

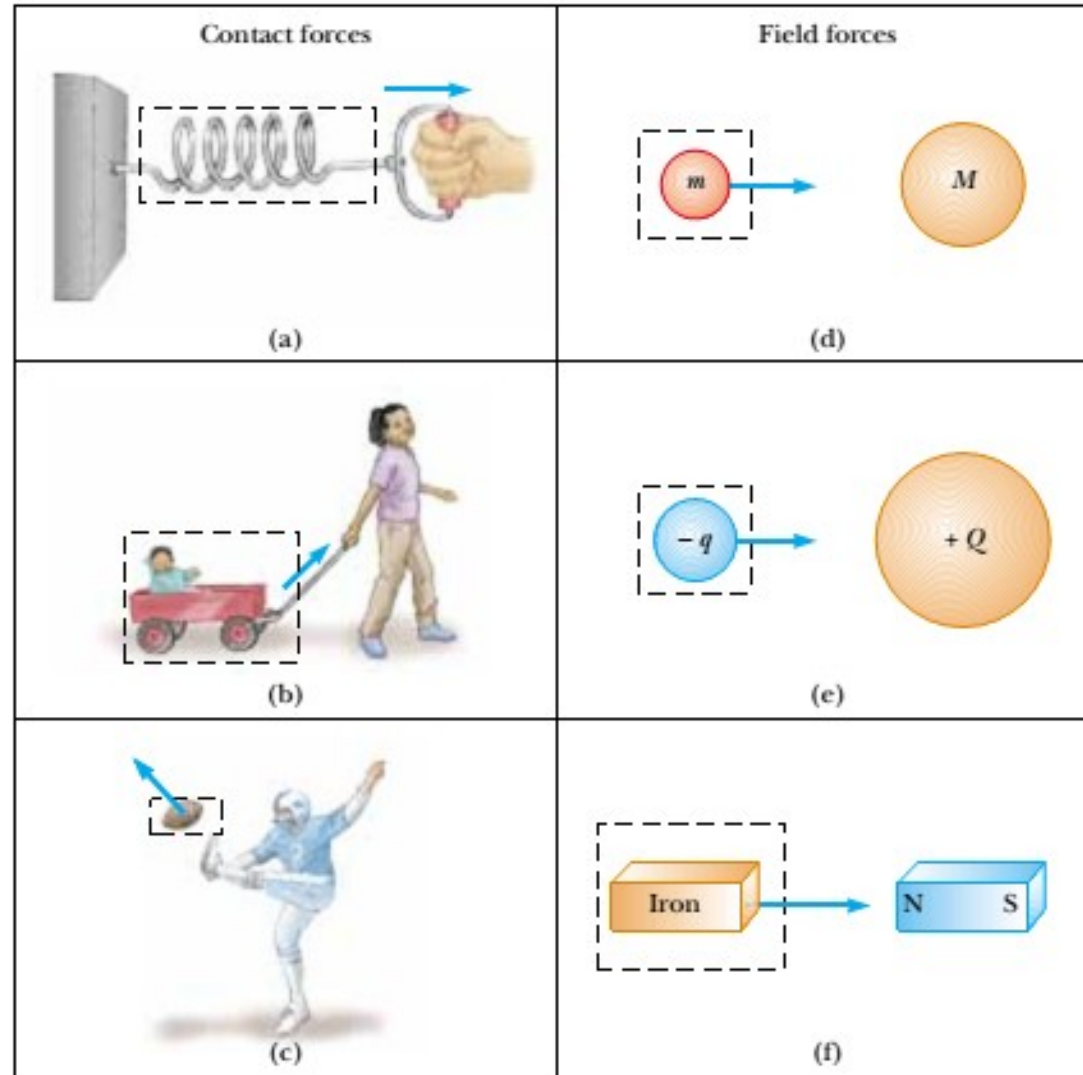
# LEYES DEL MOVIMIENTO DE NEWTON

## Fuerzas

Existen fuerzas de contacto y fuerzas a distancia.

Las fuerzas se reconocen por sus efectos sobre los cuerpos, que fundamentalmente son:

A- Cambio en su velocidad (aceleración)



Se dice que la fuerza es una magnitud vectorial porque para especificarla completamente deben indicarse, además de su intensidad su dirección y su sentido.

Algunas de las unidades más usadas para indicar su módulo son:

kgf: kilogramo fuerza .(Sist. Técnico)

N: Newton (unidad del sistema internacional)

4.1 Algunas propiedades de las fuerzas.  
din:dina (c.g.s.)

- 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.

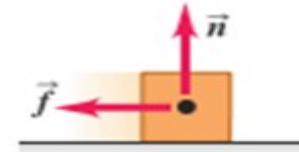


#### 4.2 Cuatro tipos de fuerzas comunes.

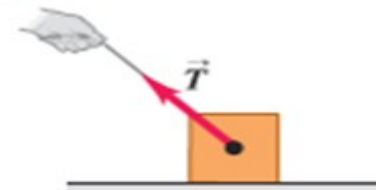
a) **Fuerza normal  $\vec{n}$** : cuando un objeto descansa o se empuja sobre una superficie, ésta ejerce un empujón sobre el objeto que es perpendicular a la superficie.



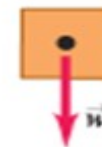
b) **Fuerza de fricción  $\vec{f}$** : además de la fuerza normal, una superficie puede ejercer una fuerza de fricción sobre un objeto que es paralela a la superficie.



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

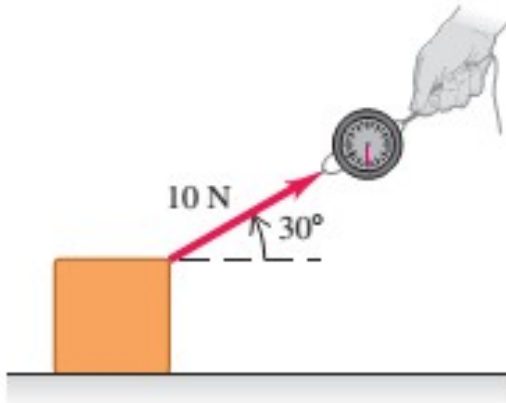


d) **Peso  $\vec{w}$** : el tirón de la gravedad sobre un objeto es una fuerza de largo alcance (una fuerza que actúa en una distancia).

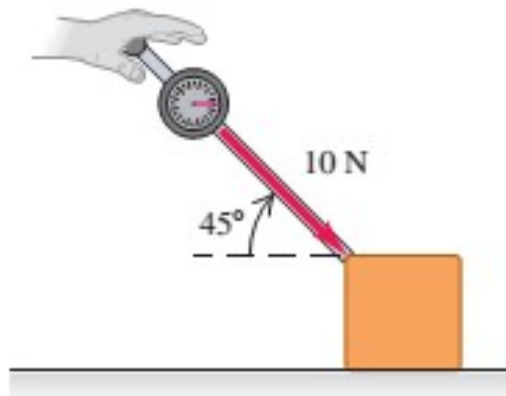


# Superposición de fuerzas

a) Un tirón de 10 N dirigido a 30° por encima de la horizontal

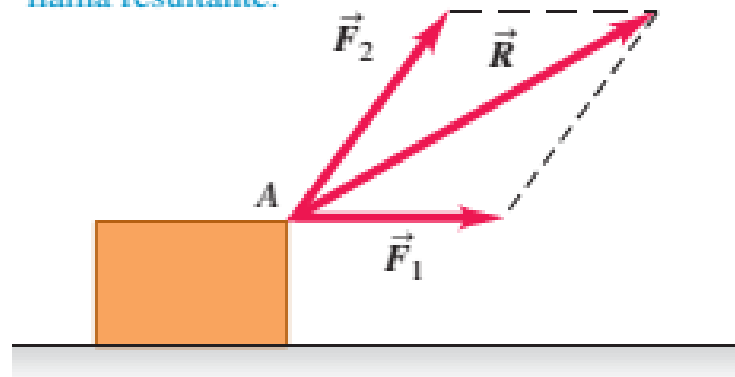


b) Un empujón de 10 N dirigido a 45° por debajo de la horizontal



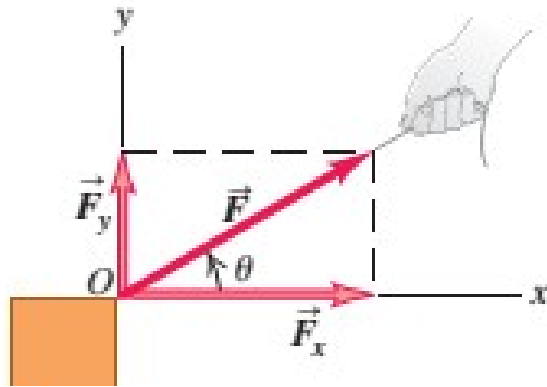
$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = \sum \vec{F}$$

Dos fuerzas  $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$  que actúan sobre un punto  $A$  tienen el mismo efecto que una sola fuerza  $\vec{R}$  igual a su suma vectorial, que también se le llama resultante.

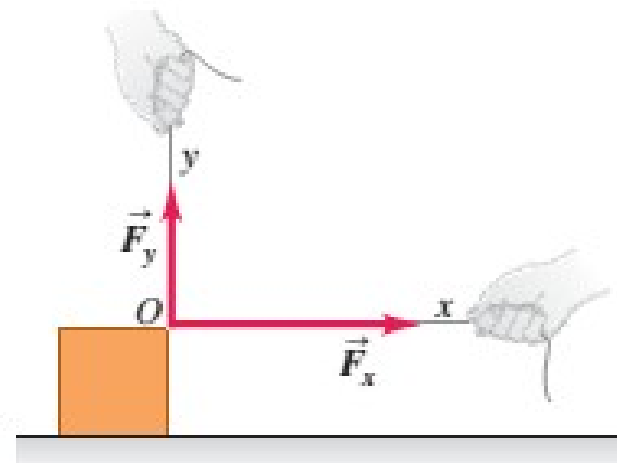


**4.5** La fuerza  $\vec{F}$ , que actúa con un ángulo  $\theta$  con respecto al eje  $x$ , puede ser sustituida por sus vectores componentes rectangulares,  $\vec{F}_x$  y  $\vec{F}_y$ .

a) Vectores componentes:  $\vec{F}_x$  y  $\vec{F}_y$   
Componentes:  $F_x = F \cos \theta$  y  $F_y = F \sin \theta$

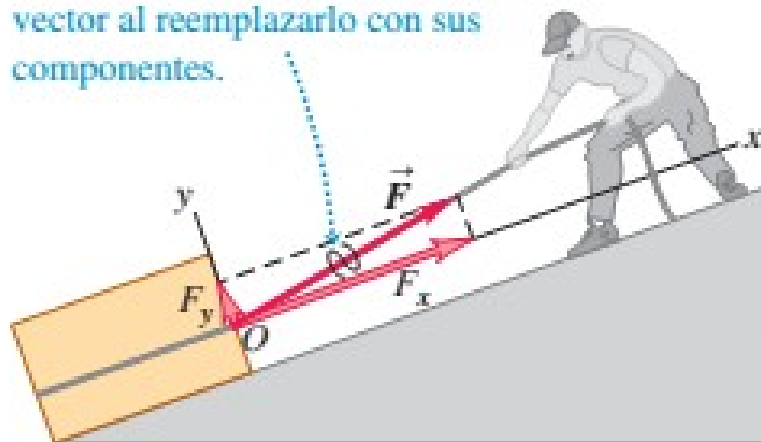


b) Los vectores componentes  $\vec{F}_x$  y  $\vec{F}_y$  tienen juntos el mismo efecto que la fuerza original  $\vec{F}$



**4.6**  $F_x$  y  $F_y$  son las componentes de  $\vec{F}$  paralela y perpendicular a la superficie del plano inclinado.

Marcamos una línea ondulada sobre un vector al reemplazarlo con sus componentes.



**4.7** Obtención de las componentes de la suma vectorial (resultante)  $\vec{R}$  de dos fuerzas  $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$ .

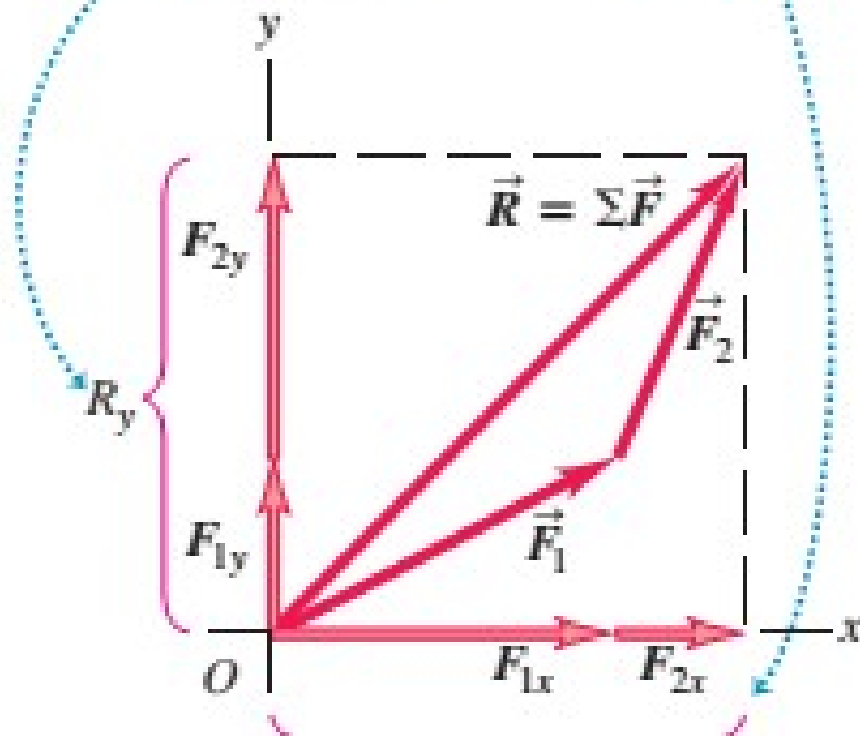
$$R_x = \sum F_x \quad R_y = \sum F_y$$

$\vec{R}$  es la suma (resultante) de  $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$ .

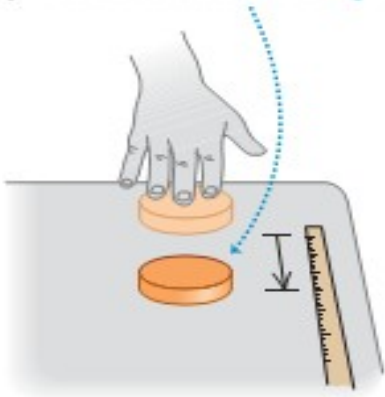
La componente  $y$  de  $\vec{R}$  es igual a la suma de las componentes  $y$  de  $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$ .

Lo mismo es válido para las componentes.

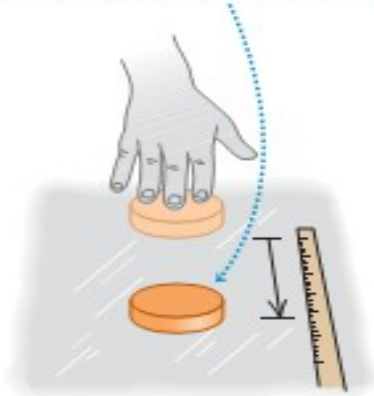
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$



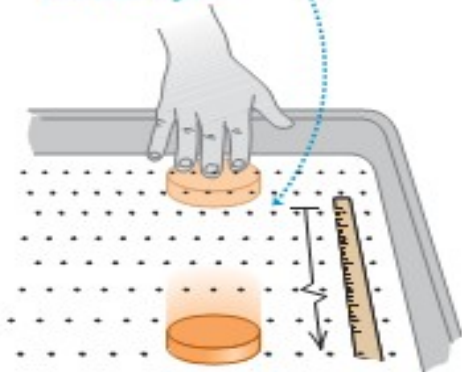
a) Mesa: el disco se detiene pronto.



b) Hielo: el disco se desliza más lejos.



c) Mesa de hockey de aire: el disco se desliza aún más lejos.



# Primera ley de Newton

un cuerpo sobre el que no actúa una fuerza **neta** se mueve con velocidad constante

$$\sum \vec{F} = 0 \quad (\text{cuerpo en equilibrio})$$

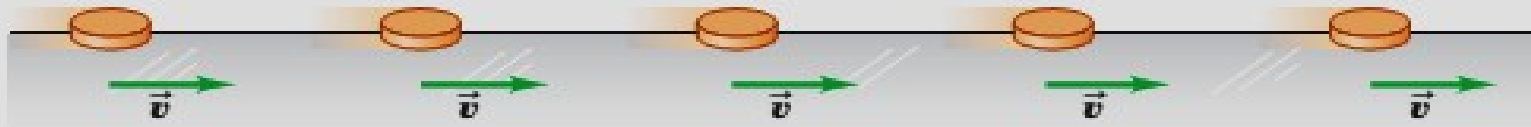
$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0$$

# Marcos de referencia inerciales

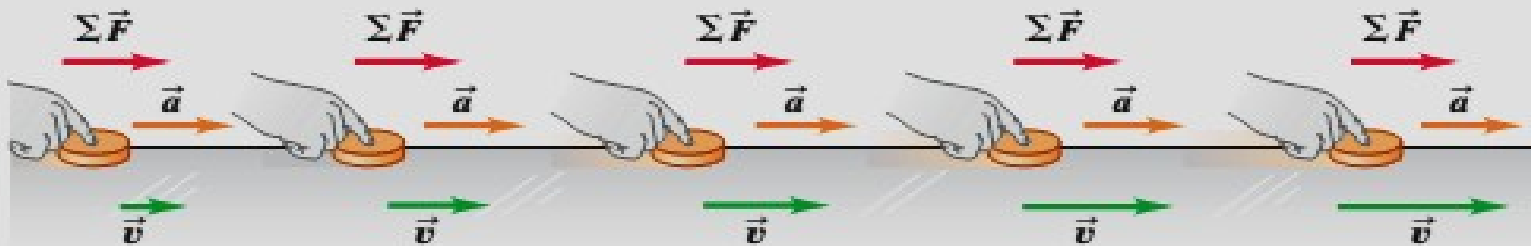
Si tenemos un marco de referencia inercial A, donde se cumple la primera ley de Newton, cualquier otro marco de referencia B será inercial si se mueve con velocidad constante relativa a A

# Segunda ley de Newton

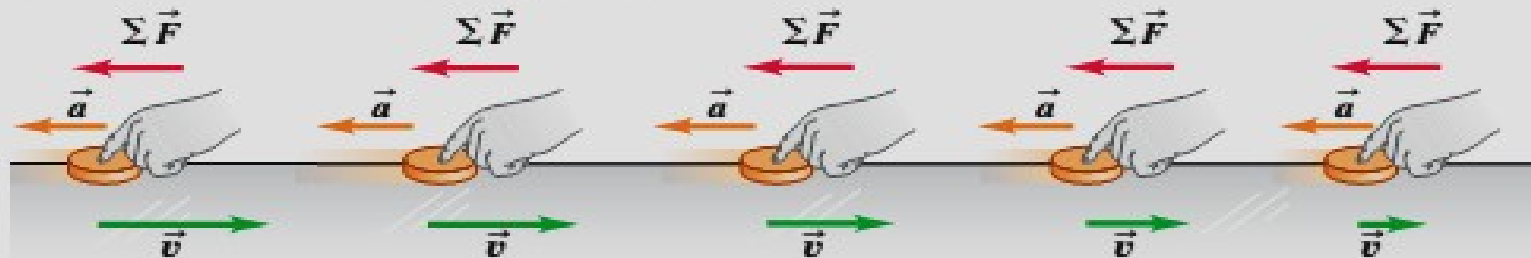
a) Un disco que se mueve con velocidad constante (en equilibrio):  $\sum \vec{F} = 0$ ,  $\vec{a} = 0$ .



b) Una fuerza neta constante en la dirección del movimiento provoca una aceleración constante en la misma dirección que la fuerza neta.

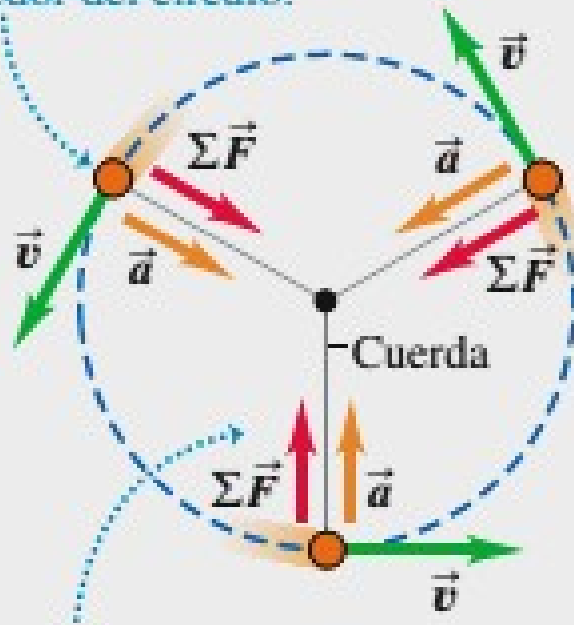


c) Una fuerza neta constante opuesta a la dirección del movimiento causa una aceleración constante en la misma dirección que la fuerza neta.

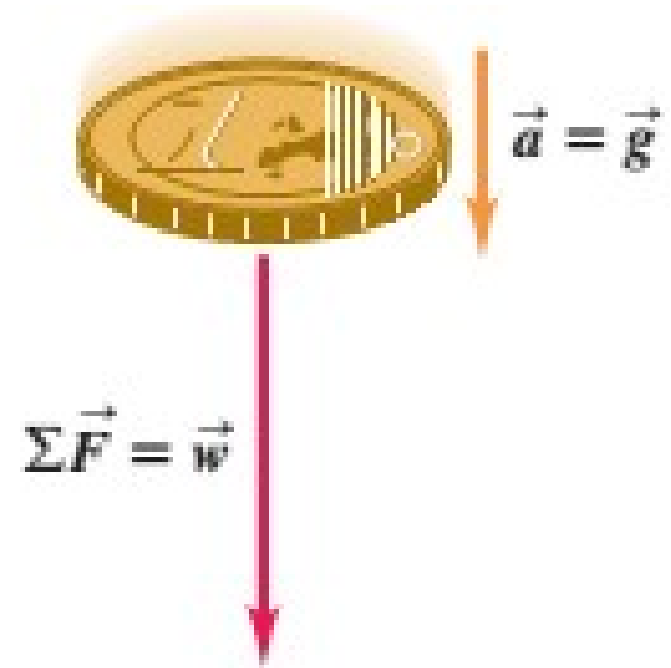




El disco se mueve a rapidez constante alrededor del círculo.



En cualquier punto, la aceleración  $\vec{a}$  y la fuerza neta  $\Sigma\vec{F}$  tienen la misma dirección, siempre hacia el centro del círculo.



$$m = \frac{|\Sigma\vec{F}|}{a} \quad \text{o} \quad |\Sigma\vec{F}| = ma \quad \text{o} \quad a = \frac{|\Sigma\vec{F}|}{m}$$

# Medición de masa y peso

**4.23** El peso de una masa de 1 kilogramo  
a) en la Tierra y b) en la Luna.

a)



En la Tierra:  
 $g = 9.80 \text{ m/s}^2$   
 $w = mg = 9.80 \text{ N}$

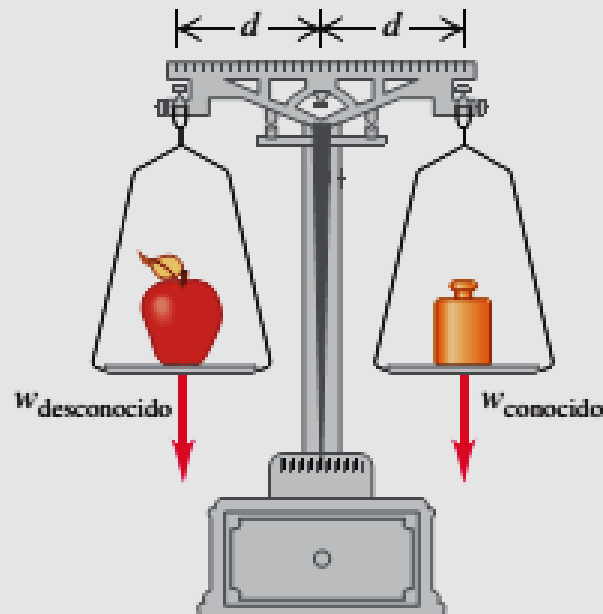
b)



En la Luna:  
 $g = 1.62 \text{ m/s}^2$   
 $w = mg = 1.62 \text{ N}$

## Variación de $g$ con la ubicación

**4.24** Una balanza de brazos iguales determina la masa de un cuerpo (como una manzana) comparando su peso con un peso conocido.

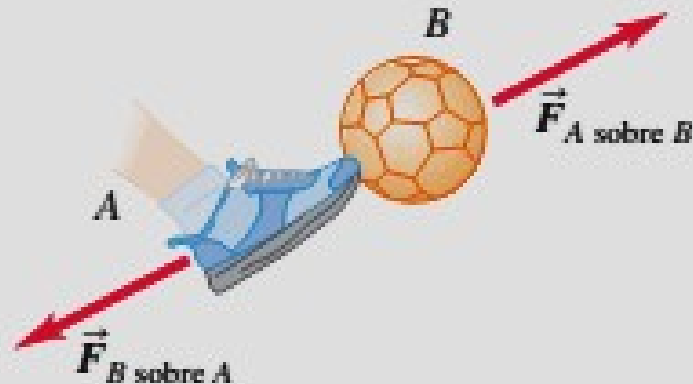


# Tercera ley de Newton

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

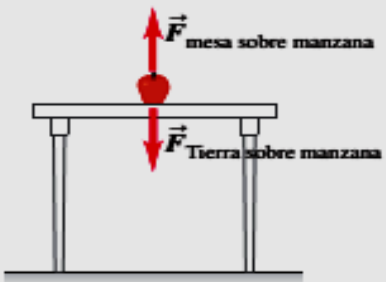
Las dos fuerzas en un par acción-reacción actúan **sobre cuerpos diferentes**

**4.25** Si el cuerpo  $A$  ejerce una fuerza  $\vec{F}_{A \text{ sobre } B}$  sobre el cuerpo  $B$ , entonces, el cuerpo  $B$  ejerce una fuerza  $\vec{F}_{B \text{ sobre } A}$  sobre el cuerpo  $A$  que tiene la misma magnitud, pero dirección opuesta:  
 $\vec{F}_{A \text{ sobre } B} = -\vec{F}_{B \text{ sobre } A}$ .

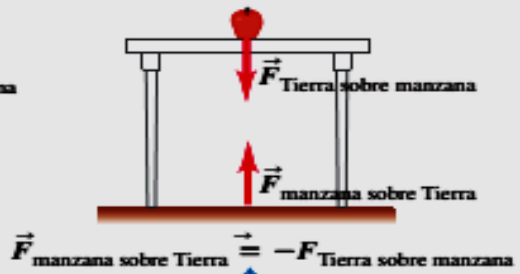


**4.26** Las dos fuerzas de un par acción-reacción siempre actúan sobre cuerpos distintos.

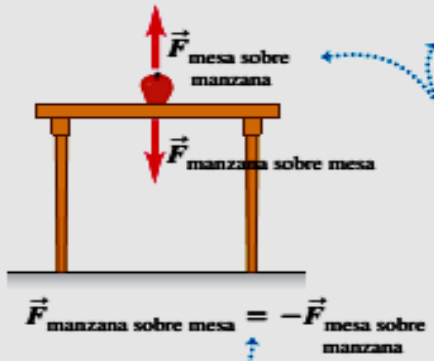
a) Las fuerzas que actúan sobre la manzana



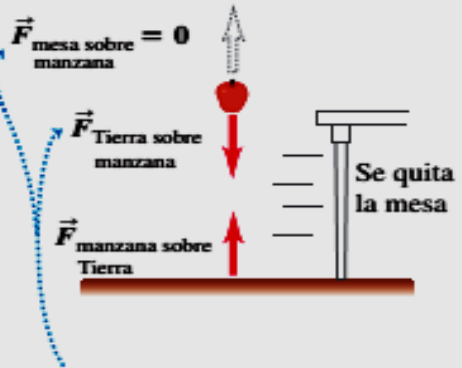
b) El par acción-reacción para la interacción entre la manzana y la Tierra



c) El par acción-reacción para la interacción entre la manzana y la mesa



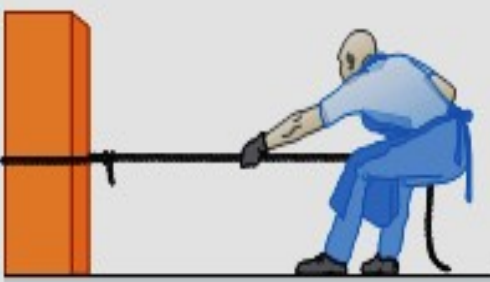
d) Eliminamos una de las fuerzas que actúan sobre la manzana



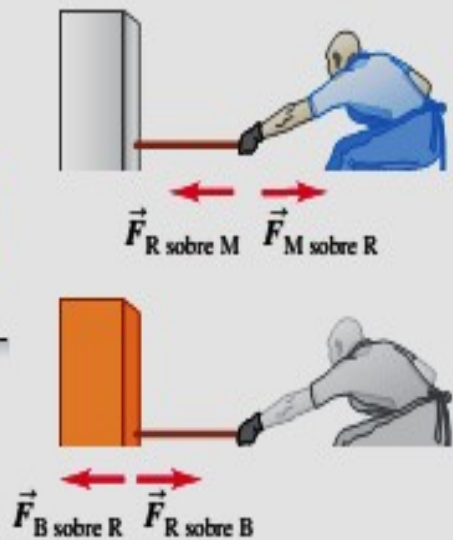
Los pares acción-reacción siempre representan una interacción de dos objetos distintos.

Las dos fuerzas sobre la manzana **no pueden** ser un par acción-reacción porque actúan sobre el mismo objeto. Vemos que si eliminamos uno, el otro permanece.

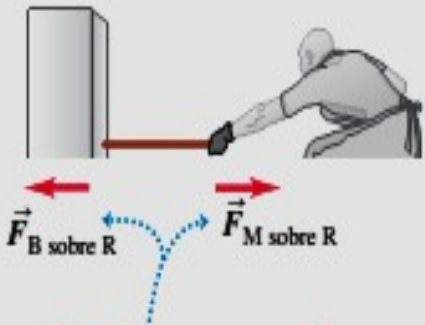
a) El bloque, la cuerda y el hombre



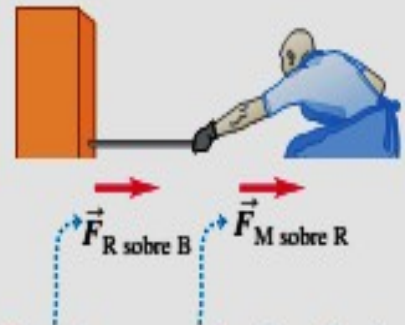
b) Los pares acción-reacción



c) No hay par acción-reacción



d) No necesariamente igual



Estas fuerzas no constituyen un par acción-reacción porque actúan sobre el mismo objeto (la cuerda).

Estas fuerzas son iguales sólo si la cuerda está en equilibrio (o puede considerarse sin masa).

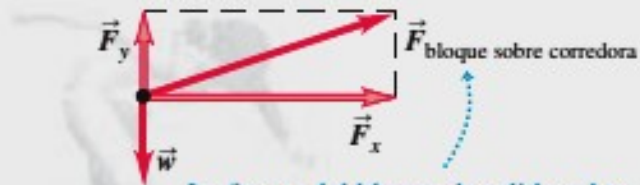
**4.28** Las fuerzas horizontales que actúan sobre la combinación bloque-cuerda (izquierda) y el hombre (derecha). (No se muestran las fuerzas verticales.)

Estas fuerzas constituyen un par acción-reacción. Tienen la misma magnitud pero actúan sobre objetos distintos.



# Diagramas de cuerpo libre

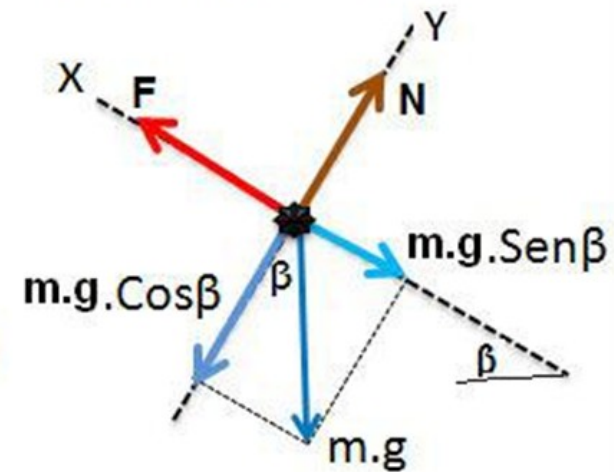
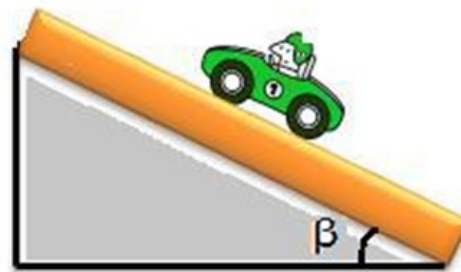
a)

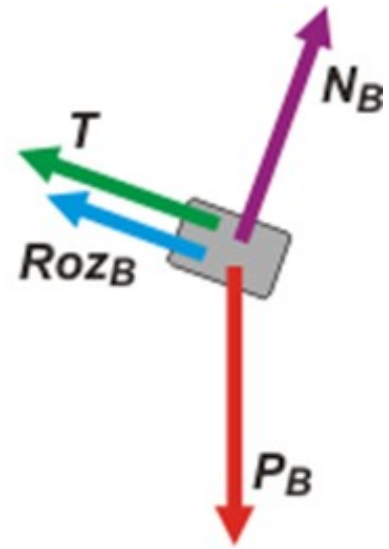
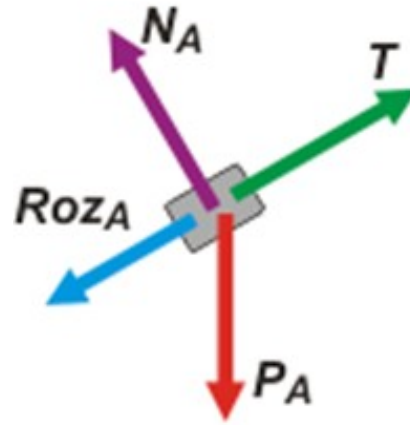
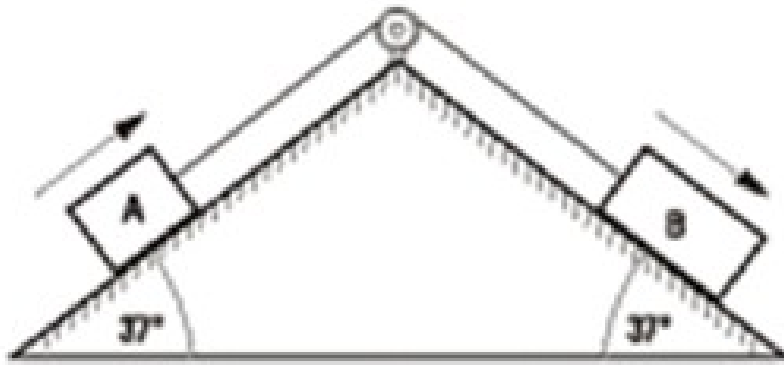


La fuerza del bloque de salida sobre la corredora tiene una componente vertical que contrarresta su peso y una componente horizontal grande que la acelera.

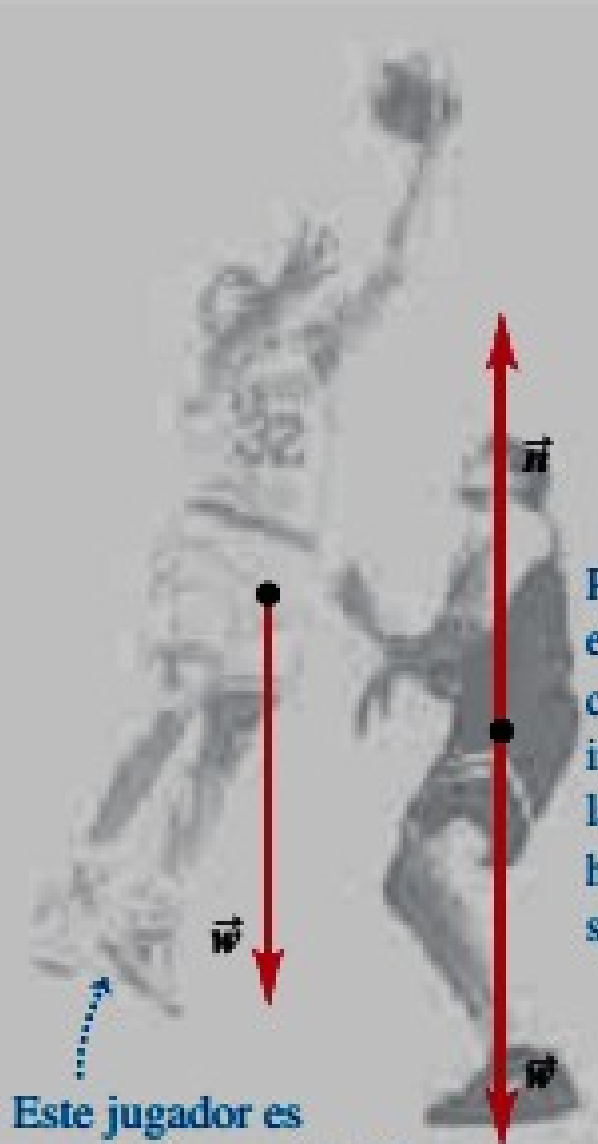
b)

Un auto sube por una carretera inclinada





b)



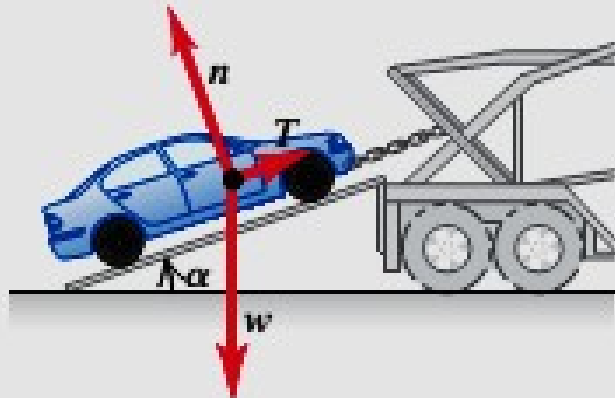
Este jugador es un objeto en caída libre.

Para saltar, este jugador empujará hacia abajo contra el piso, incrementando la fuerza de reacción hacia arriba  $\vec{n}$  del piso sobre él.



## 5.4 Un cable sostiene un automóvil en reposo sobre una rampa.

a) Auto sobre rampa



b) Diagrama de cuerpo libre del auto

Reemplazamos el peso por sus componentes.

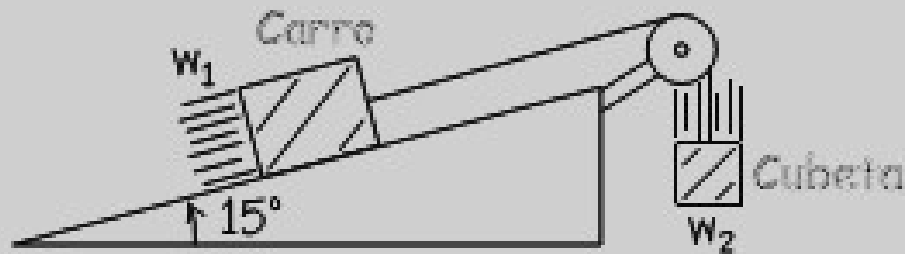


# Tensión en una polea sin fricción

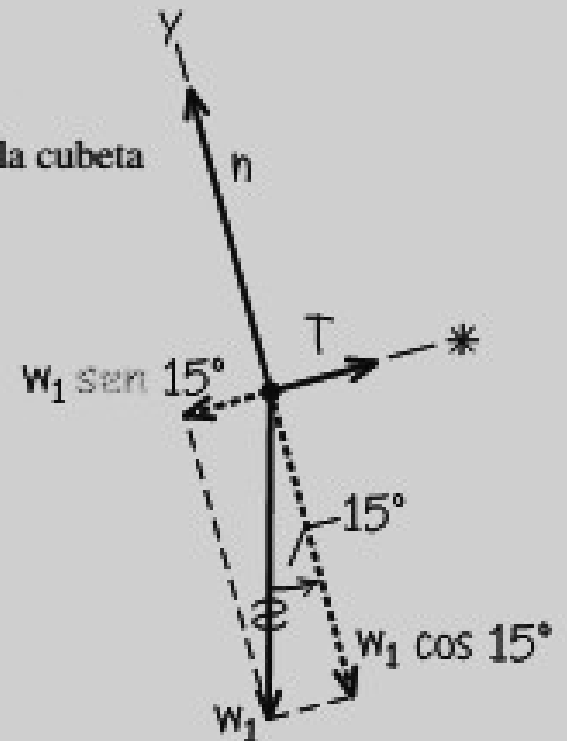
a) Una cubeta llena de tierra tira de un carro que lleva un bloque de granito



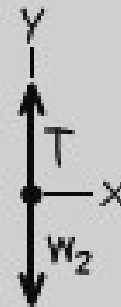
b) Modelo idealizado del sistema



d) Diagrama de cuerpo libre del carro



c) Diagrama de cuerpo libre de la cubeta

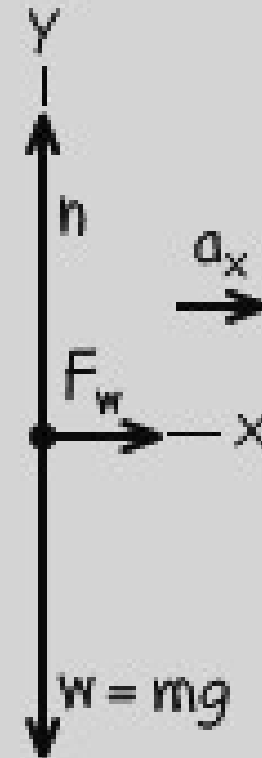


# Movimiento rectilíneo con una fuerza constante

a) Velero y tripulante sobre hielo sin fricción

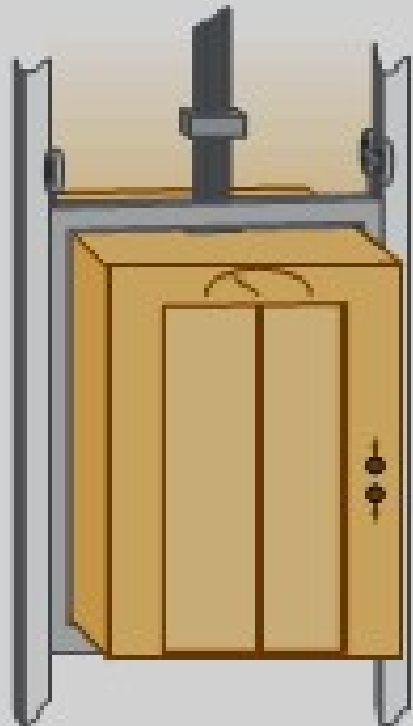


b) Diagrama de cuerpo libre del velero y su tripulante



# Tensión en un cable de elevador

a) Un elevador en descenso



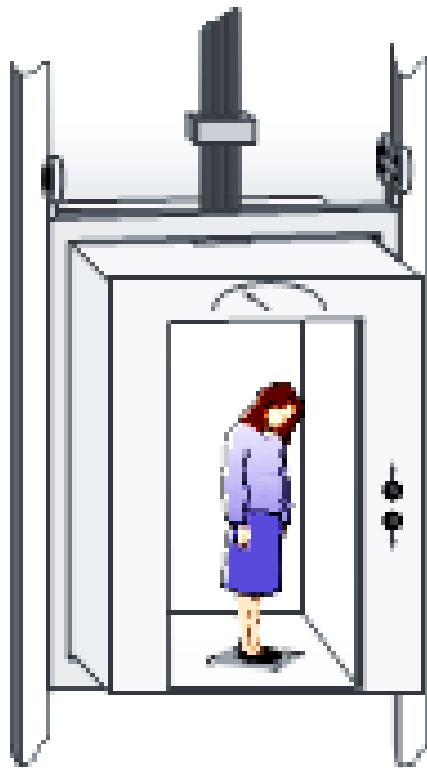
Baja con rapidez  
decreciente

b) Diagrama de cuerpo  
libre del elevador



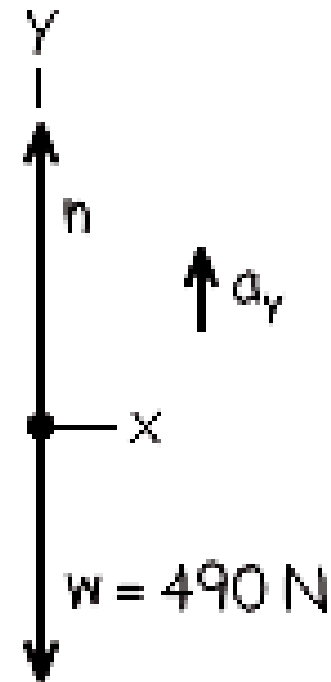
# Peso aparente en un elevador con aceleración

a) Mujer en el elevador en descenso

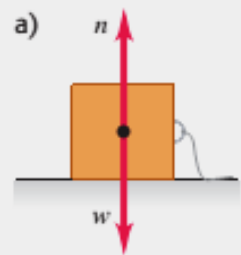


Baja con rapidez decreciente

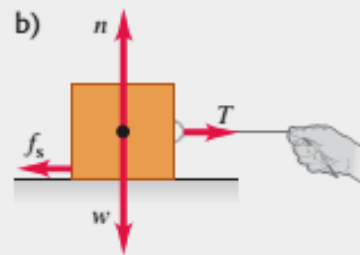
b) Diagrama de cuerpo libre de la mujer



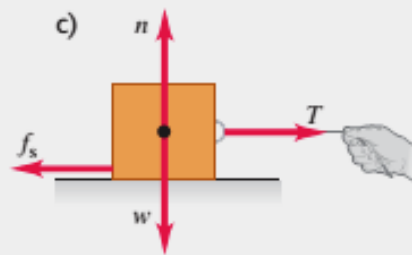
# Fricción cinética y estática



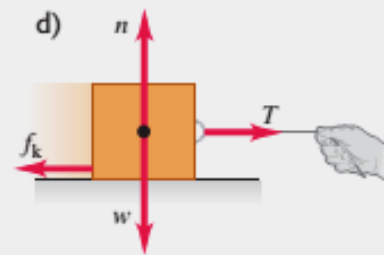
No se aplica fuerza, caja en reposo.  
Sin fricción:  
 $f_s = 0$



Fuerza aplicada débil, la caja permanece en reposo.  
Fricción estática:  
 $f_s < \mu_s n$

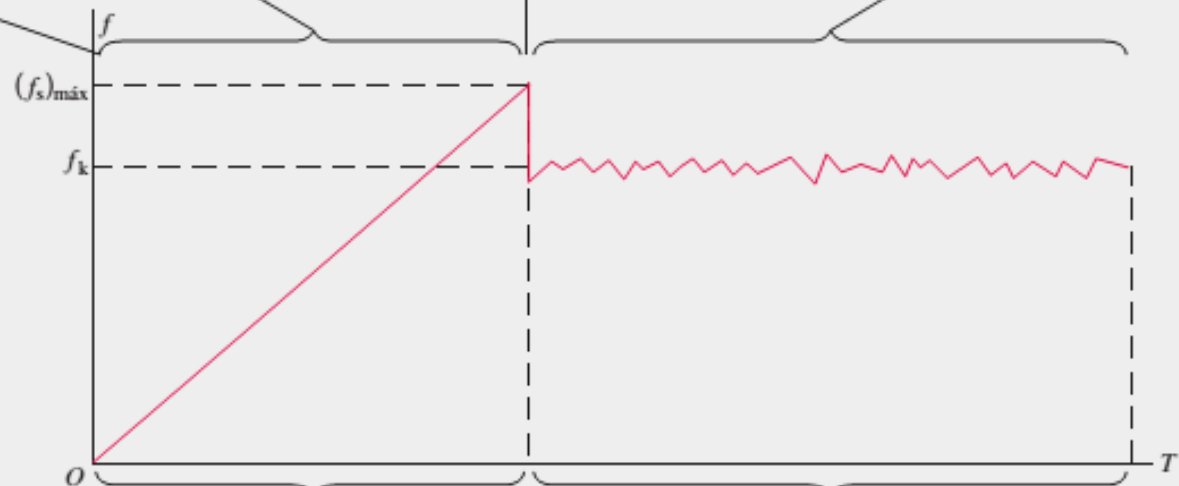


Mayor fuerza aplicada, caja a punto de deslizarse.  
Fricción estática:  
 $f_s = \mu_s n$



La caja se desliza con rapidez constante.  
Fricción cinética:  
 $f_k = \mu_k n$

e)



Caja en reposo; la fricción estática es igual a la fuerza aplicada.

Caja en movimiento; la fricción cinética es esencialmente constante.

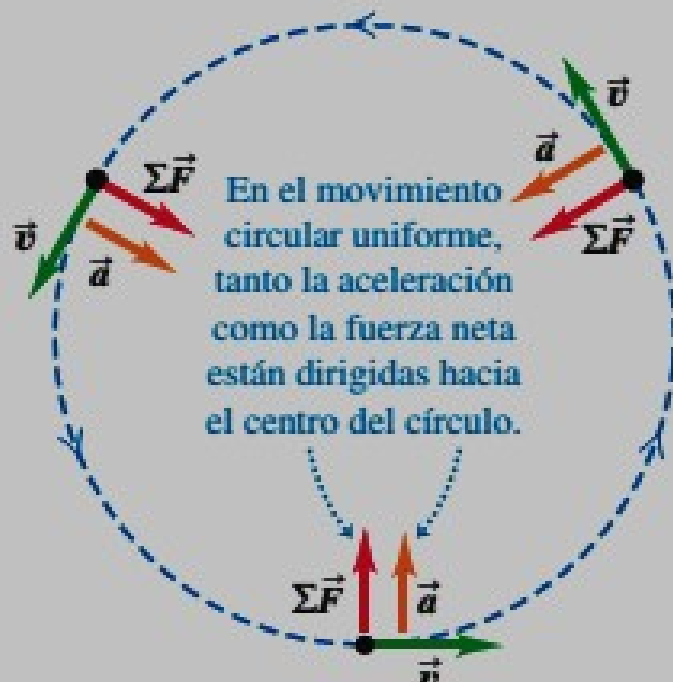
**Tabla 5.1** Coeficientes de fricción aproximados

<b>Materiales</b>	<b>Coefficiente de fricción estática, <math>\mu_s</math></b>	<b>Coefficiente de fricción cinética, <math>\mu_k</math></b>
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

$$f_k = \mu_k N$$

# Dinámica del movimiento circular

**5.28** En el movimiento circular uniforme, la aceleración y la fuerza neta están dirigidas hacia el centro del círculo.

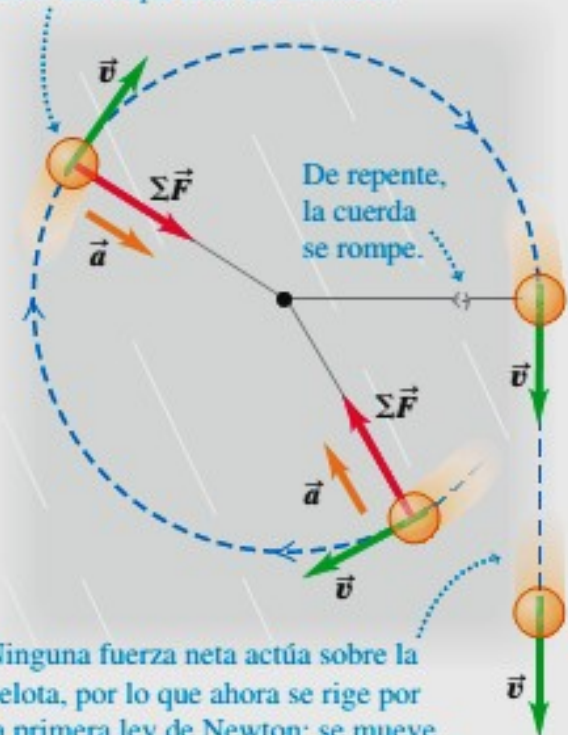


En el movimiento circular uniforme, tanto la aceleración como la fuerza neta están dirigidas hacia el centro del círculo.

$$a_{\text{rad}} = \frac{v^2}{R}$$

**5.29** ¿Qué sucede si la fuerza radial hacia adentro repentinamente deja de actuar sobre un cuerpo en movimiento circular?

Una pelota unida a una cuerda gira sobre una superficie sin fricción.



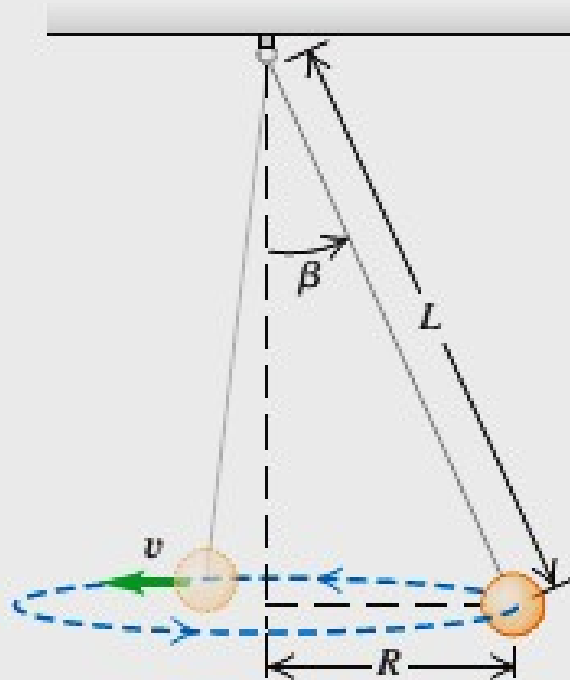
De repente, la cuerda se rompe.

Ninguna fuerza neta actúa sobre la pelota, por lo que ahora se rige por la primera ley de Newton: se mueve en línea recta a velocidad constante.

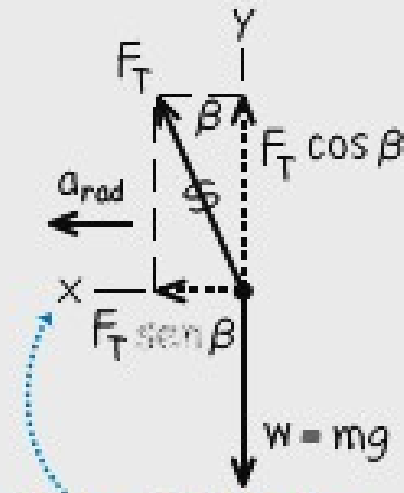


# El péndulo cónico

a) La situación



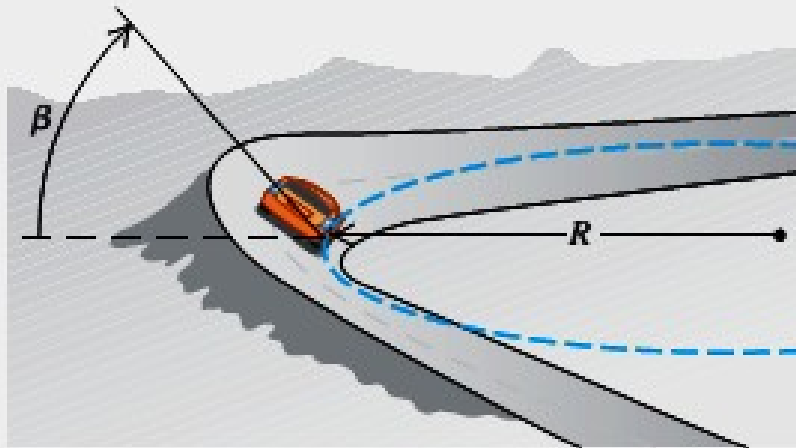
b) Diagrama de cuerpo libre de la lenteja



Consideramos la dirección  $+x$  hacia el centro del círculo.

# Tomar una curva peraltada

a) Un auto toma una curva peraltada



b) Diagrama de cuerpo libre del auto

