



INGRESO A MEDICINA

# **CUADERNILLO DE FÍSICA**

PROFESORA: ALICIA RACCHI

AÑO 2020



TABLA DE CONTENIDO

<b>Introducción</b> .....	8
<b>Unidad I: Magnitudes</b> .....	9
<b>Mediciones y Unidades</b> .....	9
<b>Magnitud</b> .....	9
<b>Componentes de un vector</b> .....	10
<b>Prefijos para las unidades</b> .....	11
<b>Unidades de medida. Múltiplos y submúltiplos</b> .....	12
<b>Prefijos para las magnitudes</b> .....	13
<b>Equivalencias</b> .....	14
<b>Notación científica</b> .....	14
<b>Ejemplo de resolución de problemas</b> .....	15
<b>Problemas de aplicación</b> .....	16
<b>Ejercicios adicionales</b> .....	17
<b>Unidad II: Estática y dinámica</b> .....	19
<b>Estática</b> .....	19
<b>Fuerza</b> .....	19
<b>Clasificación de fuerzas</b> .....	19
<b>Composición y descomposición de fuerzas</b> .....	20
<b>Momento de una fuerza</b> .....	21
<b>Cuplas</b> .....	22
<b>Centro de gravedad</b> .....	22
<b>Dinámica</b> .....	23
<b>Primera Ley de Newton (inercia)</b> .....	23
<b>Condición de equilibrio</b> .....	24
<b>Segunda ley de Newton (masa)</b> .....	24
<b>Tercera ley de Newton (acción y reacción)</b> .....	25
<b>Fuerza de rozamiento</b> .....	25
<b>Ejercicios de aplicación</b> .....	29
<b>Ejercicios adicionales</b> .....	31
<b>Unidad III: Hidrostática e hidrodinámica</b> .....	37



<b>Hidrostática</b> .....	37
<b>Presión</b> .....	37
<b>Ejercicios de aplicación</b> .....	37
<b>Unidades de presión</b> .....	38
<b>Presión atmosférica</b> .....	39
<b>Densidad</b> .....	39
<b>Peso Específico</b> .....	40
<b>Ejercicio de aplicación</b> .....	40
<b>Fluidos</b> .....	41
<b>Presión Hidrostática</b> .....	41
<b>Teorema Fundamental de la Hidrostática</b> .....	42
<b>Principio de Pascal</b> .....	43
<b>Principio de Arquímedes</b> .....	44
<b>Peso aparente</b> .....	45
<b>Hidrodinámica</b> .....	46
<b>Caudal</b> .....	46
<b>Presión Hidrodinámica</b> .....	47
<b>Teorema de Bernoulli</b> .....	47
<b>Ejercicios de aplicación</b> .....	48
<b>Ejercicios adicionales</b> .....	49
<b>Unidad IV: Gases</b> .....	52
<b>Teoría Cinética de los Gases</b> .....	52
<b>Gases ideales y reales</b> .....	53
<b>Ecuación general de estado de los gases</b> .....	54
<b>Ejercicios de aplicación</b> .....	55
<b>Ejercicios adicionales</b> .....	56
<b>Unidad V: Calor y temperatura</b> .....	59
<b>Conceptos de calor y temperatura</b> .....	59
<b>Sensación térmica</b> .....	60
<b>Escalas termométricas</b> .....	60
<b>Termómetros</b> .....	62
<b>Los termómetros clínicos</b> .....	62



<b>Cambios de estado</b> .....	62
<b>Calor específico</b> .....	63
<b>Calorimetría</b> .....	64
<b>Formas de transmisión del calor</b> .....	64
<b>Algunos cálculos de calorimetría</b> .....	65
<b>Mezcla</b> .....	66
<b>Dilatación</b> .....	67
<b>Ejercicios de aplicación</b> .....	68
<b>Ejercicios adicionales</b> .....	69
<b>Unidad VI: Ondas y sonido</b> .....	72
<b>Ondas</b> .....	72
<b>Clasificación de las ondas</b> .....	72
<b>Ondas mecánicas y electromagnéticas</b> .....	73
<b>Elementos de una onda</b> .....	73
<b>Ondas sonoras – acústica</b> .....	74
<b>Características del sonido</b> .....	75
<b>Reflexión del sonido – eco, interferencia y resonancia</b> .....	76
<b>Eco</b> .....	76
<b>Interferencia</b> .....	77
<b>Resonancia</b> .....	77
<b>El efecto Doppler</b> .....	77
<b>Ejercicios de aplicación</b> .....	78
<b>Ejercicios adicionales</b> .....	79
<b>Unidad VII: Óptica I</b> .....	83
<b>La luz</b> .....	83
<b>Velocidad de la luz</b> .....	83
<b>Cuerpos luminosos e iluminados</b> .....	83
<b>La óptica física</b> .....	84
<b>La óptica geométrica</b> .....	84
<b>Reflexión de la luz</b> .....	84
<b>Clasificación de las imágenes</b> .....	85
<b>Tipos de espejos</b> .....	85



<b>Espejos cóncavos</b> .....	87
<b>Marcha de rayos</b> .....	87
<b>Formación de imágenes en espejos cóncavos</b> .....	87
<b>Fórmula de Descartes o de los focos conjugados</b> .....	88
<b>Espejos convexos</b> .....	89
<b>Marcha de rayos</b> .....	89
<b>Formación de imágenes en espejos convexos</b> .....	90
<b>Refracción de la luz</b> .....	91
<b>Leyes de la reflexión de la luz</b> .....	91
<b>Ángulo crítico o ángulo límite. Reflexión total</b> .....	92
<b>Ejercicios de aplicación</b> .....	93
<b>Ejercicios adicionales</b> .....	93
<b>Unidad VIII: Óptica II</b> .....	97
<b>Elementos principales de una lente</b> .....	97
<b>Lentes convergentes</b> .....	97
<b>Marcha de rayos</b> .....	97
<b>Formación de imágenes</b> .....	98
<b>Cálculo de la posición de la imagen en una lente convergente</b> .....	99
<b>Lentes divergentes</b> .....	100
<b>Marcha de rayos</b> .....	100
<b>Formación de imágenes en las lentes divergentes</b> .....	100
<b>Potencia de una lente</b> .....	101
<b>El ojo humano y la visión</b> .....	102
<b>Miopía</b> .....	103
<b>Hipermetropía</b> .....	103
<b>Presbicia</b> .....	103
<b>Astigmatismo</b> .....	103
<b>Instrumentos ópticos</b> .....	104
<b>Lupa</b> .....	104
<b>Microscopio</b> .....	104
<b>Aumento eficaz de una lupa</b> .....	105
<b>Ejercicios de aplicación</b> .....	106



<b>Ejercicios adicionales</b> .....	107
<b>Unidad IX: Magnetismo y electricidad</b> .....	110
<b>Imanes naturales y artificiales</b> .....	110
<b>Polos magnéticos</b> .....	110
<b>Campo magnético - Acciones entre los polos magnéticos</b> .....	111
<b>Campo magnético terrestre</b> .....	111
<b>Fenómenos eléctricos sencillos</b> .....	112
<b>Electrostática</b> .....	112
<b>Cálculo de la fuerza eléctrica: Ley de Coulomb</b> .....	114
<b>Campo eléctrico</b> .....	115
<b>Potencial eléctrico</b> .....	115
<b>Electrodinámica</b> .....	116
<b>Corriente eléctrica</b> .....	116
<b>Intensidad de corriente eléctrica</b> .....	117
<b>La ley de Ohm</b> .....	117
<b>Circuito eléctrico</b> .....	118
<b>Potencia eléctrica</b> .....	118
<b>Efectos del paso de la corriente eléctrica</b> .....	119
<b>Ley de Joule - Efecto Joule</b> .....	120
<b>Cantidad de calor</b> .....	120
<b>Riesgo eléctrico: efecto sobre los seres vivos</b> .....	121
<b>El desfibrilador</b> .....	121
<b>Electrocardiografía</b> .....	121
<b>Ejercicios de aplicación</b> .....	123
<b>Ejercicios adicionales</b> .....	123
<b>Unidad X: Radiaciones</b> .....	126
<b>Espectro electromagnético</b> .....	126
<b>Radiactividad</b> .....	127
<b>Rayos X</b> .....	129
<b>Rayos Gamma</b> .....	131
<b>Elementos radiactivos</b> .....	131
<b>Isótopos radiactivos</b> .....	131



<b>Fisión y fusión nuclear</b> .....	133
<b>Cuestionario</b> .....	134
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	134
Unidad I: Magnitudes .....	134
Unidad II: Estática y dinámica.....	134
Unidad III: Hidrostática e hidrodinámica.....	135
Unidad IV: Gases .....	135
Unidad V: Calor y temperatura.....	135
Unidad VI: Ondas y sonido .....	135
Unidad VII: Óptica I .....	135
Unidad VIII: Óptica II .....	136
Unidad IX: Magnetismo y electricidad.....	136
Unidad X: Radiaciones.....	136
Bibliografía complementaria: .....	136



## Introducción

El siguiente cuadernillo ha sido confeccionado teniendo en cuenta los contenidos que son evaluados en el examen de ingreso a Medicina.

Cada tema consta de una parte teórica en la cual se desarrollan los principales conceptos y una parte práctica dividida en dos secciones: ejercicios de aplicación y ejercicios adicionales para que el estudiante cuente con una gran cantidad de ejercicios para poner en práctica lo aprendido.

En el temario, que se encuentra en Anexo, al finalizar cada unidad se encuentra la bibliografía correspondiente. También se ha agregado una bibliografía complementaria para ampliar los temas

***Autor: Prof. Javier Hernando Pavón***

***Adaptado por: Prof. Alicia Racchi***





## Unidad I: Magnitudes

### Mediciones y Unidades

La observación de un fenómeno es en general incompleta a menos que dé lugar a información **cuantitativa**. Para obtener dicha información se requiere la medición de una propiedad física, y así la medición constituye una rutina clásica de la física experimental. Lord Kelvin expresó que nuestro conocimiento es satisfactorio únicamente cuando lo podemos expresar mediante números. Esto requiere no solamente la utilización de la Matemática para mostrar las relaciones entre las distintas cantidades, sino tener el conocimiento para operar con estas relaciones. Esta es la razón por la cual la Matemática es el lenguaje de la Física y sin Matemática es imposible comprender los fenómenos físicos, tanto desde un punto de vista experimental como teórico.

### Magnitud

En física denominamos magnitud a todo aquello que puede ser medido.

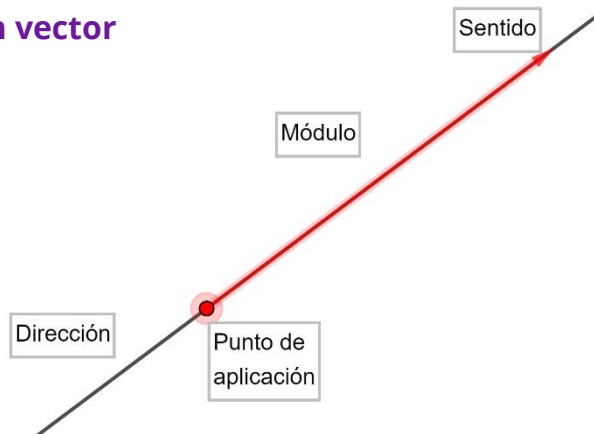
La medición es entonces, una técnica por medio de la cual asignamos un número a una propiedad física, como resultado de una comparación de dicha propiedad con otra similar tomada como patrón, la cual se ha adoptado como *unidad*.

Es posible distinguir dos tipos de magnitudes: las escalares y las vectoriales.

- a) *Magnitudes escalares*: Son las que se definen clara y simplemente con un número y una unidad de medida aplicada al número anterior. Ejemplos: 3 m, hace referencia a la distancia entre dos puntos que equivale a tres metros de longitud; 2 kg hace referencia a la cantidad de materia que posee un cuerpo determinado en comparación con una unidad tomada como patrón, en este caso tres kilogramos. Y así, cualquier otro ejemplo que se mencione, dejaría bien en claro de qué se está hablando con solo mencionar un número y la unidad correspondiente.
- b) *Magnitudes vectoriales*: Son aquellas que se definen por medio de la utilización de un vector. Además de un número y una unidad, necesitan de: 1) punto de aplicación, 2) un módulo o intensidad, 3) una dirección y 4) un sentido.

Se define tradicionalmente a un **vector** como un segmento orientado, cuya representación más frecuente es una “flecha”.

### Componentes de un vector



- **Punto de aplicación:** punto en el que se ejerce o inicia dicha magnitud. Gráficamente es donde se inicia el vector.
- **Módulo o intensidad:** es la medida del vector, su longitud. Obviamente esta medida representa diferentes clases de magnitudes, de acuerdo con las necesidades de representación.
- **Dirección:** es la recta de acción sobre la que se desplaza el vector.
- **Sentido:** está dado por la punta de flecha en la representación gráfica del vector.

Ante esto es entonces posible tener vectores que actúen en la misma dirección, es decir sobre una misma recta de acción, tanto en el mismo sentido como en sentidos opuestos. También pueden encontrarse vectores que actúan sobre rectas paralelas, o sobre rectas que forman entre sí diversos ángulos.

Decir que un automóvil se desplaza a  $90 \frac{km}{h}$  en sentido norte-sur, es utilizar una magnitud vectorial para referirnos a la velocidad a la que se traslada dicho vehículo. La dirección en este caso corresponde a la ruta (supongamos que sea recta). El sentido viene indicado por los puntos cardinales (en este caso, circula de norte a sur). Otro vehículo podría circular también a  $90 \frac{km}{h}$  (igual magnitud), por la misma ruta (igual dirección), pero en sentido contrario (de sur a norte). Es decir, su velocidad tendría diferente sentido, y por lo tanto sería diferente a la del primer vehículo.

Algunas de las unidades fundamentales del Sistema Internacional de Unidades son:



MAGNITUD FUNDAMENTAL	NOMBRE	SÍMBOLO
Longitud	Metro	m
Masa	Kilogramo	kg
Temperatura	Kelvin	K
Tiempo	Segundo	s
Corriente eléctrica	Ampere	A

Cuadro 1.1 Unidades fundamentales del Sistema Internacional

No solo utilizaremos estas unidades sino también magnitudes derivadas de ellas, y las equivalencias correspondientes.

A partir de estas unidades de base se establecen las demás unidades de uso práctico, conocidas como unidades derivadas, asociadas a magnitudes tales como velocidad, aceleración, fuerza, presión, energía, tensión, resistencia eléctrica, etc.

Ciertas unidades derivadas han recibido unos nombres y símbolos especiales. Estas unidades pueden así mismo ser utilizadas en combinación con otras unidades base o derivadas para expresar unidades de otras cantidades. Estos nombres y símbolos especiales son una forma de expresar unidades de uso frecuente. Por ejemplo: Coulomb (C): Cantidad de electricidad; Joule (J): Trabajo o energía; Newton (N): Fuerza; Pascal (Pa): Presión; Volt (V): Tensión eléctrica, potencial eléctrico, o fuerza electromotriz; Watt (W): Potencia; Ohm ( $\Omega$ ): Resistencia eléctrica.

### Prefijos para las unidades

Como mencionar los nombres de las unidades al utilizarlas es a veces largo y tedioso, en física se utilizan prefijos que dejan en claro, y con poco esfuerzo de escritura y lectura, con qué unidades se está trabajando. Estos prefijos y sus respectivos valores se presentan en el siguiente cuadro:

PREFIJO	SÍMBOLO	POTENCIA
Tera	T	$10^{12}$
Giga	G	$10^9$
Mega	M	$10^6$
Kilo	kg	$10^3$
Hecto	h	$10^2$
Deca	dam	10
Unidad		$10^0$
Deci	d	$10^{-1}$
Centi	c	$10^{-2}$
Mili	m	$10^{-3}$



Micro	$\mu$	$10^{-6}$
Nano	N	$10^{-9}$
Pico	P	$10^{-12}$
Femto	F	$10^{-15}$
Ato	A	$10^{-18}$

Cuadro 1. 2 Prefijos para las unidades de medida

## Unidades de medida. Múltiplos y submúltiplos

Ahora bien, al estudiar y al aplicar las magnitudes, es posible encontrarnos con tantas formas de medir y de mencionarlas, como países y seres humanos existen en el mundo. Ante este hecho, se hace realmente necesaria la utilización de sistemas de medidas que unifiquen los diferentes criterios y valores adoptados en todo el planeta. Este sistema que rige y unifica los restantes se denomina **Sistema Internacional de Unidades (SI)**.

Es necesario seleccionar un conjunto reducido pero completo de magnitudes de tal modo que cualquier otra magnitud pueda ser expresada en función de dicho conjunto. Esas pocas magnitudes relacionadas se denominan **magnitudes fundamentales**, mientras que el resto que pueden expresarse en función de las fundamentales reciben el nombre de **magnitudes derivadas**. Cuando se ha elegido ese conjunto reducido y completo de magnitudes fundamentales y se han definido correctamente sus unidades correspondientes, se dispone entonces de un sistema de unidades.

Cuando se quiere expresar el valor de una magnitud en una unidad diferente, se recurre a las equivalencias. Esto puede ser sencillo en el caso de magnitudes fundamentales, o cuando existe una equivalencia directa entre ambas unidades a relacionar. Por ejemplo, si quiero expresar una distancia de 10 km en metros, basta saber que  $1 \text{ km} = 1.000 \text{ m}$ . Entonces,  $10 \text{ km} = 10.000 \text{ m}$ .

El proceso se complica cuando se trata de unidades compuestas, como la velocidad, que relaciona una distancia recorrida con el tiempo que se necesita para realizar ese recorrido. La unidad más comúnmente usada para expresar la velocidad es el "kilómetro por hora" ( $\frac{km}{h}$ ), pero la unidad de velocidad del SI es el "metro por segundo" ( $\frac{m}{s}$ ). Si se quiere hacer una equivalencia entre ambas unidades, una forma de hacerlo es usar **factores de conversión**, independientes para cada magnitud simple: uno para longitud y otro para tiempo.

Ejemplo: Un vehículo se desplaza a  $90 \frac{km}{h}$ ; expresar su velocidad en m/s.



Primero pasamos los 90 km a m, por lo cual multiplicamos por 1.000, y luego calculamos la cantidad de segundos en una hora que es 3.600 obteniendo:

$$90 \frac{km}{h} = \frac{90 \times 1.000}{1 \times 3.600} = \frac{90.000 m}{3.600 s} = 25 \frac{m}{s}$$

### Prefijos para las magnitudes

Además de los prefijos para las unidades, también es necesario utilizar prefijos para la representación de las diferentes magnitudes. A continuación, se presenta un cuadro con las magnitudes de área y volumen.

FIGURA	ÁREA
Cuadrado	$l^2$
Rectángulo	$b \cdot h$
Triángulo	$\frac{b \cdot h}{2}$
Trapezio	$\frac{(B + b) \cdot h}{2}$
Círculo	$\pi \cdot r^2$

Cuadro 1.3 Fórmulas de área de figuras

CUERPO	VOLUMEN
Cubo	$l^3$
Prisma	$\text{Área base} \cdot h$
Cilindro	$\pi \cdot r^2 \cdot h$
Esfera	$\frac{4 \cdot \pi \cdot r^3}{3}$
Cono	$\frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{3}$



Pirámide	$\frac{\text{Área base} \cdot h}{3}$
----------	--------------------------------------

Cuadro 1.4 Fórmulas de volumen de cuerpos

Debemos agregar a las fórmulas dadas la longitud de circunferencia:  $L = \pi \cdot d$   
o  $L = 2 \cdot \pi \cdot r$ .

El área total de una esfera está determinada por la fórmula:  $4 \cdot \pi \cdot r^2$

### Equivalencias

Como se mencionó anteriormente, es posible realizar equivalencias entre algunas de las magnitudes con las que trabajaremos. El siguiente cuadro refleja algunas de ellas.

CAPACIDAD	VOLUMEN
kl	m <sup>3</sup>
l	dm <sup>3</sup>
ml	cm <sup>3</sup>

Cuadro 1.5 Equivalencias

Algunos ejemplos:

- 2 m<sup>3</sup> significa que equivalen a 2 kilolitros.
- 5 l significa que 5 litros es lo mismo que 5 dm<sup>3</sup>.
- 400 dl significa 400 decilitros y equivale a 40 litros o 40 dm<sup>3</sup>.
- Decir que una botella contiene en su interior 0,5 l, equivale a decir que contiene medio litro, 0,5 dm<sup>3</sup> o 500 cm<sup>3</sup>.

### Notación científica

Un número expresado en notación científica (o notación índice standard es igual al producto de un número comprendido entre - 10 y 10 por una potencia de base 10 con exponente positivo o negativo.

Se pueden dar dos casos:

- a) Si la parte entera no es cero se siguen los siguientes pasos:
  - Contamos el número de dígitos de la parte entera del número.
  - Colocamos una coma detrás del primer dígito.



- Multiplicamos por 10 elevado al número de dígitos de la parte entera menos 1.

Ejemplo: Si queremos transformar el número 154 000 000 000 a notación científica colocamos una coma detrás del primer número quedando 1,54. Luego contamos todos los números detrás de la coma y ese será el exponente del 10. El número obtenido es  $1,54 \cdot 10^{11}$ .

b) Si la parte entera del dígito es cero:

- Contamos el número de ceros de la parte decimal hasta llegar a un número distinto de cero.
- Desplazamos la coma hasta situarla detrás del primer dígito que no es cero.
- Multiplicamos por 10 elevado al número de dígitos que contamos anteriormente más 1 y le cambiamos de signo, es decir, el exponente será negativo.

Ejemplo: Para transformar 0, 000168 a notación científica contamos la cantidad de ceros detrás de la coma que es 3. Colocamos la coma detrás del primer dígito distinto de cero quedando 1, 68. Luego multiplicamos por 10 elevando a la - 4 porque sumamos la cantidad de ceros más 1. No debemos olvidarnos de que aquí el exponente será negativo. El número obtenido es  $1,68 \cdot 10^{-4}$ .

Más ejemplos:

$$12\ 000\ 000 = 1,2 \cdot 10^7$$

$$150\ 000\ 000 = 1,5 \cdot 10^8$$

$$0,000\ 000\ 009 = 9 \cdot 10^{-9}$$

$$0,000\ 067 = 6,7 \cdot 10^{-5}$$

### Ejemplo de resolución de problemas

1. Calcular el volumen (en  $\text{dm}^3$ ) de un tanque cilíndrico de 3,5 m de radio y 20 m de altura. Utilizar el valor de  $\pi = 3,14$ .

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$V = 3,14 \cdot (3,5 \text{ m})^2 \cdot 20 \text{ m}$$

$$V = 769,3 \text{ m}^3$$

Como se pide expresar el volumen en  $\text{dm}^3$ , la expresión final será:

$$V = 769\ 300 \text{ dm}^3 \text{ (1 m}^3 \text{ equivale a 1000 dm}^3\text{)}$$

2. Un paciente necesita una dosis de  $3,5 \text{ cm}^3$  cada 8 h. El medicamento viene en frascos de 30 ml. Determine el número de frascos que se deben conseguir para un tratamiento de 45 días.



*Solución:*

- Como el día tiene 24 h, a razón de  $3,5 \text{ cm}^3$  cada 8 h, para un día son necesarios:  $3,5 \text{ cm}^3 \times 3 = \mathbf{10,5 \text{ cm}^3}$
- Si en un día se necesitan  $\mathbf{10,5 \text{ cm}^3}$  de medicamento, en 45 días serán necesarios  $\mathbf{472,5 \text{ cm}^3}$ , cantidad que si dividimos por 30 ml (cantidad que contiene cada frasco) nos daría  $\mathbf{15,75}$  frascos, es decir, 15 frascos de 30 ml cada uno más  $\frac{3}{4}$  de otro frasco.

Nota: las unidades ml y  $\text{cm}^3$  (cc) se trabajan directamente ya que 1 ml equivale a  $1 \text{ cm}^3$ .

### Problemas de aplicación

- 1) De un rollo de hilo dental de 0,007 km, Luis utiliza 14 cm diarios. Determina para cuántos días le alcanzará el rollo de hilo y cuántos metros tiene dicho rollo. **Rta: 50 días; 7 m.**
- 2) Un enfermero se encarga de los vendajes de los pacientes. Si ocupa un promedio de 10 m de vendas por paciente y en total atiende a 25 pacientes diariamente y además se sabe que trabajó 30 días en el mes, ¿cuántos rollos de vendas de 50 m cada uno habrá utilizado? **Rta: 150 rollos.**
- 3) La superficie de un terreno es de  $15,2 \text{ km}^2$ . Exprésalo en  $\text{m}^2$  y en  $\text{cm}^2$ . **Rta: 15 200 000  $\text{m}^2$ ; 152 000 000 000  $\text{cm}^2$ .**
- 4) Calcula en  $\text{cm}^3$  el volumen de un cubo de 10 m de arista. **Rta:  $10^9 \text{ cm}^3$ .**
- 5) De un frasco de 350 ml de un medicamento se obtienen 50 dosis. Indica cuántos  $\text{cm}^3$  tiene cada dosis. **Rta:  $7 \text{ cm}^3$ .**
- 6) Un bidón de 2 litros de un medicamento concentrado debe diluirse en agua en la proporción uno a uno, para luego cargarlo en frascos de 15 ml. Calcula la cantidad de frascos necesarios. Realiza el mismo trabajo, pero para frascos de  $0,5 \text{ dm}^3$ . **Rta: 266,67 frascos; 8 frascos.**
- 7) A un paciente se le administra  $1,5 \text{ cm}^3$  de clorhidrato de clorpromazina. El medicamento se presenta en ampollas de 2 ml que contienen 25 mg. Calcula los mg que se inyectarán al paciente. **Rta: 18,75 mg.**
- 8) El medicamento cloranfenicol se presenta en cápsulas de 250 mg y en jarabe en el cual se sabe que  $125 \text{ mg} = 5 \text{ ml}$ . Se debe administrar 75 mg de este medicamento, ¿Cuántos comprimidos se le dará al paciente? ¿Cuántos  $\text{cm}^3$  de jarabe contiene esta dosis? **Rta: 0,3 cápsula;  $3 \text{ cm}^3$ .**





- 9) Exprese los siguientes valores de velocidad en m/s:
- $80 \frac{km}{h}$  **Rta: 22,22 m/s**
  - $70 \frac{m}{min}$  **Rta: 1,17 m/s**
  - $500 \frac{cm}{s}$  **Rta: 5 m/s.**
- 10) Calcula la distancia que recorre la luz en un año viajando a la velocidad aproximada de  $300\,000 \frac{km}{s}$  **Rta:  $9,4608 \times 10^{12}$  km.**

### Ejercicios adicionales

- El planeta Tierra tiene un radio aproximado de 6.400 km. ¿Cuál es el área y el volumen de la Tierra? **Rta:  $514.457.600 \text{ km}^2$ ;  $1,097 \cdot 10^{12} \text{ km}^3$ .**
- Un jarabe se presenta en frascos de  $120 \text{ cm}^3$ . ¿Cuántas dosis de 5 ml se obtienen? Si una persona lo tiene que tomar cada 6 h durante 10 días, ¿cuántos frascos debe comprar? **Rta: 24 dosis; 2 frascos.**
- Los capilares miden 1 mm de largo y tienen un diámetro de 0,01 mm. ¿Qué volumen en  $\text{cm}^3$  y en litros transportan? **Rta:  $7,85 \times 10^{-8} \text{ cm}^3$ ;  $7,85 \times 10^{-11}$  litros.**
- Los vasos sanguíneos de nuestro cuerpo, si estuvieran unidos y estirados alcanzarían una longitud de 100.000 km. Si el radio de la Tierra es de 6.400 km, ¿cuántas vueltas al mundo podrían dar los vasos sanguíneos? **Rta: 2,5 vueltas aproximadamente.**
- Cada minuto 4,6 litros de sangre se bombea a través del corazón. Averigua cuántos  $\text{cm}^3$  por día y por año bombea el corazón. **Rta:  $6,624 \times 10^6 \text{ cm}^3$  por día y  $2.417.760.000 \text{ cm}^3$  por año.**
- El ojo humano es aproximadamente esférico y mide 2,5 cm de diámetro y está lleno de un gel transparente llamado humor vítreo. ¿Qué capacidad (en l y en  $\text{cm}^3$ ) tienen los dos ojos del ser humano? **Rta:  $16,35 \text{ cm}^3$  y 0,01635 litros.**
- El peso promedio del cerebro humano de un adulto es de 1.400 g. Si una persona pesa 75 kg, ¿qué porcentaje de su peso corresponde al cerebro? **Rta: 1,87 %.**
- La velocidad del sonido en el aire es de  $340 \frac{m}{s}$ . ¿A cuántos  $\frac{km}{h}$  equivale esa velocidad? **Rta:  $1224 \frac{km}{h}$ .**
- La superficie de la ciudad de Buenos Aires es de  $203,3 \text{ km}^2$ . Expresar en  $\text{m}^2$ .
- ¿Qué capacidad (en  $\text{cm}^3$ ) tiene un cubo de 350 mm de arista? **Rta:  $42875 \text{ cm}^3$ .**
- El cabello humano crece aproximadamente 1 mm cada 3 días. ¿Cuántos cm habrá crecido en un mes? ¿Qué largo (en metros) tendría una persona al cabo de un año si estaba rapado? **Rta: 1 cm y 0,12 m.**



- 12) Si consideramos que la forma de una gotita fuera esférica de 1 mm de radio, ¿cuántos  $\text{cm}^3$  ocupan 40 gotitas de Hepatalgina? ¿Para cuántas tomas alcanza un frasco que contiene 60 ml del producto mencionado? (Una toma equivale a 40 gotitas) **Rta:  $0,17 \text{ cm}^3$  y 353 tomas aproximadamente.**
- 13) ¿Cuántos litros de agua puede almacenar una familia en un tanque cilíndrico de 1m de diámetro y 140 cm de altura? **Rta: 1099 litros.**
- 14) Un libro que posee 4500 páginas tiene un espesor de 11,2 cm. ¿Cuál es el espesor en mm de cada hoja? **Rta:  $2,49 \times 10^{-2} \text{ mm}$ .**
- 15) ¿Cuál es el volumen de una célula esférica de  $2 \times 10^{-3} \text{ cm}$  de diámetro? **Rta:  $4,19 \times 10^{-9} \text{ cm}^3$ .**
- 16) El corazón bombea sangre a razón de  $0,083 \frac{\text{litros}}{\text{s}}$  ¿Cuántos  $\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$  bombea? **Rta:  $8,3 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ .**
- 17) Una persona tiene en su cuerpo aproximadamente 5 litros de sangre. Si la población mundial es de 7 700 millones de habitantes, ¿cuántos  $\text{cm}^3$  de sangre hay en el mundo? **Rta:  $3,85 \times 10^{13} \text{ cm}^3$ .**
- 18) Con el agua de un recipiente de 5 litros, ¿cuántos vasos cilíndricos de 7 cm de diámetro y 8 cm de altura se pueden llenar? **Rta: 16,25 vasos.**



## Unidad II: Estática y dinámica

### Estática

Es la rama de la Mecánica clásica que estudia las condiciones que cumplen las fuerzas que actúan sobre los cuerpos en equilibrio.

### Fuerza

**Fuerza es todo agente capaz de modificar el estado de movimiento o la forma de los cuerpos. Por lo tanto, una fuerza puede modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo, o producir la deformación del mismo.**

La fuerza es una magnitud vectorial, por lo tanto, se representa mediante un vector, el cual posee: un punto de aplicación o de origen, una dirección o recta de acción, un sentido y un módulo o intensidad (el valor numérico de la fuerza).

La fuerza es un tipo de acción que un objeto ejerce sobre otro (se dice que hay una interacción). En consecuencia, para poder hablar de la existencia de una fuerza, se debe suponer la presencia de dos cuerpos, ya que debe haber un cuerpo que atrae y otro que es atraído, uno que impulsa y otro que es impulsado, etc.

En el sistema internacional, la unidad de medida de las fuerzas es el Newton [N]. Un Newton se define como la fuerza necesaria para suministrar a una masa de 1 kg una aceleración de  $1 \frac{m}{s^2}$ .

$$N = \frac{kg \times m}{s^2}$$

### Clasificación de fuerzas

Las fuerzas se pueden clasificar de acuerdo con diversos criterios, siendo el más usado el modo en que interactúan los cuerpos:

#### *a) Fuerzas de contacto*

Son aquellas en que el cuerpo que ejerce la fuerza está en contacto directo con el cuerpo que la recibe. Ejemplos: fuerzas de tracción, de empuje, choques entre objetos.

#### *b) Fuerzas a distancia*

El cuerpo que ejerce la fuerza y el que la recibe no entran en contacto físicamente. Ejemplos: gravedad, magnetismo, fuerza eléctrica.

#### *c) Equilibrio de fuerzas*



Se dice que un cuerpo está en equilibrio cuando permanece en reposo respecto al sistema de referencia elegido, o se mueve a velocidad constante respecto del mismo sistema de referencia.

En este caso, la fuerza neta o resultante que actúa sobre el cuerpo es cero, por lo cual su aceleración es nula. Otra forma de expresarlo es que la sumatoria de todas las fuerzas que inciden sobre el cuerpo es cero.

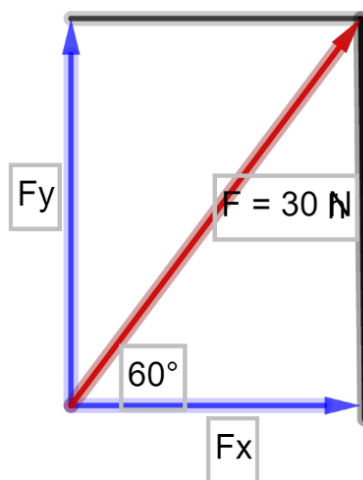
### Composición y descomposición de fuerzas

Muchas veces tenemos distintas fuerzas aplicadas a un cuerpo y en distintas direcciones. Para conocer su comportamiento lo que hacemos es calcular la fuerza resultante, equivalente a la suma de todas las fuerzas aplicadas.

Pero no siempre tenemos las coordenadas cartesianas de los vectores de las fuerzas aplicadas, sino que en la mayoría de los casos las encontramos como un módulo y un ángulo, lo que suele llamarse coordenadas polares.

Para resolver este tipo de problemas, lo que hay que hacer es descomponer a las fuerzas proyectándolas sobre los ejes por medio de relaciones trigonométricas simples, tales como seno, coseno y tangente. Una vez que tenemos cada componente proyectada, hacemos las sumas y restas sobre cada eje para luego volver a componer todo en una resultante.

Una fuerza de 30 N forma un ángulo de  $60^\circ$  con la horizontal. Descomponerla en 2 fuerzas, una vertical y otra horizontal, que coincidan con los ejes cartesianos.



Como se ve en la figura, la relación que existe entre los módulos de la fuerza  $F$  y las 2 fuerzas en que se descompone ( $F_x$  y  $F_y$ ) se puede representar mediante un triángulo rectángulo, por lo cual se pueden calcular los módulos de ambas fuerzas mediante trigonometría.

$$\text{sen } \alpha = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{hipotenusa}}$$



$$\cos \alpha = \frac{\text{cateto adyacente}}{\text{hipotenusa}}$$

En este caso:

$$\sin 60^\circ = \frac{F_y}{F}$$

$$\cos 60^\circ = \frac{F_x}{F}$$

Despejando de las expresiones anteriores:

$$F_y = 30 \text{ N} \times \sin 60^\circ = \mathbf{25,98 \text{ N}}$$

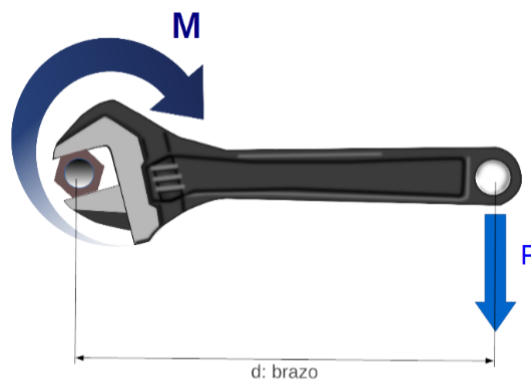
$$F_x = 30 \text{ N} \times \cos 60^\circ = \mathbf{15 \text{ N}}$$

### Momento de una fuerza

El momento de una fuerza es el producto de dicha fuerza por la distancia perpendicular a un determinado eje de giro.

$$\mathbf{M = F \cdot d \cdot \sin \alpha}$$

La fuerza se mide en N y la distancia en m, por lo tanto, el momento nos dará Joule que es N x m.



$$\mathbf{M = F * d}$$

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

Cuando se aplica una fuerza a una puerta pesada para abrirla, la fuerza se ejerce perpendicularmente a la puerta y a la máxima distancia de las bisagras. Así se logra un momento máximo. Si se empujara la puerta con la misma fuerza en un punto situado a medio camino entre el picaporte y las bisagras, la magnitud del momento sería la mitad. Si la fuerza se aplicara de forma paralela a la puerta (es decir, de canto), el momento sería nulo, porque

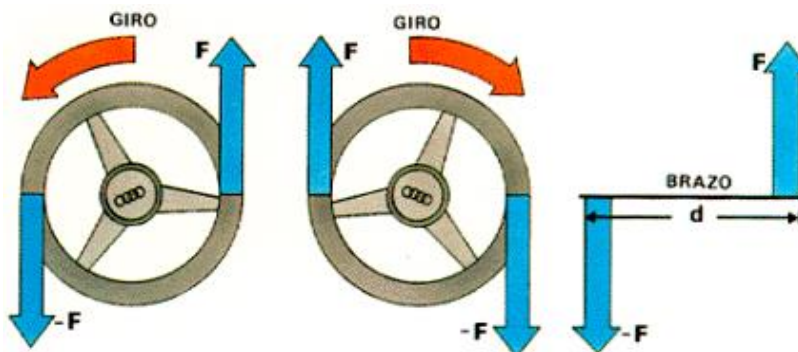


la recta de acción de la fuerza (su dirección) pasa por el centro de giro de la puerta, es decir que la distancia perpendicular es cero.

En el caso del dibujo que está en la página anterior, cuando la fuerza aplicada sobre un objeto no es perpendicular al eje “x” ni perpendicular al eje “y”, se debe descomponer la misma en sus componentes  $F_x$  y  $F_y$ . Luego, se calcula el momento de esta fuerza sólo con el componente perpendicular (en este caso,  $F_y = F \cdot \sin \Phi$ ).

### Cuplas

Se denomina cupla o par de fuerzas a un sistema formado por dos fuerzas paralelas entre sí, de la misma intensidad o módulo, pero de sentidos contrarios. Si se aplica un par de fuerzas a un cuerpo, se produce una rotación o una torsión del mismo. La magnitud de la rotación depende del valor de las fuerzas que forman la cupla, y de la distancia entre ambas fuerzas.



El momento de un par de fuerzas, es una magnitud vectorial que tiene por módulo el producto de cualquiera de las fuerzas por la distancia (perpendicular) entre ellas  $d$ .

$$M = F_1 \cdot d = F_2 \cdot d$$

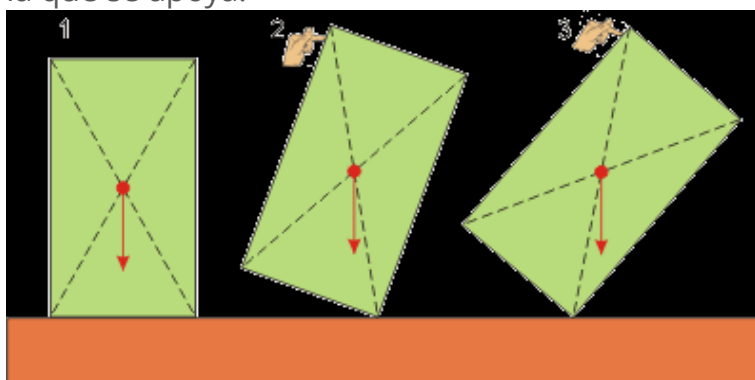
### Centro de gravedad

Es el centro de simetría de masa, donde se intersecan los planos sagital, frontal y horizontal. En dicho punto, se aplica la resultante de las fuerzas gravitatorias que ejercen su efecto en un cuerpo. En este punto se puede

considerar, a fines prácticos, que se encuentra concentrada la masa del cuerpo.

En el caso de cuerpos simétricos, como una esfera, el centro de gravedad coincide con el centro geométrico del cuerpo. Pero si el cuerpo es irregular, como un martillo, el centro de gravedad puede estar desplazado del centro geométrico, hacia el extremo donde se encuentra la mayor parte de la masa. En muchos casos, dependiendo de la forma del objeto, el centro de masa puede ubicarse fuera del mismo, en una zona donde no hay masa. Un ejemplo de esto son los anillos.

Para que un objeto apoyado sobre una superficie se mantenga en equilibrio, su centro de gravedad debe mantenerse dentro de los límites de la base en la que se apoya.



## Dinámica

Esta rama de la Física estudia el movimiento de los objetos y su respuesta a la acción de las fuerzas. Isaac Newton demostró que la velocidad de los objetos que caen aumenta continuamente durante su caída. Esta aceleración es la misma para objetos pesados o ligeros, siempre que no se tenga en cuenta la resistencia del aire (rozamiento). Newton mejoró este análisis al definir la fuerza y la masa, y relacionarlas con la aceleración.

Para los objetos que se desplazan a velocidades cercanas a la velocidad de la luz (como las partículas atómicas y subatómicas), las leyes de Newton han sido sustituidas por la teoría de la relatividad de Albert Einstein. Pero para los fenómenos de la vida diaria, las tres leyes del movimiento de Newton siguen siendo la piedra angular de la dinámica.

## Primera Ley de Newton (inercia)

Un cuerpo permanece en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme (M.R.U. = velocidad constante) si la fuerza resultante es nula.

El que la fuerza ejercida sobre un objeto sea cero no significa necesariamente que su velocidad sea cero. Si no está sometido a ninguna fuerza (incluido el



rozamiento), un objeto en movimiento seguirá desplazándose a velocidad constante.

Para que haya equilibrio, las componentes horizontales de las fuerzas que actúan sobre un objeto deben cancelarse mutuamente, y lo mismo debe ocurrir con las componentes verticales. Esta condición es necesaria para el equilibrio, pero no es suficiente. Para que haya equilibrio también es necesario que la suma de los momentos en torno a cualquier eje sea cero. Los momentos dextrógiros (a la derecha) en torno a todo eje deben cancelarse con los momentos levógiros (a la izquierda) en torno a ese eje. Puede demostrarse que, si los momentos se cancelan para un eje determinado, se cancelan para todos los ejes.

### Condición de equilibrio

Como vimos anteriormente, la sumatoria de todas las fuerzas aplicadas debe ser nula, pero, además, la sumatoria de los momentos de todas las fuerzas con respecto a cualquier punto debe ser nula.

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

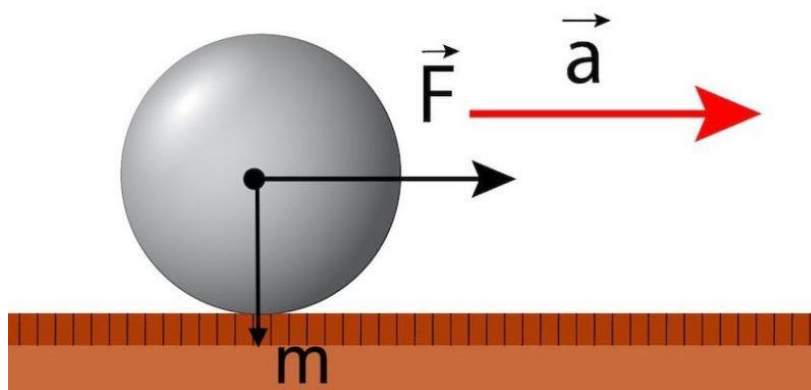
$$\sum MF = 0$$

### Segunda ley de Newton (masa)

Cuando a un cuerpo se le aplica una fuerza  $F$  se produce una aceleración.

$$F = m \cdot a$$

Una fuerza neta ejercida sobre un objeto lo acelerará, es decir, cambiará su velocidad. La aceleración será proporcional a la magnitud de la fuerza total y tendrá la misma dirección y sentido que ésta. La constante de proporcionalidad es la masa del objeto. La masa es la medida de la cantidad de sustancia de un cuerpo. Es decir que, para una misma fuerza aplicada, un cuerpo con menor masa alcanzará una mayor aceleración, y viceversa.





En particular, para la fuerza peso, la aceleración común a todos los cuerpos es la aceleración de la gravedad:

$$P = m \cdot g$$

De esto se deduce que 1 “kilogramo fuerza” (unidad de fuerza, no de masa) equivale al peso de 1 “kilogramo masa”.

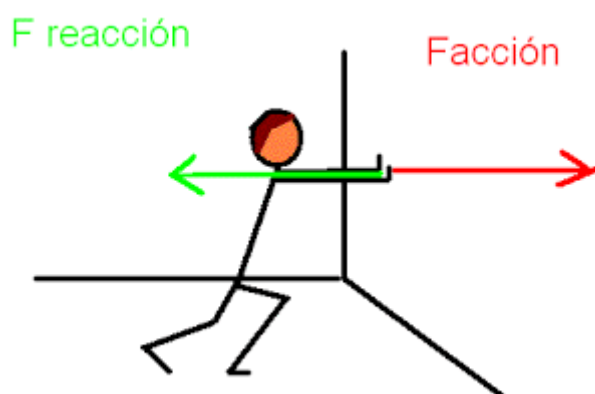
$$1 \vec{kg} = 9,8 \text{ N}$$

### Tercera ley de Newton (acción y reacción)

Cuando a un cuerpo se le aplica una fuerza, este devuelve una fuerza de igual magnitud, igual dirección y de sentido contrario.

En una pista de patinaje sobre hielo, si un adulto empuja suavemente a un niño, no sólo existe la fuerza que el adulto ejerce sobre el niño, sino que el niño ejerce una fuerza igual, pero de sentido opuesto sobre el adulto. Sin embargo, como la masa del adulto es mayor, su aceleración será menor.

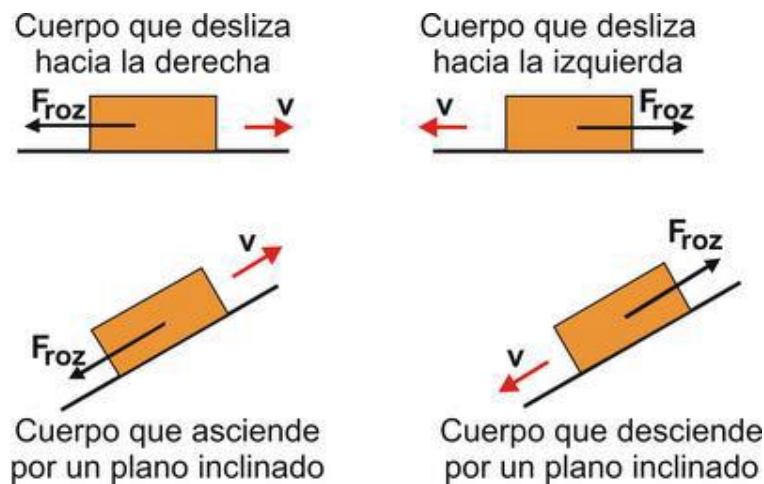
En el caso de los cohetes, impulsan con fuerza los gases (producto de la combustión) hacia atrás, y la fuerza de reacción aplicada sobre el cohete lo impulsa hacia adelante.



Hay que destacar que, aunque las fuerzas de acción y reacción tengan el mismo valor y sentidos contrarios, no se anulan entre sí, puesto que actúan sobre cuerpos distintos.

### Fuerza de rozamiento

También conocidas como fuerzas de fricción, son las fuerzas que aparecen cuando hay dos cuerpos en contacto, y por su naturaleza oponen resistencia a cualquier tipo de movimiento de uno respecto al otro.



La fuerza de rozamiento es muy importante cuando se estudia el movimiento de los cuerpos. Es la causante, por ejemplo, de que podamos caminar. Cuesta mucho más caminar sobre una superficie con poco rozamiento como el hielo, que por una superficie con rozamiento. Por otra parte, las fuerzas de rozamiento producen desgaste en las piezas de una maquinaria que se mueven mientras están en contacto entre sí. Por lo tanto, se usan diversos métodos para reducir la fricción y prolongar la vida útil de las máquinas; por ejemplo, el uso de lubricantes entre ambas superficies.



Existe rozamiento incluso cuando no hay movimiento relativo entre los dos cuerpos que están en contacto. Hablamos entonces de **fuerza de rozamiento estática**. Por ejemplo, si queremos empujar una caja muy grande y hacemos una fuerza pequeña, la caja no se moverá. Esto es debido a la fuerza de rozamiento estática que se opone al movimiento.

Si aumentamos la fuerza con la que empujamos, llegará un momento en que superemos esta fuerza de rozamiento y será entonces cuando la caja se pueda mover. Una vez que el cuerpo empieza a moverse, hablamos de **fuerza de rozamiento dinámica**. Esta fuerza de rozamiento dinámica es menor que la fuerza de rozamiento estática.

La experiencia nos muestra que la fuerza de rozamiento entre dos cuerpos depende de cuál sea la naturaleza de la superficie de contacto entre ambos; es decir, de qué materiales la formen y si es más o menos rugosa. La magnitud de la fuerza de rozamiento entre dos cuerpos en contacto es



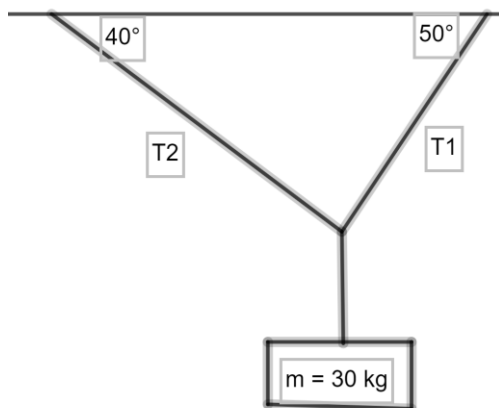
proporcional a la fuerza normal entre los dos cuerpos. La constante de proporcionalidad en este caso se denomina coeficiente de rozamiento ( $\mu$ ).

$$F_r = \mu \cdot N$$

Hay dos coeficientes de rozamiento: el estático ( $\mu_e$ ) y el cinético ( $\mu_c$ ), siendo el primero mayor que el segundo.

$$\mu_e > \mu_c$$

Ejemplo 1: Un cuerpo de 30 kg de masa se halla colgando de dos cuerdas como muestra la figura. Hallar las tensiones de las cuerdas.



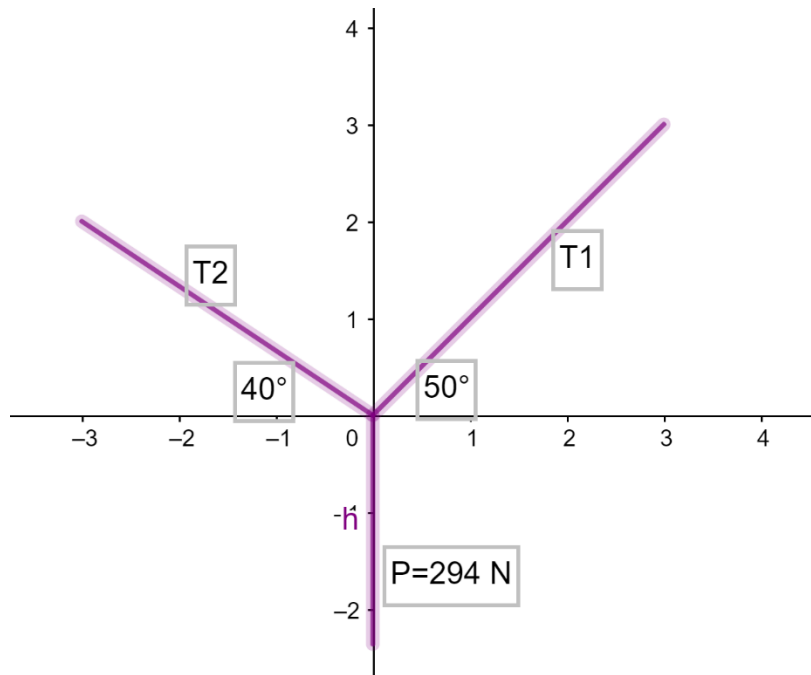
Recordemos que dada la masa de 30 kg podemos calcular el peso:

$$P = m \cdot g$$

$$P = 30 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$P = 294 \text{ N}$$

Para resolver este ejercicio colocamos las fuerzas en un sistema de ejes cartesianos.



Ahora calculamos la sumatoria de fuerzas en "x" y en "y".

$$\sum F_x \rightarrow T_1 \cdot \cos 50^\circ - T_2 \cdot \cos 40^\circ = 0$$

$$\sum F_y \rightarrow T_1 \cdot \sin 50^\circ + T_2 \cdot \sin 40^\circ - 294 \text{ N} = 0$$

Lo que nos quedó es un sistema de ecuaciones. Despejamos  $T_1$  de la primera ecuación quedando:  $T_1 = \frac{T_2 \cdot \cos 40^\circ}{\cos 50^\circ}$

Ahora reemplazamos  $T_1$  en la segunda expresión.

$$\frac{T_2 \cdot \cos 40^\circ}{\cos 50^\circ} \cdot \sin 50^\circ + T_2 \cdot \sin 40^\circ = 294 \text{ N}$$

$$0,91 T_2 + 0,64 T_2 = 294 \text{ N}$$

$$1,55 T_2 = 294 \text{ N}$$

$$T_2 = \frac{294 \text{ N}}{1,55}$$

$$T_2 = 189,68 \text{ N}$$

Este valor lo reemplazamos en la expresión:  $T_1 = \frac{T_2 \cdot \cos 40^\circ}{\cos 50^\circ}$  obteniendo:

$$T_1 = \frac{189,68 \text{ N} \cdot \cos 40^\circ}{\cos 50^\circ}$$

$$T_1 = 226,05 \text{ N}$$



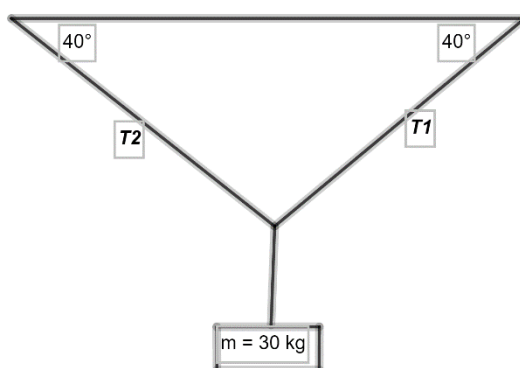
### Ejercicios de aplicación

1) Seis personas juegan a la cinchada dividida en dos bandos; tres de ellos ejercen fuerzas de 30N, 45N y 25N. El otro bando ejerce fuerzas de 25N, 55N 30N. ¿Qué bando ganará la cinchada? **Rta: El segundo bando.**

2) Un bote situado en el centro de un canal, está sostenido desde las orillas por dos sogas, cada una de las cuales forma un ángulo de  $30^\circ$  con la dirección del agua. Cada soga hace una fuerza de 50 N. Hallar la fuerza de la corriente. **Rta: 50 N.**

3) Hallar la resultante de dos fuerzas de 30N y 50N, respectivamente, cuyas rectas de acción forman un ángulo de  $60^\circ$ . **Rta: 70 N.**

4) Hallar la fuerza que realizan los tensores para sostener el cuerpo:



**Rta: 229,69 N.**

5) ¿Qué fuerza neta se debe aplicar a un cuerpo de 75 kg para lograr que su aceleración sea de  $4 \frac{m}{s^2}$ ? **Rta: 300 N.**

6) ¿Qué aceleración adquiere un automóvil de 2300 kg si durante un trayecto el motor genera una fuerza de 6800 N? **Rta: 2,96 m/s<sup>2</sup>.**

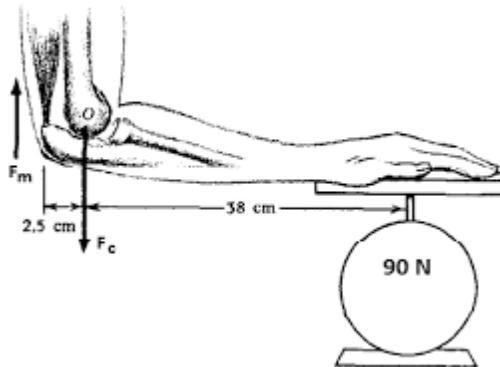
7) ¿Por qué los pares de fuerzas de acción-reacción no se anulan mutuamente, si ambas fuerzas tienen igual módulo y dirección, pero sentidos opuestos?

8) Un niño de 21 kg se ubica a 80 cm del centro de rotación de un sube y baja. ¿A qué distancia de dicho centro debe ubicarse su compañero de juego ( $m = 29$  kg) para mantener el equilibrio del sistema, con la barra en posición horizontal? **Rta: 0,58 m.**

9) Un bloque de masa 7 kg se encuentra apoyado sobre un plano inclinado que forma un ángulo de  $25^\circ$  con la horizontal. Suponiendo que se encuentra en reposo, ¿cuál es la fuerza de rozamiento que existe entre el bloque y la superficie en que se apoya? ¿Cuánto vale el coeficiente de rozamiento? **Rta: Fr= 29 N; coeficiente de rozamiento= 0,47.**

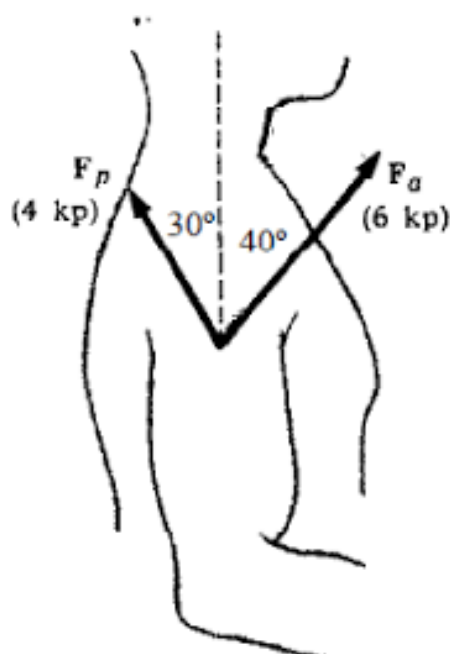
10) Con el antebrazo en la posición horizontal, tal como aparece en la figura, la mano ejerce una fuerza de 90 N sobre la balanza. Hallar los módulos de las fuerzas  $F_m$  y  $F_c$  que ejercen sobre el antebrazo el tríceps y el húmero. (despreciar el peso del antebrazo)

**Rta:  $F_m = 1368$  N;  $F_c = 1458$  N.**



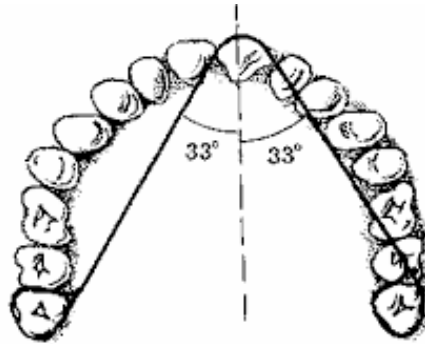
11) La parte posterior y anterior del músculo deltoides elevan el brazo al ejercer una fuerza de  $F_p = 4$  kgf y  $F_a = 6$  kgf que muestra la figura. ¿Cuál es la fuerza total sobre el brazo y qué ángulo forma con la vertical?  $1 \text{ kgf} = 9,8 \text{ N}$

**Rta:  $F = 81$  N; ángulo:  $13^\circ$  aprox.**



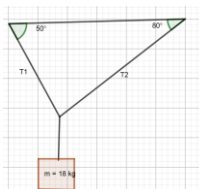
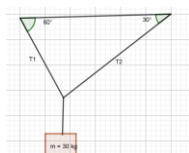


12) La figura muestra una cuerda elástica atada a dos muelas y estirada hasta pasar por un incisivo. El fin de este dispositivo es el de aplicar una fuerza  $F$  al incisivo. Determine la resultante de la fuerza si la cuerda tiene una tensión de 25 N. **Rta: 41,93 N.**



### Ejercicios adicionales

- 1) Un cuerpo de 50 N de peso recibe una aceleración de  $50 \frac{cm}{s^2}$ . ¿Cuál será la fuerza que hará mover este cuerpo? **Rta: 2,55 N.**
- 2) Una fuerza de 50 N tiene dirección norte y otra fuerza de 80 N tiene dirección este. Calcular el valor de la fuerza resultante. **Rta: 94,33 N.**
- 3) Dos fuerzas de 40 N y 60 N forman un ángulo de  $75^\circ$ . Hallar la resultante del sistema. **Rta: 80 N.**
- 4) Calcular la aceleración de una fuerza de 60 N sabiendo que el peso es de 88 N. **Rta:  $6,68 \frac{m}{s^2}$ .**
- 5) Dado los siguientes esquemas, calcula las tensiones en cada caso.



**Rta: a)  $T_1 = 253,44 \text{ N}$  y  $T_2 = 146,32 \text{ N}$ ; b)  $T_1 = 39,91 \text{ N}$  y  $T_2 = 147,73 \text{ N}$ .**

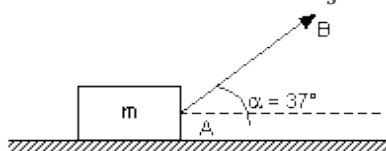
6) ¿Cuánto pesará una persona en la luna si en la Tierra pesa 540 N y sabemos que en la luna la aceleración de la gravedad es un sexto de la terrestre? **Rta: 89,81 N.**

7) A un cuerpo que pesa 50 N, se le aplica una fuerza constante de 10 N, determinar:

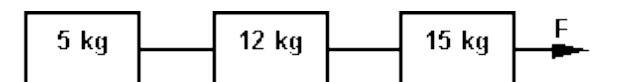
a) ¿Cuál es su masa? **Rta: 5,1 kg.**

b) ¿Qué aceleración le imprime la fuerza? **Rta:  $1,96 \frac{m}{s^2}$ .**

8) En el sistema de la figura, la fuerza aplicada a la cuerda AB es de 40 N, el cuerpo pesa 50 N. Despreciando el rozamiento, determinar la aceleración del cuerpo. **Rta:  $6,26 \frac{m}{s^2}$ .**



9) Determinar la fuerza **F** necesaria para mover el sistema de la figura, considerando nulo los rozamientos, si la aceleración adquirida por el sistema es de  $5 \text{ m/s}^2$ . **Rta: 160 N.**



10) Calcula la resultante de dos fuerzas concurrentes que actúan sobre un mismo objeto, de 3 y 4 N, respectivamente, en los siguientes casos, indicando el módulo, dirección y sentido:

a) En la misma dirección y sentido. **Rta: 7 N.**





b) En la misma dirección y sentido contrario. **Rta: 1 N.**

c) En direcciones perpendiculares. **Rta: 5 N.**

11) ¿Qué aceleración (en  $\frac{cm}{s^2}$ ) adquiere un cuerpo de 3 kg si se aplica una fuerza de 6 N sobre él? **Rta: 200  $\frac{cm}{s^2}$ .**

12) Razona si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F):

a) Si un cuerpo está en movimiento, alguna fuerza está actuando sobre él.

b) La fuerza es la causa de la variación del movimiento de los cuerpos.

c) Cuanto mayor sea la fuerza que actúa sobre un cuerpo, mayor será su velocidad.

d) La aceleración que experimenta un cuerpo es mayor cuanto mayor sea la fuerza.

e) Al aplicar una fuerza a un cuerpo, su aceleración es mayor cuanto mayor sea su masa.

f) La fuerza que ejerce un futbolista al dar una patada a un balón es mayor que la fuerza que éste recibe del balón.

13) ¿Cuánto pesa un niño de 10 kg de masa en un planeta donde la aceleración de la gravedad es cuatro veces la terrestre? ¿Y en la Tierra? **Rta: 392 N; 98 N.**

14) ¿Qué fuerza debe actuar sobre un cuerpo de 80 kg para que éste adquiera una aceleración de 300  $\frac{cm}{s^2}$ ? **Rta: 240 N.**

15) Una lámpara de 15 kg está suspendida por dos cables que forman con la horizontal ángulos de 30°. Determinar la fuerza o tensión que hace cada uno de los cables. **Rta: 147 N cada fuerza.**

16) Dos personas llevan mediante una barra, una carga de 784 N. La longitud de la barra es de 2 m, y la carga dista 0,8 m de la que va delante. ¿Qué fuerza hace cada persona? **Rta: 470,4 N y 313,6 N.**

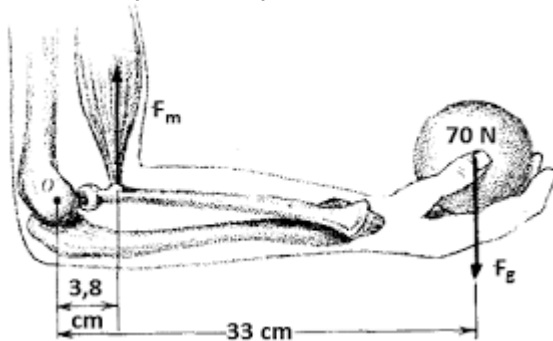
17) Un cuerpo de 5 kg está apoyado sobre una superficie horizontal. El cuerpo comienza a moverse cuando le ejercemos una fuerza horizontal de 50 N. Si la fuerza de rozamiento es de 4 N, calcula la aceleración experimentada por el cuerpo. **Rta: 9,2  $\frac{m}{s^2}$ .**

18) Calcular la aceleración que adquiere un cuerpo de 20 kg de masa situado sobre una superficie horizontal, al aplicarle una fuerza de 300 N. Tener en

cuenta que la fuerza de rozamiento entre las superficies de contacto es de 100 N. **Rta:  $10 \frac{m}{s^2}$ .**

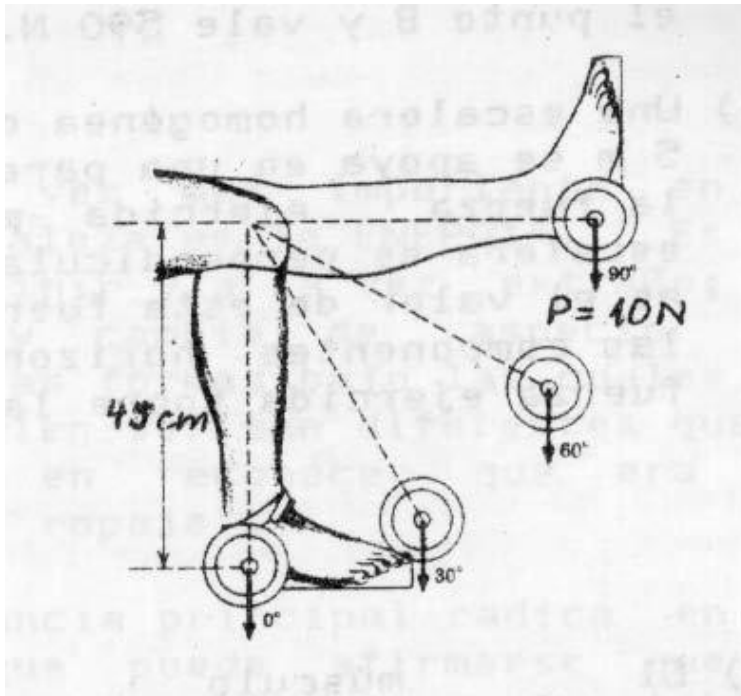
19) Halla las componentes de una fuerza de 83 N cuando forma un ángulo de  $35^\circ$  con la horizontal. **Rta:  $F_x = 67,99 \text{ N}$ ;  $F_y = 47,6 \text{ N}$ .**

20) El antebrazo de la figura está con respecto al brazo a  $90^\circ$  y sostiene en la mano un cuerpo de 70 N de peso. Despreciando al peso del antebrazo: ¿Cuál es el momento producido por el peso de 70 N alrededor de la articulación del codo (punto O)? ¿Cuál es el valor de  $F_m$ ? ¿Qué momento produce la fuerza  $F_m$  con respecto al punto O? **Rta:  $M_o = -23,1 \text{ J}$ ;  $F_m = 607,89 \text{ N}$ ;  $MF_m = 23,1 \text{ J}$ .**

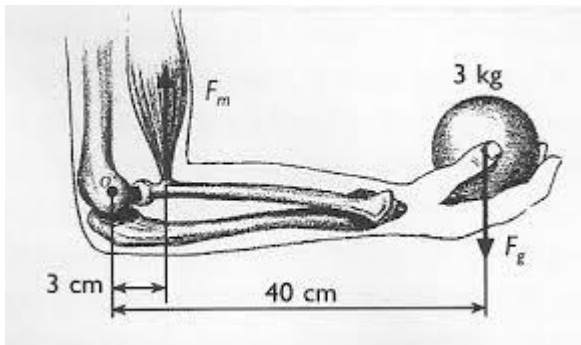


21) Repetir el problema anterior suponiendo que el antebrazo y la mano juntas pesan 35 N y su centro de gravedad está a 15 cm de O. **Rta:  $M_o = -23,1 \text{ J}$ ;  $F_m = 746 \text{ N}$ ;  $MF_m = 28,3 \text{ J}$ .**

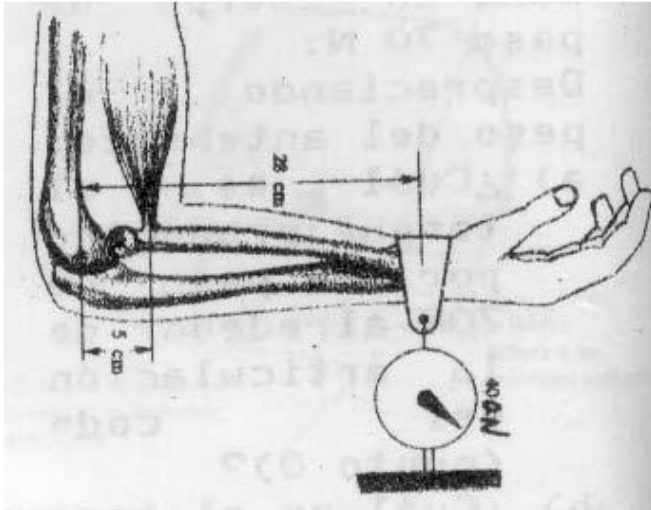
22) En el ejercicio que aparece en la figura el momento alrededor de la rodilla ejercido por la pesa sujeta al tobillo, varía con la elevación de la pierna. Calcular el momento para las cuatro posiciones que aparecen en la figura. **Rta:  $M_{90^\circ} = -4,5 \text{ J}$ ;  $M_{60^\circ} = -3,89 \text{ J}$ ;  $M_{30^\circ} = -2,25 \text{ J}$ ;  $M_{0^\circ} = 0 \text{ J}$ .**



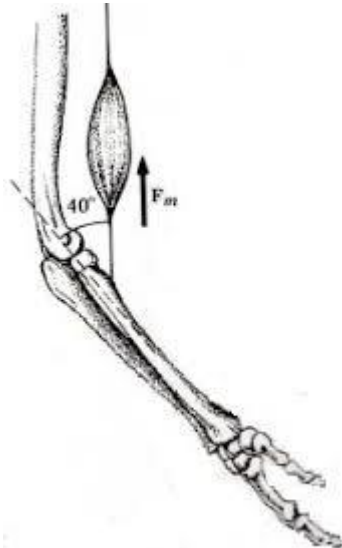
23) El antebrazo de la figura está con respecto al brazo a  $90^\circ$  y sostiene en la mano un cuerpo de 3 kg de masa. Despreciando al peso del antebrazo: ¿Cuál es el momento producido por el peso de la bola alrededor de la articulación del codo (punto O)? ¿Cuál es el valor de  $F_m$ ? ¿Qué momento produce la fuerza  $F_m$  con respecto al punto O? **Rta:  $M_o = - 11,76 \text{ J}$ ;  $F_m = 392 \text{ N}$ ;  $MF_m = 11,76 \text{ J}$ .**



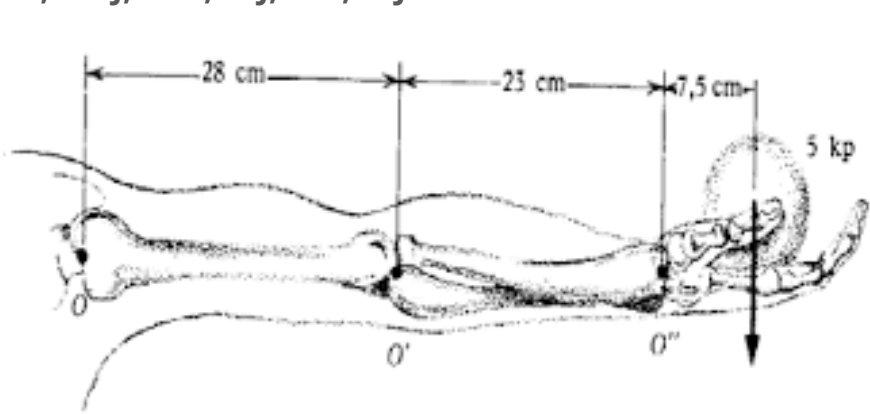
24) Una persona puede ejercer una fuerza máxima de 400 N sobre el aparato que se muestra en la figura. Si el aparato está a 28 cm del codo, y el bíceps está unido a 5 cm del codo, ¿Cuáles son los módulos de las fuerzas ejercidas por el bíceps y el húmero? **Rta: 2240 N y 1840 N.**



25) El tendón del bíceps de la figura ejerce una fuerza  $F_m = 245 \text{ N}$  sobre el antebrazo. Calcular la componente paralela al antebrazo (fuerza estabilizadora) y la componente perpendicular al antebrazo (fuerza de sostén). **Rta:**  $F_x = 187,68 \text{ N}$ ;  $F_y = 157,48 \text{ N}$ .



26) ¿Cuánto valen los momentos alrededor de la muñeca, el codo y el hombro cuando una persona sostiene con el brazo extendido un cuerpo de 5 kg? **Rta:** - 3,675 J; - 14,94 J; - 28,66 J.





## Unidad III: Hidrostática e hidrodinámica

### Hidrostática

Los líquidos en equilibrio poseen ciertas propiedades que son estudiadas por la rama de la física denominada *Hidrostática*. Una de esas propiedades es la relacionada con la presión en el seno de los líquidos. Esto se enuncia diciendo que todo líquido en reposo ejerce siempre una presión.

### Presión

Dada una fuerza  $F$  que actúa en forma perpendicular a una superficie de área  $A$ , se llama presión  $p$  a la fuerza ejercida por unidad de área.

Es decir, es el cociente o la razón entre el peso (transformado en fuerza) de un cuerpo y la superficie sobre la que actúa dicho peso.

$$P = \frac{F}{A}$$

Un objeto de 30 kg se apoya sobre una base cuadrada de 35 cm de lado. La presión será entonces,

30 kg = 294 Newton (el Newton es la unidad de fuerza del SI. Un kgf equivale a 9,8 N).

El área de la base sobre la que actúa la fuerza es  $A = (35 \text{ cm})^2 = 1225 \text{ cm}^2 = 0,1225 \text{ m}^2$

Entonces la presión será  $P = \frac{F}{a} = \frac{294N}{0,1225m^2} = 2400 \frac{N}{m^2}$

Un mismo cuerpo puede ejercer diferentes presiones, dependiendo de la superficie sobre la que se apoya. Si bien el peso del ladrillo no cambia (la fuerza ejercida es siempre la misma), el área que está en contacto con el suelo sí puede variar, y por lo tanto, la presión también.

Si la fuerza se mantiene constante, la presión disminuye a medida que aumenta el área. Caso contrario, la presión aumenta a medida que disminuye el área.

Cuando se usan tacos altos, se disminuye la superficie de contacto y por ello aumenta la presión, causando que la persona se hunda, por ejemplo, en la arena. En cambio, si los zapatos son de plantilla completamente plana, la superficie de contacto aumenta, haciendo que la presión disminuya y la persona no se hunde. Si en cambio se mantiene constante el área, la presión aumenta cuando aumenta la fuerza y disminuye cuando disminuye la fuerza.

### Ejercicios de aplicación:



a. Un cilindro pesa 200 N. Si el diámetro de su base es de 50 cm, ¿Cuál es el valor de la presión que ejerce al pararlo sobre el suelo?

*Solución:*

1° *calculemos área de la base:*  $A = \pi \times r^2 = 3,14 \times (25 \text{ cm})^2 = 1962,5 \text{ cm}^2 = 0,19625 \text{ m}^2$

2° *calculemos la presión:*  $P = \frac{F}{a} = \frac{200 \text{ N}}{0,19625 \text{ m}^2} = 1019,2 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1019,2 \text{ Pa}$   
*aproximadamente.*

b. ¿Cuál es la presión que ejerce una caja cúbica de 80 cm de arista sobre el suelo, si pesa 300 N?

*Solución:*

1° *calculemos la superficie de apoyo:*  $A = L \times L = L^2 = (80 \text{ cm})^2 = 6400 \text{ cm}^2 = 0,64 \text{ m}^2$

2° *calculamos la presión sobre el suelo:*  $P = \frac{F}{a} = \frac{300 \text{ N}}{0,64 \text{ m}^2} = 468,75 \text{ Pa}$   
*aproximadamente.*

## Unidades de presión

Las unidades de presión serán por lo tanto unidades de fuerza sobre unidades de superficie. Sin embargo, las más utilizadas son las siguientes, algunas de las cuales pertenecen al sistema inglés de medidas:  $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ , hPa (Hecto Pascal, 1 hPa = 100 Pa), atm (Atmósfera; 1 atm es la presión media de la atmosfera terrestre a nivel del mar = 1013,24 hPa), mm de Hg (milímetros de mercurio).

Decir que un cuerpo ejerce una presión de  $5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$  significa que por cada  $\text{m}^2$  de superficie sobre la que se apoya dicho cuerpo, este ejerce una fuerza de 5 N.

El Pascal

La unidad de presión en el SI es el pascal, que se abrevia Pa.

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Es decir, un Pascal es la presión ejercida por una fuerza de 1 N que actúa perpendicularmente sobre una superficie de contacto de  $1 \text{ m}^2$ .

Por lo tanto, tenemos la siguiente equivalencia con las unidades de presión:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm de Hg} = 1013,24 \text{ hPa} = 101\,324 \text{ Pa}$$



## Presión atmosférica

Pensando ahora en la *Presión Atmosférica*, ésta se define como *la acción del peso del aire que rodea a la Tierra sobre la superficie de la misma*.

A esto se debe que, al ascender en una montaña, la presión disminuye, ya que el peso de la columna de aire que actúa sobre nuestra cabeza también disminuye. Pero si descendes cada vez más, la presión aumenta puesto que el peso de la columna de aire también lo hace.

## Densidad

Un concepto muy importante dentro de la hidrostática y del estudio de los denominados fluidos es la densidad.

**Densidad de un material es un número relacionado con la cantidad de materia contenida en una región limitada de espacio.**

Si se mide la masa  $m_1$  de cualquier volumen  $v_1$  de una sustancia, se puede determinar que, si se tomase un volumen doble, la masa también sería el doble. Lo mismo ocurriría si dividimos el volumen a la mitad, la masa también sería la mitad de la primera. En general, si se toman distintos volúmenes de una sustancia y se miden sus masas, se observa que estas magnitudes son directamente proporcionales, es decir:

$$\frac{m_1}{V_1} = \frac{m_2}{V_2}$$

donde  $m_1$  y  $m_2$  son las masas de dos volúmenes  $V_1$  y  $V_2$  cualesquiera de una sustancia.

El cociente entre la masa de un volumen cualquiera de alcohol y el valor de ese volumen es siempre  $0,8 \frac{g}{cm^3}$ .

Esta magnitud constante para cada material a iguales condiciones de presión y temperatura que indica la masa de cada unidad de volumen es la densidad y se designa con la letra griega  $\delta$ . Se tiene entonces:

$$\delta = \frac{m}{V}$$

donde  $\delta$  es la densidad,  $m$  representa la masa y  $v$  el volumen que ocupa esa porción de materia.

Considerando esta fórmula directa para el cálculo de la densidad de una sustancia, es posible “despejar” en ella cualquier otro de sus componentes:

$$m = \delta \times V$$

$$V = m / \delta$$

A continuación, se presenta un cuadro con las densidades de algunos de los materiales más utilizados.



SUSTANCIA	DENSIDAD ( $\frac{g}{cm^3}$ )
Aire	0,0013
Corcho	0,24
Hielo	0,92
Aceite	0,88
Agua dulce	1
Agua de mar	1,03
Hierro	7,8
Plata	10,5
Oro	19,3
Mercurio	13,6
Alcohol	0,8

Tabla 3.1 Densidades

### Peso Específico

Así como la densidad puede identificar un material a partir de la proporcionalidad entre la masa y el volumen de cualquier cuerpo de dicho material, existe otra forma de hacerlo, considerando la proporcionalidad entre el peso y el volumen. De esta forma se puede desarrollar el concepto de peso específico.

**Se denomina peso específico de una sustancia al peso de dicha sustancia por cada unidad de volumen que ocupa. Es decir:**

$$Pe = \frac{P}{V}$$

En el SI, la unidad con la que se mide el peso específico es el N/m<sup>3</sup>.

### Relación entre el peso específico y la densidad de una sustancia

Dado que el peso de un material es el producto entre su masa y la aceleración gravitatoria, es decir,  $P = m \times g$ , se puede ver que:

$$Pe = \frac{P}{V} = \frac{m \times g}{V} = \left(\frac{m}{V}\right) \times g$$

$$Pe = \delta \times g$$

### Ejercicio de aplicación

Si la masa de un cubo es de 1050 g y su volumen es de 100 cm<sup>3</sup>, determine:

- ¿Cuál es la densidad del material del que está hecho el cubo?
- ¿Cuál es su peso específico?
- De qué material podría ser el cubo.

*Soluciones:*

1º calculamos la densidad:  $\delta = \frac{m}{V} = \frac{1050 \text{ g}}{100 \text{ cm}^3} = 10,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 10500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$





2º calculamos el peso específico, haciendo  $Pe = \delta \times g = 10500 \frac{kg}{m^3} \times 9,8 \frac{m}{s^2} = 102900 \frac{N}{m^3}$ .

3º según la tabla de densidades, el material del que está hecho el cubo es de plata.

Considerando la expresión original que permite calcular el peso específico de una sustancia, es posible a partir de ella, calcular el resto de los valores que podrían llegar a interesarnos:

Nota:

Es bueno en este punto recordar que Peso Específico y la densidad no son sinónimos. También hay que tener en cuenta que muchas tablas de densidad están expresadas en  $g/cm^3$ , pero la unidad en el SI es  $kg/m^3$ .

$$Pe = \frac{P}{V}$$

$$P = Pe \times V$$

$$V = \frac{P}{Pe}$$

## Fluidos

Se considera fluido a toda sustancia que no mantiene forma específica como los cuerpos sólidos.

Los líquidos tienen volumen propio, pero no forma definida, ya que pueden adaptarse al recipiente que los contiene. Los gases, además de no tener forma definida, tampoco tienen volumen propio, ya que pueden expandir sus moléculas para llenar el espacio en el que se encuentren. Estas son las características que los definen como fluidos.

Esto se puede mencionar de la siguiente manera:

**Un fluido es una sustancia que puede fluir o derramarse.**

Es también imprescindible en este punto mencionar que otra diferencia importantísima entre sólidos y fluidos es el hecho de que un sólido transmite fuerzas, mientras que un fluido transmite presiones.

## Presión Hidrostática

Cuando se coloca un líquido en algún recipiente, este ejerce presión sobre las paredes, el fondo y sobre cualquier punto interior. Cuando el líquido está en reposo, esta presión se denomina *Presión Hidrostática*.

Como se ha dicho anteriormente, un líquido ejerce presión sobre el fondo y las paredes del recipiente que lo contiene y también sobre cualquier punto de su interior.



Si hay un pez en una pecera, el agua ejerce presión sobre cualquier punto del animal, como lo hace sobre los laterales de la pecera. Si el pez asciende o desciende, es interesante ver que la presión también aumentará o disminuirá, pero la densidad del líquido y la atracción gravitatoria se mantienen iguales. Entonces cabe concluir que, si un objeto está sumergido en un líquido, la gravedad y el peso específico de este no varían, por lo que la presión que el líquido ejerza sobre dicho objeto dependerá únicamente de la profundidad a la que se encuentra el objeto. Es decir:

$$P = \delta \times g \times h$$

donde  $p$  es la presión hidrostática  $\delta$  es la densidad,  $g$  es la aceleración de la gravedad y  $h$  es la altura.

Además, recordemos que  $\delta \times g = P_e$ ; por lo tanto, la fórmula también se puede escribir como:

$$P = P_e \times h$$

Ejercicio de aplicación:

¿Cuál es la presión ejercida por el agua sobre un buzo a 5 m de profundidad sabiendo que el  $P_e$  del agua salada es de 10094 N/m<sup>3</sup>?

*Solución:*

$$P = \delta \times g \times h = P_e \times h = 10094 \frac{N}{m^3} \times 5 m = 50470 \frac{N}{m^2}$$

De lo anteriormente expuesto se deducen las siguientes conclusiones:

- La presión dentro de un líquido es igual de arriba hacia abajo que de abajo hacia arriba.
- La presión es siempre perpendicular a las paredes del recipiente.
- La presión es directamente proporcional a la profundidad y al  $P_e$  del líquido.
- Todos los puntos en el mismo plano horizontal soportan la misma presión.
- La diferencia de presión entre dos puntos de una misma masa líquida es igual al producto entre el  $P_e$  del líquido y la diferencia de niveles.

### **Teorema Fundamental de la Hidrostática**

Esta última conclusión (e), se conoce como **Teorema Fundamental de la Hidrostática**, cuya expresión matemática es:

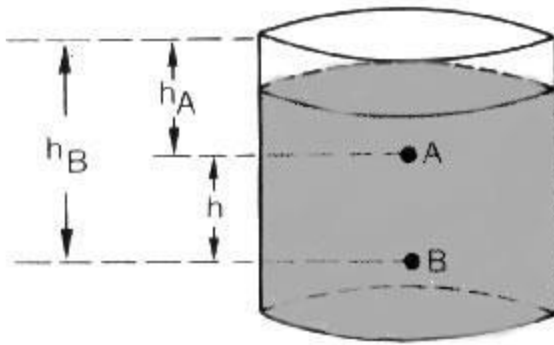
$$P_B - P_A = P_e \times (h_B - h_A)$$

Considerando dos puntos A y B dentro de un mismo líquido, las respectivas presiones hidrostáticas serán,

$$P_A = \delta \times g \times h_A \text{ y } P_B = \delta \times g \times h_B;$$

por lo tanto, la diferencia de presión entre ambos puntos será:

$$P_B - P_A = \delta \times g \times h_A - \delta \times g \times h_B = \delta \times g \times (h_B - h_A) = P_e \times (h_B - h_A)$$



### Principio de Pascal

Este importante principio de la Física puede expresarse de la siguiente manera:

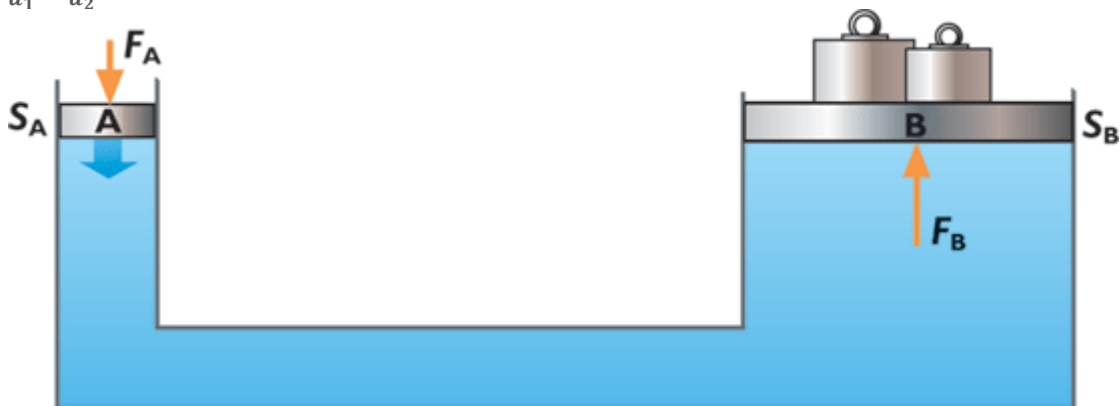
**La presión aplicada a un fluido en un recipiente se transmite íntegramente a todas las partes del fluido y a las paredes de dicho recipiente.**

Esta ley sostiene que, al aumentar la presión en una región del fluido, este aumento es igual en cualquier otra zona del mismo.

La aplicación más común de este principio es la prensa hidráulica, y en general, cualquier dispositivo hidráulico. Es una máquina que consta de dos recipientes cilíndricos comunicados entre sí, y un émbolo o pistón en cada recipiente. Uno de los émbolos tiene mayor sección que el otro, y el líquido que contienen es usualmente aceite. Al ejercer una presión sobre uno de los émbolos, la variación de presión se transmite a todo el líquido. En el equilibrio, la presión sobre el líquido en cada émbolo tiene el mismo valor. Es decir que:  $P_1 = P_2$ .

Como, además  $P = F/A$ , donde  $F$  es la fuerza ejercida y  $A$  es el área del émbolo, se obtiene la **condición de equilibrio de la prensa hidráulica**, cuya expresión matemática es:

$$\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2}$$





### Aplicación del cálculo en una prensa hidráulica:

En un elevador hidráulico cuyos émbolos tienen áreas de  $1 \text{ cm}^2$  y  $100 \text{ cm}^2$  se ubica un automóvil de una tonelada. ¿Cuál es la fuerza mínima necesaria (en Newton) que se debe ejercer en el otro émbolo para elevar el auto?

Solución:

Como  $P_1 = P_2$ , entonces  $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$

$F_1 = \text{masa} \times \text{gravedad} = 1000 \text{ kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9800 \text{ N}$

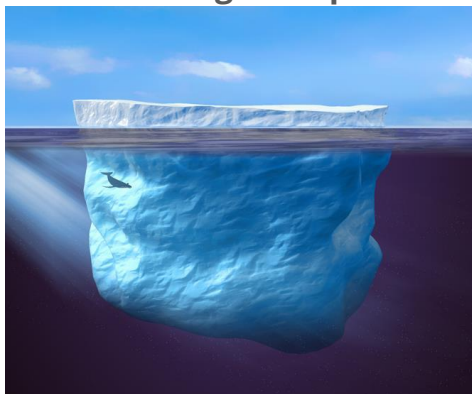
Al despejar  $F_2$  se obtiene:  $F_2 = \frac{9800 \text{ N} \times 1 \text{ cm}^2}{100 \text{ cm}^2}$

Por lo tanto, ejercer una fuerza levemente superior a 98 N bastará para elevar el automóvil de una tonelada mediante una prensa hidráulica.

### Principio de Arquímedes

Ahora bien, es sabido que todo cuerpo sumergido en un líquido parece pesar menos. Este menor peso aparente dentro de un líquido se debe a la existencia de una **fuerza de flotación o empuje**, fuerza neta vertical y con sentido hacia arriba que el líquido ejerce sobre los objetos sumergidos en él. Esto es muy notorio cuando, por ejemplo, nos sumergimos en una piscina. Dicho fenómeno fue descubierto, estudiado y enunciado por Arquímedes (S III a. C), en el famoso principio que lleva su nombre:

**“Todo cuerpo sumergido en un líquido experimenta un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del líquido desalojado”.**



Es decir:

**$E = P \text{ líquido desalojado}$**

Como  $P = P_e \times V$ , entonces:

**$E = P_e \times V \text{ líquido desalojado}$**

Pero como el volumen de líquido desalojado coincide con el volumen sumergido total o parcialmente, la ecuación quedará:

**$E = P_e \times V_{\text{sumergido}}$**

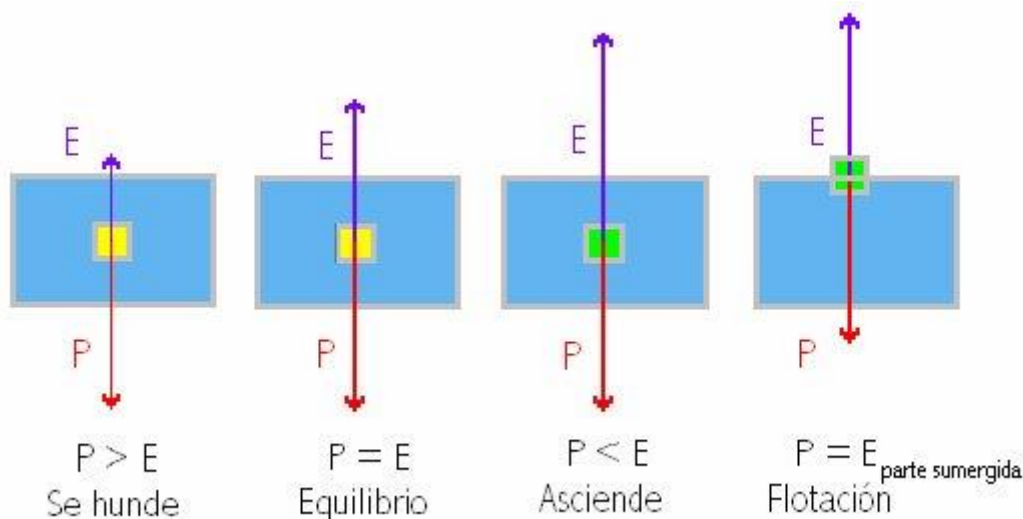
Además,  $P_e = \delta \times g$ , entonces:

**$E = \delta \times g \times V_{\text{sumergido}}$**

En consecuencia, el empuje dependerá de la densidad del líquido, y del volumen sumergido (también de la gravedad, pero ésta puede considerarse constante).

A su vez, el peso de un cuerpo dependerá de la densidad del mismo, pero esto no influye en el cálculo del empuje, el cual debe ser calculado independientemente con la **densidad del líquido**, y luego comparado con el peso del cuerpo.

Por lo tanto, para que un cuerpo flote en un determinado líquido, el empuje debe ser igual al peso del cuerpo. Si el peso es mayor, el cuerpo se hundirá.



### Peso aparente

Cuando nos sumergimos en el mar o en una piscina, tenemos la sensación de “ser más livianos”. Ahora bien, tengamos en cuenta que el peso de un objeto no varía, sino que al estar sumergido experimenta un empuje hacia arriba, y en consecuencia posee un peso aparente, que **será igual al peso real menos el empuje**. Es decir:

$$P' = P - E$$

Ejercicio de aplicación:

¿Cuál será el peso aparente de 1 kg de hierro totalmente sumergido en agua? ( $\delta$  hierro =  $7,85 \text{ g/cm}^3 = 7850 \text{ kg/m}^3$ ).

Solución:

$$P = 1 \text{ kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \mathbf{9,8 \text{ N}}$$

$$P_e = \delta \times g = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 76930 \text{ N/m}^3$$

$$V = \frac{P}{P_e} = \frac{9,8 \text{ N}}{76930 \text{ N/m}^3} = 0,000127 \text{ m}^3$$



$$E = \rho \times V_{\text{sumergido}} = 9800 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \times 0,000127 \text{ m}^3 = \mathbf{1,24 \text{ N}}$$

Entonces, como  $P' = P - E$ , resulta:

$P' = 9,8 \text{ N} - 1,24 \text{ N} = 8,56 \text{ N}$ . Entonces el peso aparente será de 8,56 N (equivale a una masa de 873 g).

Nota:

Los principios de Pascal y de Arquímedes se cumplen para cualquier fluido, ya sean líquidos o gases.

## Hidrodinámica

Esta rama de la Física estudia los fluidos en movimiento. Para que se produzca este movimiento, es necesario que exista una diferencia de presiones entre dos zonas de dicho fluido.

## Caudal

Dada una corriente de fluido, se denomina **caudal de corriente (C)**, al cociente entre el volumen del líquido que atraviesa el área de una sección transversal,  $A$ , del conducto y el tiempo que tarda en atravesarla. La expresión matemática es:

$$\mathbf{C = \frac{V}{\Delta t}}$$

El caudal indica numéricamente el volumen del líquido que atraviesa el área de la sección del conductor por cada unidad de tiempo. Por ejemplo: 50 m<sup>3</sup>/s (metros cúbicos por segundo). La unidad de medida del caudal en el SI es el m<sup>3</sup>/s, aunque también suele expresarse en l/s (litros por segundo), donde un litro equivale a 1000 cm<sup>3</sup>, o 0,001 m<sup>3</sup>.

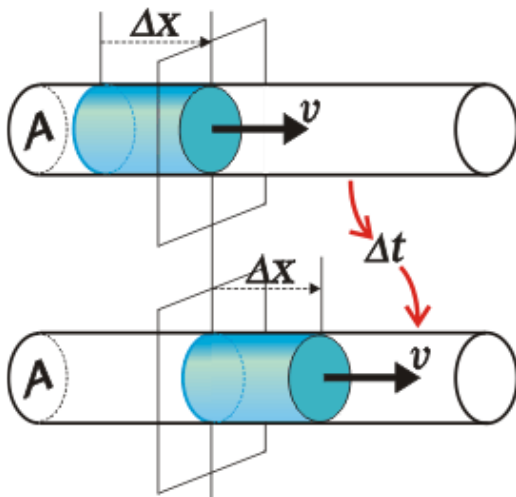
En el caso del movimiento de un fluido en estado estacionario, cada elemento que se desplaza por un tubo de área transversal ( $A$ ) con una velocidad ( $v$ ) durante un tiempo  $\Delta t$ , recorre una distancia ( $\Delta x$ ) equivalente a la velocidad multiplicada por el tiempo que transcurre ( $\Delta x = v \times \Delta t$ ). En ese mismo intervalo de tiempo, el volumen de fluido que atraviesa la sección transversal es precisamente  $A \times \Delta x$ .

Entonces, se obtiene:

$$\mathbf{C = \frac{V}{\Delta t} = \frac{A \cdot \Delta x}{\Delta t} = \frac{A \cdot \Delta x \cdot \Delta t}{\Delta t}}$$

$$\mathbf{C = A \times v}$$

donde  $C$  es caudal,  $A$  es área de la sección transversal del conductor y  $v$  es la velocidad



Ejercicio de aplicación:

En un adulto en reposo, el valor de la velocidad media de la sangre que circula por la aorta es de  $0,33 \frac{m}{s}$ . ¿Cuál es el caudal a través de esta arteria si su radio es de 1 cm?

*Solución:*

$$C = A \times v$$

Como el área corresponde a un círculo, tenemos  $A = \pi \times r^2 = 3,14 \times (1 \text{ cm})^2 = \mathbf{3,14 \text{ cm}^2}$

Pasamos ahora  $0,33 \frac{m}{s}$  a  $\frac{cm}{s} = 33 \frac{cm}{s}$ . Entonces:

$$C = A \times v = 3,14 \text{ cm}^2 \times 33 \frac{cm}{s} = \mathbf{103,62 \frac{cm^3}{s}}$$

Es decir que el caudal que circula por esta arteria en un adulto en reposo es de 103, 62 centímetros cúbicos por segundo.

### Presión Hidrodinámica

La **presión dinámica** o **presión hidrodinámica** es la presión del fluido debido a su movimiento, y depende de su velocidad, y de la densidad del fluido.

$$P = \frac{1}{2} \times \delta \times v^2$$

### Teorema de Bernoulli

El movimiento del fluido no experimenta variación alguna con el paso de tiempo; es decir, que si en un instante dado, por un punto pasa una partícula de fluido con una velocidad ( $v$ ) y una aceleración ( $a$ ), todas las partículas que posteriormente pasen por dicho punto lo harán con esa misma velocidad y aceleración.

El Teorema de Bernoulli sostiene que, en un flujo de régimen estacionario:



**“La diferencia de presión hidrodinámica entre dos puntos de un fluido en movimiento estacionario, separados por un desnivel (h), es igual al producto de dicho desnivel por el peso específico del líquido”.**

Es decir:

$$P_1 - P_2 = P_e \times h$$

### Ejercicios de aplicación

1) ¿Cuál es la presión ejercida sobre una base circular de 12 cm de diámetro por una masa de 25 kg? ¿y si la base es cuadrada de 12 cm de lado? **Rta: 21673,74 Pa; 17013,89 Pa.**

2) El émbolo de un elevador de automóviles tiene 30 cm de diámetro. ¿Qué presión se necesita para elevar un automóvil de 1750 kg? **Rta: 242745,93 Pa.**

3) ¿Cuál es la presión ejercida sobre un objeto sumergido a 12 m de profundidad en agua salada, sabiendo que el  $P_e$  del agua salada es de  $10094 \frac{N}{m^3}$ ? Indica la presión para el caso en que el agua sea dulce ( $P_e = 9800 \frac{N}{m^3}$ ). **Rta: 121128 Pa; 117600 Pa.**

4) ¿Cuál es la velocidad de desplazamiento del agua de un pequeño río, sabiendo que su caudal es de  $100 \frac{m^3}{s}$  y tiene una sección de  $300 m^2$ ? **Rta: 0,33 m/s.**

5) ¿Cuál es el caudal de agua que circula por una tubería de 1 cm de diámetro, con una velocidad media de  $12 \frac{cm}{s}$ ? **Rta: 9,42 cm<sup>3</sup>/s.**

6) Calcula el  $P_e$  de un cristal cúbico de 2 cm de arista si su masa es de 16 g. **Rta: 19600 N/m<sup>3</sup>.**

7) ¿Cuál será el  $P_e$  de un litro de alcohol etílico si su masa es de 720 g? **Rta: 7056 N/m<sup>3</sup>.**

8) La densidad de un ácido es de  $1,76 \frac{g}{cm^3}$ . ¿Cuántos  $cm^3$  del mismo tendrán una masa de 704 g? **Rta: 400 cm<sup>3</sup>.**

9) ¿Cuál será la masa en mg de una pastilla cilíndrica de 5 mm de radio y 3 mm de altura si su densidad es de  $0,4 \frac{g}{cm^3}$ ? **Rta: 94,2 mg.**

10) Si logras pararte sobre los dos pies, o sobre un pie, o sobre la cuarta parte de un pie, ¿Qué presión ejerces en cada caso?

11) ¿Qué presión ejercerá un cubo de hierro de 3 m de arista, apoyado sobre una de sus caras? (densidad hierro =  $7,6 \frac{g}{cm^3}$ ). **Rta: 223440 Pa.**

12) Un ladrillo tiene una masa de 1 kg y mide 7 cm x 15 cm x 30 cm. ¿Cuál será la presión máxima y cual la mínima que pueda ejercer de acuerdo a como se apoye? **Rta: 933,3 Pa; 217,78 Pa.**

13) ¿Cuál será el peso de un cuerpo si apoyado sobre una superficie de  $50 cm^2$  ejerce una presión de  $80 \frac{N}{cm^2}$ ? **Rta: 4000 N.**





- 14) La masa de un cuerpo es de 5 kg y su densidad de  $2 \frac{g}{cm^3}$ . Calcula su volumen. **Rta: 2500 cm<sup>3</sup>.**
- 15) El agua es conducida hasta una canilla por un caño cuya sección mide 4 cm<sup>2</sup>, a razón de 1 litro cada 10 s. ¿Con qué velocidad se desplaza el agua en dicho caño? **Rta: 0,25 m/s.**
- 16) ¿Por qué el agua sale a borbotones cuando se invierte una botella y no en forma de chorro continuo?
- 17) Por un tubo horizontal de 3 cm<sup>2</sup> de sección circula una corriente de agua con una velocidad media de  $5 \frac{m}{s}$ .
- a. ¿Qué volumen de líquido atraviesa dicha sección en 15 s? **Rta: 0,0225 m<sup>3</sup>**
- b. ¿Con que velocidad media circulará el líquido si el área de la sección transversal del tubo se reduce a la mitad? **Rta: 10 m/s.**
- 18) ¿Cuál es el empuje de una esfera de acero de 2 cm de radio sumergida totalmente en agua? **Rta: 0,328 N.**
- 19) Un recipiente de base circular de 2 cm de radio y 15 cm de alto está lleno de mercurio. ( $d_{Hg}=13600 \frac{kg}{m^3}$ )
- a. ¿Cuál es el volumen de mercurio? **Rta: 1,884 x 10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>**
- b. ¿Cuál es su peso? ¿Cuál es la presión en la base? **Rta: 25,09 N; 19992 Pa.**

### Ejercicios adicionales

- 1) Calcula la presión que ejerce contra el suelo una caja de zapatos, cuya masa es de 350 g cuando se encuentra apoyada sobre cada una de sus caras (todas las caras tienen forma rectangular). Las dimensiones de la caja son 40 cm x 20 cm x 15cm. **Rta: 42,875 Pa, 114,3 Pa, 57,16 Pa.**
- 2) ¿Sobre qué superficie debe aplicarse una fuerza de 100 N, para que la presión sea de 20 Pascales? **Rta: 5 m<sup>2</sup>.**
- 3) ¿Qué fuerza debe ejercerse sobre el pistón de un gato hidráulico, de diámetro 17 mm, para elevar un automóvil de 1200 kg de masa, situado sobre el pistón grande de radio 20 cm? **Rta: 21,24 N.**
- 4) ¿Qué peso podemos elevar con una grúa si hacemos una fuerza de 500 N sobre el émbolo pequeño de la prensa hidráulica que lleva en su interior? El émbolo pequeño es circular de 10 cm de radio y el mayor de 25 cm de radio. **Rta: 3125 N**
- 5) Un objeto pesa 2 N, mientras que sumergido en agua su peso aparente es de 1,32 N. Calcula: el empuje que actúa sobre el objeto, el volumen del agua que desplaza y la densidad del objeto. **Rta: 0,68 N, 69,39 cm<sup>3</sup> y 2882,26  $\frac{kg}{m^3}$ .**



6) Un objeto de 2 kg de masa se cuelga de un dinamómetro y se sumerge en agua. El dinamómetro marca 15 N. Calcular: el volumen del objeto y su densidad. **Rta: 469,38 cm<sup>3</sup> y 4264,39  $\frac{kg}{m^3}$ .**

7) ¿A qué profundidad debemos descender en el mar para que la presión que ejerza el fluido sea de una atmósfera? Dato: densidad del agua de mar: 1025  $\frac{kg}{m^3}$ . **Rta: 10,08 m.**

8) Un iceberg se encuentra flotando en el mar. Si la densidad del hielo es de 920  $\frac{kg}{m^3}$ , calcula: (densidad del agua de mar = 1025  $\frac{kg}{m^3}$ )

a) ¿Cuál será el peso de un iceberg de 120 m<sup>3</sup> de volumen? **Rta: 1.081.920 N.**

b) ¿Qué fuerza de empuje hará el mar sobre él? **Rta: 1.205.400 N.**

9) Al pesar con un dinamómetro un objeto se obtiene un valor de 20 N. Sin embargo, una vez introducido en agua, su peso disminuye la cuarta parte del peso real. Calcula:

a) El peso aparente de dicho objeto. **Rta: 15 N.**

b) El empuje que experimenta cuando está sumergido en agua. **Rta: 5 N**

c) El volumen del cuerpo **Rta: 510,2 cm<sup>3</sup>.**

d) La densidad de dicho cuerpo. **Rta: 3998,43  $\frac{kg}{m^3}$ .**

10) ¿Cuál es el empuje sobre el cuerpo anterior si está sumergido en el mar, sabiendo que la densidad de este líquido es de 1,026  $\frac{g}{cm^3}$ . **Rta: 5,13 N.**

11) Un cubo de cierta madera ligera tiene 20 cm por arista y una masa de 6 kg. Determinar si dicho cubo flota o no cuando se introduce en el agua y explicar por qué. **Rta: E = 78,4 N, P = 58,8 N, el cuerpo flota porque E > P.**

12) Un cono de 10 cm de radio y 30 cm de altura está sumergido hasta la mitad en agua. ¿Cuál es el empuje? **Rta: E = 15,386 N.**

13) Un cubo de aluminio de 3 cm de arista y densidad 2,7  $\frac{g}{cm^3}$  se sumerge en agua. a) ¿Qué masa tiene el cubo? b) ¿Qué volumen desaloja? c) ¿Qué masa de agua desaloja? d) ¿Cuánto pesa el agua desalojada?

**Rta: a) 0,0729 kg; b) 27 cm<sup>3</sup>; c) 0,027 kg; d) 0,2646 N**

14) Un cuerpo de masa 90 g y volumen 120 cm<sup>3</sup> flota en el agua. Calcula el peso del cuerpo y el empuje. **Rta: P = 0,882 N; E = 1,176 N.**



15) Un cuerpo de masa 240 g y volumen  $120 \text{ cm}^3$  se deposita en el agua. Calcula: a) La densidad del cuerpo. b) El empuje. c) El peso aparente.

**Rta: a)  $d = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ; b)  $E = 1,176 \text{ N}$ ; c)  $1,176 \text{ N}$**

16) ¿Qué presión soporta un submarinista sumergido en agua dulce a 35 m de profundidad? **Rta:  $3,43 \times 10^5 \text{ Pa}$ .**

17) Una botella se encuentra hundida en agua dulce a 24 m de profundidad. Halla la fuerza sobre su tapón de  $1,5 \text{ cm}^2$ . **Rta:  $35,28 \text{ N}$ .**

18) En un émbolo de  $5 \text{ cm}^2$  de una prensa hidráulica se ejerce una fuerza de 40 N. ¿Qué fuerza resultará en el émbolo de  $100 \text{ cm}^2$ ? **Rta:  $800 \text{ N}$ .**

19) ¿Cuál es el peso aparente dentro del agua de un cuerpo de 300 g y volumen  $50 \text{ cm}^3$ ? **Rta:  $2,45 \text{ N}$ .**

20) Una prensa hidráulica tiene unos émbolos de secciones 10 y  $200 \text{ cm}^2$ . Si al aplicar una fuerza de 80 N al émbolo menor, ¿qué fuerza se ejerce en el otro émbolo? **Rta:  $1600 \text{ N}$ .**

21) Una piedra de 200 N en el aire, parece que pesa 120 N cuando se encuentra sumergida en agua. Calcula su volumen y su densidad. **Rta:  $V = 8,16 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  y  $d = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .**

22) Calcula el peso aparente de un ladrillo de  $6 \text{ dm}^3$  sumergido en agua, que pesa 15 N. **Rta:  $- 43,8 \text{ N}$ .**

23) La presión sistólica en un paciente es de 220 mm de Hg. Convertir esta presión en Pascales. **Rta:  $29 330,63 \text{ Pa}$ .**

24) El corazón impulsa sangre a la aorta a una presión media de 100 mm de Hg. Si el área de la sección transversal de la aorta es  $3 \text{ cm}^2$ , ¿cuál es la fuerza media ejercida por el corazón sobre la sangre que entra en la aorta? **Rta:  $4 \text{ N}$  aproximadamente.**

25) ¿Cuánto pesa un trozo de hierro de  $10 \text{ cm}^2$  de base y 4 dm de altura cuya densidad es de  $7,85 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ? **Rta:  $30,772 \text{ N}$ .**



## Unidad IV: Gases

La rama de la Física que se ocupa del estudio de los gases recibe el nombre de **Neumostática**.

### Teoría Cinética de los Gases

Los gases son fluidos que tienen la propiedad de ocupar todo el volumen del recipiente que los contiene. Esta propiedad es debida al movimiento de las moléculas del gas. Se ha propuesto un modelo para explicar esta y otras propiedades de los gases: la teoría cinética de los gases. La misma se enuncia en los siguientes postulados, teniendo en cuenta un gas ideal o perfecto:

- Las sustancias gaseosas están constituidas por átomos o moléculas pequeñísimas ubicadas a gran distancia entre sí; su volumen se considera despreciable en comparación con los espacios vacíos que hay entre ellas.
- Las moléculas de un gas son totalmente independientes unas de otras, de modo que no existe atracción intermolecular alguna.
- Las moléculas de un gas se encuentran en movimiento continuo, en forma desordenada; chocan entre sí y contra las paredes del recipiente, de modo que dan lugar a la presión del gas.
- Los choques de las moléculas son elásticos, no hay pérdida ni ganancia de energía cinética, aunque puede existir transferencia de energía entre las moléculas que chocan.
- La energía cinética media de las moléculas es directamente proporcional a la temperatura absoluta del gas; se considera nula en el cero absoluto.

Los gases reales tienen fuerzas de atracción entre sus moléculas. Además, pueden tener comportamiento de gases ideales en determinadas condiciones: temperaturas altas y presiones muy bajas.

Todo esto se reduce a la siguiente expresión:

**El incremento en la temperatura interna de un gas hace aumentar la energía cinética de sus moléculas.**

Esto marca la diferencia entre los líquidos y los gases: los gases son compresibles, no tienen forma ni volumen propio y son de peso específico muy bajo.

Entre las moléculas de todo gas predominan las *fuerzas de repulsión* respecto a las *fuerzas de atracción*.

Al igual que el resto de las sustancias, los gases también se dilatan. En los gases la dilatación recibe el nombre de *dilatación volumétrica*. Esto se traduce diciendo que, ante la más mínima variación de temperatura, tanto el volumen como la presión de un gas pueden variar sensiblemente. Por lo tanto, reciben el nombre de variables de estado de un gas: *la presión, el volumen y la temperatura*.

### Gases ideales y reales

Ahora bien, cabe mencionar que no todos los gases son iguales, debido a que no gozan de las mismas propiedades. Pero para nuestro estudio, consideraremos los denominados ***gases ideales o perfectos***.

**Se dice que un gas es ideal o perfecto, cuando cumple con las leyes de Boyle y Mariotte y de Charles-Gay Lussac.**

- La ley de *Boyle - Mariotte* establece que: “A temperatura constante, los volúmenes de una misma masa gaseosa, son inversamente proporcionales a las presiones que soportan”.

En símbolos, esta ley se expresa de la siguiente manera:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

Como la temperatura permanece constante, se dice que la transformación es ***isotérmica***.

Para una masa de aire de un litro que soporta una presión de 1 atm, resulta según la ley de Boyle y Mariotte:

Para 10 atm el volumen es 1/10 litro

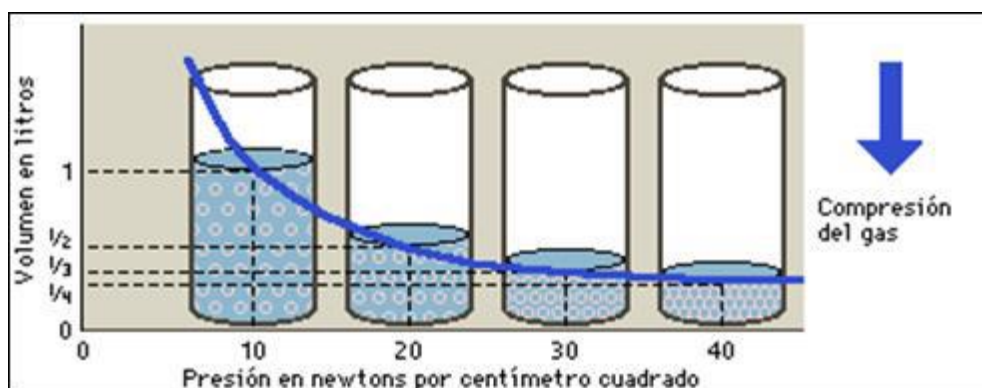
Para 20 atm el volumen es 1/20 litro

Para 30 atm el volumen es 1/30 litro

Para 5 atm el volumen es 2/5 litros

Para 3,33 atm el volumen es 3/10 litros

Si representamos esta relación en un sistema de ejes cartesianos, obtendríamos como gráfica una hipérbola equilátera.



Esta curva muestra claramente que a medida que aumenta la presión, el volumen disminuye,

Las leyes de Charles-Gay Lussac establecen que: “A presión constante, los volúmenes de una misma masa gaseosa son directamente proporcionales a sus temperaturas absolutas”.

$$V_1 \times T_2 = V_2 \times T_1$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

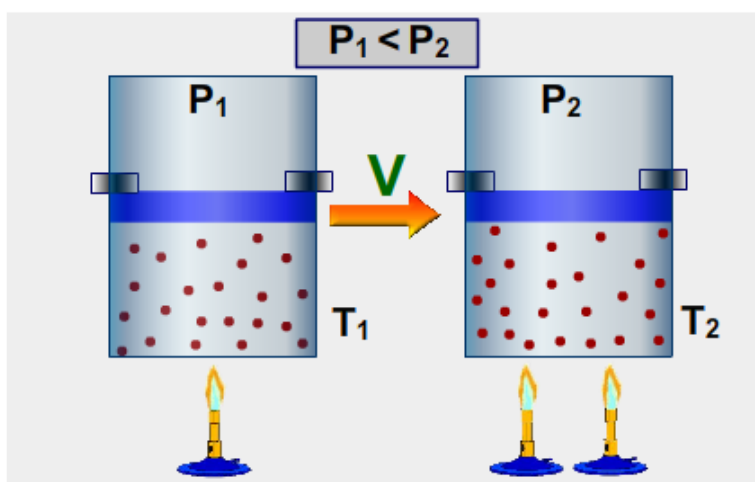
Como la presión es constante, se dice que la transformación es isobárica.

“A volumen constante, las presiones de una misma masa gaseosa son directamente proporcionales a sus temperaturas absolutas”.

$$P_1 \times T_2 = P_2 \times T_1$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Como el volumen permanece constante, la transformación es isométrica.



$$P_1 / T_1 = P_2 / T_2$$

Nota:

Se define como temperatura absoluta al menor estado térmico que puede alcanzar la materia. Corresponde a  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o  $0\text{ }^{\circ}\text{K}$

### Ecuación general de estado de los gases

Si varían en forma simultánea los valores de Presión, Temperatura y Volumen, nos encontramos con la **Ecuación General de estado de los gases perfectos**, la que establece que la relación entre el producto de Presión y Volumen con respecto a la Temperatura absoluta mantiene un valor



constante en cualquier momento de la experiencia, es decir, en cualquier instante de tiempo.

Matemáticamente se expresa como:

$$\frac{V1 \times P1}{T1} = \frac{V2 \times P2}{T2}$$

Todos los gases se dilatan, con un mismo coeficiente de dilatación volumétrica, tanto a presión como a volumen constantes, siendo el valor del mismo  $1/273^\circ \text{C} = 0,003663/^\circ \text{C}$ .

Es conveniente recordar que, al trabajar con los gases, estamos utilizando su temperatura absoluta, por lo que la escala térmica a utilizar es la **escala Kelvin ( $^\circ \text{K} = ^\circ \text{C} + 273$ )**.

Es muy importante recordar la siguiente equivalencia de las unidades de presión:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm de Hg} = 1013,24 \text{ hPa} = 101 324 \text{ Pa}$$

### Ejercicios de aplicación

- 1) Una garrafa contiene 20 litros de gas a 2 atm de presión. Si la presión aumenta a 5 atm, ¿Qué volumen ocupará el gas? **Rta: 8 litros.**
- 2)  $8 \text{ m}^3$  de un gas tienen una temperatura de  $75^\circ \text{C}$ , ¿Qué volumen ocupará el gas si se lo enfría hasta los  $0^\circ \text{C}$ ? **Rta:  $6,27 \text{ m}^3$ .**
- 3) Una masa gaseosa se encuentra inicialmente a  $400^\circ \text{K}$  y a 15 atm. ¿Qué temperatura tendrá cuando la presión sea de 22 atm? **Rta:  $586,6^\circ \text{K}$ .**
- 4) Las condiciones iniciales de un gas son: 500 litros, 10 atm y  $-40^\circ \text{C}$ . Determine la presión del gas cuando el volumen es de 600 litros y la temperatura es de  $180^\circ \text{C}$ . **Rta:  $16,2 \text{ atm}$ .**
- 5) Se almacena  $1 \text{ m}^3$  de oxígeno en un cilindro de hierro a 1 atm. ¿cuál será el nuevo volumen si se aumenta la presión a 6,5 atm? **Rta:  $0,15 \text{ m}^3$ .**
- 6) Un volumen de  $150 \text{ dm}^3$  está a presión normal. ¿Qué presión soportará si su volumen se reduce a  $12 \text{ dm}^3$ ? **Rta:  $12,5 \text{ atm}$ .**
- 7) Se libera una burbuja de 25 ml del tanque de oxígeno de un buzo que se encuentra a una presión de 4 atmósferas y a una temperatura de  $11^\circ \text{C}$ . ¿Cuál es el volumen de la burbuja cuando ésta alcanza la superficie del océano, donde la presión es de 1 atm y la temperatura es de  $18^\circ \text{C}$ ? **Rta:  $102,5 \text{ ml}$ .**
- 8) Una masa de hidrógeno ocupa un volumen de  $500 \text{ cm}^3$  a 1 atm de presión cuando la temperatura es de  $0^\circ \text{C}$ . ¿Qué variación de volumen se produce si se la comprime isotérmicamente hasta 4,5 atm? **Rta:  $388,9 \text{ cm}^3$ .**
- 9) Una masa de nitrógeno, a  $20^\circ \text{C}$  y a 2 atm de presión ocupa un volumen de  $800 \text{ cm}^3$ . ¿Qué variación de volumen se producirá al calentar isobáricamente hasta  $156,6^\circ \text{C}$ ? **Rta:  $372,9 \text{ cm}^3$ .**



10) El aire de un bulbo cerrado tiene a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  una presión de  $1\text{ atm}$ . ¿Cuál es la presión en el bulbo a  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? ¿A qué temperatura la presión en el bulbo es de  $2\text{ atm}$ ? ¿A qué temperatura es la presión en el bulbo de  $0,5\text{ atm}$ ? **Rta:  $1,44\text{ atm}$ ;  $586^{\circ}\text{K}$ ,  $146,5\text{ }^{\circ}\text{K}$ .**

### Ejercicios adicionales

1) Una determinada cantidad de aire que ocupa un recipiente cerrado de  $4$  litros de capacidad (asimilable a una olla a presión), a la temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$ , la presión resulta ser de  $1,7$  atmósferas. Si bajamos la temperatura a  $0^{\circ}\text{C}$  ¿cuál será la nueva presión si el volumen permanece constante? ¿Y si la subimos a  $250^{\circ}\text{C}$ ? **Rta:  $1,24\text{ atm}$  y  $2,38\text{ atm}$ .**

2) Una determinada cantidad de aire está contenida en un recipiente dotado de émbolo, de manera que siempre la presión será la misma que la del exterior (la atmosférica del momento). Si el volumen resulta ser de  $4$  litros y la temperatura  $20^{\circ}\text{C}$ , y calentamos el aire hasta  $200^{\circ}\text{C}$  ¿cuál será el volumen de aire (del recipiente)? ¿Y si lo enfriamos hasta  $0^{\circ}\text{C}$ ? **Rta:  $6,45\text{ litros}$  y  $3,72\text{ litros}$ .**

3) En un recipiente de volumen  $2$  litros tenemos hidrógeno a una temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  y  $1\text{ atm}$  de presión. Si lo pasamos a otro recipiente de volumen  $3$  litros y aumentamos su temperatura hasta  $100^{\circ}\text{C}$  ¿cuál será su presión? **Rta:  $0,84\text{ atm}$ .**

4) Disponemos de un volumen de  $20\text{ L}$  de gas helio, a  $2\text{ atm}$  de presión y a una temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$ . Si lo pasamos a otro recipiente en el que la presión resulta ser de  $1,5\text{ atm}$  y bajamos la temperatura hasta  $0^{\circ}\text{C}$  ¿cuál es el volumen del recipiente? **Rta:  $19,5\text{ litros}$ .**

5) En un recipiente de  $5\text{ L}$  de volumen, tenemos aire a  $1\text{ atm}$  de presión y  $0^{\circ}\text{C}$  de temperatura. Si disminuimos el volumen del recipiente a  $2\text{ L}$  y la presión resulta ser de  $3\text{ atm}$  ¿cuál es la temperatura del aire en  $^{\circ}\text{C}$ ? **Rta:  $54,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ .**

6) Cierta volumen de un gas está sometido a una presión de  $970\text{ mm de Hg}$  cuando su temperatura es de  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . ¿A qué temperatura en  $^{\circ}\text{C}$  deberá estar para que su presión sea de  $760\text{ mm de Hg}$ ? **Rta:  $-39,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .**

7) Un globo tenía en principio un volumen de  $4,390\text{ dm}^3$  a  $44\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una presión de  $729\text{ mm Hg}$ . ¿A qué temperatura se debe enfriar el globo para reducir su volumen hasta  $3782\text{ cm}^3$  si la presión es constante? **Rta:  $273\text{ }^{\circ}\text{K}$ .**

8) Un recipiente que puede variar su volumen contiene  $12\text{ L}$  de un gas a  $3,2\text{ atm}$  y  $43\text{ }^{\circ}\text{C}$ . ¿Qué volumen alcanzará si aumentamos la temperatura hasta





los 185 °C manteniendo constante la presión? ¿Y si mantenemos el volumen constante, qué presión alcanzará? **Rta: V= 17,4 litros; P= 4,6 atm.**

9) En un recipiente de 4,5 litros de volumen, tenemos hidrógeno a 2,9 atm de presión. Si mantenemos la temperatura constante y variamos el volumen del recipiente hasta 1,9 litros ¿Cuál será la nueva presión? **Rta: 6,87 atm.**

10) Un gas ocupa 6 dm<sup>3</sup> a 0°C y 4 atm. ¿Cuál será su presión a 546°K si ocupa un volumen de 8000 cm<sup>3</sup>? **Rta: 6 atm.**

11) En un recipiente cerrado (volumen constante) tenemos aire a 0°C y 0,9 atm de presión. ¿Cuál será la temperatura en °C si la presión resulta ser de 2,9 atm? **Rta: 606,67 °C.**

12) Experimentamos con aire en un recipiente cerrado que, vamos calentando progresivamente y midiendo la presión en cada caso. En estas experiencias obtenemos los valores: A t=-50°C P=0.40 atm; A t=20°C P=0,52 atm; A t=250°C P=0,94 atm. ¿Se cumple la ley de Gay Lussac?

13) Un volumen de helio de 4,5 l a 2,9 atm de presión y a 750°C de temperatura, se pasa a 4,6 l de manera que su presión resulta ser de 4,2 atm ¿Cuál será la temperatura en °C en éstas nuevas condiciones? **Rta: 1241,51 °C.**

14) Un volumen gaseoso de un litro es calentado a presión constante desde 18 °C hasta 58 °C, ¿qué volumen final ocupará el gas? **Rta: 1,14 litros.**

15) Una masa gaseosa a 32 °C ejerce una presión de 18 atmósferas, si se mantiene constante el volumen, ¿qué aumento de presión sufrió el gas al ser calentado a 52 °C? **Rta: 19,18 atm.**

16) En un laboratorio se obtienen 30 cm<sup>3</sup> de nitrógeno a 18 °C y 750 mm de Hg de presión, se desea saber cuál es el volumen con 0 °C de temperatura y presión normal. **Rta: 27,77 cm<sup>3</sup>.**

17) Una masa de hidrógeno a 0° C de temperatura y presión normal, ocupa un volumen de 50 litros, ¿cuál es el volumen a 35 °C y 720 mm de Hg? **Rta: 59,54 litros.**

18) Un gas a 18 °C y 750 mm de Hg ocupa un volumen de 150 cm<sup>3</sup>, ¿cuál será su volumen a 65 °C si se mantiene constante la presión? **Rta: 174,23 cm<sup>3</sup>.**

19) Un gas ocupa un volumen de 15 litros a la presión de 75 cm de Hg. Calcular cuál es su volumen a la misma temperatura si la presión es de 100 cm de Hg. **Rta: 11,25 litros.**



20) Un gas ocupa un volumen de  $500 \text{ cm}^3$  y ejerce una presión de  $2,94 \cdot 10^8 \text{ Pa}$ . Calcular la presión que ejercerá cuando ocupe  $600 \text{ cm}^3$ . **Rta:  $2,45 \cdot 10^8 \text{ Pa}$ .**

21) Una masa gaseosa a 1,8 atmósferas de presión ocupa un volumen de  $259 \text{ cm}^3$ . ¿Qué volumen ocupará a 700 mm de Hg? **Rta:  $506,16 \text{ cm}^3$ .**

22) Una masa gaseosa a 740 mm de Hg de presión, ocupa un volumen de 8 litros. ¿Qué volumen ocupará a la misma temperatura y a una presión de 49000 Pa? **Rta:  $16,1 \text{ litros}$ .**

23) ¿Cuál es el volumen de aire que debe escapar de una habitación cuando la temperatura de la misma se eleva de  $15^\circ\text{C}$  a  $25^\circ\text{C}$ ? Las dimensiones de la habitación son  $10 \text{ m} \times 7 \text{ m} \times 4 \text{ m}$  y la presión no varía mientras se calienta la habitación. **Rta:  $9,72 \text{ m}^3$ .**

24) Una persona respira aire enriquecido con oxígeno de un tubo de  $17 \text{ dm}^3$  que lo contiene comprimido a una presión de  $1,47 \times 10^7 \text{ Pa}$  a  $20^\circ\text{C}$ . ¿Qué volumen ocuparía ese gas a la misma temperatura y a presión atmosférica normal? **Rta:  $2466,34 \text{ dm}^3$ .**

25) Un recipiente contiene 80 litros de gas a 20 atmósferas de presión. Si se mantiene constante la temperatura, ¿qué presión es necesaria para para reducir el volumen a 16 litros? **Rta:  $100 \text{ atm}$ .**



## Unidad V: Calor y temperatura

### Conceptos de calor y temperatura

Conceptos como los de calor y temperatura forman parte de nuestro lenguaje de todos los días y están presentes en la explicación de muchos fenómenos de la naturaleza. Ahora bien, es importante señalar que si bien se los utiliza como si fueran sinónimos, no son ni significan lo mismo.

Se puede obtener **calor** en diversas transformaciones: por frotamiento, transformando energía mecánica en calorífica; en la combustión, transformando energía química en calorífica; en la fisión nuclear, transformando energía nuclear en calorífica, y en muchos otros casos como estos.

En general el calor se propaga de un cuerpo a otro, por lo cual, cuando dos cuerpos se ponen en contacto, se produce transferencia de calor del más caliente hacia el más frío. El sentido del tacto puede indicarnos en forma elemental si un cuerpo está más o menos caliente que otro.

De este modo, si un cuerpo está más o menos caliente que otro, diremos que tiene mayor o menor **temperatura**. Introducimos aquí un nuevo ente, que nos permite registrar el estado o nivel térmico de los cuerpos, y que, a pesar de estar íntimamente relacionado con la cantidad de calor, es conceptualmente distinto.

**El calor es una forma de energía que puede propagarse de un cuerpo a otro; mientras que la temperatura es una indicación del nivel térmico que tiene cada cuerpo.**

El calor es la causa que origina la variación de la temperatura de un cuerpo. Pero no siempre que se entrega calor a un cuerpo aumenta su temperatura. Por ejemplo, al hervir agua se sigue entregando calor si mantenemos encendida la hornalla; pero la temperatura, una vez que el agua comienza a hervir, se mantiene constante: 100 °C.

El **calor** es una magnitud escalar, ya que se lo puede medir. Se lo mide en calorías.

Una *caloría* indica la cantidad de calor que necesita una masa de un gramo de agua para aumentar su temperatura en 1° C. Su símbolo es **cal**.

La **temperatura** no es una magnitud, puesto que no cumple con las condiciones de ser sumable ni divisible. Sino que es un número que expresa el nivel térmico alcanzado por un cuerpo como consecuencia del calor recibido. Conceptualmente es una variable de estado de la materia relacionada con **la energía cinética promedio de sus partículas**.

• *Dos cuerpos pueden tener la misma temperatura, pero distintas cantidades de calor.* Esto se da cuando, por ejemplo, llevamos dos recipientes con agua



hasta el punto de ebullición, teniendo un recipiente el doble de agua que el otro. El primero necesita más calor para llegar a la temperatura de ebullición.

- *Dos cuerpos pueden tener la misma cantidad de calor, pero distintas temperaturas.* Si, por ejemplo, colocamos agua y alcohol en recipientes distintos y les suministramos calor con las hornallas al máximo hasta sus respectivos puntos de ebullición, es natural que el agua alcanzara mayor temperatura, puesto que su temperatura de ebullición es mayor.
- *Todos los cuerpos, sean sólidos, líquidos o gaseosos, se dilatan cuando se les entrega calor (salvo algunas excepciones).*

### Sensación térmica

Se denomina sensación térmica a la temperatura detectada por la piel de cada persona, frente a determinadas condiciones climáticas que no solo dependen de la temperatura del aire, sino también de factores como la velocidad del viento y de la humedad que contiene el aire.

Aunque es una medida muy subjetiva, es posible calcularla y tabularla teniendo en cuenta los parámetros señalados.

### Escalas termométricas

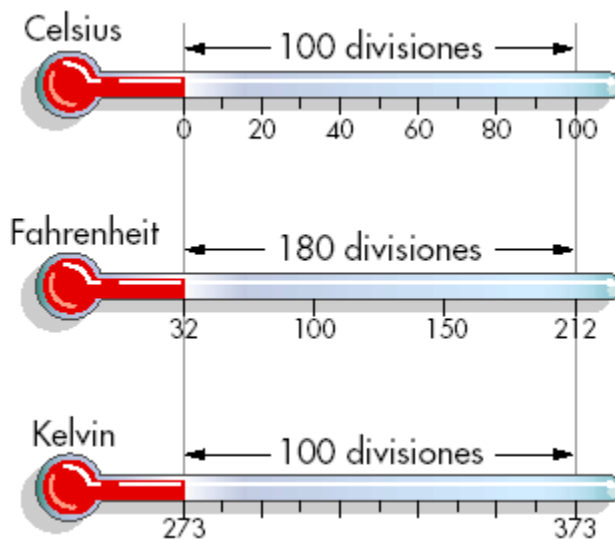
Para medir la temperatura es necesario disponer de un instrumento llamado **termómetro**. Estos pueden tener distintas escalas que permiten asignar un número a cada estado térmico. Para calibrar un termómetro es necesario considerar dos puntos de referencia, llamados **puntos fijos**, uno inferior y uno superior. En el caso de la escala Celsius, estos indican el punto de fusión del hielo y el punto de ebullición del agua. Estos puntos corresponden a los 0 °C y a los 100 °C respectivamente.

Algunas de las escalas más utilizadas son:

- **Escala Celsius:** En 1743, Anders Celsius (1701-1744) creó la escala que lleva su nombre (también llamada centígrada). Esta divide al intervalo entre los puntos 0° C y 100° C, en 100 partes iguales llamadas grados centígrados o Celsius. Se la utiliza en la mayoría de los países de Europa y América Latina.
- **Escala Fahrenheit:** Creada a principios del siglo XVIII por Gabriel Fahrenheit (1686-1736). Divide al mismo intervalo en 180 partes iguales llamadas grados Fahrenheit. El punto fijo inferior de esta escala corresponde a la temperatura de fusión de una solución de cloruro de amonio en agua, a la que asigno el valor 0° F. El punto fijo superior corresponde a la

temperatura de ebullición del agua, a la que asigno el valor 212° F. un termómetro así graduado indica que la temperatura de fusión del hielo (0° C) a presión normal es de 32° F. Esta escala es muy utilizada en algunos países, como en los Estados Unidos.

- **Escala Kelvin:** Fue nombrada así en honor a Sir William Thomson, Lord Kelvin (1824-1907). Esta escala se calibra en términos de la energía de los cuerpos, de modo tal que existe un límite de la temperatura mínima posible, que corresponde al menor estado térmico que puede alcanzar la materia. A este límite se lo denominó 0 °K o cero absoluto. A esto se debe el hecho de que a esta escala también se la suele llamar *escala absoluta*. Es una escala sin valores negativos y es similar a la centígrada pero desplazada 273° con respecto a aquella. Es la única escala utilizada por los científicos para desarrollos teóricos y es la que se toma como la unidad de temperatura en el SI.



Matemáticamente la relación entre las tres escalas queda expresada de la siguiente manera:

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{5} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{9} = \frac{^{\circ}\text{K} - 273}{5}$$

Ejercicios de aplicación:

- a) La temperatura normal del cuerpo es de **37° C**, ¿Cuál es la temperatura medida en °F?

$$^{\circ}\text{C} / 5 = (^{\circ}\text{F} - 32) / 9$$

$$^{\circ}\text{F} = 9/5 \times ^{\circ}\text{C} + 32 = 1,8 \times 37 + 32 = \mathbf{98,6^{\circ}\text{F}}$$

- b) La temperatura ambiente del aula es de **22 °C**. Expresar dicha temperatura en grados Kelvin.

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{K} - 273)$$

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273 = 22 + 273 = \mathbf{295^{\circ}\text{K}}$$



## Termómetros

Existen diferentes tipos de termómetros que se construyen para fines distintos.

### Los termómetros clínicos

Constan de un tubo de vidrio que contiene mercurio (metal líquido de muy fácil dilatación) con un estrangulamiento cerca del bulbo para impedir que el mercurio descienda a él luego de dilatarse, lo que facilita la lectura de la temperatura. La escala de estos termómetros se extiende por lo general desde los 35,5 °C hasta los 42 °C con una división mínima de la escala de 0,1 °C.

### Cambios de estado

La materia puede encontrarse comúnmente en uno de 3 estados: **sólido**, **líquido**, o **gaseoso**. El suministro de *mayor* o *menor* temperatura en cualquiera de estos 3 estados, permite que se lleve a cabo lo que se conoce como *cambios de estado* de la materia.

Existen 6 posibles cambios de estado:



- **Fusión:** es el pasaje del estado sólido al líquido.
- **Solidificación:** es el pasaje del estado líquido al sólido.
- **Vaporización o Ebullición:** es el pasaje del estado líquido al gaseoso.
- **Condensación o licuación:** es el pasaje del estado gaseoso al líquido.



- **Sublimación o Volatilización:** es el pasaje del estado sólido al gaseoso.
- **Sublimación inversa:** es el pasaje del estado gaseoso al sólido.

Debe aclararse que existen diferencias entre vaporización y ebullición. La **vaporización o evaporación** ocurre a diversas temperaturas, y solamente en la superficie del líquido. En cambio, la **ebullición** ocurre a una temperatura definida para cada sustancia, en toda la masa del líquido. Asimismo, **condensación** se refiere al pasaje de una sustancia del estado gaseoso al líquido como consecuencia de un descenso de temperatura, mientras que el término **licuación** hace referencia al cambio desde el estado gaseoso al líquido como consecuencia de un aumento de presión.

### Calor específico

Cada sustancia posee una determinada capacidad de absorber energía en forma de calor; por lo tanto, frente a la misma cantidad de calor, la temperatura de diversas sustancias varía en formas diferentes.

Si se entrega la misma cantidad de calor a una cuchara de metal y a una masa equivalente de agua, al cabo de un cierto tiempo se podrá observar que la cuchara registra un mayor aumento de temperatura que el agua.

Esta propiedad de las sustancias se denomina **calor específico** de las mismas, y se define como:

**La cantidad de calorías que necesita una masa de un gramo de la sustancia para variar su temperatura en 1 °C.**

Se incluye a continuación una tabla con los calores específicos más utilizados:

SUSTANCIA	CALOR ESPECÍFICO ( $\frac{cal}{g^{\circ}C}$ )
Agua	1
Alcohol	0,58
Aluminio	0,219
Plomo	0,031
Cobre	0,093
Hierro	0,11
Hielo	0,55
Mercurio	0,033
Plata	0,056
Vidrio	0,2
Vapor de agua	0,48

Tabla 5.1 Tabla de calor específico



## Calorimetría

Además de los efectos mencionados, *el calor puede transformarse en trabajo y el trabajo en calor*. Según las experiencias realizadas, se demuestra que:

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ Joule}$$

$$1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ cal}$$

### Formas de transmisión del calor

Como se mencionó al comienzo de la unidad, el calor es una forma de energía, y como tal puede transmitirse de un cuerpo a otro. Esto puede realizarse de tres formas: por conducción, por convección y por radiación.

#### a) La Conducción

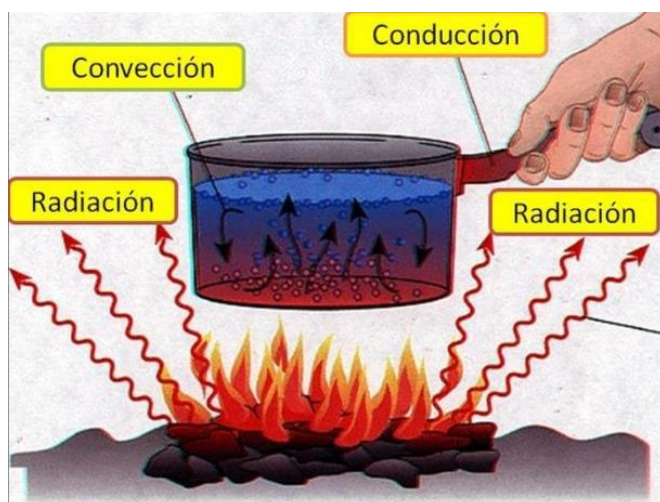
Es la transferencia de calor a través de un objeto sólido, sin transporte de materia: es lo que hace que el asa de un atizador se caliente, aunque sólo la punta esté en el fuego.

#### b) La convección

Transfiere calor mediante el intercambio de moléculas frías y calientes. Se da en los líquidos y en los gases, con transporte de materia; es la causa de que el agua de una olla se caliente uniformemente, aunque sólo su parte inferior esté en contacto con la llama.

#### c) La radiación

Es la transferencia de calor por medio de ondas electromagnéticas, que pueden propagarse aun en el vacío, generalmente radiación infrarroja; es el principal mecanismo por el que un fuego calienta la habitación.







Al haber transferencia de calor, por cualquiera de las tres formas, existe un intercambio de calor entre las sustancias intervinientes. Este intercambio puede ser medido y calculado. La **Calorimetría** se encarga de esta medición y cálculo.

Intuitivamente se sabe que cuanto mayor sea la **cantidad de calor** suministrado, el cuerpo alcanzara una **mayor variación de temperatura**. Es posible verificar experimentalmente que entre el calor y la temperatura existe una relación de proporcionalidad directa. La constante de proporcionalidad depende tanto de la sustancia que constituye el cuerpo como de su masa, y resulta el producto del calor específico por la masa del cuerpo.

Por lo tanto, la ecuación que permite calcular el intercambio de calor o **cantidad de calor (Q)** es:

$$Q = m \times C_e \times \Delta t$$

donde m es la masa del cuerpo,  $C_e$  es el calor específico de la sustancia que conforma el cuerpo y  $\Delta t$  es la variación de temperatura experimentada

### Algunos cálculos de calorimetría

Al realizar los cálculos calorimétricos, es necesario tener en cuenta que la variación de temperatura ( $\Delta t$ ) es la diferencia entre la temperatura final que alcanza el cuerpo y la temperatura inicial del mismo. Si esta variación de temperatura resulta positiva, significa que el cuerpo aumentó su temperatura; si es negativa, significa que la temperatura del cuerpo disminuyó.

a. Calcule la cantidad de calor necesaria (en cal, en kcal y en Joule) que deben ceder 1500 gramos de agua que se encuentran en su punto de ebullición para disminuir su temperatura hasta 20 °C.

*Solución*

Como  $Q = m \times C_e \times \Delta t$ ,  
entonces:

$$Q = 1500 \text{ g} \times 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times (20^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}) = \mathbf{-120000 \text{ cal}}$$

$$- 120000 \text{ cal} = \mathbf{- 120 \text{ kcal} = - 501600 \text{ J}}$$

b. ¿Cuál será el aumento de temperatura de una barra de 3 kg de hierro si se coloca en un horno industrial que le suministra 30 kcal?

*Solución*

$$\Delta t = \frac{Q}{m \times c_e}$$



$$\Delta t = \frac{30.000 \text{ cal}}{(3.000 \text{ g} \times 0,113 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}})} = \mathbf{88,5 \text{ }^\circ\text{C}}$$

### Mezcla

Cuando dos sustancias se encuentran en contacto en un calorímetro, la de mayor estado térmico le cede calor a la de menor estado térmico. Como no hay pérdida de calor, se puede calcular la temperatura final o temperatura de equilibrio de la mezcla.

La fórmula que nos permite hacer este cálculo matemático es:

$$Q_1 = - Q_2$$

$$m_1 \cdot ce_1 \cdot \Delta t_1 = - m_2 \cdot ce_2 \cdot \Delta t_2$$

$$m_1 \cdot ce_1 \cdot (t_f - t_i) = - m_2 \cdot ce_2 \cdot (t_f - t_i)$$

Ejercicios: En un calorímetro se colocan 36 g de hierro ( $ce: 0,115 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ ) a  $64^\circ\text{C}$  con 500 g de agua ( $ce: 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ ) a  $24^\circ\text{C}$ . Calcular la temperatura de equilibrio de la mezcla.

$$Q_1 = - Q_2$$

$$m_1 \cdot ce_1 \cdot \Delta t_1 = - m_2 \cdot ce_2 \cdot \Delta t_2$$

$$36 \text{ g} \times 0,115 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times (t_f - 64^\circ\text{C}) = - 500 \text{ g} \times 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times (t_f - 24^\circ\text{C})$$

$$4,14 \frac{\text{cal}}{^\circ\text{C}} t_f - 264,96 \text{ cal} = - 500 \frac{\text{cal}}{^\circ\text{C}} t_f + 12.000 \text{ cal}$$

$$4,14 \frac{\text{cal}}{^\circ\text{C}} t_f + 500 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} = 12.000 \text{ cal} + 264,96 \text{ cal}$$

$$504,14 \frac{\text{cal}}{^\circ\text{C}} t_f = 12.264,96 \text{ cal}$$

$$t_f = \frac{12.264,96 \text{ cal}}{504,14 \frac{\text{cal}}{^\circ\text{C}}}$$

$$t_f = \mathbf{24,33 \text{ }^\circ\text{C}}$$



## Dilatación

Además de producir los cambios de estados, generalmente la variación de la temperatura de un cuerpo induce también un cambio en sus dimensiones. **Cuando la temperatura aumenta, se produce un aumento en el volumen del cuerpo.** Este es el fenómeno al que denominamos **dilatación**.

Los diferentes materiales aumentan más o menos su volumen para una determinada variación de temperatura. Por eso, cada sustancia posee un coeficiente de dilatación.

A continuación, se incluye una tabla de coeficientes de dilatación lineal más utilizados.

SUSTANCIA	COEFICIENTE DE DILATACIÓN LINEAL ( $\lambda = \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$ )
Aluminio	$23 \times 10^{-6}$
Cobre	$17 \times 10^{-6}$
Vidrio común	$9 \times 10^{-6}$
Cinc	$25 \times 10^{-6}$
Vidrio Pirex	$3,2 \times 10^{-6}$
Plomo	$29 \times 10^{-6}$
Acero	$11 \times 10^{-6}$
Diamante	$0,9 \times 10^{-6}$

Tabla 5.2 Coeficientes de dilatación lineal

### a) Dilatación lineal

Es aquella en la que predomina el aumento de la longitud cuando se le entrega calor a la sustancia.

La expresión matemática es:

$$L_f = L_i \times (1 + \lambda \times \Delta t)$$

donde  $L_f$  es la longitud final,  $L_i$  es la longitud inicial,  $\lambda$  es el coeficiente de dilatación lineal de la sustancia y  $\Delta t$  es la variación de la temperatura.



b) Dilatación superficial

Es aquella en la que predomina el aumento de la superficie cuando se le entrega calor a la sustancia.

La expresión matemática es:

$$S_f = S_i \times (1 + 2\lambda \times \Delta t)$$

c) Dilatación volumétrica o cúbica

Es aquella en la que predomina el aumento del volumen cuando se le entrega calor a la sustancia.

La expresión matemática es:

$$V_f = V_i \times (1 + 3\lambda \times \Delta t);$$

Cabe destacar que los *líquidos y los gases poseen únicamente dilatación volumétrica. Además, los gases pueden dilatarse a volumen o a presión constantes.*

### Ejercicios de aplicación

1) ¿Cuántas calorías serán necesarias para calentar 500 g de agua desde 20 °C hasta el punto de ebullición? **Rta: 40000 cal.**

2) Uno de tus termómetros indica 45 °C y otro indica 110 °F. ¿Cuál de las dos temperaturas es mayor? **Rta: el primero.**

3)

a) Realiza los siguientes pasajes:

100 °F a °C **Rta: 37,78 °C**

525 °C a K **Rta: 798 °F**

b) ¿Cuál será  $\Delta t$  en cada uno de los siguientes casos?

Pasa 20 °C a 50 °C **Rta: 30°C**

Pasa - 10 °C a 0 °C **Rta: 10°C**

Pasa 35 °C a 2 °C **Rta: -33°C**

Pasa 5 °C a - 38 °C **Rta: -43°C**

4) 100 g de cobre ( $c_e = 0,093 \frac{cal}{g^\circ C}$ ) se calientan con 25000 cal. Calcula el incremento de la temperatura que se producirá. **Rta: 2688,17 °C.**

5) 200 m de un hilo de cobre ( $\lambda: 17 \times 10^{-6} 1/^\circ C$ ) se calientan por el sol entre 4 °C y 54 °C. Calcula cuánto se dilata el hilo. **Rta: 0,17 m.**

6) ¿En qué punto de los termómetros se igualarán las escalas Kelvin y Fahrenheit? ¿En qué punto se igualarán las escalas Celsius y Fahrenheit? **Rta: 574,25, -40.**

7) ¿En cuánto se incrementa la longitud de una barra de hierro ( $\lambda = 5,1 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ C}$ ) de 100 m de largo cuando su temperatura aumenta 15 °C? **Rta: 8 cm.**



- 8) Calcula cuál es el calor específico de una sustancia que constituye un cuerpo de 20 g de masa, sabiendo que para elevar su temperatura 6 °C se necesitan 96 cal. **Rta: 0,8 cal/g°C.**
- 9) El sistema de refrigeración de un camión contiene 20 litros de agua. ¿Cuál es la variación de la temperatura del agua si se debe extraer una cantidad de energía en forma de calor de 836 000 J? **Rta: 10°C.**
- 10) Si se colocan 1000 g de agua en un recipiente y 2000 g de agua en otro recipiente, ambos a 20 °C y se les entrega igual cantidad de calor en iguales condiciones de presión normal, ¿alcanzarán el mismo punto de ebullición? ¿Por qué?
- 11) ¿Qué cantidad de calor absorbe un cuerpo de 50 g de aluminio ( $c_e = 0,226 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ ) que se encuentra a una temperatura de 15 °C cuando su temperatura aumenta a 90 °C? **Rta: 847,5 cal.**
- 12) Calcule el  $C_e$  de una sustancia sabiendo que una masa de 10 g absorbe 250 cal cuando su temperatura varía 200 °C. **Rta: 0,125 cal/g°C.**
- 13) Una dieta normal para una persona adulta en actividad es de aproximadamente 2500 kcal diarias. ¿A cuántos J equivale este valor energético? **Rta: 1,045 x 10<sup>7</sup> Joules.**
- 14) El valor calórico de una barra de 100 g de chocolate es 550 kcal. Suponga que se utilizara toda esa energía para elevar la temperatura del agua desde los 15 °C hasta los 100 °C. ¿Cuánta agua se podría calentar? **Rta: 6470,59 g.**
- 15) Si dos barras de hierro y de cobre ( $\lambda_{\text{Fe}} = 12 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$  y  $\lambda_{\text{Cu}} = 17 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ ) de 1 m por 0,20 m están a 0 °C. ¿Qué diferencia de superficies tendrán a 25 °C? **Rta: 5 x 10<sup>-5</sup> m<sup>2</sup>.**

### Ejercicios adicionales

- 1) Calcular la cantidad de calor que deben ceder 1600 g de agua que se encuentran a 100°C para disminuir su temperatura a 10°C. **Rta: -144000 cal.**
- 2) Un cuerpo de 200 g absorbe 1200 cal y su temperatura aumenta de 10 °C a 90°C. Calcular el calor específico del mismo. **Rta: 0,075  $\frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ .**
- 3) Calcular la longitud que alcanza un cable de cobre ( $\lambda_{\text{Cu}} = 1,7 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ ) que mide 20 m a 20°C cuando su temperatura pasa a 70°C. **Rta: 20,017 m.**
- 4) Una chapa cuadrada de aluminio ( $\lambda_{\text{Al}} = 2,4 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ ) tiene 20 cm de lado a 30°C. ¿A qué temperatura su superficie será 34 mm<sup>2</sup> mayor? **Rta: 47,71 °C.**
- 5) Para calentar 2000 g de una sustancia desde 10°C a 80°C fueron necesarias 12.000 calorías. Averiguar el calor específico de la sustancia. **Rta: 0,085  $\frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ .**



6) Suministrando una energía de 10 Joules a un bloque de aluminio de 5 g, su temperatura varía de 20°C a 22°C. Determinar el calor específico de ese material. **Rta: 0,239  $\frac{cal}{g^{\circ}C}$ .**

7) Transformar 20 Joules en calorías. **Rta: 4,78 cal.**

8) Transformar 40 calorías en Joules. **Rta 167,2 Joules.**

9) ¿Cuál es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 300 g de cobre de 20°C a 60°C?  $C_{e(Cu)}=0,093 \frac{cal}{g^{\circ}C}$ . **Rta: 1116 cal.**

10) Considere un bloque de cobre de masa igual a 500 g a la temperatura de 20°C. Siendo  $C_{e(Cu)}=0,093 \frac{cal}{g^{\circ}C}$ , determine: a) La cantidad de calor que se debe ceder al bloque para que su temperatura aumente de 20°C a 60°C y b) ¿Cuál será la temperatura final cuando sean cedidas al bloque 10000 calorías? **Rta: 1860 cal; 235,05 °C.**

11) Una esfera de plomo tiene un volumen de 35 cm<sup>3</sup> ( $\lambda_{plomo}=2,9 \times 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}C}$ ) a 30°C. ¿En cuánto aumenta su volumen si la temperatura sube a 90°C? ¿Cuál es su volumen final? **Rta: 0,1827 cm<sup>3</sup> y 35,1827 cm<sup>3</sup>**

12) Una esfera de plomo ( $\lambda_{plomo}=2,9 \times 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}C}$ ) tiene un volumen de 100 cm<sup>3</sup> a 5 °C. ¿A qué temperatura su volumen será de 100,261 cm<sup>3</sup>? **Rta: 35 °C.**

13) ¿Qué longitud tendrá a 50°C un alambre de cobre si su longitud a 20°C es de 1,2 m? ( $\lambda_{Cu}=1,7 \times 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}C}$ ) **Rta: 1,200612 m.**

14) Un alambre de acero ( $\lambda = 1,2 \times 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}C}$ ) mide 800 cm a 5°C. ¿A qué temperatura medirá 800,52 cm? **Rta: 59,17 °C.**

15) Una barra de cobre ( $\lambda_{Cu}=1,7 \times 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}C}$ ) a 15°C tiene una longitud de 80 cm. Calcula su longitud a los 90°C. **Rta: 80,102 cm.**

16) Una pieza de aluminio a 20°C tiene un volumen de 5 cm<sup>3</sup>. Calcula su volumen a 280°C. ( $\lambda_{Al}=2,5 \times 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}C}$ ) **Rta: 5,0975 cm<sup>3</sup>.**

17) En un recipiente que contiene 5000 gr, de agua a 20 °C se coloca a 100 °C un bloque de hierro ( $ce= 0,43 \frac{cal}{g^{\circ}C}$ ) de 500 gr. Cuál debe ser la temperatura de equilibrio, si se supone que el recipiente no recibe ni cede calor. **Rta: 23,29 °C.**

18) Se tiene un tanque que contiene 20.000 gr. de agua a 10 °C. ¿Cuántas kilocalorías absorbe cuando se calienta hasta 40 °C? **Rta: 600 kcal.**



- 19) En un recipiente se han colocado 10 kg de agua fría a 9 °C. ¿Qué masa de agua hirviendo hay que introducirle al recipiente para que la temperatura de la mezcla sea de 30 °C? **Rta: 3000 g.**
- 20) Se mezclan 30 kg de agua a 60 °C con 20 kg también de agua a 30 °C. ¿Cuál es la temperatura de equilibrio de la mezcla? **Rta: 48 °C.**
- 21) En 300 g de agua a 18 °C se introducen 250 g de hierro ( $c_e = 0,43 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ ) a 200 °C. Determinar la temperatura de equilibrio. **Rta: 66,01 °C.**
- 22) Se tiene un pedazo de metal de masa 80 g a 100 °C. Determinar el calor específico de ese metal, si al sumergirlo en 150 g de agua a 18 °C se obtiene una temperatura de equilibrio de 22 °C. **Rta: 0,096  $\frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ .**
- 23) Con el calor cedido por 400 g de agua al pasar de 80 °C a 20 °C, ¿cuántos gramos de cobre ( $c_{e(\text{Cu})} = 0,093 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ ) podrán elevar su temperatura de 40 °C a 45 °C? **Rta: 51612,9 g.**
- 24) Calcular la longitud de una varilla de acero ( $\lambda = 1,2 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ ) a 100 °C, si a 0°C mide 100 m. **Rta: 100,12 m.**
- 25) Calcular la cantidad de calor en kcal que deben ceder 800 g de agua que se hallan a 100°C para disminuir su temperatura a 10°C, **Rta: - 72 kcal.**



## Unidad VI: Ondas y sonido

### Ondas

Aunque no logremos advertirlo, estamos cotidianamente rodeados de diferentes tipos de ondas: sonoras, luminosas, radiales, etc. Sin su existencia, no podríamos utilizar teléfonos, radios o televisores.

Una onda consiste en la propagación de una perturbación periódica de alguna propiedad de un medio. Cabe aclarar que este medio no necesariamente es material (sólido, líquido o gaseoso), pues hay ondas que se propagan incluso en el vacío. La mencionada variación periódica puede producirse en cualquier parámetro del medio considerado; por ejemplo, presión, campo magnético o eléctrico, desplazamiento.

Las ondas poseen una característica realmente importante e interesante que las hacen únicas y tan útiles:  **pueden propagarse transportando energía sin transportar materia** . De este modo, la energía puede transferirse de un lugar a otro a velocidades increíbles (como en el caso de la luz), e incluso puede enviarse información a gran distancia.

### Clasificación de las ondas

Si bien todas las ondas son una perturbación periódica del medio en que se mueven, poseen diversas características que nos permiten clasificarlas en diferentes grupos. Una primera categorización se realiza de acuerdo a la dirección del movimiento de las partículas que componen el medio, y la dirección de propagación de la onda misma. De acuerdo con este criterio, se pueden encontrar dos tipos de ondas:

#### a) Ondas longitudinales

Son aquellas en que la dirección del movimiento de las partículas coincide con la dirección de propagación de la onda.

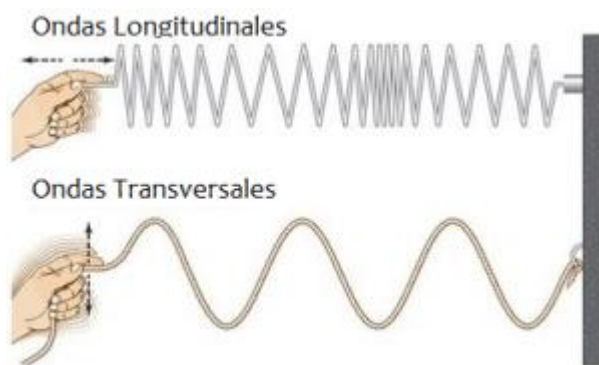
El sonido es un ejemplo de esta clase de onda: el aire se comprime y expande en la misma dirección en que avanza el sonido.

#### b) Ondas transversales

Son aquellas en que la dirección del movimiento de las partículas es perpendicular a la dirección de propagación de la onda.

El efecto que se produce al caer una gota al agua es un ejemplo de esta clase de onda: mientras que las moléculas de agua sólo se desplazan verticalmente, las ondas avanzan horizontalmente desde el lugar en que cayó la gota.





Las ondas *electromagnéticas* también son transversales; en este caso, las perturbaciones del campo eléctrico y del magnético son perpendiculares a la dirección de propagación de las ondas (también son perpendiculares entre sí).

Los terremotos generan ondas de los dos tipos (longitudinales y transversales), que avanzan a distintas velocidades y con distintas trayectorias. Estas diferencias permiten determinar el epicentro del sismo. Además de la clasificación precedente, las ondas se pueden clasificar en otros dos grandes grupos:

### Ondas mecánicas y electromagnéticas

#### a) Ondas mecánicas

Se definen como perturbaciones de las propiedades mecánicas de un medio material, pues para poder propagarse, necesitan de ese medio material. Lo que oscila son las partículas (átomos, moléculas) que forman ese medio. Ejemplos de ondas mecánicas son: el sonido, las ondas que se forman en el agua u otros líquidos, las ondas sísmicas.

#### b) Ondas electromagnéticas

Se definen como perturbaciones de campos eléctricos y magnéticos, dependientes el uno del otro. A diferencia de las ondas mecánicas, las ondas electromagnéticas no necesitan de un medio material para propagarse, aunque pueden hacerlo de todas formas a través de medios materiales.

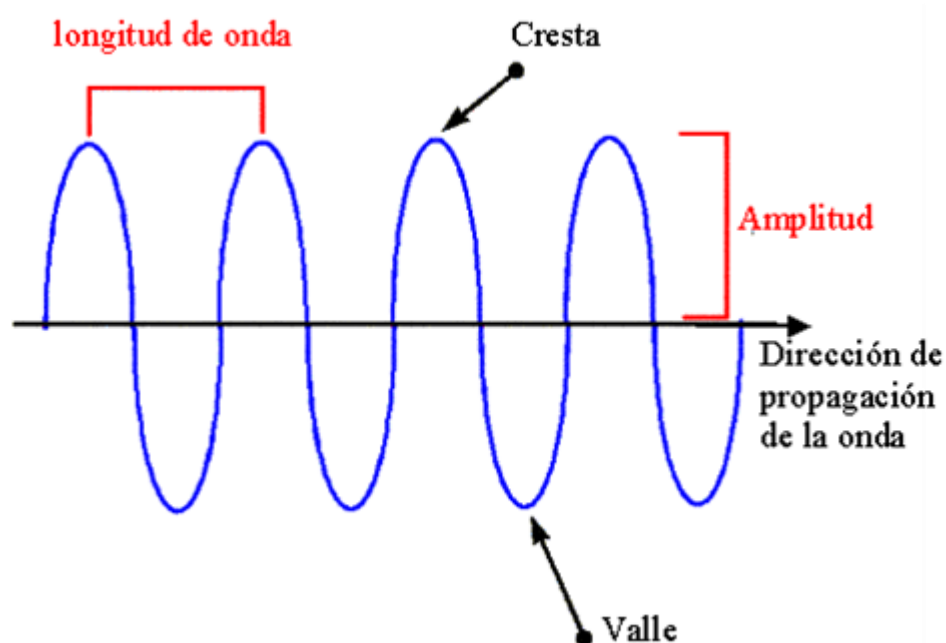
### Elementos de una onda

Las ondas, al propagarse, describen una curva denominada **sinusoide**. Esta curva posee picos o crestas, valles, y un eje denominado línea de equilibrio o posición de reposo. Todas las ondas poseen los siguientes elementos:

- **Longitud de onda ( $\lambda$ ):** es la distancia que existe entre dos picos consecutivos. O bien, la distancia que separa a dos puntos consecutivos que

vibran en fase. Matemáticamente se expresa como:  $\lambda = v \times T$  o también  $\lambda = v/f$

- **Período de onda (T):** es el tiempo que demora la onda en llegar de un pico al consecutivo. Matemáticamente se expresa como:  $T = \lambda/v$  o también  $T = \frac{1}{f}$
- **Velocidad de onda (v):** es la rapidez con que se propaga la onda. Matemáticamente se expresa como:  $v = \lambda/T$  o también como:  $v = \lambda \times f$
- **Frecuencia de onda (f):** es el número de oscilaciones producidas en la unidad de tiempo. Matemáticamente se expresa como:  $f = \frac{1}{T}$
- **Amplitud de onda (A):** es la mayor elongación o distancia que existe entre un pico y la posición de reposo.



### Ondas sonoras – acústica

La Acústica es la rama de la física que estudia las ondas sonoras, y el efecto que podemos percibir de ellas, llamado **sonido**: su producción, propagación y características.

**El sonido es un fenómeno que consiste en un movimiento vibratorio que se propaga a través del aire (también a través de otros medios). Al tratarse de una onda mecánica, necesita de un medio para transmitirse, por lo tanto, las ondas sonoras no se propagan en el vacío.**

Es interesante notar que el sonido no se propaga instantáneamente. Una prueba de ello es que el resplandor de un relámpago se observa instantes



antes de percibir el sonido del trueno. Se admite que el movimiento de las ondas sonoras en el aire es uniforme y por lo tanto su velocidad es constante:  **$340 \frac{m}{s}$  a una temperatura de 15 °C**. Esta velocidad aumenta si aumenta la temperatura. En los líquidos y en los sólidos la velocidad de propagación del sonido es mayor que en el aire. En agua es de 1480 m/s y de 5130 m/s en el hierro.

De lo anterior, se puede deducir que cuanto más denso es el medio, mayor es la velocidad de propagación del sonido en él.

Ejercicio de aplicación:

Se ve el resplandor de un relámpago y 2,5 segundos después se oye el trueno. ¿A qué distancia se produjo el sonido?

*Solución:*

En el movimiento rectilíneo uniforme se sabe que  $v = \text{distancia}/\text{tiempo}$ .

Despejando:

$$d = v \times t = 340 \frac{m}{s} \times 2,5 s = \mathbf{850 m}$$

### Características del sonido

Como onda, el sonido tiene tres características destacadas:

#### Intensidad

Es una cualidad que nos indica si un sonido es más o menos fuerte que otro. Es proporcional a la amplitud de las vibraciones e inversamente proporcional a la distancia de la fuente. Es decir que un sonido será más intenso cuanto mayor sea la amplitud de la onda sonora, y cuanto menor sea la distancia del receptor respecto del emisor del sonido.

#### Tono o Altura

Es una cualidad que nos indica si un sonido es más o menos agudo que otro. Un sonido es "alto" o agudo si la frecuencia es grande, y será bajo o "grave" si la frecuencia es pequeña. Es decir que *el tono es directamente proporcional a la frecuencia de la onda sonora*. El oído humano percibe sonidos desde unos 20 ciclos (oscilaciones) por segundo, hasta unas 20000 oscilaciones. El oído de algunos animales puede percibir sonidos mucho más agudos. La voz humana también tiene una amplia gama de valores, desde 50 o 60 hasta 1000 o 1100 ciclos por segundo. Estas oscilaciones por segundo se denominan hercios (Hz). **El hercio (Hz) es una unidad de frecuencia** que corresponde a un ciclo por segundo. Los sonidos con frecuencias superiores a 20000 Hz se denominan ultrasonidos, mientras que los inferiores a 20 Hz se denominan infrasonidos. Ambos son inaudibles para el ser humano.

#### Timbre



Es el conjunto de sonidos que acompañan al fundamental. Los sonidos que escuchamos son complejos (están compuestos por varias ondas simultáneas), aunque los percibimos como uno solo. El timbre depende de la cantidad de armónicos que tenga un sonido y de la intensidad de cada uno de ellos. Depende de la naturaleza del objeto emisor. Un violín y una flauta, por ejemplo, pueden emitir sonidos de igual tono e intensidad, pero sus timbres son diferentes.

### **Reflexión del sonido – eco, interferencia y resonancia**

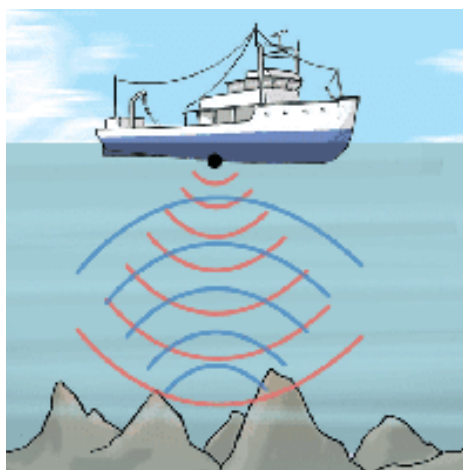
Cuando una onda se encuentra con un obstáculo, o con una superficie de separación entre dos medios, se **refleja** en forma parcial o total. A este fenómeno se lo denomina **reflexión de la onda**.

Si la superficie reflectora no tiene rugosidades de dimensiones parecidas a las de la onda, esta incide en ella y regresa al medio del cual provino, con una dirección de propagación que forma un ángulo igual al ángulo de incidencia.

#### **Eco**

Un ejemplo muy conocido de reflexión de ondas sonoras es el eco. Si las ondas que salen de un emisor encuentran un obstáculo donde se reflejan, se produce un tren de ondas que parece provenir de otro emisor. Si ambos conjuntos de ondas llegan a un receptor, y lo hacen sin superponerse entre sí, decimos que hay eco.

El intervalo entre la emisión y la repetición del sonido corresponde al tiempo que tardan las ondas en llegar al obstáculo y volver. Con frecuencia, el eco es más débil que el sonido original porque no todas las ondas se reflejan.



Ejercicio de aplicación:

Un escalador que se encuentra cerca de una montaña grita, y escucha el eco de su grito luego de 0,6 segundos. ¿A qué distancia está la montaña?

**Solución:** el recorrido del sonido es  $2d$  (puesto que va y vuelve, recorre 2 veces la misma distancia). Entonces  $v = 2 \times \frac{d}{t}$ . Despejando obtenemos:

$$d = \frac{vxt}{2} = \frac{\frac{340m}{s} \times 0,6s}{2} = \mathbf{102\ m}$$

### Interferencia

La *interferencia* es un fenómeno característico de las ondas y es la superposición que puede dar lugar a una *intensificación* o *debilitamiento* de la onda resultante respecto de las ondas componentes.

La interferencia es destructiva ya que las ondas llegan desfasadas media longitud de onda, pudiendo incluso llegar a cancelarse las ondas (la cresta de una onda coincide con el valle de la otra y viceversa).

Para que en la superposición de ondas se produzca interferencia apreciable es necesario que las ondas sean armónicas, es decir que estén en la misma frecuencia.

### Resonancia

En el caso de que las ondas llegan en fase, la interferencia es constructiva, y se produce una máxima amplitud de onda. Se habla en ese caso de *resonancia*.

### El efecto Doppler

El físico austriaco Christian Doppler (1803-1853) explicó los cambios de frecuencia de las ondas debido al movimiento del emisor o receptor, fenómeno que hoy se conoce como *efecto Doppler*.

Si el receptor está en reposo y el emisor se mueve, el tono del sonido emitido por la fuente no se percibe igual que cuando ambos están en reposo.

El silbato de un tren al aproximarse se percibe más agudo que cuando el tren está detenido. A medida que el tren se aleja, el tono del silbido que se escucha es más bajo que el sonido emitido por la fuente en reposo.

Este fenómeno no se restringe al movimiento del emisor. Si la fuente de sonido está en reposo, y es el receptor el que se mueve hacia el emisor, también se percibirá un aumento en la frecuencia del sonido. En cambio, si se aleja del emisor, advertirá un sonido de tono más bajo.

### EFECTO DOPPLER





Por lo tanto, cuando una fuente sonora y un receptor se mueven uno respecto al otro, si se acercan, el tono del sonido aumenta, y si se alejan, el tono del sonido disminuye.

Cabe aclarar que cuanto mayor es la velocidad de la fuente, mayor es el cambio de frecuencia.

Matemáticamente es posible calcular cualquiera de las componentes intervinientes en el efecto Doppler mediante la siguiente fórmula:

$$F' = F \frac{(v - v_r)}{(v - v_e)}$$

donde  $F'$  es la frecuencia medida por el receptor,  $F$  es la frecuencia medida por el emisor,  $V$  es la velocidad de la onda que depende del medio en el cual se propaga,  $V_r$  es la velocidad del receptor y  $V_e$  es la velocidad del emisor.

### Ejercicio de aplicación

Si la frecuencia del sonido emitido por la sirena de una ambulancia, detenida cerca de una ruta, es 500 Hz, ¿cuál es la frecuencia que percibe un auto que se aproxima a una velocidad de 90 km/h?

#### **Solución:**

*Puesto que el receptor se mueve hacia el emisor, se puede considerar  $V$  como positiva (+) y  $V_r$  como negativa (-), ya que el auto se mueve en sentido opuesto al sonido de la sirena (no olvidar que la velocidad es una magnitud vectorial). El auto se mueve a 90 km/h = 25 m/s.*

$$F' = (340 \text{ m/s} - [-25 \text{ m/s}]) \times 500 \text{ Hz} / (340 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}) = \mathbf{536,7 \text{ Hz}}$$

El auto percibe una frecuencia de aproximadamente 537 Hz. Esta frecuencia es mayor a la original, lo que significa que se percibirá el sonido como más agudo a medida que se acerca a la fuente del mismo.

### Ejercicios de aplicación



- 1) A los 12 segundos de ver un relámpago se oye el trueno. Calcula a qué distancia se produjo el fenómeno. **Rta: 4080 m.**
- 2) La frecuencia de la nota do vale 256 Hz. Calcula:
  - a) Su longitud de onda en el aire. **Rta: 1,33 m.**
  - b) Su longitud de onda en el mar. (velocidad =  $1500 \frac{m}{s}$ ) **Rta: 5,86 m.**
- 3) En un movimiento oscilatorio, la frecuencia es de 20 ciclos por segundo. ¿Cuánto vale el periodo? **Rta: 0,05 s.**
- 4) Si una FM transmite en 102 MHz, ¿Cuál es la longitud de la onda que se propaga al aire? **Rta:  $3,33 \times 10^{-6}$  m.**
- 5) Un barco pesquero emite un ultrasonido que se propaga en el agua y al cabo de 5 segundos recibe el eco del sonido reflejado en un cardumen de peces. ¿A qué profundidad se encuentra el cardumen? (La velocidad del sonido en el agua es de  $1500 \frac{m}{s}$ ) **Rta: 3750 m.**
- 6) Calcula la frecuencia percibida por un receptor que se encuentra en reposo, si una ambulancia emite un sonido de 650 Hz mientras se acerca a él a  $100 \frac{km}{h}$ . ¿Cuál será la frecuencia percibida una vez que la ambulancia comienza a alejarse del receptor con la misma velocidad? **Rta: 707,83 Hz; 600,9 Hz.**
- 7) Una onda sonora se propaga en el aire con una frecuencia de 5 kHz. ¿Cuál es la longitud de onda? **Rta: 0,068 m.**
- 8) Un observador estacionado oye un sonido de 300 Hz emitido por una locomotora que se acerca hacia él con una velocidad de  $120 \frac{km}{h}$ . ¿Cuál será la frecuencia que percibe el oído del observador? **Rta: 332,61 Hz.**
- 9) La locomotora de un tren se acerca a una estación a  $100 \frac{km}{h}$ , cuando emite un sonido continuo de 340 Hz. Averigua la frecuencia que percibe el observador que está en reposo en la estación. **Rta: 370,25 Hz.**
- 10) El edificio Sears, ubicado en Chicago, se mece con una frecuencia aproximada a 0,10 Hz. ¿Cuál es el periodo de la vibración? **Rta: 10 s.**
- 11) Si el oído humano puede percibir entre 20 Hz y 20 000 Hz, ¿cuál es la longitud de onda de cada una de estas frecuencias? **Rta: 17 m; 0,017 m.**

### Ejercicios adicionales

- 1) Una ola en el océano tiene una longitud de 10 m. Una onda pasa por una determinada posición fija cada 2 s. ¿Cuál es la velocidad de la onda? **Rta:  $5 \frac{m}{s}$**



2) En una barra de un extraño material, de longitud 200 m, con un martillo se golpea un extremo. El sonido se transmite en la barra y llega al otro extremo luego de 5 s. ¿Cuál es la rapidez del sonido en ese material? **Rta:  $40 \frac{m}{s}$ .**

3) El sonido no se propaga en el vacío. Suponga por un momento que eso sí fuera posible y que viajaría con una rapidez de  $300 \frac{m}{s}$ . Sabiendo que la distancia entre la Tierra y la Luna es aproximadamente 384.000 km, ¿cuánto tardaría un sonido en recorrer esa distancia? **Rta: 14,8 días.**

4) Un sonido de frecuencia 442 Hz, se propaga a través del acero. Se mide una longitud de onda de 11,66 metros. Encuentre la velocidad de propagación del sonido en el acero. **Rta:  $5153,72 \frac{m}{s}$**

5) El oído humano percibe sonidos cuyas frecuencias están comprendidas entre 20 y 20000 Hz. Calcular la longitud de onda de los sonidos extremos. **Rta: 17 m y 0,017 m.**

6) Un foco sonoro colocado bajo el agua tiene una frecuencia de 750 Hz y produce ondas de 2 m. ¿Con qué velocidad se propaga el sonido en el agua? **Rta:  $1500 \frac{m}{s}$ .**

7) Una tubería de acero es golpeada a una distancia de 3.2 km. Y el sonido tarda en llegar al punto donde se escucha en 0.53 segundos ¿a qué velocidad viaja el sonido? **Rta:  $v=6037,7 \frac{m}{seg}$ .**

8) El sonido de una cuerda indica un tono de DO si la frecuencia de éste es de 261 Hz y se transmite en el aire ¿cuál será la longitud de onda? **Rta: 1,30 m.**

9) Una onda se propaga a  $18 \frac{m}{s}$  con una frecuencia de 40 Hz. Calcular la longitud de onda y el período. **Rta: Longitud: 0,45 m y T= 0,025 s.**

10) Un barco emite un sonido dentro del agua y al cabo de 4 s recibe el eco del sonido que se refleja en el fondo. ¿A qué profundidad se encuentra éste? Dato: velocidad del sonido en el agua =  $1450 \frac{m}{seg}$ . **Rta: 2900 m.**

11) Una ambulancia que emite un sonido de 520 Hz se acerca con una velocidad de  $72 \frac{km}{h}$  Hacia un observador en reposo situado en el arcén de una carretera. Calcular la frecuencia del sonido que percibe el observador. **Rta: 552,50 Hz.**

12) La sirena de una ambulancia emite un sonido de 2 000 Hz. ¿Con qué frecuencia lo percibimos cuando se nos acerca a una velocidad de  $60 \frac{km}{h}$  si





nosotros estamos en reposo? ¿Y cuando se aleja de nosotros a la misma velocidad? **Rta: 2 103,11 Hz y 1 906,36 Hz.**

13) La frecuencia del silbato de una locomotora de tren es de 350 Hz. El tren viaja con una velocidad de  $20 \frac{m}{s}$ . ¿Qué frecuencia recibe un observador en reposo cuando el tren se acerca? ¿Y cuándo se aleja? **Rta: 371,87 Hz y 330,55 Hz.**

14) La sirena de un camión de bomberos en reposo emite con una frecuencia de 400 Hz. Calcula la frecuencia que percibe un ciclista con una velocidad de  $10 \frac{m}{s}$ :

- a) Cuando el ciclista se acerca al camión. **Rta: 411,76 Hz.**
- b) Cuando el ciclista se aleja. **Rta: 388,23 Hz.**

15) Una ambulancia emite un sonido a 550 Hz. Determina la frecuencia que percibe un observador:

a) Cuando el observador está en reposo y la ambulancia se aproxima a  $25 \frac{m}{s}$ . **Rta: 593,65 Hz.**

b) Cuando el observador se aleja a  $15 \frac{m}{s}$  de la ambulancia que ha quedado en reposo. **Rta: 525,73 Hz.**

16) Un observador se mueve a una velocidad de  $42 \frac{m}{s}$  hacia un trompetista en reposo. El trompetista está tocando la nota LA (440 Hz). ¿Qué frecuencia percibirá el observador? **Rta; 494,353 H.**

17) La frecuencia del silbato de un tren es de 500 Hz, Determinar la frecuencia con la que un observador oirá el silbato si el tren se acerca a  $100 \frac{km}{h}$ . **Rta: 544,35 Hz.**

18) Una sirena de 1000 Hz emite un sonido acercándose desde la posición que ocupa un observador en reposo hacia un acantilado a  $10 \frac{m}{s}$ . ¿Cuál es la frecuencia de las pulsaciones que recibirá el observador? **Rta: 1030,3 Hz.**

19) Las ondas de agua en un lago viajan a 4,4 m en 1,8 s. El período de oscilación es de 1,2 s. ¿Cuál es la rapidez de las ondas? ¿Cuál es la longitud de onda de las ondas? **Rta:  $v= 2,4 \frac{m}{s}$  y long= 2,89 m.**

20) La velocidad de una onda es de  $20 \frac{m}{s}$ . Si su frecuencia es de 100 Hz, determinar: a) el período, y b) la longitud de onda. **Rta:  $10^{-2}$  s; 0,2 m.**

21) Un murciélago puede emitir un sonido de  $8 \cdot 10^4$  Hz. Averigua la longitud de onda. **Rta: 4,25 mm.**



22) Calcular la longitud de una barra de hierro para que emita su tono fundamental de 320 Hz. (velocidad del sonido en el hierro:  $5000 \frac{m}{s}$ ). **Rta: 15,625 m.**

23) El período de una onda sonora es de 0,75 s y su longitud de onda es de 1,5 m. ¿Cuál es la velocidad de propagación de dicha onda? **Rta:  $2 \frac{m}{s}$ .**

24) Un auto de carrera pasa delante de la tribuna donde se encuentra un observador tomando tiempos. La velocidad del automóvil es de  $240 \frac{km}{h}$  y el sonido del escape tiene una frecuencia de 600 Hz. Determinar la frecuencia que escucha dicho observador cuando el auto se va aproximando. **Rta: 746,35 Hz.**

25) Los delfines emiten ondas ultrasónicas de frecuencia  $2,5 \times 10^5$  Hz. ¿Cuál es la longitud de onda de una de estas ondas en el agua (Vagua=  $1500 \frac{m}{s}$ ) **Rta:  $6 \times 10^{-3}$  m.**



## Unidad VII: Óptica I

La óptica es la rama de la física que estudia la luz, su comportamiento, características y manifestaciones.

### La luz

A fines del siglo XVII se propusieron dos teorías para explicar la naturaleza de la luz:

- Según Isaac Newton, la luz es un fenómeno corpuscular, pues la fuente luminosa emite partículas de masa insignificante (fotones) que viajan en línea recta a una gran velocidad. Se consideraba que al atravesar materia la velocidad de la luz debía aumentar.
- Según Christian Huygens, la luz es un fenómeno ondulatorio sin mover materia. Se consideraba que la luz al pasar a medios de mayor densidad su velocidad debía disminuir.

Recién a mediados del siglo XIX se pudo determinar convincentemente que la luz se mueve a menor velocidad en los medios de mayor densidad, poniéndose en duda la teoría corpuscular.

Actualmente, gracias a los estudios de Maxwell a fines del siglo XIX, se determinó que la luz es una perturbación en forma de ondas electromagnéticas, lográndose explicar así todos los fenómenos y propiedades de la luz.

### Velocidad de la luz

Varios fueron los intentos que se hicieron para medir la velocidad de la luz. Fue el astrónomo danés Olaf Römer quien en 1670 logró el cometido.

Hoy sabemos que la velocidad de la luz es de  $300.000 \frac{km}{s}$  o  $3 \times 10^5 \frac{km}{s}$ .

### Cuerpos luminosos e iluminados

#### a) Los cuerpos luminosos

Son aquellos capaces de emitir luz propia. También se los llama fuentes de luz. Pueden ser:

**Naturales:** como el sol o las estrellas en general.

**Artificiales:** como las lámparas eléctricas, carbón encendido, etc.

Se consideran **fuentes puntuales de luz** a aquellas cuyas dimensiones son prácticamente nulas con respecto a la distancia que las separa de los cuerpos iluminados.



Por ejemplo, una estrella es una fuente puntual de luz con respecto a la Tierra.

### **b) Los cuerpos iluminados**

Son aquellos que reciben luz de los cuerpos luminosos.

Por ejemplo, la luna o los planetas del sistema solar sólo son visibles para nosotros porque reflejan la luz que llega a ellos desde el sol. Del mismo modo todos los objetos que nos rodean sólo son visibles en la medida en que reciban luz de alguna fuente luminosa. Los cuerpos iluminados pueden clasificarse de la siguiente manera:

**Opacos:** no dejan pasar la luz que reciben y no permiten la visión a través de ellos. Es decir, reflejan toda la luz que reciben. Por ejemplo, la madera y los metales.

**Transparentes:** dejan pasar la luz que reciben. Permiten observar a través de ellos sin variaciones apreciables. Por ejemplo: el vidrio para ventanas, el aire, capas no muy espesas de agua, etc.

**Traslúcidos:** dejan pasar parcialmente la luz que reciben, pero no permiten definir con claridad la forma de los objetos. Por ejemplo: vidrios esmerilados, papel engrasado, etc.

Nota: Es conveniente aclarar que ningún cuerpo es completamente transparente ni tampoco completamente traslucido.

## **La óptica física**

Se encarga del estudio de los fenómenos referidos a la naturaleza, propagación y características de la radiación luminosa: teorías sobre la naturaleza de la luz, velocidad de la luz, fotometría, descomposición de la luz, interferencia, difracción y polarización de la luz.

## **La óptica geométrica**

Se encarga del estudio de la trayectoria de los rayos luminosos: principios del camino inverso y de la independencia del rayo de luz, reflexión y refracción de la luz, espejos, prismas, lentes e instrumentos ópticos. A continuación, se estudiarán algunos de estos fenómenos, mientras los restantes serán abordados en la siguiente Unidad

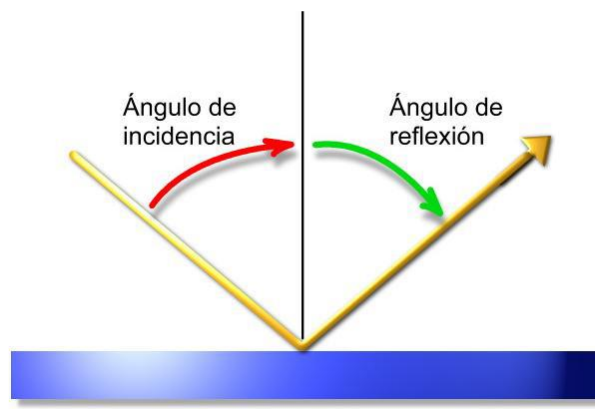
## **Reflexión de la luz**

Cuando un rayo de luz que se propaga por un medio transparente incide sobre la superficie de separación con otro medio, parte de la luz se refleja, es decir que cambia de dirección y regresa al medio del cual provino. Si la superficie de separación entre dos medios es opaca y bien pulida, de tal modo que refleja todos los rayos luminosos que inciden en ella, recibe el nombre de **espejo**. Estos espejos pueden ser planos o curvos. Un espejo será plano cuando está constituido por una superficie plana pulida, y será curvo cuando está constituido por una superficie curva pulida. La reflexión que se realiza en un espejo recibe el nombre de **especular**. La reflexión de la luz obedece a dos leyes:

- “El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado se encuentran en un mismo plano”.

- “El ángulo de incidencia ( $i$ ) es igual al ángulo de reflexión ( $r$ )”.

Se llama *rayo incidente* al que llega al espejo, y *rayo reflejado* al que vuelve del espejo hacia el medio. La *normal* es la recta perpendicular al espejo y coplanar con los rayos, trazada por el punto de incidencia. Entre su dirección y la de los rayos se miden los ángulos de incidencia y de reflexión.



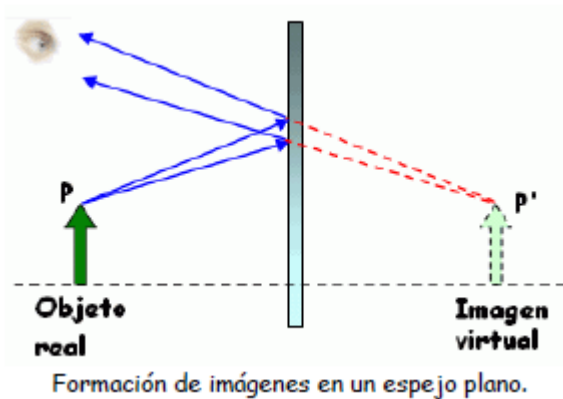
### Clasificación de las imágenes

- **Virtuales:** Cuando la imagen se forma en el punto de intersección de las prolongaciones de los rayos reflejados. La imagen se forma detrás del espejo.
- **Reales:** Cuando la imagen se forma en el punto de intersección de los rayos reflejados. La imagen se forma del mismo lado en el que se encuentra el objeto.

### Tipos de espejos

#### a) Imágenes en espejos planos

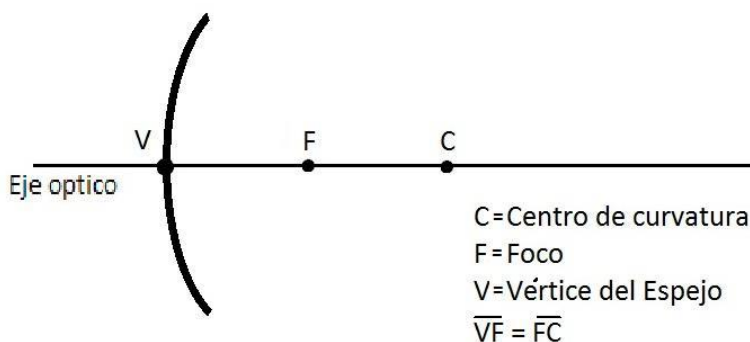
La imagen de un punto en un espejo plano es virtual y simétrica. Se llama virtual a aquella imagen formada por las prolongaciones de los rayos reflejados. Esta imagen es, además, de igual tamaño que el objeto. Los rayos de luz reflejados llegan al ojo como si procedieran directamente de un objeto situado detrás del espejo. Éste es el motivo por el cual vemos la imagen en el espejo.



### b) Espejos esféricos

Todo espejo esférico posee los siguientes elementos:

- Centro de curvatura: es el centro de la esfera a la cual pertenece el casquete.
- Radio de curvatura: es el radio de la esfera a la cual pertenece el espejo.
- Vértice: es el polo del casquete.
- Eje principal: es la recta determinada por el centro de curvatura y el vértice.
- Abertura del espejo: es el ángulo entre el eje principal y el radio correspondiente al extremo del espejo.



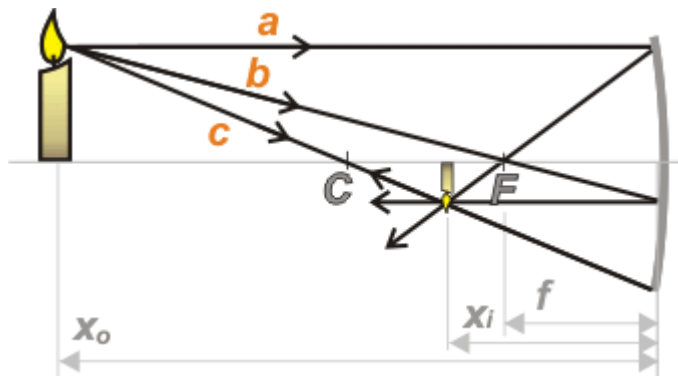
Hay dos tipos de espejos esféricos: espejos cóncavos y espejos convexos.

## Espejos cóncavos

La cara interna del espejo es la cara pulida. El espejo se comporta como si fuera un plano tangente al espejo.

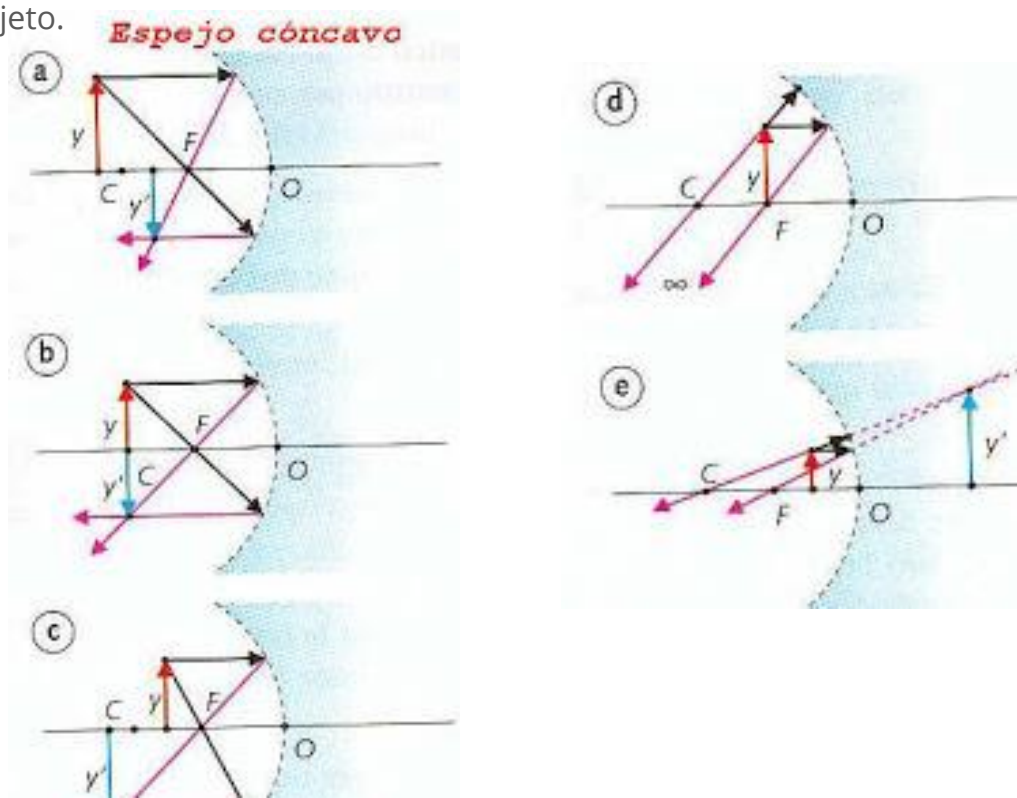
### Marcha de rayos:

- Todo rayo que incide paralelo al eje principal se refleja pasando por el foco.
- Todo rayo que incide por el foco se refleja paralelo al eje principal.
- Todo rayo que incide pasando por el centro de curvatura se refleja sobre sí mismo.



### Formación de imágenes en espejos cóncavos

Se presentan cinco situaciones dependiendo de dónde se encuentra el objeto.





En el caso d, el objeto está en el foco, por lo cual, no se forma imagen, o bien, la imagen está en el infinito.

En el caso e, el objeto está entre el foco y el espejo, por lo cual se obtiene una imagen virtual, de mayor tamaño que el objeto, derecha (de igual sentido que el objeto) y detrás del espejo.

### Fórmula de Descartes o de los focos conjugados

La fórmula de Descartes o de los focos conjugados nos permite relacionar la distancia focal, la distancia espejo-objeto y la distancia espejo-imagen.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'}$$

donde  $f$  es la distancia espejo-foco,  $x$  es la distancia espejo-objeto y  $x'$  es la distancia espejo-imagen.

Además de esta fórmula, se puede entablar una relación entre la altura del objeto y de la imagen, y la distancia espejo-objeto y la distancia espejo-lente, mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{h}{x} = \frac{h'}{x'}$$

donde  $h$  es la altura del objeto,  $h'$  es la altura de la imagen,  $x$  es la distancia espejo-objeto y  $x'$  es la distancia espejo-imagen.

Debemos tener en cuenta que todos los datos de esta fórmula se toman **positivos**.

Ejercicio de aplicación: Se tiene un espejo cóncavo de 12 cm de distancia focal, en el cual se coloca un objeto a 24 cm del espejo. ¿Dónde se formará la imagen? ¿Qué altura tendrá la imagen si el objeto mide 6 cm de altura?

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'}$$
$$\frac{1}{12cm} = \frac{1}{24cm} + \frac{1}{x'}$$





$$\frac{1}{12} - \frac{1}{24} = \frac{1}{x'}$$
$$\frac{1}{24\text{cm}} = \frac{1}{x'}$$

$$24 \text{ cm} = x'$$

Por lo tanto, la imagen se formará a 24 cm del espejo.

Para averiguar la altura de la imagen utilizamos la siguiente fórmula:

$$\frac{h}{x} = \frac{h'}{x'}$$
$$\frac{6\text{cm}}{24\text{cm}} = \frac{h'}{24 \text{ cm}}$$

$$h' = 6 \text{ cm}$$

### Espejos convexos

La cara pulida del espejo es la externa. Al igual que en los espejos cóncavos, el espejo esférico se comporta como un plano tangente a la esfera en el punto de incidencia.

### Marcha de rayos:

- Todo rayo que incide paralelo al eje principal se refleja de modo tal que su prolongación pasa por el foco.
- Todo rayo que incide de modo tal que su prolongación pasa por el foco, se refleja paralelo al eje principal.
- Todo rayo que incide de modo tal que su prolongación pasa por el centro de curvatura, se refleja sobre sí mismo.

El rayo que tiende a pasar por el centro se refleja sobre sí mismo.

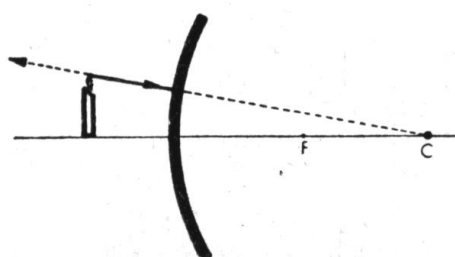
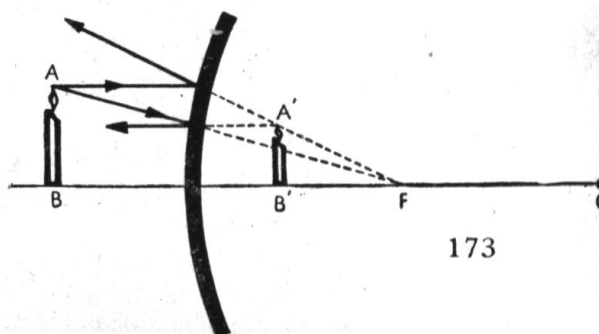


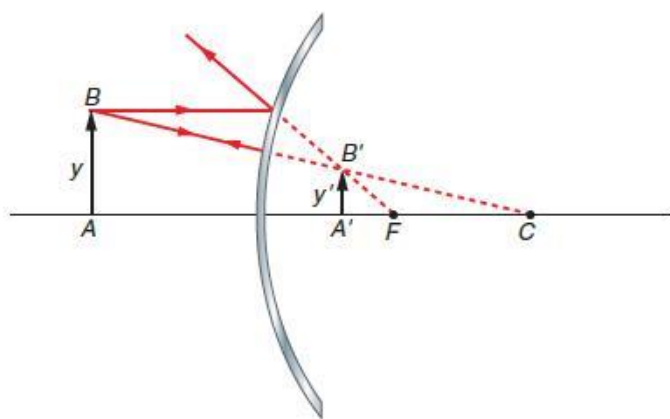
FIG. 125. Obtención de la imagen mediante un espejo convexo.



173

### Formación de imágenes en espejos convexos

Hay solo una posibilidad de formación de imagen porque el objeto no se encuentra del mismo lado que el foco y el centro de curvatura.



La imagen obtenida es siempre virtual, de menor tamaño que el objeto, derecha (de igual sentido que el objeto) y se forma detrás del espejo.

Se utiliza la fórmula de los focos conjugados teniendo en cuenta que la distancia focal y la distancia espejo-imagen son siempre **negativa**.

Ejercicios de aplicación: Determine la distancia focal de un espejo esférico convexo sabiendo que el objeto está a 25 cm y la imagen se forma a 15 cm.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{25\text{cm}} - \frac{1}{15\text{cm}}$$

$$\frac{1}{f} = -\frac{2}{75\text{cm}}$$

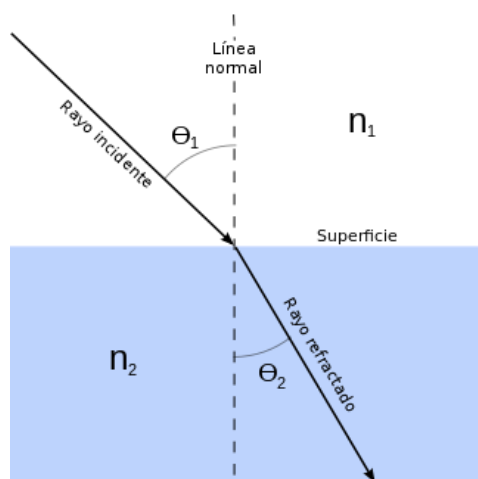
$$f = -37,5 \text{ cm}$$

Nótese que como la distancia espejo-imagen es dato, ya la colocamos negativa, mientras que la distancia focal al no ser dato se obtiene el signo negativo al resolver la ecuación.

### Refracción de la luz

Es el fenómeno que se produce cuando un rayo o haz de luz atraviesa la superficie de separación de dos medios de distinta densidad.

La desviación que sufre la luz depende de las sustancias que intervienen en el fenómeno.



### Leyes de la refracción de la luz

Al igual que la reflexión, la refracción obedece a dos leyes:

- “El rayo incidente, la normal y el rayo refractado se encuentran en un mismo plano”.
- “La relación entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción es igual a una constante llamada índice de refracción del segundo medio con respecto al primero”.

Este **índice de refracción** se debe al hecho de que la luz tiene velocidades diferentes según los medios transparentes que atraviesa. Cada medio tiene un índice de refracción y está definido como el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío ( $c$ ) y la que tiene en el material ( $v$ ).

$$n = \frac{c}{v}$$

Otra forma de obtener este índice es como el cociente entre los senos de los ángulos de incidencia y de refracción:



$$n = \frac{\text{sen}\theta_i}{\text{sen}\theta_r}$$

El índice de refracción constituye una constante para cada material, y es un número adimensional (carece de unidades). En la siguiente tabla encontrarás algunos índices de refracción.

MEDIO	ÍNDICE DE REFRACCIÓN
Agua	1,33
Aire	1
Alcohol	1,36
Diamante	2,42
Hielo	1,31
Cuarzo	1,54
Vidrio	1,52

Tabla 7.1 Índices de refracción

Segunda ley se conoce como **Ley de Snell**: *El producto del índice de refracción del primer medio y el seno del ángulo de incidencia de un rayo es igual al producto del índice de refracción del segundo medio y el seno del ángulo de refracción.*

Matemáticamente:  $n_1 \times \text{sen}\theta_1 = n_2 \times \text{sen}\theta_2$

*Ejercicio de aplicación:* ¿Cuánto se desvía un rayo de luz que incide desde el aire sobre el agua con un ángulo de incidencia de 30°?

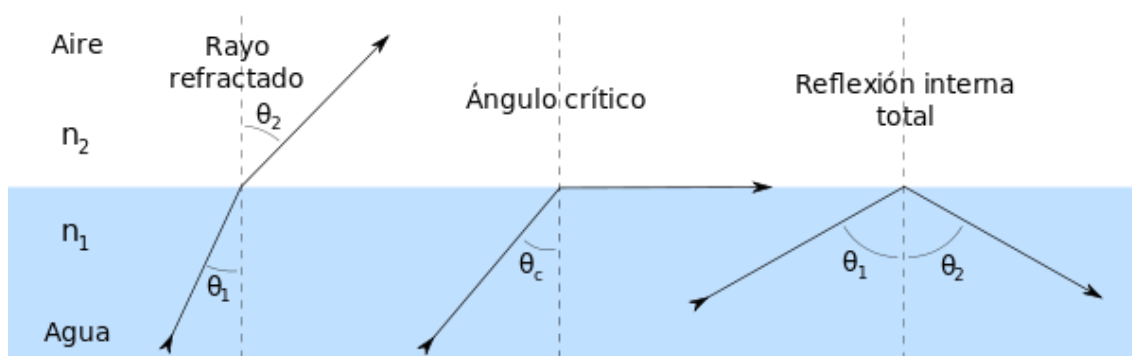
*Solución:* como se conoce el ángulo de incidencia y los índices de refracción respectivos, según la ley de Snell, resulta:  $n_{\text{agua}} \times \text{sen}\theta_{\text{agua}} = n_{\text{aire}} \times \text{sen}\theta_{\text{aire}}$

$$\text{sen}\theta_{\text{agua}} = \frac{n_{\text{aire}} \times \text{sen}\theta_{\text{aire}}}{n_{\text{agua}}} = \frac{1 \times \text{sen} 30^\circ}{1,33} = 0,376$$

Como 0,375 es el seno del ángulo de refracción, entonces el ángulo es de aproximadamente **22°**.

### Ángulo crítico o ángulo límite. Reflexión total

Puesto que los rayos se alejan de la normal cuando entran en un medio menos denso, y la desviación de la normal aumenta a medida que aumenta el ángulo de incidencia, hay un determinado ángulo de incidencia, denominado ángulo crítico o ángulo límite, para el que el rayo refractado forma un ángulo de 90° con la normal, por lo que avanza justo a lo largo de la superficie de separación entre ambos medios. Si el ángulo de incidencia se hace mayor que el ángulo crítico, los rayos de luz serán totalmente reflejados. La reflexión total no puede producirse cuando la luz pasa de un medio menos denso a otro más denso.



### Ejercicios de aplicación

- 1) Sabiendo que la distancia entre el Sol y la Tierra es de 150 millones de km, ¿Cuánto tiempo tarda la luz solar en llegar a la Tierra? **Rta: 8,33 min.**
- 2) Calcula el valor de un año luz (en km).
- 3) Alfa del Centauro es la estrella más próxima a la Tierra, ubicada a solo 4,6 años luz. Calcula a cuántos km equivale esa distancia. **Rta:  $4,35 \times 10^{13}$  km**
- 4) Canopus es una estrella que se encuentra a una distancia de  $6,149 \times 10^{15}$  km. Si en este preciso instante viéramos que esta estrella estalla, ¿Cuánto tiempo antes habría sucedido la explosión? **Rta: 649,94 años.**
- 5) Halla la imagen gráfica de un objeto de 2 cm de altura colocado a 5 cm de un espejo esférico cóncavo cuya distancia focal es de 4 cm. **Rta: 20 cm.**
- 6) Un rayo luminoso incide desde el agua ( $n = 1,33$ ) hacia el aire con un ángulo de  $45^\circ$ . ¿Cuál será el ángulo de refracción? **Rta:  $70^\circ 7' 39''$ .**
- 7) Un rayo de luz incide desde el aire ( $n = 1$ ) sobre una lámina plana de vidrio con un ángulo de  $57^\circ$ . Parte de la energía se refleja y parte se transmite al vidrio. El rayo reflejado y el rayo refractado forman entre si un ángulo de  $90^\circ$ . ¿Cuál es el índice de refracción de la lámina de vidrio? **Rta: 1,54.**
- 8) Un objeto de 3 cm de altura se coloca frente a un espejo plano y a 8 cm del mismo.  
¿Dónde se formará la imagen? ¿Qué altura tendrá la imagen?
- 9) Determinar la posición de la imagen de un objeto que está ubicado a 30 cm de un espejo cóncavo, cuyo radio de curvatura es 20 cm. **Rta: 15 cm.**
- 10) Determinar la distancia focal de un espejo convexo si al colocar un objeto a 60 cm de él, se forma la imagen a 15 cm del espejo. **Rta: -20 cm.**

### Ejercicios adicionales

- 1) Hallar la posición de la imagen que se obtiene con un espejo cóncavo de distancia focal 20 cm, si el objeto está ubicado a 10 cm del espejo. **Rta: -20 cm.**



- 2) Hallar la distancia focal de un espejo convexo, si al colocar un objeto a 30 cm de él, la imagen se forma a 20 cm del espejo. **Rta: - 60 cm.**
- 3) Determinar la distancia focal de un espejo convexo sabiendo que, al colocar un objeto a 10 cm de él, la imagen se forma a 5 cm. **Rta: - 10 cm.**
- 4) La distancia focal de un espejo convexo es de 20 cm. ¿Dónde se formará la imagen de un espejo que está colocado a 10 cm? **Rta: - 6.6 cm.**
- 5) Ante un espejo cóncavo de 80 cm de radio y a 2 m de distancia se coloca un objeto de 10 cm de altura. ¿Cuál es la distancia imagen-espejo? **Rta: 50 cm.**
- 6) En un espejo cóncavo se obtiene una imagen real de modo que  $x' = 90$  cm cuando el objeto se halla a 60 cm del vértice. La distancia focal y el radio del espejo serán:
- a)  $f=36$  cm y  $r=36$  cm    **b)  $f=36$  cm y  $r= 72$  cm**
- c)  $f= 36$  cm y  $r= 18$  cm    d)  $f=50$  cm y  $r= 1$ m.
- 7) Un rayo de luz incide en la superficie de separación del aire con un líquido con un ángulo de  $60^\circ$ , y el ángulo de refracción mide  $45^\circ$ . ¿Cuál es el índice de refracción del líquido? **Rta:  $n=1,2$**
- 8) Un rayo de luz penetra en el agua de modo que el ángulo de refracción es de  $25^\circ$ , el índice de refracción del agua es 1,33. ¿Cuánto vale el ángulo de incidencia? **Rta:  $34^\circ$ .**
- 9) ¿Cuánto valdrá el ángulo de refracción de un rayo que entra desde el aire en el diamante ( $n=2,5$ ), si el ángulo de incidencia es de  $19^\circ$ ? **Rta:  $7^\circ$ .**
- 10) El radio de un espejo esférico es - 30 cm. Un objeto de 4 cm. está a distancias del espejo: a) 30 cm, b) 15 cm, c) 10 cm. Calcular la distancia imagen para cada una de estas posiciones. Calcular el tamaño de la imagen en cada caso. **Rta: a)  $x' = - 10$  cm,  $h' = 1,3$  cm; b)  $x' = - 7,5$  cm,  $h' = 2$  cm; c)  $x' = - 6$  cm,  $h' = 2,4$  cm.**
- 11) A 1 m de un espejo cóncavo de 1,2 m de radio de curvatura, se coloca un objeto de 5 cm de altura. Dónde se formará la imagen y qué altura tiene. **Rta:  $x' = 150$  cm y  $h' = 7,5$  cm.**
- 12) Un objeto de 1,5 cm de altura está situado a 15 cm de un espejo convexo de 20 cm de radio de curvatura. Determinar la posición y el tamaño de la imagen. **Rta:  $x' = -6$  cm y  $h' = 0,6$  cm.**



13) Un objeto de 3 cm está situado a 8 cm de un espejo esférico cóncavo y produce una imagen a 10 cm a la derecha del espejo. Calcular la distancia focal. **Rta:  $f= 4,4$  cm.**

14) Un rayo de luz incide sobre la superficie de un cristal con un ángulo de  $60^\circ$ . Sabiendo que el vidrio tiene un índice de refracción de 1,53. Calcular el ángulo con el que se refracta el rayo. **Rta:  $34,5^\circ$ .**

15) Un rayo de luz sale del agua al aire. Sabiendo que el ángulo de incidencia es de  $30^\circ$  y que el agua tiene un índice de refracción de 1,33, calcular el ángulo de refracción. **Rta:  $41,7^\circ$ .**

16) Determinar el valor del ángulo límite para un vidrio cuyo índice de refracción es 1,70. **Rta:  $36^\circ$ .**

17) Un rayo luminoso pasa del aire a otro medio formando un ángulo de incidencia de  $40^\circ$  y uno de refracción de  $45^\circ$ . ¿Cuál es el índice de refracción relativo de ese medio? **Rta:  $0,9$ .**

18) Calcular el ángulo de incidencia de un rayo luminoso que, al pasar del aire a la parafina, cuyo índice de refracción es 1,43, forma un ángulo de refracción de  $20^\circ$ . **Rta:  $29^\circ 16'$ .**

19) Determinar la distancia imagen-espejo si se coloca un objeto frente a un espejo esférico cóncavo a 25 cm del mismo y el radio de curvatura es de 40 cm. **Rta:  $100$  cm.**

20) Un objeto de 6 cm de altura está a 30 cm de un espejo esférico convexo de 40 cm de radio de curvatura. Hallar la posición y altura de la imagen. **Rta:  $-12$  cm y  $2,4$  cm.**

21) Un objeto está a 10 cm de un espejo cóncavo de 16 cm de distancia focal. ¿A qué distancia se forma la imagen? ¿Cuál es la altura de la imagen si el objeto mide 4 cm? **Rta:  $-26,6$  cm y  $10,64$  cm.**

22) ¿A qué distancia se encuentra una estrella cuya luz tarda en llegar a la Tierra dos años? **Rta:  $1,89 \times 10^{13}$  km.**

23) ¿Cuántas vueltas da la luz en un segundo alrededor de la Tierra? (radio terrestre: 6400 km) **Rta:  $7,5$  vueltas.**

24) Un espejo esférico cóncavo tiene 30 cm de radio de curvatura. Si el objeto se coloca a 45 cm del espejo, ¿dónde se formará la imagen? **Rta:  $22,5$  cm.**

25) Un rayo de luz incide la superficie de separación del aire con un líquido con un ángulo de  $60^\circ$ , y el ángulo de refracción mide  $45^\circ$ . ¿Cuál es el índice de refracción del líquido? **Rta:  $1,22$ .**



26) Delante de un espejo cóncavo que tiene 15 cm de distancia focal, se coloca un objeto. Si la imagen se forma al triple de la distancia en que se colocó el objeto, ¿dónde se obtiene la imagen? ¿Dónde se colocó el objeto?

**Rta:  $x' = 60 \text{ cm}$ ;  $x = 20 \text{ cm}$ .**

27) Se coloca un objeto delante de un espejo convexo de 12 cm de distancia focal. Si la imagen obtenida tiene un cuarto de la altura del objeto, averigua dónde se colocó ese objeto. **Rta: 36 cm.**

28) Un espejo cóncavo tiene 18 cm de distancia focal. Se coloca un objeto delante de él obteniéndose una imagen virtual al doble de la distancia en la que se colocó el objeto. ¿A qué distancia se obtiene la imagen? **Rta: - 18 cm.**





## Unidad VIII: Óptica II

Las lentes son cuerpos transparentes limitados por superficies curvas.

Se estudiarán en este capítulo sólo las lentes delgadas, pues en las lentes gruesas se presenta el fenómeno del desfasaje de la imagen semejante al que se produce en la lámina de caras paralelas. Las podemos clasificar en dos grandes grupos: lentes convergentes y lentes divergentes.

### Elementos principales de una lente

- **Eje principal:** es la recta determinada por los centros de las superficies esféricas que forman las caras de la lente.
- **Centro óptico:** también llamado punto nodal. Se encuentra sobre el eje principal. Todo rayo que pasa a su nivel no experimenta desviación alguna. Determina un eje secundario en la lente.
- **Foco:** punto sobre el cual se cruzan los rayos de luz que inciden en forma paralela al eje principal luego de atravesar la lente. Cada lente tiene dos focos, pues la luz puede incidir ya sea desde la izquierda como desde la derecha.
  - a) Foco objeto de una lente es un punto del eje principal tal que todo rayo que pase por él emerge del lente paralelo al eje principal.
  - b) Foco imagen de una lente es el punto del eje principal donde se concentran los rayos que llegaron paralelamente al eje principal. En las lentes convergentes, suponiendo que el rayo de luz viene desde la izquierda, el foco imagen está a la derecha de la lente y el foco objeto a la izquierda de la misma.
- **Distancia focal:** es la distancia entre el foco de la lente y el centro óptico. Se lo representa con la letra  $f$ .

### Lentes convergentes

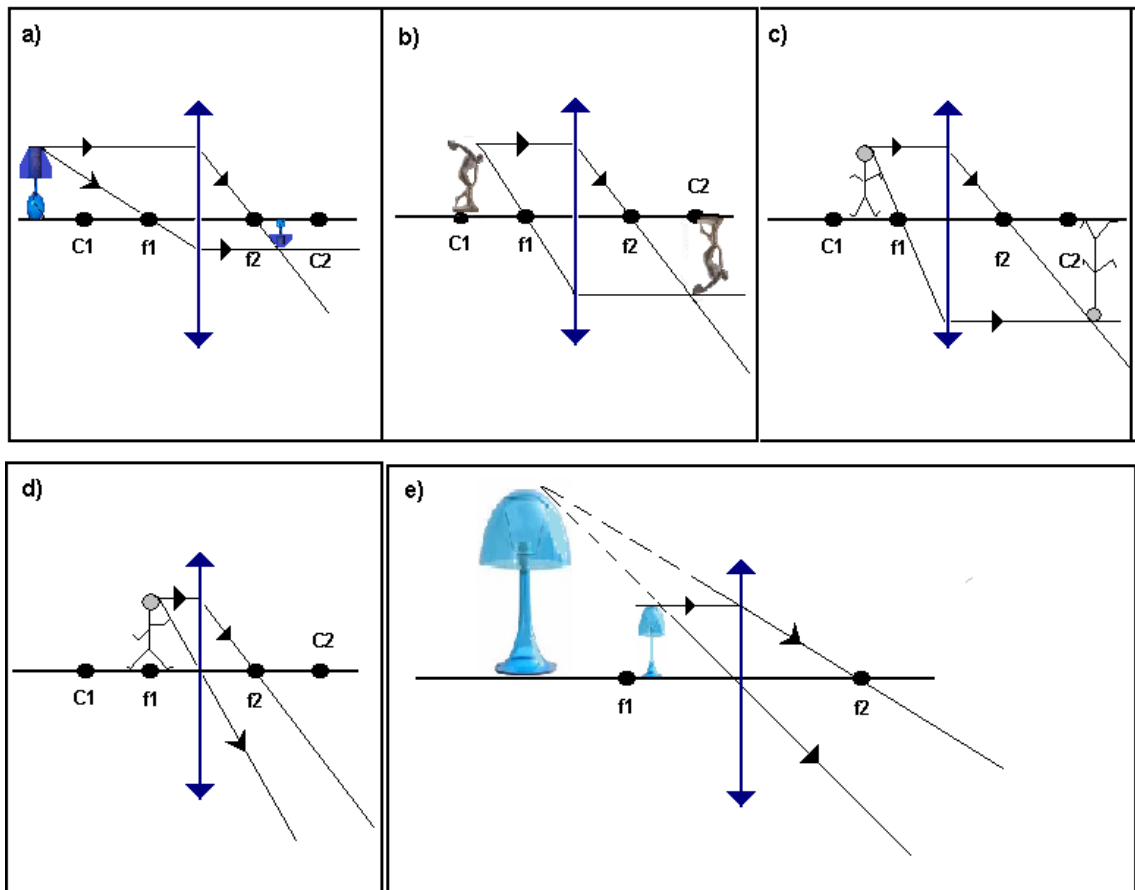
Son aquellas que, al ser atravesadas por un rayo de luz, permite que los rayos converjan (se junten) en un punto. Estas lentes son conocidas con el nombre de biconvexas, plano convexas y menisco convergente.

### Marcha de rayos

- Todo rayo que incida en la lente paralelamente al eje principal se refracta pasando por el foco imagen.
- Todo rayo que incida en la lente y que pase por el centro óptico no se refracta.
- Todo rayo que incida en la lente luego de haber pasado por el foco objeto se refracta paralelo al eje principal.

### Formación de imágenes

Al igual que con los espejos esféricos cóncavos, hay cinco casos de formación de imágenes.



En el caso d, cuando el objeto está en el foco, no se forma imagen o bien decimos que la imagen está en el infinito.



En el caso e, cuando el objeto está entre el foco y la lente, la imagen obtenida es virtual, de mayor tamaño que el objeto, derecha (de igual sentido que el objeto).

### **Cálculo de la posición de la imagen en una lente convergente**

Como en el caso de los espejos esféricos, para las lentes es posible obtener, mediante una relación matemática sencilla, la ubicación de la imagen partiendo de la ubicación del objeto que la forma y de la distancia focal  $f$ . Esta ecuación toma la siguiente forma:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'}$$

En ella,  $f$  es la distancia focal,  $x$  es la distancia del objeto respecto a la lente, y  $x'$  es la distancia a la que se forma la imagen.

Para aplicar esta fórmula tendremos siempre presente que:

- El objeto está siempre a la izquierda de la lente;
- Para una lente convergente, siempre  $f > 0$ ;
- $x' > 0$  cuando la imagen está a la derecha de la lente (imagen real), y  $x' < 0$  cuando la imagen está a la izquierda de la lente (imagen virtual).

### **Ejercicio de aplicación:**

a) Con una lente convergente se obtiene una imagen real a 10 cm de la lente, de un objeto colocado a 50 cm de la misma. Calcular la distancia focal  $f$ .

*Solución:*

$$\begin{aligned}\frac{1}{f} &= \frac{1}{x} + \frac{1}{x'} \\ \frac{1}{f} &= \frac{1}{50 \text{ cm}} + \frac{1}{10 \text{ cm}} \\ \frac{1}{f} &= \frac{60}{500 \text{ cm}}\end{aligned}$$

**$f = 8,3 \text{ cm}$**

b) Con la lente del problema anterior se quiere obtener una imagen de modo que  $x' = 15 \text{ cm}$ . ¿a qué distancia se debe colocar el objeto?

*Solución:*

$$\begin{aligned}\frac{1}{f} &= \frac{1}{x} + \frac{1}{x'} \\ \frac{1}{8,3 \text{ cm}} &= \frac{1}{x} + \frac{1}{15 \text{ cm}}\end{aligned}$$

$$\frac{1}{8,3cm} - \frac{1}{15cm} = \frac{1}{x}$$

$$\frac{6,7}{8,124,5cm} = \frac{1}{x}$$

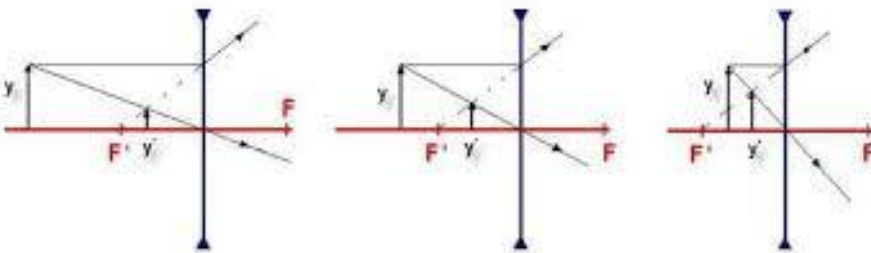
**$x = 18,6 \text{ cm}$**

### Lentes divergentes

Son aquellas que, al ser atravesadas por un rayo de luz, permite que los rayos diverjan (se separen) en un punto. Estas lentes son conocidas con el nombre de bicóncavas, plano cóncavas y menisco divergente.

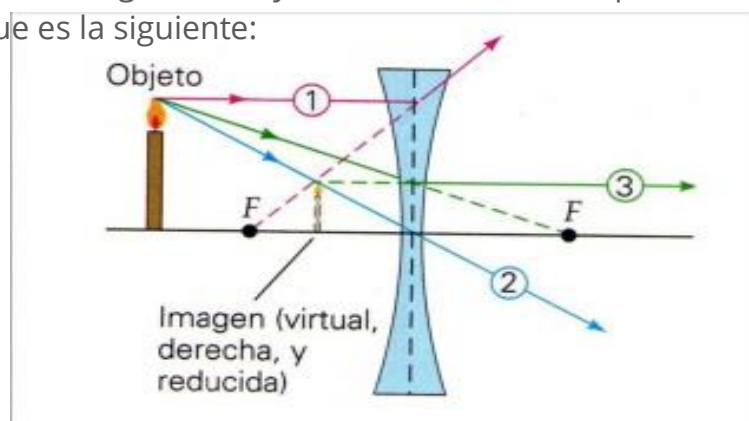
### Marcha de rayos

- Todo rayo que incida en la lente paralelamente al eje principal se refracta de forma tal que la prolongación del rayo refractado pasa por el foco imagen.
- Todo rayo que incida en la lente y que pase por el centro óptico no se refracta.
- Todo rayo que incida en la lente de manera que su prolongación pase por el foco objeto, se refracta en la lente y emerge paralelo al eje principal



### Formación de imágenes en las lentes divergentes

En las lentes divergentes hay una sola situación para la formación de imágenes que es la siguiente:





Como muestra el gráfico, la imagen obtenida es de menor tamaño que el objeto, virtual y derecha (de igual sentido que el objeto).

Para la resolución de los problemas se utiliza la fórmula de Descartes o de los focos conjugados teniendo en cuenta que la distancia focal y la distancia lente-imagen son siempre **negativas**.

Ejercicio de aplicación:

a) Con una lente divergente de distancia focal  $f = 30 \text{ cm}$  se forma una imagen de un objeto colocado a  $20 \text{ cm}$ . ¿A qué distancia de la lente se forma la imagen?

*Solución:*

$$\begin{aligned}\frac{1}{f} &= \frac{1}{x} + \frac{1}{x'} \\ -\frac{1}{30\text{cm}} &= \frac{1}{20\text{cm}} + \frac{1}{x'} \\ -\frac{1}{30\text{cm}} - \frac{1}{20\text{cm}} &= \frac{1}{x'} \\ -\frac{5}{60\text{cm}} &= \frac{1}{x'} \\ \mathbf{x' = -12 \text{ cm}}\end{aligned}$$

b) ¿Dónde se forma la imagen con la misma lente del ejercicio anterior, si el objeto se coloca a  $60 \text{ cm}$ ?

*Solución:*

$$\begin{aligned}\frac{1}{f} &= \frac{1}{x} + \frac{1}{x'} \\ -\frac{1}{30\text{cm}} &= \frac{1}{60\text{cm}} + \frac{1}{x'} \\ -\frac{1}{30\text{cm}} - \frac{1}{60\text{cm}} &= \frac{1}{x'} \\ -\frac{3}{60\text{cm}} &= \frac{1}{x'} \\ \mathbf{x' = -20 \text{ cm}}\end{aligned}$$

### Potencia de una lente

Se llama potencia de una lente a la recíproca de su distancia focal. En símbolos:

$$P = \frac{1}{f}$$



Si a la distancia focal  $f$  se la expresa en metros (m), la potencia quedará expresada en una unidad que se denomina *Dioptría*.

**La dioptría es la potencia de una lente cuya distancia focal es de 1 metro.**

Ejercicio de aplicación: Calcular en dioptrías la potencia de varias lentes cuyas distancias focales  $f$  son:

a)  $f = 2 \text{ m}$

b)  $f = 20 \text{ cm}$

c)  $f = -60 \text{ cm}$

*Soluciones*

a)  $P = \frac{1}{2\text{m}} = \mathbf{0,5 \text{ dioptrías}}$

b)  $P = \frac{1}{0,2\text{m}} = \mathbf{5 \text{ dioptrías}}$

c)  $P = \frac{1}{-0,6\text{m}} = \mathbf{-1,66 \text{ dioptrías}}$

Cuando la potencia de una lente es negativa, simplemente debemos entender que se trata de una lente del tipo divergente.

## **El ojo humano y la visión**

**El ojo es el órgano de la visión. Refracta los rayos de luz, registra las imágenes reales e invertidas que esos rayos forman y las transmite al centro de la visión que se halla ubicado en la parte posterior del cerebro.**

El ojo humano es aproximadamente esférico, con un marcado abombamiento sobre su superficie delantera. Su diámetro de 25 mm.



Cuando la imagen se forma en la retina vemos con claridad, pero pueden ocurrir ciertos efectos en la visión. Los más comunes son los que se detallan a continuación.

### **Miopía**

Defecto que se produce por un alargamiento del globo ocular cuando la imagen de un objeto lejano se forma por delante de la retina y ésta en realidad, toma una imagen borrosa del objeto. Este defecto de la visión se soluciona con una lente divergente que separa los rayos incidentes (aumenta la distancia focal lente-ojo) para que la imagen se forme atrás, es decir, sobre la retina.

### **Hipermetropía**

Este es un defecto que se produce por un acortamiento del globo ocular cuando la imagen de un objeto muy cercano se forma por detrás de la retina, obteniéndose también una imagen borrosa del objeto. Este defecto de la visión se soluciona con una lente convergente que agrupe los rayos incidentes antes que lleguen al ojo, por lo que la imagen se formará antes dentro del ojo, es decir, sobre la retina.

### **Presbicia**

Es una disminución del poder de acomodación del ojo que aparece con la edad. En consecuencia, la persona que padece de presbicia requiere una ayuda exterior, a fin de poder acomodar su ojo cuando desea mirar de lejos o de cerca. Necesita entonces dos pares de anteojos, o bien unos bifocales.

### **Astigmatismo**

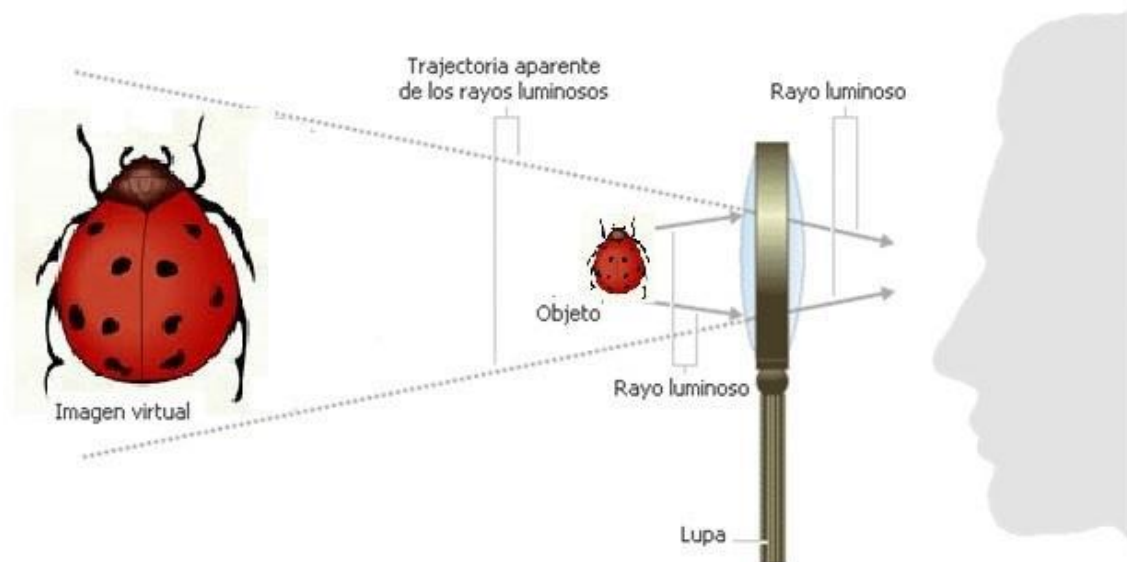
Consiste en una imperfección del ojo, una diferencia entre sus diámetros horizontal y vertical, perpendiculares al eje óptico, que reduce igualmente la

nitidez de las imágenes. Por ejemplo, si se observan las divisiones de una regla graduada en medios milímetros, y las líneas se colocan horizontalmente, se las ve con toda nitidez; pero si las coloca verticalmente, la imagen de cada línea no es nítida. Según el diámetro deformado, pueden verse con mayor nitidez las líneas verticales, o bien las horizontales

## Instrumentos ópticos

### Lupa

Una lupa es una lente biconvexa grande de distancia focal pequeña, entre 5 cm y 10 cm, empleada para examinar objetos pequeños. La lente desvía la luz incidente de modo que se forma una imagen virtual ampliada del objeto (en este caso un trébol) por detrás del mismo. La imagen se llama virtual porque los rayos que parecen venir de ella no pasan realmente por ella. Una imagen virtual no se puede proyectar en una pantalla.

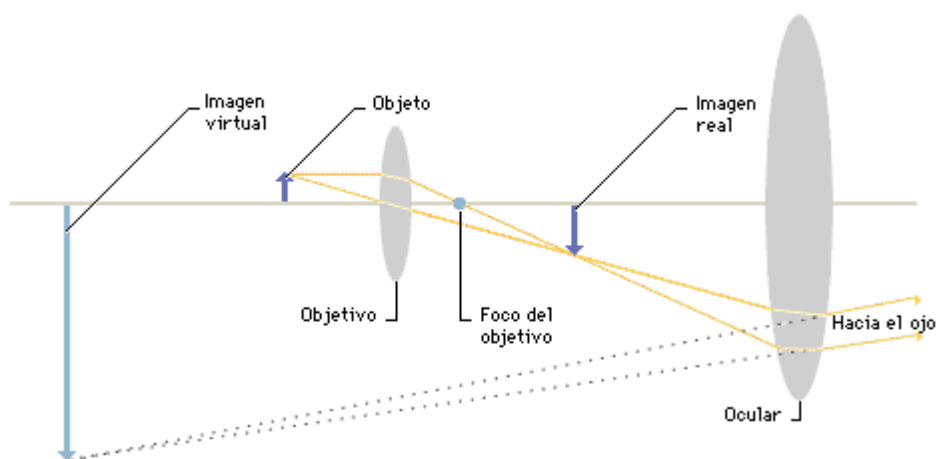


### Microscopio

Se llama así a cualquiera de los distintos tipos de instrumentos que se utilizan para obtener una imagen aumentada de objetos minúsculos o detalles muy pequeños de los mismos. Utiliza *lentes convergentes*, una llamada **objetivo**, de pequeña distancia focal, que va cerca del objeto y la otra llamada **ocular**, de mayor distancia focal, ubicada cerca del observador. Ambas lentes están montadas en extremos opuestos de un tubo cerrado. El objetivo está compuesto de varias lentes que crean una imagen real aumentada del objeto



examinado. Las lentes de los microscopios están dispuestas de forma que el objetivo se encuentre en el punto focal del ocular. Cuando se mira a través del ocular se ve una imagen virtual aumentada de la imagen real. El aumento total del microscopio depende de las distancias focales de los dos sistemas de lentes. El equipamiento adicional de un microscopio consta de un armazón con un soporte que sostiene el material examinado y de un mecanismo que permite acercar y alejar el tubo para enfocar la muestra. Los especímenes o muestras que se examinan con un microscopio son transparentes y se observan con una luz que los atraviesa. El soporte tiene un orificio por el que pasa la luz. El microscopio puede contar con una fuente de luz eléctrica que dirige la luz a través de la muestra.



### Aumento eficaz de una lupa

**Es el cociente entre el tamaño de la imagen observada y el tamaño del objeto.**

$$A = \frac{\text{altura de la imagen}}{\text{altura del objeto}}$$

Cuando se quiere observar un objeto a ojo descubierto, con la mayor cantidad posible de detalles, debe colocárselo a unos 30 cm, que es la distancia óptima de visión distinta. Análogamente, cuando se usa una lupa se gradúa la distancia, de modo que la imagen por observar esté también a la distancia óptima de visión distinta.

**Distancia focal y aumento eficaz:** conociendo la distancia óptima de visión distinta, 30 cm, se puede calcular el aumento eficaz de la lupa dividiendo esa distancia por la distancia focal medida en cm. Es decir:

$$A = \frac{30\text{cm}}{f}$$

Debido a este cociente, se puede ver que cuanto más grande es la distancia focal  $f$ , menor será el aumento eficaz  $A$ , y cuanto menor sea  $f$ , mayor será  $A$ .



### Ejercicios de aplicación

1) Calcula la potencia de una lente en dioptrías si la distancia focal es 35 cm.

**Rta: 2,86 dp.**

2) Una persona usa una lente cuya potencia es de 15 dioptrías. ¿Cuál será la distancia focal? **Rta: 0,07 m.**

3) Se sabe que una lente tiene una distancia focal de 400 cm y que otra lente tiene una potencia de 0,25 dioptrías. ¿Cuál de las dos lentes es más potente?

**Rta: son iguales.**

4) Con una lente convergente se obtiene una imagen real a 10 cm de la lente, de un objeto colocado a 50 cm de la misma. Calcula la distancia focal  $f$ . **Rta: 8,33 cm.**

5) Una lupa tiene un aumento de 5. Si un objeto de 1,2 cm se coloca frente a ella, ¿cuál será el mayor tamaño de la imagen que se podrá obtener? **Rta: 6 cm.**

6) Si la potencia de una lente es de 8 dioptrías, ¿cuál es su distancia focal expresada en metros? **Rta: 0,125 m.**

7) Ante una lente convergente se coloca un objeto a 60 cm del centro óptico obteniéndose una imagen real a 40 cm de la lente. ¿Cuál es su distancia focal y cual la potencia expresada en dioptrías? **Rta:  $f = 24$  cm;  $P = 4,17$  dp.**

8) ¿A qué distancia proyecta una lente de 8 dioptrías la imagen de un objeto ubicado sobre su eje principal a 0,3 m del centro óptico? **Rta: 21,43 cm.**

9) Averiguar la distancia focal de una lente convergente si al colocar un objeto a 45 cm de una lente, la imagen se obtiene a 30 cm. **Rta: 18 cm.**

10) La distancia focal de una lente convergente es 40 cm. Si se coloca un objeto a 30 cm de la lente, ¿dónde se formará la imagen? **Rta: -120 cm.**

11) Se ha colocado un objeto de 2 cm de altura delante de una lente convergente obteniéndose una imagen virtual de 10 cm de altura a 30 cm de la lente. ¿Cuál es su distancia focal? ¿Dónde se colocó el objeto? **Rta:  $x = 6$  cm;  $f = 7,5$  cm.**

12) Las distancias focales de dos lupas  $f_1 = 10$  cm y  $f_2 = 20$  cm, respectivamente. Admitiendo que la distancia óptima de la visión es de 30 cm, calcular el aumento eficaz para cada lupa. **Rta: 3; 1,5.**



### Ejercicios adicionales

1) A 50 cm de una lente divergente de distancia focal de 20 cm se coloca un objeto. ¿Dónde se obtendrá la imagen y qué características tiene? **Rta: - 14,28 cm.**

2) Una lente convergente con 50 cm de distancia focal, forma una imagen real que está a 80 cm de la lente. ¿Dónde se colocó el objeto? **Rta: 133,3 cm.**

3) Un objeto de 2 cm se coloca a 10 cm de una lente convergente de 12 cm de distancia focal. ¿Dónde se obtiene la imagen y qué altura tiene? **Rta: - 60 cm y  $h' = 12$  cm.**

4) La potencia de una lente es de 4 dioptrías, si un cuerpo de 5 mm se coloca a 30 cm de ella. ¿Dónde se forma la imagen y qué altura tiene? **Rta: 150 cm y  $h' = 2,5$  cm.**

5) Un objeto está situado a 10 cm de una lente convergente, de distancia focal 25 cm. ¿Dónde se forma la imagen? **Rta: - 16,6 cm.**

6) Un objeto se encuentra situado a 1 m delante de una lente convergente de 2 dp. Calcula la posición de la imagen. **Rta:  $x' = 100$  cm.**

7) Determina la potencia de una lente divergente de 20 cm de distancia focal y la posición y tamaño de la imagen de un objeto de 5 cm de altura colocado a 10 cm de la lente. **Rta:  $P = - 5$  dp,  $x' = - 6,6$  cm y  $h' = 3,3$  cm.**

8) Un objeto de 9 cm de altura está situado a 27 cm por delante de una lente divergente de 18 cm de distancia focal. Calcular la posición y el tamaño de la imagen. **Rta:  $x' = - 10,8$  cm y  $h' = 3,6$  cm.**

9) Un objeto de 1,5 cm de altura se sitúa a 15 cm de una lente divergente que tiene una distancia focal de 10 cm. Determina la posición y el tamaño de la imagen. **Rta:  $x' = - 6$  cm y  $h' = 0,6$  cm.**

10) Un objeto de 3 cm de altura se sitúa a 75 cm de una lente delgada convergente y produce una imagen a 37,5 cm de la lente. Calcula la potencia de la lente. **Rta:  $P = 4$  dp.**

11) Una lente convergente de distancia focal 10 cm forma una imagen de 2 cm de altura. Si el tamaño del objeto es 10 cm, calcula la distancia a la que se encuentra el objeto de la lente y dónde se formará la imagen. **Rta:  $x' = 12$  cm y  $x = 60$  cm.**

12) En una lente convergente se obtiene la imagen real a 5 cm de la lente de un objeto de 6 cm de altura situado a 20 cm de la misma. Determinar la



distancia focal de la lente, su potencia y el tamaño de la imagen. **Rta:  $f = 4$  cm,  $P = 25$  dp y  $h' = 1,5$  cm.**

13) ¿A

qué distancia de una lente convergente debe colocarse un objeto de 4 cm de altura para obtener su imagen real de 6 cm de altura a 20 cm de la lente? Indicar la distancia focal de la lente y su potencia. **Rta:  $x = 13$  cm,  $f = 7,8$  cm y  $P = 12,8$  dp.**

14) Se coloca un objeto a 20 cm de una lente convergente de 10 dioptrías. ¿Dónde se formará la imagen? **Rta: 20 cm.**

15) ¿Cuál es la posición de la imagen que brinda una lente convergente cuya distancia focal es de 40 cm, colocado el objeto a 55 cm de ella? **Rta: 146,6 cm.**

16) Frente a una lente divergente de 30 cm de distancia focal, se coloca un objeto a 20 cm de la lente. ¿Dónde se formará la imagen? ¿Qué características tiene? **Rta: -12 cm.**

17) Un objeto de 6 cm de altura se coloca frente a una lente convergente a 9 cm de la lente de 3 cm de distancia focal. ¿Dónde se forma la imagen y qué altura tiene? **Rta:  $x' = 4,5$  cm y  $h' = 3$  cm.**

18) Frente a una lente divergente de 30 cm de distancia focal se coloca un objeto a 20 cm. ¿Dónde se formará la imagen? **Rta:  $x' = -12$  cm.**

19) Un objeto se halla a 21 cm de una lente convergente de 14 cm de distancia focal. Hallar dónde se forma la imagen y cuál es el aumento de la imagen. **Rta:  $x' = 42$  cm,  $A = 2$ .**

20) Un proyector de diapositivas con una lente convergente de distancia focal de 10 cm proyecta una imagen sobre la pantalla que se encuentra a 2,5 m de la lente. ¿Cuál es la distancia entre la diapositiva y la lente? ¿Cuál es el aumento de la imagen? **Rta: 10,4 cm y  $A = 24$ .**

21) Un objeto se halla a 4 cm delante de una lente convergente de 6 cm de distancia focal. Localizar la posición de la imagen y el aumento. **Rta:  $x' = -12$  cm,  $A = 3$ .**

22) Hallar la imagen virtual de un objeto que se encuentra a 6 cm de una lente divergente de 3 cm de distancia focal. ¿Cuál es el aumento de la imagen? **Rta:  $x' = -2$  cm,  $A = 0,33$ .**

23) Una persona que ve bien de cerca utiliza anteojos con lentes divergentes de 2 cm de distancia focal. Cuando mira a un objeto situado a 6 cm de



distancia ¿dónde está la imagen virtual producida por los anteojos? **Rta:  $x' = - 1,5 \text{ cm}$ .**

24) Un insecto de 1,5 cm de altura está a 1,3 m de una lente convergente de 135 mm de distancia focal. ¿Dónde está la imagen, qué altura tiene y qué tipo de imagen es? **Rta: 150,6 mm;  $h' = 0,17 \text{ cm}$ .**

25) Un proyector de diapositivas con una lente convergente de distancia focal 10 cm proyecta una imagen sobre una pantalla que se encuentra a 2,5 m de la lente. ¿Cuál es la distancia entre la diapositiva y la lente? **Rta: 10,4 cm.**

26) Se coloca un objeto de 6 cm de altura delante de una lente convergente de 28 cm de radio de curvatura. Si la imagen que se obtiene es un tercio de la altura del objeto, ¿dónde se colocó el objeto? **Rta: 56 cm.**

27) Mediante una lente divergente de 14 cm de distancia focal, se obtiene una imagen igual a la mitad de la altura del objeto. ¿Dónde se colocó el objeto? **Rta: 14 cm.**

28) Una lente tiene - 2,5 dp de potencia. La imagen que se obtiene es la cuarta parte de la altura del objeto. Averigua a qué distancia de la lente se formó la imagen. **Rta: - 0,3 m.**



## Unidad IX: Magnetismo y electricidad

### Imanes naturales y artificiales

En la naturaleza existen ciertos minerales que tienen la propiedad de atraer al hierro u otros metales, como el níquel y el cobalto. Esta propiedad se denomina **magnetismo**.

El análisis químico demuestra que estos materiales particulares, se hallan compuestas por óxido salino de hierro ( $\text{Fe}_3 \text{O}_4$ ). A estos minerales se los denomina **magnetita o piedra imán**.

El magnetismo es uno de los aspectos del electromagnetismo, que es una de las fuerzas fundamentales de la naturaleza. Las fuerzas magnéticas son producidas por el movimiento de partículas cargadas eléctricamente, como por ejemplo electrones, lo que indica la estrecha relación entre la electricidad y el magnetismo. El marco que unifica ambas fuerzas se denomina *teoría electromagnética*.

La manifestación más conocida del magnetismo es la fuerza de atracción o repulsión que actúa entre los materiales magnéticos como el hierro. Sin embargo, en toda la materia se pueden observar efectos más sutiles del magnetismo. Estos efectos han proporcionado claves importantes para comprender la estructura atómica de la materia.

Si con un imán frotamos (siempre en el mismo sentido) una barra de acero (no de hierro), la barra de acero queda imantada constituyendo así lo que se conoce como imán artificial. Veremos más adelante que éstos se pueden obtener por medios eléctricos.

Fue *Gilbert* quien publicó el primer tratado sobre magnetismo, en 1600; en él estableció las leyes que rigen los fenómenos magnéticos y clasificó las sustancias en magnéticas como el hierro, níquel, cobalto y ciertas aleaciones, y no magnéticas como el vidrio, madera, etc. El mismo *Gilbert* sostenía que nuestro planeta se comportaba como un inmenso imán, y que por la acción de su campo magnético se orientaban las agujas imantadas.

### Polos magnéticos

La acción de los imanes se manifiesta en los extremos o **polos**. Si introducimos una aguja imantada en limaduras de hierro y luego la sacamos, observaremos en cada uno de los extremos una mayor concentración de limaduras que en la zona central. Esto se debe a que allí están los polos del imán. En la zona media del imán no han quedado limaduras, ya que esta zona es neutra.



Si apoyamos una aguja imantada por su centro de gravedad en una varilla o eje vertical, luego de oscilar unos instantes, queda en una posición que marca con mucha aproximación la dirección norte-sur geográfica. El extremo de la aguja que señala el norte geográfico se designa como **polo norte (+)** del imán. El polo opuesto se denomina **polo sur (-)** del imán.

Cabe aclarar que, aun dividiendo un imán en trozos muy pequeños, cada uno de éstos conserva sus polos. Es decir, no podemos tener un imán con solamente un polo; siempre son bipolares.

### **Campo magnético - Acciones entre los polos magnéticos**

Aproximando al polo norte de la aguja magnética el polo sur de un imán se comprueba que la aguja es atraída. Si, en cambio, se aproxima al polo norte de la aguja el polo norte del imán, se manifiesta una fuerza de repulsión.

En conclusión:

**Los polos de distinto nombre se atraen y los polos de igual nombre se repelen.**

Un imán genera un campo magnético en su entorno, con líneas de fuerza que ejercen atracción sobre los metales mencionados anteriormente. Este campo es *teóricamente infinito*, pero las experiencias demuestran que *va disminuyendo progresivamente* a medida que aumenta la distancia desde el imán.

Por convención, se considera que las líneas de fuerza del imán salen del polo norte del mismo, y entran en el polo sur. De esta manera, cuando 2 polos diferentes se aproximan se produce una fuerza de atracción entre ambos, mientras que, si los polos que se aproximan son iguales entre sí, esta atracción no se produce, sino el efecto contrario.

### **Campo magnético terrestre**

Nuestro planeta se comporta como un gran imán. Por paralelismo con los polos geográficos, los polos magnéticos terrestres reciben el nombre de polo norte magnético (próximo al polo norte geográfico) y polo sur magnético (próximo al polo sur geográfico), aunque su magnetismo real sea opuesto al que indican sus nombres.

El campo geomagnético tiene gran influencia sobre los seres vivos, ya que protege la Tierra desviando partículas de alta energía procedentes del Sol. Sin el campo magnético terrestre, la vida en la Tierra sería imposible.

Este campo se desplaza, pero de una manera suficientemente lenta como para que las brújulas sean útiles en la navegación. Al cabo de ciertos periodos



de duración aleatoria, el campo magnético de la Tierra se invierte: el polo norte y sur geomagnético intercambian su posición. Cuando se produce este fenómeno, puede provocar dificultades a los animales que utilizan el campo magnético para orientarse en sus migraciones.

Se cree que el campo magnético de la Tierra se genera por el movimiento de aleaciones de hierro fundido en el núcleo externo del planeta.

### Fenómenos eléctricos sencillos

Unos seis siglos antes de Cristo, *Tales de Mileto* descubrió que, si frotaba una barra de ámbar con un paño o trozo de piel, la barra adquiría la notable propiedad de atraer pequeños objetos, muy livianos, como barbas de pluma o cabellos. Así se inició lo que llegaría a ser uno de los descubrimientos más importantes para el desarrollo de la tecnología actual.

La palabra electricidad deriva de "*electrón*" (ámbar en griego), sin embargo, no fueron los griegos quienes la introdujeron, sino *Gilbert*. Este fue el primero en estudiar sistemáticamente los fenómenos eléctricos, y entre otras cosas descubrió que no solo el ámbar se electriza por frotamiento, sino también muchos otros materiales como el vidrio, el lacre y la resina.

Descubrió además que todos los materiales que se pueden electrizar por frotamiento, se cargan, ya sea positivamente o negativamente. De aquí que podemos distinguir dos tipos de cargas, una **positiva (+)** y una **negativa (-)**. En 1729, el inglés *Gray* descubrió una particularidad entre los diferentes materiales y las cargas eléctricas. Notó que algunos materiales se descargaban muy rápido, mientras que otros mantenían su carga eléctrica por un tiempo más prolongado. A los que se descargaban rápidamente se los llamó *aisladores* o *malos conductores*, mientras que a los otros se los llamó *conductores*.

Son buenos *conductores* los siguientes: metales, agua, aire húmedo e incluso el cuerpo humano.

Son *aisladores* o *malos conductores*, los siguientes materiales: vidrio, lacre, porcelana, la resina, ámbar, goma, madera seca.

Si un material fuera un conductor perfecto, las cargas circularían por él sin ninguna resistencia; por su parte, un aislante perfecto no permitiría que se movieran las cargas por él. No se conoce ninguna sustancia que presente alguno de estos comportamientos extremos a temperatura ambiente.

### Electrostática





**Se denomina electrostática a aquel tipo de electricidad en el que las cargas eléctricas se encuentran en reposo.**

Se denomina electrostática a aquel tipo de electricidad en el que las cargas eléctricas se encuentran en reposo.

Entre estas cargas ocurre exactamente lo mismo que con los polos de igual o de distinto signo dentro del magnetismo. Las cargas de igual signo se repelen y las de distinto signo se atraen. Esto es conocido como el **Primer Principio de la Electrostática**.

Los materiales que forman los cuerpos están constituidos por átomos, nombre de origen griego que significa “indivisible” o “sin partes”, ya que originalmente se lo entendía como partícula fundamental. A pesar de mantener este nombre, hoy se sabe que está formado por muchas partículas. Las más importantes para nuestro estudio son los denominados protones y electrones.

**Protones:** tienen carga positiva; se encuentran en el núcleo atómico, y permanecen ligados allí por su interacción con los neutrones, que son partículas que también integran el núcleo, pero no poseen carga.

**Electrones:** poseen carga negativa, equivalente a la de los protones, pero su masa es ínfima comparada con la de estos; se encuentran rodeando al núcleo, que los atrae con fuerzas de origen eléctrico.

Por lo general, en un átomo existe igual cantidad de protones que de electrones, lo que le permite mantenerse equilibrado en cuanto a su carga eléctrica. De este modo, solo se pone de manifiesto algún efecto eléctrico si se rompe este equilibrio. O sea que, desde un punto de vista eléctrico, el estado básico de los materiales es neutro.

Las partículas de un material con exceso o con defecto de electrones se denominan **iones**. Mediante variados procedimientos es posible lograr este desequilibrio para cargar negativa o positivamente un átomo. Por ejemplo, al ser frotados dos materiales, algunos electrones se desprenden de uno de ellos y se alojan en el otro, de modo que ambos quedan cargados en igual proporción, en forma positiva y negativa respectivamente. Esta concepción de la carga eléctrica permite comprender la validez del **Segundo Principio de la Electrostática**, que postula que la carga no puede ser creada ni destruida. Formalmente se enuncia: “la carga total, es decir, la suma algebraica de la carga positiva y negativa de todo sistema eléctricamente aislado, se conserva”.

Los procedimientos que posibilitan este desequilibrio son:

**Fricción:** se realiza mediante el rozamiento entre dos cuerpos, el cual aumenta el contacto de un material con el otro. Los electrones más externos



de muchos átomos están unidos muy débilmente y pueden desalojarse con facilidad.

**Contacto:** se produce mediante el contacto entre un cuerpo cargado eléctricamente y otro neutro. La carga se distribuirá en todo el cuerpo formado por los dos objetos y al separarlos ambos tendrán la misma carga, que corresponderá con la carga del que originalmente estaba cargado.

**Inducción:** se produce acercando un cuerpo a otro denominado inductor, el cual se encuentra cargado. Esas cargas generan una migración de los electrones del cuerpo no cargado, la cual se dará de acuerdo con la carga del inductor, acercándose o alejándose del mismo. Este efecto se conoce como polarización. Este efecto desaparece muchas veces tras alejar el inductor.

### Cálculo de la fuerza eléctrica: Ley de Coulomb

Una manifestación habitual de la electricidad es la fuerza de atracción o repulsión entre dos cuerpos estacionarios que, de acuerdo con el principio de acción y reacción, ejercen la misma fuerza eléctrica uno sobre otro. La carga eléctrica de cada cuerpo puede medirse en culombios. La fuerza entre dos partículas con cargas  $q_1$  y  $q_2$  puede calcularse a partir de la ley de Coulomb:

$$F = k \cdot \frac{q_1 \times q_2}{d^2}$$

Según esta ley, la fuerza es proporcional al producto de las cargas dividido entre el cuadrado de la distancia que las separa. La constante de proporcionalidad “k” depende del medio que rodea a las cargas. La ley se llama así en honor al físico francés *Charles de Coulomb*.

La constante electrostática “k” toma valores según el sistema de unidades y el medio en el que interactúan las cargas. En el Sistema Internacional, la unidad de carga se denomina **coulomb** (C), y para el caso del vacío, la constante es:

$$k = 9 \times 10^9 \frac{Nxm^2}{c^2}$$

Ejercicio de aplicación:

¿Cuánto vale la atracción electrostática entre el protón y el electrón de un átomo de hidrogeno, si puede suponerse una distancia típica entre ambos de alrededor de  $5,3 \times 10^{-11}$  m?

*Solución:*

Como ambas cargas son de igual valor y pueden aproximarse en el valor  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

$$F = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}}{\text{C}^2} \times \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \times 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{(5,3 \times 10^{-11})^2}$$

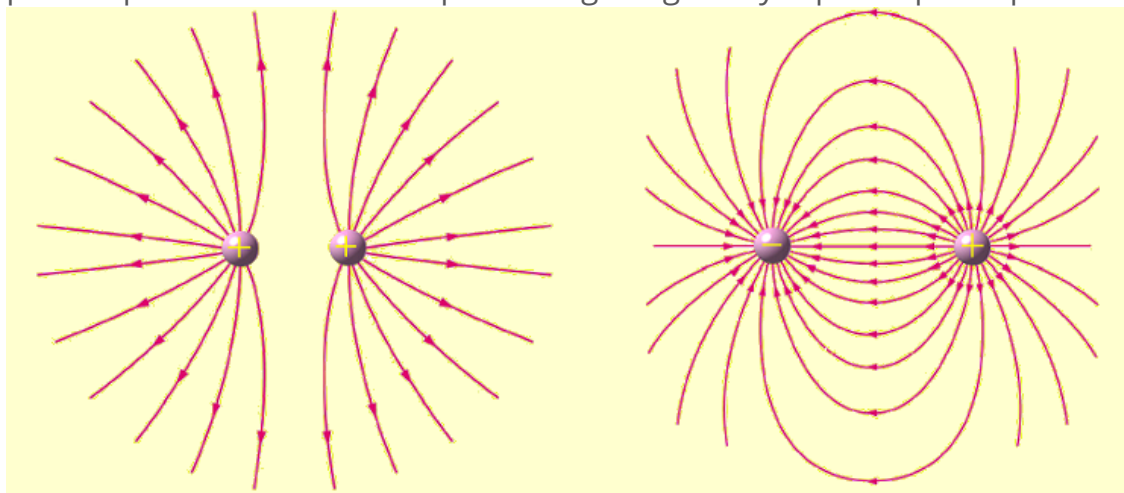
$$F = 8,2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

### Campo eléctrico

Toda partícula eléctricamente cargada crea a su alrededor un campo de fuerzas. Este campo puede representarse mediante líneas de fuerza que indican la dirección de la fuerza eléctrica en cada punto.

Para mover otra partícula cargada de un punto a otro del campo hay que realizar trabajo. La cantidad de energía necesaria para efectuar ese trabajo sobre una partícula de carga unidad se conoce como **diferencia de potencial** entre ambos puntos. Esta magnitud se mide en **voltios**. La Tierra, un conductor de gran tamaño que puede suponerse sustancialmente uniforme a efectos eléctricos, suele emplearse como nivel de referencia cero para la energía potencial. Así, se dice que el potencial de un cuerpo cargado positivamente es de tantos voltios por encima del potencial de tierra, y el potencial de un cuerpo cargado negativamente es de tantos voltios por debajo del potencial de tierra.

Las líneas de fuerza eléctricas indican la dirección y el sentido en que se movería una carga de prueba positiva si se situara en un campo eléctrico. El diagrama de la izquierda muestra las líneas de fuerza de un campo eléctrico creado por dos cargas positivas. Una carga de prueba positiva sería repelida por ambas. El diagrama de la derecha muestra las líneas de fuerza de un campo eléctrico creado por dos cargas de signo opuesto. Una carga de prueba positiva sería atraída por la carga negativa y repelida por la positiva.



### Potencial eléctrico



Es una magnitud escalar relacionada al campo eléctrico. Es posible caracterizar a cada punto del campo eléctrico por medio de un valor numérico que está relacionado con las variaciones de energía que experimenta una carga al pasar de un punto al otro. Para ello, se define la diferencia de potencial entre dos puntos del campo eléctrico como el cociente entre la variación de la energía potencial experimentada por una carga positiva al pasar de un punto a otro y el valor de dicha carga. Matemáticamente:

$$\Delta V = \Delta U / q$$

$\Delta U$  es la variación de energía potencial y se mide en Joules.

$q$  es la carga que se mide en coulombs

$\Delta V$  es la diferencia de potencial medida en Voltios.

La unidad de potencial eléctrico es  $V = \frac{J}{C}$ .

Por ejemplo, si una carga positiva de  $3 \times 10^{-5} C$  al pasar de un punto A, a un punto B, incrementa su energía potencial eléctrica en 0,015 Joule, la diferencia de potencial será:

$$\Delta V = \frac{0,015 J}{3 \cdot 10^{-5} C} = 500 V$$

Esta diferencia de potencial es característica de ambos puntos, es decir, que es independiente de las cargas que se desplacen entre ellos. Los 500 V significan 500 J/C, es decir que cualquier carga positiva tendrá en el punto B, 500 J más de energía potencial eléctrica que en el punto A por cada coulomb de carga. Si la carga es negativa, habrá una disminución de la energía potencial eléctrica del mismo valor cuando se pase de A hasta B.

## Electrodinámica

Es la rama de la electricidad que estudia las corrientes eléctricas, es decir, las cargas eléctricas en movimiento y, por

lo tanto, su producción, propiedades y aplicaciones.

### Corriente eléctrica

Cuando se instala un campo dentro de un conductor metálico, los electrones tienden a seguir preferentemente la señal del campo y puede entonces establecerse un sentido de circulación en sus movimientos, que se llama corriente eléctrica. Es decir, es la circulación de los electrones a través de un conductor.

Como la mayoría de los conductores de los circuitos eléctricos son metálicos, es necesario considerar que en ellos el sentido real o físico de circulación es el de los electrones en contra del campo eléctrico.



Por eso los circuitos eléctricos proveen energía a los electrones por medio de un **generador**. Los generadores pueden ser pilas, dínamos, etc.

### Intensidad de corriente eléctrica

Se define a la intensidad de corriente eléctrica como la cantidad de carga eléctrica que circula por una sección de un conductor en la unidad de tiempo. En símbolos:

$$I = \Delta q / \Delta t$$

La intensidad de la corriente eléctrica se mide Amperes, con un aparato llamado *amperímetro*.

### La ley de Ohm

Ya se mencionó que no todos los materiales se comportan de la misma manera frente a la conducción de la electricidad. Dentro de cierta aproximación, se cumple con la mayoría de los conductores que la intensidad de corriente eléctrica es proporcional a la diferencia de potencial aplicada. Esta relación se conoce como Ley de Ohm y se la expresa matemáticamente como:

$$\Delta V = R \times I$$

donde  $\Delta V$  es la diferencia de potencial que se mide en voltios,  $R$  es la resistencia que se mide en ohm ( $\Omega$ ) e  $I$  es la intensidad que se mide en Ampere.

Una mayor diferencia de potencial implica una intensidad mayor. Y una resistencia mayor en el circuito hará que la intensidad de corriente se reduzca.

Ejemplo: La tensión entre dos extremos de un conductor es de 220 V y la intensidad de la corriente es de 5,5 A. ¿Cuál es la resistencia del conductor?

Solución:

$$\Delta V = R \times I$$

$$220 \text{ V} = R \times 5,5 \text{ A}$$

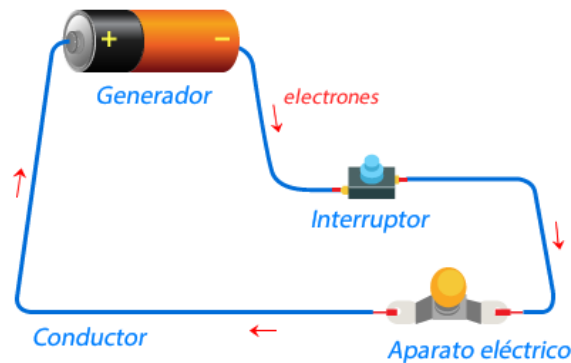
$$\frac{220 \text{ V}}{5,5 \text{ A}} = R$$

$$R = 40 \Omega$$

### Circuito eléctrico

El circuito más sencillo es un dispositivo formado por un conductor (cable), una fuente (pila), un interruptor (llave) y uno o más elementos para el cual se crea el circuito.

#### Circuito simple



**Potencia**

**eléctrica**

Ya se explicó que la diferencia de potencial es igual a la variación de energía por unidad de carga transportada, lo cual es equivalente a:

$$\Delta U = \Delta V \times q$$

La expresión de la variación de la energía en cada unidad de tiempo resulta:

$$\Delta U / \Delta t = \Delta V \times q / \Delta t$$

La importancia de esta expresión radica en el hecho de que el primer miembro corresponde a la expresión matemática de la **potencia eléctrica**. Se llama potencia eléctrica (W) de un artefacto al producto de la diferencia de potencial (V) por la intensidad de la corriente que lo circula.

$$W = V \times I$$

La potencia eléctrica se mide en Watts (W).

a) ¿Cuál es la intensidad de la corriente que circula por una lamparita de 100 vatios conectada a la red eléctrica que aporta una diferencia de potencial de 220 v?

*Solución:*

$$I = \frac{100 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 0,45 \text{ A}$$

b) ¿Cuánto gasta esa lamparita si funciona durante 10 horas?

*Solución:*

Para 10 horas, equivalente a 36000 segundos, la energía equivale a:

$$\Delta U = 100 \text{ W} \times 36000 \text{ s} = 3\,600\,000 \text{ J}$$



Como puede verse, las cantidades de energía expresadas en joule alcanzan cifras muy altas. Por eso se utiliza como unidad el kilowatt-hora, que equivale a la energía utilizada durante una hora a una potencia de 1 kw. El consumo entonces de esta lamparita en el tiempo indicado de 10 horas es de 1 kwh.

### **Efectos del paso de la corriente eléctrica**

Los efectos del paso de la corriente eléctrica son cuatro:

**Efecto calórico:** permite transformar la electricidad en calor, por ejemplo, en una plancha.

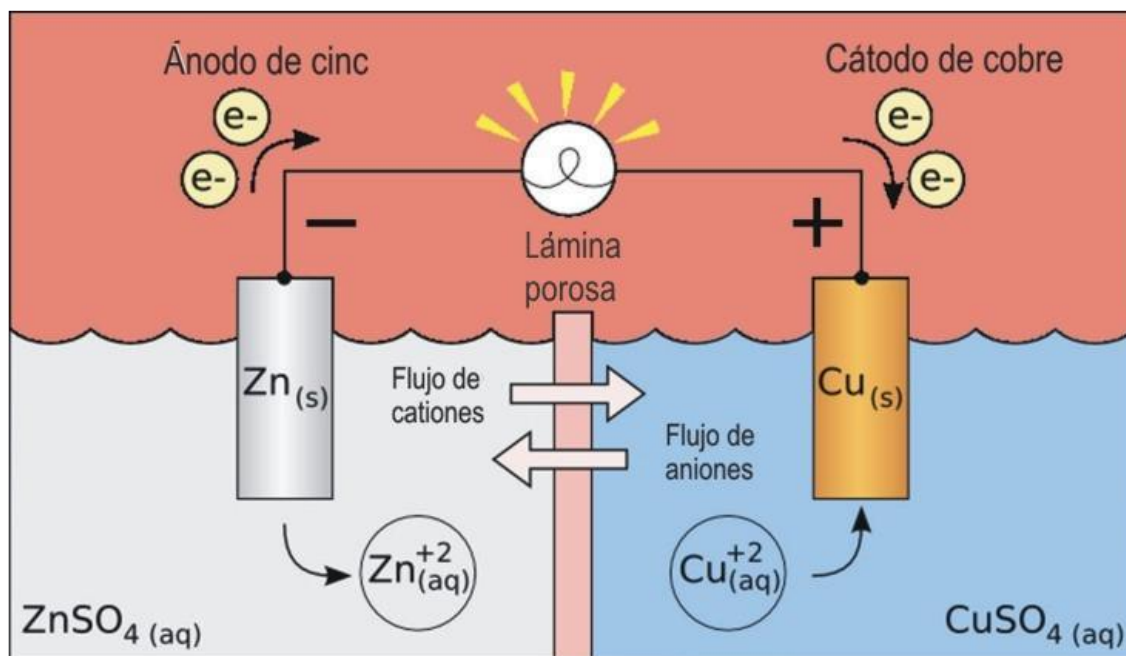
**Efecto luminoso:** permite transforma la electricidad en luz, por ejemplo, una lámpara.

**Efecto magnético:** el paso de la corriente eléctrica genera en su entorno un campo magnético como, por ejemplo, un electroimán.

**Efecto químico:** permite utilizar la electricidad para descomponer sustancias. Por ejemplo, en la electrólisis el agua es descompuesta en hidrógeno y en oxígeno.

El siguiente gráfico, que corresponde a la **pila de Daniell**, muestra cómo estos efectos van generalmente combinados. Es muy raro y, en realidad casi nunca se da, que alguno de los efectos aparezca solo. Esta pila aprovecha la electricidad de una reacción química espontánea para encender una lámpara. Las tiras de cinc y cobre, dentro de disoluciones de ácido sulfúrico diluido y sulfato de cobre respectivamente, actúan como electrodos. La lámina porosa, o un puente salino, permite a los electrones fluir entre las cubetas sin que se mezclen las disoluciones.

Cuando el circuito entre los dos sistemas se completa, la reacción genera una corriente eléctrica. El metal de la tira de cinc se consume (oxidación). La tira de cobre crece al reaccionar los electrones con la disolución de sulfato de cobre para producir metal adicional (reducción). Si se sustituye la bombilla por una batería la reacción se invertirá, creando una célula electrolítica.



### Ley de Joule - Efecto Joule

Se llama así a la producción de calor en un conductor cuando circula una corriente eléctrica a través del mismo. La energía eléctrica se transforma en energía térmica debido a los continuos choques de los electrones móviles contra los iones metálicos del conductor, produciéndose un intercambio de energía cinética, que provoca un aumento de temperatura del conductor. El efecto Joule se interpreta considerando todos los procesos energéticos que tienen lugar. En el generador se crea un campo eléctrico a expensas de energía química o mecánica. Esta energía se emplea en acelerar los electrones del metal, comunicándoles energía cinética. Los electrones pierden parte de esta energía en los inevitables choques con los átomos que constituyen el metal; estos átomos pueden oscilar alrededor de sus posiciones de equilibrio en la red metálica, y al incrementar su energía cinética de oscilación o de vibración se eleva la temperatura del conductor.

### Cantidad de calor

La cantidad de calor ( $Q$ ) producida al paso de una corriente eléctrica por un conductor es proporcional a la resistencia, al cuadrado de la intensidad, y al tiempo:

$$Q = I^2 \times R \times t$$

La calefacción eléctrica, el alumbrado eléctrico por incandescencia, los fusibles y el arco voltaico son algunas de las aplicaciones del efecto Joule.

También podemos expresar la cantidad de calor de la siguiente manera:

$$Q = 0,24 \frac{cal}{Joule} \cdot V \cdot I \cdot t$$





En esta fórmula, el tiempo se mide en segundos.

### **Riesgo eléctrico: efecto sobre los seres vivos**

Es importante aclarar algunas cuestiones sobre el riesgo eléctrico al que nos exponemos como todos los seres vivos al interactuar con el paso de la corriente eléctrica a través de nuestro cuerpo.

En primer lugar, podemos decir que nuestro cuerpo es naturalmente una resistencia al paso de la corriente, no todos tenemos la misma resistencia, pero podríamos decir que esta varía entre 1.000 y 5.000 ohms, dependiendo de la humedad y grasitud de la piel.

La variable más importante a tener en cuenta es la corriente y no la tensión, por ejemplo, a partir de 1 mA una persona comienza a sentir “cosquilleos” por el paso de la corriente. Hasta los 10 mA la persona tiene la posibilidad de soltar el conductor, luego los músculos se ven afectados por el paso de la corriente y no tenemos la posibilidad de soltarlo voluntariamente.

A partir de los 10mA comienza el peligro, ya que aumenta la presión sanguínea, el ritmo cardíaco y a medida que nos acercamos a los 50 mA se hace más posible un paro cardíaco reversible, aunque al dejar de circular la corriente se restablece la situación normal. Por encima de los 50 mA llega el coma y el paro cardíaco.

### **El desfibrilador**

Como el corazón funciona con impulsos eléctricos, ante paros cardíacos con un funcionamiento eléctrico parcial del corazón, es muy útil el uso de un desfibrilador que simplemente envía al cuerpo un impulso eléctrico de corriente continua. Sus descargas suelen rondar los 300 Joules.

### **Electrocardiografía**

Nuestro cuerpo posee innumerables relaciones con la electricidad, ya que las funciones de nuestro organismo producen actividad eléctrica, con sus efectos y reacciones correspondientes. Entre los órganos en los que mejor se nota esta actividad se encuentra el corazón.

Relacionado a este músculo se encuentra una compleja red de actividades que hacen al funcionamiento correcto de nuestro organismo. Cuando existe alguna falla en él, el diagnóstico médico correspondiente se realiza utilizando algunos artefactos adecuados para dicho fin. Estos aparatos detectan y registran la actividad eléctrica del corazón.



Las contracciones rítmicas del corazón están controladas por una serie ordenada de descargas eléctricas. Mediante electrodos aplicados en varias regiones del cuerpo se puede obtener, tras amplificarlas, un registro de estas descargas eléctricas (transmitidas por los tejidos corporales desde el corazón hasta la piel). Este registro se llama electrocardiograma (ECG), mediante el cual se obtiene un registro de la actividad eléctrica del corazón. El electrocardiógrafo consta de un galvanómetro, un sistema de amplificación y otro de registro.

La aguja del galvanómetro sólo se desplaza hacia arriba o hacia abajo. Cuando la corriente eléctrica que está registrando un electrodo va en la dirección del mismo, lo que se registra en el electrocardiograma es una onda positiva, es decir un desplazamiento de la aguja del galvanómetro hacia arriba; por el contrario, si lo que está registrando el electrodo es una corriente eléctrica que se aleja de él, lo que se obtendrá en el registro es una onda negativa, por el trazado que origina la aguja del galvanómetro al desplazarse hacia abajo.

Las principales partes de un ECG son: la onda P, una onda más o menos sinusoidal que refleja la descarga eléctrica que se origina y propaga por las aurículas; el complejo QRS, que muestra el paso de la onda eléctrica a los ventrículos y la activación de éstos; y la onda T, señal de la repolarización de los ventrículos. El electrocardiograma es extremadamente útil para el diagnóstico y control de las arritmias cardíacas, de la angina de pecho y del infarto agudo de miocardio.



### Ejercicios de aplicación

1) Una estufa eléctrica de 500 vatios de potencia se conecta a la línea de 220 voltios. Calcula:

a. La intensidad de la corriente que la circula. **Rta: 2,27 A.**

b. El valor de la resistencia de la estufa. **Rta: 96,92 ohm.**

2) Una resistencia de  $55 \Omega$  se conecta a un circuito de 220 voltios. ¿Cuál será la intensidad de la corriente y la potencia de consumo? **Rta: 4 A; 880 W.**

3) La fuerza de atracción entre dos esferas cargadas es de  $5,4 \times 10^{-3}$  N. si la distancia que las separa es de 1 cm, y una de las esferas está cargada con  $3 \times 10^{-8}$  C, ¿Cuál es el valor de la carga de la segunda esfera? **Rta:  $2 \times 10^{-9}$  C.**

4) Para que la intensidad de una corriente sea de 13,6 A, ¿Cuánta carga debe atravesar la sección del conductor en un segundo? **Rta: 13,6 C.**

5) ¿Cuánta energía eléctrica requiere en un mes un televisor de 80 W que funcione durante 4 horas todos los días? **Rta:  $3,456 \times 10^7$  Joules.**

6) Por un cable cuya resistencia es  $0,20 \Omega$  circula una corriente de 10 A. ¿Cuánto vale la potencia desprendida por calentamiento? **Rta: 20 W.**

7) ¿Cuánta potencia consume una calculadora con 8 V y 0,1 A? Si se usa durante una hora, ¿cuánta energía consume? **Rta: 0,8 W y 2880 Joules.**

8) ¿Cuál es la energía consumida por una estufa de 500 W después de 3 h 20 min de funcionamiento y cuál es el calor originado? **Rta:  $6 \times 10^6$  Joule y  $1,44 \times 10^6$  cal.**

9) Calcular el tiempo durante el cual una corriente de 5 A y 220 Voltios origina 528 calorías y la potencia de la misma. **Rta: 2 seg y 1100 W.**

10) ¿Cuál es la potencia de una plancha eléctrica que conectada a una fuente de 220 V trabaja con una intensidad de 2,2 A? Calcule el costo después de 1,5 horas de uso a razón de \$ 2,75 el kWh. **Rta: 484 W y \$ 1,9965.**

### Ejercicios adicionales

1) Hallar el valor de dos cargas eléctricas iguales, separadas por una distancia de 3 cm, que se repelen en el vacío con una fuerza de 0,5 N. **Rta:  $2,23 \times 10^{-7}$  C.**

2) Dos cargas eléctricas iguales, situadas en el vacío a 0,2 mm de distancia, se repelen con una fuerza de 0,01 N. Calcula el valor de estas cargas. **Rta:  $2,1 \times 10^{-10}$  C.**

3) Dos cargas  $q_1 = 2 \cdot 10^{-6}$  C y  $q_2 = -8 \cdot 10^{-6}$  C, están separadas por una distancia de 20 cm. Considerando que se encuentran en el vacío, ¿cuál es la intensidad de la fuerza con la que se atraen? **Rta: - 3,6 N.**



4) Al circular por la sección de un conductor, una corriente de 8 amperios de intensidad hace pasar 7200 coulombs. El tiempo que circula dicha corriente es de:

a) 15 s    b) 150 s    **c) 15 min**    d) 15 h

5) Una corriente circula durante 10 minutos por un conductor, comprobándose el paso de 4200 coulombs por la sección del mismo. La intensidad de dicha corriente es de: a) 7 ohm    **b) 7 amperios**    c) 7 joule  
d)  $2 \cdot 10^2$  amperios

6) Hállese la resistencia de una estufa que consume 3 amperios a una tensión de 120 voltios. **Rta: 40  $\Omega$ .**

7) ¿Qué diferencia de potencial hay que aplicar a un reóstato de 30 ohmios para que circulen a través de él 5 amperios? **Rta: 150 V.**

8) Por un conductor circula una corriente de 1,5 A durante 5 min. Calcular carga que circula. **Rta: 450 C.**

9) Por un conductor circula una corriente de 0,5 A y la carga que pasa por sección es de 200 Coulombios. ¿Cuánto tiempo circula la corriente? **Rta: 6,67 min.**

10) El haz de electrones de una pantalla de T.V. tiene una intensidad de 0,25 A. Calcular la carga que circula en: a) 10 segundos b) 2 minutos c) 1 hora **Rta: 2,5 C; 30 C y 900 C.**

11) Calcula el valor de una resistencia por la que circula una intensidad de 2 A cuando entre sus extremos existe una diferencia de potencial de 220 V. **Rta: 110  $\Omega$ .**

12) Una corriente de 5 A de intensidad ha circulado por un conductor durante media hora. ¿Qué cantidad de electricidad ha pasado? **Rta: 9000 C.**

13) ¿Cuál será la diferencia de potencial entre los bornes de un generador, si por una plancha conectada entre ellos circula una corriente de 2,5 A y funciona una potencia de 500 W? **Rta: 200 V.**

14) ¿Qué potencia tiene una plancha eléctrica que trabaja con 1,5 A a 220 V? ¿Cuánto cuesta planchar durante 2h si el kWh vale \$5? **Rta: 330 W; \$3,3.**

15) Calcular la intensidad de corriente de una lámpara de 44 W que trabaja a una tensión de 220 V. **Rta: 0,2 A.**

16) Por una lámpara conectada a 220 V pasa una corriente de 0,4 A. Si el kWh cuesta \$ 5, ¿cuánto gastará si está encendida 100 horas? **Rta: \$44.**



17) Por un calefón eléctrico pasa una corriente de 15 A. Está conectado a 220 V y el kWh vale \$ 5. ¿Cuánto cuesta darse un baño de 15 minutos? **Rta: \$4,125.**

18) Un calentador de 73,3 ohm de resistencia se conecta a 220 V. Calcular la intensidad que atraviesa al calentador. **Rta: 3 A.**

19) Calcular la intensidad de corriente que circula por una resistencia de 400 ohm, cuando se la conecta a 20 V. **Rta: 0,05 A.**

20) ¿Qué intensidad de corriente atraviesa un calentador de 100 ohm de resistencia cuando se lo conecta a una tensión de 220 V? **Rta: 2,2 A.**

21) Por un calefón eléctrico pasa una corriente de 15 A. Está conectado a la línea (220 V) y el kWh vale \$ 5. ¿Cuánto cuesta darse un baño de media hora? **Rta: \$8,25.**

22) Dos esferas metálicas cargadas con  $3 \cdot 10^{-5}$  C y  $4 \cdot 10^{-5}$  C se encuentran a 50 cm de distancia. ¿Qué fuerza se ejercerán entre ellas? **Rta: 43,2 N.**

23) Se dispone de una linterna que funciona con una pila de 1,5 V, la lamparita tiene una resistencia de 50 ohmios. Calcular la intensidad del circuito. **Rta: 0,03 A.**

24) Calcular la tensión de funcionamiento de un horno eléctrico que posee una resistencia de  $22\Omega$ , y que, al ser conectado, se establece por él una intensidad de 5,7A. **Rta: 125,4 V.**

25) ¿Qué resistencia tiene una plancha eléctrica de 2 A conectada a 230 V? **Rta: 115  $\Omega$ .**

26) La fuerza de repulsión entre dos esferas cargadas es de 360 N. Cada esfera posee una carga de  $5 \times 10^{-6}$  C. ¿Cuál es la distancia que las separa? **Rta: 2,5 cm.**



## Unidad X: Radiaciones

### Espectro electromagnético

Así como los colores de la luz visible se diferencian entre sí nada más que en la longitud de onda y se los dispone en el espectro luminoso que va del violeta al rojo, las radiaciones electromagnéticas integran el **espectro electromagnético** que se extiende desde las ondas de radio a los rayos gamma.

La naturaleza física de la radiación es la misma a lo largo de todo el espectro: las ondas tienen todas las mismas velocidades, la misma naturaleza electromagnética y la única diferencia entre ellas es la frecuencia, es decir, la longitud de onda.

Las ondas electromagnéticas no necesitan un medio material para propagarse. Así, estas ondas pueden atravesar el espacio interplanetario e interestelar y llegar a la Tierra desde el Sol y las estrellas. Independientemente de su frecuencia y longitud de onda, todas las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a una velocidad  $c = 299792 \text{ km/s}$ .

Este espectro nos muestra una diversidad de ondas descubiertas por los científicos: ondas de radio, microondas, rayos infrarrojos, luz visible, rayos ultravioletas, rayos X y rayos Gamma. Todas estas ondas se diferencian entre sí por su frecuencia y por su longitud de onda.

Los **rayos gamma** tienen las longitudes de onda más cortas y las frecuencias más altas conocidas. Son ondas de alta energía capaces de viajar a larga distancia a través del aire y son las más penetrantes.

Los **rayos X** tienen longitudes de onda más largas que los rayos gamma, pero menores que la radiación ultravioleta y por lo tanto su energía es mayor que la de estos últimos. Se utilizan en diversas aplicaciones científicas e industriales, pero principalmente en medicina para obtener radiografías. Consisten en una forma de radiación ionizante y como tal pueden ser peligrosos. Los rayos X son emitidos por electrones (exterior del núcleo), mientras que los rayos gamma son emitidos por el núcleo.

La **radiación ultravioleta (UV)** es la porción del espectro electromagnético que se encuentra entre los rayos X y la luz visible. Se denominan así porque su rango de longitud de onda se ubica justo antes de las ondas correspondientes al color violeta. La exposición a los rayos UV de manera prudente y controlada puede producir diversos beneficios para la salud, pero



una exposición excesiva puede generar cáncer de piel, afecciones oculares; asimismo, la radiación UV es altamente mutagénica (induce a mutaciones).

La **luz visible** (espectro visible) es la parte del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de detectar. Cubre todos los colores del violeta al rojo.

La **radiación infrarroja**, también conocida como radiación térmica, es la parte del espectro electromagnético que se encuentra entre la luz visible y las microondas. La fuente natural más importante de radiación infrarroja es el Sol.

Las **ondas radioeléctricas** tienen longitudes de onda largas que varían desde unos pocos centímetros a miles de kilómetros de longitud. Sus principales usos son la televisión, los teléfonos móviles y las comunicaciones por radio.

Los **rayos catódicos** son electrones de alta velocidad emitidos por el electrodo negativo de un tubo de vacío al ser atravesado por una corriente eléctrica. Los rayos catódicos se generaron por primera vez utilizando el tubo de Crookes, invento del físico británico William Crookes.

En 1895, el físico alemán Wilhelm Roentgen descubrió casualmente que los rayos catódicos que golpeaban una placa metálica generaban rayos X. Los rayos catódicos pueden ser desviados y enfocados por campos magnéticos o eléctricos. Estas propiedades se utilizan en el microscopio electrónico, en el osciloscopio de rayos catódicos y en el tubo de imagen de los receptores de televisión clásicos. Las nuevas generaciones de televisores de pantalla plana ya no usan esta clase de tubo de rayos catódicos.

## **Radiactividad**

Ciertos cuerpos tienen la propiedad de emitir radiaciones, cuando sus átomos se desintegran espontáneamente. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el becquerel, en honor a Antoine Becquerel, físico francés descubridor de la radiactividad y galardonado con el Premio Nobel de Física del año 1903.

Mediante este fenómeno, los núcleos atómicos de las sustancias radioactivas tienden a estabilizarse, perdiendo energía a través de la emisión de radiaciones.

Se denomina radiación al proceso de transmisión de ondas o partículas a través del espacio o de algún medio; el término también se emplea para las propias ondas o partículas. Las ondas y las partículas tienen muchas características comunes; no obstante, la radiación suele producirse predominantemente en una de esas dos formas: como onda, o bien como partícula.



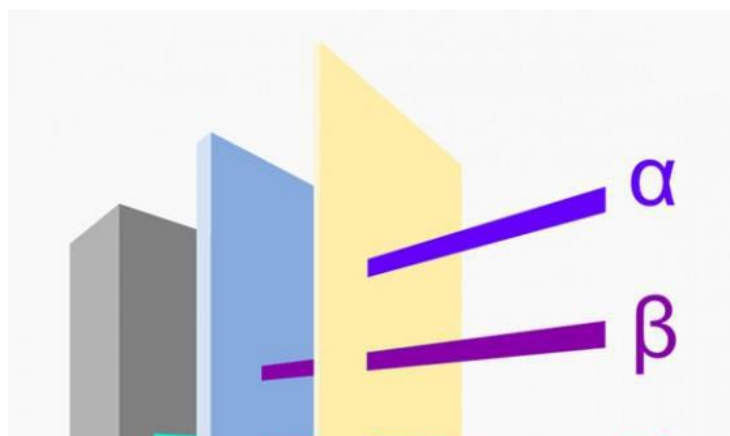
La radiación electromagnética es independiente de la materia para su propagación; sin embargo, la velocidad, intensidad y dirección de su flujo de energía se ven influidos por la presencia de materia. Esta radiación abarca una gran variedad de energías. La radiación electromagnética con energía suficiente para provocar cambios en los átomos sobre los que incide se denomina radiación ionizante. Esta es capaz, al incidir sobre la materia, de arrancar electrones de sus moléculas.

La radiación de partículas también puede ser ionizante si tiene suficiente energía. Algunos ejemplos de radiación de partículas son los rayos cósmicos, los rayos alfa o los rayos beta. Los rayos cósmicos son haces de núcleos cargados positivamente, en su mayoría núcleos de hidrógeno (protones). Los rayos cósmicos también pueden estar formados por electrones, rayos gamma, piones y muones. Los rayos alfa son haces de núcleos de helio positivamente cargados, generalmente procedentes de materiales radiactivos. Los rayos beta son corrientes de electrones, también procedentes de fuentes radiactivas.

Las emisiones de fuentes radiactivas fueron llamadas originalmente rayos Alfa, Beta y Gamma. Las propiedades de estos rayos son muy diferentes. Los rayos alfa tienen carga positiva y son detenidos por un simple papel. Los rayos beta tienen carga negativa y atraviesan el papel, aunque son detenidos por una pantalla de aluminio. Los rayos gamma son neutros y penetran el papel y el aluminio, aunque pueden ser detenidos por un blindaje de hormigón o plomo.

En la actualidad, los rayos alfa se denominan partículas alfa, y se sabe que son núcleos de átomos de helio, con poca velocidad. Los rayos beta suelen llamarse hoy partículas beta, y se sabe que son electrones. Los rayos gamma, que conservan su nombre, son parte del espectro electromagnético. Como todas las ondas electromagnéticas, también pueden considerarse como partículas (fotones), pero a diferencia de las partículas alfa y beta, carecen de carga.

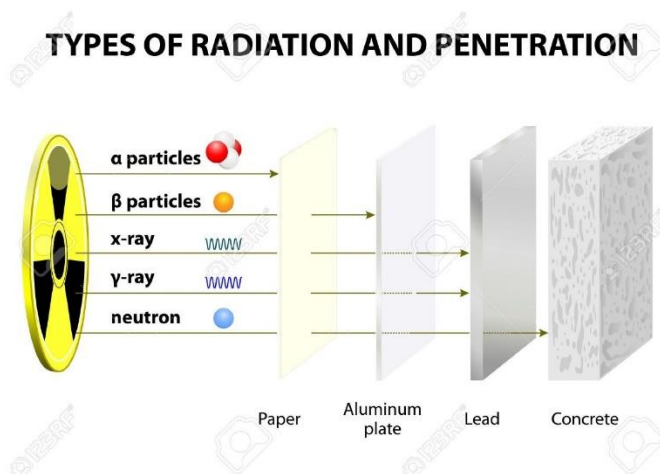
Los procesos radiactivos naturales escapan a todo control. Todas las variaciones de presión, temperatura y otros agentes físicos y químicos ni los retrasa ni los acelera. Los átomos (por lo menos los radiactivos) no son indestructibles, sino que pueden romperse. Los núcleos son a su vez estructuras complejas pues emiten partículas  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ .





Cada uno de estos tipos de radiación se comporta de manera distinta al interactuar con un campo eléctrico. Las partículas beta, como son negativas, se desvían hacia el polo positivo. Las partículas alfa, al ser positivas, se desvían hacia el polo negativo. Los rayos gamma carecen de carga, por lo tanto, no son afectados por el campo eléctrico.

Por otra parte, la masa de las partículas alfa es mucho mayor que la masa de las partículas beta; en consecuencia, se desvían mucho menos dentro del campo eléctrico.



## Rayos X

Radiación electromagnética penetrante, con una longitud de onda menor que la luz visible, producida bombardeando un blanco (generalmente de wolframio) con electrones de alta velocidad. Presentan una trayectoria rectilínea; es decir, no están cargados eléctricamente.

Los rayos X fueron descubiertos de forma accidental en 1895 por el físico alemán Wilhelm Conrad Roentgen mientras estudiaba los rayos catódicos en un tubo de descarga gaseosa de alto voltaje. A pesar de que el tubo estaba dentro de una caja de cartón negro, Roentgen vio que una pantalla de platinocianuro de bario, que casualmente estaba cerca, emitía luz fluorescente siempre que funcionaba el tubo.

Tras realizar experimentos adicionales, determinó que la fluorescencia se debía a una radiación invisible más penetrante que la radiación ultravioleta. Roentgen llamó a los rayos invisibles "rayos X" por su naturaleza desconocida. Posteriormente, los rayos X fueron también denominados rayos Roentgen en su honor.

En medicina son utilizados para la realización de exámenes radioscópicos y radiográficos.



Otras cavidades del cuerpo pueden llenarse artificialmente con materiales de contraste, de forma que un órgano determinado se vea con mayor claridad. El sulfato de bario, muy opaco a los rayos X, se utiliza para la radiografía del aparato digestivo. Para examinar los riñones o la vesícula biliar se administran determinados compuestos opacos por vía oral o intravenosa. Estos compuestos pueden tener efectos secundarios graves, por lo que sólo deben ser empleados después de una consulta cuidadosa.

Un aparato de rayos X de invención más reciente, y que se emplea sin compuestos de contraste, proporciona visiones claras de cualquier parte de la anatomía, incluidos los tejidos blandos. Se conoce como escáner de tomografía axial computarizada; gira 180° en torno al cuerpo del paciente emitiendo un haz de rayos X del grosor de un lápiz en 160 puntos diferentes. Unos cristales situados en los puntos opuestos reciben y registran la absorción de los distintos espesores de tejido y huesos. Estos datos se envían a un ordenador o computadora que convierte la información en una imagen sobre una pantalla.

Con la misma dosis de radiación que un aparato de rayos X convencional, puede verse todo un corte de espesor determinado del cuerpo con una claridad aproximadamente 100 veces mayor.



## Rayos Gamma

Los rayos gamma no son partículas, sino ondas electromagnéticas. No se desvían en un campo eléctrico. Son los más veloces y presentan un gran poder de penetración. Son emitidos por el núcleo de un átomo tras sufrir una desintegración radiactiva. Por su gran energía, son nocivos para las células vivas.

La energía del rayo gamma (generalmente similar a la de los rayos X de alta energía) corresponde a la diferencia de energías entre el núcleo original y los productos de la desintegración. Cada isótopo radiactivo emite rayos gamma con una energía característica.

## Elementos radiactivos

Cuando un átomo de una sustancia radiactiva emite:

- una partícula alfa, disminuye en dos unidades el número atómico y en cuatro la masa atómica.
- una partícula beta, aumenta su número atómico en una unidad.
- una radiación gamma, no se altera ni su masa ni su número atómico.

Se entiende por radiactividad a la desintegración del núcleo atómico de ciertos elementos, con emisión de radiaciones, formándose otro elemento químico, u otro isótopo del mismo. Todos los elementos radiactivos poseen lo que se conoce como **vida media**, la cual puede variar desde fracciones de segundo a miles de años. La vida media de un elemento radiactivo es el periodo de tiempo durante el cual la mitad de sus átomos sufren desintegración.

En la naturaleza existen ciertos elementos químicos que emiten radiaciones en forma espontánea; esto se conoce como radiactividad natural. Entre los elementos radiactivos figuran el radio, el polonio y el uranio.

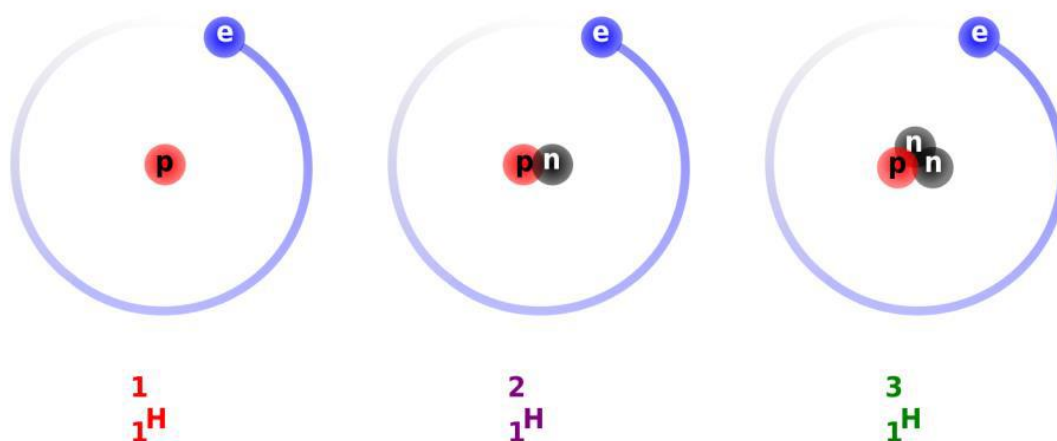
## Isótopos radiactivos

Se llama isótopo a una de las dos o más variedades de un átomo que tienen el mismo número atómico, constituyendo por tanto el mismo elemento, pero que difieren en su número másico. Puesto que el número atómico es equivalente al número de protones en el núcleo, y el número másico es la suma total de protones y neutrones en el núcleo, los isótopos del mismo elemento sólo difieren entre ellos en el número de neutrones que contienen.

Los isótopos radiactivos artificiales, conocidos también como radioisótopos, fueron producidos por vez primera en 1933. Los radioisótopos se obtienen bombardeando átomos existentes en la naturaleza con partículas nucleares como neutrones, electrones, protones y partículas alfa, utilizando aceleradores de partículas.

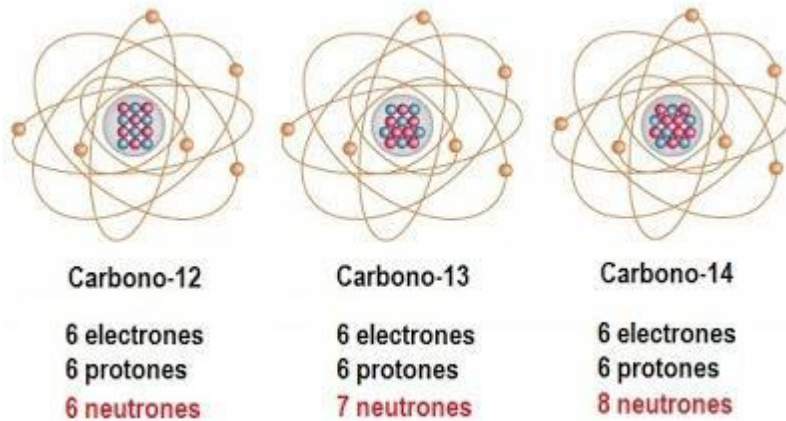
El hidrógeno posee tres isótopos naturales que se denominan protio, deuterio y tritio. El protio con una abundancia de más del 99,98 % tiene un solo protón y ningún neutrón. El deuterio, el otro isótopo estable del hidrógeno, contiene en su núcleo un protón y un neutrón. Representa el 0,0026% del hidrógeno presente en la Tierra. No es radiactivo, y no representa un riesgo significativo de toxicidad. El agua enriquecida en moléculas que incluyen deuterio en lugar de protio se denomina agua pesada, y se utiliza como moderador de neutrones y refrigerante en reactores nucleares.

El tritio contiene un protón y dos neutrones en su núcleo. Es radiactivo y se desintegra a través de una emisión beta. Posee un periodo de vida media de 12,33 años. Pequeñas cantidades de tritio se encuentran en la naturaleza por efecto de la interacción de los rayos cósmicos con los gases atmosféricos. El tritio se usa en reacciones de fusión nuclear, o como trazador en geoquímica isotópica.



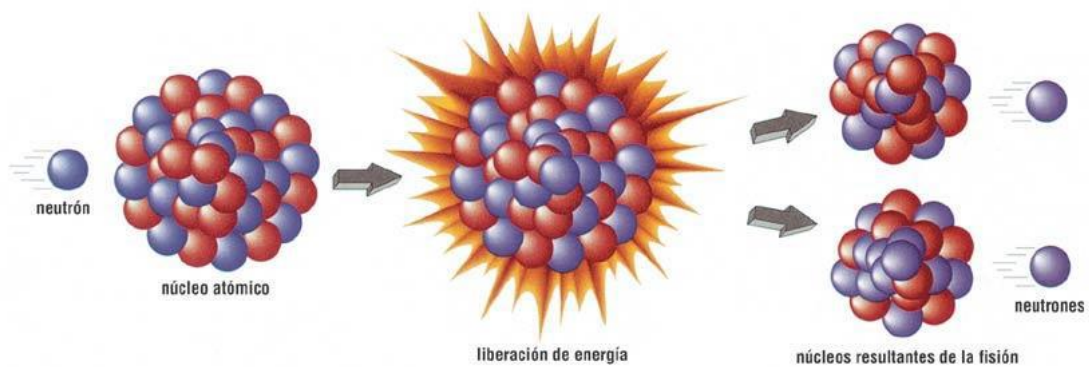
El carbono tiene tres isótopos naturales: el carbono 12 constituye el 98,89% del carbono natural y sirve de patrón para la escala de masas atómicas; el carbono 13 es el único isótopo magnético del carbono, y se usa en estudios estructurales de compuestos que contienen este elemento; el carbono 14, producido por el bombardeo de nitrógeno con rayos cósmicos, es radiactivo (con una vida media de 5.760 años) y se emplea para datar objetos arqueológicos.

### ISÓTOPOS DEL CARBONO

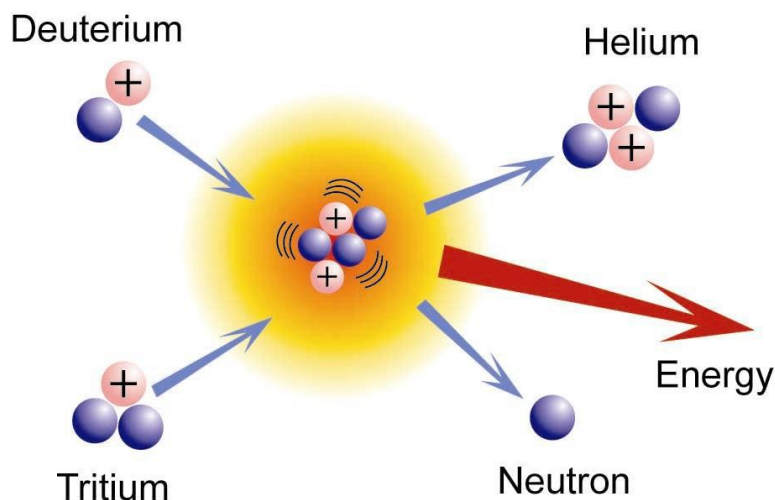


### Fisión y fusión nuclear

**Fisión nuclear:** reacción que se produce al bombardear el núcleo de un átomo de gran masa con neutrones o rayos gamma de energía muy elevada, rompiéndose y dando origen a dos o más núcleos. Este proceso libera una gran cantidad de energía.



**Fusión nuclear:** es una reacción en la cual se combinan dos núcleos atómicos de bajo número de masa para formar otro más complejo, con emisión de partículas o de radiaciones gamma. Esta reacción es la que tiene lugar en cada estrella, y es la fuente de la que proviene la energía que emiten las mismas.



### Cuestionario

- 1) ¿Qué espectro de colores cubre la luz visible?
- 2) ¿Cuál es el rango del espectro electromagnético? Ejemplifica.
- 3) ¿Cómo se propagan las ondas electromagnéticas?
- 4) ¿A qué se denomina radiación?
- 5) ¿Qué son los rayos Alfa, Beta y Gamma?
- 6) ¿Para qué se utilizan en medicina los rayos X?
- 7) ¿Qué es la vida media de los elementos radiactivos?
- 8) Define isótopo y radioisótopo.
- 9) Nombra los isótopos del hidrógeno y del carbono.
- 10) Define fisión y fusión nuclear.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Unidad I: Magnitudes**

- Csik, A.; Ferraro, M. y Pisano, J. P. (s.f.). Física. *F 03: Mediciones y errores*. Buenos Aires: Ediciones Lógicamente.
- Cuadernillo de cátedra.
- Maiztegui, A.; Sábato, J. (1986). *Introducción a la Física I. Introducción*. Buenos Aires: Kapeluz.

### **Unidad II: Estática y dinámica**

- Csik, A.; Ferraro, M. y Pisano, J. P. (s.f.). Física. *F 04: Estática; F 05: Momento de una fuerza; F 11: Dinámica; F 12: Fuerzas de rozamiento*. Buenos Aires: Ediciones Lógicamente.
- Cuadernillo de cátedra.



- Maiztegui, A.; Sábato, J. (1999). *Introducción a la Física I. Capítulo 1: Fuerza y Presión; Capítulo 13: El principio de inercia; Capítulo 14: El principio de masa; Capítulo 15: El principio de acción y reacción; Capítulo 16: Dinámica de las rotaciones; Capítulo 17: Estática.*

### Unidad III: Hidrostática e hidrodinámica

- Csik, A.; Ferraro, M. y Pisano, J. P. (s.f.). *Física. F 14: Presión-Densidad-Peso específico; F 15: Hidrostática.* Buenos Aires: Ediciones Lógikamente.
- Cuadernillo de cátedra.
- Maiztegui, A.; Sábato, J. (1986). *Introducción a la Física I. Capítulo 1: Fuerza y presión Capítulo 2: El principio de Pascal; Capítulo 3: Presión hidrostática; Capítulo 4: El principio de Arquímedes; Capítulo 5: La presión atmosférica* Buenos Aires: Kapeluz.

### Unidad IV: Gases

- Csik, A.; Ferraro, M. y Pisano, J. P. (s.f.). *Física. F 16: Neumostática.* Buenos Aires: Ediciones Lógikamente.
- Cuadernillo de cátedra.
- Maiztegui, A.; Sábato, J. (1986). *Introducción a la Física I. Capítulo 6: Compresión y expansión de los gases; Capítulo 26: Dilatación de los cuerpos.* Buenos Aires: Kapeluz.

### Unidad V: Calor y temperatura

- Csik, A.; Ferraro, M. y Pisano, J. P. (s.f.). *Física. F 20: Calorimetría I; F 21: Calorimetría II.* Buenos Aires: Ediciones Lógikamente.
- Cuadernillo de cátedra.
- Maiztegui, A.; Sábato, J. (1999). *Introducción a la Física I. Capítulo 25: Termodinámica; Capítulo 26: Dilatación de los cuerpos; Capítulo 27: Calorimetría; Capítulo 28: Transmisión del calor; Capítulo 29: Naturaleza del calor.* Buenos Aires: Kapeluz.

### Unidad VI: Ondas y sonido

- Csik, A.; Ferraro, M. y Pisano, J. P. (s.f.). *Física. F 24: Acústica.* Buenos Aires: Ediciones Lógikamente.
- Cuadernillo de cátedra.
- Maiztegui, A.; Sábato, J. (1986). *Introducción a la Física II. Capítulos 8: El sonido (p. 452-462).* Buenos Aires: Kapeluz.

### Unidad VII: Óptica I

- Csik, A.; Ferraro, M. y Pisano, J. P. (s.f.). *Física. F 22: Óptica I.* Buenos Aires: Ediciones Lógikamente.
- Cuadernillo de cátedra.



- Maiztegui, A.; Sábato, J. (1986). *Introducción a la Física II. Capítulos 3: La reflexión de la luz; Capítulo 4: La refracción de la luz*. Buenos Aires: Kapeluz.

### Unidad VIII: Óptica II

- Csik, A.; Ferraro, M. y Pisano, J. P. (s.f.). *Física. F 23: Óptica II*. Buenos Aires: Ediciones Lógicamente.
- Cuadernillo de cátedra.
- Maiztegui, A.; Sábato, J. (1986). *Introducción a la Física II. Capítulo 5: Las lentes; Capítulo 6: Instrumentos de óptica*. Buenos Aires: Kapeluz.

### Unidad IX: Magnetismo y electricidad

- Csik, A.; Ferraro, M. y Pisano, J. P. (s.f.). *Física. F 18: Electrodinámica*. Buenos Aires: Ediciones Lógicamente.
- Cuadernillo de cátedra.
- Maiztegui, A.; Sábato, J. (1986). *Introducción a la Física II. Capítulo 15: La corriente eléctrica; Capítulo 16: Diferencia de potencial y fuerza electromotriz; Capítulo 17: Ley de Ohm*. Buenos Aires: Kapeluz.

### Unidad X: Radiaciones

- Cuadernillo de cátedra.
- Maiztegui, A.; Sábato, J. (1986). *Introducción a la Física II. Capítulo 26: El campo electromagnético; Capítulo 27: Aplicaciones de la electrónica; Capítulo 29: Los rayos X; Capítulo 32: La estructura del núcleo; Capítulo 34: La liberación de la energía nuclear*. Buenos Aires: Kapeluz.

### Bibliografía complementaria:

- Cromer, A. (1992). *Física para las ciencias de la vida*. Barcelona: Reverté.
- Parisi, M. (2004). *Temas de biofísica*. México: McGraw-Hill Interamericana.