

DINÁMICA ROTACIONAL

I – OBJETIVO:

Estudio del movimiento rotacional de un cuerpo rígido (Verificación de la segunda Ley de Newton para un sistema rotacional)

II – INTRODUCCION:

En la figura 1 se muestra un esquema de un disco de masa M (momento de inercia I) y radio R , que puede rotar alrededor de un eje fijo, y sobre el cual actúa una fuerza dada por $m\vec{g}$.

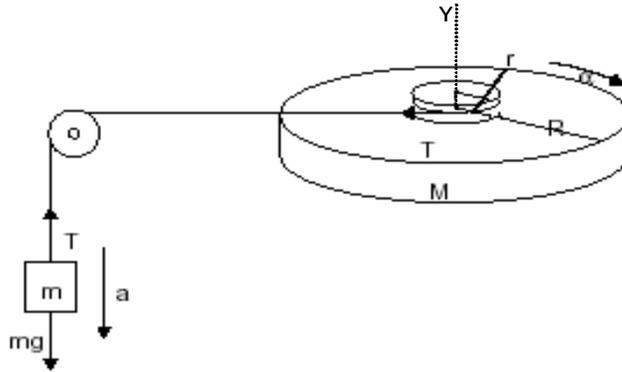


Figura 1. Disco en rotación debido al torque producido por el peso mg

El torque o momento de la fuerza esta dado por la expresión:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{T} = \vec{r} \times m\vec{g} = mgr \hat{j} = I\alpha(\hat{j}), \quad (1)$$

siendo α , la aceleración angular del disco, I su momento de inercia, T la tensión del hilo. De la figura 1 también se obtiene la relación:

$$ma = mg - T, \quad (2)$$

siendo a la aceleración lineal de la masa m y del disco. Las aceleraciones a y α están relacionadas por la ecuación:

$$a = r\alpha. \quad (3)$$

De las EC.(4.1), (4.2) y (4.3) se obtiene:

$$\alpha = \frac{mgr}{mr^2 + I} \quad (4)$$

EQUIPO EXPERIMENTAL

- Equipo de Dinámica Rotacional marca Pasco, modelo ME – 9279A
- Compresor de aire
- Hilo
- Cronómetro
- Vernier metálico

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1) Experimento 1. Velocidad angular

1. Idee algún método que le permita determinar el número de barras negras (N_b) que tiene cada disco en la superficie lateral del mismo.
2. **Factor de conversión (k)**. Las lectoras ópticas registran el movimiento de cada disco midiendo el número de barras por segundo (barras/s) que pasan frente a ellas. Sin embargo, es necesario convertir estos valores en unidades de velocidad angular (rad/s), lo cual puede hacerse mediante el cálculo del factor k , de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$k = \frac{2\pi}{N_b}, \quad (5)$$

donde N_b es el número de barras del disco.

3. Disponga el equipo de Dinámica Rotacional como se indica en la figura 2. Coloque como disco inferior el que tiene la etiqueta “*This side MUST BE DOWN*” (este lado hacia abajo), y como disco superior cualquiera de los otros dos discos (el de aluminio o el de acero).

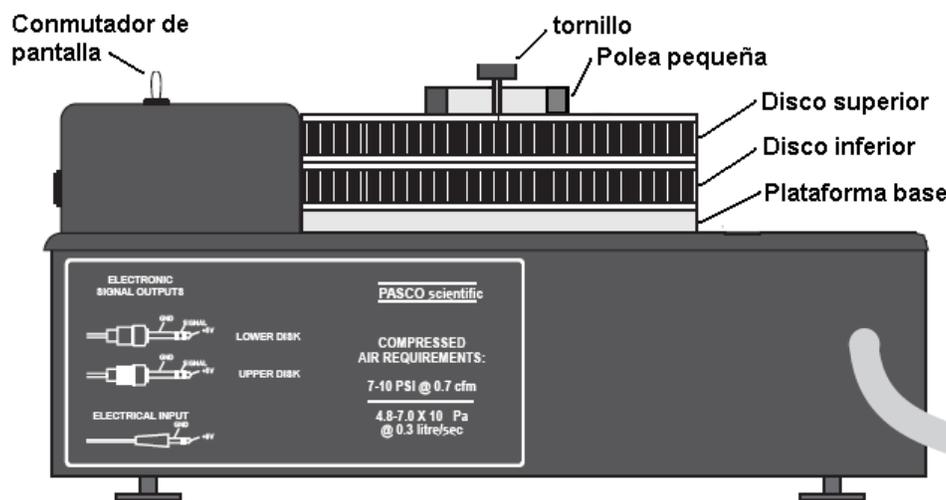


Figura 2. Disposición del equipo

4. Calcule el valor de k .
5. Nivele el aparato con el nivel de burbuja, conecte el adaptador de voltaje y ponga el interruptor de la pantalla en la posición **UPPER** de modo que se observe el registro del disco superior.
6. Coloque una marca cerca del borde del disco superior (figura 3), ajuste la presión a 9 PSI y rote el disco ligeramente tal que el valor que indica la pantalla oscile entre 100 y 200 barras/segundo.
7. Mida el tiempo para un determinado número de vueltas (N_v) y simultáneamente, anote la lectura inicial (L_i) y final de la pantalla (L_f).
8. Determine el desplazamiento angular recorrido por el disco en el intervalo de tiempo ($\theta = 2\pi N_v$) y calcule la velocidad angular media.

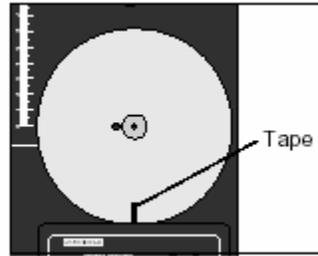


Figura 3. Marca de referencia o guía

9. A partir de las lecturas en la pantalla y con el factor de conversión k , determine la velocidades inicial y final del movimiento. Calcule la velocidad angular media y compárela con el resultado del paso anterior.
10. Repita este proceso al menos tres (03) veces, variando por ejemplo el número de vueltas o la velocidad inicial del movimiento.

Experimento 2. Aceleración angular

1. **Montaje inicial.** Disponga del equipo de Dinámica Rotacional como se indica en la figura 4, utilizando la polea pequeña y el disco de acero como disco superior. Suspenda del hilo una masa de 20 gramos (incluyendo el sujetador) y extienda el hilo del mismo hasta que casi toque el piso.

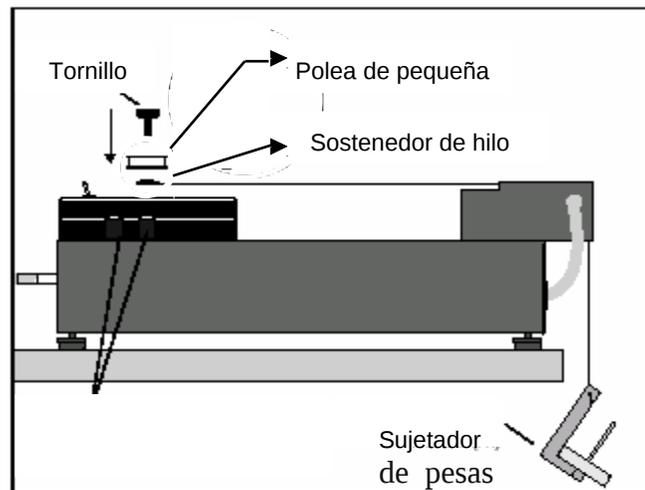


Figura 4: Equipo para dinámica rotacional

2. Medición de la aceleración angular.

2.1. Ajuste la presión de aire a 9 PSI y enrolle el hilo girando el disco hasta que el colgador casi toque la polea cilíndrica. Sostenga el disco hasta que la pantalla indique el valor cero. Luego libérela y anote cada lectura sucesiva indicada por la pantalla hasta que la pesa regrese a su posición inicial. ***Debe obtener al menos diez valores diferentes.***

2.2. Transforme las lecturas obtenidas en el paso anterior (2.1) en velocidades angulares (utilice el factor " k " calculado en el experimento 1).

2.3 Aplicando las ecuaciones de cinemática rotacional, determine la aceleración angular para cada par de valores de ω_n, ω_{n-1} , sabiendo que el tiempo entre dos lecturas sucesivas es de dos segundos. Es decir,

$$\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t} ; \frac{\omega_3 - \omega_2}{\Delta t} ; \dots ; \frac{\omega_n - \omega_{n-1}}{\Delta t}$$

donde $\Delta t = 2$ segundos.

3. Cambie la masa en el sujetador en valores de (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50) g y registre cada vez las lecturas necesarias para calcular la aceleración angular.
4. Con los valores anteriores, calcule la aceleración angular promedio tomando el valor absoluto de los valores negativos y descartando cualquier valor de aceleración que se aleje de la media.
Nota: la pantalla muestra el número de barras que pasan frente a la lectora óptica por cada segundo. Sin embargo, existe un tiempo muerto de un segundo entre cada intervalo de conteo, de modo que entre cada par de lecturas sucesivas existe un tiempo de 2 segundos.
5. 1.2. Repita el proceso anterior y calcule el valor de la aceleración angular promedio con su respectiva incertidumbre. Compare con el valor obtenido anteriormente.
6. En el montaje anterior, reemplace la polea pequeña por la polea grande, suspenda del hilo una masa de 20 gramos y realice las medidas necesarias para calcular la aceleración angular respecto a estas nuevas condiciones.
7. Establezca nuevamente las condiciones del montaje inicial, variando ahora la masa del sistema giratorio y calculando la aceleración angular según los siguientes casos:
 - 7.1. Disco inferior y disco superior de acero girando conjuntamente (inserte una clavija en el orificio identificado como “bottom disk valve” ubicado al lado de la plataforma base del aparato).
 - 7.2. Disco superior de aluminio.
 - 7.3. Disco superior de aluminio y disco inferior de acero girando conjuntamente.
8. Mida la masa y el radio de cada uno de los discos y de cada una de las poleas.

Cálculos y análisis

1. Para las condiciones establecidas en el paso 2 del procedimiento, determine el torque aplicado al disco y calcule el valor de la aceleración angular promedio con su respectiva incertidumbre.
2. Para cada valor de masa del paso 3 del procedimiento:
 - 2.1. Calcule la aceleración angular promedio con su respectiva incertidumbre.
 - 2.2. Determine el valor del torque aplicado en cada ensayo con su respectiva incertidumbre.
 - 2.3. Realice una gráfica del torque en función de la aceleración promedio.
 - 2.4. De la gráfica anterior, determine el momento de inercia del sistema giratorio.
 - 2.5. De acuerdo a la expresión analítica del momento de inercia de un disco, calcule el momento de inercia del sistema giratorio con su respectiva incertidumbre. Compare sus resultados.

Pregunta. ¿ Cómo varía la aceleración angular del disco a medida que se incrementa la masa en el sujetador? Explique.

3. Para los datos obtenidos en el paso 4 del procedimiento:

3.1. Calcule la aceleración angular promedio con su respectiva incertidumbre.

3.2. Determine el valor del torque aplicado con su respectiva incertidumbre.

3.3. Compare sus resultados con los resultados obtenidos en el paso 1 del análisis.

Pregunta. ¿Cuál es el efecto, sobre la aceleración angular del disco, del cambio de la polea ? Explique.

4. Para los datos obtenidos en el paso 5 del procedimiento:

4.1. En cada ensayo, determine el valor de la aceleración angular media, con su respectiva incertidumbre.

4.2. Determine el valor del torque aplicado con su respectiva incertidumbre.

4.3. Determine en cada caso, el valor del momento de inercia del sistema giratorio a partir de la Ecuación $\tau = I \cdot \alpha$

4.4. Calcule ahora el momento de inercia del sistema giratorio utilizando la expresión analítica que corresponda en cada caso.

Pregunta. ¿ Qué efecto tiene la variación de la masa del sistema giratorio en la aceleración angular del disco ? Explique.