ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

INSTITUTO DE CIENCIAS FÍSICAS

LABORATORIO DE FÍSICA A

Profesor:

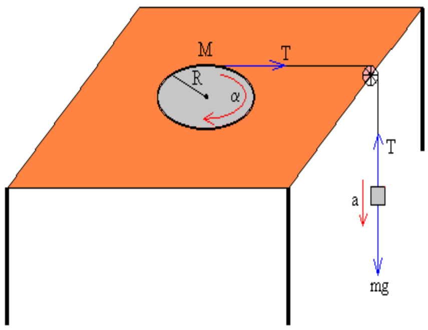
Ing. Carlos Alberto Martínez Briones

Título de la práctica:

"Dinámica Rotacional"

Realizado por:

Miriam Vanessa
Hinojosa Ramos



Grupo de trabajo:

Gisell Litardo
Vanessa Hinojosa
Carlos Lecaro

Fecha de práctica:

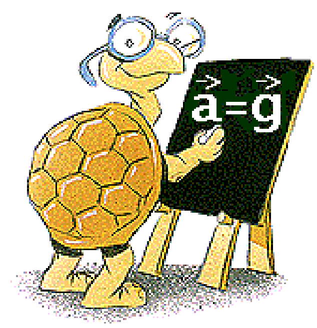
Jueves, 26 de agosto de 2010

Fecha de elaboración:

Martes, 7 de septiembre de 2010

Fecha de entrega:

Jueves, 9 de septiembre de 2010



Paralelo: 13

Semestre: Primer término

Año: 2010 - 2011

RESUMEN:

En la práctica prevista para esta semana, es de vital importancia determinar el valor de la aceleración angular a través de los equipos entre ellos el compresor, los discos, la polea, el medidor de frecuencia, la base y las masas. Para lo cual, utilizamos la ecuación fundamental relacionando dos cantidades esenciales del movimiento, el torque (vectorial) y la inercia (escalar). Graficando los parámetros establecidos para este experimento podemos verificar que la pendiente corresponde a la inercia del sistema.

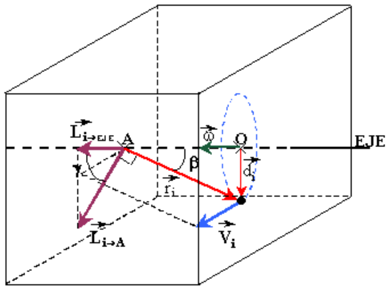


FIGURA 1

En esta gráfica podemos ver que la dinámica rotacional se aplica no solo a discos sino también a cualquier otro sólido en este caso un prisma rectangular que también es capaz de girar en torno a un eje que pasa por su centro de masa si se le aplica una fuerza llamada torca con un brazo de palanca de longitud d.

ABSTRACT:

In the practice scheduled for this week, it was of vital importance to determine the value of the angular acceleration through equipment including the compressor, the discs, the pulley, frequency meter, the base and the masses. For that, we use the fundamental equation relating two essential quantities of motion, torque (vector) and inertia (scalar). Plotting parameters set for this experiment we can verify that the slope corresponds to the inertia of the system.

Palabras Clave:

- Torque
- Momento de Inercia
- Velocidad angular
- Aceleración angular

OBJETIVOS:

- ✓ Verificar experimentalmente el valor de la aceleración angular de un objeto a partir de la ecuación fundamental de dinámica rotacional $\tau = I\alpha$ donde I es el momento de inercia, α es la aceleración angular y τ es el torque o momento de fuerza.

INTRODUCCIÓN:

Torque

Se define por Torque o Momento de rotación a la expresión dada por:

$$\tau = \vec{r}\ x\ \vec{F} \qquad \text{Ec. 1}$$

En la ecuación, **r** es el vector posición (brazo de momento) en donde es aplicada la fuerza **F**.

En la figura 2 observamos claramente hacia donde se genera el torque o momento de torsión al apretar una tuerca.

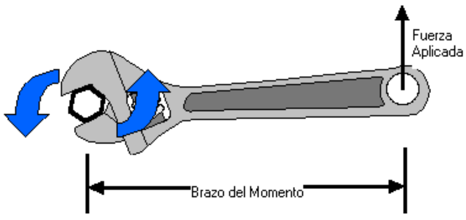


FIGURA 2

Momento de Inercia

Este concepto es similar a la inercia, excepto en que se aplica a la rotación más que al movimiento lineal. La inercia es la tendencia de un objeto a permanecer en reposo o a continuar moviéndose en línea recta a la misma velocidad.

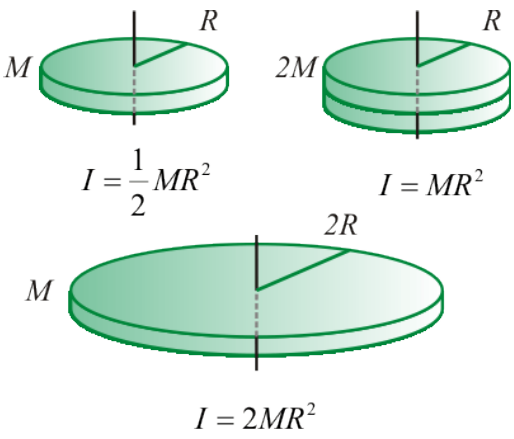


FIGURA 3

La inercia puede pensarse como una nueva definición de la masa. El momento de inercia es, entonces, masa rotacional.

Al contrario que la inercia, el MI también depende de la distribución de masa en un objeto. Cuanto más lejos está la masa del centro de rotación, mayor es el momento de inercia.

Obviamente el mismo depende del sólido al que hagamos referencia, como se observa en la figura 3.

Velocidad Angular

La velocidad angular es una medida de la velocidad de rotación. Se la define como el ángulo girado por unidad de tiempo y se la designa mediante la letra griega. Su unidad en el S.I. es el radián por segundo (rad/s).

Si una partícula en el instante t = t_1 ocupa la posición A, con posición θ_1 .y en el instante t = t_2 ocupa la posición B, con posición θ_2, cuando se mueve desde A hasta B su desplazamiento angular será $\Delta\theta$.

Obviamente el desplazamiento angular también se medirá en radianes. Entonces, definimos el desplazamiento angular como el cambio en la posición angular: $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ y la velocidad angular estaría definida por:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \qquad \text{Ec. 2}$$

Aceleración Angular

Obviamente el desplazamiento angular también se medirá en radianes. Se define la aceleración angular como el cambio que experimenta la velocidad angular por unidad de tiempo. Se denota por la letra griega alfa α. Al igual que la velocidad angular, la aceleración angular tiene carácter vectorial.

Esta aceleración tiene carácter vectorial y se expresa en radianes por segundo al cuadrado.

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} \qquad \text{Ec. 3}$$

Se expresa en radianes por segundo al cuadrado, o s-2, ya que el radián es adimensional.

Marco Teórico de la Práctica

Acción de una fuerza sobre un cuerpo rígido

Una fuerza aplicada a un cuerpo rígido puede provocar un giro o una tendencia a girar en relación a un eje.

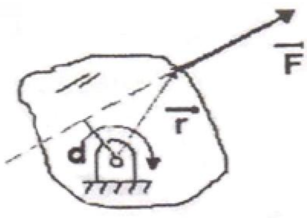


FIGURA 4

Si el cuerpo es plano y la fuerza es coplanar con él, la rotación puede darse alrededor de un eje perpendicular a la aceleración angular adquirida de acuerdo a la ecuación:

$$\sum \tau = I\,\alpha \qquad \text{Ec. 4}$$

El torque se expresa en forma escalar como el producto de τ=dF donde de es el brazo de la fuerza: esto es, la distancia perpendicular del eje de rotación a la línea de acción de la fuerza. En el experimento tenemos lo siguiente:

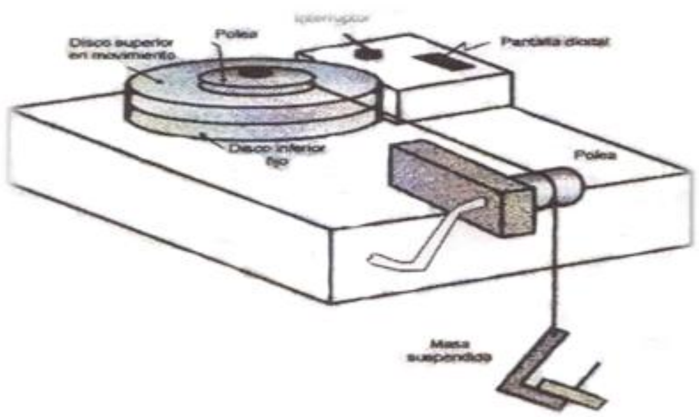


FIGURA 5

Un disco metálico con una polea liviana incorporada descansa sobre otro que permanecerá fijo durante el proceso, Una cuerda de peso despreciable se enrolla en la polea y se fija a una carga que es un cilindro metálico. El cilindro se suspende pasando por una polea especial que dispone de un sistema neumático que permite disminuir considerablemente la fricción.

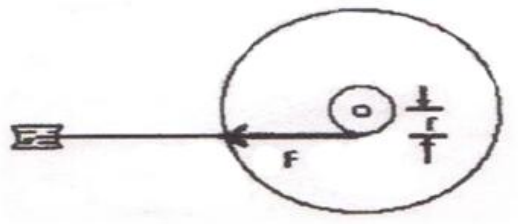


FIGURA 6

La tensión de la cuerda F establece un torque τ=dF donde r es el radio de la polea, si se considera el Momento de Inercia del disco metálico, solamente, despreciando la masa pequeña de la polea que enrolla la cuerda, se tiene que I= 1/2mR^2 donde M es la masa del disco y R su radio. Adicionalmente para la masa suspendida se tiene mg – T= ma donde a es la aceleración lineal.

Combinando estas expresiones y tomando en cuenta que m es mucho menor que M, se tiene para la aceleración angular:

Para las arandelas:

$\sum Fy = Ma$

$W - T_1 = Ma$

$Mg - T_1 = Ma$

Para la polea:

$\sum \tau = I\,\alpha$

$T_1R_3 - T_2R_3 = I_3\, a/R_3$

Para el disco:

$\sum \tau = I\,\alpha$

$T_2R_1 = (I_1 + I_2)\, a/R_1$

Tomamos la ecuación 1 y la multiplicamos por R_3, quedando así:

$Mg\,R_3 - T_1\,R_3 = Ma\,R_3$

Sumamos la ecuación previa con la ecuación 2:

$Mg\,R_3 - T_1\,R_3 = Ma\,R_3$

$T_1R_3 - T_2R_3 = I_3\, a/R_3$

$Mg\,R_3 - T_2\,R_3 = Ma\,R_3 + I_3\, a/R_3$

Luego, multiplicamos la ecuación 3 por R_1 y a la ecuación obtenida la multiplicamos por R_3:

$$Mg\,R_3R_1 - T_2\,R_3R_1 = Ma\,R_3R_1 + I_3\,\frac{a}{R_3}R_1$$

$T_2 R_1 R_3 = (I_1 + I_2) a \, R_3/R_1$

Resultando la siguiente ecuación final:

$Mg \, R_3 R_1 = (I_1 + I_2) \, R_3/R_1 \, a + I_3 \, R_1/R_3 \, a$

Despejando la aceleración lineal tenemos:

$a = MgR_3R_1/(MgR_3R_1 + (I_1 + I_2) \, R_3/R_1 + I_3 \, R_1/R_3)$

De forma genérica para la ecuación demostrada, tenemos:

$$ai = \frac{MigR_3R_1}{MgR_3R_1 + (I_1 + I_2)\,\frac{R_3}{R_1} + I_3\,\frac{R_1}{R_3}}$$

Ya que: $ai \text{ corresponde a } Mi$

$i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$

Sabemos por definición que la aceleración angular permanecerá constante durante la caída de la carga m y puede ser verificada con mediciones realizadas sobre el disco. Debido a que la masa m que cuelga es pequeña en comparación con la del disco se puede despreciar para obtener una relación aproximada.

$$\tau = I_{disco} \, \alpha \qquad \textbf{Ec. 5}$$

Aceleración Angular del Disco

El disco metálico tiene marcas alternadas en colores blanco y negro a lo largo de su contorno (Ver figura 7).

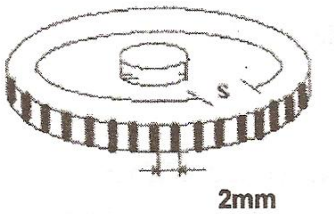


FIGURA 7

Un sensor en el borde del disco general una señal cada vez que una franja oscura pasa frente a él, la distancia entre las franjas oscuras es de 2mm.

El contador digital muestra la lectura correspondiente al número de señales que recibe por segundo, esta lectura se muestra con un intervalo de dos segundos. Este dato permite establecer la frecuencia de rotación como se indicará a continuación:

Medición de Frecuencia y Velocidad Angular

La frecuencia se define por $f = n/t$ **donde n es el número de vueltas en el tiempo t. El número de vueltas se puede obtener de la relación n = S/2πR, siendo S la longitud de la circunferencia que pasa frente al sensor ubicado en el borde del disco y R el radio del disco. Si la distancia entre marcas es 2 mm. Como se**

indica en la figura puesta anteriormente, se puede considerar la longitud S = 2mm N, donde N es el número de pulsos por segundo que indica el contador digital.

La velocidad angular se define por:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{n}{t}$$

$$\omega = 2\pi \left(\frac{S}{2\pi Rt}\right) = 2\pi \left(\frac{2N}{2\pi Rt}\right)$$

Tomando en cuenta las consideraciones hechas al inicio se tiene:

$$\omega = \left(\frac{2N}{Rt}\right)$$

$$\alpha = \frac{\Delta\,\omega}{\Delta\,t} = \frac{\omega 2 - \omega 1}{2S} = \frac{1}{2}\left(\frac{2N2}{R(1)} - \frac{2N2}{R(1)}\right)$$

$$\alpha = \frac{N2-N1}{R}; \text{ ó también } \alpha = \frac{f2-f1}{R2}$$

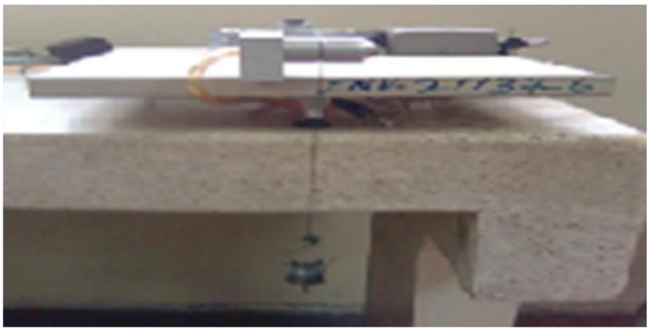
Donde n y f están consideradas como las lecturas que se observan en la pantalla inicial. También se considera que el tiempo t es de 1 segundo.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL:

Materiales:

- ✓ Compresor de 150 psi.
- ✓ Equipos de dinámica rotacional (discos, medidor de frecuencia, base)
- ✓ Arandelas
- ✓ Balanza

Balanza mecánica



Equipo de Dinámica Rotacional

Arandelas y pesas

FIGURA 8

Experimento:

Procedimiento Experimental

1. Arme el aparato usando los dos discos de acero. Cerciórese que el seguro de tubo debajo de la pantalla de control este abierto para que el disco inferior descanse firmemente sobre el plato inferior.

2. Coloque el aparato en una mesa a una altura aceptable para que la masa que está siendo acelerada pueda caer una distancia máxima. El cojín de aire del cilindro debe colgar por encima del borde de la mesa para que la masa pueda caer libremente. Mida la distancia desde el cojín de aire del cilindro hasta el piso y súmele 25cms. Llame a este total d. corte un pedazo de hilo delgado y flexible de unos 10cms más largo que d. ate un extremo a la masa de 25gr. que viene con este equipo. Ate el otro extremo al agujero que se encuentra en el carrete la distancia desde la masa hasta el carrete debe ser d.

3. Usando el perno sólido negro asegure el carrete y la polea pequeña al agujero que esta en el centro del disco superior. El carrete calza en el descanso de la polea u el perno pasa a través del agujero en el carrete, la polea, hasta el agujero en el disco superior. El hilo debe calzar a través de la ranura en la polea y correr sobre el surco del cojín de aire del cilindro dejando suspendida la masa que se va a acelerar.

4. Al hacer girar lentamente el disco superior en enrolle el hilo alrededor de la polea hasta que la parte superior de la masa de 25gr. este en el nivel con la abrazadera de la parte inferior del cojín de aire del cilindro. Mantenga el disco superior estacionario por el momento y luego suéltelo sin impartir ninguna velocidad inicial. La masa al caer acelerara el disco. Cuando todo el hilo se haya desenrollado de la polea, la masa va a invertir su dirección y el hilo se va a enrollar en la polea.

5. Tan pronto como el disco superior se ha soltado empiece a apuntar la medida de la frecuencia. Puede colocar el switch en la posición top. La electrónica contara el número de barras en el borde del disco por periodo de un segundo. Estas medidas serán hechas exactas cada dos segundos.

6. Note que a pesar que la primera medida hecha no necesariamente empieza en el instante que el disco superior ha sido soltado, la medida obtenida todavía es válida. Pero no se utilice la última medida obtenida cuando la masa ha llegado al final de su camino. Esto es debido a que la masa puede haber llegado al final de su camino durante ese periodo de medida y el resultado una medida inexacta.

7. Con suerte se obtendrá al menos tres o cuatro medidas de velocidad media mientras la masa acelera el disco.

8. Convierta las medidas de frecuencia a velocidad angular media. Conociendo la cantidad de tiempo entre las medidas se podrá calcular la velocidad angular.

9. Búsquese la formula en el libro de texto para el momento de inercia de un cilindro. Haga las necesarias mediciones del disco, use una balanza para determinar su masa y calcule su momento de inercia.

10. Use una escala para medir la altura de la masa utilizada. Mida de la polea y determine el torque aplicado al disco.

RESULTADOS:

Abreviaciones:

Equipo de Dinámica Rotacional

Masa del Disco 1 → m_1
Masa del Disco 2→ m_2
Masa de la Polea 3→ m_3

Radio del Disco 1 → R_1
Radio del Disco 2→ R_2
Radio del Disco 3→ R_3

Arandela 1→ A_1
Arandela 2→ A_2
Arandela 3→ A_3
Arandela 4→ A_4
Arandela 5→ A_5
Arandela 6→ A_6
Arandela 7→ A_7

$$m_1 = (25.0 \pm 0.1)g$$
$$m_2 = (1353.5 \pm 0.1)g$$
$$m_3 = (26.0 \pm 0.1)g$$

$$R_1 = (12.5 \pm 0.1)mm$$
$$R_2 = (63.2 \pm 0.1)mm$$
$$R_3 = (11.5 \pm 0.1)mm$$

Masa 1 → M_1
Masa 2→ M_2
Masa 3→ M_3
Masa 4 → M_4
Masa 5→ M_5
Masa 6→ M_6
Masa 7 → M_7

Inercia del Disco 1 → I_1
Inercia del Disco 2→ I_2
Inercia de la Polea 3→ I_3

Tabla de Datos de Arandelas:

ARANDELAS	UNIDADES	
	GRAMOS (g.)	KILOGRAMOS (Kg.)
A1	10.85	0.01085
A2	8.00	0.00800
A3	8.10	0.00810
A4	7.95	0.00795
A5	11.05	0.01105
A6	4.10	0.00410
A7	15.60	0.01560

Arandelas en Kilogramos

A1 = 10.85 gramos
A1 = 10.85 gramos *$\frac{1\text{ kg}}{1000\text{ gramos}}$
A1 = 0.01085 Kg

A2 = 8.00 gramos
A2 = 8.00 gramos *$\frac{1\text{ kg}}{1000\text{ gramos}}$
A2 = 0.00800 Kg

A3 = 8.10 gramos
A3 = 8.10 gramos *$\frac{1\text{ kg}}{1000\text{ gramos}}$
A3 = 0.00810 Kg

A4 = 7.95 gramos

A4 = 7.95 gramos * $\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gramos}}$

A4 = 0.00795 Kg

A5 = 11.05 gramos

A5 = 11.05 gramos * $\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gramos}}$

A5 = 0.01105 Kg

A6 = 4.10 gramos

A6 = 4.10 gramos * $\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gramos}}$

A6 = 0.00410 Kg

A7 = 15.60 gramos

A7 = 15.60 gramos * $\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gramos}}$

A7 = 0.01560 Kg

Tabla de Datos de Masas:

Masas	
M1	0.01085 kg
M2	0.01885 kg
M3	0.02695 kg
M4	0.03490 kg
M5	0.04595 kg
M6	0.05005 Kg
M7	0.06565 Kg

Masas en Kilogramos

M1 = A1
M1 = 0.01085 Kg

M2 = A1 + A2
M2 = 0.01085 Kg + 0.00800 Kg
M2 = 0.01885 Kg

M3 = A1 + A2 + A3
M3 = 0.01085 Kg + 0.00800 Kg + 0.00810 Kg
M3 = 0.02695 Kg

M4 = A1 + A2 + A3 + A4
M4 = 0.01085 Kg + 0.00800 Kg + 0.00810 Kg + 0.00795 Kg
M4 = 0.03490 Kg

M5 = A1 + A2 + A3 + A4 + A5
M5 = 0.01085 Kg + 0.00800 Kg + 0.00810 Kg + 0.00795 Kg + 0.01105 Kg
M5 = 0.4595 Kg

M6 = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6
M6 = 0.01085 Kg + 0.00800 Kg + 0.00810 Kg + 0.00795 Kg + 0.01105 Kg + 0.00410 Kg
M6 = 0.05005 Kg

M7 = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6 + A7
M7 = 0.01085 Kg + 0.00800 Kg + 0.00810 Kg + 0.00795 Kg + 0.01105 Kg + 0.00410 Kg + 0.01560 Kg
M7 = 0.06565 Kg

Tabla de Datos de Lecturas y Aceleraciones:

Valores de N		Aceleración angular $\left[\frac{rad}{s^2}\right]$	
N1	**33.67**	α1	**0.40**
N2	**56.50**	α2	**0.90**
N3	**77.67**	α3	**1.23**
N4	**102.00**	α4	**1.62**
N5	**135.00**	α5	**2.14**
N6	**151.00**	α6	**2.38**
N7	**195.50**	α7	**3.10**

Valores de N y α

Las lecturas tomadas del dispositivo son:
Cuando suspendemos A1 que es M1, tenemos la lectura N1

$$N_1 = \left|\begin{array}{cc|cc|cc|c} 29 & 63 & 98 & 132 & 163 & 195 & 217 \\ 15 & 50 & 86 & 120 & 152 & 186 & 219 \\ 19 & 53 & 88 & 122 & 153 & 186 & 216 \end{array}\right|$$

Cuando suspendemos A1 + A2 que es M2, tenemos la lectura N2

$$N_2 = \left|\begin{array}{cc|cc|cc} 29 & 87 & 145 & 201 & 255 & 273 \\ 29 & 86 & 145 & 200 & 254 & 272 \\ 31 & 89 & 148 & 203 & 257 & 270 \end{array}\right|$$

Cuando suspendemos A1 + A2 + A3 que es M3, tenemos la lectura N3

$$N_3 \left|\begin{array}{cc|cc|c} 32 & 115 & 197 & 274 & 335 \\ 39 & 123 & 202 & 279 & 334 \\ 34 & 125 & 205 & 284 & 331 \end{array}\right|$$

Cuando suspendemos A1 + A2 + A3 + A4 que es M4, tenemos la lectura N4

$$N_4 = \left|\begin{array}{cc|cc} 54 & 158 & 201 & 362 \\ 51 & 156 & 257 & 357 \\ 52 & 159 & 260 & 360 \end{array}\right|$$

Cuando suspendemos A1 + A2 + A3 + A4 + A5 que es M5, tenemos la lectura N5

$$N_5 \left|\begin{array}{cc|cc} 73 & 202 & 333 & 433 \\ 74 & 212 & 345 & 424 \\ 75 & 213 & 343 & 423 \end{array}\right|$$

Cuando suspendemos A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6 que es M6, tenemos la lectura N6

$$N_6 = \left|\begin{array}{cc|cc} 83 & 234 & 377 & 422 \\ 64 & 220 & 363 & 437 \\ 80 & 231 & 375 & 427 \end{array}\right|$$

Cuando suspendemos A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6 + A7 que es M7, tenemos la lectura N7

$$N_7 = \left|\begin{array}{cc|c} 91 & 287 & 472 \\ 105 & 300 & 486 \\ 98 & 286 & 473 \end{array}\right|$$

Diferencia de par en par para cada N, quedando así:

Para N1, es:

$$N_1 = \left|\begin{array}{c|c|c} 63 - 29 & 132 - 98 & 195 - 163 \\ 50 - 15 & 120 - 86 & 186 - 152 \\ 53 - 19 & 122 - 88 & 186 - 153 \end{array}\right|$$

$$N_1 = \begin{vmatrix} 34 & 33 & 32 \\ 35 & 34 & 34 \\ 34 & 34 & 33 \end{vmatrix}$$

Para N2, es:

$$N_2 = \left|\begin{array}{c|c|c} 87 - 29 & 201 - 145 & 273 - 255 \\ 86 - 29 & 200 - 145 & 272 - 254 \\ 89 - 31 & 203 - 148 & 270 - 257 \end{array}\right|$$

$$N_2 = \begin{vmatrix} 58 & 56 & 18 \\ 57 & 55 & 18 \\ 58 & 55 & 18 \end{vmatrix}$$

Para N3, es:

$$N_3 \left|\begin{array}{c|c} 115 - 32 & 274 - 197 \\ 123 - 39 & 279 - 202 \\ 125 - 34 & 285 - 205 \end{array}\right|$$

$$N_3 = \begin{vmatrix} 83 & 77 \\ 84 & 77 \\ 91 & 79 \end{vmatrix}$$

Para N4, es:

$$N_4 = \left|\begin{array}{c|c} 158 - 54 & 362 - 201 \\ 156 - 51 & 357 - 257 \\ 159 - 52 & 360 - 260 \end{array}\right|$$

$$N_4 = \begin{vmatrix} 104 & 101 \\ 105 & 100 \\ 107 & 100 \end{vmatrix}$$

Para N5, es:

$$N_5 \left|\begin{array}{c|c} 202 - 73 & 433 - 333 \\ 212 - 74 & 424 - 345 \\ 213 - 75 & 423 - 343 \end{array}\right|$$

$$N_5 = \begin{vmatrix} 129 & 100 \\ 138 & 79 \\ 138 & 80 \end{vmatrix}$$

Para N6, es:

$$N_6 = \begin{vmatrix} 234 & - & 83 \\ 220 & - & 64 \\ 231 & - & 80 \end{vmatrix} \begin{matrix} 422 & - & 377 \\ 437 & - & 363 \\ 427 & - & 375 \end{matrix} \Bigg|$$

$$N_6 = \begin{vmatrix} 151 & 45 \\ 151 & 74 \\ 151 & 52 \end{vmatrix}$$

Para N7, es:

$$N_7 = \begin{vmatrix} 287 & - & 91 \\ 300 & - & 105 \\ 286 & - & 98 \end{vmatrix}$$

$$N_7 = \begin{vmatrix} 196 \\ 195 \\ 188 \end{vmatrix}$$

<u>Cálculo promedio para cada N:</u>

N1 = (34+33+32+35+34+34+34+34+33)/9
N1 = 303/9
N1 = 33.67

N2 = (58+56+57+55+55+58)/6
N2 = 339/6
N2 = 56.5

N3 = (77+77+79)/3
N3 = 233/3
N3 = 77.67

N4 = (104+105+101+100+100)/5
N4 = 510/5
N4 = 102

N5 = (129+138+138)/3
N5 = 405/3
N5 = 135

N6 = (151+151+151)/3
N6 = 453/3
N6 = 151

N7 = (196+195)/2
N7 = 391/2
N7 = 195.5

Valores de α experimentales

Dada a la ecuación $\alpha = \frac{N}{R_2}$

$\alpha 1 = \frac{N1}{R_2} \ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 1 = \frac{33.67}{63.2} \ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 1 = 0.40 \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 2 = \frac{N2}{R_2} \ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 2 = \frac{57}{63.2} \ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 2 = 0.90 \ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 3 = \frac{N3}{R_2} \ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 3 = \frac{78}{63.2} \ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 3 = 1.23 \ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 4 = \frac{N4}{R_2} \ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 4 = \frac{102}{63.2} \ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 4 = 1.62 \ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 5 = \frac{N5}{R_2} \ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 5 = \frac{135}{63.2} \ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 5 = 2.14 \ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 6 = \frac{N6}{R_2} \ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 6 = \frac{151}{63.2} \ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 6 = 2.38 \ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 7 = \frac{N7}{R_2} \ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 7 = \frac{196}{63.2}\ \frac{rad}{s^2}$

$\alpha 7 = 3.10\ \frac{rad}{s^2}$

Tabla de Datos de Torques:

Torques	$\bullet\ 10^{-3}$
τ1	1.2
τ2	2.1
τ3	3.0
τ4	3.9
τ5	5.2
τ6	5.6
τ7	7.4

Según la fórmula de τ = F r, siendo el radio 11.5 mm

$\tau_1 = M_1 gr$

$\tau_1 =$ **(0.01085)(9.8)(0.0115)**

$\tau_1 =$ **0.0012 (N.mm)** $\times \frac{1\ m}{1000\ mm}$

$\tau_1 = 1.2 \times 10^{-3}$ **(N.m)**

$\tau_2 = M_2 gr$

$\tau_2 =$ **(0.01885)(9.8)(0.0115)**

$\tau_2 =$ **0.0021 (N.mm)** $\times \frac{1\ m}{1000\ mm}$

$\tau_2 = 2.1 \times 10^{-3}$ **(N.m)**

$\tau_3 = M_3 gr$

$\tau_3 =$ **(0.02695)(9.8)(0.0115)**

$\tau_3 =$ **0.0030 (N.mm)** $\times \frac{1\ m}{1000\ mm}$

$\tau_3 = 3.0 \times 10^{-3}$ **(N.m)**

$\tau_4 = M_4 gr$

$\tau_4 =$ **(0.03490)(9.8)(0.0115)**

$\tau_4 =$ **0.0039 (N.mm)** $\times \frac{1\ m}{1000\ mm}$

$\tau_4 = 3.9 \times 10^{-3}$ **(N.m)**

$\tau_5 = M_5 gr$

$\tau_5 =$ **(0.04595)(9.8)(0.0115)**

$\tau_5 =$ **0.0052 (N.mm)** $\times \frac{1\ m}{1000\ mm}$

$\tau_5 = 5.2 \times 10^{-3}$ **(N.m)**

$\tau_6 = M_6 gr$

$\tau_6 =$ **(0.05005)(9.8)(0.0115)**

$\tau_6 = \mathbf{0.0056\ (N.mm)} \times \frac{1\,m}{1000\,mm}$

$\tau_6 = 5.6 \times 10^{-3}$ **(N.m)**

$\tau_7 = M_7 gr$

$\tau_7 = \mathbf{(0.06565)(9.8)(0.0115)}$

$\tau_7 = \mathbf{0.0074\ (N.mm)} \times \frac{1\,m}{1000\,mm}$

$\tau_7 = 7.4 \times 10^{-3}$ **(N.m)**

Tablas de Datos Experimentales:

Tabla 8.- Mediciones Indirectas Registradas:

	m (kg)	ΔN	α (rad/s²)	τ (N)	I_{EXP} (Kgm²)	I_{TEO} (Kgm²)
M_1	0.01085 kg	33.67	0.40	1.2×10^{-6}	2.8×10^{-3} (*)	2.7×10^{-3} (*)
M_2	0.01885 kg	56.50	0.90	2.1×10^{-6}		
M_3	0.02695 kg	77.67	1.23	3.0×10^{-6}		
M_4	0.03490 kg	102.00	1.62	3.9×10^{-6}		
M_5	0.04595 kg	135.00	2.14	5.2×10^{-6}		
M_6	0.05005 Kg	151.00	2.38	5.6×10^{-6}		
M_7	0.06565 Kg	195.50	3.10	7.4×10^{-6}		

(*) Estas inercias serán calculadas experimentalmente como parte del análisis del gráfico de esta práctica.

Gráfico.-

- *Gráfico.- Torque vs. Aceleración Angular* **(Ver anexos)**

Cálculos de los gráficos.-

Gráfico.- Torque vs. Aceleración Angular

<<"τ vs. α">>

Cálculo Experimental de la Pendiente:

$$m = \frac{valor\ de\ la\ escala\ en\ y * cantidad\ de\ cuadros}{valor\ de\ la\ escala\ en\ x * cantidad\ de\ cuadros}$$

Valor de la escala en y= 0.5 x 10^{-3} $[\mathrm{Nm}]$

Valor de la escala en x= 0.2 $\left[\frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}^2}\right]$

$$m = \frac{0.5 * 14}{0.2 * 12.5} * 10^{-3}$$

$m = 2.8\ x\ 10^{-3}\ [kg\ m^2]$

Incertidumbre Absoluta de la Pendiente:

$m = \frac{a}{b}; a = \bar{a} \pm \partial a; b = \bar{b} \pm \partial b$

$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$

$m = \frac{3.0 - 2.1}{1.23 - 0.9} = \frac{0.9}{0.33}$

$m = 2.8\ x\ 10^{-3}\ [kg\ m^2]$

$\delta a = \delta y_2 + \delta y_1$

$\delta a = 0.000001 + 0.000001$

$\delta a = 0.000002$

$\delta b = \delta x_2 + \delta x_1$

$\delta b = 0.01 + 0.01$

$\delta b = 0.02$

$\delta m = \frac{b\delta a + a\delta b}{b^2}$

$\delta m = \frac{(0.33)(0.000002) + (0.90 * 10^{-6})(0.02)}{(0.33)^2}$

$\delta m = 6.2\ x\ 10^{-3}$

Valor Experimental de la pendiente (m):

$m = (2.8 \pm 6.2)(* 10^{-3})\ [kg\ m^2]$

Cálculo Teórico de la Pendiente:

$m = Inercia\ del\ disco\ de\ radio\ 2$

$I_2 = \frac{1}{2} m_2 (R_2)^2$

$I_2 = \frac{1}{2}(1.3535)(0.0632)^2$

$I_2 = 2.7\ x\ 10^{-3}\ [kg\ m^2]$

Diferencia Relativa entre el valor teórico y experimental de la pendiente:

$$\% \, Dif.Rel. = \left| \frac{Valor_{Teórico} - \ Valor_{Experimental}}{Valor_{Teórico}} \right| * 100$$

$$\% \, Dif.Rel. = \left| \frac{2.7 - \ 2.8}{2.7} \right| * 100$$

$$\% \, Dif.Rel. = |-0.037| * 100$$

$$\% \, Dif.Rel. = 3.70\%$$

CÁLCULO GENERAL

Cálculo del valor teórico y experimental de la aceleración angular (α) y su variación porcentual:

Aceleración teórica:

$$ai = \frac{MigR_3R_1}{MgR_3R_1 + (I_1 + I_2)\frac{R_3}{R_1} + I_3\frac{R_1}{R_3}}$$

Aceleración experimental:

$$\mathrm{a}_{\mathrm{exp}} = \alpha_n R_2$$

$I_1 = \frac{1}{2}m_1r_1^2 = 1.9\ x\ 10^{-6}[kgm^2]$

$I_2 = \frac{1}{2}m_2r_2^2 = 2.7\ x\ 10^{-3}[kgm^2]$

$I_3 = \frac{1}{2}m_3{r_3}^2 = 1.7\ x\ 10^{-6}[kgm^2]$

	A (m/s²) Teórica	A (m/s²) Experimental	Variación (%)
M1	0.0250		**13,41%**
M2	$1.765\ x\ 10^{-3}$		**6,63%**
M3	$2.521\ x\ 10^{-3}$		**1,43%**
M4	$3.262\ x\ 10^{-3}$		**2,98%**
M5	$4.291\ x\ 10^{-3}$		**0,01%**
M6	$4.672\ x\ 10^{-3}$		**0,59%**
M7	$6.119\ x\ 10^{-3}$		**0,59%**

$$a1 = \frac{(0.01085)(9.8)(0.00014375)}{(0.01085)(9.8)(0.00014375) + (2.7019\ x\ 10^{-3})\ (0.92) + (0.0115)(1.09)}$$

$a1 = 0.0250\ {}^{m}/_{s^2}$

$$a2 = \frac{(0.01885)(9.8)(0.00014375)}{(0.01885)(9.8)(0.00014375) + (2.7019\ x\ 10^{-3})\ (0.92) + (0.0115)(1.09)}$$

$a2 = 1.765\ x\ 10^{-3}\ {}^{m}/_{s^2}$

$$a3 = \frac{(0.02695)(9.8)(0.00014375)}{(0.02695)(9.8)(0.00014375) + (2.7019\ x\ 10^{-3})\ (0.92) + (0.0115)(1.09)}$$

$$a3 = 2.521\ x\ 10^{-3}\ {}^{m}/_{s^2}$$

$$a4 = \frac{(0.03490)(9.8)(0.00014375)}{(0.03490)(9.8)(0.00014375) + (2.7019\ x\ 10^{-3})\ (0.92) + (0.0115)(1.09)}$$

$$a4 = 3.262\ x\ 10^{-3}\ {}^{m}/_{s^2}$$

$$a5 = \frac{(0.04595)(9.8)(0.00014375)}{(0.04595)(9.8)(0.00014375) + (2.7019\ x\ 10^{-3})\ (0.92) + (0.0115)(1.09)}$$

$$a5 = 4.291\ x\ 10^{-3}\ {}^{m}/_{s^2}$$

$$a6 = \frac{(0.05005)(9.8)(0.00014375)}{(0.05005)(9.8)(0.00014375) + (2.7019\ x\ 10^{-3})\ (0.92) + (0.0115)(1.09)}$$

$$a6 = 4.672\ x\ 10^{-3}\ {}^{m}/_{s^2}$$

$$a7 = \frac{(0.06565)(9.8)(0.00014375)}{(0.06565)(9.8)(0.00014375) + (2.7019\ x\ 10^{-3})\ (0.92) + (0.0115)(1.09)}$$

$$a7 = 6.119\ x\ 10^{-3}\ {}^{m}/_{s^2}$$

$$\mathrm{a}_1 = \alpha_1 R_2$$

$$\mathrm{a}_1 = 0.02528\ {}^{m}/_{s^2}$$

$$\mathrm{a}_2 = \alpha_2 R_2$$

$$\mathrm{a}_2 = 0.05688\ {}^{m}/_{s^2}$$

$$\mathrm{a}_3 = \alpha_3 R_2$$

$$\mathrm{a}_3 = 0.077736\ {}^{m}/_{s^2}$$

$$\mathrm{a}_4 = \alpha_4 R_2$$

$$\mathrm{a}_4 = 0.102384\ {}^{m}/_{s^2}$$

DISCUSIÓN:

Análisis de la Práctica

Aplicando nuestros conceptos previos de dinámica a sólidos rígidos que rotan no fue tan complicado determinar las relaciones entre nuestras variables para la única gráfica que presentamos en este reporte solamente aplicamos la ecuación fundamental del movimiento de dinámica rotacional.

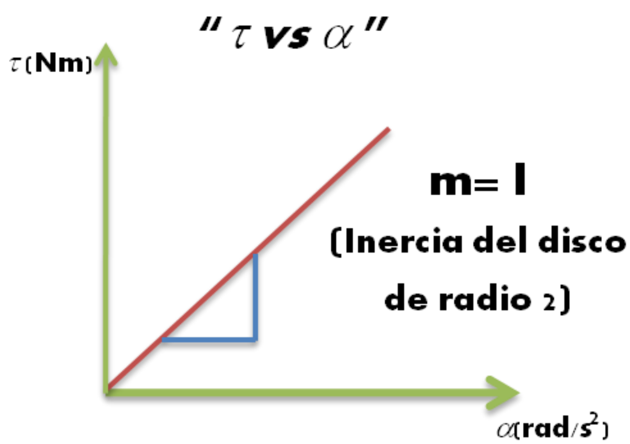
Al conocer la ecuación antes mencionada pudimos darnos cuenta que la aceleración angular era proporcional al torque como en la experiencia de la Segunda Ley de Newton; de la misma forma era preciso notar que la gráfica que obtendríamos sería una recta.

En la misma, la pendiente sería la Inercia del cuerpo o cuerpos que se hallasen rotando, en este caso, solo el disco de radio pequeño y que de esta forma se puede comprobar con la ecuación Y= mx+b que no existe intercepto.

También que la aceleración y el torque se comportarán igual frente a las mismas condiciones, es decir, si aumentó la aceleración angular fue porque aumentó la fuerza con la que se produjo el torque o disminuyó el brazo de palanca en dicho cuerpo y viceversa.

Fue interesante no perder de vista uno de los objetivos de toda práctica, cometer el menor porcentaje de error al realizar las mediciones, para este caso en particular tuvimos un error 3.7% lo cual es aceptable para el rango preestablecido entre 0 y 10 %.

Todo indica que escogimos el mejor ajuste lineal al momento de graficar nuestros datos experimentales, de esta manera se descartaron los datos 1,4,6 y 7 debido a su perpendicularidad lejana con respecto a la curva suavizada.



CONCLUSIÓN:

- ✓ **Se logró hallar el valor experimental y teórico de la aceleración angular para diferentes masas hallando y calculando los torques y la inercia respectiva, mediante la ecuación deducida a partir de la frecuencia de rotación se pudieron calcular los 7 valores diferentes de la aceleración angular directamente.**

- ✓ **Se comprobó una relación lineal entre la aceleración angular y el torque por lo que en la gráfica realizada la pendiente resultó ser la inercia del disco de radio pequeño.**

BIBLIOGRAFÍA:

Recursos Web:

- http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/solido/volantemotor.html
- http://www.monografias.com/trabajos35/momentos-inercia/momentos-inercia.shtml
- http://es.wikipedia.org/wiki/Velocidad_angular
- http://es.wikipedia.org/wiki/Aceleración_angular
- http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Angular_frequency

Textos Consultados:

- Guía de Laboratorio de Física A, Escuela Superior Politécnica del Litoral, ICF, 2005.
- Biblioteca de Consulta Microsoft ® Encarta ® 2005. © 1993-2004 Microsoft Corporation.
- Halliday D., R. Resnick. 1989. Fundamentos de física: versión ampliada. Editorial Continental, S.A. México DF. 1000p.

Diagrama V DE GOWIN:

DOMINIO CONCEPTUAL

FILOSOFÍA:

En la vida cotidiana nosotros, todos los seres humanos, nos convertimos en ejemplos vivientes de la dinámica rotacional ya que nosotros sin darnos cuenta nos movemos conjuntamente con la Tierra se mueve sobre su eje.

TEORÍAS:

Para esta práctica debemos manejar muy bien el concepto de dinámica rotacional debido a que todo cuerpo que experimenta un movimiento con estas características está siendo influido por una fuerza externa, mejor conocida como torque, torca o momento de fuerza.

PRINCIPIOS Y LEYES:

- Ecuación de Dinámica Rotacional
- Segunda Ley de Newton aplicada al movimiento de rotación.
- Dinámica Traslacional (DCL)

CONCEPTOS CLAVES:

- Torque
- Momento de Inercia
- Velocidad Angular
- Aceleración Angular
- PALABRAS AUXILIARES:
- LEY DE PROPORCIONALIDAD (MATEMÁTICA)

PREGUNTAS CENTRALES:

¿ Cómo determinar el momento de inercia de un cuerpo rígido que rota sobre un eje que atraviesa su centro de masa?

¿Cómo determinar el valor de la aceleración angular de manera experimental?

DOMINIO METODOLÓGICO

AFIRMACIONES DE VALOR:

Comparando los valores obtenidos teóricamente con los obtenidos, graficando y de manera experimental, pudimos notar que la inercia calculada por nosotros es muy cercana a la obtenida de la fórmula del momento de inercia del disco. La obtenida por nosotros fue de 2.8×10^{-6} frente al valor teórico de 2.7×10^{-6} esto evidenció un error del 3.7 % aceptable dentro del rango de error permitido (0-10%).

AFIRMACIONES DE CONOCIMIENTO:

En gráfica **τ vs. α** la pendiente experimental obtenida fue de 2.8×10^{-6} . En este caso la pendiente representa el momento de inercia de un disco de radio pequeño que gira en torno a un eje que pasa por su centro de masa. ¡La aceleración angular es proporcional al torque!

TRANSFORMACIONES:

Gráfica τ vs. α (Recta)

Torques $\tau = (\tau \pm \delta\tau)$ Nm

Aceleraciones $\alpha = (\alpha \pm \delta\alpha)$ rad/ s^2

REGISTROS:

Masas $M = (M \pm \delta M)$ kg

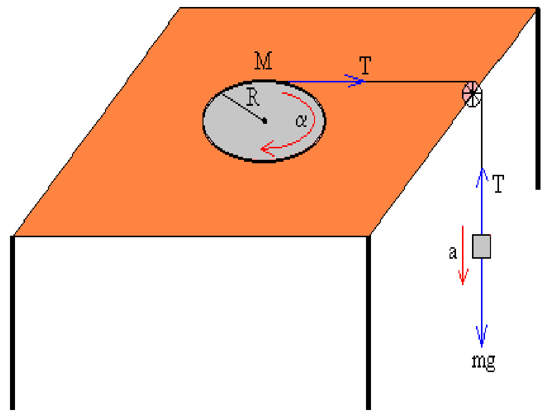
Radios $R = (R \pm \delta R)$ m

Inercias $I = (I \pm \delta I)$ kgm^2

Lecturas $N = (N \pm \delta N)$

ACONTECIMIENTOS:

Experimentación relacionada con Dinámica Rotacional en el Laboratorio.



ANEXOS:

BORRADOR DE LA PRÁCTICA

ANEXOS:

GRÁFICOS DE LA PRÁCTICA