



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARMEN

ANTOLOGÍA

CURSO AL QUE PERTENECE:

FISICA III

TÍTULO DE LA PRESENTACIÓN:

RELACIÓN DE LA ENERGÍA CON EL MOMENTOS DE TORSIÓN.

Ciclo escolar: Agosto-Diciembre 2013.

Recopilado y Presentado por:

Ing. Gerardo Ciro Murguía Rodríguez

gmurguia@pampano.unacar.mx

ciro123@hotmail.com.mx

Ing. Josefina Pérez Sánchez

jpsanchez@pampano.unacar.mx

j-perez982@hotmail.com.mx

Ing. José David May Muñoz

dmay@pampano.unacar.mx

Ing. Mónica Alejandrina Cálán Perera

mcalan@pampano.unacar.mx

Ing. Víctor Manuel Aguilar Eufracio

vaguilar@pampano.unacar.mx

Academia que presenta:

ACADEMIA DE FISICA

ESCUELA PREPARATORIA DIURNA

Ciudad del Carmen, Campeche a 19 de Agosto de 2013.

INDICE

	Pág.
Introducción.....	3
Bloque I: Trabajo, energía y potencia.....	4
1.1 Trabajo resultante.....	4
1.2 Energía.....	4
1.3 Trabajo y energía cinética.....	6
1.4 Energía Potencial.....	8
1.5 Conservación de la energía.....	9
1.6 Energía y fuerzas de fricción.....	10
1.7 Potencia.....	12
Bloque II: Impulso y Cantidad de Movimiento.....	13
2.1 Impulso.....	13
2.2 Cantidad de movimiento.....	13
2.3 Ley de la conservación de la cantidad de movimiento.....	15
2.4 Choques elásticos e inelásticos.....	16
Bloque III: Momento de Torsión y Equilibrio Rotacional.....	17
3.1 Energía cinética rotacional.....	17
3.2 Momento de inercia.....	20
3.3 Segunda ley del movimiento en la rotación.....	21
3.4 Trabajo y potencia rotacionales.....	21
3.5 Cantidad de movimiento angular.....	23
3.6 Conservación de la cantidad de movimiento angular.....	26
3.7 Momento de Torsión y Equilibrio rotacional.....	27
3.8 Condiciones de equilibrio.....	27
3.9 Momento de torsión resultante.....	28
3.10 Equilibrio rotacional.....	28
3.11 Centro de gravedad.....	29
Bibliografía.....	30
Academia.....	31

INTRODUCCIÓN

La presente antología tiene un enfoque estratégico basado en la resolución de problemas de carácter formativo, ya que relaciona la teoría con la práctica y la actividad científico-investigadora.

Trata los siguientes temas: Energía, Trabajo y Potencia asociarse a la velocidad de un cambio de energía dentro de un sistema el cual proporciona los conceptos que serán empleados en los temas subsecuentes; Impulso y Cantidad de Movimiento, en el que se explican los tipos de colisiones elásticas e inelásticas determinan su magnitud y dirección, Momento de Torsión y Equilibrio Rotacional en el cual se consideran las condiciones de equilibrio.

Estos temas pretenden que el estudiante acceda a los contenidos científicos que le posibiliten alcanzar una cultura científica, de tal manera que valore la relación de la física con el desarrollo científico-tecnológico, en su vida cotidiana.

Nuestra sociedad necesita individuos a nivel medio superior con conocimientos, habilidades, actitudes y valores, que les permitan integrarse y desarrollarse de manera satisfactoria en el mundo laboral o en su preparación profesional.

Para que contribuyas en ello, es indispensable que asumas una nueva visión y actitud en cuanto a tu rol, es decir, de ser receptor de contenidos, ahora construirás tu propio conocimiento a través de la problematización y contextualización de los mismos, situación que te permitirá: Aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a ser y aprender a vivir juntos.

Atentamente

Academia de Física 2013.

BLOQUE 1: TRABAJO, ENERGÍA Y POTENCIA

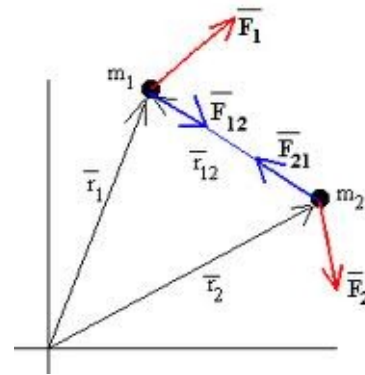
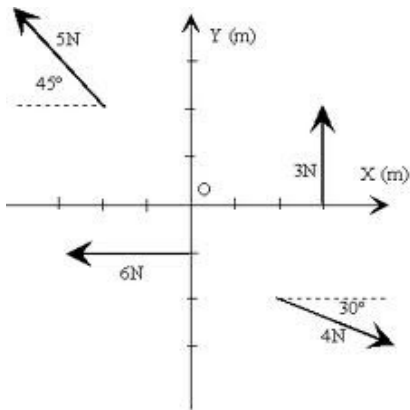
1.1 Trabajo Resultante

Es la suma algebraica de los trabajos de las fuerzas individuales que actúan sobre un cuerpo en movimiento.

La realización de un trabajo necesita la existencia de una fuerza resultante.

Para distinguir la diferencia entre trabajo positivo y negativo se sigue la convención de que el trabajo de una fuerza es positivo si el componente de la fuerza se encuentra en la misma dirección que el desplazamiento y negativo si una componente de la fuerza se opone al desplazamiento real.

Por ejemplo el trabajo que realiza una grúa al levantar una carga es positivo pero la fuerza gravitacional que ejerce la tierra sobre la carga ejerce un trabajo negativo.



1.2 Energía

Fuerza de acción o fuerza trabajando tiene diversas acepciones y definiciones, relacionadas con la idea de una capacidad para obrar, transformar o poner en movimiento.

En física, se define como la capacidad para realizar un trabajo.

Mecánica Clásica

En física clásica, la ley universal de conservación de la energía que es el fundamento del primer principio de la termodinámica, indica que la energía ligada a un sistema aislado permanece constante en el tiempo. Eso significa que para multitud de sistemas físicos clásicos la suma de la energía mecánica, la energía calorífica, la energía electromagnética, y otros tipos de energía potencial es un número constante. Por ejemplo, la energía cinética se cuantifica en función del movimiento de la materia, la energía potencial según propiedades como el estado

de deformación o a la posición de la materia en relación con las fuerzas que actúan sobre ella, la energía térmica según el estado termodinámico, y la energía química según la composición química.

Mecánica Cuántica

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que según la teoría de la relatividad la energía definida según la mecánica clásica no se conserva constante, sino que lo que se conserva es la masa-energía equivalente. Es decir, la teoría de la relatividad especial establece una equivalencia entre masa y energía por la cual todos los cuerpos, por el hecho de estar formados de materia, poseen una energía adicional equivalente a $E=mc^2$, y si se considera el principio de conservación de la energía esta energía debe ser tomada en cuenta para obtener una ley de conservación (naturalmente en contrapartida la masa no se conserva en relatividad, sino que la única posibilidad para una ley de conservación es contabilizar juntas la energía asociada a la masa y el resto de formas de energía).

Energía en diversos tipos de sistemas físicos

La energía también es una magnitud física que se presenta bajo diversas formas, está involucrada en todos los procesos de cambio de estado físico, se transforma y se transmite, depende del sistema de referencia y fijado éste se conserva. Por lo tanto, todo cuerpo es capaz de poseer energía en función de su movimiento, posición, temperatura, masa, composición química, y otras propiedades. En las diversas disciplinas de la física y la ciencia, se dan varias definiciones de energía, todas coherentes y complementarias entre sí, y todas ellas siempre relacionadas con el concepto de trabajo.



1.3 Trabajo y Energía Cinética

También se puede decir que el trabajo es el producto de una fuerza aplicada sobre un cuerpo y el desplazamiento de este cuerpo en dirección de la fuerza aplicada. Mientras se realiza un trabajo sobre el cuerpo, se produce una transformación de energía al mismo, por lo que puede decirse que el trabajo es “energía en movimiento”. Las unidades de trabajo son las mismas que las de energía.

Un ejemplo cotidiano de trabajo sería el levantar una caja desde el piso al borde de una mesa: se realiza una fuerza para vencer el peso de la caja y elevarla a una cierta altura para colocarla sobre la mesa.

Dentro del trabajo nos encontramos es trabajo realizado por una fuerza variable ó el trabajo realizado por una fuerza constante.

Nos referimos a una fuerza constante como aquella que no varía y el trabajo realizado por esta sería definida como el producto de una fuerza paralela al desplazamiento y la magnitud de este desplazamiento. Una forma de decirlo científicamente ó en formula sería: $T = F d \cdot \cos$.

Donde **F** es la fuerza aplicada que será constante, y **d** el desplazamiento de la partícula y el ángulo entre las direcciones de la fuerza y el desplazamiento.

En el caso de una fuerza variable el trabajo se puede calcular gráficamente, el procedimiento es parecido al calculo del desplazamiento cuando conocemos la velocidad en función del tiempo. Para calcular el trabajo efectuado por una fuerza variable, que es el componente de la fuerza paralelo al desplazamiento horizontal de la partícula en cualquier punto, en función de una distancia D, dividimos la distancia en pequeños segmentos. Para cada segmento se indica el promedio mediante una línea horizontal de puntos. Entonces el trabajo sería el área del rectángulo de ancho y altura, el trabajo total sería la suma de todos los. Las unidades básicas de trabajo son el Joule y el Ergio.

La energía cinética es la energía que posee un cuerpo debido a su movimiento. La energía cinética depende de la masa y la velocidad del cuerpo según la siguiente ecuación: **$E_c = \frac{1}{2} m v^2$**

Donde **m** es la masa del cuerpo y **v** es la velocidad que tiene el cuerpo. Si tenemos la aceleración y la distancia recorrida por el cuerpo sabiendo que $a = v/t$ obtenemos la siguiente formula $E_c = m \cdot a \cdot d$.

Un ejemplo de energía cinética en la vida cotidiana sería el hecho de manejar un auto por una calle o el simple acto de caminar.

Por otra parte dentro de la energía cinética nos encontramos diferentes clases de energía cinética o relaciones entre la energía cinética o relaciones entre la energía cinética con otras clases de energías. Entre estas tenemos la relación entre

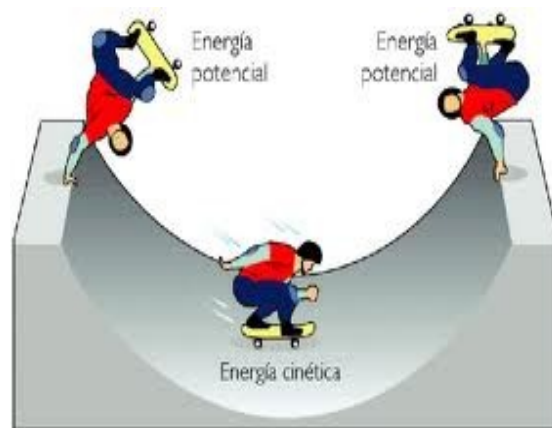
trabajo y energía, la transmisión de energía cinética en choques o colisiones y la relación entre energía y la cantidad de movimiento.

Con respecto a la relación entre trabajo y energía es por todos conocido que un cuerpo en movimiento realiza un trabajo y por lo tanto posee una energía, si el movimiento realiza un trabajo y por lo tanto posee una energía, si el movimiento posee una rapidez variable, la energía del cuerpo también varía. Esta clase de energía que depende de la rapidez que posee un cuerpo se llama energía cinética.

Si tomamos en cuenta que $t = m \cdot a \cdot d$ y sabiendo que la energía cinética es $0.5 m \cdot v^2$ y observando esta similitud se obtiene que el trabajo realizado por un cuerpo es igual a la energía cinética que tiene el mismo.

En el caso de la transmisión de energía cinética en colisiones o choques, sabemos que generalmente en una interacción entre dos o más cuerpos, la energía cinética se transforma en energía potencial, energía calórica o en algún proceso de deformación de los cuerpos que actúan en el proceso. Estas interacciones se caracterizan porque la energía cinética no se conserva se les llama interacciones inelásticas. En este caso la fuerza que se produce cuando los cuerpos se acercan es mayor a la fuerza que se produce cuando se alejan, esto hace que la velocidad que poseen los cuerpos disminuya después de la interacción de los mismos haciendo que la energía cinética disminuya.

En relación con la energía cinética y la cantidad de movimiento si en un sistema aislado formado por dos cuerpos de masas m_1 y m_2 , entre los cuales existe una interacción, la cantidad de movimiento se conserva, o sea que $m_1 v + m_2 u = m_1 v_1 + m_2 v_2$; siendo v y u las velocidades respectivas antes de la interacción y v_1 y u_1 las velocidades después de la interacción.



1.4 Energía potencial

La energía potencial es el tipo de energía mecánica asociada a la posición o configuración de un objeto. Podemos pensar en la energía potencial como la energía almacenada en el objeto debido a su posición y que se puede transformar en energía cinética o trabajo. El concepto energía potencial, E_p , se asocia con las llamadas fuerzas conservadoras. Cuando una fuerza conservadora, como la fuerza de gravedad, actúa en un sistema u objeto; la energía cinética ganada (o pérdida) por el sistema es compensada por una pérdida (o ganancia) de una cantidad igual de energía potencial. Esto ocurre según los elementos del sistema u objeto cambia de posición.

Una fuerza es conservadora si el trabajo realizado por ésta en un objeto es independiente de la ruta que sigue el objeto en su desplazamiento entre dos puntos.

También puede presentarse como energía potencial gravitatoria, energía potencial electrostática, y energía potencial elástica, también llamadas fuerzas conservadoras.

Por ejemplo, el agua que está en una presa tiene energía potencial a causa de su posición. El agua puede caer desde esta posición y ejercer una fuerza desde una distancia y, por tanto, hacer trabajo, en este caso: accionar una turbina para generar electricidad.

Se define la energía potencial como: **$E_p = mgh$**

Donde **m** es la masa del objeto, **g** es la aceleración de gravedad y **h** es la altura del objeto.

Energía potencial asociada a campos de fuerzas.

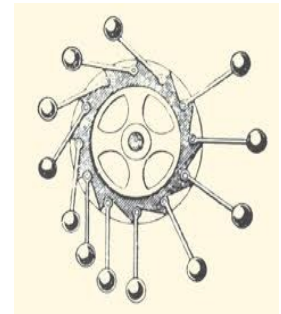
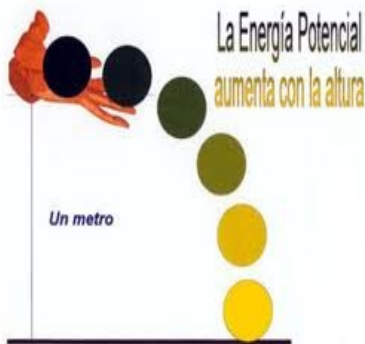
La energía potencial puede definirse solamente cuando la fuerza es conservativa. Si las fuerzas que actúan sobre un cuerpo son no conservativas, entonces no se puede definir la energía potencial, como se verá a continuación. Una fuerza es conservativa cuando se cumple alguna de las siguientes propiedades:

El trabajo realizado por la fuerza entre dos puntos es independiente del camino recorrido.

El trabajo realizado por la fuerza para cualquier camino cerrado es nulo.

Cuando el rotacional de la fuerza es cero. Se puede demostrar que todas las propiedades son equivalentes. En estas condiciones, la energía potencial se define como: **$E_p = mgh$**

La forma funcional de la energía potencial depende de la fuerza de que se trate; así, para el campo gravitatorio, el resultado del producto de las masas por una constante dividido por la distancia entre las masas, por lo que va disminuyendo a medida que se incrementa dicha distancia.



1.5 Conservación de la Energía

Constituye el primer principio de la termodinámica y afirma que la cantidad total de energía en cualquier sistema físico aislado, permanece invariable con el tiempo, aunque dicha energía puede transformarse en otra forma de energía. En resumen, la ley de la conservación de la energía afirma que la energía no puede crearse ni destruirse, sólo se puede cambiar de una forma a otra, por ejemplo, cuando la energía eléctrica se transforma en energía calorífica en un calefactor. Dicho de otra forma: la energía puede transformarse de una forma a otra o transferirse de un cuerpo a otro, pero en su conjunto permanece estable.

Conservación de la Energía y Termodinámica

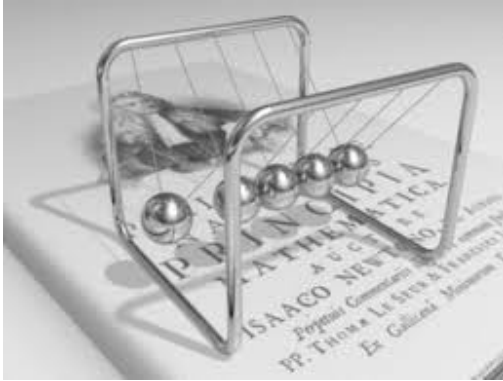
Dentro de los sistemas termodinámicos, una consecuencia de la ley de conservación de la energía es la llamada primera ley de la termodinámica, la cual establece que, al suministrar una determinada cantidad de energía térmica (Q) a un sistema, esta cantidad de energía será igual a la diferencia del incremento de la energía interna del sistema (ΔU) menos el trabajo (W) efectuado por el sistema sobre sus alrededores:

$$\Delta U = Q - W$$

Aunque la energía no se pierde, se degrada de acuerdo con la segunda ley de la termodinámica. En un proceso irreversible, la entropía de un sistema aislado aumenta y no es posible devolverlo al estado termodinámico físico anterior. Así un sistema físico aislado puede cambiar su estado a otro con la misma energía pero con dicha energía en una forma menos aprovechable. Por ejemplo, un movimiento con fricción es un proceso irreversible por el cual se convierte energía mecánica en energía térmica. Esa energía térmica no puede convertirse en su totalidad en

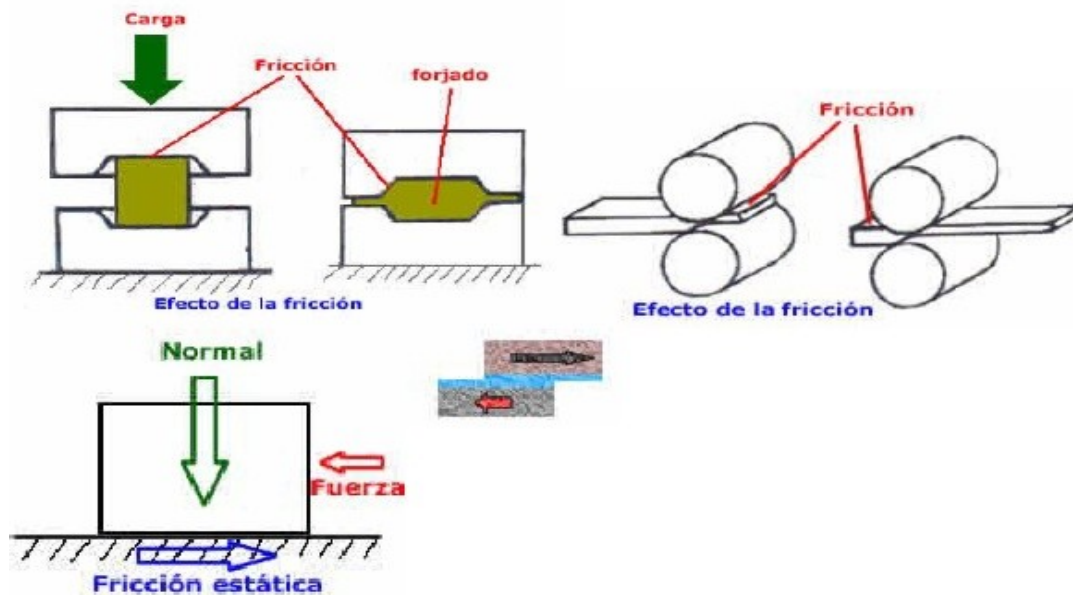
energía mecánica de nuevo ya que, como el proceso opuesto no es espontáneo, es necesario aportar energía extra para que se produzca en el sentido contrario.

Desde un punto de vista cotidiano, las máquinas y los procesos desarrollados por el hombre funcionan con un rendimiento menor al 100%, lo que se traduce en pérdidas de energía y por lo tanto también de recursos económicos o materiales. Como se decía anteriormente, esto no debe interpretarse como un incumplimiento del principio enunciado sino como una transformación "irremediable" de la energía.



1.6 Energía y Fuerzas de Fricción

La fricción es la resistencia al movimiento que ofrecen dos cuerpos en contacto en movimiento relativo. Sus efectos son apreciados en varios procesos de manufactura como por ejemplo durante la operación de forjado, se forma lo que se denomina abarillamiento en la cual se impide el flujo del metal debido a la fricción contra las superficies del dado. Ciertas operaciones requieren fricción, por ejemplo, el laminado. Sin la fricción el material de abajo no podría ser arrastrado dentro de la estrecha separación entre los rodillos. Los efectos de la fricción pueden redundar en un efecto positivo o negativo según lo que se busque, y perjudicial en todos los procesos tribológicos. La fricción se puede presentar de dos formas, el coeficiente entre la fuerza necesaria para iniciar el movimiento y el peso, se le denomina coeficiente de rozamiento estático, siendo mayor la fuerza requerida para iniciar el movimiento que para mantener el movimiento, y a éste se le denomina coeficiente de rozamiento dinámico. Cuando el bloque esta a punto de moverse (movimiento inminente), la fuerza horizontal F alcanza un cierto valor (llamado F_s) que vence la fricción y el bloque comienza a deslizarse. Esto define el coeficiente de fricción estática μ_s



La fuerza de rozamiento es proporcional al peso, debido a que la fuerza de fricción es proporcional a la fuerza normal, Es decir a mayor peso, mayor será la fuerza de fricción.

Efectos positivos y negativos.

Positivos: Es un hecho que no sería posible caminar sino fuera por la presencia de la fricción. Todos hemos experimentado lo difícil que resulta caminar sobre una superficie pulida. En este caso, de poca fricción, la persona resbala sin poder avanzar efectivamente.

Negativo: Su presencia causa desgaste considerable en maquinarias y equipos. Los aceites lubricantes utilizados en un automóvil, por ejemplo, disminuyen el rozamiento entre las partes móviles de los mismos, reduciendo así el consumo de energía.

Es más fácil caminar sobre la superficie rugosa debido a que hay una mejor fricción. Esto permite que el pie no resbale ya que la superficie genera una fuerza de fricción hacia adelante que impide que el pie resbale hacia atrás por lo que se produce el avance. En el caso de la superficie lisa, el caminante ni siquiera podrá tenerse en pie, cayendo inevitablemente.

1.7 Potencia

La potencia es la cantidad de trabajo que se realiza por unidad de tiempo. Puede asociarse a la velocidad de un cambio de energía dentro de un sistema, o al tiempo que demora la concreción de un trabajo. Por lo tanto, es posible afirmar que la potencia resulta igual a la energía total dividida por el tiempo.

Se puede indicar que la potencia es la fuerza, el poder o la capacidad para conseguir algo.

Se conoce como potencia mecánica al trabajo que realiza un individuo o una máquina en un cierto periodo de tiempo. Es decir que se trata de la potencia que se transmite a través del accionar de una fuerza física de contacto o de algunos elementos mecánicos relacionados, como un engranaje o un juego de palancas.

Otro tipo de potencia que puede mencionarse es la potencia eléctrica, que es el resultado de multiplicar la diferencia de potencial entre los extremos de una carga y la corriente que circula allí.

También podemos hacer referencia a la potencia del sonido, que se calcula en función de la intensidad y la superficie, y a la potencia de un punto.

En cuanto a las unidades de potencia, pueden reconocerse cuatro grandes sistemas. El sistema internacional de unidades, cuya unidad más frecuente es el vatio o watt y sus múltiplos (kilovatio, megavatio, etc.), aunque también puede utilizar combinaciones equivalentes como el volt-ampere; el sistema inglés, que mide por caballo de fuerza métrico; el técnico de unidades, que se basa en la caloría internacional por segundo; y el cegesimal, que calcula ergio por segundo.

Asimismo tampoco podemos olvidar que en el ámbito de las Matemáticas es frecuente el uso del término potencia y es que con él se viene a definir a una operación mediante la cual se determina el resultado de que un número en cuestión se halla multiplicado por sí mismo en varias ocasiones.



BLOQUE II: IMPULSO Y CANTIDAD DE MOVIMIENTO

2.1 Impulso

Es la magnitud física, denotada usualmente, definida como la variación en el momento lineal que experimenta un objeto en un sistema cerrado. El término difiere de lo que cotidianamente conocemos como impulso y fue acuñado por Isaac Newton en su segunda ley, donde lo llamó *vis motrix*, refiriéndose a una especie de fuerza del movimiento.

En la mecánica clásica, a partir de la segunda ley de Newton se sabe que si sobre un cuerpo no actúa ninguna fuerza, su cantidad de movimiento permanece constante. Por lo que, si sobre el cuerpo actúa una fuerza, este se moverá con aceleración y se modificará su momento lineal.

A lo que llamamos impulso es ese valor de la integral de la fuerza en el tiempo:

$$\vec{I} = \int \vec{F} \cdot dt$$

El concepto de impulso se puede introducir mucho antes del conocimiento sobre el cálculo diferencial e integral con algunas consideraciones. Si consideramos una masa que no varía en el tiempo sujeta a la acción de una fuerza también constante, la cantidad de movimiento se puede tomar como el simple producto entre la velocidad (v) y la masa (m). Según la segunda ley de Newton, si a una masa m se le aplica una fuerza F aquella adquiere una aceleración a , de acuerdo con la expresión: $F = ma$

Multiplicando ambos miembros por el tiempo Δt en que se aplica la fuerza:

$$F \Delta t = m a \Delta t$$

Como $a \Delta t = \Delta v$, tenemos: $F \Delta t = m \Delta v$

Y finalmente: $I = F \Delta t$



2.2 Cantidad de Movimiento

La cantidad de movimiento o momento lineal se refiere a objetos en movimientos y es una magnitud vectorial que desempeña un papel muy importante en la segunda ley de Newton. La cantidad de movimiento combina las ideas de inercia y movimiento. También obedece a un principio de conservación que se ha utilizado para descubrir muchos hechos relacionados con las partículas básicas del Universo. La ley de la conservación de la cantidad de movimiento y la ley de la conservación de la energía, son las herramientas más poderosas de la mecánica.

La conservación de la cantidad de movimiento es la base sobre la que se construye la solución a diversos problemas que implican dos o más cuerpos que interactúan, especialmente en la comprensión del comportamiento del choque o colisión de objetos.

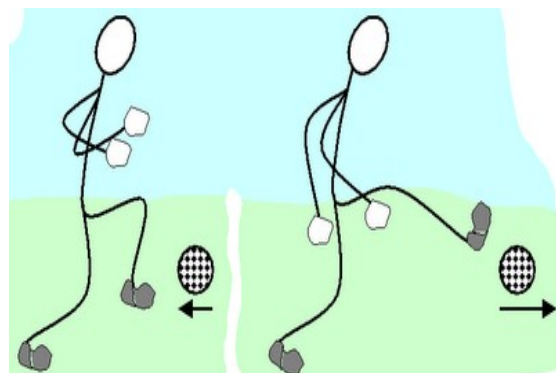
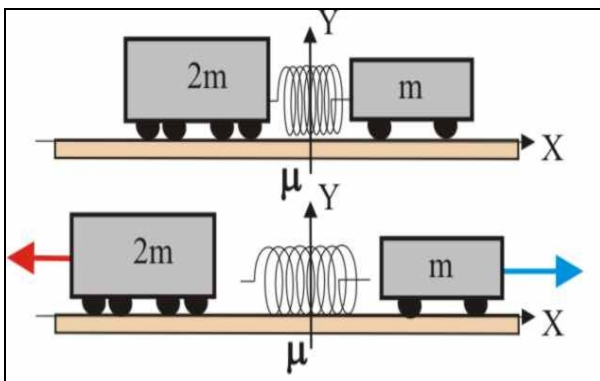
La expresión “cantidad de movimiento” suena extraña porque hasta el mismo movimiento no existe hasta tanto no se vea el objeto moverse de un lugar a otro o rotar sobre un eje. Generalmente se asocia movimiento con **velocidad**. Otro parámetro asociado a la cantidad de movimiento es la **masa**. Esto significa que a mayor masa mayor cantidad de movimiento. De igual forma si se aumenta la velocidad también aumenta la cantidad de movimiento.

Variación en la cantidad de movimiento

Cuando ocurre un cambio en la masa y en la velocidad, en ambas a la vez, existirá un cambio en la cantidad de movimiento del cuerpo considerado.

Si la masa permanece constante pero la velocidad del cuerpo cambia. Estas ideas son congruentes con la segunda ley de Newton.

La segunda ley de Newton, en términos de la cantidad de movimiento, establece que la fuerza sobre un objeto es igual a la rapidez de cambio de la cantidad de movimiento del objeto.



2.3 Ley de la conservación de la cantidad de movimiento

La ley para la conservación de la cantidad de movimiento suele usarse para explicar fragmentariamente choquitos que se explican llanamente con las leyes de Newton para el movimiento. El caso es que la ley para la conservación de la cantidad de movimiento anida en un trasfondo intelectual que ha movido grandes esfuerzos intelectuales en el pasado, probablemente moverá otros en el futuro, y permite una compensación centrípeta necesaria en el presente ante la centrifugación de los conocimientos especializados.

Para deducir el enunciado de este principio se parte de la **tercera Ley de Newton**. Considere dos esferas de masa las cuales se haya dotada inicialmente de velocidades respectivamente. Al chocar las nuevas velocidades serán respectivamente.

Como las esferas están en contacto mutuo durante un intervalo de tiempo muy pequeño, el impulso debe ser igual y opuesto al impulso.

El primer miembro representa la suma de las cantidades de movimientos después del choque y el segundo miembro representa la suma de las cantidades del movimiento antes del choque.

El valor de esos conceptos se hace tangible cuando se enfoca la atención no a un cuerpo único, sino a un sistema de muchos cuerpos que interactúan entre sí, pero sobre los cuales no actúa fuerza externa alguna. Para aclarar lo anterior se comienza describiendo el más sencillo de esos sistemas, el que consiste de dos cuerpos de masas.

Si esos dos objetos chocan, la cantidad de movimiento de cada uno cambiará. Pero, según la tercera ley de Newton, debe ser igual en magnitud, pero en dirección opuesta.

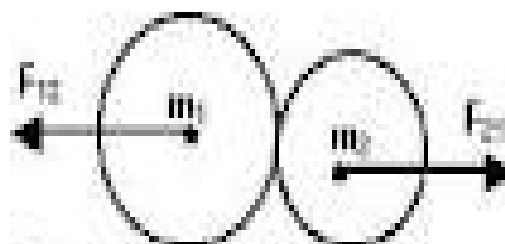
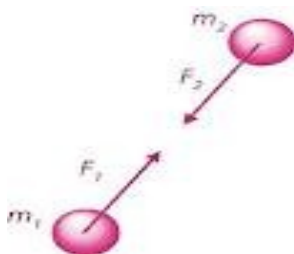


Figura 2

2.4 Choques Elásticos e Inelásticos

Los choques son interacciones de dos o más cuerpos en el que existe contacto entre ellos durante un tiempo tanto determinado como indeterminado. Existen distintos tipos de choque, los choques elásticos, inelásticos y perfectamente inelásticos.

Todos estos choques tienen la característica de conservar su movimiento o cantidad de movimiento, pero no así su energía mecánica, que en la mayoría de los casos solo se considera la energía cinética.

Los choques elásticos mantienen el movimiento inicial del sistema al igual que la energía cinética total del sistema.

Dentro de este tipo de choque es importante mencionar un caso importante, que es el choque de dos cuerpos de igual masa y uno de ellos inicialmente en reposo. Al impactar se transferirá la energía desde el cuerpo en movimiento hacia el que no se está moviendo, quedando el cuerpo inicialmente en movimiento en reposo, mientras que el otro seguirá en movimiento, el mismo que seguía el primer cuerpo, un ejemplo de este es el juego de pool o billar. Mientras dura el choque cabe señalar que en el contacto de ambos cuerpos la energía se almacena en una deformación mínima y no permanente.

Choque Elástico

Es una colisión perfectamente elástica es un choque entre dos o más cuerpos que no sufren deformaciones permanentes debido al impacto. En una colisión perfectamente elástica se conservan tanto el momento lineal como la energía cinética del sistema. Claro está que durante una colisión, aunque sean de dos sólidos, no se puede considerar perfectamente elástico ya que siempre hay una deformación.

Las colisiones en las que la energía no se conserva producen deformaciones permanentes de los cuerpos y se denominan colisiones inelásticas.

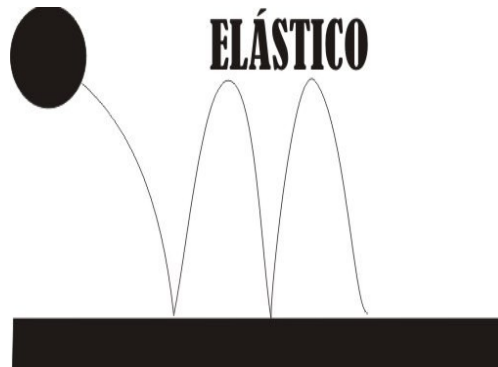
Colisiones Elásticas son aquellas en las cuales no hay intercambio de masa entre los cuerpos que colisionan, sin embargo, hay conservación neta de energía cinética.

Choque Inelástico

Son los cuerpos presentan deformaciones luego de su separación, esto es una consecuencia del trabajo realizado. En el caso ideal de un choque perfectamente inelástico, los objetos en colisión permanecen pegados entre sí. El marco de referencia del centro de masas permite presentar una definición más precisa. En los choques inelásticos la energía cinética no se conserva, ya que parte de ella es "usada" para deformar el cuerpo.

Es por esto que se puede decir que en el choque inelástico la energía se ve reducida debido a la incapacidad de regresar a su estado original los cuerpos.

De tal manera que en el choque inelástico habrá pérdida de energía mientras en contraste, el choque elástico la mantendrá constante.



BLOQUE III: MOMENTO DE TORSIÓN Y EQUILIBRIO ROTACIONAL.

3.1 Energía Cinética Rotacional

Para el estudio del movimiento de un cuerpo, hemos de fijar un sistema de referencia, ya que un cuerpo sólido, a diferencia de una partícula, tiene dimensiones, en este tema se va a estudiar el movimiento con la ayuda de dos sistemas de referencia. Un primer sistema de referencia (inercial), en el que se representa el movimiento del centro de masas (CM) del sólido, y un segundo sistema de referencia, el origen sea el centro de masas del cuerpo, que nos va a informar del movimiento de rotación del sólido. Lo que estamos haciendo al describir el movimiento con estos dos sistemas es separar el número de grados de libertad en 3+3 y darnos cuenta de que hay 3 grados de libertad de traslación y tres grados de libertad de rotación. Estos tres últimos grados de libertad no están presentes, evidentemente, en una partícula puntual. Llamemos r^I al radio vector de un cierto punto del sólido, visto desde el sistema inercial, r^{CM} a la posición del CM del sólido y $\vec{r}$ al mismo punto visto desde el sistema de referencia situado en el CM

En definición la energía es la capacidad de un sistema para trabajar, y se clasifica: En energía potencial, la cual es la almacenada en un cuerpo o sistema debido a su posición, forma o estado; La energía cinética, que es la del

movimiento y lo corriente es que venga definida como el trabajo que será realizado sobre un cuerpo que tiene esa energía cuando se lo conduce al reposo.

En la **energía cinética** de un cuerpo es aquella energía que posee debido a su movimiento. Se define como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa determinada desde el reposo hasta la velocidad indicada. Una vez conseguida esta energía durante la aceleración, el cuerpo mantiene su energía cinética salvo que cambie su velocidad. Para que el cuerpo regrese a su estado de reposo se requiere un trabajo negativo de la misma magnitud que su energía cinética. Suele abreviarse con letra E_c o E_k .



Ejemplo:

Imaginemos una bicicleta descansando de cabeza sobre el suelo. Sus llantas quedan libres y pueden ser rotadas sin que la bicicleta se desplace. Cuando las hacemos rotar, poseen energía debida a este movimiento de rotación. Ya que la energía que tiene se debe al movimiento y no a su posición, dicha energía es cinética.

Si ahora volteamos la bicicleta, la colocamos sobre sus llantas y una persona la monta. Conforme la bicicleta se desplaza, las llantas tienen tanto movimiento de rotación como de traslación. En este caso, las llantas tienen una energía cinética adicional a la que tenían cuando la bicicleta estaba de cabeza y no se desplazaba, ya que poseen energía debida a su rotación, así como la debida a su traslación.

Consideremos solamente el caso en el que las llantas están rotando y no desplazándose. Una de las llantas estará rotando con una velocidad angular ω alrededor de un eje de rotación O que será perpendicular a dicha velocidad angular. Imaginemos que podemos tener un acercamiento tal al caucho que compone las llantas que nos permita ver sus moléculas. Observemos con

detenimiento solamente a una de ellas, que llamaremos la molécula M. M tiene una masa m_1 y se encuentra a una distancia r_1 del eje O. Conforme la llanta rota,

la molécula M tendrá una energía cinética de traslación dada como: $\frac{1}{2} m_1 v^2$

Recordemos que la rapidez lineal dentro del contexto de movimiento circular está dada por: $v = \omega r_1$

Entonces la energía cinética de traslación estaría dada por: $\frac{1}{2} m_1 (\omega r_1)^2$

Hagamos el mismo ejercicio de observación para las demás moléculas que componen la llanta cuyas masas serían $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ y sus distancias del eje de rotación son $r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$, respectivamente. Entonces, la energía cinética total de rotación estará dada por:

$$E_{K \text{ Total Rotacional}} = \frac{1}{2} m_1 (\omega r_1)^2 + \frac{1}{2} m_2 (\omega r_2)^2 + \frac{1}{2} m_3 (\omega r_3)^2 + \dots + \frac{1}{2} m_n (\omega r_n)^2$$

Nuestro factor común en la expresión anterior será la velocidad angular ω , que al sacarlo nos permite la siguiente expresión:

$$E_{K \text{ Total Rotacional}} = \frac{1}{2} \omega^2 (m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + \dots + m_n r_n^2)$$

Para un determinado cuerpo que esté rotando alrededor de un eje, el término:

$$(m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + \dots + m_n r_n^2) = \text{constante}$$

Esta constante recibe el nombre de momento de inercia, que llamaremos, alrededor del eje de rotación O.

Para el caso de que la llanta de una bicicleta solamente está rotando (y no desplazándose), la energía cinética de rotación está dada por:

$$E_{K \text{ Rotación}} = \frac{1}{2} I \omega^2$$

Donde;

ω = velocidad angular en $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$

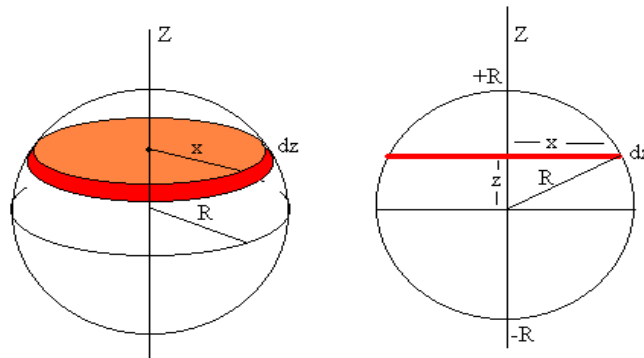
I = momento de inercia de un cuerpo en rotación (constante para un determinado eje de rotación).

3.2 Momento de Inercia

Es una medida de la inercia rotacional de un cuerpo. Cuando un cuerpo gira en torno a uno de los ejes principales de inercia, la inercia rotacional puede ser representada como una magnitud escalar llamada **Momento de Inercia**. Sin embargo, en el caso más general posible la inercia rotacional debe representarse por medio de un conjunto de momentos de inercia y componentes que forman el llamado tensor de inercia. La descripción tensorial es necesaria para el análisis de sistemas complejos, como por ejemplo en movimientos giroscópicos.

El **momento de inercia** refleja la distribución de masa de un cuerpo o de un sistema de partículas en rotación, respecto a un eje de giro. El momento de inercia sólo depende de la geometría del cuerpo y de la posición del eje de giro; pero no depende de las fuerzas que intervienen en el movimiento.

El momento de inercia desempeña un papel análogo al de la masa inercial en el caso del movimiento rectilíneo y uniforme. Es el valor escalar del momento angular longitudinal de un sólido rígido.



3.3 Segunda Ley del Movimiento en la Rotación

Suponga que analizamos el movimiento de rotación de un cuerpo rígido de la figura siguiente considere a una fuerza F que actúa sobre la pequeña masa m , indicada por la porción sombreada del objeto, a una distancia r del eje de rotación.

La fuerza F aplicada en forma perpendicular a r hace que el cuerpo gire con una aceleración tangencial:

$a_T = \alpha r$. Donde α es la aceleración angular. Partiendo de la segunda Ley de Newton del movimiento.

$$F = m a_T = m \alpha r$$

Multiplicando ambos lados de esta relación por r queda:

$$Fr = (mr^2) \alpha$$

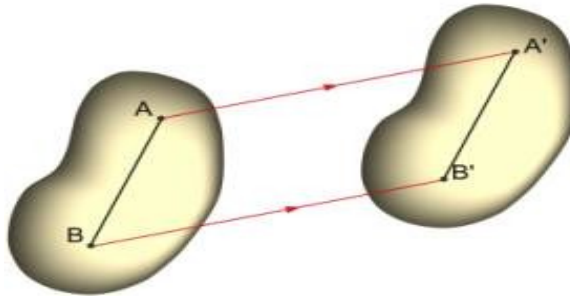
La cantidad Fr se reconoce como el momento de torsión τ producido por la fuerza F con respecto al eje de rotación. Por lo tanto, para la masa m escribimos:

$$\tau = (mr^2) \alpha$$

Se puede derivar una ecuación similar para todas las demás porciones del objeto que gira. Sin embargo, la aceleración angular será constante para cada porción independientemente de su masa o de su distancia con respecto al eje.

Por consiguiente, el momento de torsión resultante en todo el cuerpo es:

$$\tau = (\Sigma mr^2) \alpha.$$



3.4 Trabajo y Potencia Rotacionales

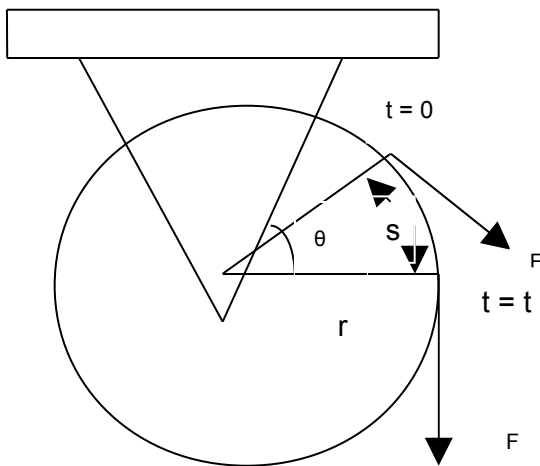
El trabajo mecánico lineal se define como el producto de un desplazamiento por la componente de la fuerza en la dirección del desplazamiento.

$$T = F \times s.$$

$$T = F s \cos \theta.$$

Y las unidades del trabajo mecánico lineal son $N.m = \text{Joule}$.

Ahora consideremos el trabajo realizado en el desplazamiento rotacional bajo la influencia de un momento de torsión resultante. Considere la fuerza F que actúa al borde de una polea de radio r , como muestra la figura siguiente:



TRABAJO Y POTENCIA EN EL MOVIMIENTO DE ROTACION.

El efecto de dicha fuerza es hacer girar la polea a través de un ángulo θ , mientras el punto en el que se aplica la fuerza se mueve una distancia s . La distancia del arco s , se relaciona con θ , mediante la ecuación:

$$s = r \theta.$$

Así, el trabajo de la fuerza F es por definición: Trabajo = $Fs = F r \theta$.

Pero Fr es el momento de torsión debido a la fuerza, por lo tanto el trabajo rotacional está dada por: **Trabajo rotacional = $\tau \theta$** .

El ángulo θ , debe expresarse en radianes en cualquier sistema de unidades de modo que el trabajo rotacional pueda expresarse en libra.ft o joules (N.m).

La energía mecánica generalmente se transmite en la forma de **trabajo rotacional**. Cuando hablamos de la potencia de salida que desarrollan las máquinas, lo que nos interesa saber es la rapidez con que se realiza el trabajo rotacional. Por lo tanto, la potencia rotacional puede determinarse dividiendo ambos lados de la ecuación **Trabajo rotacional = $\tau \theta$** , por el tiempo t requerido para que el momento de torsión τ lleve a cabo un desplazamiento θ :

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Trabajo}}{\text{tiempo}} = \frac{\tau \theta}{t}$$

Puesto que θ/t representa la velocidad angular media ω , escribimos:

Potencia Rotacional

La **potencia rotacional** instantánea se define como el producto del momento actuante por la velocidad angular (ω), **Potencia es:** el trabajo, o transferencia de energía, realizado por unidad de tiempo. El trabajo es igual a la fuerza aplicada para mover un objeto multiplicada por la distancia a la que el objeto se desplaza en la dirección de la fuerza. *La potencia* mide la rapidez con que se realiza ese trabajo.

En términos matemáticos, la potencia es igual al trabajo realizado dividido entre el intervalo de tiempo a lo largo del cual se efectúa dicho trabajo.

$$Potencia = \frac{Trabajo}{tiempo}$$

El concepto de potencia no se aplica exclusivamente a situaciones en las que se desplazan objetos mecánicamente. También resulta útil, por ejemplo, en electricidad. Imaginemos un circuito eléctrico con una resistencia. Hay que realizar una determinada cantidad de trabajo para mover las cargas eléctricas a través de la resistencia. Para moverlas más rápidamente en otras palabras, para aumentar la corriente que fluye por la resistencia se necesita más potencia.

La potencia siempre se expresa en unidades de energía divididas entre unidades de tiempo.

$$Pr = M \omega$$

$$Potencia\ rotacional = \tau \omega.$$

Observe la similitud entre esta relación y su análoga, $P = F v$ (fuerza por velocidad lineal). Ambas medidas son una potencia media.

3.5 Cantidad de Movimiento Angular

Es una magnitud física fundamental de tipo vectorial que describe el movimiento de un cuerpo en cualquier teoría mecánica. En mecánica clásica la cantidad de movimiento se define como el producto de la masa del cuerpo y su velocidad en un instante determinado.

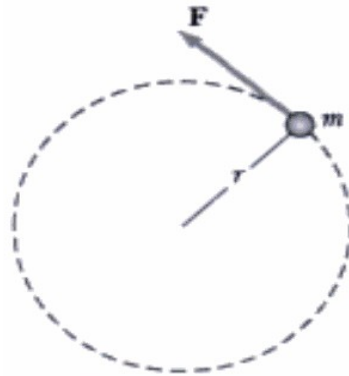
La definición concreta de cantidad de movimiento difiere de una formulación mecánica a otra:

en mecánica newtoniana se define para una partícula simplemente como el producto de su masa por la velocidad, en mecánica lagrangiana o hamiltoniana admite formas más complicadas en sistemas de



coordenadas no cartesianas, en la teoría de la relatividad la definición es más compleja aún cuando se usen sistemas inerciales, y en mecánica cuántica su definición requiere el uso de operadores auto adjuntos definidos sobre espacio vectorial de dimensión infinita.

En mecánica newtoniana, la forma más usual de introducir la cantidad de movimiento como el producto de la masa (kg) de un cuerpo material por su velocidad (m/s), para luego analizar su relación con las leyes de Newton. No obstante, después del desarrollo de la física moderna, esta manera de hacerlo no resultó la más conveniente para abordar esta magnitud fundamental. El defecto principal es que esta definición newtoniana esconde el concepto inherente a la magnitud, que resulta ser una propiedad de cualquier ente físico con o sin masa, necesaria para describir las interacciones. Los modelos actuales consideran que no sólo los cuerpos másicos poseen cantidad de movimiento, también resulta ser un atributo de los campos y los fotones.



En la figura veras un objeto de masa m está colocado a una distancia r del centro de rotación. Bajo la acción de una torca constante sobre el objeto, su rapidez angular aumentará el valor ω_0 al valor ω en un intervalo de tiempo Δt . Así, podemos escribir:

$$\tau = I\alpha = I \left(\frac{\omega - \omega_0}{\Delta t} \right) = \frac{I\omega - I\omega_0}{\Delta t}$$

Si definimos el producto: $L = I\omega$

Como la **cantidad de movimiento angular** del objeto, entonces podemos escribir:

$$\tau = \frac{\text{cambio de cantidad de movimiento angular}}{\text{intervalo de tiempo}} = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

En la ecuación que se muestra arriba es la análogo rotacional de la segunda Ley Newton, $\tau = \frac{\Delta L}{\Delta t}$, y expresa que **la torca que actúa sobre un objeto es igual a la rapidez de cambio de cantidad de movimiento angular de objeto.**

Cuando la torca externa neta ($\Sigma \tau$) que actúa sobre el sistema es cero, visto en la ecuación anterior que $\Delta L / \Delta t = 0$. En este caso, la rapidez de cambio de la cantidad de movimiento angular del sistema es cero. Por lo tanto, la cantidad de movimiento angular permanece constante en el tiempo. Esto es: $L_i = L_f$ Si $\Sigma \tau = 0$

La Cantidad de movimiento angular de un sistema se conserva cuando la torca externa neta actúa sobre el sistema es cero. Esto es, cuando $\Sigma \tau = 0$, la cantidad de movimiento angular inicial es igual a la cantidad de movimiento angular final.

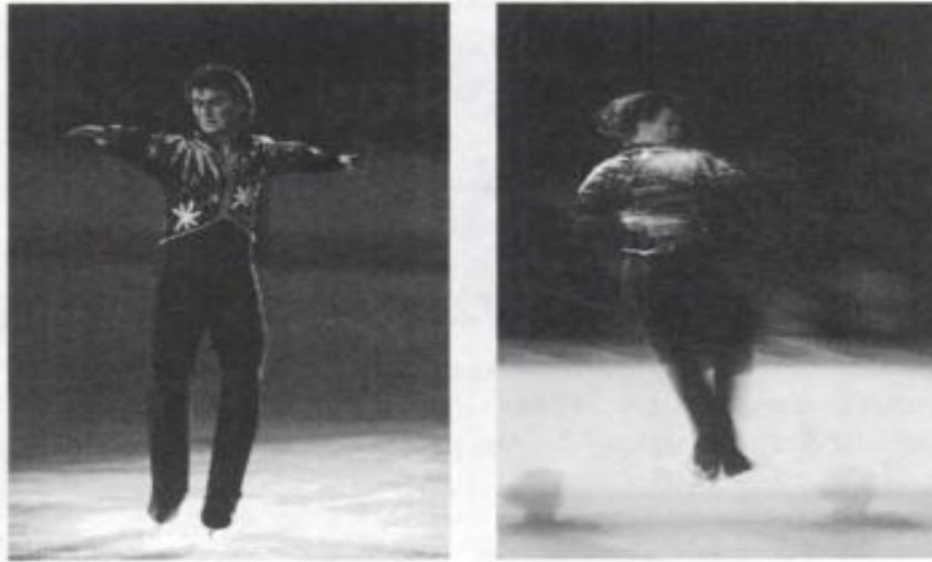
En la ecuación anterior nos da una tercera Ley de conservación para sumar a nuestra lista **conservación de cantidad de movimiento angular**. Ahora podemos expresar que la energía, la cantidad de movimiento lineal y la cantidad de movimiento angular de un sistema aislado permanecen constantes.

Si un sistema giratorio aislado experimenta un cambio en la cantidad de movimiento de inercia, cambiará su rapidez angular. En esta situación, la conservación de cantidad de movimiento angular requiere que

$$I_i \omega_i = I_f \omega_f \quad \text{Si} \quad \Sigma \tau = 0$$

Observe que la conservación de cantidad de movimiento angular se aplica a objetos microscópicos tales como planetas y personas, así como a átomos y moléculas. Hay numerosos ejemplos de conservación de cantidad de movimiento angular, algunos de los cuales son familiares para el lector, que puede haber observado un patinador artístico en el final de su acto. La rapidez angular del patinador aumenta cuando acerca sus manos y sus pies al tronco de su cuerpo, como en la figura. Esto es, $\omega_f > \omega_i$. Si se desprecia la fricción entre el patinador y el hielo, vemos que sobre él no actúa pares motores externos. El momento de inercia de su cuerpo decrece cuando acerca sus manos y pies al cuerpo. El aumento resulta de la rapidez angular se explica como sigue: debido a que la

cantidad de movimiento angular debe conservarse, el producto $I\omega$ es constante y un decremento del movimiento de inercia del patinador debe ser compensado por un correspondiente aumento de su rapidez angular.



3.6 Conservación de la Cantidad de Movimiento 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. Su importancia en todas ellas se debe a que está relacionada con las simetrías rotacionales de los sistemas físicos. Bajo ciertas condiciones de simetría rotacional de los sistemas es una magnitud que se mantiene constante con el tiempo a medida que el sistema evoluciona, lo cual da lugar a una ley de conservación conocida como ley de conservación del momento angular. El momento angular para un cuerpo rígido que rota respecto a un eje, es la resistencia que ofrece dicho cuerpo a la variación de la velocidad angular. En el Sistema Internacional de Unidades el momento angular se mide en $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$.

Esta magnitud desempeña respecto a las rotaciones un papel análogo al momento lineal en las traslaciones. Sin embargo, eso no implica que sea una magnitud exclusiva de las rotaciones; por ejemplo, el momento angular de una partícula que se mueve libremente con velocidad constante también se conserva.



3.7 Momento de Torsión y Equilibrio Rotacional

El momento de torsión resultante con respecto a un eje particular A es la suma algebraica de los momentos de torsión producidos por cada fuerza.

Equilibrio rotacional: Un cuerpo en equilibrio rotacional no tiene un momento de torsión resultante que actúe sobre él. En tales casos, la suma de todos los momentos de torsión respecto a cualquier eje debe ser igual a cero. Los ejes pueden elegirse en cualquier parte puesto que el sistema no tiene tendencia a girar respecto a cualquier punto. Ésta se llama segunda condición de equilibrio y puede escribirse como:

$\sum \mathbf{T} = 0$ La suma de todos los momentos de torsión respecto a cualquier punto es cero.

3.8 Condiciones de Equilibrio

Es la suma algebraica de las fuerzas aplicadas a un cuerpo en una dirección cualquiera es igual a cero.

Aplicando la segunda ley de Newton en un cuerpo cualquiera en reposo todas las fuerzas aplicadas se eliminan de tal manera que da como resultado cero en la ecuación lo cual significa que la aceleración es también igual a cero lo cual hace que de cero en el producto con la masa.

La **primera condición de equilibrio** indica que un cuerpo está en equilibrio de traslación si la resultante de todas las fuerzas es cero.

La **segunda condición de equilibrio** indica que un cuerpo está en equilibrio rotacional si la suma de los momentos de torsión o torcas de las fuerzas que actúan sobre él respecto a cualquier punto es cero.

3.9 Momento de Torsión Resultante

Reconocer la condición del equilibrio rotacional.

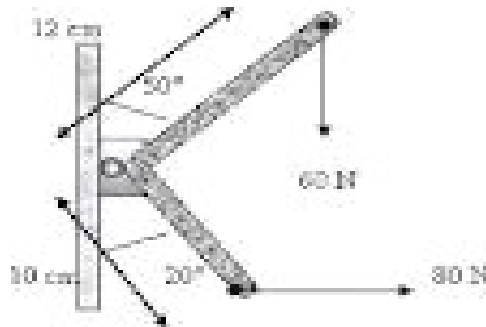
Para que un cuerpo esté en equilibrio de rotación, debe cumplirse la segunda condición de equilibrio que dice: “para que un cuerpo esté en equilibrio de rotación, la suma de los momentos o torcas de las fuerzas que actúan sobre él

respecto a cualquier punto debe ser igual a cero". Matemáticamente esta ley se expresa con la ecuación:

$$\Sigma M = 0$$

Definir los conceptos de brazo de palanca, momento de torsión.

Un brazo de palanca es un elemento rígido que permite aplicar una gran fuerza con poco esfuerzo y el momento de torsión es una propiedad geométrica de la sección transversal de una viga o prisma mecánico que relaciona la magnitud del momento torso con las tensiones tangenciales sobre la sección transversal.



3.10 Equilibrio Rotacional

Es aquel equilibrio que ocurre cuando un cuerpo sufre un movimiento de rotación o giro, al igual que el equilibrio trasnacional debe también equilibrarse; surge en el momento en que todas las torcas que actúan sobre el cuerpo sean nulas, o sea, la sumatoria de las mismas sea igual a cero.

$$\Sigma M_x = 0$$

$$\Sigma M_y = 0$$

Su fuerza se mide en torques o torcas es una magnitud vectorial, obtenida como producto vectorial del vector de posición del punto de aplicación de la fuerza con respecto al punto al cual se toma el momento por la fuerza. Explicado de una forma mas sencilla el troqué es el producto entre la fuerza aplicada y la distancia a la cual se la aplica medida, generalmente, desde el punto que permanece fijo. Así como una fuerza provoca una traslación, un troqué produce una rotación. El troqué mide, de alguna manera, el estado de rotación que provoca la fuerza o la tendencia a producir una rotación. Del mismo modo que puede evitarse el desplazamiento de un objeto aplicando una fuerza contraria a la que lo hace mover, puede evitarse una rotación contrario al que lo hace girar aplicando un troqué.



3.11 Centro de gravedad

Es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre las distintas porciones materiales de un cuerpo, de tal forma que el momento respecto a cualquier punto de esta resultante aplicada en el centro de gravedad es el mismo que el producido por los pesos de todas las masas materiales que constituyen dicho cuerpo.

En otras palabras, el centro de gravedad de un cuerpo es el punto respecto al cual las fuerzas que la gravedad ejerce sobre los diferentes puntos materiales que constituyen el cuerpo producen un momento resultante nulo.

El centro de gravedad de un cuerpo no corresponde necesariamente a un punto material del cuerpo. Así, el centro de gravedad de una esfera hueca está situado en el centro de la esfera que, obviamente, no pertenece al cuerpo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cortes Juárez Alejandro, Sandoval Espinoza José Antonio. Física 1 Basado en competencias, bachillerato. Ed. Progreso.
2. Halliday, David, Resnick Robert y Krane Kenneth. Física 1. México. CECSA.1994
3. Hewitt, Paul G. Física Conceptual. Ed. Pearson. Décima edición. México 2007.
4. Serway Jewett. Física para Ciencias e Ingeniería con Física Moderna, Vol.2, 7^{ma} Edición.
5. Suárez Carlos, Física 1 Basado en competencias, bachillerato. Ed. Progreso.
6. Tippens, Paul E. Física Conceptos y aplicaciones. Séptima edición. Ed. Mc Graw-Hill. México 2007.

ACADEMIA DE FÍSICA

ING. AGUILAR EUFRACIO VÍCTOR MANUEL	A - 203 Biblioteca
ING. CALÁN PERERA MÓNICA ALEJANDRINA	A - 309 Tercer piso Dirección
ING. MAY MUÑOZ JOSÉ DAVID	A – 210B Biblioteca
ING. MORENO HERNÁNDEZ MARDOQUEO	A – 302 Tercer piso Dirección
ING. MURGUÍA RODRÍGUEZ GERARDO CIRO	A – 307 Tercer piso Dirección
ING. PÉREZ SÁNCHEZ JOSEFINA	A – 311 Tercer piso Dirección