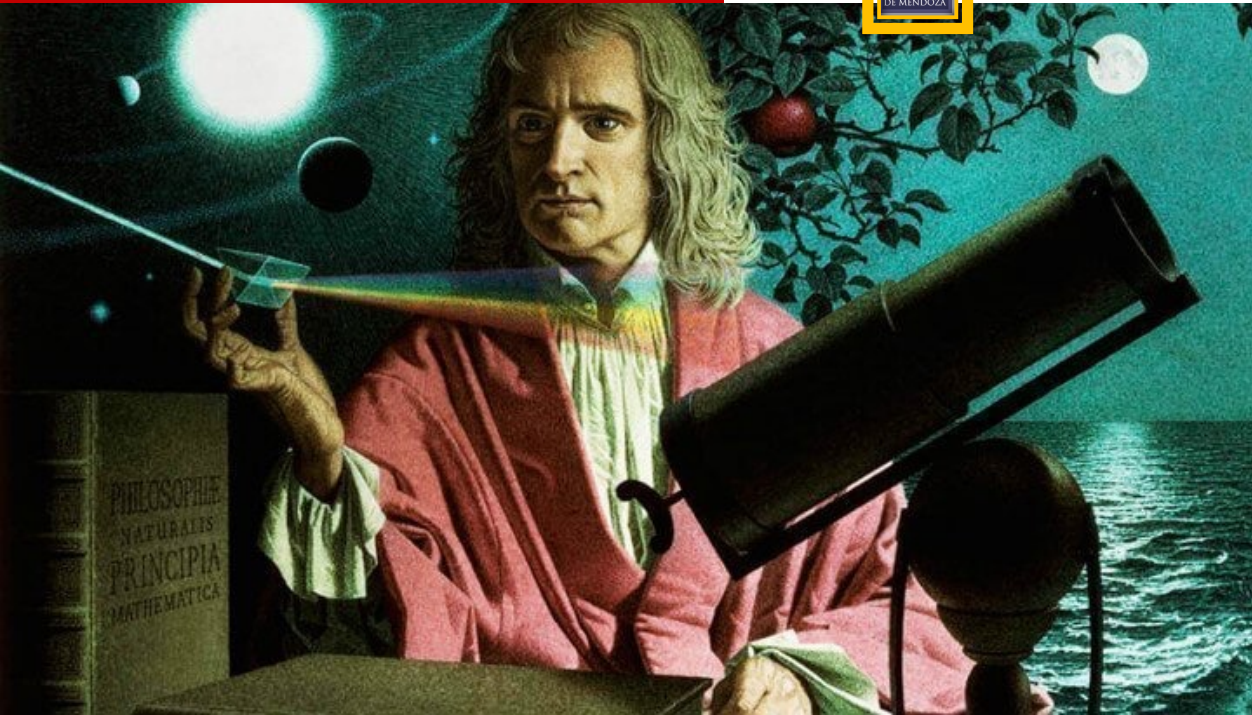




Leyes de Newton





La **Dinámica** es la parte de la Física que estudia la relación existente entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y los efectos que éstas ocasionan en su estado de reposo o movimiento.

El físico, matemático y astrónomo Inglés **Sir Isaac Newton** (1642-1727), basándose en los estudios de Galileo y Descartes, publicó en 1684 la primera gran obra de la Física: *Principios matemáticos de filosofía natural*, también conocidos como *Principia*. En la primera de las tres partes en la que se divide la obra, expone en tres leyes las relaciones existentes entre las fuerzas y sus efectos dinámicos: las leyes de la dinámica:

- Primera Ley de Newton o Principio de Inercia.
- Segunda Ley de Newton o Principio Fundamental.
- Tercera Ley de Newton o Principio de Acción Reacción

Fuerzas

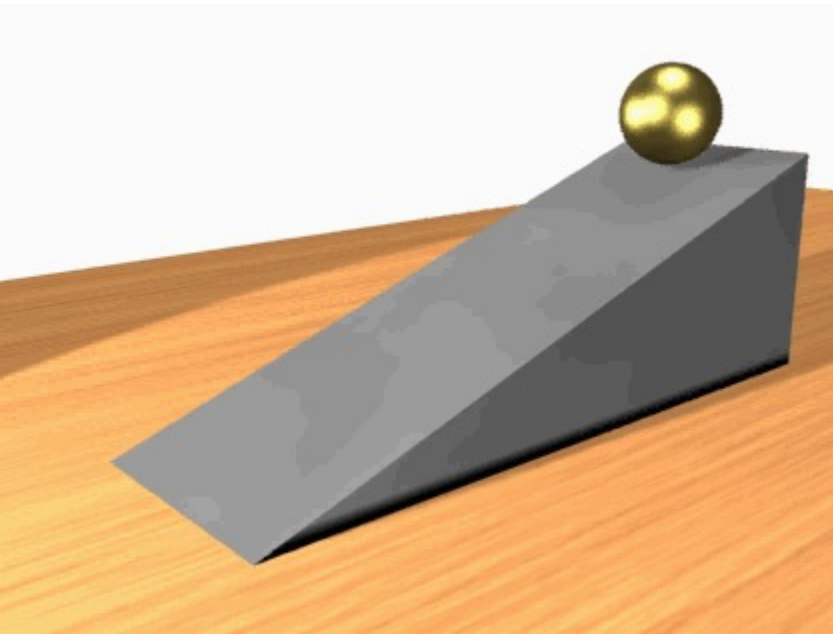
Fuerzas

Llamaremos fuerza a cualquier acción, esfuerzo o influencia que puede alterar el estado de movimiento o de reposo de cualquier cuerpo.

FUERZA es la magnitud física que representa la medida cuantitativa de la interacción mecánica entre dos o más sistemas.

Las fuerzas, al igual que otras magnitudes físicas como la energía, **se reconocen por sus efectos sobre los cuerpos o sistemas en los que se aplican**, que fundamentalmente son:

- **Cambio en su velocidad** (*aceleración*)
- **Cambio de forma** (*deformación*)

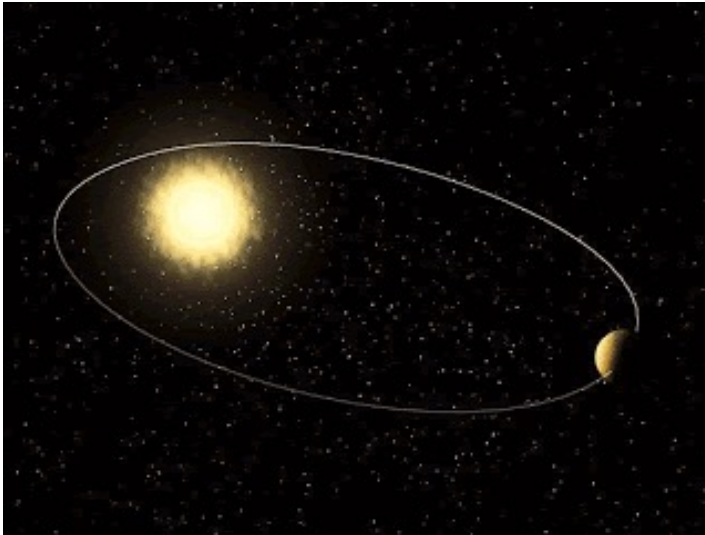
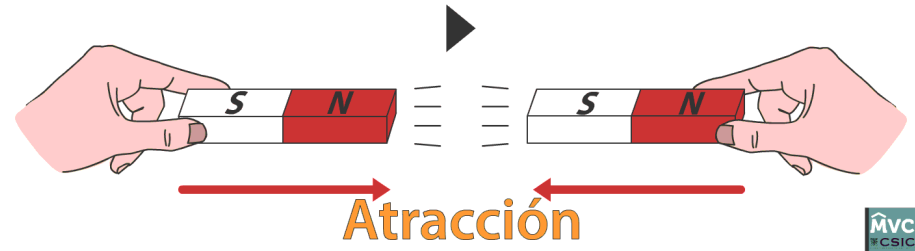
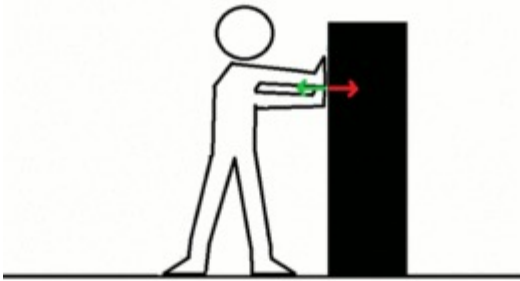


La fuerza es una magnitud vectorial.
Sus unidades son: kgf

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

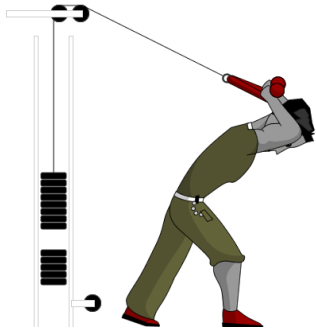
$$\text{Dyna} = \frac{\text{g cm}}{\text{s}^2}$$

Fuerzas  Fuerzas de contacto y Fuerzas a distancia

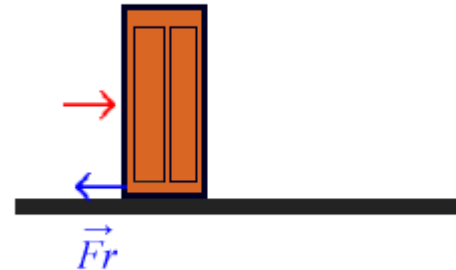


Interacciones por contacto originan fuerzas como:

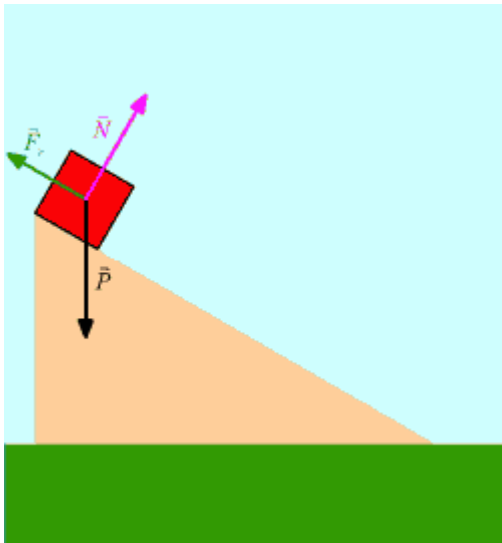
Tensión



Rozamiento



Normal



Empuje



Primera Ley de Newton Principio de Inercia

Primera Ley de Newton: Principio de Inercia



Inercia de los cuerpos: Es la tendencia natural que tienen los cuerpos a mantener su estado de reposo o a permanecer en movimiento uniforme en línea recta."



Principio de Inercia

"Si la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo es nula, entonces, dicho cuerpo permanece en reposo o moviéndose con velocidad constante"

(Newton 1642-1727)

Todo cuerpo que está en reposo o en M.R.U., permanecerá en ese estado a menos que una fuerza externa actúe sobre él.



El estado de reposo y el M.R.U. son dos estados de equilibrio equivalentes en Física.

Segunda Ley de Newton

Principio de Masa

Primero: Momentum Lineal o Cantidad de Movimiento Lineal

Se llama Cantidad de Movimiento Lineal o Momentum Lineal (\vec{P}) al vector que resulta de multiplicar la masa de un cuerpo por su velocidad en un momento dado.

$$\vec{P} = m \vec{v}$$

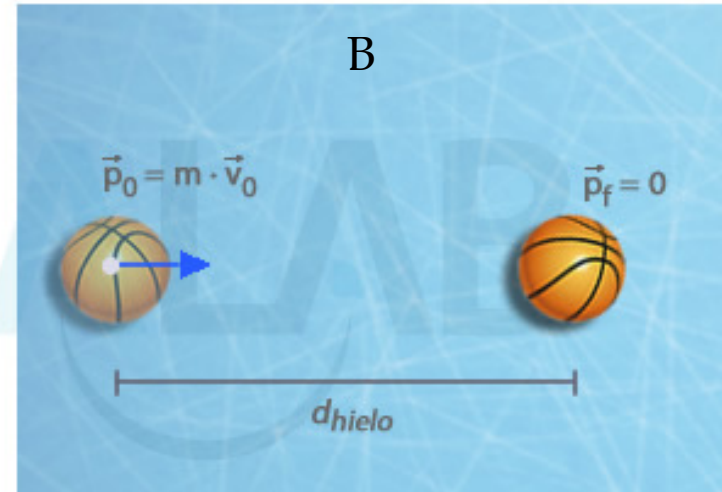
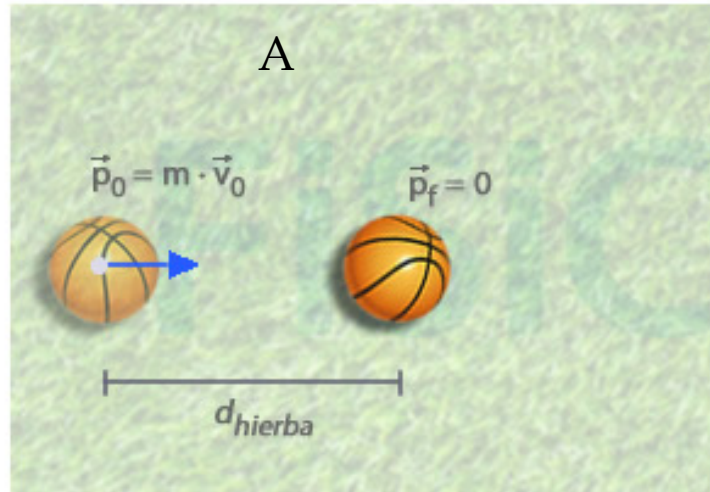
\vec{P} es un vector que tiene la misma dirección y sentido que el vector velocidad



\vec{P} representa un “estado de movimiento” cuyas unidades son $kg \frac{m}{s}$

Que un mismo objeto de masa m tenga más o menos momentum o cantidad de movimiento dependerá de su velocidad.

La figura muestra dos pelotas A y B de igual masa m , que se mueven a la **misma velocidad** sobre **dos superficies horizontales distintas**. Pasado cierto tiempo, A se detiene y **un rato más tarde** se detiene B. Aunque los dos tienen la misma cantidad de movimiento o momento lineal inicial, A lo pierde antes que B. Por tanto, podemos suponer que la **intensidad de la interacción** entre los cuerpos y el suelo, (que hace que los dos cuerpos terminen deteniéndose), es mayor en A que en B.



A la izquierda, lanzamos una bola sobre una superficie **rugosa**, por ejemplo hierba, con un determinado momento lineal inicial P_0 . A la derecha, lanzamos la misma bola con el mismo momento lineal inicial por una **superficie lisa**, por ejemplo hielo. Dado que la pelota se detiene antes en el caso de la hierba, es decir $d_{hierba} < d_{hielo}$, podemos suponer que **la intensidad de la interacción pelota-superficie, responsable de la reducción de la cantidad de movimiento, es mayor en el caso de la hierba.**

La fuerza es la intensidad de la interacción

La Segunda Ley de newton establece que **la rapidez con la que cambia el *momento lineal* (la intensidad de su cambio) es igual a la resultante de las fuerzas que actúan sobre él.**

$$\vec{\Sigma F} = \frac{\vec{\Delta P}}{\Delta t}$$

- $\vec{\Sigma F}$ →: Representa la Fuerza total o Resultante que actúa sobre el cuerpo en un Δt .
- Δp →: Representa la variación del momento lineal producida en un Δt .
- $\Delta p = P_f - P_o$ y recuerda que $p = m \cdot v$

La fuerza media sobre una masa constante, es igual a la rapidez con la que cambia el momento lineal.

Cálculo diferencial

Si F es una fuerza instantánea y no constante, puede escribirse:

$$\vec{\Sigma F} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{\Delta P}}{\Delta t} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

$$\vec{\Sigma F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

La resultante de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, le provoca un cambio instantáneo en su cantidad de movimiento \vec{P} .

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

Segunda Ley de Newton

Si además consideramos que el cuerpo que cambia su momentum lineal tiene una **masa constante**, se tiene que:

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{d(m \vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m \vec{a} \quad \Rightarrow \quad \sum \vec{F} = m \vec{a}$$



Si la **Fuerza Resultante (R)** que se aplica a un cuerpo es distinta de cero, el cuerpo experimentará una **aceleración**, (o lo que es lo mismo, un cambio en su estado de reposo o de movimiento) en la misma dirección y sentido en que actúa **R**.

La masa de un cuerpo es una magnitud escalar, numéricamente igual a la fuerza necesaria para comunicarle la unidad de aceleración.

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

$$[m]_{SI} = \frac{\frac{N}{m}}{\frac{s^2}{m}} = \frac{\frac{kg.m}{s^2}}{\frac{s^2}{m}} = kg$$

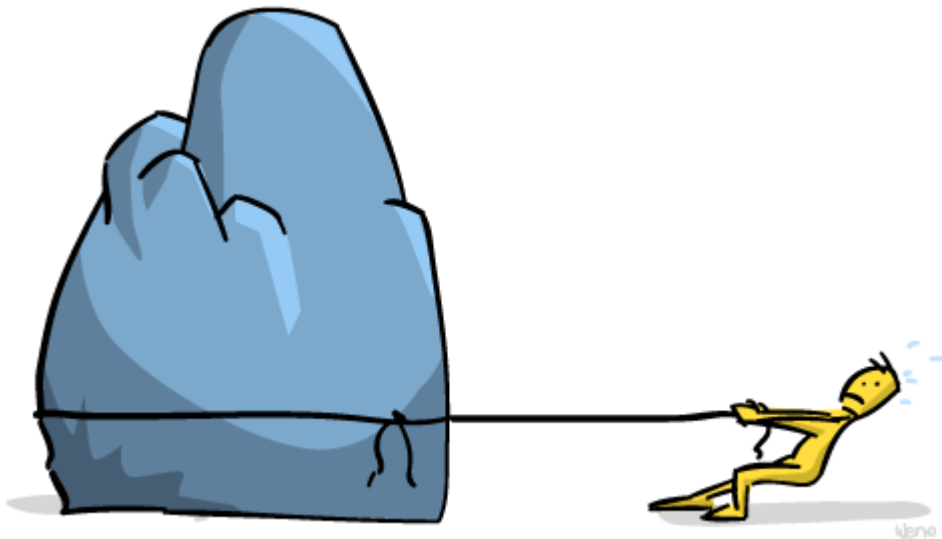
$$[m]_{cgs} = \frac{\frac{dina}{cm}}{\frac{s^2}{cm}} = \frac{\frac{g.cm}{s^2}}{\frac{s^2}{cm}} = g$$

$$[m]_{técnico} = \frac{kgf}{\frac{m}{s^2}} = u.t.m$$

como $1kgf = 9,8N$

Entonces podemos decir que la masa de un cuerpo representa la mayor o menor resistencia que opone un cuerpo para ser acelerado, es decir la mayor o menor inercia.

La MASA representa de modo cuantitativo la propiedad de la materia que se describe cualitativamente con la palabra INERCIA.





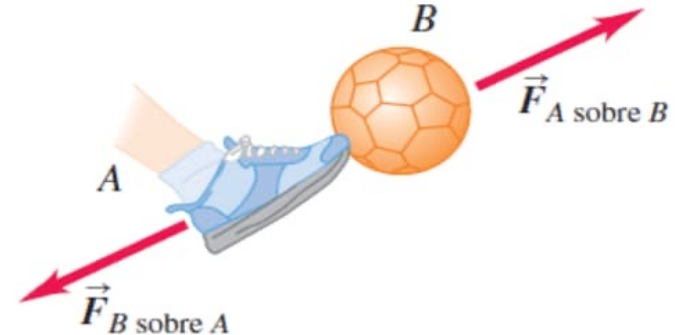
Tercera Ley de Newton

Principio de Acción y Reacción

Principio de Acción y Reacción

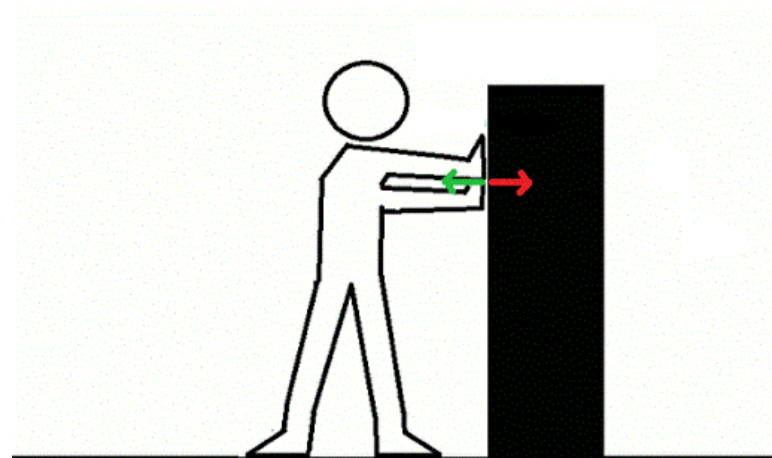
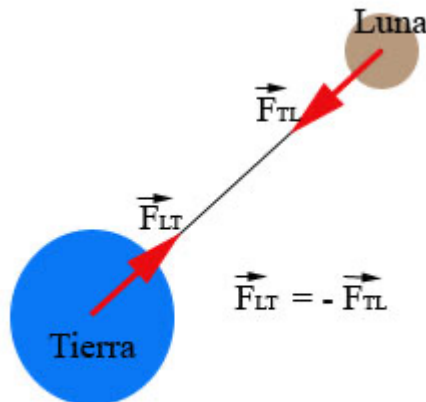
Siempre que un objeto ejerce una fuerza sobre un segundo objeto, este ejerce una fuerza de igual magnitud pero en sentido opuesto a la del primer objeto.

$$\vec{F}_{A \text{ sobre } B} = -\vec{F}_{B \text{ sobre } A}$$



La tercera Ley de Newton explica que las fuerzas actúan de a pares.
Es necesario la interacción de cuerpos.

Las fuerzas de acción (A) y reacción (R) están aplicadas a cuerpos diferentes.





Masa Inercial y Masa Gravitatoria



La masa inercial, m_i , se define como la medida cuantitativa de la inercia de un cuerpo. Es la tendencia que tienen los cuerpos a conservar su estado de reposo o de movimiento.

¿La masa que mide la inercia es a su vez responsable de la gravitación?

Llamaremos masa gravitacional, m_g , a la propiedad responsable de que haya fuerza de atracción gravitatoria.

Según la Ley de Atracción Gravitatoria de Newton, dos masa m_1 y m_2 , separadas una distancia r , se atraen con una fuerza que se encuentra en la línea que las une y cuyo módulo vale:

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

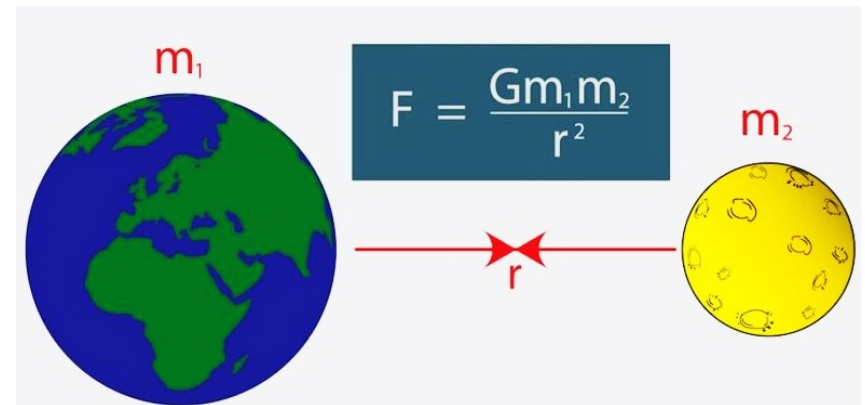
Donde

F = fuerza de atracción gravitatoria

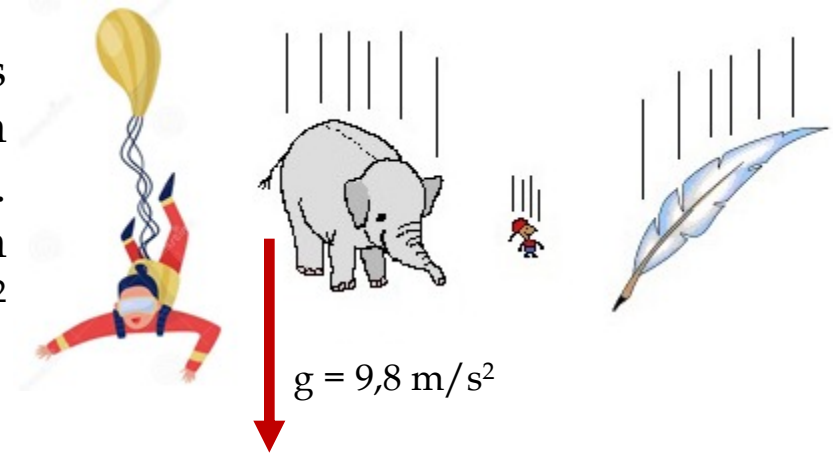
M y m = masas que se atraen

d = distancia media entre las masas

G = constante de gravitación universal = $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N m}^2}{\text{kg}^2}$



Supongamos que se dejan en libertad varios cuerpos de masas inerciales m_{i1} , m_{i2} , etc. en las proximidades de la superficie de la Tierra. Podemos comprobar que todos ellos caen con la misma aceleración $g=9,8 \text{ m/s}^2$



Si consideramos uno cualquiera de los objetos, de masa: m_{i1} y reemplazamos en la Ley de atracción universal, tomando la Tierra como segunda masa (M_T) :

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \frac{G m_{g1} M_{gT}}{R_T^2} = m_{i1} g \quad \longrightarrow \quad g = G \frac{m_{g1} M_{gT}}{R_T^2 m_{i1}}$$

Como g es constante para todos los cuerpos, esto sólo se puede cumplir si la relación entre m_g/m_i **es igual para todos los objetos.**

Es decir, la masa inercial y la masa gravitacional son directamente proporcionales. Si consideramos que la constante de proporcionalidad es 1, esto equivale a decir que los valores numéricos de la masa inercial y la masa gravitacional coinciden.

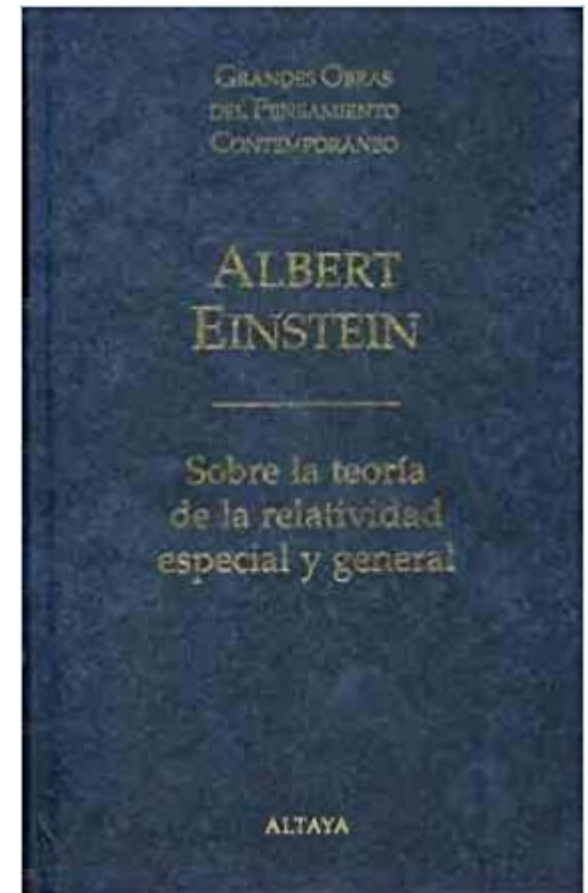
Este convenio hace que sólo necesitemos **un único valor** para medir la masa de cada cuerpo y ese valor representará tanto la masa inercial como la masa gravitacional. Sin embargo también tiene el inconveniente de que habitualmente **se confundan dos propiedades distintas, la inercia y la gravitación.**

La masa inercial es una propiedad de los cuerpos debida a la imposibilidad que tienen por ellos mismos, de cambiar su velocidad.

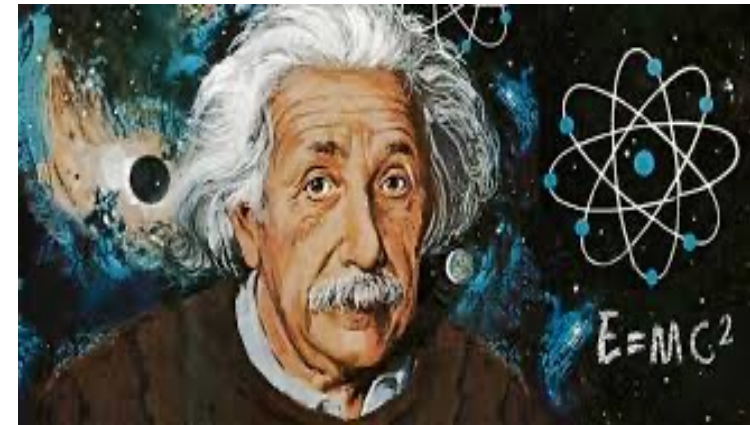
La masa gravitacional es la propiedad a la que se debe la **interacción gravitatoria entre los cuerpos.**

La proporcionalidad existente entre dos propiedades distintas se conoce como el “Principio de equivalencia”.

Esto se consideró durante mucho tiempo como una casualidad. Sin embargo, en la actualidad este hecho se interpreta claramente en la teoría de la relatividad generalizada.



Antonio Gros. Universidad de Granada, España.

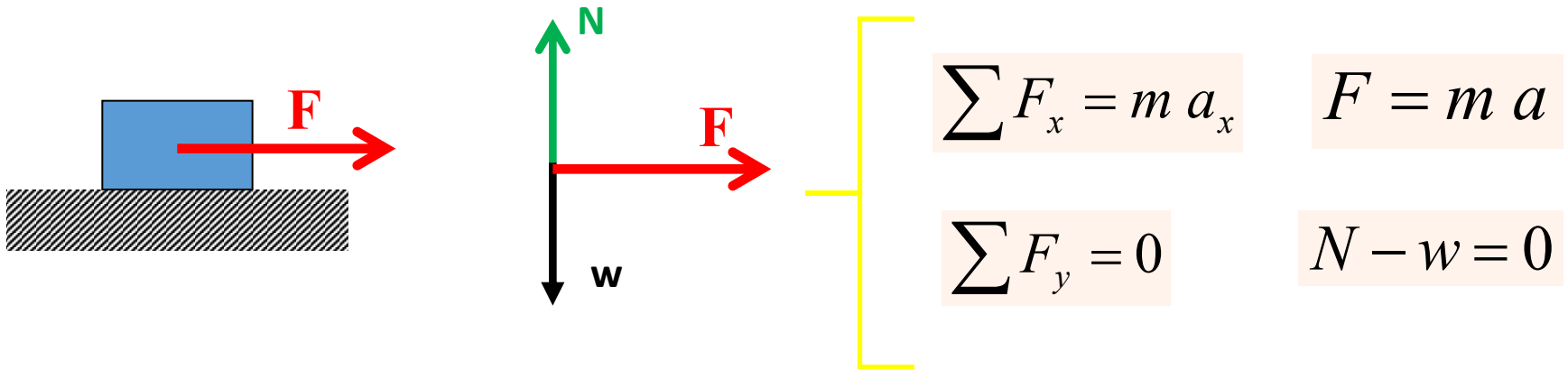


Analice y responda a la luz de las leyes de Newton.

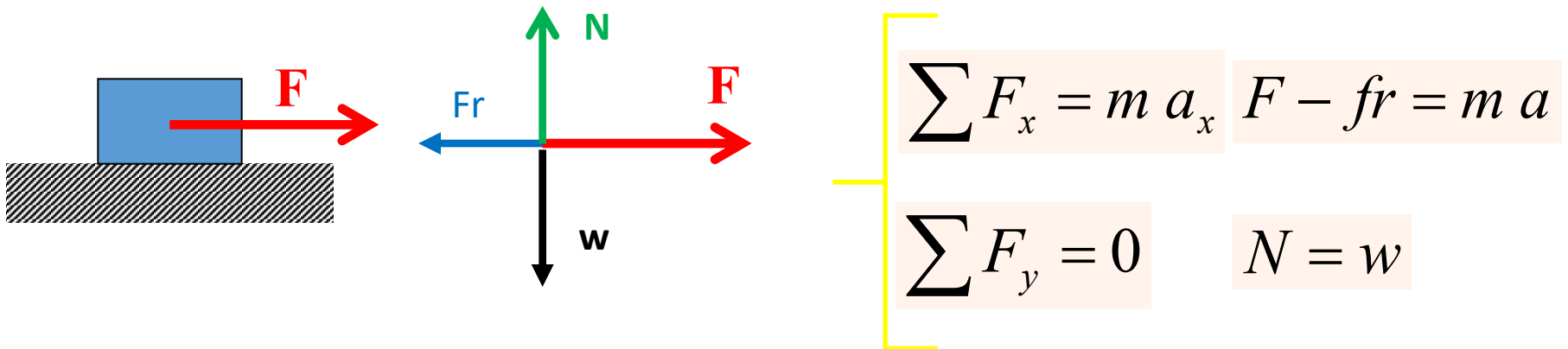
1. ¿Podría determinar cuándo una fuerza resultante sobre un objeto es cero, sabiendo las características de la velocidad del objeto?
2. Si un cuerpo se encuentra en reposo, puedes llegar a la conclusión que sobre él no actúa ninguna fuerza?
3. Si sólo actúa una fuerza sobre un cuerpo, podrá éste desplazarse con MRU?
4. ¿Puede un cuerpo describir una trayectoria curva si la fuerza resultante sobre él es nula?
5. ¿Cómo puede juzgar si sobre un cuerpo está actuando una resultante distinta de cero?
6. Si un cuerpo se mueve con M.R.U., ¿puede concluir que la fuerza que actúa sobre él es constante?
7. Si un cuerpo triplica su masa y se le sigue aplicando la misma fuerza, ¿qué ocurrirá con su aceleración?
8. ¿Puede una fuerza variable producir un movimiento rectilíneo uniformemente variado?

Aplicaciones de la Segunda Ley de Newton

1) Cuerpo apoyado sobre una Superficie Horizontal Lisa

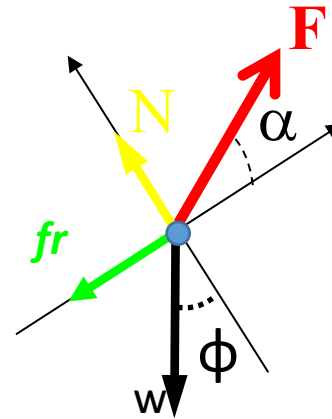
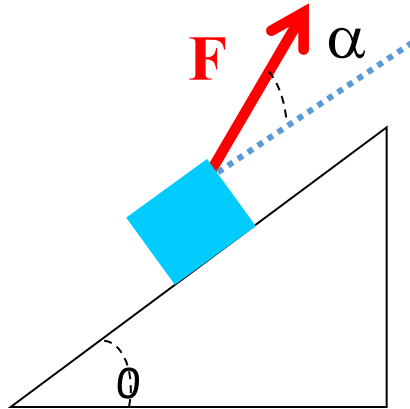


2) Cuerpo apoyado sobre una Superficie Horizontal Rugosa



Aplicaciones de la Segunda Ley de Newton

3) Plano inclinado Rugoso



$$\sum F_{//} = m a_{//}$$

$$F \cos \alpha - w \cdot \sin \phi - fr = m a$$

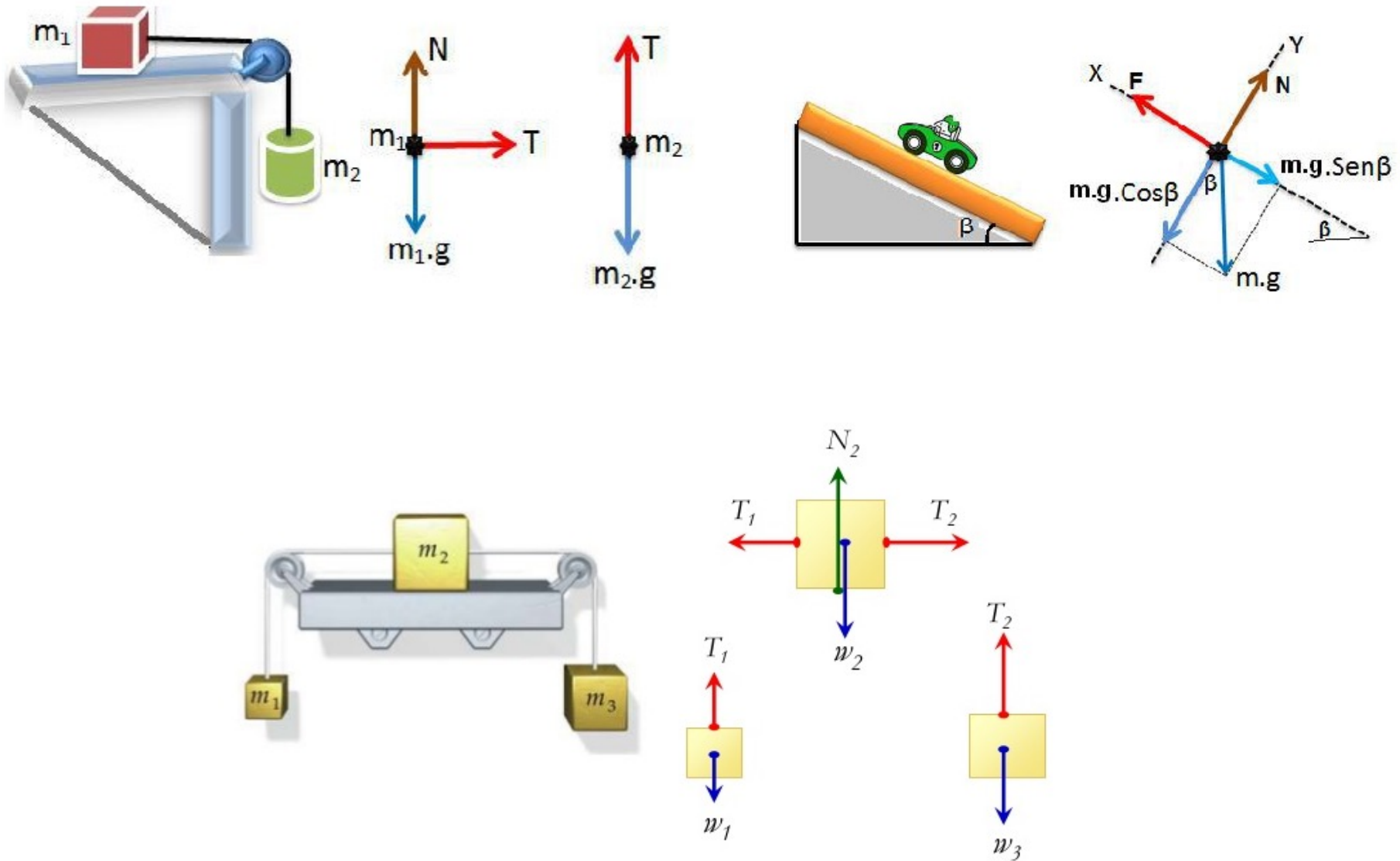
$$\sum F_{\perp} = 0$$

$$N + F \sin \alpha - w \cos \phi = 0$$

Aplicaciones de la Segunda Ley de Newton

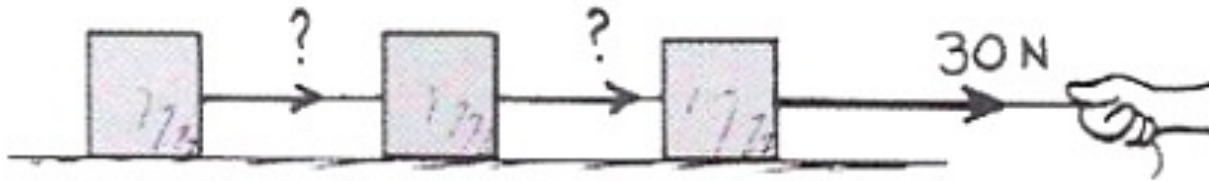


Diagrama del cuerpo libre



Para pensar:

1. Cuando tu automóvil avanza por la carretera con velocidad constante, la fuerza neta sobre él es cero. ¿Por qué entonces debes mantener el motor funcionando?
2. Tres bloques idénticos son arrastrados como muestra la figura, sobre una superficie horizontal sin fricción. ¿Cuál será la tensión en las cuerdas entre los bloques?



3. ¿Un objeto que cae, puede aumentar su rapidez si disminuye su aceleración de caída?
4. ¿Cuál es la fuerza neta que actúa sobre una esfera de 1 kg de masa en caída libre?
5. ¿Cuál es la fuerza neta que actúa sobre una esfera de 1 kg de masa que cae en el aire si actúa sobre ella una fuerza de resistencia de 2 N?

6. Si usted tiene las manos mojadas y no dispone de una toalla, puede eliminar el exceso de agua sacudiéndolas. ¿Por qué se elimina el agua así?
7. Cuando un automóvil es golpeado por atrás, los pasajeros sienten un latigazo. Use las leyes de Newton para explicar este fenómeno.
8. Suponga que está en un cohete sin ventanillas que viaja en el espacio profundo, lejos de cualquier otro objeto. Sin ver hacia fuera del cohete y sin hacer contacto alguno con el mundo exterior, explique cómo podría determinar si el cohete:
 - a) Se mueve hacia adelante con una rapidez constante
 - b) Se mueve hacia atrás con una rapidez constante
 - c) Está acelerando hacia adelante
 - d) Está frenando
9. Una caja grande cuelga del extremo de una cuerda vertical. ¿La tensión en la cuerda es mayor cuando la caja está en reposo o cuando sube con rapidez constante? Si la caja sube. ¿La tensión en la cuerda es mayor cuando está acelerando o cuando está frenando? En cada caso explique en términos de las leyes del movimiento de Newton.



La Fuerza de Rozamiento

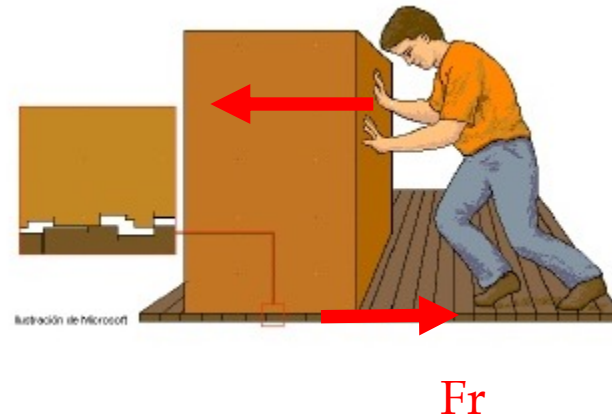
La fuerza de rozamiento

Se define como fuerza de rozamiento o fuerza de fricción entre dos superficies en contacto a **la fuerza que se opone al movimiento de una superficie sobre la otra**. (fuerza de fricción dinámica) o a la fuerza que se opone al inicio del movimiento (fuerza de fricción estática). Se genera debido a las imperfecciones, especialmente microscópicas, entre las superficies en contacto.

Es decir, la fuerza de rozamiento F_r , aparece cuando se intenta poner en movimiento un cuerpo respecto de otro, o cambiar su movimiento. El contacto entre ambos cuerpos se denomina roce. Cada superficie o cada cuerpo, **tiene un coeficiente de roce específico**, simbolizado μ

La fuerza de rozamiento se define como el producto entre el coeficiente μ y la Normal N a la superficie de contacto.

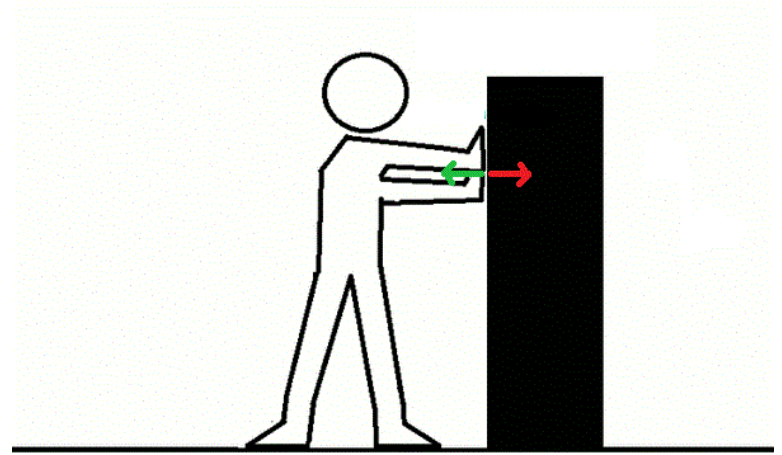
$$F_r = \mu N$$



La fuerza Normal (N) es SIEMPRE perpendicular a la superficie de contacto.

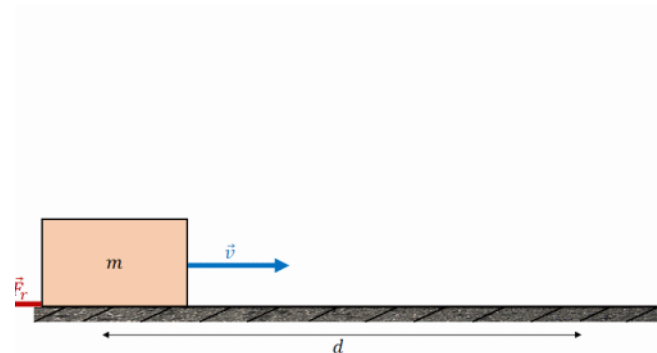
Rozamiento Estático y Dinámico

Fuerza de rozamiento estático: Actúa mientras se trata de poner en movimiento un cuerpo, sin lograrlo.



Fuerza de rozamiento dinámico: Una vez superada la fuerza de fricción estática, el objeto comenzará a moverse hacia la derecha. Durante el movimiento, la fuerza de rozamiento no desaparece, pero sí disminuye su valor respecto de la fuerza de rozamiento estático.

$$F_r = \mu N$$



$$F_r = \mu N$$

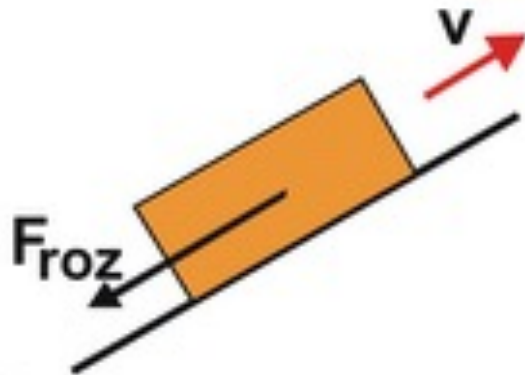
Cuerpo que desliza
hacia la derecha



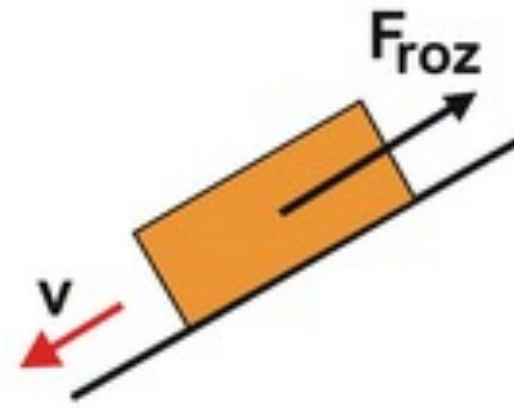
Cuerpo que desliza
hacia la izquierda

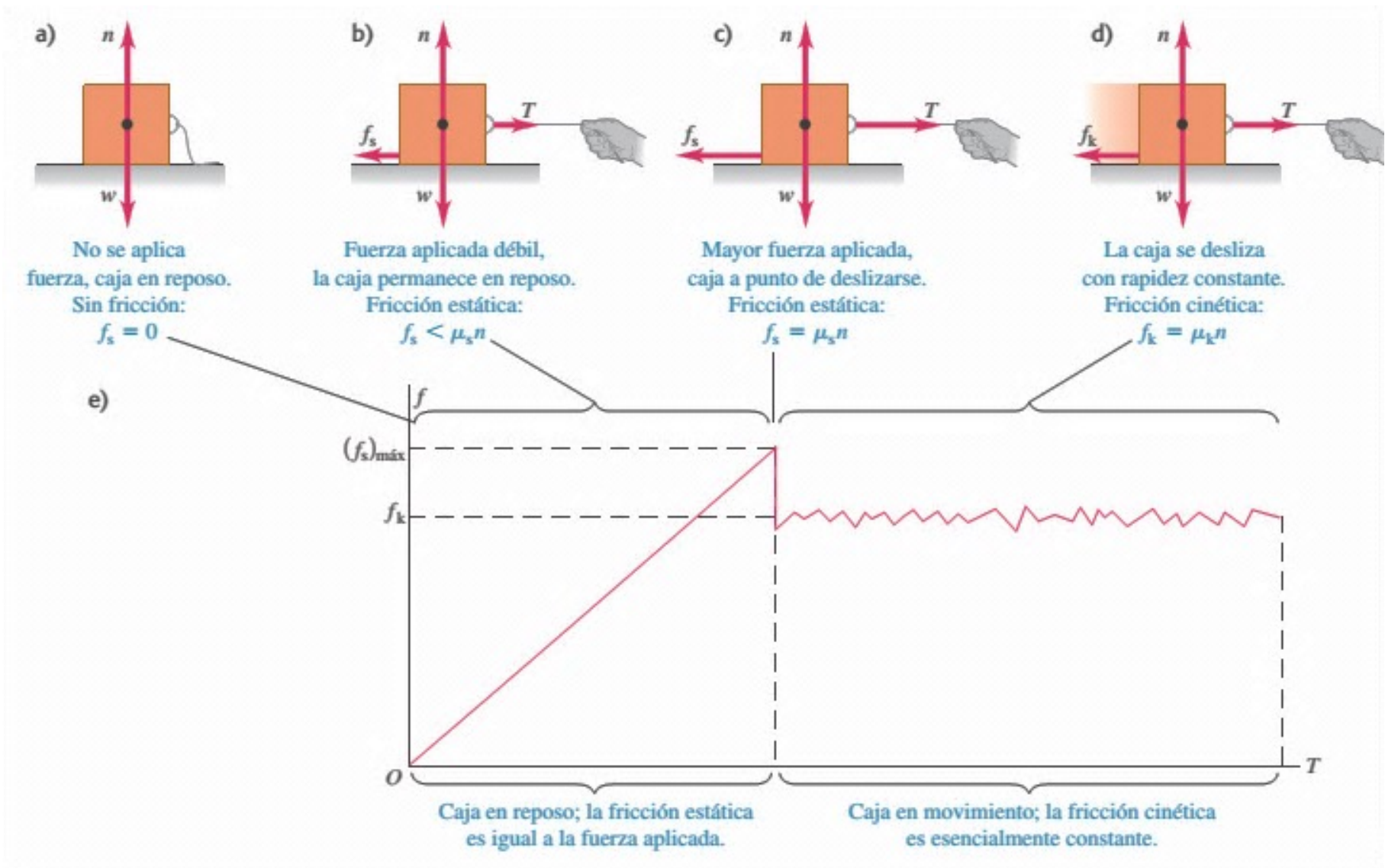


Cuerpo que asciende
por un plano inclinado



Cuerpo que desciende
por un plano inclinado



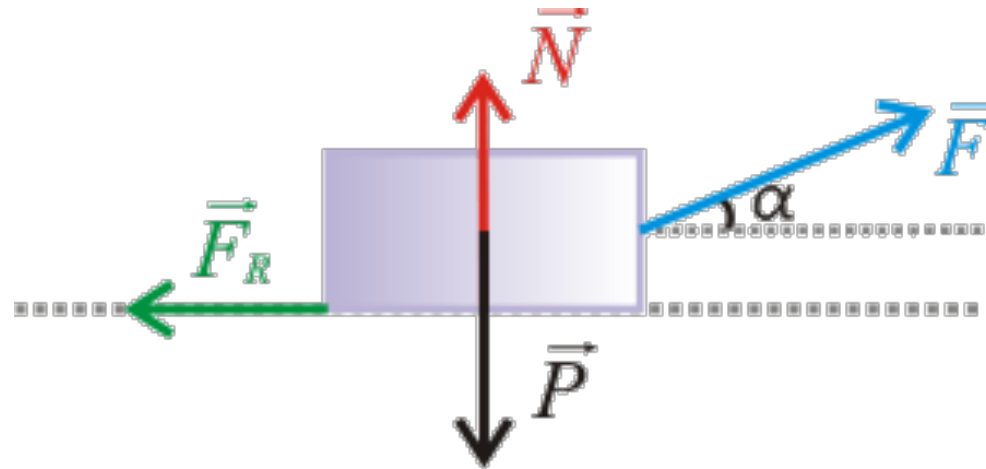


Coeficientes de fricción aproximados

| Materiales | Coeficiente de fricción estática, μ_s | Coeficiente de fricción cinética, μ_k |
|----------------------------|---|---|
| Acero sobre acero | 0.74 | 0.57 |
| Aluminio sobre acero | 0.61 | 0.47 |
| Cobre sobre acero | 0.53 | 0.36 |
| Latón sobre acero | 0.51 | 0.44 |
| Zinc sobre hierro colado | 0.85 | 0.21 |
| Cobre sobre hierro colado | 1.05 | 0.29 |
| Vidrio sobre vidrio | 0.94 | 0.40 |
| Cobre sobre vidrio | 0.68 | 0.53 |
| Teflón sobre teflón | 0.04 | 0.04 |
| Teflón sobre acero | 0.04 | 0.04 |
| Hule sobre concreto (seco) | 1.0 | 0.8 |
| Hule en concreto (húmedo) | 0.30 | 0.25 |

$$Fr = \mu N$$

La fuerza Normal (N) es **SIEMPRE** perpendicular a la superficie de contacto pero **NO** siempre igual al peso del cuerpo apoyado en ella.



$$\sum F_x = F \cos \alpha - F_R = m a$$

$$\sum F_y = N + F \sin \alpha - P = 0$$

Para pensar:

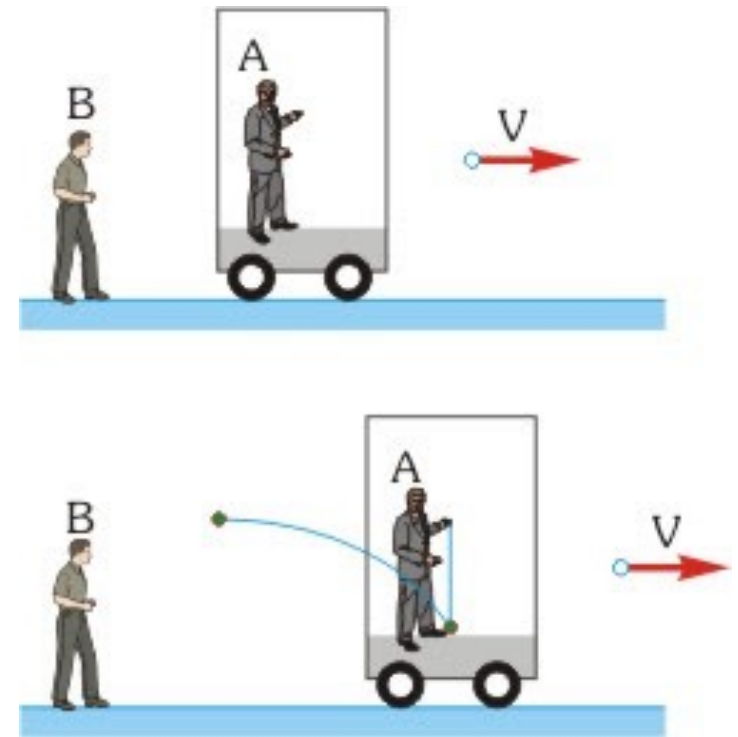
1. ¿Cuál es la magnitud de la fricción, en comparación con la fuerza que usted hace para empujar una caja sobre el suelo si la caja no se mueve?
2. Si aumentas la fuerza que usted aplica sobre la caja, ¿aumentará también la fricción?
3. Una vez que la caja se desliza, ¿con qué fuerza debe empujarla para mantenerla en movimiento a velocidad constante?
4. ¿Cuál debe ser mayor, la fricción estática o la cinética sobre el mismo objeto?
5. ¿Cómo varía la fuerza de fricción cuando varía la rapidez?
6. Cuando un automóvil se detiene en una carretera horizontal, ¿cuál es la fuerza que logra detenerlo?

Marcos de Referencia Inerciales

Un sistema de referencias es inercial si en él se cumple la Primera Ley de Newton.

Si tenemos un marco de referencia inercial B, donde se cumple la primera ley de Newton, cualquier otro marco de referencia "A" será inercial si se mueve con velocidad constante relativa a "B".

El sistema de referencias puede moverse pero a velocidad lineal constante.



Marcos de referencia NO inerciales

En mecánica newtoniana se dice que un sistema de referencia es no inercial cuando en él **no se cumplen las leyes del movimiento de Newton**.

Dado un sistema de referencia inercial, un segundo sistema de referencia será no inercial **cuando describa un movimiento acelerado respecto al primero**.

La aceleración del sistema no inercial puede deberse a:

- ❖ Un cambio en el módulo de su velocidad de traslación (aceleración lineal).
- ❖ Un cambio en la dirección de su velocidad de traslación (por ejemplo en un movimiento de giro alrededor de un sistema de referencia inercial).
- ❖ Un movimiento de rotación sobre sí mismo.
- ❖ Una combinación de algunos de los anteriores.

