

LEYES Y ECUACIONES DEL MOVIMIENTO DE NEWTON Y SU APLICACIÓN EN SISTEMAS DE PARTÍCULAS

Objetivos del día de hoy:

Los estudiantes serán capaces de:

1. Escribir la ecuación del movimiento para un cuerpo que se acelera.
2. Dibujar el diagrama de cuerpo libre y el diagrama cinético para un cuerpo que se acelera.



Actividades en clase:

- Revisar tareas
- Prueba de lectura
- Aplicaciones
- **Leyes del Movimiento de Newton**
- **Ley de la Atracción Gravitacional de Newton**
- **Ecuación del Movimiento para una Partícula o un Sistema de Partículas**
- Prueba conceptual
- Solución grupal de problemas
- Prueba de atención

PRUEBA DE LECTURA

1. La Segunda Ley de Newton se puede escribir en forma matemática como $\Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a}$. Dentro de la sumatoria de fuerzas, $\Sigma \mathbf{F}$, no se incluye(n) _____.
A) las fuerzas externas B) el peso
C) las fuerzas internas D) Todas las anteriores.
2. La ecuación del movimiento para un sistema de n-partículas se puede escribir como $\Sigma \mathbf{F}_i = \Sigma m_i \mathbf{a}_i = m\mathbf{a}_G$, donde \mathbf{a}_G indica _____.
A) la suma de la aceleración de cada partícula
B) la aceleración del centro de masa del sistema
C) la aceleración de la partícula más grande
D) Ninguna de las anteriores.

APLICACIONES

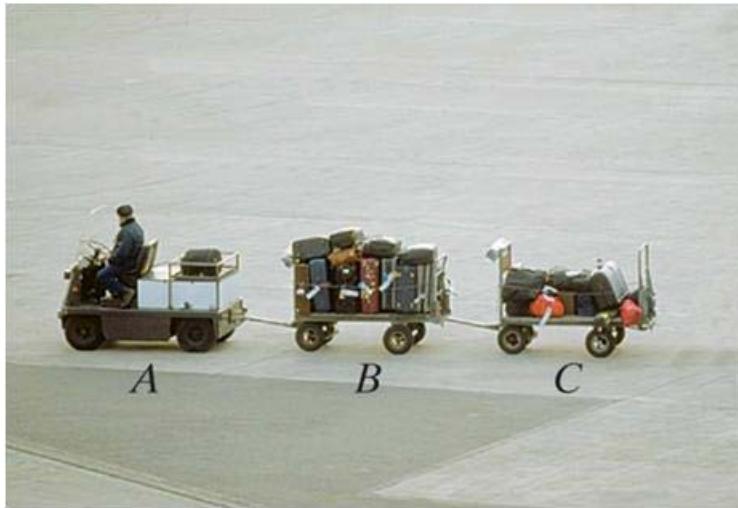


El movimiento de un objeto depende de las fuerzas que actúen en él.

Un paracaidista confía en la fuerza de arrastre resistente de la atmósfera generada por su paracaídas para limitar su velocidad.

Conociendo la fuerza de arrastre, ¿cómo podemos determinar la aceleración o velocidad del paracaidista en cualquier instante del tiempo? ¡Esto es muy importante al aterrizar!

APLICACIONES (continuada)



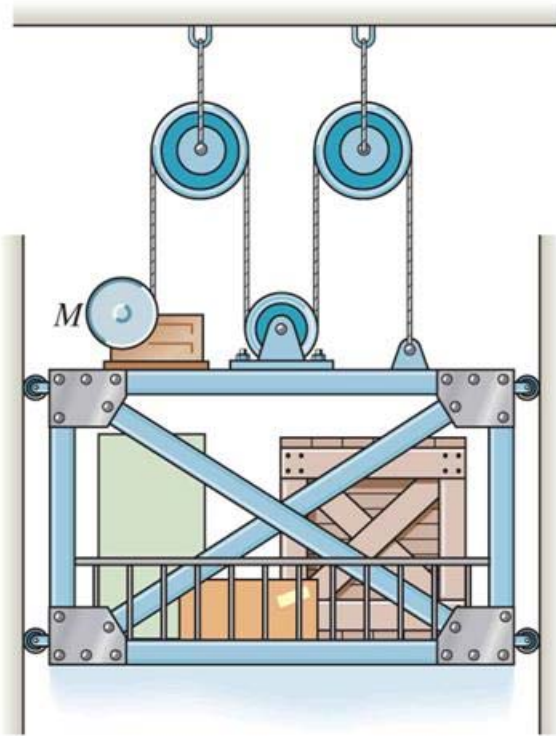
El camión de equipaje A remolca los carros B y C.

Si conocemos la fuerza de fricción desarrollada en las ruedas motrices del camión, ¿podríamos determinar la aceleración del camión?

¿Cómo?

¿También podríamos determinar la fuerza horizontal actuante en el acoplamiento entre el camión y el carro *B*? Esto es necesario al diseñar acoplamientos (o para entender por qué fallaron).

APLICACIONES (continuada)



Un elevador de carga se levanta usando un motor unido a un sistema de cables y poleas como se muestra.

¿Cómo podemos determinar la fuerza de tensión requerida en el cable para subir el elevador y su carga a una aceleración dada? Esto se necesita para decidir qué tamaño de cable se deberá emplear.

¿Es la fuerza de tensión en el cable mayor que el peso del elevador y su carga?

LEYES DEL MOVIMIENTO DE NEWTON (Sección 13.1)

El movimiento de una partícula se gobierna por las **tres leyes del movimiento de Newton**.

Primera Ley: Una partícula, originalmente en reposo, o que se mueve en línea recta a velocidad constante, permanecerá en este estado si la fuerza resultante que actúa en la partícula es cero.

Segunda Ley: Si la fuerza resultante en la partícula no es cero, la partícula experimentará una aceleración en la misma dirección que la fuerza resultante. Esta aceleración tiene una magnitud proporcional a la fuerza resultante.

Tercera Ley: Las fuerzas mutuas de acción y reacción entre dos partículas son iguales, opuestas y colineales.

LEYES DEL MOVIMIENTO DE NEWTON (continuada)

La primera y tercera leyes fueron utilizadas al desarrollar los conceptos de la Estática. La **segunda ley de Newton** forma la base del estudio de la Dinámica.

Matemáticamente, la segunda ley del movimiento de Newton se puede escribir:

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

donde \mathbf{F} es la **fuerza resultante desbalanceada** que actúa en la partícula, y \mathbf{a} es la **aceleración** de la partícula. El escalar positivo m es la **masa** de la partícula.

La segunda ley de Newton no se puede usar cuando la velocidad de la partícula se aproxime a la velocidad de la luz, o si el tamaño de la partícula es extremadamente pequeño (\sim del tamaño de un átomo).

LEY DE LA ATRACCIÓN GRAVITACIONAL DE NEWTON

Dos cuerpos o partículas cualesquiera tienen una **fuerza de atracción gravitacional actuando mutuamente** entre ellos.

Newton postuló la ley que gobierna a esta fuerza gravitacional:

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

donde F = fuerza de atracción entre los dos cuerpos,

G = constante de gravitación universal,

m_1, m_2 = masa de cada cuerpo, y

r = distancia entre los centros de los dos cuerpos.

Al estar cerca de la superficie de la Tierra, la única fuerza gravitacional que tiene una magnitud perceptible es aquella entre la Tierra y el cuerpo. Esta fuerza se llama el **peso** del cuerpo.

MASA Y PESO

¡Es importante comprender la diferencia entre la masa y peso de un cuerpo!

La masa es una **propiedad absoluta** de un cuerpo. Es independiente del campo gravitacional en el cual se mide. La masa provee una medida de la **resistencia de un cuerpo para cambiar en su velocidad**, como se define por la segunda ley del movimiento de Newton ($m = F/a$).

El peso de un cuerpo no es absoluto, ya que depende del campo gravitacional en el que sea medido. El **peso** se define:

$$W = mg$$

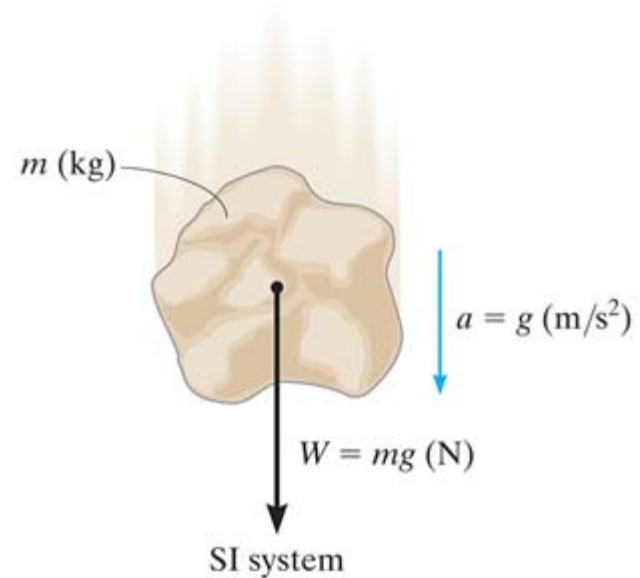
donde g es la **aceleración debida a la gravedad**.

UNIDADES: SISTEMA SI CONTRA FPS

Sistema SI: En el sistema SI de unidades, la **masa** es una **unidad base** y el **peso** es una **unidad derivada**.

Típicamente, la masa se especifica en **kilogramos** (kg), y el peso se calcula de $W = mg$.

Si la aceleración gravitacional (g) se especifica en unidades de m/s^2 , entonces el peso se expresa en **newtons** (N).

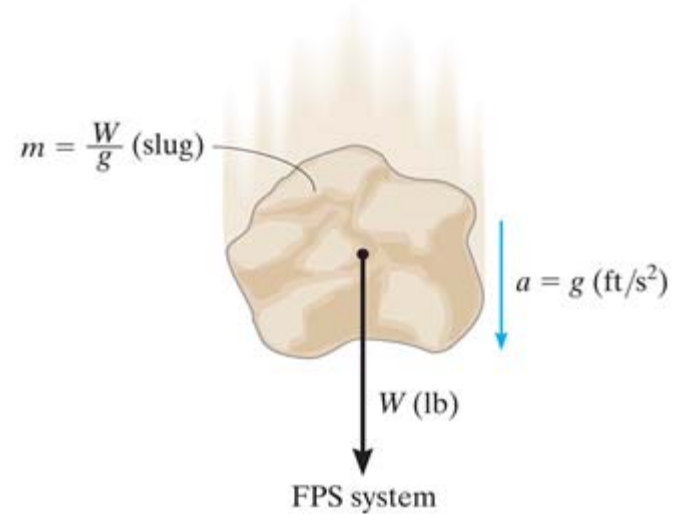


En la superficie de la Tierra, g se puede tomar como $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

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

UNIDADES: SISTEMA SI CONTRA FPS (continuada)

Sistema FPS: En el sistema FPS de unidades, el **peso** es una **unidad base** y la **masa** es una **unidad derivada**. El peso se especifica típicamente en **libras (lb)**, y la masa se calcula de $m = W/g$. Si g se especifica en unidades de ft/s^2 , entonces la masa se expresa en **slugs**.



En la superficie de la Tierra, g es aproximadamente 32.2 ft/s^2 .

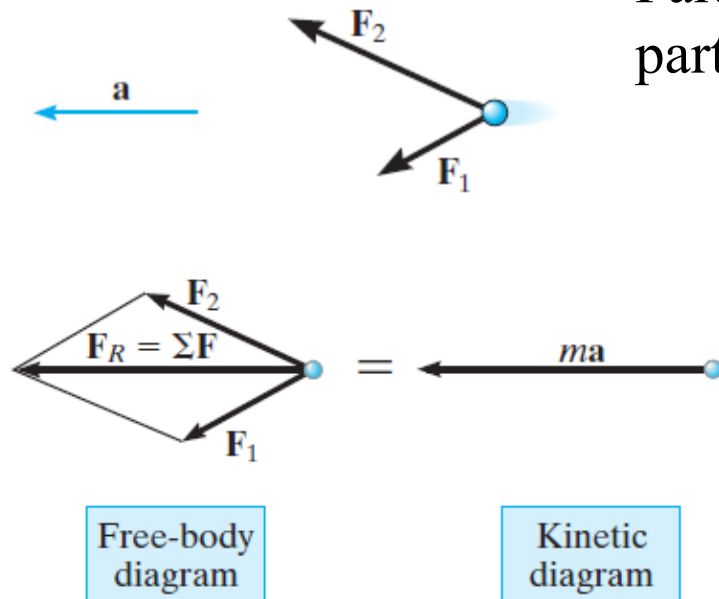
$$m \text{ (slugs)} = W \text{ (lb)} / g \text{ (ft/s}^2\text{)} \Rightarrow \text{slug} = \text{lb} \cdot \text{s}^2 / \text{ft}$$

ECUACIÓN DEL MOVIMIENTO (Sección 13.2)

El movimiento de una partícula está gobernado por la segunda ley de Newton, que relaciona las fuerzas desbalanceadas en una partícula con su aceleración. Si más de una fuerza actúa en la partícula, la ecuación del movimiento se puede escribir: $\sum \mathbf{F} = \mathbf{F}_R = m\mathbf{a}$

donde \mathbf{F}_R es la **fuerza resultante**, que es una **suma vectorial** de todas las fuerzas.

Para ilustrar esta ecuación, considere una partícula en la que actúan dos fuerzas.



Primero, dibuje el **diagrama de cuerpo libre**, mostrando todas las fuerzas que actúan en la partícula. Enseguida, dibuje el **diagrama cinético**, mostrando la **fuerza inercial** $m\mathbf{a}$ actuando en la misma dirección que la fuerza resultante \mathbf{F}_R .

MARCO INERCIAL DE REFERENCIA

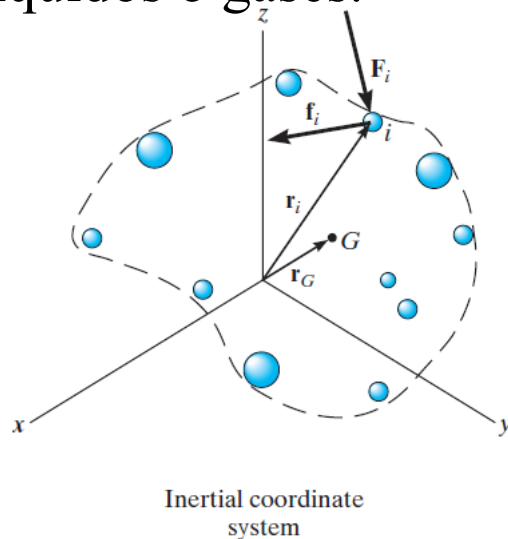
Esta ecuación del movimiento sólo es válida si la aceleración se mide en un **marco inercial de referencia** o **Newtoniano**. ¿Qué significa esto?

Para los problemas concernientes con los movimientos en o cerca de la superficie de la Tierra, típicamente asumimos nuestro “marco inercial” como **fijo a la Tierra**. Despreciamos cualquier efecto de aceleración de la rotación de la Tierra.

Para problemas que involucran satélites o cohetes, el marco inercial de referencia frecuentemente se **fija a las estrellas**.

ECUACIÓN DEL MOVIMIENTO PARA SISTEMAS DE PARTÍCULAS (Sección 13.3)

La ecuación del movimiento se puede extender para incluir **sistemas de partículas**. Esto incluye el movimiento de sistemas de sólidos, líquidos o gases.



Como en la Estática, hay **fuerzas internas y externas** actuando en el sistema. ¿Cuál es la diferencia entre ellas?

Usando las definiciones de $m = \sum m_i$ como la masa total de todas las partículas y \mathbf{a}_G como la aceleración del **centro de masa G** de las partículas, entonces $m \mathbf{a}_G = \sum m_i \mathbf{a}_i$.

El texto muestra los detalles, pero para un sistema de partículas:

$\sum \mathbf{F} = m \mathbf{a}_G$ donde $\sum \mathbf{F}$ es la suma de las **fuerzas externas** que actúan en la totalidad del sistema.

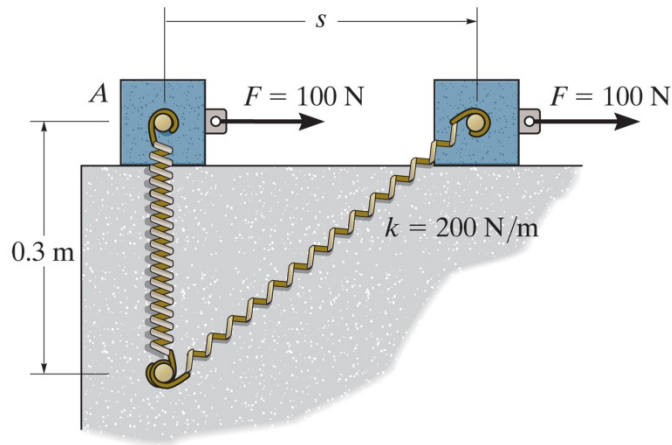
PUNTOS CLAVE

- 1) La **segunda ley de Newton** es una “ley de la naturaleza” probada experimentalmente, no el resultado de una prueba analítica.
- 2) La **masa** (una propiedad de un objeto) es una medida de **la resistencia de un cambio en la velocidad** del objeto.
- 3) El **peso** (una fuerza) depende del **campo gravitacional local**. Al calcular el peso de un objeto se hace uso de $F = ma$, es decir, $W = mg$.
- 4) Las fuerzas **desbalanceadas** causan la **aceleración** de los objetos. ¡Esta condición es fundamental a todos los problemas de dinámica!

PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MOVIMIENTO

- 1) Seleccione un **sistema coordinado inercial** conveniente. Se pueden usar coordenadas rectangulares, normales/tangenciales o cilíndricas.
- 2) Dibuje un **diagrama de cuerpo libre** que muestre **todas las fuerzas externas** aplicadas a la partícula. Descomponga las fuerzas en sus componentes apropiadas.
- 3) Dibuje el **diagrama cinético**, mostrando la fuerza inercial de la partícula, $m\mathbf{a}$. Resuelva este vector en sus componentes apropiadas.
- 4) Aplique las **ecuaciones del movimiento** en su forma de componentes escalares y resuelva estas ecuaciones para sus incógnitas.
- 5) Puede ser necesario el aplicar las **relaciones cinemáticas** apropiadas para generar ecuaciones adicionales.

EJEMPLO



Dado: Un bloque de 25 kg se somete a la fuerza $F = 100 \text{ N}$. El resorte tiene una rigidez $k = 200 \text{ N/m}$ y se encuentra sin estirar cuando el bloque está en A. La superficie de contacto es lisa.

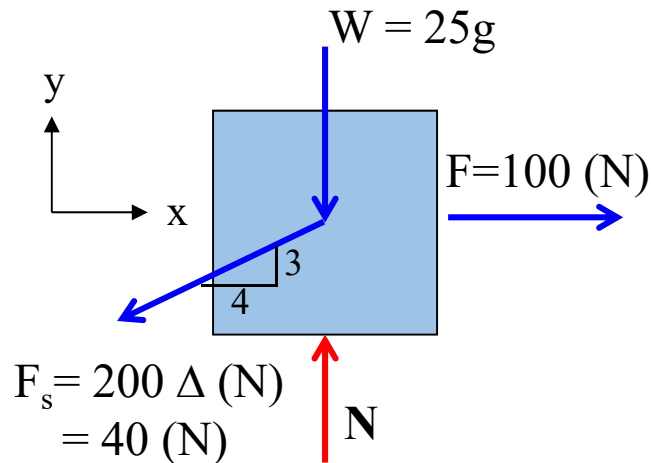
Halle: Los diagramas de cuerpo libre y cinético del bloque cuando $s = 0.4 \text{ m}$.

- Plan:**
- 1) Defina un sistema de coordenadas inercial.
 - 2) Dibuje el diagrama de cuerpo libre del bloque, mostrando todas las fuerzas externas.
 - 3) Dibuje el diagrama cinético del bloque, mostrando el vector de fuerza inercial en la dirección apropiada.

EJEMPLO (continuado)

Solución:

- 1) Un marco inercial x-y se puede definir como fijo al terreno.
- 2) Dibuje el diagrama de cuerpo libre del bloque:



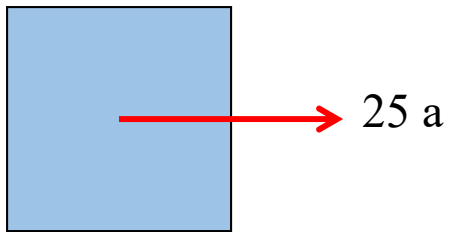
La fuerza del peso (W) actúa a través del centro de masa del bloque. F es la carga aplicada y $F_s = 200\Delta$ (N) es la fuerza del resorte, donde Δ es la deformación del resorte. Cuando $s = 0.4$,

$$\Delta = 0.5 - 0.3 = 0.2 \text{ m.}$$

La fuerza normal (N) es perpendicular a la superficie. No existe fuerza de fricción ya que la superficie de contacto es lisa.

EJEMPLO (continuado)

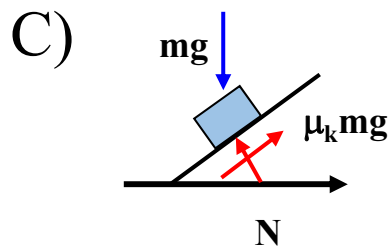
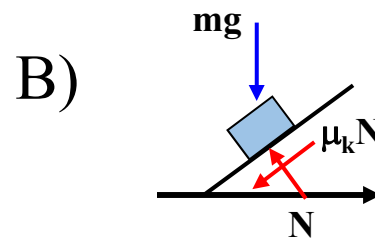
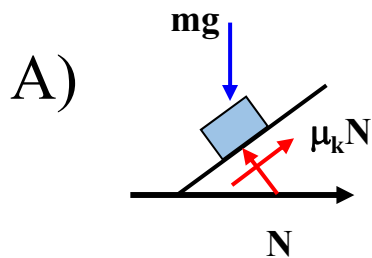
3) Dibuje el diagrama cinético del bloque:



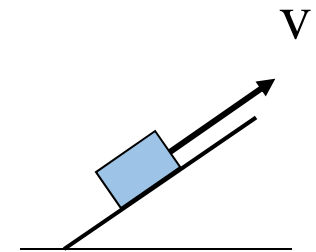
El bloque se moverá hacia la derecha. La aceleración se puede dirigir hacia la derecha si el bloque se está moviendo más velozmente o hacia la izquierda si lo hace más lentamente.

PRUEBA CONCEPTUAL

1. El bloque (masa = m) se mueve hacia arriba con una velocidad v . Dibuje el DCL si el coeficiente de fricción cinética es μ_k .

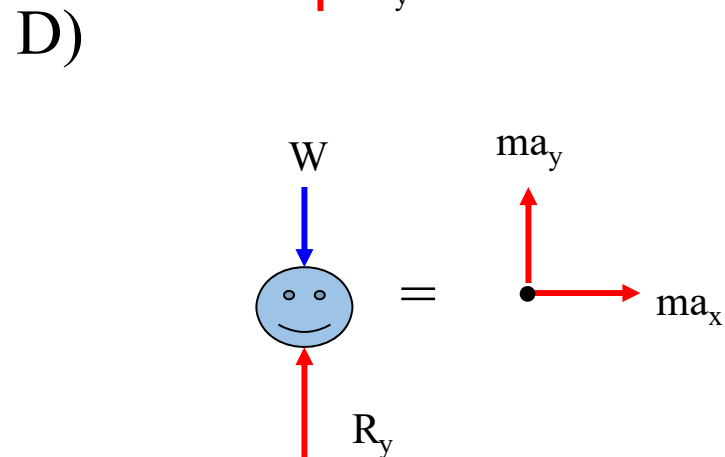
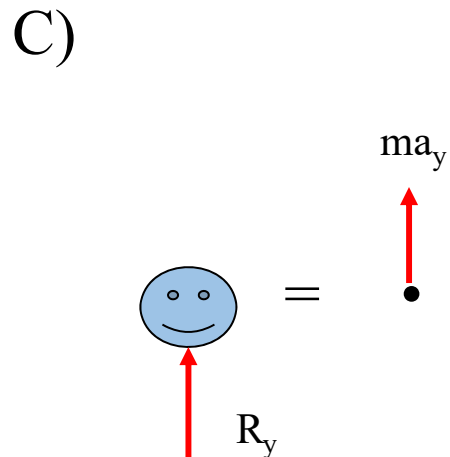
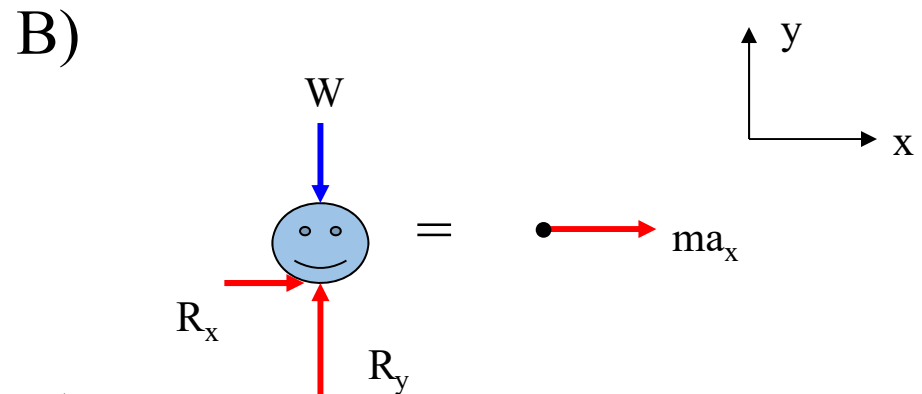
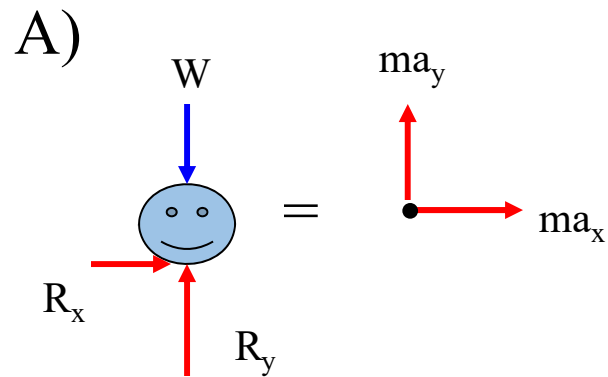


- D) Ninguna de las anteriores.

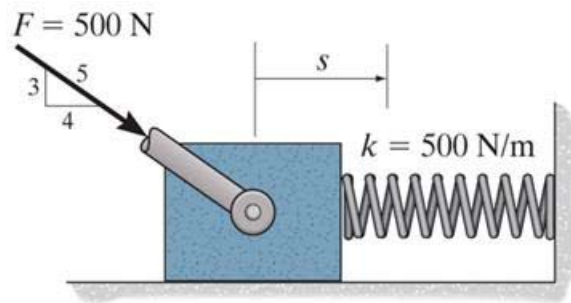


PRUEBA CONCEPTUAL

2. Un empaque de esferas se ensaya usando una máquina que ejerce $a_y = 20 \text{ m/s}^2$ y $a_x = 3 \text{ m/s}^2$, simultáneamente. Escoja los diagramas DCL y cinéticos correctos para esta condición.



SOLUCIÓN GRUPAL DE PROBLEMAS



Dado: Un bloque de 10 kg se somete a una fuerza $F=500 \text{ N}$. Un resorte de rigidez $k=500 \text{ N/m}$ se monta en contra del bloque. Cuando $s = 0$, el bloque está en reposo y el resorte está sin comprimirse. La superficie de contacto es lisa.

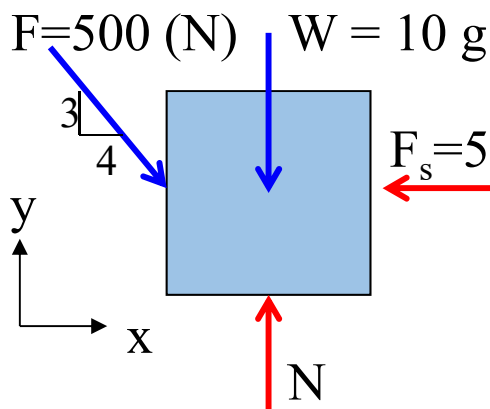
Halle: Los diagramas de cuerpo libre y cinéticos del bloque.

- Plan:**
- 1) Defina un sistema inercial de coordenadas.
 - 2) Dibuje el diagrama de cuerpo libre del bloque, mostrando todas las fuerzas externas aplicadas al bloque en las direcciones apropiadas.
 - 3) Dibuje el diagrama cinético del bloque, mostrando el vector de fuerza inercial $m\mathbf{a}$ en la dirección correcta.

SOLUCIÓN GRUPAL DE PROBLEMAS (continuada)

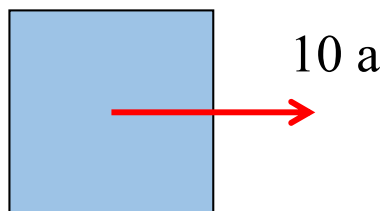
Solución:

- 1) Un marco inercial x-y se puede definir como fijo al terreno.
- 2) Dibuje el diagrama de cuerpo libre del bloque:



La fuerza del peso (W) actúa a través del centro de masa del bloque. F es la carga aplicada y $F_s = 500$ s (N) es la fuerza del resorte, donde s es la deformación del resorte. La fuerza normal (N) es perpendicular a la superficie. No hay fuerza de fricción porque la superficie de contacto es lisa.

- 3) Dibuje el diagrama cinético del bloque:



El bloque se moverá a la derecha. La aceleración se puede dirigir hacia la derecha si el bloque se está moviendo más rápido o hacia la izquierda si se está moviendo más lento.

PRUEBA DE ATENCIÓN

- Las fuerzas internas no se incluyen en la ecuación del análisis del movimiento porque las fuerzas internas son _____.
 - iguales a cero.
 - iguales y opuestas, y no afectan los cálculos.
 - despreciablemente pequeñas.
 - poco importantes.
- Un bloque de 10 lb inicialmente se está moviendo hacia abajo de una rampa con una velocidad v . La fuerza F se aplica para traer al bloque al reposo. Escoja el DCL adecuado.

