Tema III

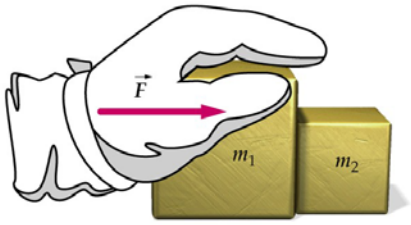
Capítulos: **4, 5, 14 de *Física*, Tipler/Mosca**
4, 5.6 y 14.1-14.3 *Física*, Bauer /Westfall;

Tema III

Las leyes de Newton.
Fuerzas de contacto
Peso.
Fuerza elástica. El péndulo
El rozamiento
Fuerza centrípeta
Diagrama de cuerpo libre

¡Resuelve los ejemplos que aparecen en el desarrollo de la lección en el libro!

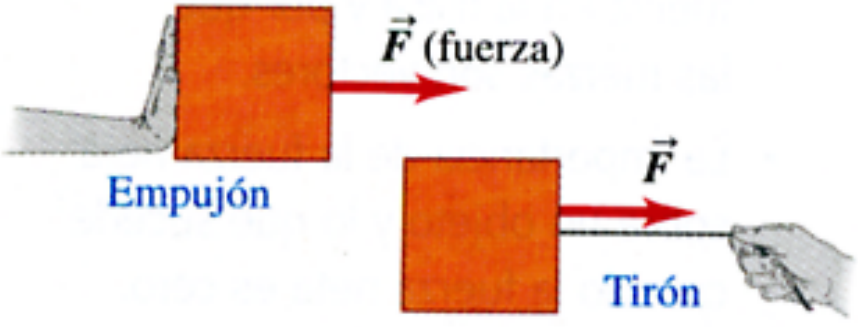
Las 3 leyes de Newton involucran el concepto de fuerza



Galileo había descubierto que es provocar el **cambio de velocidad** y no es mantener la velocidad misma lo que requiere una explicación física: FUERZA es la causa.

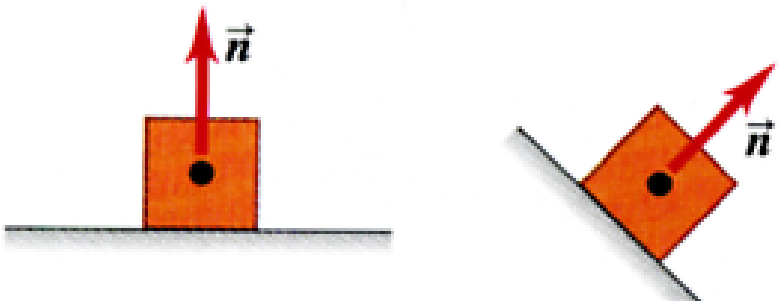
¿Qué es una fuerza? es una magnitud física que causa **aceleración** en los objetos.

- Una fuerza es un empujón o un tirón.
- Una fuerza es una interacción entre dos objetos o entre un objeto y su ambiente.
- Una fuerza es una cantidad vectorial con magnitud y dirección.

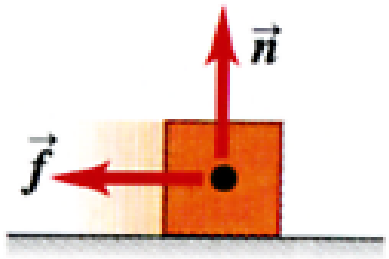


Tipos de fuerzas (contacto)

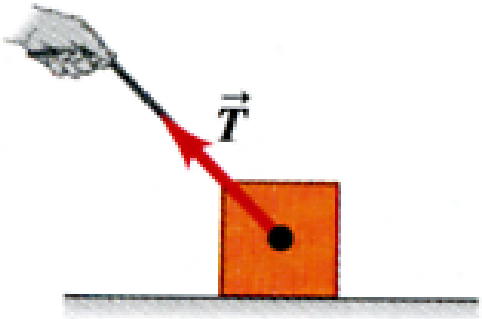
a) **Fuerza normal $\vec{n}$:** cuando un objeto descansa o se empuja sobre una superficie, ésta ejerce un empujón sobre el objeto que es perpendicular a la superficie.



b) **Fuerza de fricción $\vec{f}$:** además de la fuerza normal, una superficie puede ejercer una fuerza de fricción sobre un objeto que es paralela a la superficie.



c) **Fuerza de tensión $\vec{T}$:** una fuerza de tirón ejercida sobre un objeto por una cuerda, un cordón, etc.



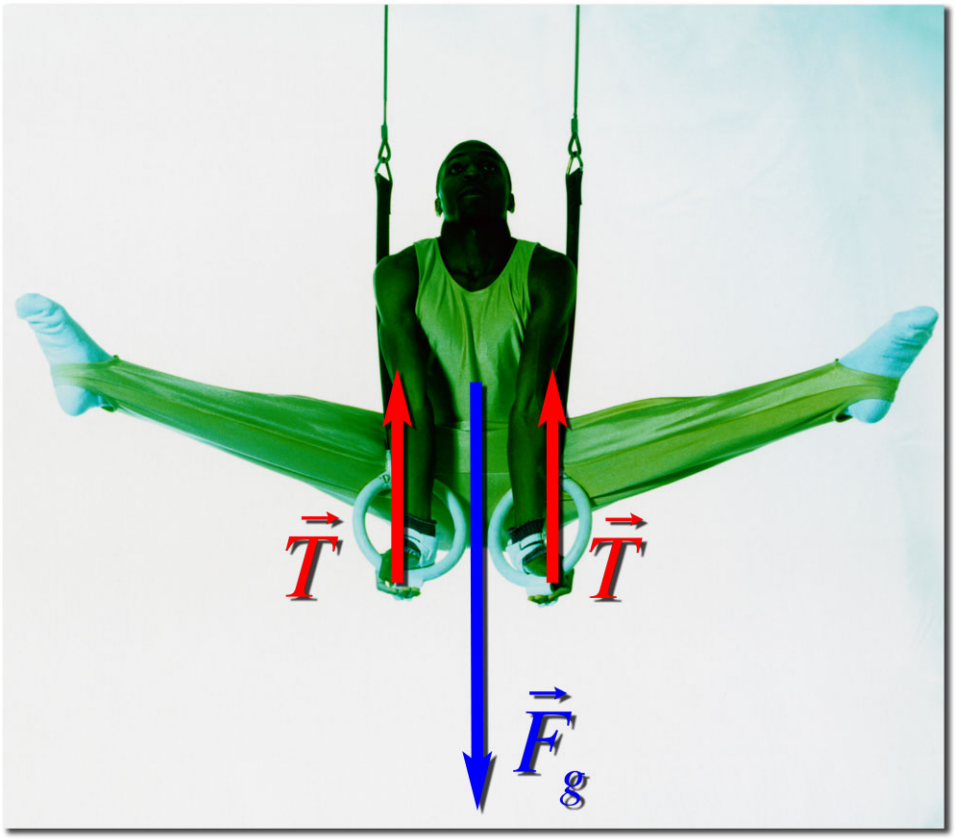
1ª Ley →

Un objeto sobre el que se ejerce **fuerza neta = 0** permanece en reposo o se mueve con **velocidad constante** (Ley de inercia).

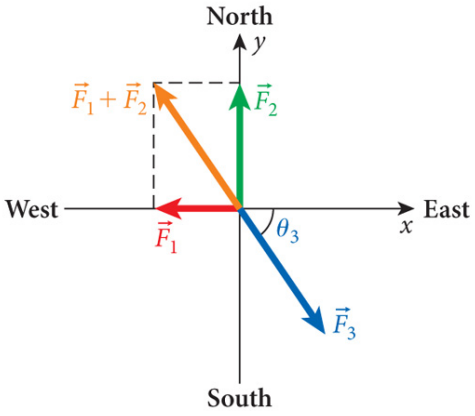
No distingue entre reposo (**v** = 0) y **v** = constante (≠0). Los sistemas en los que se cumple la 1ª ley son Sistemas inerciales.

Fuerza neta = 0 → cuerpo en equilibrio (estático o dinámico)

Ejemplo: Gimnasta de 55 kg en equilibrio, ¿qué fuerza soporta cada cuerda?



Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display



prob 1 de hoja III

☞ **Reflexión** En el suelo de un vagón de tren hay una pelota y una maleta. El tren arranca, un viajero sentado observa: la pelota comienza a rodar y la maleta se cae. ¡Nadie ni nada ha empujado esos objetos! El tren no es un sistema inercial mientras arranca. El tren acelera respecto de Tierra (Tierra es aproximadamente un sistema inercial).

2ª Ley →

La aceleración de un objeto es directamente proporcional a la **fuerza neta** ejercida sobre él e inversamente proporcional a su masa

$$a = F_{neta}/\ m$$

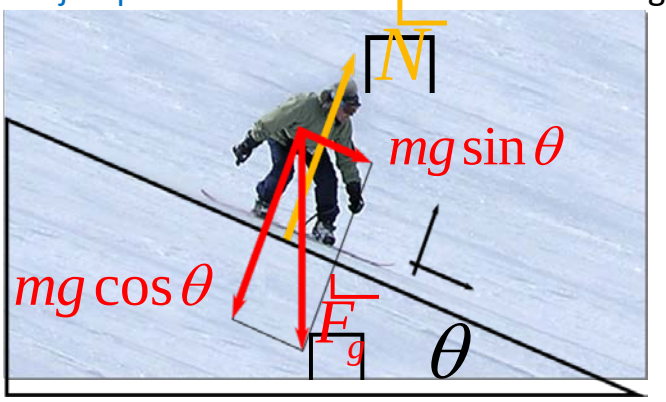
☞ **Masa** es una magnitud intrínseca de los objetos (¡independiente de otras propiedades!) que mide su resistencia a ser acelerados (masa inercial). Mide la "inercia" del objeto a modificar su velocidad. No se distingue de la masa gravitatoria que interviene en la fuerza peso.

Un objeto 1 tiene la misma masa inercial que otro objeto 2 si una misma fuerza neta provoca la misma aceleración en ambos

$$F = m_1 a_1 = m_2 a_2 \rightarrow m_2/m_1 = a_1/a_2$$

☞ **Unidad de fuerza**: 1 N = 1 kg x 1 m/s^2 = 1 kg.m.s^{-2}

Ejemplo: Plano inclinado: Snowboarding (no hay rozamiento)



$$F_{net,y} = F_{g,y} + N = 0$$

$$\Rightarrow -mg\cos\theta + N = 0$$

$$\Rightarrow N = mg\cos\theta$$

$$F_{net,x} = F_{x,g} = mg\sin\theta = ma_x$$

$$\Rightarrow a_x = g\sin\theta$$

3ª Ley →

Las fuerzas se presentan por pares de igual magnitud y opuesto sentido. Cuando un cuerpo A ejerce una fuerza sobre un cuerpo B, **acción**, el objeto B ejerce una fuerza igual y opuesta sobre A, **reacción**.

| ACCIÓN (A sobre B) | = | REACCIÓN (B sobre A) |

¿Qué fuerza ejerce el deportista sobre la nieve, en el ejemplo anterior? – N

☞ Descripción de algunas fuerzas

1 ¿Qué fuerza acelera los objetos en su caída hacia la Tierra?
Es una fuerza de largo alcance y no es de contacto

El peso : **w** = m **g**

Masa (escalar, propiedad intrínseca) ≠ Peso (vectorial, depende del lugar)

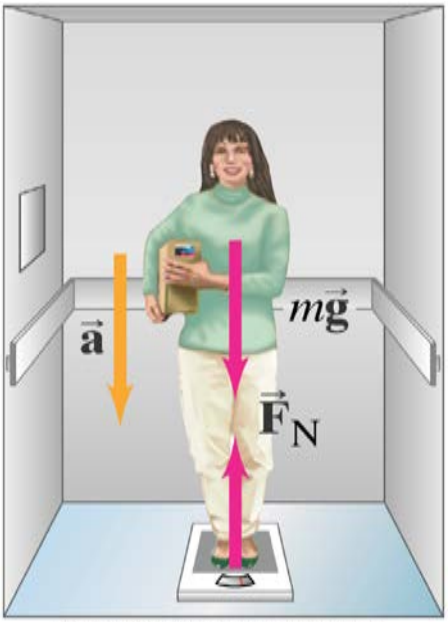
$m_T = m_L$ $\qquad$ $\mathbf{w_T \neq w_L}$

peso en la TIERRA: $\mathbf{w_T} = m_T\,\mathbf{g_T}$ $\qquad$ **peso en la LUNA:** $\mathbf{w_L} = m_L\,\mathbf{g_L}$

$\mathbf{g_T \neq g_L}$ $\qquad$ $\mathbf{w_T / g_T = w_L / g_L}$

☞ Peso aparente

Un ascensor acelerado es un sistema no inercial, pero…….desde el suelo (sistema inercial), se puede aplicar la 2ª ley de Newton a la mujer:



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

ec. vectorial $\mathbf{mg} + \mathbf{F_N} = \mathbf{ma}$

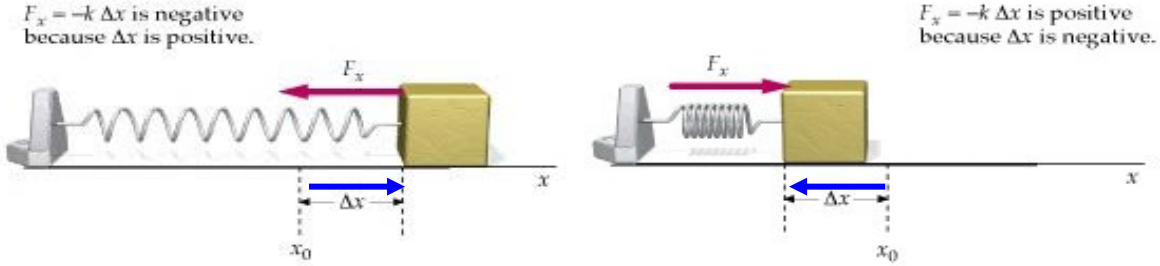
ec. en componentes: $mg - F_N = ma$

dentro del ascensor, que baja acelerado, la mujer pesa menos

F_N (peso aparente)$= mg - ma = m(g-a)$

2 Fuerza de restauración (elástica ejercida por un muelle)

La fuerza elástica se manifiesta cuando un muelle se alarga o comprime $\qquad$ $\mathbf{F_x} = -K\,\Delta x$



☞ Dinámica de los sistemas oscilatorios (fuerza elástica)

Sistemas (objetos) con un estado de equilibrio estable que oscilan con movimiento próximo a ese estado bajo la acción de fuerzas de restauración (elásticas)

En una oscilación unidimensional (eje x) **2ª ley:** $F_x = -K\,x = m\,a_x$ **(mov. armónico simple)**

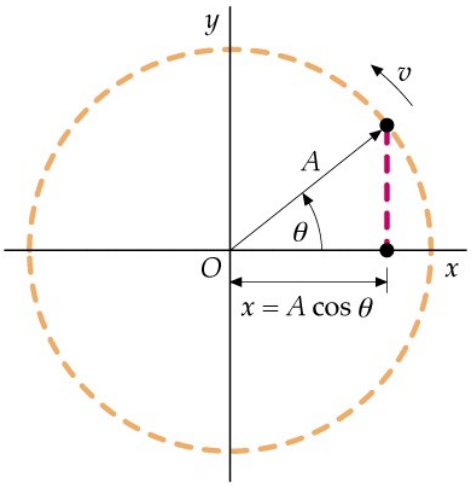
(**x** es el vector desplazamiento respecto de la posición en el equilibrio)

$a = (-k/m)\,x$ (semejante a $a_C = (-\omega^2)\,r$ del m.c. u.)

ω (frecuencia angular) $\equiv (k/m)^{1/2}$:

T(periodo) = $2\pi/\omega = 1/\upsilon$ (frecuencia)

$a = -\omega^2 x$



$x = A\cos(\omega t + \delta)$

$v = dx/dt = -A\,\omega\,\mathrm{sen}(\omega t + \delta)$

$a = d^2x/dt = (-k/m)\,x = -A\,\omega^2\cos(\omega t + \delta)$

El péndulo simple (cerca del equilibrio)

2ª ley: $T + mg = ma$

En la dirección del movimiento

$mg\,\mathrm{sen}\theta = ma$;

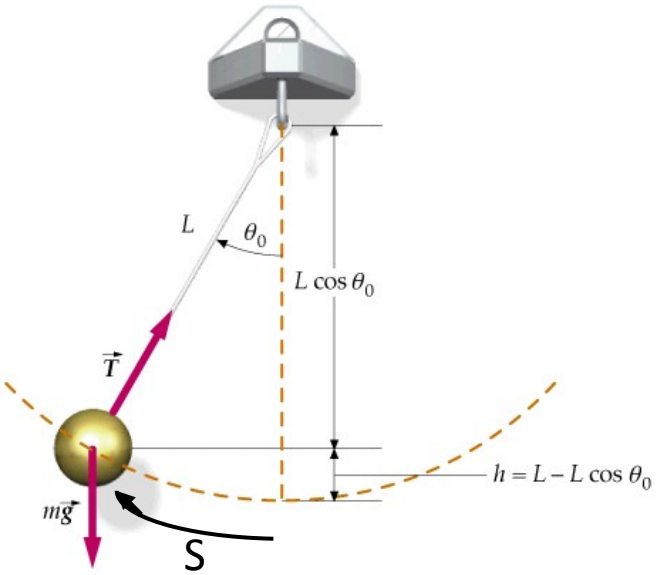
En la dirección de la cuerda

$mg\cos\theta = T$

$a = -d^2s/dt^2 = -d^2(\theta L)/dt^2$

$ma = -mLd^2\theta/dt^2 = mg\,\mathrm{sen}\theta \approx mg\theta$

$d^2\theta/dt^2 \approx -(g/L)\,\theta$



ecuación semejante a $a = -\omega^2 x$ **(mov. armónico simple)**

ω (frecuencia angular) = $(g/L)^{1/2}$

3 El rozamiento (o fricción)

Experimentalmente se observa :

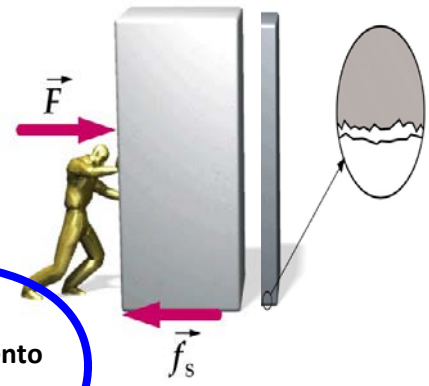
A Fuerza que se manifiesta al intentar (un agente externo) desplazar un objeto respecto de otro cuando ambos permanecen en mutuo contacto.

B Es distinta dependiendo de que las superficies en contacto posean o no velocidad relativa

C No depende del tamaño del área de contacto

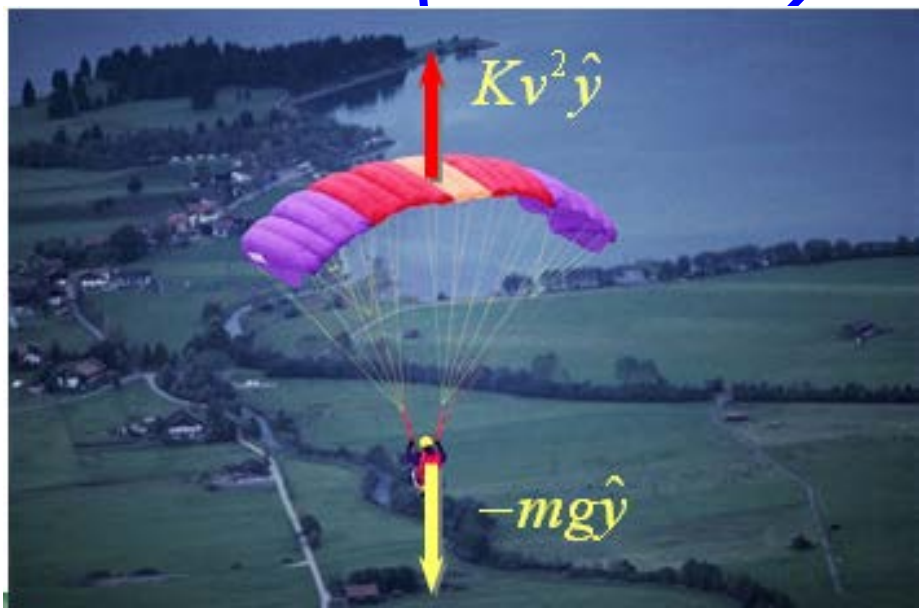
D Se desarrollan de manera que tienden a equilibrar la fuerza que provoca el movimiento relativo y la igualan hasta un límite máximo.

E Ese límite depende de la naturaleza de las superficies en contacto y de la fuerza normal entre dichas superficies



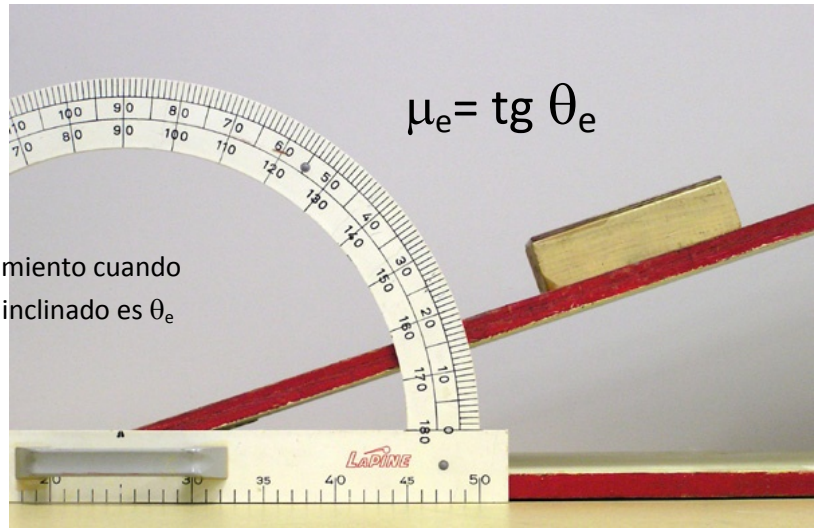
Magnitud del Rozamiento

$$f_R \leq \mu N$$



Debido al rozamiento con el aire, la velocidad de caída en la atmósfera no puede crecer indefinidamente. El rozamiento, que se opone a la acción de la gravedad, es una fuerza que a velocidades grandes es proporcional a v^2 e incluso a v^4 . Así, en la caída es una fuerza que va creciendo rápidamente, mientras que la gravedad crece con $1/r^2$, siendo r la distancia al centro de la Tierra (a 36 km sobre el suelo g es 9.74 aprox.). Cerca del suelo es el peso, mg_0. Cuando las dos fuerzas se igualan, la velocidad ya no puede crecer más y se mantiene constante

Determinación experimental de los coeficientes dinámico μ_k y estático μ_e de la fuerza de rozamiento



Comienza el deslizamiento cuando el ángulo del plano inclinado es θ_e

Aplicaciones (cuestiones tema III)

☞ Movimiento de un objeto sometido a varias fuerzas

☞ Principio de **Superposición de fuerzas**

El efecto conjunto de varias fuerzas aplicadas a la vez a un cuerpo es el mismo que el que produce la fuerza resultante (suma vectorial de esas fuerzas)

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \ldots + \vec{F}_n \equiv \vec{R}$$

☞ Diagrama de cuerpo libre

Método que, utilizando las leyes de Newton, permite obtener fuerzas y aceleraciones de objetos.

1 Se decide si el objeto puede tratarse como una partícula (CM), para aplicar la 2ª ley

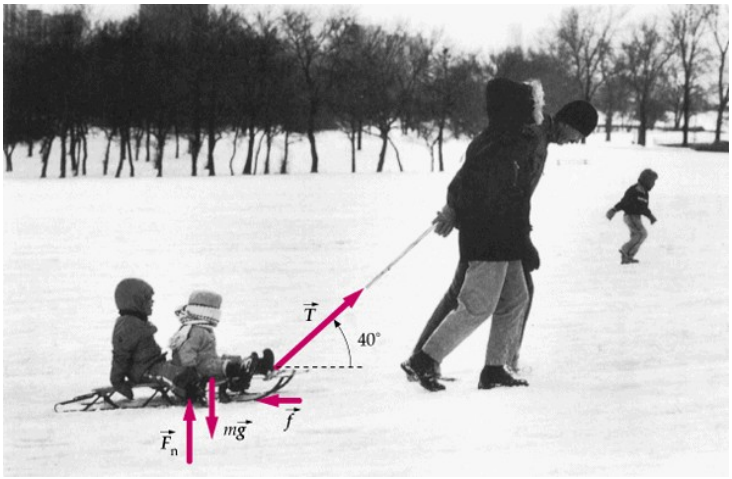
2 Se buscan <u>todas</u> las fuerzas que el resto del Universo ejercen <u>sobre el objeto</u> (gravitación, elásticas, rozamiento, normales, tensiones, aplicadas…)

3 En un <u>sistema de referencia inercial</u>, se traza un diagrama representando todas las fuerzas por flechas (llamado **diagrama de fuerza de cuerpo libre**)

4 Se utiliza el principio de superposición y se escribe la expresión de la 2ª ley vectorial Σ **F** = m **a** en componentes, una ecuación para cada eje. $\Sigma F_x = m a_x$ $\Sigma F_y = m a_y$ (mov. en el plano)

5 Se utiliza la información adicional, aportada, por ejemplo, por la 3ª ley, etc.

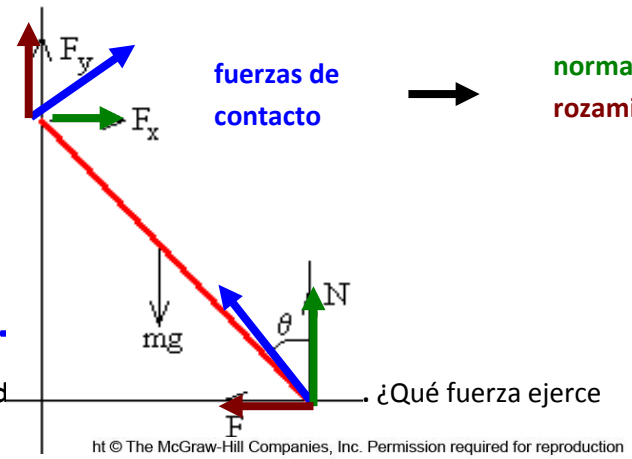
☞ Ejemplos



$$\vec{T} + \vec{f} + m\vec{g} + \vec{F}_n = m\vec{a}$$
$$\vec{T}_x + \vec{f} = m\vec{a}_x$$
$$\vec{T}_y + m\vec{g} + \vec{F}_n = m\vec{a}_y$$

$$\vec{F}_x + \vec{F}_R = 0$$
$$\vec{F}_y + \vec{N} + m\vec{g} = 0$$

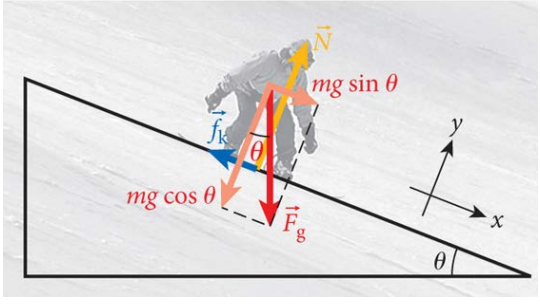
ESCALERA



fuerzas de contacto → normal, rozamiento

ht © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction

rehacer el ejemplo Plano inclinado: Snowboard. ¿Qué fuerza ejerce el deportista sobre la nieve? – ($N + f_k$)



☞ Dinámica del movimiento circular (fuerza centrípeta)

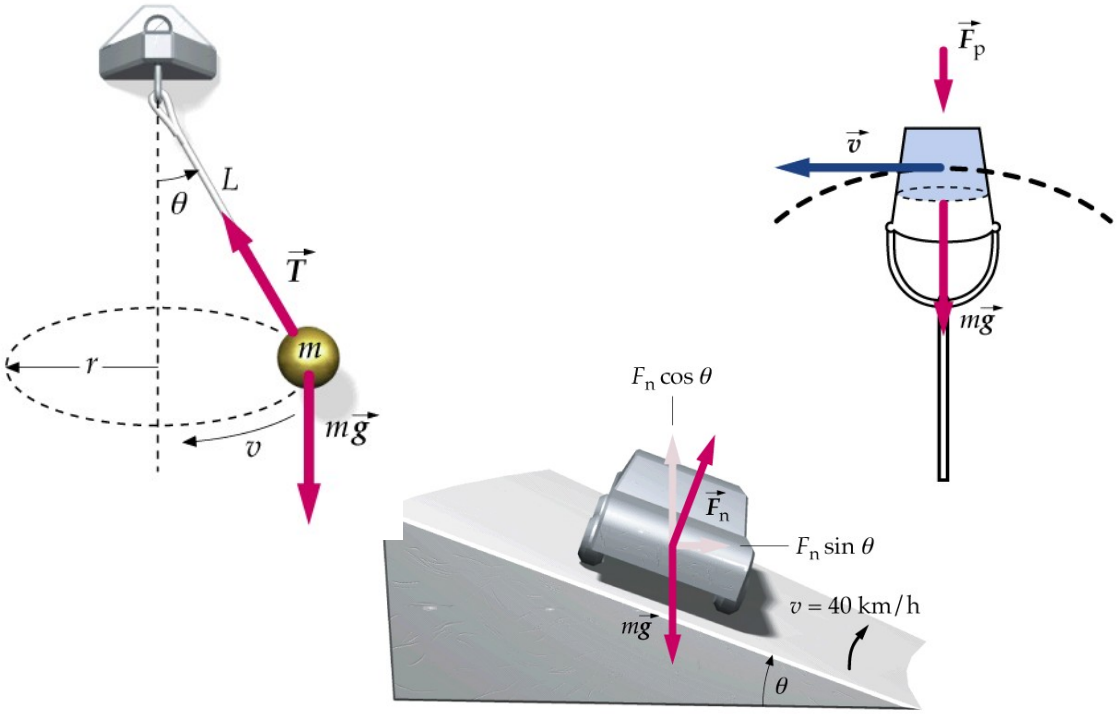
Uniforme (ω= cte) : $\mathbf{a} \equiv \mathbf{a_C}$ → 2ª ley $\mathbf{F_{neta}} \equiv \mathbf{F_C} = m\,\mathbf{a_C}$;

$F_C = m\,\omega^2 R = m\,v^2/R$ es la fuerza centrípeta

Uniformemente acelerado (α = cte) :

$\mathbf{a} \equiv \mathbf{a_C} + \mathbf{a_t}$ → 2ª ley $\mathbf{F_{neta}} \equiv \mathbf{F_C} + \mathbf{F_t} = m\,\mathbf{a_C} + m\,\mathbf{a_t}$;

$F_t = m\,\alpha R$ es la fuerza tangencial



La fuerza centrípeta está presente en los movimientos curvilíneos, en particular en los movimientos circulares. Se dirige hacia el centro de curvatura. Es una fuerza que puede ser suministrada por muy diferentes fuerzas en la Naturaleza: una reacción normal de contacto, la gravedad, una fuerza elástica, una tensión, etc o una suma de varias de las anteriores.