



Capítulo 7. SEGUNDA LEY DE NEWTON

Presentación PowerPoint de

Paul E. Tippens, Profesor de Física

Southern Polytechnic State University

© 2007



El transbordador espacial *Endeavor* despegua para una misión de 11 días en el espacio. Todas las leyes de movimiento de Newton –la ley de inercia, acción-reacción y la aceleración producida por una fuerza resultante- se exhiben durante este despegue. Crédito: NASA Marshall Space Flight Center (NASA-MSFC).

Objetivos: Después de completar este módulo, deberá:

- Escribir la **segunda ley de Newton** usando unidades apropiadas para **masa, fuerza y aceleración**.
- Demostrar su comprensión de la distinción entre **masa y peso**.
- Dibujar **diagramas de cuerpo libre** para objetos en reposo y en movimiento.
- Aplicar la **segunda ley de Newton** a problemas que involucren uno o más cuerpos en **aceleración constante**.

Revisión de la primera ley de Newton

Primera ley de Newton: Un objeto en reposo o en movimiento con rapidez constante permanecerá en reposo o con rapidez constante en ausencia de una fuerza resultante.



Se coloca un vaso sobre una tabla y la tabla se jala rápidamente a la derecha. El vaso tiende a permanecer en reposo mientras la tabla se remueve.

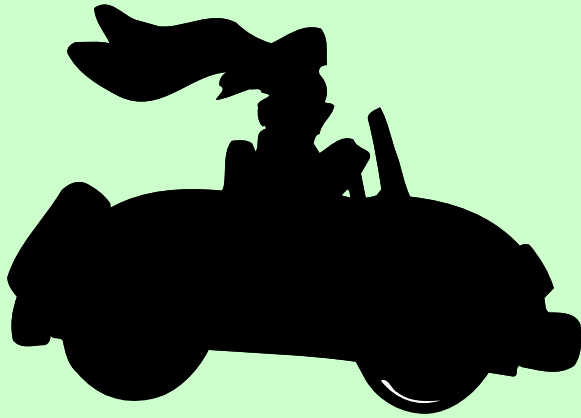
Primera ley de Newton (Cont.)

Primera ley de Newton: Un objeto en reposo o en movimiento con rapidez constante permanecerá en reposo o con rapidez constante permanecerá en reposo o con rapidez constante en ausencia de una fuerza resultante.



Suponga que el vaso y la tabla se mueven juntos con rapidez constante. Si la tabla se detiene súbitamente, el vaso tiende a mantener su rapidez constante.

Comprensión de la primera ley:



Discuta lo que experimenta el conductor cuando un auto acelera desde el reposo y luego aplica los frenos.

(a) Se fuerza al conductor a moverse hacia adelante. Un objeto en reposo tiende a permanecer en reposo.

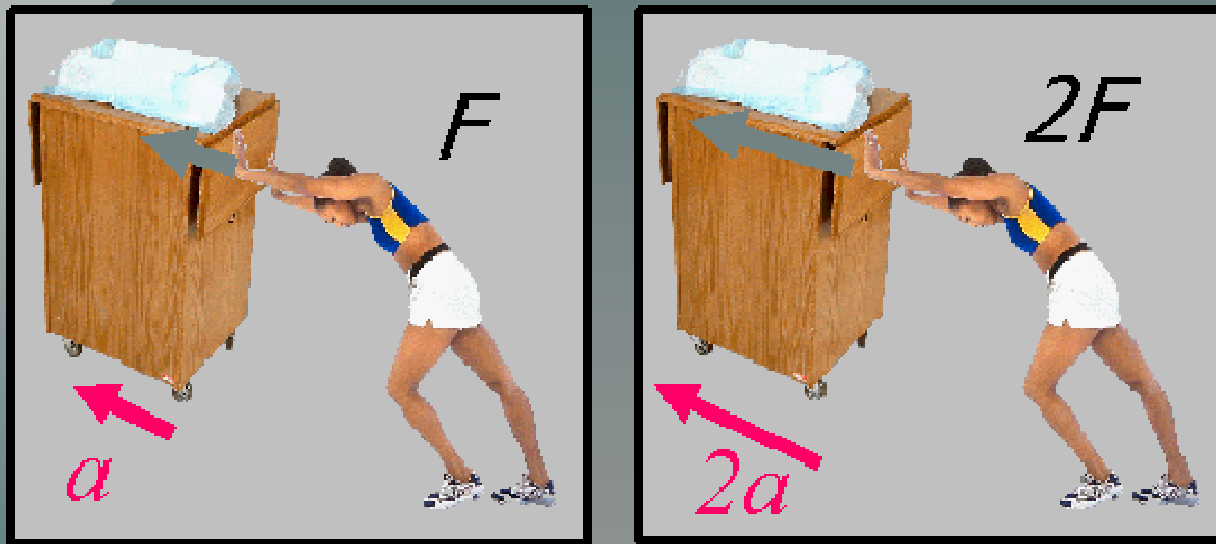
(b) El conductor debe resistir el movimiento hacia adelante mientras se aplican los frenos. Un objeto en movimiento tiende a permanecer en movimiento.

Segunda ley de Newton:

- **Segunda ley:** Siempre que una fuerza resultante actúa sobre un objeto, produce una aceleración: una aceleración que es directamente proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la masa.

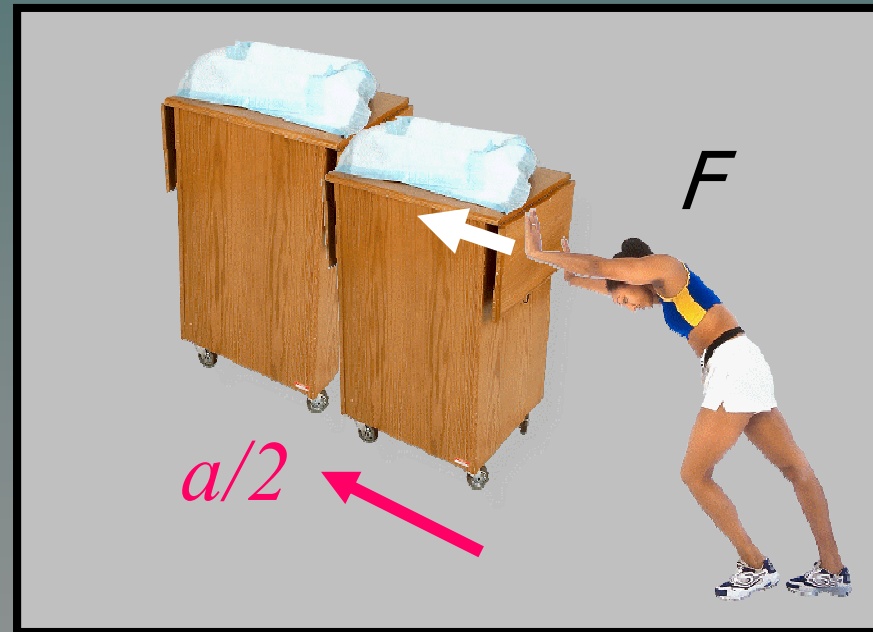
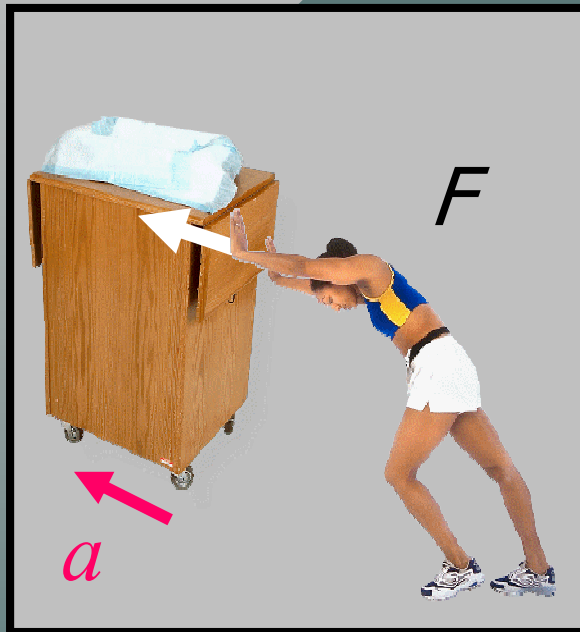
$$a \propto \frac{F}{m}$$

Aceleración y fuerza con fuerzas de fricción cero



Empujar el carro con el doble de fuerza produce el doble de aceleración. Tres veces la fuerza triplica la aceleración.

De nuevo aceleración y masa con fricción cero



Empujar **dos** carros con la misma fuerza F produce la mitad de la aceleración. La aceleración varía **inversamente** con la cantidad de material (la masa).

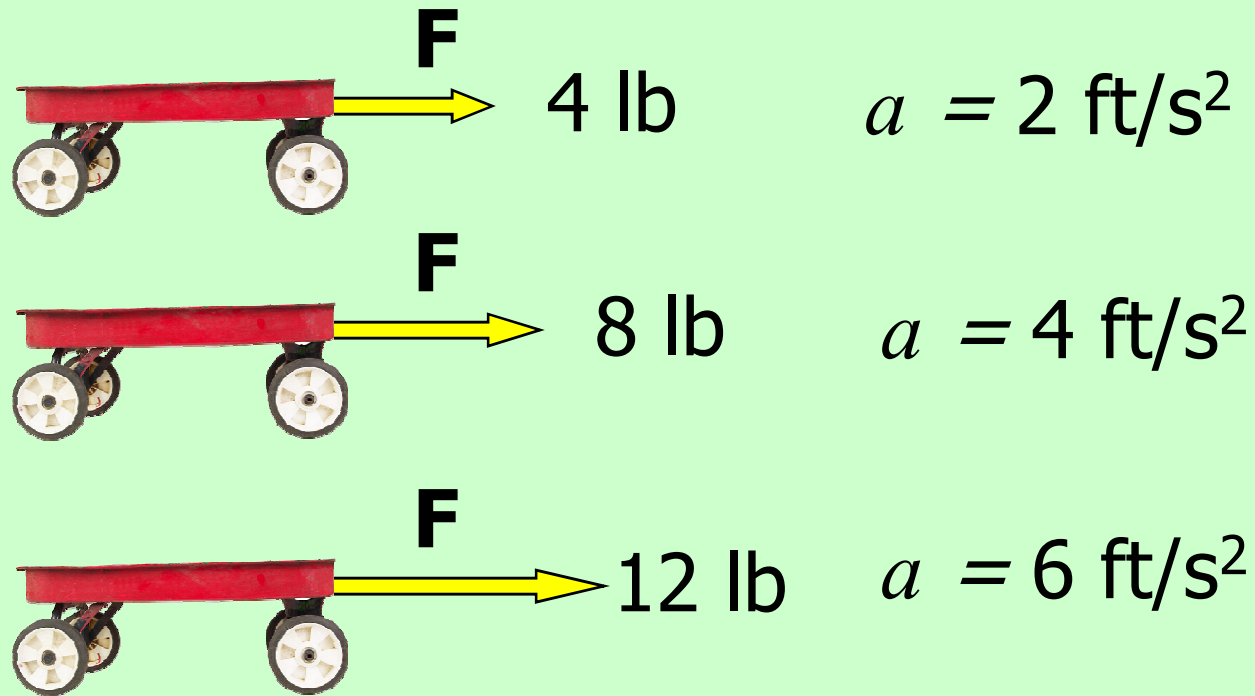
Medición de masa y fuerza

La **unidad SI de fuerza** es el **newton (N)** y la unidad para **masa** es el **kilogramo (kg)**.

Sin embargo, antes de presentar definiciones formales de estas unidades, se realizará un experimento al aumentar lentamente la fuerza sobre un objeto dado.

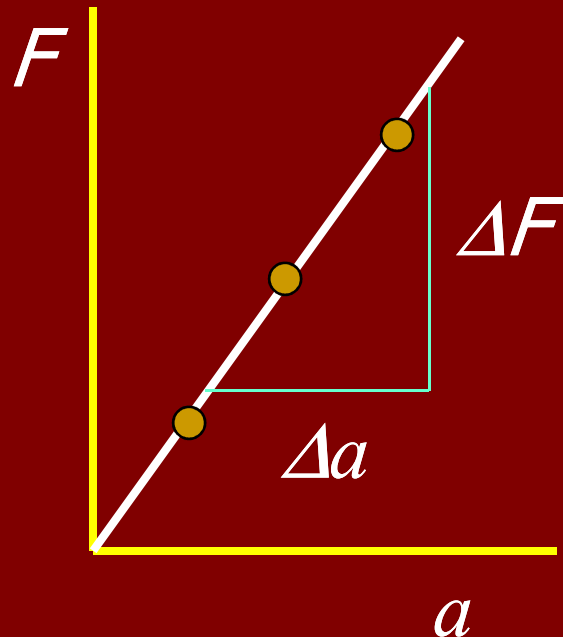
Aunque la fuerza en **newtons** será el estándar, se comienza usando otro tipo de unidad: la libra (lb).

Fuerza y aceleración



La aceleración a es directamente proporcional a la fuerza F y está en la dirección de la fuerza. En este experimento se ignoran las fuerzas de fricción.

Fuerza y aceleración



$$\frac{\Delta F}{\Delta a} = \text{Constante}$$

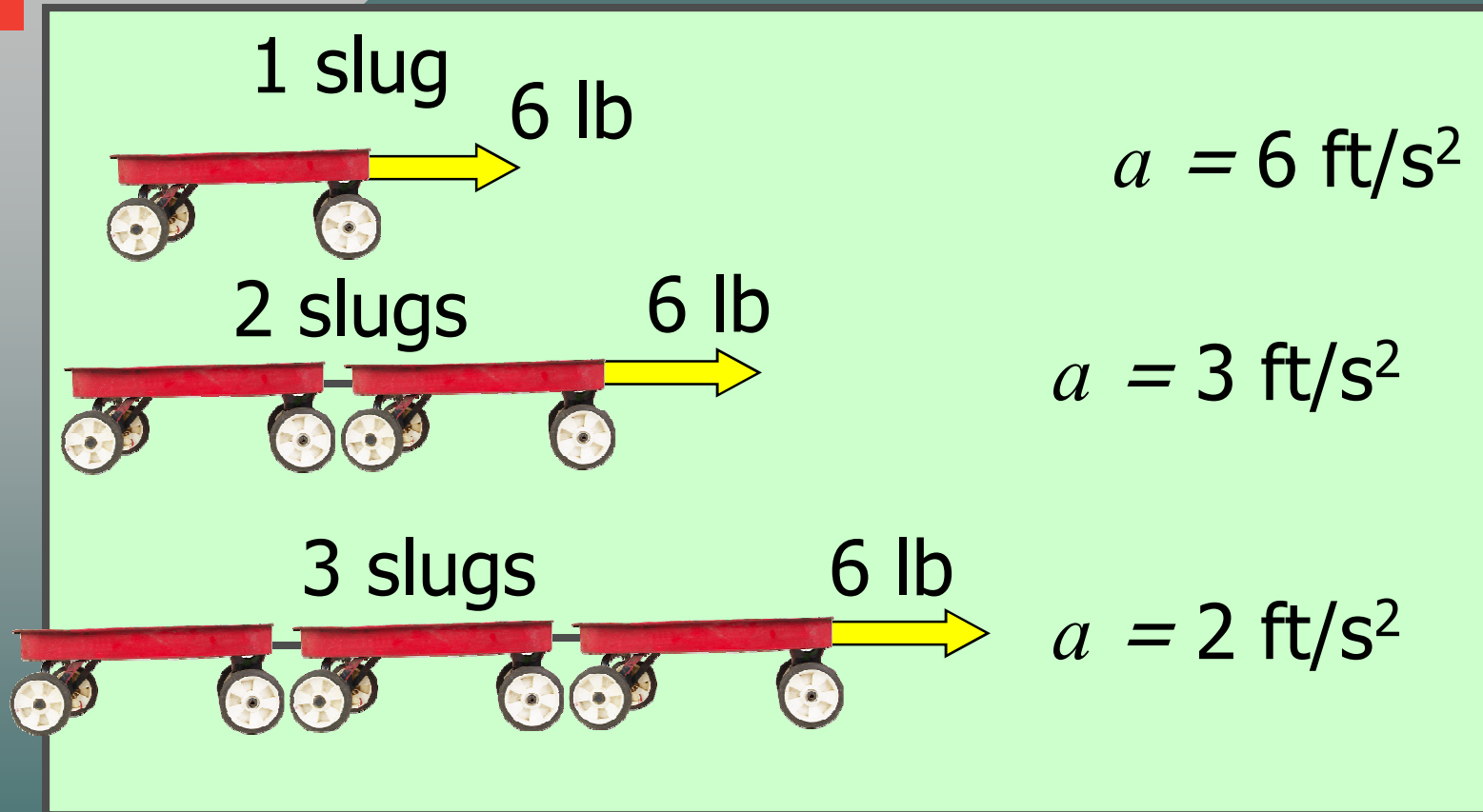
$$\frac{8 \text{ lb}}{4 \text{ ft/s}^2} = 2 \frac{\text{lb}}{\text{ft/s}^2}$$

Inercia o masa de 1 slug = 1 lb/(ft/s²)



Masa $m = 2$ slugs

MASA: Una medida de la inercia



Un **slug** es aquella masa sobre la cual una fuerza constante de **1 lb** producirá una aceleración de **1 ft/s²**. En este experimento se ignoran las fuerzas de fricción.

Dos sistemas de unidades

Sistema SUEU: Acepta **lb** como unidad de fuerza, **ft** como unidad de longitud y **s** como unidad de tiempo. Deriva nueva unidad de masa, el **slug**.

$$F(\text{lb}) = m(\text{slugs}) a(\text{ft/s}^2)$$

Sistema SI: Acepta **kg** como unidad de masa, **m** como unidad de longitud y **s** como unidad de tiempo. Deriva nueva unidad de fuerza, el **newton (N)**.

$$F(\text{N}) = m(\text{kg}) a(\text{m/s}^2)$$

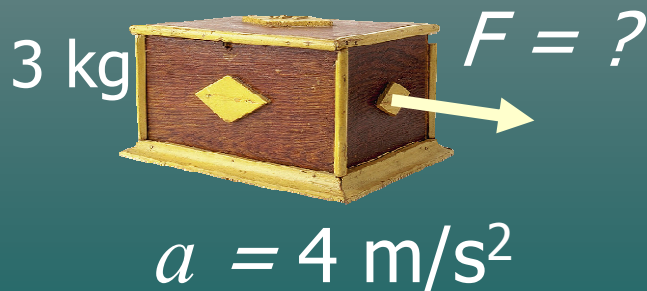
Newton: La unidad de fuerza

Un *newton* es aquella fuerza resultante que imparte una aceleración de 1 m/s^2 a una masa de 1 kg .

$$F(\text{N}) = m(\text{kg}) a(\text{m/s}^2)$$

¿Qué fuerza resultante dará a una masa de 3 kg una aceleración de 4 m/s^2 ?

Recuerde: $F = m a$



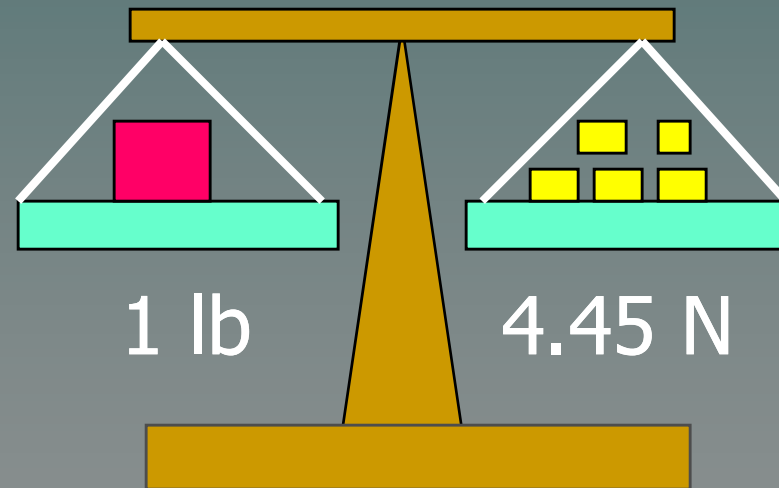
$$F = (3 \text{ kg})(4 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 12 \text{ N}$$

Comparación del newton con la libra

$$1 \text{ N} = 0.225 \text{ lb}$$

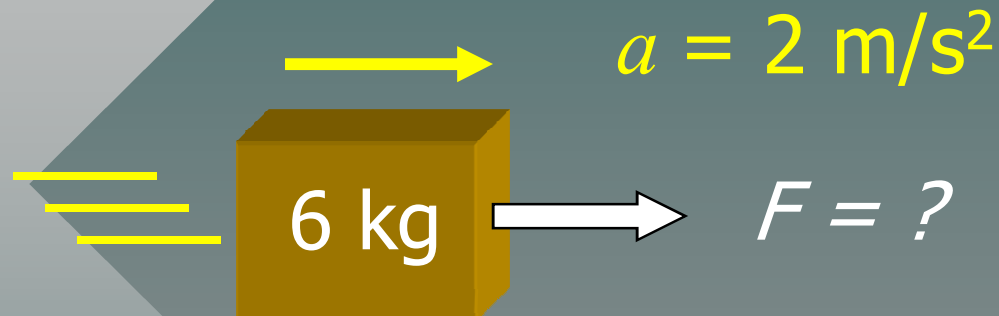
$$1 \text{ lb} = 4.45 \text{ N}$$



Una persona de 160 lb pesa
alrededor de 712 N

Un martillo de 10 N pesa
aproximadamente 2.25 lb

Ejemplo 1: ¿Qué fuerza resultante F se requiere dar a un bloque de 6 kg una aceleración de 2 m/s^2 ?

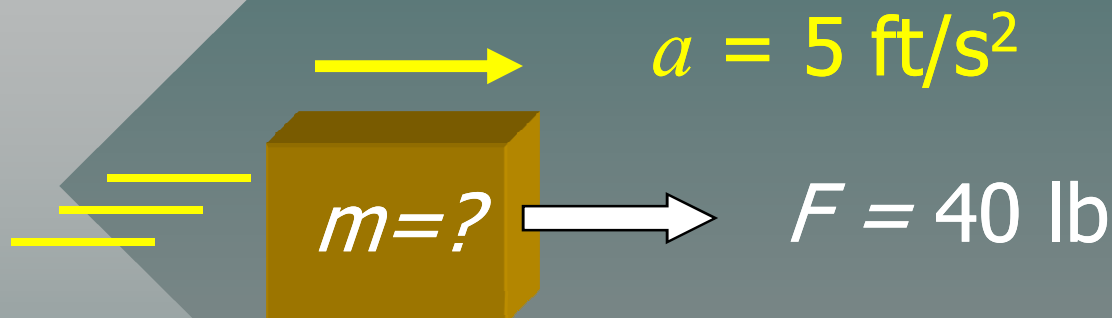


$$F = ma = (6 \text{ kg})(2 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 12 \text{ N}$$

Recuerde unidades consistentes para **fuerza, masa y aceleración** en todos los problemas.

Ejemplo 2: Una fuerza resultante de **40 lb** hace que un bloque acelere a **5 ft/s²**. ¿Cuál es la masa?



$$F = ma \quad \text{or} \quad m = \frac{F}{a}$$

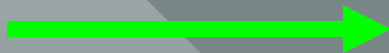
$$m = \frac{F}{a} = \frac{40 \text{ lb}}{5 \text{ ft/s}^2}$$

$$m = 8 \text{ slugs}$$

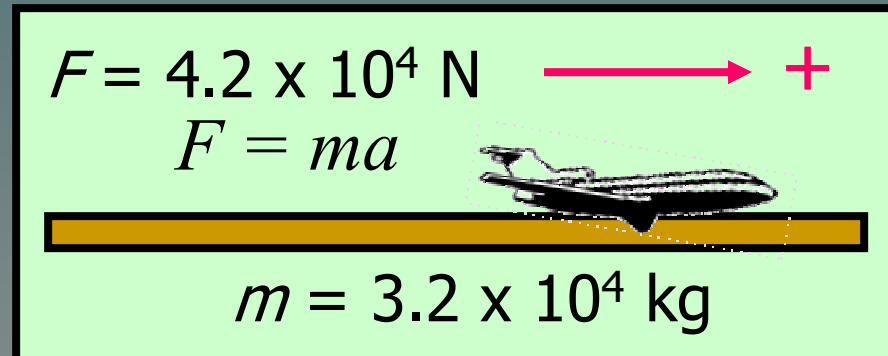
Debe **recordar** que el **slug** es la unidad de masa apropiada cuando **F** está en **lb** y **a** está en **ft/s²**.

Ejemplo 3. Una fuerza neta de $4.2 \times 10^4 \text{ N}$ actúa sobre un avión de $3.2 \times 10^4 \text{ kg}$ durante el despegue. ¿Cuál es la fuerza sobre el piloto del avión, de 75 kg ?

Primero encuentre la aceleración a del avión.



$$a = \frac{F}{m} = \frac{4.2 \times 10^4 \text{ N}}{3.2 \times 10^4 \text{ kg}}$$



$$a = 1.31 \text{ m/s}^2$$

Para encontrar F sobre el piloto de 75 kg , suponga la misma aceleración:

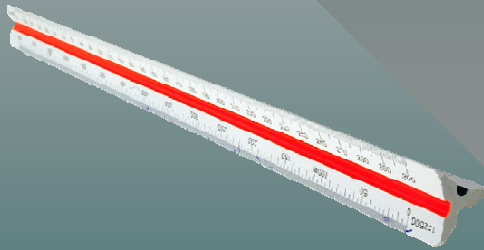
$$F = ma = (75 \text{ kg})(1.31 \text{ m/s}^2);$$

$$F = 98.4 \text{ N}$$

Unas palabras acerca de unidades consistentes

Ahora que se tienen unidades *derivadas* de *newtons* y *slugs*, ya no puede usar unidades que sean inconsistentes con dichas definiciones.

Mediciones aceptables de LONGITUD:



Unidades SI: *metro* (m)

Unidades SUEU: *pie* (ft)

Unidades inaceptables: centímetros (**cm**);
milímetros (**mm**); kilómetros (**km**);
yardas (**yd**); pulgadas (**in.**); millas (**mi**)

Unidades consistentes (continuación...)

Medidas aceptables de MASA:



Unidades SI: kilogramo (kg)

Unidades SUEU: slug (slug)

Unidades inaceptables: gramos (**gm**);
miligramos (**mg**); newtons (**N**); libras
(**lb**); onzas (**oz**)

Las últimas tres unidades inaceptables en realidad son unidades de fuerza en vez de masa.

Unidades consistentes (continuación...)

Mediciones aceptables de FUERZA:

*Unidades SI: **newton** (N)*

*Unidades SUEU: **libra** (lb)*



Unidades inaceptables: kilonewtons (**kN**); toneladas (**tons**); onzas (**oz**); kilogramos (**kg**); slugs (**slug**)

Las últimas dos unidades inaceptables no son unidades de fuerza, son unidades de masa.

Unidades consistentes (Cont.)

Cuando se dice que las unidades **aceptables** para fuerza y masa son el newton y el kilogramo, se refiere a su uso en fórmulas físicas. (Como en $F = m a$)

Centímetro, milímetro, miligramo, milla y pulgada pueden ser útiles ocasionalmente para describir cantidades, pero no se deben usar en fórmulas.

Estrategia para resolución de problemas (para los problemas más simples)

- Lea el problema; dibuje y etiquete un bosquejo.
- Mencione todas las cantidades dadas y establezca lo que se debe encontrar.
- Asegúrese de que todas las unidades dadas son consistentes con la segunda ley de movimiento de Newton ($F = m a$).
- Determine dos de los tres parámetros de la ley de Newton, luego resuelva para la incógnita.

Ejemplo 4. Una pelota de tenis de **54 gm** está en contacto con la raqueta durante una distancia de **40 cm** cuando sale con una velocidad de **48 m/s**. ¿Cuál es la fuerza promedio sobre la pelota?

Primero, dibuje un bosquejo y mencione las cantidades dadas:

$$\begin{aligned} \text{Dadas: } v_o &= 0; v_f = 48 \text{ m/s} \\ x &= 40 \text{ cm}; m = 54 \text{ gm} \\ a &= ? \end{aligned}$$



Las unidades consistentes requieren convertir gramos a kilogramos y centímetros a metros:

$$\begin{aligned} \text{Dadas: } v_o &= 0; v_f = 48 \text{ m/s} \quad x = 0.40 \text{ m}; \\ m &= 0.0540 \text{ kg}; \quad a = ? \end{aligned}$$

Cont. . .

Ejemplo 4 (Cont). Una pelota de tenis de **54 gm** está en contacto con la raqueta durante una distancia de **40 cm** cuando sale con una velocidad de **48 m/s**. ¿Cuál es la fuerza promedio sobre la pelota?

Al saber que $F = m a$, se necesita encontrar primero la aceleración a :

$$2ax = v_f^2 - \cancel{v_0^2}; \quad a = \frac{v_f^2}{2x}$$

$$a = \frac{(48 \text{ m/s})^2}{2(0.40 \text{ m})}; \quad a = 2880 \text{ m/s}^2$$

$$F = (0.054 \text{ kg})(2880 \text{ m/s}^2);$$

$$F = 156 \text{ N}$$



$$F = ma$$


Peso y masa


- **Peso** es la fuerza debida a la gravedad. Se dirige hacia abajo y varía de ubicación a ubicación.
- **Masa** es una constante universal que es una medida de la inercia de un cuerpo.

$F = m a$ de modo que: $W = mg$ y $m = \frac{W}{g}$

Peso y masa: Ejemplos

- *¿Cuál es el peso de un bloque de 10 kg?*

10 kg  $W = mg = (10 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)$

9.8 m/s^2  W

$$W = 98 \text{ N}$$


- *¿Cuál es la masa de un bloque de 64 lb?*


 $W = mg$ $m = \frac{64 \text{ lb}}{32 \text{ ft/s}^2} = 2 \text{ slugs}$


32 ft/s^2  64 lb

La masa es constante; el peso varía

49 N  4.9 m/s²

32 lb  16 ft/s²

98 N  9.8 m/s²

64 lb  32 ft/s²



$$m = \frac{W}{g} = 10 \text{ kg}$$

$$m = \frac{W}{g} = 2 \text{ slugs}$$

Descripción de objetos

- *Objetos descritos por masa o peso:*

$$W(\text{N}) = m(\text{kg}) \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$W(\text{lb}) = m(\text{slugs}) \times 32 \text{ ft/s}^2$$

- *Conversiones hechas por la 2a ley de Newton:*

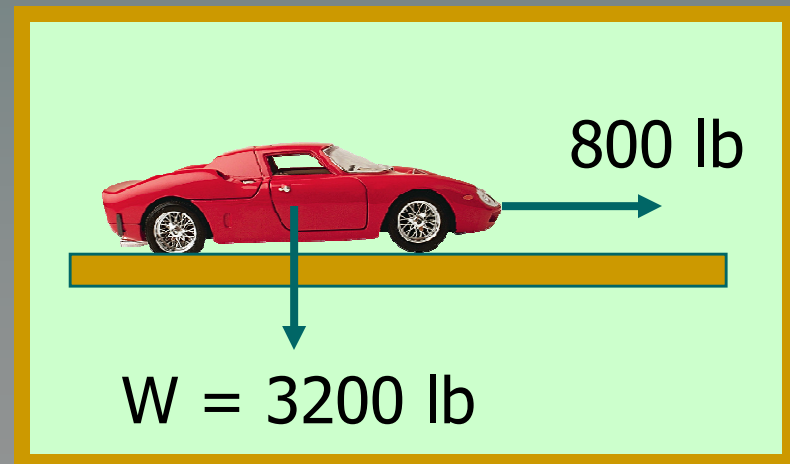
$$W = mg \quad m = \frac{W}{g}$$

Uso común inconsistente

En **Estados Unidos**, con frecuencia a los objetos se les refiere por su peso en un punto donde la gravedad es igual a 32 ft/s^2 .

Puede escuchar: “Una fuerza de **800 lb** jala a un auto de **3200 lb**.”

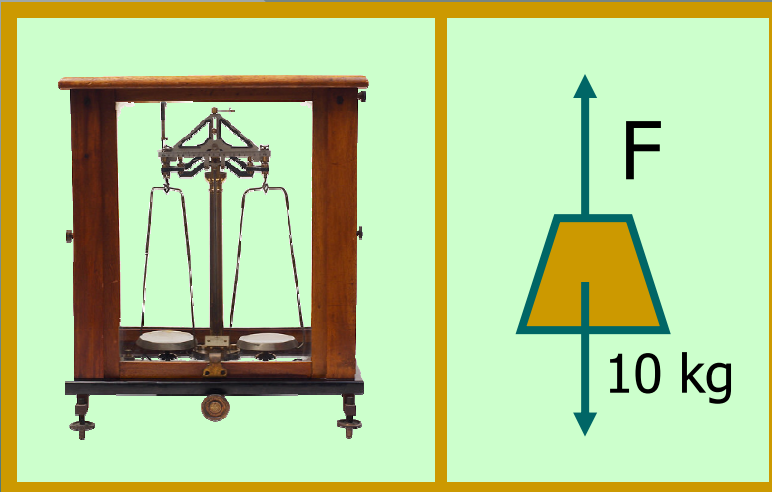
Este auto debe llamarse auto de **100 slug**.



*Por tanto, cuando un objeto se describa como un objeto de **_¿?_ lb**, recuerde dividir entre g para obtener la masa.*

Uso inconsistente (Cont.)

Incluso las **unidades métricas** se usan de manera inconsistente. La masa en **kg** con frecuencia se trata como si fuese peso (**N**). A esto a veces se le llama kilogramo-fuerza.



A un químico se le puede pedir **pesar** 200 g de cierto elemento. Además, usted escucha acerca de una **carga** de 10 kg como si fuese **peso**.

El kilogramo es una masa, nunca una fuerza, y no tiene dirección o varía con la gravedad.

¡¡Recuerde siempre!!

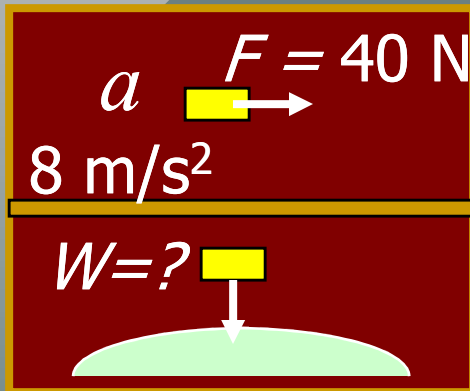
En Física, el uso de la segunda ley de Newton y muchas otras aplicaciones hace absolutamente necesario distinguir entre masa y peso. ¡Use las unidades correctas!

Unidades métricas SI: Masa en kg; peso en N.

Unidades SUEU: Masa en slugs; peso en lb.

Siempre dé preferencia a las unidades SI.

Ejemplo 5. Una fuerza resultante de 40 N da a un bloque una aceleración de 8 m/s^2 . ¿Cuál es el *peso* del bloque cerca de la superficie de la Tierra?



Para encontrar el peso, primero debe encontrar la masa del bloque:

$$F = ma; \quad m = \frac{F}{a}$$

$$m = \frac{40 \text{ N}}{8 \text{ m/s}^2} = 5 \text{ kg}$$

Ahora encuentre el peso de una masa de 5 kg en la Tierra.

$$\begin{aligned} W &= mg \\ &= (5 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) \end{aligned}$$

$$W = 49.0 \text{ N}$$

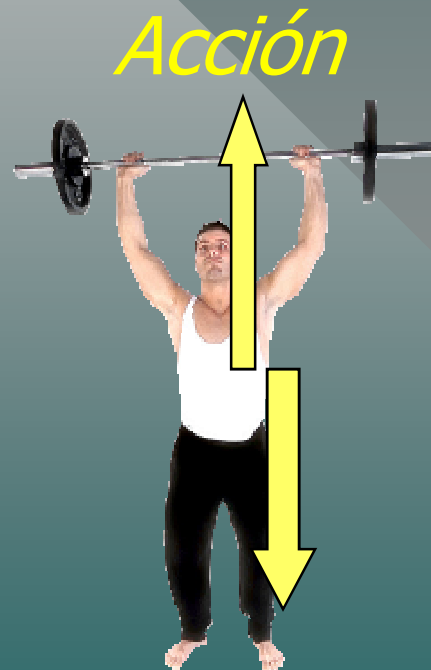
Tercera ley de Newton (Revisión)

- **Tercera ley:** Para toda fuerza de acción, debe haber una fuerza de reacción igual y opuesta. Las fuerzas ocurren en pares.



Fuerzas de acción y reacción

- Use las palabras **por** y **sobre** para estudiar las siguientes fuerzas de acción/reacción según se relacionen con la mano y la barra:



La fuerza de acción se ejerce
por manos sobre barra.

La fuerza de reacción se ejerce
por barra sobre manos.

Reacción

Ejemplo 6: Una atleta de **60 kg** ejerce una fuerza sobre una patineta de **10 kg**. Si ella recibe una aceleración de **4 m/s²**, ¿cuál es la aceleración de la patineta?

Fuerza sobre corredora = -(Fuerza sobre patineta)

$$m_r a_r = -m_b a_b$$

$$(60 \text{ kg})(4 \text{ m/s}^2) = -(10 \text{ kg}) a_b$$

$$a = \frac{(60 \text{ kg})(4 \text{ m/s}^2)}{-(10 \text{ kg})} = -24 \text{ m/s}^2$$

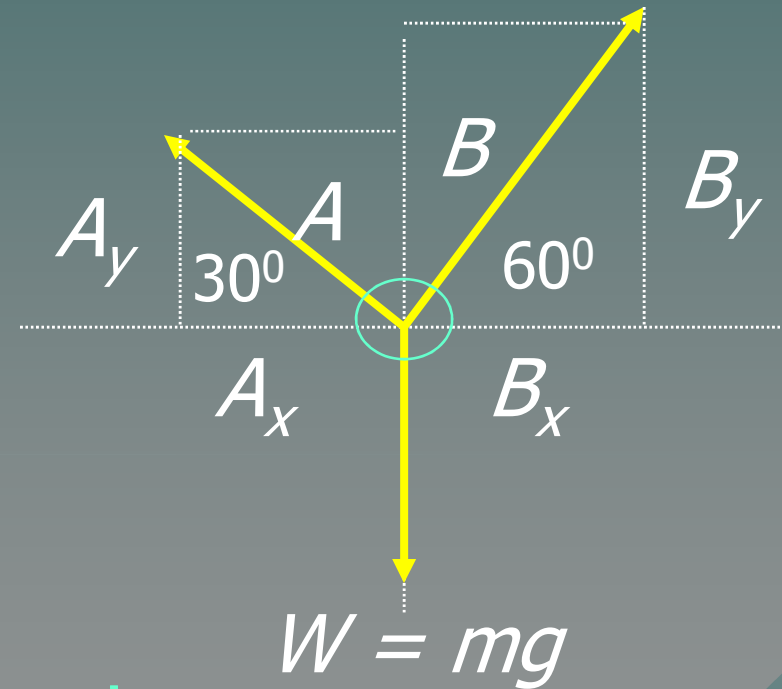
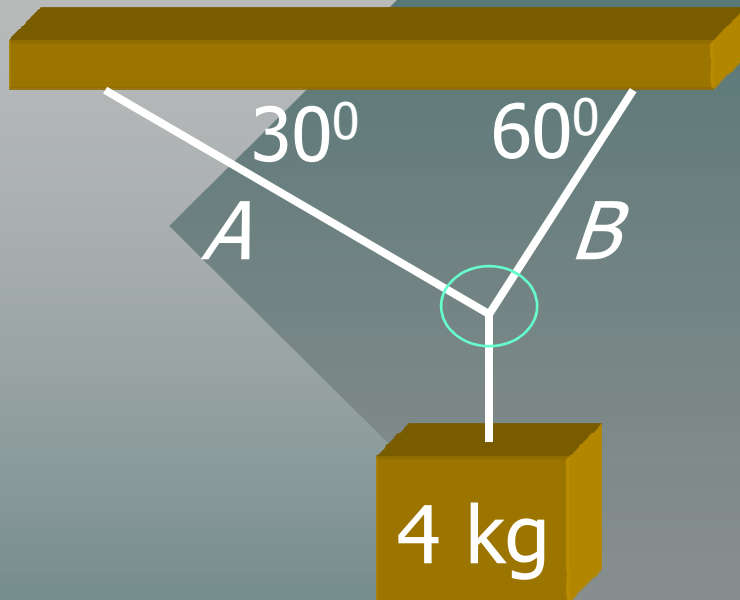


$$a = -24 \text{ m/s}^2$$

Revisión de diagramas de cuerpo libre

- Lea el problema; dibuje y etiquete bosquejo.
- Construya diagrama de fuerzas para cada objeto, vectores en el origen de ejes x, y .
- Puntee rectángulos y etiquete los componentes x y y opuesto y adyacente a ángulos.
- Etiquete todos los componentes; elija dirección positiva.

Ejemplo de diagrama de cuerpo libre



1. Dibuje y etiquete bosquejo.
2. Dibuje y etiquete diagrama de fuerza vectorial.
3. Puntee rectángulos y etiquete componentes x y y opuesto y adyacente a ángulos.

Aplicación de segunda ley de Newton

- Lea, dibuje y etiquete problema.
- Dibuje diagrama de cuerpo libre para cada cuerpo.
- Elija el eje x o y a lo largo del movimiento y elija la dirección de movimiento como positiva.
- Escriba la ley de Newton para ambos ejes:

$$\Sigma F_x = m a_x \quad \Sigma F_y = m a_y$$

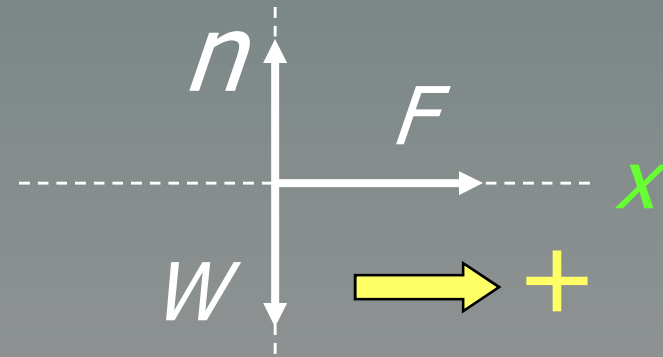
- Resuelva para cantidades desconocidas.

Ejemplo 7: Una calesa y su conductor tienen una masa de **120 kg**. ¿Qué fuerza F se requiere para dar una aceleración de **6 m/s^2** sin fricción?

1. Lea el problema y dibuje un bosquejo.



Diagrama para calesa:



2. Dibuje un diagrama de fuerza vectorial y etiquete fuerzas.
3. Elija el eje x a lo largo del movimiento e indique la dirección derecha como positiva (+).

Ejemplo 7 (Cont.) ¿Qué fuerza F se requiere para dar una aceleración de 6 m/s^2 ?

4. Escriba la ecuación de la ley de Newton para ambos ejes.

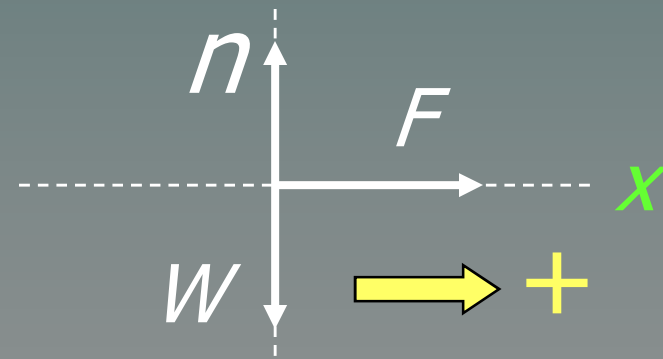


$$a_y = 0$$

$$\Sigma F_y = 0; \quad n - W = 0$$

La fuerza normal n es igual al peso W

Diagrama para calesa:

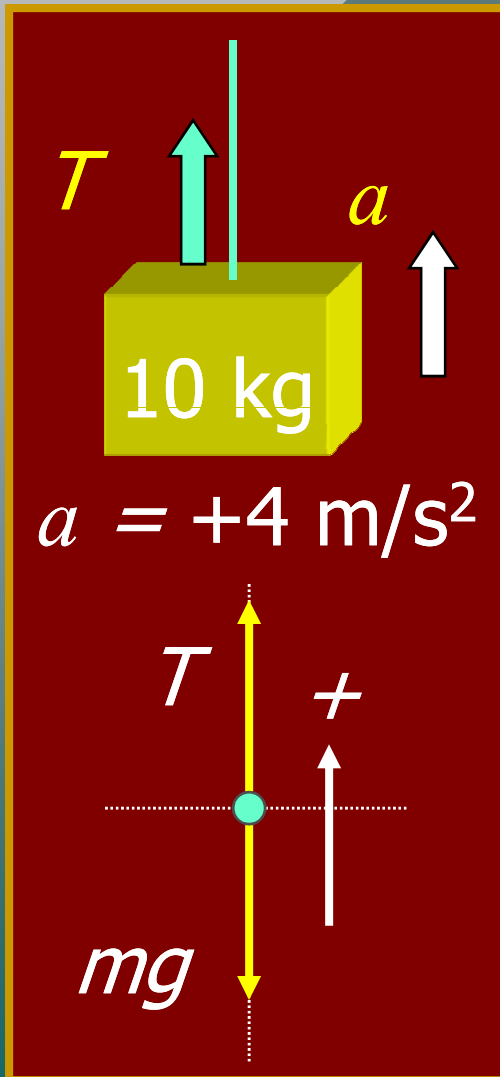


$$\Sigma F_x = ma_x; \quad F = ma$$

$$F = (120 \text{ kg})(6 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 720 \text{ N}$$

Ejemplo 8: ¿Cuál es la tensión T en la cuerda siguiente si el bloque acelera hacia arriba a 4 m/s^2 ?
(Dibuje bosquejo y cuerpo libre.)



$$\Sigma F_x = m a_x = 0 \text{ (No hay información)}$$

$$\Sigma F_y = m a_y = m a$$

$$T - mg = m a$$

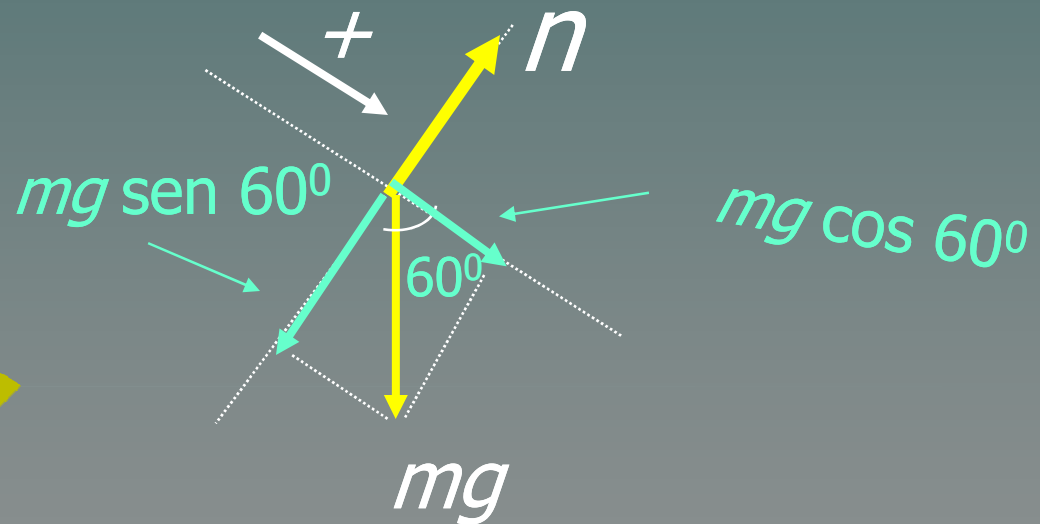
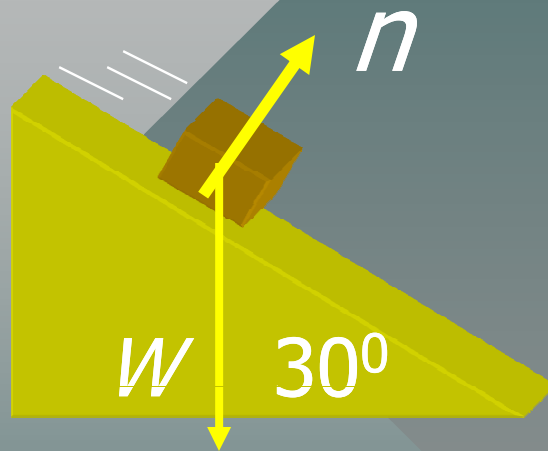
$$mg = (10 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}) = 98 \text{ N}$$

$$m a = (10 \text{ kg})(4 \text{ m/s}) = 40 \text{ N}$$

$$T - 98 \text{ N} = 40 \text{ N}$$

$$T = 138 \text{ N}$$

Ejemplo 9: En ausencia de fricción, ¿cuál es la aceleración por el plano inclinado de 30° ?



$$\Sigma F_x = m a_x$$

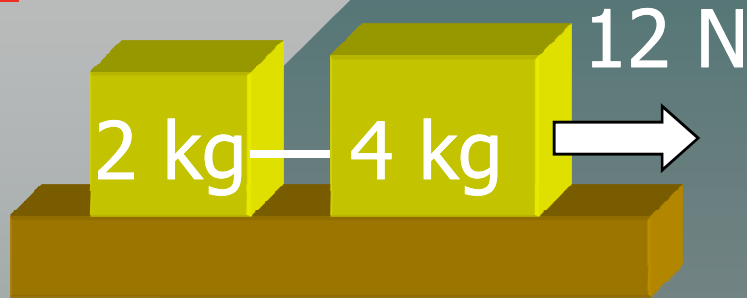
$$mg \cos 60^\circ = m a$$

$$a = g \cos 60^\circ$$

$$a = (9.8 \text{ m/s}^2) \cos 60^\circ$$

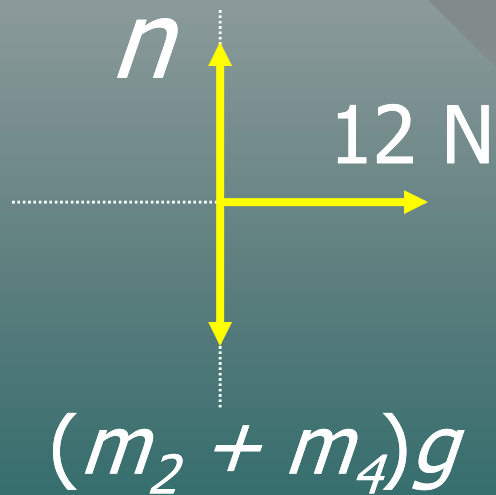
$$a = 4.9 \text{ m/s}^2$$

Ejemplo 10. Problema de dos cuerpos: Encuentre la tensión en la cuerda de conexión si no hay fricción sobre las superficies.



Encuentre la aceleración del sistema y la tensión en la cuerda de conexión.

Primero aplique $F = ma$ a todo el sistema (ambas masas).



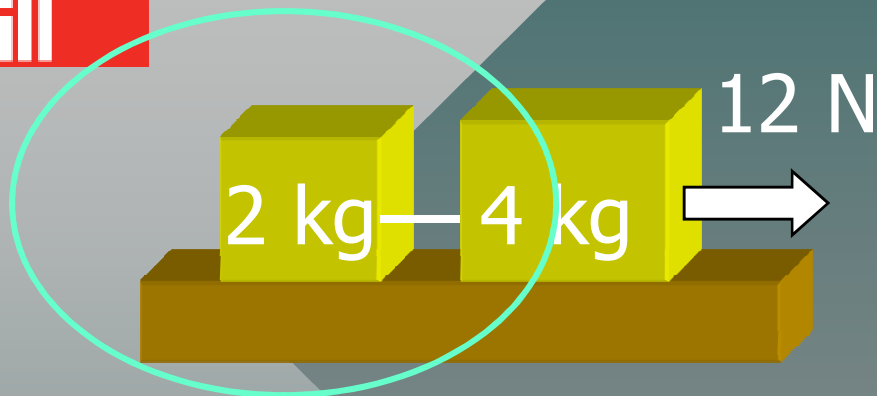
$$\Sigma F_x = (m_2 + m_4) a$$

$$12 \text{ N} = (6 \text{ kg}) a$$

$$a = \frac{12 \text{ N}}{6 \text{ kg}}$$

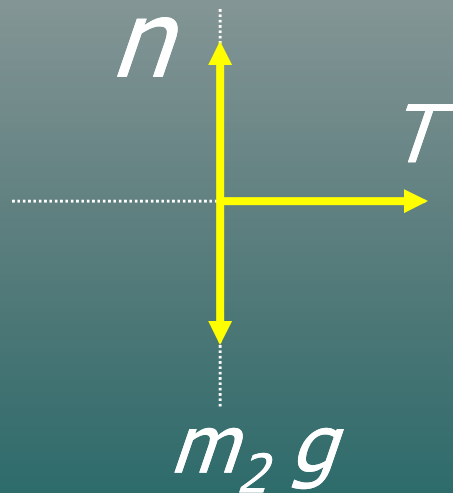
$$a = 2 \text{ m/s}^2$$

Ejemplo 10 (Cont.) Problema de dos cuerpos.



Ahora encuentre la tensión T en la cuerda de conexión.

Aplique $F = m a$ a la masa de 2 kg donde $a = 2 \text{ m/s}^2$.

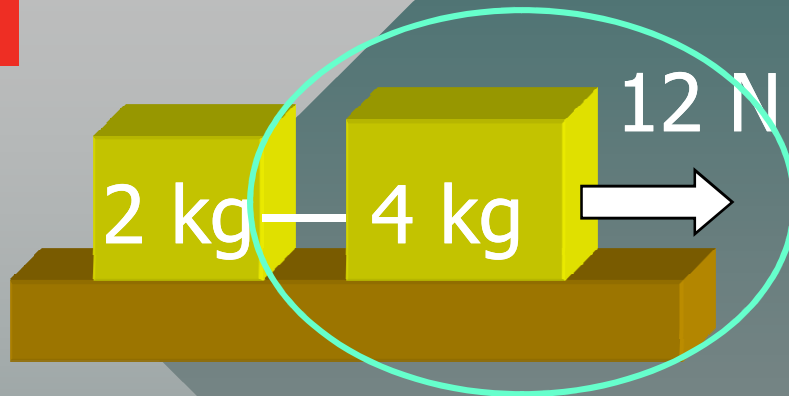


$$\Sigma F_x = m_2 a$$

$$T = (2 \text{ kg})(2 \text{ m/s}^2)$$

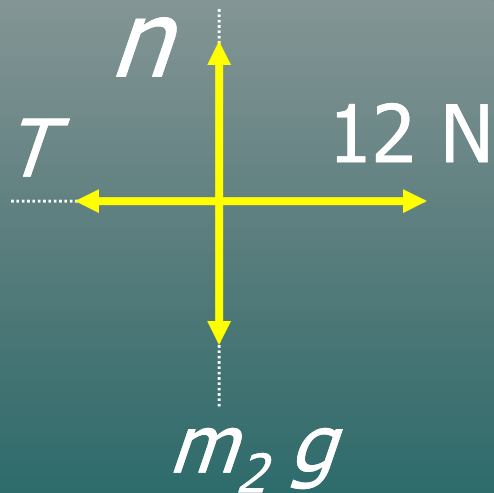
$$T = 4 \text{ N}$$

Ejemplo 10 (Cont.) Problema de dos cuerpos.



La misma respuesta para T resulta de enfocarse en la masa de 4-kg.

Aplique $F = m a$ a la masa de 4 kg donde $a = 2 \text{ m/s}^2$.

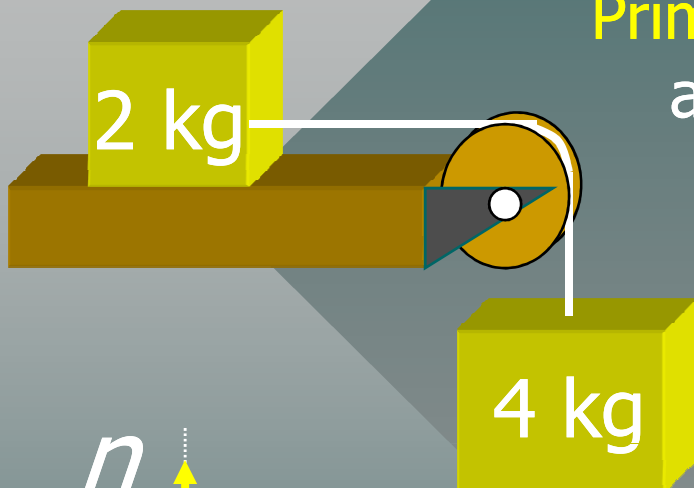


$$\Sigma F_x = m_4 a$$

$$12 \text{ N} - T = (4 \text{ kg})(2 \text{ m/s}^2)$$

$$T = 4 \text{ N}$$

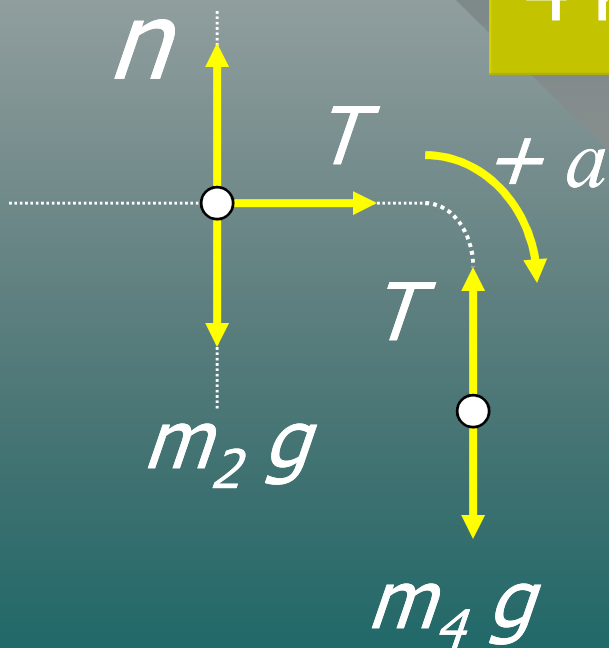
Ejemplo 11 Encuentre la aceleración del sistema y tensión en la cuerda para el arreglo que se muestra.



Primero aplique $F = ma$ a todo el sistema a lo largo de la línea de movimiento.

$$\Sigma F_x = (m_2 + m_4) a$$

Note que m_2g se balancea con n .

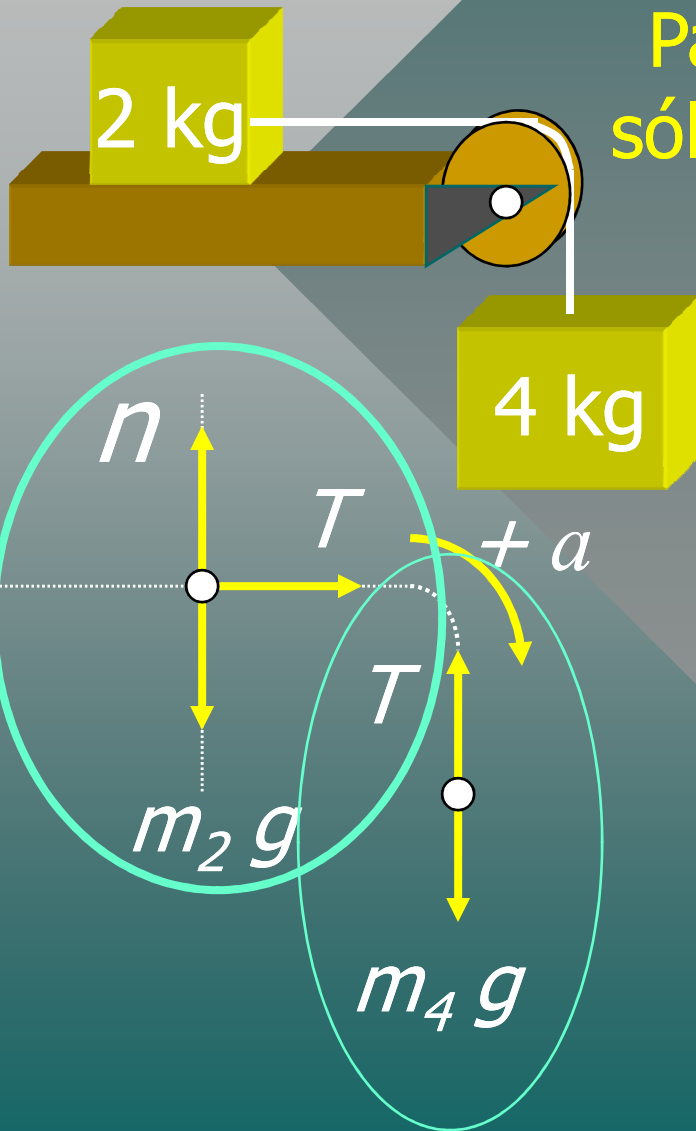


$$m_4g = (m_2 + m_4) a$$

$$a = \frac{m_4g}{m_2 + m_4} = \frac{(4 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)}{2 \text{ kg} + 4 \text{ kg}}$$

$$a = 6.53 \text{ m/s}^2$$

Ejemplo 11 (Cont.) Ahora encuentre la tensión T dado que la aceleración es $a = 6.53 \text{ m/s}^2$.



Para encontrar T , aplique $F = m a$ sólo a la masa de 2 kg, ignore 4 kg.

$$\Sigma F_x = m_2 a \quad \text{o} \quad T = m_2 a$$

$$T = (2 \text{ kg})(6.53 \text{ m/s}^2)$$

$$T = 13.1 \text{ N}$$

Misma respuesta si usa 4 kg.

$$m_4 g - T = m_4 a$$

$$T = m_4 (g - a) = 13.1 \text{ N}$$

Ejemplo 11. Encuentre la aceleración del sistema que se muestra abajo. (Máquina de Atwood.)

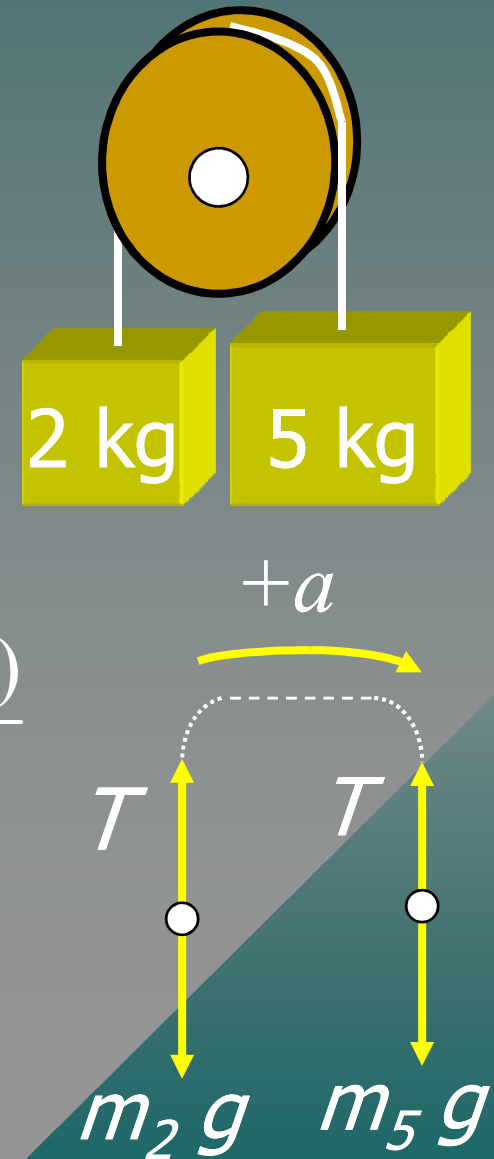
Primero aplique $F = ma$ a todo el sistema **a lo largo** de la línea de movimiento.

$$\Sigma F_x = (m_2 + m_5) a$$

$$m_5 g - m_2 g = (m_2 + m_5) a$$

$$a = \frac{m_5 g - m_2 g}{m_2 + m_5} = \frac{(5 \text{ kg} - 2 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)}{2 \text{ kg} + 5 \text{ kg}}$$

$$a = 4.20 \text{ m/s}^2$$



Resumen

Primera ley de Newton: Un objeto en reposo o en movimiento con rapidez constante permanecerá en reposo o con rapidez constante en ausencia de una fuerza resultante.

Segunda ley de Newton: Una fuerza resultante produce una aceleración en la dirección de la fuerza que es directamente proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la masa.

Tercera ley de Newton: Para toda fuerza de acción, debe haber una fuerza de reacción igual y opuesta. Las fuerzas ocurren en pares.

Resumen: Procedimiento

$$F_R = ma; \quad a = \frac{F_R}{m}$$

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

- Lea, dibuje y etiquete el problema.
- Dibuje diagrama de cuerpo libre para cada cuerpo.
- Elija el eje x o y a lo largo del movimiento y elija la dirección de movimiento como positiva.
- Escriba la ley de Newton para ambos ejes:

$$\Sigma F_x = m a_x \quad \Sigma F_y = m a_y$$

- Resuelva para cantidades desconocidas.

CONCLUSIÓN: Capítulo 7

Segunda ley de movimiento de Newton

