

Momento de Inercia

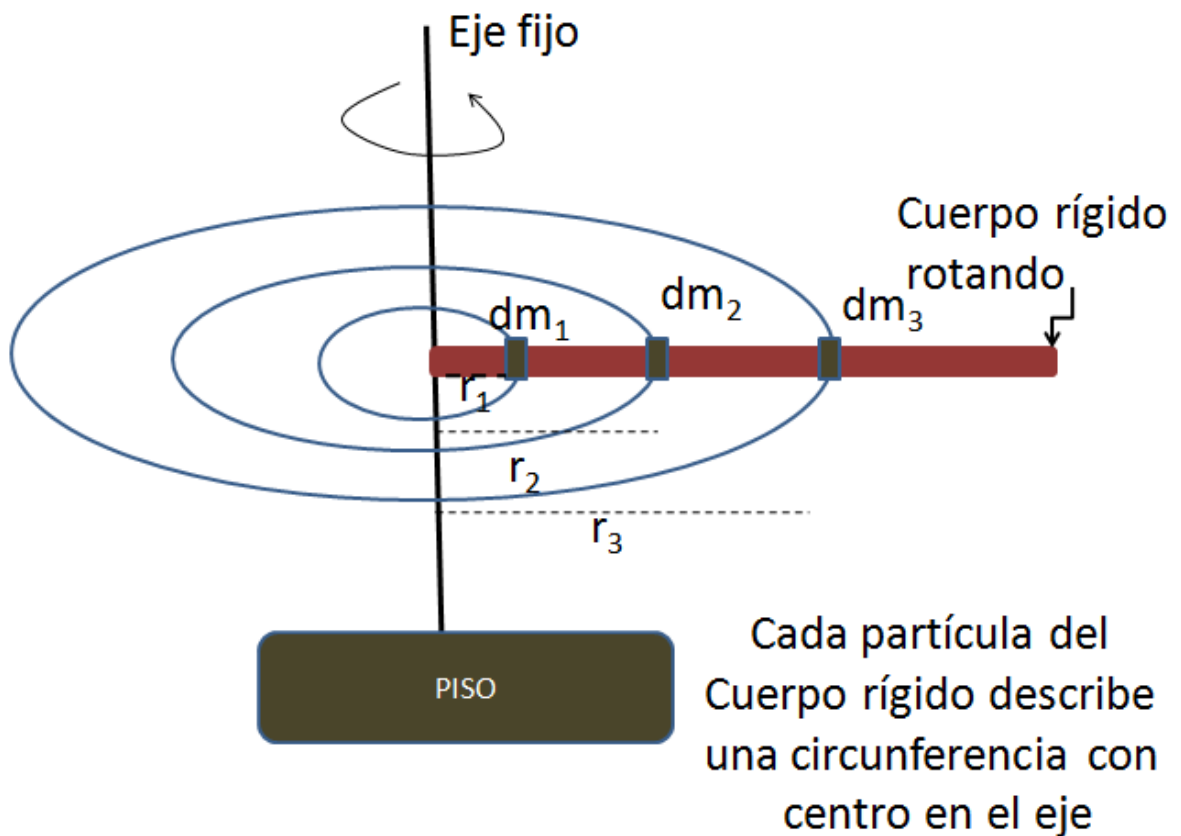
The background features a large, glossy blue sphere in the lower center. From the sphere, numerous curved lines radiate outwards, transitioning from blue on the left to green on the right. The lines have a 3D, ribbed appearance, giving the background a dynamic, sunburst-like effect.

Cuerpo rígido

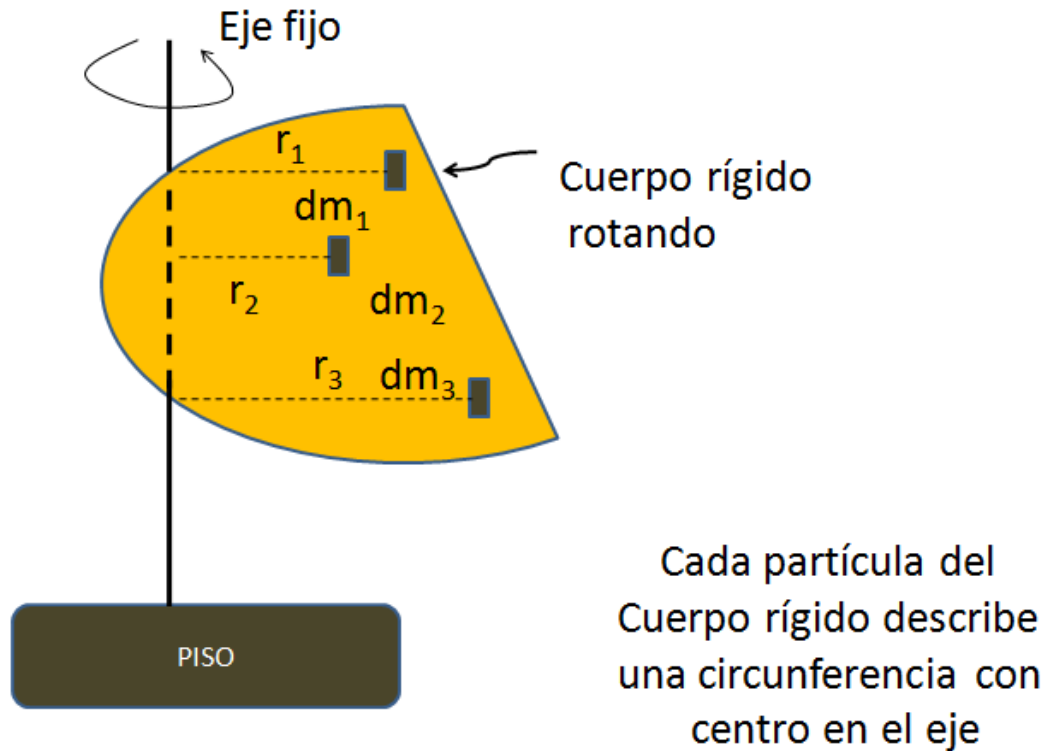
Un cuerpo rígido es un sistema de partículas tal que la distancia entre cualesquiera dos de ellas se mantiene constante. A pesar de que no existen cuerpos que sean estrictamente rígidos, todos los cuerpos pueden ser deformados, sin embargo el modelo del cuerpo rígido es útil en muchos casos en que la deformación es despreciable (puede no ser tomada en cuenta dentro del análisis del sistema referencial).

Por ejemplo cuando un cuerpo rígido describe una circunferencia con respecto a un eje central y que a la vez el eje sea fijo, se tiene una rotación de dicho cuerpo, en donde se cumple que cada parte de dicho cuerpo se mantiene a una distancia constante:

ROTACIÓN DE UN CUERPO RÍGIDO RESPECTO A UN EJE FIJO



ROTACIÓN DE UN CUERPO RÍGIDO RESPECTO A UN EJE FIJO



¿Cómo se inicia el giro de un objeto?

Para que un objeto inicie o modifique su rotación, se requiere de una fuerza que actúe a cierta distancia del eje de giro. La fuerza aplicada para hacer girar un objeto debe ser perpendicular al radio de giro (90°) y proporcionar el empuje necesario para iniciar o modificar la rotación. Cuando una fuerza actúa sobre un objeto, este girará indefinidamente a no ser que actúe otra fuerza que cambie su estado de movimiento rotacional. Esta tendencia a seguir girando corresponde a una inercia de rotación. Entonces un claro ejemplo sucede cuando se apaga un ventilador, las aspas siguen girando cierto tiempo por la inercia de rotación.

¿Cómo influye la masa de un cuerpo en rotación?

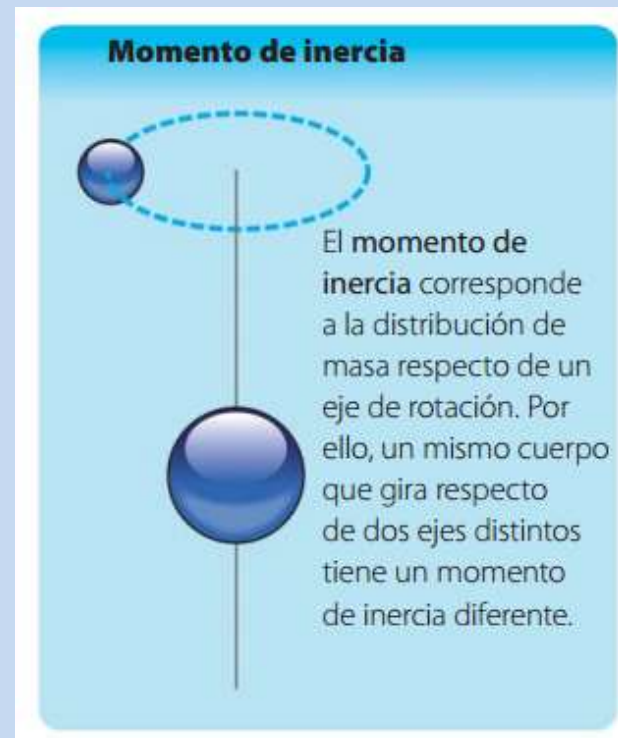
Como ya se ha definido, la inercia de un cuerpo depende de la masa de este, a mayor masa, mayor inercia y a menor masa, menor inercia. Pero la inercia de rotación no depende exclusivamente de la masa del cuerpo, si no que de la distribución de la masa en torno al eje de rotación. Si en un cuerpo la mayoría de la masa está ubicada lejos del eje de rotación, la inercia rotacional será muy alta y costará hacerlo girar o detener su rotación. Por el contrario, si la masa está concentrada cerca del eje de rotación, la inercia será menor y será más fácil hacerlo girar o detener su rotación. La forma en que se distribuye la masa en relación a su radio de giro se conoce como **momento de inercia (I)**.

Momento rotacional o Momento de Inercia

La inercia rotacional es una medida de la oposición que ofrece un cuerpo al cambio de su estado de movimiento rotacional, la cantidad física que la caracteriza se le denomina el momento de Inercia de un cuerpo (I), y esta depende de la masa del cuerpo, de su geometría y la distribución de las masas del mismo como ya se explicó anteriormente.

Una patinadora artística realiza movimientos de rotación elegantes sobre el hielo e incrementa su velocidad angular de rotación al colocar sus manos más cerca de su cuerpo. La inercia rotacional juega un papel importante en este fenómeno.

Cuando se analiza un movimiento trasnacional o rectilíneo se considera a la masa del objeto como una medida de inercia. Por ejemplo, si se aplica la misma fuerza a un camión y luego a un auto, se puede observar que el auto acelera más que el camión.



En este caso, se dice que el auto cambia su estado de movimiento con mayor facilidad ante la fuerza aplicada. En términos técnicos, el auto tiene menos inercia que el camión. Por lo tanto, la masa es una medida de la inercia de un cuerpo y es, en este sentido, una medida de su resistencia al cambio de velocidad.

Así mismo, al hacer que un objeto sólido rote o se mueva en trayectoria curva, se observa una resistencia al cambio del movimiento rotacional. Esta oposición del objeto al cambio de su rotación se conoce como “inercia rotacional” o “momento de inercia” del objeto. Expresado en otras palabras, en el movimiento circular el momento de inercia cumple la misma función que la masa juega en el movimiento rectilíneo.

El momento de inercia se puede encontrar en dos tipos posibles de sistemas:

a.) Sistemas de objetos

Se trata de objetos físicos que se modelan como si se trataran de partículas que tienen toda su masa concentrada en un punto y que giran con la misma velocidad angular a cierta distancia de un eje de giro. Este tipo de sistemas se da cuando el eje de giro no atraviesa el objeto.

Por ejemplo, aunque para las personas los planetas son enormes cuerpos, su tamaño en relación al tamaño del Sistema Solar es en la práctica muy pequeño y por esta razón se puede realizar un análisis tomando a un planeta como una partícula. Cuando el sistema está compuesto de una única partícula que gira alrededor de un eje externo, entonces su momento de inercia está definido por:

$$I = m * r^2$$

Esta definición indica que el momento de inercia de un objeto puntual de masa (m) depende directamente del cuadrado de su radio de giro (r). De esta manera, mientras más alejada del eje está la masa, más esfuerzo se requiere para hacerla girar con la misma rapidez angular.

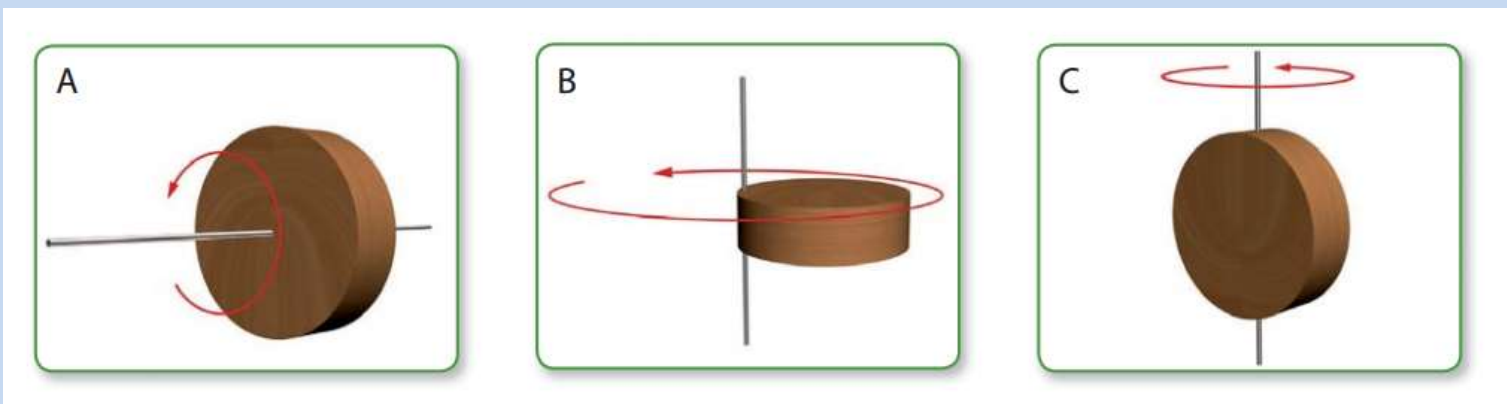
b.) Objetos extensos:

Se trata de objetos sólidos y rígidos que giran sobre un eje que atraviesa sus contornos. Son objetos rígidos aquellos que no experimentan deformaciones.

Algunos de ejemplos de estos objetos extensos en rotación hay muchos a nuestro alrededor. El caso más directo, aunque tal vez no el más evidente, es la propia rotación de polo a polo, un segundo puede ser lanzar al aire un objeto y verlo rotar o un juego muy conocido como lo es el hacer girar un trompo.

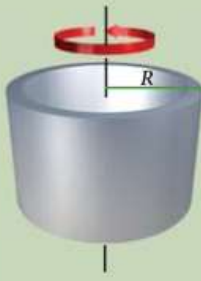


Por ejemplo, si se hace rotar un mismo cuerpo respecto de tres ejes distintos, como se muestra en la ilustración, en cada uno de los casos el momento de inercia resulta distinto, debido a que varía la distribución de masa en torno al eje de giro.



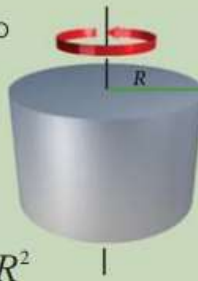
Para calcular el momento de inercia de un objeto rígido no es posible usar la fórmula antes vista, ya que este tipo de cuerpos distribuye su masa en toda su extensión de distinta manera, de acuerdo a la geometría que posee. En general, cada cuerpo geométrico, regular o irregular, tiene su propia inercia rotacional. Actualmente se ha definido la inercia rotacional de los cuerpos geométricos más comunes que facilitan su aplicación dentro del estudio de los mismos. Los más importantes son:

Aro cilíndrico
delgado



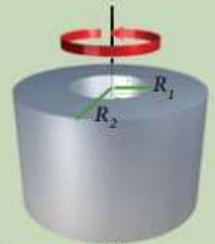
$$I = M \cdot R^2$$

Cilindro sólido
o disco



$$I = \frac{1}{2} M \cdot R^2$$

Cilindro hueco



$$I = \frac{1}{2} M (R_1^2 + R_2^2)$$

Esfera sólida



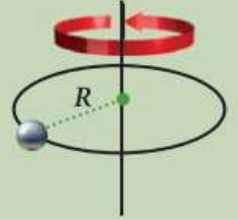
$$I = \frac{2}{5} M \cdot R^2$$

Cáscara esférica
delgada



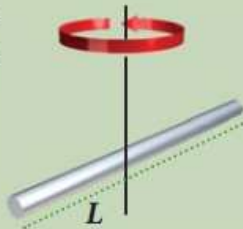
$$I = \frac{2}{3} M \cdot R^2$$

Masa puntual



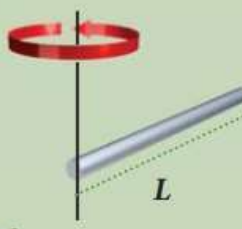
$$I = M \cdot R^2$$

Varilla delgada
y larga con eje
de rotación
en el centro



$$I = \frac{1}{12} M \cdot L^2$$

Varilla larga
y delgada
con eje de
rotación en
un extremo



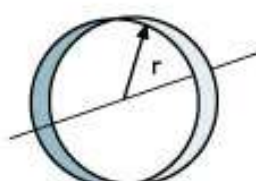
$$I = \frac{1}{3} M \cdot L^2$$

Péndulo
simple



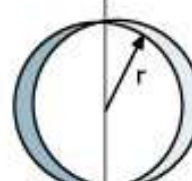
$$I = mr^2$$

Aro que gira alrededor de
su eje normal



$$I = mr^2$$

Aro que gira alrededor de
un diámetro



$$I = \frac{1}{2} mr^2$$

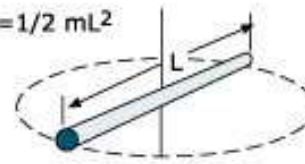
Cilindro sólido

$$I = \frac{1}{2} mr^2$$

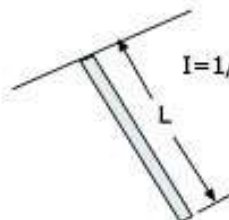


Vara que gira
alrededor de su CG

$$I = \frac{1}{2} mL^2$$



Vara que gira alrededor de
uno de sus extremos

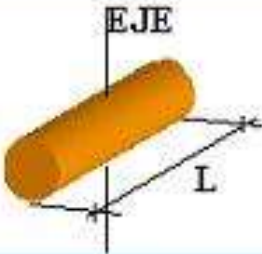
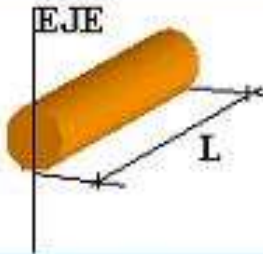
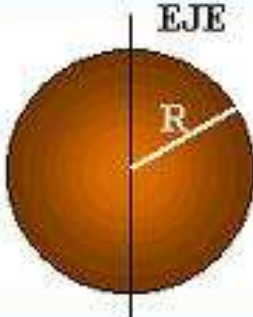
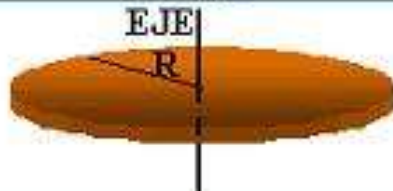


$$I = \frac{1}{3} mL^2$$

Esfera sólida que gira
alrededor de su CG

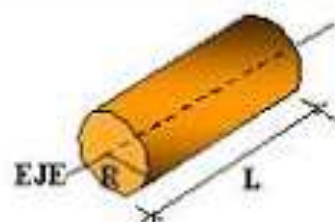


$$I = \frac{2}{5} mr^2$$

VARILLA DEL GADA	
Respecto a eje perpendicular por centro	Respecto a eje perpendicular por extremo
	
$I = \frac{1}{12}ML^2$	$I = \frac{1}{3}ML^2$
ESFERA	
Maciza respecto a un diámetro	Corteza respecto a diámetro
	
$I = \frac{2}{5}MR^2$	$I = \frac{2}{3}MR^2$
DISCO	
Respecto a un diámetro	Respecto a eje perpendicular en su centro
	
$I = \frac{1}{4}MR^2$	$I = \frac{1}{2}MR^2$

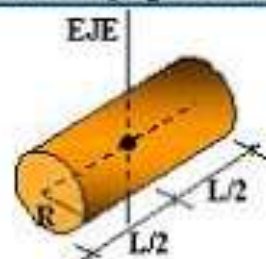
CILINDRO MACIZO

Respecto a su eje



$$I = \frac{1}{2}MR^2$$

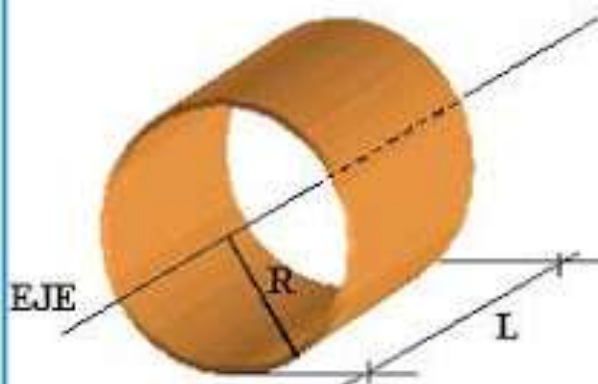
Respecto a eje por su centro



$$I = \frac{1}{4}MR^2 + \frac{1}{12}ML^2$$

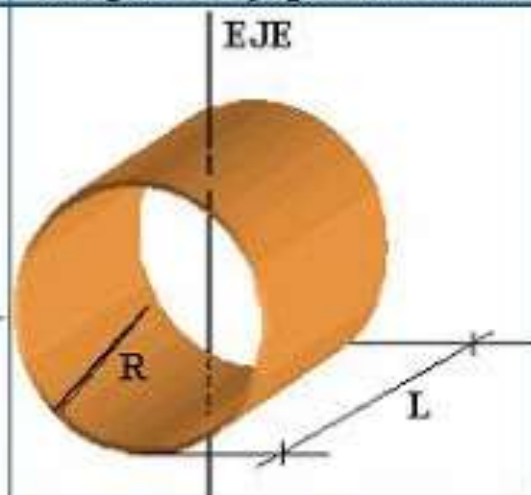
CAPA CILÍNDRICA

Respecto a su eje



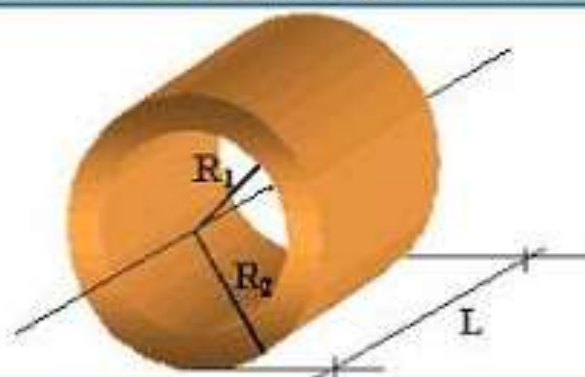
$$I = MR^2$$

Respecto a eje por su centro



$$I = \frac{1}{2}MR^2 + \frac{1}{12}ML^2$$

CILINDRO HUECO RESPECTO A SU EJE



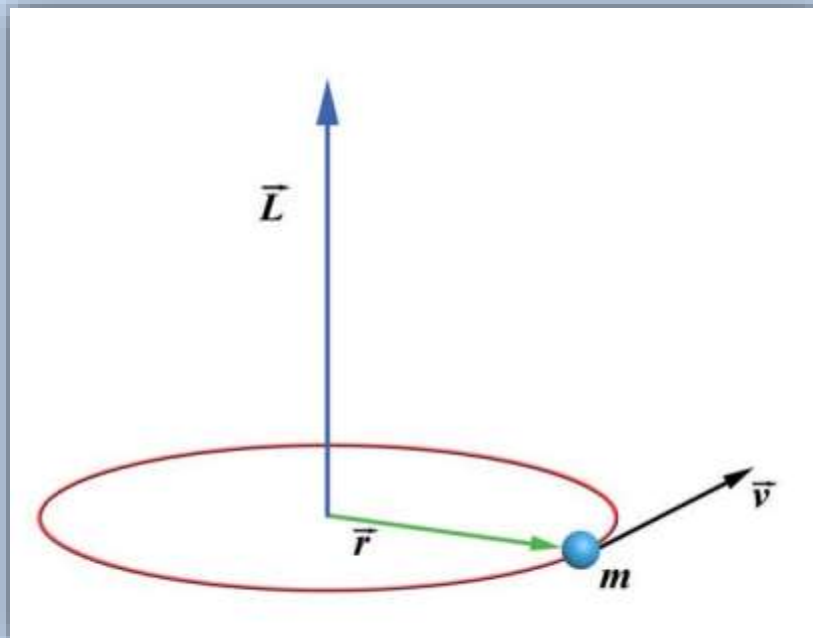
$$I = \frac{1}{2}M(R_1^2 + R_2^2)$$

El momento angular varia no solo entre objetos diferentes, si no que de acuerdo a la forma y al punto sobre el cual se haga rotar el objeto. Existe un eje de rotación cuando un cuerpo está girando pero se debe de tener en cuenta que un cuerpo que está girando siempre tiende a conservar este eje de rotación, esto se debe a una característica de los sistemas rotatorios conocida como **momento angular (L)**.

El momento angular apunta en la dirección del eje de rotación (punto central del movimiento), produciendo una cierta estabilidad de giro en ese eje. El momento angular depende del momento de inercia (***I***) del objeto y de la velocidad angular (***ω***) y se expresa de la siguiente forma:

$$L = I * \omega$$

Gracias a la existencia del momento angular se puede encontrar una explicación de por qué es fácil mantener el equilibrio en una bicicleta en movimiento y la explicación es porque al girar las ruedas, estas tienen momento angular que nos permite encontrar una estabilidad dentro del movimiento.



Conservación del momento angular

En una competencia de patinaje sobre hielo, resulta habitual ver a las patinadoras girando a gran velocidad, ¿cómo lo logran? En un comienzo se dan un impulso y comienzan a girar con los brazos y piernas lo más separados posible. Luego comienzan a acercar sus extremidades al eje de giro y se aprecia cómo su rapidez angular aumenta notablemente. Esto se debe a que al acercar sus brazos y piernas al eje de rotación, el momento de inercia disminuye, lo que aumenta su velocidad de giro. Esto significa, por ejemplo, que si aumenta el momento de inercia, la rapidez angular disminuye de tal forma que el producto no varía.

Por ejemplo, si en un objeto que gira, la masa se concentra cerca del eje de rotación, disminuyendo su momento de inercia, este girará más rápido. Por el contrario, si la masa se concentra lejos del eje de rotación, aumentando su momento de inercia, la rotación será más lenta.

La forma de las galaxias es una aplicación del momento angular. La forma de algunas galaxias está muy relacionada con la conservación del momento angular. Imaginemos una masa de gas y polvo interestelar que se contrae por la influencia de su propia gravedad, basta el más leve movimiento de rotación alrededor de su eje para que exista momento angular y este se conserve. A medida que el gas se contrae el momento de inercia disminuye. Entonces la nube

de gas gira con gran rapidez y esto hace que se achate. Si la nube tiene suficiente momento angular se transforma en una “tortilla plana” cuyo diámetro es mucho mayor que su espesor, y puede convertirse en una galaxia espiral.

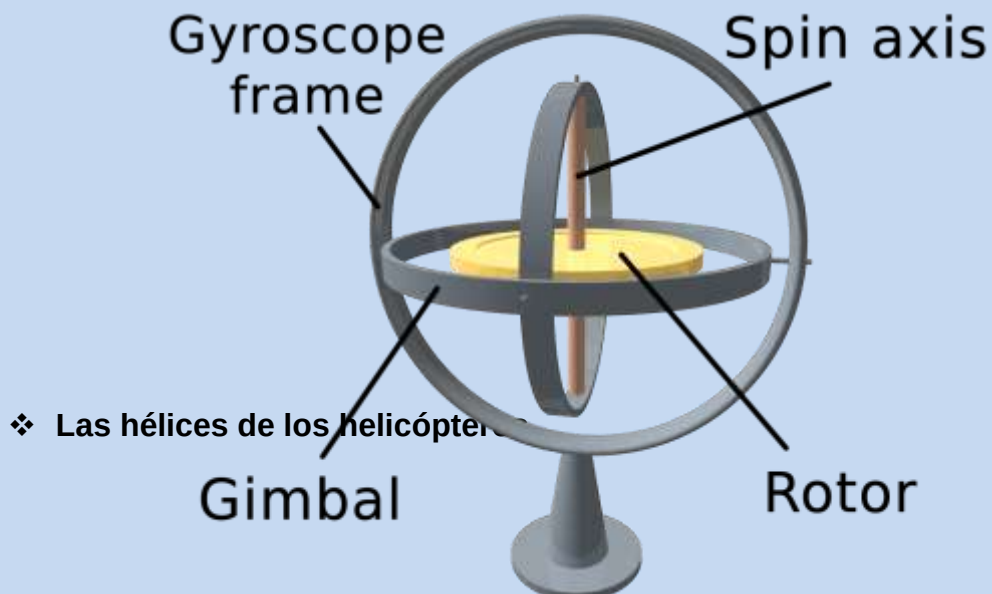


Algunos ejemplos de la conservación del momento angular son:

- ❖ **El giroscopio:** En la actualidad, los sistemas de navegación de aviones, barcos y naves espaciales utilizan la conservación del momento angular a través de un sencillo instrumento llamado giroscopio. Este fue ideado y construido en el año 1852 por el físico francés Jean Léon Foucault (1819-1868), para demostrar la rotación de la Tierra.

Un giroscopio es una especie de trompo con forma de disco que gira alrededor de un eje que pasa por su centro de gravedad. Generalmente está montado sobre una suspensión que permite que todos los elementos tenga un eje común para girar. La conservación del momento angular permite que la dirección del eje de rotación ofrezca gran resistencia a cambiar de posición.

De esta manera, el giroscopio funciona como un sensor que mide con precisión el ángulo de giro y los cambios de dirección.



Otra aplicación en la que se manifiesta la conservación del momento angular corresponde al movimiento de las hélices de un helicóptero. Cuando el motor de este comienza a girar, la hélice genera un momento angular que, de acuerdo con la conservación del mismo, debería mantenerse constante.

Si ello ocurriese, la cabina comenzaría a girar en sentido contrario al de la hélice, generando así un momento angular opuesto al inicial. Para evitar que la cabina del helicóptero gire, este cuenta con una hélice pequeña ubicada en la cola, también conocida como rotor de cola. La función del rotor es generar un momento angular que compense al producido por la hélice principal. Además, el rotor de cola interviene en el giro del helicóptero, ya sea aumentando o disminuyendo el empuje.



Energía cinética de rotación

Para un cuerpo rígido formado por una colección de partículas que gira alrededor del eje fijo con velocidad angular propia, cada partícula del cuerpo rígido tiene energía cinética de traslación. Si la partícula de masa **(*m*)**, se mueve con velocidad lineal **(*v*)**, su energía cinética es:

$$E_c = \frac{1}{2} I \omega^2$$

La energía cinética de rotación no es una nueva forma de energía, sino que es el equivalente rotacional de la energía cinética de traslación (movimiento), siempre se considera como una cantidad conocida constante, igual que la masa, por lo que generalmente se da como un dato al realizar cualquier cálculo.



Glosario:

Cuerpo rígido: Es un sistema de partículas tal que la distancia entre cualesquiera dos de ellas se mantiene constante.

Giroscopio: Es un dispositivo mecánico que sirve para medir, mantener o cambiar la orientación en el espacio de algún aparato o vehículo.

Inercia rotacional: Es una medida de la oposición que ofrece un cuerpo al cambio de su estado de movimiento rotacional

Momento angular : Es una magnitud física importante en todas las teorías físicas de la mecánica, desde la mecánica clásica a la mecánica cuántica, pasando por la mecánica relativista.

Momento de Inercia: Corresponde a la distribución de masa respecto de un eje de rotación.

Movimiento Rotacional: Movimiento de cambio de orientación de un cuerpo extenso de forma que, dado un punto cualquiera del mismo, este permanece a una distancia constante de un punto fijo.

Referencias Bibliográficas:

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/rke.html>

<http://www.hiru.com/fisica/energia-cinetica-de-rotacion>

http://es.wikibooks.org/wiki/F%C3%ADsica/Magnitudes_mec%C3%A1nicas_fundamentales/Descomposici%C3%B3n_de_la_energ%C3%ADa_cin%C3%A9tica