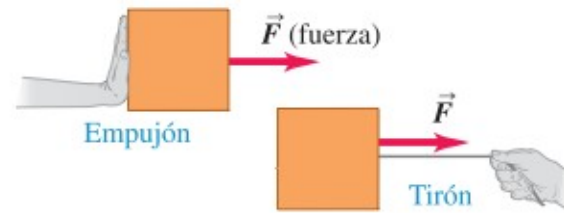


# Las leyes del movimiento

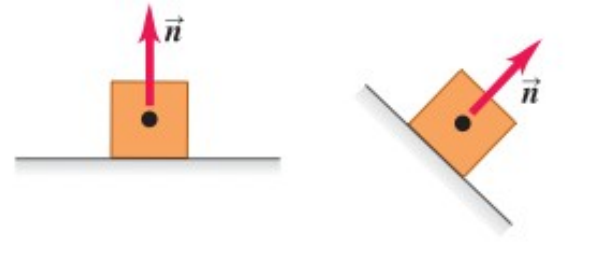
- La ***Dinámica*** estudia el movimiento de los cuerpos considerando las causas que lo producen.
- Una ***Fuerza*** es una interacción entre dos cuerpos o entre un cuerpo y su ambiente.
- La ***Fuerza*** es una cantidad vectorial: podemos empujar un cuerpo o tirar de él en diferentes direcciones.

- **Tipos de Fuerza**

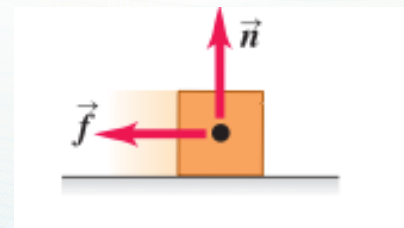
- Fuerza de contacto:



- Fuerza norma:

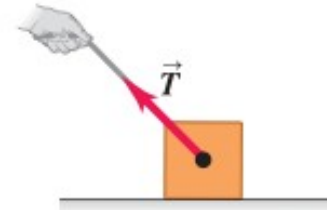


- Fuerza de fricción:

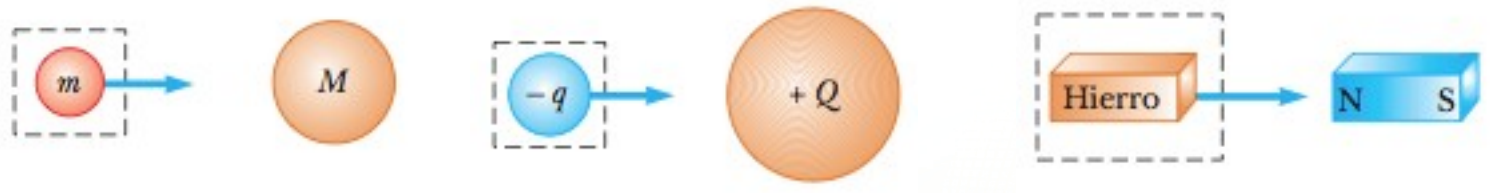


# Las leyes del movimiento

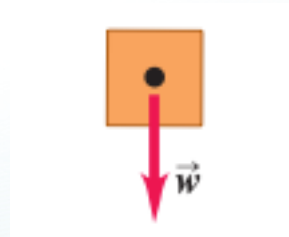
– Fuerza de tensión:



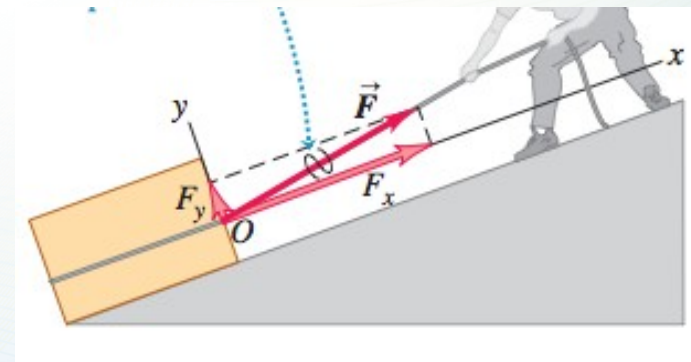
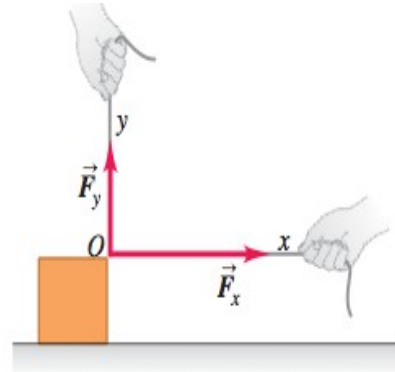
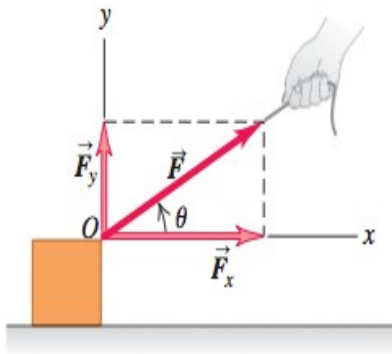
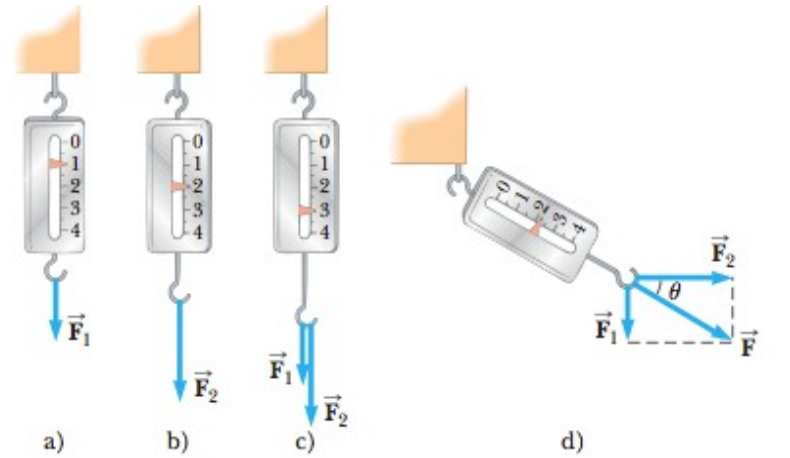
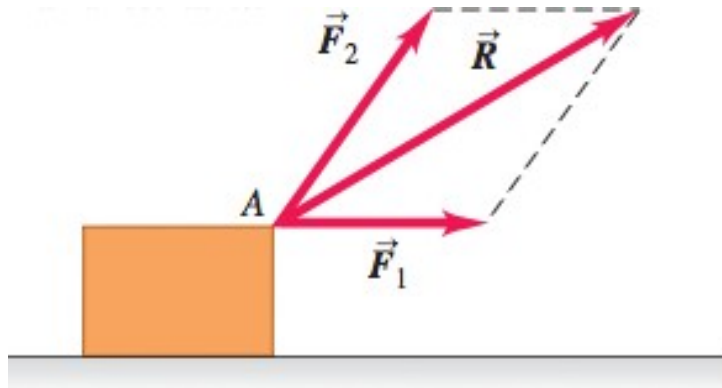
– Fuerzas de largo alcance:



– El Peso:



- Superposición de fuerzas:

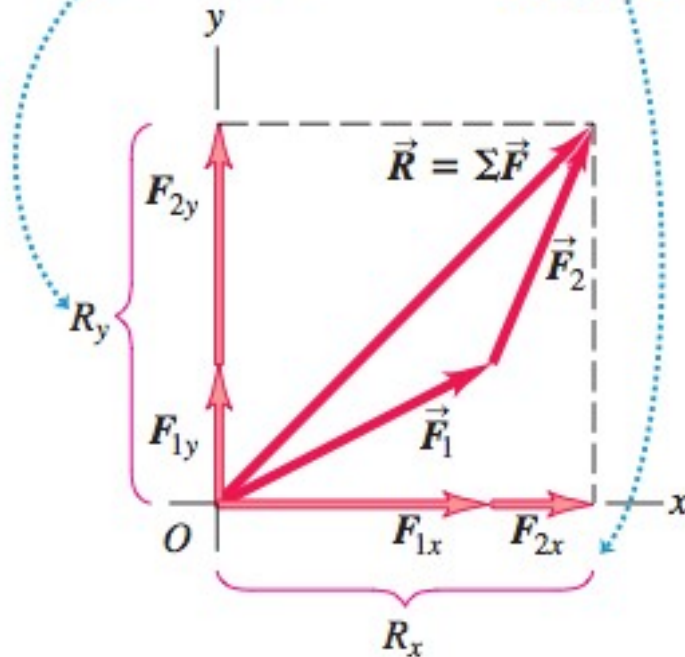


# Las leyes del movimiento

$\vec{R}$  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.



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

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

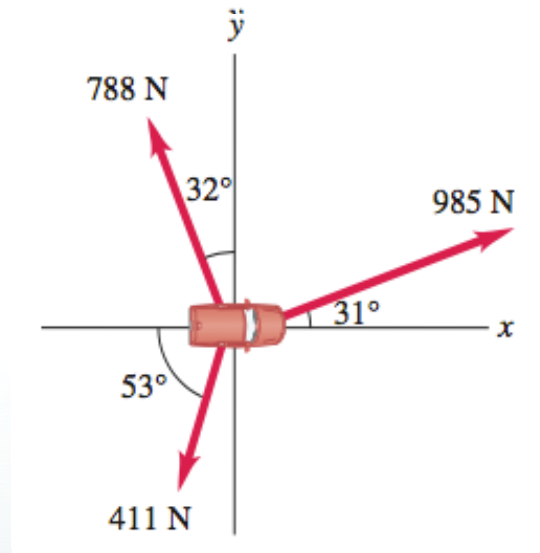
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}, \quad \theta = \tan^{-1} \frac{R_y}{R_x}$$

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

# Las leyes del movimiento

Ejemplo:

Unos trabajadores están tratando de liberar una camioneta atascada en el lodo. Para sacar el vehículo, usan tres cuerdas horizontales que producen los vectores de fuerza mostrados en la figura. *a)* Obtenga las componentes  $x$  y  $y$  de cada uno de los tres tirones. *b)* Use las componentes para calcular la magnitud y dirección de la resultante de los tres tirones.



- **Primera ley de Newton y marcos inerciales**

- Cualquier marco de referencia que se mueve con velocidad constante en relación con un marco inercial es, en sí mismo, un marco inercial.
- “Un cuerpo en reposo permanecerá en reposo y uno en movimiento continuará en movimiento con velocidad constante, a menos que actúe una fuerza sobre el cuerpo que altere su estado de reposo o de movimiento”

$$\sum F = 0 \Rightarrow \sum F_x = 0; \sum F_y = 0; \sum F_z = 0$$

# Las leyes del movimiento

- Concepto de Masa:
  - La **inercia** es la propiedad de la materia que hace que se resista a cualquier cambio de su movimiento, ya sea en su dirección o rapidez
  - Como mide la resistencia de un cuerpo a cambiar su estado de movimiento o de reposo, se le llama **masa inercial**, y está determinada por la razón entre la fuerza neta sobre el cuerpo y su aceleración.



- **Segunda Ley de Newton**

*“La aceleración de un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza resultante que actúa sobre el cuerpo e inversamente proporcional a su masa.”*

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \sum F_x = ma_x; \sum F_y = ma_y; \sum F_z = ma_z$$

# Las leyes del movimiento

- **Cantidad De Movimiento Lineal De Una Particula**

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

- **Sistemas De Unidades**

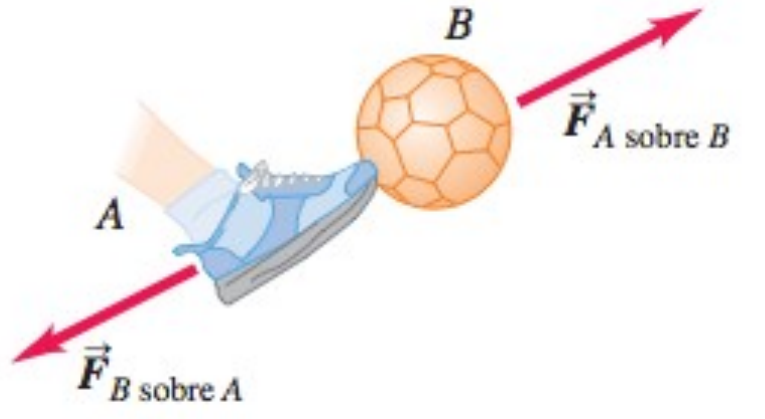
$$1 \text{ N} = (1 \text{ kg})(1 \text{ m/s}^2) = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

$$F = ma \quad 1 \text{ lb} = (1 \text{ slug})(1 \text{ ft/s}^2)$$

$$mv = (\text{kg})(\text{m/s}) = \text{kg} \cdot \text{m/s}$$

- Tercera ley de Newton**

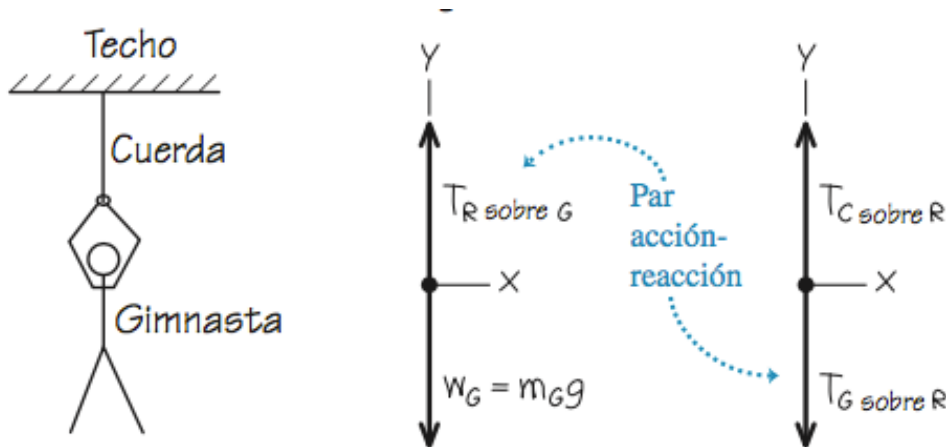
Si dos objetos interactúan, la fuerza  $\mathbf{F}_{AB}$  que ejerce el objeto A sobre el objeto B es igual en magnitud y opuesta en dirección a la fuerza  $\mathbf{F}_{BA}$  que ejerce el objeto B sobre el objeto A:



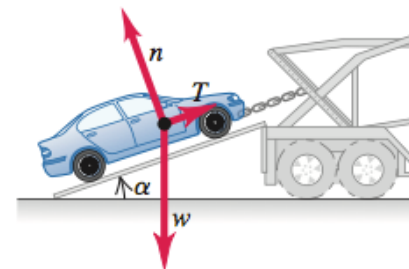
$$\mathbf{F}_{AB} = -\mathbf{F}_{BA}$$

## • Diagramas de cuerpo libre

Un **diagrama de cuerpo libre** es un diagrama que muestra el cuerpo elegido solo, “libre” de su entorno, con vectores que muestren las magnitudes y direcciones de todas las fuerzas aplicadas sobre el cuerpo por todos los cuerpos que interactúan con él.

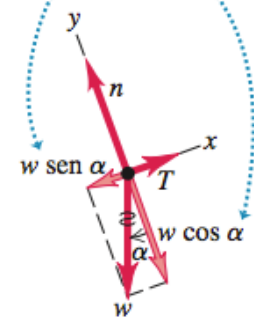


a) Automóvil sobre una rampa



b) Diagrama de cuerpo libre del automóvil

Sustituimos el peso por sus componentes.



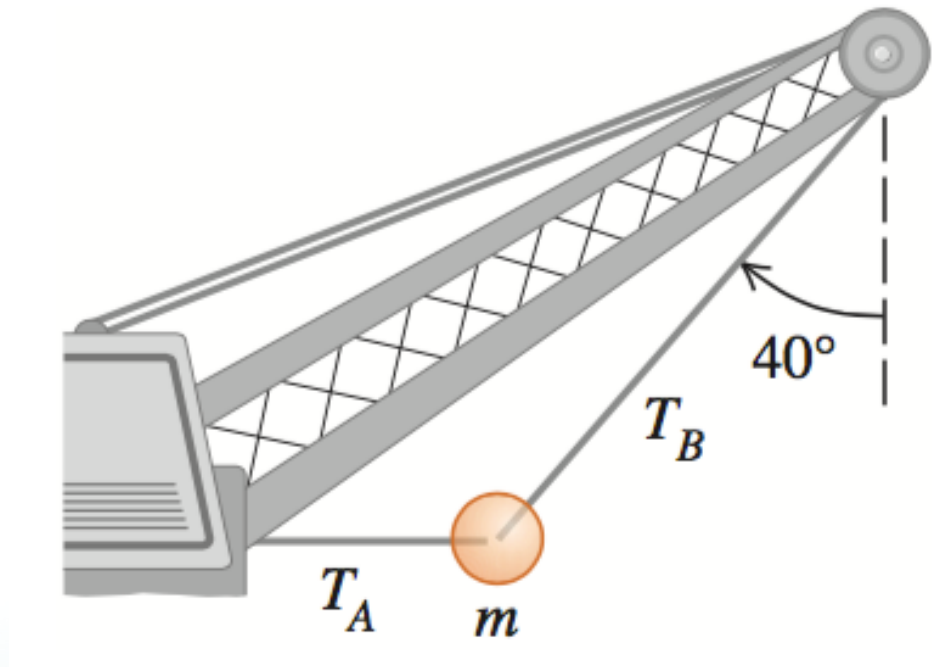
- **Peso y Masa**

El *peso* de un cuerpo es una fuerza que nos es familiar: es la fuerza con que la Tierra atrae al cuerpo. (Si usted estuviera en otro planeta, su peso sería la fuerza gravitacional que ese planeta ejerce sobre usted.)

$$w = mg \quad \rightarrow \quad \frac{m_2}{m_1} = \frac{w_2}{w_1}$$

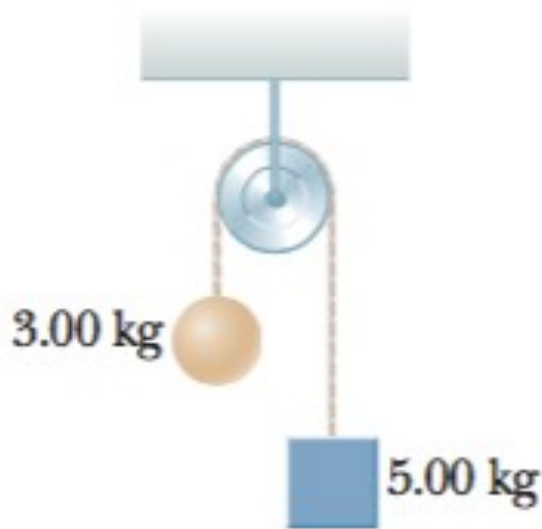
# Las leyes del movimiento

**Ejemplo 1:** Una gran bola de demolición está sujeta por dos cables de acero ligeros. Si su masa  $m$  es de 4090 kg, calcule *a)* la tensión  $T_B$  en el cable que forma un ángulo de  $40^\circ$  con la vertical y *b)* la tensión  $T_A$  en el cable horizontal.



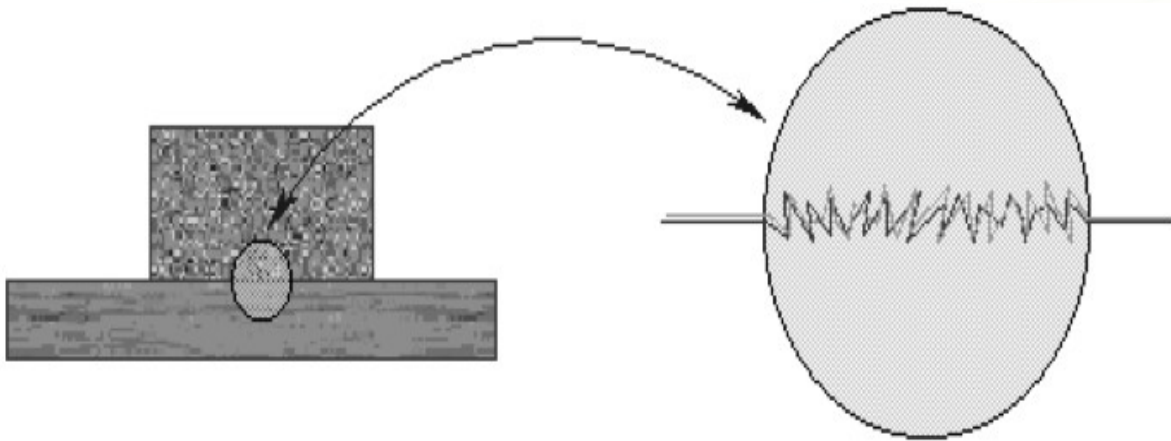
# Las leyes del movimiento

**Ejemplo 2:** Dos objetos con masas de 3.00 kg y 5.00 kg, respectivamente, están conectados mediante una cuerda ligera que pasa sobre una polea sin fricción, como en la figura P4.38. Determine a) la tensión en la cuerda, b) la aceleración de cada objeto y c) la distancia que cada objeto recorrerá en el primer segundo de movimiento si ambos objetos inician desde el reposo.



# Las leyes del movimiento

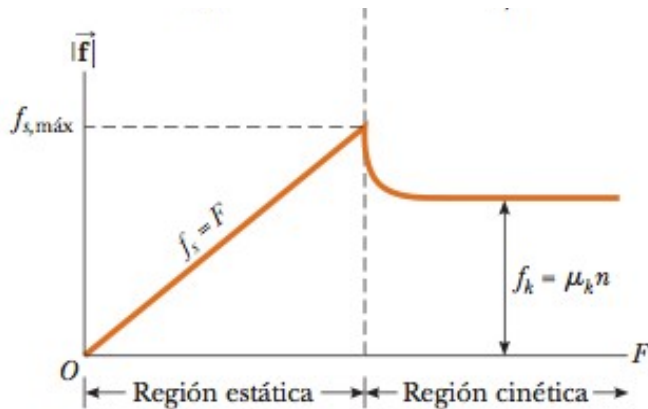
- **Fuerza de Roce o de Fricción:** Cuando un objeto está en movimiento ya sea sobre una superficie o en un medio viscoso como aire o agua, existe resistencia al movimiento porque el objeto interactúa con su entorno. A tal resistencia se le llama **fuerza de fricción**.





# Las leyes del movimiento

- **Coefficientes de Fricción**



**Coefficientes de fricción**

	$\mu_s$	$\mu_k$
Hule sobre concreto	1.0	0.8
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre acero	0.61	0.47
Vidrio sobre vidrio	0.94	0.4
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Madera sobre madera	0.25–0.5	0.2
Madera encerada sobre nieve húmeda	0.14	0.1
Madera encerada sobre nieve seca	—	0.04
Metal sobre metal (lubricado)	0.15	0.06
Teflón sobre teflón	0.04	0.04
Hielo sobre hielo	0.1	0.03
Articulación sinovial en humanos	0.01	0.003

*Nota:* Todos los valores son aproximados. En algunos casos el coeficiente de fricción puede superar 1.0.

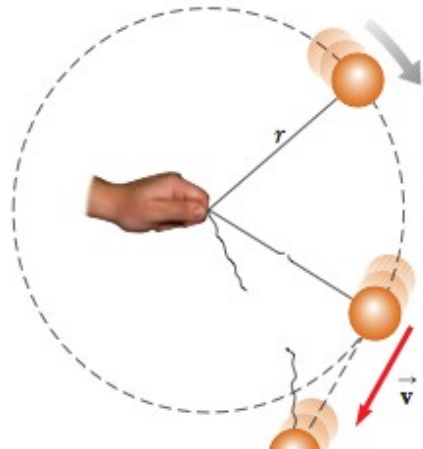
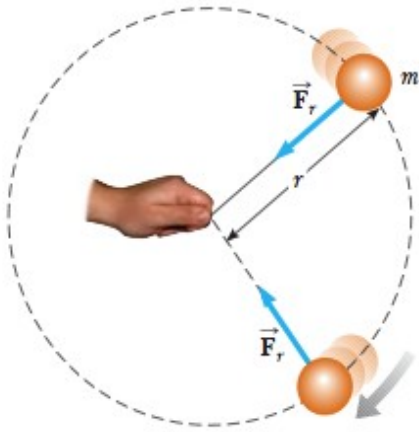
# Las leyes del movimiento

**Ejemplo 1:** *a)* Si el coeficiente de fricción cinética entre neumáticos y pavimento seco es de 0.80, ¿cuál es la distancia mínima para que se detenga un automóvil que viaja a  $28.7 \text{ m/s}$  (aproximadamente 65 mi/h) bloqueando los frenos? *b)* En pavimento húmedo, el coeficiente de fricción cinética podría bajar a 0.25. ¿Con qué rapidez debemos conducir en pavimento húmedo para poder detenernos en la misma distancia que en el inciso *a)*? (*Nota:* Bloquear los frenos *no* es la forma más segura de detenerse).

**Ejemplo 2:** Un bodeguero empuja una caja de 11.2 kg de masa sobre una superficie horizontal con rapidez constante de  $3.50 \text{ m/s}$ . El coeficiente de fricción cinética entre la caja y la superficie es de 0.20. *a)* ¿Qué fuerza horizontal debe aplicar el trabajador para mantener el movimiento? *b)* Si se elimina la fuerza calculada en el inciso *a)*, ¿qué distancia se deslizaría la caja antes de detenerse?

- **Fuerza Centrípeta.**

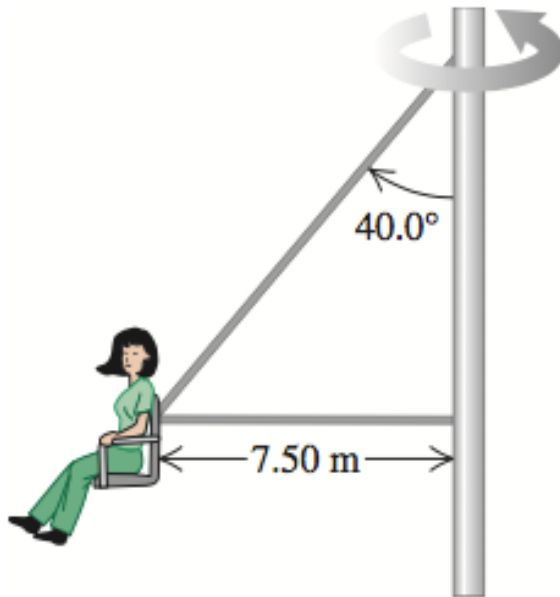
Una partícula que se mueve sobre una trayectoria circular de radio  $r$  con rapidez constante, se encuentra sometida a una aceleración radial de magnitud  $v^2/r$ . Por la segunda ley de Newton, sobre la partícula actúa una fuerza en la dirección de  $\mathbf{a}$ , hacia el centro de la circunferencia, cuya magnitud es:



$$F = m \vec{a}_c = m \frac{v^2}{r}$$

# Las leyes del movimiento

**Ejemplo:** En un “columpio gigante”, el asiento está conectado a dos cables, como se indica en la figura E5.47, uno de los cuales es horizontal. El asiento gira en un círculo horizontal a una velocidad de 32.0 rpm (rev /min). Calcule la tensión en cada cable, si el asiento pesa 255N y una persona de 825N

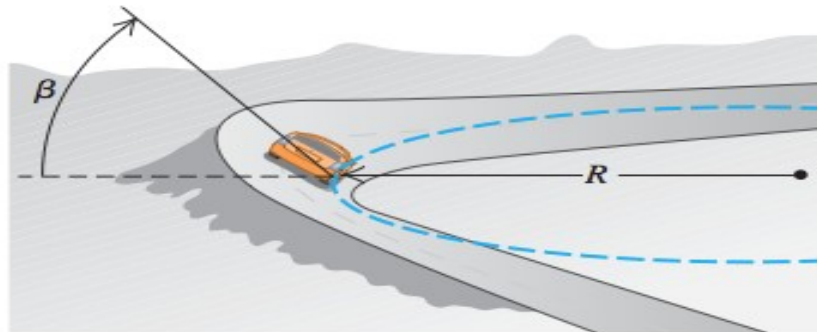


# Las leyes del movimiento

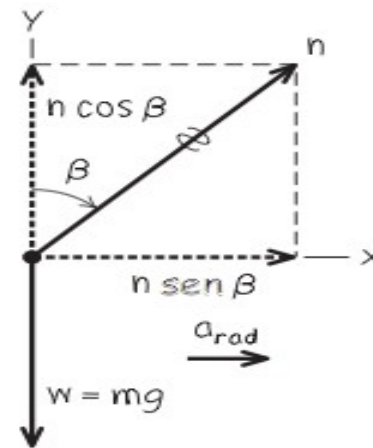
- **La descripción del peralte.**

A la inclinación de la pista o vía se le llama ángulo de **peralte**,  $\alpha$ . En este caso la componente de la normal dirigida hacia el centro de curvatura proporciona la fuerza necesaria para mantener al móvil en la pista.

a) Un auto toma una curva peraltada



b) Diagrama de cuerpo libre del auto



# Las leyes del movimiento

- **Casos particulares para la ecuación de peralte.**

$$\begin{aligned} \sum F_x = f = ma_{\text{rad}} = m \frac{v^2}{R} & \quad \sum F_x = n \sin \beta = ma_{\text{rad}} \\ \sum F_y = n + (-mg) = 0 & \quad \sum F_y = n \cos \beta + (-mg) = 0 \end{aligned}$$

1. Si no se considera el roce, la  $F_f = 0$  y la ecuación anterior se reduce a:

$$\tan \beta = \frac{a_{\text{rad}}}{g} = \frac{v^2}{gR} \quad \text{así que} \quad \beta = \arctan \frac{v^2}{gR}$$

2. Para el caso en que la curva o vía no tiene peralte,  $\theta = 0$ , la expresión para  $F_f$  se reduce a:

$$\mu_s mg = m \frac{v_{\text{máx}}^2}{R} \quad \text{así que} \quad v_{\text{máx}} = \sqrt{\mu_s g R}$$

# Las leyes del movimiento

**Ejemplo 1:** Una curva plana (sin peralte) en una carretera tiene un radio de 220.0 m. Un automóvil toma la curva a una rapidez de 25.0 m/s. *a)* ¿Cuál es el coeficiente de fricción mínimo que evitaría que derrape? *b)* Suponga que la carretera está cubierta de hielo y el coeficiente de fricción entre los neumáticos y el pavimento es de solo un tercio del resultado del inciso *a)*. ¿Cuál debería ser la rapidez máxima del automóvil, de manera que pueda tomar la curva con seguridad?

**Ejemplo 2:** Un automóvil de 1125 kg y un camión de 2250 kg se acercan a una curva de la autopista que tiene un radio de 225 m. *a)* ¿Con qué ángulo debería peraltar esta curva el ingeniero responsable, de modo que los vehículos que viajan a 65.0 mi/h puedan tomarla con seguridad, sin que importe la condición de sus neumáticos? ¿El camión pesado debería ir más lento que el automóvil más ligero? *b)* Obtenga la fuerza normal sobre cada vehículo debida a la superficie de la autopista conforme toman la curva.

# Las leyes del movimiento

**Ejemplo2:** Calcule la fuerza centrípeta que se ejerce sobre un vehículo de masa  $m = 1\,500$  kg que se mueve con una rapidez de  $15.0$  m/s por una curva de radio  $R = 400$  m. ¿Qué fuerza realiza el papel de la fuerza centrípeta en este caso?

**Emeplo3:** Un auto de carreras da una vuelta en U con rapidez constante. El coeficiente de fricción entre los neumáticos y la pista es  $\mu = 1.20$ . Si el radio de la curva es de  $10.0$  m, ¿cuál es la rapidez máxima con la que el auto puede dar vuelta sin deslizarse? Suponga que el auto está realizando un movimiento circular uniforme.