

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE FARMACIA Y BIOANÁLISIS**  
**PROF. JESÚS E. BARRIOS P.**

# **GUÍA BÁSICA DE FÍSICA APLICADA**

## **OBJETIVOS**

Que los alumnos:

- ✓ Desarrollen el pensamiento lógico y manejen el lenguaje simbólico.
- ✓ Adopten criterios independientes en el abordaje de los problemas.
- ✓ Reconozcan la utilidad de las estructuras matemáticas para el cálculo y modelado de problemas afines a su futura actividad profesional.
- ✓ Adquieran herramientas que permitan utilizar las estructuras matemáticas, luego de reconocidas su utilidad.
- ✓ Conozcan aplicaciones concretas de las matemáticas y la física a las ciencias de la salud.
- ✓ Describan cualitativamente y cuantitativamente los fenómenos físicos.
- ✓ Preparen clases teóricas y tareas de aula centradas en la resolución de situaciones problemas.

## **CONTENIDO**

TEMAS:

- 1.- Despeje de Fórmulas.
- 2.- Magnitudes, Unidades, Equivalencias y Conversión.
- 3.- Electrostática. La Carga Eléctrica. Unidades. Estructura de la Materia.
- 4.- Calor. Temperatura. Unidades. Equilibrio Térmico. Cantidad de Calor.
- 5.- Trabajo y Energía.
- 6.- Termodinámica.
- 7.- Ondas y Acústica. Óptica.
- 8.- Hidrostática. Fluidos.



## Magnitudes y Unidades

El Sistema Internacional de Unidades, abreviado **SI**, también denominado Sistema Internacional de Medidas, es la forma actual del sistema métrico decimal. Una de las principales características, es que sus unidades están basadas en fenómenos físicos fundamentales. La única excepción es la unidad de la magnitud de la masa, el kilogramo, que está definida como la masa prototipo internacional del kilogramo. Las unidades del **SI** son la referencia internacional de las indicaciones de los instrumentos de medida y a las que están referidas a través de una cadena ininterrumpida de calibraciones y comparaciones.

### Unidades Básicas del Sistema Internacional

MAGNITUD FÍSICA FUNDAMENTAL	UNIDAD BÁSICA	SÍMBOLO	OBSERVACIONES
Longitud	metro	<b>m</b>	En función de la velocidad de la luz.
Masa	kilogramo	<b>kg</b>	Es la masa del cilindro patrón.
Tiempo	segundo	<b>s</b>	Se define en función del tiempo atómico.
Intensidad de Corriente Eléctrica	Ampere o Amperio	<b>A</b>	Se define a partir del campo eléctrico
Temperatura	kelvin	<b>K</b>	Se define a partir de la temperatura termodinámica triple del agua.
Cantidad de Sustancia	mol	<b>mol</b>	Número de Avodagro.
Intensidad Luminosa	candela	<b>cd</b>	Lumen, Lux e iluminación física.

### Unidades derivadas del Sistema Internacional

Con esta denominación se hace referencia a las unidades utilizadas para expresar magnitudes físicas que son resultado de combinar magnitudes físicas tomadas como fundamentales. Ejemplos: unidades de volumen, energía, presión, fuerza, densidad, etc.

#### Sistema CGS

Es un derivado del SI (o MKS), sus unidades son el centímetro, el gramo y el segundo.

#### Sistema Ingles

El Sistema Inglés, o Sistema Imperial de Unidades es el conjunto de las unidades no métricas que se utilizan actualmente en el Reino Unido y en muchos territorios de habla inglesa.

### Equivalencias

Por ejemplo en el sistema de medida inglés la unidad de longitud es la pulgada, cantidad que corresponde a 0,0254 m o 2,54 cm o 25,4 mm etc. En otro ejemplo una onza equivale a 28,34 gramos. Además este sistema no tiene múltiplos decimales, veamos: en el caso de la longitud, un múltiplo inmediato de la pulgada es el "pie" que corresponden a 12 pulgadas, después sigue la yarda que corresponde a 3 pies, etc. como vemos la proporción no va de diez en diez. En el caso de la onza, un múltiplo inmediato es la libra que corresponde a 16 onzas. Una **Conversión** de unidades consiste en expresar una cierta cantidad de magnitud que está dada en una cierta unidad, en otra ya sea del mismo sistema de medida o en otro. Para ello es necesario conocer las equivalencias entre las unidades en cuestión. La conversión de unidades es importante, pero también lo es saber cuándo se requiere. En general, lo mejor es usar las unidades fundamentales del SI (longitudes en metros, masas en kilogramos y tiempo en segundos) dentro de un problema. Si la respuesta se debe dar en otras unidades (kilómetros, gramos u horas, por ejemplo), espere hasta el final para efectuar la conversión. Las unidades se multiplican y se dividen igual que los símbolos algebraicos ordinarios. Esto facilita la conversión de una cantidad de un conjunto de unidades a otro. La idea clave es que podemos expresar la misma cantidad física en dos unidades distintas y formar una igualdad.

Algunas constantes para conversiones:

<p><b>LONGITUD</b>            1 m = 100 cm = 1000 mm = 3,281 ft = 39,37 in            1 km = 1000 m = 0,6214 milla    1 Å = 10<sup>-10</sup> m            1 milla náutica = 6080 ft    1 año luz = 9,461·10<sup>15</sup> m</p> <p><b>FUERZA</b>            1 New = 10<sup>5</sup> dinas = 0,2248 lb    1 kp = 9,8 New</p> <p><b>PRESIÓN</b>            1 Pa = 1 New/m<sup>2</sup>    1 bar = 10<sup>5</sup> Pa            1 atm = 760 torr = 1,01325·10<sup>5</sup> Pa            1 mmHg = 1 torr = 133,3 Pa</p> <p><b>POTENCIA</b>            1 W = 1 Joule/s    1 hp = 746 W    1 Btu/h = 0,293 W</p>	<p><b>MASA</b>            1 kg = 1000 gr = 0,0685 slug = 2,205 lb (g=9,8 m/s<sup>2</sup>)    1 ton = 1000 kg</p> <p><b>TIEMPO</b>            1 min = 60 seg    1 h = 3600 s    1 d = 86400 s            1 año = 365,24 d    1 siglo = 100 años</p> <p><b>VOLUMEN</b>            1 litro = 1 dm<sup>3</sup> = 1000 cm<sup>3</sup> = 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>    1 galón = 3,788 litros</p> <p><b>ENERGÍA</b>            1 Joule = 10<sup>7</sup> ergios = 0,239 cal    1 Btu = 1055 Joule = 252 cal            1 eV = 1,602·10<sup>-19</sup> Joule</p> <p><b>INGLESAS</b>            1 in (pulgada) = 2,54 cm    1 yd (yarda) = 3 ft (pie)    1 onza = 28,34 gr            1 ft (pie) = 12 in (pulgada)    1 milla (mi) = 1760 yd    1 lb = 16 onzas</p>
---	--

## EJERCICIOS RESUELTOS

1.- Despejar la incógnita x:

a)  $2 = \log(x + 2) \rightarrow 10^2 = x + 2 \rightarrow x = 98$

b)  $y = e^{-i\omega x} \rightarrow \ln y = -i\omega x \rightarrow x = \frac{-\ln y}{i\omega}$

c)  $\frac{1}{w} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y} \rightarrow \frac{1}{x} = \frac{1}{w} - \frac{1}{y} \rightarrow \frac{1}{x} = \frac{y-w}{wy} \rightarrow x = \frac{wy}{y-w}$

d)  $\text{sen}\left(\frac{x}{2}\right) = \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow \frac{x}{2} = \text{sen}^{-1}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right) \rightarrow \frac{x}{2} = 45^\circ \rightarrow x = 90^\circ$

e)  $\sqrt[3]{9x} = 3 \rightarrow 9x = 3^3 \rightarrow x = 3$

2.- En que unidades derivadas (SI) se expresa la energía potencial gravitatoria  $U_G$ .

$$U_G = m \cdot g \cdot h \rightarrow [kg] \left[ \frac{m}{seg^2} \right] [m] = [new][m] = \text{joules}$$

3.- El record mundial oficial de rapidez terrestre es de 1228 km/h, establecido por Andy Green el 15 de octubre de 1997 en el automóvil con motor a reacción Thrust SSC. Expresé esta rapidez en metros/segundo.

$$1228 \frac{km}{h} = 1228 \left( \frac{1000m}{h} \right) \left( \frac{1 h}{3600 s} \right) = 341,11 \frac{m}{s}$$

4.- El diamante tallado más grande del mundo es la Primera Estrella de África. Su volumen es de 1,84 pulgadas cúbicas. ¿Cual será su volumen en centímetros cúbicos? ¿Y en metros cúbicos?

$$1,84 \text{ pulg}^3 = 1,84 \text{ pulg}^3 \left( \frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}} \right)^3 = 30,2 \text{ cm}^3$$

$$30,2 \text{ cm}^3 = 30,2 \text{ cm}^3 \left( \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right)^3 = 3,02 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

5.- Reducir: 35 joules a kilocalorías

$$35 \text{ joules} = 35 \text{ joules} \left( \frac{1 \text{ cal}}{4,18 \text{ joules}} \right) \left( \frac{1 \text{ kcal}}{1000 \text{ cal}} \right) = 8,37 \cdot 10^{-3} \text{ kcal}$$

6.- Reducir: 3 kilocalorías a joules

$$3 \text{ kcal} = 3 \text{ kcal} \left( \frac{1000 \text{ cal}}{1 \text{ kcal}} \right) \left( \frac{4,18 \text{ joules}}{1 \text{ cal}} \right) = 12.540 \text{ joules}$$

7.- Reducir: 45 libras a onzas

$$45 \text{ libras} = 45 \text{ libras} \left( \frac{16 \text{ onzas}}{1 \text{ libra}} \right) = 720 \text{ onzas}$$

8.- Reducir: 12 yardas a centímetros

$$12 \text{ yardas} = 12 \text{ yardas} \left( \frac{3 \text{ pies}}{1 \text{ yarda}} \right) \left( \frac{12 \text{ pulg}}{1 \text{ pie}} \right) \left( \frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}} \right) = 1097,28 \text{ cm}$$

## EJERCICIOS PARA RESOLVER

1.- Despejar la(s) incógnita(s) pedida(s) de la fórmula dada:

A)  $V_f^2 = V_0^2 + 2ad$       **d,  $V_0$**

B)  $E = \frac{1}{2} mV^2 + mgh$       **m, V**

C)  $Y = \alpha e^{-i\omega t}$       **t**

D)  $P_t = P_0(1 + \alpha t)$        **$\alpha$**

E)  $^\circ F = \left(\frac{9}{5}\right)^\circ C + 32$        **$^\circ C$**

F)  $\ln(x + 3) = 2$       **x**

G)  $W = nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$        **$V_1, V_2$**

H)  $\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$        **$R_2$**

2.- Reducir según la equivalencia:

A) 0,000002 km a cm

B) 10000 m a Mm

C) 0,000023 cm<sup>2</sup> a Km<sup>2</sup>

D) 4,50 Hm<sup>2</sup> a mm<sup>2</sup>

E) 2,75 hectáreas a cm<sup>2</sup>

F) 0,005 mm<sup>2</sup> a hectáreas

G) 10<sup>3</sup> cm<sup>3</sup> a mm<sup>3</sup>

H) 0,24 litros a cm<sup>3</sup>

I) 1200 m<sup>3</sup> a litros

J) 3,5 toneladas a gramos

K) 0,03 gr/cm<sup>3</sup> a Kg/m<sup>3</sup>

<p>3.- En que unidades derivadas (SI) se expresa:</p> <p>A) Trabajo Mecánico (<b>W</b>)</p> <p>B) Carga Eléctrica (<b>Q</b>)</p> <p>C) Energía Cinética (<b>K</b>)</p> <p>D) Densidad (<b>ρ</b>)</p> <p>E) Fuerza (<b>F</b>)</p> <p>F) Campo Eléctrico (<b>E</b>)</p> <p>G) Calor (<b>Q</b>)</p> <p>H) Presión (<b>P</b>)</p>	<p>4.- Transformar según equivalencia:</p> <p>A) 35 pulgadas a centímetros</p> <p>B) 0,0001 gramo a onza</p> <p>C) 12 pies a centímetros</p> <p>D) 20 onzas a libras</p> <p>E) 0,0002 yarda a pulgada</p> <p>F) 3300 cm a yardas</p> <p>G) 3 joules a BTU</p> <p>H) 3 años a segundos</p> <p>I) <math>3300 \text{ gr} \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}^2} \text{ a } \text{Kg} \frac{\text{m}^2}{\text{seg}^2}</math></p>
---	--

**Tema 3: ELECTROSTÁTICA. LA CARGA ELÉCTRICA. UNIDADES. ESTRUCTURA DE LA MATERIA.**

En la cultura actual nos encontramos rodeado de aparatos eléctricos de todas clases, desde lámparas, relojes de baterías, motores y aparatos de sonido estereofónico hasta computadoras y mucho más

La **Electrostática** es la parte de la electricidad que estudia las interacciones de cargas puntuales en equilibrio. Es el estudio de cargas eléctricas en equilibrio (propiedades e interacciones). Si un átomo de un cuerpo se le sustrae o quita un electrón decimos que el cuerpo está cargado positivamente. Si un átomo está cargado negativamente podemos concluir que tiene mayor cantidad de electrones que protones. Que un cuerpo este en estado neutro significa que posee tantas cargas positivas como negativas.

La **Carga Eléctrica q**: indica el exceso o déficit de electrones ( $\bar{e}$ ) después de una interacción entre cuerpos. En el sistema internacional q: coulomb o coul.

Exceso de  $\bar{e} \rightarrow$  *el cuerpo esta cargado negativamente*  
Déficit de  $\bar{e} \rightarrow$  *el cuerpo esta cargado positivamente*

PARTÍCULA	CARGA	MASA
Electrón	$-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ coul}$	$9,11 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$
Protón	$+1,6 \cdot 10^{-19} \text{ coul}$	$1,67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$
Neutrón	0	$1,67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$

El comportamiento de la materia a nivel atómico, en su totalidad se debe en último término a interacciones eléctricas y magnéticas. Los Protones en el átomo se mantienen unidos entre sí, a pesar de la fuerte repulsión eléctrica entre ellos, debido a las fuerzas nucleares. Las fuerzas nucleares que aparecen en el núcleo del átomo y que contrarrestan la repulsión eléctrica se debe a los neutrones. Los procedimientos para electrizar un cuerpo neutro son: electrización por Frotamiento (dos cuerpos eléctricamente neutros), electrización por Contacto (transferencia de cargas – dos conductores) y electrización por Inducción (un cuerpo electrizado y un cuerpo neutro).

Propiedades de la carga eléctrica:

- ✓ La carga electica esta cuantizada, esto significa que cualquier valor de carga es un múltiplo de la carga fundamental (carga del electrón).  $q = \pm n\bar{e}$  *q: carga eléctrica,  $n \in \mathbb{Z}$ ,  $\bar{e}$ : carga del electrón*
- ✓ La carga eléctrica se conserva, en cualquier proceso físico la carga eléctrica total permanece constante.

**Leyes Electrostáticas**

1.- **Ley Cualitativa**: si las dos cargas son del mismo signo (ambas positivas o negativas) la fuerza tiende a separarlas (repulsión), si son de signo contrario (una positiva y otra negativa) la fuerza tiende a unir las (atracción).

2.- **Ley Cuantitativa o Ley de Coulomb**: La **Ley de Coulomb** dice que el módulo de la fuerza eléctrica o coulombiana entre dos cargas puntuales es proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas.

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d_{12}^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q_1 \cdot q_2}{d_{12}^2} \quad \epsilon: \text{constante dielectrica absoluta}$$

$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{New} \cdot \text{m}^2}{\text{coul}^2}$   $q_1, q_2$ : las cargas electricas (culombios)  $d_{12}$ : distancia entre las cargas

### EJEMPLOS

1.- Dos cargas positivas de  $6 \mu\text{coul}$  están separadas 50 centímetros. ¿Qué fuerza existe entre las cargas?

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d_{12}^2} = \left(9 \cdot 10^9 \frac{\text{New} \cdot \text{m}^2}{\text{coul}^2}\right) \frac{(6 \cdot 10^{-6} \text{coul})^2}{(0,5 \text{ m})^2} = \mathbf{1,30 \text{ New}}$$

2.- ¿Cuál es el módulo de la fuerza que hay entre una carga positiva de  $8 \cdot 10^{-4} \text{coul}$  y una carga negativa de  $3 \cdot 10^{-4} \text{coul}$  separadas 70 centímetros?

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d_{12}^2} = \left(9 \cdot 10^9 \frac{\text{New} \cdot \text{m}^2}{\text{coul}^2}\right) \frac{(8 \cdot 10^{-4} \text{coul})(3 \cdot 10^{-4} \text{coul})}{(0,7 \text{ m})^2} = \mathbf{4408,16 \text{ New}}$$

3.- Una carga negativa de  $6 \cdot 10^{-6} \text{coul}$  ejerce una fuerza atractiva de 64,8 new sobre una segunda carga colocada a una distancia de 0,05 metros. ¿Cuál es la magnitud de la segunda carga?

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d_{12}^2} \rightarrow q_2 = \frac{F \cdot d_{12}^2}{k \cdot q_1}$$
$$q_2 = \frac{(64,8 \text{ New})(0,05 \text{ m})^2}{\left(9 \cdot 10^9 \frac{\text{New} \cdot \text{m}^2}{\text{coul}^2}\right) (6 \cdot 10^{-6} \text{coul})} = \mathbf{3 \cdot 10^{-6} \text{coul}}$$

### EJERCICIOS PARA RESOLVER

1.- Tres cargas puntuales están ubicadas en línea recta y en forma ordenada  $q_1$ ,  $q_2$  y  $q_3$ ; de cargas  $3 \mu\text{coul}$ ,  $6 \mu\text{coul}$  y  $1 \mu\text{coul}$ . Las distancias entre las cargas son  $d_{12} = 300 \text{ cm}$  y  $d_{23} = 100 \text{ cm}$ . Calcule la fuerza electrostática resultante sobre  $q_2$ .

2.- Tres cargas puntuales están ubicadas en los vértices de un triángulo rectángulo y en forma ordenada. La base del triángulo mide 0,01 metros y su altura 0,02 metros. Sabiendo que  $q_1 = -4 \mu\text{coul}$ ,  $q_2 = +2 \mu\text{coul}$  y  $q_3 = -3 \mu\text{coul}$ , determine la fuerza electrostática resultante sobre  $q_2$ .

Existen tantos tipos distintos de campos como orígenes de fuerzas:

- Campo Gravitatorio
- Campo Eléctrico
- Campo Magnético

En el tema que nos ocupa, los orígenes de fuerzas son las cargas. Entonces: **Campo Eléctrico** creado por una carga es la región del espacio en la que se manifiesta la acción de dicha carga. Esta acción se traducirá en fuerzas ejercidas sobre otras cargas. En cualquier tipo de campo se define la INTENSIDAD DE CAMPO o simplemente CAMPO, como:

**"La fuerza ejercida sobre la unidad de carga"**

La intensidad de campo eléctrico se representa por la letra E y valdrá:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{d^2} \quad \epsilon_0: \text{constante dielectrica en el vacio}$$

Donde  $F$  es la fuerza que dada por la Ley de Coulomb, entonces dividiendo por  $q$  obtendremos el campo eléctrico  $E$ . En el campo gravitatorio, las cargas "gravitatorias" son las masas. Una masa situada a cierta altura, tiende a caer hacia el suelo, (atraída por la masa de la Tierra) y es capaz de desarrollar más trabajo cuanto más alta se la coloque, se dice entonces que tiene más potencial gravitatorio.

### Potencial Eléctrico

Las fuerzas eléctricas son una fuerza conservativa por lo cual sus efectos se pueden incluir en la energía potencial del sistema. Se define como potencial eléctrico  $V$  de un campo eléctrico en un punto, el trabajo que deben realizar las fuerzas del campo para trasladar la unidad de carga positiva desde dicho punto a una región en la que no se perciba la influencia de la carga generadora del campo; en el plano teórico, dicha región se encuentra en el infinito. A partir de esta definición, y en analogía con el trabajo mecánico, se designa como trabajo eléctrico:  $W_E = Q \cdot V$  En relación con el valor del potencial eléctrico, su aplicación práctica se lleva a cabo utilizando la magnitud de la diferencia de potencial entre dos puntos de un mismo campo, que es equivalente al trabajo necesario para trasladar la unidad de carga positiva de un punto A a otro B. El valor de esta magnitud, a la que en ocasiones se denomina también tensión eléctrica, viene expresada por:

$$V_B - V_A = \int_A^B E dr = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$

La unidad de diferencia de potencial en el SI es el voltio (V), definido como la diferencia de potencial existente entre dos puntos tales que para trasladar de uno a otro una carga de un culombio sea necesario realizar un trabajo de un joule.

El potencial en un punto debido a un conjunto de  $n$  cargas puntuales será la suma de todos sus potenciales en ese punto. Las diferencias de potencial se acostumbra a denominar voltajes. Dada la diferencia de potencial entre dos puntos, se pueden decir muchas cosas sobre el movimiento de las partículas cargadas sin que se necesite utilizar información detallada sobre las fuerzas o campos eléctricos. En resumen acerca del comportamiento de partículas cargadas en campos eléctricos se puede decir que:

- ✓ Las cargas positivas al ser liberadas, tienden a moverse hacia regiones de menor potencial eléctrico.
- ✓ Al liberarse las cargas negativas, tienden a moverse hacia regiones de mayor potencial eléctrico.

## Corriente Eléctrica

Es el flujo de cargas a lo largo de un conductor. Para la electricidad, un flujo de carga eléctrica es el resultado de una diferencia de potencial eléctrico, al que se le llama "voltaje". Para mover una carga eléctrica se requiere de energía. La energía eléctrica se genera por la conversión de otras formas de energía, lo que produce una diferencia de potencial o voltaje. Cuantitativamente, la corriente eléctrica se define como la tasa de flujo de la carga neta en función del tiempo. Si una carga neta  $q$  pasa a través de un área transversal en un intervalo de tiempo  $t$ , la corriente eléctrica se define como:  $i = \frac{q}{t}$ . La unidad en el SI de la corriente es el culombio por segundo o ampere (Amperio). Cuando existe una diferencia de potencial, aparece un campo eléctrico en una dirección, el cual viaja con una rapidez cercana a la velocidad de la luz. Por tanto, el campo eléctrico influye en el movimiento de los electrones a lo largo del conductor casi instantáneamente.

## Resistencia y Resistividad Eléctrica. Ley de Ohm

Al aplicar la diferencia de potencial a los extremos de una varilla de cobre y otra, de la misma magnitud, a los de una varilla de plata, puede apreciarse que las corrientes generadas son de distinta intensidad. Ello es debido a que los conductores presentan valores de resistencia. En la fórmula:  $R = \sigma \frac{l}{S}$ , puede apreciarse que la resistencia es directamente proporcional a la longitud  $l$  del conductor e inversamente proporcional a la sección transversal del conductor. El factor  $\sigma$  es el coeficiente de resistividad o resistencia específica del conductor, que corresponde a la resistencia de un filamento de longitud y sección transversal unitarias y se expresa en  $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ . La inversa de la resistividad es la conductividad eléctrica  $\frac{1}{\sigma}$ . El valor del coeficiente de resistividad  $\sigma$  es característico de cada material, aunque no constante (depende de la temperatura).

Como podría esperarse, en general, cuanto mayor es el voltaje mayor es la corriente. Sin embargo hay otro factor que influye en la corriente, la resistencia del conductor. La resistencia de cualquier objeto se define como la razón entre el voltaje a través del objeto y la corriente resultante a través de ese objeto. Por lo tanto, la resistencia se define como:  $R = \frac{V}{i}$ . La unidad en el SI de resistencia es volt por ampere u ohmio ( $\Omega$ ). Para algunos materiales la resistencia es constante en un rango de voltajes. Se dice que un resistor que exhibe resistencia constante obedece la Ley de Ohm, o que es óhmico.

La ley se llamó así en honor de Ohm, quien encontró materiales que poseen esta propiedad. Una forma común y práctica de la Ley de Ohm es:  $V = i \cdot R$

A partir de la expresión de esta ley, puede darse una definición precisa de la unidad de resistencia; se dice que un determinado conductor presenta un valor de resistencia de 1 ohmio cuando, al aplicar entre sus extremos una diferencia de potencial de 1 voltio, se establece una corriente de 1 amperio de intensidad.

## EJERCICIOS RESUELTOS

1.- Determinar el valor de la potencia absorbida por una lámpara de incandescencia, cuyo funcionamiento tiene lugar a una diferencia de potencial de 220 voltios y que es atravesada por una corriente de 0,25 amperios.

$$\text{Sol. } P = R \cdot i^2 = \frac{V^2}{R} = \frac{W \cdot E}{t} = i(V_A - V_B) = (0,25 \text{ amp})(220 \text{ volt}) = 55 \frac{\text{joule}}{\text{seg}} = \mathbf{55 \text{ vatios}}$$

2.- El electrón y el protón de un átomo de hidrógeno están separados (en promedio) por una distancia de aproximadamente  $5,3 \cdot 10^{11}$  m. Encuentre las magnitudes de la fuerza eléctrica y la fuerza gravitacional entre las dos partículas.

Sol. Utilizando la Ley de Coulomb:

$$F_E = k \frac{\bar{e}e}{r^2} = \left(9 \cdot 10^9 \frac{\text{New} \cdot \text{m}^2}{\text{coul}^2}\right) \frac{(1,6 \cdot 10^{-19} \text{ coul})^2}{(5,3 \cdot 10^{11} \text{ m})^2} = \mathbf{8,2 \cdot 10^{-8} \text{ Newton}}$$

Utilizando la Ley de Gravitación Universal de Newton:  $F_g = G \frac{m_e m_p}{r^2}$

$$F_G = \left(6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{New} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}\right) \frac{(9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg})(1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg})}{(5,3 \cdot 10^{11} \text{ m})^2} = \mathbf{3,6 \cdot 10^{-47} \text{ Newton}}$$

3.- Cierto bombillo tiene una resistencia de 240  $\Omega$  cuando se enciende. ¿Cuánta corriente eléctrica fluirá a través del bombillo cuando se conecta a una fuente a 120 voltios? ¿Cuál es la potencia que genera?

$$\text{Sol. Por la Ley de OHM: } V = i \cdot R \rightarrow i = \frac{V}{R} = \frac{120 \text{ Ohmios}}{240 \text{ Voltios}} = \mathbf{0,5 \text{ amperios}}$$

$$P = R \cdot i^2 = (240 \Omega)(0,5 \text{ amperios})^2 = \mathbf{60 \text{ vatios}}$$

4.- Una barra cilíndrica metálica mide 2 metros de largo y 8 milímetros de diámetro. Calcule su resistencia, si la resistividad del metal es de  $1,76 \cdot 10^{-18} \Omega \cdot \text{m}$ .

$$\text{Sol. } R = \sigma \frac{l}{A} = (1,76 \cdot 10^{-18} \Omega \cdot \text{m}) \frac{(2 \text{ m})}{\pi(4 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2} = \mathbf{7,003 \cdot 10^{-14} \Omega} \rightarrow A = \pi r^2 \quad r = \frac{d}{2}$$

5.- Un alambre tiene un diámetro de 2,59 milímetros. ¿Cuántos metros de alambre de aluminio se necesitan para proporcionar una resistencia de 1 ohmio?  $\rho_{Al} = 2,8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$

$$\text{Sol. } l = \frac{R \cdot A}{\sigma} = \frac{(1 \Omega)(\pi(1,295 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2)}{(2,8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m})} = \mathbf{188,16 \text{ metros}}$$

## Tema 4: CALOR. TEMPERATURA. UNIDADES. EQUILIBRIO TÉRMICO. CANTIDAD DE CALOR.

Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736), un fabricante alemán de instrumentos, creó el primer termómetro de alcohol (1709) y el primer termómetro de mercurio (1714). Fahrenheit utilizó temperaturas de 0 y 96° como puntos de referencia. Los puntos de congelación y de ebullición del agua se registraron en 32 y 212°F, respectivamente. Anders Celsius (1701-1744), un astrónomo sueco, inventó la escala de temperatura que lleva su nombre con un intervalo de 100 grados entre el punto de congelación y el de ebullición del agua (0 y 100°C). La escala original de Celsius estaba invertida, es decir, marcaba 100°C para el punto de congelación, y 0°C para el de ebullición. Esto se modificó tiempo después.

- ✓ Las escalas de temperatura Celsius y Fahrenheit arrojan la misma lectura a los  $-40^\circ$ , de manera que  $-40^\circ\text{C} = -40^\circ\text{F}$ .
- ✓ La menor temperatura posible es el cero absoluto ( $-273,15^\circ\text{C}$ ). No se conoce un límite superior de la temperatura.
- ✓ El Golden Gate sobre la bahía de San Francisco varía casi 1 m de longitud entre el verano y el invierno (a causa de la expansión térmica).

Casi todas las sustancias tienen coeficientes positivos de expansión térmica (se expanden cuando se calientan). Algunas tienen coeficientes negativos (se contraen cuando se calientan). Así sucede con el agua en un rango específico de temperatura. El volumen de cierta cantidad de agua disminuye (se contrae) al calentarse de 0 a 4°C.

### Calor y Temperatura

Una buena forma de comenzar a estudiar física térmica es definiendo temperatura y calor. La **temperatura** es una medida, o indicación, de que tan caliente o frío está un objeto. Decimos que una estufa caliente tiene una temperatura alta; y que un cubo de hielo, una temperatura baja. Si un objeto tiene una temperatura más alta que otro, decimos que está más caliente, o que el otro objeto está más frío. Caliente y frío son términos relativos, como alto y bajo. Percibimos la temperatura por el tacto; sin embargo, este sentido de temperatura no es muy confiable y su alcance es demasiado limitado como para que resulte útil en la ciencia. El calor está relacionado con la temperatura y describe el proceso de transferencia de energía de un objeto a otro. Es decir, **calor** es la energía neta transferida de un objeto a otro, debido a una diferencia de temperatura. Por lo tanto, el calor es energía en tránsito, por decirlo de alguna manera. Una vez transferida, la energía se vuelve parte de la energía total de las moléculas del objeto o sistema, su **energía interna**. Una transferencia de calor (energía) entre objetos produciría cambios de energía interna.

La **temperatura** es una **magnitud física** que está relacionada con la energía que tienen las partículas que forman los cuerpos. Estas partículas si se mueven muy rápido harán que el cuerpo sea más caliente (más energía) y si se mueven más despacio el cuerpo será más frío (menos energía). Para medir la temperatura necesitamos referencias. La temperatura la podemos medir con diferentes escalas pero en este vídeo os explicaré las tres **escalas de temperatura** más comunes:

- Grados Celsius
- Grados Fahrenheit
- Kelvin

**FÓRMULAS:**  $^\circ\text{F} = \left(\frac{9}{5}\right)^\circ\text{C} + 32$      $^\circ\text{C} = \frac{5(^\circ\text{F}-32)}{9}$      $\text{K} = ^\circ\text{C} + 273$      $^\circ\text{C} = \text{K} - 273$

Cero Absoluto  $\rightarrow -459^\circ\text{F} \rightarrow -273^\circ\text{C} \rightarrow 0\text{ K}$

Punto de Fusión del Hielo  $\rightarrow 32^\circ\text{F} \rightarrow 0^\circ\text{C} \rightarrow 273\text{ K}$

Punto de Ebullición del Agua  $\rightarrow 212^\circ\text{F} \rightarrow 100^\circ\text{C} \rightarrow 373\text{ K}$

### EJEMPLO

Transformar:

- 1.- -18 grados Celsius a Fahrenheit
- 2.- 98,6 grados Fahrenheit a Celsius
- 3.- 32 grados Fahrenheit a Kelvin

Soluciones:

1.-  $^\circ\text{F} = \left(\frac{9}{5}\right)(-18) + 32 = -32,4 + 32 = -0,4 \cong 0$

2.-  $^\circ\text{C} = \frac{5(98,6-32)}{9} = 37$

3.-  $^\circ\text{C} = \frac{5(32-32)}{9} = 0 \rightarrow \text{K} = 0 + 273 = 273$

### EJEMPLO

Determinar en grados Celsius y grados Fahrenheit el cero absoluto.

$$\text{K} = 0 \rightarrow ^\circ\text{C} = 0 - 273 = -273 \rightarrow ^\circ\text{F} = \left(\frac{9}{5}\right)(-273) + 32 = -459,4$$

## EJERCICIOS PARA RESOLVER

- 1.- La temperatura de ebullición del oxígeno es de 90,19 K. Determinar dicha temperatura en las escalas Celsius y Fahrenheit.  
(Sol. **-182,81 °C y -297,06 °F**)
- 2.- Expresar la temperatura normal del cuerpo de 37 grados Celsius, en las escalas Fahrenheit y Kelvin.  
(Sol. **98,6 °F y 310 K**)
- 3.- ¿A qué temperaturas son iguales (los valores numéricos) las escalas: a) Celsius y Fahrenheit. b) Kelvin y Fahrenheit. c) Kelvin y Celsius? (Sol. **-40°, 574,25°, no coinciden**)

La materia puede encontrarse en diferentes **estados de agregación** en función de la presión y la temperatura. Todos conocemos los principales estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso, pero hay otros estados de agregación, como el plasma, que aunque menos frecuente, está presente en nuestra vida cotidiana. El Sol, las lámparas fluorescentes y algunas televisiones son ejemplos del estado de plasma. Un estado fluido similar al estado gaseoso pero en el que determinada proporción de sus partículas están ionizadas. Variando la temperatura o la presión, podríamos cambiar la materia de un estado a otro. Por ejemplo, podríamos conseguir que un líquido se convierta en sólido bajando la temperatura. Y para pasar de un líquido a un gas habría que aumentarla, siempre y cuando la presión se mantenga constante.

Los principales cambios de estado, variando la temperatura y/o la presión, según el caso:

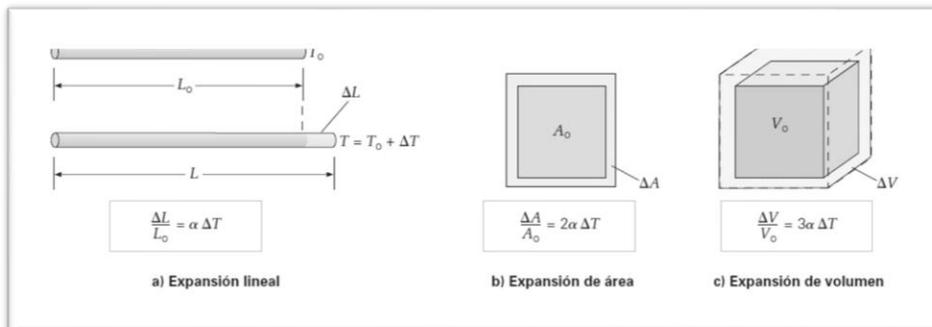
- Sólido a Líquido (Fusión).
- Líquido a Gas (Ebullición o Evaporación o Vaporización).
- Líquido a Sólido (Solidificación o Congelación).
- Gas a Líquido (Licuación o Licuefacción o Condensación).
- Sólido a Gas (Sublimación).
- Gas a Sólido (Cristalización o Sublimación Inversa).



### Dilatación o Expansión Térmica. Transferencia de Energía.

La dilatación o expansión térmica es el resultado de un cambio en la distancia promedio que separa los átomos de una sustancia, conforme esta se calienta. Los átomos se mantienen juntos por fuerzas de unión. Los átomos vibran de un lado a otro; al aumentar la temperatura (es decir, con mayor energía interna), se vuelven más activos y vibran más ampliamente. Como las vibraciones son más amplias en todas las dimensiones, el sólido se expande en su totalidad.

En forma general, cuando aumentamos la temperatura de un cuerpo (sólido o líquido), aumentamos la agitación de las partículas que forman ese cuerpo. Esto causa un alejamiento entre las partículas, resultando en un aumento en las dimensiones del cuerpo (dilatación térmica). Por otra parte, una disminución en la temperatura de un cuerpo, acarrea una reducción en sus dimensiones. La dilatación de los cuerpos es una manifestación del aumento de energía potencial.



Dilatación Lineal (sólidos)	$\rightarrow \Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$
Dilatación Superficial (sólidos)	$\rightarrow \Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$
Dilatación Cúbica o Volumétrica (sólidos, líquidos y gases)	$\rightarrow \Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$

### Significado de cada factor en las expresiones anteriores:

$\Delta L$ : Dilatación Lineal	$\alpha$ : Coeficiente de Dilatación Lineal	$L_0$ : Longitud Inicial
$\Delta S$ : Dilatación Superficial	$\beta$ : Coeficiente de Dilatación Superficial	$S_0$ : Superficie Inicial
$\Delta V$ : Dilatación Cúbica	$\gamma$ : Coeficiente de Dilatación Cúbica	$V_0$ : Volumen Inicial
$\Delta T$ : Variación de Temperaturas		

Relación entre los coeficientes de dilatación (en sólidos):  $\beta = 2 \alpha$  ,  $\gamma = 3 \alpha$

**Investigar.-** ¿Qué es transferencia de energía térmica por conducción, por convección y por radiación?

### Algunos valores de coeficientes de dilatación lineal:

Hormigón $\rightarrow \alpha = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Acero $\rightarrow \alpha = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Hierro $\rightarrow \alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Plata $\rightarrow \alpha = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Oro $\rightarrow \alpha = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Plomo $\rightarrow \alpha = 3,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Zinc $\rightarrow \alpha = 2,6 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Aluminio $\rightarrow \alpha = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Latón $\rightarrow \alpha = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Cobre $\rightarrow \alpha = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Cuarzo $\rightarrow \alpha = 0,04 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Hielo $\rightarrow \alpha = 5,1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Diamante $\rightarrow \alpha = 0,12 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Vidrio $\rightarrow \alpha = 0,8 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	

### EJERCICIOS RESUELTOS

1.- Si un material tiene un coeficiente de dilatación lineal  $\alpha = 0,000131 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , siendo su longitud de 1 metro a la temperatura de 12 °C. Determina su longitud a la temperatura de 54 °C.

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \rightarrow \Delta L = L_f - L_0 \rightarrow \Delta T = T_f - T_0 \rightarrow L_f - L_0 = \alpha L_0 (T_f - T_0)$$

$$L_f = L_0 + \alpha L_0 (T_f - T_0) = 1\text{m} + (0,000131 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1})(1\text{m})(54 \text{ } ^\circ\text{C} - 12 \text{ } ^\circ\text{C}) = 1\text{m} + 0,005502\text{m} = \mathbf{1,0055\text{m}}$$

2.- Un alambre de cobre tiene una longitud de 10 cm a la temperatura de 20 °C. ¿A qué temperatura tendrá una longitud de 10,05 centímetros?

$$L_f - L_0 = \alpha L_0 (T_f - T_0) \rightarrow T_f = \frac{L_f - L_0}{\alpha L_0} + T_0$$

$$T_f = \frac{(10,05\text{cm} - 10,00\text{cm})}{(1,7 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1})(10,00\text{cm})} + 20 \text{ } ^\circ\text{C} = 294,12 \text{ } ^\circ\text{C} + 20 \text{ } ^\circ\text{C} = \mathbf{314,12 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

3.- Una barra de un metal desconocido tiene una longitud de 1,050 m a una temperatura de 20°C y cuando su temperatura pasa a 40°C su longitud es de 1,065 m. Determinar el coeficiente de dilatación lineal del metal.

$$L_f - L_0 = \alpha L_0 (T_f - T_0) \rightarrow \alpha = \frac{L_f - L_0}{L_0 (T_f - T_0)}$$

$$\alpha = \frac{(1,065\text{m} - 1,050\text{m})}{(1,050\text{m})(40 \text{ } ^\circ\text{C} - 20 \text{ } ^\circ\text{C})} = \frac{0,015\text{m}}{21\text{m} \text{ } ^\circ\text{C}} = \mathbf{7,14 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}}$$

4.- Un disco de Zinc tiene un radio de 6 cm a la temperatura de 19°C, si la temperatura se eleva a 50°C. Calcular la superficie total del disco a esta última temperatura.

$$\Delta S = \beta S_0 \Delta T = 2 \alpha S_0 \Delta T$$

$$S_f - S_0 = 2 \alpha S_0 (T_f - T_0) \rightarrow S_f = S_0 + 2 \alpha S_0 (T_f - T_0) \rightarrow S_0 = \pi r^2$$

$$S_0 = (3,1416)(6\text{cm})^2 = 113,10 \text{ cm}^2$$

$$S_f = 113,10 \text{ cm}^2 + 2(2,6 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1})(113,10 \text{ cm}^2)(50 \text{ } ^\circ\text{C} - 19 \text{ } ^\circ\text{C}) = 113,10 \text{ cm}^2 + 0,18 \text{ cm}^2$$

$$S_f = \mathbf{113,28 \text{ cm}^2}$$

5.- Un alambre de acero tiene una longitud de 25 cm, a la temperatura de 17 °C . Calcular a cuánto debe aumentar la temperatura para variar su longitud en 0,03 cm.

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T = \alpha L_0 (T_f - T_0) \rightarrow T_f = \frac{\Delta L}{\alpha L_0} + T_0$$

$$T_f = \frac{(0,03\text{cm})}{(1,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1})(25\text{cm})} + 17 \text{ } ^\circ\text{C} = 120 \text{ } ^\circ\text{C} + 17 \text{ } ^\circ\text{C} = \mathbf{137 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

6.- Un recipiente de latón tiene una capacidad de 2 litros a la temperatura de 15 °C. Calcular la Capacidad a la temperatura de 35 °C.

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta T = 3 \alpha V_0 \Delta T \rightarrow V_f - V_0 = 3 \alpha V_0 \Delta T \rightarrow V_f = V_0 + 3 \alpha V_0 \Delta T$$

$$V_f = 2\text{ lts} + 3(1,8 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(2\text{ lts})(35^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}) = 2\text{ lts} + 0,00216\text{ lts} = \mathbf{2,00216\text{ lts}}$$

7.- Un cubo de cobre tiene un volumen de 27 cm<sup>3</sup> a la temperatura de 20 °C. Determinar la longitud de su arista cuando la temperatura se eleva a 60 °C.

$$V_f = V_0 + 3 \alpha V_0 \Delta T = 27\text{ cm}^3 + 3(1,7 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(27\text{ cm}^3)(60^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 27\text{ cm}^3 + 0,0551\text{ cm}^3$$

$$V_f = 27,0551 \text{ cm}^3 \rightarrow V_f = l^3 \rightarrow l = \sqrt[3]{V_f} = \sqrt[3]{27,0551\text{ cm}^3} = 3,002 \text{ cm} \rightarrow \mathbf{l = 3,002 \text{ cm}}$$

### Calor Específico y Calorimetría

**Calorimetría** es la medida del calor que se desprende o absorbe en los procesos físicos, químicos y biológicos. Es la parte de la Termología que tiene por objeto el análisis de las técnicas de medición de calor en los diferentes fenómenos físicos en los que la temperatura es variable. Cuando se agrega calor a un sólido o a un líquido, la energía podría aumentar la energía cinética molecular promedio (cambio de temperatura), y también la energía potencial asociada con los enlaces moleculares. Las distintas sustancias tienen diferentes configuraciones moleculares y patrones de enlace. Por lo tanto, si se añade la misma cantidad de calor a masas iguales de diferentes sustancias, los cambios de temperatura producidos generalmente no serán iguales. La cantidad de calor  $Q$  necesaria para cambiar la temperatura de una sustancia es proporcional a la masa  $m$  de la sustancia y al cambio en su temperatura  $\Delta T$ . Es decir,  $Q \propto m\Delta T$ , en forma de ecuación, con una constante de proporcionalidad  $c_E$  (calor específico).

$$Q = c_E m \Delta T \text{ (ECUACIÓN CALORIMÉTRICA)} \quad \text{o} \quad c_E = \frac{Q}{m \Delta T}$$

$Q$ : cantidad de energía requerida (calorías, joules, BTU (British Thermal Unit - unidad británica de calor))

$m$ : masa (kilogramos, libras)

$\Delta T$ : aumento o disminución de temperatura (kelvin, grados celsius, grados fahrenheit)

$c_E$ : calor específico  $\left( \frac{\text{joules}}{\text{kg}^\circ\text{C}}, \frac{\text{calorías}}{\text{gr}^\circ\text{C}}, \frac{\text{BTU}}{\text{libras}^\circ\text{F}} \right)$

Sustancias	Calor específico de diversas sustancias (sólidos y líquidos) a 20°C y 1 atm	
	J/(kg · °C)	kcal/(kg · °C) o cal/(g · °C)
<i>Sólidos</i>		
Aluminio	920	0.220
Cobre	390	0.0932
Vidrio	840	0.201
Hielo (-10°C)	2100	0.500
Hierro o acero	460	0.110
Plomo	130	0.0311
Suelo (valor promedio)	1050	0.251
Madera (valor promedio)	1680	0.401
Cuerpo humano (valor promedio)	3500	0.84
<i>Líquidos</i>		
Alcohol etílico	2450	0.585
Glicerina	2410	0.576
Mercurio	139	0.0332
Agua (15°C)	4186	1.000
<i>Gases</i>		
Vapor de agua (H <sub>2</sub> O)	2000	0.48

Algunas constantes para conversiones:

$$1 \text{ caloría} = 4,18 \text{ joules} \quad 1 \text{ BTU} = 252 \text{ calorías} = 1054 \text{ joules}$$

## PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE ENERGÍA

Cuando dos cuerpos a diferentes temperaturas se ponen en contacto, el calor tomado por uno de ellos ha de ser igual en cantidad al calor cedido por el otro.

$$Q_1 = -Q_2 \rightarrow \text{— es quien cede calor}$$

$$m_1 c_1 (T_E - T_1) = -m_2 c_2 (T_E - T_2)$$

1 hace referencia al cuerpo frío y 2 al cuerpo caliente,  $T_E$  : Temperatura de Equilibrio ( $T_1 < T_E < T_2$ )

**La Capacidad Calórica** es la razón o cociente entre el calor  $\Delta Q$  proporcionado a un cuerpo y el aumento correspondiente  $\Delta T$  de su temperatura.

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad C \rightarrow \frac{\text{cal}}{^\circ\text{C}}, \frac{\text{BTU}}{^\circ\text{F}}$$

La capacidad calórica por unidad de masa de un cuerpo se le denomina **Calor Específico** y es característico del material del cual está hecho ese cuerpo.

$$c_E = \frac{\text{Capacidad Calorica}}{\text{masa}} = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta T} = \frac{C}{m} \quad c_E \rightarrow \frac{\text{cal}}{\text{gr}^\circ\text{C}}, \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}}$$

### EJERCICIOS RESUELTOS

1.- Un estudiante se comió una rebanada de pastel (400 kcal). Para evitar que esta energía se acumule como grasa, decide tomar agua helada a 0 °C. Ella piensa que el agua helada ingerida se calentará hasta llegar a su temperatura corporal normal de 37 °C y absorberá la energía. ¿Cuánta agua helada tendría que tomar para absorber la energía generada metabolizando el pastel de cumpleaños?

**Razonamiento.** El calor para subir la temperatura de cierta masa de agua helada de 0 a 37 °C es igual a las 400 Cal de energía calórica, metabolizada del pastel de cumpleaños. Puesto que se conocen el calor, el calor específico y el cambio de temperatura del agua helada, calculamos la masa requerida de agua helada.

**Solución.** El calor requerido para calentar el agua helada es de 400 Cal. Se listan los datos y se hace la conversión de unidades al SI.

$$\text{Dado: } Q = (400 \text{ kcal}) \left( \frac{4186 \text{ J}}{\text{kcal}} \right) = 1.67 \times 10^6 \text{ J} \quad \text{Encuentre: Masa } m \text{ de agua para "deshacerse" de 400 Cal}$$
$$T_i = 0^\circ\text{C}$$
$$T_f = 37^\circ\text{C}$$
$$c = 4.186 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{C}^\circ)$$

$$Q = cm\Delta T = cm(T_f - T_i). \text{ Al despejar } m \text{ se obtiene}$$

$$m = \frac{Q}{c\Delta T} = \frac{1.67 \times 10^6 \text{ J}}{[4186 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{C}^\circ)](37^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C})} = 10.8 \text{ kg}$$

2.- ¿Qué cantidad de calor se necesita para elevar la temperatura de 3000 gramos de cobre en 20 Kelvin, sabiendo que el calor específico del cobre es de  $0,386 \frac{\text{kilojoules}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$  ?

$$Q = c_E m \Delta T = \left( 0,386 \frac{\text{kilojoules}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right) (3 \text{ kg}) (20\text{K}) = 23,16 \text{ kilojoules} = 23,16 \cdot 10^3 \text{ joules}$$

3.- Un bloque de aluminio de 2 kilogramos esta inicialmente a 10 °C . Si se transfieren 36000 joules de energía calorífica, ¿Cuál es su temperatura final? Sabiendo que el calor específico del aluminio es  $920 \frac{\text{Joules}}{\text{kg} \cdot \text{C}^\circ}$  .

$$Q = c_E m \Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{Q}{c_E m} \rightarrow T_f - T_i = \frac{Q}{c_E m} \rightarrow T_f = T_i + \frac{Q}{c_E m}$$
$$T_f = (10^\circ\text{C}) + \frac{36000 \text{ Joules}}{\left( 920 \frac{\text{Joules}}{\text{kg} \cdot \text{C}^\circ} \right) (2 \text{ Kg})} = 10^\circ\text{C} + 19,56^\circ\text{C} = 29,56^\circ\text{C}$$

4.- ¿Cuántas calorías ceden 5 Kg de cobre ( $c_E = 0,094 \frac{\text{cal}}{\text{gr}\cdot^\circ\text{C}}$ ) al enfriarse desde 36 °C hasta -4 °C ?

$$Q = -c_E m \Delta T = \left(0,094 \frac{\text{cal}}{\text{gr}\cdot^\circ\text{C}}\right) (5000 \text{gr}) (-4^\circ\text{C} - 36^\circ\text{C}) = \mathbf{18.800 \text{ calorías}}$$

5.- Se vacían 400 gramos de agua a 20 grados Celsius en un recipiente. El recipiente se coloca al fuego de una llama que le proporciona cierta cantidad de energía térmica de modo que tarda 5 minutos para que el agua alcance una temperatura de 90 grados Celsius. Si el recipiente no absorbe energía térmica. ¿Cuánta energía absorbió el agua? ¿Qué potencia desarrolla el sistema que calienta el agua?

$$Q = c_E m \Delta T = \left(1 \frac{\text{cal}}{\text{gr}\cdot^\circ\text{C}}\right) (400 \text{gr}) (90^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = \mathbf{28.000 \text{ calorías}}$$

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{28.000 \text{cal}}{300 \text{seg}} = \mathbf{93,33 \text{ vatios o watt}}$$

6.- Se pretende identificar el metal del que está formada una medalla. Para ello se determina su masa mediante una balanza que arroja el valor de 25 gramos. A continuación se calienta al baño de María, hasta alcanzar una temperatura de 85 grados Celsius y se introduce en el interior de un calorímetro que contiene 50 gramos de agua a 16,5 grados Celsius. Al cabo de un cierto tiempo y tras utilizar varias veces el agitador, la columna del termómetro del calorímetro deja de subir señalando una temperatura de equilibrio de 19,5 grados Celsius. ¿De qué metal puede tratarse según la siguiente tabla?

$$\text{Alcohol Etilico} \rightarrow 0,581 \frac{\text{cal}}{\text{gr}\cdot^\circ\text{C}} \quad \text{Cobre} \rightarrow 0,093 \frac{\text{cal}}{\text{gr}\cdot^\circ\text{C}} \quad \text{Estaño} \rightarrow 0,054 \frac{\text{cal}}{\text{gr}\cdot^\circ\text{C}} \quad \text{Aluminio} \rightarrow 0,220 \frac{\text{cal}}{\text{gr}\cdot^\circ\text{C}}$$

$$Q_1 = -Q_2 \rightarrow m_1 c_1 (T_E - T_1) = -m_2 c_2 (T_E - T_2)$$

$$(50 \text{gr}) \left(1 \frac{\text{cal}}{\text{gr}\cdot^\circ\text{C}}\right) (19,5^\circ\text{C} - 16,5^\circ\text{C}) = -(25 \text{gr}) c_2 (19,5^\circ\text{C} - 85^\circ\text{C})$$

$$(50 \text{gr}) \left(1 \frac{\text{cal}}{\text{gr}\cdot^\circ\text{C}}\right) (3^\circ\text{C}) = -(25 \text{gr}) c_2 (-65,5^\circ\text{C}) \quad c_2 = \frac{150 \text{cal}}{1637,5 \text{gr}\cdot^\circ\text{C}} = 0,091603053 \frac{\text{cal}}{\text{gr}\cdot^\circ\text{C}}$$

$$c_2 = \mathbf{0,091603053 \frac{\text{cal}}{\text{gr}\cdot^\circ\text{C}}}$$

Si se compara el resultado con la tabla de calores específicos de metales, se concluye que puede tratarse de cobre.

7.- En el campo una geóloga bebe su café matutino de una taza de aluminio. La taza tiene una masa de 0,120 kg e inicialmente está a 20 °C cuando se vierte en ella 0,300 kg de café que inicialmente estaba a 70 °C. ¿A qué temperatura alcanzarán la taza y el café el equilibrio térmico? (Suponga que el calor específico del café es el mismo del agua y que no hay intercambio de calor con el entorno.)

$$Q_{\text{CAFE}} = m_{\text{CAFE}} \cdot c_{\text{AGUA}} \cdot \Delta T_{\text{CAFE}} = (0,300 \text{kg}) \left(4190 \frac{\text{joule}}{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}}\right) (T - 70^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{ALUMINIO}} = m_{\text{ALUMINIO}} \cdot c_{\text{ALUMINIO}} \cdot \Delta T_{\text{ALUMINIO}} = (0,120 \text{kg}) \left(910 \frac{\text{joule}}{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}}\right) (T - 20^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{CAFE}} + Q_{\text{ALUMINIO}} = 0$$

$$(0,300)(4190)(T - 70) + (0,120)(910)(T - 20) = 0$$

$$(1257)(T - 70^\circ\text{C}) + (109,2)(T - 20) = 0$$

$$1257T - 87990 + 109,2T - 2184 = 0 \rightarrow \mathbf{T \approx 66^\circ\text{C}}$$

Calculando las cantidades de calor obtenemos:

$$Q_{\text{CAFE}} \approx -5028 \text{ joules} \quad \text{y} \quad Q_{\text{ALUMINIO}} \approx +5028 \text{ joules}$$

Implica que el café pierde calor...

### EJERCICIOS PARA RESOLVER

- 1.- Determinar el aumento de volumen que experimenta 100 cm<sup>3</sup> de mercurio cuando su temperatura se eleva a 10 °C a 35 °C. El coeficiente de dilatación cubica del mercurio es de  $18 \cdot 10^{-5} \text{C}^{-1}$ . **(Sol 0,45 cm<sup>3</sup>)**
- 2.- El coeficiente de dilatación lineal del vidrio es  $9 \cdot 10^{-6} \text{C}^{-1}$ . ¿Qué capacidad tendrá un frasco de vidrio a 25 °C, si su valor a 15 °C es de 50 cm<sup>3</sup>? **(Sol 50,014 cm<sup>3</sup>)**
- 3.- ¿Cuánto calor requiere para elevar la temperatura de 10 kilogramos de plomo de 5 °C a 45 °C? El calor específico del plomo es 0,031 kcal/Kg°C. **(Sol 12,4 kcal)**
- 4.- ¿Determinar el calor específico necesario, si la cantidad de calor para elevar la temperatura de 10 °C a 100 °C, es de 840 calorías? Su masa es de 100 gramos. **(Sol 93,3 · 10<sup>-3</sup>  $\frac{\text{cal}}{\text{gr}\cdot^\circ\text{C}}$ )**

## Tema 5: TRABAJO Y ENERGÍA

El problema fundamental de la Mecánica es describir como se moverán los cuerpos si se conocen las fuerzas aplicadas sobre él. La forma de hacerlo es aplicando la segunda Ley de Newton, pero si la fuerza no es constante, es decir la aceleración no es constante, no es fácil determinar la velocidad del cuerpo ni tampoco su posición, por lo que no se estaría resolviendo el problema. Los conceptos de trabajo y energía se fundamentan en las Leyes de Newton, por lo que no se requiere ningún principio físico nuevo. Con el uso de estas dos magnitudes físicas, se tiene un método alternativo para describir el movimiento, especialmente útil cuando la fuerza no es constante, ya que en estas condiciones la aceleración no es constante y no se pueden usar las ecuaciones de la cinemática anteriormente estudiadas. En este caso se debe usar el proceso matemático de integración para resolver la segunda Ley de Newton. Ejemplos de fuerzas variables son aquellas que varían con la posición, comunes en la naturaleza, como la fuerza gravitacional o las fuerzas elásticas. Estos dos conceptos se encuentran relacionados. Podemos decir que **Trabajo** es todo proceso que implique demanda de energía; entendiéndose como demanda el suministro, consumo o acumulación de energía. De la misma manera se denomina **Energía** a la capacidad que tienen los cuerpos o partículas para realizar un trabajo.

**Fuerza:** magnitud vectorial capaz de cambiar el estado de movimiento de un cuerpo

**Ejemplos de Fuerzas**

**1. Fuerza fundamentales:**

- ✓ Gravitacional
- ✓ Eléctrica
- ✓ Magnética

**2. Fuerza Normal:** fuerza ejercida por una superficial sobre un cuerpo 'apoyado' sobre ella, (perpendicular a la superficie)

- ✓ Nuclear fuerte
- ✓ Nuclear débil

**4. Fuerzas elásticas (Ley de Hooke)**

$F = -k \Delta x$

**3. Fuerzas de rozamiento**

$F_r = \mu N$

**5. Fuerzas de resistencia en un fluido:**

$\vec{F} = -\alpha \vec{v}$

**Por ejemplo:** Si se tiene un cuerpo en una posición A y al trasladarlo hacia una posición B, el trabajo realizado para vencer las fuerzas de rozamiento que se oponen al desplazamiento implica un consumo de energía (realmente lo que ocurre es una transformación de energía); por lo tanto en el punto B el cuerpo tendrá menor cantidad de energía.

Todos los procesos que impliquen rozamiento producen una transformación de energía en calor y como éste no se puede aprovechar decimos que se consume energía. Si tenemos una partícula que se mueve una distancia  $d=AB$  bajo la acción de una fuerza constante  $F$ , el trabajo realizado se define de la siguiente forma:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = F \cdot d \cdot \cos \alpha \quad \text{donde } \alpha \text{ es el ángulo entre los vectores fuerza y desplazamiento}$$

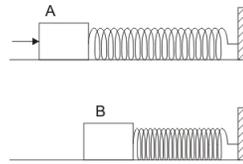
El trabajo hecho por una fuerza es igual al producto del desplazamiento de la partícula por la componente de la fuerza a lo largo del desplazamiento.

**Por ejemplo:** Si tenemos un plano inclinado sin rozamiento, al tener un cuerpo en el punto A se le debe suministrar una cierta cantidad de energía para trasladarlo al punto B, en el cual el cuerpo poseerá mayor cantidad de energía. En este caso se ha efectuado una acumulación de energía.

Prof. Jesús Enrique Barrios Pacheco – <https://jesusebarriosp.webnode.com.ve>

13

**Otro ejemplo:** Otro caso de acumulación de energía ocurre cuando se comprime un resorte, el cual al estar comprimido contiene la energía suministrada para comprimirlo.



### Formas de Energía

La energía recibe diferentes nombres de acuerdo a la forma como se manifiesta:

TIPO DE ENERGÍA	FORMA EN QUE SE MANIFIESTA
Lumínica	Luz
Sonora	Sonido
Eólica	Viento
Mecánica	Disponible en un eje
Potencial	Posición
Cinética	Velocidad
Eléctrica	Electricidad
Latente	Combustibles

Se denominan transductores a los dispositivos que convierten una forma de energía en otra por ejemplo:

Lámpara	Eléctrica => Lumínica
Micrófono	Sonora => Eléctrica
Parlante	Eléctrica => Sonora
Motor Eléctrico	Eléctrica => Mecánica

El **Trabajo Mecánico** se define como el proceso a través del cual una fuerza que actúa sobre un cuerpo, produce el desplazamiento del mismo. La unidad fundamental de trabajo es el joule y su símbolo es "**joule**". El joule es el trabajo que se realiza cuando al aplicar una fuerza de un newton sobre un cuerpo se produce un desplazamiento de un metro. Al hacer la equivalencia de unidades se da la siguiente relación:

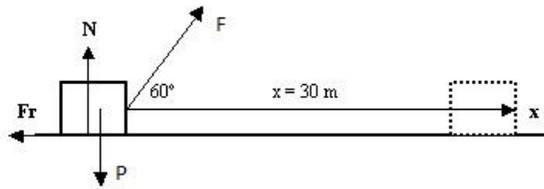
$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = F \cdot d \cdot \cos \alpha$$

[Joules] = [New · m] (SI – MKS) → [Ergio] = [Dina · cm] (CGS)

En general:  $W_{NETO} = W_{TOTAL} = W_{F_1} + W_{F_2} + \dots + W_{F_N} = \sum W_{F_i}$

#### EJEMPLO

Una caja de 40 kg se arrastra 30 m por un piso horizontal, aplicando una fuerza constante 100 New ejercida por una persona. Tal fuerza actúa en un ángulo de 60°. El piso ejerce una fuerza de fricción de roce 20 New. Calcular el trabajo efectuado por cada una de las fuerzas. Calcular también el trabajo neto efectuado sobre la caja. Determinar el coeficiente de rozamiento cinético.



**Solución:**

$$W_{NORMAL} = N \cdot d \cdot \cos 90^\circ = \mathbf{0 \text{ joules}} \quad W_{PESO} = m \cdot g \cdot d \cdot \cos 270^\circ = \mathbf{0 \text{ joules}}$$

$$W_{Fx} = F_x \cdot d \cdot \cos 0^\circ = F \cos 60^\circ \cdot d = (100 \text{ new}) \left(\frac{1}{2}\right) (30 \text{ m}) = \mathbf{1500 \text{ joules}}$$

$$W_{Fy} = F_y \cdot d \cdot \cos 270^\circ = \mathbf{0 \text{ joules}}$$

$$W_{Fr} = F_r \cdot d \cdot \cos 180^\circ = (20 \text{ new})(30 \text{ m})(-1) = \mathbf{-600 \text{ joules}}$$

$$W_{NETO} = W_{NORMAL} + W_{PESO} + W_{Fx} + W_{Fy} + W_{Fr} = 0 \text{ joules} + 0 \text{ joules} + 1500 \text{ joules} + 0 \text{ joules} - 600 \text{ joules}$$

$$W_{NETO} = \mathbf{900 \text{ joules}}$$

$$F_r = \mu_k N = \mu_k mg \rightarrow \mu_k = \frac{F_r}{mg} = \frac{(20 \text{ new})}{(40 \text{ Kg}) \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}\right)} = \mathbf{0,051} \rightarrow \mu_k = \mathbf{0,051}$$

**Energía:** es una magnitud física que se presenta bajo diversas formas, está involucrada en todos los procesos de cambio de Estado Físico, se transforma y se transmite, depende del sistema de referencia y fijado éste se conserva. Por lo tanto todo cuerpo es capaz de poseer energía, esto gracias a su movimiento, a su composición química, a su posición, a su temperatura, a su masa y a algunas otras propiedades. En las diversas disciplinas de la física y la ciencia, se dan varias definiciones de energía, por supuesto todas coherentes y complementarias entre sí, todas ellas siempre relacionadas con el concepto de trabajo mecánico. La unidad fundamental de la Energía es el joule y su símbolo es "**joule**".

La **Energía Mecánica** es la energía que se debe a la posición y al movimiento de un cuerpo, por lo tanto, es la suma de las energías potencial, cinética y la elástica de un cuerpo en movimiento. Expresa la capacidad que poseen los cuerpos con masa de efectuar un trabajo. En la energía potencial puede considerarse también la energía potencial elástica, aunque esto suele aplicarse en el estudio de problemas de ingeniería y no de física. La energía se conserva, es decir, ni se crea ni se destruye. Para sistemas abiertos formados por partículas que interactúan mediante fuerzas puramente mecánicas o campos conservativos la energía se mantiene constante con el tiempo:

$$E = \Delta K + \Delta U = \mathbf{constante}$$

Dónde:  $\Delta K$ , es la energía cinética del sistema  $\Delta U$ , es la energía potencial del sistema

Es importante notar que la energía mecánica así definida permanece constante si únicamente actúan fuerzas conservativas sobre las partículas. Sin embargo existen ejemplos de sistemas de partículas donde la energía mecánica no se conserva.

La **Energía Cinética** de un objeto puntual (un cuerpo tan pequeño que su dimensión puede ser ignorada), o en un sólido rígido que no rote, está dada en la ecuación:  $K = \frac{1}{2} mV^2$

Donde  $m$  es la masa y  $V$  es la rapidez (o el módulo de la velocidad) del cuerpo.

El trabajo realizado sobre un objeto y su energía cinética se relacionan mediante el siguiente principio fundamental **Principio del Trabajo y la Energía Cinética**. El **trabajo total** realizado sobre un objeto por todas las fuerzas que actúan sobre él, incluyendo la fuerza de rozamiento y gravitatoria, es igual al **cambio en la Energía Cinética** del objeto.

$$W = K_f - K_i = \Delta K$$

### EJEMPLO

Partiendo del reposo, se empuja su automóvil de 1000 kg una distancia de 5 metros, en terreno horizontal, aplicando una fuerza también horizontal de 400 new. ¿Cuál es el cambio de energía cinética de su auto? ¿Cuál será la velocidad al completar los 5 metros de desplazamiento? Desprecie las fuerzas de roce.

$$W = F \cdot d \cdot \cos 0^\circ = (400 \text{ new})(5 \text{ m}) = 2000 \text{ joules}$$

$$\Delta K = W = K_f - K_i = \frac{1}{2} mV_f^2 - \frac{1}{2} mV_i^2 = \frac{1}{2} mV_f^2 - 0 = \frac{1}{2} mV_f^2 \rightarrow V_f = \sqrt{\frac{2W}{m}}$$

$$V_f = \sqrt{\frac{2(2000 \text{ joules})}{(1000 \text{ kg})}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

La **Energía Potencial** es energía que mide la capacidad que tiene dicho sistema para realizar un trabajo en función exclusivamente de su posición o configuración. Puede pensarse como la energía almacenada en el sistema, o como una medida del trabajo que un sistema puede entregar. Todo cuerpo que esté ubicado a cierta altura del suelo posee energía potencial. La energía potencial puede presentarse como energía potencial gravitatoria, energía potencial electrostática, y energía potencial elástica. La energía potencial la consideramos como la suma de las energías potencial gravitatoria y potencial elástica, por lo tanto:

$$U = U_G + U_E$$

**Energía Potencial Gravitatoria** →  $U_G = mgh$  donde  $m$  es la masa,  $g$  la gravedad y  $h$  es la altura.

**Energía Potencial Elástica** →  $U_E = \frac{1}{2} kx^2$  donde  $k$  es la constante de elasticidad del resorte y  $x$  es la distancia que se contrae o estira el resorte (Ley de Hooke).

$$1 \text{ caloria} = 4,1855 \text{ joules} \quad 1 \text{ kilovatio} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ joules}$$

$$1 \text{ BTU (British Thermal Unit)} = 1055,05585 \text{ joules} \quad 1 \text{ ergio} = 10^{-7} \text{ joules}$$

La **Potencia Mecánica** es la velocidad con la cual se realiza el trabajo. Cuando se realiza el trabajo  $W$  en un intervalo de tiempo  $t$ , la potencia media se define:  $P = \frac{W}{t}$ .

$$\text{vatio (watt)} = \frac{\text{joules}}{\text{seg}} \quad 1 \text{ hp} = 746 \text{ watt}$$

### EJEMPLO

Calcular la energía potencial de un cuerpo cuya masa es de 400 gramos y se encuentra a una altura de 8 metros. Determinar la velocidad con la que cae el cuerpo un instante antes de tocar el suelo.

$$\Delta U = U_f - U_i = 0 - m \cdot g \cdot h = -(0,4 \text{ Kg}) \left( 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \right) (8 \text{ m}) = -31,36 \text{ joules}$$

$$E = \Delta K + \Delta U = \left( \frac{1}{2} mV_f^2 - \frac{1}{2} mV_i^2 \right) + \Delta U = \frac{1}{2} mV_f^2 + \Delta U = 0 \rightarrow V_f = \sqrt{\frac{2\Delta U}{m}}$$

$$V_f = \sqrt{\frac{2(31,36 \text{ joules})}{0,4 \text{ kg}}} = 12,52 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

### Fuerzas Conservativas

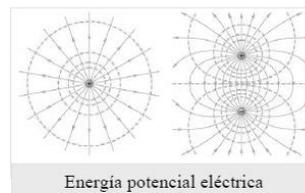
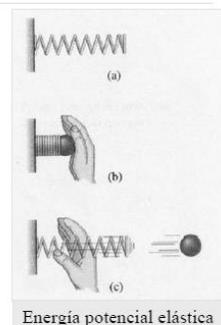
Se llaman fuerzas conservativas aquellas para las cuales el trabajo realizado por las fuerzas para mover un cuerpo entre dos puntos por cualquier trayectoria arbitraria, no depende de la trayectoria que une los puntos. Las fuerzas que dependen de la posición son conservativas.

#### Fuerzas conservativas

Las fuerzas eléctricas, gravitatorias y elásticas son ejemplos de **fuerzas conservativas**.

Para una fuerza conservativa, es posible definir en cada punto del espacio una magnitud (escalar)  $U$ , denominada energía potencial, tal que el trabajo efectuado por la fuerza al desplazar un objeto desde el punto A al punto B es:

$$W_{AB} = U_A - U_B$$



## Fuerzas No Conservativas

Por el contrario, las fuerzas no conservativas o fuerzas disipativas son aquellas para las cuales el trabajo realizado por las fuerzas para mover una partícula entre dos puntos, depende de la trayectoria que se realice para unir los puntos. Las fuerzas de roce, que siempre se oponen al desplazamiento, son no conservativas o disipativas, el trabajo de estas fuerzas es negativo y le hacen perder energía al sistema.

### Fuerzas Disipativas

Las fuerzas que no tienen la propiedad de las fuerzas conservativas se denominan **Fuerzas No conservativas o Disipativas**. Por ejemplo, las fuerzas de rozamiento. El trabajo realizado por estas fuerzas, es siempre negativo y depende del camino.

La energía que pierde un objeto debido a las fuerzas de rozamiento se convierte, en general, en energía calórica y, en consecuencia, su energía mecánica disminuye, el trabajo efectuado por las fuerzas aplicadas, si se tiene en cuenta el rozamiento, será:

$$W = E_c - E_{ci} + U - U_i + Q$$

donde **Q** es la energía disipada por rozamiento, equivalente al trabajo efectuado por esta fuerza. Si  $\mu_k$  es el coeficiente de rozamiento, **N** el módulo de la fuerza normal, y **s** el módulo del desplazamiento, entonces:

$$Q = \mu_k N s$$

## Ley de Conservación de la Energía

La ley de la conservación de la energía constituye el primer principio de la termodinámica y afirma que la cantidad total de energía en cualquier sistema aislado (sin interacción con ningún otro sistema) permanece invariable con el tiempo, aunque dicha energía puede transformarse en otra forma de energía. En resumen, la ley de la conservación de la energía afirma que la energía no puede crearse ni destruirse, sólo se puede cambiar de una forma a otra, por ejemplo, cuando la energía eléctrica se transforma en energía calorífica en un calefactor. Dicho de otra forma: la energía puede transformarse de una forma a otra o transferirse de un cuerpo a otro, pero en su conjunto permanece estable (o constante). La energía mecánica total de un sistema es constante cuando actúan dentro del sistema sólo fuerzas conservativas. Asimismo podemos asociar una función energía potencial con cada fuerza conservativa. Por otra parte, la energía mecánica se pierde cuando esta presentes fuerzas no conservativas, como la fricción.

## Conservación de la Energía Mecánica

Cuando una partícula se mueve por la acción de una fuerza conservativa, por el teorema del trabajo y la energía se tiene que el trabajo realizado por la fuerza es igual a la variación de energía cinética de la partícula:  $W = \Delta K$ . Pero como la fuerza es conservativa, entonces  $W = -\Delta U$ , donde  $\Delta U$  puede ser la energía potencial gravitacional, elástica o cualquier otra forma de energía potencial mecánica. Igualando ambas expresiones del trabajo se obtiene:  $\Delta K = -\Delta U \rightarrow \Delta K + \Delta U = 0$ . Esta ecuación puede escribirse de la forma:  $K_i + U_i = K_f + U_f$ . La ley de Conservación de la Energía Mecánica:  $E = \Delta K + \Delta U \rightarrow E_i = E_f \rightarrow E = \text{constante}$ . La ley de conservación de la energía mecánica establece que la energía mecánica total de un sistema permanece constante si las únicas fuerzas que realizan trabajo sobre el sistema son conservativas. Cuando una cantidad física no cambia, decimos que se conserva. Decir que la energía se conserva significa que la cantidad total de energía de un sistema natural no cambia, no se puede crear ni destruir energía, sólo se puede convertir de una forma a otra. Es una de las leyes fundamentales de la Física, deducida a partir de una de las leyes fundamentales de la mecánica, la segunda ley de Newton. Si las fuerzas presentes en un sistema mecánico no son conservativas, como ocurre en los sistemas reales, la energía aparentemente no se conserva, porque se transforma en otro tipo de energía.

## EJERCICIOS RESUELTOS

1.- Un cuerpo de masa 52,3 kilogramos se desplaza 5,95 metros bajo el efecto de una fuerza horizontal de 200 new, la superficie tiene un coeficiente de fricción de 0,19. Determinar el trabajo realizado por las fuerzas que actúan en el sistema. El cuerpo se mueve con velocidad constante. ¿Determinar el Trabajo Neto?

$$\text{Aplicando la primera ley de Newton: } \sum F_y = 0 \rightarrow N - P = 0 \rightarrow N = P = mg$$

$$F_R = \mu_k N = \mu_k mg = (0,19)(52,3 \text{ Kg}) \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}\right) = 97,38 \text{ new}$$

$$W_F = F \cdot d \cdot \cos 0^\circ = (200 \text{ new})(5,95 \text{ m}) = \mathbf{1190 \text{ joules}}$$

$$W_{F_R} = F_R \cdot d \cdot \cos 180^\circ = -(97,38 \text{ new})(5,95 \text{ m}) = \mathbf{-579,41 \text{ joules}}$$

$$W_N = N \cdot d \cdot \cos 90^\circ = \mathbf{0 \text{ joules}}$$

$$W_P = P \cdot d \cdot \cos 270^\circ = \mathbf{0 \text{ joules}}$$

$$W_{NETO} = W_F + W_{F_R} + W_N + W_P = 1190 \text{ joules} - 579,41 \text{ joules} = \mathbf{610,59 \text{ joules}}$$

2.- Un carrito de 10 kg de masa se mueve con una velocidad inicial de 3 m/s, determinar la energía cinética si debe subir una pendiente y la altura que alcanzará al detenerse.

$$\Delta K = \frac{1}{2} m V_f^2 - \frac{1}{2} m V_0^2 = -\frac{1}{2} (10 \text{ Kg}) \left(3 \frac{\text{m}}{\text{seg}}\right)^2 = -45 \text{ joules}$$

$$\Delta U = mgh_f - mgh_0 = mgh_f \rightarrow E = \Delta K + \Delta U = 0 \rightarrow \Delta K = -\Delta U = -mgh_f \rightarrow h_f = \frac{-\Delta K}{mg}$$

$$h_f = \frac{-\Delta K}{mg} = -\frac{(-45 \text{ joules})}{(10 \text{ Kg}) \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}\right)} = \mathbf{0,45 \text{ metros}}$$

3.- Se tira de una vagoneta de 20 kilogramos con una cuerda que forma un ángulo de 30° con la horizontal, ejerciendo una fuerza de 50 newton a lo largo de una distancia de 50 metros. La fuerza de roce entre las vías y las ruedas es una décima parte del peso de la vagoneta. Calcular el trabajo realizado por cada una de las fuerzas que actúan sobre la vagoneta.

$$W_{NORMAL} = N \cdot d \cdot \cos 90^\circ = \mathbf{0 \text{ joules}} \quad W_{PESO} = m \cdot g \cdot d \cdot \cos 270^\circ = \mathbf{0 \text{ joules}}$$

$$W_F = F \cdot d \cdot \cos 30^\circ = (50 \text{ new})(50 \text{ m}) \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \mathbf{2165,06 \text{ joules}}$$

$$F_r = (0,10)mg = (0,10)(20 \text{ Kg}) \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}\right) = 19,6 \text{ new}$$

$$W_{F_r} = F_r \cdot d \cdot \cos 180^\circ = (19,6 \text{ new})(50 \text{ m})(-1) = \mathbf{-980 \text{ joules}}$$

$$W_{NETO} = W_{NORMAL} + W_{PESO} + W_F + W_{F_r}$$

$$W_{NETO} = 0 \text{ joules} + 0 \text{ joules} + 2165,06 \text{ joules} - 980 \text{ joules} = \mathbf{1185 \text{ joules}}$$

4.- Un jugador de hockey lanza el tejo de 200 gramos con una velocidad de 10 m/seg. Si después de recorrer 25 metros, la velocidad es de 9 m/seg. Determinar: 1) El trabajo hecho por la fuerza de roce. 2) El coeficiente de rozamiento cinético. 3) El tiempo que tarda en detenerse. 4) La distancia que recorre hasta detenerse.

$$\sum F_x = ma \rightarrow -F_r = m \cdot a \quad \sum F_y = 0 \rightarrow N - P = 0 \rightarrow N = P = mg$$

$$W = \Delta K + \Delta U = \Delta K + 0 = \frac{1}{2} m V_B^2 - \frac{1}{2} m V_A^2 \quad W_{NETO} = W = W_{F_r} + W_N + W_P = W_{F_r} + 0 + 0 = W_{F_r} = \frac{m}{2} (V_B^2 - V_A^2)$$

$$W_{F_r} = \frac{(0,2 \text{ Kg})}{2} \left( \left(9 \frac{\text{m}}{\text{seg}}\right)^2 - \left(10 \frac{\text{m}}{\text{seg}}\right)^2 \right) = \mathbf{-1,9 \text{ joules}}$$

$$F_r = \mu_k N = \mu_k mg \rightarrow W_{F_r} = F_r d \cos 180^\circ = -F_r d = -\mu_k mgd$$

$$-1,9 \text{ joules} = -\mu_k mgd \rightarrow \mu_k = \frac{1,9 \text{ joules}}{mgd} = \frac{1,9 \text{ joules}}{(0,2 \text{ Kg}) \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}\right) (25 \text{ m})} \rightarrow \mu_k = \mathbf{0,039}$$

$$-F_r = m \cdot a \rightarrow a = \frac{-F_r}{m} = \frac{-W_{F_r}}{md} = \frac{1,9 \text{ joules}}{(0,2 \text{ Kg})(25 \text{ m})} = 0,38 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}$$

$$V_f = V_0 - at \rightarrow t = \frac{V_0 - V_f}{a} = \frac{\left(10 \frac{\text{m}}{\text{seg}}\right) - 0}{0,38 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}} = \mathbf{26,31 \text{ segundos}}$$

$$d = V_0 t - \frac{1}{2} at^2 = \left(10 \frac{\text{m}}{\text{seg}}\right) (26,31 \text{ seg}) - \frac{1}{2} \left(0,38 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}\right) (26,31 \text{ seg})^2 = \mathbf{131,60 \text{ metros}}$$

5.- Colocamos un resorte cuya constante de elasticidad es de 49 New/m horizontalmente y lo comprimimos 5 centímetros. Si apoyamos una esfera de 25 gramos y soltamos, calcular la velocidad con que será lanzada suponiendo que toda su energía potencial se transforma en energía cinética.

$$U = U_G + U_E = 0 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}\left(49 \frac{\text{New}}{\text{m}}\right)(0,05\text{m})^2 = 0,06125 \text{ joules}$$

$$U = K \rightarrow \frac{1}{2}mV^2 = 0,06125 \text{ joules} \rightarrow V = \sqrt{\frac{2(0,06125 \text{ joules})}{0,025 \text{ Kg}}} \rightarrow V = 2,21 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

6.- Lanzamos verticalmente hacia arriba una pelota con velocidad de 10 m/seg. Determinar cuál será la altura máxima usando el principio de conservación de la energía mecánica.

$$\Delta K = K_f - K_0 = -\frac{1}{2}mV_0^2 \quad \Delta U = U_f - U_0 = mgh_{MAX} \quad \Delta K = -\Delta U$$

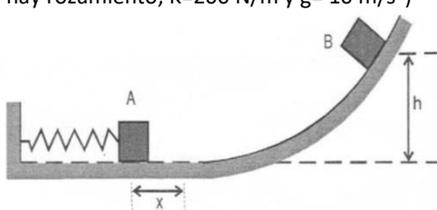
$$\frac{1}{2}mV_0^2 = mgh_{MAX} \rightarrow \frac{1}{2}V_0^2 = gh_{MAX} \rightarrow h_{MAX} = \frac{V_0^2}{2g} \quad h_{MAX} = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{\left(10 \frac{\text{m}}{\text{seg}}\right)^2}{2\left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}\right)} = 5,10 \text{ metros}$$

7.- Determinar la velocidad final de un cuerpo que cae de una altura de 7 metros y cuya masa es de 250 gramos. Se conserva la energía.

$$E = \Delta K + \Delta U = 0 \rightarrow (K_f - K_0) + (U_f - U_0) = 0 \rightarrow (K_f - 0) + (0 - U_0) = 0 \rightarrow K_f = U_0$$

$$K_f = U_0 \rightarrow \frac{1}{2}mV_f^2 = mgh \rightarrow V_f = \sqrt{2gh} = \sqrt{2\left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}\right)(7 \text{ m})} = 11,71 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

8.- El resorte de la figura se comprime 8 cm y se coloca un cuerpo de masa 160 g en su extremo libre, al expandirse el resorte lanza al cuerpo; ¿Qué altura alcanza el cuerpo? (considere que no hay rozamiento, K=200 N/m y g= 10 m/s<sup>2</sup>)



$$E = \Delta K + \Delta U = 0 \rightarrow (K_B - K_A) + (U_B - U_A) = 0 \rightarrow (0 - 0) + \left(mgh - \frac{1}{2}kx^2\right) = 0 \rightarrow mgh = \frac{1}{2}kx^2$$

$$h = \frac{kx^2}{2mg} = \frac{\left(200 \frac{\text{New}}{\text{m}}\right)(0,08\text{m})^2}{2(0,16 \text{ Kg})\left(10 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}\right)} = 0,40 \text{ metros}$$

Algunas equivalencias:

$$1 \text{ dina} = 10^5 \text{ new} \quad 1 \text{ ergio} = 10^7 \text{ joules} \quad 1 \text{ joule} = 0,239 \text{ cal} = 9,48 \cdot 10^4 \text{ BTU}$$

$$1 \text{ watt} = 1,34 \cdot 10^3 \text{ hp} \quad 1 \text{ hp} = 2545 \frac{\text{BTU}}{\text{horas}}$$

## Tema 6: TERMODINÁMICA

**Termodinámica**, es una rama de la física que estudia los efectos de los cambios de la temperatura, presión y volumen de los sistemas físicos a un nivel macroscópico (escala humana o mayor). Aproximadamente, calor significa "energía en tránsito" y dinámica se refiere al "movimiento", por lo que, en esencia, la termodinámica estudia la circulación de la energía y cómo la energía infunde movimiento. Históricamente, la termodinámica se desarrolló a partir de la necesidad de aumentar la eficiencia de las primeras máquinas de vapor.

### Primera Ley de la Termodinámica

La **Termodinámica** es la parte de la Termología que estudia los intercambios de calor que tienen lugar en los cuerpos al calentarlos, al realizar un trabajo externo o al cambiar su estado de agregación. Un sistema termodinámico es una porción de espacio aislada de su entorno mediante una superficie de separación. Dichos sistemas pueden ser:

- ✓ **Abiertos:** cuando se produce una transferencia de materia y energía entre el sistema y su entorno.
- ✓ **Cerrados:** cuando tiene lugar un intercambio de energía pero no de materia entre sistema y entorno.
- ✓ **Aislados:** cuando no se produce transferencia energética alguna entre los dos medios.

La primera ley de la termodinámica o Primer Principio de la Termodinámica es una aplicación de la ley universal de conservación de la energía a la termodinámica y, a su vez, identifica el calor como una transferencia de energía. Uno de los enunciados de la primera ley de la termodinámica es el siguiente:

**El incremento de la energía interna de un sistema termodinámico es igual a la diferencia entre la cantidad de calor transferida a un sistema y el trabajo realizado por el sistema a sus alrededores.**

$$\Delta U = Q - W$$

Donde  $\Delta U$  es el incremento de energía interna del sistema,  $Q$  es el calor cedido al sistema, y  $W$  es el trabajo cedido por el sistema a sus alrededores. El primer principio de la termodinámica es una ley empírica que no puede demostrarse teóricamente.

Aplicaciones de la Primera Ley.

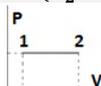
- ✓ En la aplicación las cantidades se deben expresar en las mismas unidades, por ejemplo joule o caloría.
- ✓ El trabajo  $W$  efectuado por el sistema se considera positivo mientras que el trabajo efectuado sobre el sistema es negativo.
- ✓ El calor  $Q$  que recibe el sistema se considera positivo, mientras que el calor entregado al exterior es negativo.
- ✓ El calor perdido o ganado por un sistema no depende solo de su estado inicial o final, sino también de los estados intermedios de su recorrido.

### Trabajo Externo en las diferentes transformaciones

El estado físico de una masa gaseosa queda definido mediante el establecimiento de las llamadas coordenadas del gas. Dichas coordenadas son la presión, el volumen y la temperatura del mismo, y se relacionan entre sí por la conocida ecuación:  $PV = nRT$ . De esta relación se deduce que para definir el estado físico de un sistema basta conocer dos de estas coordenadas, ya que las restantes pueden conocerse a partir de las anteriores. En una representación gráfica en ejes cartesianos, cada uno de los puntos que la integran concretará por lo tanto un estado físico. Pueden darse varios tipos de transformaciones en la masa de un gas perfecto y en cada uno de ellos es interesante considerar el trabajo externo que se genera.

**Transformaciones Isobáricas:** En ellas la masa del gas se mantiene a presión constante, mediante variaciones de temperatura y volumen. Para el volumen se ha definido la relación:  $V_t = V_0(1 + \alpha t)$ . Al introducir una masa gaseosa en un cilindro y mantenerlo en su interior valiéndose de un embolo se obtendrá una posición AB. Al calentar la masa gaseosa pasando de  $T_1$  a  $T_2$  bajo presión constante, el embolo, impulsado por la dilatación del gas, se desplazará una distancia  $h$  hasta alcanzar la posición  $1'2'$ . El trabajo generado durante la dilatación es  $W = Fh$ , donde  $F$  es la intensidad de la fuerza que se ejerce sobre el embolo. Llamando  $S$  a la superficie de dicho embolo la misma expresión puede formularse como:  $W = PSh$ , dado que  $Sh$  representa el incremento de volumen producido en la masa gaseosa al dilatarse, el trabajo externo en una transformación isobárica presentará un valor determinable por:

$$W = P(V_2 - V_1)$$



**Transformaciones Isocoras:** Este tipo de procesos tienen lugar al calentar la masa de un gas perfecto en un recinto indeformable. Para ellos, la variación de presión es deducible de la ecuación:  $P_t = P_0(1 + \alpha t)$ . Si se repite el proceso llevado a cabo para el anterior tipo de transformación manteniendo el volumen constante, se comprueba que, al no producirse incremento de volumen, no se genera trabajo. Comparando las dos transformaciones analizadas hasta el momento puede comprobarse que la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una masa de gas a presión constante es mayor que la requerida para calentarla a volumen constante. De ello se deduce que para un determinado gas, los valores de calor específico a presión y volumen constante son diferentes.



**Transformaciones Isotermas:** Al inducir una cierta cantidad de calor sobre una masa gaseosa manteniendo constante la temperatura, en el gas se producirá una expansión pero no habrá calentamiento. Así pues, en este tipo de transformaciones todo el calor aplicado al sistema se convertirá en trabajo y, según el primer principio de la termodinámica, la variación de energía interna será nula. La expresión matemática del trabajo viene dada, en este caso por la fórmula:  $W = nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$  en la que  $n$  es el número de moles de gas,  $T$  la temperatura a la que se desarrolla la experiencia en la escala absoluta,  $V_1$  y  $V_2$  los respectivos valores inicial y final de la masa gaseosa y  $R$  ( $0,082 \text{ atm}\cdot\text{l}/\text{K mol} = 8,3143 \text{ J}/\text{K mol}$ ) la constante de los gases.

**Transformaciones Adiabáticas:** este tipo de procesos tiene una especial en terminología y se realiza de forma que no tenga lugar ningún intercambio de calor entre el gas y su entorno. En una transformación adiabática, al no existir aporte calórico externo, el trabajo se generará a expensas de la energía interna del gas, lo que dará lugar a un enfriamiento del mismo. La expresión de dicho trabajo en este caso es:

$$W = \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{k - 1}$$

Los valores de  $P$  y  $V$  representan las magnitudes inicial y final de presión y temperatura, y  $k$  es la relación  $c_p/c_v$  entre los calores específicos a presión y volumen constantes.



**Entalpía (H):** El primer principio de la termodinámica en términos diferenciales puede formularse:

$$dU = dq - pdv = dq - dW$$

En una transformación isobárica la presión es constante. Por lo tanto, el integrar entre los límites se obtiene:

$$\int_1^2 dU = q - \int_1^2 pdv \quad \text{es decir} \quad U_2 - U_1 = q - p(v_2 - v_1)$$

Esta equivalencia puede expresarse en la forma:  $(U_2 + pv_2) - (U_1 + pv_1) = q$

La suma  $U + pv$  es una función termodinámica establecida por el físico holandés Kamerlingh-Onnes, a la que se denomina ENTALPIA o consumo térmico (H). La variación de esta magnitud da la medida de la cantidad de calor suministrada o desprendida en un sistema cuya evolución termodinámica tiene lugar a presión constante. La entalpía puede expresarse en función del coeficiente calorífico a presión constante por:

$$\Delta H = C_p dT \text{ al integrar entre limites } \int_1^2 dH = \int_1^2 C_p dT$$

Siendo  $C_p$  constante, de la integración entre 0 y T resulta:

$$H_T = H_0 + \int_1^2 C_p dT$$

La entalpía representa, pues, la cantidad de calor necesaria para calentar un sistema a presión constante desde el 0 absoluto a la temperatura T. La entalpía molar se define como el valor de la entalpía de un mol de la sustancia que integra un sistema termodinámico.

### Segunda Ley de la Termodinámica

Según la expresión más sencilla del segundo principio de la termodinámica, debida al físico alemán Rudolf Clausius, el calor no puede transferirse de forma espontánea desde un cuerpo a una determinada temperatura a otro de temperatura mayor. De ello se deduce que no existe la posibilidad de aprovechar toda la energía calórica de un cuerpo, sino solamente aquella porción que pueda cederse al ámbito exterior, dado que para conseguir el enfriamiento de un cuerpo es necesario consumir una cantidad de energía igual a la que se aprovecharía con dicho enfriamiento.

El físico francés Nicolás Carnot estableció, con anterioridad a Clausius, un enunciado para este mismo principio según el cual una transformación cíclica se un sistema termodinámico que intercambia calor con una sola fuente térmica no puede generar trabajo positivo. Considérese un sistema en el que tiene lugar un proceso cíclico que da lugar a una cantidad de calor Q y a un trabajo W, con una fuente a temperatura constante. Por tratarse de un ciclo,  $Q=W$ , lo que plantea tres posibilidades diferentes:

1. Si Q y W son negativos, el sistema recibe trabajo y cede calor.
2. Si Q y W son positivos, el sistema absorbe calor y lo convierte en trabajo en su totalidad. El enunciado de Carnot para el segundo principio anula esta posibilidad, lo que implica la inexistencia del móvil perpetuo de segunda especie o motor periódico que transformaría el calor en trabajo a partir de una única fuente.
3. Si Q y W presentan valores nulos, cosa que ocurre en los ciclos reversibles que toman calor de una sola fuente, el sistema permanece inalterado.

La expresión matemática del segundo principio, según la cual para una transición de calor  $dQ$  desde un cuerpo de temperatura  $T_A$  a otro de temperatura  $T_B$  requiere la introducción de una nueva magnitud denominada **ENTROPIA** (S), tal que en el primer cuerpo se produce una disminución de dicha magnitud equivalente a:  $dS_A=dQ/T_A$  y en el segundo un incremento de la misma determinable por:  $dS_B=dQ/T_B$

### Tercera ley de la Termodinámica

La tercera ley de la termodinámica afirma que no se puede alcanzar el cero absoluto en un número finito de etapas.

Se define como:

- ✓ Al llegar al cero absoluto (0 K) cualquier proceso de un sistema se detiene.
- ✓ Al llegar al cero absoluto (0 K) la entropía alcanza un valor constante.

En términos simples, la tercera ley indica que la entropía de una sustancia pura en el cero absoluto es cero. Por consiguiente, la tercera ley provee de un punto de referencia absoluto para la determinación de la entropía. La entropía relativa a este punto es la entropía absoluta.

### Ley Cero de la Termodinámica

El equilibrio termodinámico de un sistema se define como la condición del mismo en el cual las variables empíricas usadas para definir un estado del sistema (presión, volumen, campo eléctrico, polarización, magnetización, tensión lineal, tensión superficial, entre otras) no son dependientes del tiempo. A dichas variables empíricas (experimentales) de un sistema se les conoce como coordenadas termodinámicas del sistema.

## Tema 7: ONDAS Y ACÚSTICA. ÓPTICA

### ¿Qué es una onda?

Es una perturbación (cuando se modifica la situación normal de un cuerpo o sistema se produce una perturbación) que se propaga transportando energía, pero sin transporte de materia. Es energía pura sin masa. Son formas de transmitir energía sin que haya desplazamiento, transporte o traslado de materia.

Veamos algunos ejemplos:

- ✓ Dos niños que juegan a agitar hacia arriba y hacia abajo una soga, producen una onda que se propaga a través de la cuerda. La cual no se desplaza solo se mueve de abajo hacia arriba y viceversa (oscila).
- ✓ Cuando una persona habla, emite sonidos, que se propagan en forma de ondas. El aire a través del cual se propaga el sonido no se traslada o desplaza solo sufre oscilaciones.
- ✓ Las olas del mar producidas por el viento transmiten energía desde mar adentro hacia la costa. El mar no sufre un desplazamiento solo puede verse que sube y baja (olas).
- ✓ Cuando una persona habla por celular, se transmiten los sonidos de su voz a través de ondas por el aire, el cual tampoco experimenta un desplazamiento, solo oscila.

Como podrás observar en éstos ejemplos y en otros más que se te pueden ocurrir, cuando aparecen las ONDAS hay transmisión de energía (luz, sonido, energía cinética) pero no hay desplazamiento o traslado de la materia, solo hay una oscilación de la materia a través de la cual se propaga esa onda.

Tipos de ondas:

- 1.- Según su naturaleza: **Mecánicas** (son las ondas que para propagarse necesitan un medio físico) y **Electromagnéticas** (son las ondas que para propagarse no necesitan un medio físico y que son generadas por oscilaciones de cargas eléctricas).
- 2.- Según su manera de propagarse: **Transversales** (la dirección de propagación de una onda es perpendicular a la de la dirección de vibración del emisor) y **Longitudinales** (la dirección de propagación de una onda coincide con la dirección de vibración del emisor).

**Acústica:** Es la rama de la física que estudia el movimiento ondulatorio, como el sonido y todos los fenómenos relacionados con este. El sonido es producido por un movimiento vibratorio. Ejemplos de fenómenos acústicos:

- ✓ El eco
- ✓ La velocidad del sonido en diferentes medios
- ✓ El efecto Doppler
- ✓ El timbre de los instrumentos musicales

**¿Qué es el sonido?**

El SONIDO es una ONDA MECÁNICA a través de la cual nos comunicamos entre las personas y podemos percibir la información desde todo lo que nos rodea. Todas las ONDAS SONORAS se producen por la vibración de algún cuerpo y luego se propagan por todo medio material (no se propagan en el vacío).

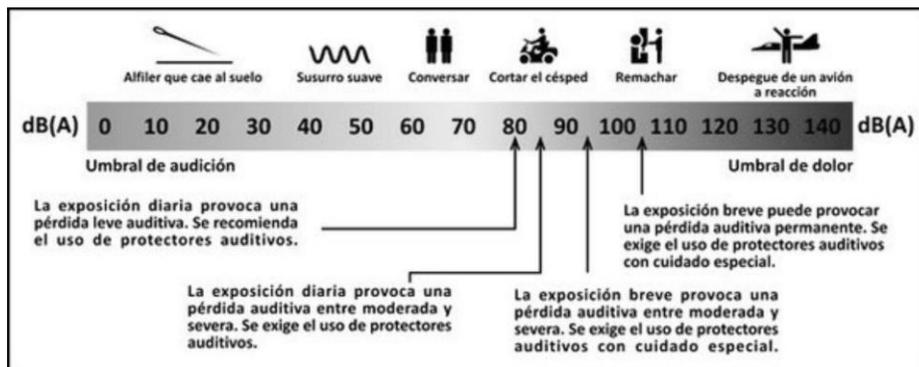
El término **Sonido** define solamente las oscilaciones que pueden dar lugar a una sensación auditiva en el oído humano y por lo tanto puede considerarse constituido por los movimientos ondulatorios que se propagan con unos valores de frecuencia que oscilan entre los 16 y 20.000 Hertz, intervalo de frecuencias que constituye la denominada BANDA ACÚSTICA. No obstante, en el campo de la acústica física la voz sonido se extiende a cualquier movimiento ondulatorio, independientemente de la magnitud de su frecuencia. Los sonidos audibles presentan frecuencias cuyos valores están comprendidos en el citado intervalo, mientras los sonidos no audibles se diferencian en infrasonidos con frecuencias inferiores a los 16 Hz , y ultrasonidos, cuyo límite inferior de frecuencia se sitúa en 20.000 Hz. Los sonidos, como cualquier otro tipo de onda, pueden reflejarse, refractarse y difractarse. Estos términos han podido ser observados directamente mediante la utilización de la técnica llamada de fotografía relámpago: una onda dirigida sobre una interfase frente a una placa fotográfica se ilumina durante un mínimo intervalo de tiempo por medio de una descarga eléctrica. El casi inapreciable incremento de densidad en la onda de condensación induce la refracción de la onda, lo que da lugar a la formación de una sombra que queda registrada en la placa fotográfica. Una vez establecido el principio de que el sonido es generado por la vibración de los cuerpos en determinadas condiciones, es necesario retornar sobre conceptos ya vertidos con anterioridad, para definir dos de las magnitudes de mayor importancia en la determinación de la naturaleza de un sonido; la frecuencia  $f$  de un sonido es el número de vibraciones que un cuerpo oscilante lleva a cabo en un segundo y es la inversa del período  $T$  definido como el tiempo empleado por un cuerpo para completar una vibración. La relación entre ambas magnitudes es:  $T = \frac{1}{f}$  y  $f = \frac{1}{T}$ .

La unidad de frecuencia en el SI, CGS e inglés es el  $\text{seg}^{-1}$ , llamado hertzio (Hz), que corresponde a la frecuencia de una vibración por segundo. Junto a estas dos magnitudes, la naturaleza de un sonido queda perfectamente caracterizada mediante la determinación de sus tres propiedades fundamentales: la intensidad, el tono (o frecuencia) y el timbre. El sonido es una onda mecánica longitudinal, mecánica porque necesita de un medio para propagarse y longitudinal porque se propaga como un resorte, es decir la onda vibra en el mismo sentido de la propagación. La velocidad del sonido varía de acuerdo al medio en que se propague, se considera que la velocidad del sonido en el aire es de 340 m/s, en el agua 1500 m/s.

**¿Cuáles son las cualidades del sonido?**

Las cualidades del sonido son:

- ✓ **La intensidad:** depende de la cantidad de energía de la onda, esto es lo que popularmente llamamos volumen. Es la cualidad que identifica los sonidos como fuertes o débiles.
- ✓ **El tono:** es la cantidad de oscilaciones que hace la onda en la unidad de tiempo. Entre mayor sean las vibraciones más agudo será el sonido. El tono es la cualidad que clasifica los sonidos en agudos o alto, y graves o bajos. La voz de un niño es alta o aguda, la de un adulto es grave o baja.
- ✓ **El timbre:** Es una característica que nos permite distinguir la procedencia de un sonido. Esto se debe a que cada material vibra de forma diferente. De esta forma un órgano y un violín pueden tocar la misma nota pero distinguimos los dos instrumentos, el timbre se debe a que el sonido fundamental va acompañado de armónicos (sonidos que se van dando a medida que la onda pierde energía) que varían según la naturaleza del instrumento. Es la cualidad que permite distinguir un mismo sonido producido en diferentes instrumentos.



**Investigar los siguientes términos.-** Eco, Reverberación, Resonancia, Infrasonido, Ultrasonido. (Ejemplos)

**Óptica:** Es la rama de la física que se encarga del estudio de todos los fenómenos relacionados con la materia, la manera de producirla, de captarla y de analizarla, sus propiedades y su comportamiento en general. Ejemplo de fenómenos ópticos:

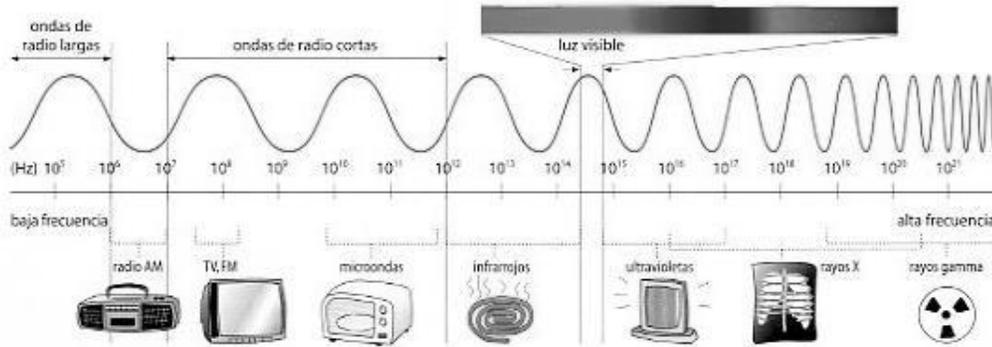
- ✓ La formación del arco iris
- ✓ La formación de imágenes en los espejos
- ✓ La propagación rectilínea de la luz
- ✓ Las propiedades de las lentes

## ¿Qué es la Luz?

La LUZ es una onda electromagnética que nos permite ver todo lo que nos rodea. Ha sido una de las definiciones más trabajadas a través de la historia de la ciencia, muchas teorías se han planteado hasta llegar a la actual que define a la luz como partículas radiantes llamadas fotones y que son la mínima expresión de luz, estos fotones se transmiten en un campo ondulatorio electromagnético. Así la luz tiene una dualidad, es onda y partícula a la vez, los fenómenos de propagación se pueden explicar con teoría ondulatoria y los fenómenos de interacción de la luz con la materia se pueden explicar con un modelo de fotones. La luz es una radiación que se propaga en forma de ondas. Las ondas que se pueden propagar en el vacío se llaman **ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS**. La luz es una radiación electromagnética. Las ondas electromagnéticas se propagan en el vacío a la velocidad de 300000 km/s, que se conoce como "velocidad de la luz en el vacío" y se simboliza con la letra **c**. La velocidad de la luz en el vacío no puede ser superada por la de ningún otro movimiento existente en la naturaleza. En cualquier otro medio, la velocidad de la luz es inferior. La energía transportada por las ondas es proporcional a su frecuencia, de modo que cuanto mayor es la frecuencia de la onda, mayor es su energía.

La luz presenta tres propiedades características:

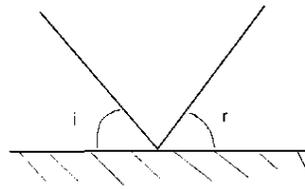
1. Se propaga en línea recta
2. Se refleja cuando llega a una superficie reflectante
3. Cambia de dirección cuando pasa de un medio a otro (se refracta)



ESPECTRO DE FRECUENCIAS

## ¿Qué es la reflexión?

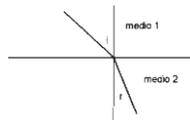
REFLEXIÓN es el fenómeno que ocurre cuando una onda choca contra un obstáculo y retorna al medio de donde venía. El ejemplo más común de éste fenómeno es cuando nos miramos al espejo, la luz choca contra la superficie espejada y rebota para ser captada por los órganos de la visión y permitiendo que veamos nuestra imagen. La reflexión es el fenómeno físico que explica la incidencia de las ondas contra un material y su curso posterior cuando el material sobre el cual incide no absorbe la onda. La ley de reflexión asegura que el ángulo de incidencia y el de reflexión es el mismo;



Dónde:  $i$  = ángulo de incidencia  $r$  = ángulo de reflexión se tiene que  $i = r$

## ¿Qué es la refracción?

REFRACCIÓN es el fenómeno que se produce cuando una onda pasa de un medio a otro diferente y se desvía. Esto ocurre, por ejemplo, cuando colocamos dentro de un vaso con agua una cuchara y nos parece ver a la cuchara como quebrada, dado que la luz pasa del aire al agua y sufre una desviación. La refracción es el fenómeno físico que explica la incidencia de las ondas contra un material y su curso posterior cuando el material sobre el cual incide absorbe la onda;



La ley de refracción asegura que el ángulo de incidencia y el de refracción están relacionados de la siguiente forma:  $\text{sen}(i) = \text{sen}(r)$

La materia se comporta de distintas formas cuando interacciona con la luz:

- ✓ **Transparentes:** Permiten que la luz se propague en su interior en una misma dirección, de modo que vuelve a salir. Así, se ven imágenes nítidas. Ejemplos: Vidrio, aire, agua, alcohol, etc.
- ✓ **Opacos:** Estos materiales absorben la luz o la reflejan, pero no permiten que los atraviese. Por tanto, no se ven imágenes a su través. Ejemplos: Madera, metales, cartón, cerámica, etc.
- ✓ **Translúcidos:** Absorben o reflejan parcialmente la luz y permiten que se propague parte de ella, pero la difunden en distintas direcciones. Por esta razón, no se ven imágenes nítidas a su través. Ejemplos: folio, tela fina, papel cebolla, etc.

La luz blanca se compone de los diferentes colores del arco iris: violeta, azul, verde, amarillo, naranja y rojo. En realidad, existen tres colores: rojo, verde y azul, llamados colores primarios, que al mezclarse en diferentes proporciones dan lugar a todos los demás. Si se mezclan en las mismas cantidades producen luz blanca.

## Defectos de la Vista

Se denomina ojo "emétrope" al ojo normal, es decir, aquél que enfoca bien los objetos lejanos y cercanos. Los defectos más habituales de la visión son:

- **Miopía:** Se produce en ojos con un globo ocular anormalmente grande, el cristalino no enfoca bien y la imagen de los objetos lejanos se forma delante de la retina y no en su superficie. Los miopes ven borrosos los objetos lejanos, pero bien los cercanos. Se corrige con lentes divergentes, que trasladan la imagen más atrás.
- **Hipermetropía:** El globo ocular es más pequeño de lo normal y la imagen de los objetos cercanos se forma detrás de la retina. Los hipermétropes ven mal de cerca pero bien de lejos. Se corrige usando lentes convergentes.
- **Astigmatismo:** Es un defecto muy habitual que se debe a deformaciones en la curvatura de la córnea. La visión no es nítida.

## ¿Qué son espejos?

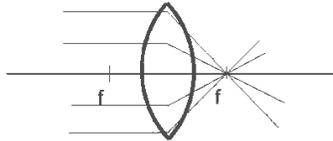
Los espejos son superficies reflectantes, pueden ser planos o curvos, los curvos pueden ser casquetes de esfera, paraboloides u otros sólidos de revolución, los más utilizados son los casquetes de esfera.

## ¿Qué son lentes?

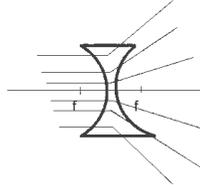
Las lentes son medios que dejan pasar la luz y en el proceso los rayos de luz se refractan de acuerdo a la ley de la refracción. De acuerdo a su forma tenemos los siguientes:

- 1.- **Lentes Convergentes:** Biconvexa, Plano Convexa y Menisco Convergente.
- 2.- **Lentes Divergentes:** Bicóncava, Planocóncava y Menisco Divergente.

Las lentes convergentes refractan los rayos paralelos hacia un punto llamado foco, o sea convergen en el foco:



Las lentes divergentes refractan los rayos de luz paralelos en dirección del primer foco:



Las superficies curvas de las lentes suelen ser esférica, cilíndrica o parabólica, Las superficies esféricas son las más fáciles de hacer por eso son las más comunes. La física forma parte de nuestra vida cotidiana. Los conocimientos sobre conceptos físicos son de suma importancia, ya que nos ayudan a comprender cómo es el proceso de formación de imágenes que nos hace posible la visión.

Si bien los problemas de visión son muy comunes, no podemos imaginar un mundo en el que no podamos ver, y consideramos a este sentido muy importante para apreciar el mundo en el que vivimos. Por esto hacemos lo posible para que nuestros ojos estén sanos y para que no se nos distorsionen los objetos que enfocamos.

Para condiciones que pueden mejorarse con el uso de lentes, la física óptica y, particularmente, la física geométrica es imprescindible, porque determinan qué causa cada problema y cómo se pueden solucionar.

**Investigar.-** Cámara Fotográfica, Microscopio Simple (o lupa), Microscopio Compuesto y Telescopio; como aplicaciones de las teorías y razonamientos que integran la óptica física.

## Tema 8: HIDROSTÁTICA. FLUIDOS.

La **Hidráulica** es una rama de la física y la ingeniería que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas de los fluidos. Todo esto depende de las fuerzas que se interponen con la masa y empuje de la misma. Es una parte de la física que estudia las leyes de movimiento y equilibrio de los líquidos y su aplicación práctica. La **Hidrostática** es la parte de la hidráulica que estudia las características de los fluidos en condiciones de equilibrio.

## ¿Qué son los fluidos?

Un fluido es un conjunto de partículas que se mantienen unidas entre sí por fuerzas cohesivas débiles. Por ejemplo los líquidos y los gases. En términos físicos se considera fluido a todo cuerpo que carece de elasticidad y adopta la forma del recipiente que lo contiene. Los líquidos y los gases tienen la capacidad de fluir debido a la movilidad de las partículas que los constituyen (sus moléculas tienen poca fuerza de atracción entre ellas), por esta razón se llaman fluidos. Ejemplos son el aceite, el agua o el aire.

***fluir* ≡ deslizarse con facilidad**

Hay diferencias entre líquidos y gases; los gases se comprimen fácilmente mientras que los líquidos son casi incompresibles. Un líquido tiene un tamaño definido, pero un gas se expande para llenar cualquier recipiente cerrado que lo contenga. Los líquidos y los gases tienen la capacidad o propiedad de fluir. Por lo tanto, las mismas leyes básicas controlan el comportamiento estático y dinámico de ambos, líquidos y gases. Los líquidos no tienen forma fija, tienen volumen fijo y movimiento libre; los gases no tienen forma fija, no tienen volumen fijo y movimiento muy libre.

## Propiedades de los Fluidos

a) **Viscosidad:** Es la propiedad que determina la medida de la fluidez a determinadas temperaturas. A más viscoso implica que menos fluye, cuanto más viscoso es un fluido es más pastoso y menos se desliza por las paredes del recipiente. Podemos decir también que es la mayor o menor resistencia que ofrece un líquido para fluir libremente. A más resistencia a fluir más viscoso. Si existe mayor viscosidad, el líquido fluye más lento. La temperatura influye en la viscosidad, a más temperatura menos viscoso es un fluido.

b) **Fluidez:** Es parecido a la viscosidad, pero lo contrario. Es una propiedad de líquidos y gases que se caracteriza por el constante desplazamiento de las partículas que lo forman al aplicarles una fuerza. Los gases se expanden ocupando todo el volumen del recipiente que los contiene, ya que no dispone de volumen ni de forma propia, por esta razón los recipientes deben estar cerrados. Los líquidos si mantienen su volumen, aunque adoptan la forma del recipiente hasta alcanzar un nivel determinado, por lo que pueden permanecer en un recipiente cerrado.

c) **Densidad:** Es la cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia, se utiliza la letra  $\rho$  [Rho] para designarla. La densidad quiere decir que entre más masa tenga un cuerpo en un mismo volumen mayor será su densidad.

$$\text{Densidad} = \rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} = \frac{m}{V} \rightarrow \text{en el SI } \left[ \frac{kg}{m^3} \right], \quad \text{en CGS } \left[ \frac{gr}{cm^3} \right]$$

Los gases son mucho menos densos que los líquidos, se puede variar la densidad de un gas modificando la presión o la temperatura en el interior del recipiente que lo contiene. Los líquidos solo alteran ligeramente su densidad con los cambios de temperatura, la diferencia de densidad entre los líquidos puede impedir que se mezclen homogéneamente, flotando uno sobre otro, como ocurre con el aceite y el agua.

$$\rho = \text{constante} \rightarrow \text{fluido incompresible (no se puede comprimir)}$$

$\rho_{\text{Aire}} = 1,29 \frac{kg}{m^3}$	$\rho_{\text{Aluminio}} = 2,70 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3}$	$\rho_{\text{Alcohol Etilico}} = 0,806 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3}$
$\rho_{\text{Oro}} = 19,3 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3}$	$\rho_{\text{Helio}} = 1,79 \cdot 10^{-1} \frac{kg}{m^3}$	$\rho_{\text{Agua}} = 10^3 \frac{kg}{m^3}$

d) **Compresibilidad:** Es una propiedad de la materia a la cual se debe que todos los cuerpos disminuyan de volumen al someterlos a una presión o compresión. La posibilidad de comprimirse o expandirse dependiendo de la presión que se ejerce sobre un gas es una de las propiedades de mayor aplicación técnica de este tipo de fluidos. En el caso de los líquidos, aunque se aumente su presión, no se modifica su volumen de manera significativa, por lo que se consideran incompresibles.

d) **La Presión Hidrostática:** Los líquidos, y en general los fluidos, ejercen fuerzas sobre los objetos que se sumergen en ellos. Las moléculas de un líquido se mueven al azar y en ellas se producen constantes choques contra las paredes del recipiente que los contiene, entre ellas mismas y, obviamente, contra cualquier objeto que se halle sumergido en su masa. La acción de las moléculas sobre los objetos introducidos en el líquido da lugar a la aplicación de fuerzas de dirección perpendicular a las superficies y modulo constante, a las que se designa con la denominación de **Presión Hidrostática**. Un fluido almacenado en un recipiente ejerce una fuerza sobre sus paredes, esta fuerza ejercida por unidad de superficie se denomina **PRESION**. Se mide con el Manómetro.

$$\text{Presion} = P = \frac{\text{fuerza}}{\text{area o superficie}} = \frac{F}{A} \rightarrow \text{en el SI } \left[ \text{pascal} = Pa = \frac{New}{m^2} \right]$$

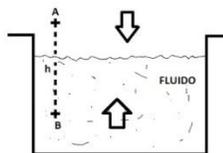
La unidad de presión en el sistema internacional es el PASCAL (Pa), que equivale a 1 new por cada m<sup>2</sup>. El problema es que el pascal es una unidad muy pequeña en comparación con los valores habituales de presión, por este motivo se utilizan otras unidades como el bar o la atmosfera (atm).

$$1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg} \quad 1 \text{ bar} = 0,986923 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$$

Las fuerzas debidas a la presión del fluido actúan en dirección perpendicular a las paredes del recipiente en cada uno de sus puntos. Los gases presionan con la misma intensidad sobre todos los puntos del recipiente, su valor en condiciones naturales es pequeño debido a la baja densidad de los gases, aunque puede aumentar al comprimirlos. La presión en los líquidos aumenta con la profundidad debido al peso del líquido que tiene por encima, por lo que la máxima presión se produce en el fondo del recipiente. La presión aplicada en un punto de un líquido contenido en un recipiente se transmite con el mismo valor a cada una de las partes del mismo (Principio de Pascal).

$$P_{\text{ABSOLUTA}} = P_{\text{ATMOSFERICA}} + \rho gh \quad P_{\text{MANOMETRICA}} = P_{\text{ABSOLUTA}} - P_{\text{ATMOSFERICA}}$$

$$\text{Presion (en un fluido)} = \rho gh$$



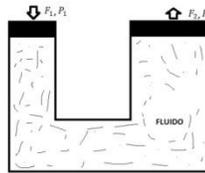
$$P_B = P_{\text{Atmosferica}} + \rho gh$$

La presión absoluta  $P_b$  a una profundidad  $h$  debajo de la superficie de un líquido abierto a la atmosfera es mayor que la presión atmosférica +  $\rho gh$ .

### PRINCIPIO DE PASCAL

“La presión ejercida por un fluido incompresible en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido”

$$\text{Si } P_1 = P_2 \text{ segun el principio de Pascal} \rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

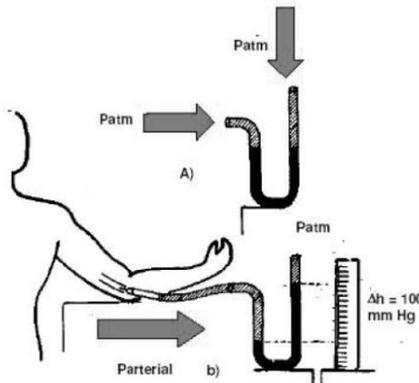


La presión aplicada a un flujo confinado, aumenta la presión en todos los puntos del fluido en la misma cantidad (intensidad).

#### ¿Para qué sirve el principio de Pascal?

El principio de Pascal nos sirve fundamentalmente para levantar pesos muy grandes con muy poca fuerza, como se demuestra en las prensas hidráulicas, elevador, frenos, etc.

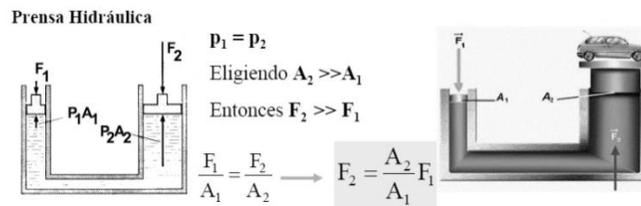
Una de las aplicaciones más conocidas en el área de la salud es la jeringa; la presión que se aplica en el pistón se trasmite íntegramente al fluido haciendo que salga a través de un área mucho menor, por lo que sale con gran velocidad. Si el área de salida es igual al área de aplicación de la fuerza, el fluido escaparía con la misma velocidad con la que se empuja; si el área de salida fuera mayor, la velocidad con la que saldría el fluido sería menor que la del empuje.



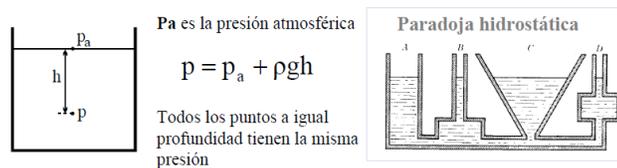
**Medición de Presión Arterial (método directo – una aguja insertada en la arteria) se mide por diferencia de altura entre las dos ramas.**

#### Prensa Hidráulica

Es un mecanismo conformado por vasos comunicantes y mangueras de unión, los vasos poseen pistones de diferentes área (sección trasversal), donde al aplicar una pequeña fuerza en el área menor, permite obtener fuerzas mayores en el área mayor.

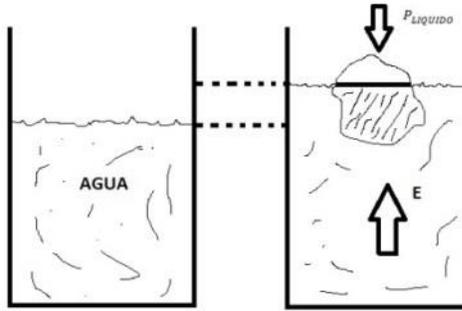


Presión en el interior de un recipiente ‘abierto’ en su parte superior



## PRINCIPIO DE ARQUIMEDES

“Dice que todo cuerpo sumergido en un fluido, ya sea líquido o gaseoso, experimenta un Empuje Vertical y hacia arriba igual al del peso del fluido que desaloja al sumergirlo”



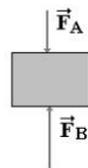
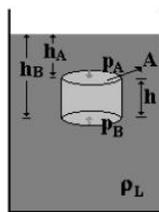
$$P_{Liquido} = E \text{ (Empuje o Fuerza de Empuje)}$$

$$E = P_{Liquido} = m_{Liquido} \cdot g = \rho_{Liquido} \cdot V_{Sumergido} \cdot g$$

$$E = \rho_L \cdot V_S \cdot g$$

### Principio de Arquímedes

Cualquier fluido aplica una fuerza de empuje a un objeto que está parcialmente o completamente inmerso en él.



$$F_A = P_A A; F_B = P_B A$$

$$E = F_B - F_A = (p_0 + \rho_L g h_B)A - (p_0 + \rho_L g h_A)A$$

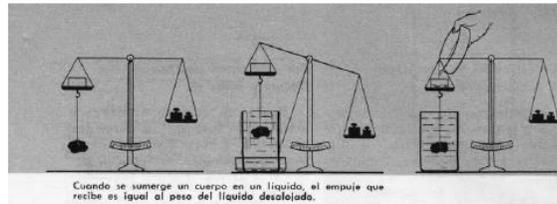
$$E = \rho_L g (h_B - h_A)A = \rho_L g h A = \rho_L g V_c$$

Pero  $\rho_L V_c$  es la masa de un volumen de líquido igual al volumen del sólido

$$E = \text{Peso del líquido desalojado}$$

La magnitud de la fuerza de empuje que ejerce un fluido es igual al peso del fluido que el objeto desaloja

Si  $P$  es el peso del cuerpo, entonces si:  
 $P > E$  el cuerpo se hunde  
 $P = E$  el cuerpo está en equilibrio  
 $P < E$  el cuerpo flota



### EJERCICIOS RESUELTOS

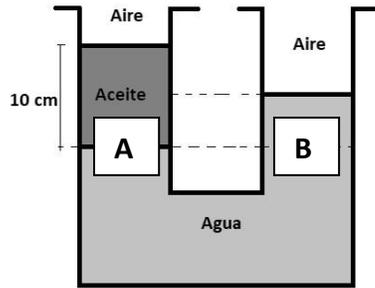
1.- Calcular la presión que produce un objeto cuadrado de 30 mm de lado, que se le aplica una fuerza de 7000 new en el agua contenida en un recipiente.

$$A = l^2 = (0,03 \text{ m})^2 = 0,0009 \text{ m}^2 \quad P = \frac{F}{A} = \frac{7000 \text{ new}}{0,0009 \text{ m}^2} = 7777777,78 \text{ Pa} = 7,78 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

2.- La presión de un objeto cuadrado con un fluido de 17000000 pascales. Calcular la fuerza que ejerce dicho fluido, si las dimensiones del objeto son de 25 mm por 25 mm.

$$A = (25 \cdot 10^{-6} \text{ m})^2 = 6,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad F = PA = (1,7 \cdot 10^7 \text{ Pa})(6,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2) = 10625 \text{ new}$$

3.- En la siguiente figura se tienen dos fluidos agua y aceite,  $\rho_{AGUA} = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$  y  $\rho_{ACEITE} = 750 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ . El tubo en U inicialmente contenía agua, luego se introducen 10 cm de aceite por la entrada izquierda, determinar cuánto subió en centímetros el agua, de su condición inicial.



Principio de Pascal:  $P_A = P_B$

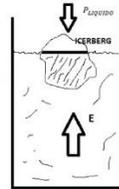
$$P_A = P_{atmosferica} + \rho_{aceite} \cdot g \cdot h_{aceite} \quad P_B = P_{atmosferica} + \rho_{agua} \cdot g \cdot h_{agua} \quad \text{Igualando las presiones:}$$

$$P_{atmosferica} + \rho_{aceite} \cdot g \cdot h_{aceite} = P_{atmosferica} + \rho_{agua} \cdot g \cdot h_{agua}$$

$$\rho_{aceite} \cdot h_{aceite} = \rho_{agua} \cdot h_{agua}$$

$$h_{agua} = \frac{\rho_{aceite} \cdot h_{aceite}}{\rho_{agua}} = \frac{\left(750 \frac{Kg}{m^3}\right) (10 \text{ cm})}{1000 \frac{Kg}{m^3}} = 7,5 \text{ cm}$$

4.- Un Tempnaco de Hielo (Iceberg) en el mar, según la figura. Si  $\rho_{Mar} = 1025 \frac{Kg}{m^3}$  y  $\rho_{Hielo} = 917 \frac{Kg}{m^3}$ , ¿Cuánto porcentaje está sumergido en el mar?



$$\sum F = 0 \rightarrow E - P = 0 \rightarrow E = P = mg$$

$$E = mg = \rho_L \cdot V_S \cdot g \rightarrow m = \rho_L \cdot V_S \rightarrow \rho_{Hielo} \cdot V_{Hielo} = \rho_L \cdot V_S$$

$$\frac{V_S}{V_{Hielo}} = \frac{\rho_{Hielo}}{\rho_L} = \frac{917 \frac{Kg}{m^3}}{1025 \frac{Kg}{m^3}} = 0,89 \rightarrow \mathbf{89\% \text{ esta sumergido en el mar}}$$

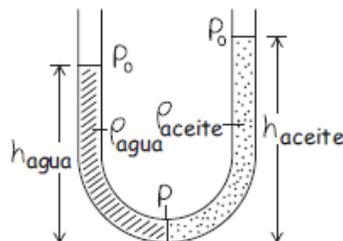
5.- Un cuerpo de forma cubica cuya arista mide 10 centímetros está sumergido hasta la mitad en un líquido cuya densidad es de  $0,9 \text{ gr/cm}^3$ . ¿Cuál es la masa del cuerpo?

$$V_{CUBO} = l^3 = (10 \text{ cm})^3 = 1000 \text{ cm}^3 \rightarrow V_S = \frac{V_{CUBO}}{2} = \frac{1000 \text{ cm}^3}{2} = 500 \text{ cm}^3$$

$$E = P = mg \rightarrow E = \rho_L \cdot g \cdot V_S \rightarrow mg = \rho_L \cdot g \cdot V_S \rightarrow m = \rho_L \cdot V_S$$

$$m = \rho_L \cdot V_S = \left(0,9 \frac{gr}{\text{cm}^3}\right) (500 \text{ cm}^3) = \mathbf{450 \text{ gramos}}$$

6.- Un tubo de manómetro se llena parcialmente con agua. Después se vierte aceite (que no se mezcla con el agua y tiene menor densidad que el agua) en el brazo izquierdo del tubo hasta que la interfaz aceite-agua está en el punto medio del tubo. Ambos brazos del tubo están abiertos al aire. Determine la relación entre las alturas  $h_{aceite}$  y  $h_{agua}$ .



$$p = p_0 + \rho_{\text{agua}} \cdot g \cdot h_{\text{agua}} \rightarrow p = p_0 + \rho_{\text{aceite}} \cdot g \cdot h_{\text{aceite}}$$

$$p_0 + \rho_{\text{agua}} \cdot g \cdot h_{\text{agua}} = p_0 + \rho_{\text{aceite}} \cdot g \cdot h_{\text{aceite}} \rightarrow \rho_{\text{agua}} \cdot g \cdot h_{\text{agua}} = \rho_{\text{aceite}} \cdot g \cdot h_{\text{aceite}}$$

$$h_{\text{aceite}} = \left( \frac{\rho_{\text{agua}}}{\rho_{\text{aceite}}} \right) h_{\text{agua}}$$

#### EJERCICIOS PARA RESOLVER

- 1.- El diámetro del cilindro mayor de la prensa hidráulica es de 160 metros y el de menor es de 4 centímetros. ¿Qué fuerza deberá aplicarse sobre el cilindro pequeño para generar una fuerza de 10.800 kilopondios en el de mayor tamaño?
- 2.- Un submarino se sumerge a una profundidad de 15000 metros. Suponiendo que el peso específico del agua de mar sea 1,03 toneladas/m<sup>3</sup>, determínese la fuerza a la que está sometido en newton, en cada metro cuadrado de superficie.