

2. ESTÁTICA

INTRODUCCIÓN

Muchas veces nos confundimos entre lo que es Estática y lo que es Dinámica, por eso antes de empezar con el estudio del equilibrio de cuerpos es necesario diferenciar entre dichas ramas de la Mecánica. La Estática estudia el equilibrio de los cuerpos, es decir, aquellos cuerpos que se encuentran tanto en reposo como en movimiento con velocidad constante; mientras que la Dinámica estudia los cuerpos acelerados, aunque se puede establecer el equilibrio dinámico mediante la introducción de las fuerzas de inercia.

Para detallar y explicar la parte teórica tomaremos algunos ejemplos de la vida cotidiana en los cuales se aplican principios físicos, como:



- ¿Cómo logra mantenerse en equilibrio en el vuelo un esquiador?
- ¿Por qué vuela el avión?
- ¿Por qué no se cae la Torre Pisa?
- ¿Cómo logra caer de pie un gato?
- ¿Cómo logra el equilibrio en el vuelo un Búmeran?
- ¿Cómo se logra el equilibrio en el baile?

Se ha demostrado que la Física no es solamente abstracta, sino que es también práctica y ocurre en la vida diaria, y el estudio del equilibrio es un paso previo para el estudio de la Dinámica y otras ramas de la Física.

La palabra **estática** se deriva del griego **statikós** que significa **inmóvil**. En virtud de que la dinámica estudia la causa que originan la causa del reposo o movimiento de los cuerpos, tenemos que la **estática** queda comprendida dentro del estudio de la dinámica y **analiza las situaciones que permiten el equilibrio de los cuerpos**.

En general, **la estática estudia aquellos casos en que los cuerpos sometidos a la acción de varias fuerzas no se mueven, toda vez que éstas se equilibran entre sí**. También considera los casos en que la resultante de las fuerzas que actúan en sobre un cuerpo en movimiento es nula y el cuerpo sigue desplazándose con movimiento rectilíneo uniforme.

Conceptos Fundamentales de la Mecánica

Antes de iniciar el estudio del “Equilibrio de Cuerpos”, es importante comprender el significado de ciertos conceptos y principios fundamentales.

Cantidades Básicas: Las cuatro cantidades siguientes se utilizan en el equilibrio: Longitud: La *longitud* es necesaria para ubicar un punto en el espacio y de esta forma describir el tamaño de un sistema físico. Una vez que se define una unidad estándar de longitud, puede definirse cuantitativamente distancias y propiedades geométricas de un cuerpo como múltiplos de esa unidad de longitud. *Tiempo:* El tiempo se concibe como una sucesión de eventos. Aunque los principios de la Estática son independientes del tiempo, esta cantidad definitivamente juega un papel importante en el estudio de la Dinámica. *Masa:* La masa es una propiedad de la materia por la cual podemos comparar la acción de un cuerpo con la de otro. Esta propiedad se manifiesta como una atracción gravitacional entre dos cuerpos y proporciona una medida cuantitativa de la resistencia que presenta la materia al cambio de velocidad. *Fuerza:* En general, la fuerza es considerada como un “jalón” o “tirón” ejercido por un cuerpo sobre otro. Esta interacción puede ocurrir cuando existe un contacto directo entre los cuerpos, por ejemplo, una persona empujando sobre una pared. Puede presentarse también a lo largo de una distancia determinada cuando los cuerpos se separan físicamente. Como ejemplos de este último caso están incluidas las fuerzas eléctricas, magnéticas y gravitacionales. En cualquier caso, una fuerza se caracteriza por su magnitud, dirección y punto de aplicación. Idealizaciones: Los modelos o idealizaciones se utilizan en el estudio del equilibrio con la finalidad de simplificar la aplicación de la teoría. Se definirá algunas de las idealizaciones más importantes.

Partícula: Una partícula posee masa pero de tamaño poco significativo. Por ejemplo, el tamaño de la Tierra es insignificante comparado con el tamaño de su órbita, y por lo tanto la Tierra se puede tomar como una partícula cuando se estudia su movimiento orbital en un modelo. Cuando un cuerpo se idealiza como una partícula, los principios de la Mecánica se simplifican de manera importante, debido a que la geometría del cuerpo no se tomará en cuenta en el análisis del problema.

Cuerpo Rígido: Un cuerpo rígido puede ser considerado como un conjunto formado por un gran número de partículas que permanecen separadas entre sí por una distancia fija antes y después de aplicar la carga. Como resultado, las propiedades del material de que está hecho cualquier cuerpo que se suponga rígido no se tendrá que considerar cuando se analicen las fuerzas que actúan sobre éste. En la mayoría de los casos, las deformaciones reales que se presentan en estructuras, máquinas, mecanismos, etcétera, son relativamente pequeñas, y la suposición de cuerpo rígido es apropiada para efectos de análisis.

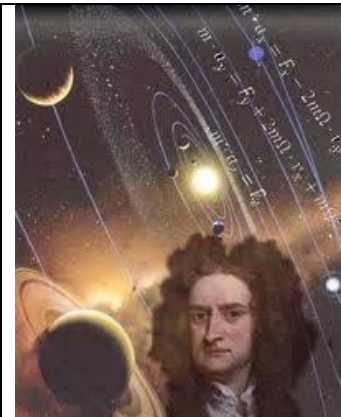
Fuerza Concentrada: Una fuerza concentrada representa el efecto de una carga la cual se supone que actúa en algún punto de un cuerpo. Podemos representar este efecto por medio de una fuerza concentrada, siempre y cuando el área sobre la cual se aplica la carga sea relativamente pequeña comparada con el tamaño del cuerpo.

La estática determina las condiciones bajo las cuales un cuerpo actuado por diversas fuerzas permanece en equilibrio, es decir en reposo. El desarrollo de la estática viene desde mucho tiempo atrás, mucho antes del desarrollo de la dinámica. Algunos de sus principios fueron formulados por los egipcios y los babilónicos en problemas relacionados con la construcción de las pirámides y de templos. Entre los más antiguos escritos sobre este tema se puede mencionar a Arquímedes quién formuló los principios del equilibrio de fuerzas actuando en palancas y algunos principios de la hidrostática. Por estas razones no creemos conveniente considerar a la estática como un caso particular de la dinámica.

La principal razón para que desarrollo de la dinámica fuera posterior, está directamente relacionada con el desarrollo de los métodos para medir el tiempo, es decir del desarrollo de los relojes generalmente ocurre algo similar. Un avance en una teoría permite la construcción de nuevos aparatos de medición que a su vez ayudan a perfeccionar la teoría y así sucesivamente. El desarrollo de nuevas tecnologías permite el avance en las teorías y recíprocamente. ¿Qué fue primero?. Nuestra posición es que lo primero es la observación del mundo natural mediante los instrumentos naturales básicos, nuestros sentidos.

Leyes del Movimiento de Newton:

El tema de la mecánica del cuerpo rígido se encuentra basado en las tres leyes del movimiento de Newton, cuya validez se sustenta en la observación experimental. Estas leyes se aplican al movimiento de una partícula, medido desde un marco de referencia no acelerado no acelerado, y pueden definirse brevemente de la forma siguiente:

	<p>Primera Ley: Una partícula que se encuentra originalmente en reposo, o moviéndose en línea recta con velocidad constante, permanecerá en este estado siempre y cuando una fuerza desbalanceada no actúe sobre ésta.</p>
	<p>Segunda Ley: Una partícula sobre la cual actúa una fuerza desbalanceada F experimenta una aceleración a que posee la misma dirección que la fuerza y una magnitud que es directamente proporcional a la misma. Si F se aplica a una partícula de masa m, esta ley puede expresarse matemáticamente como $F = ma$</p>
	<p>Tercera Ley: Las fuerzas de acción y repulsión entre dos partículas son iguales en intensidad, opuestas en sentido y colineales.</p>

Estabilidad y Equilibrio Un cuerpo en equilibrio estático, si no se le perturba, no sufre aceleración de traslación o de rotación, porque la suma de todas las fuerzas u la suma de todos los momentos que actúan sobre él son cero. Sin embargo, si el cuerpo se desplaza ligeramente, son posibles tres resultados:

- (1) el objeto regresa a su posición original, en cuyo caso se dice que está en equilibrio estable;
- (2) el objeto se aparta más de su posición, en cuyo caso se dice que está en equilibrio inestable; o bien,
- (3) el objeto permanece en su nueva posición, en cuyo caso se dice que está en equilibrio neutro o indiferente.

El momento de una fuerza se explica de la siguiente manera: Dado un brazo de palanca, con un punto de aplicación en un extremo y una fuerza en el otro, el momento de esa fuerza es el producto de la fuerza por la distancia al punto de aplicación.

Daremos los ejemplos siguientes: Una pelota colgada libremente de un hilo está en equilibrio estable porque si se desplaza hacia un lado, rápidamente regresará a su posición inicial. Por otro lado, un lápiz parado sobre su punta está en equilibrio inestable; si su centro de gravedad está directamente

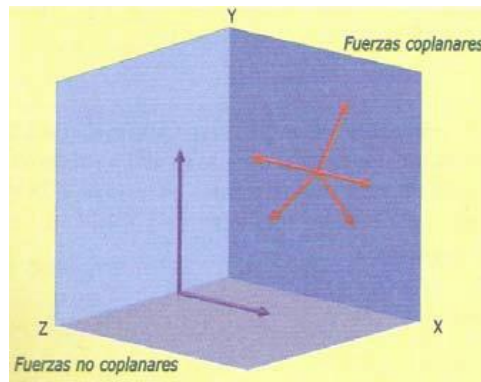
arriba de su punta la fuerza y el momento netos sobre él serán cero, pero si se desplaza aunque sea un poco, digamos por alguna corriente de aire o una vibración, habrá un momento sobre él y continuará cayendo en dirección del desplazamiento original. Por último, un ejemplo de cuerpo en equilibrio indiferente es una esfera que descansa sobre una mesa horizontal; si se desplaza ligeramente hacia un lado permanecerá en su posición nueva.

En la mayor parte de los casos como en el diseño de estructuras y en trabajos con el cuerpo humano, nos interesa mantener equilibrio estable o balance, como decimos a veces. En general un objeto cuyo centro de gravedad esté debajo de su punto de apoyo, como por ejemplo una pelota sujeta de un hilo, estará en equilibrio estable. Si el centro de gravedad está arriba de la base o soporte, tenemos un caso más complicado. Por ejemplo, el bloque que se para sobre su extremo, si se inclina ligeramente regresará a su estado original, pero si se inclina demasiado, caerá. El punto crítico se alcanza cuando el centro de gravedad ya no cae sobre la base de soporte. En general, un cuerpo cuyo centro de gravedad está arriba de su base de soporte estará en equilibrio estable si una línea vertical que pase por su centro de gravedad pasa dentro de su base de soporte. Esto se debe a que la fuerza hacia arriba sobre el objeto, la cual equilibra a la gravedad, sólo se puede ejercer dentro del área de contacto, y entonces, si la fuerza de gravedad actúa más allá de esa área, habrá un momento neto que volteará el objeto. Entonces la estabilidad puede ser relativa. Un ladrillo que yace sobre su cara más amplia es más estable que si yace sobre su extremo, porque se necesitará más esfuerzo para hacerlo voltear. En el caso extremo del lápiz, la base es prácticamente un punto y la menor perturbación lo hará caer. En general, mientras más grande sea la base y más abajo esté el centro de gravedad, será más estable el objeto.

En este sentido, los seres humanos son mucho menos estables que los mamíferos cuadrúpedos, los cuales no sólo tienen mayor base de soporte por sus cuatro patas, sino que tienen un centro de gravedad más bajo. La especie humana tuvo que desarrollar características especiales, como ciertos músculos muy poderosos, para poder manejar el problema de mantenerse parados y al mismo tiempo estable. A causa de su posición vertical, los seres humanos sufren de numerosos achaques, como el dolor de la parte baja de la espalda debido a las grandes fuerzas que intervienen. Cuando camina y efectúa otros tipos de movimientos, una persona desplaza continuamente su cuerpo, de modo que su centro de gravedad esté sobre los pies, aunque en el adulto normal ello no requiera de concentración de pensamiento. Un movimiento tan sencillo, como el inclinarse, necesita del movimiento de la cadera hacia atrás para que el centro de gravedad permanezca sobre los pies, y este cambio de posición se lleva a cabo sin reparar en él. Para verlo párese usted con sus piernas y espalda apoyadas en una pared y trate de tocar los dedos de sus pies. Las personas que cargan pesos grandes ajustan en forma automática su postura para que el centro de gravedad de la masa total caiga sobre sus pies.

Fuerzas coplanares y no coplanares. Principio de transmisibilidad de las fuerzas

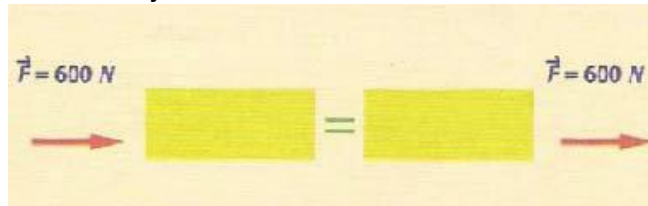
Las fuerzas pueden clasificarse en **coplanares** si se encuentran en el mismo plano, o sea, en dos ejes, y **no coplanares** si están en diferentes planos, es decir, entre tres ejes.



El **principio de transmisibilidad** del punto de aplicación de las fuerzas dice:

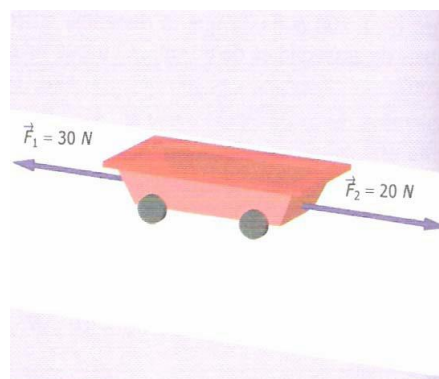
El efecto externo de una fuerza no se modifica cuando se traslada en su misma dirección, es decir, sobre su propia línea de acción.

Por ejemplo, si deseamos mover un cuerpo horizontalmente aplicando una fuerza, el resultado será el mismo si lo empujamos o si lo jalamos.



Sistema de fuerzas colineales

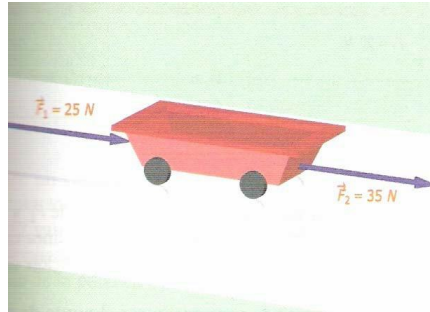
Un sistema de fuerzas **colineales** se forma cuando **sobre un cuerpo actúan dos o más fuerzas con una misma línea de acción**, es decir, en la misma dirección. Por ejemplo, si sobre un carrito aplicamos dos o más fuerzas colineales, la resultante de las mismas dependerá del sentido en que estén actuando.



La resultante de las dos fuerzas será igual a la suma algebraica:

$$\vec{R} = \sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = -30 \text{ N} + 20 \text{ N} = -10 \text{ N}$$

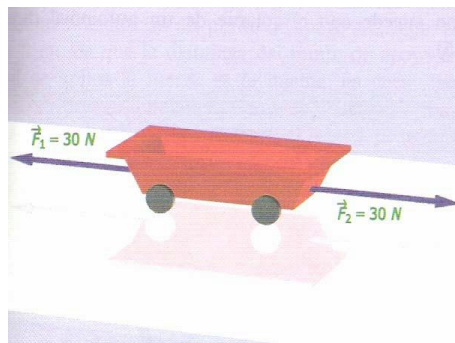
Como la resultante tiene signo negativo nos indica que el carrito se moverá hacia la izquierda con una fuerza neta o resultante cuyo valor es de 10 N.



La magnitud del resultante de las dos fuerzas colineales será igual a la suma algebraica:

$$\vec{R} = \Sigma \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 25 \text{ N} + 35 \text{ N} = 60 \text{ N}$$

Como las dos fuerzas colineales actúan hacia la derecha su signo es positivo y producen un resultante cuyo valor es de 60 N.



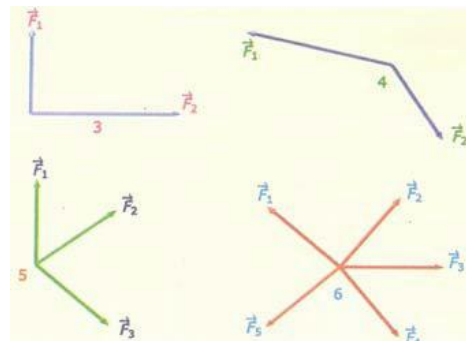
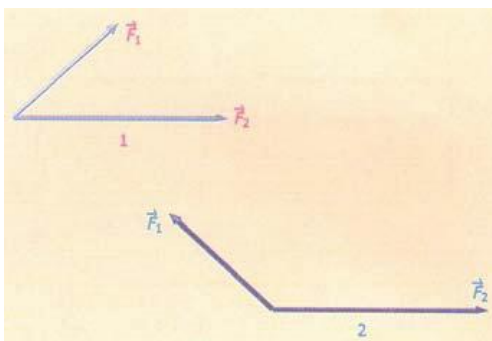
La resultante de las dos fuerzas colineales será igual a su suma algebraica:

$$\vec{R} = \Sigma \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = -30 \text{ N} + 30 \text{ N} = 0$$

Puesto que al sumar las dos fuerzas la resultante es igual a cero, el carrito estará en equilibrio o en reposo, toda vez que las fuerzas se equilibran entre sí.

Sistema de fuerzas concurrentes

Las **fuerzas concurrentes** son **aquellas cuyas direcciones o líneas de acción pasan por un mismo punto**. También se les suele llamar angulares por que forman un ángulo entre ellas.



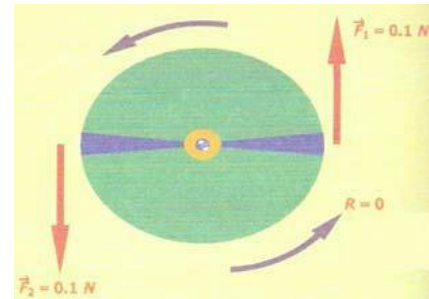
Cuando en forma grafica se desean sumar dos fuerzas concurrentes, se utiliza el método del paralelogramo. Para sumar más de dos fuerzas concurrentes, se utiliza el método del polígono.

Fuerzas paralelas

Si sobre un cuerpo rígido actúan **dos o más fuerzas** cuyas líneas de acción son **paralelas la resultante tendrá un valor igual a la suma de ellas con su línea de acción también paralela a las fuerzas, pero su punto de aplicación debe ser determinado con precisión para que produzca el mismo efecto que las componentes.**

Par de fuerzas

Se produce un par de fuerzas cuando dos fuerzas paralelas de la misma magnitud pero de sentido contrario actúan sobre un cuerpo. Su resultante es igual a cero y su punto de aplicación está en el centro de la línea que une a los puntos de aplicación de las fuerzas permanentes. No obstante que la fuerza es cero, un par de fuerzas produce un **movimiento de rotación** tal como sucede con el volante de un automóvil.



La resultante es igual a la suma de las dos fuerzas:

$$\vec{R} = \Sigma \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0.1 \text{ N} + (-0.1 \text{ N}) = 0$$

Sin embargo todos sabemos que el volante gira; y la razón es que los efectos que una fuerza provocan en un movimiento de rotación, depende del punto donde se aplique.

Momento de una fuerza

El **brazo de palanca** de una fuerza es la **distancia perpendicular desde la línea de acción de fuerza al eje de rotación.**

El **momento de la fuerza también llamado torca** se define como la **capacidad que tiene una fuerza para hacer girar un cuerpo.**

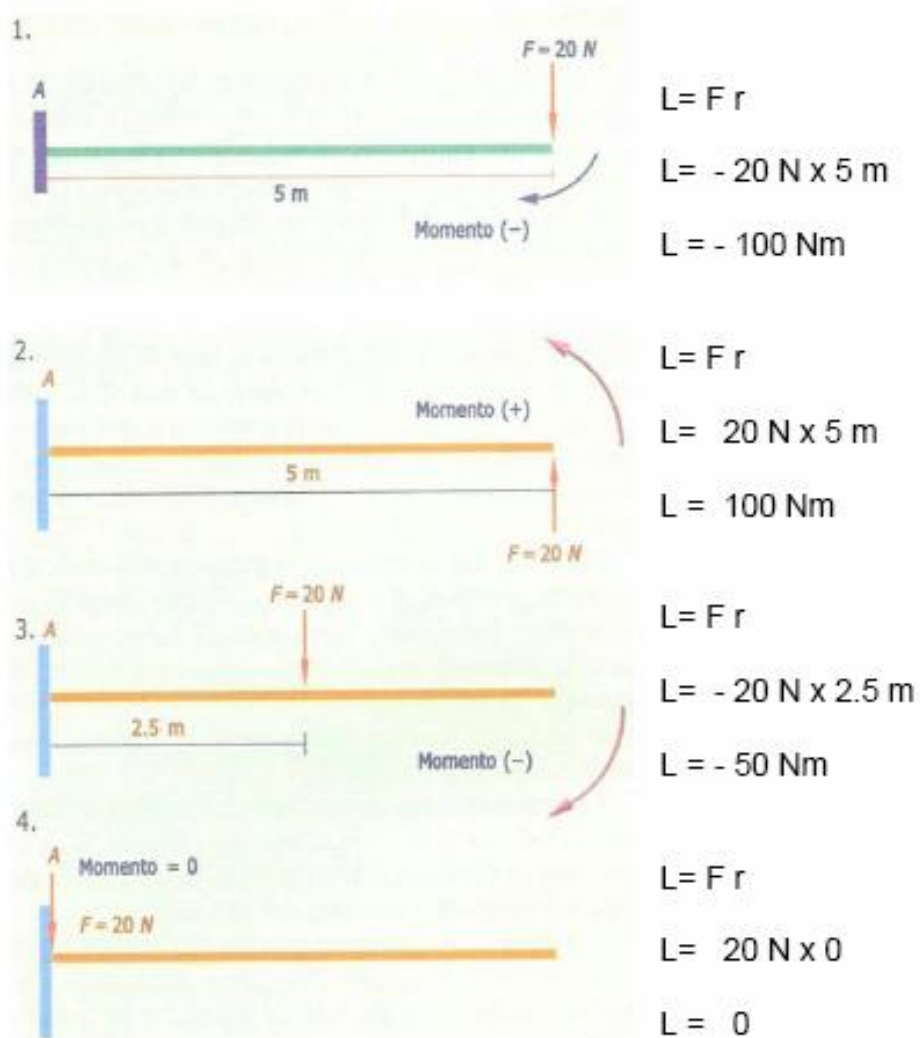
El **momento de una fuerza (L)** se calcula multiplicando el valor de la fuerza (F) por de brazo de palanca (r).

$$L = F r$$

Las unidades del momento de torsión son unidades de fuerza por distancia, por ejemplo, Newton-metro (**Nm**).

El momento de fuerza es **positivo** cuando su tendencia hace girar un cuerpo en sentido contrario al giro de las manecillas del reloj, y **negativo** cuando la tendencia de la fuerza aplicada es hacer girar el cuerpo en sentido de las manecillas del reloj.

Ejemplos:



Un cuerpo está en equilibrio de rotación si no tiene ninguno momento de torsión actuando sobre él. El eje puede escogerse en cualquier parte porque el sistema no tiende a girar respecto de ningún punto.

La suma algebraica de todos los momentos de torsión respecto de cualquier punto es cero.

Condiciones de equilibrio

Un cuerpo puede estar en reposo (equilibrio estático) o en movimiento con velocidad constante (equilibrio trasnacional).

Para que un cuerpo permanezca en estado de reposo o en equilibrio debe cumplir las siguientes condiciones:

1. Para que un cuerpo esté en equilibrio de traslación, la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre él debe ser cero.

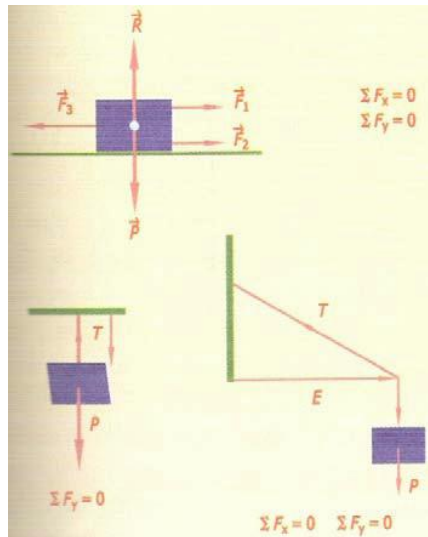
$$\vec{R} = 0$$

La suma algebraica de las componentes horizontales "x" debe ser igual a cero.

$$\Sigma \vec{F}_x = 0$$

La suma algebraica de las componentes verticales "y" debe ser igual a cero.

$$\Sigma \vec{F}_y = 0$$



2. Para que un cuerpo esté en equilibrio de rotación, la suma de todos los momentos o torcas de las fuerzas que actúan sobre él respecto a cualquier punto debe ser igual a cero.

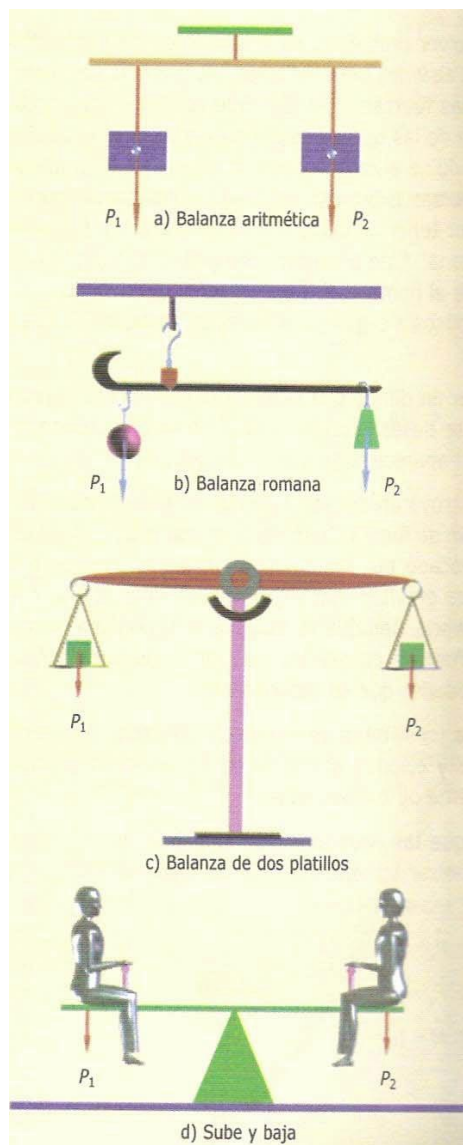
$$\Sigma \vec{L} = 0$$

Un sistema de fuerzas que no este en equilibrio puede ser equilibrado colocando fuerza de igual magnitud y dirección de la fuerza resultante, pero en sentido contrario, esta fuerza se llama **equilibrante**.

La **fuerza equilibrante** es una fuerza que tiene la misma magnitud y dirección de la fuerza resultante, pero de sentido contrario y es una fuerza capaz de equilibrar a todo un sistema de fuerzas.

Peso es la fuerza gravitacional que ejerce la Tierra sobre los cuerpos.

El peso no tiene un punto de contacto con el cuerpo pero ejerce una fuerza hacia abajo por lo que la dirección del vector del peso siempre es vertical hacia abajo.



EQUILIBRIO DE UNA PARTÍCULA

En las secciones anteriores se expusieron los métodos para determinar la resultante de varias fuerzas que actúan sobre una partícula. Aunque no ha ocurrido no ha ocurrido en ninguno de los problemas examinados hasta ahora, es posible que la resultante sea cero. En estos casos, el efecto neto de las fuerzas dadas es cero y se dice que la partícula está en equilibrio. Entonces se tiene la siguiente definición:

“Si la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre una partícula es cero, la partícula se encuentra en equilibrio”.

Una partícula sujeta a la acción de dos fuerzas estará en equilibrio si ambas tienen la misma magnitud, la misma línea de acción y sentidos opuestos. Entonces la resultante de las fuerzas es cero.

Otro caso de una partícula en equilibrio se muestra en la figura 2.27, donde aparecen cuatro fuerzas que actúan sobre A. En la figura 2.28, la resultante de las fuerzas dadas se determina por la regla del polígono. Empezando en el punto O con F_1 y acomodando las fuerzas punta a cola, se encuentra que la punta de F_4 coincide con el punto de partida O, así que la resultante R del sistema de fuerzas dado es cero y la partícula está en equilibrio.

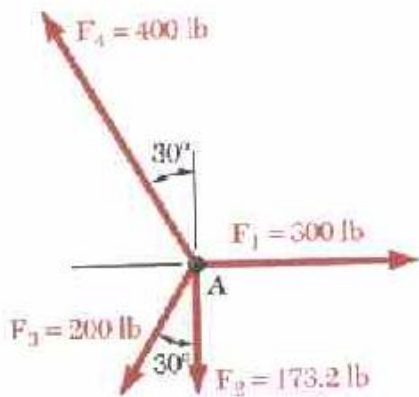


Figura 2.27

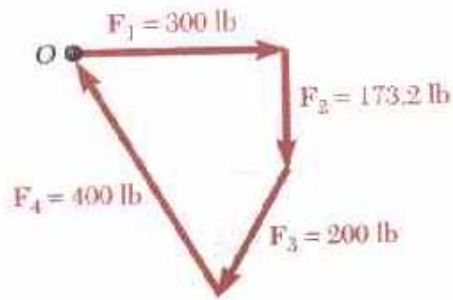


Figura 2.28

El polígono cerrado de la figura 2.28 proporciona una expresión gráfica del equilibrio de A. Para expresar en forma algebraica las condiciones del equilibrio de una partícula se escribe

$$R = \sum F = 0 \quad (2.14)$$

Descomponiendo cada fuerza F en sus componentes rectangulares, se tiene:

$$\sum (F_{xi} + F_{yj}) = 0 \quad \left(\sum F_x \right)_i + \left(\sum F_y \right)_j = 0$$

Se concluye que las condiciones necesarias y suficientes para el equilibrio de una partícula son:

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0$$

Regresando a la partícula mostrada en la figura 2.27, se comprueba que las condiciones de equilibrio se satisfacen. Se escribe:

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 300N - (200N)\text{Sen}30^\circ - (400N)\text{Sen}30^\circ \\ &= 300N - 100N - 200N = 0 \\ \sum F_y &= -173.2N - (200N)\text{Cos}30^\circ + (400N)\text{Cos}30^\circ \\ &= -173.2N - 173.2N + 346.4N = 0 \end{aligned}$$

PRIMERA LEY DEL MOVIMIENTO DE NEWTON

A finales del siglo XVII Sir Isaac Newton formuló tres leyes fundamentales en las que se basa la ciencia de la mecánica. La primera de estas leyes puede enunciarse como sigue:

“Si la fuerza resultante que actúa sobre una partícula es cero, la partícula permanecerá en reposo (si originalmente estaba en reposo) o se moverá con velocidad constante en línea recta (si originalmente estaba en movimiento)”.

De esta ley y de la definición de equilibrio expuesta en la sección anterior, se deduce que una partícula en equilibrio puede estar en reposo o moviéndose en línea recta con velocidad constante. En la siguiente sección se considerarán varios problemas concernientes al equilibrio de una partícula.

PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL EQUILIBRIO DE UNA PARTÍCULA. DIAGRAMAS DE CUERPO LIBRE

En la práctica, un problema de ingeniería mecánica se deriva de una situación física real. Un esquema que muestra las condiciones físicas del problema se conoce como diagrama espacial.

Los métodos de análisis estudiados en las secciones anteriores se aplican a un sistema de fuerzas que actúan sobre una partícula. Un gran número de problemas que tratan de estructuras pueden reducirse a problemas concernientes al equilibrio de una partícula. Esto se hace escogiendo una partícula significativa y dibujando un diagrama separado que muestra a ésta y a todas las fuerzas que actúan sobre ella. Dicho diagrama se conoce como diagrama de cuerpo libre.

Por ejemplo, considérese el embalaje de madera de 75 kg mostrado en el diagrama espacial de la figura 2.29. Este descansaba entre dos edificios y ahora es levantado hacia la plataforma de un camión que lo quitará de ahí. El embalaje está soportado por un cable vertical unido en A a dos cuerdas que pasan sobre poleas fijas a los edificios en B y C. Se desea determinar la tensión en cada una de las cuerdas AB y AC.

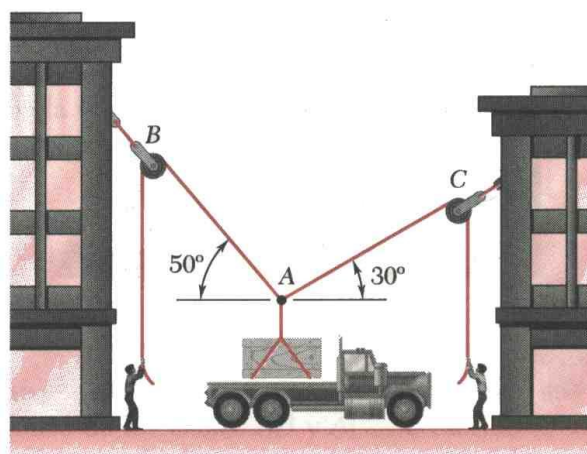


Figura 2.29

Para resolver el problema debe trazarse un diagrama de cuerpo libre que muestre a la partícula en equilibrio. Puesto que se analizan las tensiones en las cuerdas, el diagrama de cuerpo libre debe incluir al menos una de estas tensiones y si es posible a ambas. El punto A parece ser un buen cuerpo libre para este problema. El diagrama de cuerpo libre del punto A se muestra en la figura 2.29b. Ésta muestra al punto A y las fuerzas ejercidas sobre A por el cable vertical y las dos cuerdas. La fuerza ejercida por el cable está dirigida hacia abajo y es igual al peso W del contenedor. De acuerdo con la ecuación (1.4), se escribe

$$W = mg = (75 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2) = 736 \text{ N}$$

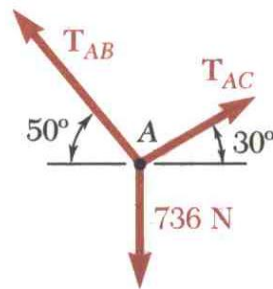


Figura 2.29

Y se indica este valor en el diagrama de cuerpo libre. Las fuerzas ejercidas por las dos cuerdas no se conocen, pero como son iguales en magnitud a la tensión en la cuerda AB y en la cuerda AC, se representan con T_{AB} y T_{AC} y se dibujan hacia fuera de A en las direcciones mostradas por el diagrama espacial. No se incluyen otros detalles en el diagrama de cuerpo libre.

Puesto que el punto A está en equilibrio, las tres fuerzas que actúan sobre él deben formar un triángulo cerrado cuando se dibujan de punta a cola. Este triángulo de fuerzas ha sido dibujado en la figura 2.29c. Los vectores T_{AB} y T_{AC} de las tensiones en las cuerdas pueden encontrarse gráficamente si el triángulo se dibuja a escala, o pueden encontrarse mediante la trigonometría. Si se escoge el último método de solución, con la ley de los senos se escribe

$$\frac{T_{AB}}{\text{Sen}60^\circ} = \frac{T_{AC}}{\text{Sen}40^\circ} = \frac{736\text{N}}{\text{Sen}80^\circ}$$

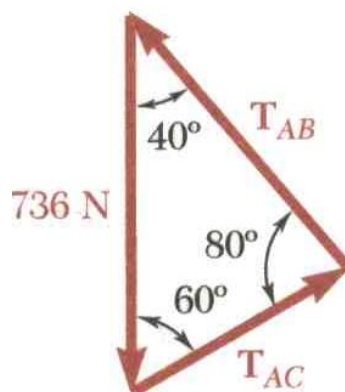


Figura 2.29

Cuando una partícula está en equilibrio bajo tres fuerzas, el problema siempre puede resolverse dibujando un triángulo de fuerzas. Cuando una partícula está en equilibrio bajo más de tres fuerzas, el problema puede resolverse gráficamente dibujando un polígono de fuerzas. Si se desea una solución analítica, se deben resolver las ecuaciones de equilibrio dadas en la sección 2.9:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

Estas ecuaciones pueden resolverse para no más de dos incógnitas; en forma semejante, el triángulo de fuerzas usado en el caso de equilibrio bajo tres fuerzas puede resolverse para dos incógnitas.

- 1) componentes (o la magnitud y dirección) de una sola fuerza,
- 2) las magnitudes de las dos fuerzas, cada una de dirección conocida. También se encuentran problemas que requieren la determinación del valor máximo o mínimo de la magnitud de una fuerza.

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN FORMA INDEPENDIENTE

Cuando una partícula está en equilibrio, la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre la partícula debe ser igual a cero. En el caso de una partícula sobre la que actúan fuerzas coplanares, expresar este hecho proporcionará dos relaciones entre las fuerzas involucradas. Como se vio en los problemas resueltos que se acaban de presentar, estas relaciones se pueden utilizar para determinar dos incógnitas (como la magnitud y la dirección de una fuerza o las magnitudes de dos fuerzas).

En la solución de un problema que involucre el equilibrio de una partícula, el primer paso consiste en dibujar un diagrama de cuerpo libre. Este diagrama muestra la partícula y todas las fuerzas que actúan sobre la misma. Se debe indicar en el diagrama de cuerpo libre la magnitud de las fuerzas conocidas así como cualquier ángulo o dimensión que defina la dirección de una fuerza. Cualquier magnitud o ángulo desconocido debe ser designado por un símbolo apropiado. No se debe incluir ninguna otra información adicional en el diagrama de cuerpo libre.

Es indispensable dibujar un diagrama de cuerpo libre claro y preciso para poder resolver cualquier problema de equilibrio. La omisión de este paso puede ahorrar lápiz y papel, pero es muy probable que esa omisión lo lleve a una solución incorrecta.

Caso 1. Si sólo están involucradas tres fuerzas en el diagrama de cuerpo libre, el resto de la solución se lleva a cabo más fácilmente uniendo en un dibujo la parte terminal de una fuerza con la parte inicial de otra, con el fin de formar un triángulo de fuerzas. Este triángulo se puede resolver mediante gráficas o por trigonometría para un máximo de dos incógnitas.

Caso 2. Si están involucradas más de tres fuerzas, lo más conveniente es emplear una solución analítica. Los ejes X y Y, se seleccionan y cada una de las fuerzas mostradas en el diagrama de cuerpo libre se descompone en sus componentes X y Y. Al expresar que tanto la suma de las componentes en X como la suma de las componentes en Y de las fuerzas son iguales a cero, se obtienen dos ecuaciones

que se pueden resolver para no más de dos incógnitas.

La práctica adoptada por algunos estudiantes de colocar al inicio las incógnitas del lado izquierdo de la ecuación y las cantidades conocidas del lado derecho de la misma puede llevar a una confusión al momento de asignarle el signo correcto a cada uno de los términos.

Se ha señalado que, independientemente del método empleado para resolver un problema de equilibrio bidimensional, sólo puede determinarse un máximo de dos incógnitas. Si un problema bidimensional involucra más de dos incógnitas, se deben obtener una o más relaciones adicionales a partir de la información contenida en el enunciado del problema.

Algunos de los siguientes problemas contienen pequeñas poleas. Se supondrá que las mismas están libres de fricción, por tanto, la tensión en la cuerda o cable que pasa por una polea es la misma en cada uno de sus lados. En el capítulo 4 se expondrá la razón por la que la tensión es la misma.

Bibliografía:

- Física General.
Segunda edición
Héctor Pérez Montiel
Publicaciones Culturales.
- Física Conceptos y aplicaciones.
Séptima Edición
Paul E. Tippens
Mc. Graw Hill
- Física General
Tercera Edición Revisada y actualizada
Beatriz Alvarenga, Antonio Máximo
Editorial Harla