

# Departamento de Ciencias Básicas

## Coordinación de Laboratorios

ÁREA  
**FÍSICA**  
**MOMENTO DE INERCIA**

ASIGNATURA  
**MECÁNICA Y  
LABORATORIO**  
**Corte 03**

CÓDIGO  
**CB03005**

2 MARCO TEÓRICO

## Momento de inercia

### 1. Objetivos

#### 1.1. General

Calcular el momento de inercia de un sistema disco-tambor a partir de las leyes de Newton y determinarlo mediante la verificación experimental.

#### 1.2. Específicos

- Aplicar las tres leyes de Newton a un sistema que tiene la posibilidad de rotar y trasladarse.
- Calcular la aceleración de un sistema de cuerpos y poleas y usarla para predecir la distancia recorrida por un cuerpo que parte desde el reposo.
- Entender cómo la distribución de masa de un cuerpo y la ubicación del eje de rotación influyen en la rotación del objeto.
- Relacionar el concepto de aceleración angular con el de aceleración lineal.
- Calcular la tensión de una cuerda que une dos bloques por medio de una polea y ver cómo esta depende de las propiedades de los bloques.

### 2. Marco teórico

Para proceder con el laboratorio, por favor revise la bibliografía y responda las preguntas que se muestran abajo. Se recomienda al lector consultar las siguientes referencias: Serway y Jewett, 2018, Cap. 10. También puede visualizar los siguientes videos: Video 1 y Video 2. Las preguntas a continuación tienen como propósito ayudarle a entender los conceptos de la práctica que será realizada.

1. En el sistema mostrado, una cuerda sin masa se enrolla a un tambor, que está fijado a un disco. Por medio de una polea ideal, se cuelga un objeto de masa  $m$ ; una vez se suelte, el objeto cae y recorre una altura  $h$  (ver figura 1).



# Departamento de Ciencias Básicas

## Coordinación de Laboratorios

ÁREA  
FÍSICA

MOMENTO DE INERCIA

ASIGNATURA  
MECÁNICA Y  
LABORATORIO  
Corte 03

CÓDIGO  
CB03005

2 MARCO TEÓRICO

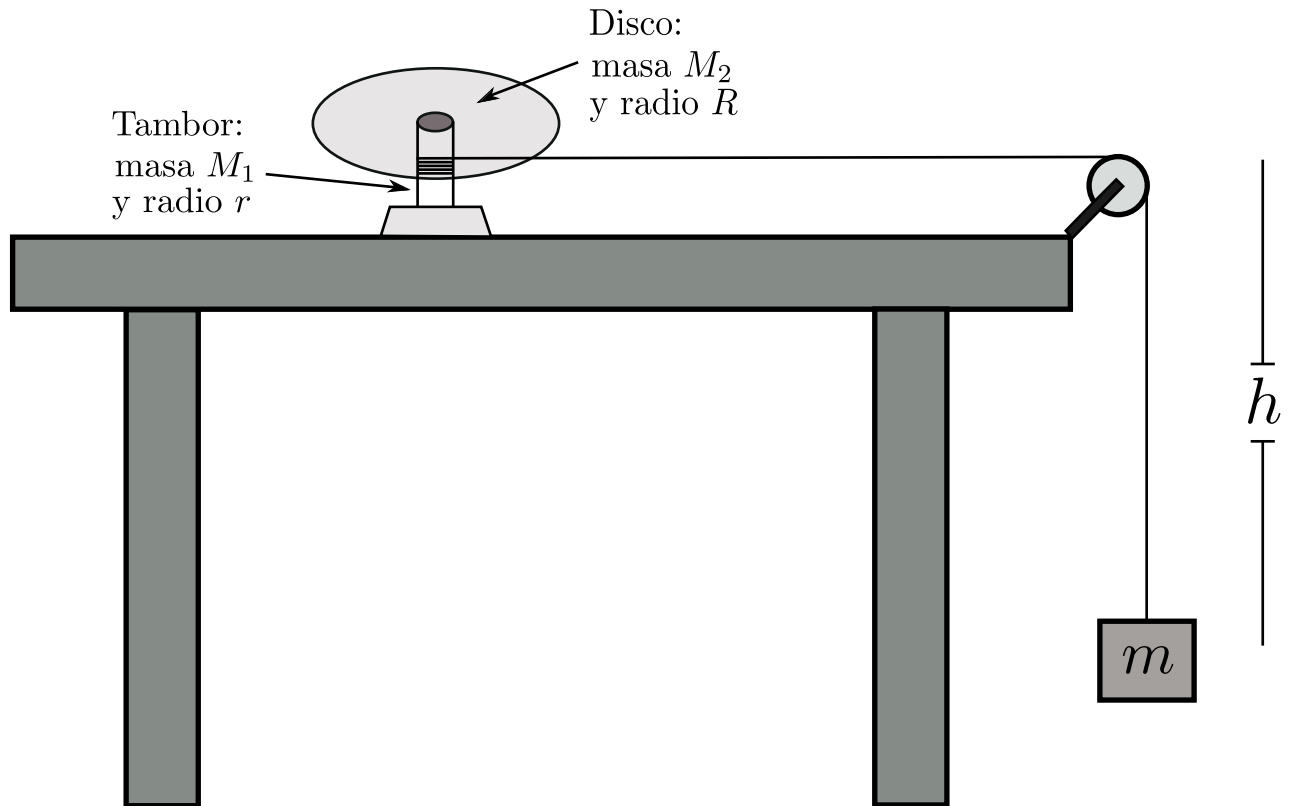
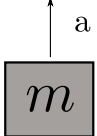
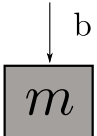
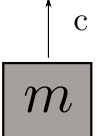
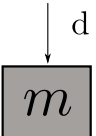


Figura 1: Sistema con masas y disco-tambor conectado por medio de una polea usado para el procedimiento 1.

El diagrama de cuerpo libre asociado a la masa que cuelga, con su respectiva ecuación de movimiento encontrada tras aplicar la segunda ley de Newton, es (escoja entre las opciones de abajo,  $T$  representa la tensión de la cuerda, deduzca las flechas en los diagramas qué fuerzas representan):

			
$T - mg = -ma$	$T + mg = ma$	$T - mg = ma$	$T + mg = -ma$

- a) Dibujo a.
- b) Dibujo b.
- c) Dibujo c.
- d) Dibujo d.



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
de Colombia



# Departamento de Ciencias Básicas

## Coordinación de Laboratorios

ÁREA

FÍSICA

MOMENTO DE INERCIA

ASIGNATURA

MECÁNICA Y  
LABORATORIO

Corte 03

CÓDIGO

CB03005

2 MARCO TEÓRICO

2. Con base en la pregunta anterior, tras realizar un diagrama de cuerpo libre sobre el sistema disco-tambor, en el cual estudiamos sus torques, la segunda ley de Newton predice que ( $I$  es el momento de inercia del sistema disco-tambor y  $\alpha$  es la aceleración angular con la cual rota este sistema):

- a)  $TR = I\alpha$ .
- b)  $Tr = I\alpha$ .
- c)  $(M_1 + M_2)gR = I\alpha$ .
- d)  $(M_1 + M_2)gr = I\alpha$ .

3. Suponga que el bloque de masa  $m$  del sistema mostrado recorre una distancia  $h$ , a partir del reposo. Si este baja con una aceleración constante  $a$ , la ecuación que relaciona la altura, la aceleración y el tiempo  $t$  que demora el bloque en caer es:

- a)  $a = g$ .
- b)  $a = \frac{2h}{t^2}$ .
- c)  $a = \frac{ht^2}{2}$ .
- d)  $a = \sqrt{\frac{2h}{t^2}}$ .

4. Suponga que usted tiene una ecuación de la forma  $vA = uB$ , donde  $u$  es una variable independiente,  $v$  una variable dependiente y  $A$  y  $B$  son constantes. Ahora, usted grafica  $v$  en términos de  $u$  y realiza una regresión lineal. Usted puede concluir que la pendiente y el punto de corte de su modelo lineal son, respectivamente:

- a)  $\frac{B}{A}$  ; 0.
- b)  $B$  ;  $A$ .
- c)  $B$  ;  $-A$ .
- d)  $-\frac{A}{B}$  ; 0.

5. Un disco sólido y un tambor sólido en forma cilíndrica están unidos y forman el objeto que se muestra en la figura 2.

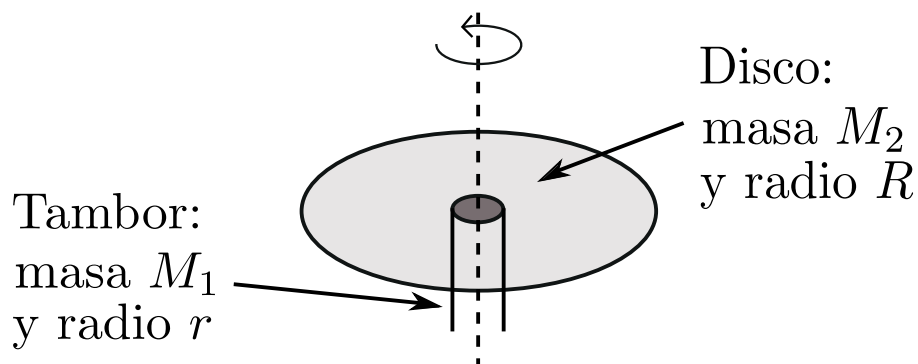


Figura 2: Sistema disco-tambor.



# Departamento de Ciencias Básicas

## Coordinación de Laboratorios

ÁREA  
**FÍSICA**  
**MOMENTO DE INERCIA**

ASIGNATURA  
**MECÁNICA Y  
LABORATORIO**  
**Corte 03**

CÓDIGO  
**CB03005**

### 3 PROCEDIMIENTO

La línea punteada muestra el eje de rotación del sistema, que claramente pasa por el centro de masa de cada objeto. En este experimento, la tensión de la cuerda es la fuerza encargada de generar el torque que hace rotar el disco y el tambor. El momento de inercia de este sistema es:

a)  $I = M_1 r^2 + M_2 R^2$ .

b)  $I = M_1 R^2 + M_2 r^2$ .

c)  $I = \frac{1}{2} M_1 r^2 + \frac{1}{2} M_2 R^2$ .

d)  $I = \frac{1}{2} M_1 R^2 + \frac{1}{2} M_2 r^2$ .

6. El sistema disco-tambor, como se ha mencionado, puede rotar debido a la tensión en la cuerda. Note que la cuerda se enrolla al tambor. Por lo tanto, la relación entre la aceleración angular  $\alpha$  y la lineal  $a$  es:

a)  $\alpha = a \cdot R$ .

b)  $\alpha = a \cdot r$ .

c)  $\alpha = a/R$ .

d)  $\alpha = a/r$ .

## 3. Procedimiento

### Materiales:

- Juego de masas.
- Disco metálico.
- Tambor de rotación.
- Polea liviana.
- Cuerda liviana.
- Soporte universal.
- Balanza.
- Regla con guías o calibrador.
- Portapesas.
- Cronómetro (procedimiento 1).
- Fotoceldas (procedimiento 2).
- Interfaz Pasco y cables (procedimientos 2 y 3).
- Sensor ultrasónico de movimiento (procedimiento 3).

El principal objetivo es determinar el momento de inercia del sistema disco-tambor que se ilustra en la figura 1. Hay tres tipos de procedimientos que pueden llevarse a cabo; su profesor le indicará cual debe adoptar. El profesor o el laboratorista le ayudará a usar los sensores, en caso de ser necesario. Para lograrlo siga estos pasos:

1. Mida la masa y el diámetro del disco y del tambor, determine los radios y registre los datos en la tabla 1, con su respectiva incertidumbre.
2. Haga el montaje experimental de acuerdo con el esquema de la figura 1 (procedimiento 1). Para los procedimientos 2 y 3 use los montajes mostrados en las figuras 3 y 4, respectivamente.



Departamento de Ciencias Básicas  
Coordinación de Laboratorios

ÁREA  
FÍSICA

MOMENTO DE INERCIA

ASIGNATURA  
MECÁNICA Y  
LABORATORIO  
Corte 03

CÓDIGO  
CB03005

3 PROCEDIMIENTO

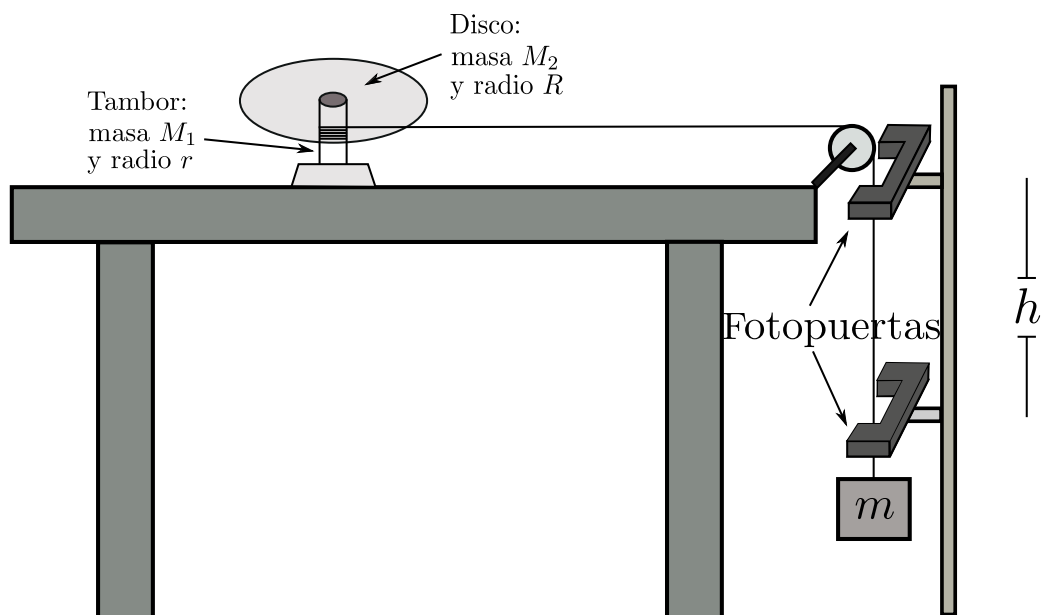


Figura 3: Sistema con masas y disco-tambor conectado por medio de una polea usado para el procedimiento 2.

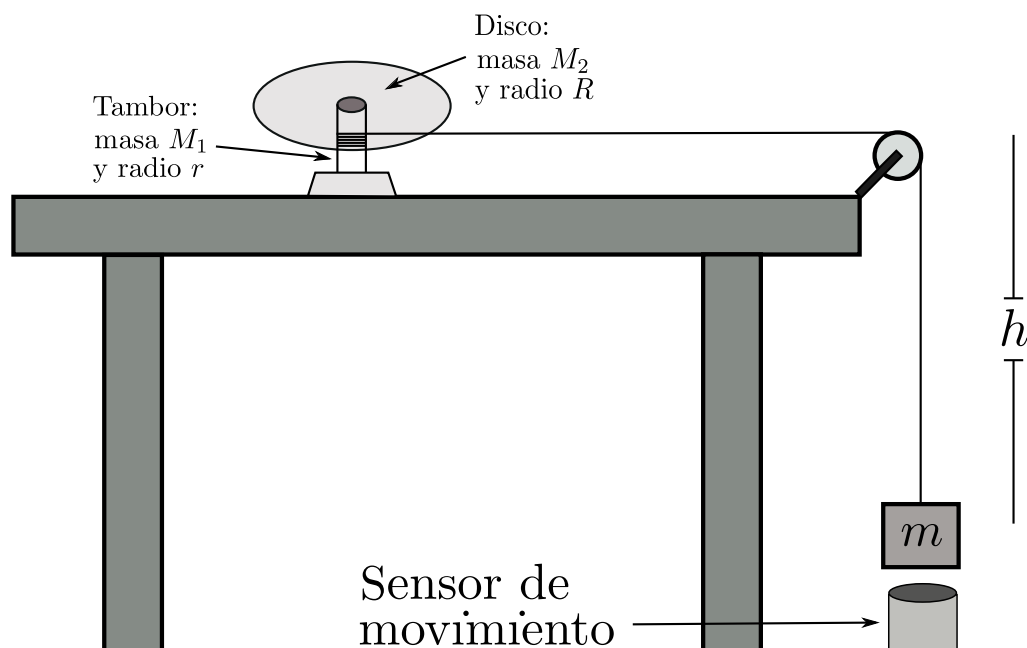


Figura 4: Sistema con masas y disco-tambor conectado por medio de una polea usado para el procedimiento 3.



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
de Colombia



# Departamento de Ciencias Básicas

## Coordinación de Laboratorios

ÁREA  
FÍSICA

ASIGNATURA  
MECÁNICA Y  
LABORATORIO  
Corte 03

CÓDIGO  
CB03005

MOMENTO DE INERCIA

### 3 PROCEDIMIENTO

3. Fije una altura  $h$  en la regla con las guías, la cual será constante durante toda la práctica. Registre este valor, con su incertidumbre, en la tabla 2 (procedimientos 1 y 2) o en la tabla 3 (procedimiento 3). Se sugiere usar una altura entre 80 y 100 cm.
4. Ubique una primera masa en el portapesas. Para el procedimiento 1 cronometre el tiempo tomado por el objeto para recorrer la altura  $h$ , partiendo del reposo. Para el procedimiento 2 registre el tiempo usando las fotoceldas. Para el procedimiento 3, por el contrario, anote la aceleración con la que baja el objeto; esto se hace realizando una regresión lineal para una gráfica de velocidad contra tiempo, seleccionando un intervalo de posición donde el comportamiento es parabólico, como todo movimiento de aceleración constante (ver figura 5 para más indicaciones). Para cada masa, el tiempo debe ser tomado cinco veces, mientras que la aceleración debe ser tomada tres veces, con el fin de tener un valor más exacto al calcular el promedio de cada variable. Los valores deben ser registrados en la tabla 2 o 3, según el procedimiento usado.

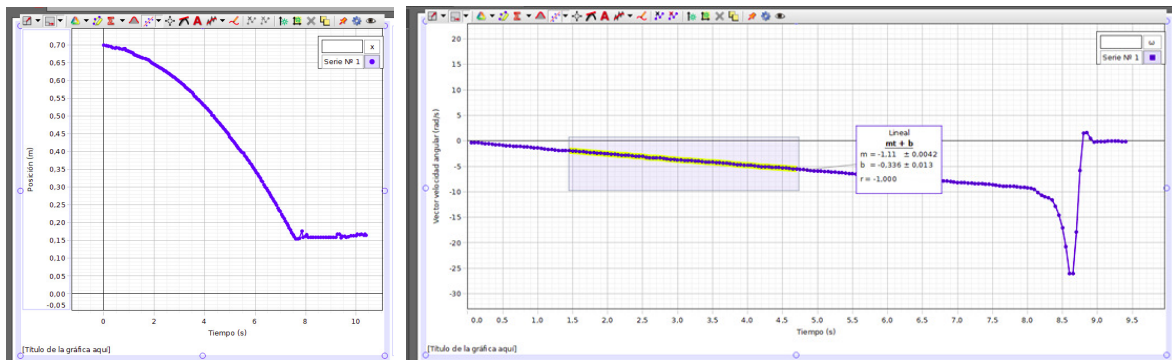


Figura 5: Gráficas obtenidas para la caída del objeto de masa  $m$  usando el sensor de movimiento. Izquierda: gráfica de posición contra tiempo. Note el comportamiento parabólico en el intervalo aproximado de  $0 \leq t \leq 7,5$  s. Derecha: gráfica de velocidad contra tiempo. Se ha seleccionado el intervalo aproximado de  $1,5 \leq t \leq 4,7$  s donde la gráfica se comporta linealmente. En el recuadro blanco se muestra el resultado de la regresión.

5. Repita el proceso anterior para diferentes masas hasta completar la tabla correspondiente.

	Masa (g)	Diámetro (cm)	Radio (cm)
Tambor ( $M_1$ )			
Disco ( $M_2$ )			

Tabla 1: Propiedades del sistema disco-tambor. No olvide incluir las incertidumbres.



# Departamento de Ciencias Básicas

## Coordinación de Laboratorios

ÁREA

FÍSICA

MOMENTO DE INERCIA

ASIGNATURA

MECÁNICA Y  
LABORATORIO

Corte 03

CÓDIGO

CB03005

4 ANÁLISIS

$h$ (cm)	$m$ (kg)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	$t_3$ (s)	$t_4$ (s)	$t_5$ (s)

Tabla 2: Tiempos tomados para que el objeto sobre el portapesas de masa  $m$  recorra una altura  $h$ . No olvide especificar las incertidumbres. Llene esta tabla si siguió el procedimientos 1 o 2, no la complete si siguió el procedimiento 3.

$h$ (cm)	$m$ (kg)	$a_1$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_2$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_3$ (m/s <sup>2</sup> )

Tabla 3: Aceleraciones asociadas al objeto de masa  $m$  sobre el portapesas que recorre una altura  $h$ . No olvide especificar las incertidumbres. Llene esta tabla solo si siguió el procedimiento 3.

## 4. Análisis

Después de llenar las tablas indicadas, analice los datos. Primero que todo calcule el tiempo promedio (o aceleración promedio, según el procedimiento adoptado) para cada uno de los seis conjuntos de datos tomados; consígnelos en la tabla 4. Si siguió el procedimiento 1 o 2 calcule la aceleración promedio usando la ecuación indicada en la pregunta 3 del marco teórico; el tiempo promedio se calcula si siguió el procedimiento 3 (la ecuación de la pregunta 3 del marco teórico también le servirá para esto). En la misma tabla calcule la aceleración lineal  $a$ , la aceleración angular  $\alpha$  y la tensión  $T$  de la cuerda. Use las ecuaciones discutidas en el marco teórico para esto. Calcule el momento de inercia  $I$  para cada valor (en kg·m<sup>2</sup>).



# Departamento de Ciencias Básicas

## Coordinación de Laboratorios

ÁREA

FÍSICA

MOMENTO DE INERCIA

ASIGNATURA

MECÁNICA Y  
LABORATORIO

Corte 03

CÓDIGO

CB03005

4.1 Sección de preguntas

5 CONCLUSIONES

$m$	$t_{prom}$	$a$	$\alpha$	$T$	$I$

Tabla 4: Datos consolidados para el sistema estudiado. No olvide incluir las unidades y las incertidumbres.

Para obtener el momento de inercia del sistema: a) promedie los datos tomados en la tabla 4; b) elabore una gráfica de tensión  $T$  contra aceleración angular  $\alpha$  y deduzca su valor mediante una regresión lineal. Con el valor teórico del momento de inercia (pregunta 5 del marco teórico), determine el error porcentual para cada uno de los dos métodos mencionados. Consigne estos datos en la tabla 5.

$I_a$ (kg·m <sup>2</sup> )	$I_b$ (kg·m <sup>2</sup> )	$I_{teor}$ (kg·m <sup>2</sup> )	$P_{error}^a$	$P_{error}^b$

Tabla 5: Momentos de inercia encontrados por los métodos a) y b), así como su valor teórico y sus respectivos porcentajes de error.

### 4.1. Sección de preguntas

Para complementar su entendimiento de la práctica realizada responda las siguientes preguntas, con base en sus datos y resultados obtenidos:

1. ¿El sistema rota más rápido, si se disminuye el radio del cilindro y se mantiene su masa? Explique.
2. ¿Por qué cree que se pidió tomar varios tiempos para el mismo conjunto de datos y luego promediar?
3. Explique, con base en los datos medidos, cómo se podría calcular la rapidez del bloque cuando este recorre la altura  $h$ .
4. ¿Cambiarían los valores de aceleración si se aumenta la altura y se dejan iguales las masas? Explique.
5. ¿Cómo se relaciona el concepto de momento de inercia con el movimiento que realizan los cuerpos?

## 5. Conclusiones

Esta sección se incluye para que el estudiante redacte sus propias conclusiones sobre el experimento. Con base en sus resultados, comente el éxito de la práctica. ¿Se cumple la teoría? ¿Qué hipótesis se pudieron verificar? ¿Qué resultados no están de acuerdo con lo esperado? Justifique sus respuestas.



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
de Colombia





# Departamento de Ciencias Básicas

## Coordinación de Laboratorios

ÁREA

FÍSICA

MOMENTO DE INERCIA

Bibliografía

ASIGNATURA

MECÁNICA Y  
LABORATORIO

Corte 03

CÓDIGO

CB03005

Bibliografía

## Apéndices

### Torque

El torque o momento de torsión es una cantidad vectorial que se define mediante la fórmula  $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ . La magnitud del vector está dado por la expresión  $\tau = rF \sin \theta$ , siendo  $\theta$  el ángulo formado entre los dos vectores. Para un cuerpo rígido, cuyo momento de inercia es  $I$ , la magnitud del momento de torsión es  $\tau = I\alpha$ , mientras  $\alpha$  es la aceleración angular.

### Momento de inercia

El momento de inercia determina cuánto se opone un cuerpo a ser rotado. Esta cantidad depende de como esté distribuida la masa alrededor de un cuerpo y dónde se encuentra el eje de rotación (el que permite que un cuerpo rote). Su definición es  $I = \sum_j m_j r_j^2$ . Note que las unidades, en el sistema internacional, son  $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ . Una lista de momentos de inercia para distintos objetos, rotados a lo largo de distintos ejes, se encuentra en el siguiente enlace Click me!

### Leyes de Newton

1. Primera ley: un cuerpo seguirá su movimiento de velocidad constante o permanecerá en reposo hasta que una fuerza externa actúe sobre el.
2. Segunda ley: la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo es proporcional a la aceleración del sistema. La constante de proporcionalidad se llama la masa inercial. En otras palabras,  $\sum_j \vec{F}_j = m\vec{a}$ . La segunda ley, en términos de rotación, toma la forma (a lo largo de una dirección específica)  $\sum_j \tau_j = I\alpha$ .
3. Tercera ley: toda fuerza (acción) genera una reacción de igual intensidad, pero en sentido opuesto.

### Porcentaje de error

El porcentaje de error es una medida que trata de cuantificar cuán lejos o cerca está el resultado obtenido en un experimento, en comparación con el valor esperado teóricamente. Un porcentaje de error bajo quiere decir que nuestro resultado es muy similar al esperado; por el contrario, un error alto implica una alta discrepancia entre nuestro resultado y el esperado. Sea  $V_{exp}$  el valor encontrado de la variable  $V$  a partir de un experimento y sea  $V_{teo}$  el valor esperado asociado a la misma variable. El porcentaje de error asociado a la variable  $V$  es:

$$P_{error}(V) = \left| \frac{V_{exp} - V_{teo}}{V_{teo}} \right| 100\% . \quad (1)$$

## Referencias

Coloque acá sus referencias, en formato APA. Al final del documento, se muestran las referencias citadas a lo largo de la guía. Las citas están en formato APA, para que entienda el formato y las adapte a los artículos, libros, u otra fuente de información que quiera citar.

## Bibliografía

Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2018). *Física Para Ciencias e Ingeniería*, ed. 10, Vol 1. Cengage. <https://login.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/login?url=https://www.ebooks7-24.com%2fstage.aspx%3fil%3d%26pg%3d%26ed%3d272>



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
de Colombia

