05- LEYES DEL MOVIMIENTO Y EQUILIBRIO ESTÁTICO

1642 (1643) -1727

Principios Matemáticos de la Filosofía Natural <u>(1687)</u>

Enunciados de las leyes de Newton del movimiento

PRIMERA LEY DE NEWTON- Si un objeto no interactúa con otros objetos, es posible identificar un marco de referencia en el que el objeto tiene aceleración cero. Este marco de referencia se llama **marco de referencia inercial**.

Esta ley sirve para definir qué son los marcos de referencia inercial. Un enunciado alternativo es el siguiente:

En ausencia de fuerzas externas, y cuando se ve desde un marco de referencia inercial, un objeto en reposo se mantiene en reposo y un objeto en movimiento continúa en movimiento con velocidad constante (es decir con movimiento rectilíneo uniforme).

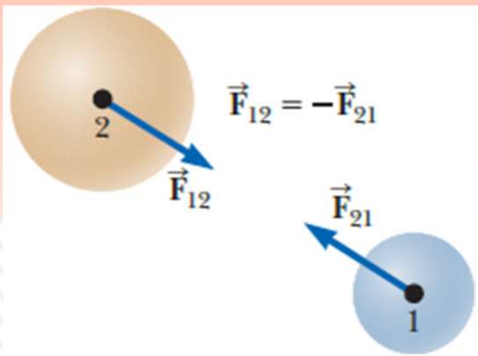
SEGUNDA LEY DE NEWTON: Cuando se ve desde un marco de referencia inercial, la aceleración de un objeto (de masa constante) es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él e inversamente proporcional a su masa:

$$\sum \overline{F} = m\overline{a}$$

Observar que para que esta formulación sea válida se debe expresar que se observa desde un marco de referencia inercial y que la masa del objeto no varía con el tiempo.

TERCERA LEY DE NEWTON (Principio de Acción y Reacción): Si dos objetos interactúan, la fuerza $\overline{F}_{12}$ que ejerce el cuerpo 1 sobre el 2 (fuerza de **acción**) es igual en magnitud y dirección, pero de sentido opuesto a la fuerza $\overline{F}_{21}$ que el cuerpo 2 ejerce sobre 1 (fuerza de **reacción**). $\overline{F}_{12} = -\overline{F}_{21}$

Las fuerzas de acción y reacción siempre actúan sobre cuerpos distintos y son de la misma naturaleza.

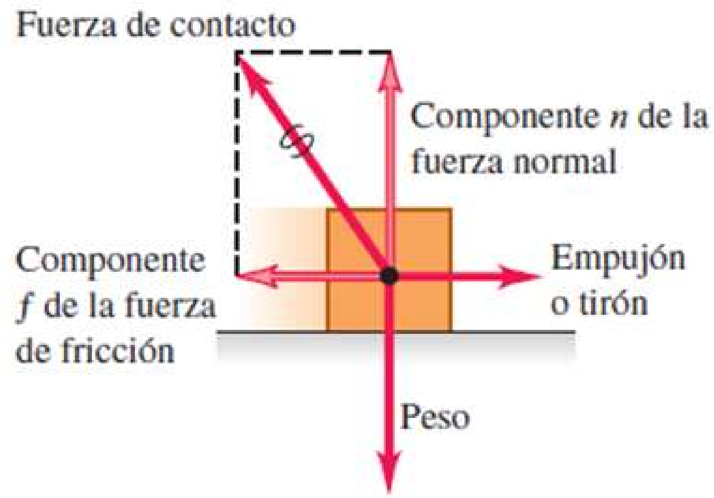


Fricción cinética y estática

Cuando un cuerpo descansa o se desliza sobre una superficie, esta última ejerce una sola fuerza de contacto sobre el cuerpo, con componentes de fuerza perpendiculares y paralelas a la superficie.

La componente vectorial perpendicular es la **fuerza normal (n o N)** y la componente vectorial paralela a la superficie (y paralela) a es la **fuerza de fricción (f).**

El sentido de la fuerza de fricción siempre es opuesta al movimiento relativo de las dos superficies.



La fricción que actúa cuando un cuerpo se desliza sobre una superficie es la **fuerza de fricción cinética f_K .**

$$f_k = \mu_k n \qquad \text{(magnitud de la fuerza de fricción cinética)}$$

μ_K: coeficiente de fricción cinético

Las fuerzas de fricción también actúa a pesar de que *no haya movimiento relativo:* **fuerza de fricción estática f_S.** Los experimentos revelan que su valor máximo, llamado $(f_s)_{máx}$, *es aproximadamente proporcional a n; el factor de proporcionalidad* μ_S es el ***coeficiente de fricción estática***

$$f_s \leq \mu_s n \qquad \text{(magnitud de la fuerza de fricción estática)}$$

El coeficiente de fricción cinética suele ser *menor que el* de fricción estática para un par de superficies dado.

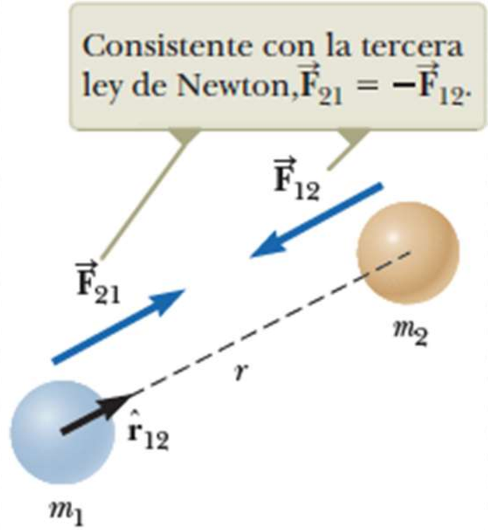
La **fuerza de fricción** es la que hace que una persona o animal pueda acelerar desde el reposo hasta una cierta velocidad, por tanto **no se puede decir que se oponga al movimiento.**

Las ecuaciones de las fuerzas de fricción no son ecuaciones vectoriales.

FUERZA GRAVITATORIA: toda partícula en el Universo atrae a cualquier otra partícula con una fuerza que es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcionalal cuadrado de la distancia entre ellas.

Si dos partículas (o esferas homogéneas) tienen masas m_1 *y* m_2 *y si sus centros están separados* por una distancia *r*, las fuerzas entre ambas partículas valen

$$F_g = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$



G = 6,67×10^{-11} N.m^2/kg^2 es la constante de gravitación universal

Las fuerzas gravitatorias tienen la dirección de la recta que une los centros de las dos esferas (fuerzas centrales), son fuerzas de atracción y varían con el cuadrado de la distancia de separación entre los cuerpos.

El **peso** de un objeto es la fuerza gravitacional que éste experimenta. Para un objeto próximo a la superficie terrestre, dicha fuerza se debe en su mayor parte a la atracción de la Tierra.

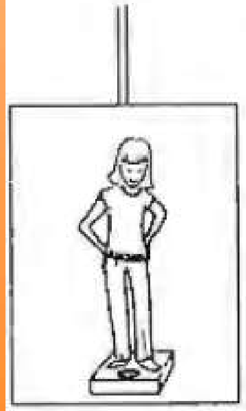
Si R_T *es el radio de la Tierra y* M_T *su masa,* un objeto de masa *m en la superficie* de la Tierra está sometido a una fuerza gravitatoria:

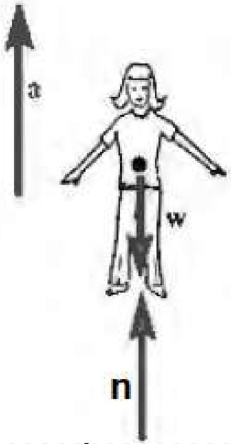
$$F_g = G\frac{M_T . m}{R_T^2}$$

$$g = \frac{F_g}{m} = G\frac{M_T}{R_T^2}$$

Valor de g para una altura h sobre la superficie de la Tierra:

$$g(h) = G\frac{M_T}{r^2} = G\frac{M_T}{(R_T + h)^2}$$

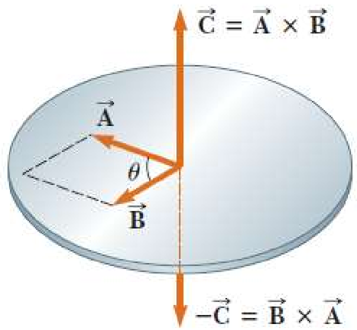




El ***peso aparente o efectivo*** de un objeto se define como **la fuerza total que dicho objeto ejerce sobre un dinamómetro, o balanza de resorte. Tiene el mismo módulo y sentido opuesto a la fuerza n que el dinamómetro o balanza ejerce sobre la persona o el objeto**.

El vector correspondiente al peso efectivo = **-n**

Ejemplo: pasajero de masa *m viaja en ascensor que sube* con aceleración *a hacia arriba.*
El peso aparente vale: $n = m(g+a)$
Si la aceleración vertical es hacia arriba (positiva) la indicación es mayor que si está en reposo.



Regla de la mano derecha

Producto vectorial: es otro vector **C** cuyo módulo vale C=A B senθ, es perpendicular al plano determinados por los vectores **A** y **B**, y sentido dado por la regla de la mano derecha.

$$\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B} \qquad C = AB \operatorname{sen} \theta$$

$$\hat{\imath} \times \hat{\jmath} = -\hat{\jmath} \times \hat{\imath} = \hat{k}$$
$$\hat{\jmath} \times \hat{k} = -\hat{k} \times \hat{\jmath} = \hat{\imath}$$
$$\hat{k} \times \hat{\imath} = -\hat{\imath} \times \hat{k} = \hat{\jmath}$$

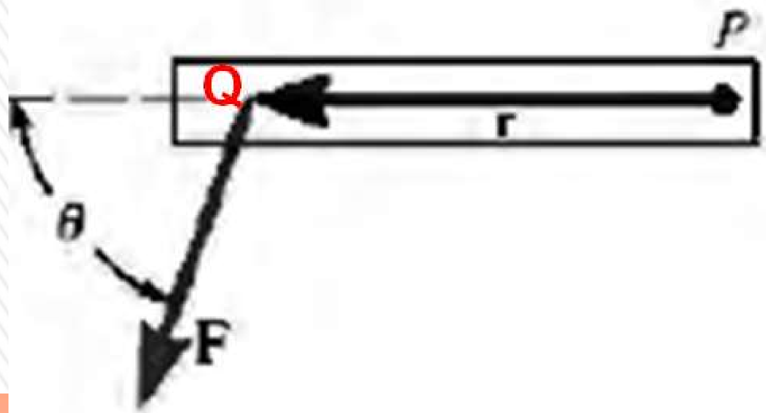
$$\hat{\imath} \times \hat{\imath} = \hat{\jmath} \times \hat{\jmath} = \hat{k} \times \hat{k} = 0$$

Vectores perpendiculares al plano
(x) entrante al plano
(•) saliente al plano

Estática: estudio de las fuerzas que actúan sobre un objeto que está en equilibrio y en reposo.

Sólido rígido: *modelo de objeto ideal que ocupa un lugar en el espacio y que no cambia su forma ni su tamaño al ser sometido a diferentes esfuerzos.*

Torque: medida cuantitativa de la tendencia de una fuerza para provocar o modificar el movimiento de rotación de un cuerpo.
Es una magnitud vectorial.

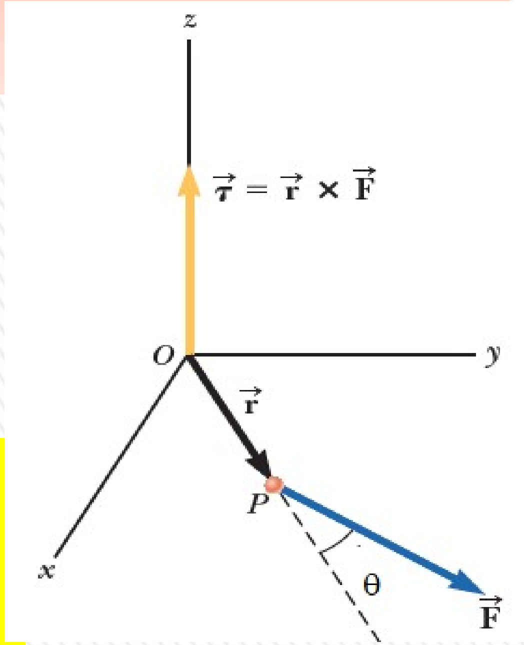


El ***momento de una fuerza*** *o* ***torque*** τ *depende de la* ***fuerza F,*** *de la* ***distancia r*** *desde* un punto del eje de rotación hasta el punto en que actúa la fuerza y del **ángulo θ** *entre r y F.* El módulo del momento o torque alrededor del punto *P* vale: $\tau = r.F sen\ \theta$

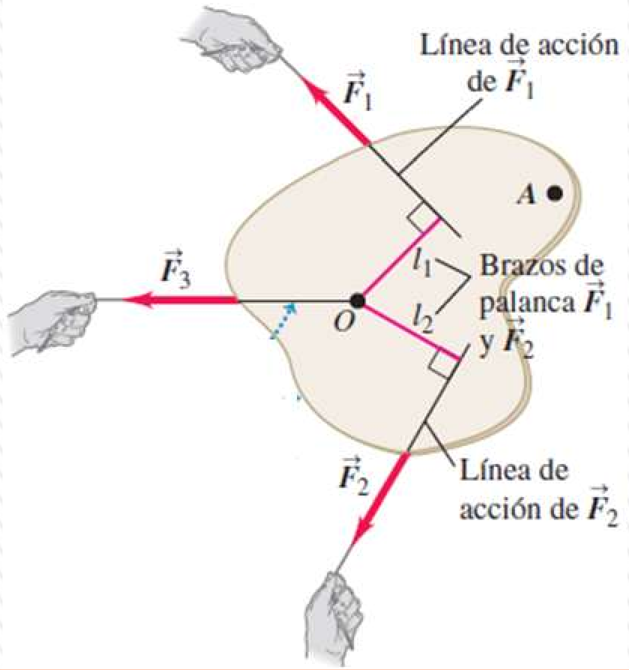
Se define el torque de la fuerza **F**, que se aplica en el punto P, respecto al punto Q como el producto vectorial del vector **r** (que va desde P a Q) por la fuerza **F**

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

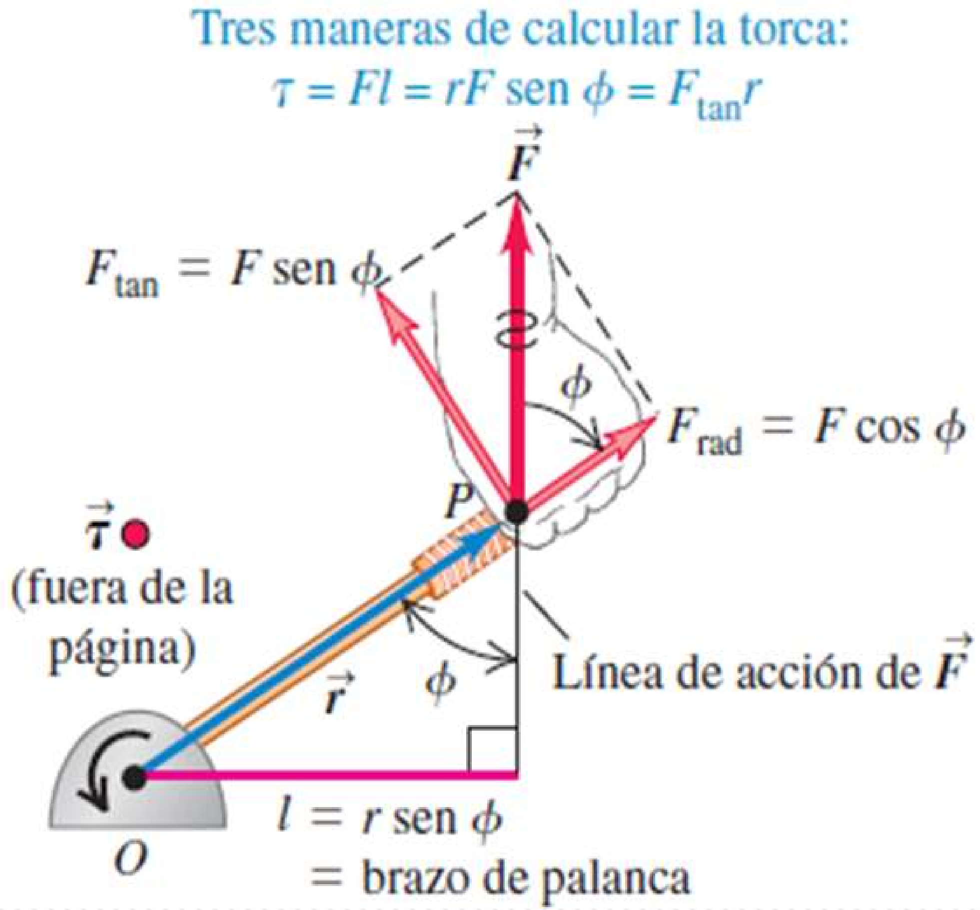
su módulo vale: $\tau = r.F sen\ \theta$



CUIDADO ! **El torque siempre se mide con respecto a un punto.** Si modificamos la posición de este punto, el torque de cada fuerza también cambia.



La tendencia de F_1 de provocar una rotación alrededor de *O* *depende: del módulo de* F_1, *y de la distancia perpendicular* l_1 *(entre punto O y la línea de acción de la fuerza): que es el* ***brazo de palanca o brazo de momento.***



$$\tau = Fl = rF \text{ sen } \phi = F_{tan} r$$

3 formas para calcular el torque:

1) Encontrar el brazo de palanca *l y utilizar* $\tau = Fl$.

2. Determinar el ángulo Φ entre los vectores **r** y **F**; el brazo de palanca es *r sen Φ, por lo que* $\tau = rF \text{ sen } \Phi$.

3. *Descomponer* ***F*** *en* F_{tan} *y* F_{rad} *con respecto a la dirección de* ***r***.

$\tau = r(F\text{sen } \Phi) = r.F_{tan}$.

Los torques pueden provocar rotación en cualquier *sentido (antihorario u horario).*
Se debe **elegir un sentido de giro positivo**.
Habitualmente se elige que los ***torques en sentido antihorario son positivos.***
La **unidad del SI del torque es el newton-metro**.

Condiciones de equilibrio: Condiciones necesarias y suficientes.

$$\sum \vec{F} = 0 \qquad \sum \vec{\tau} = 0$$

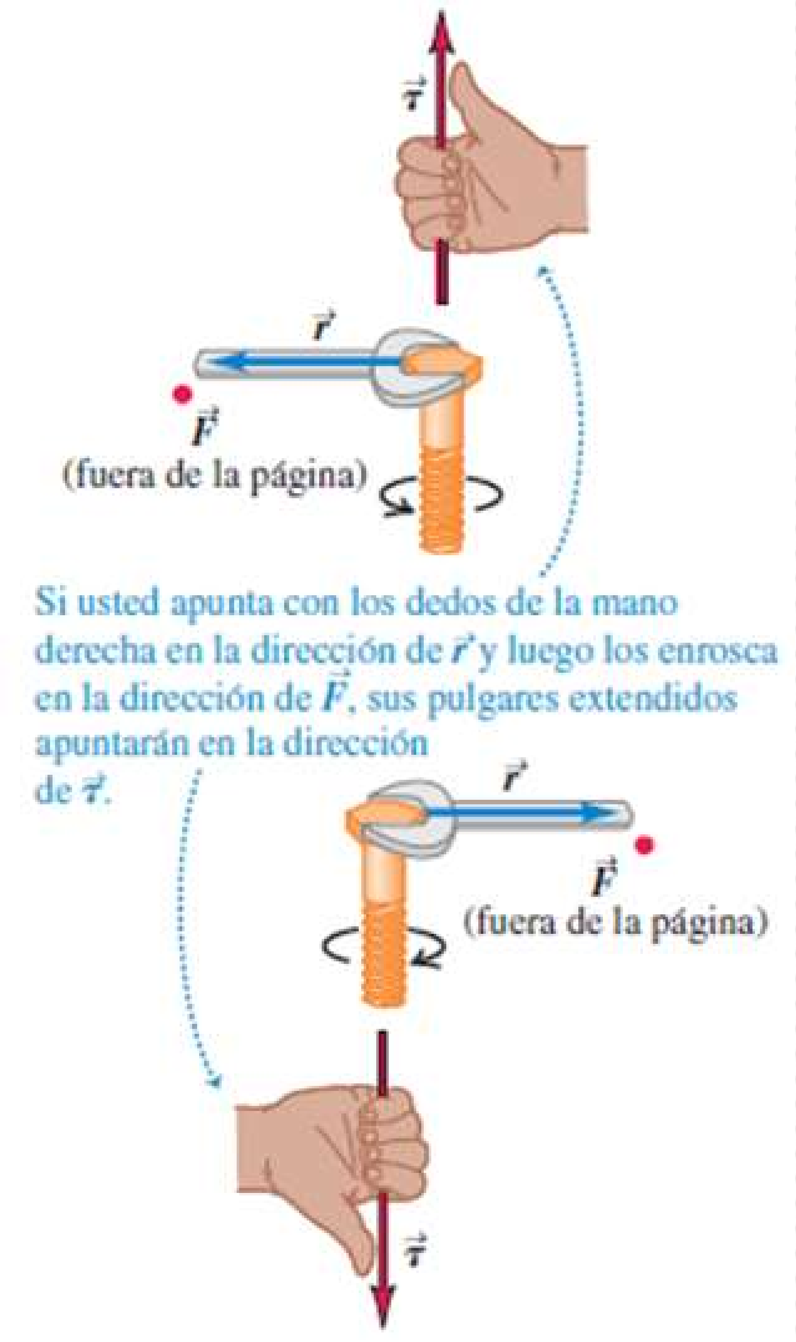
alrededor de cualquier punto

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

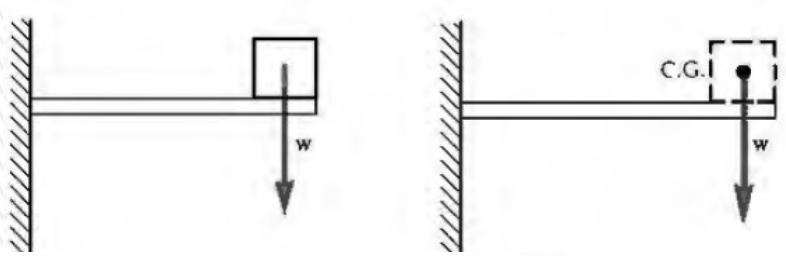
Situaciones en las que un cuerpo rígido está en reposo (sin traslación ni rotación): **equilibrio estático**.

Las mismas condiciones son válidas para un cuerpo rígido con movimiento de *traslación* uniforme (sin rotación).

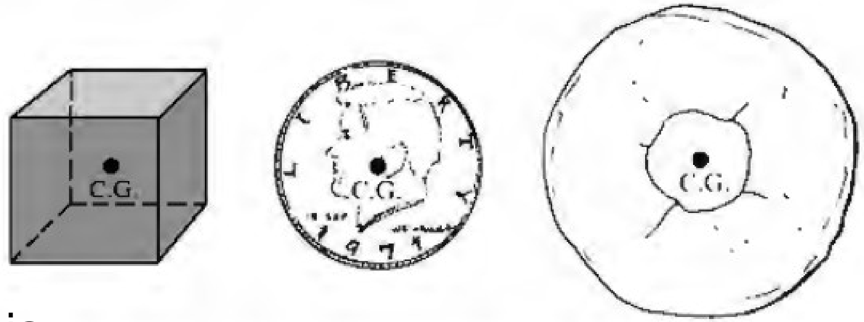
1) **La suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre el rígido es cero.**
2) **la suma de los torques con respecto a cualquier punto debe ser cero.**



Centro de gravedad (C.G): Punto *en el cual se puede considerar aplicado el peso w del cuerpo, de modo que* el torque con respecto a cualquier punto producido por el peso así aplicado, es el mismo que el efecto que produce el peso distribuido en todo el cuerpo.



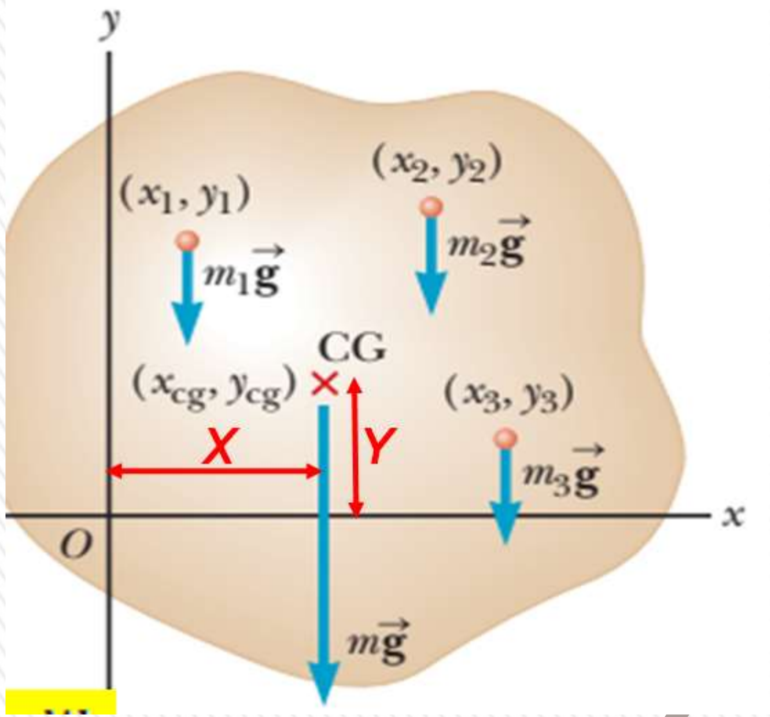
Los C.G. de objetos simétricos y densidad uniforme coinciden con sus centros geométricos.
Para objetos no simétricos, el C.G. puede calcularse matemáticamente o localizarse experimentalmente.

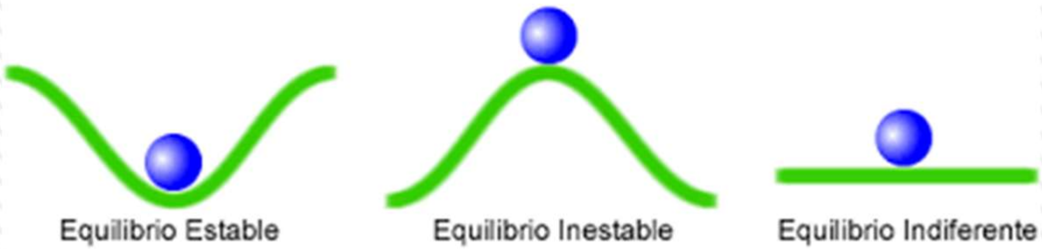


Calculo todos los productos $x_i.w_i$, donde x_i es la distancia de cada w_i ($w_i = m_i$ g)al eje y, los sumo y los divido entre el peso total. Con esto obtengo la coordenada X del C.G. al eje y.
Para determinar Y, la coordenada del C.G. al eje x, hago los productos $y_i.w_i$ (ó $y_i.m_i$) siendo y_i la distancia de cada w_i (o m_i) al eje x.

$$X = \frac{x_1.w_1 + x_2.w_2 + x_3.w_3 + \cdots}{w_1 + w_2 + w_3 + \cdots} = \frac{\sum_i x_i.w_i}{\sum_i w_i}$$

$$Y = \frac{y_1.w_1 + y_2.w_2 + y_3.w_3 + \cdots}{w_1 + w_2 + w_3 + \cdots} = \frac{\sum_i y_i.w_i}{\sum_i w_i}$$





Un equilibrio es **estable** si, al perturbarlo, por sí mismo vuelve al punto anterior de estabilidad.
Un equilibrio es **inestable** si, al perturbarlo, el objeto se aleja de su posición inicial.
Un equilibrio es **indiferente** si, al perturbarlo, no modifica su estado, es decir accede a un nuevo punto de equilibrio.

Si su C.G. se halla entre los soportes, los torques en torno al C.G. debidos a $\mathbf{N_1}$ y a $\mathbf{N_2}$ son opuestos y se anulan, y por lo tanto el tablón se halla en equilibrio.
Un objeto se halla en equilibrio sólo cuando *su centro de gravedad se halla por encima del área de la base definida* por sus soportes.