



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

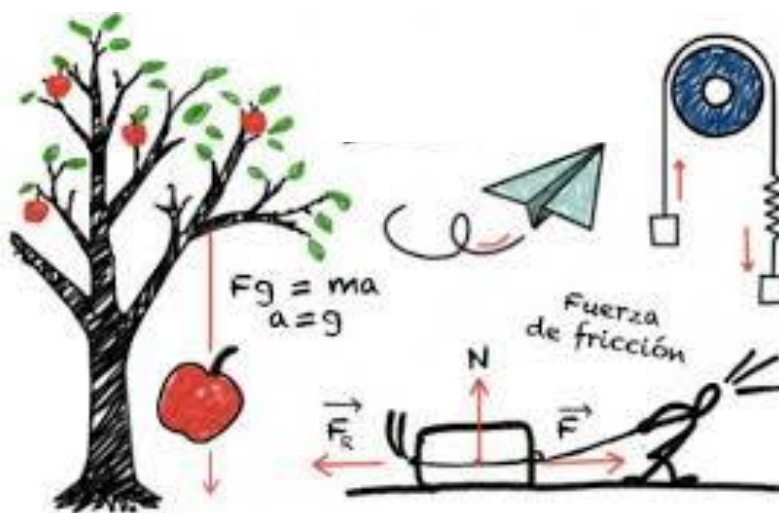


FACULTAD DE
**CIENCIAS APLICADAS
A LA INDUSTRIA**

INGRESO 2023

FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA

Material de estudio de Física



MÓDULO Nº 1

EL LENGUAJE DE LA CIENCIA



UBICACIÓN TEMÁTICA

¿Por qué estudiar Física? Por dos motivos. Uno es porque la Física es una de las ciencias fundamentales. Los científicos de todas las disciplinas aplican las ideas de la Física, desde los químicos que estudian la estructura de las moléculas hasta los paleontólogos quienes tratan de reproducir la forma de andar de los dinosaurios. Hay que tener en cuenta, además, que la Física es la base de toda ingeniería y de la tecnología. Pero hay otra razón. Podemos apreciar la Física como un logro sobresaliente del intelecto humano en su lucha por entender el mundo y la humanidad. La Física nos es útil para resolver problemas prácticos y entender los fenómenos cotidianos.

Es por ello que en este módulo nos abocaremos al repaso de algunos conceptos importantes que necesitamos para el estudio de la Física. Comenzaremos por hacer una introducción a la ciencia y el método científico. Además, teniendo presente que la Física es una ciencia, y por tanto implica medir, estableceremos algunas definiciones básicas sobre magnitudes y mediciones e introduciremos el sistema de unidades empleado para describir cantidades físicas. Para finalizar, repasaremos varios aspectos sobre la construcción e interpretación de gráficos.



1. LA CIENCIA Y SU MÉTODO

El hombre siempre ha sentido curiosidad por el mundo que lo rodea, ha buscado el modo de imponer orden en la enmarañada diversidad de los sucesos observados. En este contexto, podemos decir que la ciencia se inició antes que la historia escrita, cuando las personas descubrieron regularidades y relaciones en la naturaleza, como la disposición de las estrellas en el cielo nocturno y las pautas climáticas. A partir de estas regularidades las personas aprendieron a hacer predicciones que les permitían tener algo de control sobre su entorno.

Así, la ciencia es un método de búsqueda de los principios fundamentales y universales que gobiernan las causas y los efectos del universo. La ciencia es el cuerpo de conocimientos que describe el orden dentro de la naturaleza, y las causas de ese orden. Es una actividad humana dinámica que representa los esfuerzos, hallazgos y sabiduría colectivos de la raza humana, dedicados a reunir conocimientos acerca del mundo y a organizarlos y condensarlos en leyes y teorías demostrables.

El conocimiento científico es por su misma esencia dinámico y cambiante: cada nuevo avance genera un gran número de nuevos interrogantes y posibilidades de investigación, haciendo que en la práctica el proceso resulte de duración indefinida.

Podemos decir entonces que:



CIENCIA: Es el conjunto de conocimientos coherentes y de métodos que permiten utilizarlos para realizar nuevos descubrimientos y elaborar nuevos conocimientos.

Podemos clasificar las ciencias como vemos a continuación:

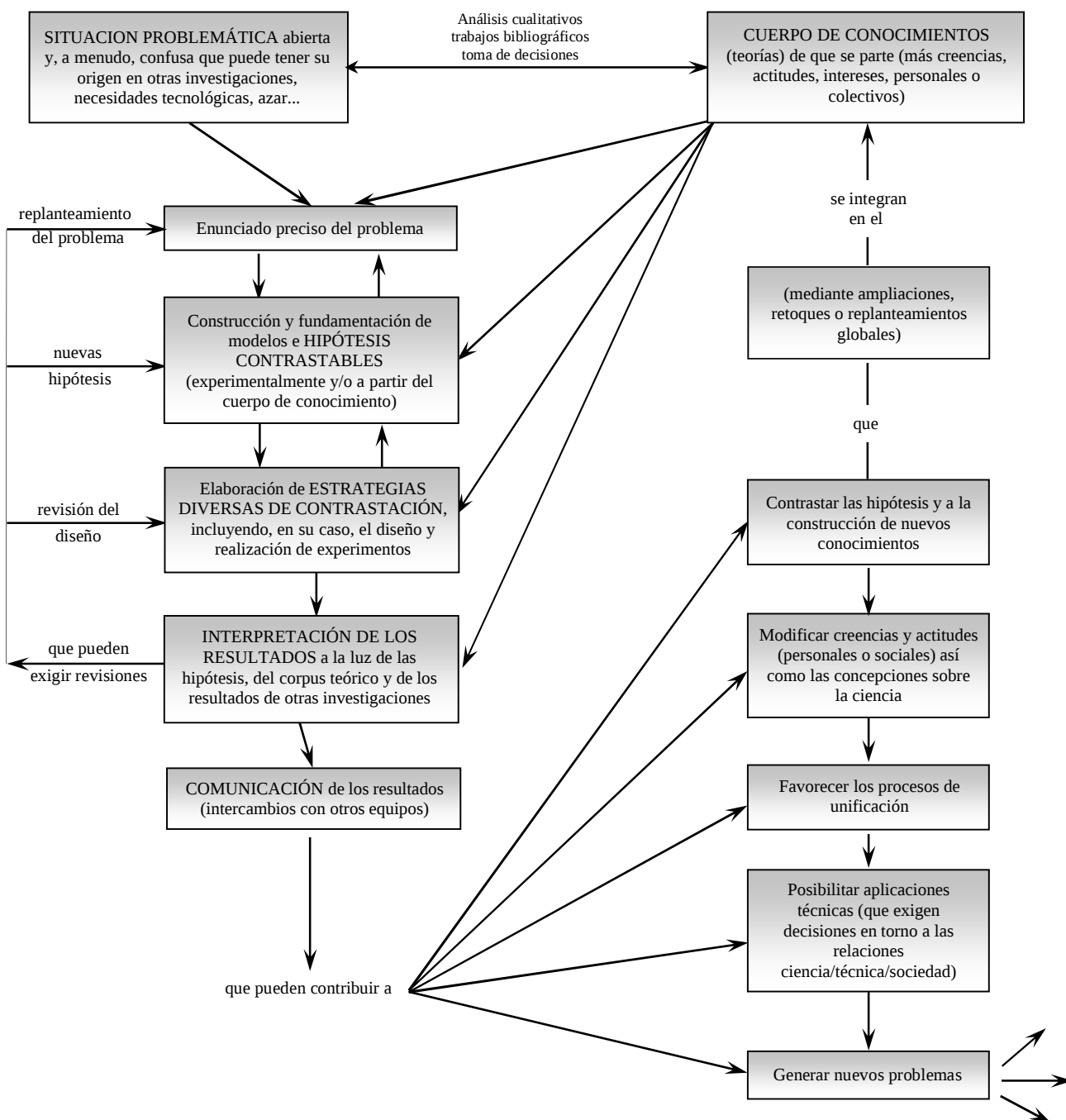
Ciencias	Formales o ideales (lógica, matemática)	Demuestran o prueban - Demostración completa y final
	Fácticas o empíricas (química, física, fisiología, etc)	Corroboran o rechazan hipótesis. Corroboración incompleta y por ello temporaria.

Ciencias formales: Crean entes formales y establecen relaciones entre ellos.

Ciencias fácticas: No emplean símbolos vacíos sino, tan sólo, símbolos interpretados. La racionalidad, es decir la coherencia con un sistema de ideas aceptado previamente, es necesaria pero no suficiente para los enunciados fácticos. Además de la racionalidad, exigimos de los enunciados fácticos que sean verificables en la experiencia.

Como se puede observar, el diagrama de una investigación científica (**página siguiente**) es una visión esquemática de un proceso abierto sin reglas ni etapas rígidas, en el que se resalta el aspecto colectivo del trabajo científico y se pone de relieve, entre otros aspectos importantes, que se trata de un proceso no lineal en el cual ningún hecho aislado verifica o refuta una hipótesis y que, como indican las flechas de la parte inferior derecha, puede generar más problemas que los que resuelve.

(Tomado de: **Curso de Formación de Profesores de Ciencias, Unidad Introdutoria, 1995**)



A continuación se indica el significado de algunos términos importantes:

Observación: Examen completo y crítico de un fenómeno y el correspondiente registro y análisis de los diferentes factores y circunstancias que parecen influir sobre el mismo. Puede ser simple o experimental.

Hipótesis: Explicaciones tentativas sobre un fenómeno observado.

Predicción: Enunciar algo que ha de suceder.

| **Experimentación:** Operación que consiste en provocar un fenómeno para observarlo. Es el juez supremo de toda hipótesis.

| **Generalización:** Abstraer lo que es común a muchas cosas para formar un concepto general.

| **Principio:** Cualquiera de las primeras verdades que sirven de base a una ciencia (de inercia, de conservación de la energía, de Heisenberg, de exclusión de Pauli, etc.)

| **Leyes:** Relaciones cuantitativas que vinculan los distintos fenómenos (de Ohm, de Boyle, de Henry, de Moseley, etc.)

| **Teoría:** Conjunto de leyes, suposiciones y explicaciones relativas a fenómenos de igual naturaleza (de la relatividad, atómica, cinética de los gases, etc.)



2. MEDICIONES

Hemos dicho que la Física es una ciencia experimental, en la cual se busca deducir las leyes que interpretan los fenómenos de la naturaleza. Estas leyes se corroboran a través de experimentos, en los cuales debemos realizar **mediciones**.

Realizar una medición significa transformar las observaciones en números, a través de los cuales podemos verificar las leyes de la naturaleza.

Para comprender como se realiza un proceso de medición, definamos algunos términos que son de gran utilidad para informar los resultados de tal proceso.

2.1 Introducción a las Mediciones



La Física, en su carácter de Ciencia experimental, exige observar y medir. La operación que permite expresar una propiedad o atributo físico observado en forma numérica es precisamente la **medida**.

Como en el estudio de un fenómeno es necesario experimentar y también generar un modelo explicativo del mismo, se hace necesario tomar datos, **medir**, comunicar. Es por ello que se acuerdan algunos conceptos para que lo enunciado sea entendido por toda la comunidad; es el llamado **lenguaje científico**. Una de las técnicas usadas durante la experimentación es la **medición**. La medición es la comparación de una cantidad con otra de la misma **magnitud**, elegida arbitrariamente.

Pero, ¿a qué se llama **magnitud**? Se define una **MAGNITUD como todo aquel ente abstracto susceptible de ser medido**. Entonces:

~> **Magnitud:** Se denominan magnitudes a ciertas propiedades o aspectos observables de un sistema físico que pueden ser expresadas en forma numérica. En otros términos, las magnitudes son propiedades o atributos medibles. La longitud, el volumen, la fuerza son ejemplos de magnitudes físicas.

~> **Cantidad:** En el lenguaje de la física la noción de cantidad se refiere al valor que toma una magnitud dada en un cuerpo o sistema concreto; la longitud de esta mesa, la masa de

aquella moneda, el volumen de ese lapicero, son ejemplos de cantidades. Una cantidad de referencia se denomina **unidad** y el sistema físico que encarna la cantidad considerada como una unidad se denomina **patrón**.

➡ LA OPERACIÓN DE MEDIR

La medida de toda magnitud física exige compararla con cierto valor unitario de la misma. Es decir, medir una cantidad **X** es compararla con otra cantidad **U** de la misma magnitud, tomada como unidad. Como resultado obtendremos un número real **n** que nos indica cuántas veces está contenida la unidad en la cantidad de medida. Este número será la medida de la cantidad. Entonces:

$$n = \frac{X}{U}$$

Así, por ejemplo, si como resultado de una medición surge una distancia de 25 metros, significa que equivale a 25 veces la longitud de la unidad metro. Cabe resaltar que toda magnitud física debe expresarse con una cifra y una unidad. En el caso de nuestro ejemplo, tendremos:

- ☞ *Magnitud:* Longitud
- ☞ *Cantidad:* Longitud entre dos puntos A y B.
- ☞ *Valor de la cantidad:* 25 m
- ☞ *Medida:* 25
- ☞ *Unidad:* metros

Todo proceso de medición debe ser consistente consigo mismo, de tal forma que cada vez que se mida la misma cantidad, en las mismas condiciones, los resultados se reproduzcan dentro de ciertos límites.

➡ TIPOS DE MEDIDA

No todas las medidas son iguales. No es lo mismo medir la longitud, en la que para hacerlo comparamos directamente el objeto con una regla, que la superficie, en la cual tenemos que medir una o varias longitudes y utilizar una fórmula matemática para obtener su valor. Se distinguen así los dos tipos de medidas:

Medidas directas: Las que se obtienen comparando la magnitud con el patrón directamente o mediante un aparato calibrado. Así se pueden medir la longitud, la masa, el tiempo,...

Medidas indirectas: Las que se calculan a partir de magnitudes medidas directamente. Así suelen obtenerse la velocidad, la superficie,...

➡ TIPOS DE MAGNITUD

Podemos hacer la siguiente distinción:

Magnitudes Escalares: quedan perfectamente determinadas cuando se expresa su cantidad mediante un número seguido de la unidad correspondiente. La longitud, el volumen, la masa, la temperatura, la energía, son sólo algunos ejemplos.

Magnitudes Vectoriales: precisan para su total definición que se especifique, además de los elementos anteriores, una dirección o una recta de acción y un sentido: son las llamadas

magnitudes vectoriales o dirigidas. La fuerza es un ejemplo claro de magnitud vectorial, pues sus efectos al actuar sobre un cuerpo dependerán no sólo de su cantidad, sino también de la línea a lo largo de la cual se ejerza su acción.

Además, cabe mencionar que en las Ciencias Físicas tanto las leyes como las definiciones relacionan matemáticamente entre sí grupos, por lo general amplios, de magnitudes. Por ello es posible seleccionar un conjunto reducido pero completo de ellas de tal modo que cualquier otra magnitud pueda ser expresada en función de dicho conjunto. Esas pocas magnitudes relacionadas se denominan **magnitudes fundamentales**, mientras que el resto que pueden expresarse en función de las fundamentales reciben el nombre de **magnitudes derivadas**.

Cuando se ha elegido ese conjunto reducido y completo de magnitudes fundamentales y se han definido correctamente sus unidades correspondientes, se dispone entonces de un **sistema de unidades**. En la siguiente tabla veremos las magnitudes fundamentales de los sistemas de unidades más utilizados.

Magnitud Sistema	longitud L	masa m	tiempo T	Fuerza F
SIMELA	m	kg	s	-
C.G.S.	cm	g	s	-
Técnico	m	-	s	kgf



3. UNIDADES

3.1 El Sistema Internacional de Unidades

Hemos dicho que la Física es una ciencia experimental, que exige la realización de observaciones y mediciones. También dijimos que medir una cantidad es compararla con un estándar o patrón de referencia. Este estándar define una **unidad** de la cantidad. Al describir una cantidad física con un número, siempre debemos especificar la unidad empleada.

Las mediciones exactas y confiables exigen unidades inmutables que los observadores puedan duplicar en distintos lugares. El sistema de unidades empleado por los científicos e ingenieros en todo el mundo se denomina comúnmente “sistema métrico”, pero desde 1960 su nombre oficial es **Sistema Internacional**, o **SI**.

NOTA: Se da más información del Sistema Internacional de Unidades en el ANEXO 1

El SI trabaja sobre siete **magnitudes fundamentales** (longitud, masa, tiempo, intensidad de corriente eléctrica, temperatura absoluta, intensidad luminosa y cantidad de sustancia) de las que se determinan sus correspondientes **unidades fundamentales**:

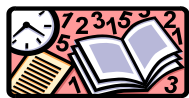
Magnitud	Unidad	
	Nombre	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Corriente eléctrica	ampere	A
Temperatura termodinámica	kelvin	K
Cantidad de Sustancia	mol	mol
Intensidad Luminosa	candela	cd

De estas siete unidades se definen las **derivadas (coulomb, joule, newton, pascal, volt, ohm, etc.)**, además de otras suplementarias de estas últimas.

3.2 Consistencia y Conversión de Unidades

➡ CONSISTENCIA DIMENSIONAL

Toda ecuación debe ser **dimensionalmente consistente**. Sólo podemos sumar o igualar dos términos si tienen las mismas unidades.



Ejemplo

Por ejemplo, si un cuerpo que viaja con rapidez constante $v = 2 \text{ m/s}$ recorre una distancia $d = 10 \text{ m}$ en un tiempo $t = 5 \text{ s}$, estas cantidades están relacionadas por la ecuación:

$$d = v \cdot t$$

si d se mide en metros, entonces el producto $v \cdot t$ también debe expresarse en metros. Con los números anteriores como ejemplo, escribimos:

$$10 \text{ m} = \left(2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \cdot 5 \text{ s}$$

Las ecuaciones desprovistas de coeficientes numéricos que indican la relación entre las unidades de las magnitudes derivadas y fundamentales reciben el nombre de ecuaciones de dimensión.

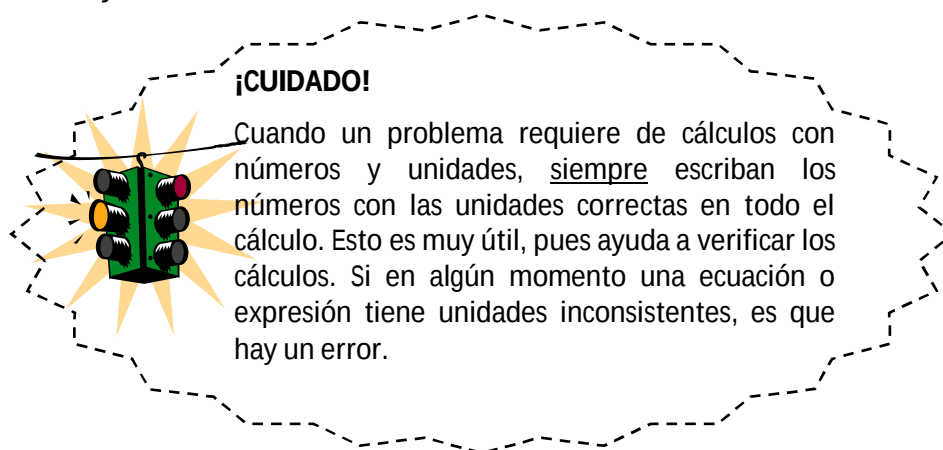
$$\text{Ejemplos: } [S] = [L]^2; \quad [V] = [L]^3; \quad [v] = \frac{[L]}{[T]}$$

donde $[M]$ representa la unidad de medida de la magnitud M .

Se conviene en decir que dos magnitudes son homogéneas cuando tienen la misma dimensión.

Principio de homogeneidad dimensional: todos los términos de una ecuación física deben ser dimensionalmente homogéneos. La homogeneidad dimensional es una condición necesaria para que una ecuación sea correcta pero, naturalmente, no es suficiente.

En los cálculos, las unidades se tratan igual que los símbolos algebraicos en cuanto a multiplicación y división.



➡ CONVERSIÓN DE UNIDADES

Desde el punto de vista operacional de la Física es muy importante saber manejar la conversión de unidades, ya que en los problemas en que se presenten las magnitudes físicas, éstas deben guardar homogeneidad para poder simplificarlas cuando sea necesario, es decir, deben ser de la misma especie.

Por ejemplo, si se tienen:

$$8 \text{ m} + 7 \text{ m} + 5 \text{ m} = 20 \text{ m}$$

éstas se pueden sumar porque son de la misma especie, pero si se tiene:

$$8 \text{ m} + 70 \text{ cm} + 10 \text{ mm}$$

estas cantidades no se pueden sumar hasta que no se transformen a un sólo tipo de unidad.



Pasos para realizar una conversión

- 1.- Escriba la cantidad que desea convertir.
- 2.- Defina cada una de las unidades incluidas en la cantidad que va a convertir, en términos de la unidad o las unidades buscadas.
- 3.- Escriba dos factores de conversión para cada definición, uno de ellos recíproco del otro.
- 4.- Multiplique la cantidad que desea convertir por aquellos factores que cancelen todas las unidades, excepto las buscadas.



Ejemplo

Si deseamos convertir 5 m^2 a cm^2

→ Equivalencia a usar: $1 \text{ m}^2 = 10.000 \text{ cm}^2$

Se escribe la cantidad que se va a convertir y se escogen los factores de conversión que cancelan las unidades no deseadas.

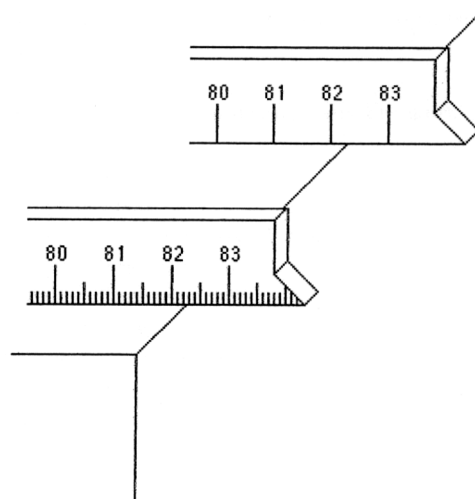
$$5 \cancel{\text{m}^2} \times \frac{10.000 \text{ cm}^2}{1 \cancel{\text{m}^2}} = 50.000 \text{ cm}^2$$

3.3 Cifras significativas - Redondeo

En cualquier medición, las cifras significativas son los dígitos que se conocen con certeza más un dígito que es incierto.

La medición de 82,2 cm (hecha con la regla superior de la figura) tiene tres cifras significativas, y la medición de 82,25 cm (hecha con la regla de abajo) tiene cuatro cifras significativas. El dígito del extremo derecho siempre es un estimado. *Siempre se escribe solamente un dígito estimado como parte de una medición.* Sería incorrecto decir que la longitud de la mesa de la figura, medida con la regla de abajo, es de 82,253 cm. Este valor de cinco cifras significativas tendría dos dígitos estimados (el 5 y el 3) y sería incorrecto porque indicaría una precisión mayor que la que esa regla puede proporcionar.

Se han desarrollado reglas para escribir y usar las cifras significativas, tanto en las mediciones como en valores calculados a partir de ellas.



Regla 1. En números que no contienen ceros, todos los dígitos son significativos. Ejemplos:

3,1428 cinco cifras significativas

3,14 tres cifras significativas

469 tres cifras significativas

Regla 2. Todos los ceros entre dígitos significativos son significativos. Ejemplos:

7,053 cuatro cifras significativas

7053 cuatro cifras significativas

302 tres cifras significativas

Regla 3. Los ceros a la izquierda del primer dígito que no es cero sirven solamente para fijar la posición del punto decimal y no son significativos. Ejemplos:

0,0056 dos cifras significativas

0,0789 tres cifras significativas

0,000001 una cifra significativa

Regla 4. En un número con dígitos a la derecha del punto decimal, los ceros a la derecha del último número diferente de cero son significativos. Ejemplos:

43 dos cifras significativas

43,0 tres cifras significativas

43,00 cuatro cifras significativas

0,00200 tres cifras significativas

0,40050 cinco cifras significativas

Regla 5. En un número que no tiene punto decimal y que termina con uno o más ceros (como 3600), los ceros con los cuales termina el número pueden ser o no significativos. El número es ambiguo en términos de cifras significativas. Antes de poder especificar el número de cifras significativas, se requiere información adicional acerca de cómo se obtuvo el número. Si el número es el resultado de una medición, los ceros probablemente no son significativos. Si el número ha sido contado o definido, todos los dígitos son significativos (¡suponiendo que el recuento haya sido perfecto!).

➡ NOTACIÓN CIENTÍFICA

Se evitan confusiones expresando los números en notación científica. Cuando están expresados en esta forma, todos los dígitos se interpretan como significativos. Ejemplos:

$3,6 \times 10^5$ dos cifras significativas

$3,60 \times 10^5$ tres cifras significativas

$3,600 \times 10^5$ cuatro cifras significativas

2×10^{-5} una cifra significativa

$2,0 \times 10^{-5}$ dos cifras significativas

NOTACIÓN CIENTÍFICA

Forma de expresar un número mediante la cual se aprecia, a simple vista, el orden de magnitud del mismo.



¿Cómo se escribe?

$$X \cdot 10^Y$$

Cifras significativas de una medida. Es un número que será: $1 \leq X < 10$.

Potencia que indica la cantidad de lugares que se ha desplazado la coma.

Ejemplos:

$$342\,700\,000\,000\text{ m} \rightarrow 3,427 \cdot 10^{11}\text{ m}$$

11 LUGARES

El número de lugares que desplazas la coma hacia la izquierda se expresa como un exponente positivo de 10.

$$0,000\,000\,000\,630\text{ m} \rightarrow 6,30 \cdot 10^{-10}\text{ m}$$

10 LUGARES

El número de lugares que desplazas la coma hacia la derecha se expresa como un exponente negativo de 10.

Resumiendo:

Si el exponente n es positivo, entonces 10^n es un uno seguido de n ceros.

Si el exponente es negativo, de la forma $-n$, entonces: $10^{-n} = \underbrace{0,000\dots000}_{n \text{ ceros}}$

➡ REDONDEO DEL RESULTADO

Para redondear un resultado procederemos de la siguiente manera. Si la primera cifra significativa eliminada es:

- ~> menor a 5 → la última cifra conservada queda invariable
- ~> mayor a 5 → la última cifra conservada se incrementa en uno
- ~> igual a 5 → la última cifra conservada se lleva al valor par más próximo



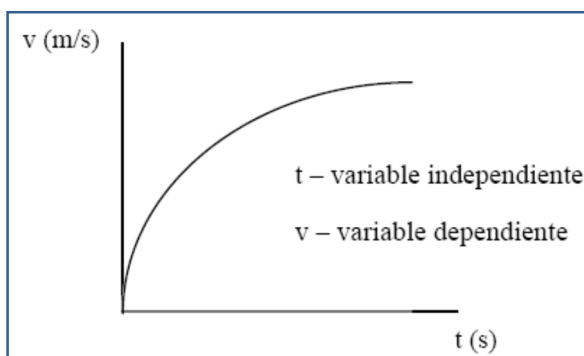
4. GRÁFICAS

En Física como en otras ciencias resulta de gran utilidad la elaboración de gráficas a partir de los datos obtenidos en las observaciones experimentales. Las gráficas tienen tres aplicaciones principales:

a – Determinar a través de las mismas el valor de alguna magnitud, por lo general la pendiente.

b – Visualizar la relación existente entre las variables que intervienen en el experimento.

c – Dar una relación empírica entre dos magnitudes.



Una convención establecida para construir las gráficas, es representar en el eje de las abscisas (eje horizontal), la variable independiente, la cual corresponde a la magnitud cuyo valor escoge el experimentador; y en el eje de las ordenadas (eje vertical), la variable dependiente, es decir, la magnitud cuyo valor se determina en función de la variable independiente.

Uno de los propósitos principales de una gráfica es dar una visión de los resultados obtenidos en un experimento, por lo tanto, deberá hacerlo de la forma más clara posible. A continuación se presentan algunas sugerencias que pueden ser de utilidad para su realización:



Sugerencias para la Construcción de una Gráfica

- la variable independiente se representa sobre el eje horizontal (abscisas) y la variable dependiente sobre el eje vertical (ordenadas).*
- debe colocarse sobre los ejes coordenadas el nombre o el símbolo de las magnitudes a que corresponden los valores representados. Debe colocarse también la unidad correspondiente.*
- no es necesario que figure en la gráfica el punto $(0;0)$ aunque a veces suele ser importante.*
- es necesario elegir las escalas cuidadosamente de manera que la representación no quede muy junta a ninguno de los ejes.*
- es conveniente ir trazando la gráfica a medida que se realiza la experiencia con el objeto de detectar los puntos dudosos o algunos intervalos en los cuales pueden faltar valores, antes de proceder a desarmar el equipo utilizado en la experiencia.*
- las gráficas pueden ser curvas o rectas. Ambas tienen sus campos especiales de utilidad, pero las gráficas rectilíneas poseen su propio valor particular en la investigación de relaciones cuantitativas. Por ello es útil, en muchos casos, buscar la manera de obtener una gráfica en la cual los datos puedan ser representados por una línea recta.*



PARA PENSAR Y DISCUTIR...



- 1) En el listado de observaciones que se da a continuación, identifique los casos de observación simple (S) y de observación experimental (E). Se observa:
 - a) el movimiento de caída libre del borrador dejándolo caer "ex profeso".
 - b) un eclipse de sol
 - c) la refracción de un rayo de luz en una lente, en el laboratorio.
 - d) la presencia de corriente eléctrica en un circuito, usando un tester.

- 2) Se conocen los pesos y volúmenes de un conjunto de cuerpos sólidos macizos y del mismo material. ¿Qué hipótesis sobre la relación peso (P) - volumen (V) desecharía sin poner a prueba?

a) $P \propto V^2$	b) $P^2 \propto V$	c) $P \propto V$	d) $P \propto 1/V$
--------------------	--------------------	------------------	--------------------

- 3) Para resolver los ítems a), b), c) y d) tenga en cuenta la siguiente información:
Se extrae de una tabla el siguiente dato: 0,0224 m³.

a) ¿Cuál es la magnitud? - a.1) superficie - a.2) m³. - a.3) 0,0224. - a.4) volumen. - a.5) ninguna de las anteriores. b) ¿Cuál es el valor de la cantidad? - b.1) 0,0224. - b.2) 0,0224 m³. - b.3) 0,02. - b.4) 0,0001 m³. - b.5) ninguna de las anteriores.	c) ¿Cuál es la medida de esa cantidad? - c.1) 2,24. - c.2) 0,0001 m³. - c.3) 0,0224 m³. - c.4) 0,0224. - c.5) ninguna de las anteriores. d) ¿Cuál es la unidad? - d.1) kilogramo patrón. - d.2) volumen. - d.3) m³. - d.4) 0,0224. - d.5) ninguna de las anteriores.
---	--

- 4) Dadas las siguientes mediciones, decir cuáles son directas y cuáles son indirectas:
 - a) el volumen de aire contenido en una caja utilizando una regla
 - b) de la temperatura del medio ambiente con un termómetro.
 - c) de la superficie del piso del curso usando una cinta métrica.
 - d) de volúmenes de líquidos mediante una probeta.

- 5) Expresar las siguientes cantidades en notación científica:
 - a) 44 000 kg, la masa de una nave espacial Apolo.
 - b) 12 700 000 m, el diámetro medio de la tierra.
 - c) 0,000 02 kg, la masa de una estampilla.
 - d) 299 800 000 m/s, la velocidad de la luz en el vacío.
 - e) 0,000 18 s, la vida promedio de un isótopo radioactivo del actinio.
 - f) 60 300 000 m, radio del planeta Saturno.

6) Expresar en notación científica:

- a) $5,3 \text{ km}^2$ en m^2 .
- b) 752 cm^3 en m^3 .
- c) 17 cm^2 en m^2 .

7) ¿Cuál es el número de cifras significativas de cada una de las siguientes cantidades?

- a) 24,4 cm, altura de la página de un texto.
- b) 0,212 m, ancho de una hoja de papel A4.
- c) 3 600 s, números de segundos en una hora.
- d) 0,020 s, tiempo correspondiente a un ciclo de corriente alterna.
- e) $9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, masa de un electrón.
- f) 6 000 K, temperatura superficial del sol.
- g) $3,80 \cdot 10^5 \text{ km}$, distancia entre la Tierra y la Luna.

8) Redondear las siguientes cantidades manteniendo 2 cifras significativas:

- a) $9,8066 \text{ m/s}^2$, aceleración de la gravedad.
- b) 1738 km, radio de la Luna.
- c) 4 456 000 km, distancia mínima de Neptuno al Sol.
- d) 63,546 g, masa de un mol de átomos de cobre.
- e) $0,0224 \text{ m}^3$, volumen de un mol de gas ideal en CNPT.

MÓDULO Nº 2

CINEMÁTICA

UBICACIÓN TEMÁTICA

A partir de las experiencias cotidianas sabemos que el movimiento representa una variación continua de la posición de un objeto. Por ejemplo, si nos trasladamos conduciendo un auto de San Rafael a la ciudad de Mendoza nuestra posición sobre la superficie de la Tierra varía.

Una vez que desarrollemos este módulo estaremos en condiciones de responder interrogantes tales como: teniendo en cuenta que conducimos a una determinada velocidad promedio, ¿cuánto tiempo nos llevará recorrer la distancia que separa ambos lugares?

Hay que tener en cuenta para el desarrollo de esta práctica que el movimiento de un objeto en el espacio, al que denominamos *traslación*, puede ir acompañado de una rotación o una vibración del objeto. Tales movimientos pueden ser bastante complejos. Sin embargo a menudo es posible simplificar determinadas situaciones y desestimar tales movimientos. Así, cuando sólo se considera el movimiento de traslación en el espacio, un objeto puede ser tratado como una partícula.



1. INTRODUCCIÓN A LA CINEMÁTICA

Cinemática es una parte de la Física que se encarga de estudiar única y exclusivamente el movimiento de los cuerpos sin considerar las causas que lo originan. Cabe mencionar que la palabra “Cinema” significa movimiento.

La **primera exploración** relacionada con el **estudio experimental del movimiento** fue realizada por los **griegos**. Fue **Aristóteles quien intentó** entender el cambio de posición de los cuerpos celestes desde un *modelo geocéntrico*, considerando a La Tierra como el centro del Universo.

Galileo fundamentó sus estudios en la aceptación del **modelo heliocéntrico**, es decir, el sol como centro del Universo. Aristóteles y sus seguidores intentaban dar una explicación dialéctica al movimiento, en cambio **Galileo le concedió una gran importancia a la explicación matemática**.

Actualmente, uno de los campos fundamentales de investigación en Física es la **MECÁNICA**. Dentro de ella podemos distinguir dos ramas de trabajo científico:

- a) la cinemática
- b) la dinámica.

Mientras que la **Cinemática** se limita a la **descripción** del movimiento de los cuerpos; la **Dinámica** se ocupa de *las causas del movimiento y las formas en la que unos cuerpos influyen en el movimiento de otros*.

Para poder avanzar en el estudio de la Cinemática es necesario que dejemos en claro algunos conceptos que utilizaremos a lo largo de toda la unidad.

1.1 ¿Cuándo se mueve un cuerpo?

Resulta fácil decir que un cuerpo está en movimiento, pero es más difícil explicar lo que se quiere decir con eso.

Consideremos el caso de un alumno está sentado en un banco, participando de la clase de física. Ese alumno está en reposo con respecto al banco, al pizarrón o a las paredes del aula, etcétera. Si dicho alumno se levanta y empieza a caminar cambiaría posición. Está en movimiento con respecto a los cuerpos antes mencionados.

Veamos otro caso: una persona sube a un ómnibus de pasajeros en una estación terminal y se ubica en un asiento. Cuando el ómnibus está en movimiento dicha persona está en reposo con relación al propio ómnibus pero se mueve con el alejándose de la estación.

Esto muestra que un cuerpo puede estar en reposo y en movimiento simultáneamente, todo depende del punto de referencia que se considere. Además la estación terminal se mueve conjuntamente con el movimiento de rotación y traslación de la Tierra alrededor del Sol y en consecuencia tampoco es un punto fijo.

De los ejemplos señalados se puede deducir que: un cuerpo está en movimiento cuando se aleja o se acerca a un punto elegido como fijo. En otras palabras: un cuerpo está en movimiento cuando varían su distancia con relación al punto elegido como fijo.

Pero este principio no se pueda aplicar a todos los casos. Así si atamos un trozo de madera a una soga y lo hacemos girar a nuestro alrededor, el trozo se mueve recorriendo una circunferencia cuyo centro es nuestro cuerpo y la distancia con respecto a él no varía.

Por ese motivo, para definir el movimiento no se toman como referencia a un punto, sino a un sistema de coordenadas, al que se denomina sistema de referencia.

Para hacer referencia al **movimiento de una partícula considerada como un sistema**, utilizaremos *cantidades físicas vectoriales* tales como *desplazamiento, velocidad y aceleración*. La **descripción del movimiento** de un sistema puede realizarse de **diferentes maneras**:

- a) en forma dialéctica
- b) con expresiones algebraicas
- c) con gráficos

En vida cotidiana es fácil observar y comprobar que las cosas se mueven. Todo el mundo comprende más o menos lo que significa la palabra **movimiento**: algo se mueve si observamos que su posición cambia a medida que pasa el tiempo. Fácil, ¿verdad? Pero el movimiento es algo muy peculiar... y no todo el mundo se da cuenta de ello.

Observa la siguiente imagen: Juan está en tierra y Mario maneja el avión.



El **movimiento es relativo**, porque siempre hay que relacionarlo con alguien que lo observa. Según quién lo mire, un mismo movimiento puede parecer muy diferente para dos personas en situaciones distintas... ¡y las dos tienen razón! Por lo tanto, **no basta con decir que algo se mueve**, sino que es necesario **añadir respecto a qué se mueve**, *pues para Mario el avión está quieto y para Juan se mueve*.

Se dice **que**:

a) Un objeto se mueve si la **posición** de ese objeto **cambia a medida que transcurre el tiempo**.

b) El movimiento es **relativo**, el cuerpo se mueve respecto a “**algo**”.

Sólo estableciendo un **sistema de referencia** podremos afirmar que un objeto se mueve porque ocupa distintas *posiciones* con respecto al mismo. **Sólo se puede afirmar que un sistema se encuentra en movimiento si su posición a través del tiempo varía respecto a un sistema de referencia.**

1.1 Algunos Conceptos Fundamentales

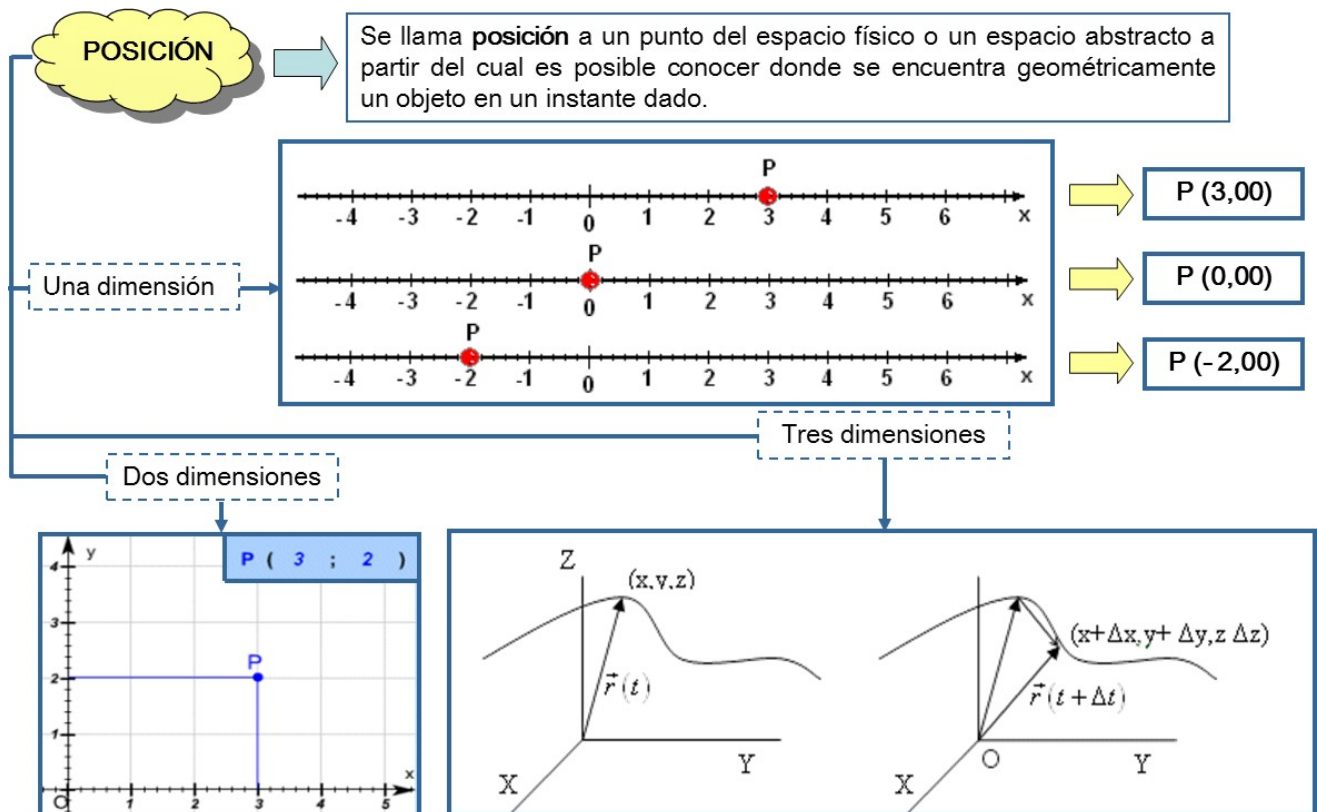
TRAYECTORIA

Podemos establecer que la trayectoria es **el conjunto de puntos del espacio que va ocupando sucesivamente el móvil a medida que transcurre el tiempo**.

La trayectoria de un móvil es el *camino* que describe durante su movimiento. Dependiendo del tipo de trayectoria, el movimiento puede ser rectilíneo o curvilíneo:

- Rectilíneo: se dice que es rectilíneo cuando la trayectoria es una línea recta.
- Curvilíneo: se dice que es curvilíneo cuando la trayectoria es una curva.

POSICIÓN



DESPLAZAMIENTO

Cuando un cuerpo modifica su posición se origina un *desplazamiento*. Si un objeto se mueve desde el punto x_1 al punto x_2 , se designa como **vector desplazamiento** al vector que une el punto de partida con el punto de llegada. Es decir, es el vector diferencia entre el vector posición del punto x_2 y el vector posición del punto x_1 :

$$\vec{d} = \Delta \vec{x} = (\vec{x}_2 - \vec{x}_1)$$

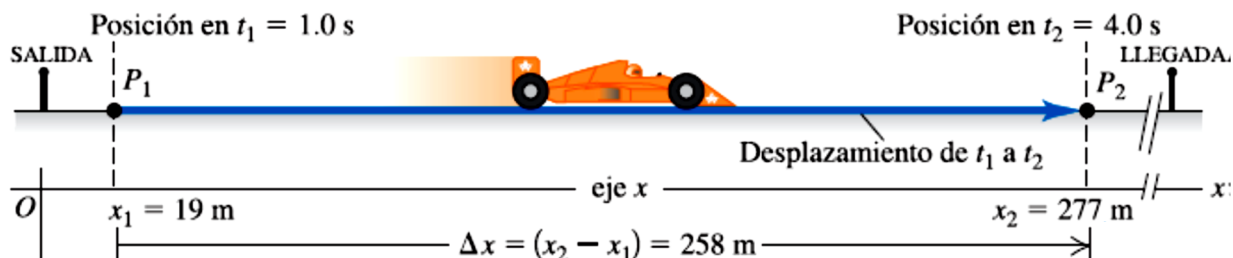
Su módulo toma el nombre de distancia.

Esta definición evidencia que el desplazamiento es positivo si la posición final es mayor que la posición inicial. Cuando trabajamos con movimientos en una dimensión un cuerpo se puede desplazar solamente en dos sentidos y se diferencian por los signos + (más) y - (menos).

**Por ejemplo:**

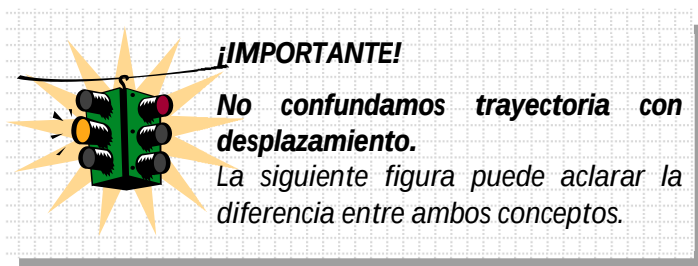
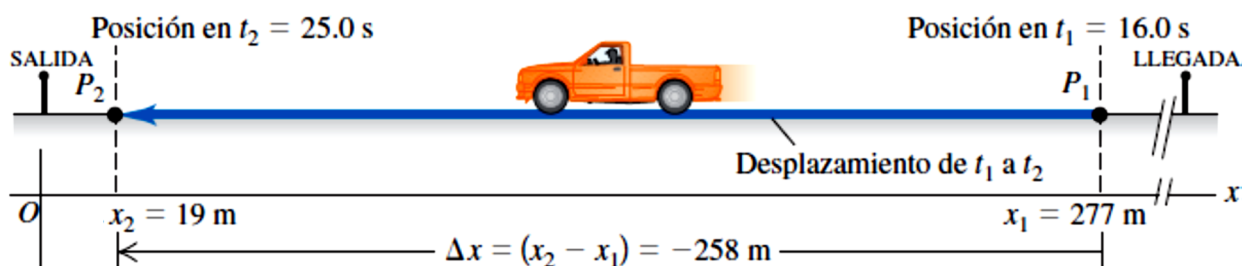
Si un auto de carrera se mueve hacia la derecha desde una posición inicial de 19 m a una posición final de 277 m, su desplazamiento es:

$$\vec{d} = \Delta \vec{x} = (\vec{x}_f - \vec{x}_i) = +277\text{m} - (19\text{m}) = +258\text{m}$$



Si ahora una camioneta recorre el mismo trayecto, pero en sentido contrario, es decir, se mueve hacia la izquierda desde una posición inicial de 277 m a una posición final de 19 m, su desplazamiento es:

$$\vec{d} = \Delta \vec{x} = (\vec{x}_f - \vec{x}_i) = +19\text{m} - (+277\text{m}) = -258\text{m}$$



Se muestran dos móviles: el muchacho y el automóvil, los cuales parten del mismo punto (A) con la intención de llegar al punto (B). Ambos eligen trayectorias diferentes, el muchacho elige el camino peatonal y el automóvil el de la pista; no obstante, el desplazamiento será el mismo para ambos.

VELOCIDAD

Comencemos por diferenciar dos términos: *rapidez* y *velocidad*. Estos términos *velocidad* y *rapidez* se utilizan sin discriminación en el lenguaje habitual. No obstante, en física, tienen diferente significado.

La *rapidez media* de un cuerpo es una *magnitud escalar*, se define como el cociente entre la distancia o espacio total recorrido por el móvil y el tiempo empleado.

Podemos definir entonces a la **rapidez o módulo de la velocidad** como la razón o cociente entre la distancia (segmento desde la posición $\mathbf{x}_0$ hasta la posición $\mathbf{x}$) y el intervalo de tiempo transcurrido.

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

siendo:

v : módulo de velocidad

d : distancia

Δt : intervalo de tiempo

Es una magnitud escalar. Se mide en m/s.

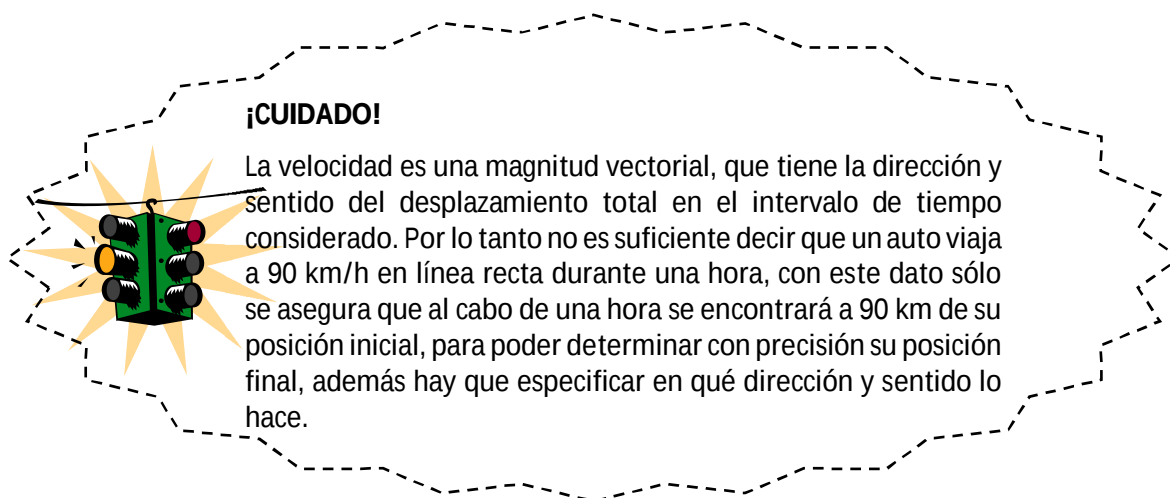
En tanto que la **velocidad** se define como la razón o cociente entre el desplazamiento (vector desde la posición $\mathbf{x}_1$ hasta la posición $\mathbf{x}_2$) y el intervalo de tiempo transcurrido.

$$\vec{v} = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$$

Es una magnitud vectorial. Se mide en m/s, gráficamente se representa con un vector.

Como podrás observar la **velocidad** es un **vector**, que resulta de la razón o cociente entre el vector desplazamiento y el escalar tiempo.

Velocidad instantánea ($\mathbf{v}$) es la velocidad que posee una partícula en un instante determinado. Es un vector tangente a la trayectoria y sentido el del movimiento.



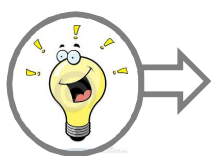
ACELERACIÓN

La **aceleración** se define como la razón o cociente entre la variación de la velocidad (vector desde la velocidad $\mathbf{v}_1$ hasta la velocidad $\mathbf{v}_2$) y el intervalo de tiempo transcurrido.

$$\bar{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Es una magnitud vectorial. Se mide en m/s^2 , gráficamente se representa con un vector.

Aceleración instantánea (a) es la aceleración que posee la partícula en un instante determinado (en cualquier punto de su trayectoria). Su dirección y sentido coincide con el vector cambio de la velocidad.



Resumen: En resumen, una aceleración aparece cuando el vector velocidad cambia, pudiendo cambiar su módulo, su dirección o ambos, entonces pueden aparecer dos tipos de aceleración:

La **velocidad** es una magnitud que contempla la rapidez de un móvil y su dirección, entonces los cambios que se produzcan en la velocidad serán debidos a:

- Variaciones de rapidez con el tiempo
- Variaciones de dirección con el tiempo

Aceleración Tangencial

**Aceleración Normal
(ó Centrípeta)**

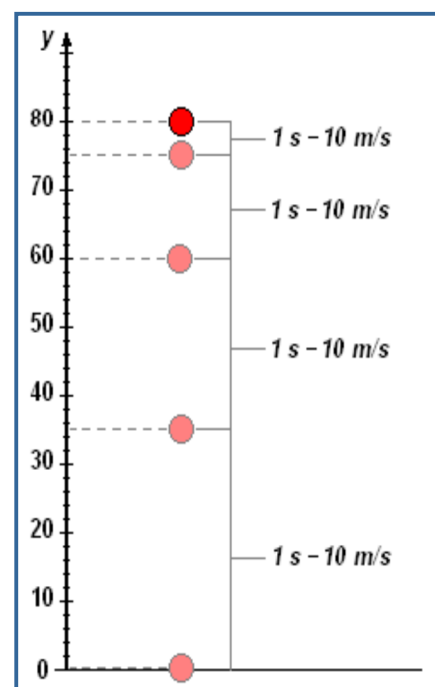


Ejemplo

Veamos un ejemplo de aceleración para una caída libre, donde se observa que la rapidez cambia 10 m/s , por cada segundo, es decir que:

$$\bar{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{10 \text{ m/s}}{1 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}^2$$

Intervalo	Rapidez media durante el intervalo	Distancia recorrida durante el intervalo	Distancia total (desde $t = 0$)
0 - 1 s	5 m/s	5 m	5 m
1 s - 2 s	15 m/s	15 m	20 m
2 s - 3 s	25 m/s	25 m	45 m
3 s - 4 s	35 m/s	35 m	80 m



¡IMPORTANTE!

- La aceleración aparece cuando varía la velocidad.
- El sentido del vector aceleración no necesariamente coincide con el sentido del movimiento del cuerpo.



Pregunta Rápida

¿En qué están más interesados los policías de tránsito, en la rapidez promedio o en la rapidez instantánea de los conductores?



Ejercicio de Aplicación

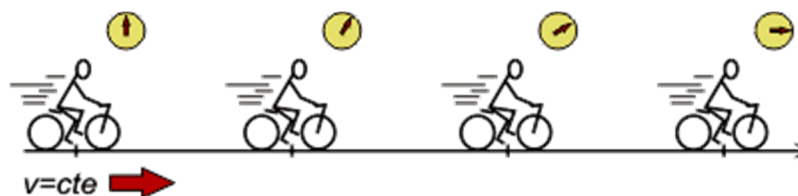
Alguna vez habrás conducido una bicicleta, o una moto o un automóvil. ¿Qué te permite variar la velocidad de ese móvil? Marca con una cruz lo que corresponda

- ☐ El acelerador en el auto o el pedal en la bicicleta
- ☐ El volante
- ☐ Los frenos
- ☐ Todo lo anterior es correcto



2. MOVIMIENTO RECTILINEO UNIFORME (MRU)

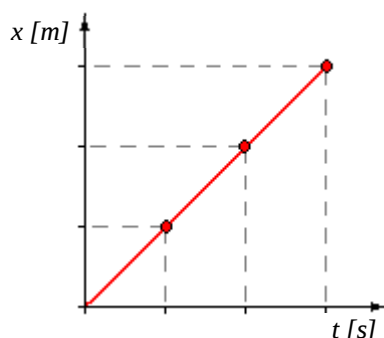
Se trata del tipo de movimiento más sencillo. Su nombre lo caracteriza: la palabra **rectilíneo** indica que la **trayectoria** coincide con una recta; y la palabra **uniforme** que la **velocidad** del móvil es constante.



El **Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU)** es el movimiento más sencillo que se presenta en la naturaleza y es factible de ser estudiado. **La característica que lo define es que la velocidad del sistema es constante.** Decimos que la **velocidad** es **constante** cuando su *módulo, dirección y sentido permanecen invariable*. En este caso la **velocidad media coincide** con la **velocidad instantánea**.

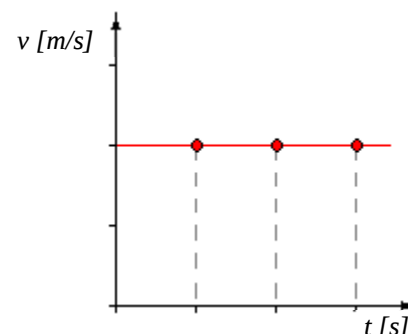
Los **modelos matemáticos** se pueden llevar a **modelos gráficos**, representando las variables en los ejes cartesianos. Estas gráficas te permiten **describir el movimiento que ha tenido un sistema como así también calcular las magnitudes involucradas en el movimiento**.

Un gráfico posición – tiempo típico de MRU es el siguiente:



Cualquier recta oblicua puede representar un MRU. Si la inclinación es ascendente decimos que se trata de un movimiento de avance. Si la recta es descendente representa un movimiento de retroceso. Si la recta fuese horizontal representaría un móvil que no cambia la posición, está detenido o en reposo. La orientación que nunca se puede dar es la vertical: indicaría que el móvil se encuentra en infinitas posiciones en un mismo instante... imposible.

Si analizamos la gráfica velocidad – tiempo para el MRU vemos que en cada instante la velocidad es siempre la misma, es decir, tendremos velocidad constante, que es la característica del MRU.



2.1 Ecuaciones Horarias del MRU

Las ecuaciones horarias son las expresiones matemáticas que permiten averiguar en qué posición se encuentra el móvil en un instante dado.

Teniendo presente que x_0 es la posición en un instante t_0 y x la posición en el instante t , en un movimiento rectilíneo uniforme la velocidad v será:

$$v = \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

La expresión se puede reordenar para hallar una ecuación que nos permita hallar la posición final del móvil:

$$x = x_0 + v \cdot (t - t_0)$$

Por lo general, tomamos $t_0 = 0$ s, entonces la ecuación anterior queda:

$$x = x_0 + v \cdot t$$

Ecuación horaria del MRU. Si se conocen los parámetros x_0 y v se puede determinar la posición del móvil para cualquier tiempo t .



3. MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO (MRUV)

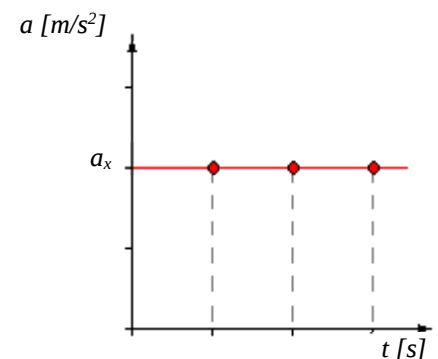
Se trata de un tipo de movimiento muy característico, que además de sencillo, aparece bastante seguido en la naturaleza. Su nombre lo caracteriza: la palabra **rectilíneo** indica que la **trayectoria** coincide con una **recta**; y la palabra **variado** alude a la velocidad, que ya no es constante... pero que varía **uniformemente**.



Dijimos anteriormente que si había variación de la velocidad, entonces existe una **aceleración**. Dicha aceleración será constante, dado que la velocidad cambia al mismo ritmo todo el tiempo. Por tanto, si hiciéramos una gráfica aceleración – tiempo, tendría una forma similar a la que vemos en la figura.

Dijimos que la aceleración era la variación de velocidad en función del tiempo, entonces:

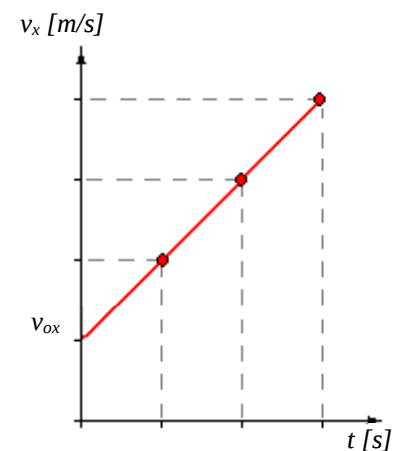
$$a_x = \frac{v_x - v_{ox}}{t - t_o}$$



Si tomamos $t_o = 0$ s, y despejamos velocidad para el instante t , tendremos:

$$v_x = v_{ox} + a_x \cdot t$$

Como vemos, obtenemos la ecuación de una recta cuya pendiente es la aceleración.

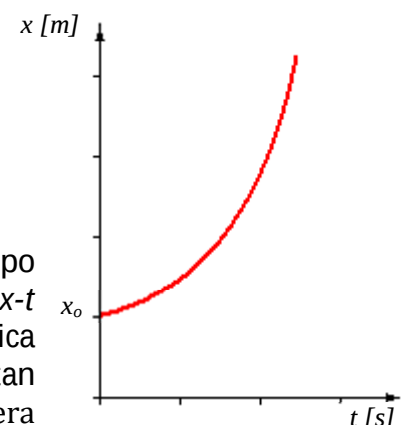


Si representamos la velocidad en función del tiempo obtenemos una gráfica como la representada en la figura. Como vemos, se trata de una recta cuya pendiente es la aceleración (para el caso que la aceleración sea constante).

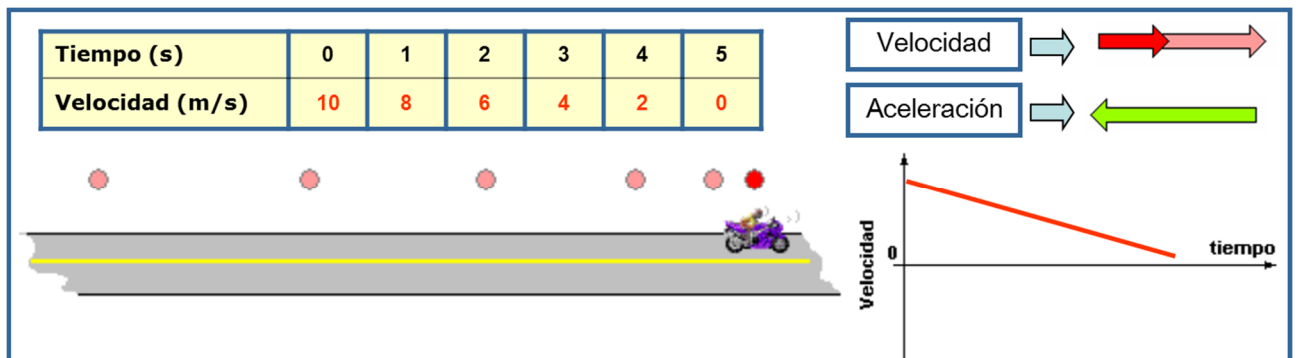
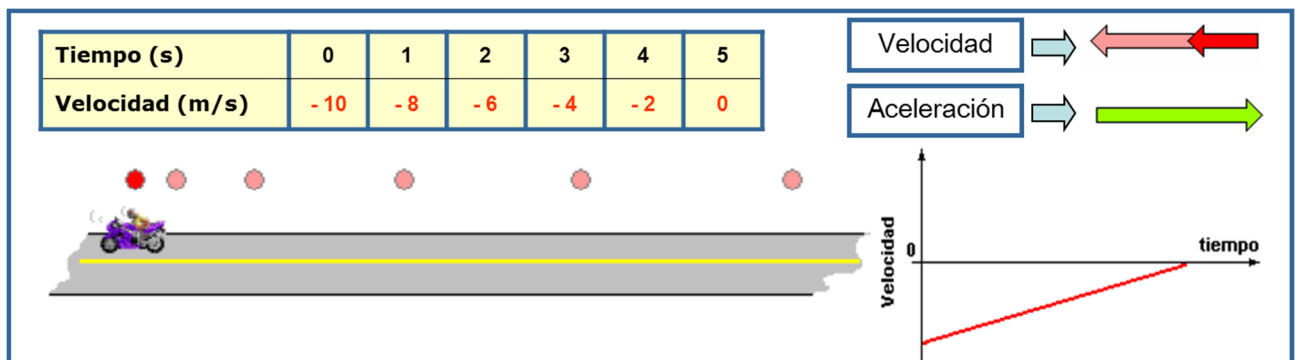
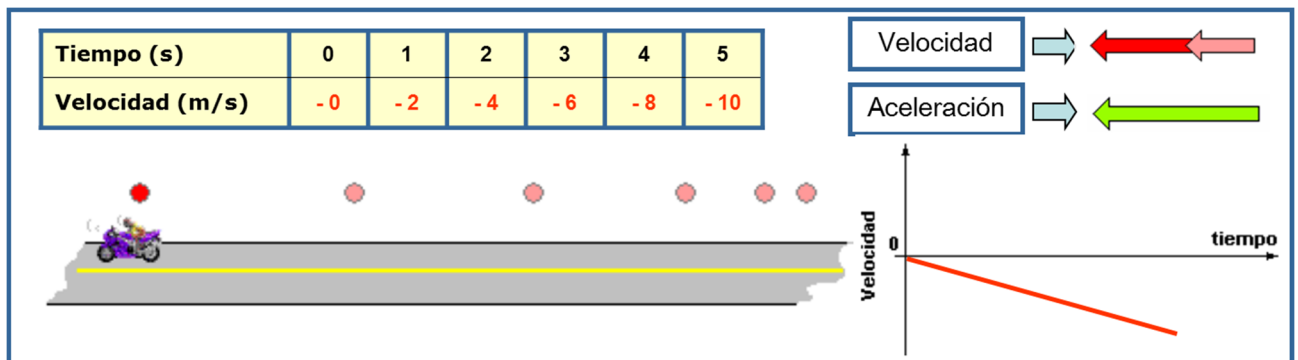
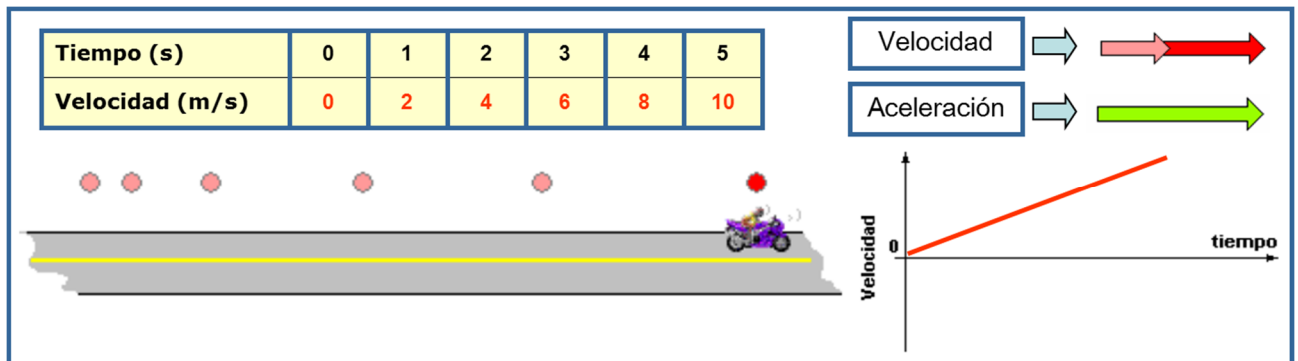
Por último, la ecuación horaria que nos permite determinar la posición de un móvil en un instante t es:

$$x = x_o + v_{ox} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a_x \cdot t^2$$

En la figura vemos representada la gráfica de posición – tiempo para un movimiento con aceleración constante. La gráfica $x-t$ para aceleración constante siempre es una **parábola**. La gráfica es cóncava hacia arriba. La pendiente y la velocidad aumentan continuamente, así que la aceleración es positiva. Si a_x fuera negativa, la gráfica $x-t$ sería cóncava hacia abajo.



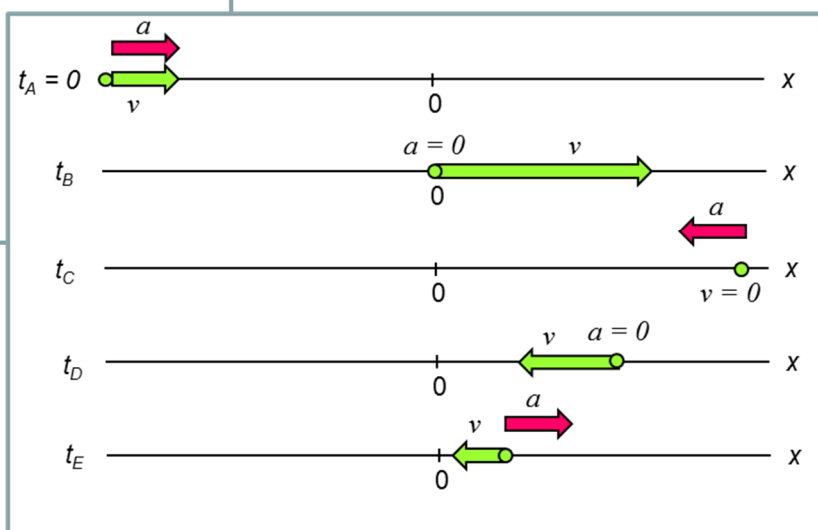
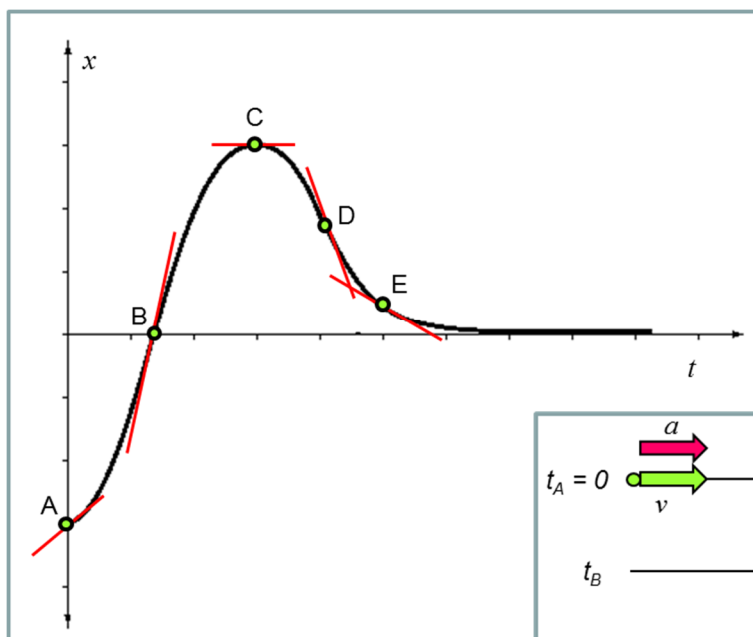
Ahora bien, cuando una aceleración es positiva ¿el móvil aumenta su velocidad? Y si la aceleración es negativa ¿el móvil frena? Uno esperaría que esto fuera así, pero veremos a continuación algunos ejemplos que nos permitirán aclarar estas dudas. Recordemos que en una gráfica de velocidad en función del tiempo, la pendiente de la recta es la aceleración.



Viendo cada una de las imágenes anteriores podemos sacar la siguiente conclusión:

- ➔ Si la velocidad y la aceleración van en el mismo sentido, el móvil aumenta su rapidez.-
- ➔ Si la velocidad y la aceleración van en sentidos opuestos, el móvil disminuye su rapidez.-

Vemos entonces que si representamos el movimiento del motociclista en un gráfico $x-t$ tendremos:



	GRÁFICA $x-t$	MOVIMIENTO DE LA PARTÍCULA.
A	Pendiente positiva, curvatura hacia arriba, así que $v_x > 0$, $a_x > 0$	Se mueve en dirección $+x$, acelerando.
B	Pendiente positiva, curvatura cero, así que $v_x > 0$, $a_x = 0$	Se mueve en dirección $+x$, la rapidez no cambia.
C	Pendiente cero, curvatura hacia abajo, así que $v_x = 0$, $a_x < 0$	Instantáneamente en reposo, la velocidad cambia de $+a$ a $-$
D	Pendiente negativa, curvatura cero, así que $v_x < 0$, $a_x = 0$	Se mueve en dirección $-x$, la rapidez no cambia.
E	Pendiente negativa, curvatura hacia arriba, así que $v_x < 0$, $a_x > 0$	Se mueve en dirección $-x$, frenando.

3.1 Caída Libre

El ejemplo más conocido de movimiento con aceleración (casi) constante es la caída de un objeto bajo la influencia de la atracción gravitacional de la Tierra. Esto ha interesado a filósofos y científicos desde la antigüedad. En el siglo IV a.C. Aristóteles pensaba (erróneamente) que los objetos pesados caen con mayor rapidez que los ligeros, en proporción a su peso. Diecinueve siglos después, Galileo afirmó que los cuerpos caen con una aceleración constante e independiente de su peso.

Si puede desestimarse el efecto del aire, Galileo está en lo cierto; todos los cuerpos en un lugar específico caen con la misma aceleración hacia abajo, sea cual sea su tamaño o peso. Si la distancia de caída es pequeña en comparación con el radio terrestre, la aceleración es constante.

La aceleración constante de un cuerpo en caída libre se llama aceleración debida a la gravedad, y denotamos su magnitud con g . Por lo regular, usaremos el valor aproximado de g cerca de la superficie terrestre:

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

El valor exacto varía según el lugar, así que normalmente sólo lo daremos con dos cifras significativas.

Cuando usamos la expresión *objeto en caída libre*, no necesariamente queremos decir que el objeto caiga desde una posición de reposo. **Un objeto en caída libre es un objeto que se mueve únicamente bajo la influencia de la gravedad, independientemente de su estado de movimiento inicial.**

Aunque hablamos de cuerpos que caen, los que describen un movimiento ascendente experimentan la misma aceleración en caída libre (magnitud y dirección). Es decir, no importa si una partícula se desplaza hacia arriba o hacia abajo, la dirección de su aceleración bajo la influencia de la gravedad terrestre siempre será hacia abajo.

Las ecuaciones que emplearemos para la resolución de problemas de caída libre son las de aceleración constante con $a = g$, entonces tendremos:

$$y = y_o + v_{oy} \cdot t \pm \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

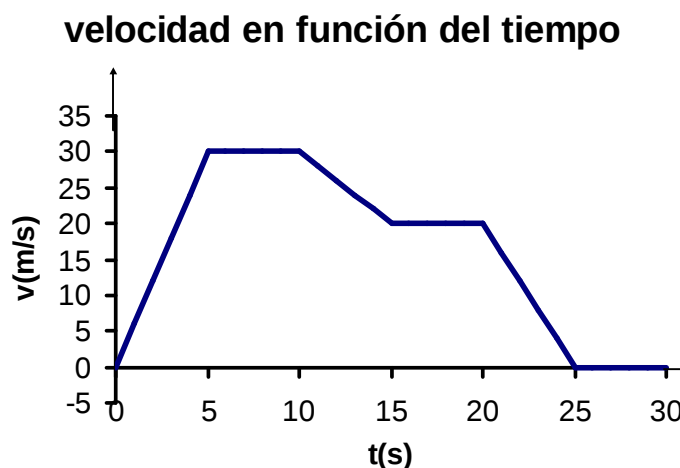
$$v_y = v_{oy} \pm g \cdot t$$

$$v_y^2 = v_{oy}^2 \pm 2 \cdot g \cdot (y - y_o)$$

**PARA SEGUIR PENSANDO Y DISCUTIENDO...**

- 9) Un aeroplano viaja hacia el norte a 300 km/h mientras otro viaja hacia el sur también a 300 km/h. ¿Son iguales sus velocidades?
- 10) Cite un ejemplo de un cuerpo que posea aceleración mientras viaja con rapidez constante.
- 11) Cite el ejemplo de un cuerpo que posea aceleración mientras viaja con velocidad constante.
- 12) ¿Puede un objeto tener rapidez constante y, a pesar de ello, velocidad variable?
- 13) ¿Cuál es la aceleración de un vehículo que se mueve con una velocidad constante de 100 km/h durante una hora?
- 14) Un automóvil se mueve hacia el este pero el sentido de su aceleración es hacia el oeste. ¿Qué puede decirse de la forma en que la velocidad depende del tiempo?
- 15) El velocímetro de un automóvil indica constantemente 72 km/h. a) ¿Puede Ud. afirmar que el automóvil no está acelerado?, b) proponga un nombre más adecuado para el velocímetro, c) exprese la indicación del instrumento en m/s.
- 16) ¿Cuál es la máxima aceleración posible que puede tener un cuerpo que rueda por un plano inclinado?
- 17) Suponga que un cuerpo en caída libre está equipado con un velocímetro. ¿En cuánto variará la indicación del instrumento en cada segundo de caída?
- 18) Se arroja un objeto verticalmente hacia arriba, a) ¿cuánto decrece la velocidad durante el ascenso por cada segundo transcurrido? y b) ¿cuánto vale la velocidad en el punto en que el objeto alcanza la altura máxima? Desprecie el rozamiento.
- 19) ¿Es posible que un móvil posea velocidad nula y aceleración distinta de cero en un instante cualquiera?
- 20) Si Ud. deja caer un objeto su aceleración es $9,8 \text{ m/s}^2$. ¿Sería su aceleración más grande si en lugar de dejarlo caer Ud. lo tirara hacia abajo con una cierta velocidad? Desprecie el rozamiento.
- 21) Cuando un objeto cae libremente:
 - a) aumenta su velocidad.
 - b) aumenta su aceleración.
 - c) aumentan su velocidad y aceleración.
 - d) ninguna de las anteriores es correcta.

- 22) Si un objeto liviano y otro pesado se dejan caer juntos desde el reposo, en el vacío, el objeto más pesado llegará al suelo:
- antes que el más liviano.
 - después que el más liviano.
 - junto con el más liviano.
- 23) Decir que un cuerpo está acelerado significa que:
- está en reposo.
 - se está moviendo.
 - está en reposo o se mueve con velocidad constante.
 - su estado de movimiento está cambiando.
- 24) La aceleración se define como:
- un cambio en la rapidez.
 - un cambio en la velocidad.
 - la razón de la variación de la velocidad al tiempo en que tiene lugar esa variación.
 - la razón de la variación de la rapidez al tiempo en que tiene lugar esa variación.
- 25) El gráfico corresponde a un prototipo que transita una trayectoria recta.



De acuerdo al mismo, responde:

- El tipo de movimiento que posee en cada intervalo de tiempo, justificando.
 - La velocidad y aceleración en cada tramo.
 - La posición al cabo de los 30 segundos.
- 26) Un coche incrementa su velocidad 36 km/h en 10 segundos. Su aceleración es:
- 2 km/h²
 - 0,01 km/h²
 - 13 m/s²
 - 1 m/s²

MÓDULO Nº 3

DINÁMICA

UBICACIÓN TEMÁTICA

En la última guía vimos cómo describir el movimiento. Sin embargo, ¿cuáles son las causas del movimiento? Por ejemplo, ¿cómo puede un remolcador empujar un transatlántico que es mucho más pesado que él? ¿Por qué se necesita una distancia larga para detener el barco una vez que está en movimiento? ¿Por qué es más difícil controlar un auto en hielo mojado que en concreto seco? Las respuestas a estas preguntas y a otras referidas al movimiento de los cuerpos que podemos llegar a hacernos nos llevan al campo de la **dinámica**, que estudia la relación que existe entre el movimiento y las fuerzas que lo causan.



Hasta aquí habíamos estudiado la **cinemática**, el lenguaje que *describe* el movimiento. Ahora estamos en condiciones de pensar en qué hace que los cuerpos se muevan como lo hacen.

Veremos además algunos conceptos básicos sobre trabajo y energía, y la transformación de una forma de energía en otra.

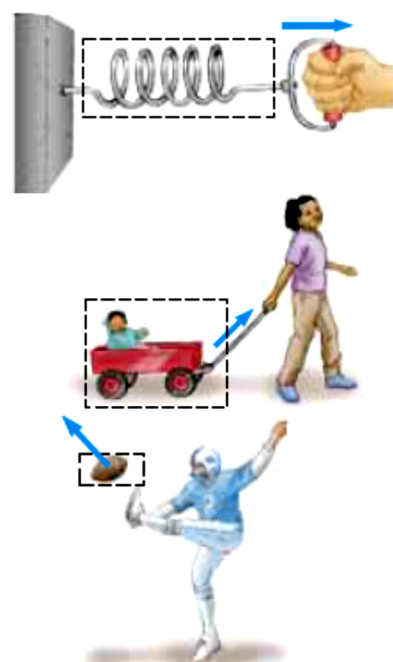
Comencemos entonces a introducirnos en este estudio...

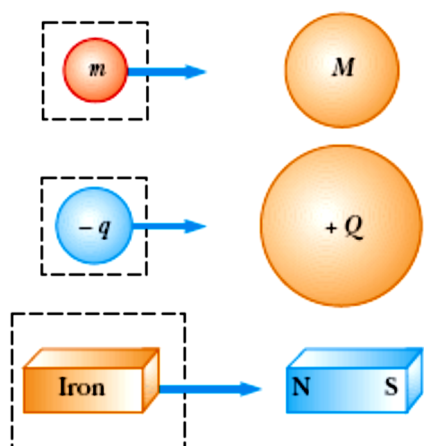


1. EL CONCEPTO DE FUERZA

En la vida cotidiana, **fuerza** es un empujón o tirón. El concepto de fuerza nos da una descripción cualitativa de la interacción entre dos cuerpos o entre un cuerpo y su entorno. Cuando empujamos un auto atascado en la nieve estamos ejerciendo fuerza sobre él, una locomotora ejerce una fuerza sobre el tren que arrastra, etcétera.

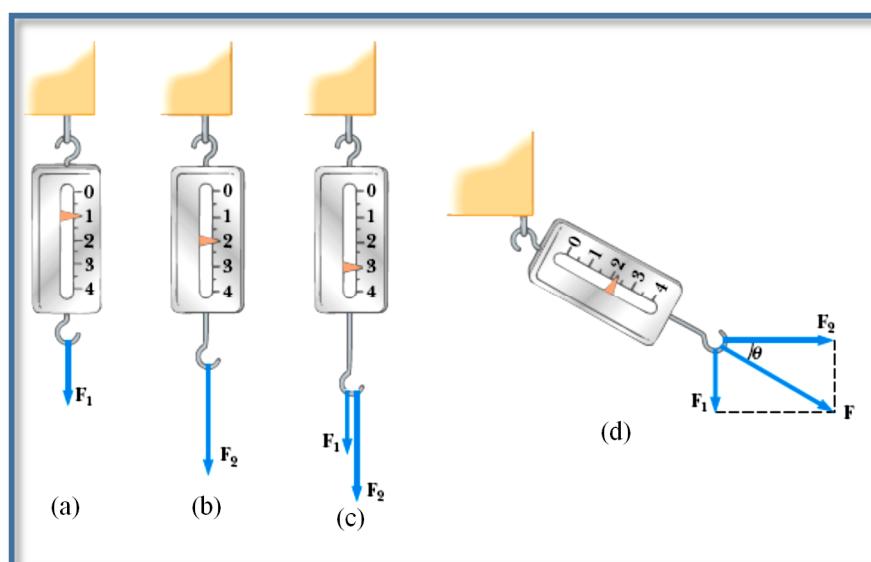
Debemos ahora hacer una distinción. Cuando una fuerza implica contacto directo entre dos cuerpos, la llamamos **fuerza de contacto**. Por ejemplo, si se estira un resorte, el mismo se alarga. Si el resorte está calibrado, la distancia que se alarga se puede utilizar para medir la intensidad de la fuerza. Si un niño tira de un cochecito, este último se desplaza. Cuando se da una patada a un balón, el objeto se deforma y se pone en movimiento. Todos estos son ejemplos de fuerzas de contacto y podemos verlos en la figura.





También hay fuerzas que actúan aunque los cuerpos estén separados, es decir, no implican contacto físico entre dos objetos. A estas fuerzas se las denomina **de largo alcance**. La fuerza gravitacional entre dos objetos que da lugar a la aceleración de caída libre es un ejemplo de este tipo de fuerzas. Esta fuerza de gravitación mantiene a los objetos ligados a la Tierra y ocasiona lo que conocemos como *peso* de un objeto. Los planetas de nuestro sistema solar están sometidos a la acción de las fuerzas gravitacionales. Otro ejemplo común de fuerza de largo alcance es la fuerza eléctrica que una carga eléctrica ejerce sobre otra, como vemos en la figura. Un tercer ejemplo fuerzas de largo alcance lo constituye la fuerza que un imán ejerce sobre un trozo de hierro.

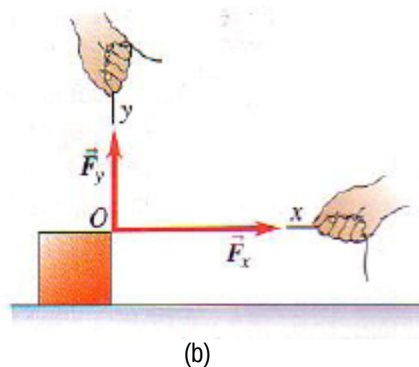
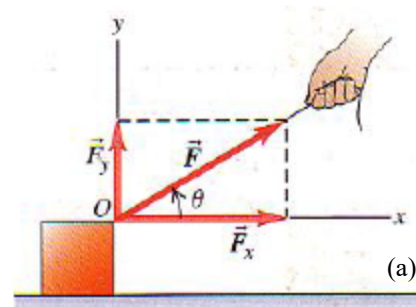
La **fuerza** es una cantidad vectorial; podemos empujar o tirar de un objeto en diferentes direcciones. Por tanto, para describir una fuerza debemos indicar su *dirección* de acción y su *magnitud*, la cantidad que describe “cuánto” o “qué tan fuerte” la fuerza empuja o tira.



Un instrumento común para medir fuerzas es una balanza de resorte, o dinamómetro, que consiste en un resorte protegido en una caja, con un puntero conectado a un extremo. Cuando se aplican fuerzas a los extremos del resorte, éste se estira; la cantidad de estiramiento depende de la fuerza. Puede establecerse una escala para el puntero y calibrarlo definiendo la fuerza unitaria $\mathbf{F}_1$ como la fuerza que produce un alargamiento de 1 cm, como vemos en la figura (a). Podemos usar luego este instrumento para medir la magnitud de una fuerza desconocida. Si se aplica una fuerza $\mathbf{F}_2$ como muestra la figura (b), y ésta produce un alargamiento de 2 cm, la magnitud de $\mathbf{F}_2$ es de 2 unidades. Si *dos* fuerzas $\mathbf{F}_1$ y $\mathbf{F}_2$ actúan al mismo tiempo en un punto del cuerpo, los experimentos muestran que el efecto sobre el movimiento del cuerpo es igual al de una sola fuerza $\mathbf{R}$ igual a la suma vectorial de las fuerzas originales $\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$. Un ejemplo lo vemos en la figura (c), donde ambas fuerzas actuando conjuntamente producen un alargamiento de 3 cm. Finalmente, si las dos fuerzas $\mathbf{F}_1$ y $\mathbf{F}_2$ se aplican en direcciones perpendiculares, como se muestra en la figura (d), el alargamiento será:

$$\sqrt{(1,00)^2 + (2,00)^2} \text{ cm} = \sqrt{5,00} \text{ cm} = 2,24 \text{ cm}$$

El descubrimiento experimental de que las fuerzas se combinan por suma vectorial es de enorme importancia. Usaremos este hecho muchas veces en nuestro estudio, pues nos permite sustituir una fuerza por sus vectores componentes. Por ejemplo, en la figura la fuerza $\vec{F}$ actúa sobre el cuerpo en el punto O . Los vectores componentes de $\vec{F}$ en las direcciones Ox y Oy son $\vec{F}_x$ y $\vec{F}_y$, como vemos en la figura (a).



Si éstos se aplican simultáneamente, como vemos en la figura (b), el efecto es idéntico al de la fuerza original $\vec{F}$. *Cualquier fuerza puede ser sustituida por sus componentes, actuando en el mismo punto.*

Las componentes de los vectores $\vec{F}_x$ y $\vec{F}_y$ serán:

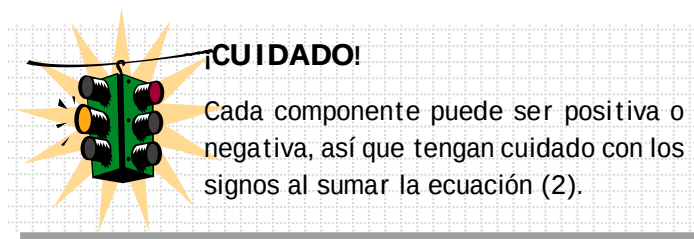
$$F_x = F \cdot \cos \theta \quad \text{y} \quad F_y = F \cdot \sin \theta$$

A menudo necesitaremos obtener la suma vectorial (resultante) de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo. Llamaremos a esto **fuerza neta** que actúa sobre el cuerpo. Usaremos la letra griega Σ para denotar sumatoria. Si las fuerzas son $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$, etc., abreviamos la sumatoria así:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = \Sigma \vec{F} \quad (1)$$

La versión con componentes de la ecuación (1) es el par de ecuaciones:

$$R_x = \Sigma F_x \quad \text{y} \quad R_y = \Sigma F_y \quad (2)$$



Una vez que se tienen R_x y R_y , puede obtenerse la magnitud y dirección de la fuerza neta $\vec{R} = \Sigma \vec{F}$ que actúa sobre el cuerpo. La magnitud es:

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

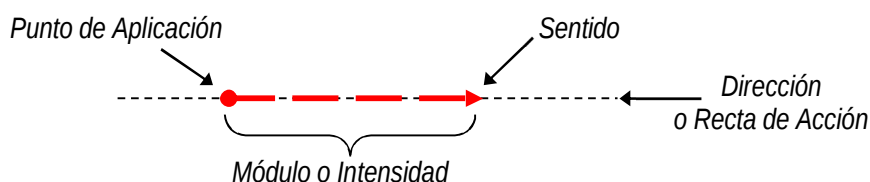
y el ángulo θ entre $\vec{R}$ y el eje $+x$ puede obtenerse de la relación:

$$\tan \theta = \frac{R_y}{R_x}$$

Las componentes R_x y R_y pueden ser positivas, negativas o cero, y θ puede estar en cualquier cuadrante.

Representación gráfica de una fuerza

Las fuerzas se representan por medio de vectores. Un vector es un segmento orientado caracterizado por: punto de aplicación, dirección, sentido, módulo o intensidad.



Equilibrio de fuerzas

Dos fuerzas aplicadas a un mismo punto se equilibran cuando son de igual intensidad, misma dirección y sentidos contrarios.



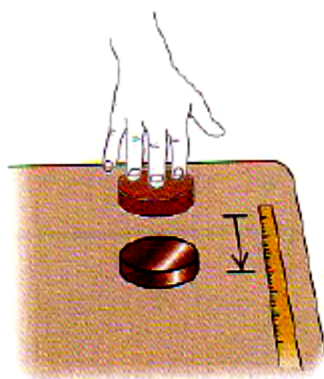
Cuerpo Rígido

Llamamos así a todo cuerpo que sometido a la acción de una fuerza, mantiene constante la distancia entre dos puntos cualesquiera de dicho cuerpo, es decir, que el cuerpo no se deforma. Toda fuerza trasladada sobre su recta de acción tiene el mismo efecto.

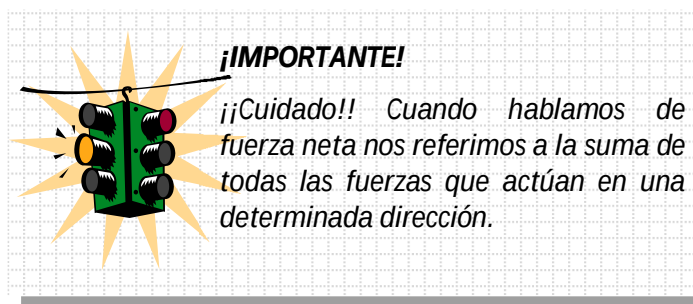


2. PRIMERA LEY DE NEWTON

Hemos visto algunas propiedades de las fuerzas, pero no hemos visto cómo afectan el movimiento de los cuerpos. Comencemos por considerar qué sucede cuando la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo es *cero*.

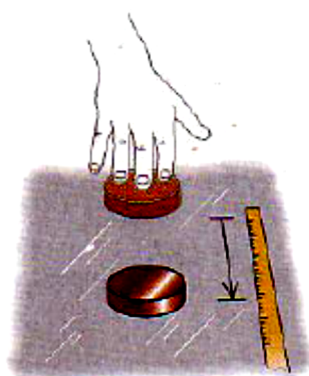


(a) Mesa:
el disco se detiene pronto

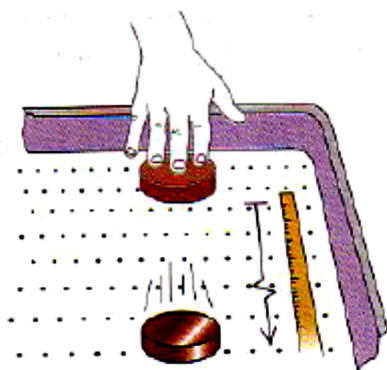


Sabemos que si un cuerpo se encuentra en reposo y no actúa ninguna fuerza neta sobre él, el cuerpo permanecerá en reposo. Pero, ¿qué pasa si una fuerza neta es cero y actúa sobre un cuerpo *en movimiento*?

Supongamos que deslizamos un disco de hockey sobre una mesa horizontal, aplicándole una fuerza horizontal con la mano como vemos en la figura (a). Cuando dejamos de empujar, el disco *no* sigue moviéndose indefinidamente; se frena y para. Para que siga moviéndose es necesario seguir empujando.



(b) Piso encerado:
el disco se desliza más lejos



(c) Mesa de hockey de aire:
el disco se desliza más lejos aún

Imaginemos ahora que empujamos el disco en una superficie lisa como un piso recién encerado (b). Al dejar de empujar, el disco se desliza mucho más lejos antes de parar. Coloquémoslo en una mesa de aire, donde flota sobre un “colchón” de aire, y llegará mucho más lejos antes de detenerse (c).

En cada caso, lo que frena al disco es la *fricción*, una interacción entre la superficie inferior del disco y la superficie sobre la que desliza. La diferencia en los tres casos es la magnitud de la fuerza de fricción. Las moléculas de gas de la mesa de aire son las que menos fricción ejercen. Si pudiéramos eliminar totalmente la fricción, el disco nunca frenaría, y no necesitaríamos fuerza alguna para que siga en movimiento.

Esto demuestra que si ninguna fuerza actúa sobre un cuerpo, éste permanece en reposo o bien se mueve con velocidad constante en línea recta. Una vez que el cuerpo se pone en movimiento, no se necesita una fuerza neta para mantenerlo en movimiento; en otras palabras:

Un cuerpo sobre el que no actúa una fuerza neta se mueve con velocidad constante (que puede ser cero) y cero aceleración.



Primera ley del movimiento de Newton

Si sobre un cuerpo no actúan fuerzas, o actúan varias fuerzas cuya resultante es cero, decimos que el cuerpo está en **equilibrio**. En equilibrio, un cuerpo está en reposo o se mueve en línea recta con velocidad constante. Para un cuerpo en equilibrio, la fuerza neta es cero:

$$\Sigma \vec{F} = 0 \quad (\text{cuerpo en equilibrio}) \quad (3)$$

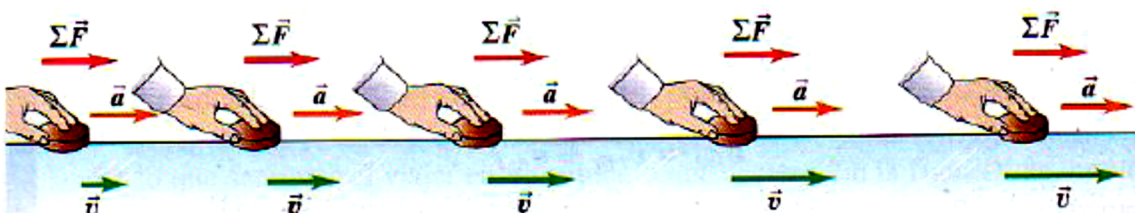
Para que se cumpla, cada componente de la fuerza neta debe ser cero, así que:

$$\Sigma F_x = 0 \quad \Sigma F_y = 0 \quad (\text{cuerpo en equilibrio}) \quad (4)$$

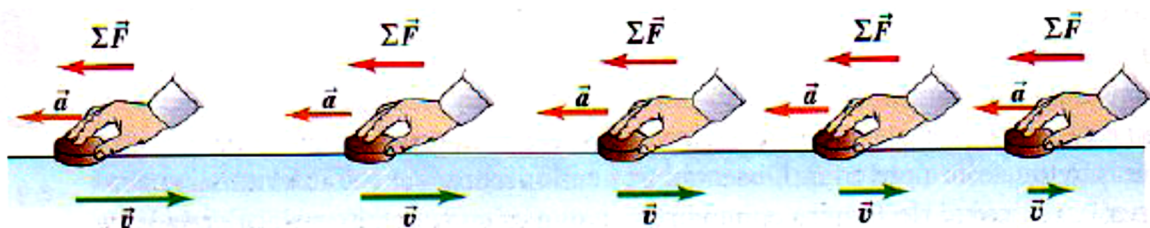


3. SEGUNDA LEY DE NEWTON

Hemos visto que cuando ninguna fuerza, o una fuerza neta cero, actúa sobre el cuerpo, éste se mueve con velocidad constante y aceleración cero. Sin embargo, ¿qué sucede si la fuerza neta *no* es cero?



En la figura anterior vemos que se aplica una fuerza horizontal constante y en la misma dirección horizontal que $\vec{v}$. Vemos que, mientras la fuerza actúa, la velocidad del disco cambia a ritmo constante; es decir, el disco se mueve con aceleración constante. La rapidez del disco aumenta, así que $\vec{a}$ tiene el mismo sentido que $\vec{v}$ y $\Sigma \vec{F}$.



Ahora vemos que, si invertimos la dirección de la fuerza sobre el disco de modo que $\Sigma \vec{F}$ actúe en la dirección opuesta de $\vec{v}$, el disco se mueve cada vez más lentamente hacia la derecha. Si la fuerza a la izquierda sigue actuando, llegará el momento en que el disco pare y comience a moverse con rapidez creciente a la izquierda. La aceleración $\vec{a}$ será a la izquierda, en la misma dirección que $\Sigma \vec{F}$. Tanto esta experiencia como la anterior muestran que $\vec{a}$ es constante si $\Sigma \vec{F}$ lo es.

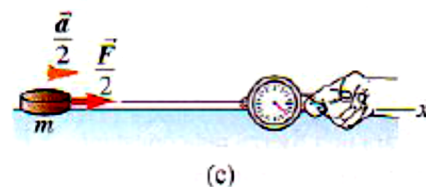
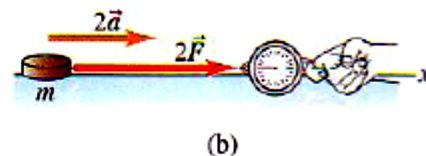
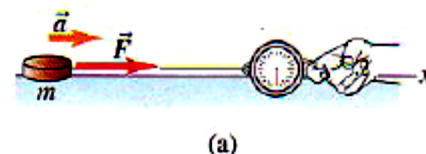


CONCLUSIÓN:

La presencia de una fuerza neta que actúa sobre el cuerpo hace que éste se acelere. La dirección de la aceleración es la de la fuerza neta.

Estas conclusiones sobre fuerza neta y aceleración también son válidas para cuerpos que se mueven en una trayectoria curva.

Aplicamos una fuerza horizontal constante al disco de hockey en una superficie horizontal sin fricción, usando una balanza de resorte, con el resorte estirado una cantidad constante (figura a). Al igual que en los ejemplos anteriores, esta fuerza horizontal es la fuerza neta sobre el disco. Si alteramos la magnitud de la fuerza neta, vemos que la aceleración cambia en la misma proporción. Duplicar la fuerza neta duplica la aceleración, como vemos en la figura (b). Reducir a la mitad la fuerza hace lo propio con la aceleración (c). Es decir,



Para un cuerpo dado, la magnitud de la aceleración es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él, e inversamente proporcional a su masa.

Para un cuerpo dado, el cociente de la magnitud $|\Sigma \vec{F}|$ de la fuerza neta entre la magnitud $a = |\Sigma \vec{a}|$ de la aceleración es constante, sea cual sea la magnitud de la fuerza neta. Llamamos a este cociente masa inercial, o simplemente **masa** del cuerpo y la denotamos con m . Es decir,

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

$$|\Sigma \vec{F}| = m \cdot a \quad (5)$$

Esta ecuación define la masa y también nos dice cómo medirla.

Masa y Fuerza

La unidad de masa en el SI es el **kilogramo**. Podemos utilizar este kilogramo junto con la ecuación (5), para definir el **newton**:

El newton es la cantidad de fuerza neta que proporciona una aceleración de un metro por segundo cuadrado a un cuerpo con masa de un kilogramo.

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

La ecuación (5) relaciona la magnitud de la fuerza neta sobre un cuerpo con la magnitud de la aceleración que produce. También vimos que el sentido de la fuerza es igual al sentido de la aceleración, sea la trayectoria del cuerpo recta o curva. Newton juntó todas estas relaciones y resultados experimentales en un solo enunciado conciso:

Si una fuerza externa neta actúa sobre un cuerpo, éste se acelera. La dirección y el sentido de la aceleración son los mismos que los de la fuerza neta. El vector de fuerza neta es igual a la masa del cuerpo multiplicada por su aceleración.



Segunda ley del movimiento de Newton

En símbolos,

$$\Sigma \mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a} \quad (\text{segunda ley de Newton}) \quad (6)$$

Masa y Peso

El *peso* de un cuerpo es una fuerza que nos es familiar: es la fuerza con que la Tierra atrae al cuerpo. En tanto que la masa caracteriza las propiedades *inerciales* de un cuerpo. Vemos en la (6) que a mayor masa, más fuerza se necesita para causar una aceleración dada. El peso, en cambio, es una *fuerza* ejercida sobre un cuerpo por la atracción de la Tierra. Si queremos saber qué relación exacta hay entre masa y peso, debemos ver que un cuerpo en caída libre tiene una aceleración igual a g y, por la segunda ley de Newton, una fuerza debe producir esa aceleración. Si un cuerpo de 1 kg cae con una aceleración de $9,8 \text{ m/s}^2$, la fuerza requerida tiene magnitud

$$F = m \cdot a = 1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 9,8 \text{ N}$$

La fuerza que hace que el cuerpo se acelere hacia abajo es la atracción gravitacional de la Tierra, o sea, el *peso* del cuerpo. El peso de un cuerpo es una fuerza, y podemos escribir la ecuación como sigue:

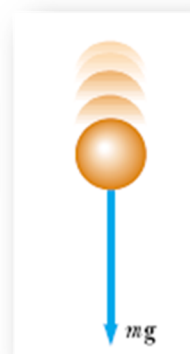
$$\mathbf{w} = m \cdot \mathbf{g} \quad (7)$$

3.1 Algunas fuerzas importantes

Fuerza Peso

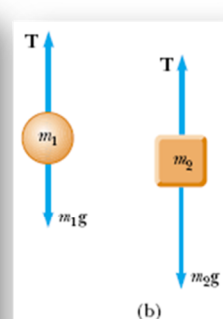
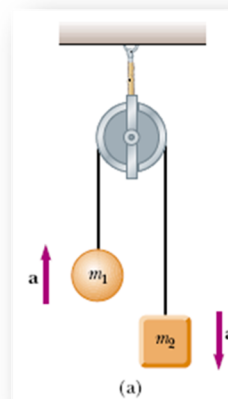
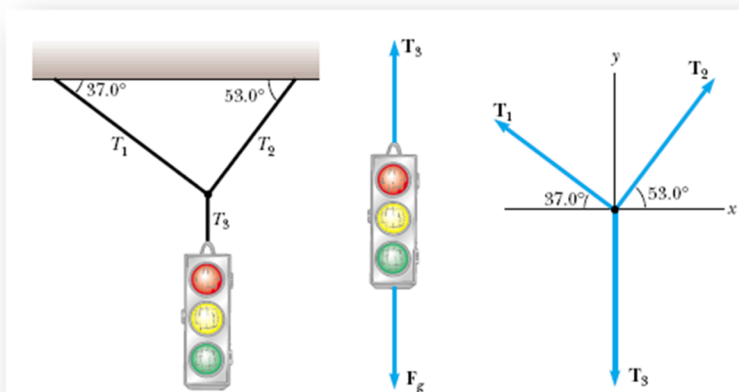
Es la fuerza con la que la tierra atrae a todos los cuerpos que se encuentra cerca de ella, hacia su centro.

$$\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{w} = m \cdot \vec{g}$$



Tensión

Es la fuerza que ejerce una cuerda tensa al tirar de un cuerpo unido a ella, y se dibuja siempre partiendo del cuerpo que en ese momento se estudia y sobre la cuerda.

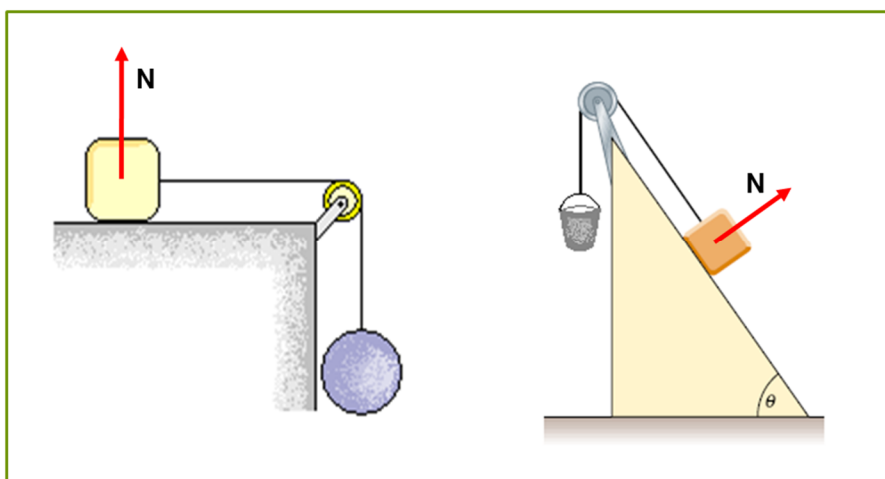


Fuerza Normal

Es la reacción de una superficie al apoyo de un cuerpo o a cualquier otra fuerza que presione contra ella.

Es decir, es la fuerza que hace la superficie de apoyo sobre el cuerpo que se encuentra sobre ella.

Para que exista normal debe haber alguna fuerza presionando la superficie, de lo contrario no hay reacción. **La fuerza normal es siempre perpendicular a la superficie de apoyo.**



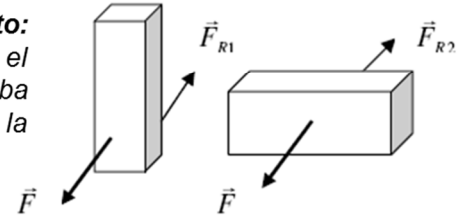
Fuerza de Rozamiento

Cuando un cuerpo se mueve, roza con la superficie sobre la que se produce el movimiento y esto crea una fuerza que se opone siempre al deslizamiento del cuerpo, paralela a la superficie sobre la que se mueve y que recibe el nombre de **fuerza de rozamiento**.

Características:

1 - No depende de la cantidad de superficie de contacto:

Si la rugosidad de la superficie y el tipo de material es el mismo en todas las caras del cuerpo se comprueba experimentalmente que la fuerza de rozamiento es la misma para todas las caras.



2 - Depende de la naturaleza de las superficies en contacto: Se origina por contacto de unas superficies con otras, por adherencias entre diversos materiales y por la rugosidad de las superficies, a más rugosidad más rozamiento. A cada material se le asigna un valor característico y constante llamado **coeficiente de rozamiento** μ .

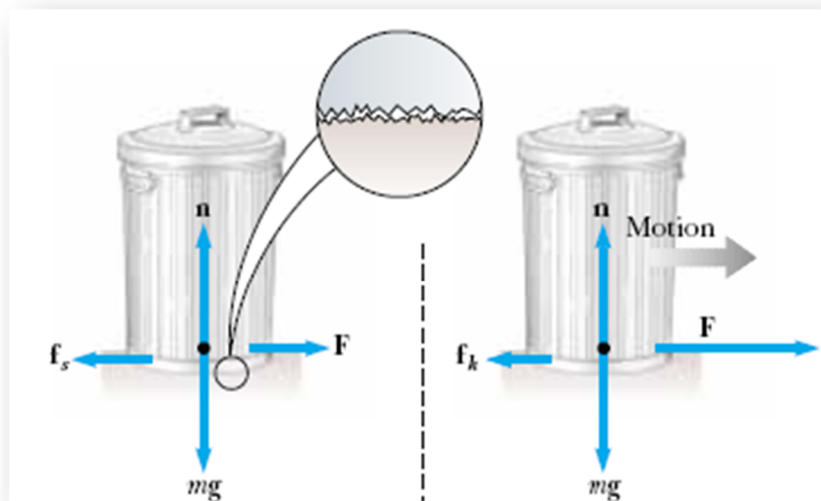
3 - Depende también de la fuerza normal, es decir de la resultante de las fuerzas perpendiculares a la superficie sobre la que se mueve el cuerpo. Cuanto mayor es la fuerza de apoyo del cuerpo sobre la superficie de movimiento mayor es el rozamiento con la misma, en cambio las fuerzas que tienden a levantar al cuerpo disminuyen su apoyo y por tanto su rozamiento.

$$\vec{f}_r = \mu \cdot \vec{N}$$

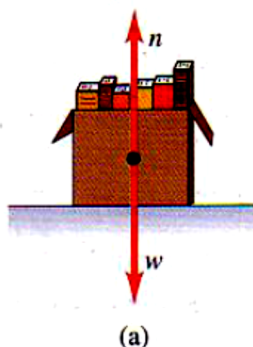
➡ **Fuerza de Rozamiento Estático (f_e):** Esta fuerza se manifiesta cuando los cuerpos tratan de deslizarse. Su valor máximo se presenta cuando el deslizamiento es inminente.

➡ **Fuerza de Rozamiento Dinámico (f_k):** Es la fuerza de rozamiento que se manifiesta cuando los cuerpos están en movimiento.

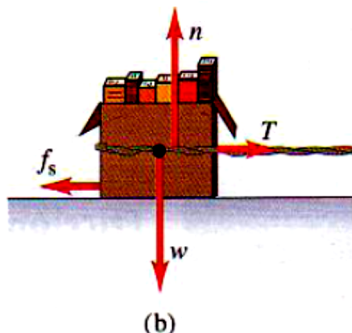
$$f_e \leq \mu_e \cdot N \quad \text{y} \quad f_k = \mu_k \cdot N$$



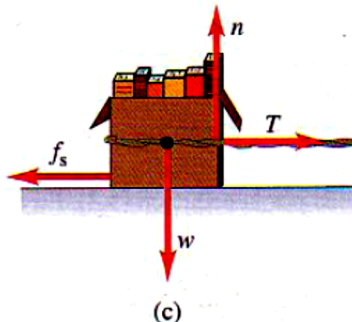
No se aplica fuerza,
caja en reposo
 $f_s = 0$



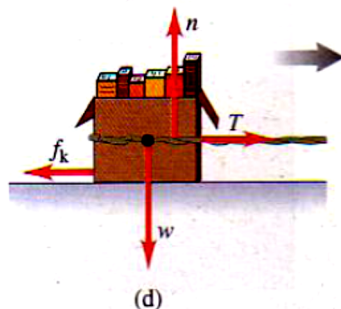
Fuerza aplicada débil,
la caja permanece en reposo
 $f_s < \mu_s n$



Mayor fuerza aplicada,
caja a punto de deslizarse
 $f_s = \mu_s n$



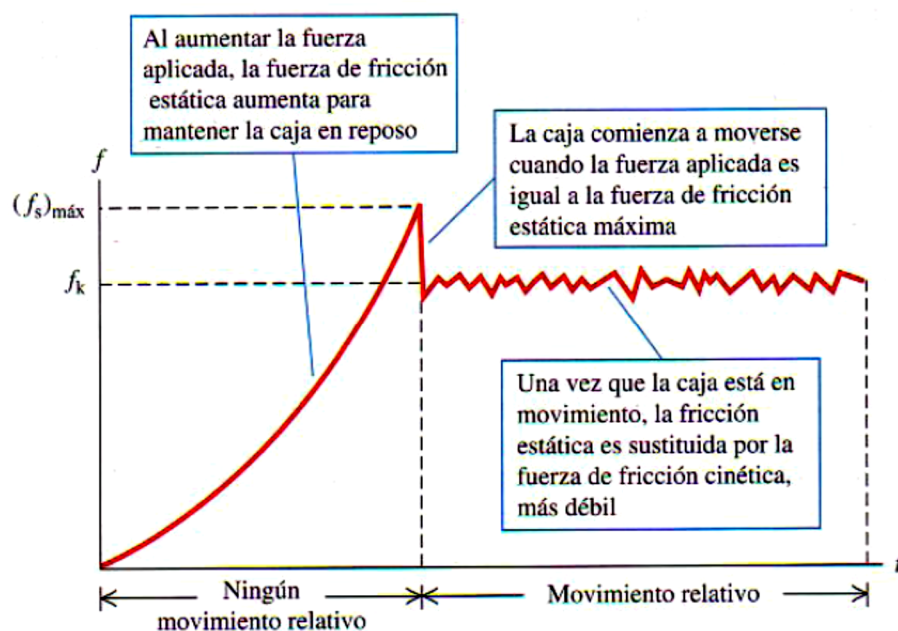
La caja se desliza
con rapidez constante
 $f_k = \mu_k n$



Cuando tratamos de empujar una caja de libros sobre una superficie, no lo logramos si no aplicamos una fuerza mínima. Luego, la caja comienza a moverse y casi siempre podemos mantenerla en movimiento con menos fuerza que la que necesitamos inicialmente. Si sacamos algunos libros de la caja, necesitaremos menos fuerza que antes para ponerla en movimiento, o mantenerla en dicho estado. En la figura (b) vemos que aplicamos a la caja una fuerza T , que es la tensión de la cuerda. La caja permanecerá inmóvil si la fuerza T aplicada es pequeña. La fuerza que contrarresta la tensión e impide que la caja se mueva, actuando hacia la izquierda, es la **fuerza de rozamiento estático f_s** . Mientras que la caja no se mueva, $f_s = T$. Por tanto, si se aumenta T , f_s también aumentará. Del mismo modo, si disminuye T , f_s también disminuirá.

Si aumentamos la fuerza T , como vemos en la figura (d) la caja puede llegar a moverse. Cuando la caja está a punto de comenzar a deslizarse, f_s es máxima. Cuando T pasa a ser mayor que $f_{s,máx}$, la caja comienza a mover y adquiere una aceleración dirigida hacia la derecha. Cuando la caja está en movimiento, la fuerza de rozamiento es menor que $f_{s,máx}$. La fuerza de rozamiento de un objeto en movimiento se llama **fuerza de rozamiento cinético f_k** .

En la gráfica siguiente de fuerza en función del tiempo vemos resumidas las acciones de una fuerza externa en relación al movimiento de la caja.





Ejercicio de Aplicación

Lee atentamente y marca con una cruz la respuesta correcta.

El segundo principio de Newton establece que:

- ☐ Para un cuerpo de masa constante, la fuerza y la aceleración son magnitudes directamente proporcionales.
- ☐ Si sobre un cuerpo se duplica la fuerza actuante, la aceleración se reduce a la mitad.
- ☐ Si a un cuerpo de masa m y otro de masa $2m$ se les aplica la misma fuerza, ambos adquieren la misma aceleración.
- ☐ La aceleración adquirida por un cuerpo tiene dirección perpendicular a la de la fuerza aplicada.
- ☐ En un gráfico de aceleración en función de la fuerza, para un cuerpo de masa constante, se obtiene una recta paralela al eje de las abscisas.



Ejercicio de Aplicación

Teniendo en cuenta el concepto de peso de un cuerpo, es correcto afirmar todo lo siguiente EXCEPTO:

- ☐ El peso es una magnitud vectorial y la masa escalar.
- ☐ El peso y la aceleración de la gravedad tienen igual dirección y sentido.
- ☐ Para un mismo lugar de la Tierra, los pesos de distintos cuerpos serán proporcionales a sus correspondientes masas.
- ☐ Todo lo anterior es correcto



4. TERCERA LEY DE NEWTON

Una fuerza que actúa sobre un cuerpo siempre es el resultado de su interacción con otro cuerpo, así que las fuerzas siempre vienen de a pares. No podemos tirar de una perilla sin que ésta tire de nosotros. Al patear de un balón, 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.

Newton percibió que una fuerza no es algo aislado. Es parte de una acción mutua (de una interacción) entre dos objetos. En el dibujo se aprecia la fuerza que el hombre hace sobre la pared, llamada *acción*, y la fuerza que la pared devuelve al hombre, denominada *reacción*.

La fuerza que ejercemos sobre el otro cuerpo tiene igual dirección pero sentido opuesto a la que el cuerpo ejerce sobre nosotros. Al interactuar los dos cuerpos, las fuerzas que se ejercen mutuamente son iguales en magnitud y dirección pero opuestas en sentido.



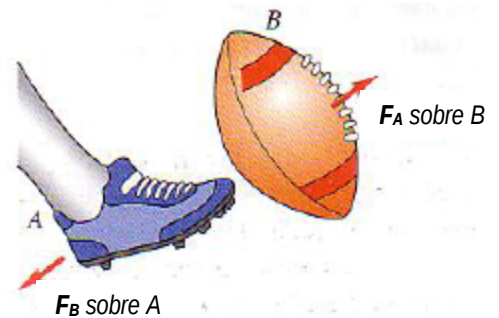
Tercera ley del movimiento de Newton

Como vemos en la figura, $\mathbf{F}_{A \text{ sobre } B}$ es la fuerza aplicada *por* el cuerpo A *sobre* el cuerpo B, $\mathbf{F}_{B \text{ sobre } A}$ es la fuerza aplicada *por* el cuerpo B *sobre* el cuerpo A. El enunciado matemático de la tercera ley es:

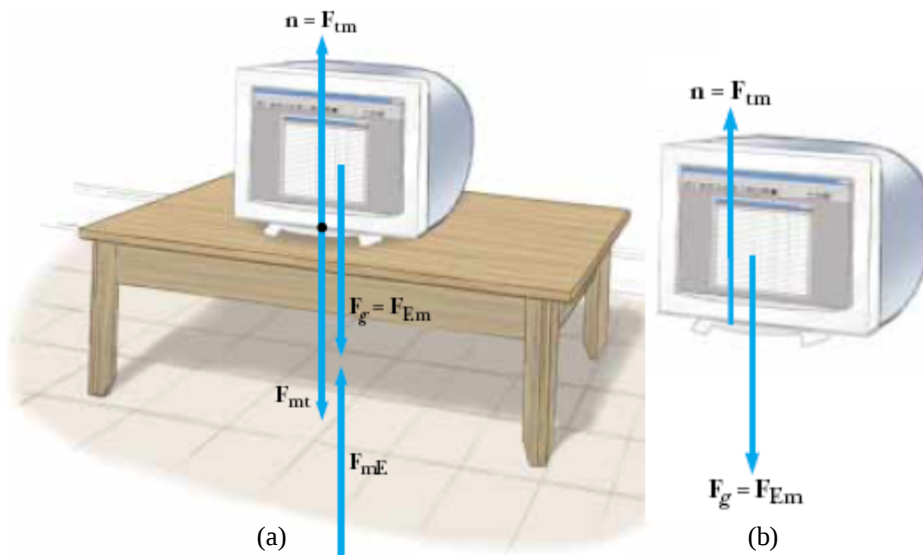
$$\mathbf{F}_{A \text{ sobre } B} = -\mathbf{F}_{B \text{ sobre } A} \quad (8)$$

Expresado en palabras:

Si el cuerpo A ejerce una fuerza sobre el cuerpo B (una “acción”), entonces B ejerce una fuerza sobre A (una “reacción”). Estas fuerzas tienen la misma magnitud y dirección pero sentidos opuestos, y actúan sobre *diferentes* cuerpos.



En este enunciado, “acción” y “reacción” son las dos fuerzas opuestas, y podemos llamarlas **par de acción-reacción**.



En la figura del ejemplo, cuando el monitor descansa sobre la mesa, las fuerzas que actúan sobre el monitor son la fuerza normal $\mathbf{n}$ (la que la mesa hace sobre el monitor) y la fuerza gravitacional $\mathbf{F}_g$. La reacción a $\mathbf{n}$ es la fuerza $\mathbf{F}_{mt}$ realizada por el monitor sobre la mesa. La reacción a $\mathbf{F}_g$ es la fuerza $\mathbf{F}_{mE}$ realizada por el monitor sobre la Tierra. La gráfica (b) es el diagrama de cuerpo libre para el monitor.



ESTRATEGIA PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Partícula con una fuerza neta.

Para resolver estos problemas podemos seguir estos pasos:

1. Hagan una **representación gráfica** del problema.
2. Aíslen el objeto cuyo movimiento desean analizar. Dibujen el diagrama de cuerpo libre de dicho objeto, indicando todas las fuerzas externas que actúan sobre él. En sistemas que contengan más de un objeto, realicen un diagrama *separado* para cada objeto.
3. Definan unos ejes de coordenadas adecuados para cada objeto y encuentren las componentes de las fuerzas a lo largo de dichos ejes. Apliquen la segunda ley de Newton, $\Sigma \mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$, en las direcciones x y y de cada objeto. Si el objeto se encuentra en equilibrio en cualquier dirección, igualen a cero el lado derecho de la ecuación de la segunda ley.
4. Resuelvan las ecuaciones para obtener el valor de las incógnitas. Recuerden que, para obtener una solución completa, deben tener tantas ecuaciones independientes como incógnitas.

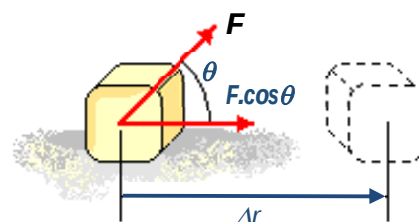


5. TRABAJO – ENERGÍA

5.1 El Trabajo

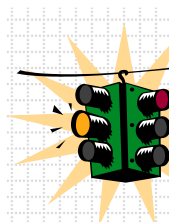
Efectuamos un trabajo ejerciendo una *fuerza* sobre un objeto mientras éste se mueve de un lugar a otro, es decir, sufre un *desplazamiento*. Efectuamos más trabajo si la fuerza es mayor, o si el desplazamiento es mayor.

La definición de trabajo realizado sobre el sistema cuando la fuerza es constante:



El trabajo W , realizado por un agente que ejerce una fuerza constante sobre un sistema, es el producto de la componente $F \cos \theta$ de la fuerza a lo largo de la dirección de desplazamiento del punto de aplicación de la fuerza, por la magnitud Δr del desplazamiento:

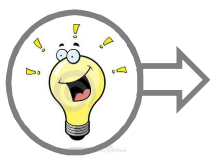
$$W \equiv F \cdot \Delta r \cdot \cos \theta \quad (9)$$



¡IMPORTANTE!

Sólo la componente de la fuerza en la dirección del desplazamiento hace trabajo.

El trabajo es una magnitud escalar; no tiene ninguna dirección asociada. Sus unidades son las de la fuerza multiplicada por longitud, por lo que la unidad de trabajo en el SI es el **newton.metro** (N.m). El newton.metro, cuando hace referencia a trabajo o energía, se denomina **joule (J)**.



CONCLUSIONES: Si analizamos la ecuación podemos sacar conclusiones importantes:

1 - Si $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{0} \Rightarrow \mathbf{W} = 0$. Es decir, una fuerza no realiza un trabajo sobre un sistema si el punto de aplicación de la fuerza no se desplaza. En el caso de nuestro sofá, lo dicho anteriormente significa que lo empujamos y no se mueve, no se ha realizado ningún trabajo sobre él.

2 – Si coincide con la dirección y el sentido del desplazamiento:

$$\theta = 0^\circ \Rightarrow \cos \theta = 1 \Rightarrow W = |F| \cdot |d|$$

Ejemplo: Cuando empujamos un auto que se descompuso en la ruta.

3 – Si es oblicua a la dirección del movimiento:

$$\theta \neq 0^\circ \Rightarrow W = |F| \cdot |d| \cdot \cos \theta$$

Ejemplo: Llevar una valija con ruedas.

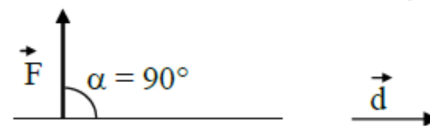
Puede pasar que:

- Si $0 < \theta < 90^\circ$, es decir, si la fuerza tiene una componente en la misma dirección del desplazamiento, $\Rightarrow W (+)$
- Si $90^\circ < \theta < 180^\circ$, es decir, si la fuerza tiene una componente opuesta a la dirección del desplazamiento, $\Rightarrow W (-)$



4 – Si es perpendicular a la dirección del movimiento:

$$\text{Si } \theta = 90^\circ \Rightarrow W = 0$$



Esto implica que el trabajo realizado por una fuerza es cero cuando la fuerza es perpendicular al desplazamiento.

Ejemplo: Si caminamos llevando un maletín en la mano, el brazo no realiza trabajo porque el maletín se desplaza horizontalmente y el brazo hace una fuerza vertical para sostenerlo.

5.2 Trabajo y Energía Cinética

El trabajo total realizado por fuerzas externas sobre un cuerpo se relaciona con el desplazamiento de éste (los cambios en su posición), pero también está relacionado con los cambios en la *rapidez* del cuerpo.

Si una partícula se desplaza, se acelera si $W_{\text{tot}} > 0$, se frena si $W_{\text{tot}} < 0$ y mantiene su rapidez si $W_{\text{tot}} = 0$.

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (10) \text{ Definición de Energía Cinética}$$

Igual que el trabajo, la energía cinética de una partícula es un escalar; sólo depende de la masa y la rapidez de la partícula, no de su dirección de movimiento.

el trabajo efectuado por la fuerza neta sobre una partícula es igual al cambio de energía cinética de la partícula:

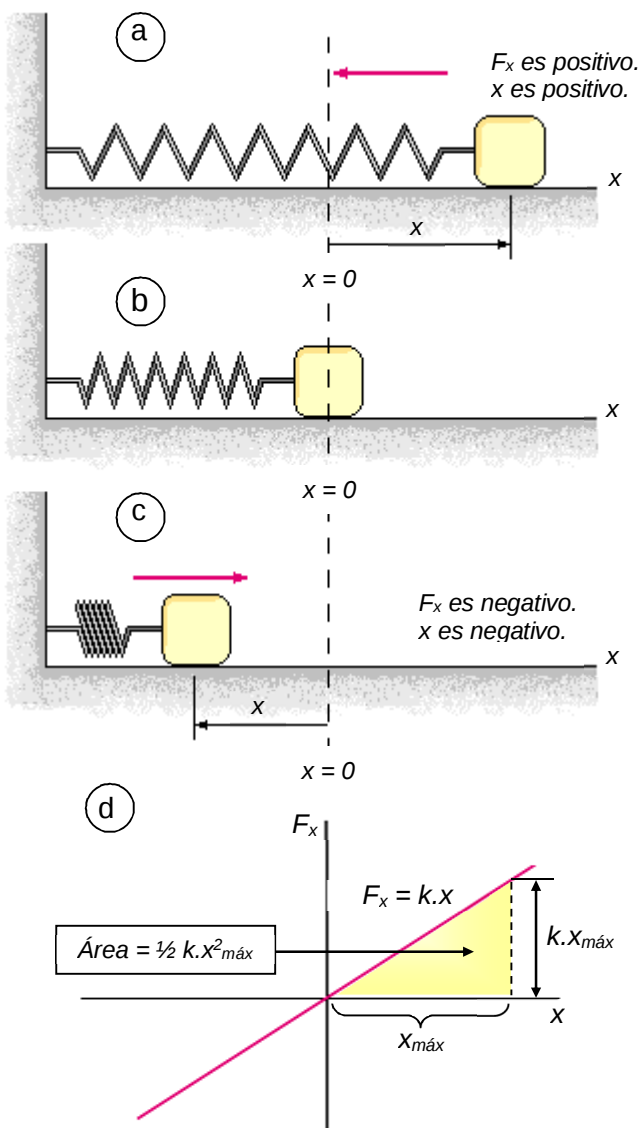
$$W_{tot} = E_{k,2} - E_{k,1} = \Delta E_k$$

5.3 Energía Potencial Elástica

Hasta ahora sólo hemos considerado el trabajo efectuado por *fuerzas constantes*. Pero, ¿qué sucede cuando estiramos un resorte? Cuanto más lo estiramos, con más fuerza debemos tirar, de modo que la fuerza ejercida *no* es constante.

Un bloque colocado sobre una superficie horizontal y sin rozamiento está unido a un resorte. Si el resorte se estira o se comprime una distancia pequeña x respecto de su posición de equilibrio $x = 0$, el resorte ejerce una fuerza sobre el bloque que está dada por la ecuación:

$$F_x = k \cdot x \quad (11) \quad \text{Ley de Hooke}$$



donde k es una constante positiva denominada *constante de fuerza* o *constante del resorte*. La fuerza ejercida por un resorte sobre un bloque varía con el desplazamiento del mismo respecto de la posición de equilibrio en $x = 0$.

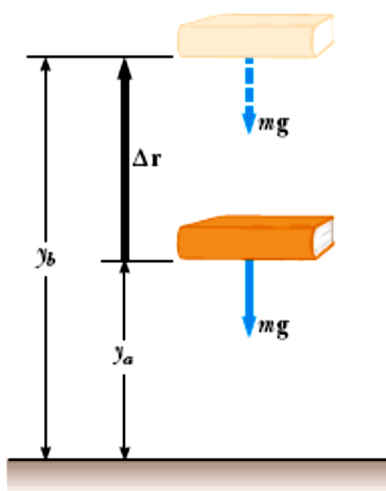
Si graficamos F_s en función de x para el sistema formado por el bloque y el resorte, el trabajo realizado por la fuerza del resorte cuando el bloque se mueve desde $x_{m\acute{a}x}$ hasta 0 es el área del triángulo sombreado, $\frac{1}{2} k \cdot x_{m\acute{a}x}^2$.

Esta última cantidad es la energía potencial elástica. Entonces:

$$E_{p\,el} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 \quad (12)$$

Energía Potencial Elástica

5.4 Energía Potencial Gravitacional



Imaginemos el sistema formado por un libro y la Tierra, que interactúan a través de la fuerza gravitacional. Realizamos un cierto trabajo sobre el sistema elevando el libro lentamente hasta una altura $\Delta y = y_b - y_a$, como se muestra en la figura. Este trabajo sobre el sistema debe manifestarse en forma de un incremento en la energía del mismo. Después de elevar el libro podríamos soltarlo y dejarlo caer al suelo. Observemos que ahora el libro, y por tanto el sistema, tendrá energía cinética, cuyo origen se encuentra en el trabajo realizado para elevar el libro. Debido a esto, el mecanismo de almacenamiento de energía antes de soltar el libro se denomina **energía potencial**. La energía potencial puede asociarse a distinto tipo de fuerzas. En este caso particular, estamos hablando de **energía potencial gravitacional**.

El producto del peso $m \cdot g$ y la altura y sobre el origen, es la **energía potencial gravitacional** $E_{p,g}$:

$$E_{p,g} = m \cdot g \cdot y \quad (13)$$



Energía Potencial Gravitacional



6. POTENCIA

Para fines prácticos interesa también conocer la rapidez con la cual se realiza trabajo. Esta información la entrega la **potencia**, que se define como la rapidez de transferencia de energía. Si se aplica una fuerza externa a un cuerpo y se realiza trabajo dW en un intervalo de tiempo dt , la potencia instantánea P se define como:

$$P = \frac{dW}{dt} \quad (14)$$

La unidad de medida de la potencia en el SI es J/s, que se llama *Watt*, símbolo W (cuidado de no confundir con el trabajo).

Como $dW = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$, se puede escribir la potencia como:

$$P = \frac{\mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}}{dt} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$$

Se puede definir una nueva unidad de energía en términos de la unidad de potencia, llamada kilowatt-hora. Un *kilowatt-hora (kWh)* es la energía utilizada durante una hora con una potencia constante de 1 kW. El valor de un kWh es:

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

El kWh es unidad de energía, no de potencia. Por ejemplo, para encender una lámpara de 100 W de potencia se requieren entregarle $3,6 \times 10^5 \text{ J}$ de energía durante una hora, equivalente a 0,1 kWh.

Notemos que esta es una unidad de medida que nos indica que la energía es una magnitud física que, aunque abstracta, tiene valor comercial, se puede vender y comprar, ya que por ejemplo, todos los meses pagamos por una determinada cantidad de kilowatt-hora o energía eléctrica para nuestros hogares, en cambio no se pueden comprar 50 km/h de rapidez, pero sí compramos energía en forma de gasolina para hacer que un vehículo pueda moverse.

LA ENERGÍA NO SE CREA NI SE DESTRUYE, SINO QUE SE TRANSFORMA.



Ley de Conservación de la Energía

La energía que interviene en los procesos naturales cambia de una forma a otra, pero es imposible destruirla. Luz, calor, viento, movimiento, entre otras, son distintas manifestaciones de energía que sumadas nos dan siempre la misma cantidad total.



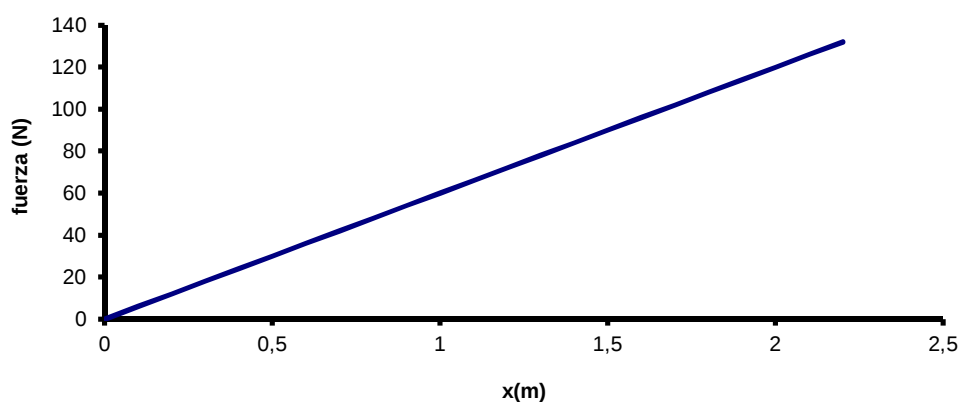
PARA SEGUIR PENSANDO Y DISCUTIENDO...



- 27) ¿Cuál es su masa en kilogramos?, ¿y su peso en newton?
- 28) La aceleración de la gravedad en la Luna es aproximadamente $1/6$ de la en la Tierra. ¿Cuál sería el peso de un cuerpo de 10 kg en la Luna y en la Tierra?
- 29) ¿Qué clase de movimiento produce una fuerza constante sobre un cuerpo de masa constante?
- 30) ¿Qué podemos decir si un cuerpo, sobre el cual sabemos que actúa una fuerza, permanece en reposo?
- 31) En términos de inercia, ¿cuál es la desventaja de una cámara fotográfica liviana cuando se oprime el obturador?
- 32) a) ¿Cuál es la fuerza neta que actúa sobre una manzana que pesa 1 N si Ud. la mantiene en reposo sobre su mano?,
b) ¿cuál es fuerza neta sobre ella si se la deja caer libremente?
- 33) Si no fuera por el aire sería peligroso salir a la calle en días lluviosos, ¿por qué?
- 34) ¿Es más fácil caminar sobre un piso alfombrado o sobre un piso recién encerado?, ¿por qué?
- 35) ¿Por qué las personas tienden a caerse hacia adelante cuando un colectivo en movimiento se frena y hacia atrás cuando se pone en movimiento?
- 36) Explique por qué cuando Ud. está sobre una balanza no puede hacer disminuir la indicación de la misma tirando hacia arriba de los cordones de su zapatillas.

- 37) Su peso es la fuerza de atracción gravitatoria que ejerce la Tierra sobre Ud. ¿Cuál es la reacción correspondiente?
- 38) Sobre una masa libre actúa una fuerza horizontal. ¿Puede esta fuerza provocarle una aceleración si su valor es menor que el peso del cuerpo?
- 39) La tendencia de un cuerpo a mantener su estado de movimiento se llama:
- a) masa
 - b) inercia
 - c) velocidad
 - d) aceleración
- 40) Comparada con su masa en la Tierra, la masa de un paquete de 20 kg en la Luna será:
- a) menor
 - b) la misma
 - c) mayor
 - d) depende del volumen
- 41) Si se duplica la fuerza neta que actúa sobre un objeto de masa constante, su aceleración:
- a) se duplica
 - b) no varía
 - c) disminuye a la mitad
 - d) depende del tiempo
- 42) Si se aplica una fuerza constante a un objeto de masa decreciente, la aceleración:
- a) disminuye
 - b) no varía
 - c) aumenta
 - d) depende del tiempo
- 43) Una fuerza neta constante actuando sobre un cuerpo de masa constante le produce:
- a) velocidad constante.
 - b) aceleración constante.
 - c) velocidad y aceleración constantes.
 - d) ni velocidad ni aceleración constantes.
- 44) La masa de oro adquirida será mayor si Ud. compra 1 N en:
- a) la Luna
 - b) la Tierra
 - c) Júpiter
 - d) Saturno
- 45) La masa de un astronauta en la Luna es 75 kg. Su masa y su peso en la Tierra son:
- a) 75 kg y 75 N
 - b) 12,5 kg y 75 N
 - c) 75 kg y 735 N
 - d) 1,62 kg y 75 N

- 46) Si un objeto tiene el doble de masa que otro, tiene también el doble de:
- a) peso
 - b) aceleración
 - c) tamaño
 - d) fuerza
- 47) Si a un cuerpo de $m = 2 \text{ kg}$ se le aplica una fuerza de 10 N , la aceleración adquirida por el mismo es:
- a) $0,2 \text{ m/s}^2$
 - b) 20 m/s^2
 - c) 50 m/s^2
 - d) 500 cm/s^2
- 48) Una persona es atraída hacia el centro de la tierra por una fuerza gravitacional de 500 N . La fuerza con la cual la persona atrae a la Tierra es:
- a) despreciable.
 - b) mucho mayor de 500 N .
 - c) 500 N .
 - d) depende de que la persona esté parada, sentada o acostada.
- 49) ¿Por qué es más fácil detener un camión liviano que uno pesado que tenga igual velocidad?
- 50) ¿Cuál es la energía cinética de un cuerpo de masa $m = 10 \text{ kg}$ si se está moviendo con una velocidad de 40 km/h ?
- 51) Cuando se dispara un arma larga la fuerza de los gases en expansión actúan sobre el proyectil una distancia mayor que en el caso de un arma corta. ¿Qué efecto tiene esto sobre la velocidad de salida del proyectil?
- 52) En un laboratorio se trabajó con un resorte y diferentes pesos. A medida que se incorporaban pesos el resorte se estiraba. Tomando estos valores la gráfica es la siguiente:



- a) ¿Qué relación existe entre la fuerza aplicada a un resorte y los alargamientos producidos?
- b) Para 80 N , ¿cuánto se estiró el resorte?
- c) ¿Cuánto vale la pendiente? ¿Qué significa?

- 53) ¿Depende la energía cinética de la dirección y el sentido del movimiento? ¿Puede la energía cinética ser negativa?
- 54) ¿En qué punto de su trayectoria es máxima la energía cinética de un péndulo?, ¿y su energía potencial?
- 55) ¿Cuánta energía potencial posee un péndulo en un instante en que el mismo tiene la mitad de la máxima energía cinética posible?
- 56) Un satélite artificial órbita alrededor de la Tierra. El punto de la órbita más lejano a la Tierra es el apogeo y el más cercano el perigeo. Con respecto a la Tierra:
- ¿En cuál de esos puntos tiene el satélite la mayor energía potencial?
 - ¿Y la mayor energía cinética?
- 57) Un péndulo oscilante llega al cabo de un tiempo al estado de reposo. ¿Constituye esto una violación de la ley de conservación de la energía?
- 58) ¿Se efectúa algún trabajo sobre un automóvil que se mueve con rapidez constante sobre una carretera recta y perfectamente horizontal?
- 59) Las unidades de las magnitudes trabajo y energía en el SIMELA son, respectivamente:
- N y J
 - W y J
 - kWh y erg
 - J y J
- 60) Se eleva un cuerpo respecto del suelo y adquiere, con relación a éste, cierta energía potencial. Si se lo elevara hasta el doble de altura, su energía potencial sería:
- dos veces más grande.
 - tres veces más grande.
 - cuatro veces más grande.
 - ninguna de las anteriores es correcta.
- 61) Si se triplica la velocidad de un cuerpo su energía cinética sería:
- tres veces más grande.
 - tres veces más pequeña.
 - nueve veces más grande.
 - nueve veces más pequeña.
- 62) Si un objeto tiene energía cinética, debe estar:
- en una posición elevada.
 - cayendo.
 - moviéndose.
 - en reposo.
- 63) Un automóvil A se mueve con $v = 72 \text{ km/h}$ y otro B cuya masa es la mitad de la de A con $v = 40 \text{ m/s}$. ¿Cuál tiene mayor energía cinética?
- el A
 - el B
 - los dos tienen la misma Energía cinética

- 64) Se lanza un cuerpo hacia arriba en el aire con una energía cinética de 100 J. Cuando el cuerpo regresa al nivel inicial su energía cinética es:
- a) menos de 100 J
 - b) más de 100 J
 - c) 100 J
 - d) faltan datos
- 65) Si un cierto trabajo es realizado lentamente y un trabajo idéntico es realizado rápidamente, ambos requieren la misma cantidad de trabajo pero diferentes cantidades de:
- a) potencia y energía
 - b) energía
 - c) potencia
 - d) ninguna de las anteriores es correcta
- 66) Si una bolsa de cemento de 490 N es levantada 1 m en el mismo tiempo que una bolsa de cal de 245 N es levantada 2 m, la potencia en el segundo caso es:
- a) mayor
 - b) menor
 - c) igual
 - d) ninguna de las anteriores es correcta

MÓDULO Nº 4

HIDROSTÁTICA

UBICACIÓN TEMÁTICA

Los fluidos desempeñan un papel crucial en muchos aspectos de la vida cotidiana. Los bebemos, respiramos y nadamos en ellos; circulan por nuestro organismo y controlan el clima. Los aviones vuelan a través de ellos y los barcos flotan en ellos. Un fluido es cualquier sustancia que puede fluir; usamos el término tanto para líquidos como para gases. Por lo regular, pensamos que los gases son fáciles de comprimir y que los líquidos son casi incompresibles, aunque hay casos excepcionales.

La Estática de los Fluidos estudia el equilibrio de gases y líquidos, es decir, fluidos en reposo. A partir de conceptos físicos tales como densidad, presión y altura, se obtiene una ecuación fundamental de la hidrostática. Este tema será el primero que veamos, pero además centraremos nuestro estudio en los principios de Pascal y de Arquímedes. Y finalmente estudiaremos la experiencia de Torricelli para determinar el valor de la presión atmosférica. Comencemos entonces este tema...

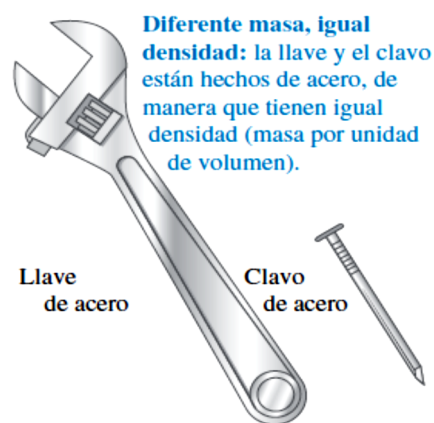


1. EL CONCEPTO DE PRESIÓN

La Hidrostática es la rama de la Física que estudia a los fluidos (líquidos y gases) en equilibrio. Para ello es necesario aclarar algunos conceptos.

Densidad: La densidad se define como el cociente de la masa m de un material por el volumen V que ocupa. Entonces:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \rightarrow \quad [\rho] = \frac{kg}{m^3}$$



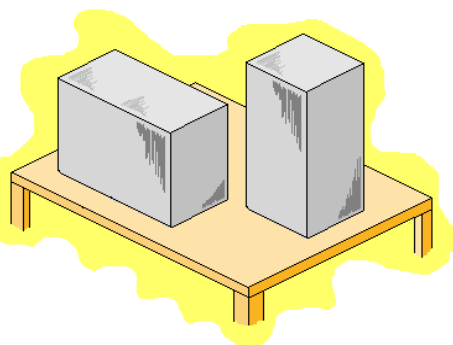
Presión:

¿Por qué nos hundimos en la nieve cuando calzamos zapatos, pero no si utilizamos esquís, si el peso es el mismo? ¿Por qué en la tierra se hunden las patas de una silla en la que nos sentamos y no, en cambio, una casa que es muchísimo más pesada?

La respuesta a estas preguntas es que, aunque la fuerza es la misma, la presión que se ejerce sobre la nieve es menor con el calzado ancho que con el angosto; también las patas de la silla, a pesar de que es muy liviana, ejercen más presión que el edificio.

Podemos decir entonces que la **presión** se define como el cociente entre el módulo de la fuerza ejercida perpendicularmente a una superficie ($\vec{F}$) y el área (A) de ésta:

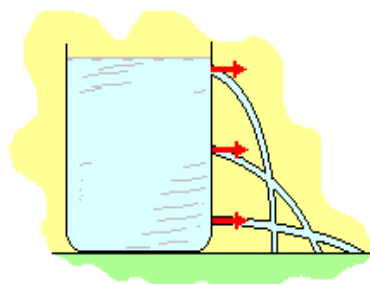
$$p = \frac{\vec{F}}{A}$$



Aunque en el lenguaje ordinario empleamos a menudo las palabras presión y fuerza con el mismo significado, en Física se establece una diferencia entre ambos términos. Consideremos los dos bloques de la figura. Son idénticos, pero uno está parado sobre su extremo y el otro descansa sobre un lado. Ambos tienen el mismo peso, y por ende, ejercen la misma **fuerza** en la superficie; pero el bloque vertical ejerce una mayor **presión**. La presión no solo depende de la fuerza, sino además de cómo la misma esté aplicada.

UNIDAD		
Nombre	Símbolo	Equivalencia
Pascal	Pa	N/m ²

Un fluido en reposo en contacto con la superficie de un sólido ejerce fuerza sobre todos los puntos de dicha superficie. Si llenamos de agua una botella de plástico con orificios en sus paredes observamos que los chorritos de agua salen en dirección perpendicular a las paredes. Esto muestra que **la dirección de la fuerza que el líquido ejerce en cada punto de la pared es siempre perpendicular a la superficie de contacto**.



2. PRESIÓN HIDROSTÁTICA

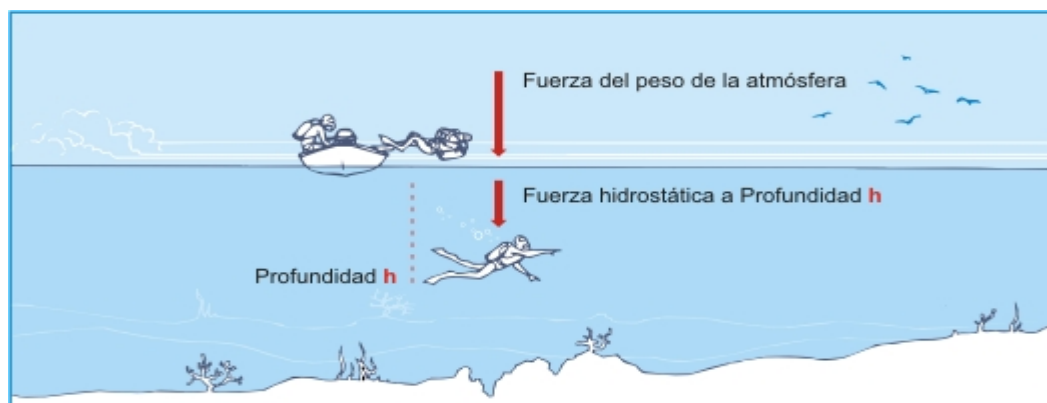
Cuando nadas bajo el agua sientes la presión de ésta contra los tímpanos. Cuanto más profundo te sumerjas, mayor será la presión. La presión que sientes se debe al peso del agua que está arriba de ti. Conforme nadas más profundo, hay más agua sobre ti y, en consecuencia, hay más presión. Es decir que la presión que un líquido ejerce depende de la profundidad, también depende de la densidad del mismo. Si te sumerges en un líquido más denso que el agua, la presión sería mayor.

A la presión que ejercen los líquidos y gases en equilibrio se la llama *presión hidrostática*:

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

Como vemos en la ecuación, la **profundidad** es una magnitud determinante de la presión de los líquidos, además de su **densidad**. Utilizaremos ahora esos conceptos para determinar **cuál es la diferencia de presión entre dos profundidades diferentes en una masa líquida**.

Por ejemplo, **nos interesa saber qué diferencia de presión soporta un buzo cuando se sumerge en el mar**. Analicemos el ejemplo con un esquema donde hemos dibujado las fuerzas de presión debidas a la presión atmosférica y al agua sobre el cuerpo del buzo sumergido:



El buzo, a profundidad h , soporta el efecto de la suma de dos presiones: la p_{atm} y la hidrostática debida al agua que está por encima de su cuerpo. Podemos expresar así que la p_{total} que soporta a la profundidad h es:

$$p_{total} = p_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$$

DE MODO GENERAL:

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h$$

Principio General de la Hidrostática



La diferencia de presión entre dos puntos de un fluido de densidad uniforme es directamente proporcional a la distancia vertical que los separa, a la densidad del fluido y a la gravedad.

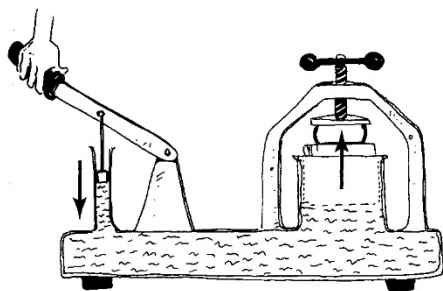


3. PRINCIPIO DE PASCAL

Se basa en la característica estructural de los fluidos (líquidos y gases), que es que en ellos se transmiten presiones a diferencia de lo que ocurre en los sólidos que transmiten fuerzas. Esa presión dada a los fluidos se transmite en todas direcciones y sentidos.

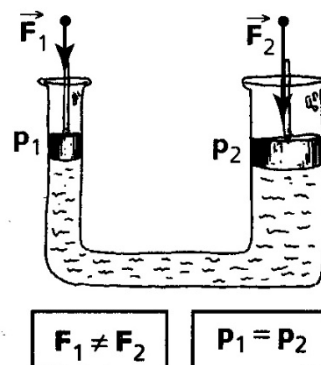
La presión aplicada en un punto de un fluido contenido en un recipiente se transmite con el mismo valor a cada una de las partes del mismo.

El principio de Pascal se aplica en la hidrostática para reducir las fuerzas que deben aplicarse en determinados casos y fundamenta el funcionamiento de las genéricamente llamadas máquinas hidráulicas: la prensa, el gato, el freno, el ascensor y la grúa, entre otras. Veremos a continuación una de estas aplicaciones.



La Prensa Hidráulica: se utiliza como multiplicadora de fuerzas. Dos cilindros de diferente diámetro están conectados entre sí por un tubo lleno de líquido. Sobre el pistón menor se ejerce fuerza, la presión es transmitida por el líquido y la fuerza que actúa sobre el pistón mayor se incrementa. Veamos ahora como es dicho incremento.

El recipiente lleno de líquido de la figura consta de dos cuellos de diferente sección cerrados con sendos tapones ajustados y capaces de resbalar libremente dentro de los tubos (pistones). Si se ejerce una fuerza $\vec{F}_1$ sobre el pistón pequeño, la presión ejercida se transmite, tal como lo observó Pascal, a todos los puntos del fluido dentro del recinto y produce fuerzas perpendiculares a las paredes. En particular, la porción de pared representada por el pistón grande A_2 siente una fuerza $\vec{F}_2$ de manera que mientras el pistón chico baja, el grande sube. La presión sobre los pistones es la misma, no así la fuerza.



Sabemos que la presión interna es la misma en todos los puntos, por lo que:

$$p_1 = p_2$$

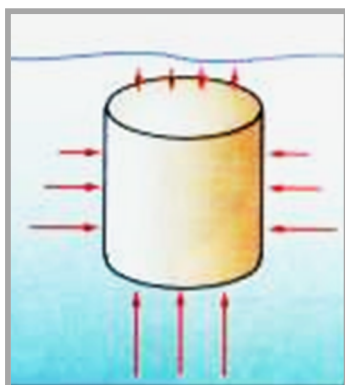
Entonces:
$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Si despejamos un término se tiene que:
$$F_2 = F_1 \cdot \left(\frac{A_2}{A_1} \right)$$

Esto nos muestra que si, por ejemplo, la superficie del pistón grande es el cuádruplo de la del chico, entonces el módulo de la fuerza obtenida en él será el cuádruplo de la fuerza ejercida en el pequeño.



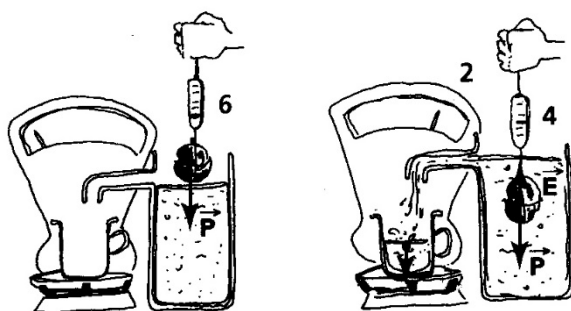
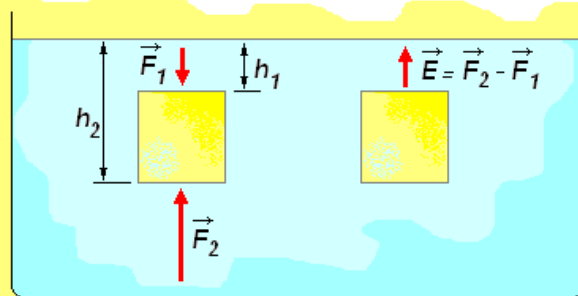
4. PRINCIPIO DE ARQUÍMIDES



Imaginemos un cuerpo sumergido en agua. La resultante de todas las fuerzas en la dirección horizontal será cero, porque se anulan entre sí. Pero en la dirección vertical las fuerzas no se compensan: sobre la parte superior de los cuerpos actúa una fuerza neta hacia abajo, mientras que sobre la parte inferior, una fuerza neta hacia arriba. Como la presión crece con la profundidad, resulta más intensa la fuerza sobre la superficie inferior (como vemos en el dibujo, las fuerzas en la superficie inferior están dibujadas más grandes que las de la superficie superior). Concluimos entonces que: *sobre el cuerpo actúa una resultante vertical hacia arriba que llamamos **empuje**.*

¿Cuál es el valor de dicho empuje?

Tomemos el caso del cubo: la fuerza es el peso de la columna de agua ubicada por arriba de la cara superior (de altura h_1). Análogamente, F_2 corresponde al peso de la columna que va hasta la cara inferior del cubo (h_2). El empuje resulta ser la diferencia de peso entre estas dos columnas, es decir el peso de una columna de líquido idéntica en volumen al cubo sumergido. Concluimos entonces que el módulo del empuje es igual al peso del líquido desplazado por el cuerpo sumergido.



Si se sumerge un cuerpo en un recipiente que estaba lleno hasta el borde, el peso del líquido derramado es igual a la diferencia entre la indicación del dinamómetro antes de sumergir el cuerpo y lo que marca después.

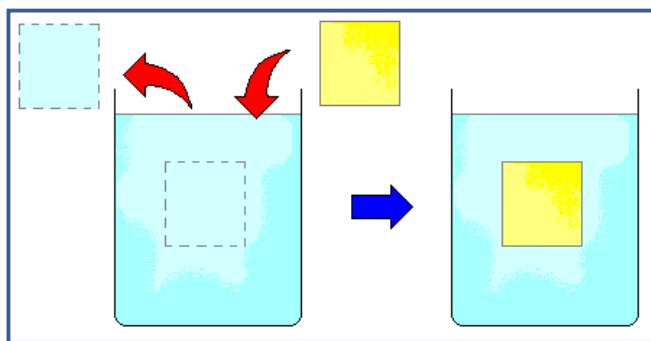
En el ejemplo vemos que el cuerpo de 6 N parece pesar sólo 4 N. El peso “que falta” es igual al peso del agua desplazada, 2 N, que es igual al empuje.



La fuerza ejercida por el fluido sobre el cuerpo sumergido en él, recibe el nombre de “empuje” y depende de la densidad del fluido y del volumen del cuerpo.



Ppio. de Arquímedes



Ahora imaginemos que “sacamos” una porción de agua para hacerle lugar a un cuerpo sólido que ocupa exactamente el mismo volumen. El entorno no se ha modificado en absoluto, por lo tanto, ejercerá sobre el cuerpo intruso la misma fuerza que recibía la porción de agua desalojada. Es decir:

Un cuerpo sumergido recibe un empuje vertical y hacia arriba igual al peso del volumen de líquido desplazado.

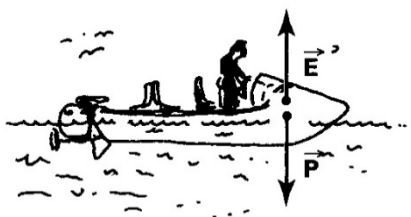
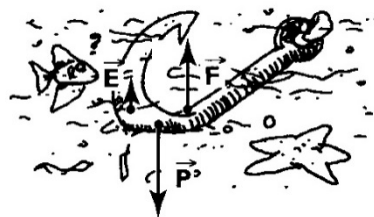
$$E = \text{Peso del fluido desalojado} \Rightarrow \rho_{\text{fluido}} \cdot g \cdot V_{\text{fluido}} = \rho_{\text{fluido}} \cdot g \cdot V_{\text{CUERPO}}$$

¿Qué hace que un objeto flote o se hunda?

Que un objeto se hunde o flote en un fluido depende de cómo se *compara* la densidad del fluido con *la densidad del objeto*.

Si un objeto es más denso que el fluido en el que se sumerge, se hundirá.

$$\rho_{\text{cuerpo}} > \rho_{\text{fluido}}$$

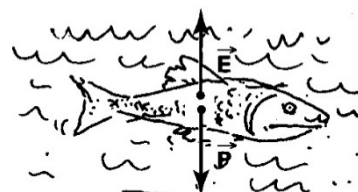


Si la densidad del cuerpo es menor que la densidad del fluido el cuerpo sube a la superficie y flota semisumergido, hasta que el empuje sobre la parte sumergida iguala al peso.

$$\rho_{\text{cuerpo}} < \rho_{\text{fluido}}$$

Si la densidad del cuerpo es igual a la densidad del fluido entonces el cuerpo flota “entre dos aguas”.

$$\rho_{\text{cuerpo}} = \rho_{\text{fluido}}$$



5. PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Nuestro planeta está envuelto por una capa de gases a la que llamamos atmósfera. Estamos sumergidos en un “océano de aire”. En forma similar a como lo hace un líquido, el peso del aire sobre la superficie terrestre ejerce una presión, la **presión atmosférica**.

Experiencia de Torricelli: El ideó un procedimiento para medir la presión atmosférica, el que queda ilustrado en la figura siguiente:

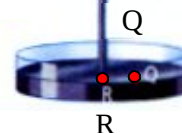


1. Llenó con mercurio un tubo de 1 m de longitud cerrado en un extremo, y lo tapó con el dedo.

2. Lo invirtió, lo sumergió dentro de una cubeta con mercurio y retiró el dedo, cuidando que no entrara aire en el tubo.



3. El mercurio descendió hasta una altura de 76 cm. En la parte superior del tubo quedó vacío.



¿Por qué el mercurio no descendió más? El tubo no se vació porque el aire exterior presionaba sobre el mercurio de la cubeta. La presión ejercida por la atmósfera en el punto Q es igual a la presión en R (en el extremo inferior del tubo), ya que ambos puntos están al mismo nivel en el mismo fluido. Es decir, que la presión que la columna de aire de casi 40 km de altura (la atmósfera) ejerce sobre la superficie libre del mercurio **p_Q** es igual a la que ejerce la columna de 76 cm de mercurio, entonces **p_{atm}**:

$$p_{atm} = p_{Hg} \cdot h_{Hg} = 13,6 \text{ g/cm}^3 \cdot 76 \text{ cm} = 1.033,6 \text{ g/cm}^2 = 101.293 \text{ N/m}^2 = 101.293 \text{ Pa}$$

Este valor, que corresponde a la presión atmosférica normal, se llama atmósfera (atm). También se acostumbra a dar la presión atmosférica en milímetros de mercurio (Torr) o en milibares (1mb = 0,75 Torr).

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 760 \text{ Torr}$$

Esta experiencia logró explicar por qué había un límite de profundidad para extraer el agua de las minas: la atmósfera no ejerce una presión ilimitada, sólo alcanza a sostener una determinada altura de agua.

La presión atmosférica varía según la altitud y también debido a los vientos y tormentas. Suele tomar valores entre 720 y 770 mm Hg. Una presión alta generalmente pronostica buen tiempo; y una baja presión atmosférica promete lo contrario. El aparato que permite medirla se llama barómetro.



PARA SEGUIR PENSANDO Y DISCUTIENDO...



- 67) ¿Cuántos litros hay en 1 m³?
- 68) ¿Por qué un cuchillo afilado corta mejor que otro que no lo está?
- 69) ¿Por qué es inexacto decir que los cuerpos pesados se hunden?
- 70) Se suspende un cuerpo de un dinamómetro y éste indica que su peso es 6 N. A continuación se introduce el cuerpo (aún suspendido del dinamómetro) en agua y el nuevo registro del dinamómetro indica 4,5 N.
 - a) el peso del cuerpo es 4,5 N
 - b) el empuje es de 4,5 N
 - c) el empuje es de 1,5 N
 - d) el empuje es mayor que el peso del cuerpo
 - e) nada se puede afirmar
- 71) Cierta objeto tiene una densidad muy poco menor que la del agua de modo que flota casi totalmente sumergido. Si el objeto es mucho más compresible que el agua, ¿qué sucede si se lo sumerge dándole un pequeño impulso?
- 72) ¿En qué principio se basan las prensas hidráulicas?
- 73) ¿Cómo se llaman los instrumentos destinados a medir la presión atmosférica?

74) ¿La unidad de presión en el SIMELA es:

- a) newton
- b) pascal
- c) atmósfera
- d) mm de Hg

75) En otras unidades del SIMELA el pascal se expresa como:

- a) N/m^2
- b) kg/m^2
- c) N/cm^2
- d) kg/cm^2

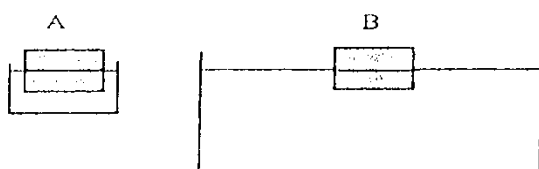
76) La presión que ejerce sobre el piso un hombre de 100 kg es:

- a) mayor si está de pie.
- b) mayor si está acostado sobre el piso.
- c) igual si está de pie que si está acostado.

porque:

- a') el peso es igual en ambos casos.
- b') cuando el hombre está de pie su peso está distribuido sobre una superficie menor.
- c') cuando el hombre está acostado su peso está uniformemente distribuido.

77) Se coloca un cubo en un pequeño recipiente que contiene agua (figura A). Luego se coloca el mismo cubo en otro recipiente mucho mayor, que también contiene agua (figura B).



- a) empuje de A > empuje de B
- b) empuje de A < empuje de B
- c) masa de A > masa de B
- d) empuje de A = empuje de B
- e) nada podemos afirmar

78) Un objeto de 10 kg tiene el doble de densidad que el agua. Comparado con 10 kg de agua, su volumen es:

- a) igual
- b) la mitad
- c) el doble

79) A medida que aumenta la profundidad h en el seno de un líquido, la presión hidrostática:

- a) aumenta
- b) disminuye
- c) se mantiene constante

80) Si una piedra pesa 5 N en el aire y 3 N en el agua, ¿cuál es el empuje que ejerce en el agua?

- a) 5 N
- b) 2 N
- c) 3 N
- d) 8 N

- 81) El empuje sobre un cuerpo sumergido en un fluido depende sólo de:
- a) la densidad del fluido.
 - b) la composición del cuerpo.
 - c) la densidad del fluido y el volumen del cuerpo.
 - d) su volumen.
- 82) Cuando un objeto flota en un fluido, la fracción sumergida depende solamente de:
- a) la densidad del fluido.
 - b) la densidad del cuerpo.
 - c) la densidad del fluido y la densidad del cuerpo.
 - d) el volumen del cuerpo.
- 83) Dos recipientes idénticos están completamente llenos, uno con agua y otro con alcohol. La presión en el fondo del recipiente con el agua es, respecto de la presión en el fondo del con alcohol:
- a) mayor
 - b) menor
 - c) igual
- debido a que:
- a') ambos recipientes tienen el mismo volumen.
 - b') el alcohol es menos denso que el agua.
 - c') es igual la profundidad del líquido en ambos recipientes.

MÓDULO N°5

CALOR Y TEMPERATURA

UBICACIÓN TEMÁTICA

Terminaremos nuestro camino estudiando un tema no menos importante que los anteriores: calor y temperatura.

Analizaremos conceptos que nos ayudarán a entender la física básica del calentamiento y el enfriamiento. Es común en la vida cotidiana usar indistintamente los términos *calor* y *temperatura*. Trataremos entonces de aclarar la diferencia entre ambos conceptos, y nos ocuparemos de la relación entre ambos. Veremos además cómo se mide la temperatura y cuáles son algunas de las escalas que existen.

Demos entonces este último paso...



1. CALOR Y TEMPERATURA

1.1 Temperatura y Ley Cero de la Termodinámica

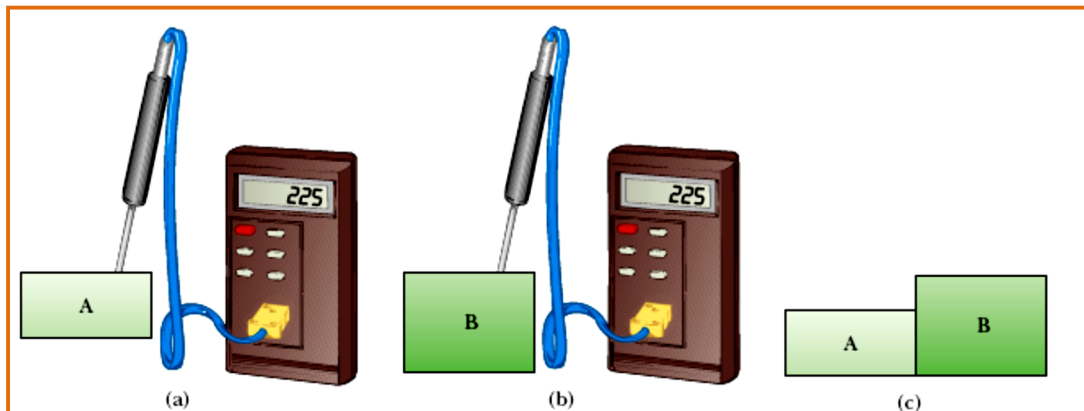
A menudo asociamos el concepto de temperatura con cuán caliente o frío están los objetos cuando los tocamos. Así, nuestro sentido del tacto nos proporciona una indicación cualitativa de la temperatura; pero debemos tener en cuenta que nuestros sentidos son poco fiables y, con frecuencia, engañosos. Es por ello que necesitamos un método fiable y reproducible que defina lo relativamente “fríos” o “calientes” que están los objetos y que esté relacionado exclusivamente con la temperatura del objeto en cuestión. Con esta finalidad se desarrollaron los *termómetros*, que permiten hacer estas medidas cuantitativas.

Estamos familiarizados con experiencias en las que, al poner en contacto dos objetos con temperaturas iniciales distintas, terminan alcanzando una temperatura intermedia común. Por ejemplo, si ponemos un cubito de hielo en un vaso de café caliente, el hielo se derrite y la temperatura del café disminuye.

Consideremos dos objetos colocados en un recipiente de material aislante, de manera que formen un sistema aislado (es decir que no intercambia energía con el medio). Si los objetos están a temperaturas diferentes intercambiarán energía entre sí, por ejemplo en forma de calor o de radiación electromagnética. *Dos objetos que pueden intercambiar energía entre sí de este modo se dice que están en **contacto térmico**.* En algún momento la temperatura de los dos objetos será la misma, dado que uno se calentará y el otro se enfriará, como en el ejemplo del cubito y el café.

El **equilibrio térmico** es la situación en la que los dos objetos en contacto térmico dejan de intercambiar energía.

Utilizando estas ideas, podemos realizar una definición formal de la temperatura. Consideremos dos objetos A y B que no están en contacto térmico, y un tercer objeto C, que será nuestro **termómetro**, un instrumento calibrado para medir la temperatura del objeto. Queremos determinar si A y B estarían en equilibrio térmico si se pusieran en contacto.



Para ello, en primer lugar ponemos el termómetro en contacto térmico con A, y anotamos el valor medido (a). A continuación ponemos el termómetro en contacto con B, y anotamos nuevamente la medida (b). Si las dos lecturas proporcionadas por el termómetro son iguales, entonces A y B se encuentran en equilibrio térmico. Si A y B se ponen en contacto térmico, como en la figura (c), no habrá transferencia neta de energía entre ellos.

Podemos resumir los resultados en el siguiente enunciado:

Si dos objetos A y B, considerados por separado, están en equilibrio térmico con un tercer objeto C, entonces A y B están en equilibrio térmico entre sí.



LEY CERO DE LA TERMODINÁMICA
(ley del equilibrio térmico)

Podemos pensar en la temperatura como la propiedad que determina si un objeto está en equilibrio térmico con otros objetos. **Dos objetos están en equilibrio térmico entre sí cuando están a la misma temperatura.**

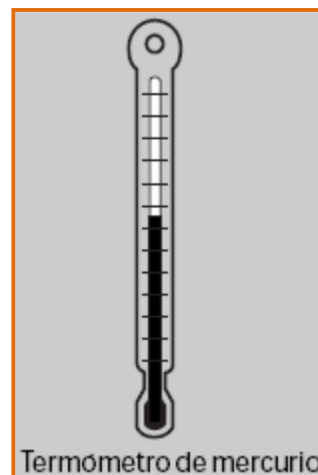
1.2 Termómetros y Escalas de Temperatura

En nuestro planteamiento de la ley cero, hemos mencionado el termómetro. Un **termómetro** es un instrumento utilizado para medir la temperatura de un objeto o de un sistema con el que el termómetro está en equilibrio térmico. Todos los termómetros hacen uso de alguna propiedad física que refleja un cambio de la temperatura. Algunas de las propiedades térmicas que se utilizan son:

- el volumen de un líquido,
- la longitud de un sólido,
- la presión de un gas a volumen constante,
- el volumen de un gas a presión constante,
- la resistencia eléctrica de un conductor y
- el color de un objeto caliente.

Los termómetros de uso común contienen un líquido, generalmente mercurio o alcohol, que se expande en un tubo capilar de vidrio al aumentar su temperatura. En este caso la propiedad que se utiliza es la variación de volumen del líquido.

El termómetro se puede calibrar poniéndolo en contacto térmico con ambientes en los que la temperatura permanezca constante, y que sean reproducibles, y marcar los extremos superior e inferior de la escala a utilizar. A continuación haremos referencia a algunas de las escalas termométricas utilizadas.



1.2.1 – Escala Celsius de Temperatura

Para construir esta escala se toman dos puntos fijos: uno es el punto de fusión del hielo a una atmósfera y el otro, el punto de ebullición del agua a una atmósfera. A estos puntos se le atribuyen las temperaturas de 0 °C y 100 °C, respectivamente. Enseguida se divide el intervalo entre los dos puntos en pequeños intervalos de 1 °C (1 grado centígrado). La graduación del termómetro podrá también extenderse por debajo de 0 °C y por encima de 100 °C.

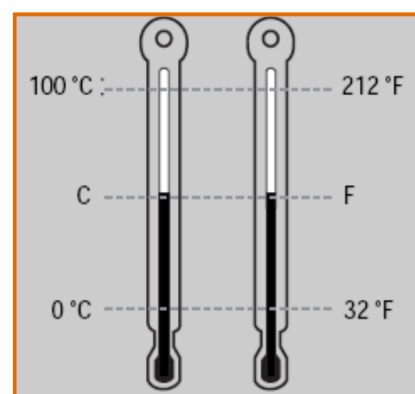
1.2.2 – Escala Fahrenheit

En esta escala, el termómetro marca 32 grados Fahrenheit (32 °F) en la fusión del hielo y 212 °F en la ebullición del agua; intervalo que contiene 180 partes iguales o grados “°F”.

Relación entre Escala °C y °F:

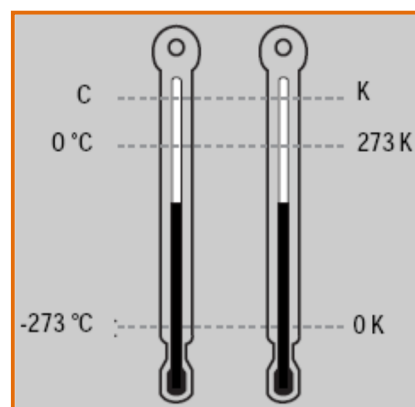
$$\frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180}$$

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} \quad (1)$$



1.2.3 – Escala Kelvin

Se sabe que la temperatura no tiene un límite superior, pero sí uno inferior. Métodos modernos de la Física de bajas temperaturas han conseguido bajar la temperatura de un cuerpo, máximo a la vecindad de -273 °C; pero no se ha conseguido llegar hasta ella, ni bajar más. La temperatura de -273 °C se denomina Cero Absoluto y un gran Físico del siglo XIX, llamado Kelvin, propuso la construcción de una escala termométrica cuyo cero fuese el cero absoluto y cuyos intervalos de 1 grado fueran iguales a las de la escala Celsius. A esta escala se le da el nombre de escala Kelvin o escala Absoluta.



Relación entre Escala °C y K:

$$K = 273 + C \quad (2)$$

Determinación de Altas Temperaturas

El termómetro de mercurio no puede utilizarse para temperaturas superiores a $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ porque hierve a $360\text{ }^{\circ}\text{C}$; pero se fabrican tipos con envoltura de cuarzo y atmósfera de nitrógeno que permiten utilizar el mercurio para medir hasta $750\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Los instrumentos destinados a medir altas temperaturas se designan generalmente con el nombre de pirómetros.

**PARA SEGUIR PENSANDO Y DISCUTIENDO...**

- 84) ¿Por qué usted no puede establecer si tiene fiebre tocándose su propia frente?
- 85) ¿Esperaría usted que la temperatura del agua en la parte inferior de las Cataratas del Iguazú sea un poco más elevada que en la parte superior? ¿Por qué?
- 86) ¿Por qué no hay temperaturas negativas en la escala de Kelvin?
- 87) ¿Qué significa que un termómetro mide su propia temperatura?
- 88) La magnitud que nos indica si un cuerpo está más caliente o más frío que otro tomado como referencia se llama:
- a) calor
 - b) energía térmica
 - c) temperatura
 - d) energía cinética molecular
- 89) El calor es una:
- a) forma de potencia y se mide en vatios
 - b) energía en tránsito y se mide en Joules
 - c) expresión de temperatura de los cuerpos
 - d) magnitud cuyo valor depende de la densidad
- 90) La temperatura más baja posible expresada en grados Celsius es:
- a) $0\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - b) $273\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - c) $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - d) $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$

91) La temperatura de ebullición del agua, a presión normal, es:

- a) 0°C
- b) 373 K
- c) 273 K
- d) 0 K

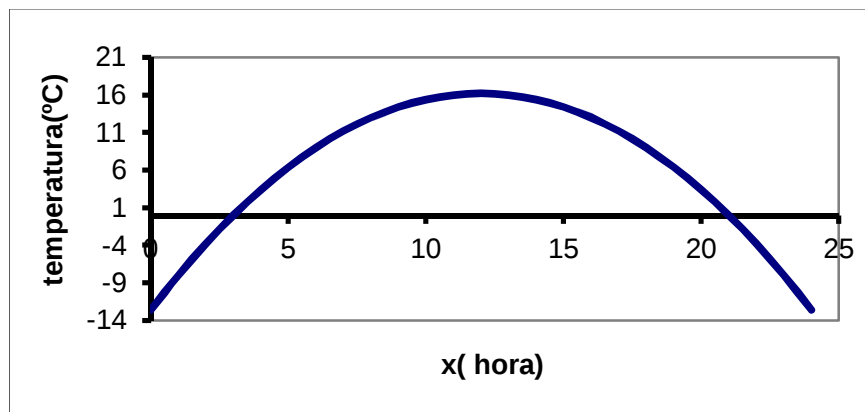
92) La unidad de calor en el SIMELA es:

- a) Joule
- b) caloría
- c) kilocaloría
- d) Kelvin

93) Los registros de temperatura tomados entre las 0:00 h y las 24:00 h en una zona rural, se ajustan a la función:

$$f(x) = -0,2x^2 + 4,8x - 12,6$$

(donde f es la temperatura en grados Celsius y x es la hora del día.)



- a) ¿Cuál fue la temperatura máxima?
- b) ¿A qué hora se registró?
- c) ¿Cuándo fue de cero grado la temperatura?
- d) ¿En qué momentos del día se registraron 8°C ?
- e) ¿Cuál fue la temperatura mínima?

ANEXO

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI) **SISTEMA MÉTRICO LEGAL ARGENTINO (SIMELA)**

La República Argentina; durante la presidencia de Bartolomé Mitre, por ley N° 52 de 1863, adoptó el sistema de pesas y medidas métrico decimal y autorizó al Poder Ejecutivo para declarar obligatorio en los diferentes departamentos de la Administración y en todo el territorio de la República “el uso de aquellas pesas y medidas decimales que juzgue oportunas, según estén allanados los obstáculos que se opongan a su realización”. El impetuoso desarrollo del conocimiento de los fenómenos eléctricos y de sus múltiples aplicaciones, iniciado en el siglo XIX, había generado la necesidad de definir nuevas magnitudes físicas y unidades no contempladas por el Sistema Métrico Decimal. Se produjo entonces una verdadera proliferación de sistemas de unidades emparentadas con las del sistema métrico decimal. La imposibilidad de optar por uno de estos sistemas con preferencia sobre los otros, obligaba a manejarlos todos con riesgo de confusión y complicaciones inútiles. A comienzos del siglo XX una propuesta del físico italiano G. Giorgi abrió el camino para una solución satisfactoria en la que desaparecen los problemas observados hasta ese momento. Luego de muchos años y de intensos trabajos hubo acuerdo para definir el sistema que por decisión de la 11a. Conferencia de Pesas y Medidas (1960) recibió el nombre de Sistema Internacional de Unidades, siendo sus siglas en todos los idiomas (SI). A partir de ese año, prácticamente todos los países del mundo han incorporado el SI a sus textos legales y reglamentaciones. La ley N° 19511 de 1972, al instituir finalmente el Sistema Métrico Legal Argentino, adoptó el Sistema Internacional de Unidades, resultado del perfeccionamiento y ampliación del bicentenario Sistema Métrico Decimal.

NORMAS BÁSICAS PARA EL USO DEL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)

El sistema métrico moderno se conoce como Sistema Internacional de Unidades (SI). Se apoya en siete unidades de base, indicadas en la tabla 1, las que por convención se reconocen como dimensionalmente independientes. Todas las demás son unidades derivadas formadas multiplicando o dividiendo unidades dentro del sistema sin la utilización de factores numéricos. En la tabla 2 se citan algunos ejemplos de unidades derivadas. El uso de múltiplos y submúltiplos de las unidades del SI se facilita por el uso de los prefijos indicados en la tabla 3.

Los símbolos algebraicos incluyen símbolos de magnitudes y de unidades. Para los símbolos de las magnitudes físicas se utilizan fuentes de estilo cursiva mientras que para los símbolos de las unidades fuentes de estilo regular (por ejemplo: $F = 15 \text{ N}$).

El símbolo de una unidad es una entidad matemática universal. No es una abreviatura y por ello no es seguida por un punto (por ejemplo el símbolo del segundo es s y no seg. o s.). Los símbolos de aquellas unidades provenientes de nombres propios llevan la primera letra mayúscula (todas las demás con minúsculas), pero los nombres de todas las unidades se escriben con minúsculas (ejemplo: newton, N; volt, V; metro, m). Los nombres de las unidades son propias de cada lenguaje y no forman parte del SI (por ejemplo, en inglés se usa kilogram, en francés, kilogramme y en castellano kilogramo, pero kg es el símbolo universal). Los plurales de los nombres de las unidades se forman de acuerdo a las reglas usuales de la gramática (por ejemplo: pascuales o metros) con la excepción de lux, hertz y siemens que son irregulares. Los símbolos de las unidades no se pluralizan (por ejemplo: 3 kg y no 3 kgs).

La palabra “grado” y su símbolo “°” se omiten de la unidad de temperatura termodinámica (T) (debe usarse kelvin o K pero no grado kelvin o °K). Sin embargo ambos se retienen en la unidad de temperatura Celsius (t) (esto es grado Celsius, °C), definida como $t = T - T_0$, donde T_0 es exactamente 273,15 K.

Los símbolos de los prefijos que representan a 10^6 o mayores se escriben con mayúsculas, todos los demás con minúsculas. No se deja espacio entre el prefijo y la unidad y no se permite el uso de prefijos compuestos (por ejemplo, pF y no $\mu\mu\text{F}$). Un exponente se aplica a la unidad completa incluyendo el prefijo (por ejemplo: $1\text{ cm}^3 = 10^{-6}\text{ m}^3$). Cuando se escribe el nombre de una unidad en forma completa lo mismo debe hacerse con el prefijo, comenzando siempre con minúsculas (por ejemplo: megahertz y no Megahertz o Mhertz). El kilogramo es la única unidad de base que, por razones históricas, contiene un prefijo; los nombres de los múltiplos o submúltiplos del kilogramo y sus símbolos se forman agregando los prefijos correspondientes a la palabra “gramo” y al símbolo “g”.

La multiplicación de dos símbolos de unidades se indica insertando un punto elevado o dejando un espacio entre las unidades (por ejemplo: $\text{N}\cdot\text{m}$ o N m). La división se indica utilizando una barra inclinada, una barra de fracción horizontal o un exponente negativo (por ejemplo: m/s o $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), pero no se permite el uso reiterado de las barras inclinadas (por ejemplo: m/s^2 y no m/s/s). Cuando más de una unidad aparece en el denominador se prefiere recurrir al uso de paréntesis o exponentes negativos (por ejemplo: $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K}^4)$ o $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$). La expresión de la unidad puede incluir una unidad con prefijo en el numerador o en el denominador (por ejemplo: mN/m , W/cm^2).

Los nombres de las unidades no deben mezclarse con los símbolos de operaciones matemáticas, por ejemplo debe escribirse metro por segundo y no metro/segundo o metro segundo⁻¹. Cuando se escribe el producto de dos unidades se recomienda dejar un espacio entre ambas (aunque también está permitido colocar un guión), pero nunca debiera usarse un punto elevado (por ejemplo: newton metro o newton-metro pero no newton·metro).

En números de más de cuatro dígitos los grupos de tres dígitos se separan por espacios en lugar de puntos, por ejemplo: 299 792 458 y no 299.792.458 (esta convención también se utiliza entre los decimales). El valor numérico y el símbolo de la unidad deben separarse por un espacio, aún cuando sea usado como un adjetivo (por ejemplo: 35 mm y no 35mm). En fracciones decimales debe utilizarse un cero delante de la coma decimal (por ejemplo: 0,3 J y no .3 J).

Unidades que no pertenecen al SI

Una función muy importante del SI es evitar el uso y la proliferación de unidades innecesarias. Sin embargo se reconocen tres categorías de unidades fuera del SI. Las *unidades aceptadas para utilizarse con el SI* se indican en la tabla 4. Como excepciones a las reglas citadas los símbolos °, ´ y ´´ para ángulos planos no se preceden por un espacio, y el símbolo del litro, L, se escribe en mayúscula para evitar la confusión con el número 1. En la tabla 5 se indican las *unidades aceptadas que no pertenecen al SI* y cuyo valor en unidades del SI se obtienen experimentalmente. Las unidades de la tercer categoría, otras unidades aceptadas que no pertenecen al SI, son: milla náutica, nudo, área, hectárea, bar, angstrom y barn.

Tabla 1: Unidades de base del SI .

Magnitud	Unidad	
	Nombre	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Corriente eléctrica	ampere	A
Temperatura termodinámica	kelvin	K
Cantidad de sustancia	mol	mol
Intensidad luminosa	candela	cd

Tabla 2: Ejemplos de unidades derivadas.

Magnitud	Unidad		
	Nombre especial	Símbolo	Equivalencia
ángulo plano	radián	rad	m/m = 1
ángulo sólido	esterradián	sr	m ² /m ² = 1
rapidez, velocidad			m/s
aceleración			m/s ²
velocidad angular			rad/s
aceleración angular			rad/s ²
frecuencia	hertz	Hz	s ⁻¹
fuerza	newton	N	Kg·m/s ²
presión	pascal	Pa	N/m ²
trabajo, energía, calor	joule	J	N·m
impulso, cantidad de mov. lineal			N·s, kg·m/s
potencia	watt	W	J/s
carga eléctrica	coulomb	C	A·s
potencial eléctrico, fem	volt	V	J/C, W/A
resistencia	ohm	Ω	V/A
conductancia	siemens	S	A/V, Ω ⁻¹
flujo magnético	weber	Wb	V·s
inductancia	henry	H	Wb/A
capacitancia	farad	F	C/V
intensidad de campo eléctrico			V/m, N/C
densidad de flujo magnético	tesla	T	Wb/m ² , N/(A·m)
intensidad de campo magnético			A/m
temperatura Celsius	grado Celsius	°C	K
flujo luminoso	lumen	lm	cd·sr
iluminancia	lux	lx	lm/m ²
radioactividad	becquerel	Bq	s ⁻¹
actividad catalítica	katal	kat	mol/s

Tabla 3: Prefijos del SI.

factor	prefijo	símbolo	factor	prefijo	símbolo
10^{24}	yotta	Y	10^{-1}	deci	d
10^{21}	zetta	Z	10^{-2}	centi	c
10^{18}	exa	E	10^{-3}	mili	m
10^{15}	peta	P	10^{-6}	micro	μ
10^{12}	tera	T	10^{-9}	nano	n
10^9	giga	G	10^{-12}	pico	p
10^6	mega	M	10^{-15}	femto	f
10^3	kilo	k	10^{-18}	atto	a
10^2	hecto	h	10^{-21}	zepto	z
10^1	deca	da	10^{-24}	yocto	y

Tabla 4: Unidades aceptadas para ser usadas con el SI .

Magnitud	Unidad		
	nombre	símbolo	definición
tiempo	minuto hora día	min h d	1 min = 60 s 1 h = 60 min = 3600 s 1 d = 24 h = 86400 s
ángulo plano	grado minuto segundo	° ' "	$1^\circ = (\pi/180) \text{ rad}$ $1' = (1/60)^\circ = (\pi/10800) \text{ rad}$ $1'' = (1/60)' = (\pi/648000) \text{ rad}$
volumen	litro	L	1 L = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
masa	tonelada métrica	t	1 t = 1000 kg

Tabla 5: Unidades cuyos valores se obtienen experimentalmente y que no pertenecen al SI, pero que son aceptadas para ser usadas con el mismo.

Magnitud	Unidad		
	Nombre	Símbolo	Valor
Energía	electrón volt	eV	$1,602\,176\,462(63) \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Masa	unidad de masa atómica unificada	u	$1,660\,538\,73(13) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Distancia	unidad astronómica	ua	$1,495\,978\,706\,91(6) \cdot 10^{11} \text{ m}$

Referencias bibliográficas del ANEXO (Preparado por Dr. Ing. Raúl Chernikoff):

Cohen, E.R.; Giacomo, P.; eds., 1987. *Symbols, Units, Nomenclature and Fundamental Constants in Physics*, (1987 revision), document IUPAP-25 (SUNAMCO 87-1).

INTI, Comisión Nacional de Metrología, 1989. *Sistema Métrico Legal Argentino*, Ed. INTI, Bs. As.

Nelson, R.A., 2003. Guide for metric practice, *Physics Today*, 55(8), BG15-16.



BIBLIOGRAFÍA

-  Cuadernillos Ingreso de Física FCAI de Ediciones anteriores.-
-  A. Rela, J. Sztrajman (2006) *Física I. Mecánica, Ondas y Calor*. Ed. Aique
-  Sears – Zemansky (2009) *Física Universitaria*. 12^{da} Edición. Ed. Addison Wesley
-  P. Hewitt (2007) *Física Conceptual*. 10^{ma} Edición. Ed. Addison Wesley