

Apunte Física 1

Luca Di Bene

14 de agosto de 2025

Índice

1. Unidades, Cantidades Físicas y Vectores	2
1.1. La Física	2
1.2. Mediciones, magnitudes y unidades	2
1.3. Vectores y Suma de Vectores	3
1.4. Componentes de vectores	4
2. Leyes del movimiento de Newton	5
2.1. Fuerza e interacciones	5
2.2. Primera ley de Newton	6
2.3. Segunda ley de Newton	7
2.4. Masa y Peso	8
2.5. Tercera ley de Newton	8
2.6. Diagramas de cuerpo libre	9
3. Aplicación de las leyes de Newton	10
3.1. Empleo de la primera ley de Newton: Partículas en equilibrio	10
3.2. Empleo de la segunda ley de Newton: Dinámica de partículas	11
3.3. Fuerzas de fricción	13

1. Unidades, Cantidades Físicas y Vectores

1.1. La Física

La Física es una **ciencia experimental** que busca explicar fenómenos naturales a través de la observación y la experimentación. Los físicos formulan teorías mediante **modelos ideales, leyes y principios físicos**. Estas teorías se desarrollan con creatividad, pruebas y observaciones, como hizo Galileo al investigar la caída de los cuerpos.

Resolución de problemas

Resolver problemas permite aplicar conceptos. El proceso incluye:

1. Identificar conceptos: Elegir qué principios físicos son relevantes.
2. Plantear el problema: Traducirlo a ecuaciones.
3. Ejecutar la solución: Sustituir valores y hacer cálculos.
4. Evaluar la respuesta: Verificar si tiene sentido físico.

Modelos idealizados

En física, simplificamos los sistemas complejos creando **modelos idealizados** que omiten detalles irrelevantes. Estos modelos son válidos dentro de ciertos límites, como el modelo de caída libre de Galileo que omite la resistencia del aire.

La física describe el mundo mediante **modelos matemáticos**, que permiten hacer predicciones razonables sobre el comportamiento de los sistemas.

Para simplificar el análisis de a) una pelota de béisbol lanzada al aire, usamos b) un modelo idealizado.

a) Una pelota real lanzada al aire.

La pelota gira y tiene forma compleja.

La resistencia del aire y el viento ejercen fuerzas sobre la pelota.

La fuerza gravitacional sobre la pelota depende de la altura.

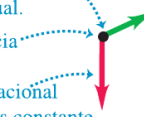


b) Un modelo idealizado de una pelota real lanzada al aire.

La pelota de béisbol se trata como un objeto (partícula) puntual.

No hay resistencia al aire.

La fuerza gravitacional sobre la pelota es constante.



1.2. Mediciones, magnitudes y unidades

Magnitudes físicas y unidades

Las **magnitudes físicas** son propiedades medibles como masa, longitud o tiempo. El **Sistema Internacional (SI)** define unidades básicas:

- **Longitud**: metro (**m**)
- **Masa**: kilogramo (**kg**)

- **Tiempo:** segundo (s)

Las unidades derivadas (como velocidad o energía) se forman combinando unidades básicas.

Conversión de unidades

1. Identificar: qué unidades hay que convertir.
2. Plantear/Ejecutar: usar factores de conversión.
3. Evaluar: comprobar que tenga sentido.

$$\cancel{3\text{min}} \times \frac{60\text{s}}{\cancel{1\text{min}}} = 180\text{s}$$

Incertidumbre

Toda medición tiene **incertidumbre**, que refleja el límite del instrumento. Se expresa como:

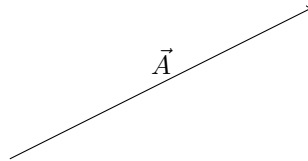
valor medido \pm error

1.3. Vectores y Suma de Vectores

Cantidades escalares y vectoriales

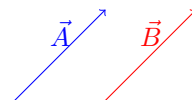
En física, algunas cantidades pueden ser descritas solo con un número y una unidad (**escalares**), como el tiempo, la masa o la temperatura. Otras, en cambio, requieren una dirección además de una magnitud (**vectores**). La velocidad y la fuerza son ejemplos típicos: no basta con saber cuánto valen, también es esencial saber **hacia dónde** actúan o se mueven.

Un vector se representa con una **flecha**. La **longitud** indica la magnitud y la **orientación** muestra su dirección. Por convención, los vectores se nombran con letras negritas y con una **flecha arriba**, como \vec{A} , para diferenciarlos de los escalares.

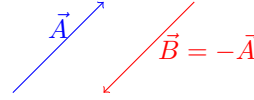


Magnitud: A o $|\vec{A}|$ indican cuánto mide \vec{A} , sin dirección.

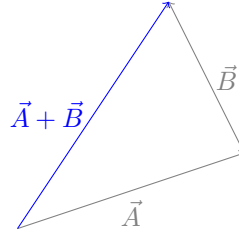
Dos vectores son **iguales** si tienen la misma **magnitud** y **dirección**, aunque estén ubicados en lugares diferentes.



Un vector **opuesto** tiene igual magnitud pero dirección contraria, lo llamamos el negativo del vector original.



Suma de vectores: Para sumar vectores gráficamente, se usa el metodo "cola con punta": se coloca el origen del segundo vector en el extremo del primero.



No importa el orden en que sumes los vectores, siempre da el mismo resultado.

$$\vec{A} + \vec{B} = \vec{B} + \vec{A}$$

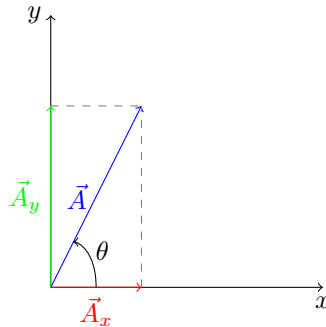
Resta de vectores: Restar vectores significa sumar el **opuesto**. Si queremos calcular $\vec{A} - \vec{B}$, lo que realmente hacemos es sumar \vec{A} con el negativo de \vec{B} .

$$\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$$

1.4. Componentes de vectores

Cuando sumamos vectores, muchas veces es más fácil descomponerlos en **componentes** sobre un sistema de ejes perpendiculares.

Un vector \vec{A} puede descomponerse en dos vectores: uno paralelo al eje x (\vec{A}_x) y otro paralelo al eje y (\vec{A}_y). La suma de estos dos vectores da como resultado el vector original: $\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y$.



Podemos calcular la magnitud de las componentes de \vec{A} si conocemos la magnitud A y su dirección. Describimos la dirección de un vector como el angulo θ formado por el eje x positivo con el vector en sentido anti horario. Entonces por definición de trigonométricas:

$$|\vec{A}_x| = |\vec{A}| \cos \theta$$

$$|\vec{A}_y| = |\vec{A}| \sin \theta$$

2. Leyes del movimiento de Newton

En los dos capítulos anteriores estudiamos la cinemática, el lenguaje para describir el movimiento. Ahora estamos en condiciones de pensar en qué hace que los cuerpos se muevan como lo hacen.

En este capítulo usaremos dos conceptos nuevos, la fuerza y la masa, para analizar los principios de la dinámica, los cuales están establecidos en solo tres leyes que fueron claramente enunciadas por Sir Isaac Newton:

- Primera ley (ley de la inercia): Si la fuerza neta sobre un cuerpo es cero, su movimiento no cambia.
- Segunda ley: Relaciona la fuerza con la aceleración cuando la fuerza neta no es cero.
- Tercera ley: Es una relación entre las fuerzas que ejercen dos cuerpos que interactúan entre sí.

Las leyes de Newton no son producto de deducciones matemáticas, sino una síntesis que los físicos han descubierto al realizar un sinnúmero de experimentos con cuerpos en movimiento.

2.1. Fuerza e interacciones

En la vida cotidiana hablamos de fuerza como un empujón o un tirón. En física, una fuerza se define mejor como una interacción entre dos cuerpos o entre un cuerpo y su entorno. Esta interacción tiene dirección y magnitud, por lo que se representa como un vector.

Fuerzas de contacto

Son fuerzas que requieren interacción directa entre cuerpos. Se distinguen principalmente tres tipos:

- Fuerza normal: Es la fuerza ejercida por una superficie sobre un objeto en contacto con ella. Siempre actúa perpendicular a la superficie.
- Fuerza de fricción: También es ejercida por una superficie, pero actúa paralela a ella y en dirección opuesta al movimiento relativo entre el objeto y la superficie.
- Fuerza de tensión: Es la fuerza transmitida por cuerdas, cables o cordeles estirados. Actúa a lo largo del cordel y en la dirección de la tracción, como cuando se tira de una cuerda.

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.

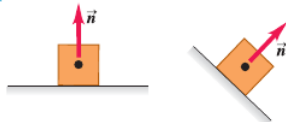


Figura 1: Fuerza normal

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.

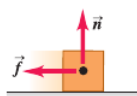


Figura 2: Fuerza de fricción

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

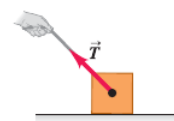


Figura 3: Fuerza de tensión

Fuerzas a distancia

Estás actuar sin contacto físico. Ejemplos comunes son la gravedad, el magnetismo y las fuerzas eléctricas. La fuerza gravitatoria que la tierra ejerce sobre un objeto se llama **peso**.

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).



Figura 4: Fuerza a distancia

Medición de fuerzas

La magnitud de una fuerza se mide en "newtons", que se abrevia N. (Daremos una definición precisa del newton más adelante) Un instrumento típico para medirla es la **balanza de resorte** que aprovecha la relación entre estiramiento de un resorte y la fuerza aplicada.

Superposición de fuerzas

Cuando varias fuerzas actúan sobre un cuerpo, su efecto combinado es igual al de una única fuerza resultante obtenida mediante la suma vectorial de todas ellas. Esto se conoce como el Principio de superposición. La fuerza neta o resultante total sobre un cuerpo es, la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre él. Se denota:

$$\vec{R} = \sum \vec{F}$$

Cada fuerza puede descomponerse en componentes vectoriales, entonces la fuerza neta también:

$$\vec{R}_x = \sum \vec{F}_x \quad , \quad \vec{R}_y = \sum \vec{F}_y$$

2.2. Primera ley de Newton

Primera ley: Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser que sea obligado a cambiar su estado por fuerzas impresas sobre él.

En esta ley se introduce el concepto de **inercia**, que es la resistencia de un cuerpo a cambiar su estado de movimiento.

Esta ley rompe con la idea aristotélica de que se necesita una fuerza constante para mantener el movimiento. Newton muestra que en realidad lo que se necesita es una fuerza para cambiar el movimiento.

Si empujas una caja y después dejas de hacerlo, eventualmente se detiene. No porque "el movimiento se gasta", sino porque existen fuerzas. Como la fricción y el rozamiento con el aire que actúan en sentido contrario al movimiento y provocan que se frene.

Marcos de referencia inerciales

Un **marco de referencia** es un sistema desde el cual se observa y describe el movimiento de los cuerpos.

Un **marco de referencia inercial** es aquel en el cual se cumple la Primera Ley de Newton, es decir que si un objeto cambia su Velocidad, entonces desde el marco se ve una fuerza actuando.

2.3. Segunda ley de Newton

Podemos ver que existe una relación proporcional entre la fuerza y la aceleración. Si empujamos una caja con una fuerza neta constante, la caja tendrá una aceleración constante igual a $a = \vec{a}$.

Si utilizamos una balanza de resorte. Para aplicar una fuerza \vec{F}_1 obtenemos una aceleración \vec{a} , para $2\vec{F}_1$, obtenemos $2\vec{a}$ y para $\frac{1}{2}\vec{F}_1$ $\frac{1}{2}\vec{a}$. Muchos experimentos semejantes muestran que para un cuerpo dado, la magnitud de la aceleración es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza neta que actúa sobre él.

Masa y fuerza

Nuestros resultados indican que para un cuerpo dado, el cociente $\left|\Sigma\vec{F}\right|$ entre $|\vec{a}|$ es constante. Llamamos a este cociente **masa inercial** del cuerpo y la denotamos con **m**. Es decir,

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

La última de las ecuaciones indica que cuanto mayor sea su masa, más se resiste un cuerpo a ser acelerado.

La unidad de masa en el SI es el kilogramo. Podemos usar este kilogramo para definir el newton:

Un Newton es la cantidad de fuerza neta que proporciona una aceleración de 1 metro por segundo al cuadrado a un cuerpo con masa de 1 Kilogramo.

Por la forma en que definimos el newton, está relacionado con las unidades de masa, longitud y tiempo.

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

Sistema de unidades	Fuerza	Masa	Aceleración
SI	Newton(N)	Kg	m/s^2
cgs	dina(din)	g	cm/s^2
Imperial	libra(lb)	slug	ft/s^2

Enunciado de la segunda ley de Newton

Segunda ley: si una fuerza externa neta actúa sobre un cuerpo, éste se acelera. La dirección de aceleración es la misma que la dirección de la fuerza neta. El vector de fuerza neta es igual a la masa del cuerpo multiplicada por su aceleración. En símbolos:

$$\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$$

La segunda ley de Newton es una ley fundamental de la naturaleza, la relación básica entre fuerza y movimiento, casi todo el resto del capítulo, y todo el que sigue, se dedica a aprender a aplicar este principio en diversas situaciones.

Uso de la segunda ley de Newton

Hay al menos cuatro aspectos de la segunda ley de Newton que merecen atención especial:

1. **Forma de uso:** La segunda ley de Newton es una ecuación Vectorial, Pero normalmente se usa descompuesta por componentes:

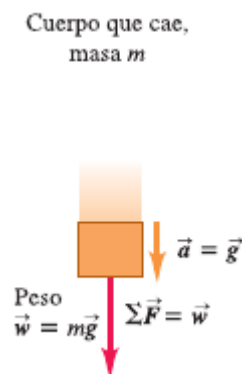
$$\Sigma \vec{F}_x = m\vec{a}_x \quad , \quad \Sigma \vec{F}_y = m\vec{a}_y$$

2. **Fuerzas externas:** La ley se refiere únicamente a Fuerzas externas es decir, ejercidas sobre el cuerpo desde otros cuerpos o el entorno. Un cuerpo no puede moverse por una fuerza que el mismo genera.
3. **Masa constante:** Estas ecuaciones solo son válidas si la masa no cambia. En casos donde la masa varía (cohetes que pierdan combustible) se necesita un tratamiento especial.
4. **Marcos de referencia inerciales:** La ley solo se aplica en marcos de referencia inerciales. No vale en marcos acelerados, como dentro de un auto que arranca.

2.4. Masa y Peso

Es común usar incorrecta e indistintamente los términos **masa** y **peso** en las conversaciones cotidianas. Es absolutamente indispensable entender claramente las diferencias entre estas dos cantidades físicas. La **masa** caracteriza las propiedades inerciales de un cuerpo. A mayor masa, se necesitará más fuerza para causar una aceleración dada. El **peso**, en cambio, es una fuerza ejercida sobre un cuerpo por la atracción de la Tierra.

Para entender la relación entre masa y peso, note que un cuerpo en caída libre tiene una aceleración igual a g . Por la segunda ley de Newton, una fuerza produce esa aceleración. Si un cuerpo de masa m cae con una aceleración \vec{g} con $|\vec{g}| = 9,8 \text{ m/s}^2$, entonces: $\vec{w} = m\vec{g}$



Variación de g con la ubicación

En la tierra se usa $g \approx 9,80 \text{ m/s}^2$, Pero varía entre $9,78$ y $9,82 \text{ m/s}^2$. Esa variación se debe a la forma de la tierra y su rotación. El peso cambia con g , Pero la masa no.

Medición de masa y peso

En la práctica, se mide la masa de un cuerpo midiendo su peso y Comparándolo con un estándar. Por la ecuación $w = mg$, si dos cuerpos tienen el mismo peso en el mismo lugar, entonces tienen la misma masa.

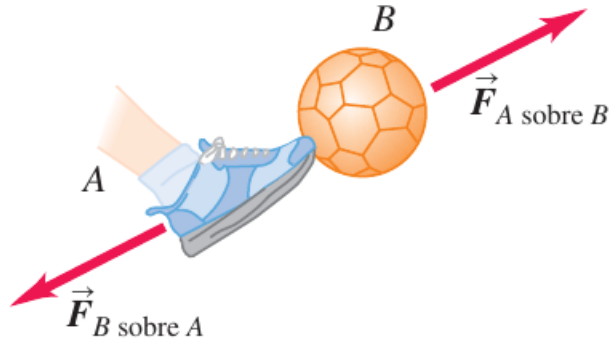
2.5. Tercera ley de Newton

No podemos tirar de una perilla sin que ésta tire de nosotros. Al patear un balón de fútbol, la fuerza hacia adelante que el pie ejerce sobre él lo lanza en su trayectoria, pero sentimos la fuerza que el balón ejerce sobre el pie.

Los experimentos muestran que, al interactuar dos cuerpos, las fuerzas que ejercen mutuamente son iguales en magnitud y opuestas en dirección. Ésta es la tercera ley de Newton.

Tercera ley: si el cuerpo A ejerce una fuerza sobre el cuerpo B ("acción"), entonces, B ejerce una fuerza sobre A ("reacción"). Estas dos fuerzas tienen la misma magnitud Pero dirección opuesta, y actúan sobre diferentes cuerpos.

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

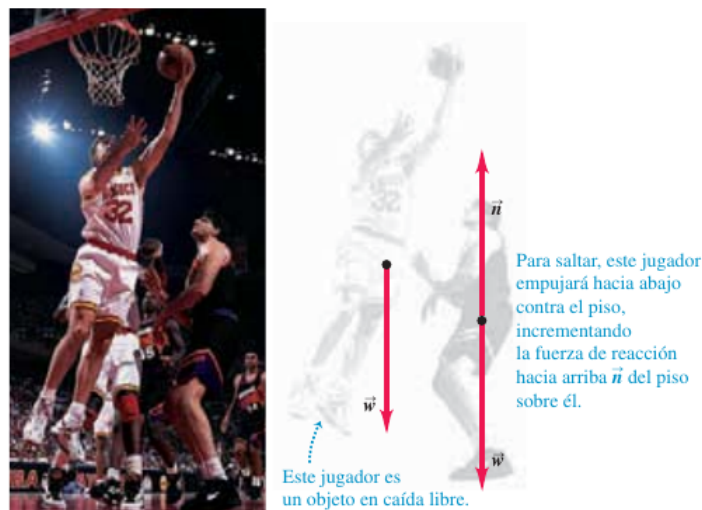


Expresando en palabras, en la tercera ley de Newton, "acción-reacción" son las dos fuerzas opuestas, y Podemos llamarlas **Par acción-reacción**.

2.6. Diagramas de cuerpo libre

En esta sección mencionaremos algunas ideas y técnicas que Pueden usarse en cualquier problema en que intervengan las leyes de Newton.

1. Las leyes de Newton se aplican a un cuerpo específico. Siempre tenés que definir que cuerpo vas a analizar.
2. En la sumatoria de fuerzas F , solo se incluyen las fuerzas que actúan sobre el cuerpo, no las que el cuerpo ejerce sobre otros. Si analizás a una persona caminando, incluís la fuerza del suelo sobre la persona, no la que la persona ejerce sobre el suelo.
3. Un diagrama de cuerpo libre muestra el cuerpo aislado con todas las fuerzas externas que actúan sobre él, sin incluir fuerzas que el cuerpo ejerce sobre otros.



3. Aplicación de las leyes de Newton

Este capítulo se enfoca en **aplicar las leyes de Newton** a distintos tipos de situaciones reales, como un velero deslizándose sobre hielo, un trineo bajando una colina y un avión dando una vuelta cerrada. A pesar de que las **leyes de Newton** son simples en su formulación, resolver problemas concretos requiere una buena dosis de análisis y técnica.

3.1. Empleo de la primera ley de Newton: Partículas en equilibrio

El principio físico fundamental es la primera ley de Newton: si una partícula está en reposo o se mueve con velocidad constante en un marco de referencia inercial, la fuerza neta que actúa sobre ella, es decir, la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre ella debe ser cero:

$$\Sigma \vec{F} = 0 \quad (\text{partícula en equilibrio, forma vectorial})$$

Esta sección trata sobre el uso de la primera ley de Newton para resolver problemas de cuerpos en equilibrio. Quizás algunos de los problemas parezcan complicados; no obstante, lo importante es recordar que todos los problemas que implican partículas en equilibrio se resuelven igual.

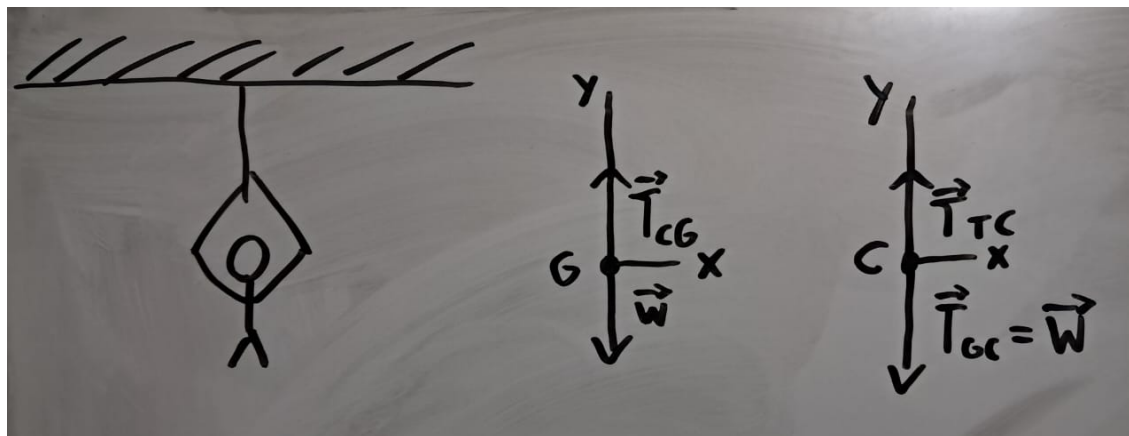
Ejercicio 1. Equilibrio unidimensional: Tensión en una cuerda sin masa

Una gimnasta de masa $m_G = 50,0\text{kg}$ se cuelga del extremo inferior de una cuerda colgante. El extremo superior está fijo al techo de un gimnasio. Suponga que la masa de la cuerda es despreciable.

1. ¿Cuánto pesa la gimnasta?
2. ¿Qué fuerza (magnitud y dirección) ejerce la cuerda sobre ella?
3. ¿Qué tensión hay en la parte superior de la cuerda?

Solución 1.

Primero identificamos que la gimnasta y la cuerda, ambos están en equilibrio. Tenemos como incógnita el peso de la gimnasta w_G . La cuerda tira de la gimnasta con una fuerza T_{CG} y la gimnasta tira de la cuerda con una fuerza T_{GC} . El techo ejerce otra fuerza sobre la cuerda, T_{TC} , que provoca que la cuerda y la gimnasta estén en equilibrio.



El primer digrama representa la situación en si. El segundo diagrama representa las fuerzas que actúan sobre la gimnasta. El tercer diagrama representa las fuerzas que actúan sobre la cuerda.

Para calcular el peso de la gimnasta (\vec{w}), usaremos la ecuación de la gravedad, derivada de la segunda ley de Newton:

$$\begin{aligned} |\vec{w}| &= m \cdot 9,8\text{m/s}^2 \\ w_G &= 50\text{kg} \cdot 9,8\text{m/s}^2 \\ w_G &= 490\text{N} \end{aligned}$$

El peso de la gimnasta es de 490 Newtons.

Entonces la magnitud de la fuerza que ejerce la cuerda sobre la gimnasta es: $T_{CG} = 490\text{N}$. Y su dirección es contraria a la del peso de la gimnasta.

Por el par acción-reacción, existe la fuerza $\vec{T}_{GC} = -\vec{T}_{CG} = \vec{w}$, entonces la gimnasta tira de la cuerda con una fuerza de 490 Newtons con una dirección que apunta hacia abajo. Entonces la fuerza \vec{T}_{TC} es igual en magnitud a \vec{T}_{GC} pero con dirección opuesta, es decir, $\vec{T}_{TC} = -\vec{T}_{GC}$.

La **tensión de la cuerda** es de $T_{TC} = 490\text{N}$ en la parte superior de la cuerda y de $T_{CG} = 490\text{N}$ en la parte inferior de la cuerda.

3.2. Empleo de la segunda ley de Newton: Dinámica de partículas

Ahora podemos analizar problemas de dinámica, donde aplicamos la segunda ley de Newton a cuerpos sobre los cuales la fuerza neta no es cero, de manera que los cuerpos no están en equilibrio sino que tienen aceleración.

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

Ejercicio 2. Movimiento rectilíneo con una fuerza constante

Un velero para hielo descansa en una superficie horizontal sin fricción (figura 5.7a). Sopla un viento constante (en la dirección de los patines del trineo), de modo que 4.0 s después de soltarse el velero adquiere una velocidad de 6.0 m/s (unos 22 km/h o 13 mi/h). ¿Qué fuerza constante F_w ejerce el viento sobre el velero? La masa total del velero más el tripulante es de 200 kg.

Solución 2.

Identificamos las variables que se nos dan:

- $m = 200\text{kg}$
- $v(0\text{s}) = 0,0\text{m/s}$
- $v(4\text{s}) = 22,0\text{km/h} = 6,1\text{m/s}$

Para calcular la fuerza usaremos la segunda ley de Newton: $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$. Pero primero debemos calcular la aceleración. Como tenemos una velocidad inicial y otra 4s después podemos utilizar:

$$a = \frac{v_1 - v_0}{t_1 - t_0}$$

$$a = \frac{6,1\text{m/s} - 0,0\text{m/s}}{4,0\text{s}} = 1,525\text{m/s}^2$$

Por lo tanto, la fuerza constante que ejerce el viento sobre el velero es de $F_w = 200\text{kg} \cdot 1,525\text{m/s}^2 = 305\text{N}$

Peso aparente e ingravidez aparente

Cuando un pasajero de masa m viaja en un elevador con aceleración a_y , una báscula da como peso aparente del pasajero:

$$w = m \cdot (g + a_y)$$

Cuando el elevador está acelerando hacia arriba, a_y es positiva y n es mayor que el peso del pasajero $w = mg$. Si el elevador acelera hacia abajo, a_y es negativa y n es menor que el peso. Si el pasajero no sabe que el elevador está acelerando, sentirá que su peso cambia y, de hecho, la báscula lo indica. El caso extremo sucede cuando el elevador tiene una aceleración hacia abajo $a_y = -g$, es decir, cuando está en caída libre. En este caso, $n = 0$ y el pasajero siente que no tiene peso.

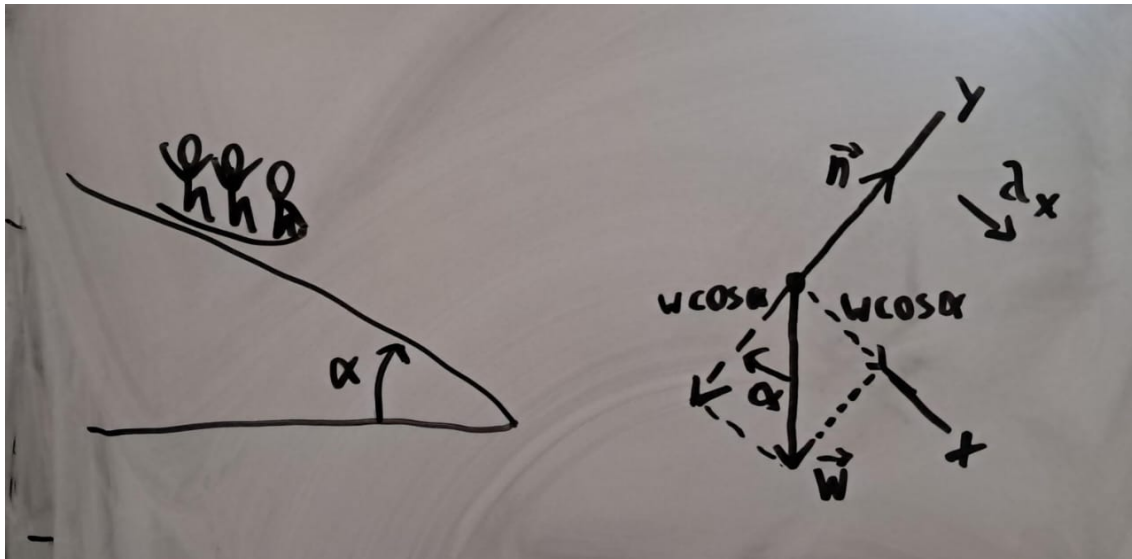
Ejercicio 3. Aceleración cuesta abajo

Un trineo cargado de estudiantes en vacaciones (peso total w) se desliza hacia abajo por una larga cuesta nevada. La pendiente tiene un ángulo constante α , y el trineo está tan bien encerado que la fricción es despreciable. ¿Qué aceleración tiene el trineo?

Solución 3.

Necesitamos averiguar la aceleración a . Sabemos que la única fuerza que actúa sobre el trineo es la gravedad, y que su peso es w .

Para mayor comodidad dibujaremos un diagrama de cuerpo libre inclinado para que el eje x se paralele a la aceleración a , ahora a_x .



Por segunda ley de Newton dividida en componentes tenemos:

$$\Sigma F_x = ma_x$$

$$\Sigma F_y = ma_y$$

Si sumamos las fuerzas:

$$\Sigma F_y = w \cos(\alpha) + (-w \cos(\alpha)) = 0 = ma_y \implies a_y = 0$$

$$\Sigma F_x = w \sin(\alpha) = ma_x$$

Como $w = mg$, tenemos que $\cancel{m}a_x = \cancel{m}g \sin(\alpha)$, dejando como resultado:

$$a_x = g \sin(\alpha)$$

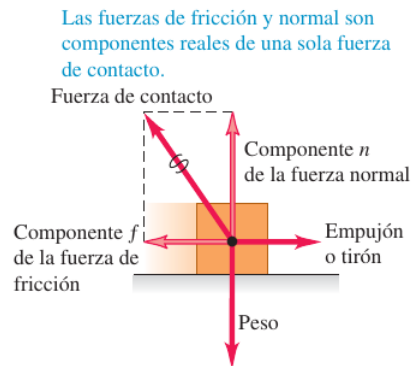
3.3. Fuerzas de fricción

Hemos visto varios problemas en que un cuerpo descansa o se desliza sobre una superficie que ejerce fuerzas sobre el cuerpo. En esta sección, veremos con detenimiento la fuerza de fricción.

Una fuerza importante en muchos aspectos de nuestra vida es la fricción. El aceite de un motor automotriz reduce la fricción entre piezas móviles; no obstante, sin fricción entre los neumáticos y el asfalto, el automóvil no podría avanzar ni dar vuelta.

Fricción cinética y estática

Primero, cuando un cuerpo descansa o se desliza sobre una superficie, podemos representar la fuerza de contacto que la superficie ejerce sobre el cuerpo en términos de componentes de fuerza perpendiculares y paralelos a la superficie (figura). El vector componente paralelo a la superficie (y perpendicular a n) es la fuerza de fricción, denotada con \vec{f} . La dirección de la fuerza de fricción siempre es opuesta al movimiento relativo de las dos superficies.



El tipo de fricción que actúa cuando un cuerpo se desliza sobre una superficie es la **fuerza de fricción cinética** \vec{f}_k . La magnitud de esta fuerza suele aumentar al aumentar la fuerza normal. En muchos casos, la magnitud de la fuerza de fricción cinética f_k experimental es aproximadamente proporcional a la magnitud n de la fuerza normal. En tales casos, representamos la relación con la ecuación:

$$f_k = \mu_k \cdot n \quad (\text{magnitud de la fuerza de fricción cinética})$$

donde μ_k es una constante llamada coeficiente de fricción cinética. Cuanto más resbalosa sea una superficie, menor será el coeficiente de fricción. Al ser el cociente de dos magnitudes de fuerza ($\frac{f_k}{n}$), μ_k es un número puro sin unidades. (Caso similar a la masa inercial).

DISCLAIMER: La ecuación sólo es una representación aproximada de un fenómeno complejo. En el nivel microscópico, las fuerzas de fricción y la normal se deben a las fuerzas intermoleculares (fundamentalmente eléctricas) entre dos superficies ásperas en los puntos donde entran en contacto.

Las fuerzas de fricción también pueden actuar cuando no hay movimiento relativo. Si tratamos de deslizar por el piso una caja con libros, tal vez no se mueva porque el piso ejerce una fuerza de fricción igual y opuesta sobre la caja. Ésta se llama **fuerza de fricción estática** \vec{f}_s .

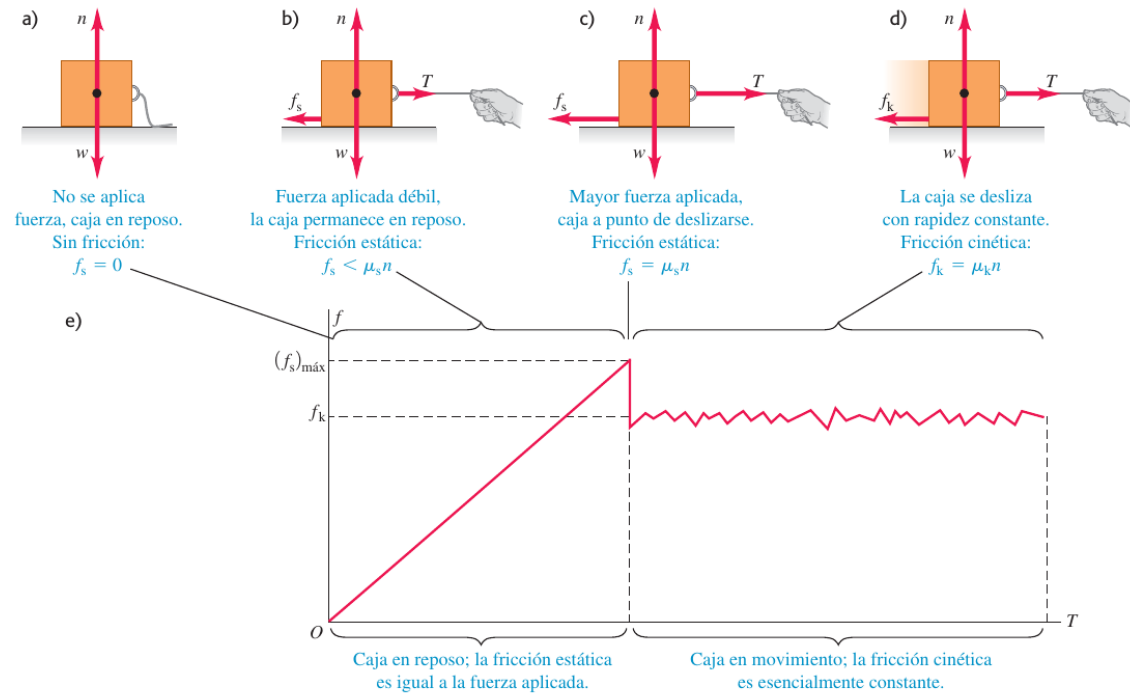


Tabla: Coeficientes de fricción aproximados

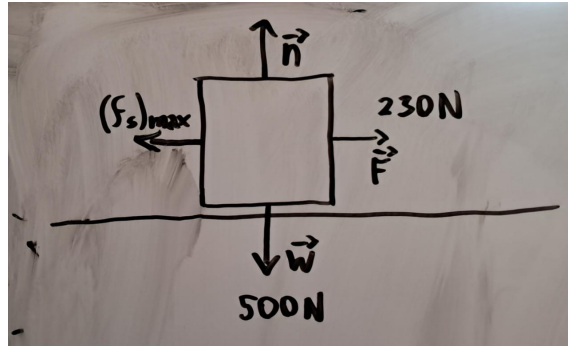
Materiales	Coefficiente de fricción estática, μ_s	Coefficiente de fricción cinética, μ_k
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre acero	0.61	0.47
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Latón sobre acero	0.51	0.44
Zinc sobre hierro colado	0.85	0.21
Cobre sobre hierro colado	1.05	0.29
Vidrio sobre vidrio	0.94	0.40
Cobre sobre vidrio	0.68	0.53
Teflón sobre teflón	0.04	0.04
Teflón sobre acero	0.04	0.04

Ejercicio 4. Fricción en movimiento horizontal

Usted intenta mover una caja de 500N por un piso horizontal. Para comenzar a moverla, debe tirar con una fuerza horizontal de 230N . Una vez que la caja “se libera” y comienza a moverse, puede mantenerse a velocidad constante con sólo 200N . ¿Cuáles son los coeficientes de fricción estática y cinética?

Solución 4.

Sabemos que la caja esta en reposo cuando se le aplica una fuerza de $230N$ en el eje x .



Usando la primera ley de Newton por componentes tenemos:

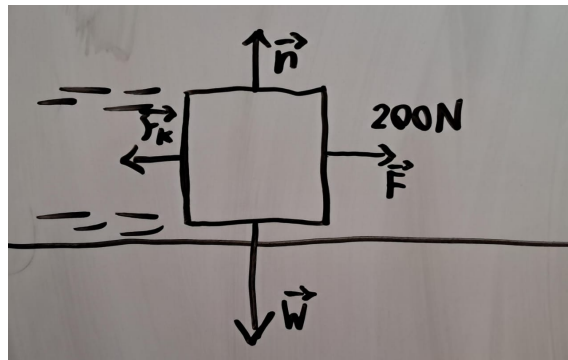
$$\Sigma F_x = n + (-w) = 0 \implies n = w = 500N$$

$$\Sigma F_y = F + (-(f_s)_{max}) = 0 \implies F = (f_s)_{max} = 230N$$

Entonces podemos calcular el coeficiente de fricción estática:

$$\mu_s = \frac{F}{n} = \frac{230N}{500N} = 0,46$$

También sabemos que si la caja esta en movimiento horizontal se mantendra en equilibrio si se le aplica una fuerza de $200N$:



Usando la primera ley de Newton por componentes tenemos:

$$\Sigma F_x = n + (-w) = 0 \implies n = w = 500N$$

$$\Sigma F_y = F + (-f_k) = 0 \implies F = f_k = 200N$$

Entonces podemos calcular el coeficiente de fricción cinética:

$$\mu_k = \frac{F}{n} = \frac{200N}{500N} = 0,4$$

Concluimos que el coeficiente de fricción estática es $0,46$ y el coeficiente de fricción cinética es $0,4$.

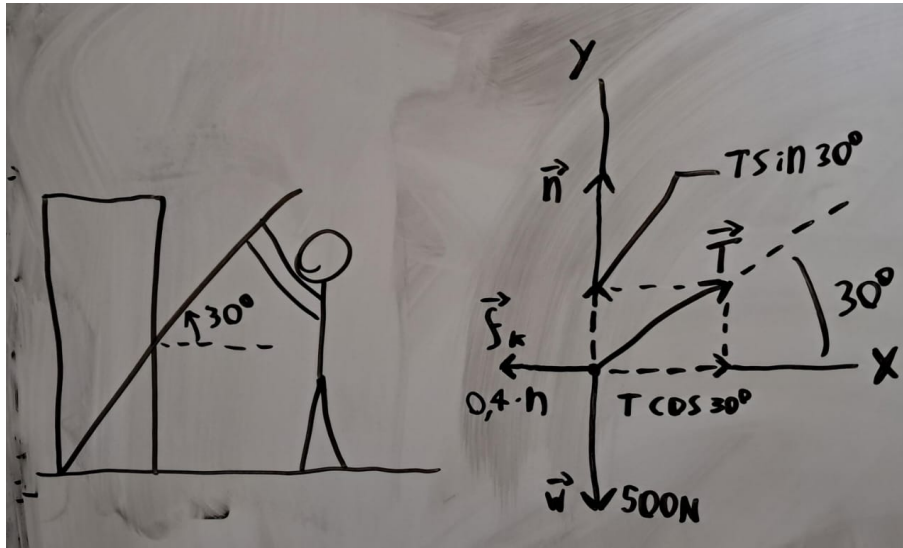
Ejercicio 5. Reducción al mínimo de la fricción cinética

En el ejercicio anterior, suponga que usted intenta mover la caja atando una cuerda a ella y tira de la cuerda hacia arriba con un ángulo de 30° sobre la horizontal. ¿Qué fuerza debe aplicar al tirar para mantener la caja en movimiento con velocidad constante? ¿Esto es más fácil o difícil que tirar horizontalmente? Suponga que $w = 500N$ y $\mu_k = 0,40$.

Solución 5.

Sabemos que la caja esta en equilibrio (su velocidad es constante) entonces aplicamos la primera ley de Newton para encontrar la fuerza T que se debe aplicar para mantener la caja en movimiento:

Primero hacemos un diagrama de cuerpo libre:



Usando la primera ley de Newton por componentes tenemos:

$$\Sigma F_x = T \cos(30^\circ) + (-f_k) = 0 \implies T \cos(30^\circ) = f_k$$

$$\Sigma F_y = T \sin(30^\circ) + n + (-w) = 0 \implies n = w - T \sin(30^\circ)$$

Para encontrar la fuerza T tenemos que usar el hecho de que $f_k = T \cos(30^\circ)$:

$$T \cos(30^\circ) = f_k = \mu_k \cdot n$$

Remplazando:

$$T \cos(30^\circ) = \mu_k \cdot (w - T \sin(30^\circ))$$

Despejando T tenemos:

$$T = \frac{\mu_k \cdot w}{\cos(30^\circ) + \mu_k \sin(30^\circ)} = \frac{0,40 \cdot 500N}{\cos(30^\circ) + 0,40 \sin(30^\circ)} \approx 188N$$

Concluimos que la fuerza T que debe aplicar para mantener la caja en movimiento es de 188N.

Por otro lado, si se intenta mover la caja horizontalmente, entonces la fuerza T que se debe aplicar para mantener la caja en movimiento es de $\mu_k \cdot n = 0,40 \cdot 500N = 200N$. Al no ser reducida la fuerza normal f_k no se reduce por lo que la fricción "jode" más al tratar de mover la caja.