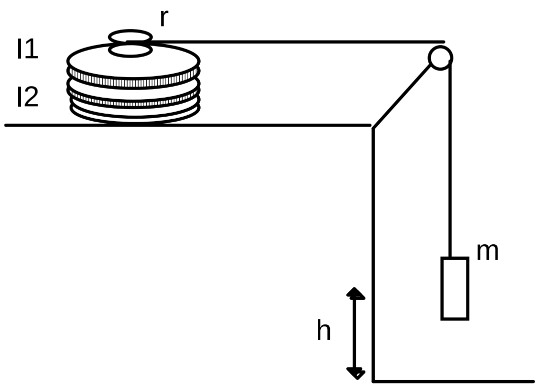
Prácticas de Laboratorio de Física

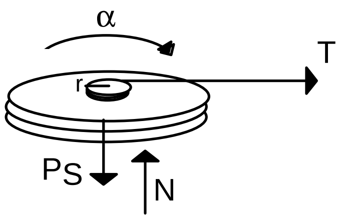
Dinámica de Rotación

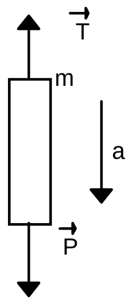
Fundamento teórico

El sistema está formado por dos discos superpuestos, al inferior le llamamos 2 y al superior 1 y una masa m que cuelga de una polea por medio de un hilo que está enrollado a un disco de radio r y momento de inercia despreciable, como se indica en la figura. Estos discos pueden girar de forma solidaria sin rozamiento con la mesa, y también se puede eliminar el rozamiento entre ellos.



Si se considera despreciable la masa de la polea y la del hilo, y aplicamos la ecuación fundamental de la dinámica de rotación $\vec{M} = I\vec{\alpha}$ al sistema de discos y la segunda Ley de Newton a la masa m se obtiene:





$$\begin{cases} Tr = I\alpha \\ P - T = ma \\ a = \alpha r \end{cases}$$

Despejando en este sistema de ecuaciones la aceleración angular, α, obtenemos

$$\alpha = \frac{m\,g\,r}{I + mr^2} \qquad (1)$$

donde I es el momento de inercia del cuerpo solidario al disco de radio **r**

$I = I_1$ si no hay rozamiento entre 1 y 2
$I = I_1 + I_2$ si hay rozamiento entre 1 y 2

Aplicando la ley de la conservación de la energía total y considerando despreciable la energía cinética de la masa **m** se obtiene que $E_i = mgh = E_f = \frac{1}{2} I \omega^2$ (2)
donde ω es la velocidad angular del sistema de discos y **h** es la altura que desciende la masa m.

Si el momento de fuerzas exteriores aplicado es nulo M=0 (no hay masa m), se conserva el momento angular $\left(\vec{L} = I\,\omega\vec{k}\right)$ del sistema formado por ambos discos

$$\vec{L} = \vec{L}_1 + \vec{L}_2 = \text{cte} \qquad (3)$$

donde $\vec{L}$, $\vec{L}_1$ y $\vec{L}_2$ son el momento angular de los dos discos, del superior y del inferior respectivamente y $\vec{k}$ es el vector unitario en la dirección del eje Z, perpendicular al plano de los discos.

Objetivos de la práctica

.- Comprobar que si **m** e **I** son constantes la aceleración angular α es constante (ecuación (1)).
.- Comprobar la ecuación de la energía total del sistema (ecuación (2))
.- Comprobar que si el momento aplicado sobre el sistema es nulo se conserva el momento angular total del sistema (ecuación (3)).

Material

.-Mesa neumática, disco inferior de acero que puede girar sin rozamiento sobre la mesa, disco superior de acero que gira de forma solidaria con el inferior o independiente si eliminamos el rozamiento entre los discos, disco pequeño para enrollar el hilo, polea y soporte para colocar masas.
.-Sistema de recuento del número **n** de líneas que pasan por la ventana por segundo. La medición aparece en la pantalla cada dos segundos. La velocidad angular es $\omega = \frac{2\pi}{200}\,n\ (\text{rad/s})$.

Asegúrese que la base del sistema se encuentra en posición horizontal.

Desarrollo de la práctica

A. Movimiento con aceleración angular constante. Medida de los momentos de inercia.

Si **m** e **I** son constantes, la aceleración angular α es constante. La velocidad angular para un movimiento circular con aceleración angular constante que parte del reposo está dada por $\omega=\alpha t$. Si medimos ω en función de **t** y lo representamos, se debe obtener una línea recta de pendiente α cuyo valor viene dado en la ecuación (1).

Para ello debemos medir la velocidad angular del sistema formado por los dos discos de acero, girando de forma solidaria, en función del tiempo mientras desciende la masa **m,** representar ω en función de t, realizar y representar el correspondiente ajuste a una recta $\omega=\alpha t$. Del valor de la pendiente y según la ecuación (1) obtener el momento de inercia total de ambos discos: $\mathbf{I = I_1 + I_2}$.

Realizar lo mismo liberando el disco superior y obtener el momento de inercia de dicho disco, $\mathbf{I_1}$. Deducir de los resultados anteriores el momento de inercia del disco inferior, $\mathbf{I_2}$.

La medida de **n** (número de trazas por segundo) se realiza cada dos segundos. Ajustar el valor de **m** para poder tomar un número considerable de medidas (~10). La tabla que hay que rellenar es:

(**observación**: no considerar la primera medida)

t	n	ω

B. Conservación de la energía total del sistema.

Comprobar la validez de la ecuación (2). La energía inicial es $E_i = mgh$, donde **h** es la altura inicial respecto del suelo de la masa **m**, y la energía final es $E_f = \frac{1}{2} I\, \omega^2$. La energía final se puede obtener de la medida de ω cuando la masa **m** llega al suelo. Comprobar la igualdad de estas dos expresiones dentro del error de su determinación para diferentes valores de m, I.

Hacer la experiencia con: un disco de acero y los dos discos de acero solidarios. Para cada uno de ellos utilizar dos masas m_1 y m_2.

Con los resultados obtenidos realizar la tabla siguiente.

m	h	n	ω	E_i	E_f

C. Conservación del momento angular del sistema.

Para comprobar la conservación del momento angular del sistema si el momento exterior es nulo, se mide inicialmente el momento angular de los dos discos $\vec{L}_1$ y $\vec{L}_2$ girando libremente por el efecto de un impulso inicial. Para ello se mide la velocidad angular de cada uno de ellos (ω_1 y ω_2). Se retira el pivote central de forma que aparece rozamiento entre ambos discos forzándolos a girar de forma solidaria, obteniéndose el momento angular total de los discos $\vec{L}$ a partir de la medida de la velocidad angular común ω. Comprobar que se ha conservado el momento angular total del sistema (3) dentro del margen de error de las medidas.

Repetir la experiencia utilizando los dos discos y distintos sentidos de giro. Realizar la tabla siguiente

n_1	ω_1	n_2	ω_2	n	ω	$\vec{L}_1$	$\vec{L}_2$	$\vec{L}$

C. Conclusiones de la práctica.

Discutir y comentar los resultados obtenidos para las gráficas, ajustes, validez de las ecuaciones y de las aproximaciones utilizadas, los resultados finales y el error cometido.