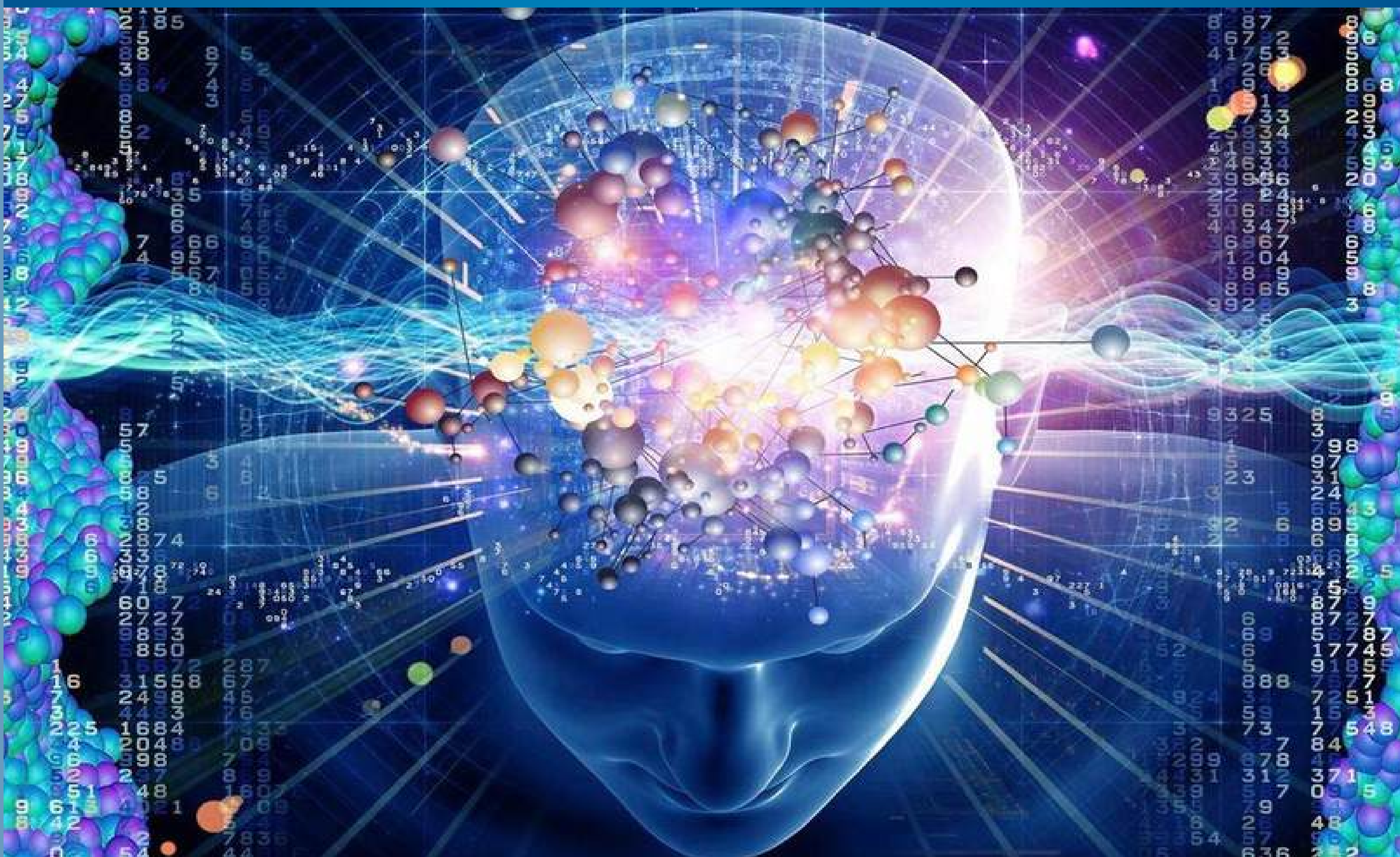
FÍSICA ELEMENTAL Y APLICADA



Universidad de Guayaquil

MAWIL
Publicaciones Impresas
y Digitales
www.mawil.us

FÍSICA ELEMENTAL Y APLICADA

FÍSICA ELEMENTAL Y APLICADA

MAWIL
Publicaciones Impresas
y Digitales

DATOS DE CATALOGACIÓN

AUTORES:
Walter Enrique Mariscal Santi
Ángela Esperanza Plúa Santillán
Frella Soraya Garcia Larreta
Luis Hernando Lalama Fernández
Raisa Stephania Mariscal García
Eduardo Francisco De la Torre Quiñonez
Walter Jeancarlos Mariscal García
Troski Alexander Montiel Rivera

Título: Física Elemental y Aplicada

Descriptores: Fisica; Quimica; Matematicas.

Edición: 1era

ISBN: 978-9942-787-15-6

Editorial: Mawil Publicaciones de Ecuador, 2018

Área: Educación Superior

Formato: 148 x 210 mm.

Páginas: 211

MAWIL Publicaciones Impresas y Digitales

Texto para Docentes y Estudiantes Universitarios

El proyecto didáctico *Física Elemental y Aplicada*, es una obra colectiva creada por sus autores y publicada por *MAWIL*; publicación revisada por el equipo profesional y editorial siguiendo los lineamientos y estructuras establecidos por el departamento de publicaciones de *MAWIL* de New Jersey.

*Director General: PhD. Wilfrido Palacios Paredes.
*Dirección Central MAWIL: Office 18 Center Avenue Caldwell; New Jersey # 07006
*Gerencia Editorial MAWIL-Ecuador: Aymara Galanton,
*Editor de Arte y Diseño: Camila Rodríguez Conde

FÍSICA ELEMENTAL Y APLICADA

Primera Edición

Autores

Ab. Q.F. Walter Enrique Mariscal Santi MSc, PhD
Docente Principal Titular Universidad de Guayaquil
Docente de la Cátedra de Física I de la Facultad de Ciencias Químicas
Filiación Universidad de Guayaquil

Dra. Ángela Esperanza Plúa Santillán MSG
Nefróloga; Directora Medicdial S.A
Filiación Universidad de Guayaquil

Q.F. Frella Soraya Garcia Larreta MSc
Profesora Principal Titular Universidad de Guayaquil
Filiación Universidad de Guayaquil

Ing. Luis Hernando Lalama Fernández
Docente de la Cátedra de Física I de la Facultad de Ciencias Químicas
Filiación Universidad de Guayaquil

Md. Raisa Stephania Mariscal García
Bachiller Químico Biólogo, Unidad Educativa La Inmaculada
Médico General, Facultad de Medicina Universidad de Guayaquil
Directora de Subcentro de Salud Cerritos, Balzar (Agosto a Diciembre 2016)
Médico Residente en Hospital General Guasmo Sur
Filiación Universidad de Guayaquil

Q.F Eduardo Francisco De la Torre Quiñonez
Validación de Procesos, Áreas y Sistemas; Control Estadístico de Procesos
Desarrollo de Formas Farmacéuticas
Filiación Universidad de Guayaquil

Walter Jeancarlos Mariscal García
Escuela Superior Politécnica del Litoral; Facultad de Ingeniería Eléctrica
Filiación Universidad de Guayaquil

Q.F Troski Alexander Montiel Rivera MSC
Filiación Universidad de Guayaquil

MAWIL
Publicaciones Impresas
y Digitales

FÍSICA ELEMENTAL Y APLICADA

MAWIL
Publicaciones Impresas
y Digitales

PRÓLOGO

En la actualidad, sigue siendo de especial interés el trabajo de la asignatura Física I, sobre todo en el que se pretende desarrollar habilidades en nuevos profesionales en el área de la salud e industrial.

Inicialmente en el presente texto, se evidencia a través de cuatro unidades concretas un resumen teórico práctico pertinente relacionado con los procesos físicos, que empieza por la comprensión de los fenómenos físicos y termina con los cambios de estado de la materia y los procesos termodinámicos, ofreciendo una revisión teórica de los conceptos fundamentales y una propuesta de solucionario de los cambios físicos que se dan en los campos en el que se desarrolla la Física I; los cuales le ofrecen al estudiante de los primeros semestres las herramientas de resolución y toma de decisiones en el campo profesional del área de la salud e industrial.

En este texto también encontraremos la formulación de ejercicios resueltos lo que le ofrece al estudiante una efectiva oportunidad de conectar y relacionar los conocimientos teóricos adquiridos en su entorno con los hechos prácticos.

Finalmente a través de este texto en las que se revisan particularidades de la física I Elemental y Aplicada, aspiramos que se propongan a partir del presente texto nuevos enfoques que permitan elevar el nivel de razonamiento teórico-práctico en el campo de la Física I, que aporte al estudiante los elementos necesarios para resolver los problemas cotidianos de su ejercicio profesional.

Los Autores

INTRODUCCIÓN

Ha sido común la presencia de textos de física que en su gran mayoría mantienen contenidos en donde se informa únicamente conceptos u otra información que solamente son operacionales, es decir, con enfoques diversos en el manejo de las fórmulas y resolución de problemas.

El presente texto pretende combinar simultáneamente los conceptos y las operaciones e inducir al estudiante a la comprensión de una asignatura como la física desde un punto de vista recreativo, funcional y competitivo.

En el presente trabajo se hace énfasis tanto en la explicación teórica, en la conceptualización y desarrollo analítico, con ejercicios propuestos, así como de los planteados para su desarrollo, además de la autoevaluación, para su fácil comprensión. Por lo tanto, en el contenido del texto se propone un diseño estructural que permita articular las destrezas con las competencias, es decir el desarrollo de habilidades, conocimientos y experiencias para actuar con éxito en el desarrollo de la vida académica y profesional del estudiante.

Indudablemente que el proceso de enseñanza en el área de física es el resultado de la participación activa del estudiante, relacionando los objetos de su entorno con los conocimientos físicos y matemáticos, y aplicando las habilidades de identificación, análisis, síntesis, operatividad y obtención de soluciones ante situaciones cotidianas; en consecuencia el presente texto trata sobre la comprensión de definiciones, postulados, conceptos sobre la base del conocimiento científico pasando por las evidencias de destrezas que ayudan al identificación y entendimiento de los fenómenos físicos para la resolución de ejercicios teóricos prácticos con eficiencia y eficacia demostrando la capacidad de aplicación de los conocimientos de la física, en representaciones del contexto real y proponiendo nuevas alternativas para encontrar la respuesta adecuada.

Como hemos podido apreciar anteriormente los fenómenos químicos implican una suma de fenómenos físicos de diversa índole, por ende el entendimiento por parte del docente constituye un aspecto fundamental a fin de que éste pueda impartir los conocimientos necesarios a los profesionales en formación. El presente texto abarca cuatro unidades contenidos en dos capítulos, que plantean una serie de temas físicos útiles para los Químicos Farmacéuticos los cuales al estar sustentados en gran parte a los temas vistos anteriormente, resultarán sencillos tanto para el docente como para el estudiante.

ÍNDICE

CAPITULO 1

MAWIL
Publicaciones Impresas
y Digitales

Conceptos fundamentales

La física como ciencia

Siendo la ciencia el conjunto ordenado en forma coherente y sistematizada de conocimientos que permite explicar los fenómenos que se producen en la naturaleza y su entorno, la Física por lo tanto es una de las ciencias fundamentales de la naturaleza en donde el objeto de estudio es el fenómeno natural y su método, el método científico, así, la naturaleza y nuestros órganos sensoriales nos permiten la observación de los fenómenos que nos induce a explicar el porqué de los mismos, y por tanto procedemos a la formulación de una hipótesis; para comprobar esta hipótesis y sacar de ella una consecuencia debemos llevar a cabo la recolección de datos y estos utilizados convenientemente, mediante la experimentación pueden llegar a convertirse en el sustento de una teoría, finalmente si dichos datos mantienen consistencia y una relación coherente, al pasar las pruebas de las etapas anteriores se convierte en una Ley Científica, entendiéndose por tal a la expresión de una rutina en la naturaleza, algo que se repite siempre que las condiciones sean las mismas (Cervo & Bervian, 1990).

Las leyes pueden ser cualitativas y cuantitativas. Son cualitativas, cuando no tienen relación alguna entre las magnitudes que intervienen en el fenómeno. En cambio son cuantitativas cuando expresa relación entre las magnitudes que corresponden al fenómeno y se expresan mediante fórmulas, que son relaciones algebraicas entre los símbolos que representan las magnitudes de los factores que intervienen en el fenómeno; así por ejemplo, si soltamos un cuerpo en el aire y medimos la altura h y el tiempo t empleado en caer y comparamos dichas dimensiones en otros experimentos semejantes encontraremos que ambas magnitudes mantienen siempre la siguiente relación $h/t = c$ en donde c es una constante; esta relación expresa una relación algebraica de una ley cuantitativa (Mauricio, 1999).

Las leyes pueden expresarse por medio de palabras y en el caso anterior podemos decir que h (altura) es directamente proporcional al cuadrado de t (tiempo). Las leyes se expresan con frecuencia mediante gráficos a través del plano bidimensional y permite comprender fácilmente la forma cómo dos magnitudes físicas están relacionadas (Feynman, 2000).

Magnitudes Directamente Proporcionales

Cuando dos magnitudes se relacionan de forma tal que cuando una aumenta la otra aumenta también se dice que su relación es directamente proporcional. Las magnitudes directamente proporcionales se caracterizan porque corresponden a una línea recta que pasa por el origen, (VV.AA, 2016) y se expresa por la relación matemática de:

$$Y = KX$$

En donde Y representa la variable dependiente que en el plano cartesiano vá en el eje de las ordenadas; X representa la variable independiente y va ubicada en el eje de las abscisas, y K representa la constante de proporcionalidad; por lo tanto el valor de la constante despejada es la siguiente.

$$K = \frac{Y}{X}$$

Problema resuelto: - En una experiencia de laboratorio a una masa determinada se le aplico varias fuerzas horizontales y se midió el cambio de la aceleración que experimentaba la masa.

Los resultados del experimento se muestran en la siguiente tabla:

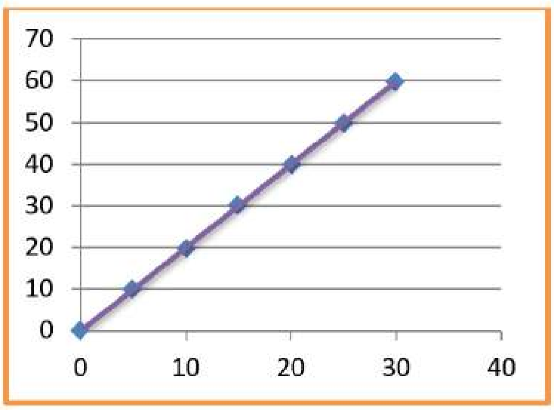
X	Y
ACELERACION	FUERZAS
5	10
10	20
15	30
20	40
25	50
30	60

a.)¿Cuál es la variable independiente y cuál es la dependiente?

La fuerzas es la variable dependiente y la aceleración es la variable independiente.

b.)Realiza una gráfica de la fuerza vs la Aceleración.

FUERZA



ACELERACION

c.) Escriba la ecuación que liga las dos variables

F= masa x aceleración (Fórmula especifica) ó
y= (K)(X)(Fórmula general)

Magnitudes Inversamente Proporcionales

Cuando en una relación de dos variables se observa que mientras una variable aumenta la otra disminuye su valor, decimos que las dos magnitudes se relacionan en forma inversa, (Espuig, 2011).

Dos magnitudes son inversamente proporcionales si al aumentar una, la otra disminuye en la misma proporción. Este tipo de proporcionalidades están ligadas por un producto constante.
La ecuación que representa magnitudes inversamente proporcionales es:

$Y = \frac{K}{X}$;en donde Y representa la variable dependiente que en el plano cartesiano va en

el eje de las ordenadas; X representa la variable independiente y va ubicada en el eje de las abscisas, y K representa la constante de proporcionalidad; por lo tanto el valor de la constante despejada es la siguiente: $K = XY$

Problema resuelto: -Se tienen cinco recipientes que contienen la misma cantidad de agua. Cada uno de estos tiene un orificio de área determinada y diferente a los demás.

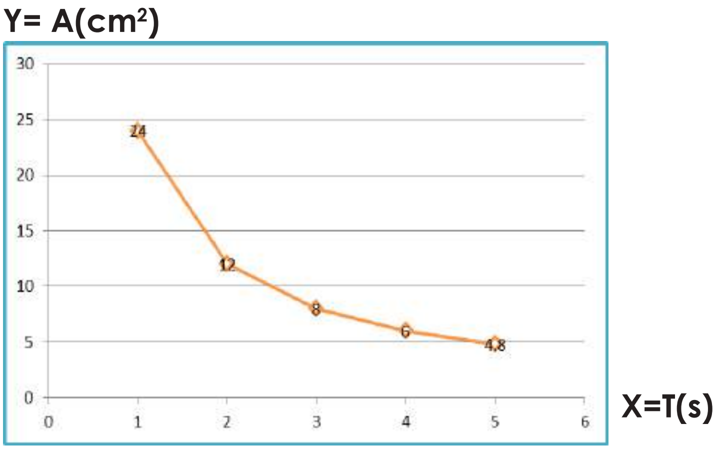
Se registra el tiempo de salida del agua para cada recipiente obteniendo los siguientes datos:

X	Y
T(s)	A(cm2)
1	24
2	12
3	8
4	6
5	4.8

a.)Determine las variables dependiente (Y) e independiente (X).

El tiempo (t) es la variable independiente (X); y el área (A) es la variable dependiente (Y).

b.)Realice una gráfica entre variables.



c.) Encuentre la ecuación que liga las variables.

$$Y = \frac{K}{X} \quad es \quad decir \quad A = \frac{24}{T}; \quad donde \quad K \quad es \quad igual \quad K = (24)(1) = 24$$

d.) Halle los valores de "t" para a= 5cm² y a= 2.5cm²

$$A = \frac{24}{T}; \quad Por \quad lo \quad \tan to \quad T = \frac{24}{A} = \frac{24}{5} = 4.8; T = \frac{24}{A} = \frac{24}{2.5} = 9.6$$

Proporcionalidad lineal

En algunos casos la relación entre las variables se presenta de manera que cuando una de las variables es cero(independiente) la otra variable(dependiente) tiene un valor distinto de cero; al trazar la gráfica nos resulta una recta que no pasa por el punto (0,0) pero corta al eje de "y" en un valor determinado. Esta relación entre variables se conoce como "variación lineal", (Rojas et al, 2012) y corresponde a la ecuación de la recta:

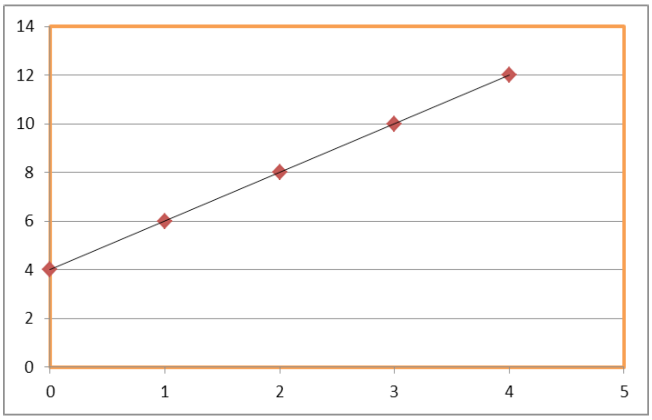
y= ax+b.

Problema resuelto: en una experiencia de laboratorio se considera la longitud del resorte como la variable dependiente y el número de cuerpos como la variable independiente, como muestra la tabla siguiente:

X	Y
NUMERO DE CUERPO	**LONGITUD (cm)**
0	4
1	6
2	8
3	10
4	12

Realice una gráfica de las variables

Y=Longitud (cm)



X= números de cuerpos

b.)¿Qué tipo de gráfica se obtiene?

Una línea recta que no pasa por el origen.

c.)¿Son magnitudes directamente proporcionales? ¿Por qué?

No, porque en la gráfica la línea recta no pasa por el origen.

d.) Escriba la ecuación que liga las variables.

y= ax+b; por lo tanto y= ax+4; en donde b que es el intersecto o punto de intersección de la recta en el eje de las ordenadas es igual a 4.

Funciones y Gráficas

Generalidades: Función, Tabla de datos, y Graficas

El concepto de función es de suma importancia en la ciencia, debido a esto vamos a estudiar este tema de una manera un poco detallada.

Dos conjuntos de números, por ejemplo, pueden estar relacionados de varias maneras mediante alguna regla o fórmula determinada; empero nos interesa una forma particular de relación entre dichos conjuntos, la cual recibe el nombre de función, (Carmen Azcárate Giménez, 1989).

Funciones

Introducción.- Una función de variable real es toda correspondencia que asocia a cada elemento de un subconjunto no vacío de un único número real. La expresamos como:

$$f : D \subset R \to R \qquad\qquad \chi \to \gamma = f(\chi)$$

x es la variable independiente e y la variable dependiente.

Al conjunto D , de valores que toma la variable i0ndependiente x se le llama dominio de la función.

Al conjunto de valores que toma la variable dependiente y se le llama recorrido de la función.

Una función se define explícitamente si viene dada como $\gamma = f(\chi)$, es decir, si la variable dependiente y , está despejada.

Una función se define implícitamente si viene dada en la forma $f = (\chi_1 \gamma) = 0$, esto es, si la función se define mediante una expresión algebraica igualada a cero.

Ejemplo:

La función $\gamma = \cos(\chi)$ está expresada en forma explícita.
La función $\log \gamma - \chi = 0$ está expresada en forma implícita.

Gráfica

Una gráfica es la representación de datos, generalmente numéricos, mediante líneas, superficies o símbolos, para ver la relación que esos datos guardan entre sí. También puede ser un conjunto de puntos, que se plasman en coordenadas cartesianas y sirven para analizar el comportamiento de un proceso, o un conjunto de elementos o signos que permiten la interpretación de un fenómeno (Carmen Azcárate Giménez, 1989).

En conclusión la gráfica de una función **f** es el conjunto de puntos del plano definido de la siguiente forma:

$$\left\{(\chi,\gamma)\in R^2 \mid \gamma = f(\chi)\right\}$$

Características de una función

Las características más importantes de una función son:

- Dominio y recorrido.
- Existencia o no de periodicidad.
- Existencia o no de simetrías.
- Acotada o no acotada (superior y/o inferiormente).
- Existencia o no de extremos relativos.
- Existencia o no de extremos absolutos.
- Puntos de discontinuidad.
- Puntos de corte con los ejes de coordenadas.
- Signo de la función.
- Donde la función es creciente y donde decreciente.
- Concavidad y convexidad.
- Asíntotas (horizontales, verticales y oblicuas).

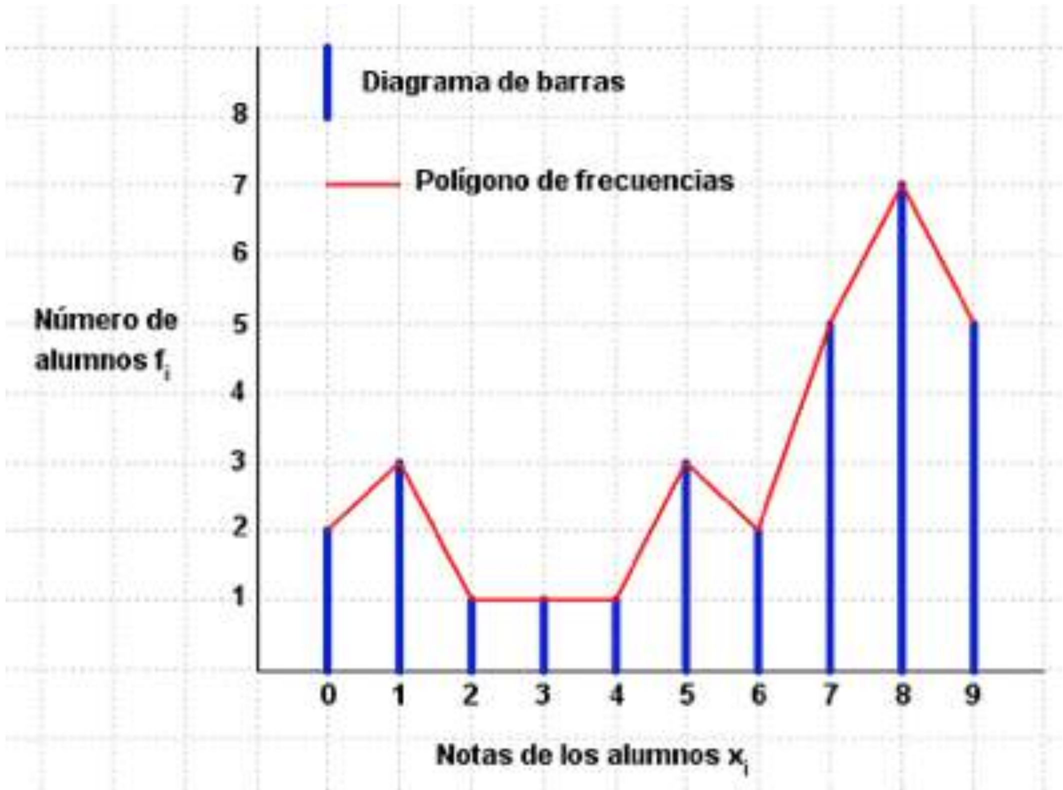
La representación gráfica de una función se lleva a cabo para visualizar de golpe las características más importantes de dicha función, por eso, antes de dibujar la gráfica de la función es importante determinar analíticamente cuáles son esas características, (Carmen Azcárate Giménez, 1989).

Importancia de los gráficos

La mayor parte de los documentos que se manejan en informática contienen texto y gráficos. También se puede ver en libros, folletos, carteles publicitarios, etc. que el uso combinado de texto y gráficos resulta ser muy bueno para comunicar ideas.

Cuando se maneja un gráfico en informática, nos interesa el resultado final y también la facilidad de manejo. Con los dos tipos de gráficos que hay se puede conseguir la misma calidad, pero el trabajo que demandan y la manera de manejar cada uno hacen que sea importante conocer las distintas características de los dos tipos.

Cuando se utilizan las tablas, los gráficos y los diagramas aprendemos a tomar conciencia de unos conocimientos previos relativos a un texto, a organizar la nueva información relacionándola con la de temas anteriores, y a elaborar resúmenes y síntesis diferenciando lo fundamental de lo accesorio; todo esto se convierte en una herramienta muy potente para facilitar el recuerdo de todo lo que hay que recordar de un texto, (Carmen Azcárate Giménez, 1989).



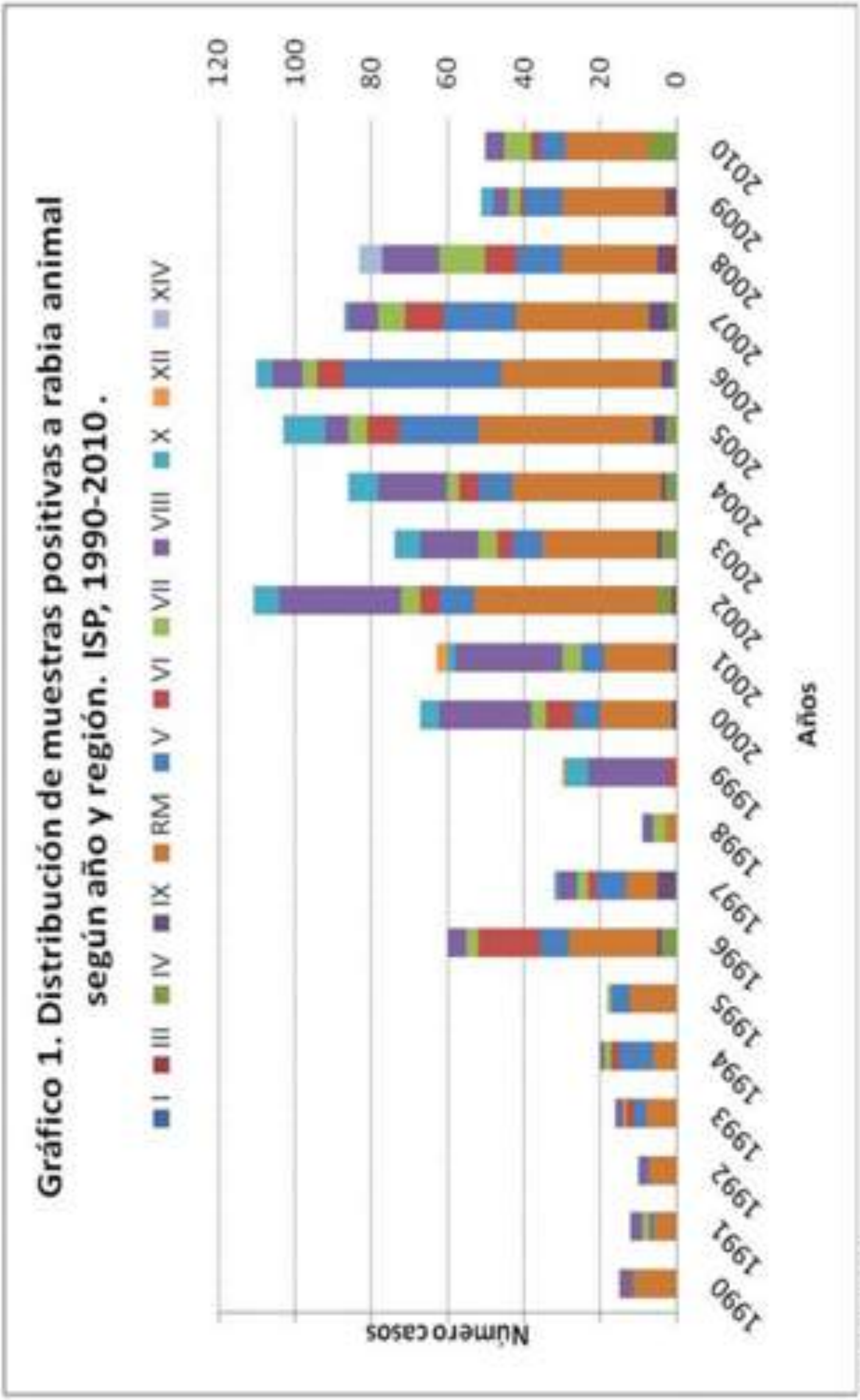


Gráfico 1. Distribución de muestras positivas a rabia animal
según año y región. ISP, 1990-2010 .
I
III
IV
IX
RM
V
VI
VII
VIII
X
XII
XIV
120
100
80
60
40
20
0
Número casos
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
Años

Fuente: ISP

Utilidad de los Gráficos

La utilidad de los gráficos es doble, ya que pueden servir no sólo como sustituto a las tablas, sino que también constituyen por sí mismos una poderosa herramienta para el análisis de los datos, siendo en ocasiones el medio más efectivo no sólo para describir y resumir la información, sino también para analizarla.

El propósito de un gráfico no es entonces muy diferente del de cualquier otra herramienta estadística: ayudar a la comprensión y comunicación de la evidencia aportada por los datos respecto a una hipótesis en estudio.

Un gráfico científico debe servir por tanto para representar la realidad, no para generar nuevas realidades inexistentes fuera de la propia imagen. La llegada de los ordenadores y de programas para la generación de gráficos y presentaciones ha puesto en manos del usuario común una herramienta poderosa, antes de que disponga de los conocimientos o la mentalidad adecuada para usarla, y de esa forma nos vemos invadidos, cierto que con honrosas excepciones, por una insensata proliferación de gráficos mercantilistas que parece que tienen como único objetivo hacernos ver la capacidad del programa utilizado: llenos de una variada gama de colores, todo tipo de fuentes de letras imaginables, casi tantos como palabras, y por supuesto representación al menos en tres dimensiones. Todo lo contrario de lo que un buen gráfico científico debe ser, en el que su calidad radica precisamente en la simplicidad de la presentación para permitir visualizar unos datos complejos, (Carmen Azcárate Giménez, 1989).

La calidad de un gráfico estadístico consiste en comunicar ideas complejas con precisión, claridad y eficiencia, de tal manera que:

- Induzca a pensar en el contenido más que en la apariencia.
- No distorsione la información proporcionada por los datos.
- Presente mucha información (números) en poco espacio.
- Favorezca la comparación de diferentes grupos de datos o de relaciones entre los mismos (por ejemplo una secuencia temporal).

Cómo realizar un Gráfico

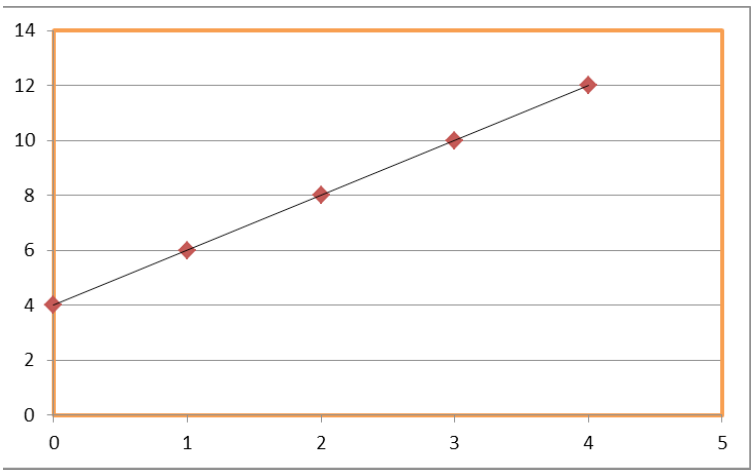
Realizamos cualquier tipo de gráfico obteniendo los datos que nos da el problema mediante la correspondiente tabla de valores, como por ejemplo reemplazando en el plano cartesiano los valores que indica la tabla, esto es ubicándolos valores correspondiente al eje de las x o abscisas y luego al eje de las y u ordenadas (Carmen Azcárate Giménez, 1989).

Ejemplos: en una experiencia de laboratorio se considera la longitud del resorte como la variable dependiente y el número de cuerpos como la variable independiente, como muestra la tabla siguiente:

X	Y
NUMERO DE CUERPO	**LONGITUD (cm)**
0	4
1	6
2	8
3	10
4	12

Realice una gráfica de las variables

Y=Longitud (cm)



X= números de cuerpos

Elección de ejes y unidades

En Física la elección de ejes y unidades ya está normalizada por el S.I (Sistema Internacional de medidas y unidades) existiendo unidades fundamentales y derivadas. Que todos los países lo adoptaron para la comercialización de sus productos (Carmen Azcárate Giménez, 1989).

Las respuestas de dichos ejercicios se expresan o se reducen al sistema de unidades deseado, los más utilizados son:

Unidades de las Magnitudes Fundamentales (SI)

MAGNITUD	UNIDAD	REPRESENTACIÓN
Tiempo	Segundo	S
Longitud	Metro	M
Masa	Kilogramo	Kg
Temperatura	Kelvin	°K
Intensidad de la corriente eléctrica	Ampere	A
Intensidad	Luminosa Candela	Cd
Cantidad de sustancia	Mol	Mol

SISTEMA DE UNIDADES CLÁSICOS							
SISTEMA MÉTRICO				SISTEMA INGLÉS			
DIMENSIÓN	CGS	M.K.S	TECNICO	GRAVIT.	DINAMICO	TECNICO	GRAVIT
Longitud	centímetro	metro	Metro	Metro	Pies	Pies	Pies
Masa	Gramo	Kilogramo	U.T.M	Kilogramo	Libra	Slug	Libra
Tiempo	Segundo	Segundo	Segundo	Segundo	Segundo	Segundo	Segundo

CUADRO DE SISTEMAS DE UNIDADES							
	SISTEMA MÉTRICO			SISTEMA MÉTRICO			
MAGNITUDES							
	CGS	MKS	TECNICO	GRAVITACIONAL	DINMICO	TECNICO	GRAVITACIONAL
	(m-L-t)	(m-L-t)	(F-L-T)	(9.8)(f-m-l-t)	(m-L-t)	(f-L-T)	(32.2)f-m-l-t
LONGITUD	Cm	m	m	M	Pie	Pie	pie
Masa=m	g*	Kg*	UTM(unidad técnica de masa)	Kg(9.8)	Lb*	Slug	Lb*(32.2)
Tiempo=T	S	s	S	S	S	S	s
Fuerza=F $F = m\frac{1}{t^2}$ $\alpha = \frac{1}{t^2}$	Dina $Dina = g*\frac{cm}{s^2}$	Newton $N = Kg*\frac{m}{s^2}$	Kilogramos-fuerzas $Kgf = UTM\frac{m}{s^2}$	Kilogramos-fuerzas $Kgf = Kg(9.8)\frac{m}{s^2}$	Poundal $P = lb*\frac{pie}{s^2}$	Libra-fuerza $lbf = slug\frac{pie}{s^2}$	Libra-fuerza $lbf = lb*(32.2)\frac{pie}{s^2}$
Trabajo=T $T = FxL$ $T = m\frac{L^2}{t^2}$	ERGIOS $E = (dina).(cm)$ $N = Kg*\frac{m}{s^2}$	Joule $J = (N)(m)$ $J = Kg\frac{m^2}{s^2}$	Kilográmetro $Kgm = (Kgf)(m)$ $Kgm = UTM*\frac{m^2}{s^2}$	Kilográmetro $Kgm = (Kgf)(m)$ $Kgm = Kg(9.8)\frac{m^2}{s^2}$	Poundal – pie $P = lb*\frac{pie}{s^2}$ $= lb*\frac{pie^2}{s^2}$	Libra-pie $= (lbf)(pie)$ $= slug\frac{pie^2}{s^2}$	Libra-pie $= (lbf)(pie)$ $= lb*(32.2)\frac{pie^2}{s^2}$
Potencia=P $P = \frac{T}{t}$ $P = m\frac{L^2}{t^3}$	ERGIOS/s $E/s = \frac{(dina).(cm)}{s}$ $E/s = g*\frac{cm^2}{s^3}$	Joule/s $J/s = \frac{(N)(m)}{s}$ $J/s = Kg\frac{m^2}{s^3}$	Kilográmetro/s $Kgm/s = \frac{(Kgf)(m)}{s}$ $Kgm/s = UTM*\frac{m^2}{s^3}$	Kilográmetro/s $Kgm/s = \frac{(Kgf)(m)}{s}$ $Kgm/s = Kg(9.8)\frac{m^2}{s^3}$	Poundal – pie/s $= \frac{(P)(pie)}{s}$ $= lb*\frac{pie^2}{s^3}$	Libra-pie/s $= \frac{(lbf)(pie)}{s}$ $= slug\frac{pie^2}{s^3}$	Libra-pie/s $= \frac{(lbf)(pie)}{s}$ $= lb*(32.2)\frac{pie^2}{s^3}$

La interpolación

Se denomina interpolación a la obtención de nuevos puntos partiendo del conocimiento de un conjunto discreto de puntos (Carmen Azcárate Giménez, 1989).

En ingeniería y algunas ciencias es frecuente disponer de un cierto número de puntos obtenidos por muestreo a partir de un experimento y pretender construir una función que los ajuste (Carmen Azcárate Giménez, 1989).

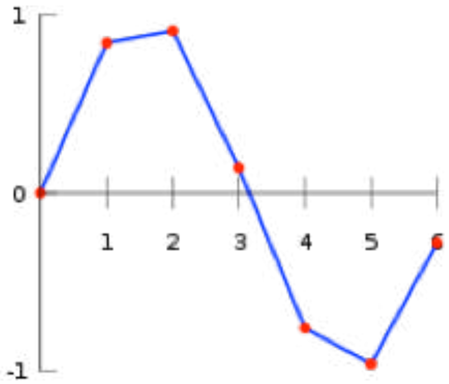
Otro problema estrechamente ligado con el de la interpolación es la aproximación de una función complicada por una más simple. Si tenemos una función cuyo cálculo resulta costoso, podemos partir de un cierto número de sus valores e interpolar dichos datos construyendo una función más simple. En general, por supuesto, no obtendremos los mismos valores evaluando la función obtenida que si evaluásemos la función original, si bien dependiendo de las características del problema y del método de interpolación usado la ganancia en eficiencia puede compensar el error cometido (Carmen Azcárate Giménez, 1989).

En todo caso, se trata de, a partir de n parejas de puntos (xk, yk), obtener una función f que verifique.

$$f(\chi_k) = y_k, k = 1,...., n$$

A la que se denomina función interpolante de dichos puntos. A los puntos xk se les llama nodos. Algunas formas de interpolación que se utilizan con frecuencia son la interpolación lineal, la interpolación polinómica (de la cual la anterior es un caso particular), la interpolación por medio de spline o la interpolación polinómica de Hermite.

Interpolación Lineal



La línea azul representa la interpolación lineal entre los puntos rojos.

Interpolación lineal.- Uno de los métodos de interpolación más sencillos es el lineal.

En general, en la interpolación lineal se utilizan dos puntos, (xa,ya) y (xb,yb), para obtener un tercer punto interpolado (x,y) a partir de la siguiente fórmula:

$$y = y_a + (x - x_a)\frac{(y_b - y_a)}{(x_b - x_a)}$$

La interpolación lineal es rápida y sencilla, pero no muy precisa.

Cuando tienes una serie de datos numéricos en una tabla por ejemplo, y estos datos no están relacionados entre sí por una fórmula conocida, y queremos saber o calcular más o menos que valor tomaría la variable en alguna parte entre los valores de la tabla... tenemos que **INTERPOLAR.** Es decir adjudicar un valor entre los otros, de allí "inter".

Y cuando queremos saber un valor fuera de los de la tabla.. se llama EXTRAPOLAR, por afuera "extra" (Carmen Azcárate Giménez, 1989).

Usualmente se hace suponiendo que entre los valores conocidos más cercanos al que buscas pasa una recta. Es decir que se utiliza la fórmula de una recta que pase o contenga a los valores conocidos más cercanos al que buscas.

La extrapolación

Consiste en hallar un dato fuera del intervalo conocido, pero debe tenerse en cuenta que esté próximo a uno de sus extremos, pues en otro caso no es muy fiable el resultado obtenido (Carmen Azcárate Giménez, 1989).

Pendiente

Cuando hablas de una recta. La pendiente es la inclinación de la recta. Más específicamente; es la tangente del ángulo que esa recta forma con el eje "X":

La ecuación de la recta es:

$$\mathbf{y = mx + b}$$

En donde "m" es la pendiente.

Definición de la pendiente

La pendiente de una recta en un sistema de representación triangular (cartesiano), suele ser representado por la letra m, y es definido como el cambio o diferencia en el eje Y dividido por el respectivo cambio en el eje X, entre 2 puntos de la recta. En la siguiente ecuación se describe:

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

El símbolo delta "Δ", es comúnmente usado en cálculo para representar un incremento.

Dados dos puntos (x1,y1) y (x2,y2), la diferencia en X es x2 − x1, mientras que el cambio en Y se calcula como y2 − y1. Sustituyendo ambas cantidades en la ecuación descrita anteriormente obtenemos:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Donde m representa la pendiente entre el punto 1 y el punto 2. La cual representa la razón de cambio de y respecto a x, es decir si (x) se incrementa en 1 unidad, (y) se incrementa en (m) unidades.

Si el ángulo de inclinación es mayor que 0 se dice que la pendiente es positiva, si el ángulo de inclinación es menor que 0 se dice que la pendiente es negativa, si la pendiente es igual a 0 la recta es paralela al eje (x) del plano cartesiano, y si la pendiente es indefinida la recta es paralela al eje (y) del plano cartesiano, (Mustafa A. Munem, 1976).

Geometría

Cuanto menor sea el valor de la pendiente, menor inclinación tendrá la recta. Una línea horizontal tiene pendiente = 0, mientras que una que forme un ángulo de 45° con el eje X tiene una pendiente = +1 (si la recta "sube hacia la derecha"). Una recta con 45° de inclinación "que baje hacia la derecha" , tiene pendiente = -1. Una recta que no tiene un número real que la defina, ya que su pendiente tiende a infinito.

El ángulo θ que una recta tiene con el eje positivo de y, está relacionado con la pendiente m (Mustafa A. Munem, 1976) , en la siguiente ecuación:

$$m = \tan\theta \quad \text{y} \quad \theta = \arctan m$$

Dos o más rectas son paralelas si ambas poseen la misma pendiente, o si ambas son verticales y por ende no tienen pendiente definida; 2 o más rectas son perpendiculares (forman un ángulo recto entre ellas) si el producto de sus pendientes es igual a -1.

La pendiente en las ecuaciones de la recta

Si y es una función lineal de x, entonces el coeficiente de x es la pendiente de la recta. Por lo tanto, si la ecuación está dada de la siguiente manera:

$$y = mx+b$$

Entonces m es la pendiente. En esta ecuación, el valor de b puede ser interpretado como el punto donde la recta intercepta al eje Y, es decir, el valor de y cuando x = 0. Este valor también es llamado coordenada de origen, (Mustafa A. Munem, 1976).

Si la pendiente m de una recta y el punto (x0,y0) de la recta son conocidos, entonces la ecuación de la recta puede ser encontrada usando:

$$y= y_0=m\,(x-x_0)$$

Por ejemplo, considere una recta que pasa por los puntos (2, 8) y (3, 20). Esta recta tiene pendiente.

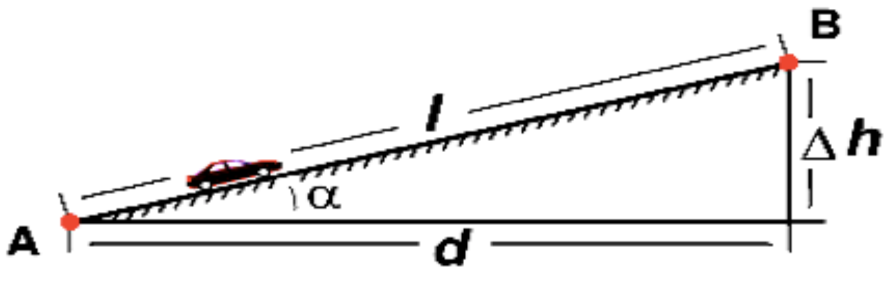
$$m = \frac{(20-8)}{(3-2)} = 12$$

Luego de esto, uno puede definir la ecuación para esta recta usando la fórmula antes mencionada:

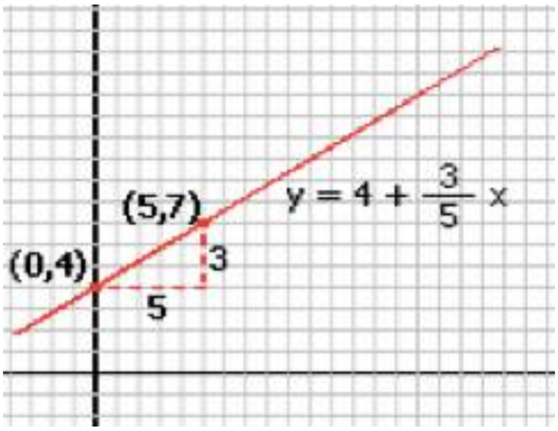
$$y-8=12(x-2)=12x-24 \rightarrow y = 12x - 16$$

La pendiente de la recta en la fórmula general:

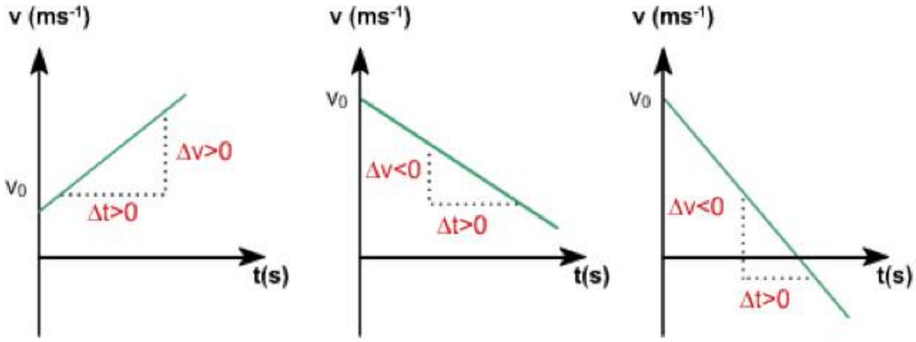
$$Ax+By+C=0$$



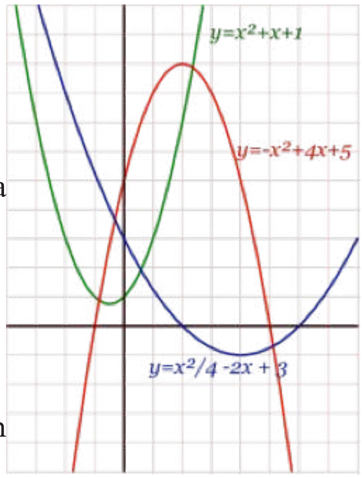
Conclusión: La pendiente esta en función a al inclinación o a la tangente del ángulo (dirección), pudiendo ser positiva o negativa.



Ejercicio : a partir de los siguientes gráficos, determine cual pendiente es positiva y cual es negativa.



Variación Proporcional al Cuadrado



Gráficas de funciones cuadráticas

Una variación cuadratica o función de segundo grado es una función polinómica de grado dos, (Rees, 1986) definida como:

$$f\ (x) = ax^2 + bx + c$$

en donde, la variable X está elevada al cuadrado a, b y c son números reales (constantes) y a es distinto de 0.

La ecuación de una varaicion proporcional a cuadrado es la siguiente:

$$y = ax^2 + bx + c$$

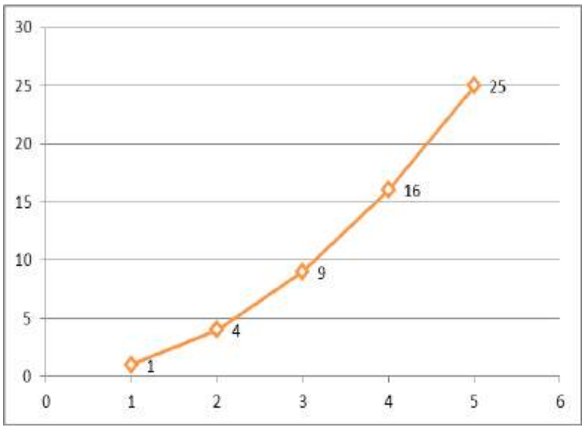
Que correspónde a una parábola vertical, orientada hacia arriba o hacia abajo según el signo de la letra a.

EJEMPLO DE UNA VARIACIÓN CUADRÁTICA.- Sabiendo que el área de un cuadrado está dada por: A=L2. Donde L corresponde al lado de la figura. Así:

Para L= 1m $\longrightarrow$ A=1m^2
Para L=2m $\longrightarrow$ A=4m^2
Para L= 3m $\longrightarrow$ A=9m^2
Para L= 4m $\longrightarrow$ A=16m^2
Para L= 5m $\longrightarrow$ A=25m^2

En donde L que representa a la longitud (m) es la variable independiente (X), y A que representa al área (m2) es la variable dependiente (Y).

X	Y
LONGITUD (m)	**ARÉA (m2)**
1	1
2	4
3	9
4	16
5	25



Variación Proporcional al Cubo

Una variacion al cubo o función de tercer grado es una función polinómica de grado tres, (Claude Irwin Palmer, 1979) definida como:

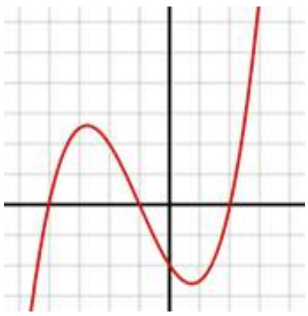
$$\mathbf{f(x)= ax^3+ cx^2 + bx +c}$$

En donde, la variable X está elevada al cubo a, b y c son números reales (constantes) y a es distinto de 0. Que correspónde a una curva con una inclinacion bien pronunciada, orientada hacia arriba o hacia abajo según el signo de la letra a.

Una ecuación de tercer grado con una incógnita es una ecuación que se puede poner bajo la forma canónica:

$$\mathbf{ax^3 + bx^2 + cx + d = 0}$$

Donde a, b, c y d ($a \neq 0$) son números que pertenecen a un campo, usualmente el campo de los números reales o el de los números complejos



Existen ciertas ocasiones en los cuales dos magnitudes, X y Y, están relacionadas de manera que al elevar al cubo el valor de X, el valor de Y incrementa su valor proporcionalmente, así por ejemplo cuando X es igual a dos y este es elevado al cubo, el resultado de Y, es igual a ocho, si tiene un valor cuatro la variable X, y se la eleva al cubo, el resultado de Y es igual a 64; la gráfica de esta variación proporcional al cubo, es la siguiente:

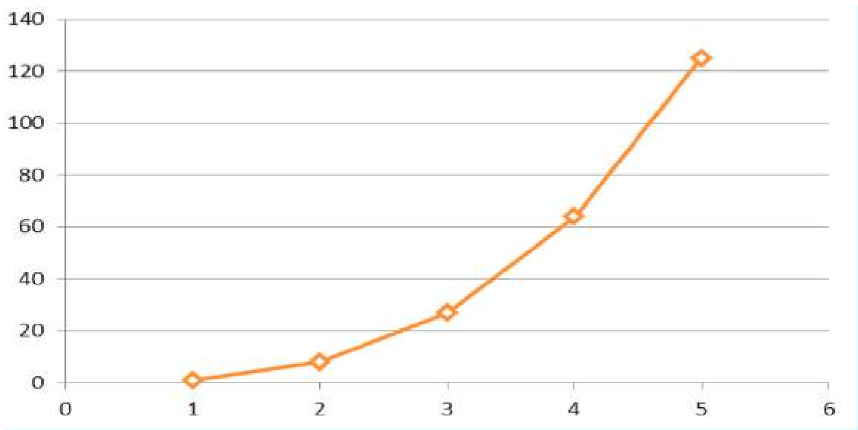
Ejemplo de una variacion al cubo.- Sabiendo que el volumen de un cubo está dada por: V=L3. Donde L corresponde los lados de la figura. Así:

Para L= 1m $\longrightarrow$ V=1m^3
Para L=2m $\longrightarrow$ V=8m^3
Para L= 3m $\longrightarrow$ V=27m^3
Para L= 4m $\longrightarrow$ V=64m^3
Para L= 5m $\longrightarrow$ V=125m^3

En donde L que representa a la longitud (m) es la variable independiente (X), y V que representa al volumen (m3) es la variable dependiente (Y).

X	Y
LONGITUD (m)	**VOLUMEN (m3)**
1	1
2	8
3	27
4	64
5	125

Y=longitud (m)



X= volumen (m^3)

Se puede observar la forma que adquiere la curva que muestra una inclinación más pronunciada, característica de una variación proporcional al cubo, y se lee de la siguiente manera.

“Y es proporcional al cubo de X”

La Física y sus Ramas

Física Clásica

Es aquella que trata el estudio de fenómenos que ocurren a una velocidad relativamente pequeña comparada con la velocidad de la luz y cuyas escalas espaciales son muy superiores al tamaño de átomos y moléculas, (Gerald James Holton, 1996), dentro de este campo se encuentra:

- **MECÁNICA** describe el movimiento de los cuerpos y su evolución en el tiempo bajo la acción de fuerzas, por ejemplo cuando abrimos la cerradura con una llave ejercemos una fuerza que hace que esta gire.
- **TERMODINÁMICA** estudia la energía, la transformación entre sus diferentes manifestaciones como el calor y su capacidad para producir trabajo, el motor de combustión interna es un buen ejemplo.
- **MECÁNICA DE ONDAS** estudia los fenómenos que se describen por medio de una perturbación en tiempo y el espacio, y sirve como un mecanismo de transporte de energía sin transporte neto de materia como la ACUSTICA, por ejemplo el sonido es una onda
- **ELECTROMAGNETISMO** estudia y unifica los fenómenos eléctricos y magnéticos, por ejemplo la tormenta eléctrica es un fenómeno eléctrico y magnético.
- **ÓPTICA** La Óptica es la rama de la física que estudia el comportamiento de la luz, sus características y sus manifestaciones. Abarca el estudio de la reflexión, la refracción, las interferencias, la difracción, la formación de imágenes y la interacción de la luz con la materia. En la Edad Antigua se conocía la propagación rectilínea de la luz y la reflexión y refracción. Dos filósofos y matemáticos griegos escribieron tratados sobre óptica, Empédocles y Euclides.
- **DIFRACCIÓN**: es la capacidad de las ondas para cambiar la dirección alrededor de obstáculos en su trayectoria, esto se debe a la propiedad que tienen las ondas de generar nuevos frentes de onda.
- **POLARIZACIÓN**: es la propiedad por la cual uno o más de los múltiples planos en que vibran las ondas de luz se filtra impidiendo su paso. Esto produce efectos como eliminación de brillos.

II Física Moderna

Se desarrolló a inicios del siglo XX y estudia los fenómenos que se producen a la velocidad de la luz cuyas escalas espaciales son del tamaño del átomo o inferiores (Raymond A. Serway, 2006):

Relatividad Se divide en dos partes:

- **Relatividad especial** que se define en sistemas de referencia con velocidad constante.
- **Relatvidad general** que toma en cuenta la aceleración y la gravedad.
- **Física cuántica** llamada mecánica cuántica explica el comportamiento de la materia a escala muy pequeña.
- **Física de partículas** estudia los componentes elementales de la materia y sus interacciones entre ellos.

La física, sus leyes y otras ciencias

Nuestro entorno como sabemos es enorme y a la vez complejo, y en él podemos observar una gran cantidad de fenómenos y procesos en diferentes escalas las cuales pueden ir desde la escala atómica (10-15 metros) hasta las distancias más grandes (por ejemplo unos 1023 metros). En todos los objetos y fenómenos de la naturaleza tenemos en común los diversos y continuos cambios (por ejemplo los cambios de estado), así como un movimiento en la materia, que involucra una serie de variaciones que ocurren en nuestro medio (Santiago Burbano de Ercilla, 2003).

La Física, al ser una ciencia de la naturaleza estudia formas y propiedades elementales del movimiento de la materia tales como: mecánicas, térmicas, electromagnéticas, etc., que son parte integrante de otras formas de movimiento como son: el movimiento biológico, el movimiento químico y el movimiento fisicoquímico. En el complejo mundo de los seres vivos, desde la célula hasta el organismo en su conjunto, se llevan a cabo fenómenos físicos tales como: el movimiento mecánico, la absorción de la radiación luminosa, los fenómenos de capilaridad, la polarización dieléctrica, la conducción eléctrica etc (Santiago Burbano de Ercilla, 2003).

Los conocimientos de las leyes de la Física son cada vez más empleados en muchas otras ramas, tenemos el caso de la resonancia magnética nuclear, la difracción de rayos X, la microscopía electrónica, el análisis espectral, etc. De la física se han originado diversas ramas como son la astrofísica, la geofísica, la biofísica, la fisicoquímica, etc. En resumen la Física es la base en que se apoyan todas las ciencias naturales (Santiago Burbano de Ercilla, 2003).

La Física es experimental. La investigación en la física se basa en el experimento, siendo este el punto de partida y el criterio final para comprobar las predicciones teóricas (Santiago Burbano de Ercilla, 2003).

Tanto en la Física como en cualquier otra ciencia, las leyes expresan conexiones que rigen el comportamiento de diferentes objetos y fenómenos, así como sus interacciones. Cabe recalcar que las leyes físicas no deben verse como verdades absolutas y acabadas, sino como el desarrollo del conocimiento sobre el mundo físico en una época determinada (Santiago Burbano de Ercilla, 2003).

A finales del siglo XIX, el núcleo inicial de la física lo constituyen las ecuaciones de Newton del movimiento mecánico. La mecánica de Newton explicaba el movimiento de los cuerpos más comunes de la vida diaria así como el movimiento planetario. A ella se unió posteriormente la teoría clásica electromagnética elaborada por Maxwell (Santiago Burbano de Ercilla, 2003).

Posteriormente se creó la teoría de la relatividad, donde se establece las ecuaciones del movimiento de los cuerpos si sus velocidades son muy elevadas (comparables con la velocidad de la luz), y la mecánica cuántica, que permite explicar los procesos atómicos y la estructura de la sustancia. Por ello es inevitable que la física se relacione con otras ramas (Santiago Burbano de Ercilla, 2003).

La materia y sus estados físicos

Definimos como materia a todo aquello que nos rodea, es la realidad objetiva que existe independiente de nuestros sentidos y que puede ser captada y reflejada por ellos.

En general se tiende a identificar erróneamente a la materia como una de sus formas de existencia: la de sustancia. Así no es fácil aceptar que un bloque de madera, un recipiente con agua o el aire son entes materiales. La otra forma material que encontramos en la naturaleza es la del campo gravitacional y la electromagnética.

La materia en su forma más elemental se compone de átomos, cuya estructura está constituida por el núcleo o parte central constituida por protones, neutrones y demás partículas subatómicas y la envoltura en donde se encuentran los electrones que giran alrededor del núcleo, (Raymond A. Serway J. S., 2001).

La forma como están dispuestos los átomos en la materia hace que sus propiedades varíen y básicamente se diferencian tres estados: Sólido, Líquido y Gaseoso.

Son cuerpos sólidos si la disposición de los átomos dentro de la materia es tal que la unión entre uno y otro átomo es muy fuerte y sus espacios interatómicos son tan pequeños, que adquieren una estructura compacta. Los sólidos ocupan volúmenes fijos, son resistentes a deformaciones, no son compresibles.

Son cuerpos líquidos cuando los átomos forman una estructura en la que los espacios interatómicos son pequeños debido a que las uniones no son tan fuertes, de tal forma que los átomos pueden moverse entre esos espacios. Los líquidos adoptan la forma del recipiente que los contiene, pueden fluir fácilmente, pero no son compresibles.

Cuerpos gaseosos son aquellos en los que los átomos presentan una disposición irregular y por tanto los espacios entre ellos son grandes, los gases adoptan la forma del recipiente que los contiene, lo llenan todo y son compresibles.

La materia

Todo lo que nos rodea está formado por materia. Estudiaremos a lo largo de la Unidad las propiedades generales de la materia (masa, volumen y temperatura, etc.) y algunas específicas, haciendo hincapié en la densidad. Nos centraremos en el significado de estos conceptos, su medida y aplicaciones a ejemplos de la vida cotidiana, (Robert W. Christy, 1971).

Trataremos de sentar algunos conocimientos básicos para abordar en próximas unidades el estudio de la Física.

Propiedades de la materia

MATERIA es todo lo que tiene masa y ocupa un volumen. Son materia la pizarra, un libro, un bolígrafo, etc y no son materia la bondad, belleza, color, etc.

Hay determinadas magnitudes físicas que no permiten diferenciar unas sustancias de otras y por ello se les llama PROPIEDADES GENERALES de la materia. Es el caso de la masa y el volumen.

Para distinguir unas sustancias de otras hay que recurrir a las PROPIEDADES ESPECÍFICAS, que sí son propias de cada sustancia. Entre ellas podemos citar la densidad, dureza, punto de fusión, etc. Insistir en que para poder identificar una sustancia, en la mayoría de los casos hay que recurrir al estudio de más de una propiedad específica.

Propiedades generales de la materia:

Volumen: Se relaciona con el espacio que ocupa un sistema material, sea sólido, líquido o gas.

La unidad de volumen en el Sistema Internacional es el metro cúbico (m3), aunque en el caso de fluidos suele emplearse el litro. Las equivalencias entre estas unidades son:

$$1\ dm^3 = 1\ \text{litro} = 10\text{-}3\ m^3$$

Ejemplo. Ordene de mayor a menor los siguientes volúmenes:

a) 10 litros b) 0,005 m3 c) 50 dm3 d) 300 ml e) 1000 m3 f) 100 m3

$$\boxed{e} \rightarrow \boxed{f} \rightarrow \boxed{c} \rightarrow \boxed{a} \rightarrow \boxed{b} \rightarrow \boxed{d}$$

Actividad 1. Estime el volumen de agua que consume en casa durante una semana.

Exprese el resultado en litros y en metros cúbicos. ¿Qué medidas tomaría para disminuir el consumo de agua?.

La medida de volúmenes es una técnica habitual en los laboratorios. A continuación estudiaremos la medida de volúmenes de sólidos, líquidos y gases.

En la **MEDIDA DE VOLÚMENES DE SÓLIDOS**, recordar que tienen tanto forma como volumen propios y distinguiremos entre:

- Sólidos con forma geométrica regular (esferas, cilindros, prismas, etc): En estos casos recurriremos a las fórmulas matemáticas conocidas para el cálculo de volúmenes.

Ejemplo. ¿Cómo calcularía el volumen de un trozo de pirita de forma cúbica?.

Como se trata de un cubo, medimos la longitud de la arista y aplicamos la expresión correspondiente al volumen del cubo. Recuerde que V= a3.

- Sólidos irregulares: Usaremos el método de inmersión, que consiste en tomar un determinado volumen conocido en una probeta. Introducimos el sólido irregular en la probeta con precaución y calculamos el volumen del sólido por diferencia.

Ejemplo. Determine en el laboratorio el volumen del fragmento de cuarzo de forma irregular.

Vertemos 750 ml de agua en una probeta. Al añadir el fragmento de cuarzo aumenta el nivel hasta 800 ml. Por tanto el volumen del fragmento de cuarzo es de 50 ml.

Actividad 2. ¿Cómo resolvería el problema del cálculo del volumen de un sólido irregular que fuese soluble en agua?.

Los **VOLÚMENES DE LÍQUIDOS** se miden fácilmente debido a la propiedad que presentan de adoptar la forma del recipiente que los contiene. Entre los instrumentos de laboratorio más utilizados para medir volúmenes de líquidos destacamos:

- **BURETAS:** se emplean para transferir volúmenes variables de líquidos con precisión, controlándose la salida del líquido mediante una llave. Su uso más extendido lo encontramos en las valoraciones.

- **PIPETAS:** se usan para transferir pequeñas cantidades de líquido con precisión.
- **PROBETAS:** se utilizan para medir volúmenes de líquidos con menor precisión.

Ejemplo. Exprese la sensibilidad y capacidad de cada uno de los tres instrumentos anteriores.

La capacidad es el máximo volumen que podemos medir con él y la sensibilidad la mínima cantidad que podemos apreciar con dicho instrumento. De esta forma:

INSTRUMENTO	CAPACIDAD	SENSIBILIDAD
PROBETA	36 ml	2 ml
BURETA	50 ml	5 ml
PIPETA	10 ml	1 ml

Hay que tener cuidado en la lectura del volumen de un líquido concreto al usar cualquiera de los citados instrumentos. Debe coincidir el fondo del menisco con la marca correspondiente al volumen deseado. Debemos mirar el enrase en posición horizontal, pues de lo contrario estaríamos midiendo de forma errónea.

Medida de volúmenes de gases: Los gases no tienen ni volumen ni forma propios, ocupando todo el recipiente que los contiene. En general los sólidos y líquidos experimentan una pequeña dilatación al aumentar la temperatura y las presiones les afectan menos. Sin embargo en el caso de los gases el volumen va a depender de las condiciones de presión y temperatura de forma mucho más acusada que en los sólidos y líquidos. Por ello no nos detendremos en su estudio.

Como actividad práctica opcional en el laboratorio podemos plantear con ayuda del profesor, el diseño de una pequeña experiencia para medir el volumen de un gas que se desprende en una determinada reacción química.

Actividad. Habitualmente las sustancias gaseosas se miden en volúmenes. ¿Conoce algún caso muy familiar en el que se venden licuados y puedan medirse en kilogramos?.

Masa: es una propiedad general de la materia que se define como la cantidad de materia que tiene un cuerpo.

La unidad de masa en el S.I. es el kilogramo (Kg).
Ejemplo. Exprese las siguientes masas en kilogramos:

a) Masa de un protón .... 1’7 10^{-21} mg.
b) Masa de un electrón......................... 9’1 10^{-31} Kg.
c) Masa de un elefante...................... ...4’5 10^{7} dg.
d) Masa de la Luna.............................. 7’4 10^{25} g.
e) Masa de la Tierra........................... ..6 10^{29} cg.
a) 1’7 10^{-27} Kg
b) 9’1 10^{-31} Kg
c) 4’5 10^{3}Kg
d) 7’4 10^{22} Kg
e) 6 10^{24} Kg

Los instrumentos que se emplea para medir masas son las BALANZAS. Existen distintos tipos de balanzas como las balanzas de precisión, balanzas automáticas; etc.

Actividad. Consulte en el diccionario el significado de la palabra “ROMANA” e investigue sobre la equivalencia entre quintal, tonelada y kilogramo.

La masa de un cuerpo es siempre la misma aunque cambie su forma o el lugar donde se encuentre, mientras que el volumen hemos visto que depende de muchos factores como la temperatura, presión, estado físico del sistema.

Ejemplo. ¿ Cómo mediría la masa de un folio en una balanza de las que habitualmente se usaban en las tiendas?. Dispone de 500 folios.

Calcularía la masa de los 500 folios y dividiría el valor entre 500 para así saber la masa de un folio.

A través de las siguientes experiencias vamos a poner de manifiesto la LEY DE LA CONSERVACIÓN DE LA MASA, que se puede enunciar como sigue: “En una reacción química la masa de los reactivos que intervienen es igual a la masa de los productos que se forman”.

Inercia.- En física, la inercia es la propiedad que tienen los cuerpos de permanecer en su estado de movimiento, mientras no se aplique sobre ellos alguna fuerza. Como consecuencia, un cuerpo conserva su estado de reposo o movimiento uniforme en línea recta si no hay una fuerza actuando sobre él.

En resumen, la inercia es la resistencia que opone la materia al modificar su estado de reposo o movimiento. En física se dice que un sistema tiene más inercia cuando resulta más difícil lograr un cambio en el estado físico del mismo. Los dos usos más frecuentes en física son la inercia mecánica y la inercia térmica.

La primera de ellas aparece en mecánica y es una medida de dificultad para cambiar el estado de movimiento o reposo de un cuerpo. La inercia mecánica depende de la cantidad de masa y del tensor de inercia.

La inercia térmica mide la dificultad con la que un cuerpo cambia su temperatura al estar en contacto con otros cuerpos o ser calentado. La inercia térmica depende de la cantidad de masa y de la capacidad calorífica.

Las llamadas fuerzas de inercia son fuerzas ficticias o aparentes que un observador percibe en un sistema de referencia no-inercial.

Impenetrabilidad.- La impenetrabilidad es la resistencia que opone un cuerpo a que otro ocupe simultáneamente su lugar, ningún cuerpo puede ocupar al mismo tiempo el lugar de otro. Así mismo la impenetrabilidad es la resistencia que opone un cuerpo a ser traspasado.

Causas de la Impenetrabilidad Física.- La materia ordinaria está constituida por átomos unidos entre sí por enlaces electrónicos. Puesto que los electrones que forman estos enlaces son fermiones obedecen al principio de exclusión de Pauli lo cual hace que cada electrón ocupe un espacio efectivo y los electrones no puedan "ocupar" el mismo espacio simultáneamente, eso confiere a la materia ordinaria las propiedades cartesianas de ser extensa e impenetrable.

Porosidad.- La porosidad específica es la capacidad de un material de absorber líquidos o gases. La capacidad de absorción se puede medir con una fórmula matemática.

Que puede servir para medir la capacidad de absorción de agua o porosidad másica:

$$Pm = \frac{m_s - m_o}{m_o}$$

Dónde:

m_0, Masa de una porción cualquiera del material (en seco).
m_s, Masa de la porción después de haber sido sumergido en agua:
P_m, porosidad másica del objeto expresado (en tanto por ciento).

Esta última ecuación puede ser usada para estimar la proporción de huecos o porosidad volumétrica:

$$P_v = \frac{V_0}{V_T} = \frac{\rho_m}{\rho_m + \rho_f \dfrac{1}{\rho_m}}$$

Dónde:

ρ_m, es la densidad del material (seco).
ρ_f, es la densidad del agua.
P_v, es la proporción de huecos (expresada en tanto por uno).

Deformidad.- La deformación es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica.

Compresibilidad.- La compresibilidad es una propiedad de la materia a la cual se debe que todos los cuerpos disminuyan de volumen al someterlos a una presión o compresión determinada manteniendo constantes otros parámetros.

Compresibilidad en sólidos, líquidos y gases

Los sólidos

A nivel molecular son muy difíciles de comprimir, ya que las moléculas que tienen los sólidos son muy pegadas y existe poco espacio libre entre ellas como para acercarlas sin que aparezcan fuerzas de repulsión fuertes. Esta situación contrasta con la de los gases los cuales tienen sus moléculas separadas y que en general son altamente compresibles bajo condiciones de presión y temperatura normales, (Paul Allen Tipler, 2005).

Los líquidos

Bajo condiciones de temperatura y presión normales son también bastante difíciles de comprimir aunque presenta una pequeña compresibilidad mayor que la de los sólidos.

Compresibilidad en mecánica de fluidos.- En mecánica de fluidos se considera típicamente que los fluidos encajan dentro de dos categorías que en general requieren un tratamiento diferente: los fluidos compresibles y los fluidos incompresibles. Que un tipo de fluido pueda ser considerado compresible o incompresible no depende sólo de su naturaleza o estructura interna sino también de las condiciones mecánicas sobre el mismo. Así, a temperaturas y presiones ordinarias, los líquidos pueden ser considerados sin problemas como fluidos incompresibles, aunque bajo condiciones extremas de presión muestran una compresibilidad estrictamente diferente de cero.

Los gases

Debido a su baja densidad aún a presiones moderadas pueden comportarse como fluidos compresibles, aunque en ciertas aplicaciones pueden ser tratados con suficientes aproximación como fluidos incompresibles. Por estas razones, técnicamente más que hablar de fluidos compresibles e incompresibles se prefiere hablar de los modelos de flujo adecuados para describir un fluido en unas determinadas condiciones de trabajo y por eso más propiamente se habla de flujo compresible y flujo incompresible.

Compresibilidad en termodinámica.- En termodinámica se define la compresibilidad de un sistema hidrostático como el cambio relativo de volumen frente a una variación de la presión. En principio la magnitud de la compresibilidad depende de las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo la compresión o descompresión del sistema, por lo que a menos que se especifique el modo en que se lleva a cabo esa operación la compresibilidad de un valor u otro según las cantidades de calor intercambiadas con el exterior. Debido a esa dependencia de la compresibilidad de las condiciones se distingue entre la compresibilidad isoterma y la compresibilidad adiabática.

Compresibilidad Isoterma.- Es una medida de la compresibilidad de un cuerpo o sistema termodinámico cuando se somete a una transformación cuasiestática de presión mientras su temperatura se mantiene constante y uniforme

En un proceso de variación de presión a temperatura constante, el cuerpo habrá intercambiado una cierta cantidad de calor con el exterior por lo que su energía total, que puede obtenerse como suma del trabajo realizado sobre el cuerpo y del calor intercambiado por el mismo no permanecerá constante.

Compresibilidad adiabática

Es una medida de la compresibilidad de un cuerpo o sistema termodinámico cuando se somete a una transformación cuasiestática de presión en condiciones de aislamiento término perfecto.

Propiedades específicas de la materia

Las propiedades específicas son aquellas que definen las propiedades intrínsecas de la materia o sus características particulares, (Melo, 2014) y entre algunas de ellas tenemos:

- **MALEABILIDAD,** capacidad para reducirse a láminas, todos los metales son maleables.
- **DUCTIBILIDAD**, capacidad para reducirse a hilos o alambres metálicos, todos los metales son dúctiles.
- **DIVISIBILIDAD**, capacidad de la materia en dividirse en partículas, moléculas y átomos.
- **PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS**, como color, olor, forma, tamaño, textura de la materia captada por nuestros órganos de los sentidos.
- **PLASTICIDAD**, capacidad de la materia para estirarse y deformar su forma original, por ejemplos el plástico, la plastilina, son materias plásticas y deformables.
- **PROPIEDAD INTENSIVAS**, son aquellas que no dependen de la cantidad de materia, por ejemplo, el punto de fusión, punto de ebullición, índice de refracción, la densidad, coeficiente de dilatación.
- **DILATABILIDAD**, propiedad de la materia de extender su forma, por ej las chapas de aluminio son dilatables y las vías del ferrocarril cuando en épocas de excesivo calor hace que extiendan su forma original.

Tarea:

Definir las propiedades específicas o particulares de la materia anteriormente señaladas con ejemplos.

- Densidad,
- Temperatura
- Solubilidad
- Punto de ebullición
- Punto de fusión
- Punto de congelación

Ejercicios de aplicación de la unidad:

Ejercicios tomados del Libro Física General de Marcelo Alonso y Virgilio Acosta

1. Al hacer un experimento se encontró que los valores de una magnitud y eran 14.8, 10.6, 6.9 y 5.4; mientras que los valores de otra magnitud x fueron: 29.6, 21.2, 13.8 y 10.8. Representar gráficamente la relación entre y y x. Qué clase de relación hay entre X y Y.
2. Si x es directamente proporcional a y, y vale 3.6, cuando y vale 2.8. Cuál es el valor de y cuando x vale 5.2?
3. Resolver el problema anterior si x es inversamente proporcional a y.
4. Establecer las leyes que se derivan de la expresión y=
5. Escribir la fórmula que corresponde a la siguiente ley: z es directamente proporcional al cuadrado de x e inversamente proporcional a la raíz cúbica de y.

Subrayar la respuesta correcta:

a.- "Es una ciencia que tiene por objeto entender la naturaleza en su nivel más fundamental"

- Matemáticas - Física - Química

b.- "En que campo de estudio de la física se encuentra el electromagnetismo"

- Física Clásica - Física Moderna - Física Contemporánea

c.- "Estudia la energía, su transformación y su capacidad de producir trabajo"

- Mecánica - Termodinámica - Ondas

d.- "estudia aquellos fenómenos que se producen a la velocidad de la luz o valores cercanos a ella o cuyas escalas espaciales son del orden del tamaño del átomo o inferiores"

- Física Clásica - Física Moderna - Física Contemporánea

7.- Unir con líneas los fenómenos de la izquierda con su tema correspondiente:

- encender un foco	- mecánica de ondas
- conducir un carro	- termodinámica

- movimiento de las olas
- calentar agua

- electromagnetismo
- mecánica

8.- Para cada descripción escribir el estado de la materia que le corresponde:

a.- Disposición de los átomos dentro de la materia es tal que la unión entre uno y otro es muy fuerte:…………………………………………………………………………………...

b.- Como los sólidos, ellos no son compresibles:………………………………………

c.- No sólo que toman la forma del recipiente que los contiene sino que además lo llenan todo:……………………………………………………………………………….

9.- Escribir por lo menos un ejemplo de los siguientes conceptos:
a) .- mecánica
b) .- termodinámica
c) .- electromagnetismo

10.- Determinar si las siguientes propuestas son verdaderas o falsas
a) La Física es una ciencia que estudia las propiedades de la materia y sus interacciones que en la naturaleza pudieran existir siempre que no haya cambio en la composición de la materia……………………………………………..( )
b) La Física es una ciencia que ha ayudado a la evolución de otras ciencias…. ( )
c) El impacto de un rayo a tierra es un ejemplo de electromagnetismo………. ( )

La física y tu mundo

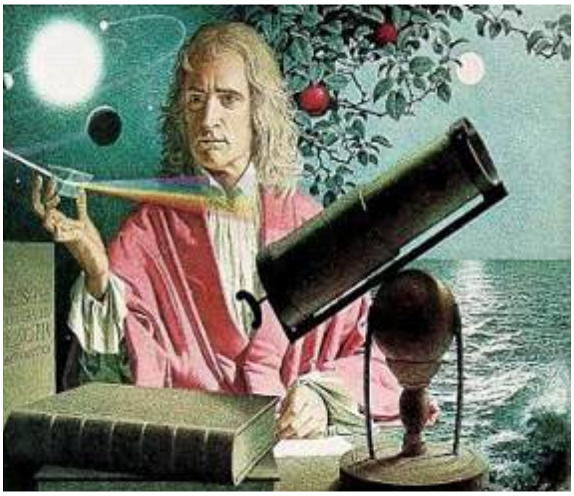
Analizar e interpretar

Los seres vivos emiten calor y son capaces de realizar movimiento; para que se efectúe este desgaste energético es necesaria la asimilación de cierta cantidad de energía en forma de alimentos. Por consiguiente, un ser vivo lo mismo que una máquina consume energía, de aquí que el concepto de vida entraña la ingestión y digestión de alimentos, y la posterior combustión en los tejidos de las sustancias asimiladas que exigen del proceso respiratorio, es decir de la fijación del oxígeno y de la eliminación del anhídrido carbónico. A este intercambio material y energético entre los seres vivos y el ambiente se lo denomina metabolismo. Se ha comprobado que la cantidad de energía asimilada con los alimentos es igual a la eliminada como calor, movimientos y en las excretas; es decir, que los seres vivos responden al principio termodinámico que la energía no se destruye, se transforma, (De La Torre, 2003).

Encierra en un círculo la respuesta correcta:

a.- el metabolismo es un proceso:

- Químico
- Físico
- Físico químico



b.- La cantidad de energía asimilada:

- aumenta
- es igual
- disminuye….. a la eliminada como

calor, movimiento y excreta

c.- Los seres vivos al emitir calor producen:

- Desgaste energético
- Asimilación de energía
- Dieta

Magnitudes básicas de la física

Magnitudes físicas y su medición

Las leyes físicas se expresan por medio de magnitudes físicas. Para su formulación suele utilizarse una expresión matemática que relaciona los valores de varias de estas magnitudes.

Una magnitud física puede definirse como una propiedad que se puede cuantificar, es decir, que puede expresarse por un número seguido de cierta unidad de medida. Tenemos como ejemplos: el tiempo (5 minutos, 6 días), la longitud (1,3 metros, 15 años-luz), la masa (2,8 gramos, 8 toneladas), la fuerza (2 newton, 13 dinas), la velocidad (145 kilómetro por hora, 6 metros por segundo), etc.

Para poder asignar los valores a una magnitud dada, que correspondan a diferentes objetos o fenómenos, es necesario medir esta magnitud. Esto es compararla con una cantidad dada, de dicha magnitud, la cual es tomada arbitrariamente como patrón. Veamos el ejemplo típico de medición de la longitud de una varilla. Debemos comenzar por escoger una segunda varilla, que actúe como patrón y a cuya longitud le asignaremos el número 1, es decir que constituye la unidad de medida de la longitud. Ahora, sólo resta comparar ambos objetos observando el número de veces (1, 2, 3, 4,...) que cabe la longitud del patrón en la longitud de la varilla a medir. Diremos que esta última longitud es de 1, 2, 3, 4,... unidades. Lo más usual es, sin embargo, que la longitud del patrón no quepa un número entero de veces en la longitud que se mide. Supongamos, que cabe 3 veces pero sobra aún una fracción de varilla. (Figura 1-1). El procedimiento que se debe seguir es dividir al patrón en 10 partes iguales (décimas) y ver entonces cuantas veces cabe una de estas partes en la fracción sobrante. Si son 5 veces, la longitud a medir será entonces 3,5 unidades. Si de nuevo sobra una fracción, en este caso menor que la décima, podemos dividir esta en 10 partes (centésimas) y observar cuántas veces cabe una de estas partes en la fracción sobrante y así sucesivamente. Es evidente que este proceso no puede ser indefinido pues entran a jugar factores prácticos al trabajar con subdivisiones cada vez menores (longitudes muy pequeñas).

Por lo tanto, el resultado de una medición no arroja nunca un valor exacto de la magnitud que se mide y el nivel de exactitud dependerá de la técnica empleada y de la meticulosidad con que la misma se realiza.

Fig. 1-1. Proceso de medición de la longitud l de una varilla (1~ 3,5 unidades)

Habrá siempre un determinado error o imprecisión el cual es inherente a las circunstancias señaladas. Los valores de cualquier magnitud física, que resultan de la medición experimental son siempre números aproximados.

Conviene señalar desde ahora, el cuidado que requiere el trabajo posterior con estos números. Ilustremos esto con un ejemplo.

Supongamos que en el ejemplo descrito en la Figura 1-1 logramos determinar que el valor real de la longitud que se desea medir está entre 3,53 y 3,57 unidades, lo que puede expresarse diciendo que $l = 3{,}55 \pm 0{,}02$ unidades (es costumbre, en este caso, decir que el número dado tiene tres cifras significativas, pero solamente dos cifras exactas).

Además mediante un procedimiento análogo, pero más preciso, se obtuvo que la longitud l´ de una segunda varilla es $l' = 2{,}234 \pm 0{,}001$ unidades. Si se desea ahora obtener la suma de estas longitudes, podría escribirse simplemente $L = l + l' = 3{,}55 + 2{,}234 = 5{,}784$ unidades. Esto, sin embargo, no es del todo válido pues hemos supuesto la equivalencia entre el valor 3,55 y 3,550 lo que aritméticamente es cierto pero no desde el punto de vista de la medición. Si la centésima es una cifra dudosa, no se puede afirmar nada sobre la milésima y por tanto la precisión con que demos el valor de la suma estará limitada por la precisión con que se midió uno de los sumandos. Lo correcto, en este caso, es escribir

$$L = l + l' = 3{,}55 + 2{,}234 = 5{,}78 \pm 0{,}02 \text{ unidades}$$

Es factible, en principio, definir unidades de medida que sean independientes para todas las magnitudes físicas con las que trabajemos. Sin embargo, el número de estas es elevado y, además, están estrechamente relacionadas por medio de las expresiones matemáticas que reflejan el contenido de las leyes físicas, en algunos casos, y por las expresiones que les sirven de definición, en otros. Por ello se ha preferido escoger un grupo de magnitudes a las cuales se ha denominado como *magnitudes fundamentales* y cuyas unidades se definen de un modo completamente independiente (mediante la selección de patrones que pueden ser definidos por operaciones de laboratorio) y a partir de ellas se definen las unidades de las demás magnitudes, a las cuales se han llamado como *magnitudes derivadas*. Han sido empleadas en la ciencia y la técnica, diferentes variantes asociadas a diferentes sistemas de unidades, por ejemplo, en el Sistema Técnico, las magnitudes mecánicas fundamentales son la longitud, el tiempo y la fuerza, en el sistema M.K.S. son la longitud, el tiempo y la masa, etc. En particular la longitud y el tiempo han sido tomados, en todos los sistemas de unidades, como *magnitudes fundamentales*

El desarrollo de la civilización con la consiguiente globalización de la ciencia, la técnica y el comercio, ha traído consigo la necesidad de unificar los patrones de medición de las magnitudes fundamentales, algunas veces arbitrarios e históricamente diferentes en diferentes regiones del planeta, y en definitiva, se ha establecido un sistema único de unidades. Así nació en la Conferencia Internacional de Pesos y Medidas de 1960, el llamado Sistema

Internacional de Unidades (SI). Posteriormente en la 14ava conferencia de 1971 se adoptó como magnitudes fundamentales las que aparecen, con sus correspondientes unidades en la tabla 1.1:

Tabla 1.1

Unidades de las magnitudes fundamentales (si)

MAGNITUD	UNIDAD	REPRESENTACIÓN
Tiempo	Segundo	S
Longitud	Metro	M
Masa	Kilogra-mo	Kg
Temperatura	Kelvin	°k
intensidad de la corriente eléc-trica	ampere	A
intensidad luminosa	Candela	Cd
cantidad de sustancia	Mol	Mol

A lo largo del texto serán establecidas las unidades de las magnitudes derivadas que surgieron, en el SI.

Conjuntamente con las unidades fundamentales se establecieron los múltiplos y submúltiplos con el empleo de los prefijos correspondientes, según se muestra en la Tabla 1.2

Tabla 1.2
Múltiplos y submúltiplos con sus prefijos

REFIJO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
yotta	Y	10^{24}
zetta	Z	10^{21}
esa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
Tera	T	10^{12}
giga	G	10^{9}
Mega	M	10^{6}
Kilo	K	10^{3}
mili	m	10^{-3}
Micro	µ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	P	10^{-12}
Femto	F	10^{-15}
Atto	A	10^{-18}
zepto	z	10^{-21}
yocto	y	10^{-24}

Como se mencionó anteriormente, las unidades de las magnitudes derivadas se obtienen a partir de las correspondientes unidades de las magnitudes fundamentales. En la práctica, por lo tanto, para determinar las unidades de una magnitud derivada cualquiera, es necesario establecer la relación que ellas guardan con las unidades de las magnitudes fundamentales. Esta relación es lo que se conoce como las dimensiones de la magnitud derivada dada.

Pongamos un ejemplo. Si representamos la longitud por L y el tiempo por T, entonces decimos que las dimensiones de la aceleración son LT^{-2}, lo cual se representa como:

$$\mathbf{[a] = LT^{-2}}$$

Esta relación indica que la unidad de la aceleración, en el sistema de unidades de que se trate, será igual al producto de la unidad de longitud por el inverso del cuadrado de la unidad de tiempo. Así, en el SI la unidad será m/s^2

La consideración de las dimensiones reviste gran importancia práctica a la hora de comprobar la validez de una expresión matemática que relaciona varias *magnitudes físicas*. Se debe verificar que ambos miembros de cualquier igualdad (y todos los términos que forman cada miembro) deben tener iguales dimensiones.

Cuando se trata de magnitudes que se obtienen como el producto o el cociente de otras magnitudes, deben tenerse en cuenta las reglas siguientes:

$$[ab] = [a]\,[b]$$

$$[1/a] = 1/[a]$$

Así, por ejemplo, la fuerza, de acuerdo con la segunda ley de Newton, se relaciona con la masa y la aceleración a través de la expresión

$$F = ma, \text{ entonces } [F] = [ma] = [m]\,[a] = MLT^{-2}$$

Donde m representa a la masa.

A través del texto realizaremos los análisis dimensionales necesarios para establecer las unidades de diferentes magnitudes derivadas y para comprobar la validez de algunos resultados obtenidos en problemas concretos.

En resumen

Una magnitud física es una propiedad o cualidad de un objeto o sistema físico a la que se le pueden asignar distintos valores como resultado de una medición cuantitativa. Seguramente entre las primeras magnitudes definidas resultan la longitud de un segmento y la superficie de un cuadrado. Las magnitudes físicas se cuantifican usando un patrón que tenga bien definida esa magnitud, y tomando como unidad la cantidad de esa propiedad que posea el objeto patrón. Por ejemplo, se considera que la longitud del metro patrón es 1.

Existen magnitudes básicas y derivadas, y constituyen ejemplos de magnitudes físicas: la masa, la longitud, el tiempo, la carga eléctrica, la densidad, la temperatura, la velocidad, la aceleración, y la energía. En términos generales, es toda propiedad de los cuerpos que puede ser medida. De lo dicho se desprende la importancia fundamental del instrumento de medición en la definición de la magnitud.

La Oficina Internacional de Pesos y Medidas, por medio del Vocabulario Internacional de Metrología (International Vocabulary of Metrology, VIM), define a la magnitud como un atributo de un fenómeno; un cuerpo o sustancia que puede ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente.2

A diferencia de las unidades empleadas para expresar su valor, las magnitudes físicas se expresan en cursiva: así, por ejemplo, la “masa” se indica con “m”, y “una masa de 3 kilogramos” la expresaremos como = 3 kg.

Tipos de magnitudes físicas

Las magnitudes físicas pueden ser clasificadas de acuerdo a varios criterios:

- Según su forma matemática, las magnitudes se clasifican en escalares, vectoriales o tensoriales.
- Según su actividad, se clasifican en magnitudes extensivas e intensivas, (Muñoz, 2002).

Magnitudes escalares, vectoriales y Tensoriales

Las magnitudes escalares son aquellas que quedan completamente definidas por un número y las unidades utilizadas para su medida. Esto es, las magnitudes escalares están representadas por el ente matemático más simple, por un número. Podemos decir que poseen un módulo, pero que carecen de dirección y sentido. Su valor puede ser independiente del observador (v.g.: la masa, la temperatura, la densidad, etc.) o depender de la posición o estado de movimiento del observador (v.g.: la energía cinética).

Las magnitudes vectoriales son aquellas que quedan caracterizadas por una cantidad (intensidad o módulo), una dirección y un sentido. En un espacio euclidiano, de no más de tres dimensiones, un vector se representa mediante un segmento orientado. Ejemplos de estas magnitudes son: la velocidad, la aceleración, la fuerza, el campo eléctrico, intensidad luminosa, (Muñoz, 2002).

Además, al considerar otro sistema de coordenadas asociado a un observador con diferente estado de movimiento o de orientación, las magnitudes vectoriales no presentan invariancia de cada uno de los componentes del vector y, por tanto, para relacionar las medidas de diferentes observadores se necesitan relaciones de transformación vectorial. En mecánica clásica también el campo electrostático se considera un vector; sin embargo, de acuerdo con la teoría de la relatividad esta magnitud, al igual que el campo magnético, debe ser tratada como parte de una magnitud tensorial.

Las magnitudes tensoriales son las que caracterizan propiedades o comportamientos físicos modelizables mediante un conjunto de números que cambian tensorialmente al elegir otro sistema de coordenadas asociado a un observador con diferente estado de movimiento o de orientación.

De acuerdo con el tipo de magnitud, debemos escoger leyes de transformación de las componentes físicas de las magnitudes medidas, para poder ver si diferentes observadores hicieron la misma medida o para saber qué medidas obtendrá un observador conocidas las de otro cuya orientación y estado de movimiento respecto al primero sean conocidos.

Magnitudes extensivas e intensivas

Una magnitud extensiva es una magnitud que depende de la cantidad de sustancia que tiene el cuerpo o sistema. Las magnitudes extensivas son aditivas. Si consideramos un sistema físico formado por dos partes o subsistemas, el valor total de una magnitud extensiva resulta ser la suma de sus valores en cada una de las dos partes. Ejemplos: la masa y el volumen de un cuerpo o sistema, la energía de un sistema termodinámico, (Lévy, 2004).

Una magnitud intensiva es aquella cuyo valor no depende de la cantidad de materia del sistema. Las magnitudes intensivas tiene el mismo valor para un sistema que para cada una de sus partes consideradas como subsistemas. Ejemplos: la densidad, la temperatura y la presión de un sistema termodinámico en equilibrio.

En general, el cociente entre dos magnitudes extensivas da como resultado una magnitud intensiva. Ejemplo: masa dividida por volumen representa densidad.

Sistema internacional de unidades

El Sistema Internacional de Unidades se basa en dos tipos de magnitudes físicas:

- Las siete que toma como fundamentales, de las que derivan todas las demás. Son longitud, tiempo, masa, intensidad de corriente eléctrica, temperatura, cantidad de sustancia e intensidad luminosa.
- Las derivadas, que son las restantes y que pueden ser expresadas con una combinación matemática de las anteriores, (Esteban José Domínguez, 2017).

Unidades básicas o fundamentales del si

Las magnitudes básicas no derivadas del SI son las siguientes:

- **Longitud: metro** (m). El metro es la distancia recorrida por la luz en el vacío en 1/299792458 segundos. Este patrón fue establecido en el año 1983.
- **Tiempo: segundo** (s). El segundo es la duración de 9 192 631 770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del cesio-133. Este patrón fue establecido en el año 1967.
- **Masa: kilogramo** (kg). El kilogramo es la masa de un cilindro de aleación de Platino-Iridio depositado en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas. Este patrón fue establecido en el año 1887.
- **Intensidad de corriente eléctrica**: amperio (A). El amperio o ampere es la intensidad de una corriente constante que, manteniéndose en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y situados a una distancia de un metro uno de otro, en el vacío, produciría una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud.
- **Temperatura:** kelvin (K). El kelvin es la fracción 1/273,16 de la temperatura del punto triple del agua.
- **Cantidad de sustancia**: mol (mol). El mol es la cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas entidades elementales como átomos hay en 12 gramos de carbono-12.
- **Intensidad luminosa**: candela (cd). La candela es la unidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} Hz y cuya intensidad energética en dicha dirección es 1/683 vatios por estereorradián, (Esteban José Domínguez, 2017).

Unidades fundamentales en el sistema cegesimal C.G.S.

Longitud: centímetro (cm): 1/100 del metro (m) S.I.
Tiempo: segundo (s): La misma definición del S.I.
Masa: gramo (g): 1/1000 del kilogramo (kg) del S.I.

Unidades fundamentales en el sistema gravitacional

Métrico técnico

Longitud: metro (m). La misma definición del Sistema Internacional.
Tiempo: segundo (s).La misma definición del Sistema Internacional.
Fuerza: kilogramo-fuerza (kgf). El peso de una masa de 1 kg (S.I.), en condiciones normales de gravedad (g = 9,80665 m/s2).

Magnitudes físicas derivadas

Una vez definidas las magnitudes que se consideran básicas, las demás resultan derivadas y se pueden expresar como combinación de las primeras.

Las unidades derivadas se usan para las siguientes magnitudes: superficie, volumen, velocidad, aceleración, densidad, frecuencia, periodo, fuerza, presión, trabajo, calor, energía, potencia, carga eléctrica, diferencia de potencial, potencial eléctrico, resistencia eléctrica, etcétera.

Algunas de las unidades usadas para esas magnitudes derivadas son:

Fuerza: newton (N) que es igual a kg·m/s2
Energía: julio (J) que es igual a kg·m2/s2

Patrones de algunas magnitudes fundamentales

Los patrones de las *magnitudes fundamentales* se han sustituidos en la medida en que se han descubierto nuevas variantes que satisfacen mejor los requerimientos. En general, un patrón tiene que ser accesible con facilidad o reproducible con exactitud en condiciones controladas, además no debe variar ni deteriorarse con el tiempo.

El primer patrón internacional de longitud, fue el llamado el *metro patrón,* el cual era una barra de una aleación de platino e iridio conservada en la Oficina Internacional de Pesos y Medidas, en París, Francia. Esta definición del metro fue adoptada en la I Conferencia General de Pesas y Medidas, en 1889. La *longitud unidad*, el metro, era la distancia entre dos marcas realizadas cerca de los extremos y correspondía a una diez millonésima parte de la distancia del polo norte al Ecuador, tomada a lo largo del meridiano que pasa por Paris. A partir del patrón, se tomaron réplicas que fueron enviadas a diferentes laboratorios en otros países, con los cuales era posible obtener otras muestras aún más accesibles. La obtención de cada nueva réplica requería la realización de un complejo proceso de comparación a través de microscopios.

De hecho, el metro patrón original era poco accesible y susceptible de ser destruido. Además, la precisión con que era posible obtener réplicas por comparación, dejó de satisfacer los requerimientos de la ciencia y técnica modernas. En la XI Conferencia General de Pesas y Internacional de 1960 se adoptó un patrón atómico basado en la posibilidad de utilizar, con gran precisión, la longitud de onda de las ondas luminosas visibles, como patrón de comparación. Esta posibilidad apareció con el desarrollo de los instrumentos denominados interferómetros.

Como información diremos que se acordó utilizar la radiación rojo-anaranjada correspondiente a la transición $2p_{10}$ - $5d_{ZX}$ emitida por los átomos de un isótopo particular del elemento químico kriptón, el ^{86}Kr, en estado excitado. De esta forma, el metro fue definido como la longitud equivalente a 1´650 763,73 veces la longitud de onda de dicha radiación, con lo cual se logró además, una buena correspondencia con el viejo patrón de platino e iridio.

Luego de numerosas investigaciones realizadas por científicos y técnicos especializados de los más grandes laboratorios metrológicos del mundo y de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, la unidad de medida de longitud, el metro, fue redefinida nuevamente, esta vez, en términos de un valor fijo de la velocidad de la luz en el vacío. Esta nueva definición del metro, adoptada el 20 de octubre de 1983, en la XVII Conferencia General de Pesas y Medidas establece que " el metro es la distancia recorrida por la luz en el vacío en 1/299792458 segundos". En la Tabla 1.3 se muestran algunas longitudes de interés a título de referencia.

Tabla 1.3 Algunas longitudes de interés

LONGITUD	MEDIDA EN m
Distancia a la galaxia más cercana	2.10^{22}
Distancia a la estrella más cercana	$4,3\cdot 10^{16}$
Radio medio de la órbita de Plutón	$5,9\cdot 10^{12}$
Radio de la tierra	$6,4\cdot 10^{6}$
Altura promedio de una persona	$1,7\cdot 10^{0}$
Espesor promedio de una página de un libro	$1\cdot 10^{-4}$
Dimensión promedio de un virus de poliomelitis	$1,2\cdot 10^{-8}$
Radio del átomo de hidrógeno	$5,0\cdot 10^{-11}$
Radio efectivo de un protón	$1,2\cdot 10^{-15}$

El patrón SI de masa es un cilindro de platino e iridio que se conserva en la Oficina Internacional de Pesos y Medidas de París y se denomina el kilogramo patrón. De él se han obtenido patrones secundarios para los diferentes países. Las masas de otros cuerpos pueden ser obtenidas en la actualidad con una precisión de 1 parte en 10^8 por comparación en los patrones establecidos, mediante técnicas adecuadas de medición.

En la Tabla 1.4 se muestran los valores medidos, directa o indirectamente, de las masas de objetos típicos.

Tabla 1.4 Valores de las masas de ciertos objetos

OBJETO	MASA (en kg)
Nuestra galaxia	$2{,}2\cdot10^{41}$
El Sol	$2{,}0\cdot10^{30}$
La Tierra	$6{,}0\cdot10^{24}$
La Luna	$7{,}4\cdot10^{22}$
El agua de los océanos	$1{,}4\cdot10^{21}$
Un elefante	$4{,}5\cdot10^{3}$
Una persona	$5{,}9\cdot10^{1}$
Una uva	$3{,}0\cdot10^{-3}$
Una partícula de polvo	$6{,}7\cdot10^{-10}$
Un virus del mosaico del tabaco	$2{,}3\cdot10^{-13}$
Una molécula de penicilina	$5{,}0\cdot10^{-17}$
Un átomo de uranio	$4{,}0\cdot10^{-26}$
Un protón	$1{,}7\cdot10^{-27}$
Un electrón	$9{,}1\cdot10^{-31}$

El espectrómetro de masa permite en la actualidad comparar las masas atómicas de diferentes elementos con gran precisión. Esto condujo a la conveniencia de establecer un segundo patrón de masa, que no constituye una unidad SI y que se utiliza a nivel atómico. Se acordó tomar como referencia la masa del átomo del isótopo 12 del carbono, ^{12}C, a la cual se le asignó arbitrariamente el valor de 12 unidades atómicas de masa (u). La equivalencia con el patrón convencional es la siguiente:

$$1\ \text{u} = 1{,}661\cdot10^{-27}\ \text{kg}$$

Para el tiempo se puede en principio utilizar cualquier fenómeno que se repita periódicamente, como por ejemplo las oscilaciones de un péndulo, las oscilaciones eléctricas en un cristal de cuarzo o la rotación de la Tierra sobre su propio eje. Esta última ha sido utilizada históricamente como patrón de tiempo. El segundo solar medio se definió como 1/86 400 del día solar medio y éste constituye aún en la actualidad el patrón de tiempo empleado en la vida civil.

La ciencia en su desarrollo ha requerido patrones de tiempo cada vez más precisos y estables. Por ejemplo: el uso de relojes de cuarzo calibrados convenientemente mediante observaciones astronómicas ha permitido medir el tiempo, durante un año, con un error máximo de 0,02 segundos. Para obtener precisiones mayores comenzaron a utilizarse relojes atómicos basados en el uso de vibraciones atómicas periódicas (Esteban José Domínguez, 2017).

Esta variante se adoptó definitivamente en la XIII Conferencia Internacional. Se definió

$$\Delta x = | X - Xn|$$

El **error relativo**, por su parte, se define como el cociente entre el error absoluto y el valor exacto:

$$e_r = \Delta x / Xn$$

Este error relativo suele expresarse en forma de tanto por ciento y se utiliza para establecer la mayor o menor precisión de una determinada medida. A diferencia del error absoluto, el relativo carece de dimensiones, siendo su expresión numérica solamente una medida de la precisión. Recordemos además de los conceptos de exactitud y precisión otros conceptos que sin lugar a duda son importantes dentro de nuestra carrera:

Sensibilidad.- condición referida al grado de magnitud que se puede registrar en una medición.

Fidelidad.- Condición por la que una determinada medición debe registrar siempre el mismo resultado.

Clasificación de los errores:

Los errores se clasifican en 2 grandes grupos: errores sistemáticos y errores accidentales.

i. **Errores sistemáticos**: Son errores que se repiten constantemente en el transcurso de un experimento y que afectan a los resultados finales siempre en el mismo sentido. Son debidos a diversas causas:

- **Errores de calibración o errores de cero de los aparatos de medida**. Por ejemplo, cuando el muelle de un dinamómetro no marca cero en la posición de reposo.
- **Condiciones experimentales no apropiadas**. Ocurren cuando se emplean los instrumentos de medida bajo condiciones de trabajo (temperatura, humedad, etc.) diferentes de las recomendadas.

ii. **Errores accidentales:** Son errores debidos a causas imprevistas o al azar. Son imposibles de controlar y alteran, ya sea por exceso o por defecto, la medida realizada. Este tipo de errores puede eliminarse mediante la realización de estudios estadísticos. Pueden deberse a:

- **Cambios durante el experimento de las condiciones del entorno.** Por ejemplo, debido a corrientes de aire, desnivel en la mesa donde se está midiendo, aumento de temperatura, etc.
- **Errores de apreciación**. Son debidos a fallos en la toma de la medida, asociados a limitaciones (visuales, auditivos, etc.) del observador, o también a la estimación "a ojo" que se hace de una cierta fracción de la más pequeña división de la escala de lectura de los aparatos de medida.

Por ser estos errores unas veces por exceso y otras veces por defecto, repitiendo varias veces la medida y tomando como valor verdadero el valor medio obtenido, habremos com-el segundo patrón como el intervalo de tiempo correspondiente a 9 192 631 770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre dos niveles súper delgados del estado principal de los átomos del isótopo 133 del elemento cesio, ^{133}Cs. Esto permitió elevar la precisión en las mediciones del tiempo a una parte en 10^{12}. Para que se tenga una idea de lo que esto significa señalemos que, si dos relojes funcionaran con esta precisión durante 6000 años, la diferencia de tiempo que señalarían al cabo de ese período no sería mayor que un segundo.

Medición

Es un proceso de comparación entre una magnitud desconocida con otra conocida llamada patrón, (Gómez, 2012). Existen dos tipos de mediciones a saber:

- **Mediciones directas**.- Se obtienen directamente de la escala del instrumento de medición. Es decir cuando medimos el tiempo con un reloj, la masa con una balanza, etc.
- **Mediciones Indirectas**.- resultan de dividir o multiplicar dos o más mediciones directas por medio de fórmulas o ecuaciones.
  - Ejemplo: Para medir el área se requiere multiplicar la base por la altura que son mediciones directas.

Mediciones directas e indirectas.- Es nuestro deber como docentes crear una conciencia profesional en el estudiante a fin de que éste tenga en cuenta la importancia de la medición dentro de nuestra carrera, así mismo resulta útil que el alumno se familiarice con una serie de factores que influyen en un proceso de medición.

En física medir puede ser definido como la determinación de la longitud, extensión, volumen o capacidad de un ente material. Dentro de las medidas podemos distinguir dos grandes grupos mayoritarios, una es la medición directa (al usar una regla, escuadra) y otra es la medición indirecta (la realizamos mediante el uso de fórmulas) como cuando determinamos el área o volumen de un cuerpo. Aquella cantidad física que es medida por comparación contra algún estándar conocido se denomina magnitud, la magnitud de una cantidad física estará dada básicamente por: a) un número y b) una cantidad de medida (unidad). Las magnitudes pueden ser clasificadas a su vez en dos grandes grupos: las magnitudes fundamentales y las magnitudes derivadas, tal como habíamos visto anteriormente (Gómez, 2012).

Dentro de lo que a medición se respecta hay que tener claros dos conceptos importantes como lo son: la exactitud (condición en la que la medida realizada coincide con la real) y la precisión (mínima reducción del error en la realización de una medición)

En la experimentación (sea esta física o analítica), aunque guardemos mucho cuidado en el método y se usen instrumentos de la máxima precisión, no pueden conseguirse medidas exactas de las diferentes magnitudes. Los errores cometidos en dichas medidas pueden ser absolutos o relativos. Se conoce por **error absoluto** de una medida aproximada, la diferencia existente entre el valor obtenido en la experiencia y el valor exacto.

A partir de la realización de n medida, se toma como valor exacto la media aritmética (promedio) de los valores obtenidos. Llamando" X " al valor promedio y "Δx" al valor exacto, dado por la fórmula:

pensado en parte los errores accidentales, (Guerrero Adriana, 2007).

Ejemplo: Con un cronómetro que aprecia hasta 0,1 s obtenemos los siguientes resultados para la medida del período de un péndulo (tiempo que tarda en dar una oscilación completa):

Período (T)	1,9 s	1,5 s	1,8 s	1,4 s

El valor del período que se acepta como verdadero es la media aritmética:

$$T = (1{,}9 + 1{,}5 + 1{,}8 + 1{,}4) / 4 = 1{,}65 \text{ s} \approx 1{,}7 \text{ s}$$

Al dividir hemos aproximado sólo a las décimas de segundo, por ser ésta la precisión del cronómetro y no tener sentido dar una aproximación mayor.

Una forma de calcular el error cometido al dar la media aritmética como valor verdadero consiste en calcular la media de las desviaciones. Para hallarlo, se calcula primero la desviación de cada una de las medidas respecto a la media y, a continuación, se halla la media aritmética de todas ellas:

Desviación de una medida = $|$valor de la medida – valor verdadero$|$

T	1,9 s	1,5 s	1,8 s	1,4 s
$\lvert T - Tm \rvert$	0,2 s	0,2 s	0,1 s	0,3 s

Por tanto, el error cometido será:

Error = (0,3 + 0,1 + 0,2 + 0,2) / 4 = 0,2 s

El error accidental cometido es ± 0,2 s.

Como resultado de la medida escribiremos: T = 1,7 s ± 0,2 s donde se ha expresado el error accidental y no el debido a la precisión del aparato, ya que se debe escribir siempre el mayor de los dos.

Ejercicio:

Calcular el error relativo que se comete al realizar una medición de 12,4 m/s^2 de aceleración de gravedad en un lugar en que el valor real de dicha aceleración es $g = 9{,}8 m/s^2$

R/= ERROR RELATIVO= 12.24/9.8=1.265

Notación científica

En la resolución de los problemas de física se trabaja con números demasiado grandes como 60.800.000, o demasiado pequeños como 0.00000137986; el uso de estos datos resulta incómodo, por ello es preferible transformar dichas cantidades en potencia de base 10. Dichos números se expresan en notación científica de la siguiente forma: $a \times 10^n$, en donde "a" es un número mayor que cero y menor que 10 y n es un entero positivo o negativo, (García Irma, 2007). Así por ejemplo, si queremos expresar el radio aproximado de la tierra que es de 6380000 m se lo expresa en notación científica de la siguiente forma: 6.38×10^6 m. Notamos que "a" es igual a 6.38 que se encuentra entre cero y diez, y n es igual a 6 que es un número entero positivo. Por otra parte si tenemos cantidades muy pequeñas, como la constante de gravitación universal que es igual 0.0000000000667, en notación se expresará de la siguiente manera: $6.67 \times 10^{-11.}$

En resumen, si tenemos un número muy grande el punto decimal lo trasladamos hacia la izquierda y el valor del exponente n es positivo; si el número es muy pequeño, el punto decimal lo trasladamos hacia la derecha y el valor del exponente n es negativo.

Ejemplos:

- Se demostró experimentalmente que la velocidad de la luz tiene un valor aproximado de 300000000 m/s. Expresar dicho valor en notación científica. R.- 3×10^8 m/s.
- Se dice que el átomo más ligero tiene un diámetro aproximado de 0.0000000001 m. Dar su valor en notación científica. R.- 1×10^{-9}m.
- Estudios realizados demuestran que cerca al núcleo del sol su temperatura es aproximadamente 13600000°K. Expresar dicha cantidad en notación científica. R.- 1.36×10^7°K.

Tabla práctica de conversión al sistema internacional de medidas (SI)

Para convertir	A	Multiplicar por
Longitud		
pulgada pulgada pie (ft) yarda (yd)	milímetro (mm) metro (m) metro (m) metro (m)	25,4 0,0254 0,3047 0,9144
Área		
pie cuadrado (sq ft) pulgada cuadrado (sq in) pulgada cuadrada (sq in) yarda cuadrada (sq yd)	metro cuadrado (m2) milímetro cuadrado (mm2) metro cuadrado (m2) metro cuadrado (m2)	0,09290 645,2 0,0000006452 0,8361
Volumen		
pulgada cúbica (cu in) pie cúbico (cu ft)	metro cúbico (m3) metro cúbico (m3)	0,00001639 0,02832
yarda cúbica (cu yd) galón (gal) Canadá * galón (gal) Canadá * galón (gal) Estados Unidos * galón (gal) Estados Unidos *	metro cúbico (m3) litro (l) 3 metro cúbico (m3) litro (l) 3 metro cúbico (m3)	0,7646 4,546 0,004546 3,785 0,003785

***Nota: un galón estadounidense equivale a 0,8321 de un galón canadiense**

Fuerza		
kilopontio (kip) kilopontio (kip) libra (pound (lb)) libra (pound (lb))	kilogramo (kgf) newton (N) kilogramo (kgf) newton (N)	453,6 4448,0 0,4536 4,448
Presión o Tensión		
kilopontios/pulgada cuadrada (kips/square inch (ksi))	megapascal (MPa)	6.895
libra/pie cuadrado (Pound/ square foot (psf))	kilopascal (kPa)	0,04788
libra/pulgada cuadrada (pound/square inch)(psi))	kilopascal (kps)	6,895
libra/pulgada cuadrada (pound/square inch (psi))	megapascal (MPa)	0,006895 4,882 4,882
libra/pie cuadrado (pound/ square foot (psf))	kilogramo/metro cuadrado (kgf/m2)	
Masa		
libra (pound (avdp) tonelada (short, 2000 lb) tonelada (short, 2000 lb)	kilogramo (kg) kilogramo (kg) tonelada (t)	0,4536 907,2 0,9072

Para convertir	A	Multiplicar por
Grain (peso equivalente a 0,006 gramos) tonelada (t)	kilogramo (kg) kilogramo (kg)	0,000000006480 1000
Masa (peso) por unidad de longitud		
kilopontio/pie lineal (kip/ lineal foot (klf)) libra/ pie lineal (pound/linear foot (plf)) libra/pie lineal (pound/linear foot (plf))	kilogramo/metro (kg/m) kilogramo/metro (kg/m) newton/metro (N/m)	0,001488 1,488 14,593
Masa por unidad de volumen (densidad)	kilogramo/metro cúbico (kg/ m3)	16,02
libra/pie cúbico (pound/ cubic foot (pcf))		
libra/yarda cúbica (pound/ cubil yard (pcy))	kilogramo/metro cúbico **(kg/m3)**	0,5933
Momento flexor o torsor		
libra pulgada (inca-pound (in-lb)) pie pulgada (foot pound (ft-lb)) kilopontio pie (foot kip (ft-k))	newton metro newton metro	1,356 1356
Temperatura		
grado Fahrenheit (degf) grado Fahrenheit (degf)	grado Celsius (°C) grado Kelvin (K)	tc = (tf -32)/1,8 tk = (tf + 459,7/1,8
Energía		
unidad térmica británica (Btu) kilowatt hora (kilowatt hour (kwh)	joule (j) joule (j)	1056 3.600.000
Potencia		
caballo de fuerza (horsepower (hp)) (550 ft lb / sec)	watt (w)	745,7
Velocidad		
milla por hora (mile/hour (mph)) milla por hora (mile/hour (mph))	kilómetro / hora (km/h) metro/segundo (m/s)	1,609 0,4470
Otras unidades		
• Módulo de la sección (Section modulus (in3))	mm3	16,387
• Momento de inercia (moment of inertia (inch4))	4 Mm	416,231
Para convertir	**A**	**Multiplicar por**
• Coeficiente de transferencia de calor (coefficient of heat transfer (Btu/ft2/h/°F))	w/m2/°C	5,678

• Módulo de elasticidad (modulus of elasticity (psi))	MPa	0,006895
• Conductividad Térmica (Termal conductivity (Btu inch/ft2/h/°F))	wm/m2/°C	0,1442
• Expansión Térmica (Termal expansion (in/in/°F))	mm/mm/°C	1.800
• Area/longitud	mm2/m	2116,80

Conversión de unidades

En muchos problemas de física existen unidades que corresponden a un determinado sistema que no es coherente con todos los datos del problema; así por ejemplo, la distancia recorrida de una partícula es de 0.0006 Km y se requiere transformar los Km a m. Por tanto, es necesario utilizar los Factores de Conversión, esto es multiplicar la medida conocida por un factor o fracción y el resultado obtenido es la medida en la unidad deseada, (Ledanois Jean-Marie, 1996).

Procedimiento

Si tenemos 0.0006 Km que es la unidad que deseamos convertir a metros, multiplicamos esta unidad por una fracción en donde el numerador es la unidad a la que queremos llegar, es decir metro y el denominador de dicha fracción es la unidad de la cual partimos, es decir Km; teniendo en cuenta la relación de que 1km = 1000 m; se simplifica km con km y nos queda la unidad de metro (m).

0.0006 km x 1000 m/km = 0,6 m.

Ejemplos.-

a) Transforme

1. $dinas \rightarrow Kgf$

$$\frac{dinas}{Kgf} = \frac{g.cm/s^2}{Kg(9.8)m/s^2} = \frac{g.cm/s^2}{1000g(9.8)(100c\cancel{m})/s^2} = 1.02x10^{-6}\,Kgf$$

$2.-Kbf \rightarrow Newton$

$$\frac{Lbf}{Newton} = \frac{Lb(32,2)pie/s^2}{Kg.m/s^2} = \frac{\cancel{Lb}(32,2)\cancel{pie}/\cancel{s^2}}{2.2\cancel{Lb} \rightarrow (3.28\cancel{pie})/\cancel{s^2}} = 4.462Newton$$

3. $Kw \rightarrow Hp$

$$\frac{Kw}{Hp} = \frac{100w}{746w} = \frac{10000J/s}{746J/s} = \frac{1000\cancel{Kg}.\cancel{m^2}/\cancel{s^2}}{746\cancel{Kg}.\cancel{m^2}/\cancel{s^2}} = 1.3404Hp$$

4. $Lb-pie/s \rightarrow Cv$

$$\frac{lb-pie/s}{Cv} = \frac{\cancel{lb}(32.2)\cancel{pie}^2/\cancel{s^2}}{542\cancel{lb}(32.2)\cancel{pie}^2/\cancel{s^2}} = 1.84x10^{-3}Cv$$

$Newton \rightarrow Lbf$

$$\frac{Newton}{Lbf} = \frac{Kg.m/s^2}{lb(32.2)pie/s^2} = \frac{2.2\cancel{lb}(3.28)\cancel{pies}/\cancel{s^2}}{\cancel{lb}(32.2)\cancel{pie}/\cancel{s^2}} = 2.2lbf$$

b) Convertir

$$\frac{0.0000078.\sqrt[3]{0.008}.10^{-5}.1200000}{0.000035.\sqrt{0.0081}.10^{-6}.250000}HPH \quad a:$$

- Joule.
- Kgm.
- Ergios.
- lb-pie.
- Poundal-pie.

$$\frac{(7.8x10^{-6})(2x10^{-1})(10^{-5})(1.2x10^{6})}{(3.5x10^{-5})(9x10^{-2})(10^{-6})(2.5x10^{5})} = 2.38x10^{1} \quad HPH; \; Este \quad valor \quad hay \quad que \quad convertirlo \quad a:$$

1. $2.38x101HPH \rightarrow Joule$

$$\frac{2.38x10^{1}HPH}{Joule} = \frac{(2.38)(2.6)(10^{7})Joule}{Joule} = 6.18x10^{7}Joule$$

2. $2.38x10^{1}HPH \rightarrow Kgm$

$$\frac{2.38x10^{1}HPH}{Kgm} = \frac{(2.38)(2.6)(10^{7})Kg.m^{2}/s^{2}}{Kg(9.8)m^{2}/s^{2}} = 6.3x10^{6}Kgm$$

3. $2.38x10^{1}HPH \rightarrow Ergios$

$$\frac{2.38x10^{1}HPH}{Ergios} = \frac{(2.38)(2.6)(10^{7})(10^{3}g)(10^{4}cm^{2})/s^{2}}{g.cm^{2}/s^{2}} = 6.188x10^{14}Ergios$$

4. $2.38x10^{1}HPH \rightarrow Lb - pie$

$$\frac{2.38x10^{1}HPH}{lb - pie} = \frac{(2.38)(2.6)(10^{7})Kg.m^{2}/s^{2}}{lb(32.2)pie^{2}/s^{2}} = \frac{(2.38)(2.6)(10^{7})(2.2lb.)(10.76pie^{2})/s^{2}}{lb(32.2)pie^{2}/s^{2}} =$$

$$R = 4.549lb - pie$$

5. $2.38x10^{1}HPH$

$$\frac{2.38x10^{1}HPH}{poundal - pie} = \frac{(2.38)(2.6)(10^{7})Kg.m^{2}/s^{2}}{lb.pie^{2}/s^{2}} = \frac{(2.38)(2.6)(10^{7})(2.2lb.)(10.76pie^{2})/s^{2}}{lb.pie^{2}/s^{2}} =$$

$$R = 6.66x10^{1}poundal - pie$$

c) Convertir

$$\frac{0.0000078\ .\sqrt[3]{0.008}\ .10^{-5}\ .\ 1200000}{0.000035\ .\sqrt{0.0081}\ .10^{-6}.\ 250000}CV \quad a:$$

- J/s
- Kgm/s
- Ergio/s
- Lb-pie/s
- Pundal-pie/s
- Kgm/s:

$$\frac{(7.8x10^{-6})(2x10^{-1})(10^{-5})(1.2x10^{6})}{(3.5x10^{-5})(9x10^{-2})(10^{-6})(2.5x10^{5})} = 2.38x10^{1}Cv; \quad Este \quad valor \quad hay \quad que \quad convertir \quad a:$$

1. $2.38x10^{1}Cv \rightarrow Joule/s$

$$\frac{2.38x10^{1}Cv}{Joule/s} = \frac{(2.38)(735)(10^{1})Joule/s}{Joule/s} = 1.8x10^{4}Joule/s$$

2. $2.38x10^{1}Cv \rightarrow Ergios/s$

$$\frac{2.38x10^{1}Cv}{Ergios/s} = \frac{(2.38)(735)(10^{1})(10^{7})Ergios/s}{Ergios/s} = 1.8x10^{11}Ergios/s$$

3. $2.38x10^{1}Cv \rightarrow lb - pie/s$

$$\frac{2.38x10^{1}Cv}{lb - pie/s} = \frac{(2.38)(735)(10^{1})Kg.m^{2}/s^{3}}{lb(32.2)pie^{2}/s^{3}} = \frac{(2.38)(735)(10^{1})(2.2lb.)(10.76pie^{2})/s^{3}}{lb(32.2)pie^{2}/s^{3}} =$$

$R = 1.286x10^{3}lb - pie/s$

4. $2.38x10^{1}Cv \rightarrow Poundal - pie/s$

$$\frac{2.38x10^{1}Cv}{poundal - pie/s} = \frac{(2.38)(735)(10^{1})Kg.m^{2}/s^{3}}{lb.pie^{2}/s^{3}} = \frac{(2.38)(735)(10^{1})(2.2lb.)(10.76pie^{2})/s^{3}}{lb.pie^{2}/s^{3}} =$$

$R = 4.1x10^{4}poundal - pie/s$

d) Convertir

37 joule a ergios:

$$\frac{37Joule}{Ergios}=\frac{37Kg.m^2/s^2}{g.cm^2/s^2}=\frac{37(10^3)g(10^4)cm^2/s^2}{g.cm^2/s^2}=3.7x10^8\,Ergios$$

44 Ergios a Kgm:

$$\frac{44Ergios}{Kgm}=\frac{44g.cm^2/s^2}{Kg(9.8)m^2/s^2}=\frac{44g.cm^2/s^2}{(10^3g)(9.8)(10^4).cm^2/s^2}=4.48x10^{-7}\,Kgm$$

105 kgm a lb – pie:

$$\frac{105Kgm}{Lb-pie}=\frac{105(9.8)Kg.m^2/s^2}{lb.pie^2/s^2}=\frac{105(9.8)(2.2)lb.(929)cm^2/s^2}{lb.pie^2/s^2}=2.1x10^3\,lb-pie$$

145 Poundal – pie a Joule:

$$\frac{145Poundal-pie}{Joule}=\frac{145lb.pie^2/s^2}{Kg.m^2/s^2}=\frac{145lb.pie^2/s^2}{2.2lb.10.76pie^2/s^2}=6.13Joule$$

87 Joule a kgm:

$$\frac{87Joule}{Kgm}=\frac{87Kg.m^2/s^2}{Kg(9.8)m^2/s^2}=\frac{87Kg.m^2/s^2}{(10^3g)(9.8)(10^4).cm^2/s^2}=8.8Kgm$$

e) Convertir

2h a s:

$$2\cancel{h}\,x\frac{3600s}{\cancel{h}}=7200s$$

2 dias a min:

$$2\,\cancel{dias}\quad x\frac{24\,\cancel{horas}}{1\,\cancel{dia}}x\frac{60\min}{1\,\cancel{hora}}=2880\min$$

3 h a s:

$$\cancel{3h}\quad x\frac{3600s}{1\,\cancel{hora}}=10800s$$

24 horas a min:

$$24\,\cancel{horas}\quad x\frac{60\min}{1\,\cancel{hora}}=1440\min$$

1 Semana a horas:

$$1\,\cancel{semana}\quad x\frac{7\,\cancel{días}}{1\,\cancel{semana}}x\frac{24horas}{1\,\cancel{día}}=168horas$$

f) Convertir

837 SLUG a oz

$$837SLUG\quad x\frac{32.2lb}{SLUG}x\frac{16oz}{lb}=4.31x10^{5}oz$$

147 UTM a SLUG

$$147\,\cancel{UTM}\quad x\frac{9,8\,\cancel{Kg}}{\cancel{UTM}}x\frac{2,2\,\cancel{lb}}{\cancel{Kg}}x\frac{SLUG}{32,2\,\cancel{lb}}=9.84x10SLUG$$

133 lb a Kg

$$13lb-x\frac{Kg}{2.2lb}=6.03x10Kg$$

345 lb a g

$$345\,\cancel{lb}\quad x\frac{\cancel{Kg}}{2.2\,\cancel{lb}}x\frac{10^{3}g}{\cancel{Kg}}=157x10^{5}g$$

85 Ton a Kg

$$85\,\cancel{Ton}\quad x\frac{10^{3}Kg}{\cancel{Ton}}=8.5x10^{4}Kg$$

g) Convertir

17 Newton a Poundal:

$$17\,Newton\,\frac{9.8Kg}{Newton}.\frac{2.2lb}{Kg}.\frac{32.2\,poundal}{1lb}=1.18x10^{4}\,poundal$$

33 Poundal a dinas:

$$33\,poundal\,\frac{32.2lb}{poundal}.\frac{1kg}{2.2lb}.\frac{9.8newton}{1kg}.\frac{10^{5}\,dinas}{newton}=4.7x10^{8}\,dinas$$

155 kgf a lbf:

$$155Kgf\,\frac{2.2lbf}{Kgf}=3.41x10^{2}\,lbf$$

h) Convertir

5 Km a mm

$$5\,\cancel{Km}\quad x\,\frac{1000\,\cancel{m}}{\cancel{Km}}\,x\,\frac{100\,\cancel{cm}}{\cancel{m}}\,x\,\frac{10mm}{\cancel{cm}}=5x10^{6}\,mm$$

3 pie a pulgadas

$$3\,\cancel{pie}\quad x\,\frac{30.48\,\cancel{cm}}{\cancel{pie}}\,x\,\frac{pu\lg}{2.54\,\cancel{cm}}=3.6x10\,pu\lg$$

25 pulgadas a centímentro

$$25\,\cancel{pu\lg}\quad x\,\frac{2.54cm}{\cancel{pu\lg}}=6.35x10cm$$

8mm a pie

$$8\,\cancel{mm}\quad x\,\frac{\cancel{cm}}{10\,\cancel{mm}}\,x\,\frac{pie}{30.48\,\cancel{cm}}=2.6x10^{-2}\,pie$$

55 pie a centrimetro

$$55\,\cancel{pie}\quad x\,\frac{30.48cm}{\cancel{pie}}=1.6x10^{3}\,cm$$

i) Efectuar las siguientes conversiones:

Newton a Poundal

$$\frac{Newton}{Poundal}=\frac{Kg \quad m/s^2}{lb \quad pie/s^2}=\frac{(2.2lb)(3.28pies)/s^2}{lb \quad pie/s^2}=7.216\,poundal$$

Ergio a Poundal-pie

$$\frac{Ergio}{Poundal \quad pie}=\frac{g \quad cm^2/s^2}{lb \quad pie^2/s^2}=\frac{g \quad cm^2/s^2}{454g \quad x \quad 929.03cm^2/s^2}=2.4x10^{-6}\,poundal \quad pie$$

Watt a lb pie /s

$$\frac{Wattion}{Lb \quad pie/s}=\frac{Kg \quad m^2/s^3}{lb(32.2)pie^2/s^3}=\frac{(2.2lb)10.75pie^2/s^3}{lb(32.2)pie^2/s^3}=0.74lb \quad pies/s \qquad Watt/Lb \quad pie/S$$

Dinas a Kgf

$$\frac{Dinas}{KgF}=\frac{g \quad cm/s^2}{Kg(9.8)m/s^2}=\frac{g \quad cm/s^2}{1000g(9.8)(100cm)/s^2}$$
$$=0.0000010204Kgf$$
$$R=1.024x10^{-6}\,Kgf$$

Libras a fuerzas a Newton

$$\frac{lbf}{Newton}=\frac{lb(32.2)pie/s^2}{Kg \quad m/s^2}=\frac{lb(32.2)pie/s^2}{2.2lb(3.28pie)/s^2}=4.462Newton$$

Kw a HP

$$\frac{Kw}{HP}=\frac{1000w}{746w}=\frac{1000j/s}{746j/s}=\frac{1000Kg \quad m^2/s^3}{746Kg \quad m^2/s^3}=1.34HP$$

Cv a Lb pie/s

$$\frac{Cv}{lb-pie/s}=\frac{(735)Kg.m^2/s^3}{lb(32.2)pie^2/s^3}=\frac{(735)(2.2lb.)(10.76pie^2)/s^3}{lb(32.2)pie^2/s^3}=$$
$$R=5.4x10^2\,lb-pie/s$$

Newton a Lbf

$$\frac{Newton}{lbf} = \frac{Kg \quad m/s^2}{lb(32.2)\,pie/s^2} = \frac{2.2lb(3.28\,pie)/s^2}{lb(32.2)\,pie/s^2} = 0.225lbf$$

$$R = 2.24x10^{-1}lbf$$

Joule a Kgmt

$$\frac{Joule}{Kgm} = \frac{Kg.m^2/s^2}{Kg(9.8)m^2/s^2} = 1.02x10^{-1}Kgm$$

Cifras significativas

Las cifras significativas en cualquier medición son los dígitos que se conocen con certeza, más un dígito que es incierto. Este conjunto de dígitos por lo regular es como todos los dígitos que se pueden leer directamente del instrumento con que se hizo la medición, más un digito incierto que se obtiene estimando la fracción de la división más pequeña de la escala del instrumento, (Douglas, 2006).

Dígito.- Cifra, número que puede expresarse con un guarismo, es decir cada uno de los signos o cifras arábigas que expresan una cantidad.

Número.- Expresión de la relación que existe entre la magnitud y la unidad, o bien el resultado de medir una magnitud.

Reglas para su aplicación

1. Todos los dígitos que sean distintos de cero son significativos
123,456 tiene 6 cifras significativas
20,458 tiene 5 cifras significativas
23 tiene 2 cifras significativas

2. Los ceros que se encuentren entre dígitos son significativos
102 tiene 3 cifras significativas
3107 tiene 4 cifras significativas

3. Los ceros que estén a la izquierda de otros dígitos no son significativos, pero se emplean para denotar la posición de la coma o punto decimal.
0,28 tiene 2 cifras significativas
0,00334 tiene 5 cifras significativas

4. Al contar los números significativos de una medida debemos observar que el número cero sólo es significativo si está colocado a la derecha de una cifra significativa.
40.100 tiene cinco cifras significativas, pues aquí los ceros sí son significativos

5. Cuando efectuemos un cambio de unidades, debemos tener cuidado de no escribir ceros que no sean significativos. Por ejemplo, supóngase que quisiéramos expresar en gramos (g) una medida de 7,3 kilogramos. Observemos que esta cantidad tiene dos números significativos, y que el número 3 es dudoso. Si escribiésemos:
7.3 Kg. = 7300 gramos

Estaríamos en este caso dando la idea errónea de que el 3 es un número correcto, y que el último cero aumentado sería el número incierto. Para evitar este error de interpretación, haremos uso de la notación con potencias de 10 y escribiremos:
7.3 Kg. = 7.3 x 10^3 gramos

De esto modo, el cambio de unidades queda efectuado y se indica que el 3 es el número dudoso.

6. Si los ceros finales están colocados a la derecha o punto decimal, sí son significativos, ya que denotan sin lugar a dudas exactitud en la medida.

0,59 dos cifras significativas

0,590 tres cifras significativas

Reglas para redondear

1. Aumente en uno al dígito que sigue a la última cifra significativa si el primer dígito es menor que 5.

Redondear 1.61562 a 2 cifras significativas **RESP:** 1.6

2. Si el primer dígito a sustituir es mayor que cinco, incrementar el dígito precedente en 1

Redondear 1.61562 a 5 cifras significativas **RESP:** 1.6156

3. Si el primer dígito a sustituir es cinco y hay dígitos diferentes de cero después del cinco, incrementa el dígito precedente en 1.

Redondear 1.61562 a 3 cifras significativas **RESP:** 1.62

Redondear 1.62500003 a 3 cifras significativas **RESP:** 1.63

4. Si el primer dígito a sustituir es cinco y hay únicamente ceros después del cinco, redondee al número par.

Redondear 1.655000 a 3 cifras significativas **RESP:** 1.66

Redondear 1.625000 a 3 cifras significativas **RESP:** 1.62

Operaciones con cifras significativas

Suma y Resta.- El número de cifras significativas a la derecha del punto decimal en la suma o la diferencia es determinado por el número con menos cifras significativas a la derecha del punto decimal de cualquiera de los números originales, (Vargas Javier, 2008).

Sume:

24.686 + 2.343m + 3.21 = 30.239m redondeado a 30.24
Nota: 4 cifras significativas en la respuesta

6.245 + 6.2 = 12.445 redondeado a 12.5 y redondeando a 13
Nota: 2 cifras significativas en la respuesta

23.1 + 0.546 + 1.45= 25.096 redondeado a 25.1
Nota: 3 cifras significativas en la respuesta

26.03 + 1.485 + 0.9 = 28.415 redondeado a 28.4
Nota: 3 cifras significativas en la respuesta

37.59 + 8.3 = 45.89 redondeado a 45.9 y redondeando a 46
Nota: 2 cifras significativas en la respuesta

Reste:

398.745 - 65.895=332.85 redondeado a 332.9 y redondeando 333
Nota: 3 cifras significativas en la respuesta

0.0578 - 0.0087=0.0491 redondeado a 0.05
Nota: 2 cifras significativas en la respuesta

6.543.287 - 782.654 = 5.760.633 redondeado a 5.760.633
Nota: 7 cifras significativas en la respuesta

698.562 - 87.654= 610.908 redondeado a 601.91
Nota: 5 cifras significativas

58.679 - 37.568= 21.111 redondeado a 21.111
Nota: 5 cifras significativas en la respuesta

Multiplicación y división: El número de cifras significativas en el producto final o en el cociente es determinado por el número original que tenga las cifras significativas más pequeñas.

Multiplique:

780cm por 2.1= 1.638 redondeado a 1.64cm
Nota: 3 cifras significativas

2.4 por 3.65= 8.76 redondeado a 8.8
Nota: 2 cifra significativa

325.054 x 2.2= 715.118.8 redondeado 715.12
Nota: 5 cifras significativas

2.51 x 2.3 = 5.773 redondeada a 5.773
Nota: 4 cifra significativa

2.4 x 0.000673 = 0.0016152 redondeado a 0.0016152
Nota: 7 cifras significativas

Divida:

458 ÷ 0.37 = 1.237.837.83 redondeado a 1237.84
Nota: 6 cifras significativas

567.898 ÷ 145.67 = 3.898 redondeado a 3.898 es redondeado 3.9
Nota: 2 cifras significativas

894.815 ÷ 24.687 = 36.246.4redondeado a 36.25
Nota: 4 cifras significativas

835.879 ÷ 789.54 = 1.058.69 redondeado a 1.1
Nota: 2 cifras significativas

327.458.91÷ 149.762.58 = 2.186.5 redondeado a 2.2
Nota: 2 cifras significativas

Dadas las siguientes mediciones realizadas:
1,5 dm
15,4 cm
155 mm
Transforme las cifras a metros (Efectúe un registro de sus datos)
Una vez que realizó dicha transformación, diga el número de cifras significativas de cada una de las medidas efectuadas.

Para efectuar la siguiente multiplicación
342.2 x 1.11

Diga primero:
¿Cuál de los factores tiene el menor número de cifras significativas?
¿Con cuántos números decimales debemos expresar en el resultado?
Escriba el producto de la multiplicación con sus cifras significativas

Resolver en Casa.-

1. Ante las siguientes afirmaciones responder v para verdadero y f para falso

- $4.1 \times 10^3 + 1.35 \times 10^9 + 2.13 \times 10^5 = 2.17 \times 10^9$ …………......( )
- 210°C es equivalente en el Sistema Inglés a 483.15 K …….......... ( )
- Una hipótesis es una justificación a una teoría ……………………...( )
- 210 pm son equivalentes a 2.1×10^8 cm …………………………….( )

2.- Expresar las siguientes cantidades en notación científica:

a. El tamaño promedio de un microbio: 0.000004 cm

b. La cantidad de neuronas en el Sistema Nervioso: 10000000000 neuronas

c. Sauces, álamos y abedules son ejemplos de árboles que pueden llegar a vivir hasta setenta años. Expresa este tiempo en segundos.

d. Cada día en el mundo se consumen aproximadamente 216 millones de píldoras de aspirina. ¿Cuántas se consumen en un año?

3.- Efectuar las siguientes conversiones:

- 3.25 cm^3 a pie^3
- 208°F a °K
- 12.12 g/ml a lb/$pulg^3$
- 3 meses a segundos

- 35.47.pies^3 a dm^3

4.- Unir con líneas según corresponda:

Medir distancia	* método científico
Pasos ordenados	* masa
Medir flujo de calor	* longitud
Relación masa-volumen	* capacidad
Medir líquidos o gases	* densidad
Contenido de una sustancia	* temperatura
Medir superficies	* volumen
Medir cantidad de materia	* hipótesis
Suposición	* área

La física y tu mundo

Analizar e interpretar

Franklin chang diaz y sus viajes al espacio

Este hombre ejemplar de ciencia nació en Costa Rica y se nacionalizó estadounidense, ha sido astronauta de la NASA desde 1980, con más de 1800 horas de vuelo en trasbordador, es uno de los hombres que más viajes ha realizado al cosmos en este tipo de nave, seis viajes en total, tiene un doctorado en Física del Plasma, sus investigaciones versaron en el estudio y aplicación del plasma para la propulsión de naves espaciales (en una nave que como combustible utilizara el plasma el viaje se reduciría de 3 años a 7 meses aproximadamente). El plasma es considerado el cuarto estado de la materia, consiste en una mezcla gaseosa constituida por los electrones y los iones que resultan del fraccionamiento de átomos y moléculas sometidos a temperaturas altísimas (cientos de millones de grados), que es el estado de materia en que se encuentran el sol y las estrellas cercanas, (De La Torre, 2003).

Utilizando plasma como combustible para la propulsión de cohetes, este genera las más altas potencias, su último viaje lo realizó el 02 de julio de 1998, y regresó a los 11 días, a bordo del trasbordador discovery, y tuvo que acoplarse con la estación rusa MIR la cual ha permanecido en órbita durante 11 años; dicho acoplamiento se realizó en un órbita de 350 a 400 Km de altura. En estas órbitas las naves se desplazan aproximadamente a una velocidad de 7500m/s y le dan una vuelta a la tierra cada 94 minutos, sin duda alguna, este latinoamericano de nacimiento se constituye en un modelo para las futuras generaciones.

En base al desplazamiento de la nave Discovery alrededor de la tierra, convertir:

a) la velocidad de la nave a Km/h
b) el tiempo que dura una vuelta a la tierra en horas y minutos

De acuerdo a los datos obtenidos las cifras están en el orden de:

a) unidades
b) décimas
c) centésimas

Las mediciones realizadas son:

a) directas
b) indirectas

Los resultados obtenidos de la velocidad expresarlos en centímetros y redondear los valores en dos cifras significativas

Expresar los valores obtenidos en el ejercicio cuarto en notación científica

Cuál es el tiempo calculado en segundos realizado por el astronauta del total de horas de vuelo, este resultado expresarlo en cifras significativas y en notación científica.

Al utilizar el plasma expresar en horas la reducción del viaje al cosmo en el trasbordador Discovery.

INVESTIGAR: ¿Qué es el televisor de plasma?

Vectores en el plano

Magnitudes vectoriales y escalares

Introducción

Las magnitudes físicas se agrupan generalmente en las llamadas magnitudes vectoriales y magnitudes escalares. Supongamos que un punto material se mueve en el plano de la Figura 1-2 y describe una curva cualquiera entre los puntos A y B de dicho plano. (Figura 1-2a).

Llamaremos desplazamiento de dicho punto al cambio de posición sufrido. ¿Cómo es posible representar esta magnitud? Es evidente que si damos la distancia entre A y B, digamos 2 centímetros, quedan aspectos ocultos, ya que no se sabría en qué dirección ocurrió el cambio, (Fernandez Julian, 1981).

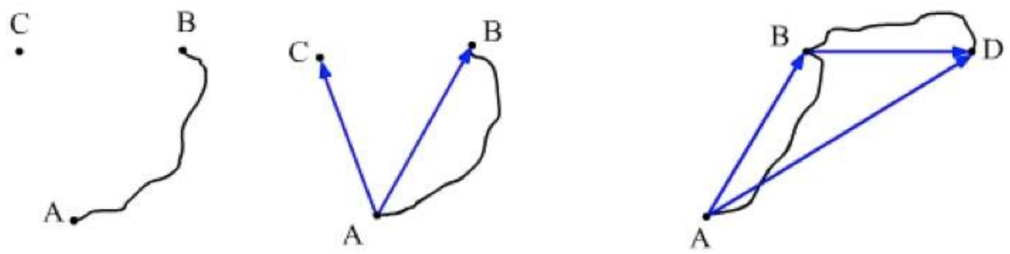


Fig. 1-2. Representación vectorial del cambio de posición.

Por ejemplo también entre A y C hay dos centímetros de distancia. Además faltaría aclarar el sentido, o sea, fue desde A hasta B o viceversa. Por todo ello se ha convenido en representar el desplazamiento por el segmento de recta que une A con B y colocar además una saeta, como se muestra en la Figura 1-2b.

Para simbolizar el mismo puede escribirse $\overrightarrow{AB}$. Si el punto material luego de llegar a B, continúa por otra curva cualquiera hasta D, entonces resulta claro que el desplazamiento total sufrido corresponderá al segmento que une A con D, $\overrightarrow{AD}$ como se muestra en la Figura 1-2c. En este caso puede decirse que el desplazamiento $\overrightarrow{AD}$ es igual a la suma de los desplazamientos $\overrightarrow{AB}$ y $\overrightarrow{BD}$ obsérvese que no es esta una simple suma de distancias o de longitudes de los segmentos, sino que obedece a reglas específicas.

Concluimos entonces que los desplazamientos poseen un valor (longitud), una dirección y un sentido y, además, se suman de acuerdo con las reglas particulares. Las magnitudes que tienen estas características se denominan vectoriales y la forma matemática que se utiliza para representarlas es el vector. Al valor del vector, que corresponde a la longitud del segmento que lo representa, dado en una unidad determinada; se le llama su valor modular o simplemente su módulo. Este se representa por medio de dos barras verticales, o sea, el módulo de $\overrightarrow{AB}$ sería $|\overrightarrow{AB}|$ o por medio de las letras sin la flecha superior, AB, y es, evidentemente, un número positivo o cero. Otros ejemplos de magnitudes vectoriales son la velocidad, la aceleración, la fuerza, la cantidad de movimiento lineal, etc.

Encontramos otras magnitudes, llamadas magnitudes escalares, que quedan completamente especificadas al darse su valor numérico y la unidad correspondiente. Son ejemplos de ellas el tiempo, la longitud, la masa, la energía, la temperatura, etc.

Cabe recalcar que las magnitudes escalares pueden tener valores negativos dependiendo de la escala utilizada para denotarlas. Tal es el caso de la temperatura, ya sea esta expresada, en una escala como la Celsius por ejemplo.

Cuando resolvemos un problema unidimensional, como por ejemplo el estudio del movimiento rectilíneo de traslación de un cuerpo, es común utilizar un tratamiento escalar para algunas magnitudes vectoriales. Esta posibilidad está ligada al hecho de que, en este caso, existe una dirección común a todas ellas, que es la propia dirección del movimiento.

El escalar que se utiliza podrá tomar valores positivos, negativos o cero, con lo cual se indicaría el sentido, para el cual existen dos posibilidades.

Conviene, por su utilidad práctica, definir también lo que entendemos por "valor absoluto" de un escalar. Supongamos que a representa una magnitud escalar. Se define el "valor absoluto" de a, que se representa como |a|, a través de la siguiente relación:

$$|\alpha| = \begin{cases} \alpha \quad si\alpha \geq 0 \\ \hline -\alpha \quad si \rangle 0 \end{cases}$$

Observemos que, en definitiva, el valor absoluto no es más que el propio valor del escalar, pero considerado siempre con signo positivo. Así, tenemos que, por ejemplo,

$$|3| = 3$$
$$|-3| = 3$$
$$|0| = 0$$

De todos los aspectos que hemos señalado se hace evidente la importancia que tiene, en el planteamiento y solución de los problemas en física, distinguir muy bien entre la magnitud vectorial y su valor modular, y entre el escalar y su valor absoluto. Cuando se utiliza un escalar para representar a un vector en un tratamiento unidimensional, es evidente la coincidencia entre el valor absoluto y el módulo del vector por lo que, a veces, se hace referencia a ellos de manera indistinta. A esto contribuye, desde luego, el hecho desafortunado de que es costumbre representar el módulo de un vector, digamos el vector $\vec{\alpha}$, por medio de dos barras verticales, $\overrightarrow{|\alpha|}$, en tanto que si *a* es un escalar que representa a este vector en un tratamiento unidimensional, el valor absoluto de a se representa análogamente, o sea, como $|a|$.

Magnitudes escalares y vectoriales

Magnitud escalar.- Esta definida por un número real y su respectiva unidad, se la define como un escalar. En Física estas cantidades son muy utilizadas y como ejemplos citamos los siguientes:

- Distancia 15 Km.
- Masa 72 kilogramos
- Tiempo 10 minutos
- Volumen| 12 litros

Magnitudes vectoriales

Son magnitudes que para estar completamente definidas, a más de su escalar correspondiente (magnitud con su respectiva unidad) se necesita establecer una dirección específica. Estas magnitudes se conocen con el nombre de *magnitudes vectoriales* o simplemente vectores. Los *vectores* se los representa gráficamente por medio de un segmento de recta dirigido, es decir, como flechas.

Vector

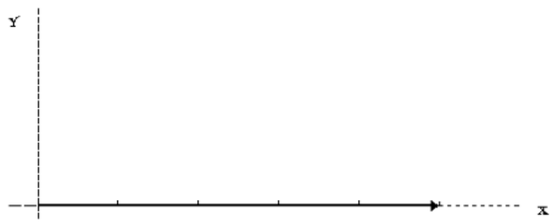
Un vector es la expresión que proporciona la medida de cualquier magnitud vectorial. Podemos considerarlo como un segmento orientado, (Douglas, 2006), en el que cabe distinguir:

- Un origen o punto de aplicación: A.
- Un extremo: B.
- Una dirección: la de la recta que lo contiene.
- Un sentido: indicado por la punta de flecha en B.
- Un módulo, indicativo de la longitud del segmento AB.

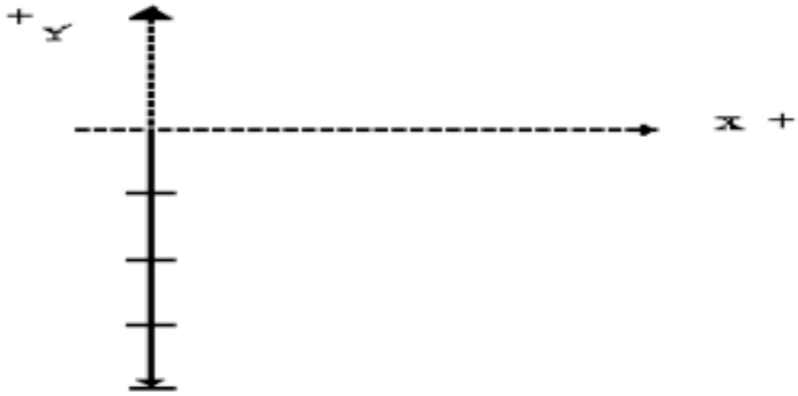
A continuación listamos ejemplos de éstas cantidades aplicadas en Física:

* Desplazamiento

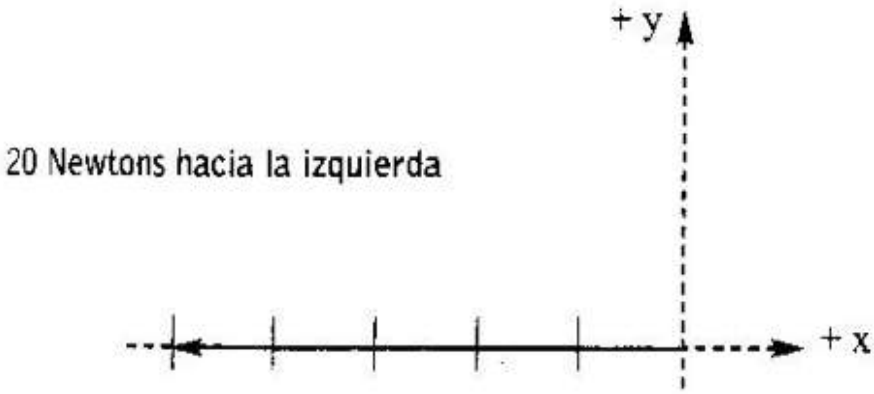
5 m a la derecha del punto de partida



* Velocidad
80 Km/h   hacia el sur

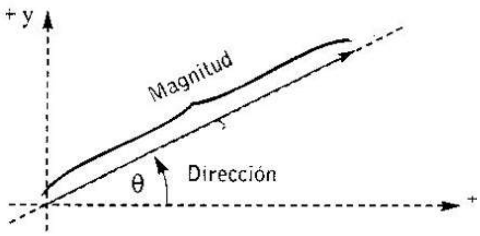


* Fuerza
20 Newton hacia la izquierda



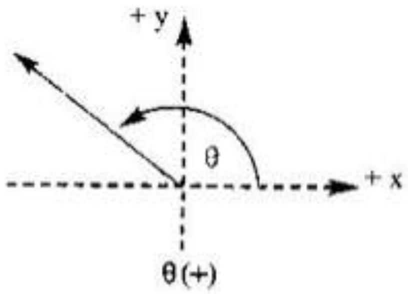
Características de un vector

Para que una cantidad pueda ser llamada vector, necesita cumplir con dos características básicas: tener *magnitud* y *dirección*. La siguiente figura nos establecerá estas dos características:



La magnitud de un vector es el valor (siempre positivo) asignado al mismo como se detalló en el gráfico anterior. Mientras que la dirección de un vector corresponde al ángulo establecido entre el mismo y el eje positivo de las abscisas o + x.

¡RECUERDA!
Los ángulos positivos se miden la dirección contraria al de las manecillas del reloj

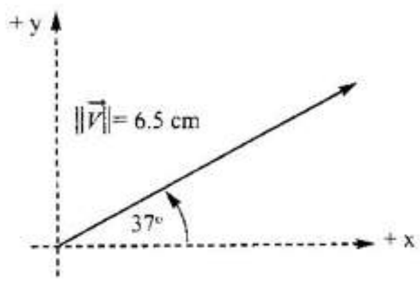


A continuación en la siguiente tabla describiremos las formas en que podemos denotar un vector, es decir, las nomenclaturas usualmente utilizadas para tal efecto.

Formas de denotar un vector con su correspondiente magnitud

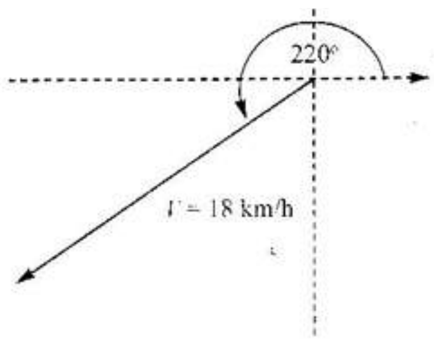
Vector	Descripción del Símbolo	Magnitud	Descripción del símbolo
$\vec{V}$, $\vec{b}$	Letra mayúscula o minúscula con una flechita arriba	$\|\vec{V}\|$, $\|\vec{b}\|$	Representación vectorial correspondiente entre símbolos de doble valor absoluto
V, b	Letra mayúscula o minúscula en negrita	V, b	Letra mayúscula o minúscula sin negrita
V, b	Letra mayúscula o minúscula sin negrita	$\lvert V\rvert$ $\lvert b\rvert$	Representación vectorial entre símbolos de valor absoluto

Ejemplos:
a)



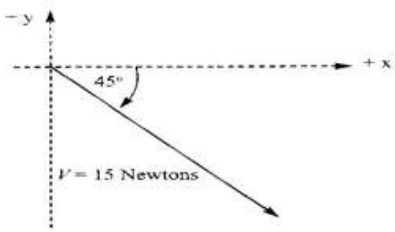
Este es el vector V de módulo || V || = 6.5 cm y de dirección 37 °

b)



Este es el vector V de módulo V = 18 km/h y de dirección 220°

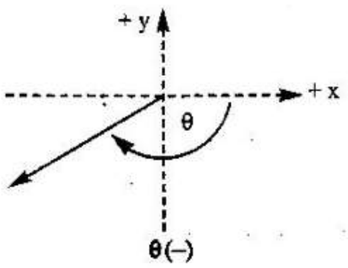
c)



Este es el vector V de módulo |V| = 15 Newtons y de dirección 45°

¡RECUERDA!

Los ángulos negativos se miden en la dirección a favor de las manecillas del reloj



Vectores unitarios estandar

Los vectores unitarios estándar i y j se llaman así porque su módulo o magnitud es igual a la unidad. Como sabemos i representa la dirección positiva del eje x o de las abscisas, y j representa la dirección positiva del eje y u ordenadas.

Es así que todo vector se expresa en término de sus componentes y vector unitario correspondiente, de la siguiente manera:

$$\mathbf{V = Vx\ i + Vy\ j = (VCos\ A)\ i + (VSen\ A)\ j}$$

Operaciones vectoriales

Suma de vectores

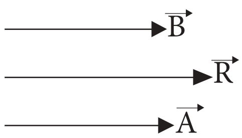
Al momento de sumar dos vectores libres, se eligen como representantes dos vectores tales que el extremo final de uno coincida con el extremo origen del otro vector, (Lara Antonio, 2006).

Se aplica cuando tenemos como dato el valor de dos vectores y nos piden el vector resultante llamado vector suma. Se procede a sumar los valores modulares de dichos vectores.

Los vectores originales deben tener la misma dirección y el mismo sentido, ejemplo:

Hallar el valor del vector resultante si se tienen dos vectores de 9 y 6 unidades respectivamente, y forman un ángulo de 0°

A=9; B=6 unidades



R=A+B=9+6=15 UNIDADES.

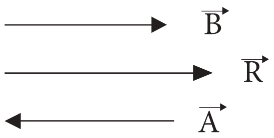
Resta de vectores

Restar dos vectores es proceder a sumar algebraicamente al primer vector con el segundo vector que es su vector opuesto. Se aplica cuando tenemos como dato el valor de dos vectores y nos piden el vector resultante. Se procede a la resta de los valores modulares de dichos vectores.

Los vectores originales deben ser opuestos, es decir tener la misma dirección y diferente sentido, ejemplo:

Hallar el valor del vector resultante si se tienen dos vectores de 9 y 6 unidades respectivamente, y forman un ángulo de 180°

A=9; B=6 unidades



R=A-B=9-6= 3 UNIDADES

Método del paralelogramo

Este conocido método consiste en disponer gráficamente los dos vectores de manera que los orígenes de ambos coincidan en un punto, trazando rectas paralelas a cada uno de los vectores, en el extremo del otro y de igual longitud, formando así un paralelogramo.

El resultado de la suma es la diagonal de dicho paralelogramo que parte del origen común de ambos vectores. Una limitación que presenta este método es que permite solamente sumar parejas de vectores.

Método del triángulo

Cuando se aplica este método se disponen gráficamente un vector a continuación de otro; es decir, el origen de cada uno de los vectores se lleva sobre el extremo del otro formando un ángulo recto. El vector resultante es aquél que nace en el origen del primer vector y termina en el extremo del último.

Llamado también método del Triángulo de fuerzas o de Pitágoras, esta denominación de debe a que dos vectores componentes forman un ángulo de 90° o ángulo recto y para determinar el vector resultante se trazan líneas paralelas, en cada uno de los vectores componentes para formar un paralelogramo y en el cruce de estas se origina el vector resultante y para conocer su valor se aplica el teorema de Pitágoras a través de la siguiente fórmula:

$$\mathbf{VR^2 = V1^2 + V2^2 \quad o \quad R^2 = A^2 + B^2}$$

Ejemplo:

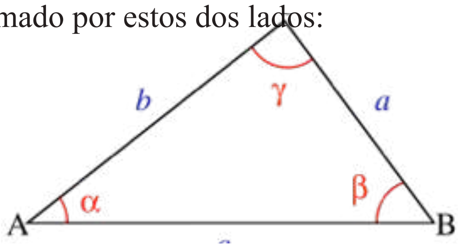
Hallar el vector resultante de dos vectores componentes de 9 y 6 unidades que forman un ángulo recto.

$$\mathbf{R^2}=A^2 + B^2 = (9)^2 + (6)^2 = 117$$

$$\mathbf{R}=\sqrt{117} = 10.82 \text{ UNIDADES}$$

Metodo de la ley del seno y coseno

La ley del coseno es una aplicación en los triángulos no rectángulos que se utiliza, normalmente, en trigonometría. El teorema relaciona un lado de un triángulo con los otros dos y con el coseno del ángulo formado por estos dos lados:



Dado un triángulo ABC, siendo α, β, γ, los ángulos, y a, b, c, los lados respectivamente opuestos a estos ángulos entonces:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos(\gamma)$$

Este método se aplica cuando se tienen dos vectores componentes que forman ángulos mayores o menores a 90°.

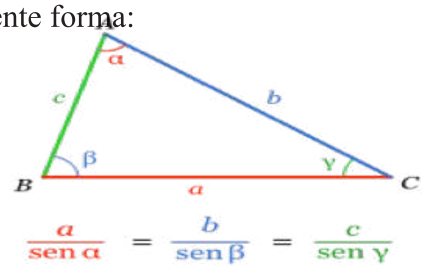
Se usa para encontrar el valor del Vector Resultante mediante la fórmula:

$$VR^2 = V1^2 + V2^2 - 2\,(V1)\,(V2)\;\text{Cos}\,\theta$$
$$R^2=A^2+B^2-2AB\ \text{COS}\ \theta$$

Similar al del paralelogramo. En él se aplican las leyes del seno y del coseno.

Ley del Seno.- es una relación de proporcionalidad entre las longitudes de los lados de un triángulo y los senos de los ángulos respectivamente opuestos.

Usualmente se presenta de la siguiente forma:



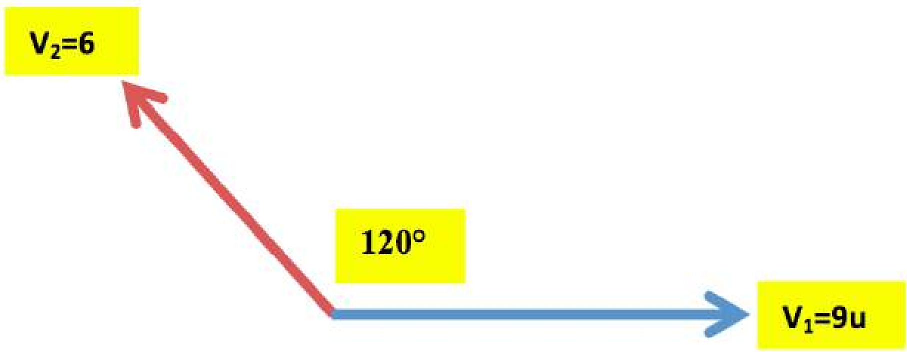
Se usa para determinar ángulos; aquí se relaciona los lados de un triángulo con el seno de su ángulo opuesto. Usamos siempre la relación que tenga una sola incógnita.

EJEMPLOS:

1.- Hallar el valor del vector resultante si se tienen dos vectores de 9 y 6 unidades y forman ángulos de: a = θ= 120° y b= θ =40°

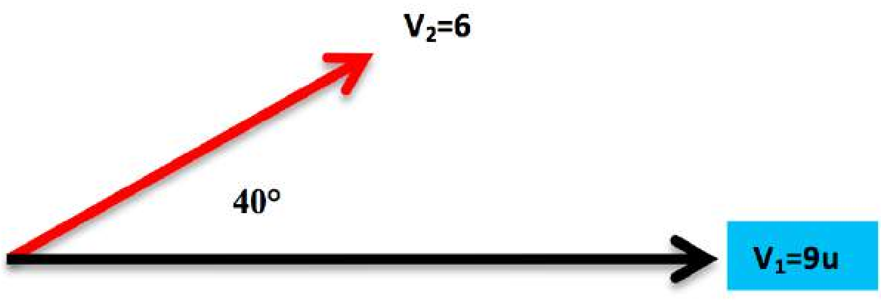
a) $VR^2=V1^2+V2^2-2V_1V_2 \text{ COS } \theta= (9)^2 +(6)^2-2(9)(6) \text{ COS } 120°=171$

$R=\sqrt{171}=13.07 unidades$



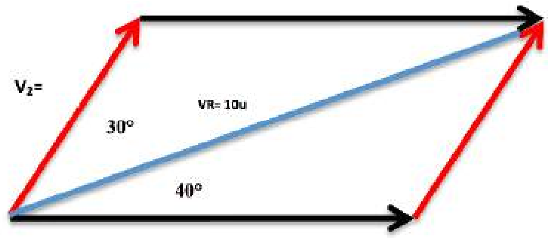
b) $VR^2=V1^2+V2^2-2V_1V_2 \text{ COS } \theta= (9)^2 +(6)^2-2(9)(6) \text{ COS } 40°=34.27$

$R=\sqrt{34.27}=5.85 unidades$



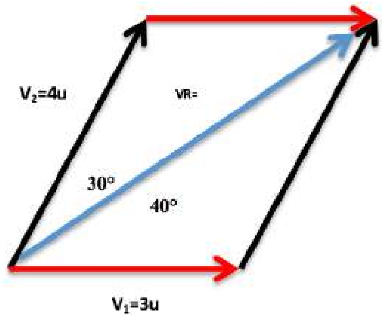
2.- Hallar las componentes de un vector de 10 unidades según dos direcciones que forman un ángulo de 70° si el otro vector forma con una de las componentes un ángulo de 40°

R= 10 UNIDADES



$$V_1 = \frac{VRSeno40°}{\text{sen } 110°} = \frac{10(0.643)}{0.940} = 6.84unidades$$
$$V_2 = \frac{VRSeno30°}{\text{sen } 110°} = \frac{10(0.5)}{0.940} = 5.32unidades$$

3.- Hallar el vector resultante entre V1 = 3 N y V2 = 4 N. El ángulo entre V1 y V2 es de 30 grados.

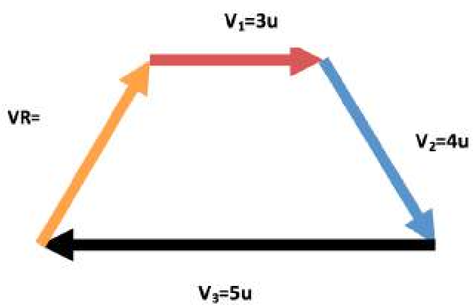


$$VR^2 = V1^2 + V2^2 + 2\,(V1)\,(V2)\,(\text{Cos } 30)$$
$$VR^2 = 3^2 + 4^2 + 2\,(3)\,(4)\,(\text{Cos } 30) = 37$$
$$VR\sqrt{37} = 6.08N$$

Método del polígono

En éste método se grafica el primer vector y en el final de este se grafica el segundo y así sucesivamente. El vector resultante va desde el origen del primer vector hasta el final del último. Este método es usado en la práctica de Laboratorio de Física correspondiente al tema mesa de fuerzas, llamada también Ejemplo:

V1: 3 u 0°
V2: 4u 300°
V3: 5u 180°



Sistema de fuerzas

Es el conjunto de fuerzas que están aplicadas a un cuerpo. Cada una de las fuerzas que integran al sistema se denomina componente. Resultante de un sistema de fuerzas es una fuerza que por sí sola es capaz de producir el mismo efecto en todo el sistema.

Componentes de una fuerza

La determinación de los componentes de una fuerza consiste en obtener dos fuerzas que actúen en esas direcciones y cuya resultante sea la fuerza dada. Las componentes más importantes de una fuerza son sus componentes *rectangulares*, es decir sus componentes según dos direcciones perpendiculares.

Resultante de un sistema de fuerzas

Para obtener el VR de un sistema de fuerza se aplica el método de la descomposición vectorial. Se lo calcula por la fórmula:

$$\Sigma F_x = V1 \text{ Cos } \theta + V2 \text{ Cos } \theta + V3 \text{ Cos } \theta \ldots \text{etc}$$

$$\Sigma F_y = V1 \text{ Sen } \theta + V2 \text{ Sen } \theta + V3 \text{ Sen } \theta \ldots \text{etc}$$

El VR es igual a:

$$VR^2 = \Sigma\, Fx^2 + \Sigma Fy^2$$

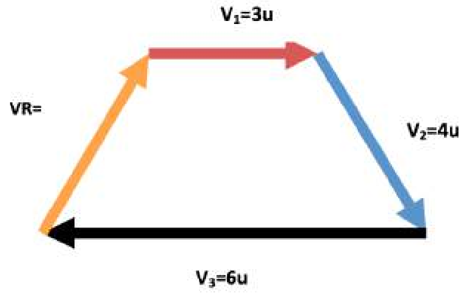
Mientras que la dirección o ángulo del VR se da por:

$$\text{Tan } \theta = \Sigma F_y \;/\; \Sigma F_x$$

Ejercicio

Las siguientes fuerzas actuaron sobre un sistema, basados en las fórmulas vistas en esta clase hallar:

V1: 3 u 0°
V2: 4u 300°
V3: 6u 180°



a) Fx y Fy para cada una de las fuerzas.
b) La sumatoria de Fx y de Fy.

c) La Fuerza Resultante.
d) La fuerza que equilibra al sistema y el ángulo de equilibrio.

Recordemos que la fuerza que equilibra al sistema es de igual magnitud de la resultante pero con signo contrario.

Fx_1= 3u (cos 0°)=3x1= 3u
Fx_2=4u(cos300°)=4x0.5=2u
Fx_3= 6u(cos180°)=6x(-1)=-6u

S Fx=3+2-6=-1

Fy_1= 3u (sen 0°)=3x0= 0u
Fy_2=4u(sen300°)=4x(-0.86)=-3.46u
Fy_3=6u(sen180°)=6x(0)=0u

SFy=0-3.46+0=-3.46

$VR^2 = \Sigma Fx^2 + \Sigma Fy^2$= 1+11.97=12.97
VR = =3.6u
VE= -3.6u

La física y tu mundo

Analizar e interpretar

Coordenadas geograficas

En relación con la red geográfica que forman los paralelos y meridianos, se definen las coordenadas geográficas que permiten ubicar con precisión situación de un punto cualquiera de la superficie terrestre, (Franco Sergio, 2003). Estas dos coordenadas se miden como la distancia desde un punto en cuestión hasta las líneas de base del sistema y reciben el nombre de:

a) **latitud.-** su línea de base es el Ecuador
b) **longitud.-** su línea de base es el Meridiano de Greenwich

Estas coordenadas se expresan en grados sexagesimales.

Para los paralelos, sabiendo que la circunferencia que corresponde al ecuador mide 40076 Km, 1° que equivale a 1133 Km.

Para los meridianos, sabiendo que junto con sus correspondientes antimeridianos se forman circunferencias de 40007 Km de longitud, 1° equivale a 111,11 Km

Latitud.- La latitud o paralelo es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el Ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto. Se expresa en grados sexagesimales de 0° a 90°. Todos los puntos ubicados sobre el mismo paralelo tienen la misma latitud. Aquellos que se encuentran al norte del Ecuador reciben la denominación norte (N); aquellos que se encuentran al sur del ecuador reciben la denominación sur (S). Al Ecuador le corresponde la latitud de 0°, los polos norte y sur tienen latitud 90° N y 90°S respectivamente

Longitud.-La longitud o meridiano es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el meridiano de Greenwich, medida sobre el paralelo que pasa por dicho punto, se expresa en grados sexagesimales de 0° a 180°. Todos los puntos ubicados sobre el mismo meridiano tienen la misma longitud. Aquellos que se encuentran al oriente del meridiano de Greenwich recibe la denominación este (E), aquellos que se encuentren al occidente del meridiano de Greenwich reciben la denominación oeste (O). Al meridiano de Greenwich le corresponde la longitud de 0°. El antimeridiano está ubicado a 180°. Los polos norte y sur no tienen longitud.

Preguntas de aplicación

1.- Un barco navega hacia el oeste una distancia de 160 Km en la latitud 35° N, desde un punto cuya longitud es de 178° O, entonces la longitud del segundo punto es :

a) 176.59 ° E
b) 179.41 ° E
c) 176.59 ° O
d) 179.41° O
e) ninguna de las respuestas anteriores son correctas

2.- Usando el mapa geográfico del Ecuador responder las siguientes preguntas:

a.- Para ir de Loja a Esmeraldas un viajero se desplaza:

a.1.- 566.67 Km, 5° al este del norte
a.2.- 116.67 Km, 17° SE
a.3.- 127.78 Km, 39° NE
a.4.- 216.67 Km, 69° SE

b.- Desde Quito a Guayaquil un vehículo se desplaza:

b.1.- 283,33 Km, 56° SO
b.2.- 400 Km al norte
b.3.- 566.67 Km, 236°
b.4.- 300 Km al norte

Ejercicios de aplicación

1.- Si un vector resultante tiene un módulo igual a 15 unidades, hallar el ángulo formado por dos vectores de 10 y 7 unidades.

$$V_1=10;\ V_2=7;\ VR=15u$$

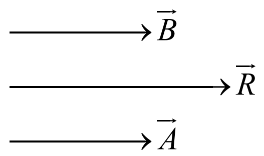
$Vr^2 = V1^2 + V2^2 - 2\, V_1\, V_2 \cos\alpha$

$$\cos\alpha = \frac{-VR^2 + V_1^2 + V_2^2}{2V_1V_2} = \frac{-15^2 + 10^2 + 7^2}{2(10)(7)}$$

$$\alpha = \cos^{-1}(-0.542) = 122°52'$$

2.- ¿Cuál es el vector resultante de dos vectores cuyos módulos son V_1=10; V_2=7 unidades, cuando estos forman los siguientes ángulos: 1)0°; 2)120°, 3)180°, 4)140°,5)90°?

1) 0°

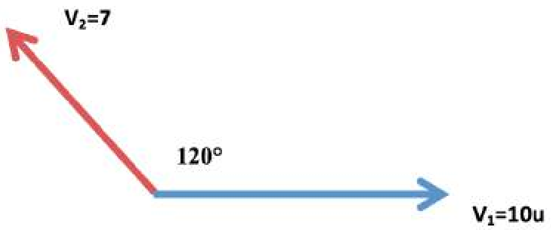


VR= V1+ V2=10+7=17 UNIDADES.

2) 120°

a) $VR^2=V1^2+V2^2-2V_1V_2 \text{ COS } \theta= (10)^2 +(7)^2-2(10)(7) \text{ COS } 120°=219$

$R=\sqrt{219}=14.8unidades$



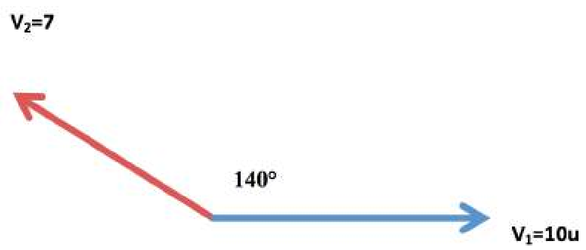
3) 180°

VR= V_1- V_2 = 10-7= 3 UNIDADES, tiene un sentido hacia la abscisa positiva

4) 140 °

a) $VR^2=V1^2+V2^2-2V_1V_2 \text{ COS } \theta= (10)^2 +(7)^2-2(10)(7) \text{ COS } 140°=256.24$

$R=\sqrt{256.24}=16unidades$



5) 90°

$$VR^2 = V_1{}^2 + V_2{}^2 = (10)^2 + (7)^2 = 149$$
$$VR = \sqrt{149} = 2.2 unidades$$

3.- ¿Cuál es el ángulo de dos vectores cuyos módulos son 9 unidades y 11 unidades si la dirección del vector resultante forma un ángulo de 50° con el segundo?

$V_1 = 9u$; $V_2 = 11u$

$$V_1 = 9u; V_2 = 11u$$
$$Sen\ \beta = \frac{V_2}{V_1} Sen\ 50° = \frac{11}{9}(0.766) = 0.936$$
$$B = Sen^{-1}(0.936) = 69.43°$$
$$\Theta = \beta + 50° = 69.43° + 50° = 119°26'$$

4.- Hallar el vector componente de dos vectores si el vector resultante tiene 12 unidades y forma un ángulo de 35º con uno de los componentes que tiene una magnitud de 14 unidades. Hallar también el ángulo entre las componentes.

$$VR = 12u; = 14u\ ^2$$
$$V_2^2 = V_1^2 + VR^2 - 2V_1VR \quad COS35° = (14)^2 + (12)^2 - 2(14)(12)COS35° = 64.76$$
$$V_2 = \sqrt{64.76} = 8.04\mu$$
$$\alpha = Sen^{-1}\left(\frac{V_1}{V_2} Sen35°\right) = Sen^{-1}\left(\frac{14(0.574)}{8.04}\right) = 87.15°$$
$$\alpha + 35° = \theta$$
$$\theta = \alpha + 35° = 87.15° + 35 = 122.15°$$

5.- Encuentre la componente rectangular de un vector de 12 unidades en una dirección que forma un ángulo de a) 45º, b) 30º, c) 60º con la del vector. ¿Cómo varía la componente al aumentar el ángulo?

VR= 12u

a) x= 12 cos 45° = 8.48 unidades

b) x= VR cosθ = 12 cos 30°= 10.39unidades

c) x= 12 cos 60° = 6.00 unidades

d) disminuye

6.- ¿Cuáles son los vectores componentes de un vector de 11 unidades según dos direcciones que forman un ángulo de 70 si el vector forma con una de ellas un ángulo de 40?

VR= 11 UNIDADES

$$V_1 = \frac{VR\ Sen 40°}{Sen\,110°} = \frac{11(0.643)}{0.940} = 7.52\ unidades$$

$$V_2 = \frac{VR\ Sen 30°}{Sen\,110°} = \frac{11(0.500)}{0.940} = 5.85\ unidades$$

7.- Existen dos vectores de 6 y 8 unidades. ¿Qué ángulo deben formar los dos vectores para que su resultante sea igual al vector: a) mayor, b) menor

V_1=6u; V_2=8u

a) $VR = V_2 = 8u$

$$\beta = \cos^{-1}\left(\frac{V_1}{2V_2}\right) = \cos^{-1}\frac{6}{16} = 67°\,58'$$

$\theta = \pi - \beta = 180° - 67° = 112°$

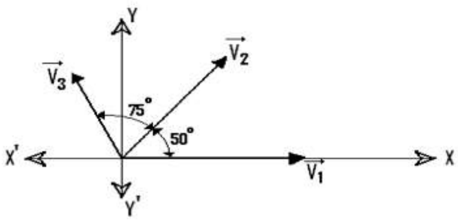
b) $VR = V_1 = 6$

$$\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{V_2}{2V_1}\right) = \cos^{-1}\frac{8}{12} = 48°18'$$

$\theta = \pi - \alpha = 180° - 48° = 132°$

8.- Supongamos que tenemos tres vectores, V1=7 unidades, V2=6 unidades y V3=5 unidades. El ángulo entre las direcciones de V1 y V2 es de 50° y entre las de V2 y V3 es de 75°. Encuentre el vector resultante

V1 = 7u $\theta = 0°$; **V2=** 6u $\theta = 50°$; **V3=** 5 u $\theta = 125°$



Fx1= 7u (cos 0°)=7x1= 7u Fx2=6u(cos50°)=6x0.6427=3.85u

Fx3= 5u(cos125°)=5x(-0.5735)=-2.86u

ΣFx=7+3.85-2.86=7.99u

Fy1= 7u (sen 0°)=7x0= 0u Fy2=6u(sen50°)=6x(0.766)=4.59

Fy3= 5u(sen125°)=5x(0.8191)=4.095u

ΣFy=0+4.59+4.095=8.69u

$VR^2 = \Sigma Fx^2 + \Sigma Fy^2 = (7.99)^2+(8.69)^2=63.84+75.52=139.36$

$VR = \sqrt{139.36} = 11.8u$

9.- Una lancha a motor se desplaza sobre el agua en la dirección N 60° O con una velocidad de 50 km/h en un lugar donde la dirección de la corriente es tal que el movimiento resultante del barco es en la dirección O con una velocidad de 50 km/h. Obtener la velocidad y la dirección de la corriente.

V_1 = 50km/h; V_2= 60km/h

$VR^2 = V1^2 + V2^2 - 2\, V_1 V_2 \cos\theta = (50)^2 + (60)^2 - 2\,(50)\,(60) \cos 60° = 700$

$VR = \sqrt{700} = 26.45 Km/h$

$$\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{V_1}{VR}\cos 60°\right) =$$

$$\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{50}{26.45}\cos 60°\right) =$$

$$= \cos^{-1}(0.945) = 19°5'28''$$

La corriente se mueve en una dirección igual a: 19°5'28"

10.- Una chiva acuática (yate) se desplaza en dirección norte con una velocidad de 7 km/h. Sobre su cubierta camina una chica con una velocidad igual también a 7 km/h. Cuál es la velocidad de la persona con relación a la tierra si camina en dirección: a) N, b)S, c)E, d)NE, e)SE

V_1 = 7 Km/h ; V_2= 7 km/h

a) N

VR= $V_1 + V_2$ = 7 + 7 = 14 km/h

b) S

VR= $V_1 - V_2$ = 7 – 7 = 0 km/h

c) E

$$VR = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} = \sqrt{7^2 + 7^2} = \sqrt{98} = 9.89\ km/h$$

d) NE

$VR^2 = V1^2 + V2^2 – 2\ V1\ V2 \cos θ = (7)^2 + (7)^2 -2\ (7)\ (7) \cos 45° = 28.71$

$$VR = \sqrt{28.71} = 5.355\ km/h$$

e) SE

COMPONENTES RECTANGULARES DE V

$VR^2 = V1^2 + V2^2 – 2\ V1\ V2 \cos θ = (7)^2 + (7)^2 -2\ (7)\ (7) \cos 45° = 28.71$

$$VR = \sqrt{28.71} = 5.355\ km/h$$

11.- Hallar el valor del vector resultante si se tienen dos vectores de 9 y 6 unidades y forman ángulos de:

V1= 9u   V2= 6u
θ =120°;   θ =40°

a) θ =120°

$VR^2 = V1^2 + V2^2 – 2\ V_1 V_2 \cos θ = (9)^2 + (6)^2 -2\ (9)\ (6) \cos 120° = 171$

$$VR = \sqrt{171} = 13.07u$$

b) θ =40°

$VR^2 = V1^2 + V2^2 – 2\ V_1 V_2 \cos θ = (9)^2 + (6)^2 -2\ (9)\ (6) \cos 40° = 35$

$$VR = \sqrt{35} = 5.92u$$

12.- Hallar las componentes de un vector de 10 unidades según dos direcciones que forman un ángulo de 89° si el otro vector forma con una de las componentes un ángulo de 48°

VR= 10 UNIDADES

$$V_1 = \frac{VR\ Sen 48°}{Sen\ 91°} = \frac{10(0.7431)}{0.999} = 7.44u$$

$$V_2 = \frac{VR\ Sen 41°}{Sen\ 91°} = \frac{10(0.656)}{0.999} = 6.56u$$

Ejercicios para resolver*

1. Dos vectores cuyas magnitudes son 6 y 9 unidades forman ángulos de (a) 0°, (b) 60°, (c) 90°, (d) 140°, € 180°. Hallar su resultante. R. 15, 13, 07,10, 81, 5, 85, 3.

2. Hallar el Angulo entre los dos vectores anteriores si su resultante tiene una magnitud igual a 12 unidades. R. 75°, 30°.

3. El vector resultante de otros dos tiene una magnitud igual a 10 unidades y forma un ángulo de 35° con uno de los vectores componentes cuya magnitud de 12 unidades. Hallar el otro vector componente y el ángulo entre ellos. R. 6, 8, 125°.

4. Hallar el ángulo que forman las direcciones de dos vectores cuyas magnitudes son 8 y 10 unidades si la dirección del vector resultante forma un ángulo de 50° con el segundo. Calcular también el vector resultante. R. 123°, 8, 7.

5. Hallar las componentes de un vector de 10 unidades según dos direcciones que forman un ángulo de 70° si el vector forma con una de ellas un ángulo de 40°. R. 5, 3, 6, 8.

6. Hallar la componente de un vector de 10 unidades en una dirección que forma un ángulo de 45° con la del vector. R. 7, 1.

7. Se tiene tres vectores V_1 = 6 unidades, V_2 = 5 unidades y V_3 = 4 unidades. El ángulo entre las direcciones de V_1 y V_2 es de 50° y entre las de V_2 y V_3 es de 75°. Hallar el vector resultante. R.9,91 unidades.

8. Se tiene cuatro vectores V_1 = 4 unidades, V_2 = 6 unidades, V_3 = 5 unidades y V_4 = 3 unidades. Los ángulos que las direcciones de V_2, V_3 y V_4 forman con la de V_1 son 70°; 150° y 200°. Hallar el vector resultante. R. 7, 6.

9. Se tiene cinco vectores V_1 = 7 unidades, V_2 = 5 unidades, V_3 = 9 unidades, V_4= 4 unidades, V_5 = 6 unidades. El ángulo entre cada vector y $V_{1,}$ es 45°, 150°, 250° y 300° respectivamente. Hallar el vector resultante. R. 4,468 unidades

* (Alonso Marcelo, 1990).

Trabajo potencia y energia

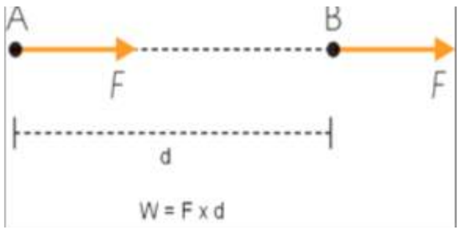
Trabajo

El trabajo (W) es definido como el producto de una fuerza aplicada (F) en determinada distancia (d) que recorre dicha fuerza en su misma dirección, (Navarro, 2014):

$$W = F \cdot d$$

$$T = F .d$$

El trabajo es el producto de la fuerza por desplazamiento



$$T = F . d$$

Existen dos condiciones primordiales que deben cumplirse para que exista trabajo:

- Una fuerza ejercida sobre el cuerpo.
- Que la fuerza origine un desplazamiento no perpendicular a dicha fuerza

¿Cuándo un trabajo es positivo y cuándo es negativo?

Trabajo positivo.- Cuando la fuerza aplicada tiene la misma dirección y sentido que el desplazamiento, el trabajo es positivo:

$$W = F \cdot d$$

$$T = F . d$$

Trabajo negativo.-Si esta fuerza tiene la misma dirección que el desplazamiento, pero sentido opuesto, el valor del trabajo es negativo:

$W = -(F \cdot d)$ o $T = -(F .d)$

Si la fuerza es perpendicular al desplazamiento, el valor del trabajo es nulo:

$W = 0$ o $T = 0$

El trabajo depende de:

- La magnitud de la fuerza
- Del desplazamiento del cuerpo
- De la dirección o ángulo que forme la fuerza aplicada con el desplazamiento.

Los ángulos influirán mucho en el signo del trabajo, por ejemplo:

Si la fuerza forma un ángulo que va entre 0° y 90°, el trabajo es positivo y varía desde su valor máximo (0°) hasta 0 (90°).

Si el ángulo comprende entre 90° y 180°, el trabajo es negativo y varía entre 0 y el mayor valor negativo.

El trabajo puede ser expresado en función del ángulo que forma la fuerza con el desplazamiento utilizando la función trigonométrica coseno de un ángulo (cos α):

$$W = F \cdot d \cdot \cos \alpha \qquad o \qquad T = F \,.\, d \,.\, \cos \propto$$

La unidad de trabajo en el Sistema Internacional (SI) es el joule (J) · Un joule es el trabajo necesario para trasladar una fuerza de 1 N en una distancia de 1 m.

$$1\ J = 1\ N \cdot 1\ m$$

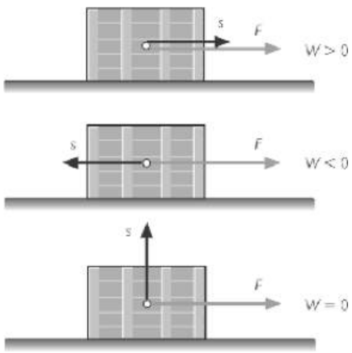
Otros criterios definen al joule como la cantidad de trabajo efectuado por una fuerza de 1 newton actuando a través de una distancia de 1 metro. En 1948 el joule fue adoptado por la

Conferencia Internacional de Pesas y Medidas como unidad de energía.

El joule también es igual a 1 vatio por segundo, por lo que eléctricamente es el trabajo realizado por una diferencia de potencial de 1 voltio y con una intensidad de 1 amperio durante un tiempo de 1 segundo.

Equivalencias:
1 vatio-hora = 3.600 Joules.
1 Joule = 0,24 calorías (no confundir con kcal).
1 caloría termoquímica (calth) = 4,184 J

Como el trabajo es un intercambio de energía mecánica, las unidades de trabajo son las mismas que las de energía.



Signo del trabajo en función de las direcciones y sentidos relativos entre la fuerza ejercida y el desplazamiento.

Energía

Desde un punto de vista físico, podríamos definir a la energía como la capacidad de los cuerpos para realizar un determinado trabajo.

La energía puede ser considerada como una magnitud escalar ligada a un estado de carácter dinámico dentro de un sistema cerrado y que no cambia con transcurso del tiempo. Es posible observarla como energía de sistemas abiertos (no aislados entre sí) de un sistema cerrado mayor. Dentro de dichos sistemas aislados la energía se caracteriza por la propiedad de conservarse. De aquí proviene el enunciado "la energía no se destruye, solo se transforma"

Los cuerpos en movimiento pueden poseer o generar energía debido a dicho movimiento, a sus propiedades químicas o físicas.

Tipos de energía

Dentro de la física mecánica tenemos los siguientes tipos de energía, (Rolle, 2006):

1. Energía mecánica, resultante de la fusión de los siguientes tipos de energía:
1.1. Energía potencial relacionada con un campo de fuerzas conservativas, se clasifica en:
1.1.1. Energía potencial gravitatoria
1.1.2. Energía potencial elástica, debida a deformaciones elásticas. También una onda es capaz de transmitir energía al desplazarse por un medio elástico.
1.2. Energía cinética: es la energía del movimiento.

Desde el punto de vista electromagnético tenemos a la energía radiante, energía calórica, la energía potencial eléctrica; mientras que desde un punto de vista termodinámico tenemos a la energía interna y a la energía térmica.

- **Energía interna.-** es la energía resultante de la suma de la energía mecánica de las partículas constituyentes de un sistema

- **Energía térmica.-** es la energía liberada en forma de calor.

Como Químicos y Farmacéuticos tenemos que tener en cuenta las formas de energía química a fin de entender fenómenos como la unión de átomos, formación de enlaces, formación de iones.

- **Energía de ionización**, es la energía que hace falta para ionizar (separar en iones ya sean estos cationes o aniones) una molécula o átomo.

- **Energía de enlace** es la energía almacenada en los enlaces químicos de un compuesto, que permite a los átomos unirse entre sí y a las moléculas a formar otras moléculas de mayores tamaños. Otra forma de energía para nuestro interés es aquella resultante de las interacciones biológicas, pues esta necesita de las mismas leyes físicas que aplican a la química, pudiendo ser producto de procesos bioquímicos tales como el catabolismo o anabolismo.

La unidad de energía en el Sistema Internacional de Unidades es el Joule. Otras unidades de energía son las siguientes:

- Caloría
- Kilovatio hora
- BTU, (British Thermal Unit) 252,2 cal = 1.055 joules

Potencia

Se define potencia como la rapidez a la cual se efectúa un trabajo.

$$\text{Potencia} = W/t = T / t = \text{trabajo/tiempo}$$

En el Sistema Internaciona0l la potencia se expresa en Joules por segundo, unidad a la que se le da el nombre Watt (W), 1 W = 1J/s.

Si decimos que un foco consume 60 watts, estamos diciendo que transforma en cada segundo 60 Joules de energía eléctrica en energía luminosa o térmica.

Las potencias elevadas se expresan como caballos de fuerza, abreviados como hp, el cual es equivalente a 746 Watts.

Suele ser más conveniente expresar a la potencia en términos de la fuerza neta F aplicada a un objeto y de la rapidez con que se realiza, (Tambutti, 2002).

A veces conviene expresar la potencia en términos de la fuerza neta F aplicada a un objeto y de su velocidad.

$$P = W/t \qquad P = T/t \qquad \text{Como } W \text{ o}$$

$$T = \text{Fuerza (F) x desplazamiento (d)} = F \cdot d$$

Entonces:

$$P = Fd/t.$$

Si la velocidad (v) es constante, $v = d/t$ donde d es el desplazamiento y t el tiempo tendríamos que

$$P = Fv, \text{ esto es, fuerza por velocidad.}$$

Si la velocidad v es variable se usa la potencia instantánea definida como

P = dW/dt = dT/dt donde d es el símbolo de derivada.

Es decir, la potencia instantánea es el trabajo por unidad de tiempo durante un pequeñísimo intervalo de tiempo dt.

Como dW = Fdd = dT/dt y v = dd/dt

Tenemos que:

P = Fv

Esto es, fuerza por velocidad instantánea.

Ejercicios resueltos de trabajo, energía y potencia.

1) Transformar 2500 kW a:

a) cv.
b) Kgm/s.

Datos:
2.500 kw = 2.500.000 watt

a) $$\frac{2.500Kw}{Cv} = \frac{2.500.000watt}{735\,joule} = \frac{2.500.000\,joule/s}{735\,joule/s} = 3.401Cv = 3.4x10^3\,Cv$$

b) $$\frac{2.500Kw}{Kgm/s} = \frac{2.500.000watt}{9.8\,joule} = \frac{2.500.000\,joule/s}{9.8\,joule/s} = 255.102Kgm/s = 2.55x10^5\,Kgm/s$$

2) Una grúa levanta 2000 kg a 15 m del suelo en 10 s, expresar la potencia empleada en:

a) cv.
b) W.
c) HP.

Datos:

m = 2000 kg
h = 15 m
t = 10 s
W = T/t
W = P.d/t
W = m.g.d/t
W = 2000 kg.(10 m/s ^{2}).15 m/10 s
W = 30000 W

$$\frac{3000Kw}{Cv} = \frac{3x10^6\,watt}{735\,joule} = \frac{3x10^6\,joule/s}{735\,joule/s} = 4.08x10^3\,Cv$$

$$\frac{3000Kw}{watt} = \frac{3x10^6\,watt}{Watt} = 3x10^6\,Watt$$

$$\frac{3000Kw}{Hp} = \frac{3x10^6\,watt}{746\,joule} = \frac{3x10^6\,joule/s}{746\,joule/s} = 4.02x10^3\,Hp$$

3) Un motor de 120 cv es capaz de levantar un bulto de 2 ton hasta 25 m, ¿cuál es el tiempo empleado?.

Datos:

P = 2 ton
W = 120 cv
h = 25 m
Se adopta g = 10 m/s ²

1 cv → 735 W
120 W → W = 735 W.120 cv/1 cv
W = 88200 W

1 ton → 1000 kg
2 ton → m = 1000 kg.2 ton/1 ton
m = 2000 kg

W = P.d/t
W = m.g.d/t
t = m.g.d/W
t = 2000 kg.(10 m/s ²).25 m/88200 W
t = 5,67 s

4) Transformar 250 kg.m a Joule y kW.h.
1 kg.m → 9,807 J
250 kg.m → x = 250 kg.m × 9,807 J/1 kg.m
x = 2451,75 J

1 W = 1 J/s
1kW = 1.000 J/s
1kW.h = 1.000 J.3.600 s/s
1kW.h = 3.600.000 J s/s
1 J = 1kW.h/3.600.000

1 kg.m → 9,807 J/3.600.000
250 kg.m → x = 250 kg.m × 9,807 J/3.600.000 kg.m
x = 6,81 x 10-4 kW.h

5) ¿Cuántos kg.m y Joule representan 25 kW.h?.

1 kW.h → 3.600.000 J
25 kW.h → x = 25 kW × 3.600.000 J/1 kW.h
x = 9.107 J

1 kW.h → 3.600.000 kg.m/9.807
25 kW.h → x = 25 kW.h × 9,807 × 3.600.000 J/1 kW.h
x = 9.177.118 kg.m

6) Indicar cuántos Joule y kW.h son 125478 kgm.

1 kg.m → 9,807 J
125.478 kg.m → x = 125.478 kg.m × 9,807 J/1 kg.m
x = 1.230.563 J

1 kg.m → 9,807 J
125.478 kgm
X = 1,23x106J/3,0x106
x = 0,3418 kW.h

7) Indicar el trabajo necesario para deslizar un cuerpo a 2 m de su posición inicial mediante una fuerza de 10 N.

T = F × d
T= 10 N × 2 m
T = 20 J

8) ¿Qué trabajo realiza un hombre para elevar una bolsa de 70 kgf a una altura de 2,5 m?. Expresarlo en:

a) kg.m
T = F × d
T= 70 kg × 2,5 m
T= 175 kgf.m

b) Joule
T= 175 kg.m × 9,807 J/kg.m
T = 1716,225 J

9) Un cuerpo cae libremente y tarda 3 s en tocar tierra. Si su peso es de 4 N, ¿qué trabajo deberá efectuarse para elevarlo hasta el lugar desde donde cayo?. Expresarlo en:

a) Joule.
b) kgm.

$T = F.d$

En éste caso se trata de la fuerza peso, por lo tanto:

$T = P.d$

y al ser un movimiento vertical la distancia es la altura:

$T = P.h$

Mediante cinemática calculamos la altura para caída libre utilizando para ello la siguiente formula: $h = \frac{1}{2}.g.t^2$

$h = \frac{1}{2}.g.t^2$
$h = \frac{1}{2} \times 9{,}8\ (m/s^2) \times (3\ s)^2$
$h = \frac{1}{2} \times 9{,}8\ (m/s^2) \times 9\ s^2$
$h = 44{,}1 m$

Luego:
a)
$T = P \times h$
$T = 4\ N \times 44{,}1\ m$
$T = 176{,}526\ J$

b)
$T = 176{,}526\ J / (9{,}8\ kg.m \times J)$
$T = 18\ kg.m$

RESPONDA

1) ¿Qué es la potencia?
2) ¿Cuáles son sus unidades?
3) ¿Cuáles son sus equivalencias?
4) ¿Qué es el kilowatt hora?

Problemas resueltos

Nota: El estudiante deberá analizar los diferentes ejercicios resueltos y colocar las unidades con sus respectivas magnitudes

1.- Una fuerza de 15 N se aplica a un cuerpo que se mueve 10m en la misma dirección que la fuerza. ¿ Qué trabajo realiza y cuál es su valor en la dirección contraria?

$F = 15N$; $d = 10m$

A) $W = F. \ d = Fd \cos 0° = (15)(10)(1) = 150$ J

b) $W = F. \ d = Fd \cos 180° = (15)(10)(-1) = -150$ J

2.- Resolver el problema anterior, si el ángulo entre el desplazamiento y la fuerza es:

a) 20', b) 80", c) 140°

$F= 15N$; $d= 10m$;

Nota: Para resolver este ejercicio vamos a utilizar la formula $W = Fd \cos \theta$

a) $W= Fd \cos 20° = (15)(10)(0.939) = 140.95$ J

b) $W= Fd \cos 80° = (15)(10)(0.173) = 26.04$ J;

c) $W= Fd \cos 140° = (15)(10)(-0.766) = -114.9$ J

3.- Un grupo de trabajadores cargan entre sí un anaquel de 25 kg hasta el sexto piso de un edificio, cuyo piso está a una altura de 16 m respecto a la calle. Determinar el trabajo efectuado por los trabajadores

$M = 25kg$, $h = 16m$; $g= 9.8 \ m/s^2$

$W= mg \ h = (25)(9.8)(16) = 3920$ J

4.- Para sacar de una cisterna un balde que contiene 20 kg de agua, la cual tiene una profundidad de 4m, qué trabajo realiza el peso del agua?

$m = 20$ Kg; $h = 4m$; $g= 9.8 \ m/s^2$

$W= mg \ h = (20)(9.8)(4) = 784$ J

5.- El motor de un automóvil tiene una masa de 3 toneladas, y ejerce una fuerza de propulsión de 6000 N, ¿Qué trabajo hace por hora si la velocidad del automóvil es de 50 Km/h?

M=3000 kg; F= 6000 N ; v=50 Km/h = 13.88 m/s

P=F v = 6000 . 13.88=8.3 x 104 J/s

T W= P .t=8.3 x 104 . 3.6 x 103 = 29.88 x 107J

6.- Un obrero arrastra un saco de arena que pesa 50 Kg una distancia de 15m, ejerciendo una fuerza de tracción de 250 N y después lo sube a una plataforma que está a 80cm de altura respecto del piso. Calcular el trabajo efectuado por el obrero

T1 =Fd = (250) (15) = 3750 J

T2 = mgh = (50)(9.8)(0.8) = 392 J

T = T1 + T2 = 3750 J + 392 J = 4142 J

7.- ¿Qué potencia desarrolló el obrero del problema anterior si efectuó su trabajo en 3 minutos?

W= 4142 J; t= 180 seg.

P= w/t= 4142/180=23.01 w

P = W/t =

8.- Para subir un elevador desarrolla una potencia de 300 Kw, si soporta una carga de 2000 Kg, ¿Con qué velocidad subirá dicho elevador?

P=300 kw = 3 x10^5w; m= 2 x 10^3 kg; g= 9.8 m/s^2

Nota: Para resolver este ejercicio vamos a utilizar la formula , por lo tanto despejamos la velocidad de la siguiente forma

$$V = \frac{P}{F} = \frac{P}{mg} = \frac{3 \times 10^5}{(2 \times 10^3)(9.8)} = 15.3\ \mathrm{m/s}$$

9.- Un helicóptero que pesa de 2 toneladas necesita una potencia de 3 x 105 w, cuando sobrevuela un área a una velocidad de 100 km/h ¿Cuál será la potencia total requerida si, además, desciende con una velocidad de 10 km/h?

m= 2000kg; P_1= 3x10_5 w; V= 100 km/h = 27.7 m/s

Vv= 10 km/h = 2.7 m/s; g=9.8 m/s²

P_2= F Vv = mg Vv= (2000) (9.8) (2.7) = 52920 w

P= P_1 + P_2 = 300000 w + 52920 w = 352920 w

10.- Calcular la potencia de un elevador de un edificio en construcción que sube 40 litros de agua por minuto a una altura de 10 m

m= 40kg; h=10m; t=60s; g= 9.8m/s²

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{(40)(9.8)(10)}{60} = 65.3 \text{ w}$$

11.- El ascensor de un hospital sube 10 pacientes a la sala de consulta externa, cada uno de los cuales tiene una masa de 70 kg hasta una altura de 300 m en dos minutos. Si el peso del ascensor es de 1500 kg. ¿Calcular la potencia del motor que lo mueve?

mp= 700 kg; ma= 1500kg; h= 300 m; t= 120s; g= 9.8 m/s²

m= mp + ma = 2200 kg

$$P = \frac{w}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{(2200)(9.8)(300)}{120} = 53.9\times10^3 \text{ Kw}$$

12.- Una industria alimenticia consume energía eléctrica a un costo de \$ 0.80 Kwh, ¿cuánto costará hacer funcionar durante ocho horas un motor industrial de una línea de proceso cuya potencia es 50.000 W?

t= 8h c= 0.80 /kw h; P= 50 kw

Pt=(50)(3)=150kwh

Costo=C=Wc(150)(0.8)=\$120.00

13.- Un montacargas que pesa 2000 kg se desplaza a una velocidad de 30 km/h . Calcular al energía cinética y el trabajo que realiza el motor de este vehículo para que adquiera esa velocidad en 20 segundos

m= 2000 kg; v= 8.33 m/s; t= 20 s; g= 9.8 m/s²

Ec= $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(2000)(8.33)^2 = 69388.9$ J

$$P = \frac{Ec}{t} = \frac{69388.9}{20} = 3.46 \text{ kw}$$

14.- Una bola de acero cae en 30 s partiendo del reposo. ¿cuál será su energía cinética al llegar al suelo si tiene una masa de 40 kg? ¿Qué trabajo habrá realizado este cuerpo?

m= 40kg; t= 30 s; g= 9.8m/s²

$$Ec = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(gt)^2 = \frac{1}{2}(40)(98)^2 = 3.45\ x\ 10^6\ \mathrm{J}$$

T= Ec = 3.45 x 106 J

15.- ¿Cuál es la velocidad de una moto que posee una energía cinética de 1150 J, considerando que la masa de la misma es de 200 Kg?

Ec= 1150 J ; m= 200 kg

$$V = \sqrt{\frac{2Ec}{m}} = \sqrt{\frac{2(1150)}{200}} = 3.39\ \mathrm{m/s}$$

16.- Inicialmente un electrón se encuentra en reposo y sobre él actúa un campo eléctrico ejerciendo una fuerza de 1.5 x 10-15 N, produciendo un desplazamiento de 15cm. ¿Cuál es la velocidad y la energía del electrón?

me = 9.1 $x10^{31}$ Kg; F= $1,5x10^{-15}$ N; d= 0.15m

Ec=T= F * d = (1,5 x 10^{-15}N) (0,15) = 2.25 x 10^{-16} J

$$V = \sqrt{2EC}\ /m = \sqrt{2(2.25\times10^{-16})}/\ 9.1x10^{-31} =$$

V = 2.22 x 10-2 m/s

17.- Un montacargas que transporta un pallet de medicamentos sube por una rampa inclinada cuyo ángulo es de 20º con una velocidad de 10 Km/h. El peso del montacargas es de 1.5 ton, ¿Calcular la potencia del motor, el trabajo realizado por el vehículo en 15 minutos y la fuerza del motor?

m= 1500kg; t=900; v= 2.7 m/s; θ= 20° ; g= 9.8m/s²

P=Fv=mg Sen 30º v=(1500)(9.8)(0.5)(2.7)=19845 w

P=Pt=(19845)(900)=
P = 1.78 x 106 J

$$F = \frac{P}{V} = \frac{1.78\ x10^6}{2.7} =$$

F = 6.61 x 105 N

18.- Un aro de bronce cuyo radio es 8 cm tiene una masa de 0.25 kg desciende por una banda transportadora con una velocidad de 3 m/s. Calcular la energía cinética total y la altura de descenso del material

r = 0.08 ; m = 0.25 kg ; v = 3 m/ s.

$$I = mr^2 \quad \frac{w}{R} = v$$

$$Ec = \frac{1}{2}Iw^2 + \frac{1}{2}mv^2 = mv^2$$

$=(0.25)(3)^2=2.25$ J

$$H = \frac{Ec}{mg} = \frac{2.25}{(0.25)(9.8)} = 0.92\ m$$

19.- Un aeroplano que va a una velocidad de 150 Km/h deja caer a un paracaidista que pesa 75 Kg. Si está a una altura de 1500m, calcular: a.- su energía potencial inicial respecto al suelo, b.- su energía cinética inicial del cuerpo, c.- su energía total, d.- la energía cinética y la velocidad con que llegará al suelo.

V° = 41.66 m/s; m = 75 kg; h = 1500 m; g = 9.8 m/s.

a) Ep = m g h = (75) (9.8) (1500) = 1.1 x 106 J.

b) $Ec\circ = \frac{1}{2}mv\circ^2 = \frac{1}{2}(75)(41.66)^2 = 65083.33$ J

c) E = Ec + Ep = 65083.33 + 1102500 = 1.16 x 106 J.

d) Ec = E = 1.16 x 106 J.

$$v = \sqrt{\frac{2Ec}{m}} = \sqrt{\frac{2(1167583.33)}{75}} = 176.45\ m/s$$

Ejercicios para resolver

1.- ¿Cuánto trabajo realiza una grúa al levantar una carga de 1000 Kg hasta una distancia vertical de 20m, a un desplazamiento constante?

2.- Un montacargas ejerce una fuerza constante de 3 x 103 N sobre una cadena horizontal al mover una carga una distancia horizontal de 50 cm. ¿Cuánto trabajo es realizado por el montacargas?

3.- Dos fuerzas horizontales constantes tienen magnitudes de 25 y 75 IM. La fuerza de 75 N hace 300 J de trabajo, ¿A través de qué distancia horizontal tendrá que actuar la fuerza de 25 N para efectuar el mismo trabajo?

4.- Un globo aerostático inflado por un sistema de aire caliente tiene una masa de 426 Kg y asciende a una velocidad constante de 3.55 m/s en un lapso de 70 segundos. Determinar el trabajo realizado contra la gravedad.

5.- Señalar de entre los siguientes objetos con sus respectivas masas el de mayor energía cinética:

a) masa 6m y velocidad v
b) masa 3 m y velocidad 3 v
c) masa 1.5 n y velocidad 4 v

6.- En una autopista un carro de una masa 1.8 x 103 Kg se desplaza a una velocidad de 100 Km/h. determinar la energía cinética y el trabajo que se requiere para llevarlo a reposo.

7.- Una fuerza neta constante de 80 N acomete sobre un objeto que se encuentra en reposo a través de una distancia paralela de 2m. Determinar:

a) energía cinética final del objeto
b) velocidad del objeto si su masa es de 2 Kg.

8.- Se efectúa un disparo y la bala viaja a 350 m/s y tiene una masa de 5 g. impacta en una pared y deja un orificio de una profundidad de 17 cm. ¿Cuál será la fuerza promedio ejercida sobre el proyectil al quedar en reposo?

9.- Un electrón tiene 8 x 1017J de energía cinética, ¿Cuál es su velocidad? * masa de electrón 9.11 x 1031 Kg

10.- Cuando un conductor frena su vehículo necesita una distancia de seguridad para el derrape de las llantas. Si existiera una fuerza de frenado constante, demostrar que la distancia segura para que el auto se detenga es proporcional al cuadrado de la velocidad instantánea.

11.- ¿Cuál es el equivalente en caballos de fuerza (hp) de un foco de 20w?

12.- ¿Cuántos Joules de energía eléctrica utiliza una plancha de cerámica secadora de de pelo de 1250 w en 30 minutos? Si una dama se alisa el cabello tres veces a la semana, cuánto consume de energía eléctrica al mes si cada Kw hora cuesta $ 0.06USD

13.- Si se lanza desde la terraza de un edificio una piedra cuya masa es de 0.80 Kg. ¿Cuál es la potencia desarrollada por la gravedad?

14.- Una locomotora tira de un vagón a una fuerza constante de 900 N y el conjunto se desplaza a una velocidad constante de 40 Km/h. Determinar

a) el trabajo realizado por la locomotora en un viaje de 5 horas
b) la potencia de salida de este medio de transporte

15.- Un ascensor de carga de una capacidad de 1000 Kg acelera hacia arriba en forma constante a 0.30 m/s2, determinar la potencia promedio durante el tiempo que en que la velocidad del ascensor pasa de 0.20 m/s a 0.75 m/s.

16.- un avión cuya masa es un cuarto de tonelada tarda 10.0 minutos para llegar a una altura de 10 Km y adoptar una velocidad de crucero de 800 Km/h, considerando que el motor libera 1000,5 hp de potencia en ese lapso de tiempo, determinar su eficiencia.

17.- se tiene un cuerpo inicialmente en reposo sobre una superficie horizontal, sobre él actúa una fuerza constante de 8 N y le da una energía cinética de 75 J, indicar la potencia que se generó en este proceso.

18.- Sobre un bloque de cemento se aplica una fuerza constante de 6 N y lo desplaza a 6 m en 10 segundos, indicar:

a) el gasto de energía
b) la potencia promedio desarrollada

19.- ¿Cuánto trabajo puede desarrollar una máquina que tiene una eficiencia de 40% y el ingreso de potencia es de 800W, en un lapso de 60 segundos?

Fluidos en equilibrio

Hidrostática-fluidos en reposo

Fluidos

En términos físicos se considera fluido a todo cuerpo que carece de elasticidad y adopta la forma del recipiente que lo contiene. Los fluidos pueden ser líquidos o gases según la diferente intensidad de las fuerzas de cohesión existentes entre sus moléculas, pero esta distinción suele afectar en mayor medida a sus aspectos químicos ya que su estudio físico se realiza de forma unitaria, (Bergada Grañó, 2012).

Hidrostática

Parte de la hidrología que estudia las características de los fluidos en condiciones de equilibrio.

Las moléculas que integran las diferentes sustancias se atraen entre sí mediante fuerzas de diversa intensidad entre sus componentes. En determinadas condiciones de presión y temperatura, dichas fuerzas evitan que las moléculas vibren en posiciones distintas a las de equilibrio, generándose en ese caso sustancias en estado sólido. Al aumentar progresivamente las magnitudes de presión y temperatura, la energía de vibración molecular se incrementa, dando lugar a que las partículas abandonen las posiciones fijas y se produzca la transición a los estados líquido y, en términos extremos, gaseoso

En los líquidos, las fuerzas intermoleculares permiten que las partículas se muevan libremente, aunque mantienen sin embargo enlaces latentes que hacen que las sustancias, en este estado, presenten volumen constante. En todos los líquidos reales se ejercen fuerzas que interfieren el movimiento molecular dando lugar a los llamados líquidos viscosos.

Viscosidad

Es debida al frotamiento que se produce en el deslizamiento en paralelo de moléculas o planos moleculares. A los líquidos en los que no existe ningún rozamiento que pueda dar origen a un cierto grado de viscosidad se les denomina líquidos ideales o perfectos. En la naturaleza no existe líquido alguno que, en sentido estricto, presente estas características, si bien en recientes investigaciones se ha obtenido un comportamiento muy cercano al del líquido ideal en helio condensado a temperaturas mínimas.

En los gases, por el contrario, las moléculas pueden moverse libremente en todo el volumen que las contiene, siendo mucho menor el rozamiento entre ellas. Sin embargo, se producen también efectos de resistencia debido a los choques de las moléculas contra las paredes del recipiente y entre ellas mismas. Los gases en los que no existen estas fuerzas de resistencia se consideran gases ideales o perfectos.

Densidad

Se define como densidad de un cuerpo, cualquiera que sea su estado de agregación, a la magnitud que indica la cantidad de masa que contiene por unidad de volumen. Puede denominarse masa específica y su expresión es:

ρ (densidad) = m (masa) / V (volumen) = p (peso) / V . g (gravedad)

Donde P es el peso, V el volumen y g la aceleración de gravedad.

Se utiliza también con cierta frecuencia, en especial en estudios físico-químicos de sistemas líquidos, la densidad relativa, relación entre la densidad de un cuerpo y la de otro que se toma como unidad.

Peso específico

Se define como el peso de la unidad de volumen de una determinada sustancia. Su valor viene dado por:

γ = peso/volumen = ρ (densidad) . gravedad

De ello se deduce que γ (peso específico) varía con la aceleración de la gravedad, mientras la densidad permanece constante por depender exclusivamente de la composición del cuerpo.

Tabla No. 1

SUSTANCIA	DENSIDAD ρ (g/cm3)	DENSIDAD ρ (Kg/m3)
SÓLIDOS		
Platino	21.5	**21450**
Oro	19.3	**19320**
Plomo	11.3	**11344**
Plata	10.5	**10500**
Cobre	9.0	**8960**
Hierro	7.9	**7874**
Acero	7.8	**7800**
Aluminio	2.7	**2699**
Hielo	0.92	**917**
Madera	0.9	**900**
*** Investigar la densidad de las siguientes sustancias.**		
LIQUIDOS		
Mercurio	13.6	**13600**
Glicerina	1.26	**1260**
Agua a 4°c	1.00	**1025**
Aceite	0.92	**920**
Alcohol Etílico	0.79	**791**
Gasolina	0.68	**680**
GASES		
Dióxido de Carbono	0.0018	**1.8**
Aire	0.0013	**1.3**
Helio	0.178	**178**
Hidrógeno	0.089	**89**
Nitrógeno	1.250	**1250**
Oxígeno	1.429	**1429**

En el sistema internacional la unidad de medida de la densidad es el Kg/m3, sin embargo, la más utilizada es g/cm3. La densidad de un cuerpo tiene idéntico valor en cualquier zona de la tierra, no sucede lo mismo con el peso específico que varía en función de la gravedad. Para obviar este inconveniente en la práctica se establece el peso específico o densidad relativa de un cuerpo, es decir, la relación existente entre el peso de un cuerpo y el de un mismo volumen de agua destilada en virtud de que las variaciones de la gravedad no influyen sobre el valor; dichos valores no poseen unidades.

Gravedad específica

Se la define como la relación que existe entre los pesos específicos o densidades absolutas de un cuerpo y el peso específico o densidad del agua; poseen valores adimensionales y su fórmula es la siguiente:

$$S = \frac{\text{densidad absoluta}}{\text{Densidad del agua}} = \frac{\text{Peso específico absoluto}}{\text{Peso específico del agua}}$$

Grados API.- Es una expresión que se utiliza para la determinación de los grados de pureza que tienen las sustancias viscosas como los hidrocarburos y sus derivados, se utiliza la siguiente fórmula:

$$°API = \frac{141.5 \quad - \quad 131.5}{S}$$

Densidad de los solidos

En forma aproximada se puede determinar la densidad de los sólidos conociendo su peso y su volumen y para ello se utilizan diferentes métodos como el de la Balanza, picnómetro entre otros.

Densidad de los liquidos

La densidad de los líquidos puede ser obtenida utilizando el método de la Balanza, Picnómetros y densímetros, estos últimos vienen calibrados según la naturaleza del líquido cuya densidad se desea determinar

Densidad de liquidos biologicos

SANGRE.- La sangre está formada aproximadamente por partes iguales de plasma y glóbulos, presentan una densidad de 1060. Si se cuenta con cantidades suficientes de sangre se puede utilizar cualquier método para la determinar densidades de líquidos, pero en la práctica para cantidades muy pequeñas de sangre se recurre a micrométodos uno de los cuales es el de Hammerschlag, que consiste en dejar caer una gota de sangre en una mezcla de cloroformo (densidad = 1.500) y benceno (densidad = 0.880) en la cual no se disuelve la sangre. La mezcla en distintas proporciones de las sustancias que la componen nos permiten la obtención de la respectiva densidad; si la gota de sangre cae en una mezcla de mayor densidad flotará en la superficie caso contrario irá al fondo del recipiente, y, si la sangre tiene la misma densidad de la mezcla se mantendrá en equilibrio, (Fernando Cussó Pérez, 2013).

ORINA.- Presenta una densidad de 1.020 la que se obtiene por medio de densímetros, en caso de aumento de dicho valor se sospecha de insuficiencia cardiaca o renal.

Ejercicios

1.- Un tanque cilíndrico de gasolina tiene una longitud de 3 m y un diámetro de 1.2 m ¿Cuántos kilogramos de gasolina pueden almacenarse en el tanque?

Primero se encuentra el volumen:

$V = \pi r^2 h = \pi (0.6m)^2 (3m) = 3{,}39\ m^3$

Si vemos una tabla de datos de densidad veremos que la densidad de la gasolina es de 680kg/m3

$m = \rho . V = (680\ kg/m3)(3.39\ m3)$

$m = 2305, 2\ kg$

2.- En una probeta de 50ml se vierte agua hasta el nivel de 30 ml, luego se deposita un anillo metálico de masa 4.920 g y el nivel del agua sube aproximadamente hasta 30.255ml. Cuál es la densidad del anillo? ¿De qué metal está hecho ese anillo?

$V = V2 - V1 = 30.255\ ml - 30.000\ ml = 0.255\ ml$; donde $D = \rho$

$$D = \frac{4.920}{0.255} = 19.3\ \frac{g}{cm^3}$$

Viendo la tabla de densidades ese valor corresponde a la densidad del oro.

Ejercicios Resueltos

1. Calcular el peso específico de un cubo de 5cm de arista sabiendo que pesa 2600 gramos fuerza (gf)

$V=5x5x5=125cm^3$

$$\gamma = \frac{peso}{volumen} = \frac{2600gF}{125cm^3} = 20{,}8gf/cm^3$$

2. Cuánto pesa un lámina de Hierro de 4 cm^2 de base y de 4cm de altura.Si el peso especifico del hierro es de 7,89gF/ cm^3.

V= b x h

V=4 cm^2 X4 cm^=16cm^3

γ = peso/volumen

V=16cm^3

γ = 7.89 gf/cm3

peso = γ . V = 7.89 x 16 = 126.24 gf

3. Cuál es la densidad de una esfera de acero que tiene un diámetro de 0,85cm y tiene un peso de 1,765gF.

Diámetro = 2r

ρ = densidad

ρ =(m.)/volumen

$V=4/3\ \pi r^3$

$V=4/3\ (3{,}1416)\ (0{,}425cm)^3$

ρ = 1,765g/0.3215

$V= 0{,}3215\ cm^3$

$\rho = 5.49\ g/cm^3$

4. Un barril cuando contiene H2O pesa 200 lbF y cuando contiene gasolina pesa 132 lbF. ¿Cuál es la gravedad especifica de la gasolina?

$$1)\ S\ gas = \frac{(Pe\ cuerpo)}{(H2O)}$$

$$= \frac{(132\cancel{lbF})}{(200\cancel{lbF})}$$

$$= 0{,}66$$

5.- Una aleación ha sido mecanizada en forma de disco plano en 3,15cm de diámetro y 0,45 cm de espesor con un taladro central (diámetro interior) de 0,75 cm. El disco pesa 20,2 gF . ¿Cuál es la densidad?

Si diámetro = diámetro externo – diámetro interno = Ø =3,15cm-0,75cm =2,4cm

$$V=\frac{\Pi d^2 h}{4} = \frac{3{,}1416(2{,}4cm)^2(0{,}45cm)}{4}$$

$$\rho=\frac{m}{v} \qquad =2{,}035$$

$\rho =$ 20,2g/2,035cm^3

ρ =9,926 g/cm^3

6. La gravedad específica del concreto es alrededor de 2,7. Cuál es el peso específico en lbF/pie^3 y KgF/pie^{3,} si el peso específico del H2O es de 72,4 lbF/pie^3.

lbF/pie^3

$$S= \frac{\text{Pe concreto}}{\text{Pe H2O}}$$

KgF/pie^3

Pe concreto = S . Pe agua

γ =2,7 x (62,4 lbF/pie^3)=168,48lbF/pie^3

γ = 2,7 (28,31KgF/pie^3) =76,437 KgF/pie^3

$$62{,}4\,\frac{\cancel{lbF}}{pie^3} \text{ x } \frac{1KbF}{2{,}204\cancel{lbF}} = 28{,}3\,\frac{KbF}{pie^3}$$

7. Si la densidad absoluta de un cuerpo es de 6 libras por galones. Cuál es el Peso específico absoluto en lbF/barril, si el Peso específico del agua es 350,2 lbF/barril y la densidad del agua es de 8,34lb/galón.

Pe=6 lb/gal
Pe cuerpo= ? lbF/bar
Pe H2O=350,2lbF/bar
Pe H2O= 8,34lbm/gal
1barril=31,5gal

6 lb/~~gal~~ x 31,5~~gal~~ / 1barril= 189 lb/ barril

6 lb/~~gal~~ x 31,5~~gal~~ / 1barril = 262,71lb / barril

S= pe/(Pe H2O)=(189 lb/bar)/(262,71 lb/bar)189lb/barril/262,71Lb/barril=0,719

S= Pe/(Pe H2O)= Pe = SxPe H2O= 0,719 X 350,2 lbF/barril
= 251,79 lbF/barril

8. Un crudo determinado posee 38 API ¿Cuál es su Peso específico en lbF/pie3. Si el Peso específico del H2O es de 62,426 lbF/pie^3?

DATOS

$$°API = \frac{141.5 \quad - \quad 131.5}{S}$$

API=38

Pe crudo=?

Pe H2O =62,426 lbf/pie^3

S=10/(38)= 0,263

S= Pe cuerpo/ Pe H2O

Pe cuerpo = Pe H20 X 5

Pe= 62,426 lbF/pie^3 x 0.263

Pe= 16.42 lbF/pie^3

9. Calcular el volumen en m3 de 3000 toneladas de petróleo cuya gravedad especifica es de 0,92. Determinar los grados API y cuánto costará el crudo si por cada grado API se paga un tercio de dólar.

S =Peso/volumen

V=peso/Pe=(3x10^6 KgF)/0.92= 3.26 x 106 m3

=3260,86 m3

1 ºAPI ______ 0.333 dólar USD

22.3 º API x

API =(141,5)/(S)-131,5

R= 7.425 dólar USD

API =(141,5)/0,92-131,5=22,304

10. Utilizando el método de Hammerslag se ha comprobado que la densidad de la sangre es de 1,059. ¿Cuántos son los porcentajes de cloroformo y benceno utilizado en este método?

1) Cloroformo 50%= 1,5.0,50 = 0,75
Benceno 50%= 0,88.0,50 = 0,44
1,19g/cm^3

2)Clorofono 30%= 1,5.0,30 = 0,45
Benceno 70%= 0,88.0,70= 0,616
1,066 g/cm^3

3) 28,8=1,5 x 0,288 = 0,432
71,2=0,88x0,712= 0,626
1,058 g/cm^3

Clorofono 25%= 1,5.0,25 = 0,375
Benceno 75%= 0,88.0,75 = 0,66
1,035 g/cm^3

R/. Cloroformo 28. 8%; Benceno 71.2%

11.¿Cuál es el peso específico de la sangre de una persona en lbF/galón y en lbF/barril, si una mezcla al 60% de cloroformo la mantiene en equilibrio dentro de una masa líquida?

Clorfono 60%= 0,60x 1,5 = 0,9
Benceno 40%= 0,40x0,88 = 0,352
1,252g/cm^3

S= γ sangre / γ agua= (sangre)/(H2O)=(1,252grF/cm^3)/(1,grF/cm^s)=1,252

Sg =1,252x8,34 Lbf/galon = 10,44 lbF/galón

Sg =1,252x3,50 Lbf/barril = 438,2 lbF/barril

Presión

Se encuentra con frecuencia que la eficacia de una fuerza dada depende del tamaño del área donde se ejerce. Por ejemplo, una mujer con zapatos de tacón fino causará daño mayor al piso que una que tuviera zapatos de tacón plano. Aunque en cada caso ejerce la misma fuerza hacia abajo, con los tacones finos el peso se distribuye en un área menor.

Se llama presión a la fuerza normal (perpendicular) por unidad de área. Simbólicamente, la presión P está dada por:

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

Donde A es el área sobre cual se aplica una fuerza perpendicular F. La unidad de presión es la razón de cualquier unidad de fuerza a una unidad de área. Algunos ejemplos son: newtons por metro cuadrado y libras por pulgada cuadrada. En unidad del SI, a N/m2 se le da el nombre de Pascal (Pa). El kilopascal (KPa) es la medida más apropiada para la presión de un fluido. La presión depende no solo de la intensidad de la fuerza sino también de la superficie sobre la cual actúa, (Picado, 2008).

Ejercicio:

Supongamos que se tiene un tanque de gasolina cuya base tiene un área de 0.75 m2, y su altura es de 2.0 m. Calcular la presión que el combustible ejerce sobre el tanque.

Solución: V = 0.75 m2 . 2.0 m = 1.5 m3
m = 1.5 m3 x 10 x 103 Kg/m3

La presión está dada por P = F/A. En este caso, F representa el peso de la gasolina, y A, el área de la base del depósito. El peso de la gasolina (considerando g = 10 m/s2) será:

F = m*g = 1.5 m3 x 10 x 103 Kg/m3 x 9.8 m/s2

O bien,

F = 14.7 x 104 N

Por lo tanto,

P = 14.7 x 104 N / 0.75 m2 = 19.6 x 104 Pa

Presión hidrostatica

La presión hidrostática es la presión que ejerce el peso de un fluido en reposo, cuando el fluido se encuentra en movimiento puede aparecer una presión hidrodinámica adicional relacionada con la velocidad del fluido, (Khouri, 2004).

Cuando un cuerpo se encuentra sumergido en un líquido o fluido sufre los efectos de la presión denominada hidrostática

Su fórmula es:Ph = peso específico. altura o profundidad

Presión total

Esta presión depende de la densidad del líquido en cuestión y de la altura a la que esté sumergido el cuerpo y se calcula mediante la siguiente expresión:

Donde, usando unidades del SI, $P = \rho g h + P_0$

P es la presión hidrostática (en pascales);
p es la densidad del líquido (en kilogramos sobre metro cúbico);
g es la aceleración de la gravedad (en metros sobre segundo al cuadrado);
h es la altura del fluido (en metros). Un líquido en equilibrio ejerce fuerzas perpendiculares sobre cualquier superficie sumergida en su interior
Po es la presión atmosférica

Cabe recalcar que un líquido puede sostener una fuerza sólo en una superficie cerrada o frontera. Si un fluido no está contenido, fluirá bajo la acción de un esfuerzo constante en lugar de deformarse elásticamente.

La fuerza que ejerce un fluido sobre las paredes del recipiente que lo contiene siempre actúa perpendicularmente a dichas paredes.

Esta propiedad característica de los fluidos es la que hace tan útil el concepto de presión. Así por ejemplo, los agujeros perforados en el fondo y a los lados de un barril con agua demostrarán que la fuerza ejercida por el agua es en todas partes perpendicular a la superficie del barril.

La presión hidrostática se manifiesta en el interior de un recipiente lleno de líquido y el principio fundamental de la hidrostática establece que: "la fuerza ejercida por un líquido sobre una superficie horizontal sumergida en su interior, es igual al peso de una columna del líquido que tenga por base esa superficie y por altura la distancia entre ella y la superficie libre del líquido", su fórmula es la siguiente:

$P2 - P1 = \rho g\ (h2 - h1) = \rho g h = Pe\ h$ en donde

$h2 - h1 = h$ son las alturas en metros

$P2 - P1$ son las presiones en N/m2

Pe es el peso específico; en Kg/m3 ; ρ = densidad en Kg/m3 y

g = gravedad = 9.8 m/s2

Presión atmosférica

El experimento de torricelli

El aire como cualquier sustancia cercana a la Tierra, es atraído por ella; es decir, el aire tiene peso. Debido a esto, la capa atmosférica que envuelve a la Tierra y que alcanza una altura de decenas de kilómetros, ejerce una presión sobre los cuerpos sumergidos en ella. Esta presión se denomina presión atmosférica, (Khouri, 2004).

En todos los planetas con atmósfera existe una presión atmosférica con cierto valor. En la luna, como no hay atmósfera, no hay este tipo de presión.

Para efectuar su experimento, Torricelli tomó un tubo de vidrio, de casi 1 m de longitud, el cual estaba cerrado por uno de sus extremos, y lo llenó de mercurio. Tapando el extremo abierto con un dedo e invirtiendo el tubo, sumergió este extremo en un recipiente que también contenía mercurio. Al destapar el tubo, estando éste en posición vertical, Torricelli comprobó que la columna líquida bajaba hasta tener una altura de casi 76 cm, por arriba del nivel del mercurio del recipiente. Concluyó entonces que la presión atmosférica pa, al actuar sobre la superficie del líquido del recipiente, lograba equilibrar el peso de la columna de mercurio. Observe que arriba del mercurio, en el tubo, existe un vacío, pues si se hiciera un orificio en esta parte, a fin de permitir la entrada del aire, la columna descendería hasta nivelarse con el mercurio del recipiente.

Como la altura de la columna líquida en el tubo era de 76 cm, Torricelli llegó a la conclusión de que el valor de la presión atmosférica, pa, equivale a la presión ejercida por una columna de mercurio de 76 cm de altura, es decir,

$$Pa = 76 \text{ cm Hg}$$

Por este motivo, una presión de 76 cm Hg recibe el nombre de atmósfera y se emplea como unidad de presión, conforme lo conocemos.

Ejercicio

¿Cuál es la presión total sobre la espalda de un buzo profesional en un lago a una profundidad de 8.00 m? b) ¿Cuál es la fuerza sobre la espalda del buzo, debida únicamente al agua, tomando la superficie de la espalda como un rectángulo de 60.0 cm. por 50.0 cm?

Solución

Datos:	Encontrar:
	a) p (presión total)
	b) F (fuerza debida al agua)
h = 8.00 m	
A= 0.600 m x 0.500 m	
A= 0.300 m2	

$$d_{H2O} = 1.00 \times 10^3 \frac{kg}{m^3}$$

$$P_a = 1.01 \times 10^5 \frac{N}{m^2}$$

a) La presión total es la suma de la presión debida al agua y la presión atmosférica. Usemos esta nueva fórmula que es una ecuación de presión-profundidad:

P = Pa + ρ*g*h

P = (1.01 x 105 N/m2) + (1 x 103 Kg/m3) (9.8 m/s2) (8.0m)

P=(1.01×10^5 N/m^2)+(0.784 ×10^5 N/m2)

P=1.79×10^5 N/m2

b) La presión debida al agua (Pw) es la porción de ρ*g*h de la ecuación que acabamos de usar, así Pw = 0.784 x 105 N/m2. Entonces, Pw = F/A, y

F=P_w*A=(0.784×10^5 N/m^2)(0.300 m^2)

F = 2.35 x 104 N

Usted puede considerar que esta respuesta es incorrecta; ¿Cómo puede el buzo soportar tal fuerza? Veamos la fuerza sobre la espalda del buzo debido sólo a la presión atmosférica:

Fa = Pa * A

F_a=(1.01×10^5 N/m^2)(0.300m^2)

Fa = 3.03 x 104 N

Esta es la fuerza aproximada sobre su espalda en este momento. Nuestros cuerpos no se colapsan bajo la presión atmosférica debido a que nuestras células están llenas de fluidos que reaccionan con una presión igual hacia fuera (fuerzas iguales y opuestas). Igual que con las fuerzas, es una diferencia de presión lo que origina los efectos dinámicos.

Principio de pascal

Cuando la presión (por ejemplo, la presión del aire) se incrementa sobre la superficie abierta de un líquido incompresible, en reposo, la presión en cualquier punto del líquido, o de las superficies que lo limitan, se incrementa en la misma magnitud. El efecto es el mismo si la presión se aplica por medio de un pistón a cualquier punto del líquido, o de las superficies que lo limitan, se incrementa en la misma magnitud. El efecto es el mismo que si la presión se aplica por medio de un pistón a cualquier superficie de un fluido encerrado. La transmisión de la presión en los líquidos fue estudiada por Blaise Pascal (por quien recibe su nombre la unidad SI de presión), y el efecto observado se llama Principio de Pascal, (De La Torre, 2003):

"La presión aplicada a un fluido encerrado es transmitida sin disminución alguna a todos los puntos del fluido y a las paredes del recipiente"

Para un líquido incompresible, el cambio de presión es transmitido instantáneamente. Para un gas, el cambio de presión es transmitido a través del fluido y una vez restablecido el equilibrio (después de los cambios en volumen y/o temperatura) el principio de Pascal es válido.

Las aplicaciones prácticas del principio de Pascal incluyen el sistema de frenos hidráulicos que utilizan los automóviles. Una fuerza relativamente pequeña sobre el pedal de frenos transmite una gran fuerza al cilindro de freno de la rueda. También los elevadores y gatos hidráulicos se usan para levantar automóviles y otros objetos pesados. La presión que ingresa, pi, suministrada por aire comprimido para el elevador de garaje, da una fuerza de entrada Fi sobre el área Ai de un pequeño pistón. La magnitud completa de la presión es transmitida al pistón de egreso, el cual tiene un área Ao. Como pi = po´

$$\frac{F_i}{A_i} = \frac{F_o}{A_o}$$

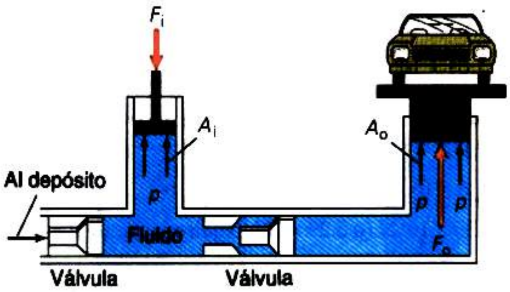
$$F_o = \left(\frac{A_o}{A_i}\right) F_i$$

(Multiplicación de fuerza)

Con Ao mayor que Ai, entonces la fuerza Fo será mayor que la fuerza Fi. La fuerza que entra es multiplicada enormemente.

Ejercicio

Un elevador de garaje tiene pistones de entrada y de elevación con diámetros de 10 cm y 30 cm, respectivamente. El elevador se emplea para sostener arriba un carro que pesa 1.4 x 104N



¿Cuál es la fuerza del piston de entrada?
¿Qué presión se aplica al pistón de entrada

Datos:
di = 10 cm
do = 30 cm
Fo = 1.4 x 104 N

Encontrar
Fi (fuerza de entrada)
Pi (presión de entrada)

Si reacomodamos la última ecuación recientemente vista:

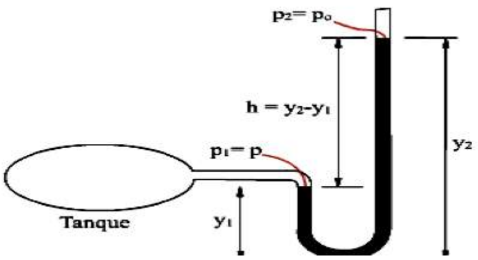
$$F_o = \left(\frac{A_o}{A_i}\right) F_i = \left(\frac{\pi\, d_i^2/4}{\pi\, d_o^2/4}\right) F_o = \left(\frac{d_i}{d_o}\right)^2 F_o$$

$$F_i = \left(\frac{10\ cm}{30\,cm}\right)^2 F_o = \frac{F_o}{9} = \frac{1{,}4\,x\,10^4\ N}{9} = 1.6\,x\,10^3\ N$$

b) Entonces,

$$P_i = \frac{Fi}{\pi\, r_i^2} = \frac{1.6\,x\,10^3\ N}{\pi(0.050\,m)^2} = 2.0\,x\,10^5\ Pascal$$

Aplicaciones de la ecuación fundamental de la hidrostática: manómetros, barómetros, principio de Pascal, principio de Arquímedes.



Manómetro de tubo abierto, utilizado para medir la presión en un balón.

Manómetros

La relación entre las presiones en dos puntos cualesquiera en el interior de un líquido independientemente de la forma del recipiente. Apoyándose en esta propiedad, son de uso frecuente los llamados tubos en U de vidrio para medir presiones o diferencias de ellas. El dispositivo, que recibe el nombre de manómetro, contiene un cierto líquido en su interior, y según la diferencia de alturas entre las columnas izquierda y derecha, por ejemplo, como consecuencia de conectar una de sus ramas a un balón con gas comprimido, puede calcularse la presión a que está sometido. La presente figura muestra esta situación para el caso particular en que una de las ramas está abierta a la atmósfera (manómetro de tubo abierto). El líquido manométrico suele ser mercurio, pero puede utilizarse agua u otro líquido que no sea muy volátil, ya que su evaporación introduciría una presión adicional en el sistema que se desea medir. Calculemos la presión p1 que ejerce el gas contenido en el tanque, sobre la columna izquierda de líquido. Debido a que p1 es mayor que la presión atmosférica p0, el nivel en la rama derecha es superior. Las alturas de ambas ramas están medidas respecto a un sistema de referencia colocado en el punto más bajo del tubo en U, de manera que h = y2 - y1. Aplicando con p2 = p0 obtenemos.

$$\rho 1 = \rho_0 + \rho_L \ gh$$

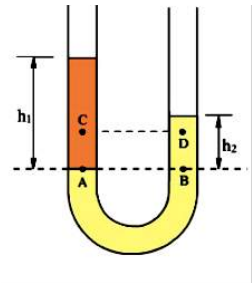
Donde ρL es la densidad del líquido que se utilice. Suele decirse que p1 es la presión absoluta, mientras que se reserva la denominación de manométrica para la diferencia entre las presiones que actúan sobre los niveles del líquido; en nuestro caso, (Valera Negrete, 2005).

$$\rho_1 - \rho_0 = \rho_L \ gh$$

Es la presión manométrica

Si la presión sobre ambas columnas líquidas fuera la misma, las dos ramas estarían al mismo nivel, incluso si la forma del tubo no fuera en U, sino arbitraria. Por esta razón, por complicado que sea el sistema de tuberías de un edificio, el agua sube hasta el nivel de los tanques que la contienen en el tejado.

También sería posible conectar la rama derecha del manómetro a otro balón y entonces evaluar la diferencia de presión entre ambos tanques por medio de un razonamiento *similar al anterior*



Tubo en U con dos líquidos no miscibles en su interior. El nivel en las ramas no es el mismo.

Consideremos ahora un tubo en U con dos líquidos diferen¬tes no miscibles entre sí, como agua y aceite. La Figura representa esta situación. Obsérvese que en este caso las columnas no están al mismo nivel a pesar de que ambas ramas están abiertas a la atmósfera. ¿Cuál de los dos líquidos es el menos denso? Comencemos recordando que dos puntos A y B al mismo nivel, donde A está justamente en la interfase de ambos líquidos en la rama izquierda, se encuentran a la misma presión como establece el principio fundamental de la hidrostática para dos puntos en un mismo líquido. Dos puntos como C y D no están sometidos a la misma presión, a pesar de que están al mismo nivel, ya que no se encuentran en un mismo líquido. Si la presión en A, PA, vendrá dada por

$$\rho_A = \rho_0 + \rho_1 \ gh1$$

Donde ρ1 es la densidad del líquido en la parte superior de la rama izquierda y h1 su altura correspondiente, medida desde la zona de separación. Por otra parte la presión en B será

$$\rho_B = \rho_0 + \rho_2 \ gh2$$

Siendo ρ2 la densidad del líquido en la rama derecha y h2 su altura medida desde B. Pero como pA = pB se obtiene

$$\rho_0 + \rho_1 \ gh1 = \rho_0 + \rho_2 \ gh2$$

y entonces

$$\rho_1 \ h1 = \rho_2 \ h2$$

y como h1 > h2, se tiene que ρ1< ρ2, de manera que el líquido menos denso se encuentra en la rama izquierda a un nivel superior.

Vale la pena subrayar que la presión en C es mayor que en D, ya que siendo iguales en el nivel definido por A – B, al movernos hacia arriba, si bien en ambas ramas va disminuyendo la presión, en la rama izquierda dicha disminu¬ción es menor, ya que se trata de un líquido menos denso.

EJEMPLO Si la diferencia de altura entre los niveles es de 38,0 cm utilizando mercurio como líquido manométrico,

a)¿A cuántas atmósferas estará sometido el gas en el balón?; ¿a cuántos pascales equivale?

b)¿Si se utilizara agua como líquido manométrico, ¿cuál sería el valor de la diferencia de niveles?

a) Según

$$\rho_1 = \rho_0 + \rho_{Hg}\ gh$$

Donde ρHg = 13,6.103 kg/m3 es el valor que tomaremos para la densidad del mercurio. Tomando g = 9,8 m/s2 y sustituyendo,

p1 = 1 atm + (13,6 . 103 kg/m3) (9,8 m/s2) (0,38 m)
= 1 atm + (5,06464 . 104 N/m2)
= 1 atm + (5,06464 . 104 Pa)
= 1 atm + 0,51 atm

p1 = 1,51 atm,

Donde se ha hecho uso de que 1 atm = 1,01 . 105 Pa. Si queremos expresarla en pascales:

p1 = 1,5 (1,01 .105 Pa) ≈ 1,51 . 105 Pa

b) Despejando la altura h en la expresión de partida del inciso anterior y denotando por ρH20 la densidad del agua:

$$h = \frac{\rho_1 - \rho_0}{\rho_{H20}}$$

Tomando ρH20 =1. 103 kg/m3 y sustituyendo:

$$h = \frac{(1,51 - 1,01) * 10^5}{1 * 10^3 \left(9,8 \frac{m}{s^2}\right)}$$

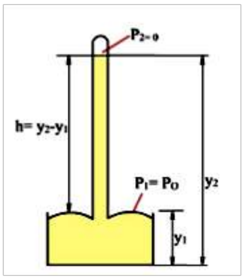
h ≈ 5,15m

Barómetro de mercurio

Los barómetros se utilizan para medir la presión atmosférica. El más sencillo consiste en un tubo de vidrio de 1 m aproximadamente, cerrado por un extremo y lleno de mercurio, y una cubeta que contiene el mismo líquido. El dispositivo se monta tapando el extremo abierto del tubo lleno, invirtiéndolo e introduciendo su boca en el recipiente y en esta posición se abre de nuevo dicho extremo. Al hacerlo, se observa que la columna de mercurio desciende un poco hasta quedar en equilibrio, (Avison, 2014). La Figura siguiente representa esta situación

Los niveles de mercurio en la cubeta y en el tubo están medidos respecto al fondo del recipiente. El espacio sobre la columna de mercurio contiene sólo vapor de este elemen¬to, cuya presión a temperaturas no muy altas puede despre¬ciarse, de manera que puede tomarse p2 = 0. La presión sobre la superficie de la cubeta es la atmosférica p0 y un punto al mismo nivel en el interior del tubo debe estar a igual presión. Así, aplicando p1 = p0 y p2 = 0 se obtiene

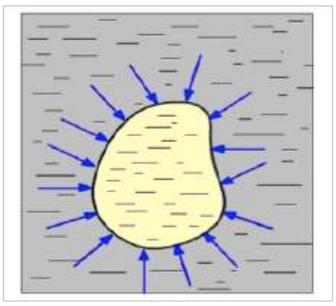
$$\rho_0 = \rho_{Hg}\ gh$$



El barómetro de Torricelli

Midiendo la altura h podemos calcular p0 Ahora queda claro lo que mencionábamos anteriormente con relación a los centímetros de mercurio como unidad de presión. No quiere decir que una distancia sirva para medir esta magnitud, sino que debe interpretarse como la presión correspondiente a una columna de determinada altura, dada por la invención del barómetro fue realizada por Evangelista Torricelli en 1643. Como la presión atmosférica es la presión que ejerce la columna de aire que se extiende desde el nivel de medición hasta el límite superior de la atmós¬fera, ella deberá disminuir al aumentar la altura. Más aún, teniendo en cuenta que la at¬mósfera no se encuentra inmóvil, sino sujeta a los distintos cambios climáticos, la presión que ella ejerce cambiará de un día a otro. Una prueba de ello la tenemos a través de las informaciones meteorológicas. Una presión equivalente a la ejercida por una columna de mercurio de 76 cm de alto, a 0ºC y bajo la acción de una aceleración de la gravedad de 9,80665 m/s2 se toma como una atmósfera. La densidad del mercurio a esa temperatura es de 13,595 .103 kg/m3, se obtendrá que una atmósfera equivale a 1,01 x105 Pa como ya habíamos mencionado. En meteorología suele expresarse la atmósfera como aproximadamente 1 000 hPa (1 hPa = 1 hectopascal =102 Pa). Por ejemplo, un área de bajas presiones como el huracán que atravesó La Habana en 1926 tenía una presión central de 954 hPa (718 mm de mercurio)

Principio de arquímides



Las partes más profundamente sumergidas de un cuerpo se encuentran sometidas a una presión mayor que las cercanas a la superficie.

A todos nos es familiar el sentirnos más ligeros al sumer¬girnos en el agua e incluso flotar en ella. Dado que la fuerza gravitatoria continúa actuando, este fenómeno sólo puede explicarse debido a la aparición de alguna fuerza ascendente que la compense en alguna medida. A esta fuerza, que actúa sobre todo cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido (gas o líquido), como resultado de la interacción con él, y que está dirigida verticalmente hacia arriba se le llama fuerza de empuje, (Giancoli, 2006).

Determinemos el valor de dicha fuerza. Si tenemos un cuerpo de forma arbitraria totalmente sumergido, como se muestra en la Figura, el fluido ejerce sobre todos los puntos de su superficie una determinada presión, siendo esta mayor en las partes más profundamente sumergidas. Por consiguiente, la resultante de todas las fuerzas estará dirigida hacia arriba. Este es el origen de la fuerza de empuje.

Por otra parte, puede comprenderse fácilmente que la presión que actúa sobre cada punto de la superficie no depende del material de que esté hecho el cuerpo. Nada impide que, en particular, el cuerpo esté hecho del mismo fluido que lo rodea. Se trata, por supuesto, de un cuerpo imaginario, pero nuestro razonamiento es correcto conceptualmente y sus conclusiones serán válidas. Este cuerpo de fluido estará sometido a las mismas presiones que otro cualquiera de su forma y tamaño, por lo que experimentará la misma fuerza de empuje, y, como se encuentra en reposo, ésta será igual en magnitud a la fuerza gravitatoria. Su dirección y sentido es verticalmente hacia arriba, a lo largo de la línea que pasa por el centro de masa. Es a partir de estas consideraciones que se establece el Principio de Arquímides, que dice que un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido experimenta una fuerza de empuje ascendente que tiene el mismo valor que la fuerza de gravedad que actúa sobre el volumen de fluido desplazado por el cuerpo.

Si denotamos por FE a la fuerza de empuje, por mf a la masa de fluido desplazada por el volumen sumergido del cuerpo VS, y haciendo uso de la relación para la densidad volumétrica tendremos, en virtud del análisis anterior, que

$$F_E = m_f g = \rho_F V_s g$$

Donde ρf es la densidad del fluido.

Debe subrayarse el hecho de que es el volumen sumergido del cuerpo el que debe tenerse en cuenta para calcular la fuerza de empuje. Sólo cuando el cuerpo está totalmente inmerso en el fluido dicho volumen coincide con el volumen total. Por esta razón, si al estar flotando en el agua sacamos fuera de ella uno o ambos brazos, debemos hacer un mayor esfuerzo con las piernas para mantenernos a flote.

Al analizar comparativamente el valor de la fuerza de empuje entre los cuerpos que flotan y los que permanecen en el fondo, es un error frecuente pensar que la fuerza de empuje es mayor en los primeros. Toda valoración debe hacerse a partir de la expresión. Así, por ejemplo, si tenemos dos esferas de igual radio, hechas de corcho y acero en un recipiente con agua, la fuerza de empuje es mayor sobre esta última, ya que también lo es su volumen sumergido (el de la esfera completa). Un cuerpo flota si la fuerza de empuje y la gravitatoria logran equilibrarse. Así, aunque la FE es menor en el caso del corcho, es suficiente para que esto ocurra. El cuerpo se hundirá lo necesario para alcanzar este balance.

Otro ejemplo ilustrativo en este sentido es el de una plancha metálica que se introduce en el agua. Si se mantiene su forma plana irá al fondo, mientras que si se conforma con ella un recipiente flotará, ya que entonces al mayor volumen desplazado le corresponde una fuerza de empuje que logra equilibrar a la fuerza gravitatoria. Por esta razón, un barco de acero puede flotar en el agua. A medida que se va cargando con mercancías (mayor fuerza gravitatoria) se irá hundiendo gradualmente, de manera que al incrementarse el volumen sumergido aumenta la fuerza de empuje en la proporción necesaria para mantenerlo a flote. Uno de los parámetros que caracteriza a un buque es su capacidad de desplazamiento.

Los peces que poseen vejiga natatoria se auxilian del principio de Arquímides para su movimiento. Variando las dimensiones de este órgano hueco cambia el volumen de líquido desplazado y por tanto la fuerza de empuje sobre ellos.

Debe observarse también que mientras más denso es el fluido, mayor es la fuerza ascendente. Todos sabemos que es más fácil nadar en el mar, cuya densidad es de 1,3 . 103 kg/m aproximadamente, que en agua dulce. Si el fluido tiene una densidad muy pequeña, por ejemplo, el aire (unas 770 veces menor que la del agua) también lo será su fuerza de empuje. Todo cuerpo en la atmósfera terrestre está sometido a ella y suele despreciarse en la mayoría de las situaciones. Una excepción importante la constituye la determinación precisa de la masa de un cuerpo en una balanza analítica de dos platillos (el error que se comete depende de la diferencia de densidades entre el cuerpo y las pesas). Como el volumen total de las pesas no es igual, generalmente, al del cuerpo que se pesa, las fuerzas de empuje respectivas son diferentes, influyendo en la lectura del instrumento. El operador deberá hacer la corrección correspondiente.

EJEMPLO -Determine qué por ciento del volumen total de un iceberg queda sumergido bajo el agua. La densidad del hielo ρH3 es de 0,92 g/cm3 y la del agua de mar ρm es 1,03 g/cm3 aproximadamente.

Sea VS el volumen sumergido y VT el volumen total del témpano de hielo. Debemos determinar el cociente VS/VT. El volumen sumergido está relacionado con la fuerza de empuje. La fuerza gravitatoria puede expresarse en función del volumen total a través de m=ρVTdonde m es la masa del iceberg. Como éste flota, ambas fuerzas deben ser iguales en módulo y de esta igualdad obtendremos el cociente VS/VT.

La fuerza de empuje estará dada por:

$$F_E = m_f g = \rho_m V_s g$$

y la fuerza gravitatoria por

$$F_{grav} = m_H g = \rho_H V_T g$$

igualando,

$$F_{grav} = m_H g = \rho_H V_T g$$

de donde

$$\frac{V_s}{V_T} = \frac{\rho_H}{\rho_m} = \frac{0{,}92\ g/cm^3}{1{,}03\ g/cm^3} = 0{,}89$$

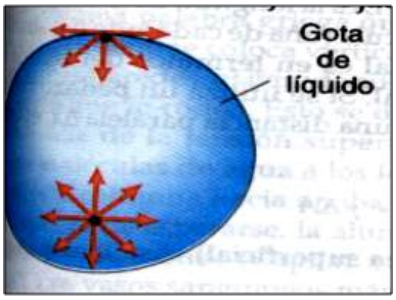
Por consiguiente, el 89% del volumen total se encuentra sumergido, de ahí su peligro para la navegación, ya que puede inducir a una apreciación errónea de su tamaño.

Tensión superficial y acción capilar

Un fluido no soporta una tensión cortante, sin embargo usted habrá visto algunos insectos caminar sobre el agua en un charco, flotar una aguja imantada o una hoja de afeitar, en estos casos los elementos son más densos que el agua; estos fenómenos son posibles por la propiedad de los líquidos, en la que la superficie libre de estos actúa como una membrana delgada que soporta una tensión ligera.

Algunos insectos a pesar de ser más densos que el agua pueden caminar sobre ella, esto se debe a la tensión superficial del agua, (Cromer, 1996).

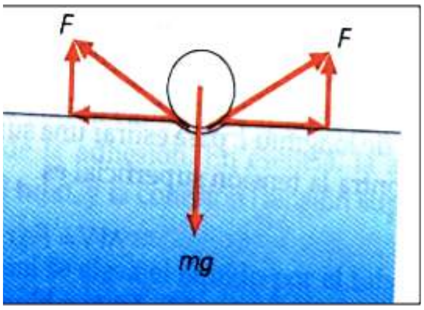
Tensión superficial



Las moléculas de un líquido ejercen fuerzas pequeñas de atracción entre ellas, a pesar de que las moléculas se consideran eléctricamente neutras, realmente existe una asimetría de cargas que originan las conocidas fuerzas de Van der Waals, que son fuerzas de atracción intermoleculares. Al interior de los líquidos cada molécula está rodeada totalmente por otras, la fuerza neta entonces es cero

.

No obstante una molécula en la superficie experimenta una fuerza neta que no vale cero y esto se debe a las fuerzas de atracción de las moléculas vecinas que están justo debajo de la superficie.



A pesar de esto, las moléculas que están en la superficie del líquido no sufren de la atracción de otras en la parte de arriba, pues el efecto de las moléculas de aire (moléculas de arriba) es despreciable, a consecuencia de esto las moléculas de la capa superficial experimentan fuerzas netas debido a las moléculas vecinas que están debajo de la superficie. Este impulso hacia abajo que experimentan las moléculas superficiales provoca la contracción de líquido y su resistencia a ser estirado o “roto”, propiedad denominada tensión superficial.

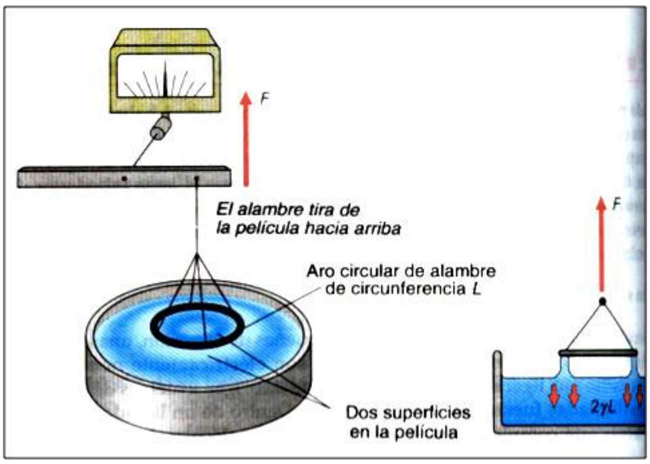
Un experimento muy sencillo demuestra fácilmente esta propiedad de los líquidos, por ejemplo si se coloca cuidadosamente una aguja de coser sobre el agua, la superficie actúa como una membrana elástica bajo tensión. Se forma una ligera depresión superficial, pues las fuerzas moleculares a lo largo de la depresión forman un ángulo con la superficie. Los componentes verticales de estas fuerzas equilibran el peso de la aguja y consecuentemente estas flotan en la superficie del líquido. Para formar una depresión superficial se debe realizar un trabajo, ya que las moléculas que están más hacia el interior deben traerse a la superficie para incrementar el área. Por lo tanto el área superficial se comporta como una membrana elástica estirada y la fuerza del peso de un objeto como la aguja de acero es soportada por los componentes de la tensión superficial hacia arriba.

El efecto neto de la tensión superficial es hacer que el área de la superficie de un líquido sea tan pequeña como sea posible, esto es, un volumen dado de líquido tiende a adoptar la forma que tiene el área superficial menor. Como resultado las gotas de agua y las burbujas de jabón tienen formas esféricas, porque la esfera es la forma con el área superficial menor para un volumen dado Cuantitativamente la tensión superficial (en una película líquida se define como la fuerza por unidad de longitud que actúa a lo largo de una línea (por ejemplo, a lo largo de un alambre) cuando se estira la superficie

$$\gamma = \frac{F}{L}$$

Las unidades SI para la tensión superficial son newtons por metro (N/m), como podemos deducir de esta ecuación. En el siguiente cuadro se dan las tensiones superficiales de algunos líquidos, se comprueba que la tensión superficial es dependiente en grado elevado de la temperatura.

Líquido	Temperatura °C	Tensión Superficial (γ)
Alcohol Etílico	20	0,022
Sangre entera	37	0,058
Plasma sanguíneo	37	0,072
Mercurio	20	0,45
Agua Jabonosa	20	0,025
Agua	0	0,076
Agua	20	0,073
Agua	100	0,059



En esta figura se muestra un aparato para medir la tensión superficial, el cual mide la fuerza necesaria para superar esta propiedad de los líquidos; así, para un aro circular de alambre, L es la longitud de la circunferencia $\gamma = F/2L$, debido a que hay dos superficies de película (una a cada lado del alambre).

Otra forma de estudiar la tensión superficial es en términos de trabajo o la energía necesarias para estirar el área superficial.

Cuando se utiliza un pedazo recto de alambre de longitud L, para estirar una superficie una distancia paralela a Δx, el trabajo hecho contra la tensión superficial es:

$$\Delta W = F\Delta x = \gamma\, L\Delta x = \gamma\Delta A$$

Dado que F= γL, y ΔA= LΔx (el cambio en el área superficial). Así tenemos que:

$$\gamma = \frac{\Delta W}{\Delta A}$$

Conclusiones

La tensión superficial o fuerza por unidad de longitud, es igual al trabajo por unidad de cambio en el área de la superficie, con unidades de J/m2

En un fluido cada molécula interacciona con las que le rodean. El radio de acción de las fuerzas moleculares es relativamente pequeño, abarca a las moléculas vecinas más cercanas.

La tensión superficial depende de la naturaleza del líquido, del medio que le rodea y de la temperatura. En general, la tensión superficial disminuye con la temperatura, ya que las fuerzas de cohesión disminuyen al aumentar la agitación térmica. La influencia del medio exterior se comprende ya que las moléculas del medio ejercen acciones atractivas sobre las moléculas situadas en la superficie del líquido, contrarrestando las acciones de las moléculas del líquido.

Medida de la tensión superficial de un líquido

El método de Du Nouy es uno de los más conocidos. Se mide la fuerza adicional ΔF que hay que ejercer sobre un anillo de aluminio justo en el momento en el que la lámina de líquido se va a romper.

La tensión superficial del líquido se calcula a partir del diámetro 2R del anillo y del valor de la fuerza ΔF que mide el dinamómetro.

$$\gamma = \frac{\Delta F}{2 * 2\pi R}$$

Adhesión, Cohesión y Acción Capilar

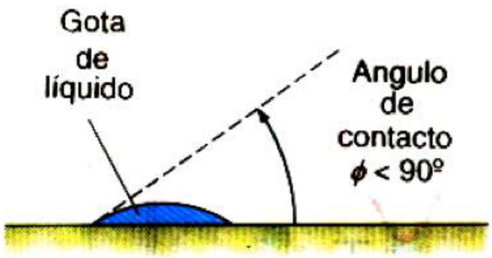
Observe la tensión superficial relativamente baja que se presenta en el cuadro anterior para el agua jabonosa. Los jabones y detergentes tienen el efecto de abatir la tensión superficial. Tales sustancias se denominan tensoactivas. La tensión superficial relativamente elevada del agua simple tiende a evitar que se introduzca en lugares pequeños, como entre las fibras de ropa. (También puede ver en el cuadro porque se utiliza generalmente agua caliente para lavar).

Los jabones y detergentes también actúan como agentes humectantes. El que un líquido "humedezca", se adhiera, o no a una superficie, depende de las tensiones relativas de las fuerzas adhesivas y cohesivas entre las moléculas. Las fuerzas adhesivas (o de cohesión) son fuerzas de atracción entre moléculas diferentes. Las fuerzas cohesivas (o de cohesión) son fuerzas atrayentes entre moléculas semejantes. Las fuerzas cohesivas mantienen reunida una sustancia, y las fuerzas adhesivas mantienen juntas a sustancias diferentes. (Fuerzas adhesivas como las de la cola que se usa como pegamento, mantienen juntas las cosas), (Pople, 1987).

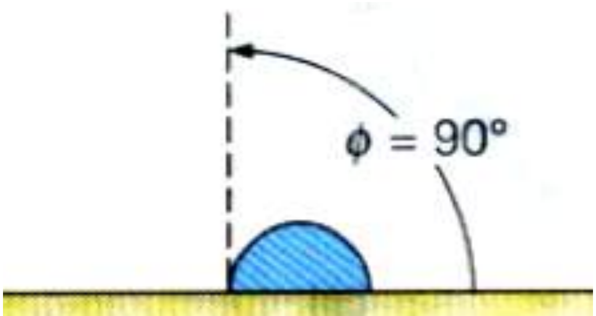
Si las fuerzas adhesivas entre las moléculas de un líquido y las de la superficie son mayores que las fuerzas cohesivas entre las moléculas del líquido, el líquido mojará la superficie. Por otro lado cuando las fuerzas cohesivas son mayores que las adhesivas el líquido no humedecerá la superficie, tal es el caso de las gotas de agua sobre una superficie encerada.

En el caso del agua, esta no se adhiere bien sobre ceras ni aceites.

Aunque las fuerzas cohesivas y adhesivas son difíciles de analizar una medida relativa de sus efectos es el ángulo de contacto (φ). Este es el ángulo entre la superficie y una línea que se traza tangente al líquido.



Observar que φ es menor que 90° si el líquido moja la superficie y mayor que 90° si no la moja. El agua sobre un vidrio limpio tiene un ángulo de contacto de aproximadamente 0° (se esparce en una capa delgada), mientras que el agua sobre parafina tiene un ángulo de contacto de 107°.



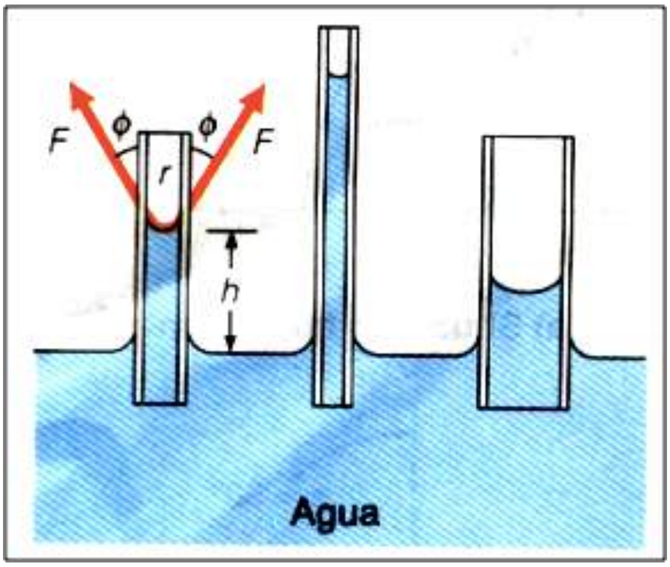
Si se cubre a la parafina con un poco de detergente el agua se distribuye y moja la superficie por ende el ángulo de contacto decrece.

La acción limpiadora de los jabones y detergentes se debe en gran parte al refuerzo que causan sobre la capacidad del agua para mojar las partículas de suciedad de modo que se puedan quitar.

Ángulos de Contacto para Algunos Líquidos sobre Sólidos

Líquido- Sólido	**Ángulo de Contacto (φ) (aproximado)**
Alcohol-vidrio	0 °
Queroseno-vidrio	26°
Mercurio-vidrio	140°
Agua-vidrio	0°
Agua-plata	90°
Agua-parafina	107°

En un recipiente la superficie libre del líquido se curva hacia arriba, si el líquido moja la pared del recipiente; y se curva hacia abajo si no la moja.



La forma curva de la superficie del líquido recibe el nombre de menisco (etimológicamente del griego luna creciente). Al utilizar una pipeta (material volumétrico) que consiste en un tubo de diámetro pequeño y si lo disponemos en forma vertical con un extremo sumergido en un líquido que moje sus paredes, el líquido subirá por la pipeta cierta distancia sobre la superficie del líquido que lo rodea, esto se denomina acción capilar o capilaridad. Esto es resultado, de la tensión superficial y la adhesión. Concretamente la adhesión atrae las moléculas del agua a los lados de la pipeta (tubo) y la cohesión (tensión superficial) empuja esta columna hacia arriba. Lógicamente la altura a la que se eleva el líquido por un tubo capilar depende de su diámetro.

La palabra capilar deriva del latín que significa: “como cabello”

En el equilibrio el componente de la fuerza de tensión superficial y la fuerza del peso hacia abajo de la columna del líquido deben ser de igual magnitud. La fuerza de la tensión superficial es:

$$F = \gamma L = \gamma\ (2\ \pi\ \gamma)$$

En donde L = 2πγ, dado que el líquido está en contacto con el tubo en todos los puntos de la circunferencia. El componente vertical de esta fuerza tiene una magnitud de:

$$F\ cos\varphi = \gamma\ (\ 2\pi\ \gamma)\ (cos\ \varphi)$$

El peso de la columna de líquido está dado por:

$$w = mg = \rho Vg = \rho\ (\pi\ \gamma 2\ )\ g$$

En donde la masa en términos de la densidad es m = ρV y el volumen del cilindro del líquido es V = πγ2h (La presión atmosférica no se toma en consideración debido a que es la misma en ambas superficies). Al igualar las magnitudes de estas fuerzas (F cos φ = w) y resolviendo para h tenemos.

$$h_w = \frac{2\gamma_w}{\rho_w\, g\, r}$$

Un análisis similar para la depresión capilar (menisco), que se presenta cuando el líquido no moja la superficie del tubo, da la misma ecuación. En este caso φ es mayor que 90° y h es negativa.

Ejercicio

1.- ¿Qué tan alto se elevará el agua simple a 20 °C en un tubo capilar de vidrio de 1.0 mm de diámetro? Solución

Datos:
d=1.0 mm = 1.0 x 10 -3 m, Encontrar: a) h1 (altura del agua)
así r = 5.0 x 10 -4 m. b) h2 (altura agua jabonosa)

γ_w = 0,073 N/m
γ_{aj} = 0,025 N/m

a) Viendo el cuadro de ángulos de contacto para el agua y el vidrio es φ = 0°. Con cos φ = cos 0° = 1. Aplicando la última ecuación vista h= 2γ/ρgr. Para el agua.

$$h_w = \frac{2\gamma_w}{\rho_w\, g\, r}$$

$$h_w = \frac{2\left(0{,}073\frac{N}{m}\right)}{1{,}0x10^3\ kg/m^3\ )\left(9{,}8\, m/s^2\right)\left(5{,}0\,x\ 10^{-4}\ m\right)}$$

Resolver los siguientes problemas:

1) Calcular la tensión superficial de un líquido que mediante una varilla móvil de 5 cm equilibra una fuerza de 2,5 gf.

Respuesta: 0,5 gf/cm

2) Calcular la altura a que ascenderá el agua en un capilar de 0,5 mm de radio.

Respuesta: 3 cm

3) ¿Cuál será la tensión superficial del acohol cuya densidad es 0,8 g/cm ^{3},si asciende mediante un capilar de 0,3 mm de radio hasta 2 cm?.

Respuesta: 23,5 dyn/cm

4) Calcular el radio de un capilar tal que colocado en mercurio este asciende 5 mm. Si el peso específico del mercurio es de 436 dyn/cm ^{3}.

Respuesta: 1,3 mm

5) ¿Cuál es la tensión superficial de un líquido que es equilibrado en una boquilla mediante una varilla de 3 cm con una pesa de 2,8 gf?.

Respuesta: 0,9 gf/cm

6) ¿Cuál es la altura a que llega el éter en un capilar de 0,8 mm de radio (δ = 0,7 g/cm ^{3}), si su tensión superficial es 0,016 gf/cm?.

Respuesta: 0,9 cm

7) Calcular la tensión superficial de un líquido cuya densidad es 0,75 g/cm ^{3} y asciende por un tubo capilar de 0,5 mm hasta 1,8 cm.

Respuesta: 0,0351 gf/cm

8) La tensión superficial de un líquido es 26 dyn/cm y su densidad es 1,2 g/cm ^{3}. Calcular el radio del tubo capilar mediante el cual asciende 2,5 mm.

Respuesta: 0,1 mm

Responder el siguiente cuestionario:

1) ¿Cómo explicaría el fenómeno de tensión superficial?.

2) ¿Qué ejemplos puede dar?

3) ¿Cómo puede variar la tensión superficial?

4) ¿Cuál es el papel de los detergentes?

5) ¿Qué es capilaridad?

6) ¿Qué leyes rigen la capilaridad? Y ¿cómo se enuncia?

La acción capilar es importante en el transporte de líquidos. En la vida cotidiana es común observar la absorción del agua por las toallas de papel, las mechas en los mecheros de alcohol, la distribución del agua y los nutrientes en las plantas, el mantenimiento del agua en el suelo. Si no fuera por esto, el suelo estaría completamente seco debajo de una capa de agua. Efectos indeseables de esta propiedad son el humedecimiento de los bloques de concreto en las paredes de los edificios y el ascenso de agua en grietas y juntas.

Ejercicios Resueltos

Nota: El estudiante deberá analizar los diferentes ejercicios resueltos y verificar las unidades con su respectiva magnitud

1.- ¿Cuál es la presión hidrostática que soporta un pez de aguas profundas que habita a 2000 m bajo el agua? ¿Cuál es la fuerza ejercida sobre una superficie de 8 x 10-4 situada a esa profundidad?

$$\mathrm{h = 2000\ m;\ \ d = 10^3\,\frac{Kg}{m^3};\ \ A = 8\times10^{-4}\,m^2;\ \ g = 9.8\,\frac{m}{s^2}}$$

$$a)P = h \bullet d \bullet g = 2000x10^3\,\frac{Kg}{m^3}\,x9.8\frac{m}{s^2} = 19.6x10^6\,Pa$$

$$b)F = \mathrm{A \bullet h \bullet d \bullet g = 8\times10^{-4}\,m^2 \times 2000 \times 10^3 \times 9.8\,\frac{m}{s^2}} =$$

$$F = 1.5\ x\ 104\,N$$

2.- Un centro hospitalario de cuatro pisos, mantiene un desnivel entre las dos primeras plantas de 15 m, calcular la diferencia de presión en la tubería que suministra agua caliente entre los dos pisos.

$$\mathrm{h = 15m;\ \ d = 10^3}\,\frac{kg}{m^3};\ g = 9.8\frac{m}{s^2}$$

$$P1 - P2 = h \bullet d \bullet g = 15\,m \times 10^3\,\frac{kg}{m^3} \times 9.8\frac{m}{s^2} = 147000\,Pa$$

3.- La terraza de un condominio está a 80 m sobre la tubería principal que suministra agua a los departamentos, cuya presión en la calle es de 6.5 x 105 Pa. ¿Habrá necesidad de instalar una bomba para que llegue el agua a la terraza? ¿Hasta qué altura subirá el agua bajo esa presión sin necesidad de una bomba?

$$h = 80\,m\,; \quad P = 6.5\,x\,10Pa\,; \quad d = 10^3\,kg/m^3.$$

$$h = \frac{P}{dg} = \frac{6.5\times10^5\,Pa}{10^3\,\frac{kg}{m^3}\times9.8} = 66.32\,m$$

4.- Haciendo un experimento un estudiante cuyo peso es de 70 Kg se paró sobre una plataforma que tiene 7 x 102 m2 de área colocada sobre un tubo con agua. ¿A qué altura subirá el agua en el tubo vertical? ¿A qué altura subirá si el área de la plataforma se reduce en un 50 %?.

$$m = 70kg; \qquad A = 7x10^2\,m^2; \qquad d = 10^3\,\frac{kg}{m^3}$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{m \bullet g}{A} = h \bullet d \bullet g \qquad h = \frac{m}{A \bullet d}$$

5.- La cisterna de una fábrica llena de agua tiene 9 m de longitud, 6 m de anchura y 7 m de profundidad. La tapa que cubre dicha cisterna tiene un orificio de 4 cm de diámetro y se ha ajustado en el mismo un tubo vertical de 5 m de largo, de tal manera que la cisterna y el tubo están llenos de agua. Calcular la presión hidrostática.

$$h_1 = 9m; h_2 = \quad 7m; \;\; d = 10^3 kg/m^3 \qquad r = 2\,x10^{-}2m.$$

$$P_1 = h_1 \bullet d \bullet g = 9m\times10^3\,\frac{kg}{m^3}\times9.8\,\frac{m}{s^2} = 88200\,Pa$$

$$P_2 = P_1 + h_2 d\,g = 88200\,Pa + 7\times10^3\times9.8 = 156800\,Pa$$

6.- La prensa hidráulica de un taller mecánico, la plataforma mayor, tiene un área de 3dm2 y una fuerza hacia arriba, 5.000 N. la plataforma menor tiene un área de 30 cm2, ¿Qué fuerza se ejerce sobre la plataforma menor?

A = 3.0 dm² = 3 x 10² m² ; α = 30 x 10⁻⁴ m² ; F= 5 x 103

$$P = \frac{F}{A} = \frac{f}{a}; F = \frac{\alpha \bullet \mathrm{F}}{A}$$

$$F = \frac{\left(30\times\,x10^{-4}\right)\left(5x10^3\right)}{3\times10^{-2}} = 500\,N$$

7.- Un recipiente de aluminio tiene un volumen de 15 cm3. ¿Qué empuje experimentará si se sumerge: a) en alcohol (densidad: 0,82 x 10 3 kg/m3), b) en agua? Si el cuerpo pesa 1,25 N en el aire, ¿ Si el recipiente pesa 0.75 N en el aire cuál será su peso aparente en cada uno de estos líquidos?

P= 0.75 N; Vc = 15x 10-6 m^3 E = Vc ρ g.

Empuje:
a) E = (15 x 10^{-6}) x (0.82 x 10^3) x (9.8) = 0.12N.
b) E = (15 x 10^{zx}) x (10^3) x (9.8) = 0.15 N.

Peso aparente; R = P-E
0.75 - 0.12 = 0.63 N
0.75 - 0.15 = 0.6 N

8.- Un anillo de oro pesa 15 N en el aire y 9 N cuando se le sumerge en agua ¿cuál es la densidad del anillo?

Peso del cuerpo en el aire = 15 N ;
Peso del cuerpo sumergido= 9 N ; ρ = 10^3Kg/m^3 donde d = ρ

Entonces:

$$d = \frac{m}{Vc} = \frac{\frac{P}{g}}{\frac{E}{df}} = \frac{Pdf}{E \bullet g} = \frac{pdf}{p-p} = \frac{15\times10^3}{6} = 2.5\times10^3\,\frac{kg}{m^3}$$

9.- Un cristal de cuarzo cuyo volumen es de 700 cm3 tiene un peso aparente de 0.9 N cuando se le sumerge en alcohol (densidad 0,8 x 103 kg/m3). Calcular su peso en el aire y su densidad.

Vc = 7x$10^{-4}$$m^3$; ρ = 0.8 x 10^3 kg/m^3 ; Peso aparente= R = 0.9N.

Peso del cuerpo (W) = Peso aparente + empuje (Vc ρ g)

= (0.9) + (7 x10^{-4}) x (0.8 x 10^3) x (9,8) = 4.94 N.

$$d = \frac{\text{m}}{\text{Vc}} = \frac{\text{P}}{\text{Vc g}} = \frac{4.94}{\left(7\times10^{-4}\right)\left(9.8\right)} = 720\,\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \quad donde\ d\ = r = \ densidad$$

10.- Un brazalete de plata tiene un peso de 2,00 N en el aire y 1.5 N en el agua. ¿Cuál es su volumen?.

P= 2N ; P^1= 1.5 N ; ρ = 10^3 kg/m^3. Donde P = W; P1 = R, df= ρ asi:

$$Vc = E = \frac{P-P_1}{df\ g} = \frac{0.5}{9800} = 5.1\times10^{-5}\,m^3$$

11.- Un cuerpo experimenta un empuje de 25 N si se sumerge en agua, 23 N si se sumerge en aceite y de 20 N si se le sumerge en alcohol. Hallar las densidades del aceite y del alcohol.

$E_1 = 25$ N ; $E_2 = 23$; $E_3 = 21$; $d_1 = 10^3$ kg/m^3

Donde d1 , d2 , d3 equivalen a ρ 1,2, y 3 respectivamente, entonces:

$$d_2 = \frac{E_2 \bullet d_1}{E_1} = \frac{23 \times 10^3}{25} = 920 \frac{kg}{m^3}$$

$$d_3 = \frac{E_{3 \bullet d_1}}{E_1} = \frac{20 \times 10^3}{25} = 800 \frac{Kg}{m^3}$$

12.- Un pedazo de balsa ocupa un volumen de 80 cm3. Para sumergirlo en agua hace falta una fuerza de 0,30 N. Hallar su densidad.

$$Vc = 80x10??m^3; \qquad R = 0.3N; \qquad p^1 = 10^3 \frac{kg}{m^3}$$

$$E - W = R \qquad E = Vcrg, \qquad W = mg \qquad donde\ d = r; y\ R = F$$

$$d = df - \frac{F}{Vcg} = 10^3 - \frac{0.3}{(80 \times 10^{-6})} = 3750 \frac{Kg}{m^3}$$

13.- Un tronco de madera de 80 cm de grosor de tal manera que emerge del agua 15cm. ¿Cuál es su densidad?.

$$h = 0.8\ m\ ; \qquad h^1 = 0.15\ m \quad df = \frac{10^3 kg}{m^3} \qquad donde\ d\ y\ df = p; P = W$$

$$P\ mg = d\ Vc\ g = d\ A\ h\ g \qquad paso$$

$$E = Vs\ df = A(\ h - h^1\ )\ df\ g. \quad empuje$$

$$Haciendo\ P = E\ ;\ se\ tiene:$$

$$\mathrm{d} = \frac{\mathrm{h - h}}{\mathrm{h}} \quad \mathrm{d} = \frac{0.8 - 0.15\ \ x10^3}{0.8} 812\ Kg / m^3$$

14.- Un bloque de hielo cuyas dimensiones son 7 cm, 4 cm y 2 cm flota en el agua con su superficie mayor horizontal. Si su densidad es de 917 kg/m3, ¿cuánto se hunde?.

$Si\ d = p$

$$\mathrm{Vc} = 0.056\ \mathrm{x}10^{-3}\mathrm{m}^3 \ ; \quad d\ agua = \frac{10^3\ \mathrm{kg}}{m^3} : rc = 917\ kg / m3$$

$$h = \frac{\mathrm{dc\ Vc}}{\mathrm{A\ \ df}} = \frac{0.917\ \mathrm{x}10^3\mathrm{x}0.056\ \mathrm{x}10^{-3}}{28\ \mathrm{x}10^{-4}\ \mathrm{x}10^3} = 0.000655\ \mathrm{m}$$

Ejercicios para desarrollar*

1.- Definir los siguientes términos:

a) Peso específico

b) Densidad

c) Presión

d) Fuerza total

e) Ley de Pascal

f) Presión absoluta

g) Presión manométrica

h) Manómetro

i) Principio de Arquímedes

j) Empuje

2.- Elaborar un listado de las unidades que se utilizan en peso específico.

3.- Indicar ¿Qué pesa más 570 g de latón o 2.5 pie^3 de cobre?

4.- Un cubo de hielo flota en un recipiente de modo tal que el nivel del mismo coincide con su borde superior. ¿Se derramará el agua cuando todo el hielo se funda? Argumente su respuesta.

5.- Determinar cuál es el volumen que ocupará 1.2 Kg de alcohol? Cuál es el peso de este volumen?

6.- Un cuerpo tiene un volumen de pie3 y pesa 2880 lb, de acuerdo con su densidad, que sustancia puede ser?

7.- ¿Cuál es el volumen de agua que deba tener igual peso que un pie cúbico de plata?

8.- Cuál es la densidad del agua en Ton x m3?

9.- A partir de un tubo doblado en U con sus extremos abiertos, que contiene cloroformo y tiene una sección transversal de 0.8 cm3. ¿Qué volumen de agua debe colocarse en el tubo de la izquierda a fin de que el cloroformo del tubo de la derecha se eleve 1 cm por encima de su posición inicial?

10.- El manómetro del laboratorio indica que la presión del agua tiene un valor de 93lb/m2.

¿Cuál es la altura máxima que alcanzaría el nivel del agua del mismo?

11.- Una cisterna cilíndrica de 45 pies de alto y 18 pies de diámetro está lleno de agua.

a) Cuál es la presión del agua en el fondo del tanque
b) Cuál es la fuerza total en el fondo del tanque
c) Cuál es la presión de un tubo de agua que se encuentre 85 pies debajo de la superficie

12.- Se define a la gravedad específica de un objeto como la relación del peso del cuerpo respecto del peso del agua. Por definición la gravedad específica del agua es 1. De acuerdo con las tablas de densidades calcular la gravedad específica del cobre, plata, platino y Hierro.

13.- Se aplica el principio de Arquímedes para determinar el peso de un volumen igual de agua. Una escultura de cobre pesa 32 lb en el aire y 29 lb sumergida en el agua.

a) Cuál es la gravedad específica del cobre
b) Cuál es su densidad?

14.- De una prensa hidráulica, se conoce que las áreas de los émbolos pequeño y grande son 0.7 y 18 pulg2. ¿Cuál es la ventaja mecánica ideal de la prensa? ¿Qué fuerza debe ejercerse para levantar una tonelada?

15.- Al aplicar una fuerza de 300 N a un émbolo pequeño de una presa hidráulica cuyo diámetro es de 4.5 pulg. Cuál será el diámetro del émbolo grande para levantar una carga de 133 toneladas?

16.- Para operar un elevador el tubo de entrada que suministra aire a presión tiene un diámetro de 3 cm. El émbolo de salida tiene un diámetro de 27 cm. ¿Cuál es la presión de aire que debe emplearse para levantar un automóvil de 1500 Kg?

17.- En una bomba hidráulica el área del émbolo es de 8 pulg2. ¿Qué fuerza debe aplicarse para elevar agua mediante el émbolo a una altura de 95 pies?

18.- Un pedazo de metal que pesa 80 kg tiene un volumen de 0.4 m3. El bloque se suspende en una cuerda de metal de 75 lb y tiene un volumen de 0.5 m3. El material con la cuerda se sumerge en aceite. (densidad= 48 lb / pie3). Encontrar el empuje y la tensión de la cuerda.

19.- Una sustancia pesa 82 kg en el aire. Su peso aparente es 72 kg cuando se sumerge en agua. Cuál es el volumen de la sustancia y cuál es su densidad?

20.- Una pelota de 5 Kg se llena con 80 cm3 de helio. ¿Cuál es la fuerza necesaria para mantenerlo en dicha posición?

21.- Un globo de 30 m de diámetro está lleno con helio. ¿Qué masa total puede levantar el globo en un aire de densidad 0.9 Kg/m3?

22.- Un bloque de madera pesa 15 kg en el aire. Se le colocan pesas de plomo con un peso aparente de 23 kg, y ambos se sumergen en agua. Su peso combinado en el agua es de 14 Ib. Encontrar la densidad del bloque de madera.

23.- Un pedazo de madera que tiene un volumen de 133 cm3 tiene una masa de 0.5 Kg. ¿Flotará en agua? ¿En gasolina?

24.- Un cilindro graduado de 100 mi sé llena a la mitad con alcohol etílico y la otra con éter, determinar la masa de los líquidos

25.- Una estudiante de 70 Kg camina equilibradamente sobre el taco de uno de sus zapatos. Si el tacón es cuadrado con lados de 0.8 cm, determinar la presión ejercida sobre el suelo en atmósfera y en lb/pulg2

ÍNDICE

CAPITULO 2

MAWIL
Publicaciones Impresas
y Digitales

Temperatura y Equilibrio Térmico

La temperatura es definida como una medida de la energía cinética de los átomos o moléculas que constituyen un objeto material cualquiera. Su medida se realiza a través de los cambios que experimentan algunas magnitudes físicas, cuando los cuerpos son sometidos a intercambios de energía térmica, (Mengual, 1989).

Podríamos afirmar que la temperatura es una magnitud proporcional a la energía cinética promedio que tienen las partículas que conforman un cuerpo. Si todas las partículas de un cuerpo tuviesen la misma energía de movimiento la temperatura sería proporcional a esa energía. Cuando un cuerpo caliente entra en contacto con un cuerpo frío, se produce un intercambio de energía del cuerpo más caliente al más frío, ya que las partículas del cuerpo caliente tienen más energía en promedio que las partículas del cuerpo frío.

Podría suceder que si dos cuerpos que tengan la misma temperatura entren en contacto, con movimiento uno respecto del otro (ejemplo al martillar un clavo o frotarnos las manos); aquí hay un intercambio de energía entre las partículas de las superficies en contacto y como consecuencia existe un incremento de sus temperaturas.

Basándonos en los fenómenos descritos anteriormente, podemos afirmar que dos cuerpos están en equilibrio térmico, si las partículas no intercambian una cantidad neta de energía, por lo que sus temperaturas serán iguales.

Termómetro

Instrumento que mide la temperatura, alcanzando el equilibrio térmico con el cuerpo al que se le quiere medir la temperatura.

Tipos de termómetros:

En física se utilizan varios tipos de termómetros, según el margen de temperaturas a estudiar o la precisión exigida. Como ya hemos señalado, todos se basan en una propiedad termométrica de alguna sustancia: que cambie continuamente con la temperatura (como la longitud de una columna de líquido o la presión de un volumen constante de gas); (Lara Antonio, 2006).

Termómetros de líquido

Los termómetros de líquido encerrado en vidrio son, ciertamente, los más familiares: el de mercurio se emplea mucho para tomar la temperatura de las personas, y, para medir la de interiores, suelen emplearse los de alcohol coloreado en tubo de vidrio.

Los de mercurio pueden funcionar en la gama que va de -39 °C (punto de congelación del mercurio) a 357 °C (su punto de ebullición), con la ventaja de ser portátiles y permitir una lectura directa. No son, desde luego, muy precisos para fines científicos.

El termómetro de alcohol coloreado es también portátil, pero todavía menos preciso;

sin embargo, presta servicios cuando más que nada importa su cómodo empleo. Tiene la ventaja de registrar temperaturas desde - 112 °C (punto de congelación del etanol, el alcohol empleado en él) hasta 78 °C (su punto de ebullición), cubriendo por lo tanto toda la gama de temperaturas que hallamos normalmente en nuestro entorno.

Termómetros de gas

El termómetro de gas de volumen constante es muy exacto, y tiene un margen de aplicación extraordinario: desde - 27 °C hasta 1477 °C. Pero es más complicado, por lo que se utiliza más bien como un instrumento normativo para la graduación de otros termómetros.

El termómetro de gas a volumen constante se compone de una ampolla con gas -helio, hidrógeno o nitrógeno, según la gama de temperaturas deseada- y un manómetro medidor de la presión. Se pone la ampolla del gas en el ambiente cuya temperatura hay que medir, y se ajusta entonces la columna de mercurio (manómetro) que está en conexión con la ampolla, para darle un volumen fijo al gas de la ampolla. La altura de la columna de mercurio indica la presión del gas. A partir de ella se puede calcular la temperatura.

En un termómetro de gas de volumen constante el volumen del hidrógeno que hay en una ampolla metálica se mantiene constante levantando o bajando un depósito. La altura del mercurio del barómetro se ajusta entonces hasta que toca justo el indicador superior: la diferencia de los niveles (h) indica entonces la presión del gas y, a su través, su temperatura.

Termómetros de resistencia de platino

El termómetro de resistencia de platino depende de la variación de la resistencia a la temperatura de una espiral de alambre de platino. Es el termómetro más preciso dentro de la gama de -259 °C a 631 °C, y se puede emplear para medir temperaturas hasta de 1127 °C. Pero reacciona despacio a los cambios de temperatura, debido a su gran capacidad térmica y baja conductividad, por lo que se emplea sobre todo para medir temperaturas fijas.

Par térmico

Un par térmico (o pila termoeléctrica) consta de dos cables de metales diferentes unidos, que producen un voltaje que varía con la temperatura de la conexión. Se emplean diferentes pares de metales para las distintas gamas de temperatura, siendo muy amplio el margen de conjunto: desde -248 °C hasta 1477 °C. El par térmico es el termómetro más preciso en la gama de -631 °C a 1064 °C y, como es muy pequeño, puede responder rápidamente a los cambios de temperatura.

Termometros de dilatación

Termómetros de líquido en vidrio

El vidrio del termómetro debe elegirse por su estabilidad y debe estar bien recocido. El bulbo, a altas temperaturas y presiones, está expuesto a aumento permanente de volumen, ocasionando que la indicación del termómetro sea más baja de lo debido.

Los termómetros de mercurio más exactos están graduados y calibrados para inmersión total; esto es, con todo el mercurio, incluyendo el del tubo, a la temperatura que se está: midiendo. Si parte del mercurio de la columna se extiende fuera de la región en que se ha de medir la temperatura, hay que aplicar una corrección a la lectura, basada en la longitud en grados de la columna emergente, en la diferencia de temperatura entre la columna emergente y el bulbo y en la dilatación relativa del mercurio y del vidrio, (Carranza, 1998).

Termómetro de beckman

El termómetro diferencial de Beckmann tiene una escala de 30 cm de largo, aproximadamente, con una escala total de 5 6 6 grados C. en divisiones. de 0.01 de grado. Está construido de suerte que una parte del mercurio del bulbo puede ser trasladada a un depósito de manera que lleve el extremo de la columna de mercurio a la sección graduada para las zonas de temperaturas en que se han de medir las diferencias. Se emplea sólo para medir diferencias de temperatura. La exactitud conseguida está entre 0.002 y 0.005 grados en la medida de cualquier intervalo dentro de los límites de la escala.

Termómetro de cinta bimetálica

Este termómetro consiste en una cinta hecha de dos metales de coeficientes de dilatación térmica muy diferente, tales como el Invar y el latón, soldados cara con cara en toda su longitud. La cinta puede ser casi recta o puede formar una espiral para conseguir mayor sensibilidad. Una elevación de temperatura cambia la curvatura de la cinta, puesto que el latón aumenta más rápidamente en longitud que el Invar. Si uno de los extremos es fijo, un indicador unido al extremo libre se mueve sobre una escala graduada en temperaturas o una pluma se mueve sobre una tarjeta movible para registrar la temperatura. Las cintas bimetálicas se emplean para obrar sobre contactos eléctricos que controlan la temperatura de habitaciones.

La respuesta a los cambios de temperatura es casi lineal. Dentro del intervalo de temperaturas aceptado (no superior a 1500 C. cuando se emplea el latón, considerablemente superior cuando se emplea en lugar del latón una aleación de cromo y níquel), los errores inherentes a la cinta son insignificantes. Pueden ocasionarse errores apreciables en el enlace mecánico. La cinta bimetálica es una espiral dentro de un tubo delgado de metal, y la aguja indicadora se mueve sobre una escala circular graduada, coaxial con el tubo. Puede reemplazar al termómetro de mercurio para numerosos usos.

Termómetros de sistemas llenos

Termómetros llenos de gas

El termómetro de gas de volumen constante, mencionado al hablar del establecimiento de la escala termodinámica de temperaturas, pertenece a la categoría de termómetros llenos de gas y es el más exacto de este tipo. Sólo se emplea en los laboratorios de patrones a causa de su complejidad y de su tamaño. Para usos industriales, un termómetro por presión de gas consta de un elemento que mide la presión, como el tubo Bourdon conectado por un tubo capilar a una ampolla que se expone a la temperatura que se ha de medir. El sistema se llena, a presión, con un gas inerte, ordinariamente el nitrógeno. Puesto que la presión del gas en un recipiente cerrado es proporcional a su temperatura absoluta, el elemento medidor puede ser calibrado en grados de temperatura con una escala dividida uniformemente. Como el gas del elemento medidor y del tubo de conexión no está a la temperatura del bulbo, el volumen de éste tiene que ser grande para que los errores introducidos por la diferencia de temperatura del elemento medidor de la presión y del tubo capilar resulten insignificantes. El bulbo debe tener por lo menos cuarenta veces el volumen del resto del sistema. Por ello, y a causa del retardo en la transmisión de los cambios de presión por el tubo capilar, la longitud de éste se limita a un máximo de 60 m, y es preferible mucho menos.

La presión inicial en el termómetro de gas es ordinariamente de 10 a 35 Kg/cm². El par de torsión producido es entonces amplio para operar una pluma registradora cuando la dimensión de la escala es 200 grados centesimales, o más. Las dimensiones de la escala menores de 50 grados no son recomendadas. Con una dimensión de escala de 200 grados, o más, la reproducibilidad de las lecturas es del orden de +- 1/4 % de aquella dimensión. El tiempo de respuesta tiende a ser largo, en parte a causa de la necesidad de transmitir los cambios de presión por medio de un tubo de calibre fino y en parte a causa del gran volumen y escasa conductividad térmica del nitrógeno. Para el volumen suficiente, el bulbo tiene ordinariamente 22 mm de diámetro, lo que da una respuesta lenta. El tiempo de respuesta puede ser disminuido consiguiendo el volumen deseado mediante el empleo de un tubo largo de 6.5 mm, ordinariamente en forma de hélice de 5 cm.

La temperatura es indicada por una aguja que se mueve sobre una escala graduada o se registra en un papel de gráficas sobre un cilindro por una pluma accionada por el elemento que mide la presión. La escala para los registradores rara vez es menor de 100 grados centesimales, pero en los aparatos indicadores el campo puede ser menor.

Las variaciones en la presión barométrica no suelen ser tan grandes que afecten apreciablemente las indicaciones pero los grandes cambios en altitud deben ser corregidos en la graduación.

Los termómetros de gas a presión se emplean en temperaturas entre -450 °F. y + 1000 °F. (268 °C. y + 538 °C.), lo cual queda parcial o enteramente fuera de los límites de los sistemas de vapor a presión y en aplicaciones en que la menor exactitud y el mayor tamaño del bulbo no exigen la elección de un termómetro de alto costo del tipo de expansión de líquido, (Harper, 2000).

Termómetros de Vapor a Presión

Los termómetros de vapor a presión utilizan el hecho de que en una vasija cerrada que no contiene más que un líquido y su vapor, llenando el líquido sólo parcialmente, el recinto, la presión es dependiente solamente de la especie del líquido y de su temperatura. Un uso muy extenso se hace de esta relación entre la presión del vapor y la temperatura en la medida y registro de las temperaturas industriales.

El termómetro de presión de vapor se parece al termómetro de gas a presión en que consta de un bulbo, un tubo de conexión de longitud fija, de 1.5 a 75 m de largo, y un elemento sensible a la presión.

El bulbo está parcialmente ocupado por un líquido con una temperatura de ebullición bastante baja para producir una presión de trabajo de 5 a 35 Kg/cm² en el intervalo de temperaturas a cubrir. El extremo superior de este intervalo debe ser mas bajo que el punto crítico del líquido. Se emplean el cloruro de metilo, el anhídrido sulfuroso, el éter, el alcohol etílico y el tolueno, elegidos para la presión de vapor apropiada según las relaciones de temperatura, la inercia de los metales empleados.

La presión de vapor aumenta con la temperatura más rápidamente a medida que la temperatura se eleva, de suerte que la curva temperatura presión de vapor no es lineal, y las gráficas de temperatura tienen sus marcas de grados mucho más separadas en el extremo superior de la escala que en el inferior. Un aparato registrador de 10 a 100 °C. puede tener divisiones de 2 grados C. entre 10 y 40 °C. y solamente de medio grado desde 40 hasta 100°C. La exactitud de la lectura es escasa en el extremo inferior de la escala. La reproducibilidad de los termómetros de vapor a presión es del orden de +- 1 %, y en algunos casos considerablemente mejor.

El nivel del bulbo con respecto al aparato de medición de la presión es importante, pues si la temperatura del tubo de conexión es inferior a la temperatura del bulbo, el vapor se condensará en el tubo de conexión. El aparato de medición de la presión está sometido a la presión del vapor en el bulbo más la carga hidrostática de esta columna de líquido si el bulbo está sobre el aparato de medición, o a la presión del vapor en el bulbo menos la carga hidrostática si el bulbo está bajo el aparato de medida. Si la temperatura de operación del bulbo ha de ser más alta que la temperatura del aparato de medida de la presión, el instrumento se gradúa para una diferencia de nivel definida, Deben hacerse correcciones si se cambia la elevación del bulbo.

Un gran defecto en este sistema de medida es el trastorno debido al paso del líquido desde el bulbo al elemento de presión, o inversamente, cuando la temperatura medida cruza la temperatura del instrumento.

Termómetros de líquido en dilatación

En un termómetro de líquido en dilatación, el sistema se llena completamente con un líquido apropiado y consiste en un bulbo conectado por tubo capilar a un elemento en forma de hélice o espiral de Bourdon situado en la caja del instrumento. A medida que aumenta la temperatura y se dilata el líquido, la hélice tiende a deshacerse para proporcionar el aumento de volumen y es mayor. La presión de llenado elegida debe ser tal, que la temperatura de ebullición del líquido sea apreciablemente más alta que la mayor temperatura que el sistema haya de medir. Pueden medirse temperaturas desde -1 75 °C. hasta + 300 °C. (550 °C. para el mercurio). Aunque los cambios de volumen son relativamente pequeños, las fuerzas ejercidas pueden ser grandes para accionar el elemento, y por consiguiente, este tipo de medida se considera bueno para aparatos reguladores que requieran alto grado de estabilidad.

El origen mayor de error en este tipo de medida es la dilatación térmica del líquido que no está en el bulbo. Cuando la longitud del tubo es corta, el error está en su mayor parte en el elemento Bourdon, y normalmente se coloca un elemento bimetálico de corrección en la caja para compensar este error.

Cuando el tubo capilar es largo, se usa uno de estos dos métodos para la corrección:

1) Un hilo metálico central se coloca en el tubo capilar en toda su longitud; este hilo tiene un coeficiente de dilatación que corrige el cambio de volumen de] líquido. Normalmente se emplea esto únicamente en los sistemas llenos con mercurio.

2) Un segundo tubo capilar sin bulbo, cerrado en el extremo correspondiente al bulbo, va paralelo al tubo capilar desde el bulbo y acciona un Bourdon helicoidal idéntico en la caja del instrumento, de tal modo enlazado con el elemento original, que cualquier dilatación en este capilar corrector se resta del otro sistema y corrige toda dilatación, excepto la del bulbo medidor.

Cualquier dilatación térmica del bulbo es incluida automáticamente en la graduación del sistema. La dilatación térmica del tubo capilar y del elemento sensible, son del todo insignificantes.

1. De temperaturas máximas y mínimas
2. Convencional, indica sólo la temperatura del momento
3. Se indica la medición de la temperatura en grados Centígrados y Fahrenheit

Termometros de resistencia

Detectores de temperatura resistivos (RTD)

Los detectores de temperatura basados en la variación de una resistencia eléctrica se suelen designar con sus siglas inglesas RTD (Resistance Temperature Detector). Dado que el material empleado con mayor frecuencia para esta finalidad es el platino, se habla a veces de PRT (Platinum Resistance Thermometer).

El símbolo general para estos dispositivos es el de la figura; la línea recta en diagonal sobre el resistor indica que varía de forma intrínseca lineal, y la anotación junto a dicha línea denota que la variación es debida a la temperatura y tiene coeficiente positivo.

Un termómetro de resistencia es un instrumento utilizado para medir las temperaturas aprovechando la dependencia de la resistencia eléctrica de métales, aleaciones y semiconductores (termistores) con la temperatura; tal es así que se puede utilizar esta propiedad para establecer el carácter del material como conductor, aislante o semiconductor.

El elemento consiste en un arrollamiento de hilo muy fino del conductor adecuado, bobinado entre capas de material aislante y protegido con un revestimiento de vidrio o cerámica. El material que forma el conductor, se caracteriza por el "coeficiente de temperatura de resistencia" este se expresa en un cambio de resistencia en ohmios del conductor por grado de temperatura a una temperatura específica. Para casi todos los materiales, el coeficiente de temperatura es positivo, pero para otros muchos el coeficiente es esencialmente constante en grandes posiciones de su gama útil.

Curvas usuales de termómetros de resistencia para alambre de platino, cobre y níquel, en donde R1 = resistencia a la temperatura t y Ro = resistencia a 0 °C

La relación entre estos factores, se puede ver en la expresión lineal siguiente

$Rt = Ro\ (1 + a\ t)$
donde
Rt es la resistencia en ohmios a t °C
Roes la resistencia en ohmios a 0 °C
a es el coeficiente de temperatura de la resistencia

En el caso de una resistencia fabricada con material semiconductor (termistores) la variación con la temperatura es muchísimo más grande, pero tiene el gran inconveniente de ser de tipo exponencial

$$Rt = Ro\ (1 - a\ t - b\ t2 - d\ t3\ \ldots\ )$$

De las expresiones anteriores se deduce claramente que una resistencia metálica aumenta su valor con la temperatura, mientras que en los semiconductores, aumenta su valor al disminuir la temperatura. Las resistencias de tipo metálico son de uso frecuente debido a que suelen ser casi lineales durante un intervalo de temperaturas bastante elevado.

El empleo de un conductor para la medida de temperaturas, basándose en el comportamiento descrito anteriormente está sometido a varias limitaciones. En primer lugar, es obvio que no se podrán medir temperaturas próximas ni superiores a la de fusión del conductor. En segundo lugar, para poder medir una temperatura determinada con este método es necesario que el sensor esté precisamente a dicha temperatura. Habrá que evitar, pues, auto-calentamientos provocados por el circuito de medida. La capacidad de disipación de calor, para un determinado sensor en un ambiente concreto, viene dada por el coeficiente de disipación, y depende del tipo de fluido y su velocidad, en el caso en que sea posible la evacuación de calor por convección, (Gilberto, 2012).

Otra limitación a considerar es la posible presencia de deformaciones mecánicas, provocan también un cambio en el valor de la resistencia eléctrica de un conductor. Esta situación puede darse, inadvertidamente, al medir, por ejemplo temperaturas superficiales mediante un elemento adherido a la superficie.

Características que deben poseer los materiales que forman el conductor de la resistencia.

Alto coeficiente de temperatura de la resistencia, ya que de este modo el instrumento de medida será muy sensible.

Alta resistividad, ya que cuanto mayor sea la resistencia a una temperatura dada, mayor será la variación por grado; mayor sensibilidad.

Relación lineal resistencia-temperatura.

Rigidez y ductilidad, lo que permite realizar los procesos de fabricación de estirado y arrollamiento del conductor en las bobinas de la sonda a fin de obtener tamaños pequeños (rapidez de respuesta).

Materiales usados normalmente en las sondas

a) Platino

Es el material más adecuado desde el punto de vista de precisión y estabilidad, pero presenta el inconveniente de su coste. En general la sonda de resistencia de Pt utilizada en la industria tiene una resistencia de 100 ohmios a 0ºC. por esta razón, y por las ventajosas propiedades físicas del Pt fue elegido este termómetro como patrón para la determinación de temperaturas entre los puntos fijos desde el punto del Oxigeno (-183ºC) hasta el punto de Sb (630,5ºC).

Con un termómetro de este tipo convenientemente graduado, se pueden hacer medidas con una exactitud de 0,01ºC y cambios de temperatura de 0,001ºC pueden medirse fácilmente.
El valor elegido para Ro es de ordinario 25’5 ohmios aproximadamente; la resistividad del platino aumenta aproximadamente 0,39% de la resistividad a 0ºC por grado de elevación de temperatura.

A 100ºC el valor de Rt será por consiguiente 35,5 ohmios, aumento de 0,1 ohmios por grado.

Para medir hasta 0,01 con un error menor que 1% habría que medirse Rt con aproximación de 0,00001 ohmios. El elemento medidor puede ser un puente de Wheaston o un potenciómetro de precisión.

El Platino se emplea mucho en los termómetros de resistencia industriales, en escala de temperatura aproximadamente -50ºC hasta 550ºC.

Los arrollamientos están protegidos contra desperfectos por tubos de metal y dispuestos de manera que permiten rápido intercambio de calor en el arrollamiento y el medio en que está colocado el tubo

Sonda termométrica de platino

a) Níquel

Más barato que el Pt y posee una resistencia más elevada con una mayor variación por grado, el interés de este material lo presenta su sensibilidad; hay una falta de linealidad en su relación R - Tª. Efectivamente en el intervalo de temperatura de 0 a 100ºC, la resistencia de Níquel aumenta en un 62% mientras que el Pt solo aumenta en un 38%. Sin embargo los problemas relativos a su oxidación u otro tipo de deterioro químico, limitan su utilización e incluso ponen en peligro la reproducibilidad de sus medidas. Otro problema añadido es la variación que experimenta su coeficiente de resistencia según los lotes fabricados.

Termómetro de resistencia de níquel.- Los termómetros de resistencia de níquel se usan mucho. Su intervalo de valor de Ro es de 10 a 10000 ohmios; los valores superiores se usan para eliminar el error debido a la variación de resistencia de conductores y contactos; particularmente en los circuitos en los que solo se emplean dos conductores. En este caso el circuito medidor es un puente de Wheaston equilibrado para una temperatura particular del termómetro. Las variaciones de temperatura desequilibran el puente y la corriente de desequilibrio mide la temperatura. Así el termómetro puede hacerse de lectura directa en el cuadrante de una amperímetro. En instalaciones industriales de precisión en las cuales se consigue el equilibrio del puente por acción manual o por medio de un registrador automático equilibrador, se usan termómetros de tres conductores.

c) Cobre

El cobre tiene una variación de resistencia uniforme en el rango de temperatura cercano a la ambiente; es estable y barato, pero tiene el inconveniente de su baja resistividad, ya que hace que las variaciones relativas de resistencia sean menores que las de cualquier otro metal. Por otra parte sus características químicas lo hacen inutilizable por encima de los 180ºC.

d) Tungsteno

Tiene una sensibilidad térmica superior a la del platino, por encima de 100ºC y se puede utilizar a temperaturas más altas, incluso con una linealidad superior. Asimismo se puede hacer hilo muy fino, de manera que se obtengan resistencias de valor elevado, pero como consecuencia de sus propiedades mecánicas su estabilidad es muy inferior a la del platino. Las técnicas actuales de fabricación de láminas delgadas por evaporación, serigrafía u otro procedimiento ligado a la microelectrónica permiten depositar en superficies muy pequeñas resistencias de los materiales indicados anteriormente

Pirometros (Rolle, 2006)

Un pirómetro en un instrumento utilizado para medir, por medios eléctricos, elevadas temperaturas por encima del alcance de los termómetros de mercurio. Este término abarca a los pirómetros ópticos, de radiación, de resistencia y termoeléctricos.

Nos vamos a centrar en los pirómetros de radiación y en los pirómetros ópticos.

Los pirómetros de radiación se fundan en la ley de Stefan - Boltzman y se destinan a medir elevadas temperaturas, por encima de 1600 °C mientras que los pirómetros ópticos se fundan en la ley de distribución de la radiación térmica de Wien y con ellos se han definido puntos por encima de 1063 °C en la Escala Internacional de Temperaturas.

Las medidas pirométricas, exactas y cómodas, se amplían cada vez más, incluso para temperaturas relativamente bajas (del orden de 800 °C)

La temperatura del acero al rojo se puede medir mediante un pirómetro de radiación (el instrumento cilíndrico con cables, que vemos a la derecha. Se enfoca la radiación térmica en un par térmico, donde se genera una corriente eléctrica que se registra en un amperímetro graduado para medir en él directamente las temperaturas.

Pirómetros de radiación

Los pirómetros de radiación para uso industrial, fueron introducidos hacia 1902 y desde entonces se han construido de diversas formas. El medio de enfocar la radiación que le llega puede ser una lente o un espejo cóncavo; el instrumento suele ser de "foco fijo" o ajustable en el foco, y el elemento sensible puede ser un simple par termoeléctrico en aire o en bulbo de vacío o una pila termoeléctrica de unión múltiple en aire. La fuerza electromotriz se mide con un milivoltímetro o con un potenciómetro, con carácter indicador, indicador y registrador o indicador, registrador y regulador.

El espejo cóncavo es a veces preferido como medio para enfocar por dos razones:

1) la imagen de la fuente se enfoca igualmente bien en el receptor para todas las longitudes de onda, puesto que el espejo no produce aberración cromática, en tanto que la lente puede dar una imagen neta para una sola longitud de onda.

2) las lentes de vidrio o de sílice vítrea absorben completamente una parte considerable de la radiación de largas longitudes de onda. La radiación reflejada por el espejo difiere poco en longitud de onda media de la que en él incide.

Usos

El pirómetro de radiación se puede recomendar en lugar del termoeléctrico en los casos siguientes:

1. donde un par termoeléctrico sería envenenado por la atmósfera de horno
2. para la medida de temperaturas de superficies
3. para medir temperaturas de objetos que se muevan
4. para medir temperaturas superiores a la amplitud de los pares termoeléctricos formados por metales comunes
5. donde las condiciones mecánicas, tales como vibraciones o choques acorten la vida de un par termoeléctrico caliente
6. cuando se requiere gran velocidad de respuesta a los cambios de temperatura.

Este pirómetro reemplaza al pirómetro óptico cuando se desea registrar y vigilar las temperaturas superiores a 1600 C. Esta sustitución requiere que la fuente sea lo suficientemente grande para llenar el campo del pirómetro de radiación.

Un ejemplo interesante de la termometría basada en la radiación del cuerpo negro fue descubierto por A. Penzias y R.W. Winson en 1965. Utilizando un radiotelescopio y operando en el intervalo de longitudes de ondas centimétricas detectaron una radiación de fondo que parece inundar uniformemente el Universo y cuyas características espectrales coinciden con las correspondientes a un cuerpo negro a la temperatura de unos 3ºK (radiación 3ºK del universo). Por este motivo Penzias y Wilson recibieron el Premio Nobel de Física de 1978.

Pirómetros ópticos

El pirómetro óptico empleado en la determinación de altas temperaturas tales como las temperaturas de fusión del platino, del molibdeno o del tungsteno, es del tipo de filamento cuya imagen desaparece, (Burgess, 2006).

Un telescopio es enfocado sobre el objeto incandescente cuya temperatura se va a medir. El filamento de tungsteno de una lámpara de alto vacio está situado en el plano focal del objetivo del telescopio. El ocular es enfocado sobre este plano, e incluye un filtro de vidrio rojo que sólo transmite una estrecha banda de longitudes de onda visible centrada en 0.65 micras. El filamento de tungsteno es calentado por la corriente de una batería, corriente regulada por un reóstato y medida, preferiblemente, por un método potenciométrico. Para hacer una medición, las imágenes superpuestas de la fuente y del filamento son confrontadas en brillo ajustando la corriente del filamento. Cuando el brillo es igual, el filamento desaparece contra el fondo de la imagen de la fuente. El filamento aparece como línea oscura o brillante, según que sea menos brillante o más brillante que la imagen de la fuente.

El ojo es muy sensible a la diferencia en brillo, y dado que la brillantez de un objeto aumenta proporcionalmente al múltiplo 1O-2O de su temperatura absoluta, un error de 1% en la confrontación del brillo supone solamente un error de O.O5 a O.1% en la temperatura.

Cuando se ha conseguido la desaparición del filamento, se lee la corriente, o bien, si la escala de corrientes está graduada en temperaturas, se lee esta directamente.

Una de esta puede ser la temperatura de fusión del oro, 1063 °C, y otra la de la plata, 960.8°C. Otras temperaturas del horno de cuerpo negro pueden determinarse por medio de un par termoeléctrico patrón de platino con platino - 1% de rodio. La escala de la corriente frente a la de temperaturas se obtiene por interpolación entre esas temperaturas medidas. El extremo inferior práctico de la escala de temperaturas del pirómetro óptico es aproximadamente 750°C; a temperaturas inferiores el brillo de la imagen es excesivamente débil para hacer posible la confrontación exacta. El extremo superior de la escala del instrumento esta como se ha descrito es aproximadamente 1250°C. A temperaturas más elevadas, el ojo es deslumbrado por el brillo.

Pirómetros fotoeléctricos

Junto a los pirómetros visuales clásicos, que trabajan en general con l = 0.65 mm, se construyen actualmente pirómetros fotoeléctricos que funcionan en el infrarrojo próximo y cuya precisión es muy superior (0.01 K a 1000 K y 0.1 K a 3000K), (Burgess, 2006).

Termometros magneticos (Santiago Burbano de Ercilla, 2003)

A temperaturas próximas al cero absoluto la mayor parte de los métodos mencionados (termómetros de resistencia, pares termoeléctricos, pirómetros de radiación...) resultan ineficaces. En su lugar se utilizan los termómetros magnéticos, basados en la variación con la temperatura de la susceptibilidad magnética, c, de las sales paramagnéticas.

Estas sales siguen la ley de Curie c T = cte. Por lo tanto, para medir la temperatura T, es suficiente determinar la susceptibilidad de la sal paramagnética correspondiente, lo cual se realiza midiendo la autoinducción de un arrollamiento que rodea la muestra. El método es particularmente útil en los sistemas que utilizan sales paramagnéticas como refrigerantes para obtención de bajas temperaturas.

No obstante, esta ley deja de ser válida por debajo de la temperatura de Curie. Por debajo de este punto se define una temperatura magnética T*, a partir de la propia ley de Curie (admitiendo que siguiera cumpliéndose). Así, si la susceptibilidad es c a una temperatura T por encima del punto de Curie y c* por debajo del mismo a la temperatura magnética T*, se cumplirá T* = (c/c*) T, temperatura que puede reducirse al valor kelvin correspondiente.

Termometros de presión de vapor

Sirve para la medida práctica de las temperaturas bajas y se han establecido escalas basadas en la presión de vapor del helio-4 y del helio-3, cuyo uso no pasa de ser una recomendación, por el momento.

Los límites superiores de empleo corresponden a los puntos críticos de estos gases (5.2 K para el helio-4 y 3.3 K para el helio-3), siendo los límites inferiores respectivamente 0.5 K y 0.25 K, (R. E. Dodd, 1965).

Teledeteccion

Medir la temperatura global de la Tierra es una operación muy delicada, para ello no basta con distribuir algunos termómetros sobre la superficie terrestre como haríamos según los métodos de medida tradicionales, ya que medir la temperatura de la Tierra de esta manera es prácticamente imposible puesto que en todos los puntos de la superficie terrestre la temperatura no es la misma y además tendríamos la dificultad de acceder a determinados puntos. (José A. Sobrino, 2001).

Desde hace algún (1960, primer satélite de observación meteorológico) se viene empleando una técnica de medida a distancia, teledetección. Para ello se requiere la aplicación de los satélites de la medida de la temperatura de la superficie de la Tierra, las imágenes que nos proporciona el satélite, se han convertido en las herramientas más adecuadas para medir la temperatura de nuestro planeta.

A partir de una serie de imágenes METEOSAT puede observarse la variación de la temperatura superficial a lo largo del día, así como de la radiación solar incidente sobre ella.

Las curvas continuas representan la variación de la temperatura de brillo durante seis días.

El carácter oscilante de estos datos indica la variación del nivel de radiación que recibe el satélite procedente de la energía solar reflejada en la superficie.

¿Cómo medir la temperatura de la superficie desde el espacio?

Sabemos que toda superficie emite una energía radiante proporcional a la cuarta potencia de su temperatura. Los radiómetros colocados a bordo de los satélites registran el flujo de energía transportado por la radiación emitida por esta superficie en las diferentes partes del espectro electromagnético. Esta medida se tiene que corregir en función de los efectos atmosféricos y de emisividad. Por último, decir que la radiación electromagnética emitida por la Tierra en el infrarrojo térmico (entre 3.5 y 13 micrometros) depende no sólo de su temperatura, sino también de su emisividad (poder emisivo)

Ventajas de la teledetección sobre la termometría clásica:

- Las medidas desde satélite son instantánea (orden de la milésima de segundo).
- Campo de observación (sobre superficies de uno a kilómetros cuadrados).
- Periodicidad elevada.

Desventajas:

- Las medidas obtenidas están integradas espacialmente en todo el elemento de visión del satélite (unidad que denominamos pixel), este elemento puede llegar a representar un cuadrado de 10 km de lado (satélites de menor resolución). De esta forma, si la escena a observar es homogénea (como es el caso de un océano), el valor obtenido puede ser plenamente representativo de la temperatura de la zona; pero cuando esta homogeneidad no se dé (como en el caso de tierra firme) el valor medido por el satélite no será concluyente de la temperatura real calibrado del instrumento en vuelo
- Por último decir que la determinación de la temperatura del mar es relativamente simple y en la actualidad los errores de las medidas no superan los 0.5 - 0.7°C, no ocurre lo mismo con la temperatura de superficies sólidas. Ya que la emisividad de la superficie terrestre varía considerablemente en función del tipo de suelo puede adoptar valores superiores a 0.95 o inferiores a 0.85, por estas variaciones es difícil efectuar determinaciones precisas de la temperatura de las superficies sólidas.

Escalas termométricas

La medida de la temperatura se ha venido dando desde épocas muy antiguas. En los tiempos modernos, se han propuesto varias escalas, las cuales se basan en los puntos de fusión y ebullición del agua como valores de referencia. Entre ellas, la más cotidiana es la escala centígrada o Celsius. Mientras que a nivel científico se utiliza predominantemente la escala absoluta o Kelvin, (Ganot, 2012).

Escala Celsius

El termómetro de mercurio, corrientemente utilizado para medir temperaturas, consiste en una columna de mercurio encerrada en un tubo capilar, de manera que al variar la temperatura se modifica la altura del líquido dentro de la columna.

La escala Celsius, también llamada centígrada, asigna el valor 0 a la temperatura de fusión del agua y el valor 100 al punto de ebullición del agua, en condiciones de presión normal (igual a 1 atmósfera).Entre estos dos valores se define una escala dividida en cien tramos, cada uno de los cuales corresponde a un grado centígrado o Celsius.

Esta escala, muy utilizada en la vida cotidiana en numerosos países del mundo, admite valores negativos (también referidos como temperaturas «bajo cero»).

$$\mathbf{tc = 5/9\ (tf-32)}$$

Escala Fahrenheit

En la función lineal de la temperatura con respecto a la longitud, es posible elegir los valores de referencia para m y b de otras muchas maneras. En la actualidad, en los países anglosajones aún sigue usándose la escala Fahrenheit, establecida de manera que:

Al punto de congelación del agua en condiciones de presión normal (1 atmósfera) se le asigna el valor 32.

Al punto de ebullición normal del agua se le atribuye el valor 212.

$$t_f \frac{9}{5} t_c + 32^\circ$$

Escala absoluta

El descubrimiento de que la temperatura posee un valor mínimo insuperable, estimado en –273,15 ºC, propició que, en el ámbito científico, se adoptara como base de referencia de la medida de temperaturas la escala absoluta o Kelvin.

Esta escala elige como valor origen el –273,15, también llamado cero absoluto, de manera que la equivalencia entre la escala absoluta y la Celsius viene dada por la expresión siguiente:

$$t_k = t_c + 273{,}15^\circ$$

La unidad de temperatura en el Sistema Internacional es el **kelvin.**

Ejercicios de temperatura

Nota: El estudiante deberá analizar los diferentes ejercicios resueltos y verificar las unidades con su respectiva magnitud

TALLER

Nota ejercicio extraído de la página web: http://www.ulpgc.es/hege/almacen/download/9/9483/RELac08.PDF

1.- Completar el siguiente cuadro

Escala de temperatura	1	2	3	4	5	6	7
°R	400						
°F			132			211	
°C		124		0			1245
°K					310		

de fusión del agua es 32° F y la temperatura de ebullición del agua es 212° F. Probar que la relación entre los valores de una misma temperatura expresada en la escala de C y F es:

$$\frac{c}{100} = \frac{(f-32)}{180}$$

$\frac{c}{5} = \frac{(f-32)}{9} R.//$

2.- Expresa una temperatura de 20ºC en las escalas Fahrenheit y Kelvin

$$\frac{c}{5} = \frac{(f-32)}{9}$$

$$\frac{9(20°C)}{5} + 32 = F$$

$$38° = F$$

$$°K = °C + 273$$

$$°K = 20 + 273 = 293°K$$

3.-Expresar una temperatura de -15 ºC en las escalas Fahrenheit y Kelvin

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

$$\frac{9(-15)}{5} + 32 = F$$

$$= 5°F$$

$$°K = °C + 273$$

$$°K - 15°C + 273 = 258°K$$

4- Expresar una temperatura de 77 ºF en las escalas de Centígrada y Kelvin

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

$$C = \frac{5(77°F - 32)}{9}$$

$$C = 25$$

$$\frac{(F-32)}{9} = \frac{(K-273)}{5}$$

$$\frac{5(77°-32)}{9} + 273 = K$$

$$K = 298°K$$

5.-Expresar una temperatura de -22 ºF en la escalas Centígrada y Kelvin

$$\frac{C}{5}=\frac{(F-32)}{9}$$
$$C=\frac{5(-22°F-32)}{9}$$
$$C=-30°C$$
$$\frac{(F-32)}{9}=\frac{(K-273)}{5}$$
$$\frac{5(-22F-32)}{9}+273=K$$
$$243°K$$

6.-Expresar una temperatura de 200ºK en la escala Centígrada y Fahrenheit

$$\frac{C}{5}=\frac{(K-273)}{5}$$
$$C=\frac{(200K-273)5}{5}$$
$$C=-73°$$
$$\frac{(F-32)}{9}=\frac{(K-273)}{5}$$
$$F=\frac{9(200K-273)}{5}+32$$
$$F=99,4°F$$

7.-La temperatura normal del cuerpo humano es de 36.5 ºC, calcular en las Fahrenheit y Kelvin

$$\frac{C}{5}=\frac{(F+32)}{9}$$
$$\frac{9(36.5)}{5}+32=F$$
$$97.7=F$$

$$\frac{C}{5}=\frac{(K-273)}{5}$$
$$\frac{5(36.5)}{5}+273=K$$
$$309,5°K$$

8.-Expresar en las escalas Fahrenheit y Kelvin las siguientes temperaturas

$$Pe\ Hg : 375°C$$
$$Pe\ \ N : -195°C$$

a)

$$\frac{9(375°C)}{5} + 32 = F$$
$$707° = F$$

$$\frac{5(375°C)}{5} + 273 = K$$
$$648° = K$$

b)

$$\frac{9(-195°C)}{5} + 32 = F$$
$$-319 = F$$

$$\frac{5(-195°C)}{5} + 273 = K$$
$$78° = K$$

2.- ¿Qué diferencia de temperatura soporta una persona que pasa de la cámara de conservación de las verduras, que se encuentra a 4 ºC, a la del pescado congelado, que está a −18 ºC? ¿Y si pasara de la cámara del pescado a la de la verdura?

3.- La temperatura del aire baja según se asciende en la atmósfera, a razón de 9 ºC cada 300 metros. Si la temperatura al nivel del mar en un punto determinado es de 0ªC, ¿a qué altura vuela un avión si la temperatura del aire es de −81 ºC?

4.-¿Tiene sentido decir que un cuerpo está dos veces más caliente que otro? Explique.

5.- Si se coloca un termómetro directamente al Sol, ¿mide la temperatura del aire, del Sol o de otra cosa? Explique.

6.- ¿Qué temperatura tiene el vacío? Explique

7.- Usted se siente mal y le dicen que tiene una temperatura de 105ºF. ¿Qué temperatura tiene en ºC? ¿Debe preocuparse?

8.- El informe matutino del tiempo en Detroit cita una temperatura de 53.6ºF.
¿Cuánto es esto en ºC?

9.- Cuando EE.UU. finalmente haga la conversión oficial a unidades métricas, la escala de temperatura Celsius reemplazará a la Fahrenheit para uso cotidiano.

Calcule las temperaturas Celsius que corresponden a:

- un día de otoño en St.
- Louis (45,0ºF);
- un día caluroso en Arizona (101,0ºF);
- un día de invierno en el norte de Minnesota (-5,0ºF)

10.- Convierta las siguientes temperaturas Celsius a Fahrenheit:

- –62,8ºC, la temperatura más baja registrada en Norteamérica (el 3 de febrero de 1947 en Snag, Yukon)
- 56,7ºC, la temperatura más alta registrada en EE.UU. (el 10 de julio de 1913, en el Valle de la Muerte, California);
- 31,1ºC, la temperatura media anual más alta del mundo (Lugh Ferrandi, Somalia).

11.- El punto de ebullición normal del nitrógeno es –195,81ºC. Calcule esta temperatura en escala Kelvin.

12.- Convierta las siguientes temperaturas récord a la escala Kelvin:

- la temperatura más baja registrada en los 48 estados contiguos de EE.UU. (-70,0ºF en Roger Pass, Montana, el 20 de enero de 1954);
- la temperatura más alta en Australia (127,0ºF en Cloncurry, Queensland, el 16

de enero de 1889);

- la temperatura más baja registrada en el hemisferio norte (-90,0ºF en Verkhoyansk, Siberia, en 1892).

Ejercicios para resolver*

1. En la escala Fahrenheit, designada ºF, la temperatura de fusión del agua es 32 ºF, y la de ebullición del agua es 212ºF. Probar que la relación entre los valores de una misma temperatura expresada en escalas Celsius y Fahrenheit es.

$$C = 5\left(\frac{F-32}{9}\right)$$

2. Expresa una temperatura de 20ºC en las escalas Fahrenheit y kelvin. R: 68ºF, 293ºK.

3. Expresar una temperatura de -15ºC en las escalas Fahrenheit y kelvin. R: 5ºF, 258ºK.

4. Expresar una temperatura de 77ºF en las escalas Celsius y kelvin. R: 25ºC, 298ºK.

5. Expresar una temperatura de -22ºF en las escalas Celsius y kelvin. R: -30ºC, 243ºK.

6. Expresar una temperatura de: a.-) 200ºK en las escalas Celsius y Fahrenheit. R: a) -73ºC, -99,4ºF; b.-) 127ºC, 260,6ºF.

7. La temperatura normal del cuerpo humano es de 36,5ºC. Calcular en las escalas Fahrenheit y kelvin. R: 97,7ºF, 309,5ºK.

8. Expresar en las escalas Fahrenheit y kelvin las siguientes importantes temperaturas:

9. a.-) Punto de ebullición del mercurio, 375ºC; B.-) punto de ebullición del Nitrógeno, -195ºC. R: a.-) 648ºK, 707ºF; B.-) 78ºK, -319ºF.

10. Un termómetro posee dos escalas: centígrada y farenheit. Se ha determinado que 40ºC ocupan una longitud de 18cm. Calcular la longitud ocupada por 30ºF. R: 7,5cm.
11. En el problema anterior, calcular la longitud ocupada por 25ºC si 80ºF ocupan 40cm. R: 22,5cm.

12. ¿Qué temperatura se expresa por el mismo número en las escalas, a.-) Celsius y farenheit, b.) kelvin y farenheit? R: A.-) -40, B.-) 574,25.

13. ¿Cuándo un termómetro graduado en las escalas Celsius señala, A.-) el doble, b.-) la mitad, c.-) los tres cuartos, d.-) 10 unidades más, e.-) 20 unidades menos, que otro graduado en las escalas farenheit? R: -24,6ºC, -160ºC, -68,5ºC, -52,5ºC, -15ºC.

14. Un termómetro correcto graduado en las escalas Celsius señala una temperatura de 30ºC en el mismo lugar un termómetro incorrecto graduado en la escala farenheit indica 87,1ºF.

Hallar el error de este termómetro. R: 1,1ºF.

15. Un termómetro esta graduado en una escala arbitraria en la que la temperatura del hielo fundente corresponde a -10º y la del vapor del agua a 140º ¿Qué valor corresponderá en esta escala a una temperatura de 50ºC? R: 65.

Dilatación

Introducción

Los efectos más comunes que ocasionan las variaciones de temperatura en los cuerpos o sustancias, son los cambios de sus dimensiones y los cambios de fase. Nos referiremos a los cambios de dimensiones de los cuerpos sin que se produzcan cambios de fase, (Joseph W. Kane, 1989).

Definición

Llamamos **dilatación** al cambio de dimensiones que experimentan los sólidos, líquidos y gases cuando se varía la temperatura, permaneciendo la presión constante. La mayoría de los sistemas aumentan sus dimensiones cuando se aumenta la temperatura.

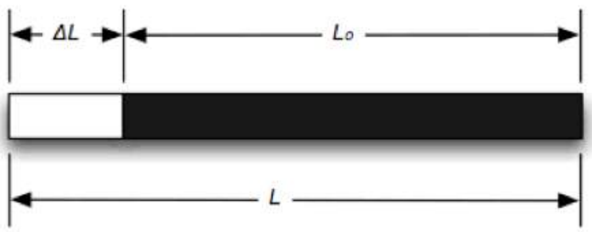
Dilatación de los sólidos

La dilatación es el cambio de cualquier dimensión lineal del sólido tal como su longitud, alto o ancho, que se produce al aumentar su temperatura. Generalmente se observa la dilatación lineal al tomar un trozo de material en forma de barra o alambre de pequeña sección, sometido a un cambio de temperatura, el aumento que experimentan las otras dimensiones son despreciables frente a la longitud. Si la longitud de esta dimensión lineal es Lo, a la temperatura to y se aumenta la temperatura a t, como consecuencia de este cambio de temperatura, que llamaremos Δt se aumenta la longitud de la barra o del alambre produciendo un incremento de longitud que simbolizaremos como ΔL Experimentalmente se encuentra que el cambio de longitud es proporcional al cambio de temperatura y la longitud inicial. Lo. Podemos entonces escribir:

$$\Delta L = L_o . \alpha \Delta t$$

o bien que

$$\Delta L = \alpha_{ot} . L_o . \Delta t$$



Donde α es un coeficiente de proporcionalidad, que denominado "coeficiente de dilatación lineal", y que es distinto para cada material. Por ejemplo: Si consideramos que el incremento de temperatura, $\Delta t = 1ºC$ y la longitud inicial de una cierta pieza, Lo = 1 cm consecuentemente el alargamiento será: $\Delta L = \alpha.1cm\ .1ºC$

Si efectuamos el análisis dimensional, advertimos que las unidades de α, estarán dadas por:

α = cm / cm. ºC = 1/ºC o bien ºC-1 ($grado^{-1}$); luego:

$$\alpha = \frac{1}{L_o}\left(\frac{\Delta L}{\Delta t}\right)$$

Operativamente, si designamos Lo a la longitud entre dos puntos de un cuerpo o de una barra a la temperatura de 0 ºC y L la longitud a la temperatura t ºC podemos escribir que:

$$\Delta L = L - L_o$$

y

$$\Delta t = tf - t_o$$

Luego

$$L - Lo = \alpha_{ot}.\ Lo\ \Delta t$$

De donde

$$\alpha_{ot} = \frac{L - L_{o.}}{L_o}\frac{1}{\Delta t}$$

A α_{ot} se le denomina coeficiente de dilatación lineal entre las temperaturas 0 y t, su valor, como se expresó anteriormente, es característico de la naturaleza de las sustancias que forma el sólido.

La experiencia demuestra que el coeficiente de dilatación lineal depende de la temperatura.

Se puede definir el coeficiente de dilatación lineal medio "α_t", como "el aumento que experimenta la unidad de longitud inicial, que se encuentra a una temperatura t cualquiera, cuando se aumenta en un grado dicha temperatura", por eso este coeficiente de dilatación medio, dependerá del incremento de temperatura a presión constante

Resumiendo:

$$\alpha_{ot} = \frac{L - L_{o.}}{L_o}\frac{1}{\Delta t}$$

Estrictamente hablando, como se ha visto, el valor de α depende de temperatura, sin embargo su variación es muy pequeña y ordinariamente despreciable dentro de ciertos límites de temperatura, o intervalos que para ciertos materiales no tienen mayor incidencia.

Si despejamos L de la ecuación:

$$Lf - L_o = \alpha_{ot}.\ L_o.t$$
$$Lf = L_o + \alpha_{ot}.\ L_o.t$$
$$Lf = L_o\ (1 + \alpha_{ot}.\ t)$$

si la temperatura inicial fuera t0 $\neq$ 0ºC

$$Lf = L_o\ (1 + \alpha\ .\ \Delta t)$$

Denominándose "Binomio de dilatación lineal "al factor (1 + α.Δt)

Rescribiendo esta fórmula obtenemos de modo que α, representa el cambio fraccional de la longitud por cada cambio de un grado en la temperatura.

$$\alpha = \frac{1}{L}\left(\frac{\Delta L}{\Delta T}\right)$$

Hablando rigurosamente, el valor de α depende de la, temperatura real y de la temperatura de referencia que se escoja para determinar L. Sin embargo, casi siempre se puede ignorar su variación, comparada con la precisión necesaria en las medidas de la ingeniería.

Podemos, con bastante seguridad, suponerla como una constante independiente de la temperatura en un material dado. En la Tabla 1 se presenta un detalle de los valores experimentales del coeficiente de dilatación lineal promedio de sólidos comunes.

Valores* de coeficiente de dilatacion lineal

SUSTANCIA	α ºC-1	SUSTANCIA	α ºC-1
Plomo	29 x 10-6	Aluminio	23 x 10-6
Hielo	52 x 10-6	Bronce	19 x 10-6
Cuarzo	0,6 x 10-6	Cobre	17 x 10-6
Hule duro	80 x 10-6	Hierro	12 x 10-6
Acero	12 x 10-6	Latón	19 x 10-6
Mercurio	182 x 10-6	Vidrio (común)	9 x 10-6
Oro	14 x 10-6	Vidrio (pirex)	3.3 x 10-6
Plomo	29 x 10-6	Aluminio	23 x 10-6

* En el intervalo de 0ºC a 100ºC, excepto para el hielo, que es desde – 10ºC a 0ºC.

En todas las sustancias de la tabla, el cambio en el tamaño consiste en una dilatación al cambiar la temperatura, ya que α es positiva. El orden de la magnitud es alrededor de 1 milímetro por metro de longitud en un intervalo Celsius de 100 grados.

Dilatación lineal, superficial y volumétrica

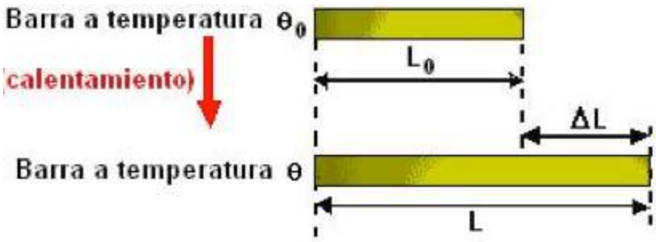
Dilatación lineal

La dilatación lineal es aquella en la cual predomina la variación en una única dimensión, o sea, en el ancho, largo o altura del cuerpo, (Gónzalez, 2010).

Para estudiar este tipo de dilatación, imaginemos una barra metálica de longitud inicial L_0 y temperatura t_0.

Si calentamos esa barra hasta que la misma sufra una variación de temperatura Δt, notaremos que su longitud pasa a ser igual a L (conforme podemos ver en la siguiente figura):

Matemáticamente podemos decir que la dilatación es:



$$\Delta L = L - L_o \quad (I)$$

Pero si aumentamos el calentamiento, de forma de doblar la variación de temperatura, o sea, 2Δθ, entonces observaremos que la dilatación será el doble (2 ΔL) directamente proporcional al larco inicial de las barras.

Cuando calentamos igualmente dos barras de igual longitud, pero de materiales diferentes, notaremos que la dilatación será diferentes en las barras.

Podemos concluir que la dilatación depende del material (sustancia) de la barra.

De los ítems anteriores podemos escribir que la dilatación lineal es:

$$\Delta L = Lo\ \alpha_{ot} .\ \Delta t$$

Dónde:

L0 = longitud inicial.
Lf = longitud final.
ΔL = dilatación (DL > 0) ó contracción (DL < 0)
Δt = tf – t0 (variación de la temperatura)
α = es una constante de proporcionalidad característica del material que constituye la barra, denominada como coeficiente de dilatación térmica lineal.

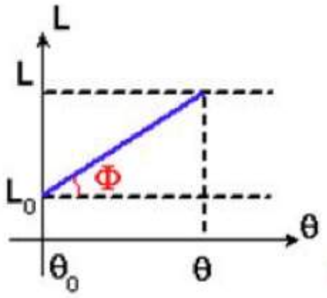
De las ecuaciones I y II tendremos:

$$\Delta L = Lo\ \alpha_{ot} .\ \Delta t$$

$$Lf - Lo = \alpha_{ot} .\ Lo\ \Delta t$$

La ecuación de la longitud final $\mathbf{Lf = L_0\ (1 + \alpha\ .\ \Delta t)}$, corresponde a una ecuación de 1º grado y por tanto, su gráfico será una recta inclinada, donde:

$$\mathbf{Lf = L_0\ (1 + \alpha\ .\ \Delta t)}$$



Observaciones:

Todos Los coeficientes de dilatación sean α, β ou γ, tienen como unidad:

(temperatura)$^{-1}$ ==> $^{o}C^{-1}$

Dilatación superficial

Es aquella en que predomina la variación en dos dimensiones, o sea, la variación del área del cuerpo

Para estudiar este tipo de dilatación, podemos imaginar una placa metálica de área inicial $\mathbf{S_0}$ y temperatura inicial $\mathbf{t_0}$. Si la calentáramos hasta la temperatura final tf, su área pasará a tener un valor final igual a **Sf.**

La dilatación superficial ocurre de forma análoga a la de la dilatación lineal; por tanto podemos obtener las siguientes ecuaciones:

$\Delta S = S - S_0$ $\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta\theta$ $S = S_0 (1 + \beta \cdot \Delta\theta)$	Donde: **S = área de la superficie final** **S_0 = área de la superficie inicial** **$\Delta\theta = \theta - \theta_0$ = variación de la temperatura** **$\beta = 2\alpha$ = coeficiente de dilatación superficial**

Observaciones:

Todos Los coeficientes de dilatación sean α, β ou γ, tienen como unidad: 2 β

(temperatura)$^{-1}$ ==> ºC^{-1}

Dilatación volumétrica

Es aquella en que predomina la variación en tres dimensiones, o sea, la variación del volumen del cuerpo.

Para estudiar este tipo de dilatación, podemos imaginar un cubo metálico de volumen inicial V_0 y la temperatura inicial t_0. Si lo calentamos hasta la temperatura final, su volumen pasará a tener un valor final igual a $V_{f.}$

La dilatación volumétrica ocurrió de forma análoga a la de la dilatación lineal; por tanto podemos obtener las siguientes ecuaciones

$\Delta V = V - V_0$ $\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta\theta$ $V = V_0 (1 + \gamma \cdot \Delta\theta)$	Donde: V = volumen final V_0 = volumen inicial $\Delta\theta = \theta - \theta_0$ = variación de la temperatura $\gamma = 3\alpha$ = coeficiente de dilatación volumétrico

Observaciones:

Todos Los coeficientes de dilatación sean α, β ou γ, tienen como unidad: 3 γ

(temperatura)$^{-1}$ ==> ºC^{-1}

Variación de la densidad con la temperatura

Al calentar los cuerpos solidos aumenta su volumen y disminuye su densidad, cumpliéndose la regla que indica: "las densidades son inversamente proporcionales a la dilatación cúbica".

Ello es debido a que la masa de un cuerpo es independiente de la temperatura y por lo tanto es idéntica en frio que en caliente. Si la densidad inicial y la final son las densidades a una temperatura final e inicial, la masa de un cuerpo es igual al producto de sus volúmenes por sus densidades finales menos el productos de sus volúmenes por sus densidades iniciales, (Groover, 1997).

$$V_o p_o = V_o(1+yt)p_t \Rightarrow \boxed{p_t = \frac{p_o}{1+yt}}$$

Ejercicios

Nota: El estudiante deberá analizar los diferentes ejercicios resueltos y colocar las unidades con su respectiva magnitud.

1.- Se tiene una botella de vidrio Pyrex de 40cc llena de Mercurio a 20ºC ¿Qué volumen se derramará si la temperatura se eleva a 80ºC ¿Qué cantidad de mercurio deberá añadírsele para mantenerla llena si la Temperatura final es de -30ºC?.

$$3\alpha = \alpha Hg - 3\alpha\, pyrex$$

$$\alpha\ \ Vidrio = 3x10^{-6}°C^{-1} \qquad \alpha = 182x10^{-6}°C^{-1} - 3(3)x10^{-6}°C^{-1}$$

$$\alpha\ \ Hg = 182x10^{-6}°C^{-1} \qquad \alpha = 173x10^{-6}°C^{-1}$$

Datos

Vo=40 cc	ΔT=tf-to
To = 20ºC	ΔT=80-20
Tf = 80 ºC	ΔT=60ºC

a)

Δv= derramado Hg	Δv= Vo3αΔT
TF= -30ºC	3α= 9 x 10^{-6} ºC-1-182 x 10^{-6} ºC^{-1}= -173x10^{-6} C^{-1}

b)

Δv= añadido Hg	Δv= tf-to=-30-20=-50ºC
	Δv= 40cc(-173x$10^{-6}$$C^{-1}$)(-50ºC)
	Δv= 346000x10^{-6}cc
	Δv= 0.346cc

2.- Calcular el coeficiente de dilatación lineal de un material si una lámina del mismo tiene 100 cm2 a -10ºC. Cuando su temperatura sube a 30ºC se dilata 0.004 cm2.

$\alpha) = ?$

$S_o = 100cm^3$

$To = -10°C$

$$\Delta = 2\alpha * S_o *^{\Delta t}$$

$$\Delta s = So \ \ 2\alpha \Delta t$$
$$\Delta s = 0.004cm^2$$

$$2\alpha = \Delta S / S_o * \Delta t$$

$$Tf = 30°C$$
$$\Delta t = Tf - To$$
$$= 30°C + 10°C$$
$$= 40°C$$

$$2\alpha = \frac{(0.004cm^2)}{2(100cm^2)(40°C)}$$
$$2\alpha = 0.5x10^{-6}°C^{-1}$$
$$(5x10^{-7}°C^{-1})$$

3.- Calcular los coeficientes de dilatación cúbica y lineal de una sustancia cuya densidad inicial a 0ºC es 2.346 g/cc y a 50 ºC es 2.338 g/cc.

$$\alpha = ?$$

$$pf = p_o / 1 + \alpha \Delta t$$
$$1 + 3\alpha \Delta t = pf / p_o$$

$$To = 0°C$$

$$3\alpha = pf / p_o - 1 / \Delta t$$

$$Tf = 50°C$$

$$\alpha = \frac{\frac{p_o}{p_f} - 1}{3\Delta t}$$

$$po = 2.346 \frac{g}{cc}$$

$$\alpha = \frac{\frac{2.346g/cc}{2.33g/cc} - 1}{3(50°C)} = 4.58x10^{-5}°C - 1$$

$$pf = 2.33 \frac{g}{cc}$$

4.- Calcular el coeficiente de dilatación de una barra de 8 m que se dilata 0.45 mm cuando su temperatura aumenta 40ºC.

Donde ΔL es variación lineal, Δt es variación de temperatura y Lo es longitud inicial

$$\alpha = \frac{\Delta L}{(\Delta t Lo)} = \frac{(0.45x10^{-3})}{(40x8)} = 1.4x10\frac{-6}{°C}$$

5.- Cuando la temperatura de una barra de cobre pasa de -8ºC a 52 ºC se dilata 0,80 mm. Calcular su longitud inicial.

$$To = -8°C; t_f = 52°C; \Delta L = 0.8x10^{-3}m; \alpha = 16.6x10\frac{-6}{°C}$$

Δt es variación de temperatura, igual a 60°c

$$Lo = \frac{(\Delta L)}{(K\Delta t)} = \frac{(0.8x10^{-3})}{(16.6x60m)} = 0.803m$$

6.- Se tiene un aro de acero de 4m de circunferencia a 200ºC ¿Cuál será su circunferencia si la temperatura desciende a 20ºC?

$$Lo = 4m; to = 200°C; \alpha = 11.7x10\frac{-6}{°C}$$

$$\Delta\tau = tf - to = 20 - 200 = -180°C$$
$$\Delta L = \alpha Lo\Delta\tau = 10^{-5} * 24 * (-180) = -0.0072m$$
$$L = Lo + \Delta L = 3.9928m$$

7.- En una plancha de hierro a 0 ºC hay un orificio de 6,00cm de radio ¿Cuál será su variación superficial si la temperatura desciende a 20ºC?.

$$To = 0°C; r = 6cm; t = 150°C; \alpha = 11.7x10\frac{-6}{°C}; S_o = \pi r^2$$

$$\Delta S = 2\alpha S_o \Delta t = 2x11.7x10^{-6}x\pi x(6)^2 x150 = 0.396cm^2$$

8.- Las temperaturas extremas de cierta región son 5ºC y 35 ºC. Si se tiende una vía de ferrocarril, empleando rieles de 8 m de longitud, ¿qué distancia mínima debe dejarse entre dos rieles consecutivos si se instalan en el invierno? ¿Y si se instalan en el verano?

$$To = 5°C; tf = 35°C; \alpha = 11.7x10\frac{-6}{°C}; Lo = 8m$$

$$\Delta\tau = tf - to = 30°C\Delta L = \alpha Lo\Delta\tau = 11.7x10^{-6}x8x30 = 2.808mm$$

ΔL es la separación mínima entre dos rieles seguidas al instalarlos en invierno.

Los rieles se instalan juntando los extremos.

Ejercicios para resolver*

*** Ejercicios Tomados del Libro Fisica de Marcelo Alonso y Virgilio Acosta**

1. Un disco de aluminio tiene un área de 400cm2 a 10ºC. Calcular su área a (1) 120ºC, (2) -50ºC R: (1) 402,112cm2, (2) 398,848cm2.

2. ¿Cuál es el coeficiente de dilatación lineal de un material si una lámina del mismo que tiene 100cm2 a -10ºC se dilata 0,0040cm2, cuando la temperatura pasa 30ºC? R: 0,5x10-6 ºC-1.

3. Un recipiente de cobre tiene un volumen de 200cm3 a 0ºC ¿calcular su volumen a (1) 50ºC, (2) -50ºC.R: 200,498cm3, 199,501cm3.

4. Una botella de vidrio pírex llena de mercurio tiene un volumen de 400cm3, a 20ºC ¿Qué volumen de mercurio se derramara si la temperatura de conjunto se eleva a 80ºC? coeficiente de dilatación cubica de mercurio: 181,8X10-6ºC-1 R: 0,4147cm3.

5. Calcular la densidad del acero de 140ºC. R: 7.787x103 Kg/m3.

6. Una esfera de vidrio tiene un volumen de 200cm3 a 0ºC. Calcular su volumen a 40ºC. R: 200,216cm3.

7. Calcular el coeficiente de dilatación lineal de una sustancia cuya densidad a 0ºC es 2,346x103 Kg/m3 y a 50ºC es de 2,338x103 Kg/m3. R:

8. El hilo de un péndulo simple que bate segundos en un lugar donde la gravedad es de 9,80m/s2 y la temperatura es -10ºC. Es de acero. Calcular su periodo y el atraso que experimentara en un día el reloj al cual pertenece si la temperatura sube a 30ºC.R: 2,0004s, 17,28s.

9. Una varilla de cobre tiene dos metros de largo y 1,5cm2 de sección de a 20ºC. Calcular la fuerza que debe aplicarse en sus extremos y su sentido para mantener invariable su longitud si su temperatura pasa a ser 120ºC. R; 24,900N.

10. Una probeta de vidrio cuya graduación es correcta a 15ºC contiene 50cm3 de glicerina a esa temperatura. Calcular el volumen aparente de este líquido si la temperatura pasa a ser 45ºC. Coeficiente de dilatación de la glicerina: 505x10-6 ºC-1. R: 50,71cm2.

11. ¿Qué volumen ocupan 5000Kg de mercurio a 40ºC? R: 370,37cm3.

12. ¿A qué temperatura Celsius se encontraba una barra de aluminio de 2m de largo si al duplicar la temperatura se dilato 0,163cm? ¿Si al reducirla a la mitad se contrajo 0,14cm? R: 33,9ºC, 58,3ºC.

* (Alonso Marcelo, 1990)

Calorimetría

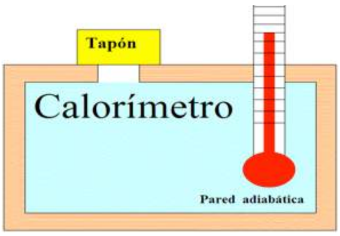
Concepto de calor

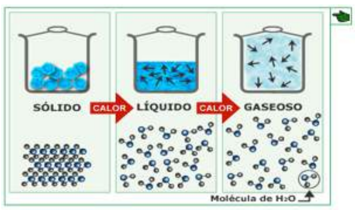
El calor es una forma de energía que puede transformarse en otras y viceversa. Consideramos dos cuerpos A y B a temperatura T1 y T2 suponemos que T1 es mayor que T2. Al poner en contacto los dos cuerpos la experiencia nos demuestra que pasa de A a B una cierta energía que denominamos calor. En este caso decimos que el calor pasa del cuerpo caliente al frio por conducción. Las moléculas del cuerpo caliente están muy excitadas y tienen una gran energía de vibración. Estas chocan con las vecinas más lentas del cuerpo frio y comparten con ellas algo de su energía de movimiento por tanto la energía de movimiento térmico se transmite de una molécula a la siguiente aunque cada molécula permanece en su posición original, (Loyola, 2001).

La unidad de calor es la caloría (cal) o también cal-gr que es la cantidad de calor necesaria para elevar en 1ºC la temperatura de 1 g de H2O, también se utiliza la Kcal que es la cantidad de calor necesaria para elevar en 1ºC la temperatura de 1 Kg de H2O.

La **calorimetría** es la ciencia y rama de la física que se encarga de estudiar la **cantidad de calor** absorbida o entregada por una sustancia para cambiar su estado o temperatura. En **calorimetría** se usa como unidad principal la caloría, que equivale a 4,18 joule de cualquier tipo energía.

Para el **cálculo de la cantidad de calor** se utiliza la siguiente formula: $Q=Cm.M.\Delta T$. En esta fórmula Q representa la cantidad de calor, M la masa, ΔT la variación de la temperatura, es decir la final menos la inicial, y Cm es el **calor específico** de la sustancia. El calor específico es una propiedad intensiva de las sustancias y se puede encontrar su valor en tablas.



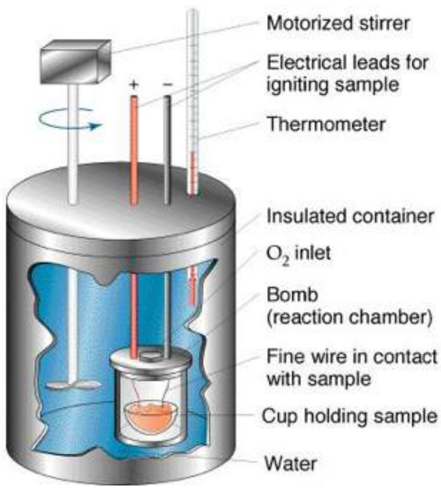


Además en calorimetría se calcula la cantidad de calor necesario para que una sustancia cambie de estado. Este calor se calcula utilizando la siguiente fórmula: $Q=Ccf.M$. En esta fórmula Q es el calor necesario para el cambio de fase, Ccf es una constante de cambio de fase y M la masa. La constante de cambio de fase también viene tabulada.

TIPOS DE CALORIMETROS

El calorímetro es un instrumento que sirve para medir las cantidades de calor suministradas o recibidas por los cuerpos. Es decir, sirve para determinar el calor específico de un cuerpo, así como para medir las cantidades de calor que liberan o absorben los cuerpos. El tipo de calorímetro de uso más extendido consiste en un envase cerrado y perfectamente aislado con agua, un dispositivo para agitar y un termómetro. Se coloca una fuente de calor en el calorímetro, se agita el agua hasta lograr el equilibrio, y el aumento de temperatura se comprueba con el termómetro. Si se conoce la capacidad calorífica del calorímetro (que también puede medirse utilizando una fuente corriente de calor), la cantidad de energía liberada puede calcularse fácilmente. Cuando la fuente de calor es un objeto caliente de temperatura conocida, el calor específico y el calor latente pueden ir midiéndose según se va enfriando el objeto. El calor latente, que no está relacionado con un cambio de temperatura, es la energía térmica desprendida o absorbida por una sustancia al cambiar de un estado a otro, como en el caso de líquido a sólido o viceversa. Cuando la fuente de calor es una reacción química, como sucede al quemar un combustible, las sustancias reactivas se colocan en un envase de acero pesado llamado bomba. Esta bomba se introduce en el calorímetro y la reacción se provoca por ignición, con ayuda de una chispa eléctrica.

Un calorímetro es un recipiente con dos cámaras. La primera cámara tiene la reacción que se quiere medir. La segunda cámara tiene un volumen medido de agua. Estas dos cámaras están separadas por una pared de metal que conduce el calor de la reacción con el agua sin dejar que se mezclen. Ambos están aislados por lo que el calor se queda dentro del calorímetro tanto como sea posible. Un termómetro mide la temperatura del agua. El termómetro es sellado alrededor del calorímetro para evitar que el calor y el agua se escapen.



Uso

Para utilizar el calorímetro, un científico pondrá una cantidad precisa conocida de agua pura en la cámara de agua. La cantidad puede variar, pero 100 mililitros (ml) es lo típico. A continuación, lee y registra la temperatura del agua. Luego se dosifica la cantidad exacta de productos químicos que quiere estudiar, los pone en la cámara de reacción, y se cierra la tapa. Se observa el termómetro muy de cerca por los cambios en la temperatura. A medida que la reacción química progresa, la temperatura va a subir o bajar. Si sube, se alcanzará un valor máximo, luego disminuirá. Lo contrario también es válido si la temperatura baja. Es importante tener en cuenta la temperatura máxima o mínima.

El rol del agua

El agua es la clave para hacer el trabajo calorímetro. La definición de la caloría se establece como la cantidad de energía que eleva la temperatura de 1 ml de agua un grado

Celsius. Que también se le llama capacidad calorífica específica del agua. Cuando el agua se congela en hielo o hierve en vapor, la capacidad calorífica específica cambia. Pero en la medida que estamos tratando con el agua líquida, podemos contar con la relación.

Ventajas:

- Alta precisión.
- Estabilidad de calibración.

Desventajas:

- Baja velocidad de respuesta.
- Muy voluminosos.

Tipos de calorímetros:

- Estáticos.
- No estáticos.
- Dryload calorimeter.
- Microcalorímetro.
- Calorimetro de flujo.

Otros tipos de calorímetros

- Calorímetro adiabático.
- Calorímetro de cambio de estado.

Resumiendo

Mediante la calorimetría se puede medir el calor en una reacción química o un cambio físico usando un instrumento llamado calorímetro. Pero también se puede emplear un modo indirecto calculando el calor que los organismos vivos producen a partir de la producción de dióxido de carbono y de nitrógeno (urea en organismos terrestres), y del consumo de oxígeno.

Ecuación fundamental de la calorimetría

$$Ce = \frac{Q}{m \ x \ \Delta t} \rightarrow Q_5 = m.Ce.\Delta t$$

Q .- cantidad de calor
m.- masa del cuerpo
c.- calor específico del cuerpo
Δt.- variación de temperatura

CALOR: es la energía en tránsito (en movimiento) entre 2 cuerpos o sistemas, proveniente de la existencia de una diferencia de temperatura entre ellos.

Unidades de Cantidad de Calor (Q)

Las unidades de cantidad de calor (Q) son las mismas unidades de trabajo (T).

Sistema de Medida	**Unidad de Medida**
Sistema Técnico	**Kilográmetro (Kgm)**
Sistema Internacional (S.I.) o M.K.S.	**Joule (J)**
Sistema C.G.S.	**Ergio (erg)**

Hay otras unidades usadas tales como Caloría (cal), Kilocaloría (Kcal), British Termal Unit (BTU).

Para que el cuerpo aumente de temperatura; tiene que recibir calor, para eso la temperatura tf debe ser mayor que la temperatura to ; y recibe el nombre de calor recibido.

$$t_f > t_o \rightarrow \text{calor recibido } (Q > 0)$$

Para disminuir la temperatura; tiene que ceder calor, para eso la temperatura tf debe ser menor que la temperatura to ; y recibe el nombre de calor cedido.

$$t_f < t_o \rightarrow \text{calor cedido } (Q < 0)$$

Calor sensible de un cuerpo: es la cantidad de calor recibido o cedido por un cuerpo al sufrir una variación de temperatura (Δt) sin que haya cambio de estado físico (sólido, líquido o gaseoso).

Su expresión matemática es la ecuación fundamental de la calorimetría.

$$Qs = m.Ce.\Delta t$$

donde: $\Delta t = t_f - t_o$

Calor latente de un cuerpo: es aquel que causa en el cuerpo un cambio de estado físico (sólido, líquido o gaseoso) sin que se produzca variación de temperatura (Δt),es decir permanece constante, (Frank P. Incropera, 1999).

$$Q_L = (\text{masa}) \ (\text{Calor latente})$$

Principios de la calorimetría

1er Principio: Cuando 2 o más cuerpos con temperaturas diferentes son puestos en contacto, ellos intercambian calor entre sí hasta alcanzar el equilibrio térmico.

Luego, considerando un sistema térmicamente aislado, “La cantidad de calor recibida por unos es igual a la cantidad de calor cedida por los otros”.

2do Principio: “La cantidad de calor recibida por un sistema durante una transformación es igual a la cantidad de calor cedida por él en la transformación inversa”, (Carranza, 1998).

Caloría

Es la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de 1 gramo de agua de 14,5 °C a 15,5 °C a la presión de 1 atmósfera (Presión normal).

Relación entre unidades

1kgm=9,8J	1cal=4,186J
$1J=10^7erg$	$1kcal=1000cal=10^3cal$
$1\ kgm = 9{,}8.10^7\ erg$	1 BTU = 252 cal

Calor de combustión

Es la razón entre la cantidad de calor (Q) que suministrada por determinada masa (m) de un combustible al ser quemada, y la masa considerada.

Qc...calor de combustión (en cal/g)

Qc = Q/m; calor de combustión es igual a la cantidad de calor sobre la masa.

Capacidad térmica de un cuerpo

Es la relación entre la cantidad de calor (Q) recibida por un cuerpo y la variación de temperatura (Δt) que éste experimenta.

Además, la capacidad térmica es una característica de cada cuerpo y representa su capacidad de recibir o ceder calor variando su energía térmica.

C...capacidad térmica (en cal/°C): por lo tanto la capacidad calorífica de un cuerpo equivale a la cantidad de calor sobre la diferencia de temperatura.

$$\boxed{C = \frac{Q}{\Delta\tau}} \rightarrow Q_5 = Cx\Delta\tau$$

Calor específico de un cuerpo

Es la razón o cociente entre la capacidad térmica (C) de un cuerpo y la masa (m) de dicho cuerpo.

Además, en el calor específico se debe notar que es una característica propia de las sustancias que constituye el cuerpo, en tanto que la capacidad térmica (C) depende de la masa (m) y de la sustancia que constituye el cuerpo.

C...calor específico (en cal/g.°C)

$$Ce = \frac{Q}{mx\Delta\tau} \rightarrow Q_5 = m.Ce.\Delta\tau$$

Q .- cantidad de calor
m.- masa del cuerpo
c.-calor específico del cuerpo
Δt.- variación de temperatura

También, debemos notar que el calor específico de una sustancia varía con la temperatura, aumentando cuando está aumenta; pero en nuestro curso consideraremos que no varía

El calor específico del agua es la excepción a esta regla, pues disminuye cuando la temperatura aumenta en el intervalo de 0 °C a 35 °C y crece cuando la temperatura es superior a 35 °C.

Consideraremos el calor específico (c) del agua “constante” en el intervalo de 0 °C a 100 °C y es igual a 1 cal / g x °C.

Tabla del calor específico de algunas sustancias

C agua = 1 cal/g.°C	C hierro = 0,114 cal/g.°C
C hielo = 0,5 cal/g.°C	C latón = 0,094 cal/g.°C
C aire = 0,24 cal/g.°C	C mercurio = 0,033 cal/g.°C
C aluminio = 0,217 cal/g.°C	C cobre = 0,092 cal/g.°C
C plomo = 0,03 cal/g.°C	C plata = 0,056 cal/g.°C

Conducción

La única manera de transferir calor en los sólidos es la conducción. Así por conducción si se calienta el extremo de una varilla metálica a medida que aumente su temperatura, el calor se transmite hasta el extremo más frio. Se cree que la conducción se debe al movimiento de los electrones libres que transporta energía cuando existe una diferencia de temperatura. Esta teoría explica porque los buenos conductores eléctricos tienden a ser buenos conductores del calor. Según la ley de Fourier manifiesta que la velocidad de conducción del calor a través de un cuerpo por unidad de sección transversal es proporcional al gradiente de temperatura que existe en el cuerpo (con el signo cambiado)

El factor de proporcionalidad se denomina conductividad térmica del material.

Los materiales como el oro, la plata o el cobre tienen conductividades térmicas elevadas y conducen bien el calor, mientras que materiales como el vidrio o el amianto tienen conductividades cientos e incluso miles de veces menores son malos conductores, y se conocen como aislante.

Convección

Si hay una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o un gas habrá movimiento de fluido. Este transfiere el calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección. El movimiento del fluido puede ser natural o forzado. Si se calienta un líquido o un gas, su densidad suele disminuir. Si el líquido o gas se encuentra en un campo gravitatorio, el fluido más caliente y más denso asciende, mientras que el fluido más frio y más denso desciende. Este tipo de fluido, se denomina convección natural. La convección forzada se logra sometiendo el fluido a un gradiente de presión, con lo que se fuerza su movimiento de acuerdo a las leyes de la mecánica de fluidos.

La convección también determina el movimiento de las grandes masas de aire sobre la superficie terrestre, la acción de los vientos, la formación de nubes, las corrientes oceánicas y las transferencias del calor desde el interior del sol hasta su superficie.

Radiación

La radiación presenta una diferencia fundamental respecto a la conducción y la convección: las sustancias que intercambian calor no tienen que estar en contacto, sino que pueden estar separadas por un vacio. La radiación es un término que se aplica genéricamente a toda clase de fenómenos relacionados con ondas electromagnéticas es la teoría cuántica. En 1905, Albert Einstein sugirió que la radiación presenta a veces un comportamiento cuantisado: en el efecto fotoeléctrico, la radiación se comporta como minúsculos proyectiles llamados fotones y no como ondas.

Cambios de estado de la materia

1.-Cambios de fase.-

Para que el cuerpo sufra una modificación en su estado como la fusión, sublimación, vaporización, etc. Se requiere proveer cierta cantidad de energía en forma de calor para aumentar la energía de las moléculas de un cuerpo. En los cambios de estado de la materia como la solidificación, licuefacción y sublimación regresiva, el cuerpo libera cierta cantidad de energía calórica debido a la disminución de la energía de sus moléculas. Por lo tanto existen dos tipos de cambio de fase: Regresivos y Progresivos, (Loyola, 2001).

Los cambios progresivos de la materia son:

a.-FUSION.- paso de la fase sólida a la liquida.
b.- VAPORIZACION.-paso de la fase líquida a gaseosa.
c.- SUBLIMACION.- paso de la fase sólida a la gaseosa.

Los cambios regresivos de la materia son:

a.- SOLIDIFICACION.- paso de fase líquida a gaseosa.
b.- LICUEFACCIÓN.- paso de la fase gaseosa a líquida.
c.- SUBLIMACION REGRESIVA.- paso de la fase gaseosa a la sólida.

Cambios de estado progresivos de la materia

Fusión.- Es el cambio que experimenta un cuerpo del estado sólido al estado líquido al estado líquido; todo los sólidos poseen para cada valor de la presión exterior una temperatura fija a la cual se funde, llamada punto de fusión. La temperatura de fusión a cada presión se define como la temperatura en la que el sólido esta en equilibrio con su líquido a esa presión. En la fusión el cuerpo absorbe cierta cantidad de calor que desprende de su masa. Como sabemos, las energías de las moléculas de un cuerpo aumentan con la temperatura mientras que la moléculas que se encuentran a la superficie de un sólido se encuentran en diferentes condiciones de las situadas en el interior.

Por esto, si se calienta un cuerpo aumentado su temperatura, habrá un instante en que la energía de la molécula situada en la superficie es suficiente para vencer las atracciones causadas por las moléculas restantes del sólido por lo que dichas moléculas superficiales se separan del resto pasando a la fase liquida. Así la superficie queda compuesta por un nuevo grupo de moléculas que experimentan de manera inmediata el mismo fenómeno en un proceso que continuará hasta cuando todo el cuerpo sea fundido siempre y cuando se administre la energía suficiente.

La temperatura de fusión es la temperatura en la que las moléculas situadas en la superficie poseen la energía suficiente para separarse del sólido.

Para que esta separación se lleve a cabo las moléculas deben efectuar un trabajo contra la fuerza que las retiene y la presión que se ejerce sobre el sólido, valiéndose de la energía calórica que recibe, ya que esta va a fundirla y así se produce el cambio de estado.

Calor de fusión

El calor es la cantidad calor que se le suministra a la unidad de masa de un cuerpo en estado sólido y a la temperatura de fusión para que pase al estado líquido.

El calor de fusión se lo expresa en cal/g o J/kg.

$$Q=mC_f$$

Siendo el C_f del agua igual 80 cal/g

Vaporización. - Es el cambio de estado de un cuerpo del estado líquido al estado gaseoso.
Esto se verifica en la superficie del líquido llamándose evaporación, y si es en el interior del líquido se llamará ebullición.

Si tenemos un recipiente abierto con un líquido. Las moléculas del líquido con mayores velocidades cuando llegan a la superficie libre vencen la fuerza atractiva de otras moléculas atravesándolas, pasan al espacio circundante, si este es muy grande las moléculas, ya en la fase gaseosa, estarán muy separadas y se desprenderán de manera continua más y más moléculas del líquido hasta que este se ha vaporizado totalmente, en un intervalo de tiempo relativamente pequeño.

Si el entorno es limitado a medida progrese la evaporación, la cantidad de moléculas sobre la superficie del líquido irán en aumento de manera que un gran cantidad de ellas caerán nuevamente sobre el líquido debido a los choques con otras moléculas hasta que en un momento dado el número de moléculas que se evaporas es igual al número de moléculas que se condensan, determinando un equilibrio, y deteniéndose aparentemente la evaporación.

El espacio sobre el líquido se encuentra en este instante saturado de vapor.
Vapor saturante se define como el que está en equilibrio con su líquido. La presión de un vapor saturante se llama presión máxima, al ser la mayor presión que puede efectuar un vapor de dicho líquido a la temperatura que se considere.

Algunos líquidos tales como el aceite poseen presiones máximas extremadamente pequeñas a casi todas las temperaturas, por este motivo aparentemente no se vaporizan al requerirse cantidades imperceptibles de aceite para saturar un espacio bastante grande, por esta motivo el aceite se lo utiliza exitosamente en las maquinas neumáticas. Los líquidos volátiles como la Acetona, son los que a la temperatura ambiente tienen una presión máxima elevada, dificultando que saturen el espacio que los rodea, vaporizándose rápidamente.

Calor de vaporización

El calor de vaporización a una temperatura dada es la cantidad de calor absorbida por la unidad de masa de un líquido al vaporizarse a esta temperatura.

Su fórmula está dada por:

$$Q=mCv$$

El calor de vaporización del agua a 100 c es igual a 540 cal/g.

Cuando un vapor se condensa desprende el mismo calor que absorbió al vaporizarse

Ebullición

Fenómeno de la vaporización cuando esta se produce en el interior del líquido, como se observa en las burbujas de vapor que se forman en la masa del líquido y ascienden hacia la superficie.

Para que haya ebullición se necesita que la presión externa sea igual a la presión máxima del valor del líquido.

La ebullición ocurre a una temperatura a la cual presión exterior es igual a la presión máxima del vapor. Esta temperatura recibe el nombre de temperatura de ebullición.

Para producir la ebullición de un líquido pueden seguirse dos procedimientos: a) aumentar la temperatura del líquido hasta que la presión máxima de su vapor sea igual a la presión exterior; b) disminuir la presión exterior hasta que sea la presión máxima del vapor igual a la temperatura del líquido.

c.- Sublimación.- Es el cambio de estado de una sustancia que pasa directamente del estado sólido al estado gaseoso. La transformación inversa (de gas a sólido) se llama sublimación regresiva.

Ejemplo de sustancias sublimables son el hielo seco, el alcanfor, el ácido benzoico.

El mecanismo de sublimación es similar al de evaporación debido al escape de las moléculas en las superficies de un sólido, este al estar en un lugar cerrado, sufre un equilibrio entre el sólido y el vapor, cesando la sublimación.

El calor de sublimación, a una temperatura dada es la cantidad de calor absorbido por la unidad de masa del solido al sublimarse a esa temperatura.

Cambios de estado regresivos de la materia

a. Solidificación.- Es el cambio de estado de un cuerpo que pasa del estado líquido al estado sólido y por lo tanto, es el proceso inverso a la fusión

b.- Licuefacción.- Es cambio de estado de un cuerpo en estado gaseoso al líquido y se lo realiza aumentando la presión y disminuyendo la temperatura o ambas cosas a la vez.

Constantes de los cambios de fase

Cuerpo	Temperatura de fusión ©	calor de fusión (cal/g)	Temperatura de ebullición ©	Calor de Vaporización (cal/g)
Agua	0	79,71	100	539,55
Aluminio	659,7	76,8	1.800	…………
Argón	-189,2	6,71	-185,7	37,6
Cobre	1.083	42	2.300	………..
Hidrogeno	-259,14	14,0	-252,7	108
Mercurio	-38,8	2,82	356,9	65
Nitrógeno	-209,89	6,09	-195,8	47,6
Alcohol (etil)	-103	………..	78,3	208

Humedad atmosférica

Se denomina humedad absoluta a la cantidad de vapor de agua presente en un metro cúbico de aire.

Se denomina humedad relativa a la relación entre masa (m) de vapor de agua presente en un volumen saturado de vapor.

$$e=m/m_s$$

Si relacionamos la anterior ecuación con las presiones parciales entonces la humedad relativa es igual a:

$$e=p/p_1$$

Ya que la presión es proporcional al número de moléculas en la unidad de volumen. Frecuentemente se expresa la humedad relativa en forma de por ciento, resultado.

$$E=100\ m/ms\ \% \quad o \quad E=100\ p/p\ \%.$$

Termodinámica

Primer principio de la termodinámica

La termodinámica estudia los procesos en los que un cuerpo intercambia energía calórica con el medio que lo rodea.

Este incremento de energía calórica se da de dos formas:

1) A través de emisión de energía calórica Q por una gradiente de temperatura,
2) A través de trabajo W producto del desplazamiento de un cuerpo bajo la acción de una fuerza. Cuando el cuerpo intercambia energía con el medio exterior, su energía interna en general varía.

En todo proceso se necesita que se cumpla el principio de la conservación de la energía, llamado el primer principio de la termodinámica. Su enunciado es el siguiente: "El aumento de energía interna de un cuerpo es igual a la energía calórica absorbida menos el trabajo realizado por el cuerpo por medio de las fuerzas externas, que el cuerpo ejerce", es decir:

$$\Delta E = Q - W$$

Donde $\Delta E = E2 - E1$ es el cambio de energía interna, Q es la energía calórica absorbida y W el trabajo realizado por el cuerpo.

Cuando la energía calórica se desprende, Q es negativo, y cuando se realiza trabajo sobre el cuerpo como ocurre al comprimir un gas, W es negativo, (Rolle, 2006).

Por ejemplo en el caso de una máquina de vapor, el vapor de agua absorbe la energía calórica de la caldera, parte de esa energía es empleada en incrementar la energía interna del vapor aumentando la velocidad de sus moléculas y la otra parte se emplea en realizar el trabajo necesario para mover la máquina empujando el émbolo.

Un ciclo es una sucesión de cambios de forma que el estado final es igual al inicial.

En este caso la energía interna final es igual a la inicial con lo que $E = 0$ resultando:

$$\mathbf{Q = W}$$

De tal forma, cuando un cuerpo describe un ciclo de cambios la energía calórica es igual al trabajo realizado por el cuerpo.

Segundo principio de la termodinamica

El segundo principio de la termodinámica dice que la energía calórica absorbida de un cuerpo caliente no se puede convertir en trabajo, cíclicamente, sin dar una cantidad menor de energía calórica a un cuerpo frío.

Si mediante un procedimiento cíclico extraemos de un cuerpo una cantidad de energía calórica Q1, esta energía calórica no se puede convertir totalmente en trabajo. Tenemos que ceder una parte Q2 a otro cuerpo más frío, y es la diferencia $Q = Q1 – Q2$ la que se transforma en trabajo.

Como consecuencia inmediata, vemos que para transformar energía calórica en trabajo es necesario tener dos cuerpos a dos temperaturas diferentes.

Por lo tanto podemos decir que para transformar cierta cantidad de energía calórica de un cuerpo frío a un caliente, se requiere realizar un trabajo externo. Por eso la energía calórica solo se pasa espontáneamente de los cuerpos calientes a los fríos.

Máquina térmica

Artefacto capaz de generar un trabajo útil a partir de un insumo de calor en un proceso cíclico en el que no cambia ni su energía ni su entropía.

La invención de las primeras máquinas térmicas marca el comienzo de la revolución industrial que ha producido la etapa moderna de la civilización

- Las fuentes de energía convencionales (petróleo, gas, carbón ,uranio) y sus derivados (gasolina, diesel) se usan principalmente como insumos de calor para maquinas térmicas.
- Hoy en día es urgente mejorar y eventualmente sustituir las maquinas térmicas convencionales si es que queremos evitar un colapso de la civilización en el siglo 21 debido a la escasez inminente de las fuentes principales de calor que utilizan (petróleo y gas natural) y al cambio climático sin precedentes que se vislumbra que

produzcan y que ya ha comenzado.

Fórmulas de aplicación:

$$Q = Q_1 - Q_2 \qquad Q_1 - Q_2 = W$$

$$e = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \qquad e = \frac{t_1 - t_2}{t_1}$$

$$\frac{W}{Q_1} = \frac{t_1 - t_2}{t_1} \therefore W = Q_1 \frac{t_1 - t_2}{t_1}$$

Entropía

En termodinámica, la entropía (simbolizada como S) es una magnitud física que permite, mediante cálculo, determinar la parte de la energía que no puede utilizarse para producir trabajo. Es una función de estado de carácter extensivo y su valor, en un sistema aislado, crece en el transcurso de un proceso que se dé de forma natural. La entropía describe lo irreversible de los sistemas termodinámicos.

$$\Delta S = \frac{Q}{t}$$

$$\Delta S = -\frac{Q}{t_1} + \frac{Q}{t_2} = Q\frac{t_1 - t_2}{t_1 t_2} \rangle 0$$

Ejercicios de aplicación

Calorimetria

Nota: El estudiante deberá analizar los diferentes ejercicios resueltos y colocar las unidades con su respectiva magnitud

1.- ¿Qué cantidad de calor necesita absorber una lámina de cobre cuya masa es 25g si se encuentra a una temperatura de 8°C y se desea que alcance una temperatura final de 20°C?

Datos:

Q = ?
m = 25g
ce = 0,094 cal /°C g
tº inicial = 8ºC
tº final = 20ºC ———————— Δt = 20ºC - 8ºC = 12ºC

Aplicando la fórmula: Q = m ce Δt

Reemplazando: Q = 25g · 12ºC · 0,094cal /°C g

Q = 28,2 calorías

2.- ¿Cuánto calor necesitan 250cc de agua para llegar a una temperatura de 100ºC, es decir, para convertirse en vapor, si se encuentra a una temperatura de 20ºC?

Datos:

Q = ?
m = 250cc = 250g
ce = 1cal /ºC g
tº inicial = 20ºC
tº final = 100ºC———————— Δt = 100ºC - 20ºC = 80ºC

Aplicando la fórmula: Q = m ce Δt

Reemplazando: Q = 250g · 80ºC · 1cal /ºC g

Q = 20.000 calorías

3.- ¿Cuánto calor necesitaría absorber una marqueta de hielo de 420g para llegar -5ºC si se encuentra a una temperatura de -20ºC?

Datos:

Q = ?
m = 420g

ce = 0,505cal /ºC g
tº inicial = -20ºC
tº final = 20ºC———————————————— Δt = -5ºC - (-20)ºC = 15ºC
Reemplazando: Q = 420g · 15ºC · 0,505cal/ºC g

Q = 3.182 calorías

4.- ¿Qué cantidad de calor necesita un trozo de hierro cuya masa es de 731g si se encuentra a una temperatura inicial de 10ºC y se desea que alcance una temperatura final de 25ºC?

Datos:

Q = ?
m = 731g
ce = 0,113cal/ºC g
tº inicial = 10ºC
tº final = 25ºC ———————————————— Δt = 25ºC - 10ºC = 15ºC

Reemplazando: Q = 731g · 15ºC · 0,113cal /ºC g

Q = 1.239,045 calorías

5.- ¿Calcular en calorías la energía necesaria para elevar la temperatura de 400g de aluminio: a) de 20 ºC a 50 ºC, b) de – 80ºC a -50ºC?

M = 400 g.
Ce = 0.212 cal/g°C

En a) y b) Δt = 30 ºC.

Q = m ce Δt = 400g x 0.212 cal/g°C x 30°C = 2544 c a l.

6.- ¿Cuál es el calor específico de un cuerpo cuya masa es 500 g si necesita una energía igual a 90 cal para elevar su temperatura de 30ºC a 35ºC?

m = 500 g ;
Q = 80 c a l ;
Δt = 35 – 30 = 5°C
Ce = Q/m Δt =

$$Ce\frac{90cal}{500gx5°C} = 0.036\frac{cal}{g°C}$$

7.- ¿Qué energía, expresada en calorías, desprenden 200 g de hierro cuando su temperatura desciende de 150ºC a 80ºC?

m = 200 g ;

$$C\frac{0.115cal}{g°c}Ce$$

$$\Delta t = 80 - 150 = -70°C.$$

$$Q = m\ Ce\ \Delta t = 200g \times 0.115cal/g°C \times (-70°C) = \mathbf{-1610\ cal.}$$

8.- ¿Qué variación experimentará la temperatura de 340 g de zinc si absorbe una energía igual a 460 cal? Si la temperatura inicial era -40°C, ¿Cuál es la temperatura final?

m = 340 g ;
Q = 460 cal ;

$$Cec \quad = \frac{0.093cal}{g°c}$$

a) Δt = Q/m Ce = Q/mCe

$$\Delta\tau = \frac{q}{cm} = \frac{460}{0.0993x340} = 13.62°C$$

b) $t_2 = t_1 + \Delta t$ = -40 + 13,62 = **- 26.38 °C.**

9.- Cierta cantidad de plata absorbe energía igual a 400 cal y su temperatura pasa de 15ºC a 95 ºC. Calcular su masa.?

Q = 400 cal;
Δt = 95 – 15 = 80 °C;

$$Ce = 0.056\frac{cal}{g°c}$$

$$m = Q / Ce\Delta\tau = \frac{400}{0.056x80} = 89.28g$$

10.- Se pone en contacto una masa de cobre de 300 g a 200ºC con una masa de hierro de 220 g a 30ºC. Calcular: a) su temperatura final, b) la energía perdida por el cobre, c) la energía ganada por el hierro. ¿Hubo una transferencia de calor entre los cuerpos?

m_1 = 300 g;
m_2= 220 g;
t_1 = 200 °C;
t_2 = 30 °C
Ce_1 = 0.094 cal/g °C;
Ce_2 = 0.115 cal/g °C.

a) Qg = Qp

$m_1Ce1 + m_2Ce_2tf= m_1Ce_1 + m_2Ce_2tf$
200g * 0,115 cal/g °C * (tf -t1) = 300g *0,094 cal/g°C*(t1-tf)
23cal/°C * (tf -30°C) = 28,2 cal/°C * (200°C –tf)
23cal/°C *tf – 690 cal = 5640 cal – 28,2 cal/°C *tf
23 cal/°C *tf + 28,2cal/°C *tf = 5640cal+ 690cal
51,2 cal/°C*tf = 6330cal
tf= 6330cal/51,2cal/°C
tf = 123,6 °C

b) Δt = tf – ti = 123,6 °C – 30°C= -93,6°C

Q= m Ce Δt = 200g * 0,115 cal/g °C * 93,6°C
Q= 2152,8 cal

c) Δt = tf – ti = 123,6 °C – 200°C= -76,4°C

Q= m Ce Δt = 300g *0,094 cal/g°C*(-76,4°C)
Q= 2152,8 cal

11.- En un recipiente con 50 cm3 de agua a 8 ºC se introduce una masa de aluminio de 90 g a 90 ºC. Despreciando el efecto del recipiente, calcular: a) la temperatura final, b) la energía ganada por el agua, c) la energía perdida por el aluminio?

m_1 = 50 g;
Ce_1 = 1 cal ⁄ g °C;
t_1 = 8 °C;
m_2 = 90 g
Ce_2 = 0.212 cal ⁄ g °C;
T_2 = 90 °C

a) Tf = ?

Qg = Qp
m1Ce1 + m2Ce2tf= m1Ce1 + m2Ce2tf
50g * 1 cal/g °C * (tf -8°C) = 90g *0,212cal/g°C*(90-tf)
50cal/°C *tf – 400 cal = 1717,2 cal – 19,08 cal/°C *tf
50 cal/°C *tf + 19,08cal/°C *tf = 1717,2cal+ 400cal
69,08 cal/°C*tf = 2117,2cal
tf = 30,33°C

b) Δt = tf – ti = 30,33°C – 8°C= 22,3°C

Qg= m Ce Δt = 50g * 1 cal/g °C * 22,3°C
Q= 1116,6 cal

c) $\Delta t = tf - ti = 30{,}33°C - 90°C = -59{,}67°C$

Qp= m Ce Δt = 90g *0,212cal/g°C*(-59.67°C)
Q= 1116,6 cal

12.- Un cuerpo está compuesto por una aleación de 300 g de cobre, 250 g de estaño y 90 g de aluminio. Calcular la energía necesaria para elevar su temperatura 60 ºC?

m_1 = 300 g,
m_2 = 250 g
m_3 = 90 g

$Q_1 = m_1\ Ce_1\ \Delta t$ = 300 x 0.094 x 60 = 1692 cal.
$Q_2 = m_2\ Ce_2\ \Delta t$ = 250 x 0.055 x 60 = 825 cal.
$Q_3 = m_3\ Ce_3\ \Delta t$ = 90 x 0.212 x 60 = 1144.8 cal.

Energía total suministrada
$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ = 3661.8 cal .

13.- Un cuerpo cuya masa es 100 g y cuya temperatura es 100ºC se introduce en 200 g de agua a 30 ºC. La temperatura final resulta ser 32,7 ºC. ¿Cuál es el calor específico del cuerpo?

m_1 = 100 g ;
m_2 = 200 g ;
t_1 = 100 ºC. ;
t_2 = 30 ºC.
tf = 32.7 ºC. ;
Ce_2 = 1 cal / g ºC.

Qg = Qp

200g * 1 cal/g °C * (32,7°C -30°C) = 100g * Ce*(100-32,7°C)
540 cal = 6730 g°C*Ce
Ce= 540cal/6730g°C
Ce= 0,08 cal/g°C

14.- Un recipiente de cobre tiene una masa de 4200 g y una temperatura de 15 ºC. En el mismo se introducen 3 litros de agua a 80ºC. Calcular la temperatura final.?
m_1= 4400 g ;
m_2= 3000 g ;
t_1 = 15 ºC;
t_2 = 80 ºC ;
Ce_1 = 0.094 cal / g ºC ;
Ce_2 = 1 cal / g ºC .
tf= ?

Qg = Qp

4200g * 0,094cal/g °C * (tf -15°C) = 3000g *1cal/g°C*(80°C - tf)

394,8 cal/g°C * (tf -15°C) = 3000cal/°C * (80°C - tf)
394,8 cal/°C *tf – 5922 cal = 240000 cal – 3000cal/°C *tf
394,8cal/°C tf + 3000 cal/°C tf = 240000 cal + 5922 cal
3394,8 cal/°C tf = 245922 cal
tf = 72,46 °C

15.- ¿Qué masa de agua a 100 ºC debe mezclarse con 3 litros de agua a 5ºC para que la temperatura final sea 30ºC?
m_2 = 3000 g ;
Ce_2 = 1 cal ⁄ g ºC ;
t2 = 5 ºC ;
$Ce_1 = Ce_2$
t_1= 100 ºC ;
t = 30ºC.

Qg = Qp

3000g * 1cal/g °C * (30°C -5°C) = m *1cal/g°C*(100°C – 30°C)
3000 cal/°C * 25°C = m * 70cal/g
m= 75000 cal/(70cal/g)
m = 1071,4 g

16.- Una bola de aluminio de 30 g a 200ºC se introduce en una vasija de cobre cuya masa es 300 g y contiene 200 g de agua a 20ºC. Calcular la temperatura final?
m_1 = 30 g ;
c_2 = 0.094 cal ⁄gºC ;
t_1 = 200 ºC.
m_2 = 300g ;
c_1 = 0.212 cal ⁄ g ºC ;
t_2 = 20 ºC.
m_3 = 200 g ;
c_3 = 1 cal ⁄ g ºC ;
t_3= 20 ºC.

Qg = Qp
200g * 1cal/g °C * (tf -20°C) = 30g*0,212cal/g°C*(200°C- tf) + 300g*0,094cal/g°C*(200°C-tf)
200cal/°C tf – 4000cal =1272cal – 6,36 cal/°C tf + 5640cal – 28,2cal/°C tf
200cal/°C tf + 6,36 cal/°C tf + 28,2cal/°C tf = 5640cal + 4000cal+1272 cal
234,56cal/°Ctf = 1912 cal
tf= 46,52°C

17.- Una masa de 100 g de hierro se coloca en un vaso de cobre cuya masa es de 180 g y que contiene 120 g de agua a 20ºC. Si la temperatura final es 25 ºC, calcular la temperatura inicial del hierro.?
m_1 = 200 g ;
Ce_1 = 0.115 cal ⁄ g ºC ;

t_1 = ?.
m_2 = 280 g ;
Ce_2 = 0.094 cal ⁄ g ºC ;
t_2 = 40 ºC.
m_3 = 220 g ;
Ce_3 = 1 cal ⁄ g ºC ;
t_3 = 40 ºC.
t = 50 ºC.

Qg = Qp

120g*1cal/g°C*(25°C-20°C)+180g*0,094cal/g°C*(25°C-20°C)= 100g*0,115cal/g°C*(t1-25°C)
600cal +846cal = 11,5 cal/°C *t1 – 287,5 cal
11,5 cal/°C*t1 = 1733,5 cal
t1 = 150,4°C

18.- En un recipiente de cobre cuya masa es 200 g y que contiene 600 g de agua a 30 ºC se introducen 300 g de hierro a 100 ºC. Calcular la temperatura final?
m_1 = 200 g ;
c_1= 0.094 cal ⁄ g ºC ;
t_1 = 30 ºC
m_2 = 600 g ;
c_2 = 1 cal ⁄ g ºC ;
t_2 = 30 ºC.
m_3 = 300 g ;
c_3 = 0.115 cal ⁄ gºC ;
t_3 = 100 ºC

Qg = Qp

600g*1cal/g°C*(tf-30°C) + 200g*0,094cal/g°C*(tf-30°C) = 300g*0,115cal/g°C*(100°C-tf)
600cal/°C tf - 1800cal + 18,8cal/°C tf –564cal= 3450 cal – 34,5cal/°C tf
600cal/°C tf + 18,8cal/°C tf + 34,5cal/°C tf = 1800cal + 564cal - 3450 cal
553,3cal/°C
tf = 5814 cal
tf = 10,51°C

19.- ¿ Calcular lo que costaría calentar el agua contenida en una bañera (50litros) de 10 ºC a 50°C empleando carbón, cuyo precio es de $0,80 por kg, si el calentador tiene un rendimiento de un 60% y el carbón produce 6580 cal/g al quemarse.?

Datos:

m = 5 x 10^4 g ;
ceagua = 1 cal ⁄ g°C ;

Δt = 50 – 10 = 40 °C

Con estos datos calculamos la cantidad de calor o Energíaque nos sirva para calentar 50 litros de agua.

Q = m Ce Δt = 5 x 10^4g x 1cal/g°C x 40°C = 20 x 10 ^{5} cal; es decir que este valor seria la cantidad de calor o energia producida al quemar 1000 g de carbón

Ahora procedemos a aplicar la fórmula de calor de combustión que es la siguiente

Calor de combustion = 1000g x 6580cal/g = 65.8 x 10^5 cal; este valor es el calor que emite la combustión del carbón.

Por otro lado el calentador transmite al agua un 60% de esta energía que multiplicado por 65,08x105 cal nos da: 39,4 X105 si lo relacionamos con 20 x105cal tenemos entonces que la cantidad de carbón quemado para calentar el agua es:

$$x\frac{20x10^5}{39.4x10^5} = 0.5076$$

Este valor del carbón quemado es de 0.5076 que multiplicado por 0.80USD nos da 0.41USD que es lo que cuesta calentar el agua en la bañadera.

20.- En un automóvil que se mueve a cierta velocidad, el agua circula por el radiador a razón de 5l/s. Si la temperatura del agua al llegar al radiador es 95 ºC y al salir es 65ºC, ¿qué cantidad de energía pierde el motor por segundo?

Δt= 65 – 95 = -30ºC;
Ce= 1 cal/g˚C;
m/s= 5000 g/s
Potencia es igual a T/s; T = Q; Q = mCeΔt
Ce Δt = -5000g * 1cal/g°C * (-30°C) = **150000 cal/s**

21.- ¿Calcular la energía necesaria para elevar la temperatura de 200 g de hielo de -20 C a 30 C?
m = 200 g ;
t1 = - 20 °C ;
t2 = 30°C ;
Cehielo = 0.5 cal ⁄ g °C
Cf agua = 80 cal ⁄ g ;
Ceagua = 1 cal ⁄ g °C.

Qt= Q1+Q2+Q3
Q1= m Cehielo (Δt) = 200g x 0.5cal/g°C * (0 – (- 20)) = 2000 cal.
Q2 = m Cfagua = 200g x 80cal/g = 1600 cal
Q3 = m Ceagua (Δt) = 200g x 1cal/g°C * (30 – 0) = 6000 cal

Qt= Q1+Q2+Q3
QT = 200cal+ 1600cal + 6000cal = 2400 cal

22.- ¿ Calcular el calor de fusión de una sustancia si para fundir 235 g de la misma hacen falta 2900 calorías?.

m = 235 g;
Q = 2 900 cal

$$Ce = \frac{Q}{m} = \frac{2900cal}{235g} = 12,35cal/g$$

23.- ¿Qué masa de hielo a 0°C puede fundirse con 758 calorías?

Q = 758 cal;
Cf = 80 cal/g

$$m = \frac{Q}{Cf} = \frac{758cal}{80cal/g} = 9.50g$$

24.- ¿Calcular la energía necesaria para vaporizar: a) 300 g de agua a 200 C, b) 60 g de argón a -285,7 ºC, c)500 g de mercurio a 456,9?

a) m = 300 g ; Cv= 540 cal/g ; t = 200 ºC

Q_1 = m Cv = 300g x 540 cal/g = 162000 cal
Q_2 = m Ce_{vapor} Δt = 300g x 0.48 cal/g x 100ºC= 14.400 cal
Q_{total}= 176.400cal.

b) m = 60 g ; Cv = 37.6 cal/g ; t = - 285,7 ºC .

Q = m Cv = 60g x 37.6cal/g = 2256 cal.

c) m = 500 g ; Cv = 65 cal/g

Q = m Cv= 500g * 65cal/g= 32500 cal

25.- ¿Calcular la energía necesaria para vaporizar 200 g de agua a 30 ºC?

m = 200 g ; Cv = 540 cal/g ; Ce = 1 cal/g ºC ; t = 30 ºC.

Q_1 = m Ce (t_2 - t) = 200g x 1cal/g°C x (100°C – 30°C) = 14000 cal.
Q_2 = m Cv = 200g x 540cal/g = 108000 cal.
Q_T = Q_1 + Q_2 = 14000+ 10800 = 122000 cal.

26.- ¿Cuál es la cantidad de calor necesaria para transformar 250 g de agua a 30 °C en vapor a 180 °C ?

$m = 250$ g ; $t_1 = 30$ °C ; $t_2 = 180$ °C ; $Ce = 1$ cal/g°C; $C_{vapor} = 0.482$ cal/g °C ; $Cv = 540$ cal/g.

$Q_1 = m\,Ce\,(t_2 - t) = 250g \times 1cal/g°C \times (100°C - 30°C) = 17500$ cal.
$Q_2 = m\,Cv = 250g \times 540cal/g = 135000$ cal.
$Q_3 = m\,C_{vapor}\,(t_2 - t_1) = 250g \times 0.482cal/g°C \times (180°C - 100°C) = 9600$ cal.
$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 17500+135000+9600 = 162.100$ cal

27.- Calcular la energía requerida para transformar 250 g de hielo a -30 °C en vapor a 250 °C.

$m = 250$ g ; $t_1 = -30$ °C ; $t_2 = 250$ °C ; $Ce = 1$ cal/g °C ;

$C_{hielo} = 0.5$ cal/g °C ; $C_{vapor} = 0.482$ cal/g °C ; $Cf = 80$ cal/g .

$Q_1 = m\,C_{hielo}\,(t\,f - t_1) = 250g \times 0.5cal/g°C \times (0°C - (-30°C)) = 3750$ cal.
$Q_2 = m\,Cf = 250q \times 80\ cal/g = 20000$ cal.
$Q_3 = m\,Ce\,(tf - t1) = 250g \times 1cal/g°C \times (100°C - 0°C) = 25000$ cal.
$Q_4 = m\,Cv = 250g \times 540\ cal/g°C = 135000$ cal
$Q_5 = m\,C_{vapor}\,(t_2 - t_1) = 250g \times 0.482cal/g°C \times (250°C - 100°C) = 18075$ cal
$QT = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 3750+20000 + 25000+135000 +18075 = 201825$ cal.

28.- En un recipiente con 400 g de agua a 38 °C se introducen 30 g de hielo a 0°C ¿Cuál será la temperatura final de equilibrio?

$m_1 = 400$ g ; $m_2 = 30$ g ; $t_1 = 38$ °C ; $t_2 = 0$ °C
$Cf = 80$ cal/g ; $Ce = 1$ cal/g °C.

$$Qg = Qp$$
$$30g * 80\ cal/g + 30g * 1\ cal/g°C\ tf = 400g * 1cal/g°C * (38°C - tf)$$
$$2400\ cal + 30cal/°C\ tf = 15200\ cal/°C - 400\ cal/°C\ tf$$
$$30\ cal/°C\ tf + 400\ cal/°C\ tf = 15200\ cal - 2400\ cal$$
$$430\ cal/°C\ tf = 12800\ cal$$
$$tf = 29{,}78\ °C$$

29.- Un motor térmico absorbe en cada ciclo 2100 cal de un cuerpo caliente y desprende 900 cal a un cuerpo frío. Calcular a) el trabajo realizado en cada ciclo, b) su eficiencia térmica.?

$Q_1 = 2100$ cal ; $Q_2 = 900$ cal.

a) $W = Q_1 - Q_2 = 2100cal - 900cal = 1200\ cal = 1200\ cal \times 4.186\ J = 5023.2\ J.$

b) $$e = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{1200cal}{2100cal} = 0.57 = 57\%$$

30- Si la máquina anterior recibe el calor de un combustible cuyo calor de combustión es de 6000 cal/g y cuyo precio es $0,10 por kg. Calcular cuánto costará operarla para que produzca un trabajo de 21000000 J?

$W = 21 \times 10^6$ cal. $e = 0.6$

$W = e\,Q_1$

$Q_1 = W/e = 21 \times 10^6\ cal\ / 0.6 = 35 \times 10^6\ cal.$

Al quemar un kg de carbón produce la energía

$$Q = 1000g \times 6000\ cal/g = 6 \times 10^6\ cal.$$

Para producir Q_1 deben quemarse

$$Q1/Q2 = 35 \times 10^6\ cal / 6 \times 10^6\ cal = 5{,}833\ kg$$

Costo :

$$5.833 \times 0.1 = \$\ 0.58s$$

31.- Una máquina emplea vapor de agua recalentado a 400 C, desprendiéndolo a 210 C. Calcular su eficiencia térmica. Si dicha máquina desprende 2500 cal por ciclo al cuerpo frío, calcular además el trabajo realizado por ciclo y el calor absorbido del cuerpo caliente?

$t_1 = 673°k$; $t_2 = 483°k$; $Q_2 = 2500$ cal.

$e = t1-t2/ t1 = 673\ °K - 483°K / 673\ °K = 0{,}28 = 28\ \%$

$$W = \frac{e}{1-e}Q_2 = \frac{0.28}{1-0.28}x2500cal = 972.22cal$$

$Q_1 = Q_2 / 1\text{-}e = 2500\ cal / 1 - 0{,}28 = 3472{,}2\ cal$

32.- Una máquina térmica tiene una potencia de 30 kW y trabaja entre las temperaturas 250 C y 30 C a razón de 30 ciclos por minuto. Calcular: a) su eficiencia térmica, b) el calor absorbido del cuerpo caliente por ciclo, c) el calor desprendido al cuerpo frío por ciclo?

$P = 30\ k\,w = 3 \times 10^4\ J/s$ $t_1 = 523\ k$; $t_2 = 303\ k$; $f = 30\ cpm = 0.5\ cps.$

$$a)\quad e=\frac{t_1-t_2}{t_1}=\frac{523-303}{523}=0.4206=42.06\%$$

$$b)\quad W_{ciclo}=\frac{p}{f}=\frac{3x10^4}{0.5}=6x10^4 J/c$$

$$c)\quad Q_1=W_{ciclo}/e=\frac{6x10^4}{0.4206}=0.1426x10^6 J/c$$

$$d)\quad Q_2=Q_1-W_{ciclo}=0.1426x10^6 J/c-6x10^4 J/c=82653.3J/c$$

33.- Una máquina térmica absorbe 6000 cal de un cuerpo caliente y desprende 2000 cal a un cuerpo frío. Calcular su eficiencia. Si la temperatura superior de la máquina es 320 C, calcular la temperatura del cuerpo frío.?

Q_1 = 6000 cal ; Q_2 = 2000 cal ; t_1 = 593 k .

$$a)\quad e=Q_1-Q_2/Q_1=\frac{6000-2000}{6000}=0.66=66.7\%$$

$$b)\quad t_2=(1-e)t_1=(1-0.66)593=201.62°K$$

34.- Una máquina reversible tiene una potencia de 7 kW y trabaja entre las temperaturas 240 C y 30 C. ¿Cuántas calorías absorbe por segundo del cuerpo caliente y cuantas entrega por segundo del cuerpo frío? ¿Cómo se puede aumentar más la eficiencia de esta máquina: elevando en 20 C la temperatura del cuerpo caliente o disminuyendo en 20 C la del cuerpo frío?

$$P=7kw=7x10^3\frac{J}{S};\qquad t_1=513°k;\qquad t_2=303°k$$

$$e=\frac{t_1-t_2}{t_1}=\frac{513-303}{513}=0.40$$

$$a)\quad Q_1=\frac{p}{e}=\frac{700}{0.40}=\frac{j}{s}=\frac{7000}{4.186x0.40}=418.60\frac{cal}{s}$$

$$b)\quad Q_2=(1-e)Q_1=(1-0.40)4180.6=2508.36\frac{cal}{s}$$

$c)$ *disminuyendo en* 20° *al cuerpo frio*

35.- ¿Calcular la variación de entropía de 2g de: a) hielo, b) aluminio, al fundirse?

$$a)m=2g;\qquad Cf=80\frac{cal}{g};\qquad t=0°c$$

Q = m C f = 2g x 80 cal/g = 160 cal.
t = 273°k

$$As=\frac{q}{t}=\frac{159.42}{273}=0.58\frac{cal}{r}$$

$$b)m = 2g; \qquad Cf = 76.8\frac{cal}{g}$$

$$Q_1 = m \quad Ce(tf - t) = 2x0.212x(659-) = 279.71cal$$
$$Q_2 = m \quad Cf = 2x76.8cal/g = 153.6cal$$
$$Q_r = Q_1 + Q_2 = 279.71cal + 153.6cal = 433.31cal$$
$$t = 659.7°K + 273°K = 932.7°k$$
$$\Delta s = \frac{Q}{T} = \frac{433.31}{932.7} = 0.46\frac{cal}{k}$$

Ejercicios para resolver*

1. Calcular la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 200gramos de aluminio (a) 10ºC, a 40ºC (b) -70ºC a -40ºC. R: a.- 1.272cal, b.- 1.272cal.

2. ¿Cuál es el calor específico de un cuerpo cuya masa es 400 g si necesita 80 calorías para elevar su temperatura de 20ºC a 25ºC? R: 0.04.

3. ¿Qué calor desprende 150g de hierro cuando su temperatura desciende de 120ºC a 30ºC? R: 1.552 cal.

4. ¿Qué variación experimentara la temperatura de una masa de 240 g de zinc si absorbe 450cal? Si la temperatura inicial era -30ºC ¿Cuál es la temperatura final? R: 19,95ºC, -10,05ºC^{-1}.

5. Cierta cantidad de plata absorbe 300 cal y su temperatura pasa de 5ºC a 85ºC. Calcular su masa. R: 66,9g.

6. Se ponen en contacto un masa de cobre de 200g a 100ºC y una masa de hierro de 120g a 20ºC. Calcular a.-) su temperatura final, b.-) el calor perdido por el cobre, c.-) el calor ganado por el hierro. R: 65,95ºC-1, 640,14cal.

7. En un recipiente con 40cm3 de agua a 4ºC se introduce una masa de aluminio de 80g a 80ºC, despreciando el defecto del recipiente, calcular a.-) la temperatura final, b.-) el calor ganado por el agua, c.-) el calor perdido por el aluminio R: 26,6ºC, 904,8cal.

8. Un cuerpo está compuesto por una aleación de 200 g de cobre, 150g de estaño y 80g de aluminio. Calcular su capacidad calorífica y calor necesario para elevar su temperatura a 50ºC R: 44,01, 2200,5cal.

9. ¿Cuál es el calor específico de un cuerpo cuya masa es de 100g y cuya temperatura es de 100ºC, si al introducirlo en 200g de agua a 30ºC la temperatura final es 32,7ºC? R: 0,0802cal/gºc.

10. Un recipiente de cobre tiene una masa de 4200g y una temperatura de 15ºC. En el mismo se introducen 3 litros de agua a 80ºC. Calcular la temperatura final. R: 72,4ºC.

11. ¿Qué masa de agua a 100ºC debe mezclar con dos litros de agua a 4ºC para que la temperatura final sea de 20ºC? R: 400g.

12. Una bola de aluminio de 20g y a 100ºC se introduce un calorímetro de cobre cuya masa es de 200g y contiene 100g de agua a 100ºC. Calcular la temperatura final. R: 13,1ºC.

13. Una masa de 100g de hierro se coloca en un calorímetro de cobre cuya masa es de 180g y contiene 120g de agua a 20ºC. Si la temperatura final es de 25ºC calcular la temperatura inicial del hierro R: 85,4ºC.

14. ¿Cuál es el calor especifico del latón si al echar 150g del mismo a una temperatura inicial de 95ºC en un calorímetro de cobre cuya masa es 90g y contiene 103g de agua a 5ºC la temperatura final es 10ºC? R: 0.044cal/gºc.

15. La capacidad calorífica de un calorímetro incluyendo el agitador y el termómetro es de 20 cal/ºC. Su temperatura es de 20ºC y contiene 100g de agua. Si en el mismo se introduce un cuerpo cuya masa es 60g que esta a 120ºC y la temperatura final es 30ºC, calcular su calor especifico. R: 0,286cal/gºc

16. En un calorímetro de cobre cuya masa es 100g contiene 500g de agua a 5ºC se introduce 200 g de hierro a 90ºC. Calcular la temperatura final. R: 8,6ºC

17. Calcular la cantidad de alcohol necesaria para calentar 2 litros de agua a 4ºC a 86ºC suponiendo que el agua absorbe todo el calor producido. R: 22,8g

18. Calcular lo que costar calentar el agua contenida en un bañera (40 litros) de 10ºC A 50ºc, empleando carbono cuyo precio es de $ 0,80 por kilogramo R: $ 0,16.

Parte II

19. Calor especifico del hielo: 0,50cal/gºc, el vapor del agua: 0,48cal/gºc.

20. Calcular la cantidad de calor necesaria para fundir (a) 30g de hielo, (b) 200g de aluminio, (c) 50g de hidrogeno, si estas sustancias se encuentran a sus respectivas temperatura de fusión. R. 2393,1cal, 15360cal, 700cal.

21. Calcular la cantidad de calor necesaria para fundir 60g de hielo a -4ºC. R: 4902,6 cal.

22. Calcular la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 100g de hielo de -10ºC A 20ºC. R: 10471cal.

23. Calcular el calor de fusión de una sustancia si para fundir 135g de la misma hacen falta 2800cal. R: 20,7 cal/g.

24. ¿Qué masa de hielo a 0ºC puede fundirse con 658cal.? R: 8,25g

25. El hielo a la presión normal se funde a 0ºC ¿a qué temperatura se fundirá si la presión a 8 atmósferas? Se sabe que su punto de fusión desciende 0,0075ºC por cada aumento de una atm. En la presión. R: -0,0525ºC.

26. Calcular el calor necesario para vaporizar (a) 200g de agua (b) 400g de mercurio, si estas sustancias se encuentran a sus respectivas temperaturas de ebullición. R: 107,910cal, 26000 cal.

27. Calcular la cantidad de calor necesario para vaporizar 100g de agua a 20ºC R: 61955cal.

28. Se tiene 250g de mercurio solido a -38,8ºC calcular el calor necesario para elevar su temperatura a 20ºC, si la temperatura de fusión del mercurio es de -38,8ºC R: 11901cal.

29.¿Qué cantidad de calor se necesita para transformar 30g de agua a 30ºC en vapor a 120ºC? R: 185757cal.

30.Calcular la cantidad de calor requerido para transformar 150g de hielo a -20ºC en vapor a 150ºC. R: 113115cal.

31.examinando la curva de vaporización del agua, indique a que temperatura hierve el agua si la presión es de a) 70cm, b) 40cm, c) 10cm. de Hg Señale también cual es la presión si el agua hierve a a) 60ºC, b) 20ºC

32.¿Qué calor desprende 5 Kg de agua a 30ºC si se congelan? R: 550000 cal.

33. ¿Qué calor desprenden 2500g de vapor de agua a 150ºC si se condensan disminuyendo su temperatura hasta 40ºC? R: 1558875cal.

34.Calcular la cantidad de calor necesaria para fundir 200g de cobre si la temperatura inicial es (a) 1083ºC b) 33ºC, R: 8400cal, 28140cal.

35.Determinar la cantidad de vapor de agua a 100ºC que debe condensarse para justamente fundir 420g de hielo. Resolver también el problema suponiendo que la temperatura final del hielo es de 20ºC. RESOLVERLO ADEMAS si el hielo inicialmente estaba a -10ºC y al final a 10ºC. R: 62,1g, 77,7g, 737g.

36.Resolver los tres casos de problemas anteriores si el vapor de agua se encontraba inicialmente a 130ºC. R: 60435g, 71808g, 75600g.

37.Resolver los tres casos del problema 16 si el vapor se encontraba inicialmente a 130ºC y su temperatura final de 60ºC. R: 55.365g, 70508g, 69972g.

38.En 100g de agua a 50ºC se introducen 20g de hielo a 0ºC calcular la temperatura final. R: 28,38ºC

39.Qué cantidad de agua 90ºC debe añadirse a 100g de hielo a 0ºC para fundirlo totalmente y que la temperatura final sea 5ºC. R: 99,7g.

40.Un vaso contiene 500g de agua a 30ºC. En el mismo se echan 300g de hielo a 0ºC calcular la temperatura final y la masa del hielo fundido. R: 0ºC, 185g

41.100g de vapor a 110ºC se condensan en 1200g de agua a 5ºC calcular la temperatura final. R: 54,2 ºC.

PARTE III

42.Expresar en joule una cantidad de calor igual 2500 cal. R=10462.5 J

43.Expresar en calorías una energía de 250 J. R= 59.73 C
44.Calcular la temperatura final de 200 g de cobre a 10 ºC si se les suministra una energía de 68 J que se transforma íntegramente en calor R=10.864 ºC

45.Calcular en joule la energía necesaria para vaporizar 20g de agua a 100ºC R=45160.3J

46.Una bala de 20 gramos y a 0 ºC que tiene una velocidad de 300 m/s, penetra un bloque de hielo también a 0ºC. calcular la masa de hielo fundido R=2.70g

47.Un automóvil tiene una masa de 800 kg y una velocidad de 72 km/h. si se detiene al aplicar los frenos, calcular la cantidad de calor desarrollada por fricción de las ruedas en el pavimento R=38231.7 cal

48.Un hombre que trabaja consume energía a razón de 140 watts. ¿Qué cantidad de pan, cuyo valor de combustión es de 8000 cal/debe comer para trabajar una hora? R= 15.05g

49.¿Cuántos kw/h se necesita para fundir una tonelada de cobre que se encuentra a su temperatura de fusión? R=48.8 kw/h

50.Se desea perforar un orificio en un bloque de hierro de 250g que se encuentra a 20ºC. para ello se emplea una barrena que da 5000 vueltas y que se hace funcionar mediante un manubrio de 5 cm de radio sobre el que se ejerce en promedio de una fuerza de 10 N. suponiendo que los ¾ de la energía suministrada se transforman en calor. Calcular la temperatura del hierro. R= 117.91 º C

51.Un cuerpo absorbe 10000 cal y realiza un trabajo de (a) 30000 Joule, (b) 50000 Joule. Calcular la variación de su energía interna. R= 11850 joule, 8150 joule

52.Una maquina térmica absorbe 5000 calorías de un foco caliente y desprende 1000 cal a un foco frio calcular su eficiencia y la cantidad de calor transformado en trabajo. R=80%, 4000 cal

53.Una maquina térmica trabaja entre las temperaturas 0ºC y 141 ºC. calcular su eficiencia. R=34%

54.Si la temperatura superior de la máquina del problema 11 es 220 ºC. calcular la temperatura del foco frio. R=174.4ºC

55.Una máquina térmica tiene una potencia de 600 W y trabaja entre las temperaturas de 140 ºC y 20ºC ¿Cuántas calorías absorbe por segundo el foco caliente y cuantas entrega por segundo el foco frio? R= 494.37 cal/s, 351 cal/s

56.Un motor térmico absorbe en cada ciclo 2000cal en foco caliente y desprende 1200 cal a un foco frio. Calcular: (a) el trabajo realizado en cada ciclo, (b) su eficiencia térmica. R=3348 joule, 40%
* (Alonso Marcelo, 1990)

Nota: El estudiante deberá analizar los diferentes ejercicios resueltos y colocar las unidades con su respectiva magnitud.

Bibliografía

Alonso Marcelo, A. V. (1990). Introducción a la Física. Cultural Colombiana.

Avison, J. (2014). The World of Physics. Cheltenham: Thomas Nelson and Sons Ltd.

Bergada Grañó, J. M. (2012). Mecánica de fluidos: Breve introducción teórica con problemas resueltos. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Burgess, G. K. (2006). Pyrometers: The Measurement of High Temperatures. Wexford College Press.

Carmen Azcárate Giménez, C. A. (1989). Funciones y Gráficas. Síntesis Editorial.

Carranza, M. Z. (1998). Termo I: un estudio de los sistemas termodinámicos. Sevilla: Publicaciones de la Universidad de Sevilla.

Cervo, A., & Bervian, P. A. (1990). Metodología científica. México: McGraw-Hill.

Claude Irwin Palmer, S. F. (1979). Matemáticas prácticas: aritmética, álgebra, geometría, trigonometría y regla de cálculo. New York: Reverté.

Cromer, A. H. (1996). Física para las ciencias de la vida. New York: McGraw-Hill.

De La Torre, F. (2003). El mundo de la Fisica. México: Progreso.

Douglas, G. (2006). Fisica Volumen i. Pearson Educación.

Espuig, A. (2011). Matemáticas: Prueba de acceso a Ciclos Formativos de Grado Superior. Barcelona: Marcombo.

Esteban José Domínguez, J. F. (2017). Magnitudes y unidades de medida (Mecanizado básico). Madrid: Editex.

Fernandez Julian, P. M. (1981). Iniciación a la física, Volumen 1. Barcelona: Reverté.

Fernandez, J. (2015). Analisis vectorial/ Vector analysis: Fsica general/ General Physics, Volumen 1. CreateSpace Independent Publishing Platform.

Fernando Cussó Pérez, C. L. (2013). Fundamentos físicos de los procesos biológicos. Volumen II. San Vicente: Editorial Club Universitario.

Feynman, R. P. (2000). El carácter de la ley física. Tusquets Editores.

Franco Sergio, V. E. (2003). Principios básicos de cartografía y cartografía automatizada. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.

Frank P. Incropera, D. P. (1999). Fundamentos de transferencia de calor. West Lafayette: Pearson Educación.

Ganot, A. (2012). Tratado elemental de física experimental y aplicada y de meteorología. Valladolid: MAXTOR.

García Irma, T. F. (2007). Fisica I: Cuaderno de ejercicios. Pachuca: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Gerald James Holton, S. G. (1996). Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas. Massachusetts: Reverté.

Giancoli, D. C. (2006). Física Principios con Aplicaciones. México: Pearson Educación
.

Gilberto, E. (2012). El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales. Mexico: Limusa.

Gómez, S. M. (2012). Metrología y ensayos. Madrid: Editorial Paraninfo.

Gónzalez, M. (15 de 09 de 2010). Física. Recuperado el 26 de 03 de 2018, de Física La Guía: https://fisica.laguia2000.com/fisica-del-estado-solido/dilatacion-lineal-superficial-y-volumetrica

Groover, M. P. (1997). Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas. México: Prentice Hall.

Guerrero Adriana, D. G. (2007). Introducción de Errores en la Medición. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano.

Harper, G. E. (2000). El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales. México: Limusa.

José A. Sobrino, J. A. (2001). Teledetección. Valencia: Universitat de Valencia.

Joseph W. Kane, M. M. (1989). Dilatación. Massachusetts: Reverté.

Khouri, E. A. (2004). Apuntes de hidráulica para explotaciones forestales. Oviedo: Universidad de Oviedo.

Lara Antonio, N. H. (2006). FISICA l , UN ENFOQUE CONSTRUCTIVISTA. México: Pearson Educación.

Ledanois Jean-Marie, L. A. (1996). Magnitudes, Dimensiones y Conversiones de unidades. Equinoccio.

Lévy, E. (2004). disponible. AKAL.

Loyola, M. D. (2001). Química inórganica. Mexico: Editorial Progreso.

Mauricio, D. M. (1999). La Investigación en Ciencias Sociales. Rev. Filosofia Univ.

Melo, S. H. (2014). Operaciones básicas del proceso, mezclas y disoluciones. IC Editorial.

Mengual, J. A. (1989). Física. Murcia: Universidad de Murcia.

Muñoz, H. (2002). Física I. Limusa.

Mustafa A. Munem, J. P. (1976). Precalculus: introducción funcional. Macomb County: Reverté.

Navarro, R. (2014). Energía, calor, trabajo y termodinámica. Navarro Lacoba.

Paul Allen Tipler, G. M. (2005). Física para la ciencia y la tecnología. New York: Reverté.

Picado, A. (2008). Química I: Introducción al Estudio de la Materia. San José: Editorial Universidad Estatal a Distancia.

Pople, S. (1987). Explaining Physics. Oxford: Oxford University Press.

R. E. Dodd, P. L. (1965). Química inorgánica experimental: una guía de trabajo de laboratorio. Amsterdam: Reverte.

Raymond A. Serway, C. J. (2006). Física moderna. Thomson Learning.

Raymond A. Serway, J. S. (2001). Física. Pearson.

Rees, P. K. (1986). Algebra. Reverté.

Robert W. Christy, A. P. (1971). Estructura de la materia. Nueva York: Reverté.

Rojas et al. (2012). Función lineal, cuadrática y volúmenes. Guía para docentes. Instituto Técnico Metropolitano.

Rolle, K. C. (2006). Termodinámica. Wisconsin: Pearson Educación.

Santiago Burbano de Ercilla, C. G. (2003). Física general. Tebar.

Tambutti. (2002). Fisica/ Physics. Editorial Limusa.

Valera Negrete, J. P. (2005). Apuntes de Fisica General. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Vargas Javier, R. I. (2008). Física mecánica conceptos básicos y problemas. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano.

VV.AA. (2016). Matemáticas 4º ESO Aplicadas (LOMCE) 2016. Editex.

MAWIL
Publicaciones Impresas
y Digitales

Publicado en Ecuador
Agosto del 2018

Edición realizada desde el mes de marzo del año 2018 hasta mayo del año 2018, en los talleres Editoriales de MAWIL publicaciones impresas y digitales de la ciudad de Quito.

Quito – Ecuador

Tiraje 200, Ejemplares, A5, 4 colores

AUTORES

Ab. Q.F. Walter Enrique Mariscal Santi MSc. PhD.
Docente Principal Titular Universidad de Guayaquil
Docente de la Cátedra de Física I de la Facultad de Ciencias Químicas
Filiación Universidad de Guayaquil

Dra. Ángela Esperanza Plúa Santillán MSG.
Nefróloga; Directora Medicdial S.A
Filiación Universidad de Guayaquil

Q.F. Frella Soraya Garcia Larreta MSc.
Profesora Principal Titular Universidad de Guayaquil
Filiación Universidad de Guayaquil

Ing. Luis Hernando Lalama Fernández
Docente de la Cátedra de Física I de la Facultad de Ciencias Químicas
Filiación Universidad de Guayaquil

Md. Raisa Stephania Mariscal García
Bachiller Químico Biólogo, Unidad Educativa La Inmaculada
Médico General, Facultad de Medicina Universidad de Guayaquil
Directora de Subcentro de Salud Cerritos, Balzar (Agosto a Diciembre 2016)
Médico Residente en Hospital General Guasmo Sur
Filiación Universidad de Guayaquil

Q.F Eduardo Francisco De la Torre Quiñonez
Validación de Procesos, Áreas y Sistemas; Control Estadístico de Procesos
Desarrollo de Formas Farmacéuticas
Filiación Universidad de Guayaquil

Walter Jeancarlos Mariscal García
Escuela Superior Politécnica del Litoral; Facultad de Ingeniería Eléctrica
Filiación Universidad de Guayaquil

Q.F Troski Alexander Montiel Rivera MSc.
Filiación Universidad de Guayaquil

ISBN: 978-9942-787-15-6

9 789942 787156

MAWIL
Publicaciones Impresas y Digitales
www.mawil.us