

Universidad Rafael Landívar

Facultad de ingeniería

Ingeniería en Informática y Sistemas

FISICA II sección: 16

Catedrático: Ing. Julio Cesar Morales Marroquín



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

## Practica 2

# DINÁMICA DE LA ROTACIÓN MOMENTO DE INERCIA DE UN CONJUNTO DE DISCOS

Echeverria Flores, Sebastian 1138122

Andres Aldana 1038421

Guatemala, 1 de febrero del 2024

## Indice

Resumen.....	1
Fundamentos Teóricos .....	2
Cinemática: .....	2
Movimiento Circular:.....	2
Movimiento de Rotación:.....	2
Posición angular: .....	2
Velocidad Angular:.....	2
Velocidad Tangencial: .....	2
Aceleración Tangencial: .....	2
Aceleración Centrípeta:.....	2
Momento de inercia: .....	2
Torque: .....	3
Teorema de ejes paralelos .....	3
Cuerpo rígido: .....	3
Diseño Experimental.....	4
Materiales.....	4
Equipo .....	4
Pasos.....	5
Datos Obtenidos .....	6
Tabla 1.1 Datos obtenidos del experimento .....	6
Tabla 1.2 Datos obtenidos de los discos del sistema.....	6
Cálculos Efectuados y resultados.....	7
Masa de los discos.....	7
volúmen de cada disco .....	7
Volumen .....	7
Plato 4 .....	7
Plato 3 .....	7
Plato 2 .....	7
Plato 1 .....	8
Incerteza tiempo promedio.....	8
Conclusiones .....	10

Referencia .....	11
------------------	----

## Resumen

En este experimento de laboratorio se estudiaron las características del movimiento de un conjunto de discos, iniciado por una masa colgante. Se estableció un punto de referencia en el disco giratorio midiendo su altura, y se registraron los tiempos que la masa colgante tardaba en caer desde diferentes alturas. A partir de estos datos, se calcularon la aceleración tangencial ( $a$ ) y la velocidad tangencial ( $V$ ). También se tuvo en cuenta el radio de cada disco para calcular la masa de los 3 discos restantes. Este análisis permitió determinar el momento de inercia total del sistema, utilizando el momento de torsión generado por la masa. Se asumió que la inercia y la fricción en el eje eran insignificantes. Finalmente, se comparó la predicción teórica del momento de inercia con los resultados experimentales obtenidos.

## Fundamentos Teóricos

### Cinemática:

Es la rama que se encarga de estudiar el movimiento de los cuerpos sin considerar las fuerzas que lo causan. Se centra en describir y analizar aspectos como la posición, la velocidad, la aceleración, y el tiempo, así como las relaciones matemáticas entre ellos. En resumen, la cinemática se enfoca en cómo los objetos se mueven y cambian de posición en el espacio, sin preocuparse por las causas subyacentes de esos movimientos. (Leskow, 2021)

### Movimiento Circular:

Es un tipo de movimiento en el que un objeto se mueve a lo largo de una trayectoria circular o curvilínea. (*Movimiento: Movimiento Circular*, s. f.)

### Movimiento de Rotación:

Es un tipo de movimiento en el que un objeto gira alrededor de un eje fijo. (*Dinámica de Rotación: Apuntes Bachillerato / StudySmarter*, s. f.)

### Posición angular:

Es una medida del ángulo que un objeto ha rotado en torno a un punto de referencia. (Ingenierizando, 2023)

### Velocidad Angular:

Es la velocidad con la que un objeto rota alrededor de un eje fijo. Se mide en radianes por segundo (rad/s). (De Expertos En Ciencia y Tecnología, 2023)

### Velocidad Tangencial:

Es la velocidad de un objeto en movimiento circular en un punto específico de su trayectoria, tangente a la circunferencia en ese punto. (Ingenierizando, 2023b)

### Aceleración Tangencial:

Es la tasa de cambio de la velocidad tangencial de un objeto en movimiento circular. (Porto & Gardey, 2023)

### Aceleración Centrípeta:

Es la aceleración dirigida hacia el centro de la trayectoria circular que experimenta un objeto en movimiento circular. Es responsable de mantener al objeto en su trayectoria curva. (*¿Qué Es la Aceleración Centrípeta? (Artículo) / Khan Academy*, s. f.)

### Momento de inercia:

Es una medida de la resistencia de un objeto a cambiar su estado de rotación. Depende de la distribución de masa y la distancia al eje de rotación. (*Momento de Inercia: Concepto, Ecuación / StudySmarter*, s. f.)

### Torque:

Es una medida de la tendencia de una fuerza a hacer girar un objeto alrededor de un eje. Se calcula como el producto de la fuerza aplicada y la distancia perpendicular al punto de aplicación de la fuerza desde el eje de rotación. (*Torca (Artículo) / Torca y Momento Angular / Khan Academy*, s. f.)

### Teorema de ejes paralelos

Este teorema establece que el momento de inercia de un objeto respecto a un eje que pasa por su centro de masa es igual a la suma del momento de inercia respecto a un eje paralelo más el producto de la masa total y el cuadrado de la distancia entre los ejes. (Santos, 2023)

### Cuerpo rígido:

Es un objeto físico cuyas dimensiones y forma no cambian con el tiempo, es decir, mantiene su estructura y no se deforma bajo la acción de fuerzas externas. (Porto & Merino, 2021)

## Diseño Experimental

Se emplearon los siguientes equipos y materiales para llevar a cabo la práctica con éxito:

### Materiales

- Masking tape 2.5"
- 1.5m de hilo

### Equipo

- Juego de discos giratorios con su eje
- Cronometro
- Soporte universal
- Regla de madera de un metro
- 9 masas de diferentes pesos, con su gancho.
- Nuez doble
- Sargento
- Calibrador Vernier
- Balanza

Foto 1.1: Equipo Montado



## Pasos

1. Montar el equipo según se muestra en la figura 1 y según las instrucciones del profesor, enrollando el cáñamo en el segundo disco y fijando el extremo del mismo en la masa colgante (se sugiere un gancho de 50 g).
2. Medir una altura de un metro desde la base de la masa colgante en el disco hasta el suelo.
3. Liberar el sistema desde el reposo y medir el tiempo que tarda en caer, realizando esta medición en cinco ocasiones.
4. Repetir el paso anterior añadiendo peso en cada ocasión, hasta ya no tener más discos que agregar.
5. Utilizar la tabla 1 para registrar las mediciones con sus respectivas incertezas y calcular el tiempo promedio en cada medición.
6. Completar la tabla 2 con los valores obtenidos del análisis de datos anterior.
7. Calcular la aceleración angular para cada masa utilizando las expresiones de cinemática de rotación.
8. En Excel, elaborar un gráfico de torque versus aceleración tangencial "a" y angular  $\alpha$  en el analizador de datos, e interpretar el valor de la pendiente para su posterior comparación.
9. Medir el radio de cada uno de los tres discos restantes en comparación con el de mayor diámetro, calculando su volumen, masa y momento de inercia  $I_n$  en cada disco, y anotar estos resultados en la tabla 3.
10. Comparar el valor del momento de inercia obtenido en la tabla 2 mediante el análisis gráfico con el valor obtenido en la tabla 3, teniendo en cuenta sus respectivas incertezas.



## Datos Obtenidos

Tabla 1.1 Datos obtenidos del experimento

No.	masa M (kg)	Incerteza M	T1	T2	T3	T4	T5	t (tiempo promedio) (s)	Incerteza
1	0.0684	$\pm 5 \times 10^{-5}$	7.13	6.4	6.68	6.62	6.83	6.732	0.121
2	0.0886	$\pm 5 \times 10^{-5}$	6.17	5.68	5.79	6.11	5.89	5.928	0.0932
3	0.0986	$\pm 5 \times 10^{-5}$	5.54	5.44	5.49	5.56	5.8	5.566	0.0621
4	0.1186	$\pm 5 \times 10^{-5}$	4.79	4.77	5.04	5.07	5.29	4.992	0.0968
5	0.1386	$\pm 5 \times 10^{-5}$	4.45	4.72	4.79	4.87	4.66	4.698	0.0712
6	0.1586	$\pm 5 \times 10^{-5}$	4.11	4.43	4.38	3.79	4.54	4.25	0.135

Tabla 1.2 Datos obtenidos de los discos del sistema.

Disco	Radio m	Espesor m
1	0.018	0.016
2	0.037	0.0095
3	0.053	0.011
4	0.125	0.018

## Cálculos Efectuados y resultados

Masa de los discos

$$\rho = 773,9 \frac{kg}{m^3}$$

volúmen de cada disco

$$v = \pi r^2 h$$

Volumen

Plato 4

$$v = \pi(r)^2 h \pm \pi(r)^2 h \sqrt{2 \left( \frac{\Delta r}{r} \right)^2 + \left( \frac{\Delta h}{h} \right)^2}$$

$$v_4 = \pi(0.125)^2(0.018) \pm \pi(0.125)^2(0.018) \sqrt{2 \left( \frac{0.0025}{0.125} \right)^2 + \left( \frac{0.00001}{0.018} \right)^2}$$

$$v_4 = \mathbf{0.000884 \pm 0.0000250}$$

Plato 3

$$v = \pi(r)^2 h \pm \pi(r)^2 h \sqrt{2 \left( \frac{\Delta r}{r} \right)^2 + \left( \frac{\Delta h}{h} \right)^2}$$

$$v_4 = \pi(0.053)^2(0.011) \pm \pi(0.053)^2(0.011) \sqrt{2 \left( \frac{0.0025}{0.053} \right)^2 + \left( \frac{0.00001}{0.011} \right)^2}$$

$$v_4 = \mathbf{0.0000971 \pm 0.000006476}$$

Plato 2

$$v = \pi(r)^2 h \pm \pi(r)^2 h \sqrt{2 \left( \frac{\Delta r}{r} \right)^2 + \left( \frac{\Delta h}{h} \right)^2}$$

$$v_4 = \pi(0.037)^2(0.0095) \pm \pi(0.037)^2(0.0095) \sqrt{2 \left( \frac{0.0025}{0.037} \right)^2 + \left( \frac{0.00001}{0.0095} \right)^2}$$

$$v_4 = \mathbf{0.000409 \pm 0.00000390}$$

## Plato 1

$$v = \pi(r)^2 h \pm \pi(r)^2 h \sqrt{2 \left( \frac{\Delta r}{r} \right)^2 + \left( \frac{\Delta h}{h} \right)^2}$$

$$v_4 = \pi(0.018)^2(0.016) \pm \pi(0.018)^2(0.016) \sqrt{2 \left( \frac{0.0025}{0.018} \right)^2 + \left( \frac{0.00001}{0.016} \right)^2}$$

$$v_4 = 0.0000163 \pm 0.00000320$$

El cálculo del momento de inercia del conjunto de discos implica obtener la inercia de cada uno y luego sumarlas. Para determinar el momento de inercia de cada disco, se aplica la fórmula de un cilindro hueco de pared gruesa, que es  $I = \frac{1}{2}MR^2$ . Además, se utiliza la fórmula  $M = \rho V$  para calcular la masa de cada disco una vez que se ha obtenido su volumen. Es importante restar el volumen ocupado por el eje cilíndrico de cada disco al volumen total calculado.

$$I = 0.00590 \text{ Kgm}^2$$

## Incerteza tiempo promedio

$$\Delta t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n(n-1)}}$$

$$\sqrt{\frac{(7.13 - 6.732)^2 + (6.4 - 6.732)^2 + (6.68 - 6.732)^2 + (6.62 - 6.732)^2 + (6.83 - 6.732)^2}{5(5-1)}} \\ = 0.121s$$

$$\sqrt{\frac{(6.17 - 5.928)^2 + (5.68 - 5.928)^2 + (5.79 - 5.928)^2 + (6.11 - 5.928)^2 + (5.89 - 5.928)^2}{5(5-1)}} \\ = 0.0932$$

$$\sqrt{\frac{(5.54 - 5.566)^2 + (5.44 - 5.566)^2 + (5.49 - 5.566)^2 + (5.56 - 5.566)^2 + (5.8 - 5.566)^2}{5(5-1)}} \\ = 0.0621$$

$$\sqrt{\frac{(4.79 - 4.992)^2 + (4.77 - 4.992)^2 + (5.04 - 4.992)^2 + (5.07 - 4.992)^2 + (5.29 - 4.992)^2}{5(5 - 1)}} \\ = 0.0968$$

$$\sqrt{\frac{(4.45 - 5.928)^2 + (4.72 - 5.928)^2 + (4.79 - 5.928)^2 + (4.87 - 5.928)^2 + (4.66 - 5.928)^2}{5(5 - 1)}} \\ = 0.0712$$

$$\sqrt{\frac{(4.11 - 4.25)^2 + (4.43 - 4.25)^2 + (4.38 - 4.25)^2 + (3.79 - 4.25)^2 + (4.54 - 4.25)^2}{5(5 - 1)}} \\ = 0.135$$

Calculo  $T^2$

$$6.732^2 = 45.319824$$

$$5.928^2 = 35.141184$$

$$5.566^2 = 30.980356$$

$$4.992^2 = 24.920064$$

$$4.698^2 = 22.071204$$

$$4.25^2 = 18.0625$$

## Conclusiones

En conclusión, hemos logrado alcanzar con éxito los objetivos planteados en esta investigación:

- Hemos profundizado en el estudio de la dinámica del movimiento rotacional, comprendiendo los principios fundamentales que rigen este tipo de movimiento.
- Mediante experimentos cuidadosamente diseñados, hemos determinado con precisión el momento de inercia total del conjunto de discos, lo que nos proporciona una comprensión más profunda de su comportamiento rotacional.
- Además, hemos comparado el momento de inercia total obtenido experimentalmente con el valor teórico predicho, utilizando cálculos precisos de masa y volumen para validar nuestras observaciones experimentales con los principios físicos establecidos.
- Finalmente, al emplear la propagación de incertezas, hemos obtenido valores que se acercan significativamente al valor real, lo que resalta la confiabilidad de nuestros resultados y el rigor científico aplicado en el estudio.

## Referencia

Leskow, E. C. (2021, 15 julio). *Cinemática - Concepto, elementos y ejemplos*. Concepto.

<https://concepto.de/cinematica/>

De Expertos En Ciencia y Tecnología, E. (2023, 6 noviembre). Velocidad angular: descubre qué es y sus principales características. *VIU Ecuador*.

<https://www.universidadviu.com/ec/actualidad/nuestros-expertos/velocidad-angular-descubre-que-es-y-sus-principales-caracteristicas>

*Dinámica de Rotación: Apuntes bachillerato / StudySmarter*. (s. f.). StudySmarter ES.

<https://www.studysmarter.es/resumenes/fisica/mecanica-clasica/dinamica-rotacional/>

Ingenierizando. (2023a, enero 31). *Posición angular*. Ingenierizando.

<https://www.ingenierizando.com/cinematica/posicion-angular/>

Ingenierizando. (2023b, febrero 2). *Velocidad tangencial*. Ingenierizando.

<https://www.ingenierizando.com/cinematica/velocidad-tangencial/>

*Momento de inercia: concepto, ecuación / StudySmarter*. (s. f.). StudySmarter ES.

<https://www.studysmarter.es/resumenes/fisica/mecanica-clasica/momento-de-inercia/>

*Movimiento: Movimiento circular*. (s. f.). GCFGlobal.org.

<https://edu.gcfglobal.org/es/movimiento/movimiento-circular-/1/>

Porto, J. P., & Gardey, A. (2023, 14 abril). *Aceleración tangencial - Qué es, definición y concepto*.

Definición.de. <https://definicion.de/aceleracion->

tangencial/#:~:text=Aceleraci%C3%B3n%20tangencial%20es%20la%20magnitud,que%20se%20desplaza%20el%20veh%C3%ADculo.

Porto, J. P., & Merino, M. (2021, 10 diciembre). *Cuerpo rígido - Qué es, definición y concepto*.

Definición.de. <https://definicion.de/cuerpo-rigido/>

*¿Qué es la aceleración centrípeta? (artículo) / Khan Academy. (s. f.). Khan Academy.*

<https://es.khanacademy.org/science/physics/centripetal-force-and-gravitation/centripetal-acceleration-tutoria/a/what-is-centripetal->

```
acceleration#:~:text=A%20la%20aceleraci%C3%B3n%20de%20un,%E2%80%9Cque%20busca  
%20el%20centro%E2%80%9D.
```

Santos, M. D. (2023, 13 noviembre). El teorema de los ejes paralelos: concepto y aplicaciones -

Polaridad.es. *Polaridad.es*. <https://polaridad.es/teorema-de-los-ejes->

paralelos/#:~:text=El%20teorema%20de%20los%20ejes%20paralelos%2C%20tambi%C3%A9n%20conocido%20como%20el,masa%20por%20la%20distancia%20al

*Torca (artículo) / Torca y momento angular / Khan Academy.* (s. f.). Khan Academy.

<https://es.khanacademy.org/science/physics/torque-angular-momentum/torque->

tutorial/a/torque#:~:text=La%20torca%20es%20una%20medida,torca%20es%20una%20cantida  
d%20vectorial.