

# **CBS**

## **Colegio Bautista Shalom**



### **Física II**

### **Cuarto BACO PFS**

### **Cuarto Bimestre**

## Contenidos

### CALOR Y TEMPERATURA

### ESTADOS DE LA MATERIA

### ENERGÍA, TRABAJO Y POTENCIA

- ✓ ENERGÍA.
- ✓ TRABAJO (W).
- ✓ LA POTENCIA.

### FLUIDOS

- ✓ PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS.
- ✓ TENSIÓN SUPERFICIAL.

### PRESIÓN ATMOSFÉRICA

### PRESIÓN HIDROSTÁTICA

- ✓ PROPIEDADES DE LA PRESIÓN EN UN MEDIO FLUIDO.
- ✓ LA PARADOJA HIDROSTÁTICA.
- ✓ PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES.
- ✓ CUERPOS SUMERGIDOS.
- ✓ PRINCIPIO DE PASCAL.
- ✓ LA PRENSA HIDRÁULICA.
- ✓ TEOREMA DE BERNOULLI.

## INFORMACIÓN (INCLUÍDA EN ESTE DOCUMENTO EDUCATIVO) TOMADA DE:

### Sitios web:

1. <http://fisicayquimicaenflash.es/eso/3eso/atomosymoleculas/molecula03.html>
2. <http://fisicayquimicaenflash.es/eso/3eso/atomosymoleculas/disoluciones01.html>
3. [http://newton.cnice.mec.es/materiales\\_didacticos/trabajo/aulatrabajo.pdf](http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/trabajo/aulatrabajo.pdf)
4. [https://www.ecured.cu/Trabajo\\_\(F%C3%ADsica\)](https://www.ecured.cu/Trabajo_(F%C3%ADsica))
5. <http://cazandococerellos.blogspot.com/2015/05/recursos-fisica-4-eso.html>
6. <https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/Energ.htm>
7. <https://concepto.de/trabajo-en-fisica/>
8. <https://pt.slideshare.net/ManuelitoLaMiEl/trabajo-mecnico-23957665>
9. <http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esofisicaquimica/4quincena6/impresos/quincena6.pdf>
10. [http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales\\_didacticos/trabajo/indice\\_trapoenedinewton.htm](http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales_didacticos/trabajo/indice_trapoenedinewton.htm)

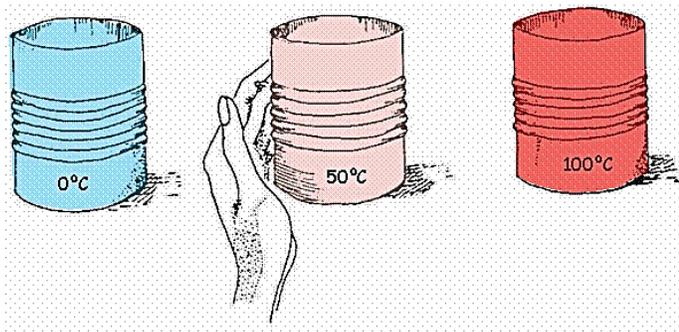
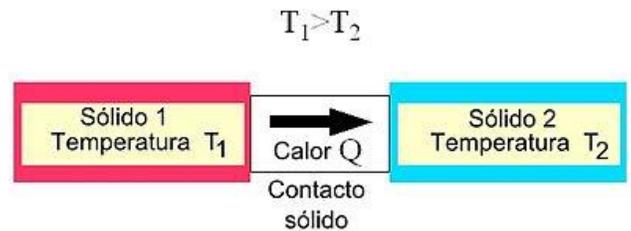
**NOTAS:** conforme avances en tu aprendizaje tu catedrático(a) te indicará la actividad o ejercicio a realizar. Sigue sus instrucciones.

## CALOR Y TEMPERATURA

El calor es la energía que tiene un objeto debida al movimiento de sus átomos y moléculas que están constantemente vibrando, moviéndose y chocando unas con otras. Cuando añadimos energía a un objeto, sus átomos y moléculas se mueven más deprisa, incrementando su energía de movimiento o calor. Incluso los objetos más fríos poseen algo de calor porque sus átomos se están moviendo.

En física, el **calor** se define como energía en tránsito entre dos cuerpos a distinta temperatura.

El cuerpo a mayor temperatura se enfría, y el otro se calienta, hasta que ambos alcanzan una temperatura final igual, de equilibrio térmico. Generalmente, el calor es una forma de energía asociada al movimiento de los átomos, moléculas y otras partículas que forman la materia.



El calor puede ser creado por reacciones químicas (como en la combustión), nucleares (como en la fusión en el interior del Sol), disipación electromagnética (como en los hornos de microondas) o por disipación mecánica (fricción). Su concepto está ligado al Principio Cero de la Termodinámica, según el que dos cuerpos en contacto intercambian energía hasta que su temperatura se equilibra.

El calor puede ser transferido entre objetos por diferentes mecanismos, entre ellos radiación, conducción y convección. El calor en si no es una forma

de energía. Los cuerpos no tienen calor (el calor no es una función de estado), sino energía interna. El calor es la transferencia de parte de dicha energía interna (energía térmica) de un sistema a otro, con la condición de que estén a diferente temperatura. Hasta el siglo XIX se explicaba que el efecto del calor en la variación de la temperatura por medio de un fluido invisible llamado calórico que se producía cuando algo se quemaba yb que podía pasar de un cuerpo a otro. La teoría del calórico afirmaba que una sustancia con mayor temperatura que otra poseía mayor cantidad de calórico.

El Conde Rumford y James Prescott Joule establecieron que el trabajo podía convertirse en calor o en un incremento de la energía térmica determinando que simplemente era un cambio en la forma de la energía. Tradicionalmente la cantidad de energía térmica intercambiada se mide en calorías, que es la cantidad de energía que hay que suministrar a un gramo de agua para elevar su temperatura un grado centígrado. El múltiplo más utilizado es la kilocaloría (kcal):  $1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal}$

De aquí se desprende el concepto de calor específico de una sustancia, que se define como la energía necesaria para elevar la temperatura de un mol de dicha sustancia un grado centígrado.

Joule estableció el equivalente mecánico del calor:  $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ joule}$

El joule (J) es la unidad de energía en el Sistema Internacional de Unidades.

**Concepto de la temperatura:** Los átomos y moléculas en una sustancia no siempre se mueven a la misma velocidad. Esto significa que hay un rango de energía (energía de movimiento) en las moléculas. En un gas, por ejemplo, las moléculas se mueven en direcciones aleatorias y a diferentes velocidades, algunas se mueven rápido y otras más lentamente. La temperatura es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia. Como lo que medimos en sus movimientos medio, la temperatura no depende del número de partículas en un objeto y por lo tanto no depende de su tamaño. Por ejemplo, la temperatura de un cazo de agua hirviendo es la misma que la temperatura de una olla de agua hirviendo, a pesar de que la olla sea mucho más grande y tenga millones y millones de moléculas de agua más que el cazo. Nosotros experimentamos la temperatura todos los días. Cuando hace calor o cuando tenemos fiebre sentimos calor y cuando está nevando sentimos frío. Cuando estamos hirviendo agua, hacemos que la temperatura aumente y cuando estamos haciendo polos o paletas de helado esperamos que la temperatura baje.

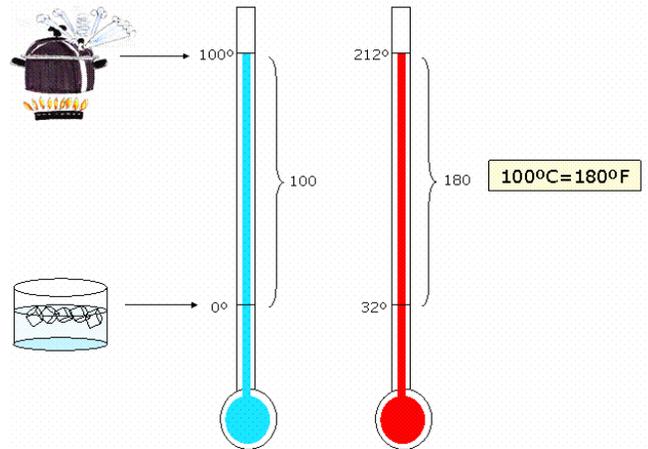
La temperatura es una medida de la energía media de las moléculas en una sustancia y no depende del tamaño o tipo del objeto.

La temperatura es un parámetro termodinámico del estado de un sistema que caracteriza el calor, o transferencia de energía.

Para medir la temperatura se utiliza el termómetro.

Multitud de propiedades fisicoquímicas de los materiales o las sustancias varían en función de la temperatura a la que se encuentren, como por ejemplo su estado (gaseoso, líquido, sólido, plasma...), la densidad, la solubilidad, la presión de vapor o la conductividad eléctrica. Así mismo es uno de los factores que influyen en la velocidad a la que tienen lugar las reacciones químicas. En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad de temperatura es el kelvin. Sin embargo, está muy generalizado el uso de otras escalas de temperatura, concretamente la escala Celsius (o centígrada), y, en los países anglosajones, la escala Fahrenheit. Una diferencia de temperatura de un kelvin equivale a una diferencia de un grado centígrado.

**Escalas Termométricas:** En todo cuerpo material la variación de la temperatura va acompañada de la correspondiente variación de otras propiedades medibles, de modo que a cada valor de aquélla le corresponde un solo valor de ésta. Tal es el caso de la longitud de una varilla metálica, de la resistencia eléctrica de un metal, de la presión de un gas, del volumen de un líquido... Estas magnitudes cuya variación está ligada a la de la temperatura se denominan propiedades termométricas, porque pueden ser empleadas en la construcción de termómetros. Para definir una escala de temperaturas es necesario elegir una propiedad termométrica que reúna las siguientes condiciones:



1. La expresión matemática de la relación entre la propiedad y la temperatura debe ser conocida.
2. La propiedad termométrica debe ser lo bastante sensible a las variaciones de temperatura como para poder detectar, con una precisión aceptable, pequeños cambios térmicos.
3. El rango de temperatura accesible debe ser suficientemente grande.

**Escala Celsius:** Una vez que la propiedad termométrica ha sido elegida, la elaboración de una escala termométrica o de temperaturas lleva consigo, al menos, dos operaciones; por una parte, la determinación de los puntos fijos o temperaturas de referencia que permanecen constantes en la naturaleza y, por otra, la división del intervalo de temperaturas correspondiente a tales puntos fijos en unidades o grados. El científico sueco Anders Celsius (1701-1744) construyó por primera vez la escala termométrica que lleva su nombre. Eligió puntos fijos el de fusión del hielo y el de ebullición del agua, tras advertir que las temperaturas a las que se verificaban tales cambios de estado eran constantes a la presión atmosférica. Asignó al primero el valor 0 y al segundo el valor 100, con lo cual fijó el valor del grado centígrado o grado Celsius (°C) como la centésima parte del intervalo de temperatura comprendido entre esos dos puntos fijos.

**Escala Fahrenheit:** En los países anglosajones se pueden encontrar aún termómetros graduados en grado Fahrenheit (°F). La escala Fahrenheit difiere de la Celsius tanto en los valores asignados a los puntos fijos, como en el tamaño de los grados. Así al primer punto fijo se le atribuye el valor 32 y al segundo el valor 212. Para pasar de una a otra escala es preciso emplear la ecuación:  $t(^{\circ}\text{F}) = 1.8 \cdot t(^{\circ}\text{C}) + 32$

Donde  $t(^{\circ}\text{F})$  representa la temperatura expresada en grados Fahrenheit y  $t(^{\circ}\text{C})$  la expresada en grados Celsius o centígrados.

**Escala Kelvin:** La escala de temperaturas adoptada por el SI es la llamada escala absoluta o Kelvin. En ella el tamaño de los grados es el mismo que en la Celsius, pero el cero de la escala se fija en el  $-273,16^{\circ}\text{C}$ . Este punto llamado cero absoluto de temperaturas es tal que a dicha temperatura desaparece la agitación molecular, por lo que, según el significado que la teoría cinética atribuye a la magnitud temperatura, no tiene sentido hablar de valores inferiores a él. El cero absoluto constituye un límite inferior natural de temperaturas, lo que hace que en la escala Kelvin no existan temperaturas bajo cero (negativas). La relación con la escala centígrada viene dada por la ecuación:  $T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273.16$

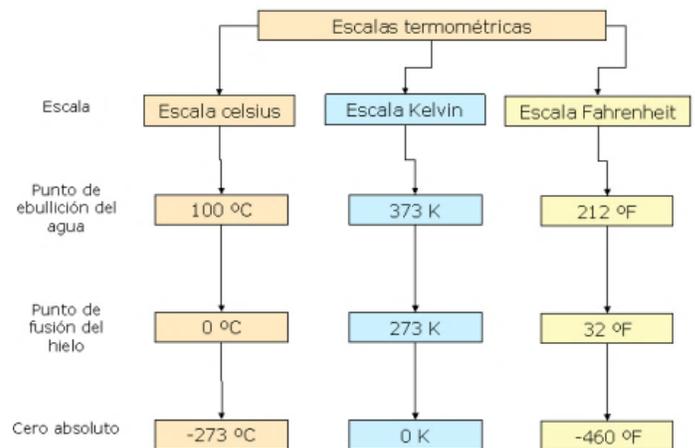
Siendo T(K) la temperatura expresada en grados Kelvin o simplemente en Kelvin.

**Escala Reaumur:** Hacia 1730, René-Antoine Ferchault de Reaumur (1683-1757) estudió la dilatación del termómetro de alcohol entre el hielo fundente y el agua hirviendo y descubrió que un volumen de alcohol de 1000 partes pasaba a 1080, por lo que, tomando como fijos estos dos puntos, dividió su escala en 80 partes. Es la escala Reaumur.

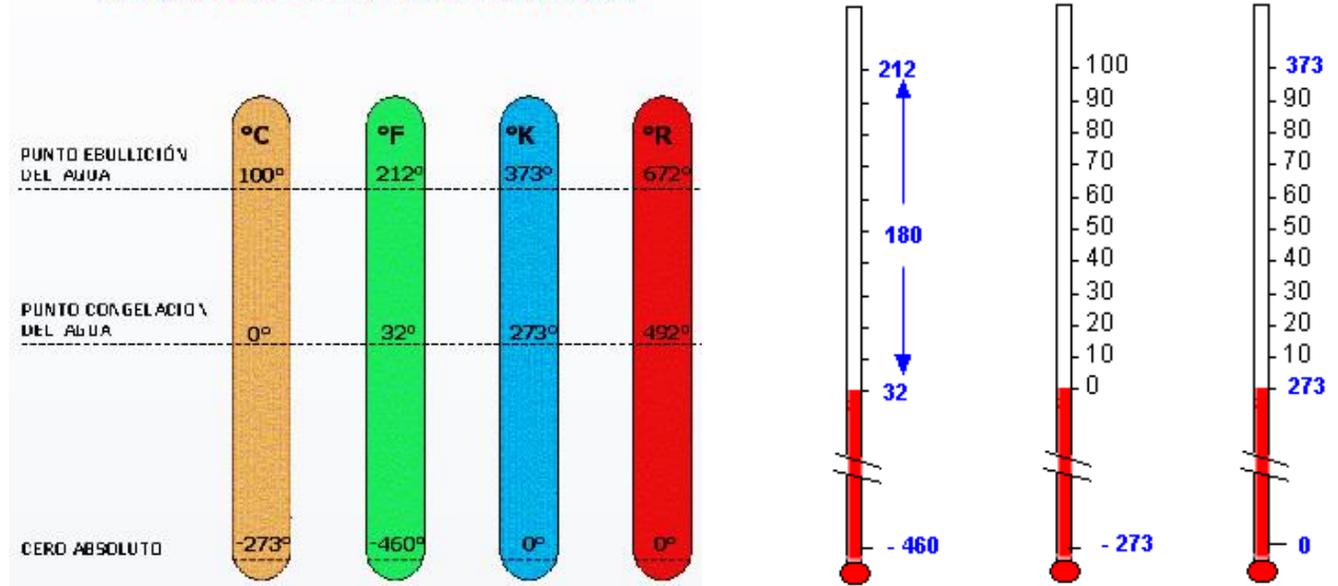
**Escala Rankine:** Otra escala que emplea el cero absoluto como punto más bajo. En esta escala cada grado de temperatura equivale a un grado en la escala Fahrenheit. En la escala Rankine, el punto de congelación del agua equivale a 492 °R, y su punto de ebullición a 672 °R.

**Cuadro comparativo entre las diferentes escalas:**

Escala	Cero Absoluto	Punto de congelación	Punto de ebullición
Kelvin	0 K	273.2 K	373.2 K
Rankine	0°R	491.7°R	671.7°R
Reaumur	-218.5°Re	0°Re	80.0°Re
Centígrados	-273.2°C	0°C	100.0°C
Fahrenheit	-459.7°F	32°F	212.0°F



## ESCALAS DE TEMPERATURA

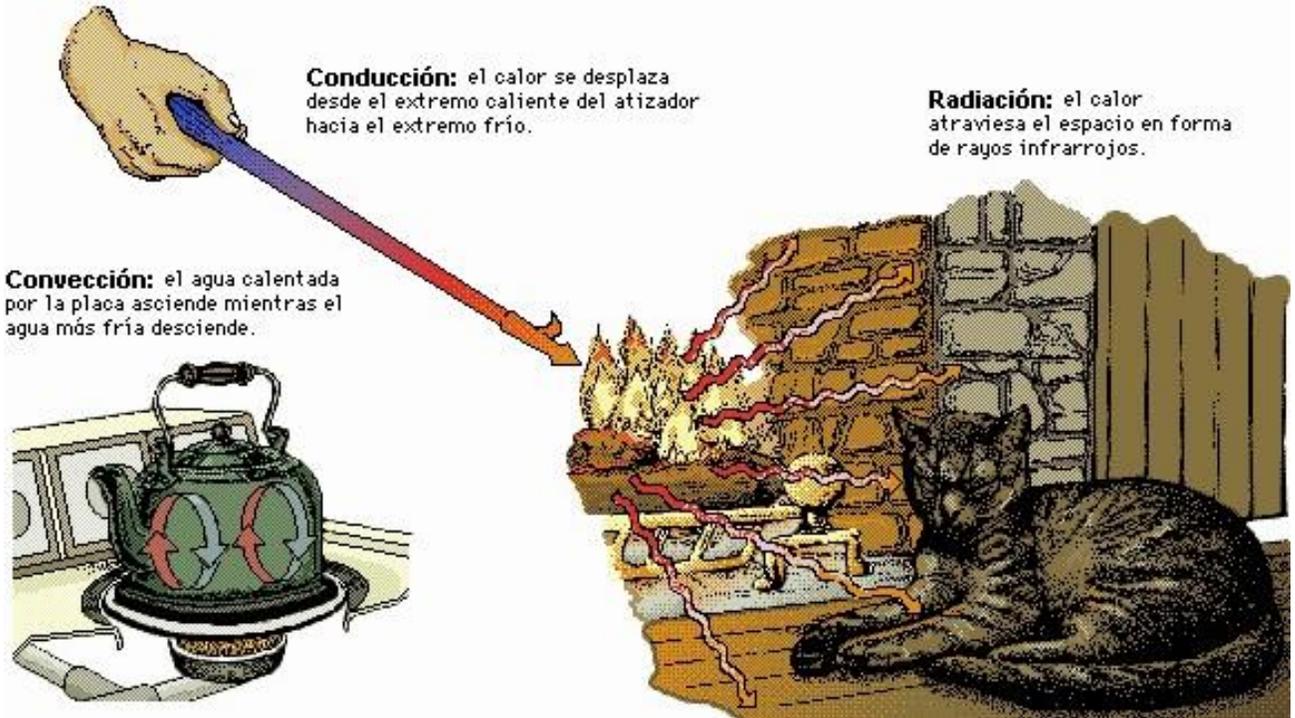


**Propagación de calor y clases:** El calor se puede transmitir por el medio de tres formas distintas:

**1. Conducción:** Es la transmisión del calor por contacto molecular. La propagación tiene lugar cuando se ponen en contacto dos cuerpos que están a diferentes temperaturas o dos puntos de un mismo objeto a distintas temperaturas. Las moléculas que reciben directamente el calor aumentan su vibración y chocan con las que rodean; estas a su vez hacen lo mismo con sus vecinas hasta que todas las moléculas del cuerpo se agitan. Por esta razón, si el extremo de una varilla metálica se calienta con una flama, transcurre cierto tiempo para el calor llegue a otro extremo. El calor no se transmite con la misma facilidad en todos los cuerpos. Existen buenos y malos conductores. La conductibilidad es bastante menor en los líquidos que en los sólidos y aún menor en los gases.

**2. Convección:** El calor se transporta con la masa misma. Es la forma en que se transmite el calor en los fluidos, es decir, en los líquidos y en los gases. Como el calor hace disminuir la densidad, las masas de aire o agua calientes ascienden y las frías descienden.

**3. Radiación:** La transferencia de calor por radiación se hace por medio de ondas electromagnéticas que pueden propagarse igual en un medio material que en la ausencia de este. Los cuerpos oscuros absorben la mayor parte de la radiación que reciben, en cambio los más claros reflejan más radiación de la que absorben.



**Efectos del calor:** El calor que se comunica a un cuerpo además de aumentar su energía interna produce tres tipos de efectos físicos:

1. Variación de la temperatura.
2. Dilatación o contracción y
3. Cambio de estado.

**1. Variación de la temperatura:** El efecto más inmediato del intercambio de calor entre dos cuerpos es la variación de la temperatura.

Si un cuerpo recibe energía en forma de calor aumenta su temperatura. El aporte de calor se considera positivo.

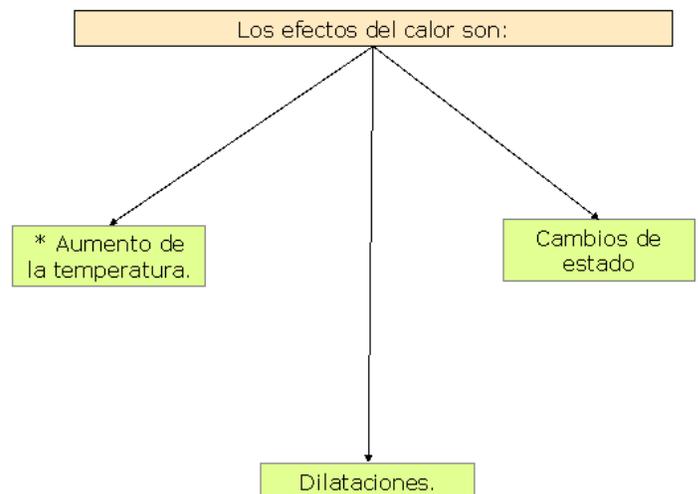
Si un cuerpo pierde energía en forma de calor, disminuye su temperatura. La pérdida de calor se considera negativa.

Si calentamos de igual forma dos sustancias diferentes (la misma cantidad de agua y aceite por ejemplo), comprobamos que el aceite alcanza primero mayores temperaturas. Esta propiedad es la capacidad calorífica o calor específico de un cuerpo y mide su facilidad para enfriarse o calentarse.

La capacidad calorífica es la cantidad de energía en forma de calor que debemos aportar a una sustancia para aumentar en un grado la temperatura de un kilogramo de su masa.

La cantidad de energía transferida en forma de calor ( $Q$ ) por un cuerpo es directamente proporcional a la masa ( $m$ ), a su calor específico ( $C_e$ ) y a la variación de temperatura ( $T_f - T_i$ ) que experimenta:

$$Q = m.C_e.(T_f - T_i)$$



La  $C_e$  es constante para cada sustancia y se expresa en el SI en  $\text{Joule/kg} \cdot \text{K}$ ; la masa se expresa en kg; la temperatura en grados Kelvin (K).

**2. Dilatación y contracción:** Tanto los sólidos como los líquidos y los gases se dilatan y se contraen.

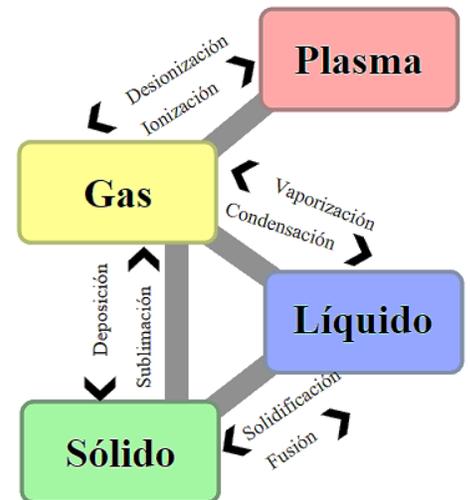
- ✓ La dilatación es el aumento de volumen que experimentan los cuerpos al aumentar su temperatura.
- ✓ La contracción es la disminución de volumen que experimentan los cuerpos al disminuir su temperatura.

El agua es una sustancia especial, pues al contrario que la mayoría de las sustancias aumenta su volumen (se dilata) cuando se enfría por debajo de los  $4^\circ\text{C}$ .

**3. Cambio de estado:** En física y química se denomina cambio de estado a la evolución de la materia entre varios estados de agregación sin que ocurra un cambio en su composición. Los tres estados más estudiados y comunes en la Tierra son el sólido, el líquido y el gaseoso; no obstante, el estado de agregación más común en el Universo es el plasma, material del que están compuestas las estrellas.

A continuación, se describen los diferentes cambios de estado o transformaciones de fase de la materia:

- **Fusión:** Es el paso de un sólido al estado líquido por medio del calor. El "punto de fusión" es la temperatura a la cual el sólido se funde. Un ejemplo podría ser un hielo derritiéndose, pues pasa de estado sólido al líquido.
- **Solidificación:** Es el paso de un líquido a sólido por medio del enfriamiento. El "punto de solidificación" o de congelación es la temperatura a la cual el líquido se solidifica y permanece constante durante el cambio.
- **Vaporización y ebullición:** Son los procesos físicos en los que un líquido pasa a estado gaseoso.
- **Condensación:** Se denomina condensación al cambio de estado de la materia que se pasa de forma gaseosa a forma líquida. Es el proceso inverso a la vaporización. Si se produce un paso de estado gaseoso a estado sólido de manera directa, el proceso es llamado sublimación inversa. Si se produce un paso del estado líquido a sólido se denomina solidificación.
- **Sublimación:** Es el proceso que consiste en el cambio de estado de la materia sólida al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido. Al proceso inverso se le denomina **sublimación inversa**; es decir, el paso directo del estado gaseoso al estado sólido. Un ejemplo clásico de sustancia capaz de sublimarse es el hielo seco.
- **Desionización:** Es el cambio de un plasma a gas.
- **Ionización:** Es el cambio de un gas a un plasma.



**Fusión y solidificación:** Cuando se le comunica calor a un sólido, su temperatura aumenta progresivamente y al alcanzar un determinado valor se produce la transición o cambio de fase del estado sólido al líquido que denominamos fusión. Si las condiciones de presión exterior se mantienen constantes, el cambio de fase se verifica a una temperatura fija o punto de transición entre ambos estados, que se mantiene constante hasta que el sólido se ha fundido totalmente.

El calor que debe suministrarse a la unidad de masa de un sólido para convertirlo en líquido a la temperatura de fusión se denomina calor de fusión  $l_f$ . En el agua  $l_f$  vale  $80 \text{ cal/g}$  o su equivalente en unidades S.I.:  $3.34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ .

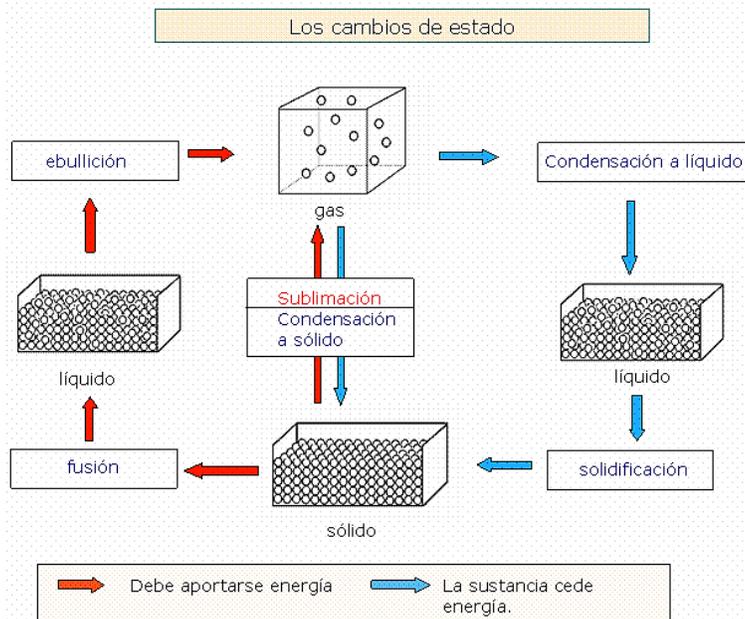
A nivel molecular la fusión se produce como consecuencia del derrumbamiento de la estructura cristalina. El incremento de temperatura da lugar a un aumento en la amplitud de las vibraciones de las partículas en la red, que termina por romper los enlaces y producir la fusión. Una vez que se alcanza la energía de vibración correspondiente a la temperatura de fusión, el calor recibido se emplea en romper nuevos enlaces, de ahí que se mantenga constante la temperatura durante el proceso.

La solidificación es la transición de líquido a sólido que se produce de forma inversa a la fusión, con cesión de calor. Cualquiera que sea la sustancia considerada el punto o temperatura de transición entre dos estados o fases

de la materia es el mismo independientemente del sentido de la transformación. La disminución progresiva de la temperatura del líquido hace que en las proximidades del punto de solidificación las fuerzas de enlace vayan imponiendo progresivamente su orden característico.

**Vaporización y condensación:** Constituyen dos procesos inversos de cambio de estado. La vaporización es el paso de una sustancia de la fase líquida a la fase de vapor o fase gaseosa. La condensación es la transición de sentido contrario. Cuando la vaporización se efectúa en el aire recibe el nombre de evaporación. La evaporación afecta principalmente a las moléculas de la superficie del líquido.

Cada molécula de la superficie está rodeada por un menor número de sus compañeras; ello hace que puedan vencer con más facilidad las fuerzas atractivas del resto del líquido e incorporarse al aire como vapor. De ahí que cuanto mayor sea la superficie libre del líquido tanto más rápida será su evaporación.



El aumento de temperatura activa este proceso. Para cada valor de la presión exterior existe una temperatura para la cual la vaporización se vuelve violenta, afectando a todo el líquido y no sólo a su superficie. Esta forma tumultuosa de vaporización se denomina ebullición. El punto de ebullición de un líquido depende de las condiciones de presión exterior, siendo tanto más elevado cuanto mayor sea ésta.

La condensación como transición de vapor a líquido se lleva a efecto invirtiendo las condiciones que favorecen la vaporización. Así, mientras que la disminución de la presión exterior facilita la vaporización, la compresión del vapor formado facilita la condensación; el aumento de temperatura de un líquido provoca su vaporización e, inversamente, el enfriamiento del vapor favorece su condensación.

En términos moleculares, tanto el aumento de presión como la disminución de la temperatura del

vapor reducen la distancia media de las moléculas y hacen posible su unión.

**Sublimación:** Aunque es un fenómeno poco frecuente a la temperatura y presión ordinaria, algunas sustancias como el yodo o el alcanfor pueden transformarse directamente de sólido a vapor sin necesidad de pasar por la fase intermedia de líquido. A tal fenómeno se le denomina sublimación.

La transición o cambio de estado de sentido inverso se denomina de igual manera, por ello a veces se distinguen ambas llamando a la primera sublimación progresiva y a la segunda sublimación regresiva. En principio, cualquier sustancia pura puede sublimarse, pero debido a las condiciones de bajas presiones y temperaturas a las que es posible esta transición, el fenómeno sólo es reproducible, para la mayor parte de las sustancias, en el laboratorio.

## ENERGÍA, TRABAJO Y POTENCIA

### ENERGÍA

La energía se define como la capacidad de realizar trabajo, de producir movimiento, de generar cambio. Es inherente a todos los sistemas físicos, y la vida en todas sus formas, se basa en la conversión, uso, almacenamiento y transferencia de energía. Puede presentarse como energía potencial (energía almacenada) o como energía cinética (energía en acción), siendo estas dos formas interconvertibles, es decir, la energía potencial liberada se convierte en energía cinética; y, ésta cuando se acumula, se transforma en energía potencial.

La energía no puede ser creada ni destruida, sólo transformada de una forma en otra (Primera Ley de la Termodinámica). Según su origen puede ser:

- ✓ Energía química: es la contenida en los compuestos químicos y que a través de distintos procesos, susceptible de ser liberada.

- ✓ Energía nuclear: contenida en los núcleos atómicos y liberada a través de los procesos de fisión y fusión nuclear. Es también llamada energía atómica.
- ✓ Energía eléctrica: es la que se manifiesta como resultado del flujo de electrones a lo largo de un conductor.
- ✓ Energía mecánica: es la producida por la materia en movimiento.
- ✓ Energía radiante: está contenida en los distintos tipos de radiación electromagnética.

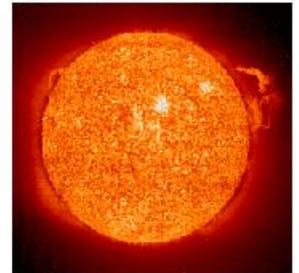
Estas formas son interconvertibles, y son ejemplo de ello la conversión de:

- ✓ Energía nuclear en energía eléctrica, producida en las centrales nucleares.
- ✓ Energía química en energía mecánica, producida en motores de combustión.
- ✓ Energía eléctrica en energía radiante (luz y calor), producida en las lámparas.

Todos habitualmente utilizamos palabras como trabajo, potencia o energía.

En esta unidad precisaremos su significado en el contexto de la física: valoraremos la necesidad de tal precisión para abordar muchos hechos cotidianos, investigar nuevas aplicaciones, comprobaremos que el cálculo de un trabajo (W), de una potencia (P) desarrollada por una máquina o el control de la energía (E) consumida o almacenada resultan muy útiles para el mantenimiento y desarrollo de la sociedad en que vivimos.

- El Sol es una fuente inagotable de energía. Sin él, no podría existir la vida en la Tierra.
- El origen de parte de la energía eléctrica que consumimos está contenido en la energía almacenada en los embalses.
- El montacargas de gran potencia necesita energía (combustible) para seguir trabajando.



La **energía** es la capacidad que tienen los cuerpos para producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos.

La energía **no es la causa** de los cambios.

Las causas de los cambios son las interacciones y, su consecuencia, las **transferencias de energía**.

## LA ENERGÍA CINÉTICA

La energía cinética es la energía que tienen los cuerpos por el hecho de estar en movimiento. Su valor depende de la masa del cuerpo (m) y de su velocidad (v).

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

La energía cinética se mide en julios (J), la masa en kilogramos (kg) y la velocidad en metros por segundo (m/s).

La energía cinética del viento es utilizada para mover el rotor hélice de un aerogenerador y convertir esa energía en energía eléctrica mediante una serie de procesos. Es el fundamento de la cada vez más empleada **energía eólica**.



## UNIDADES DE ENERGÍA

En el Sistema Internacional (S. I.) la energía se mide en **julios (J)**. 1 J es, aproximadamente, la energía que hay que emplear para elevar 1 metro un cuerpo de 100 gramos.

- ✓ **Caloría (cal)**: Cantidad de energía necesaria para aumentar 1 °C la temperatura de 1 g de agua. 1 cal = 4,18 J.
- ✓ **Kilovatio-hora (kWh)**: Es la energía desarrollada por la potencia de 1000 vatios durante 1 hora. 1 kWh = 3.600.000 J.
- ✓ **Tonelada equivalente de carbón: (tec)**: Es la energía que se obtiene al quemar 1000 kg de carbón. 1 tec = 29.300.000 J
- ✓ **Tonelada equivalente de petróleo (tep)**: Es la energía que se obtiene al quemar 1000 kg de petróleo. 1 tep = 41900000 J
- ✓ **Kilojulio y kilocaloría (kJ y kcal)**: Son, respectivamente, 1000 J y 1000 cal. Se usan con frecuencia debido a los valores tan pequeños de J y cal.

## ENERGÍA CINÉTICA

La energía cinética es un tipo de **energía mecánica**. La energía mecánica es aquella que está ligada a la posición o al movimiento de los cuerpos. Por ejemplo, es la energía que posee un arco que está tensado o un coche en movimiento o un cuerpo por estar a cierta altura sobre el suelo.



Energía potencial Es la energía que tienen los cuerpos por ocupar una determinada posición. Podemos hablar de energía potencial gravitatoria y de energía potencial elástica. La energía potencial gravitatoria es la energía que tiene un cuerpo por estar situado a una cierta altura sobre la superficie terrestre. Su valor depende de la masa del cuerpo ( $m$ ), de la gravedad ( $g$ ) y de la altura sobre la superficie ( $h$ ).

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

La energía potencial se mide en julios (J), la masa en kilogramos (kg), la aceleración de la gravedad en metros por segundo al cuadrado ( $m/s^2$ ) y la altura en metros (m). Por ejemplo, una piedra al borde de un precipicio tiene energía potencial: si cayera, ejercería una fuerza que produciría una deformación en el suelo.

**La energía potencial elástica** es la energía que tiene un cuerpo que sufre una deformación. Su valor depende de la constante de elasticidad del cuerpo ( $k$ ) y de lo que se ha deformado ( $x$ ).

$$E_e = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

La energía potencial elástica se mide en julios (J), la constante elástica en newtons/metro (N/m) y el alargamiento en metros (m).

Por ejemplo, cuando se estira una goma elástica, almacena energía potencial elástica. En el momento en que se suelta, la goma tiende a recuperar su posición y libera la energía. En esto se basa la forma de actuar de un tirachinas.



## TRABAJO (W)

Entendemos por **trabajar** a cualquier acción que supone un esfuerzo. En Física el concepto de trabajo se aplica exclusivamente a aquellas acciones cuyo efecto inmediato es un movimiento.

### ¿Qué entiende por trabajo la física?

Es el producto de una fuerza aplicada sobre un cuerpo y del desplazamiento del cuerpo en la dirección de esta fuerza. Mientras se realiza trabajo sobre el cuerpo, se produce una transferencia de energía al mismo, por lo que puede decirse que el trabajo es energía en movimiento.



### Definiendo lo que es trabajo...

El trabajo es una magnitud física escalar que se representa con la letra W (del inglés Work) y se expresa en unidades de energía, esto es en julios o joules (J) en el Sistema Internacional de Unidades.

Por lo tanto. El trabajo es igual al producto de la fuerza por la distancia y por el coseno del ángulo que existe entre la dirección de la fuerza y la dirección que recorre el punto o el objeto que se mueve.

Puede calcularse el trabajo que una fuerza realiza a lo largo de una trayectoria curvilínea general. Para ello basta saber que el trabajo que la fuerza realiza en un elemento diferencial **ds** de la trayectoria. Entonces, para obtener el trabajo a lo largo de toda la trayectoria bastará con integrar a lo largo de la misma entre los puntos inicial y final de la curva. Pero hay que tener en cuenta también, que la dirección de la fuerza puede o no coincidir con la dirección sobre la que se está moviendo el cuerpo. En caso de no coincidir, hay que tener en cuenta el ángulo que separa estas dos direcciones.

El concepto de trabajo está ligado muy íntimamente al de energía, Esta ligazón puede verse en el hecho de que, del mismo modo que existen distintas definiciones de energía (para la mecánica, la termodinámica), también existen definiciones distintas de trabajo, aplicables cada una a cada rama de la física. El trabajo es una magnitud de gran importancia para establecer nexos entre las distintas ramas de la física. Cuando se levanta un objeto desde el suelo hasta la superficie de una mesa, por ejemplo, se realiza trabajo al tener que vencer la fuerza de la gravedad, dirigida hacia abajo; la energía comunicada al cuerpo por este trabajo aumenta su energía potencial.

También se realiza trabajo cuando una fuerza aumenta la velocidad de un cuerpo, como ocurre por ejemplo en la aceleración de un avión por el empuje de sus reactores. La fuerza puede no ser mecánica, como ocurre en el levantamiento de un cuerpo o en la aceleración de un avión de reacción; también puede ser una fuerza electrostática, electrodinámica o de tensión superficial.

Por otra parte, si una fuerza constante no produce movimiento, no se realiza trabajo. Por ejemplo, el sostener un libro con el brazo extendido no implica trabajo alguno sobre el libro, independientemente del esfuerzo necesario.

**UNIDAD DE MEDIDA ENTRE SISTEMAS**



SUM	MAG	MASA	TIEMPO	GRAVEDAD	FUERZA	TRABAJO
MKS	mts	Kg	S	9.81	Nt	J
CGS	cm	g		9.81	Dinas	Grgs
PLS	pies	lb		32.2	pounds	Kgf

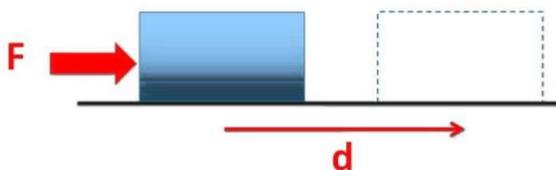
**APRENDE:** Trabajo es la magnitud física que relaciona una fuerza con el desplazamiento que origina.

En el Sistema Internacional de Unidades se mide en Julios (N · m).

Su expresión matemática es:



Si la **fuerza** y el **desplazamiento** tienen la misma dirección y sentido, entonces el ángulo es 0°, luego el desplazamiento queda



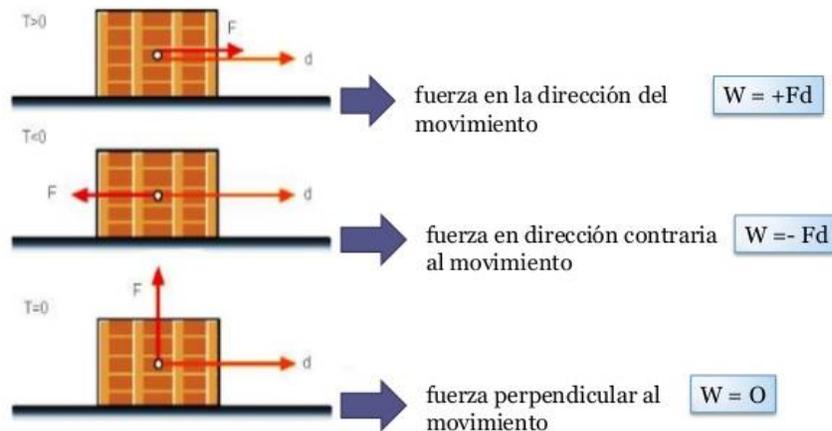
$$W = F \cdot d \cdot \cos 0^\circ$$

$$W = F \cdot d \cdot 1$$

$$W = F \cdot d$$



## CASOS PARTICULARES



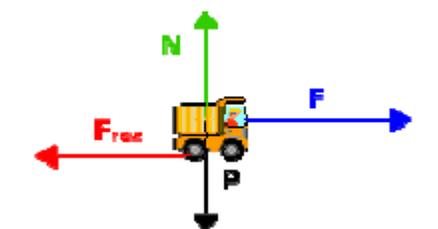
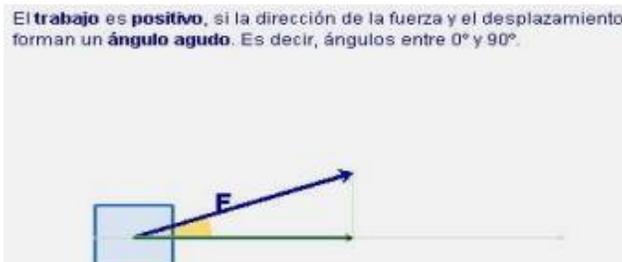
## EL TRABAJO DE LA FUERZA DE ROZAMIENTO

La fuerza de rozamiento es una fuerza que se opone siempre al movimiento. Surge al tratar de desplazar un objeto que se encuentra apoyado sobre otro. Por tanto, siempre formará un ángulo de  $180^\circ$  con el desplazamiento.

$$W_{roz} = F_{roz} \cdot \cos 180^\circ \cdot \Delta x = -F_{roz} \cdot \Delta x$$

El trabajo de la fuerza de rozamiento siempre es negativo.

Por eso el rozamiento hace que el cuerpo "gaste" energía cuando se desplaza.



## Coseno de un ángulo (cos $\alpha$ )

En un triángulo rectángulo (aquél que tiene un ángulo de  $90^\circ$ ) se definen unas razones entre cada dos lados de dicho triángulo. Estas razones se denominan razones trigonométricas y aparecen definidas en la siguiente imagen:

El coseno de un ángulo se define como el cociente entre el cateto contiguo a ese ángulo y la hipotenusa del triángulo.

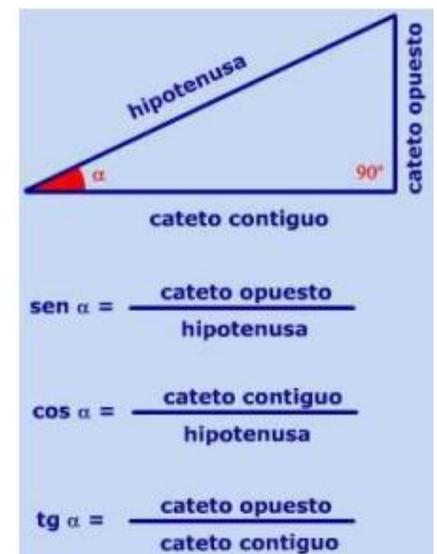
## Demostración matemática del teorema de las fuerzas vivas

Supongamos que un cuerpo está en movimiento con velocidad  $v_1$ , en una superficie horizontal (Este cuerpo poseerá una energía cinética  $E_{c1}$ ) y recibe la acción de una fuerza constante,  $F$ , que le hace adquirir una cierta velocidad  $v_2$  distinta a la inicial.

El trabajo de la fuerza,  $F$ , será:  $W = F \cos \alpha \Delta x$ . Al ser una fuerza horizontal,  $\alpha = 0$ ; por tanto,  $W = F \Delta x$

Aplicando la 2ª Ley de Newton a la fuerza:  $W = ma \Delta x$  Al ser la aceleración constante, pues lo es la fuerza, se aplican las ecuaciones del M.R.U.A. vistas:

$$v_2 = v_1 + a \cdot t; \quad a = (v_2 - v_1) / t$$



$$\Delta x = v_1 \cdot t + 0,5 \cdot a \cdot t^2$$

Sustituyendo a en  $\Delta x$ :

$$\Delta x = v_1 \cdot t + 0,5 \cdot (v_2 - v_1) \cdot t$$

$$\text{Por tanto: } \Delta x = (v_1 + v_2) \cdot t / 2$$

Sustituyendo a y  $\Delta x$  en la expresión del trabajo llegamos a:

$$\begin{aligned} W &= m \cdot a \cdot \Delta x = \\ &= m \cdot (v_2 - v_1) / t \cdot (v_1 + v_2) \cdot t / 2 \end{aligned}$$

Efectuando las operaciones:

$$W = m \cdot (v_2^2 - v_1^2) / 2$$

Que es la expresión matemática del teorema de las fuerzas vivas.

$$W = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_2^2 - v_1^2)$$

### El trabajo modifica la energía cinética

El trabajo es la forma en que los cuerpos intercambian energía cuando existe una fuerza que provoca un desplazamiento. Por ello, si se realiza un trabajo sobre un cuerpo, se modifica su energía mecánica.

La **variación de la energía cinética a consecuencia del trabajo** recibe el nombre de **Teorema de las fuerzas vivas**.

**Teorema de las fuerzas vivas:** La variación de energía cinética que experimenta un cuerpo es igual al trabajo realizado por la fuerza resultante que actúa sobre él.

$$W = \Delta E_c = E_{c2} - E_{c1}$$

El trabajo modifica la energía potencial De la misma forma que el trabajo puede modificar la energía cinética de un cuerpo, también puede modificar su energía potencial. Cuando sobre un cuerpo actúa una fuerza vertical que le hace desplazarse en esa misma dirección con velocidad constante, el **trabajo** desarrollado coincide con la **variación de energía potencial** que experimenta el cuerpo.

$$W = \Delta E_p = E_{p2} - E_{p1}$$

### Demostración matemática:

Si queremos subir un cuerpo desde una altura  $h_1$  hasta otra  $h_2$ , con velocidad constante, debemos ejercer una fuerza  $F$ , igual y de sentido contrario al peso del cuerpo. El trabajo de la fuerza es:  $W = F \cos \alpha \Delta x$ . Como fuerza y subida coinciden en dirección y sentido,  $\alpha = 0^\circ$ ; por tanto,  $W = F \Delta x$  En este caso,  $\Delta x = h_2 - h_1$ ; luego,  $W = F(h_2 - h_1) = mg(h_2 - h_1)$ ; por tanto, tenemos que:

$$W = m \cdot g \cdot (h_2 - h_1) = E_{p2} - E_{p1}$$

### EL TRABAJO DE LA FUERZA PESO

La fuerza peso es una fuerza cuyo sentido es vertical y hacia la Tierra. Por tanto, si pretendemos subir un cuerpo, formará un ángulo de  $180^\circ$  con el desplazamiento.

$$W_p = P \cdot \cos 180^\circ \cdot \Delta x = - P \cdot$$

$$\Delta x = -m \cdot g \cdot (h_2 - h_1) = m \cdot g \cdot h_1 - m \cdot g \cdot h_2; \text{ Por tanto: } W_P = E_{p1} - E_{p2} = -\Delta E_p$$

$$W_P = -\Delta E_p$$

El trabajo debido al peso es igual y de signo contrario a la variación de energía potencial del cuerpo.

## LA POTENCIA Y LA VELOCIDAD

En las máquinas que están destinadas a producir movimiento como, por ejemplo, los coches, es importante relacionar la potencia con la velocidad que son capaces de alcanzar.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot \Delta x}{t} = F \cdot v$$

El motor del automóvil es capaz de desarrollar una potencia máxima. La fuerza que proporciona el motor en un instante va a depender de la velocidad a la que se mueva el coche. Cuando queremos ir a alta velocidad, el coche lleva poca fuerza, lo cual no es recomendable para subir carreteras con pendiente. Para estos casos es necesario usar una marcha corta, que proporcione más fuerza a costa de perder velocidad.

### El trabajo modifica la energía mecánica

Son innumerables los casos en los que el trabajo modifica, simultáneamente, la energía cinética y la energía potencial de un cuerpo. Es decir, modifica la energía mecánica en su conjunto. Si sobre un cuerpo actúa una fuerza que provoca cambios en su velocidad y en su posición, el **trabajo** de esa fuerza será igual a la **variación de energía mecánica** que sufre el cuerpo.

$$W = \Delta E_M = (E_{p2} + E_{c2}) - (E_{c1} + E_{p1})$$

El **Trabajo** es una de las formas de transferencia (cuando dos cuerpos intercambian energía, lo hacen, o bien de forma mecánica, mediante la realización de un trabajo, o bien de forma térmica, mediante el calor) de energía.

## LA POTENCIA

La **Potencia** es una magnitud que nos relaciona el trabajo realizado con el tiempo empleado en hacerlo.

Si una máquina realiza un trabajo, no sólo importa la cantidad de energía que produce, sino también el tiempo que tarda en hacerlo. Por ejemplo, decimos que un coche es más potente si es capaz de pasar de 0 a 100 km/h en un menor tiempo.

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

La potencia se mide en vatios (W) en el SI, el trabajo en julios (J) y el tiempo en segundos (s).

En el mundo del motor se usa con frecuencia otra unidad para medir la potencia: el caballo de vapor (CV).

$$1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$$

### UNIDAD DE MEDIDA ENTRE SISTEMAS



SUM	MAG	MASA	TIEMPO	GRAVEDAD	FUERZA	TRABAJO	POTENCIA
MKS	mts	Kg	S	9.81	Nt	J	watts
CGS	cm	g		9.81	Dinas	Grgs	kw
PLS	pies	lb		32.2	pounds	Kgf	Np

**EJERCICIOS.** Desarrolla y resuelve los siguientes problemas.

1. Calcula la energía cinética de un vehículo de 1000 kg de masa que circula a una velocidad de 120 km/h.
2. Calcula la energía potencial de un saltador de trampolín si su masa es de 50 kg y está sobre un trampolín de 12 m de altura sobre la superficie del agua.
3. Convierte las siguientes cantidades de energía a julios:
  - a) 3000 cal
  - b) 25 kWh
4. Calcula la energía potencial elástica de un muelle que se ha estirado 0,25 m desde su posición inicial. La constante elástica del muelle es de 50 N/m.
5. Explica si realizas, o no, trabajo cuando:
  - a) Empujas una pared.
  - b) Sostienes un libro a 2 metros de altura.
  - c) Desplazas un carrito hacia delante.
6. Una fuerza de 100 N actúa sobre un cuerpo que se desplaza a lo largo de un plano horizontal en la misma dirección del movimiento. Si el cuerpo se desplaza 20 m. ¿Cuál es el trabajo realizado por dicha fuerza?
7. Un escalador con una masa de 60 kg invierte 30 s en escalar una pared de 10 m de altura. Calcula:
  - a) El peso del escalador.
  - b) El trabajo realizado en la escalada.
  - c) La potencia real del escalador.
8. Un cuerpo transfiere a otro 645,23 cal. ¿Cuántos julios son?
9. Una persona ingiere 1048,37 kcal en su dieta. Expresa esa cantidad de energía en unidades SI.
10. Calcula el trabajo que realizará una fuerza de 392 N que desplaza a un cuerpo una distancia de 7 m, si entre la fuerza y el desplazamiento forman un ángulo de  $52^\circ$ .
11. Calcula el trabajo que realiza la fuerza de rozamiento sobre un cuerpo de 13 kg que se desplaza una distancia de 46 m si el coeficiente de rozamiento entre las superficies es de 0,45.
12. Calcula la energía cinética de un coche de 1294 kg que circula a una velocidad de 58 km/h.
13. Un vehículo de 1104 kg que circula por una carretera recta y horizontal varía su velocidad de 17 m/s a 7 m/s. ¿Cuál es el trabajo que realiza el motor?
14. ¿Qué energía potencial posee una roca de 143 kg que se encuentra en un acantilado de 19 m de altura sobre el suelo?
15. Una máquina realiza un trabajo de 641 J con un rendimiento del 6 %. Calcula el trabajo útil que realmente se obtiene.
16. Un cuerpo de 10 kg cae desde una altura de 20 m. Calcula:
  - a) La energía potencial cuando está a una altura de 10 m.
  - b) La velocidad que tienen en ese mismo instante.
  - c) El trabajo que efectúa cuando llega al suelo.
  - d) La velocidad con que llega al suelo.
17. Un motor realiza un trabajo de 3000 J en 20 s
  - a) ¿Cuál es la potencia del motor?
  - b) ¿En cuánto tiempo desarrollaría el mismo trabajo una máquina de 15 W?
18. Determina el trabajo realizado al empujar, en el sentido de su desplazamiento, durante 5 s, con una fuerza de 36,47 N, un objeto de 5 kg de masa, inicialmente en reposo. Considera despreciables los rozamientos
19. Las personas consumimos energía que recibimos de los alimentos. ¿Cuál es el consumo energético de una persona de 17 kg al subir hasta una vivienda que está a 9 m de altura.
20. Convierte 30,16 calorías en julios.

**PARA AMPLIAR EL CONOCIMIENTO.**

### EQUIVALENCIA MASA-ENERGÍA

Albert Einstein (1879-1955) estableció, en 1905, el principio de equivalencia masa-energía que se resumía con su famosa ecuación  $E = mc^2$  y que establecía una relación de enorme importancia entre la masa,  $m$ , y la energía,  $E$ . De tal manera que la energía podría convertirse en masa y la masa en energía. Ello significa que si pudiéramos convertir 1 gramo de materia en su equivalente en energía y la usáramos para encender una bombilla de 1.000 W, ésta permanecería encendida durante un tiempo de 2.853 años. Esta conversión sólo ocurre parcialmente en reacciones nucleares. En las reacciones químicas comunes también se libera energía desapareciendo masa; pero, la energía liberada es tan pequeña que la pérdida de masa es insignificante. Deberían quemarse 2.500.000 litros de gasolina para producir la pérdida de 1 gramo de masa.

La primera bomba atómica que se lanzó ocurrió un 16 de junio de 1945 en el campo de pruebas de Trinity, cerca de Álamo Gordo (Nuevo México). Poseía una fuerza destructiva de 20 kilotones, es decir, equivalente a 20 toneladas de TNT (dinamita). Esta bomba estaba constituida de uranio, al igual que se lanzaría poco después sobre Hiroshima. Con el nombre de "little Boy" (chico pequeño), sólo necesitó convertir un gramo de masa (aunque toda la bomba como mecanismo pesara cuatro toneladas) para producir una potencia de 12'5 kilotones. Produjo la muerte de 120.000 personas de una población de 450.000 habitantes, causando otros 70.000 heridos.

Para favorecer el uso de las fuentes renovables de energía, la Unión Europea se ha propuesto cubrir para el año 2.010 un millón de tejados de todo el continente con paneles fotovoltaicos. Las células de estos paneles convierten la radiación solar directamente en electricidad, sin consumo de combustibles ni emisiones contaminantes.

Un rayo puede producir 3.750.000.000 kilovatios de energía eléctrica. Alrededor del 75% de esta energía se disipa en forma de calor, elevando la temperatura circundante a unos 15.000 grados centígrados y causando la expansión rápida del aire, lo cual produce ondas de sonido (truenos) que pueden ser oídas a 30 kilómetros de distancia.

La Tierra, recibe luz y calor del Sol. Al calentarse, la Tierra emite este calor en forma de rayos de luz infrarroja y este calor es en parte lanzado al espacio y en parte absorbido por los gases invernadero que evitan que la Tierra se enfríe. Como decía el astrónomo estadounidense Carl Sagan (1934-1996) en su libro "Miles de millones" (1997), "la vida depende de un equilibrio delicado de gases invisibles que son componentes menores de la atmósfera terrestre. Un poco de efecto invernadero es bueno. Ahora bien, si añadimos más gases de éstos, como hemos estado haciendo desde el inicio de la Revolución Industrial, absorberán más radiación infrarroja. Estamos haciendo más gruesa la manta, y con ello calentando más la Tierra". Estos gases se generan, principalmente, por la quema de combustibles fósiles y son: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), polifluoruros de carbono (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

## FLUIDOS

La materia se presenta en tres fases: sólido, líquido y gaseoso, estos dos últimos se denominan fluidos.

El estudio de las propiedades de los fluidos en general incluye a los gases y a los líquidos.

La **Hidromecánica** es la rama de la mecánica que estudia los fluidos (líquidos y gases), sus comportamientos, propiedades y aplicaciones.

La hidromecánica se divide a su vez en tres ramas principales:

1. **Hidrostática:** Estudia el equilibrio estático de los líquidos en otras palabras se ocupa del estudio de los fluidos en reposo.
2. **Hidrodinámica:** estudia el movimiento dinámico de los líquidos en otras palabras estudia los fluidos en movimiento.
3. **Neumática:** Estudia los principios de las dos ramas anteriores aplicados a los gases.

Los fluidos pueden ser tanto líquidos y gases que si bien no tienen forma definida, presentan las siguientes características:

1. **Forma:** Los fluidos carecen de forma propia, acomodándose siempre a la forma del recipiente que los contiene. Solo en el caso de los líquidos, éstos presentan una forma esférica cuando no hay aceleración gravitacional presente.
2. **Volumen:** Los líquidos se distinguen por tener volumen determinado, presentando una superficie libre que los limita naturalmente. En cambio los gases carecen de volumen determinado, ocupando completamente el recipiente que los contiene, cualquiera que sea su capacidad. Esta propiedad se llama expansibilidad.
3. **Elasticidad:** Es la propiedad que permite a los fluidos recobrar su volumen inicial cuando termina de actuar la fuerza que modifico su volumen.
4. **Comprensibilidad:** Los líquidos se dice que son incomprensibles porque ofrecen una gran resistencia a toda disminución de su volumen, transmitiendo por toda su masa la fuerza que se le aplique. Por el contrario los gases son muy comprensibles porque ofrecen relativamente muy poca resistencia a la disminución de su volumen.
5. **Viscosidad:** Es el grado de resistencia que ofrece un líquido al desplazarse, debido a la fricción interna de sus moléculas. Todos los líquidos de la naturaleza tienen algún grado de viscosidad. La viscosidad depende de la temperatura a la cual se encuentra el líquido. Se considera un **fluido ideal** al que carece de viscosidad.

- 6. Cohesión:** Es el nombre que se le da a las fuerzas de atracción intermoleculares. La forma de los líquidos se debe a la poca cohesión que hay entre sus moléculas, lo que les brinda gran movilidad pudiendo deslizarse unas entre otras. Sin embargo, en los gases la cohesión se puede considerar casi nula, haciendo que las moléculas estén independientes unas de las otras.

Líquidos	Gases
Se deforman fácilmente.	Se deforman fácilmente.
Adopta la forma del recipiente que lo contiene.	Adopta la forma del recipiente que lo contiene.
Su volumen es constante.	Su volumen depende del recipiente que lo contiene.
Alta densidad e incompresible.	Baja densidad y altamente compresible.
Presenta superficie libre.	No presenta superficie libre.

## PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

### Densidad ( $\rho$ )

Es la masa contenida en una unidad de volumen de una sustancia (masa por unidad de volumen). Cuando se trata de una sustancia homogénea, la expresión para su cálculo es:

$$\rho = \frac{\text{Masa de la sustancia}}{\text{volumen que ocupa}} \quad \text{o} \quad \rho = \frac{m}{V} \quad ; \quad \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right]. \quad \text{Donde}$$

$\rho$  : Densidad de la sustancia,  $\text{kg/m}^3$   
 $m$  : Masa de la sustancia,  $\text{kg}$   
 $V$  : Volumen de la sustancia,  $\text{m}^3$

Si una masa  $m$  ocupa un volumen  $v$ , la densidad  $d$  es igual a  $\rho = m/v$ .

La densidad de una sustancia varía con la temperatura y la presión; al resolver cualquier problema debe considerarse la temperatura y la presión a la que se encuentra el fluido.

En un sólido la densidad es uniforme si la masa está distribuida uniformemente en todo su volumen.

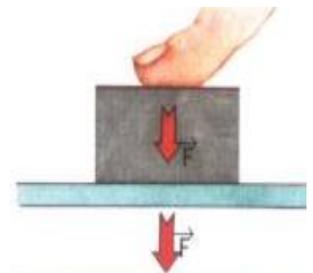
La densidad de los fluidos generalmente es uniforme por la característica de estos de ser homogénea en todo su volumen

El agua posee una densidad absoluta a  $4^\circ \text{C}$  y una atmósfera de presión igual a  $999,997 \text{ kg/m}^3$  ( $\rho_{\text{agua}} = 10^3 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$ )

La atmósfera terrestre es menos densa a mayor altura y más densa a menor altura, la atmósfera terrestre no es homogénea.

### Presión ( $p$ )

Los cuerpos según sean blandos o rígidos (duros) se comportan de forma diferente cuando sobre ellos actúan fuerzas. Podemos detectar que los cuerpos rígidos, al recibir una fuerza no sufren deformaciones apreciables, mientras que si la misma fuerza actúa sobre un cuerpo blando se deformaría; así por ejemplo, el cemento endurecido no se deformaría, pero si lo haría el cemento "fresco", el barro o la nieve, si sobre cualquiera de estos cuerpos actuase una fuerza.



El efecto que las fuerzas producen sobre los sólidos blandos (deformables) viene determinado por la **presión (P)** que ejercen sobre ellos.

La presión es una magnitud física que mide la fuerza que se aplica en una superficie. Es la fuerza que se ejerce en forma perpendicular por unidad de área.

La presión en un punto se obtiene del cociente entre la fuerza normal aplicada ( $F$ ) y la superficie ( $S$ ) que contiene al punto sobre la que se aplica.

La presión es la magnitud que relaciona la fuerza con la superficie sobre la que actúa, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie. Cuando sobre una

$$P = \frac{F_{\text{fuerza}}}{A_{\text{area}}}$$

P =
presion
=
 $\frac{F_{\text{fuerza}}}{A_{\text{area}}}$

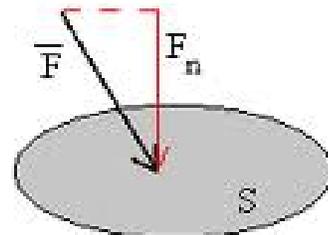
superficie plana de área  $A$  se aplica una fuerza normal  $F$  de manera uniforme y perpendicularmente a la superficie, la presión  $p$  viene dada por:

$$p = F / A$$

La presión es una magnitud escalar. La presión podrá expresarse en muy diversas unidades, tales como:  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ,  $\text{psi}$ ,  $\text{cm}$ . de columna de agua, pulgadas o  $\text{cm}$ . de Hg.,  $\text{bar}$ . y como ha sido denominada en términos internacionales, en Pascales (Pa), como la medida estándar según la 3ra Conferencia General de la Organización de Metrología Legal.

Dado que el Pascal ( $\text{Newton}/\text{m}^2$ ), es la unidad estándar, las equivalencias de las demás medidas las expresaremos en función de esta medida, a continuación:

- ✓ 1 Pa=0.00014 psi.
- ✓ 1 Pa=0.0039 pulgadas de agua.
- ✓ 1 Pa=0.00029 pulgadas de Hg.
- ✓ 1 Pa=0.987x10<sup>-5</sup> Atm.
- ✓ 1 Pa=0.102x10<sup>-4</sup>  $\text{kg}/\text{cm}^2$
- ✓ 1 Pa=0.01  $\text{cm}$  de agua.
- ✓ 1 Pa=0.0076  $\text{mm}$  de Hg.



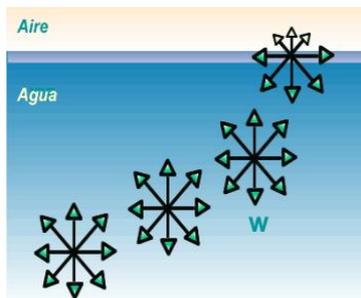
Cuanto menor sea la superficie  $S$ , para una misma fuerza, mayor es la presión. Es por esto que, la presión nos permite conocer los efectos de las fuerzas sobre los cuerpos más o menos blandos: Presiones muy grandes son capaces incluso de "romper" sólidos muy rígidos, se pueden conseguir disminuyendo al máximo, la superficie de contacto: cuchillos, agujas, clavos, etc. Otras veces, tendremos que evitar que el sólido se "rompa" o se "hunda", y entonces lo que haremos será aumentar la superficie de contacto: esquíes, orugas de los tractores, etc.

## TENSIÓN SUPERFICIAL

Se denomina tensión superficial al fenómeno por el cual la superficie de un líquido tiende a comportarse como si fuera una delgada película elástica. Este efecto permite a algunos insectos, desplazarse por la superficie del agua sin hundirse. La tensión superficial es una manifestación de las fuerzas intermoleculares en los líquidos que se manifiesta por una curvatura en los bordes donde el líquido está en contacto con la pared del recipiente



A nivel microscópico, la tensión superficial se debe a que las fuerzas que afectan a cada molécula son diferentes en el interior del líquido y en la superficie. Así, en el seno de un líquido cada molécula está sometida a fuerzas de atracción que en promedio se anulan. Esto permite que la molécula tenga una energía bastante baja. Sin embargo, en la superficie hay una fuerza neta hacia el interior del líquido. Rigurosamente, si en el exterior del líquido se tiene un gas, existirá una mínima fuerza atractiva hacia el exterior, aunque en la realidad esta fuerza es despreciable debido a la gran diferencia de densidades entre el líquido y el gas.



La tensión superficial tiene como principal efecto la tendencia del líquido a disminuir en lo posible su superficie para un volumen dado, de aquí que un líquido en ausencia de gravedad adopte la forma esférica, que es la que tiene menor relación área/volumen.

Energéticamente, las moléculas situadas en la superficie tienen una mayor energía promedio que las situadas en el interior, por lo tanto la tendencia del sistema será a disminuir la energía total, y ello se logra disminuyendo el número de moléculas situadas en la superficie, de ahí la reducción de área hasta el mínimo posible.

## PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

La explicación del principio de Arquímedes consta de dos partes como se indica en las figuras:

1. El estudio de las fuerzas sobre una porción de fluido en equilibrio con el resto del fluido.
2. La sustitución de dicha porción de fluido por un cuerpo sólido de la misma forma y dimensiones.

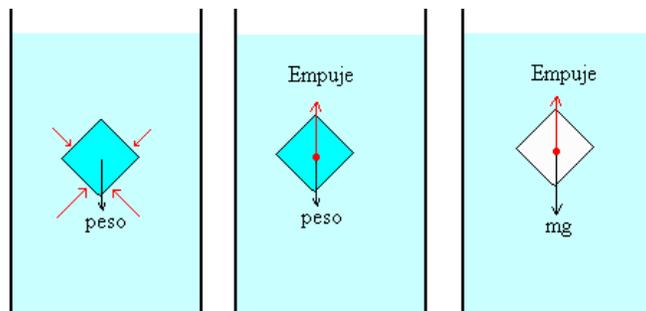
Todo cuerpo sumergido en un líquido recibe un empuje, de abajo hacia arriba, igual al peso del líquido desalojado.

## CUERPOS SUMERGIDOS

Sobre un cuerpo sumergido actúan dos fuerzas; su **peso**, que es vertical y hacia abajo y el **empuje** que es vertical, pero hacia arriba. Si queremos saber si un cuerpo flota es necesario conocer su **peso específico**, que es igual a su **peso dividido por su volumen**.

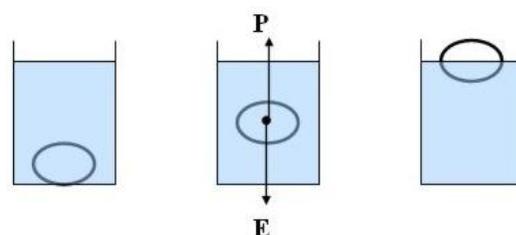
Entonces, se pueden producir tres casos:

1. Si el peso es mayor que el empuje ( $P > E$ ), el cuerpo se hunde. Es decir, el peso específico del cuerpo es mayor al del líquido.
2. Si el peso es igual que el empuje ( $P = E$ ), el cuerpo no se hunde ni emerge. El peso específico del cuerpo es igual al del líquido.
3. Si el peso es menor que el empuje ( $P < E$ ), el cuerpo flota. El peso específico del cuerpo es menor al del líquido.



¿Por qué los barcos no se hunden? Los barcos no se hunden porque su peso específico es menor al peso específico del agua, por lo que se produce un empuje mayor que mantiene el barco a flote.

Esto a pesar de que el hierro o acero con que están hechos generalmente los barcos es de peso específico mayor al del agua y se hunde (un pedazo de hierro en el agua se va al fondo), pero si consideramos todas las partes del barco incluyendo los compartimientos vacíos, el peso específico general del barco disminuye y es menor al del agua, lo que hace que éste se mantenga a flote.



Consideremos, en primer lugar, las fuerzas sobre una porción de fluido en equilibrio con el resto de fluido. La fuerza que ejerce la presión del fluido sobre la superficie de separación es igual a  $p \cdot dS$ , donde  $p$  solamente depende de la profundidad y  $dS$  es un elemento de superficie.

Puesto que la porción de fluido se encuentra en equilibrio, la resultante de las fuerzas debidas a la presión se debe anular con el peso de dicha porción de fluido. A esta resultante la denominamos empuje y su punto de aplicación es el centro de masa de la porción de fluido, denominado centro de empuje.

De este modo, para una porción de fluido en equilibrio con el resto, se cumple:  $\text{Empuje} = \text{peso} = r_f \cdot gV$

**El peso de la porción de fluido es igual al producto de la densidad del fluido  $r_f$  por la aceleración de la gravedad  $g$  y por el volumen de dicha porción  $V$ .**

Se sustituye la porción de fluido por un cuerpo sólido de la misma forma y dimensiones.

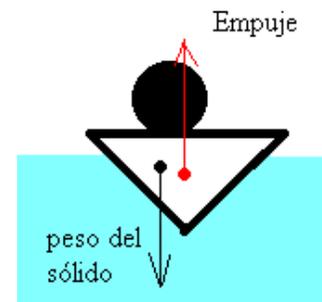
Si sustituimos la porción de fluido por un cuerpo sólido de la misma forma y dimensiones. Las fuerzas debidas a la presión no cambian, por tanto, su resultante que hemos denominado empuje es la misma y actúa en el mismo punto, denominado centro de empuje.

Lo que cambia es el peso del cuerpo sólido y su punto de aplicación que es el centro de masa, que puede o no coincidir con el centro de empuje. Por tanto, sobre el cuerpo actúan dos fuerzas: el empuje y el peso del cuerpo, que no tienen en principio el mismo valor ni están aplicadas en el mismo punto.

En los casos más simples, supondremos que el sólido y el fluido son homogéneos y, por tanto, coincide el centro de masa del cuerpo con el centro de empuje.

Explicado de otra manera: Al sumergir la piedra el nivel del líquido sube, poniendo en evidencia el líquido desalojado por la piedra.

Al mismo tiempo, es claro que los volúmenes de la piedra y el líquido desalojado son iguales. Ahora bien, el peso de este líquido, es decir, su masa multiplicada por la aceleración de gravedad es igual a la magnitud de la fuerza que actúa sobre la piedra, de sentido opuesto al peso y que, por lo tanto, la haría sentir más liviana.



En la imagen siguiente se muestra un líquido de densidad  $D$  y sumergido en él un cuerpo cilíndrico de altura  $H$  y área  $A$  en su parte superior e inferior.

En la superficie superior la presión es  $P_1 = Dgh_1$ , donde  $h_1$  es la profundidad a que se encuentra dicha superficie.

Igualmente, en la superficie inferior es  $P_2 = Dgh_2$ .

Arriba la fuerza producida por la presión actúa hacia abajo y la de abajo actúa hacia arriba, siendo mayor esta última dado que  $h_2 > h_1$ .

Los valores de estas dos fuerzas deben ser  $F_1 = P_1A$  y  $F_2 = P_2A$ , respectivamente, con lo cual la fuerza total resultante a la presión que aplica el fluido, ya que las fuerzas laterales se anulan, es:

$$F = F_2 - F_1;$$

Es decir,

$$F = (P_2 - P_1)A,$$

O bien,

$$F = (Dgh_2 - Dgh_1)A;$$

Lo que se puede escribir como:

$$F = Dg(h_2 - h_1)A = DgHA;$$

Pero como el volumen del cilindro, y también el del líquido desalojado, es  $V = HA$ , encontramos que la fuerza que actúa hacia arriba y corresponde al empuje  $E$  es:

$$E = DgV$$

Como la masa del líquido desalojado es, según,  $m = DV$ ,

El empuje corresponde a:  $E = mg$ ,

Que es el peso del líquido desalojado. Así, hemos demostrado, gracias a las matemáticas, el principio de Arquímedes.

## PRINCIPIO DE PASCAL

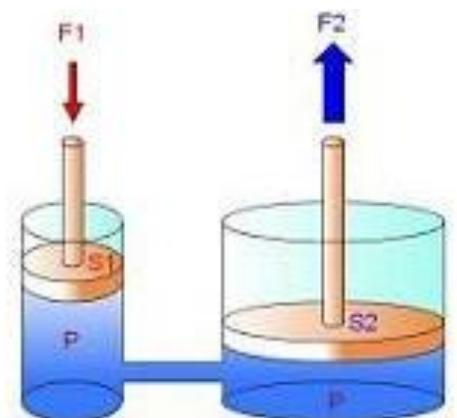
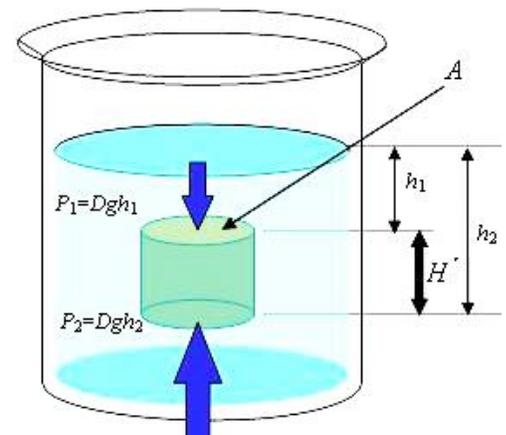
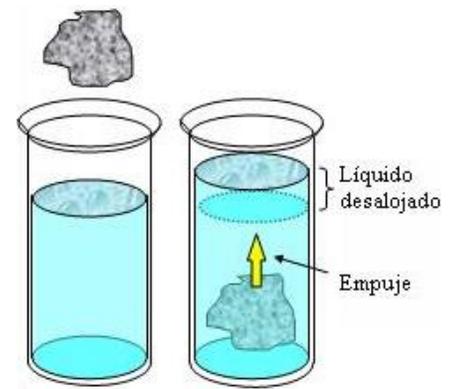
El filósofo, matemático y físico Blaise Pascal, nacido el 19 de junio de 1623 en Francia y fallecido el 19 de agosto de 1662, realizó importantes aportes a la ciencia.

Uno de sus enunciados más famosos se conoce como **principio de Pascal** y hace referencia a que la **presión** que ejerce un fluido que está en equilibrio y que no puede comprimirse, alojado en un envase cuyas paredes no se deforman, se transmite con idéntica intensidad en todos los puntos de dicho fluido y hacia cualquier dirección..

De acuerdo con lo advertido por **Pascal**, el agua que ingresa a un recipiente con las características mencionadas puede ser expulsada por cualquier agujero que tengan a la misma presión y velocidad. Para trabajar con el mencionado Principio de Pascal se recurre a la fórmula siguiente:

$$p = p_0 + \rho g h.$$

En esta la  $p$  es la presión total a la profundidad; la  $h$  es la medida en Pascales; la  $p_0$  es la presión sobre la superficie libre del fluido; la  $\rho$  es la densidad del fluido y la  $g$  es la aceleración de la gravedad.



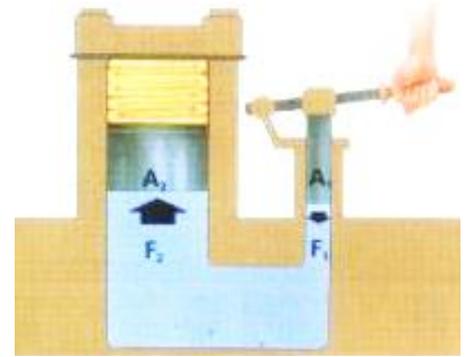
## LA PRENSA HIDRÁULICA

El principio de Pascal fundamenta el funcionamiento de las genéricamente llamadas máquinas hidráulicas: la prensa, el gato, el freno, el ascensor y la grúa, entre otras.

Este dispositivo, llamado prensa hidráulica, nos permite prensar, levantar pesos o estampar metales ejerciendo fuerzas muy pequeñas.

Veamos cómo lo hace.

El recipiente lleno de líquido de la figura consta de dos cuellos de diferente sección cerrados con sendos tapones ajustados y capaces de resbalar libremente dentro de los tubos (pistones).



Si se ejerce una fuerza ( $F_1$ ) sobre el pistón pequeño, la presión ejercida se transmite, tal como lo observó Pascal, a todos los puntos del fluido dentro del recinto y produce fuerzas perpendiculares a las paredes.

En particular, la porción de pared representada por el pistón grande ( $A_2$ ) siente una fuerza ( $F_2$ ) de manera que mientras el pistón chico baja, el grande sube. La presión sobre los pistones es la misma, No así la fuerza.

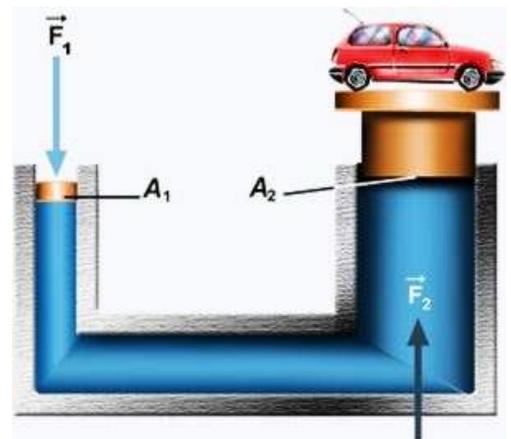
Como  $p_1 = p_2$  (porque la presión interna es la misma para todos los puntos)

Entonces:  $F_1/A_1$  es igual  $F_2/A_2$  por lo que despejando un término se tiene que:  $F_2 = F_1(A_2/A_1)$

Si, por ejemplo, la superficie del pistón grande es el cuádruple de la del chico, entonces el módulo de la fuerza obtenida en él será el cuádruple de la fuerza ejercida en el pequeño.

La prensa hidráulica, al igual que las palancas mecánicas, no multiplica la energía.

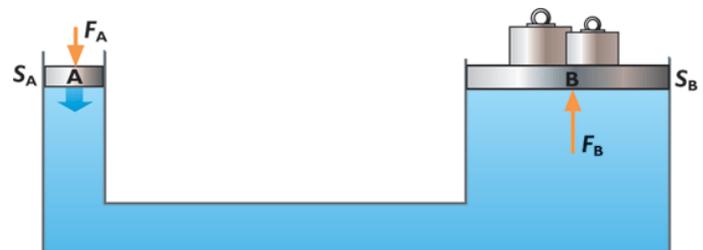
El volumen de líquido desplazado por el pistón pequeño se distribuye en una capa delgada en el pistón grande, de modo que el producto de la fuerza por el desplazamiento (el trabajo) es igual en ambas ramas.



¡El dentista debe accionar muchas veces el pedal del sillón para lograr levantar lo suficiente al paciente!

Para ampliar lo explicado: En la imagen dos cilindros comunicados por un conducto inferior y cerrados ambos por sendos émbolos.

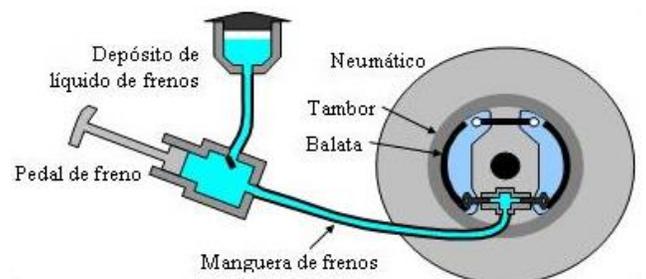
Cuando se aplica una fuerza pequeña sobre el émbolo del cilindro de menor sección,  $S_A$ , se pueden levantar grandes masas colocadas sobre el cilindro de mayor sección,  $S_B$ . Por el principio de Pascal, las presiones en A y B son iguales:  $p_A = p_B$ .



La fuerza obtenida en B es igual a la fuerza aplicada en A multiplicada por el cociente de las superficies de los dos recipientes. Cuanto mayor sea la relación entre la superficie de los émbolos, tanto más se multiplica el efecto de la fuerza aplicada en A.

$$\frac{F_A}{F_B} = \frac{S_A}{S_B} = \frac{h_B}{h_A}$$

- ✓ **Frenos hidráulicos:** Los frenos hidráulicos de los automóviles son una aplicación importante del principio de Pascal. La presión que se ejerce sobre el pedal del freno se transmite a través de todo el líquido a los pistones los cuales actúan sobre los discos de frenado en cada rueda multiplicando la fuerza que ejercemos con los pies.



- ✓ **Refrigeración:** La refrigeración se basa en la aplicación alternativa de presión elevada y baja, haciendo circular un fluido en los momentos de presión por una tubería. Cuando el fluido pasa de presión elevada a baja en el evaporador, el fluido se enfría y retira el calor de dentro del refrigerador. Como el fluido se encuentra en un ciclo cerrado, al ser comprimido por un compresor para elevar su temperatura en el condensador, que también cambia de estado a líquido a alta presión, nuevamente está listo para volverse a expandir y a retirar calor (recordemos que el frío no existe es solo una ausencia de calor).

## TEOREMA DE BERNOULLI

El principio de Bernoulli, también denominado ecuación de Bernoulli o trinomio de Bernoulli, describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una corriente de agua.

Si la velocidad de un fluido aumenta, la presión disminuye. En toda corriente de agua o de aire la presión es grande cuando la velocidad es pequeña y, al contrario, la presión es pequeña cuando la velocidad es grande.

La ecuación de Bernoulli describe el comportamiento de un fluido bajo condiciones variantes y tiene la forma siguiente:

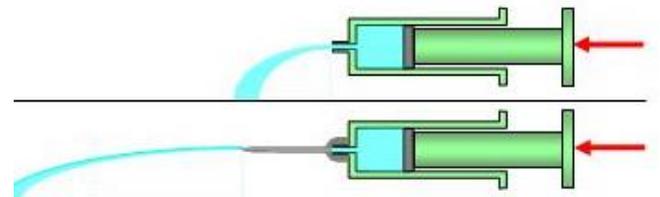
$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{constante}$$

En la ecuación de Bernoulli intervienen los parámetros siguientes:

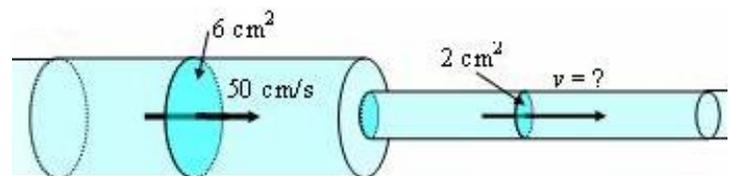
- P:** Es la presión estática a la que está sometido el fluido, debida a las moléculas que lo rodean.
- $\rho$ :** Densidad del fluido.
- v:** Velocidad de flujo del fluido.
- g:** Valor de la aceleración de la gravedad ( $9,81m.s^{-2}$  en la superficie de la Tierra).
- h:** Altura sobre un nivel de referencia.

¿Qué ocurre con la velocidad de un fluido que se mueve por un tubo en que cambia su sección, por ejemplo, al pasar de una cañería gruesa a otra más delgada?

Si presionamos de igual manera el pistón de dos jeringas idénticas, una sin aguja y otra con aguja, podremos apreciar que el líquido sale mucho más veloz en el segundo caso; es decir, cuando la sección del conducto es menor. En realidad la rapidez  $v$  con que se mueve el fluido es inversamente proporcional a la sección  $A$  de la cañería. Posiblemente has notado que el agua que fluye por un río o canal se mueve también más rápido en los lugares en que este es más angosto o menos profundo. Este fue el primer descubrimiento de Bernoulli, el cual puede expresarse diciendo que:  $vA = \text{constante}$ .



Analicemos un ejemplo para comprender mejor este punto. Supongamos que un flujo de agua viaja con una rapidez de 50 cm/s por una cañería cuya sección es de  $6\text{cm}^2$ , según se indica en la figura. Si la cañería se hace más angosta, de modo que su sección se reduce a  $2\text{cm}^2$ , ¿con qué rapidez se moverá en esta zona?



Aplicando tenemos que:  $v \cdot (2\text{ cm}^2) = (50\text{ cm/s}) \cdot (6\text{ cm}^2)$   
De donde se tiene que:  $v = 150\text{ cm/s}$ .