

Si la fuerza aplicada sobre la masa es igual a cero, entonces la aceleración también tiene un valor de cero y no hay cambio en el movimiento, es decir, si la masa está en reposo, permanecerá en reposo y si está en movimiento, lo hará a velocidad constante, como lo predice la Primera Ley de Newton del movimiento.

Las unidades de fuerza más frecuentes son:

- En el Sistema Internacional, la unidad es el Newton (N), el cual equivale a la fuerza que aplicada a una masa de 1 kg le produce una aceleración de 1 m/s^2 , es decir

$$F = ma$$

$$F = (1 \text{ kg}) \left(1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$1 \text{ N} = \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- En el cgs, la unidad es la dina, la cual equivale a la fuerza que aplicada a una masa de 1 g le produce una aceleración de 1 cm/s^2 , es decir

$$F = ma$$

$$F = (1 \text{ g}) \left(1 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}\right)$$

$$1 \text{ dina} = \text{g} \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$$

- En el Sistema Inglés Absoluto, la unidad es el poundal, el cual equivale a la fuerza que aplicada a una masa de una libra, le produce una aceleración de 1 ft/s^2 , es decir

$$F = ma$$

$$1 \text{ poundal} = (1 \text{ lb}) \left(1 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}\right)$$

| Sist. de Unidades | MASA | ACELERACIÓN | FUERZA |
|-------------------|--------|-----------------|---|
| Internacional | | | |
| MKS | kg | m/s^2 | 1 Newton = 1 kg m/s^2 |
| cgs | g | cm/s^2 | 1 dina = 1 g cm/s^2 |
| T. Gravitacional | u.t.m. | m/s^2 | 1 kilogramo fuerza = 1 u.t.m. m/s^2 |
| I. Absoluto | lb | ft/s^2 | 1 poundal = 1 lb ft/s^2 |
| I. Técnico | slug | ft/s^2 | 1 libra fuerza = 1 slug ft/s^2 |

Algunas equivalencias de masa y fuerza más comunes entre el Sistema Internacional, el Técnico Gravitacional e Inglés Técnico.

| | | | |
|-------------|-----------------|-------------|--------------|
| 1 u.t.m. | 9.8 kg | 1 lb fuerza | 32 poundal |
| 1 slug | 32 lb | 1 Newton | 10^5 dinas |
| 1 kilogramo | 2.2 libras masa | 1 kg fuerza | 9.8 N |
| 1 slug | 14.59 kg | 1 lb fuerza | 4.44 N |

Es importante hacer notar que la fuerza en la Segunda Ley de Newton del movimiento representa una fuerza resultante. Si más de una fuerza actúa sobre un objeto, será necesario determinar la fuerza resultante a lo largo de la dirección del movimiento.

La aceleración de un objeto siempre tiene la dirección de la fuerza resultante aplicada. Si la fuerza se aplica en la dirección y sentido del movimiento, se aumentará la velocidad y la aceleración será positiva. Si se aplica en la misma dirección y en sentido contrario al movimiento, la velocidad disminuirá y la aceleración es negativa. Si la fuerza se aplica formando un ángulo con la dirección del movimiento, entonces se considerará sólo la componente de la fuerza que actúa en la dirección del movimiento.

Cabe aclarar que la aceleración de un objeto depende de la fuerza aplicada sobre él y de su masa, y no del tipo de fuerza de que se trate (gravitacional, eléctrica, magnética, etc.).

En la aplicación de la expresión clásica de la Segunda Ley de Newton se tienen ciertas limitaciones como en general lo establecimos para la Mecánica Clásica en la Unidad I, ya que dicha Ley no se cumple para el movimiento a velocidades comparables a la de la luz, ni en el estudio del comportamiento de las partículas y átomos.

3. TERCERA LEY DE NEWTON

Al patear una pelota de futbol aplicamos una fuerza sobre ésta, y a su vez, el balón de futbol ejerce una fuerza sobre nuestro pie. La fuerza ejercida por nuestro pie sobre la pelota se llama fuerza de acción y la ejercida por la pelota sobre el pie se llama fuerza de reacción (ver la figura 4 a).

Debido al escape de los gases por la abertura inferior de la cámara de combustión de un cohete, se produce el empuje necesario para su ascenso. El escape de los gases produce una fuerza de acción y el empuje hacia arriba es la fuerza de reacción (ver la figura 4 b).

A partir de estos ejemplos mostrados en la figura 4 se puede enunciar la Tercera Ley de Newton del movimiento:

A toda fuerza de acción le corresponde una fuerza de reacción igual en magnitud y en la misma dirección, pero en sentido contrario.

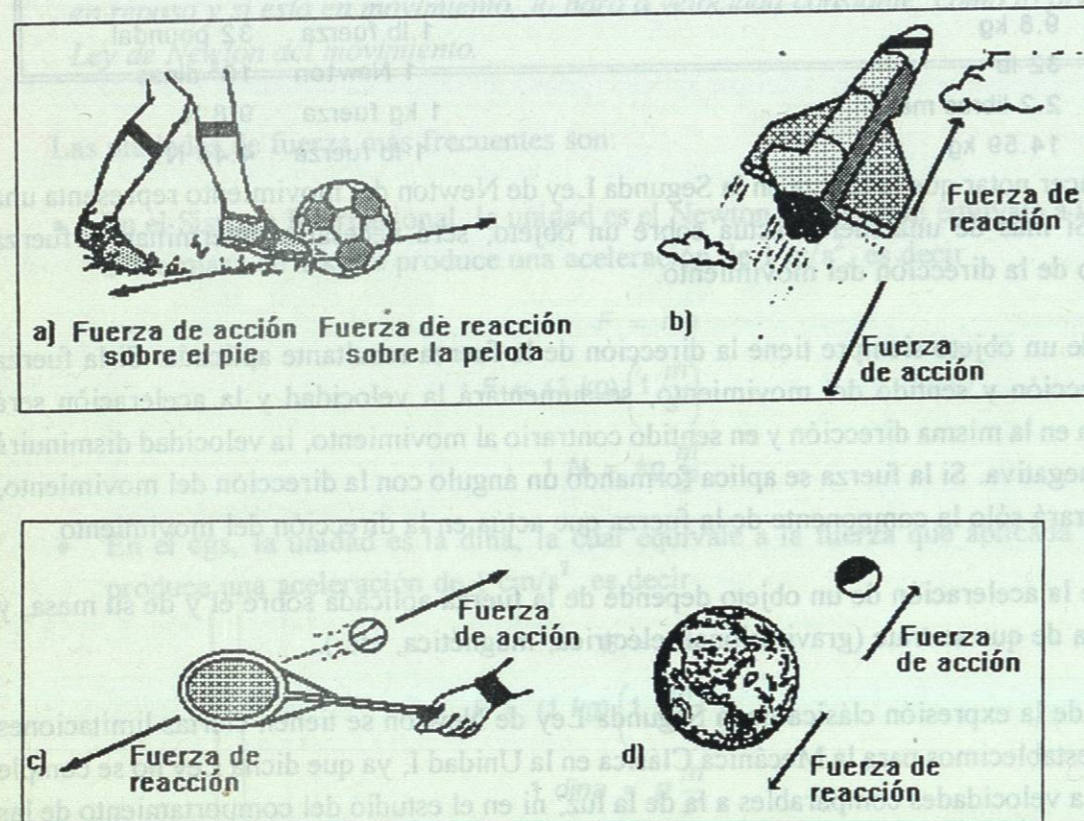


Figura 4. Ejemplos en donde se muestra la aplicación de las fuerzas por pares (acción - reacción).

Se debe tener en cuenta que las fuerzas de acción y de reacción actúan sobre cuerpos diferentes. En esta ley se contempla la interacción entre dos cuerpos, por ejemplo, si una raqueta de tenis golpea una pelota (acción), ésta a su vez golpea la raqueta (reacción), con una fuerza igual pero en sentido contrario (ver la figura 4c).

Un ejemplo representativo de la Tercera Ley de Newton es la atracción que ejerce la Tierra sobre la Luna (acción), obligándola a describir una órbita casi circular alrededor de ella, a su vez, la Luna ejerce una fuerza de atracción sobre la Tierra (reacción), originando las mareas (ver la figura 4d).

Cuando un objeto se encuentra en reposo o se mueve sobre un plano, se observa que interaccionan entre sí, de tal forma que el objeto ejerce una fuerza sobre el plano (FO), al cargar sobre la superficie y a su vez, la superficie ejerce una fuerza sobre el objeto, a esta fuerza se le conoce como la fuerza normal al plano (N) como se observa en la figura (ver figura 5).

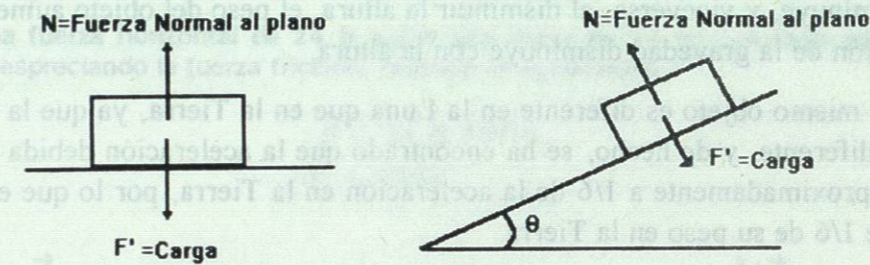


Figura 5. Interacción entre el plano y el objeto que se desliza sobre él.

Figura 5. Interacción entre el plano y el objeto que se desliza sobre él.

Otra implicación importante de esta ley es que las fuerzas aparecen siempre en parejas, ya que si un objeto A ejerce una fuerza (acción) sobre un objeto B, éste a su vez ejerce una fuerza (reacción) sobre A, igual en magnitud pero en sentido opuesto.

Las fuerzas de acción y de reacción nunca se neutralizan porque actúan sobre cuerpos diferentes.

LA MASA Y EL PESO DE UN CUERPO

Uno de los conceptos fundamentales en la física moderna, lo constituye el concepto de masa, al iniciar el presente capítulo relacionamos la masa de un cuerpo con la manifestación de determinadas propiedades de la materia, concretamente con LA INERCIA, propiedad que tienen los cuerpos de conservar su estado de reposo relativo o de movimiento rectilíneo y uniforme. A continuación relacionaremos la masa con la manifestación de las propiedades gravitatorias.

Si un cuerpo de masa "m" se deja caer libremente, su aceleración será 9.8 m/s^2 como se observa en la unidad anterior. De acuerdo con la Segunda Ley de Newton del movimiento, sobre este cuerpo actúa una fuerza, la cual produce su movimiento acelerado, es decir

$$F = ma$$

por lo cual

$$F = mg \text{ (hacia abajo)}$$

Esta fuerza se debe a la atracción que ejerce la Tierra sobre la masa y se llama peso (w). En general, el peso de un objeto se define como la fuerza de atracción gravitacional ejercida sobre él por un cuerpo de gran masa, como la Tierra o la Luna. Esta fuerza gravitacional es siempre hacia el centro del cuerpo de gran masa. Si w representa al peso del objeto en la Tierra, entonces

$$w = mg$$

Como el peso de un objeto depende de su ubicación en relación al centro de la tierra, y puesto que la atracción gravitacional que actúa sobre él, al aumentar la altura, (como se verá mas adelante) en este

caso, el peso disminuye, y viceversa, al disminuir la altura, el peso del objeto aumenta. Esto es debido a que la aceleración de la gravedad disminuye con la altura.

El peso de un mismo objeto es diferente en la Luna que en la Tierra, ya que la fuerza de atracción gravitacional es diferente, y de hecho, se ha encontrado que la aceleración debida a la gravedad en la Luna, equivale aproximadamente a 1/6 de la aceleración en la Tierra, por lo que el peso de un objeto en la Luna, es de 1/6 de su peso en la Tierra.

Si se desea establecer la diferencia entre el peso y la masa de un cuerpo, se debe tener claro que el peso es una fuerza relacionada con la atracción gravitacional que actúa sobre él, ejercida por un cuerpo de gran masa como por ejemplo la Tierra o la Luna¹. El peso de un objeto cambia, dependiendo de su posición con respecto al cuerpo de gran masa, mientras que su masa es la misma en la Tierra, en la Luna o en cualquier otro lugar del espacio.

La masa es entonces una propiedad intrínseca que caracteriza las propiedades inerciales y gravitatorias de los cuerpos. El peso es cero en regiones del espacio donde los efectos de la gravitación son nulos, [$W = mg = m(0) = 0$] pero las propiedades del cuerpo que dependen de su masa, permanecen sin cambio con respecto a las mismas en la tierra. En una nave espacial libre de la influencia de la gravedad, levantar un bloque grande de plomo ($W = 0$) es empresa fácil, pero sentiríamos una sensación dolorosa en el pie si pateáramos dicho bloque (m diferente de 0).

El peso de un objeto es una cantidad vectorial (el cual tiene una dirección hacia el centro del cuerpo de gran masa), y la masa es una cantidad escalar.

Es frecuente la confusión el uso de las unidades de peso y masa. Por ejemplo, al pedir 1 kg de azúcar, nos referimos a un 1 kg masa, sin embargo, la balanza que se utiliza mide fuerzas, en este caso, el peso (w) de la masa, de tal forma que

$$\begin{aligned} w &= mg \\ w &= (1\text{ kg})(9.8\text{ m/s}^2) \\ w &= 9.8\text{ N} \end{aligned}$$

este es el peso que se nos da, de manera que cuando pedimos 1 kilogramo de azúcar, la balanza ya está calibrada para marcar 1 kg peso, el cual es igual a 9.8 N.

Esta correspondencia numérica entre la masa (1 kg. de masa) y el peso (1 kg. de peso o 9.8 N.), no constituye una ecuación real, ya que no podemos igualar a cantidades con dimensiones diferentes, y es válida solamente para un valor específico de "g" y por lo tanto debería usarse con precaución.

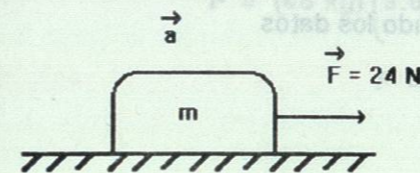
Los problemas de fuerzas se resuelven haciendo un dibujo de la situación de acuerdo a la redacción; más en esta ocasión vamos a establecer lo que es un diagrama de cuerpo libre. El diagrama del cuerpo libre consiste en la representación gráfica de todas las fuerzas que actúan sobre el objeto, en un sistema de coordenadas, a partir del cual se escribirán las ecuaciones del movimiento para cada eje coordenado, y resolviendo éstas, se determinará el valor de la variable indicada, la cual podrá ser la aceleración (m/s^2), la fuerza normal (N), etc.

¹ En el tema de Gravitación se analizará con más detalle la relación que guardan el peso y la fuerza gravitatoria.

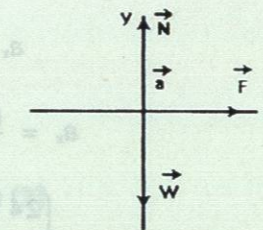
Ejemplo 1.

Se aplica una fuerza horizontal de 24 N sobre una masa de 16 kg colocada sobre un plano horizontal. Despreciando la fuerza fricción, calcular su aceleración.

$$\begin{aligned} F &= 24\text{ N} \text{ Datos} \\ m &= 16\text{ kg} \end{aligned}$$



Describir la situación del problema



Construir el diagrama de cuerpo libre

$$F = ma \text{ Establecer la ecuación del movimiento despejando la aceleración (a), se tiene}$$

$$a = \frac{F}{m}$$

$$a = \frac{24\text{ N}}{16\text{ kg}} \text{ sustituyendo los datos}$$

$$a = \frac{24\text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{16\text{ kg}}$$

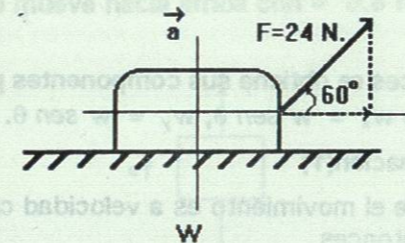
$$a = 1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Observa que ni la fuerza normal (N) ni el peso (w) intervienen en el movimiento del objeto, ya que son perpendiculares al mismo.

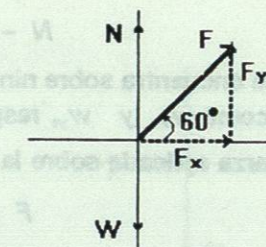
Ejemplo 2.

Una fuerza de 24 N que forma un ángulo de 60° con la horizontal, se aplica sobre una masa de 16 kg colocada sobre una superficie horizontal. Despreciando la fuerza de fricción, calcular la aceleración producida.

$$\begin{aligned} F &= 24\text{ N} \text{ Datos} \\ \theta &= 60^\circ \\ m &= 16\text{ kg} \end{aligned}$$



Describir la situación del problema



Construir el diagrama de cuerpo libre

$F_x = ma_x$ Establecer la ecuación del movimiento en el eje de la x puesto que el movimiento es horizontal. Despejando la aceleración (a_x), se tiene

$a_x = \frac{F_x}{m}$ en donde

$F_x = F \cos 60^\circ$ por lo tanto

$a_x = \frac{F \cos 60^\circ}{m}$ sustituyendo los datos

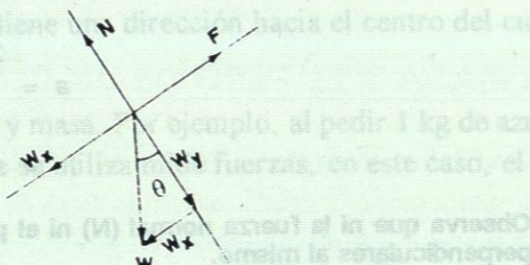
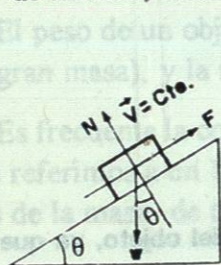
$a_x = \frac{(24 \text{ N})(0.500)}{16 \text{ kg}}$

$a_x = \frac{(24 \text{ kg } \frac{m}{s^2})(0.500)}{16 \text{ kg}}$ En este ejemplo ni la fuerza normal (N) ni el peso (w) del objeto intervienen en el movimiento, ya que son perpendiculares al mismo.

$a_x = 0.75 \frac{m}{s^2}$

Ejemplo 3.

Se sube una masa de 4 kg sobre un plano inclinado 30° con la horizontal, mediante la aplicación de una fuerza paralela al plano. Si el movimiento es a velocidad constante y se desprecia la fuerza de fricción, calcular la fuerza aplicada sobre la masa y la fuerza normal al plano.



Describir la situación del problema

Construir el diagrama de cuerpo libre

- $m = 4 \text{ kg}$ Datos
- $\theta = 30^\circ$
- $a = 0$

Establecer las ecuaciones del movimiento en el eje de la x

$F - w_x = ma_{xubx}$ (1)

en el eje de la y

$N - w_y = ma_y$ (2)

Como el peso no se encuentra sobre ninguno de los ejes, entonces se obtiene sus componentes para cada eje, representada como w_x y w_y , respectivamente, en donde $w_x = w \sin \theta$; $w_y = w \cos \theta$.

Para calcular la fuerza aplicada sobre la masa, se emplea la ecuación(1)

$F - w_x = m a_x$ puesto que el movimiento es a velocidad constante, entonces

$F - w_x = 0$ por lo tanto

$F = w_x$ en donde

$w_x = w \sin 30^\circ$ entonces

$F = w \sin 30^\circ$ sustituyendo $w = mg$, resulta

$F = mg \sin 30^\circ$

$F = (48 \text{ kg}) \left(9.8 \frac{m}{s^2}\right) (0.500)$

$F = 19.6 \text{ kg } \frac{m}{s^2}$

$F = 19.6 \text{ N}$

Para calcular la fuerza normal (N) al plano, se emplea la ecuación (2)

$N - w_y = ma_y$ puesto que no hay movimiento sobre el eje de la y, $a_y = 0$, por lo tanto

$N - w_y = 0$ o sea

$N = w_y$ y como

$w_y = w \cos 30^\circ$ entonces

$N = w \cos 30^\circ$ sustituyendo $w = mg$ en la ecuación, resulta

$N = mg \cos 30^\circ$

$N = (4 \text{ kg}) \left(9.8 \frac{m}{s^2}\right) (0.866)$

$F = 33.94 \text{ kg } \frac{m}{s^2}$

$F = 33.94 \text{ N}$

Ejemplo 4.

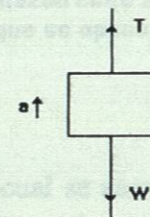
Un elevador y su carga pesan 5,200 N. Calcular la tensión en el cable que lo sostiene, si se mueve:

- a) Hacia arriba con una aceleración de 0.6 m/s^2
- b) Hacia abajo con la misma aceleración.

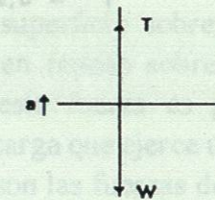
$w = 5,200 \text{ N}$ Datos

$a = 0.6 \frac{m}{s^2}$

a) Se mueve hacia arriba con $= 0.6 \text{ m/s}^2$



Describir la situación del problema



Construir el diagrama de cuerpo libre

Si el movimiento es hacia arriba, se tiene que
Establecer la ecuación del movimiento

$$T - w = ma_y \text{ en donde}$$

$$m = \frac{w}{g}$$

$$m = \frac{5,200 \text{ N}}{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$m = \frac{5,200 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$m = 530.61 \text{ kg}$$

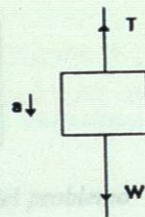
$$T = ma_y + w \text{ despejando la tensión (T) de la ecuación}$$

$$T = (530.61 \text{ kg})\left(0.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) + 5,200 \text{ N} \text{ sustituyendo los datos}$$

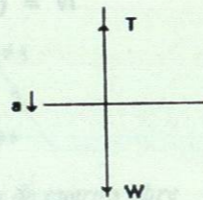
$$T = 318.36 \text{ N} + 5,200 \text{ N}$$

$$T = 5,518.36 \text{ N}$$

b) Si el movimiento es hacia abajo se tiene que



Describir la situación del problema



Construir el diagrama de cuerpo libre

La ecuación del movimiento es

$$w - T' = ma_y \text{ despejando la tensión (T') de la ecuación}$$

$$T' = w - ma_y \text{ sustituyendo los datos}$$

$$T' = 5,200 \text{ N} - 318.36 \text{ N}$$

$$T' = 4,881.64 \text{ N}$$

FRICCIÓN

La fuerza de fricción se debe a una resistencia natural constante al movimiento entre materiales en contacto o dentro de un medio. Esta fuerza se presenta en los diferentes medios: sólido, líquido y gaseoso. Por ejemplo, los automóviles se construyen tomando en cuenta el efecto de la fricción del aire, de ahí sus formas aerodinámicas; un buzo al nadar se impulsa utilizando pies y brazos, y además la fricción de éstos con el agua; al caminar nos impulsamos hacia adelante gracias a la fuerza de fricción entre el piso y nuestros pies.

¿Qué pasaría si no existieran las fuerzas de fricción? Difícilmente caminaríamos, los automóviles derraparían y los aviones probablemente no existirían, ya que éstos basan su movimiento, en buena medida, en el efecto de la fricción del aire. Un efecto negativo de la fuerza de fricción es el desgaste que sufren los anillos, las bielas, los pistones, etc., en un motor de combustión interna. Para disminuir el desgaste de estas partes del motor se utiliza el aceite lubricante. Otra forma de evitar este desgaste es mediante el pulido de las superficies de las piezas en contacto. Lo anteriormente expuesto nos da una idea de la importancia de tomar en cuenta los efectos de la fuerza de fricción, la cual estudiaremos enseguida, considerando solamente la fuerza de fricción o rozamiento entre dos superficies sólidas en contacto.

La fuerza de fricción (f) se opone al movimiento de deslizamiento entre las superficies en contacto y sigue una dirección paralela a ellas.

El origen físico de la fuerza de fricción es la irregularidad en las superficies en contacto. Las asperezas de la superficie de un material hacen contacto con las asperezas de la superficie del otro material, de tal forma que para efectuar un movimiento entre las superficies en contacto, habrá que aplicar una fuerza que venza esta fuerza de fricción que se genera al estar en contacto las superficies (ver figura 6).

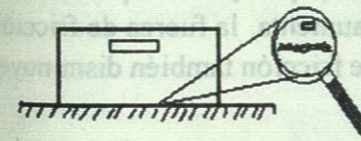


Figura 6. En esta figura ampliada se observa que las superficies en contacto presentan cierta rugosidad, la cual produce la trabazón entre ambas, generándose la fuerza de fricción que se opone al mov. relativo entre ellas.

Cuando un cuerpo (en reposo o en movimiento) se encuentra colocado sobre una superficie plana, ejerce sobre ésta una cierta carga. Esta carga es la fuerza aplicada por el cuerpo sobre la superficie y actúa perpendicularmente a las superficies en contacto, manteniéndolas unidas.

Por otra parte, la fuerza normal (N) es la fuerza que ejerce la superficie sobre el cuerpo que se desliza o está en reposo sobre ella. Como ya lo hemos visto, esta fuerza es perpendicular a la superficie. La carga que ejerce un cuerpo sobre una superficie, en la cual se encuentra colocado, y la normal (N) son las fuerzas de acción y reacción en la interacción entre la superficie y el cuerpo (ver figura 7).