

Física I

Dr. Roberto Pedro Duarte Zamorano (Responsable)

Dr. Mario Enrique Álvarez Ramos

Dr. Ezequiel Rodríguez Jáuregui

Dr. Santos Jesús Castillo

Webpage: <http://paginas.fisica.uson.mx/qb>

©2017 Departamento de Física

Universidad de Sonora

Tema 4: Dinámica de una partícula.

- i. Campo de estudio de la dinámica de una partícula.
- ii. Definición de fuerza.
- iii. Primera ley de Newton.
- iv. Definición de masa.
- v. Segunda ley de Newton.
- vi. Tercera Ley de Newton.
- vii. Sistemas de referencia inerciales.
- viii. Validez de las leyes de Newton.
- ix. Ley de la gravitación Peso de los cuerpos.
- x. Fuerza normal
- xi. Fuerza de tensión. Fuerzas de fricción estática y cinética.
- xii. Fuerza elástica: El resorte y la ley de Hooke.
- xiii. Dinámica del movimiento circular uniforme.
- xiv. Aplicación de las leyes de Newton.

Introducción

Antecedentes.

En la naturaleza, la interacción entre cuerpos se cuantifica en términos de las fuerzas que se ejercen entre ellos.

La fuerza es una magnitud vectorial capaz de deformar los cuerpos (efecto estático), modificar su velocidad o vencer su inercia y ponerlos en movimiento si estaban inmóviles (efecto dinámico).

En este sentido, *la fuerza puede definirse como una interacción capaz de modificar el estado de movimiento o de reposo de un cuerpo (imprimiéndole una aceleración que modifica el módulo, la dirección o el sentido de su velocidad), o bien de deformarlo.*

Introducción

Las interacciones entre cuerpos se deben a cuatro tipos de fuerzas llamadas fundamentales y son las que gobiernan el Universo:

- *Fuerza Gravitacional.*
- *Fuerza Electromagnética.*
- *Fuerza Nuclear Fuerte.*
- *Fuerza Nuclear Débil.*

Introducción

Las interacciones entre cuerpos se deben a cuatro tipos de fuerzas llamadas fundamentales y son las que gobiernan el Universo:

- *Fuerza Gravitacional*.- Es la fuerza de atracción que una masa ejerce sobre otra, y afecta a todos los cuerpos. La gravedad es una fuerza muy débil y de un sólo sentido (siempre es atractiva), pero de alcance infinito. Es la responsable de mantener unidos a cuerpos grandes: Tierra-personas; Tierra-Luna; Tierra-Sol, etc.

Introducción

Las interacciones entre cuerpos se deben a cuatro tipos de fuerzas llamadas fundamentales y son las que gobiernan el Universo:

- *Fuerza Electromagnética*.- Afecta a los cuerpos eléctricamente cargados, y es la fuerza involucrada en las transformaciones físicas y químicas de átomos y moléculas. Es mucho más intensa que la fuerza gravitatoria, puede tener dos sentidos (atractivo y repulsivo) y su alcance es infinito. Mantiene unidas a las moléculas y a los átomos y en el interior de estos últimos, hace que los electrones permanezcan cerca del núcleo.

Introducción

Las interacciones entre cuerpos se deben a cuatro tipos de fuerzas llamadas fundamentales y son las que gobiernan el Universo:

- ***Fuerza Nuclear Fuerte.***- La fuerza o interacción nuclear fuerte es la que mantiene unidos los componentes de los núcleos atómicos, y actúa indistintamente entre dos nucleones cualesquiera, protones o neutrones. Su alcance es del orden de las dimensiones nucleares, pero es más intensa que la fuerza electromagnética.

Introducción

Las interacciones entre cuerpos se deben a cuatro tipos de fuerzas llamadas fundamentales y son las que gobiernan el Universo:

- *Fuerza Nuclear Débil.*- La fuerza o interacción nuclear débil es la responsable de la desintegración beta de los neutrones; los neutrinos son sensibles únicamente a este tipo de interacción (aparte de la gravitatoria, que afecta a todos los cuerpos). Su intensidad es menor que la de la fuerza electromagnética y su alcance es aún menor que el de la interacción nuclear fuerte.

Introducción

Las fuerzas, de acuerdo a su magnitud, dirección o sentido, pueden ser:

- **Constantes**, cuando magnitud, dirección y sentido no cambian conforme transcurre el tiempo.
- **Variables**, cuando cambia la magnitud, la dirección y/o el sentido.

Por su aplicación en sistemas o procesos pueden ser:

- **Conservativas**, cuando la energía mecánica no cambia por su acción.
- **No conservativas o disipativas**, cuando la energía mecánica “se pierde” (o se transforma, para ser precisos).

Introducción

Por su forma de actuar o interacción con otros cuerpos pueden ser:

- **De contacto**, cuando la interacción es directa, es decir el cuerpo que aplica la fuerza y el que la recibe entran en contacto físico; por ejemplo, la fuerza que ejerce una mesa sobre un libro que está encima de ella, el golpe de un martillo sobre un clavo, colgar algo con una cuerda, etc.
- **A distancia**, cuando el cuerpo que ejerce la fuerza y quien la recibe no entran en contacto físicamente; por ejemplo, la fuerza que un imán ejerce sobre otro imán o sobre un clavo, o la fuerza con que la Tierra atrae a los cuerpos que están sobre su superficie, incluso en el aire, etc.

Introducción

En nuestro caso, abordaremos el concepto de fuerza en función de la aceleración que experimenta un cuerpo patrón cuando es colocado en un medio ambiente, estableciendo una técnica para asociarle una masa m a cualquier cuerpo, con el fin de entender que cuerpos de la misma naturaleza (por ejemplo madera), experimentan diferentes aceleraciones cuando son colocados en el mismo medio ambiente.

El concepto de fuerza y masa se encuentran íntimamente relacionados, asociamos a:

- la fuerza con jalar o empujar un objeto y,
- la masa como la resistencia que presenta un cuerpo a ser acelerado (movido).

Introducción

Los tres conceptos: fuerza, masa y aceleración, se relacionan entre sí por medio de:

1. las Leyes de la Naturaleza o Leyes de Fuerzas y
2. las Leyes de Movimiento o Leyes de Newton,

Las primeras (Leyes de Fuerza) son aquéllas mediante las cuales se rigen los fenómenos naturales e involucran a las propiedades del cuerpo con su medio ambiente.

Las segundas (Leyes de Newton) son las que rigen su comportamiento en ese medio ambiente.

Introducción

De las Leyes de Movimiento, tenemos los siguientes enunciados de las Leyes de Newton:

- **Primera Ley.**- Todo cuerpo permanecerá en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, a menos que se vea obligado a cambiar dicho estado por medio de un agente externo que le aplique una fuerza.
- **Segunda Ley.**- La aceleración que experimenta un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza resultante e inversamente proporcional su masa.
- **Tercera Ley.**- A toda acción le corresponde una reacción de igual magnitud pero en sentido contrario.

Primera ley de Newton

Antecedentes.

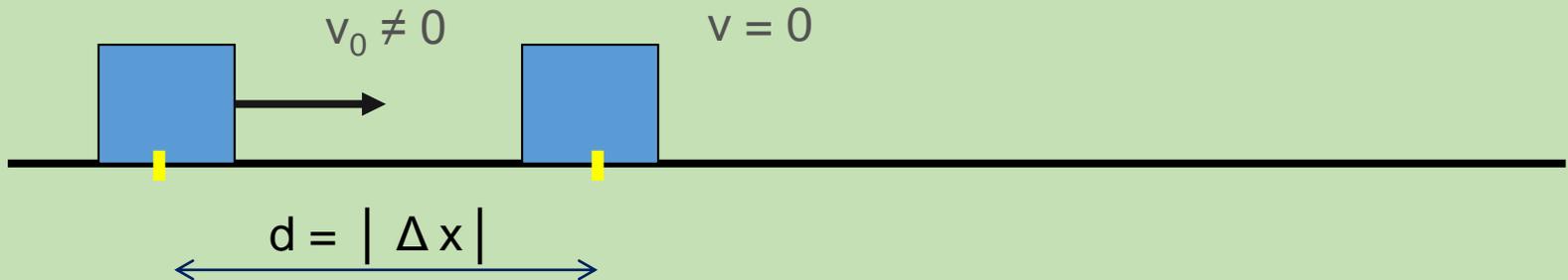
En la época de Aristóteles, se creía firmemente que un cuerpo se encontraba en su estado natural cuando estaba en reposo, que se requería la presencia de un agente externo que lo impulsara y que cambiara dicho estado. Cuando el agente externo dejaba de impulsarlo, tendía nuevamente a su estado natural.

Dicha aseveración aún persiste en muchas personas en nuestros días, ya que por experiencia propia, cuando arrojamos un objeto con una cierta velocidad inicial sobre un plano, el cuerpo recorre una distancia y se detiene.

Primera ley de Newton

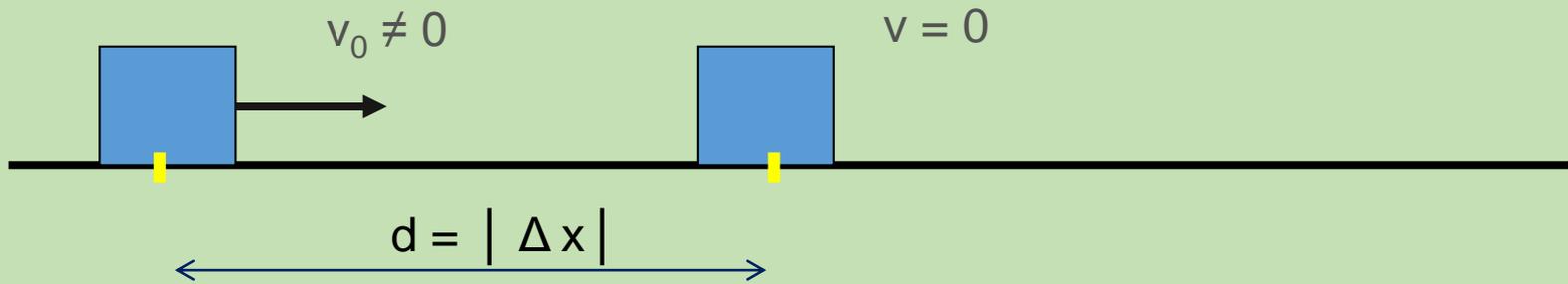
Nuestro error, así como el de Aristóteles, lo aclara Galileo con el siguiente experimento:

Galileo argumentaba que si arrojamos un cuerpo sobre una superficie, este tendería al reposo después de recorrer una cierta distancia d .

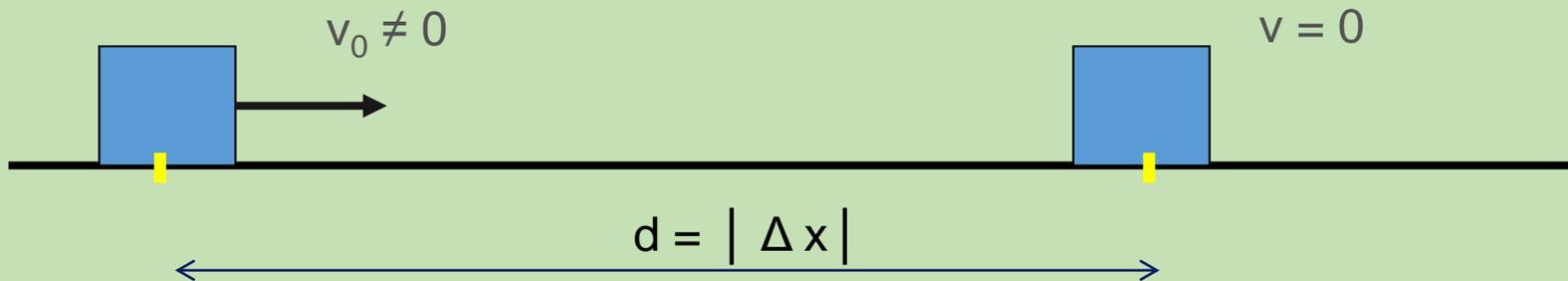


Primera ley de Newton

Pero que si arrojamos el cuerpo con la misma velocidad inicial una vez pulidas las superficies, el cuerpo recorrerá una mayor distancia d .

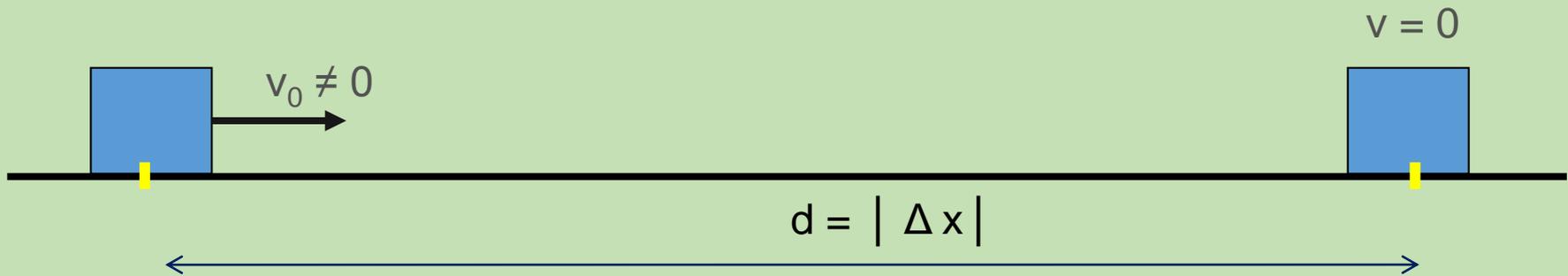


Si además de pulir las superficies las lubricamos, entonces el cuerpo va a recorrer una distancia todavía mayor.



Primera ley de Newton

Si usamos cada vez superficies más tersas y mejor lubricadas, el cuerpo recorrerá cada vez una mayor distancia.



En el experimento anterior, se está eliminando la fricción, por lo que al evitarla completamente, lo que tendremos será un cuerpo que se mueve siempre con la misma velocidad con la que se arroja, es decir, será un movimiento rectilíneo uniforme.

Primera ley de Newton

El experimento, Galileo lo resumió en el siguiente enunciado:

“Se requiere la presencia de un agente externo para cambiar la velocidad inicial de un cuerpo, pero no se requiere tal presencia para que el cuerpo continúe moviéndose con la misma velocidad”

Como se puede apreciar, aunque con otras palabras, la idea de Galileo se encuentra expresada en el enunciado de la Primera Ley de Newton.

Primera Ley.- Todo cuerpo permanecerá en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, a menos que se vea obligado a cambiar dicho estado por medio de un agente externo que le aplique una fuerza

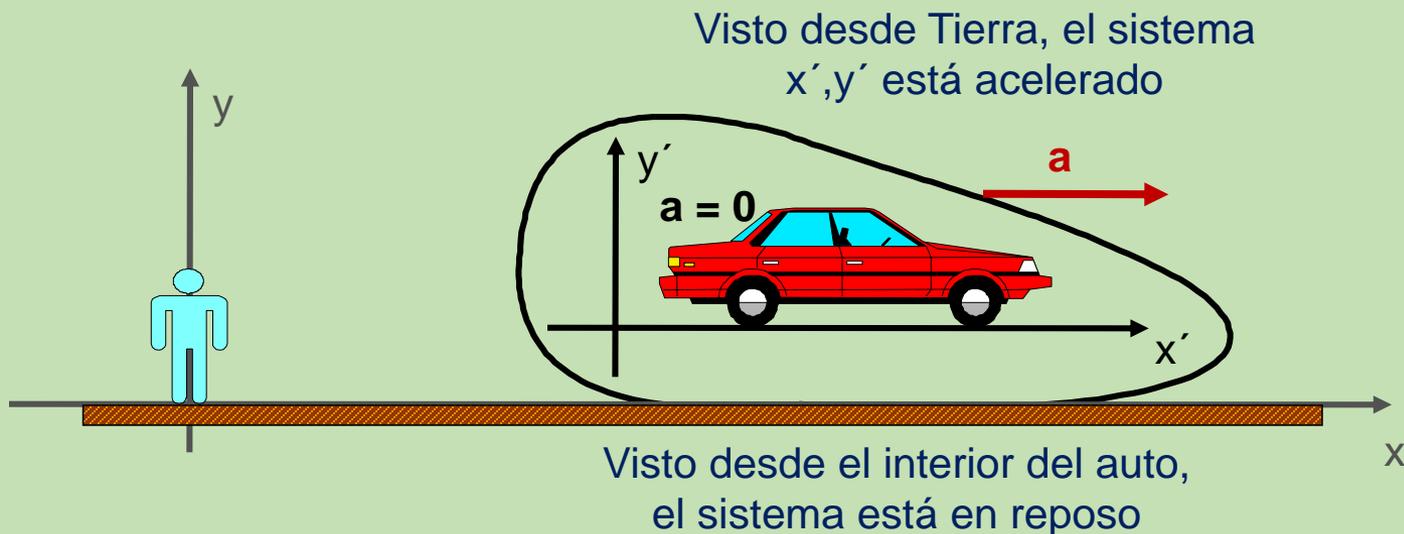
Equilibrio de fuerzas

Si nos adelantamos e interpretamos la Segunda Ley, apreciaremos que si la fuerza neta sobre un cuerpo es cero, entonces no habrá aceleración y por consiguiente el cuerpo estará en reposo o moviéndose con velocidad constante.

Por tal razón, algunos autores afirman que la Primera Ley es un caso especial de la Segunda Ley, sin embargo, la Primera Ley se atribuye a marcos de referencia inerciales, ya que sobre un cuerpo puede estar obrando una fuerza neta diferente de cero y la aceleración del cuerpo ser cero.

Equilibrio de fuerzas

Ejemplo de lo anterior, es cuando una persona parada en tierra observa cómo se acelera un automóvil, un pasajero que vaya en el auto, observará que todas las cosas en el interior del auto están en reposo con respecto a él.



Equilibrio de fuerzas

Con base en lo anterior, y para simplificar las cosas, vamos a considerar sistemas de referencia no acelerados. Para fines prácticos, la tierra puede considerarse como un sistema de referencia no acelerado aunque, estrictamente hablando, no lo es.

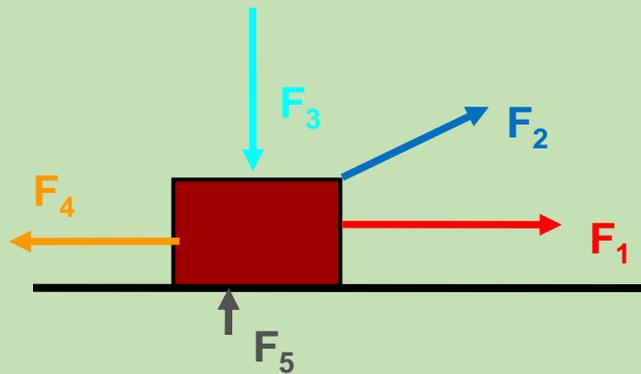
Lo anterior NO implica que el cuerpo no pueda estar acelerado, de hecho lo estará cuando la resultante (suma) de fuerzas que actúan sobre él sea diferente de cero, ya que la Segunda Ley de Newton establece que

“La aceleración que experimenta un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza resultante e inversamente proporcional su masa”

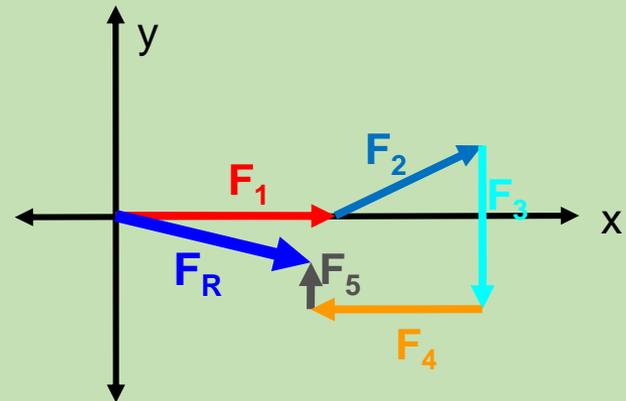
$$a = \frac{F_R}{m}$$

Equilibrio de fuerzas

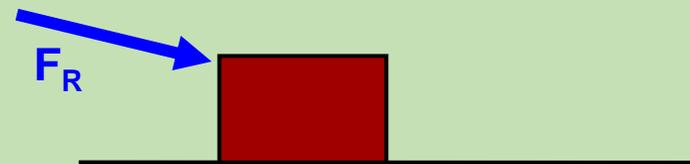
Sobre un cuerpo pueden actuar varias fuerzas como por ejemplo:



Como las fuerzas son vectores, debemos sumarlas como vectores



F_R es la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo, lo que equivale a que sobre el cuerpo estuviera actuando únicamente esta fuerza



Equilibrio de fuerzas

Sin embargo, cuando la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre él sea cero, hablaremos de un *equilibrio de fuerzas*, lo que implica que el cuerpo estará en reposo o moviéndose con velocidad constante.

La condición para tener un equilibrio de fuerzas será entonces que la resultante sea cero, por lo que en términos de componentes (para 2D) se tiene:

$$F_{Rx} = \sum F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + \dots + F_{Nx} = 0$$

$$F_{Ry} = \sum F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + \dots + F_{Ny} = 0$$

Condición de
equilibrio de fuerzas
en 2D

Diagrama de cuerpo libre

Para resolver problemas de equilibrio de los cuerpos es importante aislarlos unos de otros, lo que permite hacer un análisis de las fuerzas conocidas que actúan sobre un cuerpo, así como las que se desconocen y se desea calcular.

Cuando se aísla un cuerpo, sobre él aparecen únicamente las fuerzas externas que soporta, las cuales son ocasionadas por tener contacto con otros cuerpos o por atracción gravitacional.

Este procedimiento gráfico para aislar un cuerpo recibe el nombre de **Diagrama de Cuerpo Libre** (DCL).

Diagrama de cuerpo libre

Fuerza externa e internas.

En la construcción de un DCL, es importante diferenciar entre fuerzas externas e internas, ya que las responsables del movimiento son las fuerzas externas.

Las *fuerzas externas* son las que representan la acción que ejercen otros cuerpos sobre el cuerpo rígido por lo que son las responsables del comportamiento externo del cuerpo rígido, es decir, causarán que se mueva o aseguran su reposo; mientras que las *fuerzas internas* son aquellas que mantienen unidas las partículas que conforman el cuerpo rígido.

Se puede concluir que *“cada una de las fuerzas externas que actúan sobre un cuerpo rígido pueden ocasionar un movimiento de traslación, rotación o ambas siempre y cuando dichas fuerzas no encuentren ninguna oposición”*.

Diagrama de cuerpo libre

Los pasos a seguir para hacer un diagrama de cuerpo libre son:

1. Hacer un dibujo que represente claramente el problema que se desea resolver, lo que se conoce como *esquema del problema*, el cual es básico si no se proporciona la figura.
2. Construir un diagrama de cuerpo libre sustituyendo por medio de fuerzas todo aquel efecto que recibe el cuerpo, provocado por su contacto con otros cuerpos o por la fuerza gravitacional y que originen que se encuentren en equilibrio. En todo caso, indique la magnitud, dirección y sentido de las fuerzas conocidas. Use símbolos para señalar las cantidades que se desconocen.

Diagrama de cuerpo libre

Los pasos a seguir para hacer un diagrama de cuerpo libre son:

3. Tomando al cuerpo en equilibrio como el origen de un sistema de coordenadas, establezca un sistema de referencia utilizando ejes rectangulares (x y y), procurando que estos queden alineados con la mayor cantidad de fuerzas. Esto nos ahorrará cálculos de componentes.
4. Para las fuerzas que no se ubican sobre alguno de los ejes, se deben calcular las componentes a lo largo de los ejes x y y , acorde a la forma vista anteriormente.

$$a_x = a \cos \alpha$$

$$a_y = a \sin \alpha$$

Diagrama de cuerpo libre

Los pasos a seguir para hacer un diagrama de cuerpo libre son:

5. Aplique las condiciones de equilibrio y despeje lo necesario para encontrar las respuestas a las incógnitas buscadas.

Las ecuaciones del equilibrio traslacional son

$$\sum F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + \dots + F_{Nx} = 0$$

$$\sum F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + \dots + F_{Ny} = 0$$

Diagrama de cuerpo libre. Ejemplos

Dos cuerdas A y B sostienen a un objeto cuyo peso es de 40 N, la cuerda A, está en forma horizontal, y la cuerda B forma un ángulo de 60° respecto al techo, como se ve en la figura. (a) Elabore el diagrama de cuerpo libre. (b) Encuentre las tensiones en las cuerdas A y B.

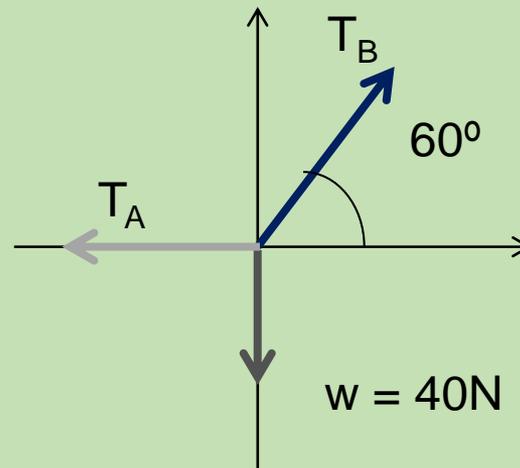
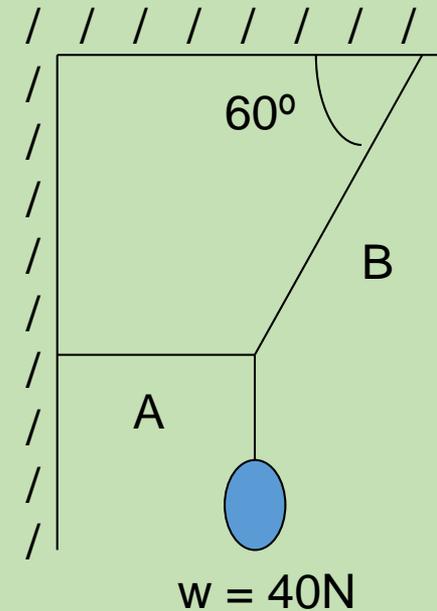


Diagrama de cuerpo libre. Ejemplos

Un objeto de masa $m = 30\text{kg}$ se cuelga del techo mediante una cuerda. Una persona se apoya sobre el objeto ejerciendo una fuerza horizontal F , de tal forma que la cuerda forma un ángulo de 40° con el techo. (a) Elabore un esquema de la situación planteada; (b) Dibuje el DCL para el objeto. (c) ¿Cuánto vale la fuerza F que ejerce la persona?

Diagrama de cuerpo libre. Ejemplos

Una pelota de 100N suspendida de un cordel A es tirada hacia un lado por otro cordel B y mantenida de tal forma que el cordel A forme un ángulo de 30° con la pared vertical. (a) Elabore un esquema de la situación planteada; (b) Dibuje el DCL para el objeto. (c) ¿Cuánto valen las tensiones en las cuerdas A y B ?

Diagrama de cuerpo libre. Ejemplos

Dos cuerdas sostienen a un objeto cuyo peso es de 700N, de tal forma que la cuerda 1 forma un ángulo de 45° y la cuerda 2 forma un ángulo de 50° , en ambos casos respecto al techo. (a) Elabore un esquema de la situación planteada; (b) Dibuje el DCL para el objeto. (c) ¿Cuánto valen las tensiones en las cuerdas *A* y *B*?

Diagrama de cuerpo libre. Ejercicio

- Una caja de 20 kg se encuentra en reposo sobre una mesa
 - a) ¿Cuál es el peso de la caja y la fuerza normal que actúa sobre ella?
 - b) Una caja de 10 kg se coloca encima de la primera caja. Determinar la fuerza normal que la mesa ejerce sobre cada una de las cajas.

Fricción dentro del esquema de la primera ley

Se define como *fuerza de rozamiento* o *fuerza de fricción* entre dos superficies en contacto, a la fuerza que se opone al movimiento de una superficie sobre la otra (fuerza de fricción dinámica) o a la fuerza que se opone al inicio del movimiento (fuerza de fricción estática).

La fuerza de fricción se genera debido a las imperfecciones, especialmente microscópicas, entre las superficies en contacto, encontrándose que la fricción estática es mayor que la dinámica.

Experimentalmente se encuentra que es proporcional a la fuerza de contacto (llamada fuerza normal, por ser perpendicular a las superficies involucradas), la constante de proporcionalidad se llama *coeficiente de fricción* y se representa por la letra griega “*mu*” (μ).

Fricción dentro del esquema de la primera ley

El coeficiente de rozamiento depende de la naturaleza de los cuerpos en contacto, así como del estado en que se encuentren sus superficies.

Matemáticamente, la *fuerza de rozamiento* o *fuerza de fricción* entre dos superficies en contacto se calcula mediante la expresión

$$F_f = \mu N$$

En particular, cuando se construye un DCL en el que se involucra la fricción, esta se representa por un vector que tiene una dirección opuesta a la que presenta, el movimiento (en caso de que este exista), o el posible movimiento (en caso de que el cuerpo esté en reposo).

Fricción dentro del esquema de la primera ley. Ejemplos

Un libro de 700g descansa sobre una mesa con fricción. Si el coeficiente de fricción dinámica es de 0.13, ¿qué fuerza se requiere para que el libro se deslice con una rapidez constante?

Fricción dentro del esquema de la primera ley. Ejemplos

Una mujer arrastra por el piso de un aeropuerto una maleta que tiene una masa de 18kg, si el coeficiente de fricción dinámico en este caso es de 0.05, ¿que fuerza ejerce mediante la correa que forma un ángulo de 30° con la horizontal?

Fricción dentro del esquema de la primera ley. Ejemplos

Una caja de madera que pesa 50N permanece en reposo sobre una superficie horizontal con fricción. Si una persona advierte que requiere una fuerza de 8N para iniciar el movimiento, pero una vez iniciado, la fuerza requerida para mantener el movimiento se reduce a 6N, ¿cuánto valen los coeficientes de fricción estática y dinámica?

Segunda ley de Newton

Antecedentes.

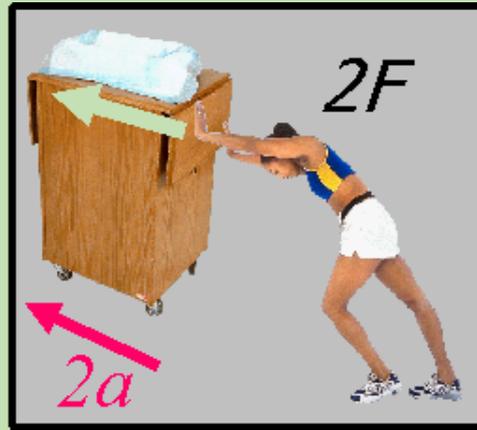
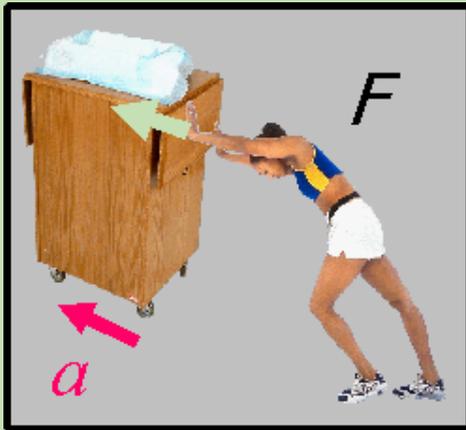
La Segunda Ley de Newton establece que *“siempre que una fuerza resultante actúa sobre un objeto, produce una aceleración: una aceleración que es directamente proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la masa”*.

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

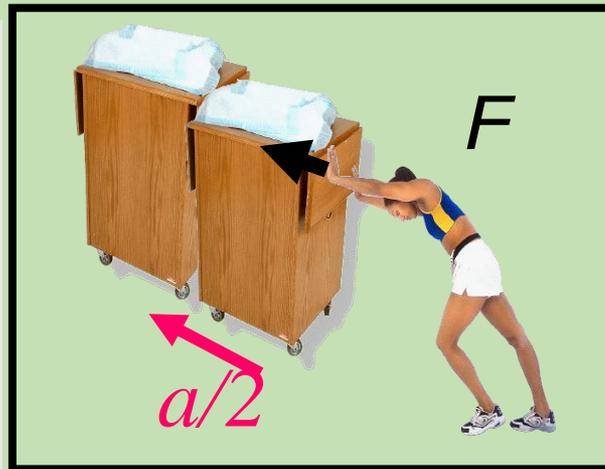
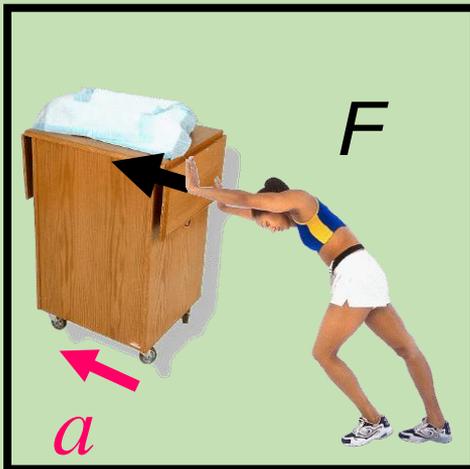
Esta expresión es válida en los llamados **Sistemas de Referencia Inerciales**, descritos en diapositivas pasadas.

Segunda ley de Newton

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, y así sucesivamente.



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

Segunda ley de Newton. Ejemplos.

Sobre un cuerpo con masa m inicialmente en reposo actúa una fuerza $\mathbf{F} = k_1\mathbf{i} + k_2t^3\mathbf{j}$, donde k_1 y k_2 son constante. Calcule la velocidad $\mathbf{v}(t)$ del objeto en función del tiempo.

Segunda ley de Newton. Ejemplos.

- Un pescador pesa un pescado de masa m en una balanza de resorte colgada del techo de un elevador
 - a) Si el elevador se mueve, ¿El peso del pescado será el mismo?
 - b) Si el pescado pesa 20N ¿Cuál será la lectura de la balanza si ?
 - c) Si sucede que se rompe el cable que sujeta el elevador y éste cae en caída libre, ¿Qué lectura tiene la balanza?

$$a = \pm 2$$

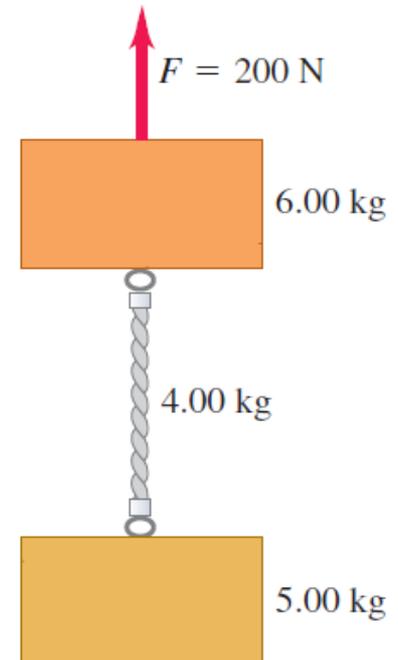
$$\sum F_y = T - mg = ma$$

Segunda ley de Newton. Ejemplos.

Los dos bloques de la figura 4.39 están unidos por una cuerda gruesa uniforme de 4.00kg. Se aplica una fuerza de 200N hacia arriba, como se indica.

- Dibuje un diagrama de cuerpo libre para el bloque de 6.00kg, uno para la cuerda de 4.00kg y uno para el bloque de 5.00kg. Para cada fuerza, indique qué cuerpo la ejerce.
- ¿Qué aceleración tiene el sistema?
- ¿Qué tensión hay en la parte superior de la cuerda?
- ¿Y en su parte media?

Figura 4.39
Problema 4.54.

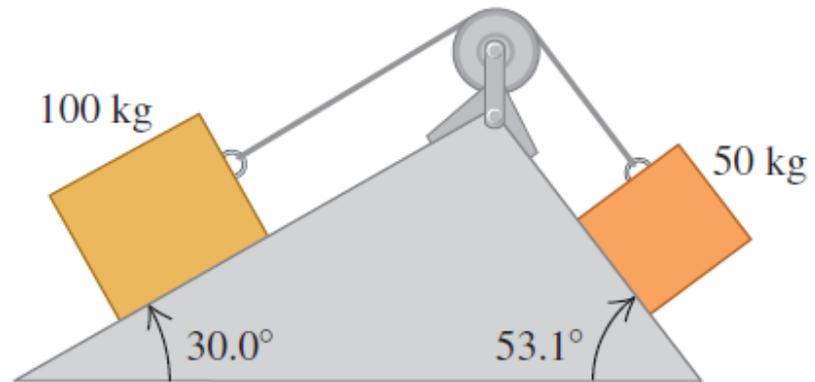


Segunda ley de Newton. Ejemplos.

Dos bloques conectados por un cordón que pasa por una polea pequeña sin fricción descansan en planos sin fricción (ver figura).

- ¿Hacia dónde se moverá el sistema cuando los bloques se suelten del reposo?
- ¿Qué aceleración tendrán los bloques?
- ¿Qué tensión hay en el cordón?

Figura 5.70 Problema 5.86.



Segunda ley de Newton en el Movimiento circular

Como hemos visto hasta ahora, la Segunda Ley de Newton explica cómo se comportan los cuerpos cuando son afectados por fuerzas que son externas a él, como resultado de estas interacciones, los cuerpos modifican su estado de movimiento, es decir su velocidad, en consecuencia adquieren una aceleración.

Cuando las fuerzas externas que actúan sobre el cuerpo lo restringen a tener un movimiento circular, éste adquiere una **aceleración centrípeta**.

A esta resultante de fuerzas se le denomina Fuerza centrípeta (F_{cp}), es decir NO es una fuerza nueva sino que la dirección que toma es tal que resulta ser la responsable de mantener el cuerpo en movimiento circular.

Segunda ley de Newton en el Movimiento circular

Con esto en mente, podemos escribir a la Segunda Ley de Newton como

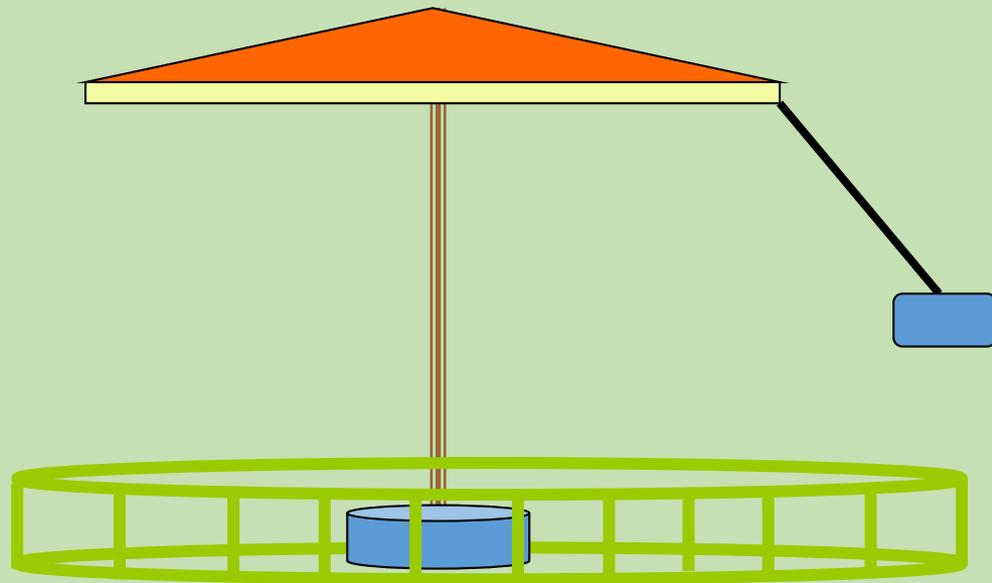
$$F_{cp} = ma_{cp}$$

donde la aceleración centrípeta está dada por

$$a_{cp} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

Segunda ley de Newton en el Movimiento circular. Ejemplos

Las sillas voladoras es uno de los juegos más populares de los parques de diversiones. Para evitar accidentes, se tiene en cuenta la máxima velocidad angular que pueden rotar y a partir de este valor se considera las dimensiones de los cables que sostienen dichas sillas. Determine la relación entre la rapidez angular y el ángulo de elevación de las sillas voladoras.

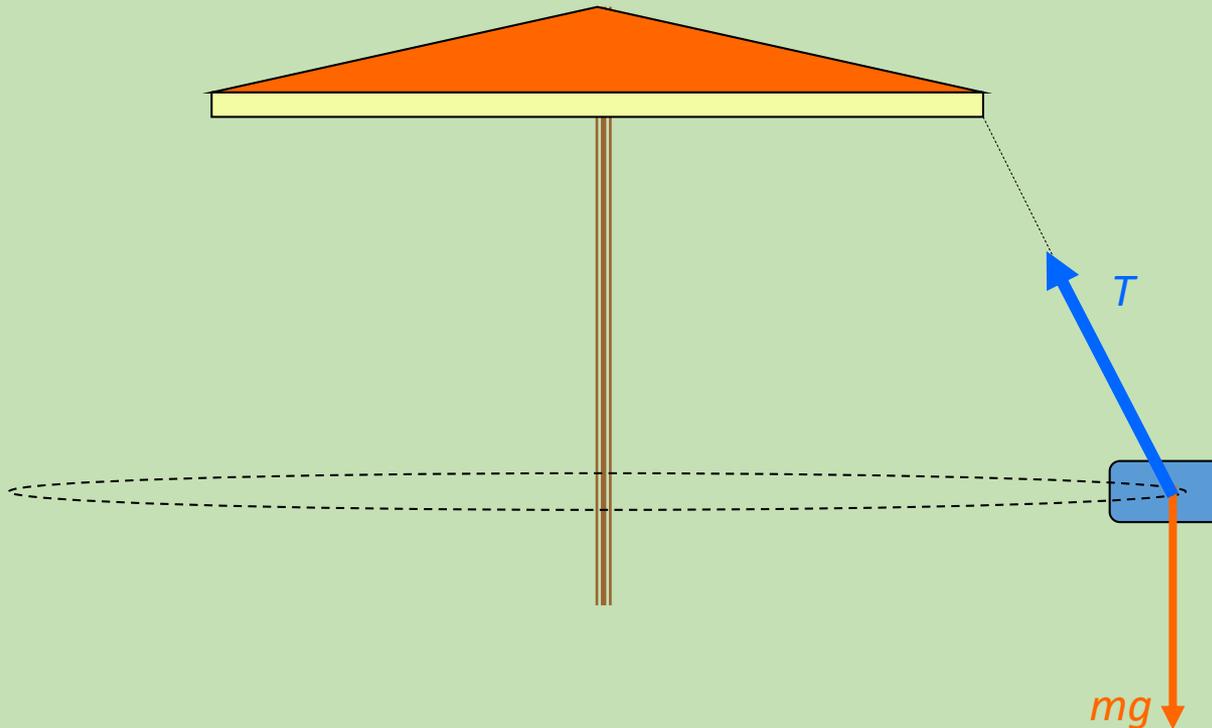


Segunda ley de Newton en el Movimiento circular. Ejemplos

Solución

1°) construimos el **DCL**

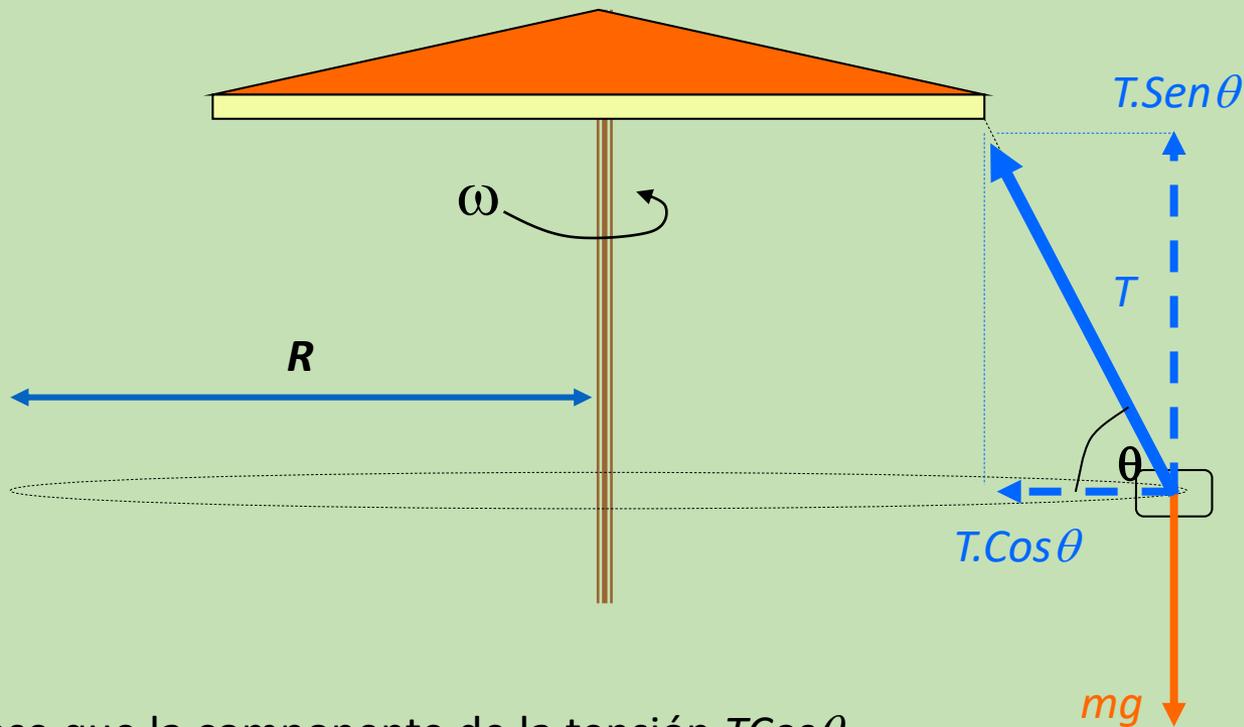
Las únicas fuerzas externas son la tensión T y el peso mg , la fricción del aire vamos a despreciarla pues en el diseño esta se puede “salvar” con la tolerancia del equipo.



Segunda ley de Newton en el Movimiento circular. Ejemplos

Solución

2°) Identificamos las fuerzas radiales.



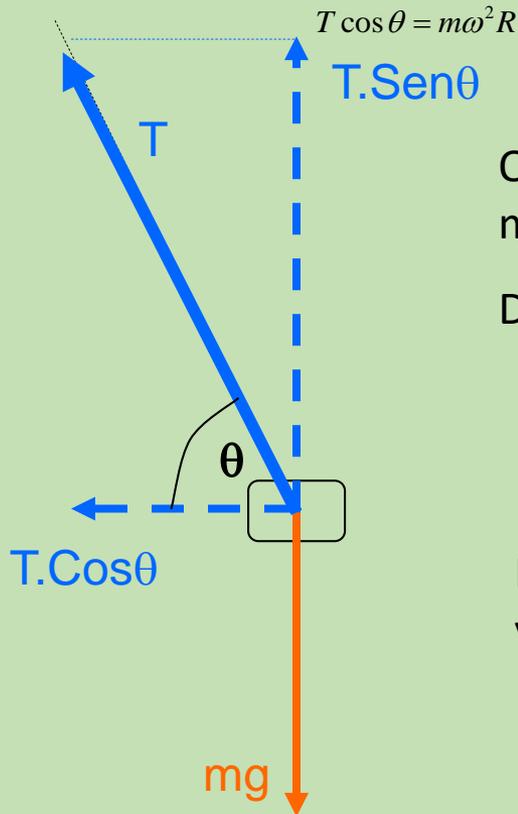
Obsérvese que la componente de la tensión $T \text{Cos } \theta$, es la única fuerza radial y, por tanto, será la responsable de la fuerza centrípeta.

Segunda ley de Newton en el Movimiento circular. Ejemplos

Solución

3°) Aplicamos 2da ley:

$$\sum F_{cp} = ma_{cp} \rightarrow \sum F_r = m \frac{v^2}{R}$$



Obsérvese que el cuerpo gira en un plano horizontal, no se mueve verticalmente, entonces: **$T \sin \theta = mg$**

Dividiendo ambas ecuaciones tenemos:

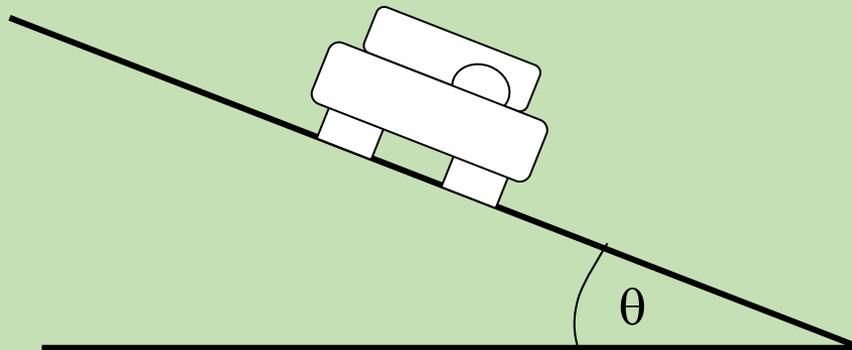
$$\tan \theta = \frac{g}{\omega^2 R}$$

Por tanto, la rapidez angular dependerá de la elevación θ y el radio de giro R .

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{R \tan \theta}}$$

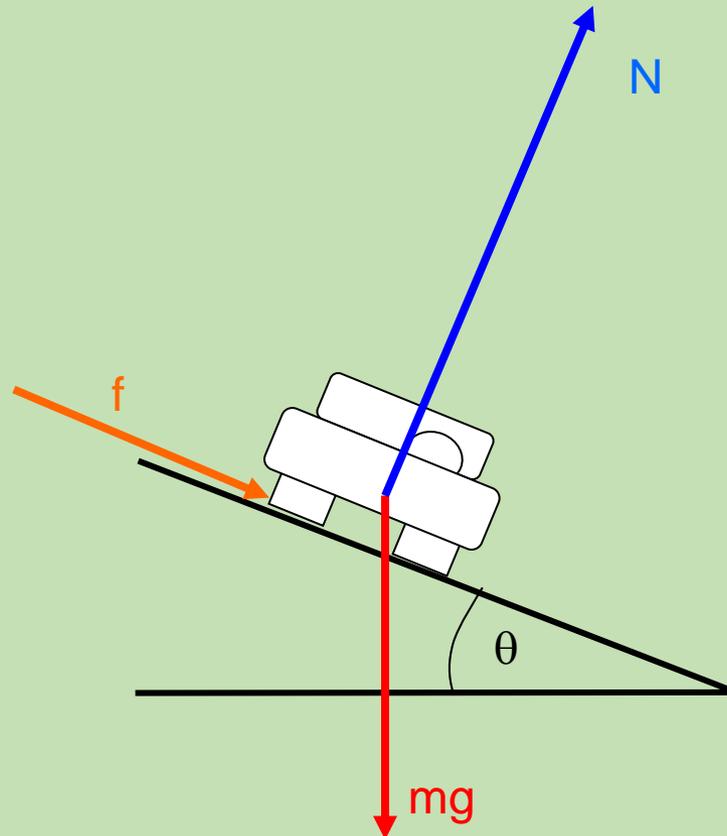
Segunda ley de Newton en el Movimiento circular. Ejemplos

Muchas pistas para carreras tienen curvas peraltadas, que permiten a los carros tomarlas con mayor rapidez como si fueran planas. De hecho, los coches podrían dar vuelta en estas curvas peraltadas aunque no hubiera fricción. Explique esta afirmación con la ayuda del diagrama de cuerpo libre de la figura considerando μ_s el coeficiente de fricción estática para que el automóvil no se deslice lateralmente.



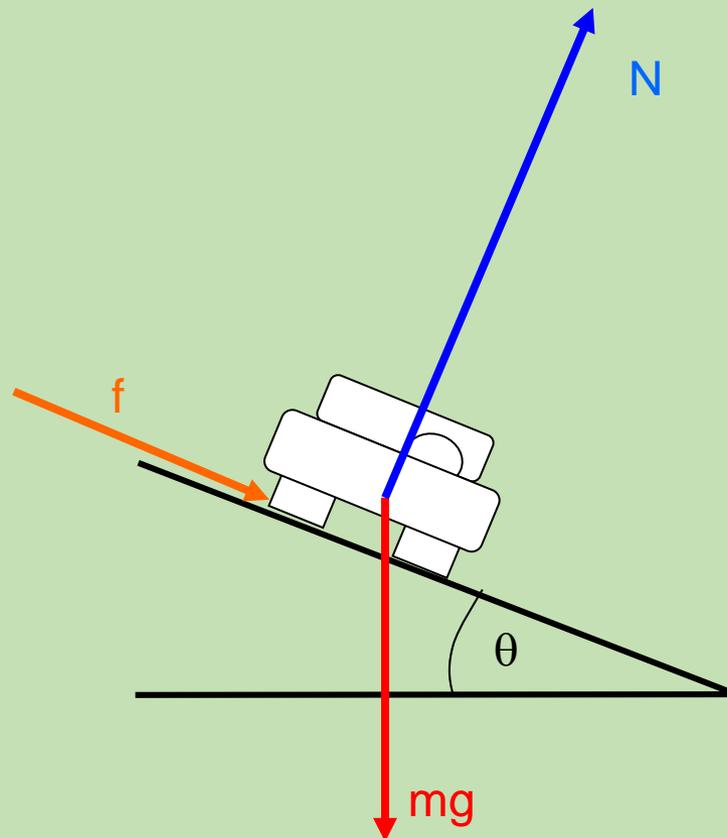
Segunda ley de Newton en el Movimiento circular. Ejemplos

1°) Construimos el **DCL**



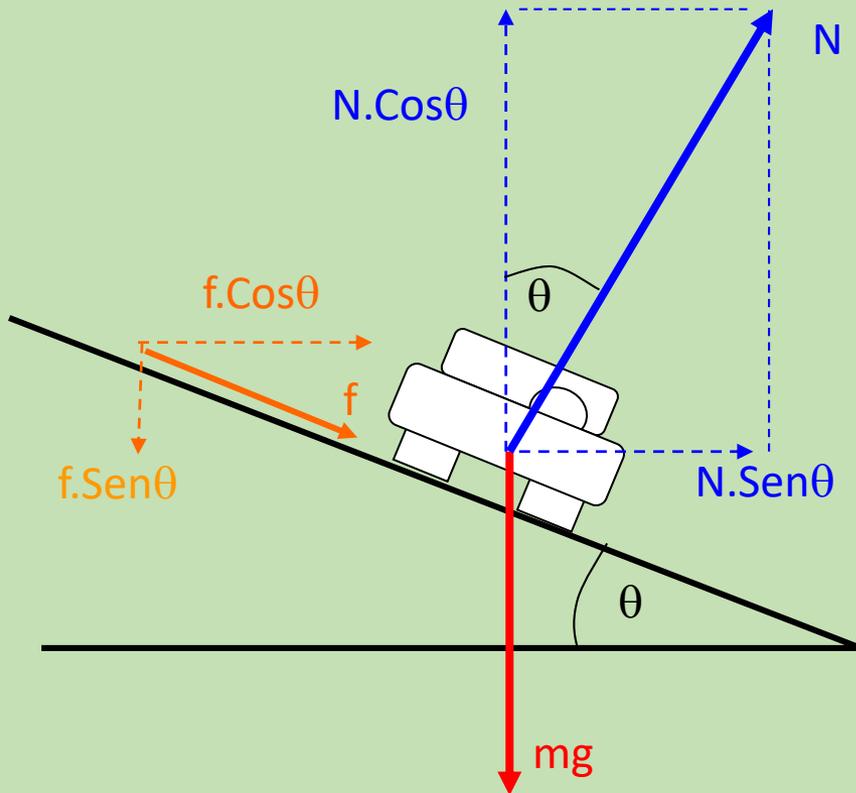
Segunda ley de Newton en el Movimiento circular. Ejemplos

2°) **Análisis**, con el propósito de evitar el rozamiento f , o reducir el desgaste de los neumáticos, la carretera debe inclinarse un ángulo θ .



Segunda ley de Newton en el Movimiento circular. Ejemplos

2°) Identificamos las fuerzas radiales:



Con lo que encontramos una ecuación que relaciona a las cantidades involucradas en el problema, a saber

3°) Aplicamos la 2da ley:

$$\sum F_{cp} = ma_{cp} \rightarrow \sum F_r = m \frac{v^2}{R}$$

Luego tenemos:

$$N \sin \theta + f_f \cos \theta = m \frac{v^2}{R}$$

Como no hay movimiento vertical:

$$N \cos \theta - f_f \sin \theta - mg = 0$$

Considerando que: $f_f = \mu_s N$ podemos escribir

$$N (\sin \theta + \mu \cos \theta) = m \frac{v^2}{R}$$

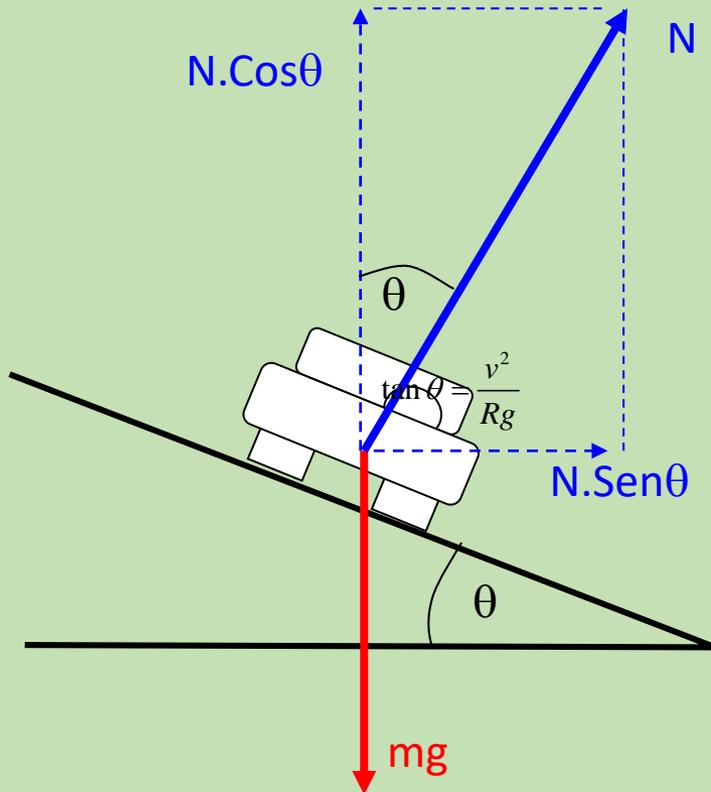
y

$$N (\cos \theta - \mu \sin \theta) = mg$$

$$\frac{\sin \theta + \mu \cos \theta}{\cos \theta - \mu \sin \theta} = \frac{v^2}{Rg}$$

Segunda ley de Newton en el Movimiento circular. Ejemplos

3°) Considerando que estas autopistas deben ser transitadas con mínima fricción, se tiene:



$$N \sin \theta = m \frac{v^2}{R}$$

Como no hay movimiento vertical:

$$N \cdot \cos \theta = mg$$

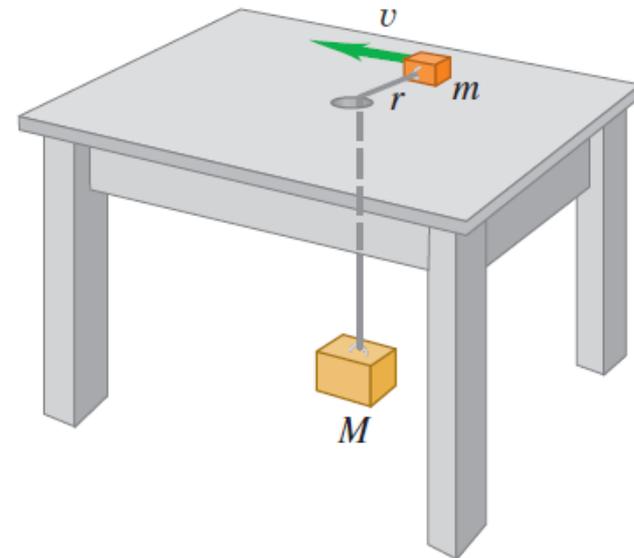
Dividiendo ambas ecuaciones se tiene:

En consecuencia, al planificar una carretera, las curvas se peraltan (bajo un ángulo θ) para una velocidad media de tráfico prevista.

Segunda ley de Newton en el Movimiento circular. Ejemplos

Un bloque pequeño de masa m descansa sobre una mesa horizontal sin fricción, a una distancia r de un agujero en el centro de la mesa (ver figura). Un cordón atado al bloque pequeño pasa por el agujero y está atado por el otro extremo a un bloque suspendido de masa M . Se imprime al bloque pequeño un movimiento circular uniforme con radio r y rapidez v . ¿Qué rapidez v se necesita para que el bloque grande quede inmóvil una vez que se le suelta?

Figura 5.79 Problema 5.114.



Segunda ley de Newton en el Movimiento circular. Ejemplos

Una cuenta pequeña puede deslizarse sin fricción por un arco circular de 0.100m de radio, que está en un plano vertical. El aro gira con rapidez constante de 4.00rev/s en torno a un diámetro vertical (ver figura).

- Calcule el ángulo β en que la cuenta está en equilibrio vertical. (Desde luego, tiene aceleración radial hacia el eje.)
- ¿Podría la cuenta mantenerse a la misma altura que el centro del aro?
- ¿Qué sucede si el aro gira a 1.00rev/s?

