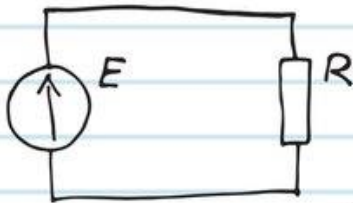
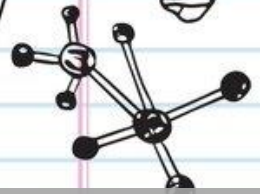


$$G = mg = F = \frac{m v c^2}{r + h}$$



electric circuit

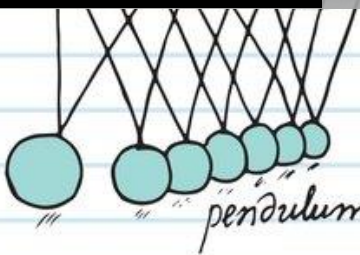
First Cosmic Speed



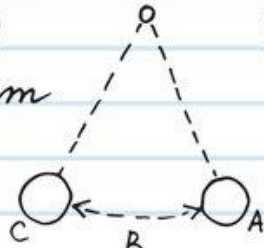
COLEGIO SAN JOSÉ

FÍSICA - 4º AÑO "CONSTRUCCIONES"

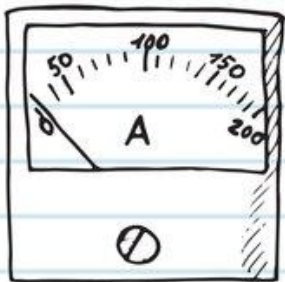
Classroom



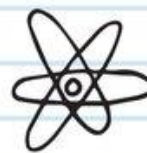
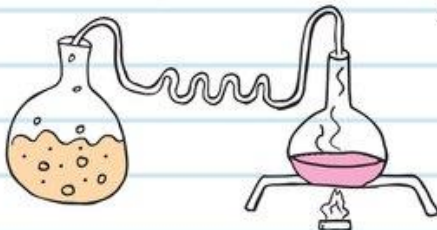
pendulum



ice



ammeter



Isaac Newton
Second law



Introducción a la

FÍSICA

Contenidos:

EJENº1: MAGNITUDES Y UNIDADES

Magnitudes escalares y vectoriales. Unidades de longitud, superficie, volumen, capacidad, masa, peso. Sistema métrico legal argentino. Unidades fundamentales y derivadas. Conversión de unidades. Notación Científica.

EJEN 2: CINEMÁTICA

Movimiento. Trayectoria. Movimiento rectilíneo uniforme. Velocidad, unidades. Leyes del MRU. Gráficas. Movimiento variado. Aceleración, unidades. Velocidad final. Caída libre. Aceleración de la gravedad. Tiro vertical hacia arriba. Movimiento circular uniforme. Periodo. Frecuencia. Velocidad lineal, velocidad angular, aceleración centrípeta.

EJENº3: DINÁMICA

Leyes de Newton. Principios de inercia, de masa y de acción y reacción. Ecuación fundamental de la mecánica clásica. Relación entre peso, masa y aceleración de la gravedad. Dinámica de los movimientos de rotación: fuerza centrípeta, fuerza centrífuga. Movimiento de los satélites. Mareas.

EJENº4: TRABAJO Y ENERGÍA

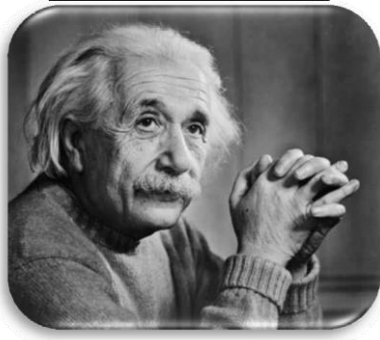
Trabajo y energía. Trabajo mecánico. Potencia mecánica. Energía potencial (gravitatoria y elástica) y Energía cinética. Transformación y conservación de la energía. Unidades.

EJEN5º: ELECTRICIDAD

Carga eléctrica. Conductores y aisladores. Ley de Coulomb. Campo eléctrico. Líneas de campo eléctrico. Diferencia de potencial. Intensidad de corriente eléctrica. Fuerza electromotriz. Conductividad y resistividad. Ley de Ohm. Resistencia eléctrica, circuito de corriente continua. Resistencia en serie y en paralelo. Leyes de Kirchhoff. Potencia eléctrica. Efecto Joule.

EJENº6: MAGNETISMO Y ELECTROMAGNETISMO-FÍSICA MODERNA

Imanes. Campo magnético terrestre o geomagnético. Campos magnéticos. Propiedades magnéticas de la materia. Representación gráfica de los campos magnéticos. Movimiento de una partícula cargada en un campo. Efectos magnéticos de la corriente eléctrica. Ley de Ampere. Campo de una corriente rectilínea y circular (espira). Ley de Faraday, efecto motor y generador, autoinducción. Física Moderna.



FÍSICA

“Nuestra mente es como un paracaídas, sólo funciona si se abre.”

Albert Einstein

La física (del griego “*physis*”, realidad o naturaleza) es la ciencia fundamental sistemática que estudia las propiedades de la naturaleza con ayuda del lenguaje matemático. Es también aquel conocimiento exacto y razonado de algún fenómeno, basándose en su estudio por medio del método científico. Estudia las propiedades de la materia, la energía, el tiempo, el espacio y sus interacciones.

La física no es sólo una ciencia teórica, es también una ciencia experimental. Como toda ciencia, busca que sus conclusiones puedan ser verificables mediante experimentos y que la teoría pueda realizar predicciones de experimentos futuros. Dada la amplitud del campo de estudio de la física, así como su desarrollo histórico en relación a otras ciencias, se la puede considerar la ciencia fundamental o central, ya que incluye dentro de su campo de estudio a la química y a la biología, además de explicar sus fenómenos.

La física en su intento de describir los fenómenos naturales con exactitud y veracidad ha llegado a límites impensables, el conocimiento actual abarca desde la descripción de partículas fundamentales microscópicas, el nacimiento de las estrellas en el universo e incluso conocer con una gran probabilidad lo que aconteció los primeros instantes del nacimiento de nuestro universo, por citar unos pocos conocimientos.

Por esto, decimos que el objetivo de la Física es *explicar la realidad*. Una posible explicación de la realidad, o de una parte de ella, es lo que usualmente llamamos *teoría*. Esto no es tan obvio como pueda parecer, no es trivial detallar en que debe consistir una explicación; y mucho menos definir que es realidad y que no lo es.

En primer lugar, la realidad es todo aquello que es *medible*. En este caso, con medible no queremos decir tan solo que exista un procedimiento fiable que permita cuantificar numéricamente alguna magnitud, sino que dotamos a la palabra de un sentido más amplio para incluir todas aquellas mediciones de carácter cualitativo. Ejemplos de mediciones cualitativas son: el color (percibido por nuestro cerebro), el hecho de que una determinada reacción nuclear se produzca o no, dará un proyectil al blanco o no, etc. En este sentido, no solamente el universo físico con el que estamos más familiarizados es medible (y por lo tanto real), sino que entidades más abstractas también lo son.

Esta tarea comenzó hace más de dos mil años con los primeros trabajos de filósofos griegos como Demócrito, Aristóteles o Arquímedes, y continuada después por científicos como Galileo Galilei, Isaac Newton, James Clerk Maxwell, Albert Einstein, Niels Bohr, Paul Dirac, Richard Feynman, Stephen Hawking, entre muchos otros.

Y... ¿qué es la Física?

Esta pregunta es muy fácil o muy difícil de responder, dependiendo esto de nuestras exigencias. En otra época los textos comenzaban con definiciones terminantes: “*La física se ocupa de los fenómenos físicos. Fenómenos físicos son aquellos que no modifican la estructura íntima de la materia, a diferencia de los fenómenos químicos, que sí la modifican*”. En parte esto es cierto, porque la caída de un cuerpo, dar cuerda a un reloj, calentar agua para el mate, patear una pelota, son fenómenos físicos; fabricar ácido sulfúrico, quemar un papel, la oxidación de un cuchillo, son fenómenos químicos. Pero hablando con propiedad, no hay una diferencia esencial entre fenómenos físicos y químicos: ¿acaso las moléculas y los átomos no forman parte del mundo de la física? ¿Qué modificación más profunda de la estructura de la materia que la desintegración atómica? y sin embargo es un fenómeno físico.

Las leyes de la física gobiernan las cosas más modestas, como el movimiento de una puerta, y las más cotidianas, como el funcionamiento de una tijera, y las más tremendas, como la bomba atómica, y las más misteriosas, como los rayos cósmicos, y las más fantásticas, como los satélites artificiales, y las más triviales, como la reflexión en un espejo, y las más concretas, como el funcionamiento de un motor, y las más abstractas, como la naturaleza del calor.

El incansable tic tac de un reloj, el frío controlable de una heladera, la comodidad del teléfono, la magia de la televisión, el calor confortante de una estufa, el suave deslizar de una lapicera, el estruendo de un aparato de radio, el dulce rasgido de una guitarra, el funcionamiento de la bombilla del mate, la inapreciable ayuda de los anteojos, la eficacia de las computadoras, el cine, la fotografía, los transformadores, las turbinas, los barriletes, la brújula, los dirigibles, los submarinos, los tubos fluorescentes, el telescopio...¿para qué seguir?, todos ellos funcionan de acuerdo con las leyes de la física.

Sepamos aprender física al mirar el tren, al observar lo que ocurre en el interior de un ascensor, al improvisar un péndulo con una piedra, y un reloj con el pulso, construyendo un galvanómetro con el imán de algún auto viejo y algunos alambres de cobre, o una cámara fotográfica con una caja de cartón. Y así aprenderemos más física y más a fondo que observando desde un asiento el deslumbrante aparato venido de una fábrica. Todos somos un poco físicos, sin saberlo. Para serlo mejor, basta una condición: saber observar y preguntarse ante cada hecho que se observa: ¿cómo? y ¿por qué?

Definiciones de Física

“Dado su amplio campo de acción, la Física se puede entender como la ciencia que trata de explicar la realidad. Realidad que se percibe en los fenómenos de la naturaleza y en general del universo a nivel micro (cuántico) y a nivel macro (leyes universales, como la gravitación). La filosofía se pregunta por el ¿qué? y el ¿por qué? de las cosas, mientras la física se pregunta por el ¿cómo? Para cumplir con esa tarea, en Física se hacen suposiciones que se comprueban con base en discursos matemáticos. Es por esto que la comprensión de los fenómenos de la naturaleza no dependen de la matemática, sino de los procesos de reflexión acerca de la cotidianidad. Es el caso por ejemplo del movimiento; éste no se comprende con fórmulas, se aprende observando, tomando medidas, experimentando.”

“La Física es una ciencia fundamental, dedicada a la comprensión de los fenómenos naturales que ocurren en nuestro universo. Y también una ciencia basada en observaciones experimentales, y en mediciones cuantitativas.”

“La Física lo es todo... Es ir a la tienda, es ir a jugar, es ir al baño, es montar en bus, es sentir, es pensar, es imaginar, es escribir en un teclado de computadora, es subir un árbol, es nadar, es correr para que me roben, es correr para alcanzar a entrar a clase... es todo.”

“La Física es la ciencia que se encarga de estudiar todos los fenómenos que ocurren en nuestro entorno, los cuales pueden ser percibidos sin cambiar su estructura íntima.”

“La Física es la ciencia que trata de explicar por qué ocurren determinados fenómenos, y un modo de vida para las mentes inquietas”

“La Física es la ciencia que se encarga de los componentes que forman nuestro Universo, de las fuerzas que estos ejercen entre sí y de los efectos que provocan estas fuerzas”.

“La Física es el complejo arte de describir y explicar la realidad y todas sus posibles variantes tanto con lenguaje matemático como con lengua normal.”

“La Física es mucho más que una simple definición académica más o menos lograda o lúcida...”

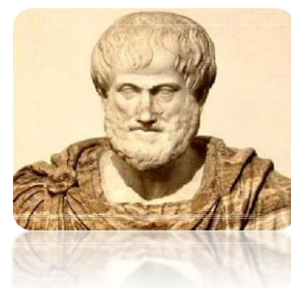
“Es la ciencia que estudia la materia, sus propiedades, las leyes a que está sometida y los fenómenos reales que los agentes naturales causan con su acción sobre ella, diferenciándose dos grandes ramas, la física clásica y la física moderna. La primera puede dividirse en: mecánica, acústica, óptica, termodinámica y electrodinámica. La segunda incluye la mecánica cuántica y la teoría de la relatividad, y ramas como la electrónica, la física nuclear y la astrofísica.”

“La física es una ciencia natural que estudia las propiedades del espacio, el tiempo, la materia y la energía, así como sus interacciones”.

Historia de la Física

Se conoce que la mayoría de civilizaciones de la antigüedad trataron desde un principio de explicar el funcionamiento de su entorno, miraban las estrellas y pensaban como ellas podían regir su mundo. Esto llevó a muchas interpretaciones de carácter más filosófico que físico, no en vano en esos momentos la física se integraba en la *Filosofía Natural*.

Durante el período helenístico, Alejandría se había convertido en el centro científico de la civilización occidental, realizando sorprendentes avances. Destacada relevancia tuvo el matemático e inventor **Arquímedes**, quien logró diseñar con palancas y tornillos varios aparatos mecánicos prácticos y midió la densidad de objetos sólidos sumergiéndolos en un líquido. En las matemáticas destacó el astrónomo, geógrafo y matemático **Eratóstenes**, que midió la circunferencia de la Tierra y elaboró un catálogo de estrellas. **Tolomeo** propuso el sistema que lleva su nombre para explicar el movimiento planetario, que ubica a la Tierra la Tierra en el centro y el Sol, la Luna y las estrellas giran en torno a ella en órbitas circulares.



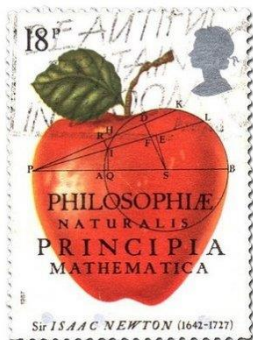
Otros filósofos se destacan en el desarrollo inicial de la física: **Aristóteles**, Tales de Mileto, Demócrito, que fueron los primeros en tratar de buscar algún tipo de explicación a los fenómenos que los rodeaban. A pesar de que las teorías descriptivas del universo que dejaron estos pensadores eran erradas, tuvieron validez durante casi dos mil años, en parte por la aceptación de la iglesia católica de varios de sus preceptos como la teoría geocéntrica. Esta etapa -denominada oscurantismo- termina cuando **Nicolás Copérnico**, considerado padre de la astronomía moderna, en 1543 recibe la primera copia de su *De Revolutionibus Orbium Coelestium*. A pesar de que Copérnico fue el primero en formular teorías plausibles, es otro personaje al cual se le considera el padre de la física como la conocemos ahora. Un catedrático de matemáticas de la Universidad de Pisa a finales del siglo XVI cambiaría la historia de la ciencia empleando por primera vez experimentos para comprobar sus aseveraciones, **Galileo Galilei**. Con la invención del telescopio y sus trabajos en planos inclinados, Galileo empleó por primera vez el método científico y llegó a conclusiones capaces de ser verificadas. A sus trabajos se le unieron grandes contribuciones por parte de otros científicos como **Johannes Kepler**, **Blaise Pascal**, **Christian Huygens**.



Posteriormente, en el siglo XVII, un científico inglés reúne las ideas de Galileo y Kepler en un solo trabajo, unifica las ideas del movimiento celeste y las de los movimientos en la tierra en lo que él llamó gravedad. En 1687, **Sir Isaac Newton** en su obra *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* formuló los tres principios del movimiento y una cuarta Ley de la gravitación universal que transformó por completo el mundo físico, todos los fenómenos podían ser vistos de una manera mecánica.



El trabajo de Newton en el campo perdura hasta la actualidad; todos los fenómenos macroscópicos pueden ser descritos de acuerdo a sus tres leyes. De ahí que durante el resto de ese siglo y el posterior siglo XVIII todas las investigaciones se basaron en sus ideas. De ahí que otras disciplinas se desarrollaron, como la termodinámica, la óptica, la mecánica de fluidos y la mecánica estadística. Los conocidos trabajos de Daniel Bernoulli, Robert Boyle, Robert Hooke entre otros, pertenecen a esta época.



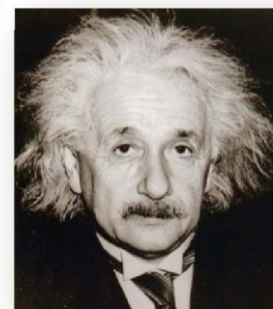
En el siglo XIX se producen avances fundamentales en electricidad y magnetismo principalmente de la mano de **Charles-Augustin de Coulomb**, Luigi Galvani, **Michael Faraday** y **Georg Simon**

Ohm que culminaron en el trabajo de James Clerk Maxwell de 1855 que logró la unificación de ambas ramas en el llamado electromagnetismo. Además se producen los primeros descubrimientos sobre radiactividad y el descubrimiento del electrón por parte de Joseph John Thomson en 1897.

Durante el Siglo XX, la Física se desarrolló plenamente. En 1904 se propuso el primer modelo del átomo. En 1905, **Albert Einstein** formuló la Teoría de la Relatividad especial, la cual coincide con las Leyes de Newton cuando los fenómenos se desarrollan a velocidades pequeñas comparadas con la velocidad de la luz. En 1915 extendió la Teoría de la Relatividad especial, formulando la Teoría de la Relatividad general, la cual sustituye a la Ley de gravitación de Newton y la comprende en los casos de masas pequeñas.

Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr y otros, desarrollaron la Teoría cuántica, a fin de explicar resultados experimentales anómalos sobre la radiación de los cuerpos. En 1911, Ernest Rutherford dedujo la existencia de un núcleo atómico cargado positivamente, a partir de experiencias de dispersión de partículas. En 1925 Werner Heisenberg, y en 1926 Erwin Schrödinger y Paul Adrien Maurice Dirac, formularon la Mecánica cuántica, la cual comprende las teorías cuánticas precedentes y suministra las herramientas teóricas para la Física de la materia condensada.

En la actualidad, destacamos la importancia de **Stephen Hawking** (1942-), físico, teórico y cosmólogo británico. Ha trabajado en las leyes básicas que gobiernan el universo. Junto con Roger Penrose mostró que la Teoría General de la Relatividad de Einstein implica que el espacio y el tiempo han de tener un principio en el Big Bang y un final dentro de agujeros negros.



"Dios no juega a los dados."

Albert Einstein

LAS MAGNITUDES FÍSICAS

La prueba definitiva de cualquier teoría física es su concordancia con las observaciones y mediciones de los fenómenos físicos.
La Física, por tanto, es en esencia una ciencia de la medición

Así como otras ciencias (como la zoología o la botánica) se basan en la descripción y la clasificación, la FÍSICA se basa en la MEDICIÓN. Esta es su característica.

Como sin mediciones no se puede ir muy lejos en el estudio de la Física, conviene que sepamos algo, desde ahora, acerca de medidas y mediciones.

El conocimiento que inicialmente se tiene de la Naturaleza procede de las impresiones que recibimos de nuestros sentidos, y este conocimiento es fundamentalmente intuitivo y cualitativo.

Cuando distintos observadores cuentan los cambios que experimentan algunos objetos o sus propiedades, es frecuente comprobar que algunas de ellas no son interpretadas (propiedades) o relatados (cambios) de la misma forma por todos ellos. Son resultados subjetivos, dependen del observador.

Ejemplo: la dificultad de un problema.

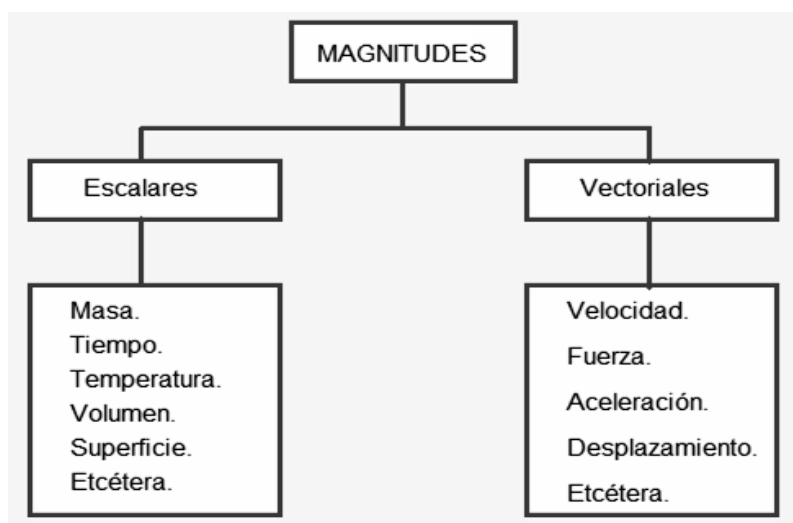
Si una propiedad no se puede medir, no es una magnitud. Y si la observación de un fenómeno, no da lugar a una información cuantitativa, dicha información será incompleta.

Así pues, llamaremos **magnitudes, a las propiedades físicas que se pueden medir.**

Es por lo tanto necesario saber relacionar los resultados de estas mediciones, así como operar con ellos. Las matemáticas son parte del lenguaje que necesitamos para comprender los fenómenos físicos.

Entre las magnitudes físicas hay algunas que *no dependen* de las demás, y son **MAGNITUDES FUNDAMENTALES**. Es el caso de la *longitud*, la *masa* y el *tiempo*.

Aquellas otras magnitudes que dependen de las magnitudes fundamentales se llaman **MAGNITUDES DERIVADAS**. Un ejemplo lo constituye la velocidad, que se define por la relación (cociente) entre longitud y tiempo.



Medir



Es **comparar una magnitud con otra**, tomada de manera arbitraria como referencia, **denominada patrón y expresar cuántas veces la contiene.**

Al resultado de medir lo llamamos **Medida**.

Cuando medimos algo se debe hacer con gran cuidado, para evitar alterar el sistema que observamos.

Por otro lado, no hemos de perder de vista que las medidas se realizan con algún tipo de error, debido a imperfecciones del instrumental o a limitaciones del medidor -errores experimentales- por eso, se ha de realizar la medida de forma que la alteración producida sea mucho menor que el error experimental que se pueda cometer.

Como resultado de toda medida, a la magnitud que se ha medido se le asigna un **número** y una **unidad**. Así, por ejemplo, si se mide la masa de un coche y se toma como unidad el kilogramo (kg), el resultado debe expresarse de esta manera: **m = 1.100 kg**

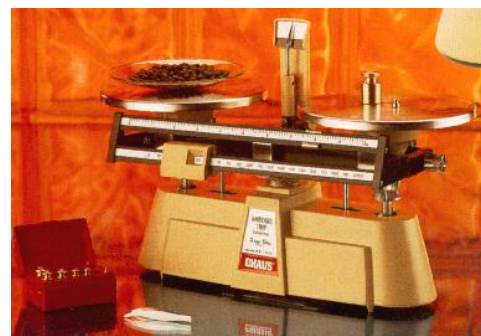
...donde el número 1.100 indica cuántas unidades (kg) están contenidas en lo que hemos medido (el coche). Decir sólo que la masa del coche es 1.100 no tendría significado, ya que podría tratarse de 1.100 gramos, 1.100 toneladas, etc.-

Unidades

Al **patrón** de medir le llamamos también **Unidad de medida**. Y debe cumplir estas **condiciones**:

- 1º.- Ser inalterable, esto es, no ha de cambiar con el tiempo ni en función de quién realice la medida.
- 2º.- Ser universal, es decir utilizada por todos los países.
- 3º.- Ha de ser fácilmente reproducible.

Reuniendo las unidades patrón que los científicos han estimado más convenientes, por razones que aquí no mencionaremos, se han creado los denominados **Sistemas de Unidades**.



El Sistema Internacional

El **SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)** es un conjunto de unidades de magnitudes fundamentales a partir del cual se puede expresar cualquier unidad de una magnitud derivada. En virtud de un acuerdo firmado en 1960, en la mayor parte del mundo se utiliza el Sistema Internacional. Las unidades fundamentales y algunas de las derivadas son las siguientes:

MAGNITUD	UNIDAD	SIMBOLO
longitud	metro	m
masa	kilogramo	kg
tiempo	segundo	s
temperatura	kelvin	K
intensidad de corriente	amperio	A
intensidad luminosa	candela	cd
cantidad de sustancia	mol	mol

El Sistema Métrico Legal Argentino:

El Sistema Métrico Legal Argentino (SIMELA) adopta las mismas unidades, múltiplos y submúltiplos del SI. Fue establecido por ley 19.511 de 1972, como único sistema de unidades en nuestro país.

- **LONGITUD:** El **metro** (m) es la unidad básica de longitud en el SI. Distancia entre dos trazos realizados sobre una barra de platino e iridio que se conserva en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas de París. En 1960, se vuelve a definir como: 1.650.763,73 longitudes de onda de la luz anaranjada-rojiza emitida por el átomo de Kriptón 86. Y se redefine en 1.983 como la longitud recorrida por la luz en el vacío en $1/299.792.458$ segundos.
- **MASA:** El **kilogramo** (kg) es la unidad básica de masa en el SI. Y es la masa de un bloque de platino e iridio (denominado kilogramo patrón) que se conserva en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas de Sevres, París.
- **TIEMPO:** El **segundo** (s) es la unidad básica de tiempo en el SI. La definición actual es: un segundo es la duración que tienen 9.192.631.770 períodos de una determinada radiación de Cesio-133. Durante mucho tiempo se definió como $1/86.400$ del día solar medio, esto es, del tiempo que tarda la Tierra en dar una vuelta completa sobre su eje de rotación.

Múltiplos y submúltiplos

Es frecuente que las unidades del S.I. resulten unas veces excesivamente grandes para medir determinadas magnitudes y otras, por el contrario, demasiado pequeñas. De ahí la necesidad de los múltiplos y los submúltiplos. Podemos mencionar algunos:

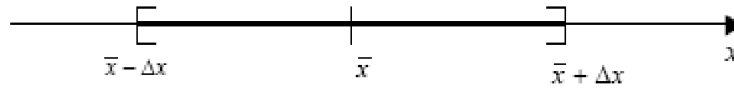
Múltiplos		
Prefijo	Símbolo	Equivalencia
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	k	10^3
hecto	h	10^2
Deca	da	10

Submúltiplos		
Prefijo	Símbolo	Equivalencia
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
mili	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
Pico	p	10^{-12}

ERRORES EN LAS MEDIDAS

En Física el concepto de error tiene un significado diferente del uso habitual de este término. Coloquialmente, es usual el empleo del término error como análogo o equivalente a equivocación. En ciencia e ingeniería, el error, como veremos en lo que sigue, está más bien asociado al concepto de incerteza en la determinación del resultado de una medición.

Más precisamente, lo que procuramos en toda medición es conocer las cotas (o límites probabilísticos) de estas incertezas. Gráficamente, buscamos establecer un intervalo



donde con cierta probabilidad, podamos decir que se encuentra el mejor valor de la magnitud x . Este mejor valor x es el más representativo de nuestra medición y a Δx lo denominamos incerteza o **error absoluto** de la medición.

Entonces, podemos afirmar que:

- 1. Todo resultado experimental o medida hecha en el laboratorio debe de ir acompañada del valor estimado del error de la medida y a continuación, las unidades empleadas.**

Por ejemplo, al medir una cierta distancia hemos obtenido

$$297 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$$

De este modo, entendemos que la medida de dicha magnitud está en alguna parte entre 295 mm y 299 mm. En realidad, la expresión anterior no significa que se está *seguro* de que el valor verdadero esté entre los límites indicados, sino que hay cierta *probabilidad* de que esté ahí.

- 2. Los errores se deben dar solamente con una única cifra significativa.** Únicamente, en casos excepcionales, se pueden dar una cifra y media (la segunda cifra 5 ó 0).
- 3. La última cifra significativa en el valor de una magnitud física y en su error, expresados en las mismas unidades, deben de corresponder al mismo orden de magnitud (centenas, decenas, unidades, décimas, centésimas).**

Entonces, son expresiones correctas ejemplo, las siguientes:

$$24000 \pm 3000 \text{ m}$$

$$23.5 \pm 0.2 \text{ cm}$$

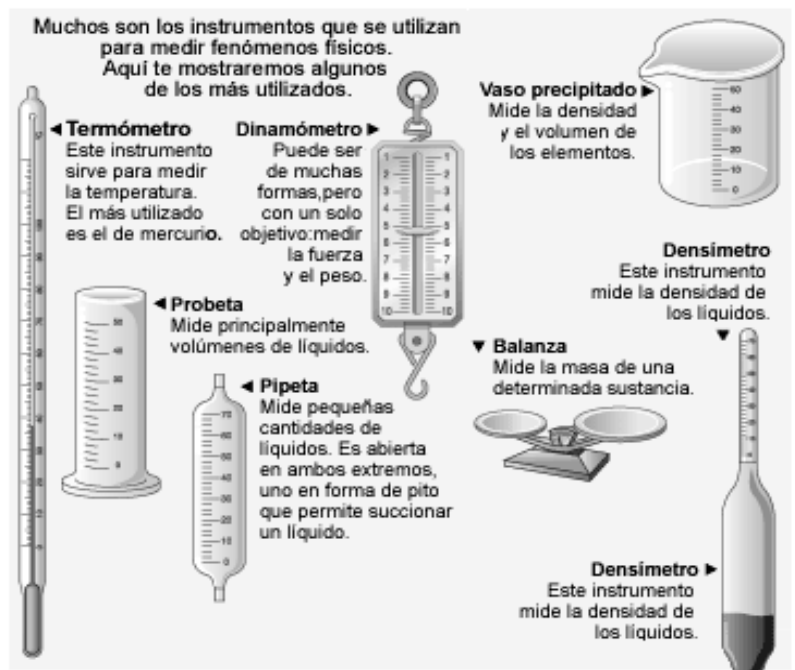
$$345 \pm 3 \text{ m}$$

$$43.00 \pm 0.06 \text{ m}$$

En todo proceso de medición existen limitaciones dadas por los instrumentos usados, el método de medición, el observador (u observadores) que realizan la medición. Asimismo, el mismo proceso de medición introduce errores o incertezas. Por ejemplo, cuando usamos un termómetro para medir una temperatura, parte del calor del objeto fluye al termómetro (o viceversa), de modo que el resultado de la medición es un valor modificado del original debido a la inevitable interacción que debimos realizar. Es claro que esta interacción podrá o no ser significativa: Si estamos midiendo la temperatura de un metro cúbico de agua, la cantidad de calor transferida al termómetro puede no ser significativa, pero si lo será si el volumen en cuestión es de una pequeña fracción del mililitro.

Tanto los instrumentos que usamos para medir como las magnitudes mismas son fuente de incertezas al momento de medir.

Instrumentos que ayudan a la medición



Los instrumentos tienen una precisión finita, por lo que, para un dado instrumento, siempre existe una variación mínima de la magnitud que puede detectar.

Esta mínima cantidad se denomina la apreciación nominal del instrumento. Por ejemplo, con una regla graduada en milímetros, no podemos detectar variaciones menores que una fracción del milímetro.

A su vez, las magnitudes a medir no están definidas con infinita precisión. Imaginemos que queremos medir el largo de una mesa. Es posible que al usar instrumentos cada vez más precisos empecemos a notar las irregularidades típicas del corte de los bordes o, al ir aun más allá, finalmente detectemos la naturaleza atómica o molecular del material que la constituye. Es claro que en ese punto la longitud dejará de estar bien definida. En la práctica, es posible que mucho antes de estos casos límites, la falta de paralelismo en sus bordes haga que el concepto de la “longitud de la mesa” comience a hacerse cada vez menos definido, y a esta limitación intrínseca la denominamos denomina incerteza intrínseca o falta de definición de la magnitud en cuestión.

Clasificación de los errores

Existen varias formas de clasificar y expresar los errores de medición.

Errores introducidos por el instrumento:

- **Error de apreciación:** si el instrumento está correctamente calibrado la incertidumbre que tendremos al realizar una medición estará asociada a la mínima división de su escala o a la mínima división que podemos resolver con algún método de medición.
- **Error de exactitud:** representa el error absoluto con el que el instrumento en cuestión ha sido calibrado.
- **Error de interacción:** esta incerteza proviene de la interacción del método de medición con el objeto a medir. Su determinación depende de la medición que se realiza y su valor se estima de un análisis cuidadoso del método usado.

Errores sistemáticos

Son aquellos que ocurren siempre en una misma dirección. Por ejemplo, si la aguja de la balanza del señor que nos vende verdura en el mercado está un poquito corrida del cero, ya sea a la derecha o a la izquierda, el valor del peso de verdura que nos pese sufrirá sistemáticamente una incertidumbre por exceso o por defecto respectivamente.

Cuando midamos en otra balanza calibrada más correctamente, nos daremos cuenta del error y podremos informar a nuestro verdulero para que efectúe la corrección necesaria. No obstante, es probable que si no le avisamos, este señor no tome conocimiento del error de su balanza, puesto que como mide siempre con el mismo instrumento, será difícil que se percate de dicho error sistemático.

Concluimos entonces que un error sistemático no es fácilmente detectable, porque se producen siempre en una misma dirección, lo podemos identificar cuando usamos otros aparatos u otros métodos de medición. Así podemos cometer errores sistemáticos de medición cuando:

- el instrumento está mal calibrado (nuestro ejemplo)
- fallas en el aparato de medición (balanza mal construida, milímetros más grandes o chicos)
- operador con poca o nada de experiencia en las mediciones (mala ubicación del ojo para mirar es decir error de paralaje)
- influencia del ambiente (aumento de la temperatura)

Cifras significativas

Es todo dígito que tenga significado físico (aparte del cero utilizado para ubicar el punto decimal).

Mediante el número de cifras significativas se indica también la incerteza o error, por ejemplo:

2,91 mm tiene 3 cifras significativas, los dígitos 2 y 9 son correctos en cambio el 1 es incierto, por lo tanto el error es 0,01 mm

Dos valores pueden tener igual número de cifras significativas pero diferente error, por ejemplo:

137 Km tiene tres cifras significativas, igual que la anterior, pero el error es 1 Km.

Criterios de aproximación

Cuando realizamos una medición con una regla graduada en milímetros, está claro que, si somos cuidadosos, podremos asegurar nuestro resultado hasta la cifra de los milímetros o, en el mejor de los casos, con una fracción del milímetro, pero no más. De este modo nuestro resultado podría ser $L = (95.2 \pm 0.5) \text{ mm}$, o bien $L = (95 \pm 1) \text{ mm}$. En el primer caso decimos que nuestra medición tiene tres *cifras significativas* y en el segundo caso sólo dos. El número de

cifras significativas es igual al número de dígitos contenidos en el resultado de la medición que están a la izquierda del primer dígito afectado por el error, incluyendo este dígito.

El primer dígito, o sea el que está más a la izquierda, es el más significativo (9 en nuestro caso) y el último (más a la derecha) el menos significativo, ya que es en el que tenemos “menos seguridad”. Nótese que carece de sentido incluir en nuestro resultado de L más cifras que aquellas en donde tenemos incertidumbres (donde “cae” el error).

No es correcto expresar el resultado como $L = (95.321 \pm 1)$ mm, ya que si tenemos incertidumbre del orden de 1 mm, mal podemos asegurar el valor de las décimas, centésimas y milésimas del milímetro. Si el valor de L proviene de un promedio y el error es del orden del milímetro, se debe redondear el dígito donde primero cae el error.

Es usual expresar las incertidumbres con *una sola cifra significativa*, y solo en casos excepcionales y cuando existe fundamento para ello, se pueden usar más. También es usual considerar que la incertidumbre en un resultado de medición afecta a la última cifra si es que no se la indica explícitamente. Por ejemplo, si sólo disponemos de la información que una longitud es $L = 95$ mm, podemos suponer que la incertidumbre es del orden del milímetro.-

Error Absoluto y Error Relativo

Sin considerar los errores sistemáticos y/o personales, la medición debe ser expresada como:

$$x = \bar{x} \pm \Delta x$$

En que \bar{x} es el promedio aritmético o valor medio de las medidas realizadas, representa el valor más probable de una medida y se obtiene como:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{x_i}{n}$$

Si $n = 1$, x corresponderá directamente a la lectura del instrumento, si el error aleatorio es importante, el valor más representativo será el valor medio.

Si la medida de una longitud se indica como $56,47 \pm 0,02$ mm se interpreta indicando que existe una alta probabilidad que la medida esté comprendida entre 56,45 mm y 56,49 mm.

CALCULO DEL ERROR

1. Si $n = 1 \rightarrow \Delta x$ el error apreciado o instrumental es igual a la mitad de la división más pequeña de la escala utilizada para medir. Se aplica cuando el error aleatorio es despreciable frente al error instrumental.
2. Si $1 < n < 30 \Rightarrow 2$

$$\Delta x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2}$$

se aplica cuando el error aleatorio es importante frente al instrumental, pero solo se desea obtener una determinación rápida pero burda de la incerteza.

3. Error relativo:

$$E_r = \frac{\Delta x}{\bar{x}}$$

4. Error porcentual:

$$E\% = E_r * 100$$

Mientras menor sea el error relativo la medida ésta es más precisa, por ejemplo si la hora se indica como 14:43:15 es precisa, se indica con segundos, sin embargo, el reloj podría atrasarse o adelantarse en varios minutos entonces es poco exacto

El error relativo es un índice de la precisión de la medida. Es normal que la medida directa o indirecta de una magnitud física con aparatos convencionales tenga un error relativo del orden del uno por ciento o mayor. Errores relativos menores son posibles, pero no son normales en un laboratorio escolar.

Ejercicios

1) En el siguiente cuadro se muestran los resultados de las mediciones de una longitud dada:

Medición	1	2	3	4	5	6	7
Medida (cm)	2,83	2,85	2,87	2,84	2,86	2,84	2,86

Determinar el error

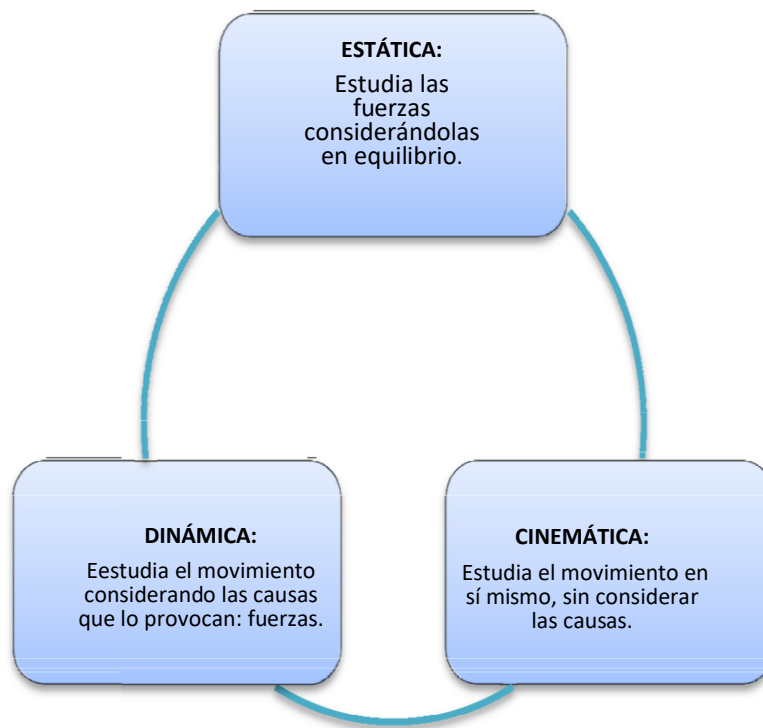
- a) El valor probable b) Error relativo y porcentual

**Los que nunca ha cometido ERRORES
es porque nunca han intentado
hacer cosas NUEVAS y DIFERENTES
(Albert Einstein)**

ENERGÍA MECÁNICA

*Si he logrado ver más lejos, ha sido porque he subido a hombros de gigantes.
Isaac Newton.*

Un gran capítulo de la física es la MECÁNICA. Su estudio resulta indispensable para abordar otros temas. La mecánica tiene por objeto el estudio del movimiento. Se divide en:



Fuerza:



Todos tenemos una noción de lo que se entiende por fuerza: al levantar un cuerpo, empujar un mueble, desviar la trayectoria de una pelota, abrir una canilla, etc, se efectúan acciones donde intervienen fuerzas, en estos casos evidenciadas por el esfuerzo muscular. Desde el punto de vista físico, en cada uno de los ejemplos se está aplicando una fuerza.

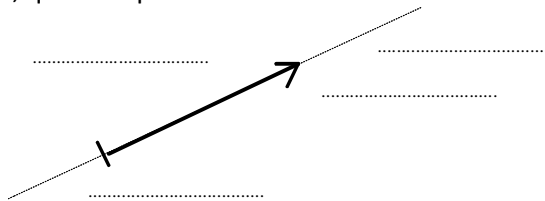
O sea que podemos definir:

FUERZA ES TODO AQUELLO CAPAZ DE MODIFICAR LA FORMA O LA VELOCIDAD DE UN CUERPO.

Si se ata una cuerda a un automóvil y se tira de ella, se realiza una fuerza que puede desplazarlo y en ella se puede observar los **ELEMENTOS**:

- a) **PUNTO DE APLICACIÓN:** lugar donde se ata la cuerda.
- b) **DIRECCIÓN:** recta por la que se desplaza la fuerza.
- c) **SENTIDO:** según si el automóvil se desplaza hacia la izquierda o la derecha.
- d) **INTENSIDAD** de la fuerza ejercida.

Estos son los **elementos de una fuerza**, que se representan mediante un **vector**:



La fuerza es una magnitud y por lo tanto, para ella, se establecen unidades. Según el SIMELA, la unidad de fuerza es el **NEWTON (N)**. Una fuerza es de un Newton cuando al aplicarla a 1 kg se produce un cambio de velocidad de 1 m/s por cada segundo que se mantenga aplicada la fuerza.

Con frecuencia, para indicar la intensidad de una fuerza se emplea el **KILOGRAMO FUERZA (kgf)** en lugar del Newton, y decimos que: **1 kgf = 9,8 Newtons**

*1 kgf es aproximadamente el peso de 1 litro de agua destilada a una temperatura de 4°C.
1 Newton es la fuerza que, aplicada a una masa de 1 kg, le imprime una aceleración de 1 m/s².*

Otra unidad es la **dina (dyn)** que representa la fuerza aplicada a un cuerpo de 1 gramo y lo acelera en 1 cm/s².
1 Newton = 100000 dinas (10⁵)

Dinamómetros:

La intensidad de una fuerza se mide con un instrumento llamado **dinamómetro**, basado en la deformación que experimenta un cuerpo elástico al ser sometido a una fuerza, por ejemplo una goma, un resorte, una lámina de acero, etc.



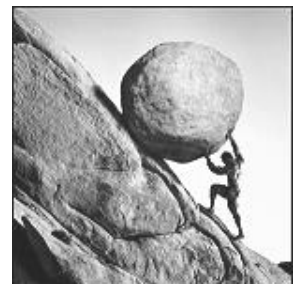
Peso:

Peso es el nombre de uso común que se le da a la fuerza gravitacional que la Tierra ejerce sobre nosotros.

Si se suspende un cuerpo de un hilo, éste queda tenso por la acción del **PESO** del cuerpo. Si se corta el hilo el cuerpo cae. Por lo tanto, existe una fuerza que atrae a los cuerpos hacia la tierra. Dicha fuerza es originada por la acción de la gravedad de la tierra. Si no existiera la gravedad, los cuerpos "flotarían" en su lugar, y si se arrojaban hacia arriba no caerían jamás, es decir, todo ocurriría como si el cuerpo no tuviera peso. De aquí decimos que el peso de un cuerpo es la fuerza con que la tierra lo atrae.

Las fuerzas gravitacionales se definen en 1668, cuando Isaac Newton da a conocer la "Ley de Gravitación Universal", que dice que dos cuerpos cualesquiera se ejercen, mutuamente, una fuerza de atracción.

Particularmente, la Tierra ejerce una fuerza de atracción sobre todos los objetos – animados o inanimados – que se encuentren sobre su superficie:





Así, la Tierra atrae a la Luna, la Luna atrae a la Tierra. El Sol atrae a la Tierra, la Tierra atrae al Sol. Y las fuerzas que cada uno ejerce sobre el otro, son iguales en magnitud y dirección pero con sentidos contrarios.

Y así es como los cuerpos celestes se atraen entre sí, debido a la fuerza gravitacional mutua que se ejercen. La situación se reduce también a todo par de cuerpos con masa. Incluso entre la Tierra y una persona, o una roca, o una hormiga, o lo que sea que tenga masa con tal que esté sobre la superficie de la Tierra.

Newton mostró que cuerpos esféricos, como la Tierra, actuaban como si toda su masa estuviera concentrada en su centro. En el caso de cuerpos como el de una persona o una mesa, que no son esféricas, la gravedad actúa en un punto llamado **centro de gravedad**, que puede determinarse con sencillos procedimientos.

Actividad: Toma una regla de unos 30 o 40 cm, también podría servir una varilla o lo que sea que tenga cierta longitud. Sostén la regla con los dedos índices de tus manos, uno en cada extremo y anda desplazando los dedos hacia “adentro”. Llegará un momento en que se juntan y... se juntan en el centro de gravedad de la regla.

El peso es una fuerza que está relacionada directamente con otro concepto físico, el de **aceleración de gravedad**, que depende de la distancia que hay entre el centro de la Tierra y el lugar en que se quiera determinar. Así entonces, el valor de la aceleración de gravedad es mayor en el Polo que en el Ecuador, porque la Tierra está más achatada en los Polos.

El peso de un objeto, en consecuencia, tiene su máximo valor – a nivel de la superficie de la Tierra – en el Polo y su menor valor – insistimos: a nivel de la superficie de la Tierra, en el Ecuador. Ahora, si nos encaramos a una montaña, el peso de un objeto va disminuyendo a medida que subimos. Y si siguiéramos así..... el peso de un objeto disminuye cada vez más su valor mientras más nos alejamos de la superficie de la Tierra (o del centro de la Tierra).

Incluso podría llegar a un lugar en que el peso tiene un valor cero, nulo, y si consideramos como varía el peso de un objeto en un viaje de la Tierra a la Luna, más o menos cuando falte un noveno, de la distancia de separación entre la Tierra y la Luna, para llegar a la Luna..... el peso del objeto se anula totalmente. Pues es atraído igualmente por la Tierra y por la Luna.

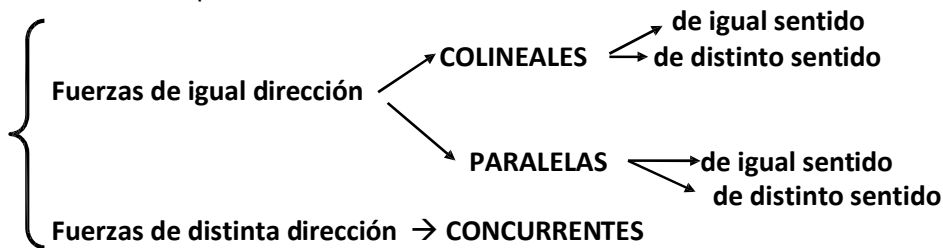
ENTONCES: El peso de un objeto varía de valor según el lugar en que nos encontremos, sin embargo la masa, términos que nos llevan a cierta confusión, no cambia de valor en parte alguna del universo.

- 10 kg en la Tierra, son 10 kg en la Luna o en el Sol o en Mercurio.
- Sin embargo... 10 kg en la Tierra pesan 98 N y en la Luna: 16,33 Newton (la sexta parte del peso en la Tierra).

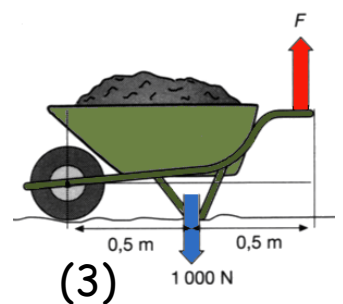
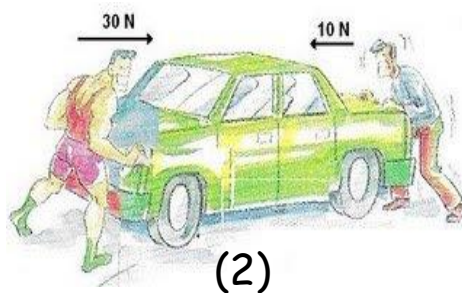
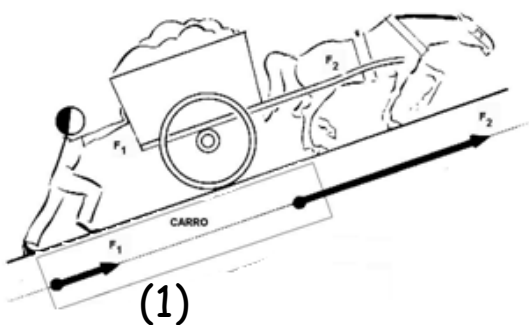
El cálculo del peso se realiza con la relación **$P = m \cdot g$** donde la aceleración de gravedad en la superficie de la Tierra (g) se aproxima a $9,8 \text{ m/s}^2$.

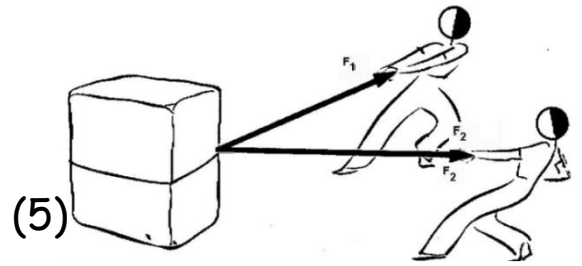
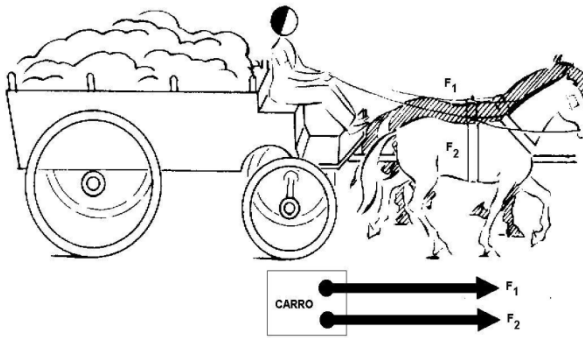
Sistema de Fuerzas:

Cuando sobre un cuerpo rígido (que no se deforma por acción de fuerzas) actúan dos o más fuerzas, se tiene un **SISTEMA DE FUERZAS**. Y podemos encontrar:



Ejemplos:





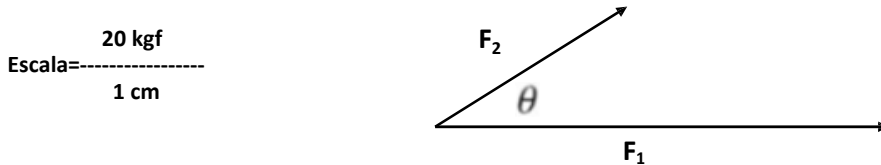
Métodos de resolución de sistemas de fuerzas concurrentes:

La resultante de un sistema de fuerzas concurrentes (cuyas rectas de acción pasan por un mismo punto) puede determinarse gráficamente por dos métodos:

A.- METODO DEL PARALELOGRAMO: luego de representar el sistema de fuerzas, se toman las longitudes de los vectores con un compás y se trazan arcos, para construir así un paralelogramo. La diagonal del paralelogramo que pasa por el punto de aplicación del sistema de fuerzas constituye la resultante. Su intensidad se determina midiendo la longitud del vector R y multiplicando por la escala, o bien analíticamente mediante la fórmula:

$$|\vec{R}| = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos\theta}$$

Ejemplo:



B.- METODO DE LA POLIGONAL: Este método consiste en medir un polígono que tenga por lados a cada uno de los vectores que componen el sistema de fuerzas. Para esto se trazan paralelas a las fuerzas, con el mismo sentido y longitud, transportando unos vectores al final de otros. Al final de la traslación, se traza desde el origen del sistema hacia la última fuerza trasladada, la resultante, y se multiplica por la escala correspondiente.

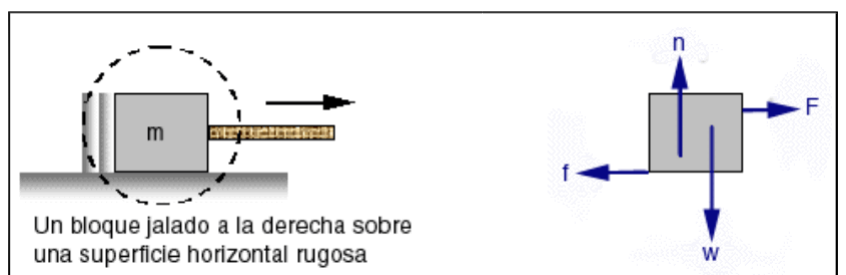


Diagramas de Cuerpo Libre

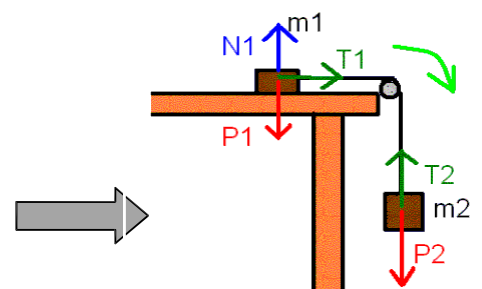
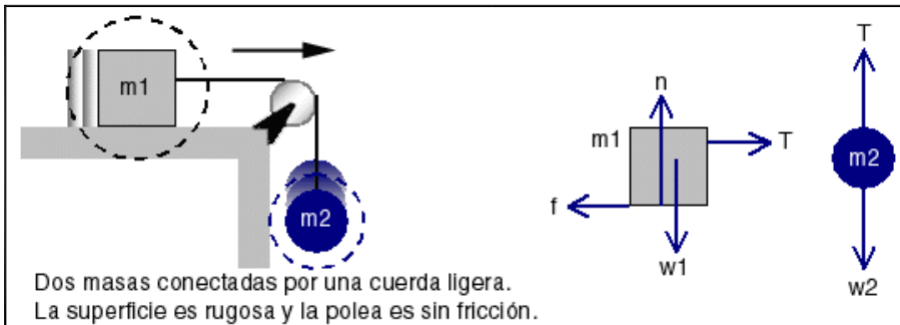
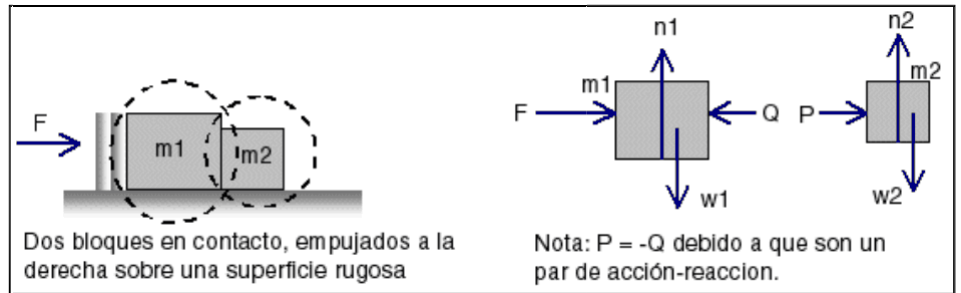
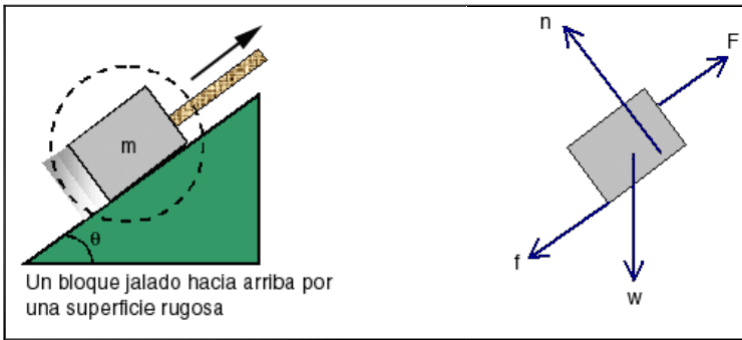
Con el fin de tener buenos resultados al aplicar la segunda ley del movimiento a un sistema mecánico, se debe ser capaz primero de saber y reconocer todas fuerzas que actúan sobre el sistema. Es decir, debemos poder construir el diagrama de cuerpo libre correcto.

Cuando se elabora un diagrama de cuerpo libre se deben de tomar en cuenta cada elemento que interactúa en el sistema. Se escoge un objeto o cuerpo y se aísla, reemplazando las cuerdas, superficies u otros elementos por fuerzas representadas por flechas que indican sus respectivas direcciones. Por supuesto, también debe representarse la fuerza de gravedad y las fuerzas de fricción. Si intervienen varios cuerpos, se hace un diagrama de cada uno de ellos, por separado.

A continuación se muestran algunos



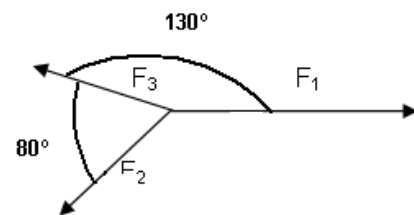
ejemplos de diagramas de cuerpo libre, para eso se debe saber que: F denota cierta fuerza aplicada, w es el PESO, n denota una fuerza normal, f es la fuerza de fricción, y T es la fuerza de la cuerda sobre el objeto.



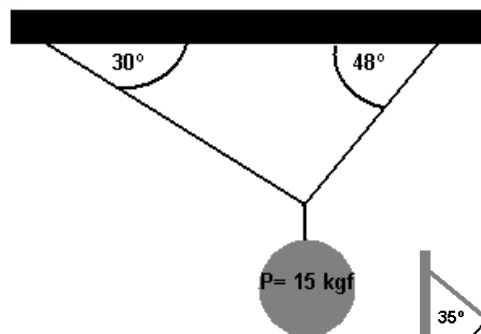
EJERCICIOS

- 1) Realiza el diagrama de cuerpo libre, y calcula las componentes según cada eje de una fuerza de 30N ejercida por un niño que arrastra un camión de juguete, formando un ángulo de 37° con el eje horizontal.
- 2) Calcula las componentes y módulo de la resultante en el siguiente caso:

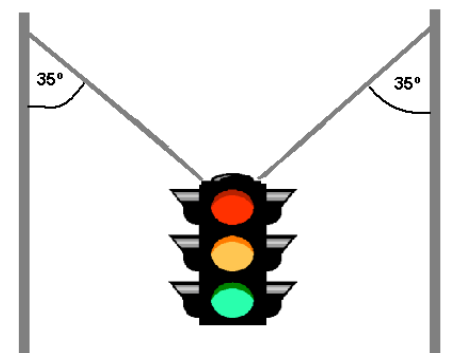
$$\begin{cases} F_1 = 50 \text{ N} \\ F_2 = 130 \text{ N} \\ F_3 = 75 \text{ N} \end{cases}$$



- 3) Calcula las tensiones en cada cuerda:



- 4) Calcula el valor de las tensiones de los cables que sujetan este semáforo de 12 kgf:



CINEMÁTICA

Si he hecho descubrimientos invaluable ha sido más por tener paciencia que cualquier otro talento.
 –Isaac Newton

MOVIMIENTO:

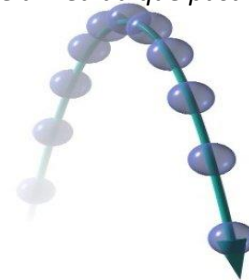
Decimos que un cuerpo está en movimiento con respecto a un sistema de referencia elegido como fijo, cuando sus coordenadas varían al transcurrir el tiempo. Y podemos decir que el movimiento es un concepto *relativo*, y que un cuerpo se mueve o no dependiendo esto del sistema de referencia elegido.



TRAYECTORIA:

Si imaginamos un móvil cualquiera, a medida que transcurre el tiempo va ocupando distintos puntos del espacio. O sea que la trayectoria de un móvil es *la figura formada por los distintos puntos que va ocupando éste a medida que pasa el tiempo*. De aquí decimos que:

- | | |
|--------------------------|----------------------|
| Si la trayectoria es ... | El movimiento es ... |
| ... una recta | ... RECTILINEO |
| ... una curva | ... CURVILINEO |
| ... una circunferencia | ... CIRCULAR |
| ... una elipse | ... ELIPTICO |
| ... una parábola | ... PARABOLICO |



M.R.U.: MOVIMIENTO RECTILINEO UNIFORME

Un automovilista viaja por una ruta solitaria y al controlar las distancias recorridas y los tiempos empleados, obtiene las siguientes tablas de valores:

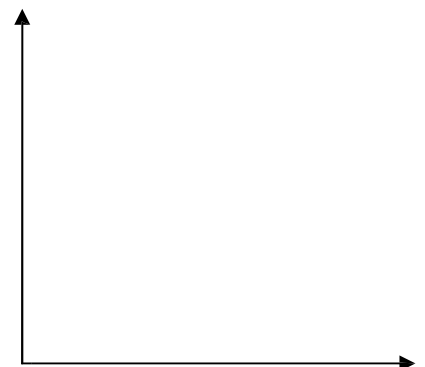
GRÁFICA

Tiempo (h)	Velocidad (km/h)
1	80
2	80
3	80
4	80
5	80



GRÁFICA

Tiempo (h)	Distancia (km)
1	80
2	160
3	240
4	320
5	400



Los datos de la primera tabla permiten afirmar que el móvil posee movimiento **uniforme**, porque recorre **distancias iguales en tiempos iguales**.

¿Qué leerá el conductor si observa el velocímetro? **80 km/h** (80 “kilómetros por hora”)

Este resultado se obtiene al realizar el cociente entre la distancia recorrida y el tiempo empleado en recorrerla:

$v = \text{velocidad} = \frac{\text{distancia recorrida } d}{\text{tiempo empleado } \Delta t}$	$v = \frac{\text{posición final - posición inicial } x - x_0}{\text{tiempo } \Delta t}$
---	---

... la velocidad es el espacio recorrido en una unidad de tiempo

Y se observa que las unidades de velocidad son siempre el cociente entre una unidad de distancia (**d**) y una unidad de tiempo (Δt). Por ejemplo:.....

Hay otras unidades especiales que también representan el cociente entre distancia y tiempo, aunque no lo parezcan. Por ejemplo, la velocidad de los barcos se expresa en NUDOS, y un barco posee una velocidad de 1 nudo cuando recorre una milla marina en 1 hora (1 milla marina equivale a 1852 m).

La velocidad es una magnitud vectorial, y por lo tanto se representa por medio de un *vector*, el cual tiene: punto de aplicación, dirección, sentido y módulo que en escala representa el valor numérico de la velocidad.

TABLAS DE VELOCIDADES

Avión supersónico	2.400 km/h
Tren eléctrico	270 km/h
Halcón	2.670 m/min
Caballo de carrera	1.136 m/min
Hombre corriendo	583 m/min
León	1.830 m/min
Caracol	0,003 m/seg
Guepardo	30 m/seg

Tortuga	1,8 m/min
Tiro penal de fútbol	50 m/s
Tiro de rifle	825 m/s
Tierra	29,8 km/s
Marte	24,1 km/s
Cohete que sale de órbita terrestre	27.000 km/h
Liebre	20 m/seg
Sonido en el aire	330 m/seg

EJERCICIOS DE PASAJE DE VELOCIDADES:

- 1) Expresar la velocidad de un avión supersónico en m/s
- 2) Expresar en km/h la velocidad de un caballo de carrera
- 3) ¿A cuántos km/h equivale la velocidad de una pelota de fútbol?
- 4) Reducir a m/seg una velocidad de 25 km/h
- 5) ¿Cuál de estas velocidades es mayor?: 40 km/h, 10 m/seg, 100 m/min
- 6) ¿A cuántos km/h equivale la velocidad de una tortuga? ¿Y de una liebre?

LEYES DEL M.R.U.:

Al representar la velocidad del móvil en función del tiempo $v = f(t)$ se deduce la:

- **PRIMERA LEY:** *En todo movimiento rectilíneo y uniforme la velocidad es constante*

Al representar la distancia recorrida por el móvil en función del tiempo $d = f(t)$ se deduce la:

- **SEGUNDA LEY:** *En todo movimiento rectilíneo y uniforme la distancia recorrida por el móvil es directamente proporcional al tiempo empleado en recorrerla.*

PROBLEMAS DE M.R.U.

- 1) Un automóvil recorre 98 km en 2 horas. Calcular su velocidad media, e indicar cuántos km recorrerá en 3 horas con esa velocidad. (Rta: 49 km/h, 147 km)
- 2) Se produce un disparo a 2,04 km de donde se encuentra un policía. ¿Cuánto tarda el policía en oírlo si la velocidad del sonido en el aire es de 330 m/s? (Rta.: 6,18 seg)
- 3) ¿Qué distancia recorrió un automóvil que durante un día y medio efectuó una trayectoria rectilínea a 90 km/h?
- 4) Un móvil recorre 250 km en 3,5 horas ¿cuál es su velocidad en m/seg y en km/h? (Rta.: 71,4 km/h)
- 5) Un camión recorre 1800 km en 23 h, calcula su velocidad en m/seg.
- 6) ¿A qué distancia aproximada cae un rayo, si un observador tarda 15 segundos en oírlo?
- 7) Se han medido los siguientes valores de distancia recorrida para un móvil:

Tiempo (seg)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Posición (m)	0	12,4	24,8	37,2	49,6	62	74,4	86,8	99,2

- a) Calcular la velocidad del móvil
- b) Calcular la distancia que recorre en 2 horas
- c) Construir las gráficas de velocidad y posición en función del tiempo.

M.R.U.V.: Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado

Un móvil posee M.R.U.V. cuando su velocidad varía cantidades iguales para tiempos iguales: *Si la velocidad aumenta el movimiento es uniformemente acelerado (M.U.A.) Si la velocidad disminuye el movimiento es uniformemente retardado (M.U.R.)*

EJEMPLO: Consideremos la siguiente representación gráfica de un M.U.A.:

tiempo (h)	velocidad (km/h)
0	50
1	70
2	90
3	110
4	130
5	150



... de aquí definimos **ACELERACIÓN** como la **variación de velocidad que se produce en una unidad de tiempo**:

$$a = \frac{\text{variación de velocidad}}{\text{intervalo de tiempo}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{\Delta t}$$

De aquí podemos deducir el valor de la **velocidad** como: $V = V_0 + a \cdot t$

... y la unidad de aceleración queda expresada en una unidad de longitud sobre una unidad de tiempo elevada al cuadrado. Como **por ejemplo** m/seg^2 , km/h^2 , m/min^2 .

Para el caso particular de este móvil podemos hallar la aceleración como:

DISTANCIA RECORRIDA POR UN MÓVIL EN EL M.R.U.V.:

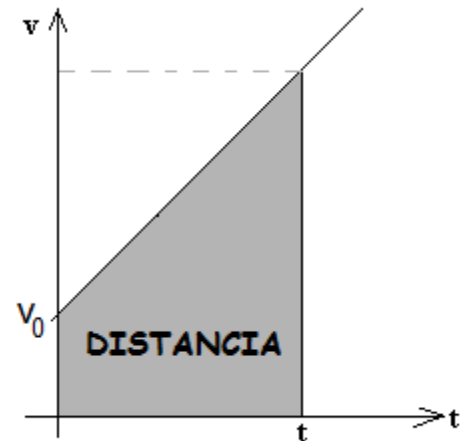
Si construimos un gráfico de la velocidad en función del tiempo, la superficie de la figura obtenida representa la velocidad del móvil. O sea:

La figura obtenida es un **trapecio**, cuya superficie es:

$$\text{sup} = \frac{b + B}{2} \cdot h \quad \text{teniendo en cuenta que:}$$

b = velocidad inicial (V_0)
 B = velocidad final (V)
 h = tiempo transcurrido (t)

- Reemplazamos en la ecuación anterior y obtenemos $d =$
- Como $v = v_0 + a \cdot t$, reemplazamos, simplificamos y luego multiplicamos por t:



Así obtenemos: $d = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ (Recordando que $d = x - x_0$)

Entonces podemos enunciar que:

La distancia recorrida por un móvil con M.R.U.V. es directamente proporcional al cuadrado del tiempo empleado en recorrerla.

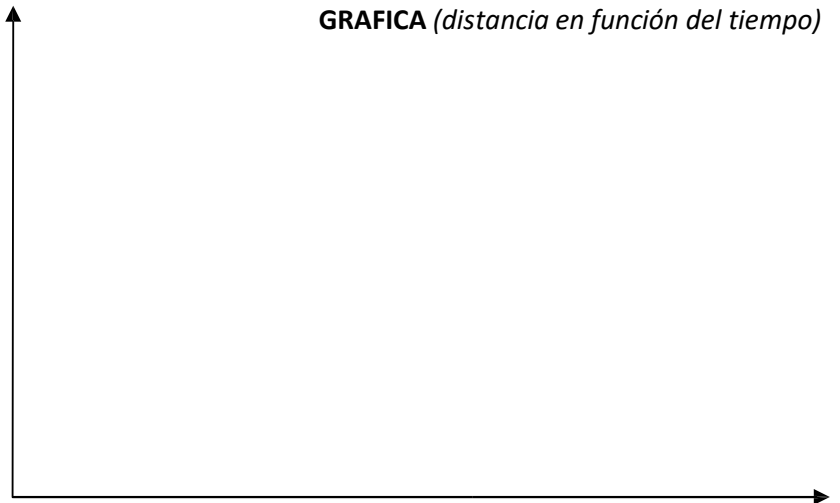
REPRESENTACION GRÁFICA DE LA DISTANCIA:

Un automóvil de carrera recibe el orden de partida y a los 10 segundos su velocidad es de 90 km/h. Representemos gráficamente las distancias recorridas a medida que transcurre el tiempo y grafiquemos $x = f(t)$. Para esto calculamos la aceleración:

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

.. y una vez obtenidos todos los datos completaremos el siguiente cuadro

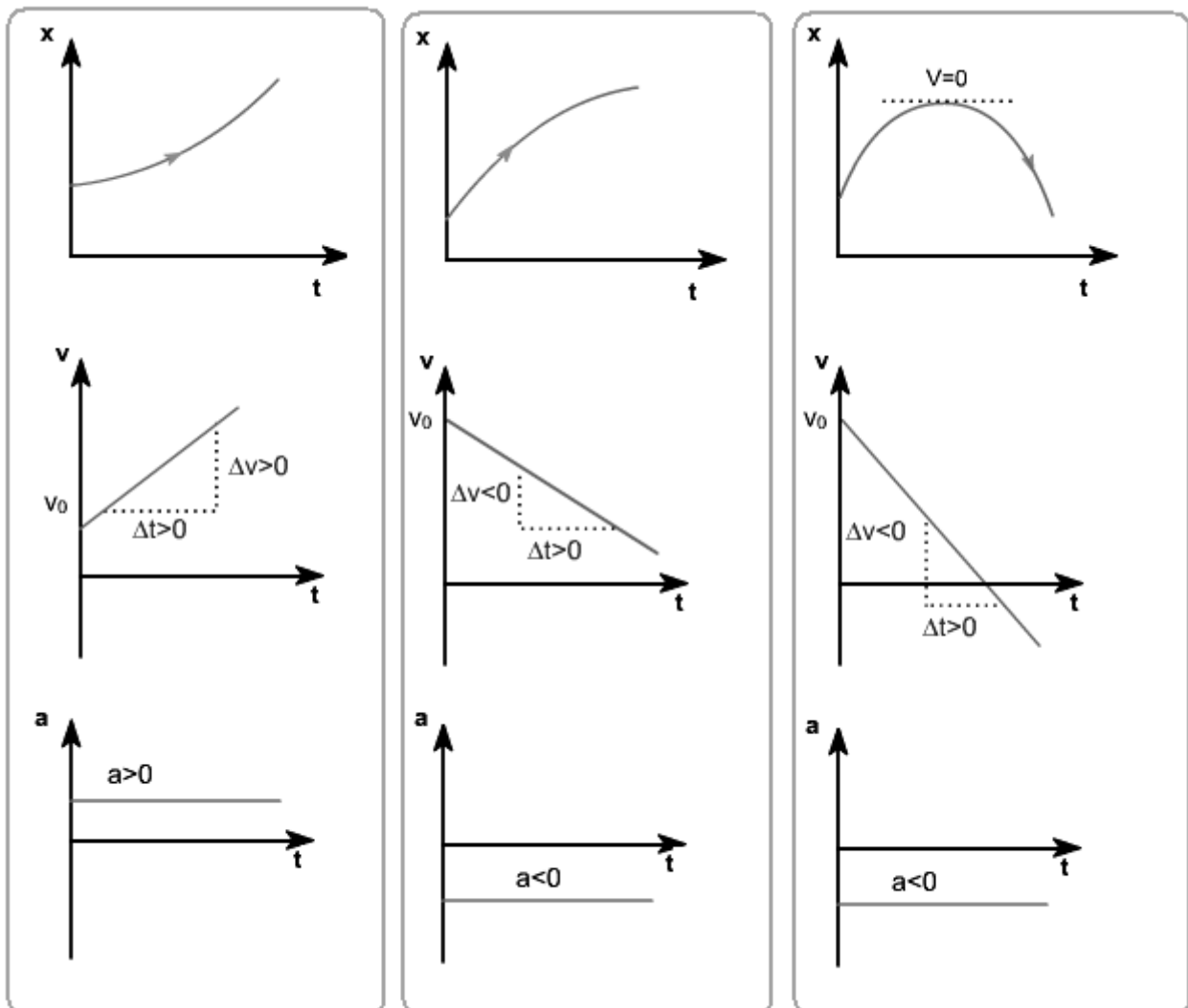
t (segundos)	d (metros)
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	



GRAFICA (distancia en función del tiempo)

Se observa que la gráfica obtenida es una **PARABOLA**. Y esto **NO** se debe confundir con la trayectoria del móvil (que es una línea recta).

Gráficas de MRUV:



EJERCICIOS M.R.U.V.

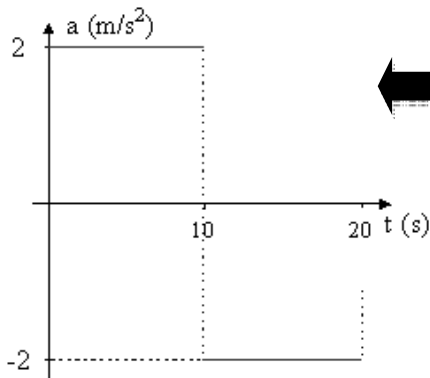
- 1) ¿Cuál es la aceleración de un móvil que en 4 segundos llega a 36 km/h, habiendo partido del reposo?
 2) Un móvil parte del reposo, a los 5 segundos posee una velocidad de 90 km/h. Si su aceleración es constante: ¿cuánto vale la misma? y ¿qué espacio recorrió? (Rta: 5 m/s² - 62,5 m)

- 3) Un automóvil se desplaza a una velocidad de 10 m/s y frena en 3 segundos:
 a) ¿cuál es la aceleración de frenado?
 b) ¿cuánto tiempo tarda en detenerse?
 4) La bala de un rifle sale de caño (de 1,4 m de longitud) con una velocidad de 1400 m/s:
 a) ¿qué aceleración experimenta la bala?
 b) ¿cuánto tarda en salir del rifle? (Rta: 700.000 m/s² - 0,002 segundos)
 5) Un ciclista que va a 30 km/h aplica los frenos y logra detener la bicicleta luego de recorrer 25 m. ¿Qué distancia necesitó para frenar?
 6) Un móvil parte del reposo con M.R.U.V.. En 1 segundo alcanza una velocidad de 5 m/s. Calcular:



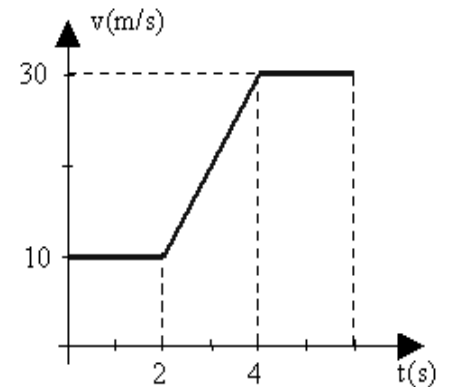
- a) su velocidad a los 10 segundos de partida
 b) la distancia recorrida en ese lapso. (Rta.: 50 m/s - 250 m)

- 7) Un móvil parte del reposo con $a = 1,2 \text{ cm/seg}^2$. ¿Cuánto tarda en adquirir una velocidad de 72 km/h?
 8) Un móvil parte del reposo y en 2' recorre 18 km ¿qué velocidad posee en ese instante?
 9) Un móvil posee una velocidad inicial de 30 m/seg. Si su aceleración es de 0,6 m/seg² ¿qué distancia recorre en 2 minutos? (Rta.: 7920 m)
 10) Un móvil posee una velocidad de 15 m/seg cuando aplica los frenos, y se detiene después de 20 segundos. ¿Cuál es su desaceleración? (Rta.: - 0,75 m/seg²)



11) El gráfico muestra la aceleración en función del tiempo de un móvil. Realizar el gráfico de la velocidad en función del tiempo sabiendo que la velocidad inicial es cero, y calcular la distancia recorrida por el móvil.

12) La velocidad de un móvil, en movimiento rectilíneo experimenta la variación indicada por el gráfico. Calcular la aceleración media desde $t=0$ a $t=5 \text{ seg}$

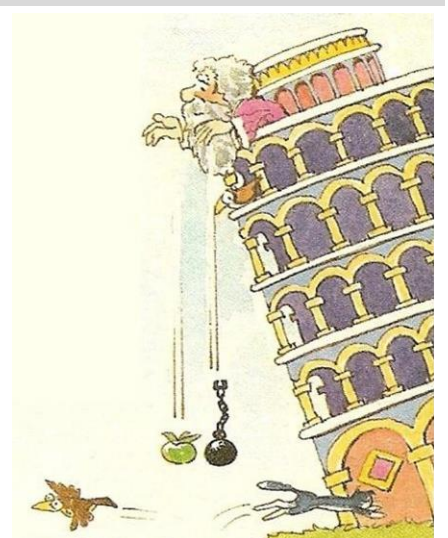


CAÍDA LIBRE - TIRO VERTICAL

Si dejamos caer desde una misma altura un cuerpo pesado y uno liviano, diríamos que llega primero al piso el más pesado, por esa propiedad. Si tomáramos dos hojas de papel iguales (o sea de igual peso) y abolláramos una de ellas... ¿cuál llegaría primero al piso y por qué?

En base a ésta experiencias y a otras similares, varios científicos estudiaron estos fenómenos. Durante 2000 años se creyó que los cuerpos caían con una velocidad relacionada a sus masas. Pero Galileo demostró lo contrario, enunciando que **todos los cuerpos dejados caer (en el vacío) desde una misma altura caen con la misma velocidad**. Además comprobó que las distancias recorridas por esos cuerpos eran directamente proporcionales a los cuadrados de los tiempos empleados, y esta es una característica propia del movimiento uniformemente variado. Por esto **la caída de los cuerpos en el vacío es un movimiento uniformemente variado**.

La principal característica de la caída de los cuerpos es que para todos, la aceleración de su movimiento es la misma, ya que es la única manera de que



alcancen velocidades iguales si se lanzan desde una misma altura. O sea que:

EN EL VACÍO, TODOS LOS CUERPOS CAEN CON LA MISMA ACELERACIÓN.

Esta aceleración se llama aceleración de la gravedad (g). Su valor es de aproximadamente **980 cm/s²**. Este valor no es el mismo para todos los lugares de la Tierra: depende de la latitud y de la altura sobre el nivel del mar. En los Polos alcanza su mayor valor (983 cm/s²) y en el Ecuador es 978 cm/s².

	Caída Libre y tiro vertical	Tiro vertical h. arriba
ALTURA	$h = h_0 + v_0 \cdot t - 1/2 \cdot g \cdot t^2$	$h_{MAX} = \frac{V_0^2}{2 \cdot g}$
VELOCIDAD	$v = v_0 - g \cdot t$	$t = \frac{V_0}{g}$
ACELERACION	$g = 9,8 \text{ m / seg}^2$	

EJERCICIOS:

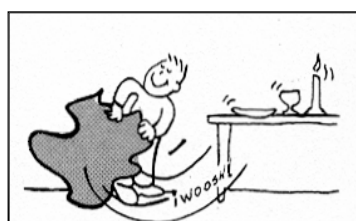
- Desde una torre se deja caer una piedra, que tarda 4 segundos en llegar al suelo. Calcular la altura de la torre, y la velocidad (en km/h) con que la piedra llega al suelo. (Rta: 78,4 m – 141 km/h)
- Se dispara un bala verticalmente hacia arriba, a 500 m/s, calcular cuánto tiempo dura la subida. (Rta.: 51 s)
- Se arroja una piedra verticalmente hacia arriba, con una velocidad de 8 m/s. Calcular la máxima altura que alcanza. (R: 3,26 m)
- Un nadador se deja caer desde un trampolín de 5 m de altura. Calcular: Cuánto tarda en entrar en el agua. Y la velocidad con que entra. (Rta.: 1,01 s – 9,9 m/s)
- Una bomba lanzada desde un avión tarda 10 s en dar en el blanco. ¿A qué altura volaba el avión?
- Se lanza un cuerpo verticalmente hacia arriba con una velocidad de 98 m/s. ¿Qué altura y que velocidad alcanza al cabo de 3 segundos? Y ¿cuál es la altura máxima alcanzada por el cuerpo? (Rta: 249,9 m - 68,6 m/s - 490 m)
- ¿Cuánto tarda en tocar tierra un cuerpo que cae libremente de un avión que vuela a 1960 metros de altura? ¿Con qué velocidad llega a tocar tierra? (Rta.: 20 seg; 196 m/seg)
- Se lanza un cuerpo verticalmente hacia arriba con una velocidad de 200 m/seg. Calcular: la velocidad que posee en 4 seg, el tiempo que tarda en alcanzar su altura máxima y el valor de la misma. (R.: 160,8 m/s; 20,4 seg)



DINÁMICA



PRINCIPIO de INERCIA (Primera ley de Newton)



Al dar un puntapié a una pelota, ésta comienza a moverse rodando por el suelo y continúa su movimiento aunque la fuerza se aplicó solo durante un instante. Pueden así existir cuerpos en movimiento sin que sobre ellos tengan que actuar fuerzas motrices.

Por otra parte, aunque es un hecho común, no es menos notable que los cuerpos quietos mantengan su reposo mientras no actúen fuerzas sobre ellos.

Todo cuerpo persevera indefinidamente en el estado de reposo o movimiento (como se encontraba) a menos que una fuerza externa actúe sobre él.

Es la inercia del cuerpo en movimiento del pasajero la que lo lleva hacia adelante cuando se detiene el vehículo en el que viaja; es la inercia del vehículo en movimiento la responsable de que los frenos tengan que ser poderosos. Es la

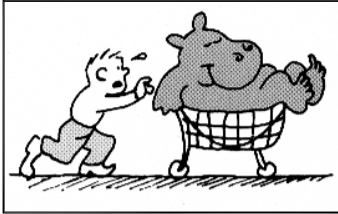
que exige gran esfuerzo del motor para hacer arrancar al vehículo que se halla detenido y es la que impide al pasajero acompañar al vehículo en su movimiento inicial y lo hace sentir empujado hacia atrás.

Ejemplo: ¿Cómo aplicas este principio si estás en un ascensor y..

a) ...arranca bruscamente hacia

b) ...está bajando y se detiene bruscamente?

PRINCIPIO de MASA (Segunda Ley de Newton)



Cuando sobre un cuerpo actúa una fuerza, produce una aceleración directamente proporcional a la intensidad de dicha fuerza.

La constante de proporcionalidad indica que hay una magnitud que se mantiene constante durante la experiencia. Se la denomina **masa** (del latín: masa, permanente), palabra con la que se indica la invariabilidad de esa magnitud del cuerpo en cualquier lugar del universo. Se la designa con **m**.

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

FÓRMULA FUNDAMENTAL

Masa es la propiedad de los cuerpos que los obliga a adquirir determinada aceleración ante la fuerza aplicada. Su valor se obtiene de la relación de proporcionalidad directa entre la fuerza aplicada y la aceleración producida.

Interpretación de la fórmula fundamental

- La fuerza y la aceleración son directamente proporcionales siempre que la masa permanezca constante.
- Con esta fórmula se calcula la masa de un cuerpo conociendo la fuerza aplicada y la aceleración producida.

$$F = m \cdot a$$

- Esta es la fórmula de las magnitudes inversamente proporcionales. La masa y la aceleración lo son siempre que la fuerza permanezca constante. Aplicando la misma fuerza a cuerpos de distintas masas se obtendrán distintas aceleraciones. Un automóvil tiene más masa que una bicicleta. Aplicando a ambos la misma fuerza, la bicicleta se moverá más rápidamente; su aceleración es mayor porque su masa es menor.
- Con esta fórmula se calcula la fuerza aplicada conociendo la masa del cuerpo y la aceleración de su movimiento. De la fórmula fundamental se puede deducir el valor de "a"
- Con esta fórmula se calcula la aceleración del movimiento de un cuerpo, conociendo la masa del mismo y la fuerza que se aplica.

Relación entre peso, masa y aceleración de la gravedad

En la caída libre se dan las condiciones del principio de masa: la fuerza que se halla constantemente aplicada es el peso ($F = P$) y la aceleración es la aceleración de la gravedad ($a = g$), prácticamente la misma en toda la superficie de la Tierra. En consecuencia:

$$m = \frac{P}{g}$$

Con esta fórmula se puede calcular la masa de un cuerpo conociendo el peso y la aceleración de la gravedad. Esto es muy importante, pues elimina el problema de la medición de fuerzas y aceleraciones, ya que el peso se determina fácilmente con un dinamómetro y la aceleración de la gravedad es siempre dato conocido.

PRINCIPIO de ACCIÓN y REACCIÓN (Tercera Ley de Newton)

Si un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, el segundo ejerce sobre el primero una fuerza de la misma intensidad y dirección, pero de sentido opuesto a la primera.



Ejemplos:



En este ejemplo, observamos que la lancha avanza apoyándose en el agua, la hélice desplaza agua hacia atrás (acción) y recibe por reacción la fuerza que lo impulsa hacia adelante.



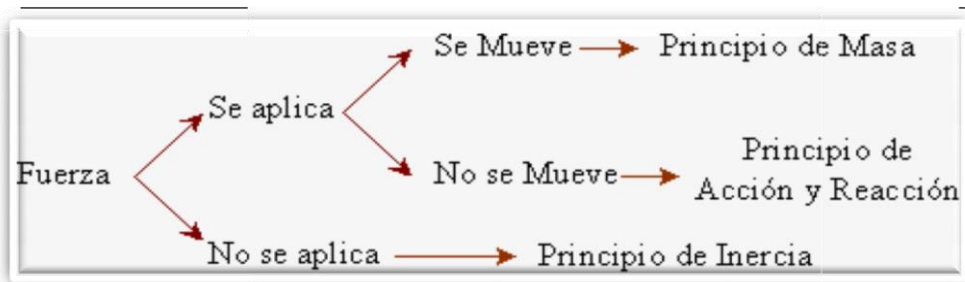
El cohete se mueve porque los gases que se producen en la cámara de combustión son expulsados por las toberas y se produce una interacción entre los gases y el cohete: el cohete ejerce una acción sobre los gases y éstos ejercen una reacción sobre el cohete, empujándolo.



Cuando se dispara un rifle, al mismo tiempo que la bala sale del cañón el rifle golpea el hombro del que lo sostiene.



Una foca equilibrista "camina" sobre la pelota, pero ésta gira en sentido contrario al desplazamiento del animal.



SISTEMAS DE UNIDADES:

El sistema métrico decimal se creó con el objeto de uniformar las unidades de medida de las magnitudes más corrientes, creando así un lenguaje universal para las mediciones.

También la Física, para poder expresar racionalmente los valores de las múltiples magnitudes conocidas necesita un sistema de unidades. Aunque actualmente se trata de unificar todo en el SIMELA (Sistema METRico Legal Argentino), se siguen utilizando unidades de otros sistemas: el MKS, el CGS y el Técnico. En cada uno de ellos, con sólo tres unidades fundamentales, se expresan todas las demás.

SISTEMA MKS: Las unidades fundamentales son:

m	kg	Seg
Longitud	Masa	Tiempo

Y unidades derivadas: m², m³, m/seg, m/seg², etc

La unidad de FUERZA se obtiene de: $[F] = [m] \cdot [a] = 1 \text{ kg} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} = \mathbf{1 \text{ Newton}}$

Newton es la fuerza necesaria para que un cuerpo de 1 kg adquiera una aceleración de 1 m/seg².

SISTEMA CGS: unidades fundamentales:

cm	g	seg
Longitud	Masa	Tiempo

Unidades derivadas: cm², cm³, cm/seg, cm/seg², etc.

Y se obtiene la unidad de fuerza:

$$[F] = [m] \cdot [a] = 1 \text{ g} \cdot 1 \frac{\text{cm}}{\text{seg}^2} = 1 \text{ dina}$$

Dina es la fuerza que se debe aplicar a un cuerpo de 1 gramo para que adquiera una aceleración de 1 cm/seg².

SISTEMA TÉCNICO: Las unidades fundamentales son:

m	kgf	seg
Longitud	Fuerza	Tiempo

Unidades derivadas: m², m³, m/seg, m/seg², etc.

En este sistema se expresa la unidad de masa a partir de:

$$[m] = \frac{[F]}{[a]} = \frac{1 \text{ kgf}}{1 \text{ m/seg}^2} = 1 \text{ u. t. m.}$$

EQUIVALENCIA ENTRE LAS UNIDADES DE FUERZA:

$$1 \text{ kgf} = 1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/seg}^2$$

$$1 \text{ kgf} = 9,8 \text{ Newtons}$$

$$1 \text{ Newton} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/seg}^2$$

$$1 \text{ N} = 1000 \text{ g} \cdot 100 \text{ cm/seg}^2$$

$$1 \text{ N} = 100000 \text{ dinas}$$

$$1 \text{ N} = 10^5 \text{ dinas}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,8 \text{ N}$$

$$1 \text{ N} = 10^5 \text{ dinas}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,8 \cdot 10^5 \text{ dinas}$$

EQUIVALENCIA ENTRE LAS UNIDADES DE MASA:

$$1 \text{ u.t.m.} = \frac{1 \text{ kgf}}{1 \text{ m/seg}^2} = \frac{9,8 \text{ N}}{1 \text{ m/seg}^2} = \frac{9,8 \text{ kg} \cdot \text{m/seg}^2}{1 \text{ m/seg}^2}$$

$$1 \text{ u.t.m.} = 9,8 \text{ kg}$$

o también

$$1 \text{ kg} = 0,102 \text{ u.t.m.}$$

EJERCICIOS:

- 1) Calcular la masa de un cuerpo al que una fuerza de 20 kgf lo aceleran en 5 m/seg².
- 2) Calcular la aceleración que adquiere un cuerpo de 4 kg de masa al que se le aplica una fuerza de 12 kgf.
- 3) ¿Qué aceleración adquiere un cuerpo que pesa 20 kgf si se le aplica una fuerza de 10 kgf?
- 4) Calcular la fuerza (según los tres sistemas) que debe aplicarse a una cuerpo de 120 kg para que adquiera una aceleración de 20 m/seg².
- 5) ¿Qué aceleración adquiere un cuerpo que pesa 40 kgf si se le aplican 50 N?
- 6) ¿Qué masa tiene un cuerpo de 65 kgf en un lugar donde la gravedad es de 9,8 m/seg²? ¿Y en un lugar donde la gravedad es de 9,6 m/seg²?
- 7) Si un automóvil tarda 20 seg en llegar a 90 km/h por acción de una fuerza de 2500 N ¿cuál es su peso?
- 8) Un trineo cohete experimental de 500 kg se acelera desde el reposo a 1600 km/h en 2 segundos. ¿Cuál es la fuerza empleada?
- 9) Calcular la fuerza que es necesario aplicar a un cuerpo de 30 kgf para lograr que su velocidad varíe a razón de 3 m/seg en cada minuto.

LA RANA SE MANTENDRÁ EN REPOSO MIENTRAS NO ACTÚE SOBRE ELLA UNA FUERZA NO COMPENSADA.



Primera ley de Newton

El salto de una rana sobre una hoja de nenúfar ilustra las leyes del movimiento. La primera ley establece que, si ninguna fuerza empuja o tira de un objeto, este se mantiene en reposo o se mueve en línea recta con velocidad constante.

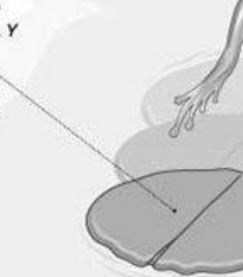
LOS MÚSCULOS EJERCEN UNA FUERZA QUE IMPULSA A LA RANA HACIA ARRIBA.



Segunda ley de Newton

Cuando una fuerza actúa sobre un objeto, éste se pone en movimiento, acelera, desacelera o varía su trayectoria. Cuanto mayor es la fuerza, tanto mayor es la variación del movimiento.

A LA FUERZA QUE ELEVA A LA RANA EN EL AIRE, LA ACOMPAÑA UNA REACCIÓN IGUAL Y OPUESTA QUE EMPUJA HACIA ATRÁS A LA HOJA DE NENÚFAR.



Tercera ley de Newton

Al empujar un objeto o al tirar de él, éste empuja o tira con igual fuerza en dirección contraria. En palabras de Newton: "Para cada acción existe una reacción igual y opuesta".

LAS LEYES DE NEWTON Y EL SALTO DE UNA RANA

Fuerza de rozamiento

Si un coche que circula por una carretera horizontal se deja en “punto muerto” (el motor, en este caso, no ejerce fuerza alguna sobre él) debería seguir con movimiento rectilíneo y uniforme; sin embargo la experiencia demuestra que termina parándose. ¿Por qué? Pues obviamente porque existe una fuerza que se opone al movimiento. Es la llamada fuerza de rozamiento:

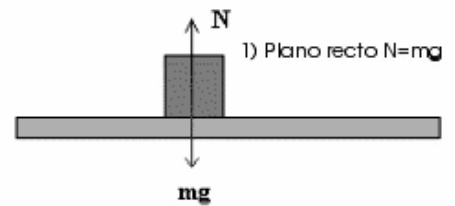
Fuerza de rozamiento es toda fuerza opuesta al movimiento, la cual se manifiesta en la superficie de contacto de dos cuerpos siempre que uno de ellos se mueva o tienda a moverse sobre otro.

La causa de la existencia de esta fuerza es la siguiente: las superficies de los cuerpos no son lisas, presentan asperezas que, al apoyar un cuerpo sobre otro, encajan entre sí, lo que obliga a la aplicación de una fuerza adicional a la del movimiento para conseguir vencer el anclaje. Por lo tanto, la fuerza efectiva que hará que un objeto se mueva será:

$$F_{\text{efectiva}} = F_{\text{aplicada}} + F_{\text{rozamiento}}$$

Coeficiente de rozamiento:

El rozamiento es independiente de la velocidad y del valor de la superficie de los cuerpos en contacto. Esta fuerza depende de la naturaleza de los cuerpos en contacto y del grado de pulimento de sus superficies. Es proporcional a la fuerza que actúa sobre el móvil perpendicularmente al plano de movimiento. A ésta última se la denomina fuerza normal (N).



Por lo tanto matemáticamente escribimos:

$$F_r = \mu \cdot N$$

donde μ es un coeficiente característico de las superficies en contacto, denominado coeficiente de rozamiento. Coeficiente de rozamiento de un cuerpo sobre otro es la relación que existe entre la fuerza de rozamiento y la que actúa sobre el móvil perpendicularmente a su plano de deslizamiento.

Rozamiento estático y dinámico:

Como todos sabemos, es más difícil iniciar el movimiento de un cuerpo sobre otro que para mantenerlo una vez ya conseguido. Esto nos indica que hemos de distinguir dos coeficientes de rozamiento distintos:

- rozamiento estático, que dificulta la tendencia del cuerpo hacia el movimiento.
- rozamiento dinámico, que da origen a la fuerza que se opone al movimiento del cuerpo cuando éste ya se mueve.

En general, el coeficiente de rozamiento estático es ligeramente superior al dinámico.

La expresión $F = \mu \cdot N$ indica, en realidad, el valor mínimo de la fuerza que hay que ejercer para lograr el movimiento del cuerpo y, por tanto, el máximo valor de la fuerza de rozamiento.

Si el valor de la fuerza aplicada es menor que este máximo el cuerpo no se moverá y el valor del rozamiento se igualará a ella, anulándola.

Es decir, si cuando empujamos un objeto para arrastrarlo (por ejemplo) ejercemos fuerza y vemos que no se mueve, incrementamos nuestra fuerza y sigue sin moverse, es porque el objeto realiza contra nosotros la misma fuerza y el sistema se anula.

Cuando nuestra fuerza supere $\mu \cdot N$ (donde μ depende de la naturaleza de las superficies y $N = mg$ para superficies planas y $N = m \cdot g \cdot \cos\alpha$ para superficies inclinadas) entonces el objeto se moverá.



ENERGIA-TRABAJO-POTENCIA



El hombre encuentra a Dios
detrás de cada puerta que la
ciencia logra abrir.
Albert Einstein

ENERGÍA:

El cuidado y la conservación de las fuentes de energía reviste cada vez mayor importancia en la opinión mundial. En nuestro país, la generación de energía es un tema que ocupa a diario la atención en los medios.

Mencionamos algunas formas y maneras mediante las cuales la energía interactúa con el hombre y su entorno:

- ✓ Para vivir, consumimos energía química que suministran los alimentos.
- ✓ El petróleo provee combustibles que genera movimiento en las máquinas (energía mecánica).
- ✓ Los aparatos de radio transforman energía eléctrica en energía sonora.
- ✓ La energía nuclear se transforma en energía calórica y ésta en energía eléctrica.
- ✓ Cuando un tractor arrastra un acoplado, una persona eleva un cuerpo a cierta altura, un martillo hunde un clavo en la madera, o sea cuando se realiza un *trabajo*, es necesario disponer de ENERGÍA.

Energía es la capacidad que tiene un cuerpo o sistema de cuerpos para producir un trabajo.

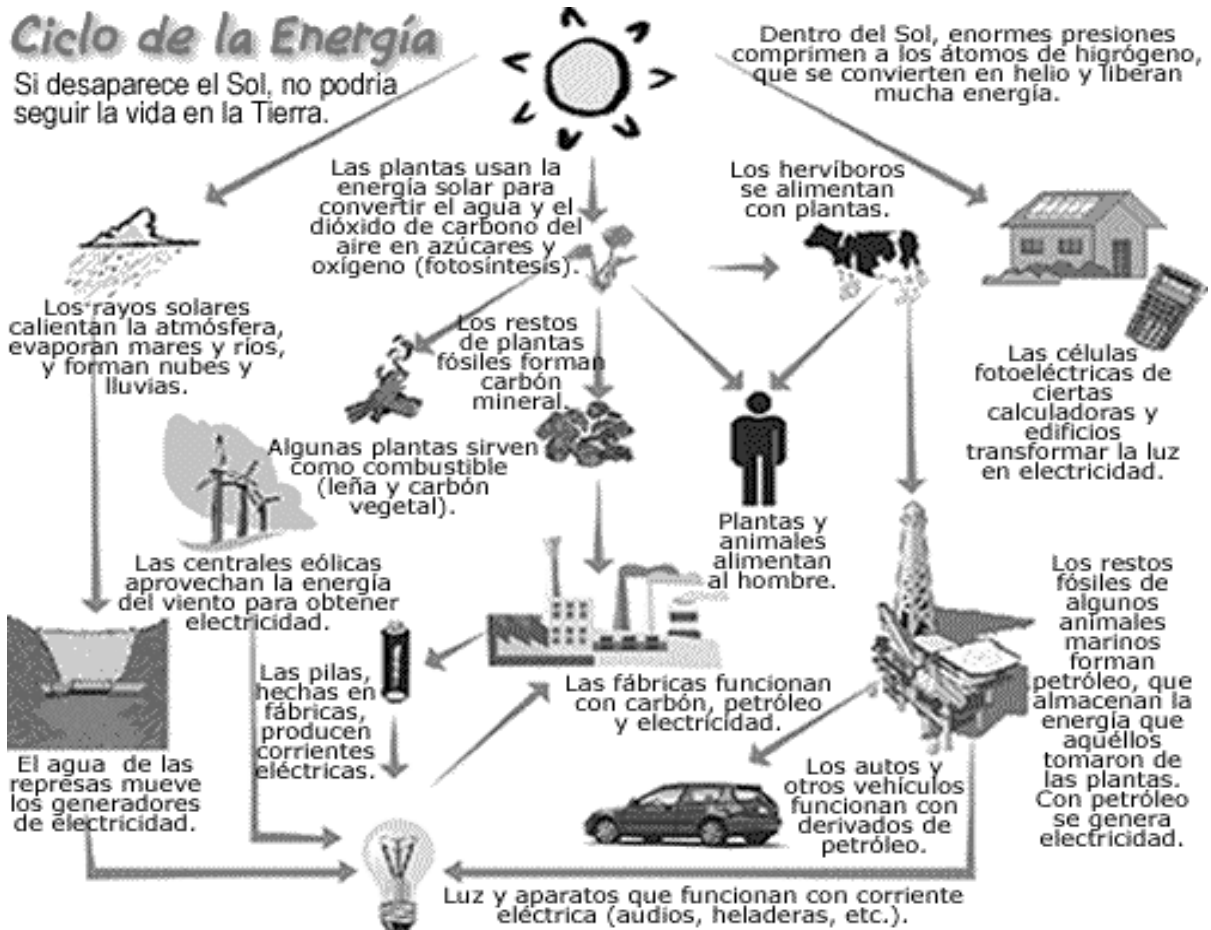
La energía es la propiedad de todo cuerpo o sistema material por la cual puede transformarse, actuar sobre otros, modificar su ubicación o estado. Sin energía ningún proceso de transformación sería posible.

ACTIVIDAD:

Investigar sobre TODAS las formas de energía que puedan estudiarse:



Ciclo de la Energía
Si desaparece el Sol, no podría seguir la vida en la Tierra.



TRANSFORMACIONES DE ENERGIA:

Hemos visto que las distintas manifestaciones de la energía se vinculan entre sí de múltiples maneras. El hombre aprendió a aprovechar estas transformaciones e inventó ingeniosos dispositivos que nos brindan, generalmente, bienestar. Analiza algunos de ellos observando las formas de energía que sucesivamente aparecen y se transforman:

Una caldera produce vapor de agua (a *temperatura elevada*), entonces hay energía que se convierte, en una máquina de vapor en Mediante una correa se transmite *ese movimiento* a la dínamo y en ella se convierte esa energía en La corriente eléctrica generada por la dínamo alimenta la lámpara, en donde esa energía se transforma en energías y

LA GENERACIÓN DE CALOR. EL COMBUSTIBLE

Muchos de los procesos de producción de energía eléctrica se basan en el movimiento de generadores eléctricos por la acción del vapor de agua a presión. Tanto a través de la fisión como de la fusión, así como en las centrales térmicas, se aprovecha el calor generado para mover un generador de corriente eléctrica.

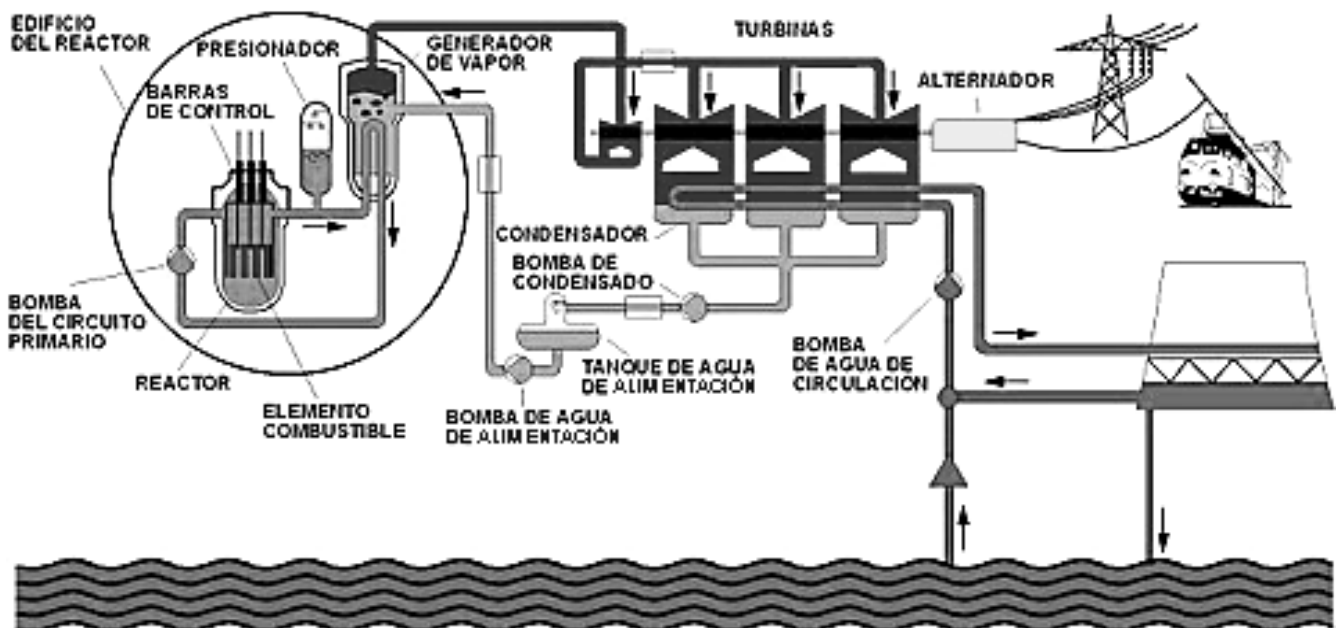
En el caso concreto de las centrales nucleares el calor lo produce la fisión del Uranio. La **Central Nuclear Trillo 1** (en España: www.cntrillo.es) carga en su reactor anualmente 92 toneladas de óxido de uranio enriquecido con U-235, en una proporción media de aproximadamente el 3,9 por ciento.



La recarga del reactor se realiza de forma periódica, sustituyéndose un cuarto de los elementos combustibles. Comparativamente, un día de producción de esta central equivale al consumo de 34.000 barriles de petróleo en una central de fuel de la misma potencia y 6.850 toneladas diarias de carbón en una térmica convencional.

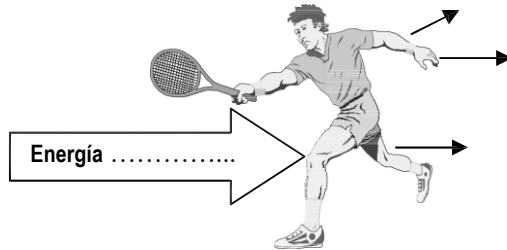
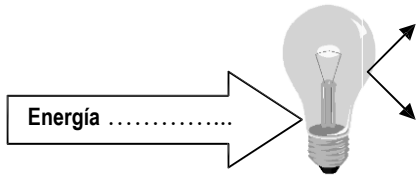
LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD

El diseño y el funcionamiento de los equipos son similares a los existentes en las demás centrales de tipo térmico. El vapor producido en los generadores se conduce al foco frío o condensador, a través de la turbina que transforma la energía térmica en energía mecánica. La rotación de la turbina acciona directamente el alternador de la central y produce energía eléctrica. El vapor de agua que sale de la turbina pasa a estado líquido en el condensador, retornando, mediante el concurso de las bombas de condensado, al generador de vapor para reiniciar el ciclo. En esta fase se incorporan varios procesos de precalentamiento para optimizar el rendimiento termodinámico.

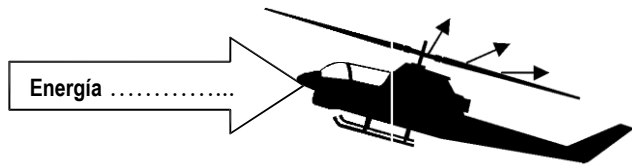
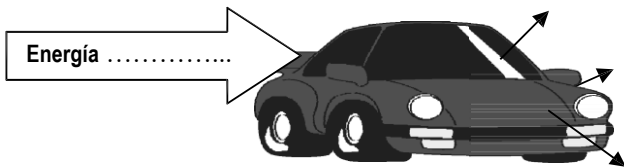


Asimismo, se dispone de un depósito de agua de alimentación para mejorar la disponibilidad del sistema. Existe, además, una conducción directa que conduce el agua desde la entrada a la turbina de alta presión y hasta el condensador. Permite, cuando se desconecta el turbogruppo de la red eléctrica exterior, conducir el vapor para su condensación, en tanto se reduce la producción de calor en el reactor. Unido a la turbina por un mismo eje se encuentra el alternador. Y un condensador de doble cuerpo incorpora 68.000 tubos de titanio de 22 milímetros de diámetro y 0,7 milímetros de espesor, por cuyo interior circula el agua exterior de un tercer circuito, denominado sistema de agua de circulación.

ACTIVIDAD:



Menciona las energías que intervienen y se transforman en cada uno de estos ejemplos:



TRABAJO DE UNA FUERZA:

En las actividades anteriores observamos fuerzas que provocan desplazamientos. Por ejemplo, el agua que cae sobre las paletas de una turbina ejerce fuerza sobre las mismas y las mueve; la fuerza "peso" del cuerpo se desplaza en la caída. Introduciremos entonces una nueva magnitud que relaciona la fuerza y el desplazamiento, llamada TRABAJO MECANICO ó TRABAJO DE UNA FUERZA.

Supongamos tener un bombeador para elevar agua, cargado con un litro de nafta (energía química). Si con esta energía se pueden elevar 50 kgf de agua a 36 m de altura; con la misma energía, 100 kgf de agua podrán elevarse hasta la mitad, o sea m; 200 kgf a m; etc. O sea que las magnitudes FUERZA y DISTANCIA son inversamente proporcionales. O sea:

$$F \cdot d \cdot \cos \alpha = W$$

Se denomina trabajo de una fuerza (W) a la magnitud que mide la energía transferida. Su valor se obtiene del producto entre la intensidad de la fuerza que se mueve y el espacio que recorre a lo largo de su recta de acción.

UNIDADES DE TRABAJO: Partiendo de la fórmula anterior llegamos a:

$$[W] = [F] \cdot [d] = \text{Newton} \cdot \text{m} = \text{Joule}$$

Esta unidad pertenece al sistema MKS, mientras que en el sistema Técnico se utiliza el kgm (KILOGRAMETRO) y en el sistema CGS el Er (ERGIO).

POTENCIA:

James Watt (1736-1819) se hizo famoso al perfeccionar la máquina de vapor. Mediante ingeniosos dispositivos logró que su máquina efectuara el mismo trabajo que otras pero: *con menor consumo de combustible y en menos tiempo....*

La primera mejora nos lleva al concepto de rendimiento. La segunda introduce el concepto de POTENCIA, relacionando el trabajo realizado con el tiempo empleado para realizar ese trabajo.

Si tenemos que elevar a 8 m de altura una caja de 100 kgf de peso, tendremos que efectuar un trabajo mecánico. Si una grúa lo hace en 10 segundos y otra en 30 segundos decimos que la primera tiene más potencia que la segunda. O que la primera grúa es tres veces más potente que la otra.

De este modo decimos que **POTENCIA es la relación entre el trabajo mecánico (W) realizado por un sistema y el intervalo de tiempo (Δt) empleado en realizarlo:**

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

UNIDADES DE POTENCIA: Partiendo de la fórmula anterior llegamos a:

$$[P] = \frac{[W]}{[\Delta t]} = \frac{\text{Joule}}{\text{seg}} = \text{watt (w)} \quad (\text{SISTEMA MKS})$$

Son muy usados los múltiplos y submúltiplos del watt: el *kilowatt* (1.000 w) y el *megawatt* (1.000.000 w). En el sistema técnico se utiliza el kgm/seg, y surge la definición de **caballo vapor (cv): 1 cv = 75 kgm/seg**. Que NO es igual al **HP** ("horse power"), ya que: **1 HP = 76 kgm/seg**

OTRA FORMA DE HALLAR LA POTENCIA: Podemos decir que:

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{F \cdot d}{\Delta t} \quad \text{Y como sabemos que } v = \frac{d}{\Delta t}$$

Nos queda:

$$P = F \cdot v$$

ENERGIA POTENCIAL:

Si levantamos un cuerpo hasta cierta altura (h) respecto de la superficie terrestre y luego lo soltamos, se desplazará cayendo hacia ella. Y la fuerza PESO realizará trabajo durante la caída:

$$W = P \cdot h$$

Para efectuar este trabajo el cuerpo alcanzó una cantidad de energía mientras fue levantado, que luego devolvió en trabajo realizado durante la caída. La energía almacenada al cambiar la posición del cuerpo se llama ENERGIA POTENCIAL (Ep) y es equivalente al trabajo que puede efectuar el peso del cuerpo al caer. Por lo tanto:

$$Ep = P \cdot h = m \cdot g \cdot h$$

Las **unidades de Energía** son las **mismas** que las obtenidas para el **trabajo** de una fuerza.

* Si comprimimos un resorte, la fuerza elástica que se manifiesta es capaz de efectuar un trabajo mecánico al dejarlo en libertad. Se dice entonces que el resorte almacenó una cantidad de ENERGIA POTENCIAL que le permite realizar luego un determinado trabajo.

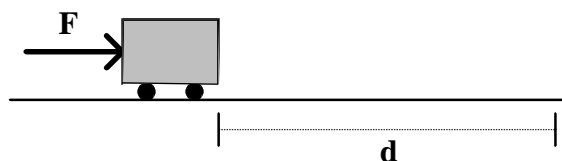
En general: **Un sistema almacena energía potencial cuando cambian las posiciones de sus partes y adquiere capacidad de realizar trabajo mecánico.**

ENERGIA CINETICA:

Al chocar una bala contra una gruesa madera llega animada de cierta velocidad. A medida que penetran en el blanco su velocidad disminuye: la energía de movimiento que poseía la bala va disminuyendo mientras la bala hace trabajo y:

- cuanto mayor es su **velocidad** mayor será el trabajo que pueda realizar.
- y cuanto más **masa** posea la bala tanto mayor será el trabajo que puede efectuar sobre el blanco.

Llegamos a la conclusión de que la energía de un cuerpo en movimiento depende de estos dos factores. Si observamos este ejemplo:



La fuerza a lo largo de un camino recorrido por un móvil realiza un trabajo:

$$W = F \cdot d$$

Este cuerpo adquiere velocidad, entonces posee energía cinética. Y la energía cinética que un cuerpo posee será igual al trabajo que se realizó sobre él y que le hizo alcanzar la velocidad v y recorrer el trayecto d : $E_c = W = F \cdot d$

Como: $F = m \cdot a$ y el espacio recorrido es: $d = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

Si reemplazamos en la ecuación anterior llegamos a:

$$E_c = F \cdot d = (m \cdot a) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2\right)$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot a^2 \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \frac{v^2}{t^2} \cdot t^2$$

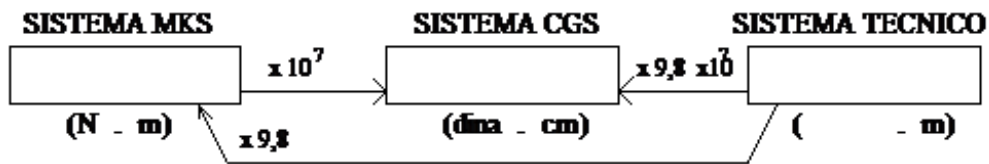
Simplificando "t²" nos queda:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

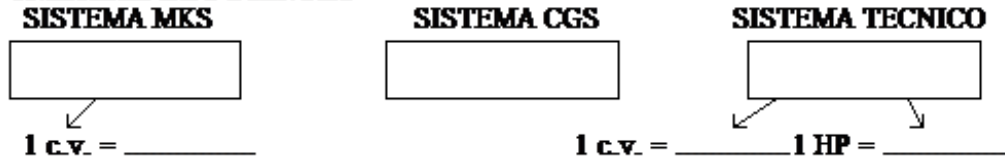
EJERCICIOS:

1) COMPLETA EL CUADRO:

UNIDADES DE TRABAJO Y ENERGIA



UNIDADES DE POTENCIA



- 2) ¿Qué trabajo en JOULES se realiza cuando se eleva un cuerpo de 40 kgf a 6 m de altura? (R: 2352 J)
- 3) Un motor es capaz de elevar un cuerpo de 30 kgf a 5 m de altura en 10 segundos. Calcular su potencia en c.v. (R: 0,2 c.v.)
- 4) ¿Qué tiempo emplea un motor de 10 cv en elevar a 10 m de altura un cuerpo que pesa 112,5 kgf? (R: 1,5 seg)
- 5) ¿Qué trabajo realiza un motor de 0,5 cv en 30 minutos de funcionamiento? Expresar el resultado en Joules y kgm.
- 6) Un avión de 3.300 kgf vuela a 6000 m de altura a 600 km/h. Calcula las energías que posee según el sistema Técnico.
- 7) ¿Qué velocidad posee un móvil que pesa 2401 kgf si desarrolla una energía cinética de 49.000 kgm? (R: 20 m/s)
- 8) Calcula la energía que posee una piedra de 500 kgf ubicada en el borde de una montaña a 500 m de altura.
- 9) Si una estufa eléctrica de 2,5 kW de potencia permanece encendida 5 horas, ¿Cuál será el gasto efectuado si 1 kWh cuesta \$ 0,25? (R: \$ 3,125)
- 10) Para un cuerpo de 50 kg de masa calcular:
 - a) cuando se encuentra en reposo a 30 m de altura, ¿su E_p ? (R: 14700 J)
 - b) Si se lo deja caer libremente, al descender 10 m ¿Cuánto valen su E_c , E_p , E_M ? (R: 9800 J – 4900 J)
 - c) ¿Con qué velocidad llega al llegar al suelo? ¿cuánto vale su E_c ? (24,25 m/s – 14700 J)

ENERGÍA TÉRMICA

Para repasar tus conocimientos de Secundaria Básica, completa el siguiente texto (con lápiz), pero antes analizamos las siguientes frases iniciales:

El calor es una forma de energía que se manifiesta en la velocidad (energía cinética) que presentan las moléculas de las sustancias.

Temperatura es la expresión de la velocidad promedio (energía cinética media) de las moléculas de una sustancia.

El calor es una de las múltiples formas en que se presenta la ENERGIA; por serlo, tiene la cualidad de pasar de unos cuerpos a otros. Cuando llega a un cuerpo, le produce notables cambios en algunas de sus propiedades. Una de ellas es la que se puede notar por medio de nuestro sentido, el y se denomina

Si al tocar un cuerpo se lo siente caliente, se dice que posee mayor temperatura que la de la mano que lo toca; si se lo siente frío, es porque su temperatura es menor.

También definimos como la propiedad de los sistemas que determina si están en equilibrio térmico. Este concepto se deriva de la idea de medir el calor y de la observación de que el suministro de calor a un cuerpo conlleva un aumento de su mientras no se produzca la fusión o ebullición. En el caso de dos cuerpos con temperaturas diferentes, el calor fluye del más al más hasta que sus temperaturas sean idénticas y se alcance el equilibrio térmico. Por tanto, los términos de temperatura y calor, aunque relacionados entre sí, se refieren a conceptos diferentes.

Por esto decimos que: **la TEMPERATURA es la propiedad de los cuerpos que indica la existencia de CALOR en los mismos.**

El, por ser la energía combinada de las moléculas en movimiento, es intangible. La, por ser propiedad de los cuerpos, es algo concreto, y es la medida de la velocidad con que se mueven esas moléculas.

El tacto es inseguro para medir temperaturas; es necesario recurrir a alguna propiedad de los cuerpos para realizar estas mediciones con seguridad. Observando los efectos que el calor produce sobre los cuerpos, se nota un hecho casi completamente general: todo cuerpo que recibe calor aumenta su volumen, además de aumentar su temperatura. Este aumento de volumen se denomina

Puede comprobarse experimentalmente que, entre ciertos límites, la dilatación y la temperatura son proporcionales, ya que a mayor temperatura mayor dilatación; a menor temperatura menor dilatación.

Basados en esta propiedad funcionan los; instrumentos que permiten medir; estos están formados por un tubo de, de sección muy pequeña (tubo capilar), pero de pared gruesa, resistente al manipuleo; con un ensanchamiento en un extremo llamado bulbo, el cual contiene un líquido en su interior (generalmente o coloreado) que al calentarse se expande desplazándose por el capilar fácilmente. Los hay de diferentes tipos, según el uso y la situación. De este modo pueden efectuarse lecturas de esa dilatación en una escala adecuada.

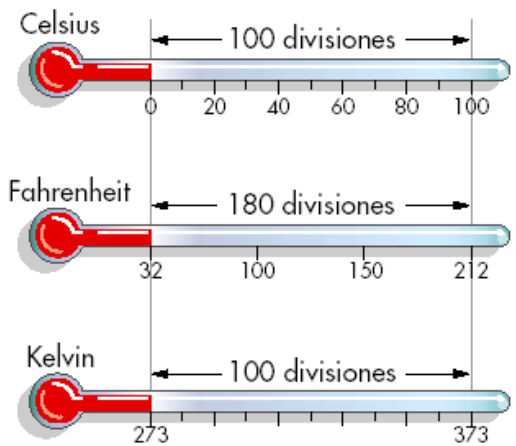
Para seleccionar una escala y una unidad se pueden determinar dos temperaturas como referencia, llamadas puntos fijos. Al intervalo que hay entre ellos se lo puede dividir en una cierta cantidad de partes iguales, cada una de las cuales es una unidad, llamada

ESCALAS TERMOMÉTRICAS

Una de las primeras escalas de temperatura, todavía empleada en los países anglosajones, fue diseñada por el físico alemán Gabriel Daniel Fahrenheit. Según esta escala, a la presión atmosférica normal, el punto de solidificación del agua (o fusión del hielo) es de 32 °F, y su punto de ebullición es de 212 °F. La escala centígrada o Celsius, ideada por el astrónomo sueco Anders Celsius y utilizada en casi todo el mundo, asigna un valor de 0 °C al punto de congelación del agua y de 100 °C a su punto de fusión.

En ciencia, la escala más empleada es la escala absoluta o Kelvin, inventada por el matemático y físico británico William Thomson, lord Kelvin. En esta escala, el cero absoluto, que está situado en -273,15 °C, corresponde a 0 °K, y una diferencia de un kelvin equivale a una diferencia de un grado en la escala centígrada.

En criogenia, o investigación de bajas temperaturas, se han obtenido temperaturas de tan sólo 0,00001 °K mediante la desmagnetización de sustancias paramagnéticas. En las explosiones nucleares se han alcanzado momentáneamente temperaturas evaluadas en más de 100.000.000 °K.



ACTIVIDAD:

○ ¿Qué otras escalas se pueden utilizar? ¿Cómo se relacionan con la escala centígrada? **COMPLETAR:**

Escala	Punto de fusión del hielo	Punto de ebullición del agua	Equivalencia con otras escalas
Celsius	0 °C	100 °C	
Fahrenheit			$T (^{\circ}\text{F}) = 1,8 \cdot t (^{\circ}\text{C}) + 32$
Kelvin			$T (^{\circ}\text{K}) = t (^{\circ}\text{C}) + 273$

- Resuelve los siguientes ejercicios:
 - 1) ¿Cuántos °C son 365 °K?
 - 2) ¿Cuántos °F son 37 °C?
 - 3) ¿Cuántos °C son 100 °F?

RELACIÓN ENTRE CALOR Y TRABAJO: Termodinámica

El poder del calor para realizar trabajo útil era conocido y aprovechado en la antigüedad. Los antiguos egipcios disponían de ingeniosos mecanismos que aprovechaban la dilatación del aire para mover los pesados bloques de piedra. También se usaba el calor del fuego para activar ciertos dispositivos.

Pero recién a mediados de siglo XVIII (revolución industrial) se comenzaron a comprender mejor los procesos en los que el calor se transforma en trabajo útil y eficiente. Así nace la Termodinámica que perfecciona las primitivas máquinas de vapor hasta llegar a los modernos motores de automóviles, aviones y otras maquinarias.

En estos motores la energía mecánica liberada al quemar los combustibles se aprovecha para obtener energía mecánica (trabajo).

TRANSMISIÓN DEL CALOR:

Es el proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura. El calor se transfiere mediante CONDUCCIÓN, CONVECCIÓN o RADIACIÓN.

ACTIVIDAD:

INVESTIGA sobre las formas de transmisión del calor, y luego completa un cuadro de doble entrada que indique (para cada forma de transmisión):

¿En qué medio se transmite el calor?, ¿Por qué se produce?, ¿Se necesitan cuerpos en contacto? ¿Cuáles?, menciona otras características y ejemplos.

El calor
El calor está en todas partes. Se genera en el centro del Sol, pero también en el interior de tu cuerpo, o en el centro de la Tierra. Todos los objetos tienen calor aunque parezcan muy fríos, ya que es una forma de energía. Veamos cómo actúa el calor.

El calor se propaga en líquidos y gases por un proceso llamado convección. Por ejemplo, alrededor de un radiador, el aire caliente tiende a subir y es reemplazado por el más frío que, al calentarse, sube mientras el otro baja.

Sólido, líquido o gaseoso
El estado de la materia puede variar dependiendo de la temperatura a la que esté expuesta. Por ejemplo, el agua: si le aplicamos mucho frío, se congela y pasa de líquido a sólido; por el contrario, si la exponemos a una alta temperatura se evaporará y pasará a convertirse en gas (vapor de agua).

Punto de ebullición
Cuando un líquido pasa a convertirse en gas se encuentra a una temperatura, que se conoce como punto de ebullición.

Punto de fusión
Cuando calentamos un sólido, este pasa a estado líquido; la temperatura a la que se expone en ese instante es conocida como punto de fusión.

En un sólido como el hielo las moléculas están muy juntas y ordenadas, lo que no permite el movimiento.

Las moléculas de un gas se mueven libremente, por lo que el gas se expande fácilmente para llenar un recipiente.

Todos los objetos emiten radiaciones como este horno, donde la comida se calienta por los rayos de un elemento de caldeo. Esta transmisión de calor se llama radiación.

Las moléculas de un líquido están muy cerca unas de otras; sin embargo queda un espacio que permite el movimiento y la fluidez.

El calor viaja a través de los sólidos por el proceso de conducción. Los metales son buenos conductores de calor, lo que podemos comprobar cuando revolvemos una olla con una cuchara metálica; esta se calentará rápidamente.

Cuando un líquido se derrama se seca porque se transforma en vapor.

EFFECTOS DEL CALOR:

A.- El calor dilata los cuerpos:

Llama la atención el hecho de que los rieles que forman la red de ferrocarriles no se encuentran cada uno soldado con el siguiente, sino que entre ellos existe un hueco de algunos centímetros de longitud. Esto se debe a que

algunos de los efectos que el calor produce sobre los cuerpos es dilatarlos. Por lo tanto, cuando en verano los rieles absorben el calor del sol, la longitud de los mismos aumenta, y si estuvieran soldados unos con otros, no tendrían espacio para dilatarse y las vías se deformarían, con el consiguiente peligro de accidentes. Este fenómeno por el cual los cuerpos aumentan de tamaño al absorber calor se denomina DILATACION TERMICA.

Aunque los cuerpos se dilatan en todas sus dimensiones, tiene especial interés la dilatación lineal, que es la que se produce en cuerpos en los que predomina la longitud (varillas, vigas, etc). La longitud de la dilatación lineal de una varilla se obtiene aplicando la relación:

$$\Delta l = l_i \cdot \lambda \cdot \Delta t$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta l = \dots\dots\dots \\ l_i = \dots\dots\dots \\ \lambda = \dots\dots\dots \\ \Delta t = \dots\dots\dots \end{array} \right.$$

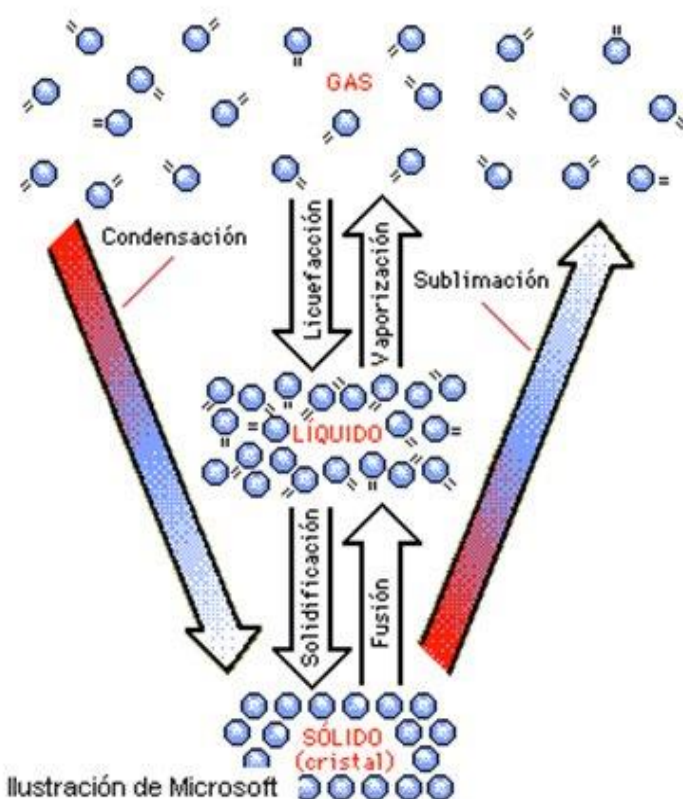
EJERCICIOS:

- 1) La longitud de una varilla a 0°C es de 1000 mm. Calcular el coeficiente de dilatación de la varilla si su longitud a 100°C es de 1000,5 mm.
- 2) Se tiene una varilla de cobre de 12 m de largo, a 12°C. ¿Cual será la longitud de la misma si la temperatura llega a 37 °C? (coef. dilat. cobre: 0,000012 1/°C)
- 3) Calcular el coeficiente de dilatación lineal de una varilla de 10 mm que aumenta su longitud a 10,006 mm al aumentar 88°C su temperatura.
- 4) ¿Cuál será el coeficiente de dilatación de una viga cuya longitud aumenta de 5 m a 5,009 m al calentarla desde 25°C hasta 57°C?
- 5) Se tiene una varilla de 15 m de longitud, a una temperatura de 30°C; si esta temperatura aumenta a 65°C ... ¿cuánto aumenta su longitud? (coef. dilatación: 0,00005 1/°C). ¿Y cuál será su nueva longitud?

B.- El calor cambia el estado de los cuerpos

Otro de los efectos que produce el calor es el de cambiar el estado de los cuerpos. La materia se presenta en tres estados: SÓLIDO, LÍQUIDO y GASEOSO, el cambio de estado se produce al pasar de un estado a otro.

La energía calorífica es la responsable de estos cambios, al darle calor al agua sólida (hielo) ésta se transforma en agua líquida, y luego en vapor. Quitando calor se produce el proceso contrario.



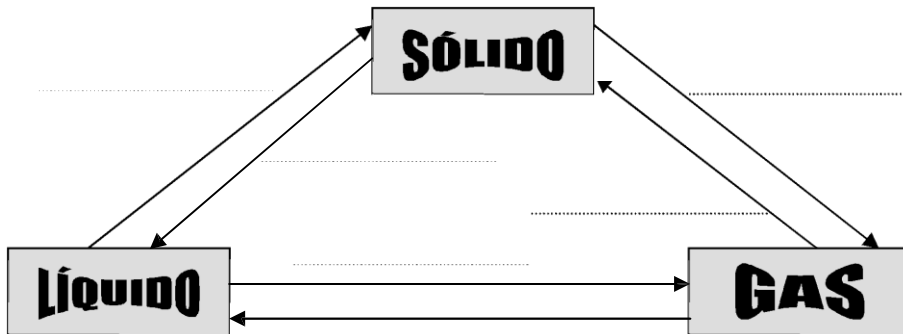
CAMBIO DE ESTADO	NOMBRE	EJEMPLOS
Sólido → Líquido	Fusión	Fusión de la nieve o el hielo
Sólido → Gas	Sublimación	Sublimación de nieve carbónica
Líquido → Sólido	Congelación, solidificación	Congelación del agua o solidificación de un metal fundido
Líquido → Gas	Vaporización, evaporación	Evaporación de agua
Gas → Líquido	Licuefacción, condensación, licuación	Formación de rocío o licuefacción de dióxido de carbono
Gas → Sólido	Condensación, sublimación inversa	Formación de escarcha y nieve

Ilustración de Microsoft

ACTIVIDAD:

Coloca el nombre de los cambios de estado y menciona 2 ejemplos de c/u:

Ejemplos:



.....

.....

.....

UNIDADES DE CALOR

En las ciencias físicas, la cantidad de calor se expresa en las mismas unidades que la energía y el trabajo, es decir, en julios. Otra unidad es la caloría, definida como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 gramo de agua a 1 atmósfera de presión desde 15 hasta 16 °C. Esta unidad se denomina a veces caloría pequeña o caloría gramo para distinguirla de la caloría grande, o kilocaloría, que equivale a 1.000 calorías y se emplea en nutrición. La energía mecánica puede convertirse en calor a través del rozamiento, y el trabajo mecánico necesario para producir 1 caloría se conoce como equivalente mecánico del calor. A una caloría le corresponden 4,1855 julios. Según la ley de conservación de la energía, todo el trabajo mecánico realizado para producir calor por rozamiento aparece en forma de energía en los objetos sobre los que se realiza el trabajo. Joule fue el primero en demostrarlo de forma fehaciente en un experimento clásico: calentó agua en un recipiente cerrado haciendo girar unas ruedas de paletas y halló que el aumento de temperatura del agua era proporcional al trabajo realizado para mover las ruedas. Cuando el calor se convierte en energía mecánica, como en un motor de combustión interna, la ley de conservación de la energía también es válida. Sin embargo, siempre se pierde o disipa energía en forma de calor porque ningún motor tiene una eficiencia perfecta.

CANTIDAD DE CALOR:

Como el calor es energía, se puede medir la cantidad de calor con unidades de energía (.....). Sin embargo, por convención, usamos otra unidad denominada CALORIA: **"CALORIA es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 g de agua en 1°C"**.

En la industria se emplea la kilocaloría (Kcal) que equivale a 1000 calorías.

Además de esta unidad, y como el calor es una forma de energía, utilizamos también el JOULE, y experimentalmente se ha verificado que:

1 caloría = 4,2 Joules
1 Joule = 0,24 calorías

CALOR ESPECÍFICO:

Si en lugar de agua consideramos otras sustancias, e incrementamos sus temperaturas en 1°C, comprobaríamos que a cada sustancia le corresponde una cantidad de calor diferente:

Esta cantidad de calor depende solo de la naturaleza de la sustancia, por esto se la denomina CALOR ESPECIFICO de la sustancia.

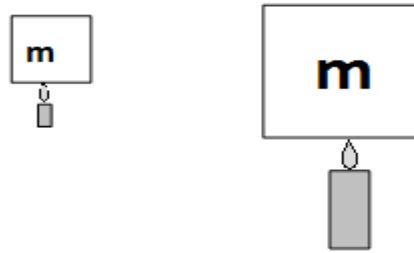
"CALOR ESPECIFICO es la cantidad de calor necesaria para hacer que un gramo de una sustancia eleve su temperatura en 1°C".

SUSTANCIA	CALOR ESPECIFICO (cal / g .°C)
AGUA	1,00
ALCOHOL	0,58
ALUMINIO	0,21
BRONCE	0,087
COBRE	0,092

SUSTANCIA	CALOR ESPECIFICO (cal / g .°C)
MERCURIO	0,033
ORO	0,31
PLATA	0,06
PLOMO	0,03
QUEROSENE	0,51
VIDRIO	0,19

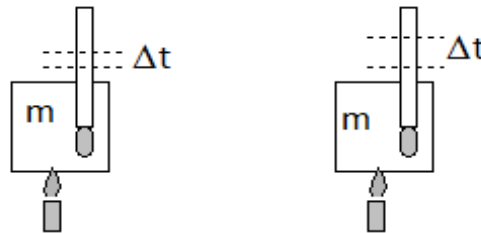
FORMULA DEL CALOR ESPECÍFICO:

Podríamos deducir que, al considerar masas cada vez mayores de una misma sustancia, necesitamos suministrar más calor para producir el mismo aumento de temperatura:



A mayor MASA mayor CANTIDAD DE CALOR

Y si deseamos producir en una misma masa de sustancia una mayor temperatura, debemos suministrar mayor cantidad de calor:



A mayor AUMENTO DE TEMPERATURA mayor cantidad de calor

O sea que:

Para una misma sustancia, las cantidades de calor (**Q**) que se suministran son directamente proporcionales a las masas (**m**) y a los aumentos de temperatura (**Δt**). Esta constante de proporcionalidad, característica del material se llama **CALOR ESPECIFICO (c)**:

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta t}$$

Y sus **UNIDADES** son:

$$[c] = \frac{[Q]}{[m] \cdot [\Delta t]} = \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$$

EJERCICIOS:

- 1) 200 g de plata se calientan desde 20°C hasta 80°C ¿Qué cantidad de calor recibió el cuerpo?
- 2) ¿Qué cantidad de calor es necesario transferir a 30 kg de aluminio, para que su temperatura aumente de 20°C a 85°C?
- 3) ¿Cuántas kcal se transfieren a un trozo de 100 kg de oro para aumentar su temperatura en 67°C?
- 4) ¿Qué cantidad de calor es necesario transferir a un trozo de 57 kg de hierro para que su temperatura aumente de 40°C a 123°C?
- 5) ¿Qué cantidad de calor pierden 1.100 g de alcohol al enfriarse desde 60°C hasta 16°C?
- 6) ¿Qué temperatura alcanzó un trozo de cobre que inicialmente se encontraba a 20°C y recibió 257 cal.?

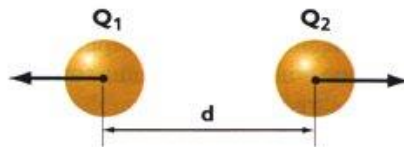
ENERGÍA ELÉCTRICA

La sonrisa cuesta menos que la electricidad y da más luz.
(Proverbio escocés)

LEY DE COULOMB

Cuando interactúan cuerpos eléctricamente cargados, se producen fenómenos de atracción y repulsión debido a la existencia de ciertas fuerzas de origen eléctrico, denominadas **fuerzas eléctricas**.

En 1785, Charles Coulomb estudió la intensidad de las interacciones que se producen entre pequeñas esferas dotadas de carga eléctrica, por medio de ingeniosas mediciones en una balanza de torsión. Y pudo comprobar que si se consideran dos cuerpos muy pequeños, prácticamente puntuales (A y B), cargados con igual cantidad de electricidad del mismo signo, y separados entre sí por una distancia **d**, en A y B aparecen fuerzas opuestas de igual magnitud:



Y dedujo que: *la fuerza con que se atraen o repelen dos cuerpos electrizados pequeños es directamente proporcional a sus cargas eléctricas.*

También observó que al incrementarse la separación entre los cuerpos A y B, la fuerza de repulsión disminuye en forma *proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.*

En base a estas deducciones, enunció:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$$

La fuerza con que se atraen o repelen dos cuerpos electrizados pequeños es directamente proporcional a sus cargas eléctricas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

Y **k** es la constante de proporcionalidad que depende del medio que rodea las cargas eléctricas, su valor en el vacío es $9 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2 / \text{cb}^2$.

Unidad de carga eléctrica:

El culombio o coulomb (cb) es la unidad derivada del sistema internacional para la medida de la magnitud física cantidad de electricidad (carga eléctrica). Nombrada en honor del físico francés Charles-Augustin de Coulomb (1736 - 1806).

Se define como la **cantidad de carga transportada en un segundo por una corriente de un amperio de intensidad de corriente eléctrica.**

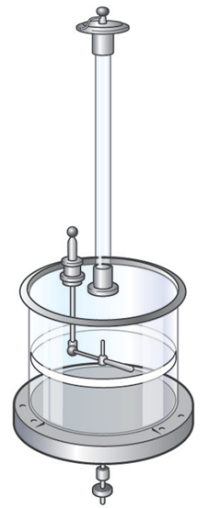
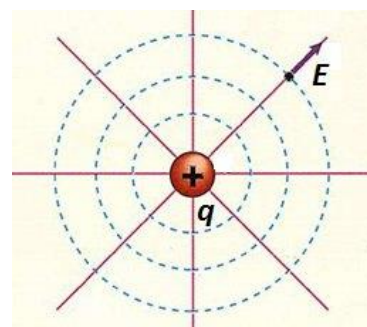
$$1 \text{ cb} = 1 \text{ A} \cdot \text{seg}$$

Es alrededor de 6.241506×10^{18} veces la carga de un electrón.

Por esto, decimos que la carga eléctrica de un electrón es $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ cb}$

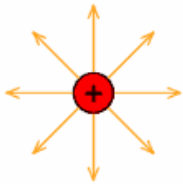
CAMPO ELÉCTRICO

Es la región del espacio que lo rodea, donde se manifiestan fuerzas eléctricas. Su intensidad puede calcularse como el cociente entre la fuerza que actúa en dicho punto, sobre la unidad de carga eléctrica positiva.

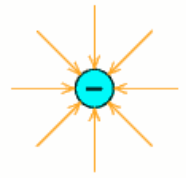


Líneas de campo

Es posible conseguir una representación gráfica de un campo de fuerzas empleando las llamadas **líneas de fuerza**. Son líneas imaginarias que describen, si los hubiere, los cambios en dirección de las fuerzas al pasar de un punto a otro. En el caso del campo eléctrico, puesto que tiene magnitud y sentido, se trata de una cantidad vectorial, y las líneas de fuerza o líneas de campo eléctrico indican las trayectorias que seguirían las partículas positivas si se las abandonase libremente a la influencia de las fuerzas del campo. El campo eléctrico será un vector tangente a la línea de fuerza en cualquier punto considerado.

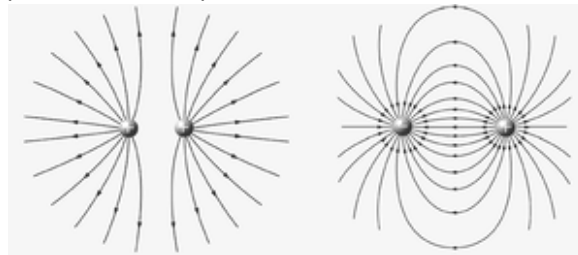


Una carga puntual positiva dará lugar a un mapa de líneas de fuerza radiales, pues las fuerzas eléctricas actúan siempre en la dirección de la línea que une a las cargas interactuantes, y dirigidas hacia fuera porque las cargas móviles positivas se desplazarían en ese sentido (fuerzas repulsivas). En el caso del campo debido a una carga puntual negativa el mapa de líneas de fuerza sería análogo, pero dirigidas hacia la carga central. Como consecuencia de lo



anterior, en el caso de los campos debidos a varias cargas las líneas de fuerza nacen siempre de las cargas positivas y mueren en las negativas. Se dice por ello que las primeras son «manantiales» y las segundas «sumideros» de líneas de fuerza.

Entonces, las líneas de campo son líneas perpendiculares a la superficie del cuerpo, de manera que su tangente geométrica en un punto coincide con la dirección del campo en ese punto. Esto es una consecuencia directa de la ley de Gauss, es decir encontramos que la mayor variación direccional en el campo se dirige perpendicularmente a la carga. Al unir los puntos en los que el campo eléctrico es de igual magnitud, se obtiene lo que se conoce como superficies equipotenciales, son aquellas donde el potencial tiene el mismo valor numérico.



Líneas de campo eléctrico correspondientes a cargas iguales y opuestas, respectivamente.

Energía potencial eléctrica

Recordemos la relación entre el trabajo y la energía potencial: *se realiza trabajo cuando una fuerza desplaza un objeto en la dirección de la fuerza*.

Un objeto tiene energía potencial en virtud de su posición, digamos en un campo de fuerza. Por ejemplo, si alzas un objeto a cierta altura, estás realizando trabajo sobre el objeto. Además, estás incrementando su energía potencial gravitacional. Cuanto mayor es la altura a la que llevas el objeto, más grande es el aumento en su energía potencial. La realización de trabajo sobre el objeto hace que aumente su energía potencial gravitacional.

Del mismo modo que se requiere trabajo para alzar un objeto contra el campo gravitacional de la Tierra, se necesita trabajo para empujar una partícula con carga contra el campo eléctrico de un cuerpo cargado. La energía potencial eléctrica de una partícula con carga aumenta cuando se realiza trabajo para empujarla contra el campo eléctrico de algún otro objeto cargado.

Imaginemos una carga positiva pequeña ubicada a cierta distancia de una esfera positivamente cargada. Si acercamos la carga pequeña a la esfera invertiremos energía en vencer la repulsión eléctrica. Del mismo modo que se realiza trabajo al comprimir un resorte se hace trabajo al empujar la carga contra el campo eléctrico de la esfera. Este trabajo es equivalente a la energía que adquiere la carga. La energía que ahora posee la carga en virtud de su posición se llama energía potencial eléctrica. Si soltamos la esfera, se acelerará alejándose y su energía potencial se transformará en energía cinética.

Potencial eléctrico

Se define como el cociente entre la energía potencial eléctrica (E_{pe}) por unidad de carga eléctrica positiva (q^+)

$$V = E / Q \text{ y recibe el nombre de } \mathbf{VOLT} \text{ o voltio}$$

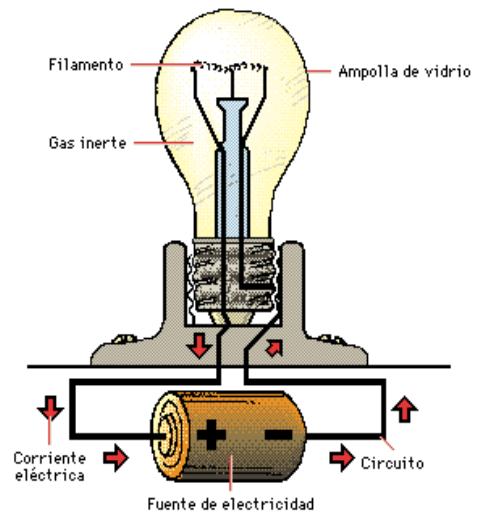
ELECTRODINÁMICA

Un rayo que cae durante una tormenta, no es otra cosa que un enorme torrente de cargas eléctricas que saltan de una nube a la tierra, la chispa que salta de un borne de batería, al acercarle un destornillador metálico, es también un desplazamiento de cargas. Incluso cuando no hay emisión de luz, como en la carga o descarga de un electroscopio, hay un desplazamiento de cargas eléctricas, comúnmente denominado **corriente eléctrica**.

Cuando los extremos de un conductor de electricidad están sometidos a potenciales eléctricos distintos fluye carga de un extremo a otro. La carga fluye cuando existe una diferencia de potencial (diferencia de voltaje) entre los extremos de un conductor. El flujo de carga continúa hasta que ambos extremos alcanzan el mismo potencial. Sin no hay diferencia de potencial, no hay flujo de carga por el conductor.

Para obtener un flujo de carga constante en un conductor es necesario tomar ciertas medidas para mantener una diferencia de potencial mientras la carga fluye de un extremo a otro, lo cual se logra con el uso de bombas eléctricas.

La corriente eléctrica no es sino el flujo de carga eléctrica. En un conductor sólido los electrones transportan la carga por el circuito porque se pueden mover libremente por toda la red atómica. Estos electrones se conocen como electrones de conducción. Los protones, por su parte, están ligados a los núcleos atómicos, los cuales se encuentran más o menos fijos en posiciones determinadas. En los fluidos, como en el electrolito de una batería de automóvil, en el flujo de carga eléctrica pueden participar iones positivos y negativos además de electrones.



La corriente eléctrica se mide en **amperes**, cuyo símbolo como unidad del SI es A . Un ampere es el flujo de 1 coulomb de carga por segundo.

Voltímetro y amperímetro

El galvanómetro, cuyo nombre honra a Galvani, aprovecha el efecto magnético de la corriente eléctrica. Consta de un imán entre cuyos polos se dispone una bobina que puede girar sobre un eje dispuesto perpendicularmente al plano del imán. Una aguja solidaria con el bastidor de la bobina hace visible, sobre una escala graduada, el posible movimiento de aquélla. Este movimiento se halla impedido en ausencia de corriente por dos muelles recuperadores o resortes en espiral. Cuando se hace pasar una corriente por la bobina, aparece una fuerza magnética entre la bobina y el imán que desvía la aguja de su posición inicial tanto más cuanto mayor es la intensidad de corriente.

Un amperímetro se utiliza para medir intensidades y consiste, básicamente, en un galvanómetro con un shunt o resistencia en paralelo con la bobina, de magnitud lo suficientemente pequeña como para conseguir que prácticamente toda, la corriente se desvíe por ella y que el aparato de Medida perturbe lo menos posible las condiciones del circuito. Los amperímetros se conectan en serie con el circuito, es decir, se intercalan entre los puntos en donde se desea medir la intensidad.

Un voltímetro se utiliza para medir diferencias de potencial entre dos puntos cualesquiera y viene a ser un galvanómetro con una importante resistencia asociada en serie con él. El conjunto se conecta en paralelo o derivación entre los puntos cuya diferencia de potencial se desea medir. Si la resistencia total del voltímetro es mucho mayor que la del circuito, entre tales puntos la corriente se derivará en su mayor parte por el tramo que ofrece menor resistencia a su paso y sólo una fracción de ella atravesará el voltímetro. Con ello se logra que la perturbación que introduce en el circuito el aparato de medida sea despreciable.



Resistencia eléctrica

La cantidad de corriente que fluye en un circuito depende del voltaje que suministra la fuente de voltaje. El flujo de corriente también depende de la resistencia que opone el conductor al flujo de carga: la resistencia eléctrica. La resistencia de un cable depende de la conductividad del material del que está hecho y también del espesor y de la longitud del cable. La resistencia eléctrica es menor en los cables gruesos que en los delgados. Los cables largos oponen más resistencia que los cortos.

Además, la resistencia depende de la temperatura. Cuanto más se agitan los átomos dentro del conductor, mayor es la resistencia que el mismo opone al flujo de carga. En la mayoría de los casos, un aumento de temperatura se traduce en un incremento en la resistencia del conductor.

La resistencia eléctrica se mide en una unidad llamada **ohm** (Ω) en honor a Georg Simon Ohm, físico alemán que puso a prueba distintos tipos de cable en diversos circuitos para determinar el efecto de la resistencia del cable en la corriente.

Además, Ohm descubrió que la cantidad de corriente que pasa por un circuito es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del circuito.

$$V = R \times I$$

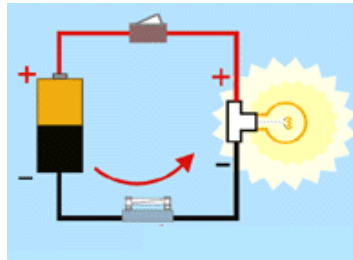
Esta relación entre el voltaje, la corriente y la resistencia se conoce como **Ley de Ohm**.

Así pues, para un circuito dado de resistencia constante, la corriente y el voltaje son proporcionales. Esto significa que si se duplica el voltaje, se duplica la corriente. Pero si se duplica la resistencia de un circuito, la corriente se reduce a la mitad.

En dispositivos eléctricos como los receptores de radio y de televisión, la corriente se regula por medio de elementos de circuito llamados resistores, cuya resistencia puede ir de unos cuantos ohms a varios millones de ohms.

Corriente eléctrica

Lo que conocemos como corriente eléctrica no es otra cosa que la circulación de cargas o electrones a través de un circuito eléctrico cerrado, que se mueven siempre del polo negativo al polo positivo de la fuente de suministro de fuerza electromotriz (FEM).



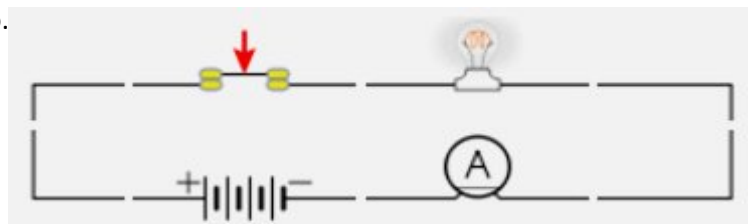
En un circuito eléctrico cerrado la corriente circula siempre del polo negativo al polo positivo de la fuente de fuerza electromotriz (FEM),

Al descubrirse los electrones como parte integrante de los átomos y principal componente de las cargas eléctricas, se descubrió también que las cargas eléctricas que proporciona una fuente de FEM (Fuerza Electromotriz), se mueven del signo negativo (–) hacia el positivo (+), de acuerdo con la ley física de que "cargas distintas se atraen y cargas iguales se rechazan". Debido al desconocimiento en aquellos momentos de la existencia de los electrones, la comunidad científica acordó que, convencionalmente, la corriente eléctrica se movía del polo positivo al negativo, de la misma forma que hubieran podido acordar lo contrario, como realmente ocurre. No obstante en la práctica, ese "error histórico" no influye para nada en lo que al estudio de la corriente eléctrica se refiere.

Circuito eléctrico

Se denomina circuito eléctrico a una serie de elementos o componentes eléctricos o electrónicos, tales como resistencias, inductancias, condensadores, fuentes, y/o dispositivos electrónicos semiconductores, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas o eléctricas. En la figura podemos ver un circuito eléctrico, sencillo pero completo, al tener las partes fundamentales:

1. Una fuente de energía eléctrica, en este caso la pila o batería.
2. Una aplicación, en este caso una lámpara incandescente.
3. Unos elementos de control o de maniobra, el interruptor.
4. Un instrumento de medida, el Amperímetro, que mide la intensidad de corriente.
5. El cableado y conexiones que completan el circuito.



El efecto fotoeléctrico

Presentamos una revisión del trabajo de Albert Einstein de 1905 y por el cual se le otorgó el premio Nobel del año de 1921, es decir, del trabajo que popularmente se conoce como del efecto fotoeléctrico. Mostramos que para Einstein el trabajo en sí no era importante, sino que estaba interesado en entender los procesos de emisión y absorción de radiación por la materia. Veremos, también, que al entender la termodinámica de la radiación electromagnética en una cavidad en equilibrio térmico a una temperatura dada, Einstein pudo plantear su hipótesis de los cuantos la cual procedió a aplicar a tres fenómenos de interés en esos años, entre ellos el efecto fotoeléctrico.

Para comenzar

Cuando nos hablan de Einstein viene a nuestra mente la imagen del viejo genio con cabellera blanca, bigote tupido y mirada inteligente. Viene a nuestra mente el nombre de relatividad, tanto la *especial* con su famosa fórmula $E = mc^2$ y su consecuencia desastrosa, la bomba atómica, como la *general* con su predicción de la curvatura de la trayectoria de un haz luminoso al pasar cerca de el sol. Predicción corroborada espectacularmente en 1919 en ocasión de un eclipse de sol. Bueno, esta vez no hablaremos de eso, vamos a hablar de su artículo por el cual le fue concedido el premio Nobel de Física en el año de 1921, el *Efecto Fotoeléctrico*.

Hablaremos del efecto fotoeléctrico sí, pero en el contexto de lo que podríamos decir fue su línea de pensamiento, por cierto no muy conocida, que lo guió desde sus primeras investigaciones y hasta los años veintes. Este proyecto estuvo basado en su propia metodología mecánico estadística, donde por cierto introdujo el ensamble canónico y mostró la importancia de las fluctuaciones. Podríamos pensar que Einstein fue el padre de lo que hoy se conoce como teorema de fluctuación-disipación, esencial en la teoría de respuesta lineal.

El efecto fotoeléctrico se puede entender de manera sencilla como sigue. Si iluminamos una superficie metálica con un haz luminoso de frecuencia apropiada se emiten electrones de la superficie. Esta emisión de electrones desde la superficie por la acción de la luz se le denomina *efecto fotoeléctrico*.

¿A quién le interesaba el efecto fotoeléctrico?

A Albert Einstein el efecto no le interesaba en si mismo, además de que su teoría por la primera década del siglo pasado provocaba serías críticas negativas. Por ejemplo, Planck, Nernst, Rubens, y Warburg escribieron en 1913: "...En suma, puede decirse que de los grandes problemas en que es tan rica la física moderna, difícilmente exista uno al que Einstein no haya hecho una contribución notable. Que alguna vez errara el blanco en sus especulaciones, como por ejemplo en su hipótesis de los *quanta* de luz, no puede esgrimirse realmente demasiado en su contra, porque no es posible introducir ideas realmente nuevas, ni aun en las ciencias más exactas, sin correr a veces algún riesgo...". Por otro lado es importante resaltar el hecho de que uno de los autores de este comentario sea el propio Planck, quien a fin de cuentas introdujo por primera vez la idea de los cuantos de luz en sus trabajos sobre la radiación de cuerpo negro.

Al final de la década de los 1910's Einstein ya esperaba el premio Nobel, ya que él había sido propuesto por varios físicos desde 1910 para que se le otorgase esta distinción. Pero él esperaba este premio por sus contribuciones sobre la relatividad. La academia Sueca estaba confusa por las controversias causadas por la teoría de la relatividad. El físico Oseen propuso que se le otorgara el premio Nobel por su deducción del efecto fotoeléctrico. Recibió el premio de forma efectiva hasta 1923 pero el dinero paso a manos de Mileva ya que este había sido comprometido en el contrato de divorcio firmado a principios de 1919: "...El dinero del hipotético Premio Nobel será para Mileva y mis hijos...", escribió en una carta dirigida a su amigo Michele Besso a mediados de 1918.

El efecto fotoeléctrico en la vida diaria

Es muy curioso que en los lugares menos esperados o sin que siquiera lo notemos, las ideas revolucionarias de Einstein están presentes. Las aplicaciones del efecto fotoeléctrico las encontramos en: Camaras, en el dispositivo que gobierna los tiempos de exposición; en detectores de movimiento; en el alumbrado público; como regulador de la cantidad de toner en la máquinas copiadoras; en las celdas solares muy útiles en satélites, calculadoras, y relojes. Las aplicaciones las encontramos, también, cuando asistimos a una función de cine ya que el audio que escuchamos es producido por señales eléctricas que son provocadas por los cambios de intensidad de la luz al pasar por la pista sonora que viene en la cinta cinematográfica. Pero es muy interesante que el efecto fotoeléctrico se aplica en los jalcoholímetros! en donde la reacción del alcohol con una sustancia de prueba provoca cambios de color los cuales son medidos por el dispositivo, la lectura nos permite entonces saber la concentración de alcohol en el individuo. Estamos inmersos en un mundo tecnológico que Einstein descubrió para nosotros.

¿Quién descubrió el efecto fotoeléctrico?

Se dice que fue observado por primera vez en 1839 en Francia [1]. Sin embargo, hoy día se atribuye el descubrimiento a Heinrich Hertz en 1887. Hertz descubrió el efecto fotoeléctrico por accidente, al tratar de probar la teoría de Maxwell sobre la radiación electromagnética, en esencia ondulatoria. ¡Qué contradicción! ya que fue la primera prueba experimental contundente a favor de la teoría de Maxwell pero a su vez abrió el camino para los experimentos que mostraron el carácter corpuscular de la luz. El experimento consistía en provocar una chispa con una bobina de inducción y detectar los efectos de la radiación electromagnética emitida observando la existencia de otra chispa entre las puntas de un alambre enrollado en forma de círculo y a cierta distancia del emisor. Para observar mejor la pequeña chispa en el receptor Hertz solía usar una cubierta oscura. Al hacerlo notó que la chispa cambiaba de longitud y bajo ciertas condiciones incluso desaparecía. Él concluyó acertadamente que la luz proveniente de la chispa emisora era la causante de este extraño fenómeno. De hecho con un prisma descompuso la luz del emisor y descubrió que la chispa en el emisor era más intensa al ser expuesta a la luz ultravioleta.

Alguien le sugirió Hertz usar ancas de rana como mecanismo detector de la radiación electromagnética. Así, este descubrimiento pudo no haber ocurrido si el uso de ancas de rana como receptores de la radiación electromagnética hubiera tenido éxito.

Otro físico experimental en Dresden, Wilhelm Hallwachs al año siguiente repitió el experimento con un arreglo experimental más simple. Lo que Hallwachs investigó fue el efecto de radiación electromagnética sobre objetos cargados negativamente. Hallwachs ciertamente clarificó mucho el fenómeno pero no dió más explicaciones sobre las posibles causas ni propuso ninguna explicación teórica. El efecto fotoeléctrico también suele ser llamado efecto Hallwachs.

Más de una década después J.J. Thomson probó que la luz ultravioleta, en los experimentos sobre el efecto fotoeléctrico, provocaba que las mismas partículas encontradas en los rayos catódicos fueran expulsadas del material, es decir, electrones. Ese mismo año Philipp Lenard, quien fuera estudiante de Hertz, comenzó una serie de experimentos sistemáticos que permitieron entender mejor este fenómeno de foto-emisión de electrones. Lenard, cargando una de las placas negativamente, agregó un potencial que tenía la función de oponerse al movimiento de los electrones foto-emitidos, el potencial de frenado, cuyo valor de umbral es la energía cinética máxima de los electrones fotoemitidos. Encontró que esta energía máxima no dependía de la intensidad del haz luminoso incidente, pero sí dependía de su frecuencia. Estos hallazgos experimentales fueron la razón por la que Albert Einstein en su famoso trabajo de 1905 citará a Lenard.

En 1905 a Lenard se le otorgó el premio Nobel en Física por sus trabajos sobre rayos catódicos y se podría decir que los trabajos de Lenard le valieron a Einstein el Nobel en 1921. Lenard paso de admirarle a detestarlo, e incluso formó parte en los años veintes de la sociedad anti-Einstein. Los miembros de esta sociedad decían que Einstein y sus teorías

formaban parte de un complot bolchevique, lo cuales habían llevado a la derrota a Alemania.

¿Quién comprobó la teoría de Einstein?

En 1912 Arthur Lewelyn Hughes, Owes William Richardson y Karl Taylor Compton demostraron experimentalmente el crecimiento lineal con la frecuencia de la energía cinética de los electrones fotoemitidos. Pero fue Robert Andrews Millikan quien midió, en 1916, tanto la frecuencia de la luz como la energía de los electrones emitidos, y obtuvo un valor de la constante de Planck en buen acuerdo con el obtenido en experimentos de radiación de cuerpo negro. Karl Taylor Compton fue el hermano mayor de Arthur Holly Compton, quien descubrió y explicó el efecto que lleva su nombre. Los resultados satisfactorios de los estudios del efecto Compton terminaron por dejar por sentado el carácter corpuscular de la radiación. Por su parte K.T. Compton estuvo posteriormente involucrado en el proyecto de la bomba atómica.

Millikan intentaba demostrar que la teoría de Einstein era incorrecta, ya que estaba a favor de la teoría de Maxwell y del carácter ondulatorio de las ondas electromagnéticas. Para ésto realizó una serie de experimentos en donde puso todo su ingenio y destrezas experimentales. No lo consiguio, pero pudo medir con mucha exactitud la constante de Planck. De consolación se le otorgó el premio Nobel de Física correspondiente al año de 1923 por sus contribuciones al entendimiento del efecto fotoeléctrico.

¿Qué es el efecto fotoeléctrico?

Comunmente se considera que el efecto fotoeléctrico es la emisión de electrones de una superficie metálica cuando ésta es iluminada por luz. Un arreglo experimental para estudiar el efecto consiste de dos placas metálicas paralelas dentro de una botella a la que se le ha practicado vacío. Estas placas son conectadas a un amperímetro y a una batería con un potenciometro que permite no sólo variar el potencial entre las placas sino además su signo. El experimento se lleva a cabo iluminando la superficie del cátodo (emisor), y como resultado se mide una pequeña corriente eléctrica en el amperímetro. Si hay una lectura de corriente, entonces hubo transferencia de electrones de una placa a la otra. Posteriormente se varía el potencial entre las placas, lo cual modifica la intensidad de la corriente medida por el amperímetro. Cuando este potencial se hace negativo, oponiendose al movimiento de los electrones, se encuentra que existe un potencial de umbral, para el cual la corriente cesa. Este potencial multiplicado por la carga del electrón es la energía cinética máxima de los electrones foto-emitidos.

Básicamente los experimentos muestran que: (1) La energía cinética de los fotoelectrones son independientes de la intensidad de la luz; (2) La energía cinética máxima de los fotoelectrones, depende solamente de la frecuencia o longitud de onda de la radiación incidente; (3) La función de trabajo del material emisor determina la frecuencia de umbral de la luz que puede liberar a los electrones. (4) El número de fotoelectrones liberados es proporcional a la intensidad de la luz.

¿Qué nos dice la teoría clásica?

La teoría clásica establece los siguientes tres hechos. Primero, el vector eléctrico oscilante E de la onda luminosa aumenta en amplitud conforme aumenta la intensidad del haz luminoso. La fuerza aplicada al electrón es, entonces, la energía cinética de los fotoelectrones también debería aumentar de acuerdo con el aumento en intensidad del haz luminoso. Sin embargo, el resultado experimental dice que es independiente de la intensidad. Segundo, según la teoría ondulatoria, el efecto fotoeléctrico debería ocurrir para cualquier frecuencia de la luz tomando en cuenta solamente que la intensidad de la luz sea lo suficientemente intensa como para dar la energía necesaria para emitir los fotoelectrones. Los resultados experimentales muestran que para cada tipo de superficie material existe una frecuencia de corte característica tal que por debajo de ésta el efecto fotoeléctrico no

ocurre, sin importar la intensidad del haz luminoso.

Tercero, si la energía adquirida por un fotoelectrón es absorbida de la onda que incide sobre la placa de metal, el “área efectiva del blanco” para un electrón en un metal está limitada y

probablemente no sea mucho mayor que un círculo de un diámetro atómico. En la teoría clásica la energía luminosa se encuentra uniformemente distribuida sobre el frente de onda. Entonces, si la luz es suficientemente débil existirá un tiempo de retraso mensurable entre el instante en que la luz empieza a incidir sobre la superficie y la expulsión del fotoelectrón. Durante este intervalo el electrón deberá absorber energía del haz hasta acumular la suficiente para escapar. Sin embargo, nunca se ha medido un tiempo de retraso.

Radiación de cuerpo negro y la catástrofe del ultravioleta

En su artículo de 1905[3] y que popularmente se conoce como su artículo sobre el efecto fotoeléctrico, Einstein estaba interesado en entender los fenómenos de absorción y emisión de la radiación por la materia. Señaló claramente la diferencia de estos con el caso de los fenómenos puramente ondulatorios, como la difracción o la reflexión de ondas electromagnéticas. Para entender estos fenómenos de interacción materia-radiación, Einstein tomó como caso de estudio la radiación de cuerpo negro en una cavidad, en particular estudió los cambios de entropía de la radiación al cambiar el volumen y comparó su expresión matemática con la correspondiente al cambio de entropía de un gas ideal al cambiar el volumen contenedor. La similitud le llevó a postular su hipótesis de los cuanta de luz, que veremos más adelante. Por lo tanto, y por completez debemos hablar sobre la radiación térmica de los cuerpos, en particular de los cuerpos negros y de la hipótesis e ideas de Planck, cosa que hacemos a continuación.

Un cuerpo por el hecho de estar a una temperatura T emite radiación térmica o calor radiante. Esta radiación es electromagnética cuya intensidad y longitud de onda predominante varía con la temperatura del cuerpo. Todos los cuerpos simultáneamente emiten y absorben radiación. Entre 1859-60 Gustav Kirchhoff había definido un cuerpo negro como un objeto que re-emite toda la energía radiante que incide sobre él; es decir, es tanto un perfecto emisor como un perfecto absorbedor de radiación. Por lo tanto debería de haber algo absoluto o universal en la radiación de cuerpo negro. Ya en 1890 varios experimentos y desarrollos teóricos fueron hechos para determinar su distribución espectral de energía – la curva que muestra cuanta energía radiante es emitida a diferentes frecuencias para una temperatura dada del cuerpo negro. Antes en 1879 Josef Stefan, un físico austriaco, había obtenido de manera empírica que la potencia total emitida en la radiación era proporcional a la cuarta potencia de la temperatura a la que se encuentra el cuerpo negro. Cinco años después Boltzmann la obtuvo teóricamente, y por esta razón a esta ley se le conoce como de Stefan-Boltzmann.

A Planck le atrajo la fórmula deducida en 1896 por su colega Wilhelm Wien, y por su parte hizo varios intentos para obtener la ley de Wien sobre la base de la segunda ley de la termodinámica. Sin embargo, por Octubre de 1900 varios otros colegas experimentales, en el mismo instituto en el que trabajaba Wien, Otto Richard Lummer, Ernst Pringsheim, Heinrich Rubens, y Ferdinand Kurlbaum, habían encontrado evidencias definitivas de que la ley de Wien, aunque válida a altas frecuencias, fallaba a bajas frecuencias.

El 19 de Octubre de ese año, y previo a la reunión de la Sociedad Alemana de Física, Planck supo de estos resultados. Sabía como la entropía de la radiación debería depender matemáticamente de la energía en la región de altas frecuencias si la ley de Wien debería valer allí. También, vió cómo esta dependencia debería ser en la región de bajas frecuencias y que estuviera en acuerdo con los resultados experimentales. Con las dos expresiones Planck pudo adivinar cual podría ser la combinación más simple, y transformó el resultado en una fórmula que relacionaba la energía de la radiación con su frecuencia.

El resultado se conoce como la ley de radiación de Planck y resultó ser indisputablemente correcta. Para Planck ésto fue simplemente un afortunada corazonada. Si la debía tomar en serio, ésta debía ser obtenida de alguna manera de primeros principios. A esa tarea se dedicó inmediatamente y el 14 de Diciembre de 1900 tuvo éxito - pero a un costo muy alto.

Había tenido que sacrificar una de sus creencias más preciadas, que la segunda ley de la termodinámica era una ley absoluta de la naturaleza. En vez, tuvo que aceptar la interpretación de Ludwig Boltzmann, de que la segunda ley era una ley estadística. Además, Planck tuvo que suponer que los osciladores que formaban parte del cuerpo negro debería absorber y emitir la energía radiante, no en forma continua, sino en forma de paquetes discretos de energía, llamados cuantos, cada uno conteniendo una energía proporcional a su frecuencia. Distribuyendo estadísticamente estos cuantos sobre todos los osciladores presentes en el cuerpo negro Planck pudo derivar la fórmula que había obtenido antes con pura termodinámica. Al ajustar su ley a los experimentos encontró no sólo el valor numérico de sino también los valores de la constante de Boltzmann (la constante fundamental en la teoría cinética de los gases y de la mecánica estadística), el número de Avogadro, y la carga del electrón. La pequeñez de la constante de Planck es lo que hace que en el mundo macroscópico no se manifiesten sus consecuencias, sólo bajo ciertas condiciones, como altas frecuencias en los experimentos de radiación de cuerpo negro. En la siguiente sección damos una explicación un poco más detallada de las ideas que siguio Planck.

La técnica computacional de Planck

¿Cuál fue la propuesta de Planck? Hablando coloquialmente podríamos decir que Planck fue el creador del método de la “cuchara” o que fue de los primeros en hacer uso de la constante de “Wilson”, que en este caso es la constante. Para dar la explicación de lo que Planck hizo, consideremos una cavidad con un agujero pequeño en comparación con sus dimensiones y que la conecta con el exterior, ver Fig. 1. Cualquier rayo de luz que penetre a la cavidad a través del agujero será muy probable que primero sea absorbido por las paredes antes que salga por el agujero, siendo este lo suficientemente pequeño. Por lo cual este sistema puede considerarse un buen modelo de cuerpo negro. Si calentamos las paredes de la cavidad de tal manera que su temperatura sea tendremos procesos de emisión de radiación electromagnética por las paredes. Si la cavidad está en equilibrio térmico con la radiación en ella, la razón de emisión será igual a la de absorción y cualquier haz de radiación que logre salir por el agujero, tendrá el espectro de cuerpo negro. Para completar el marco de trabajo, démonos cuenta de que para determinar la densidad de energía, dos ingredientes son esenciales: (1) el número de modos en un intervalo de frecuencias y (2) La energía promedio asociada a ese modo, que para una cavidad en equilibrio térmico está dada por el teorema de equipartición de la energía

Haciendo esto y después de un procedimiento un tanto cuanto laborioso obtenemos el espectro clásico de Rayleigh-Jeans, el cual como ya vimos falla para frecuencias altas o longitudes de onda corta de la radiación.

Para resolver el problema de la discordancia de la teoría clásica con los resultados experimentales, Planck pensó que había que modificar de alguna manera el cálculo de la energía promedio por modo de radiación, la cual en términos de la distribución de Si hacemos las integrales obtenemos el resultado dado por el teorema de equipartición. Entonces, la pregunta es, como modificar este cálculo para que obtengamos el espectro de radiación experimental. Después de varios cálculos numéricos, Planck concluyó que el procedimiento para calcular la energía promedio debía de hacerse siguiendo los pasos que se muestran en la Fig. 3. Es decir, hacemos una partición del eje de las energías en intervalos de igual tamaño

Aplicación al espectro de radiación de cuerpo negro

Con esta técnica computacional Planck encontró la distribución de energías del espectro de radiación de cuerpo negro, la cual, si uno conoce por otros medios la constante de Boltzmann, sólo dependía de un parámetro, pero de carácter universal. Y es que una vez que fue ajustado a un experimento este valor hizo que el espectro de radiación teórico encajara perfectamente en todos los espectros observados experimentalmente.

El artículo de 1905

En 1905 Einstein publicó cinco artículos, todos ellos trascendentales, pero sólo a uno de ellos lo calificó como revolucionario, y éste fue su trabajo *Sobre un punto de vista heurístico referente a la emisión y la transformación de la luz* que apareció en *Annalen der Physik* en su volumen 17 y recibido el 18 de Marzo por la revista[3]. En este trabajo Einstein da muestras de su dominio sobre las ideas mecánico estadísticas. Después de revisar la teoría de Wien sobre la radiación de cuerpo negro muestra, usando el espectro obtenido por Wien, que el cambio en la entropía de la radiación de frecuencia

Comentarios finales

¿Cuál es la comparación entre las ideas de Planck y Einstein? Planck analizó la radiación de cuerpo negro comenzando con un punto de vista termodinámico y obtuvo su espectro teórico. Su concepción de los cuantos fue que la radiación se emitía como cuantos de energía pero se propagaba en la cavidad como ondas. En cambio Einstein desde un principio adoptó un punto de vista mecánico estadístico y señaló la importancia de las fluctuaciones. Además, postuló que los cuantos de radiación se emitían como cuantos y como cuantos localizado en el espacio se propagaban en la cavidad. De hecho Planck escribió sobre su hipótesis: "...Se trataba de una hipótesis puramente formal y ciertamente yo no le dediqué mucha atención; lo único que me interesaba, a toda costa, era llegar a un resultado positivo...". Einstein, no tuvo esta visión y fué más allá estudiando las consecuencias de su postulado, lo que lo llevó a aplicarlo a situaciones que no tenían nada que ver el fenómeno de radiación del cuerpo negro, como el ya señalado efecto fotoeléctrico.

Planck tenía 42 años cuando propuso su teoría de los cuantos y jugó un papel menor en el desarrollo posterior de la física cuántica. Einstein era un joven de 26 años y siguió estudiando los fenómenos de interacción materia-radiación. Así, en 1916 publicó su trabajo que sentó las bases teóricas del laser. En 1924, y habiendo conocido la demostración, hecha por Satyendra Nath Bose, del espectro de Planck considerando a los fotones como partículas indistinguibles, extendió estas ideas estadísticas a partículas materiales y predijo la condensación de un gas ideal de bosones, ahora conocida como la condensación de Bose-Einstein.

Podemos pensar que cinco revoluciones ha habido en la historia de la física. (1) La de los griegos - geometría euclídea, cuerpos rígidos y las configuraciones estáticas; (2) la mecánica de Galileo-Newton; (3) La teoría del campo electromagnético de Maxwell-Faraday; (4) La mecánica cuántica; (5) La relatividad (especial y general). Einstein participó en dos, la que cambió nuestros conceptos sobre el espacio y el tiempo, y la que nos hizo ver la naturaleza unificada de la materia y la radiación (el comportamiento ondacorpúsculo en ambos casos). ¿Qué clase de físico fue para ser capaz de lograr esto? Era un físico con una comprensión e intuición física profunda de la naturaleza, sabía que su desarrollo debería ser guiado por cuestiones de simplicidad (no trivialidad) y alta simetría. Comprendía casi todas las áreas relevantes de la física clásica, la mecánica, el electromagnetismo, y la termodinámica, y estaba muy al tanto de los desarrollos en física estadística y teoría cinética. Sabía que la naturaleza se dividía en dos clases de sistemas físicos: materia y radiación. Y que para entenderlos deberíamos saber cuáles eran los constituyentes elementales en el caso dado, y como éstos interactuaban entre ellos mismos y con el medio ambiente, y como podíamos extraer la información observable o medible a partir de promedios estadísticos de la información detallada de los constituyentes.

1.- Las estructuras resistentes a los esfuerzos.



Las estructuras son sistemas que de forma estable soportan pesos y fuerzas en una posición determinada. Pueden ser una creación humana, pero están también presentes en la naturaleza. Por ejemplo, una persona, para descansar, se sienta en una silla; ésta tendrá que soportar su peso sin romperse, por lo que la silla es una estructura. La carrocería de un coche, la estructura de una casa, una mesa, una grúa, un puente, unas estanterías,... Todas ellas son estructuras creadas artificialmente. También la naturaleza crea las suyas: un árbol, una montaña, una cueva, el esqueleto de los animales,...

La estructura (del latín structūra) es la disposición y orden de las partes dentro de un todo.

La definición anterior vale para muchas cosas, algunas de las cuales no tienen que ver con nuestro tema: la estructura de capítulos de un libro, la organización de un aula, etc....

Para el tema que nos ocupa, las estructuras que nos interesan son las que tienen como misión **resistir las fuerzas físicas** a las que están sometidas.

Todos los cuerpos poseen algún tipo de estructura, también las que encontramos en la naturaleza. También el ser humano dispone de la estructura ósea para que su cuerpo se mantenga y funcione. Son las **estructuras naturales**: el tronco de un árbol, las conchas de los moluscos, una montaña, una cueva, las estalagmitas y estalagmitas,...

Pero además de las estructuras naturales, la humanidad desde sus orígenes ha creado **estructuras artificiales** para satisfacer sus necesidades. Son las que vamos a estudiar en este tema.

Hablaremos de una **estructura** cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- 1.- Que esté formada por un conjunto de elementos simples unidos entre sí.
- 2.- Que resista las fuerzas a las que está sometido sin destruirse.
- 3.- Que conserve básicamente su forma bajo la acción de esas fuerzas.

Redefiniendo de nuevo el concepto de estructura, de acuerdo con el tema podemos decir entonces que:


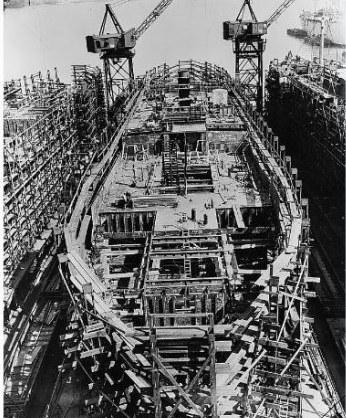


Una estructura es un conjunto de elementos unidos entre sí capaces de soportar las fuerzas que actúan sobre ella, conservando su forma.

Al conjunto de fuerzas que actúan sobre la estructura se les denomina **carga o acciones**. La estructura, según el principio físico de acción y reacción, para mantenerse en equilibrio con las fuerzas que actúan sobre ella tiene que contraponer otras fuerzas iguales y de sentido contrario. Al conjunto de fuerzas con las que la estructura reacciona ante las cargas se las denomina **reacciones**. Las fuerzas de reacción se ejercen en los puntos por donde la estructura está sujeta, o bien por donde se unen los diferentes elementos de la misma. A estos puntos de unión se les denomina **apoyos**, y a las fuerzas de reacción se les suele denominar también **coacciones**.

En la siguiente tabla puedes ver de forma resumida cuales son las misiones o características que le encomendamos a una estructura:

Funciones de la estructura

Soportar cargas	Es la principal función de toda estructura ya que las fuerzas o cargas siempre están presentes en la naturaleza: la gravedad, el viento, el oleaje, etc.	
Mantener la forma	Es fundamental que las estructuras no se deformen, ya que si esto ocurriese, los cuerpos podrían romperse. Es lo que ocurre cuando los esfuerzos son muy grandes. Por ejemplo, en un accidente de coche, la carrocería siempre se deforma o araña dependiendo de la gravedad del impacto.	

<p>Proteger partes delicadas</p>	<p>Una estructura debe proteger las partes delicadas de los objetos que las poseen. Por ejemplo, el esqueleto protege nuestros órganos internos, la carcasa de un ordenador protege el microprocesador, las tarjetas, etc. Pero hay estructuras que no tienen partes internas que proteger, como los puentes o las grúas.</p>	
<p>Ser ligeras</p>	<p>Las estructuras deben ser lo más ligeras posibles. Si la estructura fuese muy pesada, podría venirse abajo y, además se derrocharían muchos materiales.</p>	 <p><small>Taraxacum officinale. De KoS en Wikimedia Commons. Licencia dominio público.</small></p>
<p>Ser estable</p>	<p><i>La estructura no puede volcar o caerse aunque reciba diferentes cargas.</i></p>	 <p><small>Tataragi Dam in Asago, Hyogo Pref., Japan. De 663highland en Wikipedia Commons. Licencia CC-BY.</small></p>

2.- Fuerza

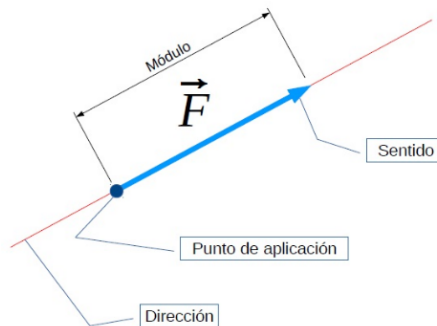
Aunque hablar de fuerza es bastante habitual en muchos ámbitos de la vida diaria, no siempre se hace de acuerdo con su verdadero significado. Comencemos entonces definiendo este concepto.



Denominamos fuerza a cualquier causa (acción, esfuerzo o influencia) que puede alterar el estado de movimiento o de reposo de cualquier cuerpo o bien deformarlo.

Es una magnitud física que se representa mediante **vectores**. La representación vectorial nos presenta una imagen simbólica de las fuerzas, indicándonos un **punto de aplicación**, una **dirección** de la fuerza, un **sentido** y un valor, dado por la longitud del segmento que la representa, denominado **módulo**.

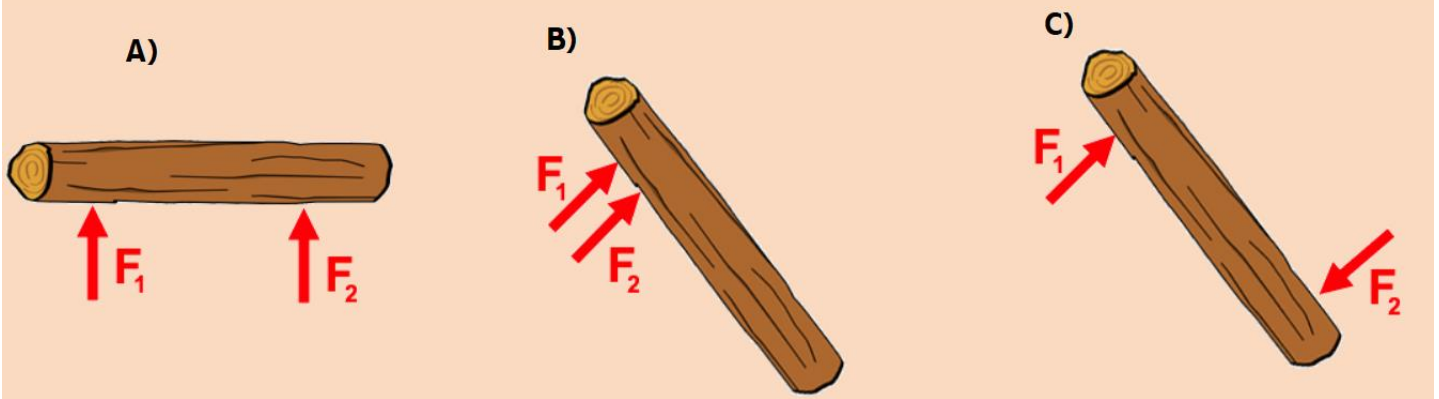
El uso de vectores para representar las fuerzas permite el estudio gráfico de los estados de las fuerzas en las estructuras, campo que se denomina **grafostática**.



Hay magnitudes que para describirlas es necesario conocer la dirección en la que se aplica, ya vimos que éste era el caso de la velocidad, y que por eso le poníamos signo.

Esto pasa también con las fuerzas, dependiendo de la **dirección** y el **sentido** de la misma se conseguirán distintos efectos.

Supongamos que queremos mover un tronco empujando entre dos personas, dependiendo de la dirección y el sentido en el que se empuje tendremos un movimiento del tronco u otro como puedes observar en las siguientes animaciones:



2.1.- Tipos de fuerzas

Las fuerzas están presentes en todas las actividades y elementos. Podemos clasificarlas atendiendo a criterios diversos:

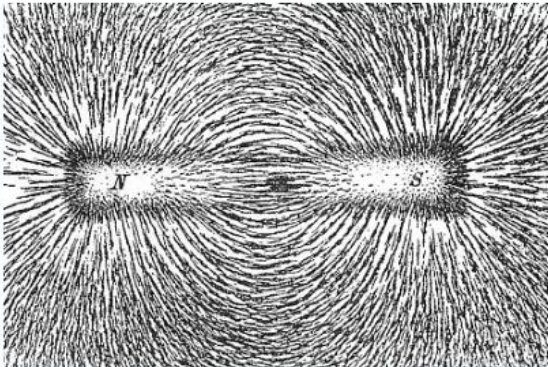
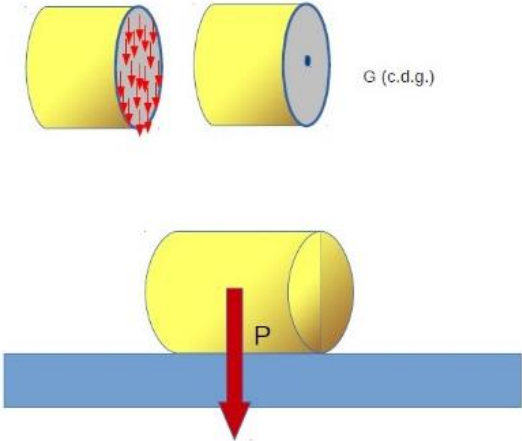
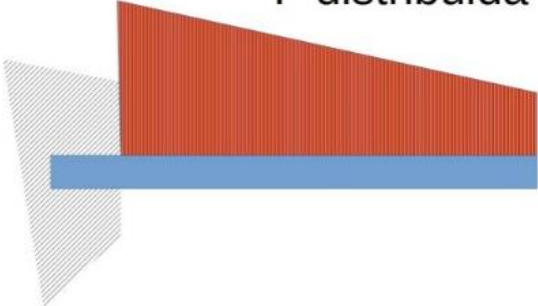
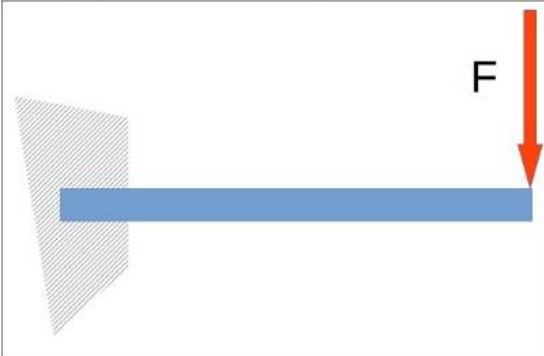
En función de la duración

Fuerzas fijas o permanentes	Fuerzas variables o intermitentes
Siempre están presentes en la estructura y ésta tendrá que soportarlas en todo momento. Por ejemplo: el peso de un edificio, del cuerpo o de un tronco.	Pueden aparecer o desaparecer en función de las condiciones externas a la estructura. Por ejemplo: la acción del viento, nieve.
<p>La imagen representa la acción de las fuerzas en un árbol. Por un lado está el peso propio del árbol, (fuerza fija), y por otro la acción del viento, (fuerza variable).</p>	

En función de cómo actúan.

Fuerzas estáticas	Fuerzas dinámicas
<p>La variación de la intensidad, lugar o dirección en la que actúa la fuerza no cambia o cambia muy poco en periodos cortos de tiempo. Por ejemplo: el peso de un edificio, nieve.</p>	<p>Las fuerzas que actúan sobre la estructura cambian bruscamente de valor, de lugar de aplicación o de dirección. Por ejemplo: terremotos, impactos bruscos, fases en el trabajo de las máquinas,...</p>
 <p><small>Marcas de flotación en el casco del buque. De Wikiseacher en Wikimedia Commons. Licencia dominio público.</small></p>	 <p><small>Fuerzas dinámicas presentes en el trabajo de una máquina excavadora. Elaboración propia a partir de: John Deere loader. De ike4014 en Wikimedia Commons. Licencia CC-BY-SA</small></p>
<p>Las marcas de flotación de un barco nos indican el tonelaje del mismo. Según su nivel de carga, las marcas variarán. El tonelaje del barco es una carga estática, al igual que el peso propio de los edificios.</p>	<p>Las máquinas suelen estar sometidas a acciones de tipo dinámico. Esta máquina, además de tener que soportar su propio peso, recibe los efectos de fuerzas dinámicas al realizar su ciclo de trabajo.</p>

En función de su distribución sobre la estructura

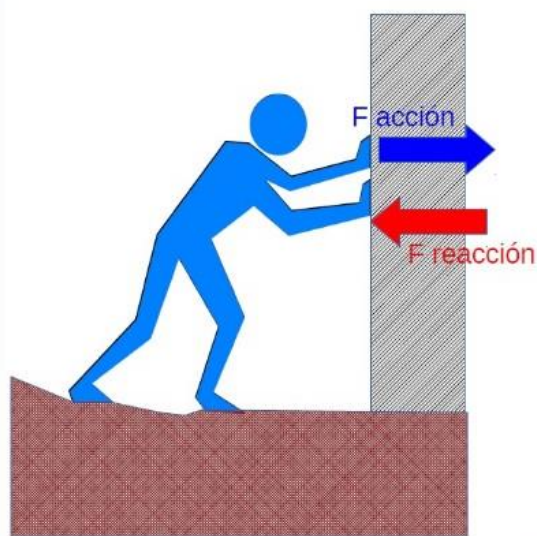
Fuerzas de volumen	Fuerzas de superficie
<p>Aquellas que actúan en todas las partículas de un cuerpo. Por ejemplo las fuerzas gravitatorias y las magnéticas.</p>	<p>Las que actúan en la periferia del cuerpo como consecuencia del contacto con otros cuerpos. A su vez las fuerzas de superficie, según su distribución, pueden ser:</p>
 <p><small>Representación de las líneas de fuerza magnética. Archivo: Magnet0873. De Newton Henry Black, Harvey N. Davis (1913) en Wikimedia Commons. Licencia dominio público.</small></p> 	<p>Distribuidas: Aquellas que actúan en un área del cuerpo o de la estructura. Por ejemplo el peso propio de una viga.</p> <p style="text-align: center;">F distribuida</p>  <p>Puntuales: Cuando sólo actúan en un determinado punto. Por ejemplo la carga que colgamos en una polea.</p> 

Las fuerzas de volumen actúan sobre todas las partículas de los cuerpos. En la imagen superior vemos las denominadas "líneas de fuerza" que actúan cuando se genera un campo magnético, más intensas cuanto más cerca del foco del campo (el imán). La segunda imagen representa un sólido y las fuerzas infinitesimales que actúan en todas las partículas interiores del mismo por su propio peso. Vemos también como la actuación de esas minúsculas fuerzas equivale a la actuación de una sola fuerza resultante P aplicada en el **centro de gravedad del sólido**.

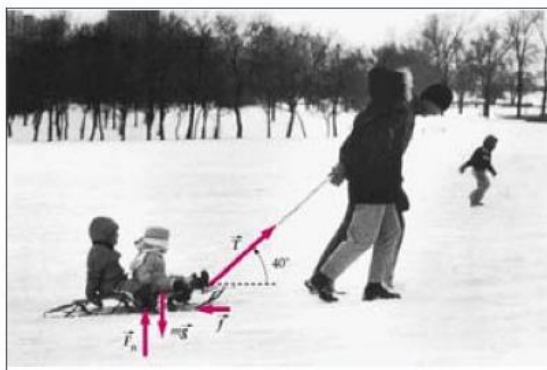
Las fuerzas de superficie actúan sobre la periferia del sólido y pueden ser de multitud de tipos. Genéricamente podemos hablar de fuerzas distribuidas cuando actúan en todo un área o a lo largo de una dirección; y fuerzas puntuales cuando son fuerzas individuales aplicadas en un punto en concreto de la viga. Los sistemas de fuerzas distribuidas, que tienen cierta complejidad para analizar, equivalen a sistemas de fuerzas puntuales donde la fuerza o fuerzas puntuales sob las resultantes de las distribuidas aplicadas en el centro de gravedad del área de aplicación. Las imágenes muestran dos vigas empotradas. Una está sometida a la acción de fuerzas distribuidas a lo largo de su directriz, y la segunda tiene una fuerza puntual en la punta.

En función de la naturaleza de la fuerza respecto a la estructura

Fuerzas de acción, acciones o sollicitaciones	Fuerzas de reacción
Son el conjunto de fuerzas externas que actúan sobre el cuerpo, y por ello sobre su estructura, y que intentan desplazarlo y/o deformarlo.	Son las fuerzas con las que la estructura del cuerpo responde a las acciones para mantener el equilibrio. Ver 3ª ley Newton.



Fuerzas de acción y de reacción cuando empujamos un elemento.



Sistema de fuerzas de acción y reacción en un trineo. Archivo:

En "Vectors il·lustrats" del open course ware "Fonaments físics de les estructures", Universitat d'Alacant. Licència CC-BY-NC-SA.

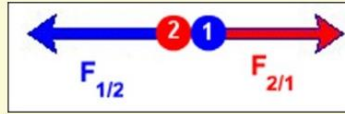


Ampliación

Tercera ley de Newton o principio de acción y reacción.

Con toda acción ocurre siempre una reacción igual y contraria: quiere decir que las acciones mutuas de dos cuerpos siempre son iguales y dirigidas en sentido opuesto.

Al interactuar dos partículas, la fuerza F que la primera ejerce sobre la segunda es igual y opuesta a la fuerza F que la segunda ejerce sobre la primera, estando ambas sobre la recta que las une.



Se escribe $F_{1/2}$ para indicar la fuerza que el cuerpo 1 ejerce sobre el cuerpo 2 y $F_{2/1}$ para indica la fuerza que el cuerpo 2 ejerce sobre el 1 .

Características de las fuerzas de Acción - Reacción

- Surgen de una interacción.
- Nunca aparece una sola: son dos y simultáneas.
- Actúan sobre cuerpos diferentes: una en cada cuerpo.
- Nunca forman un par de fuerzas: tienen la misma línea de acción.
- Un cuerpo que experimenta una única interacción no está en equilibrio ($\Sigma F \neq 0$), pues sobre él aparece una fuerza única que lo acelera. Para estar en equilibrio se requieren por lo menos dos interacciones.



Sir Isaac Newton (1642-1727). En Wikimedia Commons. Licencia dominio público

Interacción de fuerzas.

Una **interacción** entre dos objetos siempre **produce dos fuerzas iguales y opuestas**, aplicadas una en cada objeto.

Las interacciones pueden ser a distancia como la **gravitatoria** y la **electromagnética** o por contacto, como las originadas en un choque.

Las dos fuerzas de una interacción aunque son iguales no se anulan porque actúan cada una en un cuerpo diferente.

Pasa el ratón por la figura para ver la diferentes fuerzas.

3.- Momento

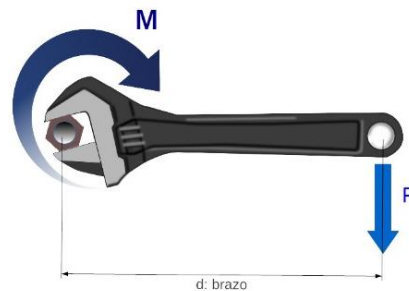
En general, tal como decíamos, una fuerza intenta provocar un desplazamiento o deformación en el cuerpo sobre el que se aplica. La estructura tratará de impedir el movimiento o la deformación, contraponiéndole una fuerza del mismo valor (módulo), misma dirección y de sentido contrario. (Es lo que nos dice la tercera ley de Newton). Sin embargo en muchas ocasiones el punto de aplicación de la fuerza no coincide con el punto de aplicación en el cuerpo. En este caso la fuerza actúa sobre el objeto y su estructura a cierta distancia, mediante un elemento que traslada esa acción de esta fuerza hasta el objeto.

A esa combinación de fuerza aplicada por la distancia al punto de la estructura donde se aplica se le denomina **momento de la fuerza F respecto al punto**. El momento va a intentar un desplazamiento de **giro** o **rotación** del objeto. A la distancia de la fuerza al punto de aplicación se le denomina **brazo**.

Matemáticamente se calcula mediante la expresión

$$M = F \cdot d$$

Siendo **F** la **fuerza** en **Newton (N)**, **d** la **distancia** en **metros (m)** y **M** el **momento**, que se mide en **Newton por metro (Nm)**.



$$M = F * d$$

M: momento (N.m.)
F: fuerza aplicada (N)
d: brazo (m)

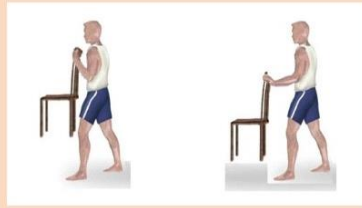
Existen muchos casos en los que aparecen momentos que producen o intentan producir **movimientos de rotación**, como en el caso de abrir una puerta, girar un volante, etc....

Cuando las fuerzas que provocan el momento son acciones, el momento es también una **acción** o **solicitación**. Siguiendo la misma condición e equilibrio, para que una estructura de un objeto esté en equilibrio, tiene que responder a la acción de un momento con otro del mismo valor y de sentido contrario. En este caso, si el momento que actúa busca la rotación hacia la derecha, la reacción será un momento que busque la rotación hacia la izquierda, y viceversa.



Se trata de intentar sujetar, con un solo brazo, durante el mayor tiempo posible una silla de la clase. Primero con el brazo totalmente extendido y después con el brazo pegado al cuerpo. El peso de la silla y por tanto la fuerza (permanente) de la silla (debida a la gravedad de la tierra que la atrae hacia su centro) es la misma en los dos casos. Pero su efecto sobre la estructura, que en este caso es nuestro cuerpo, es muy diferente.

Lo que acabas de experimentar se denomina en cálculo de estructuras: momento de una fuerza, y es la magnitud física que se utiliza para calcular el efecto de una fuerza teniendo en cuenta el lugar donde se está aplicando.



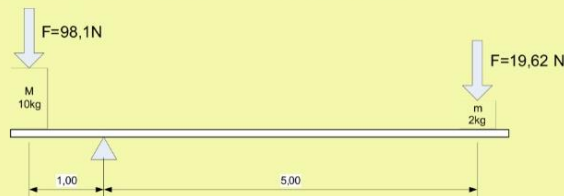
Ejemplo e imagen en: [tecnologías](#), [textos](#) [Marisa Verde](#). Licencia [CC-BY-NC-SA](#).



El momento de una fuerza respecto a un punto o respecto a un eje es una medida de la tendencia de la fuerza a hacer girar el cuerpo alrededor del punto o del eje.

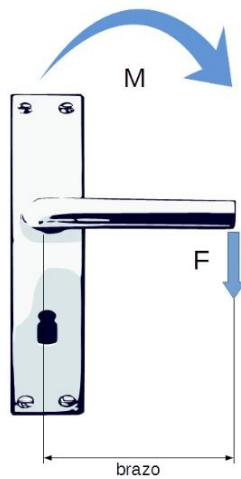


La forma más sencilla de aplicar a nuestro favor la característica del momento de las fuerzas es mediante una palanca. En el ejemplo de la imagen puedes comprobar como una masa de 2kg puede estar en equilibrio con otra de 10k. ¿Cómo?

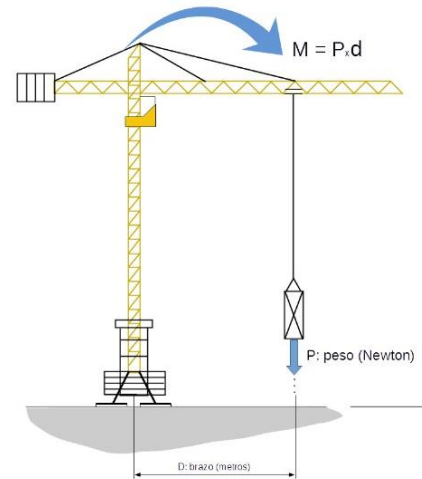


Mostrar retroalimentación

Ejemplos de aplicación de los momentos.



Cuando giramos la manilla de una puerta estamos aplicando un momento: una fuerza F aplicada en el extremo de la manilla que la hace girar.



Una grúa-torre sirve para elevar cargas y transportarlas a otros lugares dentro de su radio de alcance y su altura. Podrá elevar mayores cargas cuanto más cerca de la torre se encuentren. Por el contrario, cuánto más lejos de la torre, las cargas que puede elevar son menores, ya que al multiplicarlas por la distancia nos da momentos muy elevados. En las propias grúas existen carteles que nos indican las distancias, y los momentos admisibles.

4.- Esfuerzos

Hemos hablado de acciones (cargas o solicitaciones), y de reacciones. Pero este sistema de fuerzas es una simplificación de lo que realmente ocurre en los cuerpos y en las estructuras. Cuando una fuerza (o un momento) actúa sobre un elemento de un cuerpo o de una estructura, se ven afectadas en mayor o menor medida todas las partículas del mismo. A estas partículas llega el resultado de esa acción que intenta deshacer el equilibrio que existía antes de que esta fuerza existiese. Las partículas para mantener el equilibrio, para mantener su unión y la propia cohesión del cuerpo, reaccionarán con un conjunto de **fuerzas internas** que intentan mantener unido el cuerpo. Estas fuerzas internas son los **esfuerzos o tensiones**. Dependiendo de cómo sean las fuerzas de acción, y de las características del propio elemento tendremos varios tipos.



Los esfuerzos son el conjunto de fuerzas internas a las que está sometido un cuerpo a consecuencia de las solicitaciones o acciones que actúan sobre él. Estas fuerzas internas son el resultado de la interacción de unas partículas del cuerpo sobre las otras.

Tenemos esfuerzos de **tracción**, **compresión**, **flexión**, **torsión**, **cizalla** y **pandeo**. Los elementos de las estructuras están pensados para resistir adecuadamente estos esfuerzos, es decir: para trabajar a tracción, compresión, flexión, torsión, cizalla y pandeo.

Observa en la imagen cómo actúan los distintos esfuerzos:

4.1.- Tracción.



Un elemento trabaja a tracción, o está sometido a un esfuerzo de tracción cuando fuerzas con la misma dirección y de sentidos contrarios tienden a estirarlo.

Ejemplos de elementos a tracción son los cables, cuerdas y lonas tensadas.



Anzac Bridge, Sydney. De Adam.J.W.C. en Wikimedia Commons. Licencia CC-BY-SA.



Tensile structure. De Mark Kirohner en flickr. Licencia CC-BY-NC-SA.



Big Brutus, West Mineral, Kansas. De courtney johnston en flickr. Licencia CC-BY-NC-SA.



Riverside Stadium, 2010. De Chemical Engineer en Wikimedia Commons. Licencia dominio público.

4.2.- Compresión.



Se produce compresión cuando sobre el elemento actúan fuerzas de la misma dirección y sentido contrario que intentan a contraerlo.

Trabajan fundamentalmente a compresión los soportes o pilares, las patas de los muebles, los cimientos,...



Bajo el Puente de Rande. De Contando Estrellas en flickr. Licencia CC BY-SA.

4.3.- Flexión.

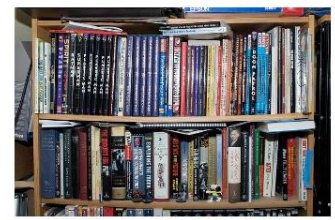


Es el esfuerzo resultante de aplicar fuerzas perpendicularmente al eje principal del elemento que tienden a doblarlo. La flexión produce compresión en la parte cóncava del elemento y tracción en la opuesta, la convexa.

Funcionan fundamentalmente a flexión las vigas, las baldas de una estantería,...



Hunslet Viaduct under construction. De Richard Kay en geograph. Licencia CC BY-SA.



Top Shelf. De Andy Ilnatko en flickr. Licencia CC BY-NC-ND.

4.4.- Torsión.



Las fuerzas que actúan sobre un objeto sometido a torsión tratan de retorcerlo, de girarlo en dos direcciones contrarias.

Son ejemplos de torsión los ejes, las herramientas de apriete,...



Universal joints shaft. De Panoha en Wikimedia Commons. Licencia CC-BY-SA.



Intentionally twisted (by 90°) steel (equal angle steel) showing permanent deformation. De Sunapeanzler en Wikimedia Commons. Licencia CC-BY-SA.



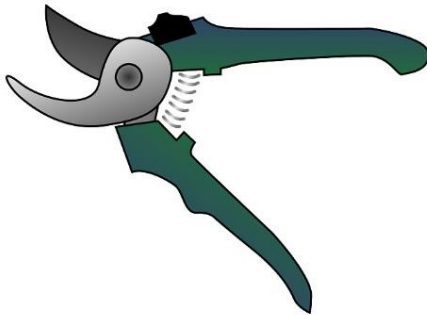
Elementos estructurales sometidos a torsión. De Luis Bañón Blázquez en "ELU de torsión" del open course ware "Estructuras de hormigón armado y pretensado (2011)", Universidad de Alicante. Licencia CC-BY-NC-SA.

4.5.- Cizalla, corte o cortadura.

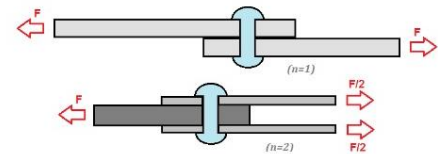


Es un esfuerzo que provocan fuerzas perpendiculares al eje longitudinal del elemento; aplicadas en sentidos contrarios casi en la misma vertical que tienden a cortarlo.

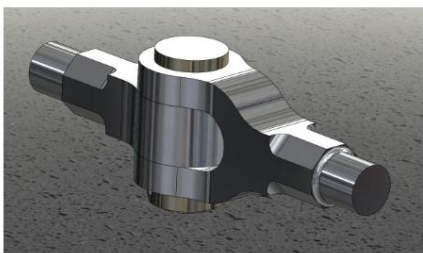
Como ejemplos de cizalla tenemos las tijeras y la cizalla o cuchilla de corte.



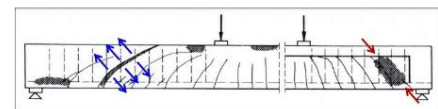
Tijeras. En porabay. Licencia dominio público.



Fallo roblesiones. De Victor456 en Wikimedia Commons. Licencia CC-BY-SA.



Knuckle joint. De Sachin ghode en Wikimedia Commons. Licencia CC-BY-SA.



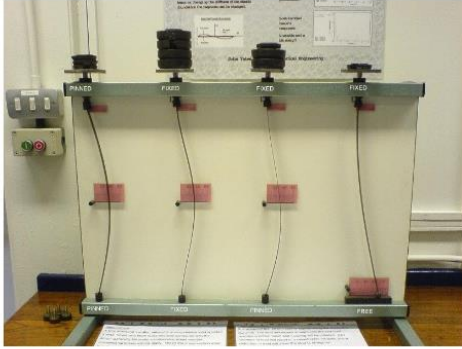
Acción del esfuerzo cortante en una viga. De Luis Bañón Blázquez en "Esfuerzo Cortante" del open course ware "Estructuras de hormigón armado y pretensado (2011)", Universidad de Alicante. Licencia CC-BY-NC-SA.

4.6.- Pandeo.

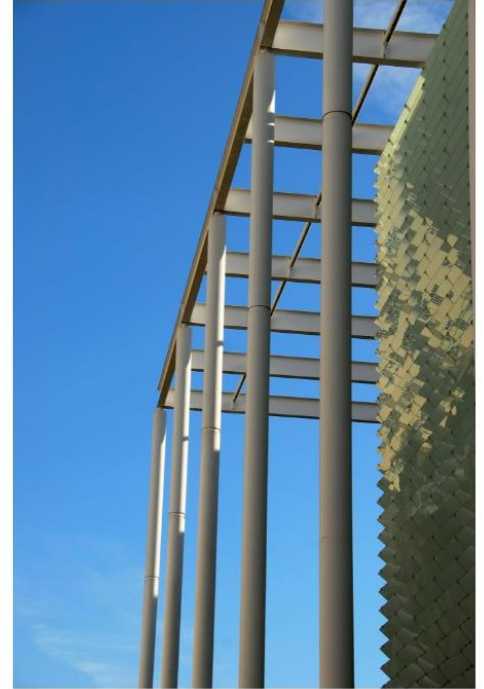


Es un tipo particular de esfuerzo relacionado con la compresión en elementos muy largos en relación con su sección transversal. Al deformarse la estructura su centro de gravedad se aleja del eje central, aumentando el momento de la fuerza y disminuyendo su resistencia.

Son ejemplos de elementos sometidos a pandeo los pilares metálicos, los barrotes,...



A demonstration model illustrating the different "Euler" buckling modes. De Grahams Child en Wikipedia. Licencia CC-BY-SA.



Imperial College Colonnade. De Rob Deutscher en flickr. Licencia CC-BY.

4.7.- Fatiga.

En ingeniería y, en especial, en ciencia de los materiales, la **fatiga de materiales** se refiere a un fenómeno por el cual la rotura de los materiales bajo cargas dinámicas cíclicas se produce más fácilmente que con cargas estáticas. Aunque es un fenómeno que, sin definición formal, era reconocido desde la antigüedad, este comportamiento no fue de interés real hasta la **revolución industrial**, cuando a mediados del siglo XIX se comenzaron a producir las fuerzas necesarias para provocar la rotura de los materiales con cargas dinámicas muy inferiores a las necesarias en el caso estático y a desarrollar métodos de cálculo para el diseño de piezas confiables. Este no es el caso de materiales de aparición reciente, para los que es necesaria la fabricación y el ensayo de prototipos.

1. Denominado **ciclo de carga repetida**, los máximos y mínimos son asimétricos con respecto al nivel cero de carga.
2. Aleatorio: el nivel de tensión puede variar al azar en amplitud y frecuencia.

