

TERMOMETRÍA Y CALORIMETRÍA

Frecuentemente decimos que algo está caliente o frío, comentamos que hace calor o que la gaseosa solo nos gusta si está fría. Pero ¿qué es el calor o el frío? ¿Es lo mismo el calor que la temperatura? ¿Por qué si colocamos algo sobre el fuego se calienta? ¿La heladera enfría a los alimentos o los alimentos calientan a la heladera?

En este capítulo intentaremos dar respuesta a estas y otras preguntas referidas al calor y la temperatura.

TEORÍA ATÓMICA DE LA MATERIA

Al estudiar las propiedades físicas de la materia es conveniente recordar que las sustancias pueden encontrarse en tres estados: sólido, líquido y gaseoso. Se puede hacer que la mayoría de las sustancias tomen cualquiera de estos tres estados, simplemente por cambios de temperatura y o presión.-

La teoría atómica de la materia considera que toda la materia del Universo está formada por cuerpos pequeñísimos llamados átomos y que en todo momento estos están en rápido movimiento. La rapidez de estos movimientos depende fundamentalmente de la temperatura, el estado y la clase de átomos que forman al cuerpo.

Átomos

Aunque hay miles de sustancias diferentes que forman los objetos que nos rodean, se encuentra que todos están compuestos de una o más clases de átomos.

Una sustancia que contiene solo átomos de una clase, se llama elemento. Mientras que aquellas que contienen más de una clase de átomos se denominan compuestos o mezclas.

Son ejemplos de elementos: el hierro, cobre, aluminio, platino, mercurio, hidrógeno, helio, mientras que el agua, sal, bronce, madera y aire, son ejemplos de compuestos y mezclas.

Moléculas

Una de las propiedades más importantes de los átomos es su capacidad de actuar unos sobre otros a cierta distancia.

Algunos átomos ejercen entre sí fuerzas de atracción cuando se acercan mientras que otros se repelen. Estas fuerzas son de carácter eléctrico y cumplen con la ley de Coulomb que se estudiará en el capítulo IV.

Cuando se produce atracción entre dos o más átomos estos pueden combinarse para formar una molécula.

En general, las moléculas, pueden contener casi cualquier número de átomos, se denominan monoatómicas, si tienen un átomo como el helio He, biatómicas si tienen dos como el oxígeno O₂, triatómicas como el agua H₂O, etc.

TEMPERATURA

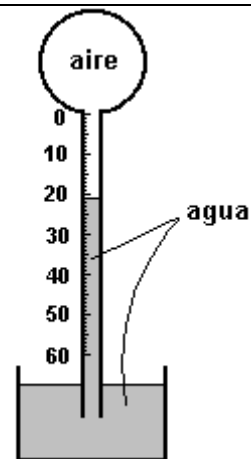
La temperatura es una magnitud escalar que esta relacionada con el estado de agitación molecular de un cuerpo. Si bien todos los cuerpos tienen temperatura, es imposible medirla directamente, para obtener su valor se utiliza un instrumento denominado termómetro.

Un termómetro se pone en contacto con el cuerpo al que se quiere medir la temperatura y se espera unos instantes hasta que alcance la misma temperatura que el cuerpo (en esta situación decimos que se ha logrado el equilibrio térmico). La variación de la temperatura en el termómetro provoca la modificación de alguna de sus propiedades físicas, por ejemplo: varía la longitud de algún componente del termómetro (dilatación), o la resistencia eléctrica de un alambre, o la presión de un gas, etc.

Termómetro de Galileo

El primer registro auténtico de un termómetro se remonta a la época de Galileo. El termómetro de Galileo como muestra la figura, consiste en un tubo estrecho de vidrio, con una abertura en un extremo y un bulbo en el otro. El extremo abierto del tubo se llena con agua coloreada y se invierte dentro de un vaso con agua. Cuando sube la temperatura del aire que rodea al termómetro, el aire dentro del bulbo entra en "equilibrio térmico" con el exterior y se dilata forzando al agua hacia abajo. Si se enfría el bulbo, el aire interior se contrae haciendo subir el agua por el tubo (para más precisión, la presión atmosférica del exterior empuja el agua hacia arriba).

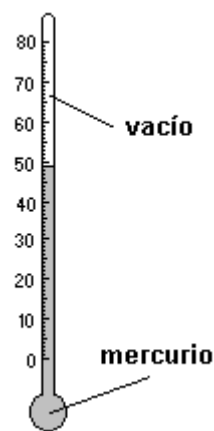
Se puede agregar al tubo estrecho una escala graduada, quedando las temperaturas bajas en la parte superior y las temperaturas altas en la parte inferior del tubo.



Termómetro de mercurio:

El más común de los aparatos medidores de temperatura, es el termómetro de mercurio, como se ve en la figura.

Consiste en un tubo delgado de vidrio (tubo capilar), unido en su extremo inferior a un pequeño bulbo y tiene su extremo superior cerrado. El bulbo y una parte del tubo capilar se llenan de mercurio y se hace vacío en la parte restante del tubo. Cuando sube la temperatura, el mercurio y el tubo de vidrio se dilatan. Como el mercurio se dilata más que el vidrio, sube a un nivel más alto dentro del tubo capilar. En el vidrio del tubo se graba una escala para leer las temperaturas.



ESCALAS DE TEMPERATURAS

Para graduar cualquier termómetro se necesitan dos puntos fijos entre los cuales definir la unidad de temperatura. Comúnmente se utilizan el punto de fusión del hielo y el punto de ebullición del agua.

Actualmente se usan tres escalas de temperaturas que son: la Centígrada o Celsius, la de Kelvin o Absoluta y la de Fahrenheit.

Los termómetros se fabrican de forma idéntica, aunque tengan diferentes escalas.

La escala Celsius es usada en Europa continental y los países latinoamericanos en la vida diaria. Ésta da el valor 0°C a la temperatura de fusión del hielo y 100°C a la de evaporación del agua (figura 3).

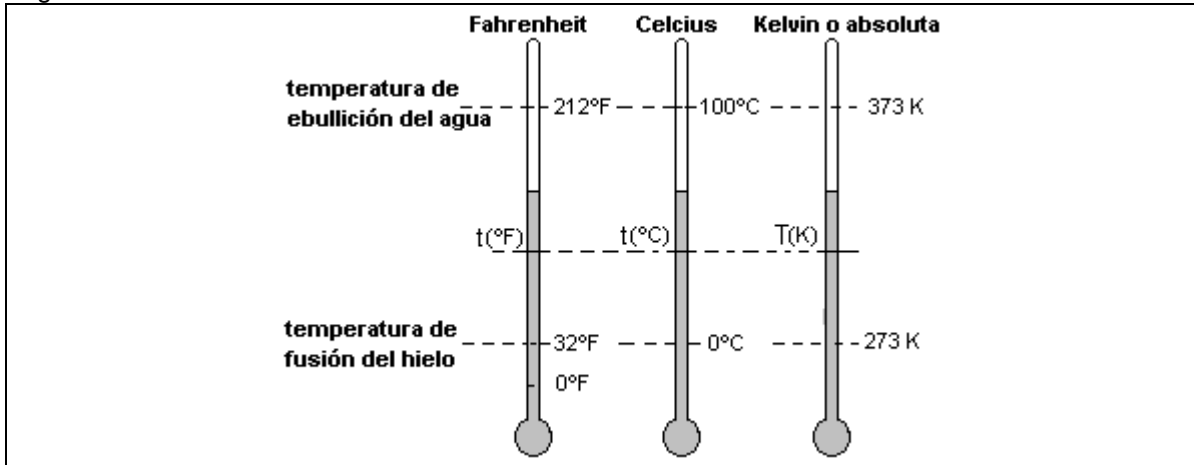
La escala Kelvin es usada en todo el mundo para medidas científicas, ésta tiene en cuenta que existe una temperatura mínima posible, que corresponde al estado de reposo de las moléculas que componen un cuerpo y le asigna el valor 0 K (cero absoluto) quedando así determinado el valor 273K para la temperatura de fusión del hielo y 373K para la de evaporación del agua. De esta manera el 0 K coincide con -273 °C.

Por último la escala Fahrenheit, que se usa en la vida diaria en los EE.UU. y en el Reino Unido, asigna los valores 32°F y 212°F para los puntos de fusión del hielo y evaporación del agua.

Para graduar un termómetro, se pone el bulbo dentro de una mezcla de hielo y agua y se marca en el tubo la altura a que llega el mercurio. Después se coloca en vapor que se desprende del agua hirviendo y se señala el nuevo nivel. Estas dos marcas determinan los puntos fijos de las escalas, que se vaya a usar después.

Entre la temperatura de fusión del hielo y la de ebullición del agua, hay un intervalo de 100 grados en las escalas Celsius y Kelvin (por eso son centígradas), y de 180 grados en la escala Fahrenheit. La relación de estos números es de 5/9, lo cual nos hace ver que un aumento de temperatura de 5°C o 5K equivale a una elevación de 9°F.

Figura 3



Si se tiene en cuenta que el 0°C coincide con el 32°F, fácilmente podemos deducir las siguientes relaciones.

Relaciones entre unidades:

$$t(^{\circ}F) = \frac{9^{\circ}F}{5^{\circ}C} t(^{\circ}C) + 32^{\circ}F$$

$$t(^{\circ}C) = [t(^{\circ}F) - 32^{\circ}F] \frac{5^{\circ}C}{9^{\circ}F}$$

$$T(K) = t(^{\circ}C) + 273$$

Obsérvese que la temperatura absoluta se indica con T mayúscula y por supuesto su unidad es el Kelvin.

Termómetros Eléctricos

Si se va a medir una temperatura muy baja o muy alta, deben emplearse otros termómetros distintos al de mercurio.

A temperaturas inferiores a -39°C el mercurio se solidifica y a temperaturas altas se funde el vidrio. Para estas temperaturas extremas se usan corrientemente termómetros eléctricos. Este instrumento opera basándose en el principio de que la resistencia que un alambre opone al paso de la corriente.

Termómetro clínico o de máxima

Los termómetros convencionales miden la temperatura de un cuerpo en cada instante, es decir, si la temperatura sube el termómetro lo registra y si baja, la columna de mercurio desciende. En muchas oportunidades esto es un inconveniente. Por ejemplo si se desea registrar la máxima temperatura que ha alcanzado un sistema durante un período de tiempo. También si se desea medir la temperatura de una persona tenemos el problema de que al retirarle el termómetro este deja de estar en contacto con el cuerpo y se pone en contacto con el aire que está a una temperatura menor y por lo tanto la columna bajará.

Para estos y otros muchos casos se utilizan los llamados termómetros de máxima que cuentan con un estrechamiento en el tubo capilar por encima del bulbo. Esto impide que la columna de mercurio baje. Para ser utilizado nuevamente debe forzarse el descenso de la columna lo que se logra con unos cuantos sacudones.

Pirómetro Óptico

Cuando se deben medir temperaturas muy altas, por ejemplo la temperatura de un horno que se utiliza para fundir metales o vidrio, se utilizan instrumentos llamados pirómetros ópticos que se basan en el hecho que a altas temperaturas los cuerpos emiten luz y el brillo de esa luz depende de la temperatura a la que se encuentra. Mediante un anteojito especial se compara la luz emitida por el cuerpo al que se le desea

medir la temperatura, con el brillo emitido por un filamento de platino que se pone incandescente por acción de una corriente eléctrica que puede variarse a voluntad. Cuando el filamento se hace invisible significa que la temperatura de este y cuerpo es la misma. Midiendo la intensidad de corriente que circula por el filamento se obtiene la temperatura, debido a que serán proporcionales.

Termómetro digital

Es muy común hoy en día ver termómetros digitales. En ellos dos hilos de metales distintos se encuentran soldados en uno de sus extremos. Cuando la temperatura varía a uno y otro lado de la soldadura se genera proporcionalmente en el alambre una diferencia de potencial (Voltaje) a partir del cual un microprocesador indica el valor de la temperatura en el display.

PROBLEMAS RESUELTOS :

Problema Ejemplo 1:

En una película norteamericana el protagonista hace referencia a la temperatura de un bloque de hielo y dice que es de 14° . ¿Habrá un error en la traducción? ¿Cuál es la temperatura del bloque?

Solución:

Si presuponemos que no hay error en la traducción entonces el problema está en otro lado. Leyendo atentamente el enunciado del problema notaremos que no se indicó de qué tipo de grado se está hablando y teniendo en cuenta que es una película de origen anglosajón podemos suponer que se trata de grados Fahrenheit. Si es así, al pasar su valor a grados Celsius deberíamos obtener un valor inferior a cero. Veamos:

Según lo deducido

$$t(^{\circ}C) = [t(^{\circ}F) - 32^{\circ}F] \cdot \frac{5^{\circ}C}{9^{\circ}F} = [14 - 32^{\circ}F] \cdot \frac{5^{\circ}C}{9^{\circ}F} = -10^{\circ}C$$

Como siempre, el no indicar las unidades puede traernos problemas.

Problema Ejemplo 2:

¿A qué temperatura un termómetro graduado en escala Fahrenheit indica el mismo valor numérico que uno graduado en escala Celsius?

Solución:

Para solucionar este problema tenemos que tener en cuenta que $t(^{\circ}C) = t(^{\circ}F)$ y por lo tanto

$$t(^{\circ}C) = [t(^{\circ}F) - 32^{\circ}F] \cdot \frac{5^{\circ}C}{9^{\circ}F}$$

$$t(^{\circ}F) = \frac{9^{\circ}F}{5^{\circ}C} \cdot t(^{\circ}C) + 32^{\circ}F$$

Cuando se cumpla la condición de igualdad, el valor numérico para ambas escalas será el mismo por lo tanto podemos prescindir de las unidades

$$[t - 32] \frac{5}{9} = \frac{9}{5}t + 32$$

Para despejar t realizamos los siguientes pasos:

$$\begin{aligned} t - 32 &= \left[\frac{9}{5}t + 32 \right] \frac{9}{5} \Rightarrow t - 32 = \frac{9}{5} \cdot t \cdot \frac{9}{5} + 32 \cdot \frac{9}{5} \Rightarrow t - 32 = \frac{81}{25} \cdot t + \frac{288}{5} \Rightarrow \\ \Rightarrow t &= \frac{81}{25} \cdot t + \frac{288}{5} + 32 \Rightarrow t - \frac{81}{25} \cdot t = \frac{288}{5} + 32 \Rightarrow -\frac{56}{25} \cdot t = \frac{448}{5} \Rightarrow -t = \frac{448}{5} \cdot \frac{25}{56} \Rightarrow \\ &t = -40 \end{aligned}$$

Queda claro que pueden ser $-40^{\circ}F$ o $-40^{\circ}C$, pues a esta temperatura los dos termómetros indicarán el mismo valor.

Responder

1- ¿Todos los termómetros dan el mismo resultado cuando se trata de medir la temperatura de un mismo cuerpo ?

2- ¿Un termómetro de mercurio puede medir cualquier temperatura si se lo fabrica adecuadamente?

3- Un aumento de temperatura de una sustancia está asociado a un aumento de velocidad de las moléculas que la componen ¿Esto indica el aumento de algún tipo de energía que hayamos estudiado?

4- Existirá alguna temperatura en la que un termómetro graduado en escala Celsius indique el mismo valor numérico que uno graduado en escala Kelvin?

EJERCICIOS Y PROBLEMAS

- ¿Qué diferencia puede establecer entre átomos y moléculas?
- De algún ejemplo en el que la naturaleza se encarga de transformar la materia en sus tres estados.
- A Juancito Pérez se le ocurrió inventar un termómetro cuyos puntos fijos son : para la fusión del hielo 40°JP y para la ebullición del agua 240°JP . ¿Cuántos grados JP marcará el termómetro de Juancito Pérez un día en el que un termómetro en grados centígrados marca 20°C ?. Justificar la respuesta.
- Un termómetro centígrado muestra una temperatura de 75°C . ¿Cuál debe ser la lectura Fahrenheit en el mismo lugar?
- ¿Completar en la siguiente tabla qué valor de temperatura centígrada equivale a cada una de las temperaturas Fahrenheit

86°F	122°F	158°F	176°F	400°F

- ¿Completar en la siguiente tabla qué valor de temperatura Fahrenheit equivale a cada una de las temperaturas centígrada

65,5°C	35°C	168,5°C	-15°C	-120°C

- ¿Completar en la siguiente tabla qué valor de temperatura centígrada equivale a cada una de las temperaturas Kelvin

87C	129C	358C	427C	222C

- ¿Completar en la siguiente tabla qué valor de temperatura Kelvin equivale a cada una de las temperaturas centígrada

155K	53K	5K	42K	252K

- Se coloca un termómetro en el espacio vacío entre la Tierra y el Sol, ¿La temperatura de qué cosa indica dicho termómetro? Justificar la respuesta.

Respuestas

DILATACIÓN TÉRMICA DE SÓLIDOS

Cuando un objeto se calienta, ya sea sólido, líquido o gaseoso, en general se dilata. Hay muy pocas excepciones a esta regla. Si tomamos una varilla de hierro de un metro de longitud y comenzamos a calentarla desde 0°C hasta 500°C observamos que cada 100° que aumenta su temperatura, la longitud aumenta 1,4 mm. Esto nos indica que existe una relación directamente proporcional entre la variación de la temperatura Δt y la variación de la longitud Δl . Por otra parte, es evidente que si la varilla tuviera 2 m se dilataría el doble pues sería como dos varillas de 1 m una a continuación de la otra. Por lo tanto, podemos concluir que la variación en la longitud de la varilla también será directamente proporcional a su longitud inicial (l_0):

$$\Delta l \propto l_0 \cdot \Delta t$$

Si se realiza el experimento con otras sustancias se observa que si bien la dilatación sigue siendo directamente proporcional a la longitud inicial y a la variación de temperatura, la proporción es otra.

Hay muchos casos en los trabajos de ingeniería, donde la dilatación de los sólidos es un factor de importancia en el diseño y construcción de máquinas o edificios. Esto es particularmente cierto en la construcción de puentes, y vías de ferrocarril.

Se dejan pequeños intervalos en cada unión de las vías férreas para considerar la dilatación del material, porque en el verano los rieles al dilatarse cierran estos huecos. Si los intervalos no son suficientemente grandes en el invierno, el riel se podrá deformar al llegar el verano y provocar serios accidentes. Cuando los rieles se contraen en invierno y esos espacios se hacen más anchos, producen bastante ruido al pasar sobre ellos el tren.

Coefficiente de dilatación lineal

Para definir esta magnitud consideraremos cuerpos en los que la longitud predomine sobre el resto de sus dimensiones

El coeficiente lineal de dilatación térmica de una sustancia se representa con la letra griega lambda (λ) y es una magnitud escalar que se obtiene como el cociente entre la variación en la longitud que experimenta un cuerpo de dicha sustancia, su longitud inicial y la variación de la temperatura

$$\lambda = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta t}$$

En ésta ecuación, Δl representa la variación de longitud, $\Delta l = l_f - l_0$ donde l_0 es la longitud inicial del cuerpo, l_f es la longitud final y Δt representa la variación de temperatura, $\Delta t = t - t_0$

Las unidades de esta magnitud serán:

$$[\lambda] = \frac{m}{m \cdot ^\circ C} = \frac{1}{^\circ C} = ^\circ C^{-1}$$

Tengamos claro que **el coeficiente de dilatación lineal de un sólido indica cuál será la variación en su longitud por unidad de longitud y por unidad de temperatura**. Es decir que si el coeficiente es $17 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ C^{-1}$ significa que cada metro de ese material se dilatará $17 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ cuando su temperatura varíe en $1^\circ C$

Teniendo en cuenta nuestra definición, puede calcularse la dilatación lineal de cualquier objeto hecho del mismo material para cualquier cambio de temperatura con la siguiente ecuación:

$$\Delta l = \lambda \cdot l_0 \cdot \Delta t$$

Remplazando:

$$l_f - l_0 = \lambda \cdot l_0 \cdot \Delta t \quad \Rightarrow \quad l_f = l_0 + \lambda \cdot l_0 \cdot \Delta t$$

Sacando factor común l_0 queda:

$$l_f = l_0 \cdot (1 + \lambda \cdot \Delta t)$$

Expresión que nos permite calcular la longitud final de un objeto.

La expresión $(1 + \lambda \cdot \Delta t)$ se denomina binomio de dilatación lineal.

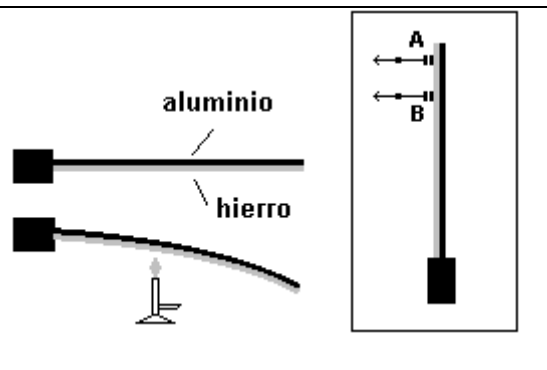
COEFICIENTES LINEALES DE DILATACIÓN TÉRMICA (en $^{\circ}\text{C}^{-1}$)	
MATERIAL	λ ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Aluminio	$25 \cdot 10^{-6}$
Acero	$12 \cdot 10^{-6}$
Bronce	$17 \cdot 10^{-6}$
Cobre	$17 \cdot 10^{-6}$
Cuarzo	$3 \cdot 10^{-6}$
Hierro	$14 \cdot 10^{-6}$
Oro	$11 \cdot 10^{-6}$
Pino (veta a lo largo)	$9 \cdot 10^{-6}$
Pino (veta cruzada)	$11 \cdot 10^{-6}$
Platino	$0,4 \cdot 10^{-6}$
Vidrio común	$5 \cdot 10^{-6}$
Vidrio pirex	$3 \cdot 10^{-6}$

Dilatación Diferencial

Algunos metales, como el bronce y el aluminio, se dilatan dos veces más que otros como el hierro y el platino.

Esta diferencia en la dilatación permite la construcción de una cinta bimetálica como la de la figura 4. Se colocan dos cintas delgadas de diferentes metales una junto a la otra, y se sueldan a lo largo. Cuando se calienta, un metal se dilata más que el otro, haciendo que la cinta se flexione. Cuanto más se calienta mayor es su flexión. Cuando se enfría hasta su temperatura original, la cinta vuelve a quedar recta y si se enfría más, se flexiona en dirección opuesta.

Figura 4: La dilatación observada en este experimento, tiene muchas aplicaciones prácticas en la industria, las cintas bimetálicas son usadas, por ejemplo, en la construcción de Módulos intermitentes para balizas, termostatos para refrigeradores, termotanques y radiadores de automóviles, etc. Un termostato eléctrico es un interruptor automático que permite abrir o cerrar un circuito. Cuando la temperatura está en un determinado valor permanece cerrado y circula la corriente eléctrica y cuando llega a otro, se abre interrumpiendo la circulación.



Dilatación de superficie y de volumen

Cuando se eleva la temperatura de un alambre, no solo aumenta de longitud sino también aumentan su diámetro y sección transversal. Cuando se calienta un disco, aumenta de radio y área, mientras que en una esfera o un cubo aumenta su volumen. En sustancias isotrópicas, como el cobre, la dilatación lineal, tiene lugar del mismo modo en todas direcciones. En las sustancias anisótropas, como la madera, la dilatación perpendicular a la veta es muy diferente a la dilatación paralela a la misma.

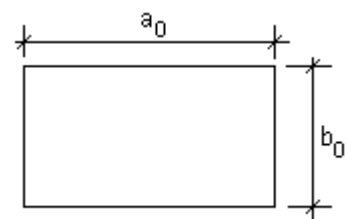
Para encontrar el aumento de área o de volumen de estos materiales debe aplicarse en cada dirección por separado la fórmula de la dilatación lineal. Se puede aplicar el mismo procedimiento a las sustancias isotrópicas, cosa que haremos a continuación:

Supongamos una chapa rectangular de lados a_0 y b_0 . Su superficie viene dada por la siguiente expresión:

$$S_0 = a_0 \cdot b_0$$

Si la calentamos alcanzará una superficie S_f que será el producto entre las longitudes de sus nuevos lados a_f y b_f :

$$S_f = a_f \cdot b_f$$



Pero:

$$a_f = a_0 \cdot (1 + \lambda \cdot \Delta t)$$

$$b_f = b_0 \cdot (1 + \lambda \cdot \Delta t)$$

Remplazando:

$$S_f = a_0 \cdot (1 + \lambda \cdot \Delta t) \cdot b_0 \cdot (1 + \lambda \cdot \Delta t)$$

$$S_f = S_0 \cdot (1 + \lambda \cdot \Delta t)^2 = S_0 \cdot (1 + 2\lambda \cdot \Delta t + \lambda^2 \cdot \Delta t^2)$$

Si tenemos en cuenta que λ es un número muy pequeño, al elevarlo al cuadrado su valor hace que el último término de la ecuación sea despreciable frente a los demás, por lo tanto para la dilatación superficial de un medio isótropo nos queda:

$$S_f = S_0 \cdot (1 + 2 \cdot \lambda \cdot \Delta t) \quad \text{ó} \quad \Delta S = S_0 \cdot 2 \cdot \lambda \cdot \Delta t$$

donde es S_0 el área original, ΔS el aumento del área, λ el coeficiente de dilatación lineal y Δt el aumento o disminución de la temperatura.

Para la dilatación volumétrica de un medio isótropo puede hacerse una deducción similar y entonces nos queda:

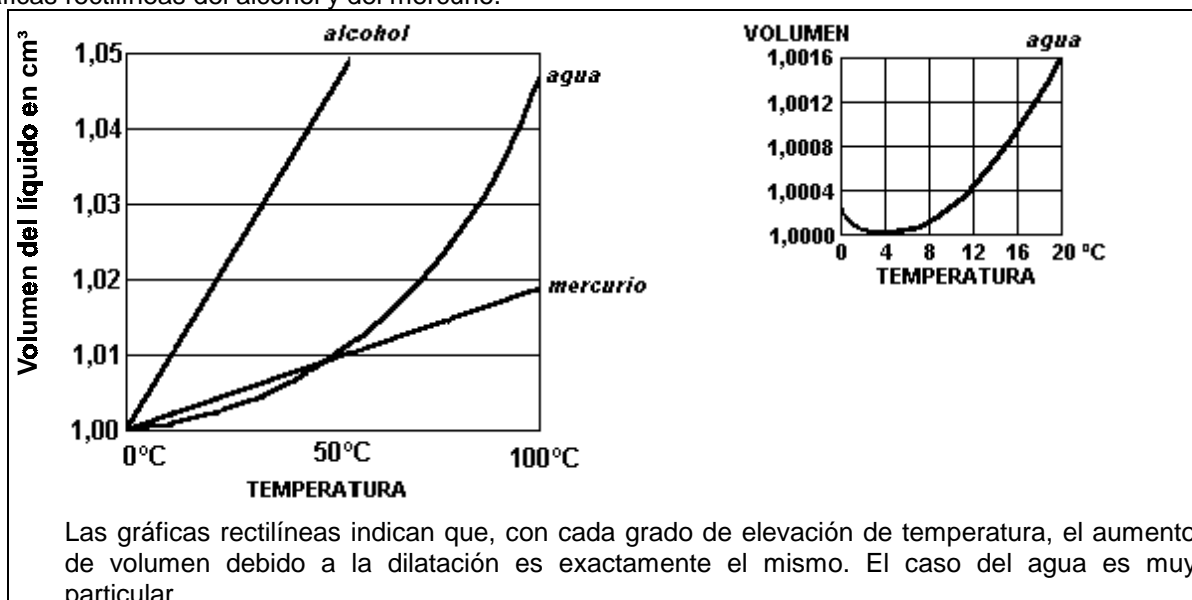
$$\Delta V = V_0 \cdot 3 \cdot \lambda \cdot \Delta t \quad \text{ó} \quad V_f = V_0 \cdot (1 + 3 \cdot \lambda \cdot \Delta t)$$

La cavidad de una esfera hueca o de un recipiente, se dilata como si fuese una pieza maciza del mismo material.

DILATACIÓN TÉRMICA DE LOS LÍQUIDOS

La medida precisa de la dilatación de los líquidos con la elevación de la temperatura, se hace difícil por la dilatación simultánea del recipiente que lo contiene.

Se puede vencer esta dificultad y es entonces que la mayoría de los líquidos, al igual que los sólidos, se dilatan en una cantidad que es proporcional al aumento de temperatura. Esto se ilustra por las gráficas rectilíneas del alcohol y del mercurio.



A la constante de proporcionalidad entre el aumento de volumen por unidad de volumen y de temperatura se la denomina **coeficiente volumétrico de dilatación térmica**.

La dilatación volumétrica para los líquidos que se comportan como el mercurio y el alcohol, se obtiene con una ecuación que tienen la misma forma que la usada para los sólidos.

$$\Delta V = V_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t \quad \text{ó} \quad V_f = V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

donde α es el coeficiente de dilatación volumétrico.

Entre límites de temperatura muy separados, los líquidos no se dilatan siguiendo una ley lineal. En realidad, su gráfico se desvía ligeramente hacia arriba, indicando un aumento más rápido de volumen a altas temperaturas. Para algunos líquidos, el alejamiento de la recta en su gráfico es muy diferente.

Empezando en la temperatura de congelación del agua a 0°C y calentándola lentamente el agua se contrae hasta que llega a la temperatura de 4°C y luego se dilata. A 4°C , en que llega a su volumen mínimo, alcanza su máxima densidad.

COEFICIENTE VOLUMÉTRICO DE DILATACIÓN DE LÍQUIDOS	
Líquido	α por $^{\circ}\text{C}$
Alcohol	11×10^{-4}
Glicerina	$5,3 \times 10^{-4}$
Mercurio	$1,8 \times 10^{-4}$
Trementina	$10,5 \times 10^{-4}$
Obsérvese que el coeficiente de dilatación de los líquidos es mucho mayor que el de los sólidos	

La vida bajo los lagos helados

Cuando el aire frío en la superficie de la tierra enfría el agua del lago, hace que se contraiga aumentando su densidad y, por lo tanto se dirige hacia el fondo del lago dejando que el agua más caliente suba. Esto sucede hasta que el agua alcanza la temperatura de 4°C . En este punto alcanza su máxima densidad y si se sigue enfriando se hace menos densa quedándose en la superficie hasta congelarse. Este hecho permite que la vida continúe bajo los hielos pues el agua allí se encuentra a 4°C .

PROBLEMAS RESUELTOS:

Problema ejemplo 3

Un cable de cobre tiene una longitud de 15m, cuando la temperatura ambiente es de 20°C . Si al circular una corriente eléctrica por el se calienta a una temperatura de 420°C . ¿Cuánto se alargará?

Solución:

Para resolver este problema aplicamos la ecuación que permite calcular la dilatación lineal de un sólido y buscamos en la tabla el coeficiente de dilatación del cobre :

$$\lambda = 17 \cdot 10^{-6} / ^{\circ}\text{C} \quad \Delta l = l_0 \cdot \lambda \cdot \Delta t \quad \Rightarrow$$

$$\Delta l = 15\text{m} \cdot 17 \cdot 10^{-6} / ^{\circ}\text{C} \cdot (420^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) = 2,55 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{^{\circ}\text{C}} \cdot 400^{\circ}\text{C} = 0,102\text{m}$$

Obsérvese la simplificación de unidades. El alambre se dilatará 10,2 cm

Problema ejemplo 4

Un vaso de precipitado de vidrio pirex que tiene una capacidad de 2000 cm^3 está completamente lleno de alcohol a una temperatura de 0°C . Calcular cuanto alcohol se derramará al calentarlo hasta 70° si se supone que la evaporación es despreciable.

Solución:

Tengamos claro que al calentarse se dilatarán tanto el vaso como el alcohol pero debido a que el coeficiente de dilatación del alcohol es en el orden de 100 veces mayor que el del vidrio, se derramará. Según las tablas los coeficientes de dilatación son:

$$\lambda_A = 11 \cdot 10^{-4} / ^{\circ}\text{C} \quad \text{y} \quad \lambda_V = 3 \cdot 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$$

Calcularemos primero cuanto se dilata el recipiente para saber cual es su capacidad a 70°C . En este cálculo no debemos olvidarnos que el coeficiente de dilatación lineal está multiplicado por tres debido a que se trata de un volumen.

$$\Delta V_V = V_0 \cdot 3\lambda \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta V_V = 2000\text{cm}^3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 70^\circ\text{C} = 1,26\text{cm}^3$$

Calculamos ahora la dilatación que sufre la masa de alcohol.

$$\Delta V_A = V_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta V_A = 2000\text{cm}^3 \cdot 11 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 70^\circ\text{C} = 154\text{cm}^3$$

El alcohol derramado podemos calcularlo haciendo la diferencia entre lo que se dilató el alcohol y lo que se dilató el recipiente.

$$V_{\text{derramado}} = \Delta V_A - \Delta V_V = 154\text{cm}^3 - 1,26\text{cm}^3 = 152,74\text{cm}^3$$

Se derraman $152,74 \text{ cm}^3$ de alcohol.

Responder:

1- ¿Qué sucedería si en lugar de calentar el vaso y alcohol de se enfriaran hasta -30°C ?

.....

.....

.....

2- ¿Podría hacerse el mismo cálculo si en lugar de alcohol se tratara de agua?

.....

3- Si la temperatura se me hubiera indicado en $^\circ\text{F}$ ¿cómo debería proceder para resolver el problema?

.....

4- Si en lugar de un vaso de precipitado se hubiera tratado de un cilindro macizo de vidrio pirex del mismo tamaño, Cuánto se habría dilatado?

.....

5- ¿ Por qué razón se aclara en el problema que la evaporación es despreciable?

.....

Preguntas y problemas propuestos

10- Si una lámina de metal que tiene un agujero se dilata, ¿ se hace el agujero más grande o más pequeño?

11- Si el mercurio y el cristal tuvieran el mismo coeficiente de dilatación, ¿ podría construirse un termómetro de mercurio ?

12- ¿ Por qué el agua de los lagos se congela sólo en la superficie, mientras que en el fondo permanece en estado líquido?

13- La longitud de una columna de mercurio de un termómetro es de 4 cm cuando el termómetro se sumerge en agua con hielo y 24 cm cuando el termómetro se coloca en agua hirviendo.

a-¿ Cuál es su longitud cuando se lo coloca en una habitación a 22°C .

b-Si cuando se introduce el termómetro en un líquido la columna alcanza una altura de 25,4 cm. ¿ Cuál es la temperatura del líquido ?

14- Calcular la variación de longitud de un cable de latón ($\lambda = 2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) de 10 metros. cuando su temperatura pasa de 20°C a 70°C .

15- Demostrar que para un sólido la dilatación volumétrica puede calcularse como: $\Delta V = V_0 \cdot 3 \cdot \lambda \cdot \Delta t$ (Sugerencia: partir de un cuerpo con forma de prisma rectangular de aristas a_0 , b_0 y c_0)

16- Un recipiente de cinc ($\lambda_{zn} = 2,9 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) está lleno de glicerina a 100°C , teniendo una capacidad de 10 litros a esa temperatura. Si se enfría hasta 0°C , calcular la el volumen de glicerina a 0°C que hay que añadir para que dicho recipiente quede completamente lleno ($\alpha_{\text{glicerina}} = 5,3 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$).

Respuestas

G A S E S

Un cuerpo en estado gaseoso se caracteriza por ocupar la totalidad del recipiente que lo contiene. En este estado las moléculas se mueven a altísimas velocidades. El choque de éstas con las paredes del recipiente provoca la presión de los gases.

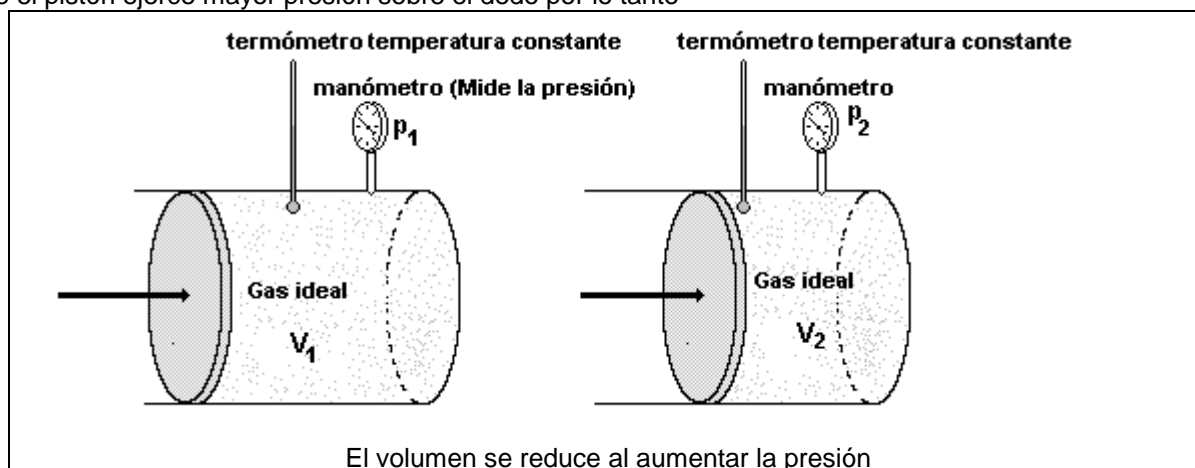
El estado de una masa gaseosa (sistema) queda determinado si se conocen su presión, su volumen y su temperatura (coordenadas de estado del sistema). cuando se modifica el valor de alguna de estas coordenadas se dice que el sistema evoluciona. Si se mantiene constante la presión, al variar la temperatura se modifica el volumen. Esta evolución se denomina isobárica).

Si se mantiene el volumen constante, al variar la temperatura se modifica la presión. (evolución isócara o isométrica),

Trabajaremos con gases que se acercan a la condición de gas ideal, entendiendo por tal el que cumple rigurosamente con la ley de Boyle y Mariote. Esto sucede cuando los gases se encuentran lejos del punto de cambio de estado.

Ley de Boyle y Mariote

Si un gas evoluciona a temperatura constante (evolución isotérmica) se encuentra que al disminuir el volumen la presión aumenta en forma inversamente proporcional, es decir a menor volumen mayor presión. Esto puede verificarse con una jeringa tapada, a medida que introduzcamos el émbolo sentiremos que el pistón ejerce mayor presión sobre el dedo por lo tanto



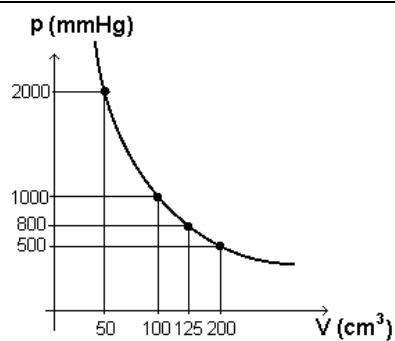
$$p \cdot V = cte.$$

La presión por volumen igual a una constante por lo que para evolucionar de un estado a otro

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

siendo p_1 y V_1 los estados iniciales de presión y volumen y p_2 y V_2 los estados finales.

Al graficar dos ejes cartesianos que representen presión y volumen (diagrama p-V) una evolución isotérmica se obtienen una hipérbola típica de la relación inversamente proporcional. Esta gráfica corresponde a una masa de gas que se encuentra a una temperatura determinada. Para temperaturas mayores la hipérbola se alejará del origen de coordenadas.



Es importante destacar que los gases reales se comportan como ideales siempre y cuando su temperatura se mantenga lejana a la temperatura de cambio de estado.

Evolución Isobárica

Utilizaremos un cilindro con émbolo que se desliza con rozamiento despreciable (figura 4). Este libre desplazamiento permitirá que se produzcan variaciones de volúmenes generadas por variaciones de temperatura. Las indicaciones del manómetro señalarán si la evolución es a presión constante, lo que deberá ser así pues, la fuerza que se aplica sobre el pistón es constante y por lo tanto la presión también.

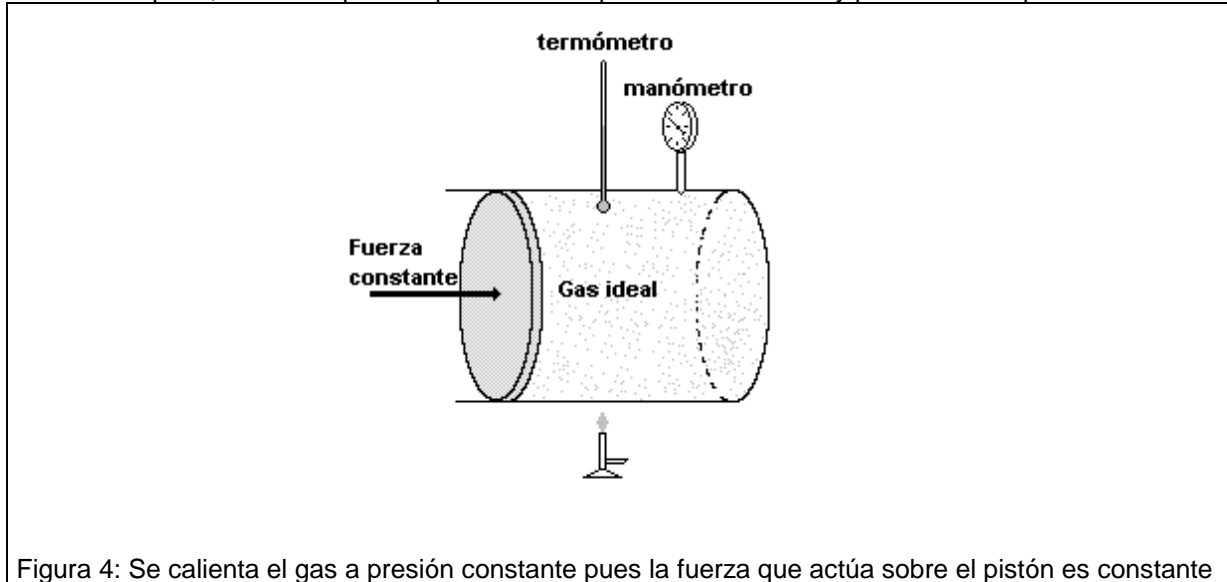


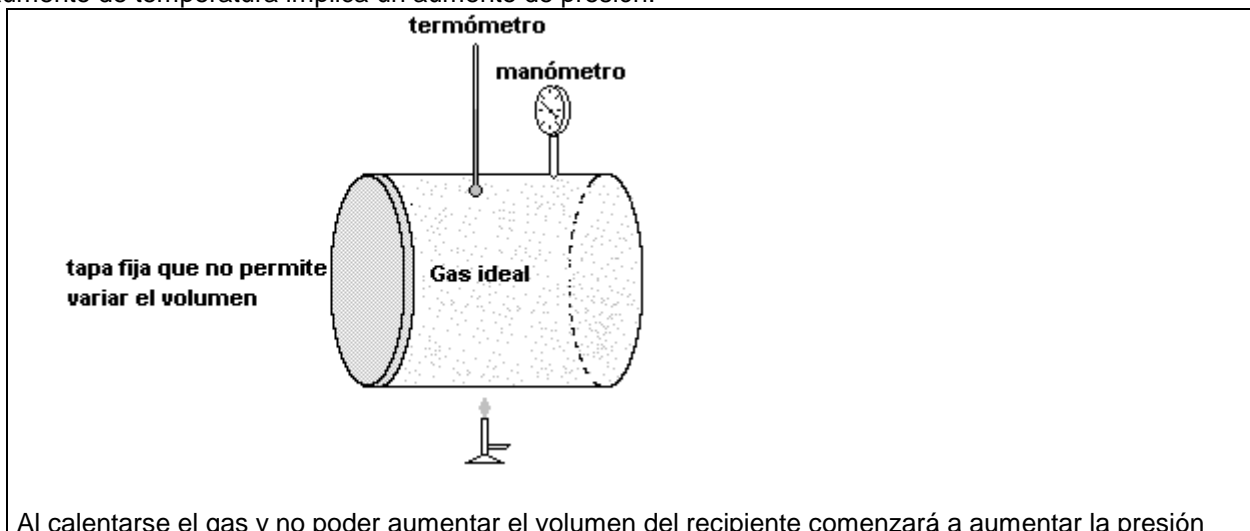
Figura 4: Se calienta el gas a presión constante pues la fuerza que actúa sobre el pistón es constante

Experimentalmente se comprueba que a presión constante el volumen de una masa de gas es directamente proporcional a la temperatura absoluta (es decir medida en grados Kelvin).

$$\frac{V}{T} = cte \quad \Rightarrow \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Evolución Isocora

Si se cierra un gas en un recinto hermético que posee un manómetro podrá comprobarse que un aumento de temperatura implica un aumento de presión.



Al calentarse el gas y no poder aumentar el volumen del recipiente comenzará a aumentar la presión

Experimentalmente se comprueba que a volumen constante la presión de una masa de gas es directamente proporcional a la temperatura absoluta.

$$\frac{P}{T} = cte \quad \Rightarrow \quad \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Estas conclusiones se conocen con el nombre de LEYES DE GAY LOUSSAC Y CHARLES.

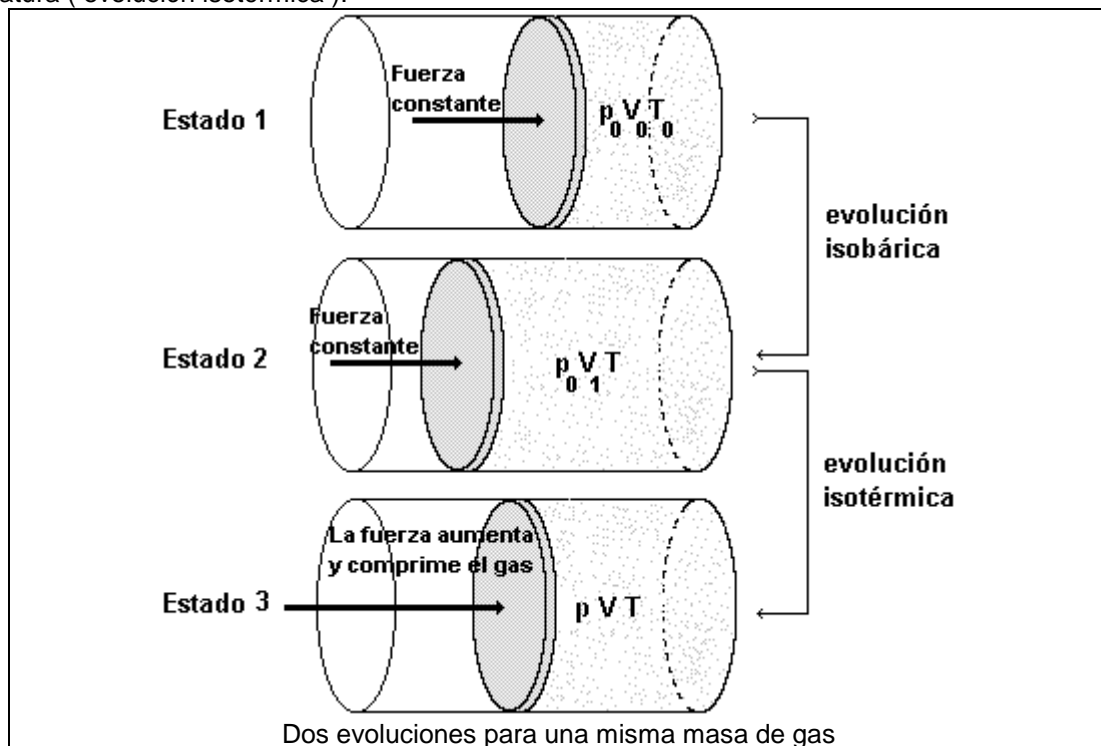
ECUACIÓN GENERAL DE ESTADO DEL GAS IDEAL

¿Existirá alguna ley general que relacione las tres variables de estado?

La respuesta es afirmativa, tal relación existe y puede deducirse. Consideremos para ello dos evoluciones sucesivas de una misma masa gaseosa.

Primero calentaremos lentamente el gas ideal contenido en el cilindro de la figura y haciendo que una fuerza constante actúe sobre el pistón de manera que la presión permanezca constante. El pistón que se desliza con rozamiento despreciable, se desplaza y el volumen del gas aumenta. (evolución isobárica)

Luego de llegar al estado (2), se deja de calentar el gas y el sistema se pone en equilibrio. Ahora se aumenta lentamente la fuerza aplicada sobre el pistón de manera que el gas se comprima sin variar su temperatura (evolución isotérmica).



Del estado (1) al estado (2) siendo la evolución isobárica, se puede escribir según la primera ley de Gay Loussac:

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_1}{T_1} \quad (1)$$

Y del estado (2) al estado (3), la evolución es isotérmica, por lo tanto, según la ley de Boyle:

$$V_1 \cdot p_0 = V \cdot p \quad (2)$$

Si despejamos V_1 de las ecuaciones (1) y (2) e igualamos:

$$\frac{V \cdot p}{p_0} = \frac{T \cdot V_0}{T_0}$$

Agrupando nos queda la denominada ecuación general de estado de los gases ideales:

$$\frac{p \cdot V}{T} = \frac{p_0 \cdot V_0}{T_0} \quad (3)$$

La masa atómica es una cantidad relativa que relaciona la masa de un átomo de cualquier elemento con la del carbono a la que se le da el valor 12, de esta manera, el átomo de oxígeno pasa a tener el valor 16, el de hidrógeno 1, etc. Dado que una molécula esta formada por la unión de átomos, puede definirse la masa molecular de una sustancia como la suma de las masas atómicas de los átomos que componen una molécula de dicha sustancia. Por ejemplo la masa molecular de la molécula de oxígeno será 32, ya que

contiene dos átomos O₂ y la masa molecular del agua será 18, ya que contiene dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno H₂O. En el caso de las moléculas monoatómicas (gases inertes como el helio, el argón, etc.) la masa atómica coincide con la masa molecular.

El físico italiano Amadeo Avogadro (1776-1856) descubrió que si se toma una cantidad de sustancia en gramos, numéricamente igual a su masa molecular (M), dicha cantidad contiene exactamente 6,02 · 10²³ moléculas, independientemente de qué sustancia se trate. A esta cantidad de sustancia se la denomina “mol” y es otra forma de medir la masa de una sustancia.

Según la hipótesis de Avogadro, un mol de cualquier gas que se comporte como ideal, ocupa en condiciones normales de presión y temperatura (CNPT = 1 atm y 0 °C), un volumen de 22,4 l.

Si de la ecuación deducida los subíndices cero hacen referencia a CNPT, teniendo en cuenta que $V_0 = n \cdot V'_0$, siendo n el número de moles y V'_0 el volumen de un mol en CNPT, resulta:

$$\frac{V \cdot p}{T} = n \cdot \frac{V'_0 \cdot p_0}{T_0} \Rightarrow \frac{V'_0 \cdot p_0}{T_0} = \frac{22,4 \frac{l}{mol} \cdot 1 atm}{273 K} = 0,082 \frac{l \cdot atm}{mol \cdot K}$$

Este valor constituye la constante universal de los gases ideales que se indica con la letra “R”.

$$R = 0,082 \frac{l \cdot atm}{mol \cdot K}$$

Luego:

$$\boxed{\frac{V \cdot p}{T} = n \cdot R} \Rightarrow \boxed{p \cdot V = n \cdot R \cdot T} \quad (4)$$

¿Por qué vuelan los globos aerostáticos?

Cuando el quemador que poseen los globos calienta el aire en su interior, aumenta la energía cinética molecular de manera que, al tener mayor velocidad, el número de choques contra las paredes del globo aumenta, y por lo tanto la presión. Para que la presión en el interior del globo se equilibre con la atmosférica, el número de moles de aire dentro del globo debe disminuir y por eso parte del aire sale del globo por el orificio inferior. De esta manera el peso específico del aire en el interior se hace menor que en el exterior y el globo flota en la atmósfera de la misma manera que un corcho flota en el agua.



PROBLEMAS RESUELTOS:

Problema Ejemplo 5:

Un recipiente contiene 36 l de oxígeno a una presión de 3 atmósferas ¿Cuál será su volumen si la presión aumenta a 27 atm.

Solución

Aplicamos la ley de Boyle y despejamos el volumen en el segundo estado:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$$V_2 = \frac{p_1 \cdot V_1}{p_2} = \frac{3 atm \cdot 36 l}{27 atm} = 4 l$$

Problema Ejemplo 6:

Calcular la densidad de 320 g de oxígeno a la temperatura de 27°C y a la presión de 4 atm.

Solución

Para calcular la densidad es necesario conocer el volumen pues:

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

La masa atómica del oxígeno es 16 y debido a que el oxígeno es biatómico O_2 su masa moléculas es 32 por lo tanto tiene una masa molar de 32 g/mol de manera que el numero de moles:

$$n = \frac{320g}{32 \frac{g}{mol}} = 10mol$$

Ahora podemos aplicar la ecuación general de estado para calcular el volumen que ocupa el gas teniendo en cuenta que, como nos encontramos alejados de las condiciones de cambio de estado, el oxígeno se comporta como gas ideal. La temperatura expresada en K es $T=(27+273)K= 300K$

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad \Rightarrow \quad V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{10 \cdot 0,082 \frac{l \cdot atm}{mol \cdot K} \cdot 300K}{4} = 61,5l$$

Una vez calculado el volumen podemos calcular la densidad:

$$\delta = \frac{m}{V} = \frac{320g}{61,5l} = 5,2 \frac{g}{l}$$

En las condiciones indicadas la densidad del oxígeno es 5,2 g/l

Responder

1. Utilizando un procedimiento análogo al del ejemplo demostrar que en CNPT la densidad del oxígeno es aproximadamente 1,43 g/l . (Pueden tomarse nuevamente 320 g de oxígeno)

.....

.....

.....

.....

2. Si en lugar de oxígeno se tratara de hidrógeno (H_2), teniendo en cuenta que su masa atómica es 1 demostrar que la densidad en CNPT sería aproximadamente 0,089 g/mol.

.....

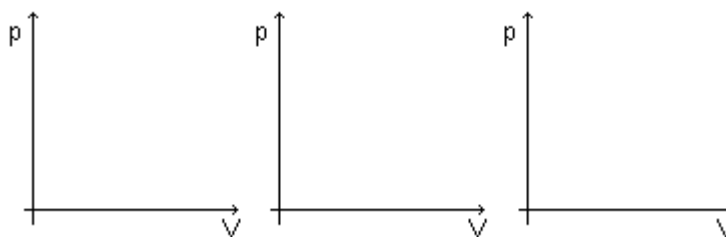
.....

.....

.....

PREGUNTAS Y PROBLEMAS PROPUESTOS

17- Representar en un gráfico de ejes cartesianos donde p sea el eje de ordenadas y V el de abscisas (diagrama pV) una evolución isobárica, otra isotérmica y otra isométrica.



18- ¿Cuántos moles corresponden a un cierto gas cuyo volumen es de 98.4 / a presión de 3 atm. y 127°C de temperatura?

19- Un gas ocupa 1500 cm³ a 22°C y una atmósfera de presión. Calcular el volumen que ocupará a:
 a-47 °C y una atmósfera. b-2 °C y 6 atm. c-62°C y 6 atm.

20- Contestar si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

afirmaciones	VoF
a. El volumen de un gas no depende del recipiente que lo contiene.	
b. Un mol de cualquier gas ocupa siempre 22,4 litros.	
c. No todos los gases se comportan como ideales.	
d. La masa molecular se expresa en gramos.	
e. Una evolución a presión constante es isobárica.	
f. Los líquidos también cumplen con la ley de Boyle y Mariotte.	
g. El oxígeno en determinadas condiciones se comporta como gas ideal.	
h. Una evolución isotérmica se produce a volumen constante.	

Respuestas

E L C A L O R :

Si tomamos dos recipientes de distinto tamaño que contienen agua podremos observar que aunque los dos empiecen a calentarse desde la misma temperatura ambiente y con idénticos mecheros, el que contiene mayor masa de agua tardará más tiempo el llegar a la temperatura de ebullición (100°C). Esto indica que para producir el mismo cambio de temperatura se necesitó mas energía en un caso que en otro. A este tipo de energía, que en este caso entregó la llama del mechero se la denomina **calor**.

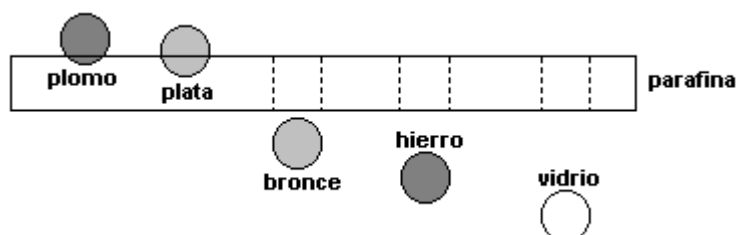
Según la teoría cinética de la materia, los diferentes átomos de que están constituidas todas las sustancias se encuentran en rápido movimiento. Cuando un cuerpo se calienta a más alta temperatura ese movimiento atómico aumenta y el cuerpo se dilata. Cuando el cuerpo se enfría, el movimiento disminuye y el cuerpo se contrae. El conde de Rumford, a fines del siglo XVIII, fue el primero en proponer la teoría de que el calor es una forma de energía. Él supervisaba la fabricación de cañones y observó que al trabajar la herramienta de corte del torno, generaba calor haciendo hervir el agua que se utilizaba para refrigerar la operación.

La Caloría

La diferencia entre la temperatura y la cantidad de calor se ilustra muy bien en el siguiente experimento.

Cinco esferas, todas de la misma masa, pero de diferentes materiales, se calientan en agua hirviendo a la temperatura de 100°C.

Una vez que todas las esferas alcanzan la temperatura del agua se las coloca sobre una placa de parafina (cera de velas) de algunos milímetros de espesor y se deja que se abran camino derritiendo la parafina. Las esferas de vidrio, hierro y bronce la atraviesan rápidamente, pero las esferas de plomo y de plata nunca llegan a atravesarla. Queda demostrado entonces que el contenido de calor de las bolas de vidrio, hierro y bronce aunque estén a la misma temperatura que las otras, es considerablemente mayor que de las de plata y plomo.



Si el calor es una forma de energía la cantidad de calor debe tener por unidad de medida el Joule. Sin embargo, en la práctica es común utilizar para la medición del calor una unidad denominada caloría.

Una caloría es la cantidad de calor que debe entregarse a un gramo de agua pura para que pase de 14,5°C a 15,5°C. Se abrevia "cal".

Si bien una caloría pueda elevar 1 grado centígrado la temperatura de un gramo de agua, es claro que, teniendo en cuenta el experimento descrito con las bolas y la parafina, se necesitará un número diferente de calorías para elevar un grado centígrado la temperatura de un gramo de otras sustancias.

Por ejemplo, para elevar 1°C la temperatura de 1 gramo de hierro, se requieren solo 0,105 cal o para producir el mismo cambio de temperatura en 1 g de aluminio se necesitan 0,22 cal.

Como la caloría es una unidad relativamente pequeña suele utilizarse una supra unidad denominada kilocaloría:

$$1 \text{ Kcal}=1000 \text{ cal}$$

Calor Específico

Es la cantidad de calor que provoca en la unidad de masa una variación unitaria de temperatura. Es decir, es el número de calorías necesarias para elevar 1°C la temperatura de 1 gramo de la sustancia.

Calores específicos de algunas sustancias en cal/g°C			
Sustancia	c	Sustancia	c
Aluminio	0,220	Mercurio	0,033
Bronce	0,092	Oro	0,031
Cobre	0,093	Plata	0,056
Glicerina	0,600	Plomo	0,031
Hielo	0,500	Vidrio	0,160
Hierro	0,105	Zinc	0,092

El calor específico del vidrio es 0,16. Esto significa que a cada gramo de vidrio se le deben entregar 0,16 cal para que su temperatura aumente 1°C.

Ecuación Fundamental De La Calorimetría

Teniendo en cuenta la definición de calor específico resulta sencillo encontrar una expresión que permita calcular la cantidad de calor entregada a una sustancia para elevar su temperatura hasta un cierto valor.

Si indicamos la cantidad de calor con la letra Q, se encuentra el calor entregado a un cuerpo es directamente proporcional a su masa y a la variación de temperatura que experimenta, siendo la constante de proporcionalidad una magnitud escalar que depende de la sustancia con que está constituido el cuerpo y que no es otra cosa que su calor específico. Por lo tanto:

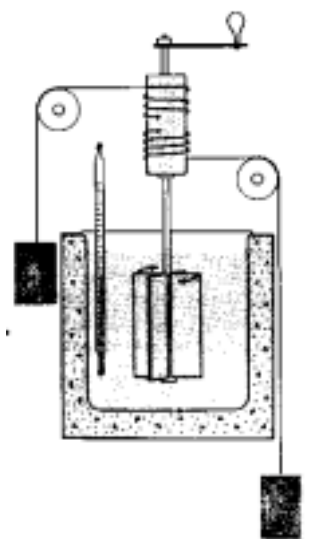
$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t$$

donde "c" es el calor específico de la sustancia , "m" la masa y "Δt" la variación de la temperatura.

Experimento de Joule:

La demostración de la teoría del Conde Rumford fue realizada por James Joule (1818-1889) quien hacia finales de 1830 realizó una serie de experimentos que demostraban que el calor era una forma de energía. Joule verificó que la aparición o desaparición de una cantidad dada de calor está siempre asociada a la desaparición o aparición de otra forma de energía. Así, la energía mecánica puede transformarse en calor a través del trabajo de la fuerza de rozamiento y viceversa, en un motor de combustión o una máquina de vapor el calor se puede transformar en energía mecánica. También la energía eléctrica transportada por una corriente puede transformarse en calor en una resistencia. Con un famoso experimento que consiste en transformar en calor la energía potencial acumulada en unas pesas haciendo que éstas, al descender provoquen la rotación de un eje que tiene unas paletas que agitan el agua contenida en un recipiente térmicamente aislado. El trabajo que las paletas realizan sobre el agua provoca un incremento de temperatura que puede medirse con un termómetro y así, puede demostrarse que la cantidad de calor necesaria para que el agua sufra dicho aumento de temperatura es exactamente igual a la variación de energía potencial de las pesas. En estas condiciones se demuestra que:

$$1 \text{ cal} \cong 4,18 \text{ J}$$



CALORIMETRÍA

Se denomina calorimetría al estudio de la medida de las cantidades de calor.

Teniendo en cuenta el principio de conservación de la energía podemos afirmar que:

- Cuando dos cuerpos intercambian calor sin interactuar con otros cuerpos, la cantidad de calor recibida por cada uno de ellos es igual pero de signo contrario a la cantidad de calor cedida por el otro. Esto significa que la suma de los calores intercambiados es cero.

$$\sum Q_{\text{intercambiados}} = 0$$

- En un sistema aislado el calor pasa espontáneamente de un cuerpo de temperatura más alta a otro cuerpo de temperatura más baja hasta alcanzar el equilibrio térmico.
- La cantidad de calor recibido por un cuerpo durante una cierta transformación es igual a la cantidad de calor cedida para realizar la transformación inversa.

Los Calorímetros

Un recipiente aislado térmicamente (recipiente adiabático) constituye un calorímetro y se utiliza para medir el calor específico de una sustancia. Como vemos en la figura, Son dos vasos separados con una capa de material adiabático (por ejemplo poliuretano expandido) entre ambos. Lo ideal es que la pared interna del vaso interior sea pulida para lograr mayor aislamiento térmico, por razones que más adelante se estudiarán.

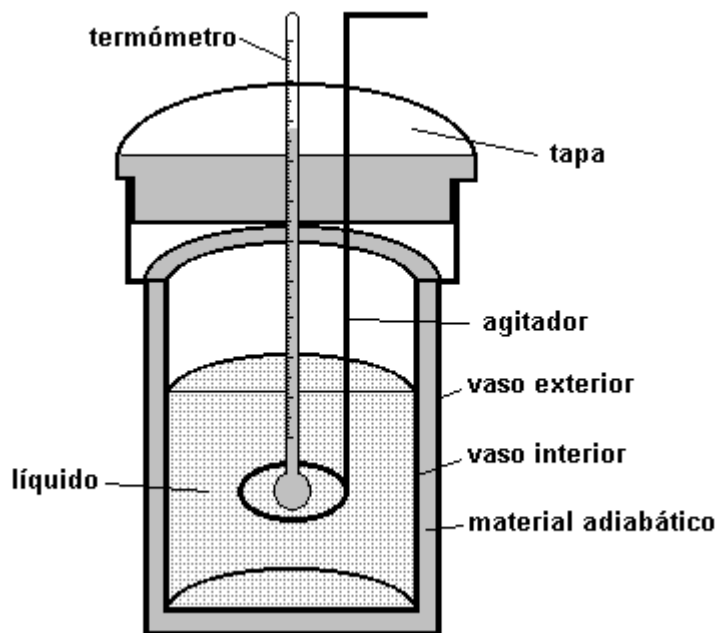
Dentro del calorímetro se coloca agua, cuyo calor específico es exacto pues está dado por definición, contra él se comparará el calor específico de un cuerpo formado por la sustancia de calor específico desconocido y así se obtendrá sus valor. El dispositivo se complementa con un agitador que tiene el fin de apresurar el intercambio de calor entre el cuerpo y el agua y un termómetro que permite medir la temperatura del agua antes de introducir el cuerpo y la temperatura de la mezcla una vez alcanzado el equilibrio térmico.

El procedimiento consiste en calentar el cuerpo de calor específico (c) desconocido, cuya masa (m_c) ha sido medida, hasta una temperatura conocida (t_{0c}), por ejemplo 100°C , esto se logra colocándolo en un recipiente que contenga agua en ebullición.

Una vez que el cuerpo se encuentra a la temperatura deseada, se introduce rápidamente dentro del calorímetro que contiene una masa de agua (m_A) que también se conoce, a una temperatura (t_{0A}) que se mide con el termómetro propio del calorímetro.

Una vez alcanzado el equilibrio térmico se mide la temperatura final de la mezcla (t_f) y se obtiene el calor específico desconocido.

Si el calorímetro es ideal, el recipiente no intercambiará calor con los cuerpos que se introducen en él. Si es real, si lo hará, y se lo deberá considerar como un cuerpo más.



Calorímetro ideal:

En este caso como, dijimos, solo intercambian calor el cuerpo y el agua, por lo tanto:

$$\boxed{\sum Q_{\text{intercambiados}} = 0} \Rightarrow \boxed{Q_{\text{cuerpo}} + Q_{\text{agua}} = 0}$$

Calorímetro real:

En este caso el recipiente, el agitador y el termómetro intercambian calor con el agua y el cuerpo y, por lo tanto, deben ser considerados en los cálculos.

Para obtener el calor específico en el caso del calorímetro real, se tienen en cuenta que ahora son tres los cuerpos que intercambian calor: el cuerpo, el agua y el calorímetro, por lo tanto:

$$\boxed{\sum Q_{\text{intercambiados}} = 0} \Rightarrow \boxed{Q_{\text{cuerpo}} + Q_{\text{agua}} + Q_{\text{calorímetro}} = 0}$$

Equivalente en agua de un calorímetro real:

Todos los elementos que conforman un calorímetro: recipiente, agitador y termómetro; absorben calor. Estos componentes son de distintos materiales y distintas masas lo que hace difícil evaluar la cantidad de calor que intercambian. Por esta razón se define el equivalente en agua del calorímetro de la siguiente manera:

El equivalente en agua de un calorímetro es una masa ficticia de agua que absorbe la misma cantidad de calor que todos los elementos que componen el calorímetro y se lo indica con la letra " π ". Por supuesto que se mide en gramos.

Cada calorímetro tiene su equivalente en agua que se obtiene experimentalmente según un procedimiento que se describirá en el trabajo experimental N° 2.

Los alimentos y las calorías

Diariamente nuestro cuerpo realiza numerosos trabajos, como caminar, correr, hablar, respirar, hacer la digestión, hacer circular la sangre, mantener nuestra temperatura estable en $36,5^{\circ}$, etc. Para todo esto necesitamos energía que incorporamos en forma de alimentos en cada comida. Cada alimento nos provee de una cantidad importante de energía y en muchos de los envases podemos leer la cantidad de Kcal. que dicho producto aporta a nuestra dieta. En general esta energía se expresa en Kcal. cada 100 g, pero en otros países se indica en Kilo Joule por Kg, respetando el sistema internacional de unidades.

P R O B L E M A S R E S U E L T O S :

Problema ejemplo 7

En un calorímetro ideal que contiene 300 g de agua a 20°C se introduce un cuerpo de calor específico desconocido que se encuentra a una temperatura de 100°C y tiene una masa de 800 g. Si la temperatura a la que se establece el equilibrio térmico es 40°C calcular el calor específico del cuerpo.

Solución:

Teniendo en cuenta que se trata de un calorímetro ideal se cumplirá que:

$$\sum Q_{\text{intercambiados}} = 0 \quad \Rightarrow \quad Q_{\text{cuerpo}} + Q_{\text{agua}} = 0$$

Si reemplazamos cada Q por su expresión según la ecuación fundamental de la calorimetría y llamamos: c al calor específico desconocido, c_A al calor específico del agua, m_c a la masa del cuerpo, m_A a la masa de agua, t_{0c} a la temperatura inicial del cuerpo, t_{0A} a la temperatura inicial del agua y t_f a la temperatura final de la mezcla nos queda:

$$c_c \cdot m_c \cdot (t_f - t_{0c}) + c_A \cdot m_A \cdot (t_f - t_{0A}) = 0$$

Despejando c_c se obtiene la expresión que permite el cálculo del calor específico deseado:

$$c_c = \frac{-c_A \cdot m_A \cdot (t_f - t_{0A})}{m_c \cdot (t_f - t_{0c})} = \frac{-1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \cdot 300\text{g} \cdot (40^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})}{800\text{g} \cdot (40^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C})} = 0,125 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}}$$

siendo el calor específico $0,125 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ podría tratarse de manganeso.

Problema ejemplo 8

En un calorímetro real que tiene un equivalente en agua $\pi=20\text{g}$ y contiene 380 g de agua en equilibrio a 10°C , se introduce un trozo de aluminio a 400°C . Si el equilibrio térmico se restablece a una temperatura de 80° , calcular la masa del cuerpo de aluminio.

Solución:

Para obtener masa en el caso del calorímetro real, se tienen en cuenta que ahora son tres los cuerpos que intercambian calor: el cuerpo, el agua y el calorímetro representado por su equivalente en agua, por lo tanto:

$$\sum Q_{\text{intercambiados}} = 0 \quad \Rightarrow \quad Q_{\text{cuerpo}} + Q_{\text{agua}} + Q_{\text{calorímetro}} = 0$$

Si reemplazamos cada Q por su expresión según la ecuación fundamental de la calorimetría:

$$c_c \cdot m_c \cdot (t_f - t_{0c}) + c_A \cdot m_A \cdot (t_f - t_{0A}) + c_A \cdot \pi \cdot (t_f - t_{0A}) = 0$$

Donde π es el equivalente en agua, es decir, es como si el recipiente, el agitador, y el termómetro fueran de agua y π fuera su masa. Por eso, el calor específico considerado en este término es el del agua. Despejamos de aquí la masa del cuerpo y reemplazamos teniendo en cuenta que según la tabla en calor específico del aluminio es $0,22 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$:

$$m_c = \frac{-c_A \cdot m_A \cdot (t_f - t_{0A}) - c_A \cdot \pi \cdot (t_f - t_{0A})}{c_c \cdot (t_f - t_{0c})} = \frac{-1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \cdot 380\text{g} \cdot (80^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) - 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \cdot 20\text{g} \cdot (80^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C})}{0,22 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \cdot (80^{\circ}\text{C} - 400^{\circ}\text{C})} \approx 397,7\text{g}$$

El cuerpo contenía aproximadamente 397,7 g de aluminio.

Responder:

1- Cómo debería ser la relación de las masas del calorímetro, el agitador y el termómetro con respecto a la de los cuerpos que se introducen en él para que pueda considerarse que el calorímetro es ideal:

.....

2- ¿El calor específico de una sustancia puede dar negativo? ¿Qué significaría eso?

.....

.....

3- Se desea medir la temperatura de un cuerpo con un termómetro siendo la masa del termómetro es similar a la del cuerpo. ¿podré realizar la medición en forma precisa? Justifique su respuesta.

.....

.....

4- ¿Por qué razón el agua se utiliza como refrigerante en la mayoría de las máquinas?

.....

.....

P R E G U N T A S Y P R O B L E M A S P R O P U E S T O S :

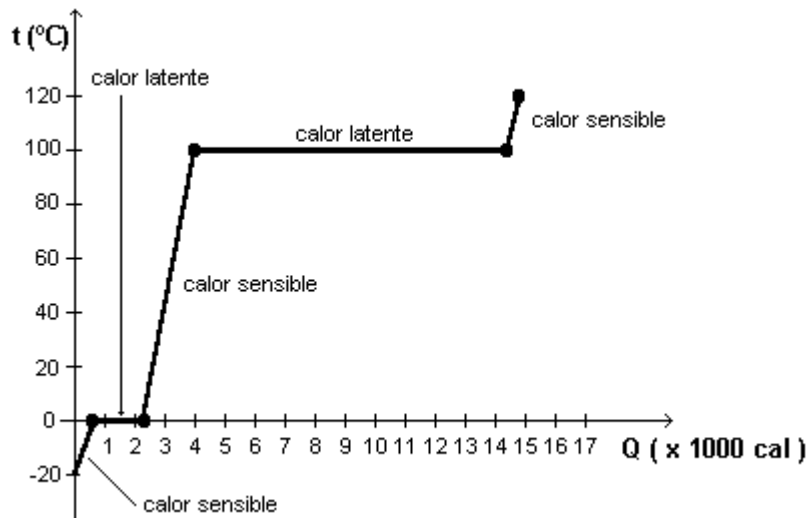
- 21- ¿ Es lo mismo el calor que la temperatura? ¿Por qué?
- 22- Encontrar tres ejemplos prácticos donde alguna forma de energía se transforme en calor.
- 23- En las zonas donde abunda el agua los cambios de temperatura entre el día y la noche son mas leves que en las zonas desérticas. Cómo se relaciona esto con el hecho que el calor específico del agua es 1 cal/g°C y el de la arena es aproximadamente 0,16 cal/g°C.
- 24- Calcular la cantidad de calor en Kcal. que deben ceder 1600 g. de agua que se encuentran a 100 °C para disminuir su temperatura hasta 10 °C.
- 25- Un cuerpo de 200 g. absorbe 1200 cal. y su temperatura aumenta de 10°C a 90°C. Determinar el calor específico del mismo.
- 26- Se colocan 0,5 kg de vidrio que está a 120°C en contácto térmico con 200 g de agua a 29°C. Si solo intercambian calor entre ellos, calcular la temperatura de equilibrio de la mezcla. $c_v = 0,16 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$
- 27- Indicar qué requiere mayor transformación de energía: levantar un cuerpo de plomo de 5 kg desde el piso hasta una altura de 10 metros a velocidad constante o aumentar la temperatura del mismo cuerpo en 1°C. $c_{(Pb)} = 0,031 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$
- 28- Un cuerpo de 200 g que está a una temperatura de 120 °C se introduce dentro de un calorímetro de $\pi = 30 \text{ g}$ que contiene 500 g de agua a 15°C. Si la temperatura de equilibrio resulta de 20°C, calcular el calor específico del cuerpo.

CALOR SENSIBLE Y CALOR LATENTE

Experimento:

Sacamos un cubo de hielo del freezer y medimos su temperatura con un termómetro observando que es de -20°C , lo colocamos en un recipiente y comenzamos a calentarlo con un mechero que entrega 1000 cal por cada minuto que está encendido. En estas condiciones observamos que la temperatura del cubo aumente sin cesar hasta que alcanza la temperatura de 0°C . Como sabemos, a esta temperatura comienza el cambio de estado de la fase sólida a la líquida y mientras dura este proceso, la temperatura del agua no varía. Cuando todo el hielo se derritió, nuevamente comienza a aumentar la temperatura hasta que el agua llega a 100°C , aquí se produce su ebullición pasando del estado líquido al

gaseoso y nuevamente la temperatura permanece constante. Una vez concluido el cambio de fase el vapor puede aumentar nuevamente la temperatura. (ver figura)



En el siguiente gráfico se puede ver como varía la temperatura de la masa de agua a medida que se le entrega calor. Cuando se producen los cambios de estado la temperatura permanece constante aunque se siga entregando calor. Una vez que toda la masa cambia de estado la temperatura comienza a subir nuevamente. Obsérvese que la cantidad de calor necesaria para pasar de líquido a vapor es mucho mayor que para el pasaje de sólido a líquido

¿Pero cómo? ¿En algunas circunstancias entregamos calor y no hay variación de temperatura?. Según lo que hemos estudiado hasta el momento, al entregarle calor a un cuerpo su temperatura debe variar según: $Q=c.m.\Delta t$, pero si esto no se cumple significa que el calor no siempre provoca cambio de temperatura.

En efecto, cuando un cuerpo se encuentra a la temperatura en que cambia de estado, si cede o absorbe calor cambiará de estado. La energía entregada se utiliza para producir el cambio.

La cantidad de calor que en experimento suministramos al agua, y que no produce variación de temperatura sino cambio de fase, se denomina calor latente.

Calor latente:

El calor latente de una sustancia es una magnitud que se obtiene como el cociente entre la medida de la cantidad de calor que absorbe o cede un cuerpo de dicha sustancia para cambiar de estado, cuando se halla a la temperatura en que dicho cambio se produce, y la medida su masa.

$$L = \frac{Q}{m} \Rightarrow Q = m \cdot L$$

Su unidad resulta:

$$[L] = \frac{[Q]}{[m]} = \frac{cal}{g}$$

La definición es válida para el calor latente de cualquier cambio de fase, es decir, calor latente, de fusión L_f , de solidificación L_s , condensación L_c y vaporización L_v .

Tengamos en cuenta que La cantidad de calor recibido por un cuerpo durante una cierta transformación es igual a la cantidad de calor cedida para realizar la transformación inversa, por lo tanto, el calor de vaporización será igual pero de signo contrario al de condensación. Lo mismo sucederá con el de fusión y el de solidificación. Si el calor de fusión del hielo es 80 cal/g el de solidificación del agua será -80 cal/g.

Temperaturas de cambio de estado a presión normal y calores latentes				
Sustancia	t_f (°C)	L_f (cal/g)	t_v (°C)	L_v (cal/g)
Agua	0	80	100	540
Alcohol etílico	-114	25	78	204

Mercurio	-39	2,8	356,7	356
Plomo	327	5,9	1750	208
Tungsteno	3410	44	5900	1150

Dilatación Y Contracción En La Fusión

Cuando los metales fundidos se vacían en un molde para hacer piezas coladas, el metal se puede contraer o dilatar al solidificarse y después cuando se enfría a la temperatura ambiente, contraerse o dilatarse, de acuerdo con su coeficiente de dilatación térmica.

El hierro colado, por ejemplo es una sustancia, que al solidificarse, se dilata levemente, pero después, al enfriarse a temperatura ambiente, se contrae cerca de un 1% de su longitud.

Por eso es apropiado para el moldeo ya que la ligera dilatación al solidificarse ayuda a que reproduzca todos los detalles del molde. Para dar margen al acortamiento producido al enfriarse, los modelos con los que se forman los moldes deben ser un 1% mayores que las medidas definitivas que deberá tener la pieza de hierro.

TRANSMISIÓN DEL CALOR

Hemos visto que el calor pasa de un cuerpo mas caliente a uno mas frío en forma espontánea, pero ¿de que manera lo hace? ¿Cuáles son los mecanismos para la transmisión del calor?

Existen tres formas de transmisión del calor: la conducción, la convección y la radiación. La conducción es un proceso lento por el cual se transmite calor a través de una sustancia por actividad molecular. La convección es un proceso más rápido donde es la materia en movimiento la responsable de transportar el calor. La radiación se produce de la misma forma y con la misma velocidad con que se propaga la luz, 300.000 Km/s.

Conducción:

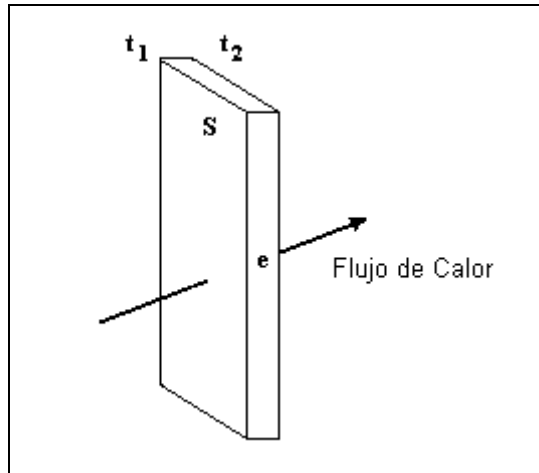
Cuando queremos calentar un objeto, podemos ponerlo en contacto con otro cuerpo que esté a una temperatura más alta. Si ponemos un cuerpo metálico sobre la llama de un mechero, rápidamente se calienta. En este proceso la combustión imprime una gran velocidad a las moléculas de gas; éstas, chocan con la parte inferior del cuerpo y hacen que las moléculas del metal aumenten sus vibraciones, a su vez, ahora éstas golpean a otras moléculas y éstas a otras y a otras y luego de un tiempo, todo el cuerpo se encuentra a una temperatura mucho más alta que la que tenía inicialmente.

No todos los cuerpos son buenos conductores del calor. Los metales como el cobre o la plata son mucho mejores que otras sustancias como la madera, el vidrio, el papel o el agua. La capacidad de una sustancia para transmitir calor se mide por una magnitud llamada conductividad térmica.

Experimentalmente se demuestra que la cantidad de calor que fluye través de una pared plana por unidad de tiempo (τ) es directamente proporcional a la superficie (**S**) de la pared y a la diferencia de temperatura entre sus caras ($t_2 - t_1$), e inversamente proporcional a su espesor (**e**).

$$\frac{Q}{\tau} = k \frac{(t_1 - t_2) \cdot S}{e}$$

Donde **k** es el coeficiente de conductividad térmica, es decir, la cantidad de calor que por segundo, atraviesa una placa de un centímetro de espesor y un centímetro cuadrado de sección transversal cuando sus dos caras opuestas tienen una diferencia de temperatura de 1°C.



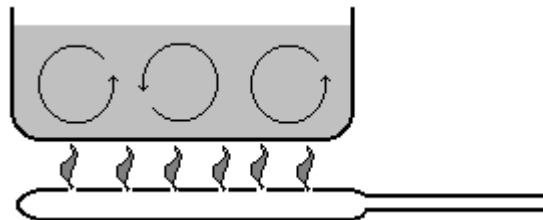
El calor atraviesa la pared plana desde la cara que se encuentra a una temperatura mayor hacia la que se encuentra a una temperatura menor

Tabla de coeficientes de conductividad térmica k , en cal/seg.cm.°C			
Sustancia	k	Sustancia	k
Agua	0,0014	Madera	0,0005
Aluminio	0,50	Mercurio	0,02
Bronce	0,26	Papel	0,0003
Cobre	0,92	Plata	0,97
cuero	0,0004	Plomo	0,08
Hierro	0,16	Vidrio	0,0025

El coeficiente de conductividad del hierro es 0,16 porque cada cm^2 de una pared plana que tiene 1 cm de espesor es atravesada por 0,16 cal en cada segundo cuando la diferencia de temperatura entre sus caras es de 1°C

Convección:

Si nos fijamos en ta tabla de coeficientes de conductividad, podemos apreciar que el agua tiene un coeficiente muy pequeño. Entonces ¿Por qué una sustancia tan mala conductora del calor como el agua, se puede calentar tan rápidamente cuando se la coloca en un recipiente sobre la llama? Ello se debe a la segunda forma de transmisión de calor, conocida como convección. El agua del fondo del recipiente se calienta primero. Debido a la elevación de su temperatura se dilata y su peso específico se hace menor que el del agua fría que está por encima. Por lo tanto y según el principio de Arquímedes el agua caliente sube mientras que la fría baja. Esta acción produce un flujo llamado corriente de convección que mantiene al agua en movimiento hasta que se calienta toda.



Los calefactores de tiro balanceado son convectores, pues calientan el aire frío que se encuentra cerca del piso, este se dilata y asciende mientras que el aire frío que se encuentra en el techo desciende, generando corrientes de convección en todo el ambiente que de esta forma permanece calefaccionado.

La brisa Marina

En la atmósfera, las corrientes de convección son considerables y originan los vientos. En las costas durante el día, el aire fresco del océano viene hacia la tierra como brisa marina, debido a la convección. Los

rayos del sol calientan más a la arena de la playa que al agua debido a la diferencia entre sus calores específicos. El aire que se encuentra sobre la playa se calienta y asciende mientras que el que está sobre el agua más frío pasa a ocupar su lugar.

Durante la noche, la tierra se enfría más rápidamente que el agua, y por lo tanto el aire sobre ella también. El fenómeno ahora se produce en sentido inverso y la brisa sopla desde la tierra hacia el mar.

Las corrientes de convección de la atmósfera son también responsables de los pozos de aire que sufren los aviones.

Radiación:

Cuando en un día fresco estamos al sol y súbitamente una nube lo tapa notamos que la temperatura disminuye rápidamente y sentimos frío. Apenas el sol vuelve a asomar, ya sentimos la diferencia de temperatura en nuestros rostros. Este calor que percibimos se denomina calor radiante y viaja a la velocidad de la luz.

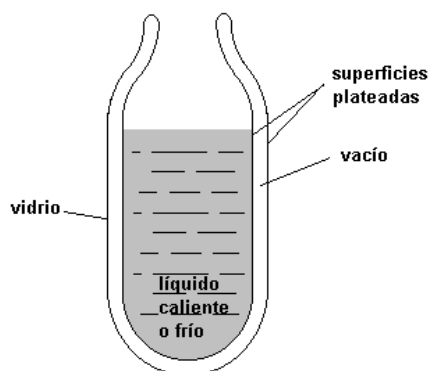
El calor radiante no es otra cosa que ondas electromagnéticas, que tienen las mismas propiedades que la luz visible. La diferencia es que los rayos de calor llamados infrarrojos, tienen una longitud de onda un poco mayor al rojo y no son visibles al ojo humano. Es evidente entonces que para las ondas de calor se cumplirán las leyes de la reflexión, la refracción y demás estudiadas en óptica

Recipientes adiabáticos:

Un recipiente adiabático es aquel que no deja entrar o salir el calor y por lo tanto debe evitar las tres formas de transmisión del calor. El más común es el termo de vidrio que consiste en un recipiente de vidrio de doble pared, plateado por la cara interior. El propósito del plateado es reflejar el calor radiante que trate de entrar o salir del frasco. Al espacio que queda entre las paredes se le practica vacío, para evitar las corrientes de convección y como el vidrio es mal conductor, se hace mínima la conducción a través de las paredes del cuello de la botella.

Cuando vimos el calorímetro, dijimos que más adelante explicaríamos el porque de las paredes pulidas, ahora tenemos la explicación.

El telgopor o poliuretano expandido, también es utilizado como material adiabático, pues el plástico es mal conductor y la enorme cantidad de minúsculas burbujas de aire en su interior evitan la convección. Como sabemos, al ser de color blanco, refleja las radiaciones.



PROBLEMAS RESUELTOS:

Problema ejemplo 9

Calcular cuanto calor hay que suministrarle a 2,5 kg de hielo que se encuentran a 0°C para calentarlo hasta 50 °C.

Solución:

Como el hielo se encuentra a la temperatura de fusión comenzará a derretirse apenas le suministremos calor. La cantidad de calor que se necesita para fundirlo totalmente se calcula como calor latente:

$$Q = m \cdot L_f = 2500g \cdot 80 \frac{\text{cal}}{\text{g}} = 200000\text{cal} = 200\text{Kcal}$$

Ahora, todo el hielo es agua y la cantidad de calor necesaria para calentarlo a 50°C se calcula como calor sensible:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot 2500\text{g} \cdot (50^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 125000\text{cal} = 125\text{Kcal}$$

El calor necesario para toda la transformación será la suma de los calores calculados:

$$Q_{\text{total}} = Q_f + Q_{0^\circ\text{C} \rightarrow 50^\circ\text{C}} = 200\text{Kcal} + 125\text{Kcal} = 325\text{Kcal}$$

Problema ejemplo 10

Un calorímetro que tiene un equivalente en agua de 50g y contiene 650 g de agua a una temperatura de 20°C. Si se coloca en su interior 300 g de hielo a 0°C. Calcular cuál será el estado final de la mezcla.

Solución:

La cuestión en este tipo de problemas es determinar si el hielo se derrite totalmente o no. Si lo hace entonces la temperatura final de la mezcla será mayor a 0°C y habrá que determinarla, Si no, lo que habrá que calcular es qué masa de hielo se derrite. Para conocer estas cuestiones, debemos determinar qué cantidad de calor es necesaria para fundir todo el hielo y compararla con la cantidad de calor que son capaces de entregar el calorímetro y el agua hasta llegar a 0°C. Entonces calculamos el calor que absorbería el hielo:

$$Q = m \cdot L_f = 300\text{g} \cdot 80 \frac{\text{cal}}{\text{g}} = 24000\text{cal}$$

Ahora calculamos la cantidad de calor que cederían el calorímetro y al agua.

$$Q_{50^\circ\text{C} \rightarrow 0^\circ\text{C}} = c_A \cdot m_A \cdot \Delta t + c_A \cdot \pi \cdot \Delta t = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot 650\text{g} \cdot (0^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) + 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot 50\text{g} \cdot (0^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 14000\text{cal}$$

Como la cantidad de calor entregada por el agua y el calorímetro es menor que la que necesita el hielo para derretirse totalmente, entonces solo se fundirá parte del hielo. Como siempre se cumplirá que:

$$\sum Q_{\text{intercambiados}} = 0 \quad \Rightarrow \quad Q_{\text{hielo}} + Q_{\text{agua}} + Q_{\text{calorímetro}} = 0$$

$$L_f \cdot m_h + c_A \cdot m_A \cdot (t_f - t_{0A}) + c_A \cdot \pi \cdot (t_f - t_{0A}) = 0$$

Despejando:

$$m_h = \frac{-c_A \cdot m_A \cdot (t_f - t_{0A}) - c_A \cdot \pi \cdot (t_f - t_{0A})}{L_f} = \frac{-1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot 650\text{g} \cdot (0^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) - 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot 50\text{g} \cdot (0^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})}{80 \frac{\text{cal}}{\text{g}}}$$

$$m_h = \frac{14000\text{cal}}{80 \frac{\text{cal}}{\text{g}}} = 175\text{g}$$

Se fundirán 175 g de hielo

Responder:

1- Si la temperatura inicial del agua y el calorímetro fuera de 80°, demostrar que la temperatura final del sistema sería 32°C

.....

.....

.....

.....

.....

PREGUNTAS Y PROBLEMAS PROPUESTOS :

29- Indique cales de las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

Afirmaciones	VoF
a- El calor latente se mide en cal/g°C	
b- El calor solo se transmite a través de la materia.	

c- La transmisión de calor por convección se produce tanto en líquidos como en gases.	
d- Un cuerpo que se funde cede calor.	
e- Para que un cuerpo cambie de estado debe encontrarse a la temperatura apropiada.	
f- Cuando la diferencia de temperatura entre las caras de una pared es menor, el calor fluye más rápidamente a través de ella.	
g- Un recipiente adiabático facilita la transmisión de calor de su interior al exterior y viceversa	

30- ¿Por qué razón una heladera de camping se fabrica con telgopor (poliuretano expandido)?

31- Analice las razones por las que una frazada nos abriga

32- ¿Si se coloca una frazada sobre un bloque de hielo tarda más o menos tiempo en derretirse? Justifique su respuesta.

33- Como hemos explicado, el agua se calienta rápidamente sobre la llama gracias a la convección. ¿Por qué razón un astronauta estaría en problemas para calentar agua en su nave? ¿qué podría hacer para acelerar el proceso?

34- Calcular la cantidad de calor por unidad de tiempo que se pierde en una habitación, que se mantiene a una temperatura de 28°C, por una ventana de vidrio de 1,5 m de ancho por 1,1 m de alto y 3 mm de espesor si la temperatura exterior es de 3°C.

35- En un calorímetro de $\pi=20\text{g}$ que contiene 1180g de agua a 25°C se colocan 100 g de vapor de agua a 100°C. Calcular la temperatura final del sistema.

Respuestas

Mas problemas

Para resolver los problemas buscar los datos necesarios en las tablas correspondientes.

36- Un alambre de acero mide 100m. de largo cuando la temperatura es de 30°C. Encontrar su cambio de longitud si la temperatura baja a 5°C.

37- Calcular la de longitud de un cable de cobre que mide 20 metros a 20°C cuando su temperatura pasa a 70°C.

38- Se ha medido la dilatación de una barra de metal de un metro de longitud a 0°C, obteniéndose a 50°C una dilatación de 0,07 cm. Determinar el coeficiente de dilatación lineal e indicar de qué metal podría tratarse.

39- Cada riel de acero de una vía de ferrocarril mide 15 metros a 50°F. Determinar la separación que debe dejarse entre dos rieles consecutivos para que no se deformen por efecto del calor, si la temperatura oscila entre invierno y verano de -4°C a 42°C.

40- Calcular el volumen de una lata cilíndrica de hierro a 100°C, si a 0° tiene 20 cm de diámetro y 70 cm de altura.

41- Una chapa cuadrada de aluminio tiene 20 cm de lado a 30°C. ¿ A qué temperatura la superficie será 34 mm² mayor?

42- La densidad del mercurio a 0°C es de 13,6 g/cm³ calcular la densidad del mercurio a 200°C.

43- Se llena de mercurio un frasco de vidrio común de 1 litro de capacidad a 20°C. Determinar la cantidad de mercurio que se derrama de dicho recipiente si la temperatura aumenta hasta 100°C.

44- Un recipiente cuyo volumen es 1000 cm³ a 0° C se llena completamente con alcohol a esta temperatura. Cuando recipiente y su contenido se calientan a 50° C, se derraman 54,4 cm³. Calcular el coeficiente de dilatación del material con que está hecho el recipiente.

45-Una puente horizontal está sostenido por dos columnas de longitudes L_1 y L_2 . ¿Qué condición deben cumplir los coeficientes de dilatación lineal de ambas columnas para que ante un cambio de temperatura el puente permanezca horizontal?

46-Un par bimetálico formado por dos barras iguales que están a 0°C y son de zinc abajo y de cobre arriba, ¿Para dónde se curvará ante temperaturas mayores y ante temperaturas menores a 0°C?

47-¿Cuál es el número de moles correspondientes a un gas cuyo volumen es de 57,4 / a presión de 4 atm. y 77°C de temperatura?

- 48- 40 moles de un gas ideal se encuentran a una presión de 50 atmósferas, una temperatura de 232°C, ¿Qué volumen ocupan?
- 49- Si colocamos 160 g de oxígeno (O₂) a 127 °C en un recipiente de 4 l, ¿Cuál será la presión ejercida por el gas? MAO=16
- 50- En un recipiente se tienen 16,4 l de un gas ideal a 47 °C y una presión de una atmósfera. Si el gas se expande hasta ocupar un volumen de 22 l y la presión se reduce a 0,8 atm., determinar:
- a- El número de moles que tiene dicho gas.
- b- La temperatura final del sistema.
- 51- A qué temperatura se debe calentar un gas que se encuentra en un frasco abierto, a 12 °C para que salgan de él 3/8 del aire que contiene.
- 52- Calcular la cantidad de calor en Kcal. que deben ceder 600 g. de vapor de agua que se encuentran a 100 °C para disminuir su temperatura hasta 20 °C.
- 53- Un cuerpo de 200 g. absorbe 1200 cal. produciendo una variación de temperatura de 80°C. Determinar el calor específico.-
- 54- Se colocan 0,095 Kg de aluminio a 120°C en un calorímetro ideal que contiene 0,05 Kg de agua a 25°C. Calcular la temperatura de equilibrio de la mezcla.
- 55- Un cuerpo de 100 g que está a una temperatura de 120 °C se introduce dentro de un calorímetro de $\pi = 13,95$ g que contiene 500 g de agua a 15°C. Si la temperatura de equilibrio resulta de 20°C, calcular el calor específico del cuerpo.
- 56- Un automóvil de 1672 Kg marcha a una velocidad de 108 km/h. Calcular la cantidad de calor en kilocalorías que producen los frenos para detener su marcha. ¿Qué masa de hielo se podría haber fundido con ese calor?
- 57- Un trozo de plata de 40 gramos se introduce en un horno hasta haber adquirido la temperatura de éste, luego se lo sumerge en un calorímetro de $\pi = 50$ g que contiene 100 gramos de agua a 15°C. La temperatura de equilibrio es de 25 °C. Calcular la temperatura que tenía el horno.
- 58- Calcular la masa de hielo que se encuentra a -10°C que será necesaria introducir en el interior del un calorímetro de $\pi = 150$ g que contiene 850 g de agua que está a 50°C, para que el equilibrio térmico se produzca a 20°C.
- 59- En un calorímetro ideal se encuentra 1 Kg de hielo que está a -10°C. Calcular la cantidad de agua que está a 80°C, que debe ser introducida para que el equilibrio térmico se verifique a los 10 °C.
- 60- En un calorímetro ideal se encuentra 1 Kg de hielo que está a -10°C. Calcular la cantidad de vapor de agua a 100°C para que el equilibrio térmico tenga lugar a los 40°C.

Respuestas

Trabajo experimental N°1

DILATACIÓN TÉRMICA DE UN LÍQUIDO

Para la realización de este experimento se necesitan los siguientes materiales:

Un erlenmeyer de 200 o 250 cm³, un cristizador o un vaso de precipitado grande, una probeta graduada, un tubo de vidrio de 60 cm de largo y entre 4 y 6 mm de diámetro, un termómetro de laboratorio, un tapón de goma para el erlenmeyer con dos perforaciones: una para el tubo y otra para el termómetro, cinta de embalaje, un mechero con trípode y amianto, un soporte universal con pinza, 250 cm³ de glicerina, un marcador indeleble de punta fina y un calibre o vernier.

Objetivos:

- 1- Verificar la relación lineal que existe entre el cambio en el volumen de un líquido y la variación de su temperatura.
- 2- Medir el coeficiente de dilatación volumétrico de la glicerina.
- 3-

Desarrollo:

El experimento consiste en colocar glicerina en un erlenmeyer que tiene un tapón de goma con dos orificios: uno para colocar un termómetro y el otro para colocarle un tubo de vidrio de 60 cm de largo. Luego se irá calentando la glicerina y se registrará en el tubo su nivel a medida que cambia la temperatura. A partir de esto se tratará de obtener conclusiones significativas.

- 1- Llenen el erlenmeyer con glicerina hasta completarlo totalmente midiendo con la probeta el volumen total de líquido que entra en él y coloquen el termómetro y el tubo en el tapón de goma.

- 2- Introduzcan el tapón de goma en la boca del erlenmeyer. Al hacer esto el nivel de glicerina subirá por el tubo ¿Por qué?.....
- 3- Limpíen con un trapo seco el cuello del erlenmeyer y el tapón y pegue tapón y cuello envolviéndolo con la cinta de embalar de manera que el tapón no pueda salirse. Esta operación es muy importante ya que la glicerina es lubricante y el tapón tiende a salirse de su lugar.
- 4- Procuren que el bulbo del termómetro aproximadamente en el centro de la masa líquida. En estas condiciones coloquen el erlenmeyer dentro del cristizador o del vaso de precipitado grande que se encuentra con agua de manera que quede sumergido en ella y pueda ser calentado a baño de María.
- 5- Tomen nota de la temperatura que indica el termómetro y con el marcador hagan una marca en el nivel que alcanza la glicerina en el tubo. Enciendan el mechero y comiencen a calentar la glicerina. Cada cinco grados de elevación de la temperatura hagan una marca en el nivel sobre el tubo hasta que la glicerina alcance unos 70°C.
- 6- Mida el diámetro del tubo de vidrio con el calibre.
- 7- A partir de las marcas hechas en el tubo pueden calcular los incrementos en el volumen del líquido que sumado al volumen inicial nos dará el volumen de glicerina para cada temperatura.
- 8- Completen la siguiente tabla.

	V_0 (cm ³)	Diámetro del tubo d (cm)	Incremento de longitud en el tubo Δl (cm)	Incremento de volumen $\Delta V = \Delta l \cdot \pi \cdot d^2 / 4$ (cm ³)	$V_f = V_0 + \Delta V$	t(°C)
1						
2						
3						
4						
5						
6						

- 9- Representen gráficamente el volumen final en función de la temperatura. ¿Los puntos se encuentran aproximadamente alineados? ¿qué significa esto?.....
 - 10- Tracen la recta más probable y calculen su pendiente. ¿qué será esta pendiente?.....
 - 11- Si es posible ingrese los datos de volumen y temperatura a una planilla de cálculo de computadora, haga que los represente gráficamente e indíquele que trace la recta más probable y aproxime la ecuación de la recta que la satisface.
- Analice dicha ecuación comparándola con la de dilatación.

Trabajo experimental N°2

CALORIMETRÍA

Para la realización de este experimento se necesitan los siguientes materiales:

Un recipiente de telgopor para helado de cuarto kilo que se usará como calorímetro, por tal razón se realizarán en su tapa dos perforaciones para el termómetro y el agitador, un trozo de alambre para construir un agitador, un termómetro de laboratorio, tres cuerpos de distintos materiales, un vaso de precipitado es 400 cm³ o similar, un mechero con trípode y amianto o calentador eléctrico, hilo para atar cada a cuerpo y poder movilizarlo, balanza.

Objetivos:

- 1- Obtener el equivalente en agua de un calorímetro.
- 4- Medir el calor específico de algunos materiales: ej: cobre, aluminio y acero, vidrio, plomo, etc.
- 5-

1) Determinación del equivalente en agua:

En este caso intercambiaran calor tres cuerpos: el agua que se encuentra en el calorímetro, el agua que calentamos en el vaso y el propio calorímetro, agitador y termómetro (CAT). Como el calor específico del agua es conocido y nosotros hacemos de cuenta que CAT es de agua, la única incógnita es cuanto vale esa masa ficticia de agua (π) que intercambia la misma cantidad de calor que el CAT.

Desarrollo:

- a- Colocar en el calorímetro una masa de agua medida (m_{A1} , alrededor de 150 g.) y medir su temperatura (t_{0A1}).
- b- Colocar otra masa de agua medida (m_{A2} , alrededor de 100g) en un vaso de precipitado y calentarla a 80°C aproximadamente (t_{0A2}).

c- Volcar el agua del vaso en el calorímetro tapándolo rápidamente y agitar mientras se mide la temperatura máxima alcanzada por la mezcla (t_f).

d- Completar la tabla:

e- Calcular el equivalente en agua (π) del calorímetro.

(CAT= calorímetro agitador y termómetro)

t_{oa1}	t_{oa2}	t_f	m_{a1}	m_{a2}	π
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	g	g	g

Entonces:

$$Q_{A1} + Q_{A2} + Q_{CAT} = 0$$

$$c_A \cdot m_{A1} \cdot (t_f - t_{0A1}) + c_A \cdot m_A \cdot (t_f - t_{0A}) + c_A \cdot \pi \cdot (t_f - t_{0A1}) = 0$$

Y de aquí despejamos el equivalente en agua del calorímetro:

$$\pi = \frac{-m_{A1} \cdot (t_f - t_{0A1}) - m_A \cdot (t_f - t_{0A})}{(t_f - t_{0A1})}$$

2) Determinación del calor específico.

Desarrollo:

a- Colocar en el calorímetro una masa de agua medida (m_A) y medir su temperatura.

b- Medir la masa del cuerpo (m_C) y colocarlo dentro del vaso de precipitado con agua hirviendo ($t_{0C} = 100^{\circ}\text{C}$), dejarlo algunos minutos de manera que alcance el equilibrio térmico con el agua.

c- Colocar rápidamente el cuerpo en el calorímetro, taparlo y agitar mientras se mide la temperatura máxima alcanzada por la mezcla t_f .

d- Completar la siguiente tabla y calcular el calor específico del material con que está constituido el cuerpo (c_M).

e- Repetir el procedimiento para los otros cuerpos.

t_{0A}	t_{0C}	t_f	m_A	m_C	π	c_M
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	g	g	G	cal/g$^{\circ}\text{C}$

$$Q_A + Q_C + Q_{CAT} = 0$$

$$c_C \cdot m_C \cdot (t_f - t_{0C}) + c_A \cdot m_A \cdot (t_f - t_{0A}) + c_A \cdot \pi \cdot (t_f - t_{0A}) = 0$$

$$c_C = \frac{-c_A \cdot m_A \cdot (t_f - t_{0A}) - c_A \cdot \pi \cdot (t_f - t_{0A})}{m_C \cdot (t_f - t_{0C})}$$

Respuestas:

3) 80°JP

4) 167°F

5) 30°C ; 50°C ; 70°C ; 80°C ; 204°C

6) $149,9^{\circ}\text{F}$; 95°F ; $335,3^{\circ}\text{F}$; 5°F ; -184°F

7) 360K ; 402K ; 631K ; 700K ; 495K

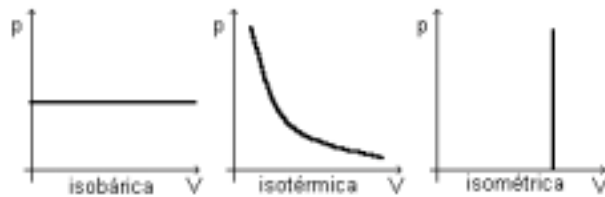
8) -118°C ; -220°C ; -268°C ; -231°C ; -21°C

13) $8,4 \text{ cm.}$, 107°C .

14) 1 cm.

16) 443 cm^3

17)



18) 9 moles.

19) aproximadamente: 1627cm³; 233cm³; 283,9cm³

20)

a.	F
b.	F
c.	V
d.	F
e.	V
f.	F
g.	V
h.	F

24) 144 Kcal.

25) 0,075 cal/g°C.

26) 55°C

27) 119,6 cal contra 155 cal, es necesaria más energía para calentarlo.

28) 0,1325 cal/g°C

29)

a.	F
b.	F
c.	V
d.	F
e.	V
f.	F
g.	F

34) 3437,5 cal/s

35) 72,3°C

36) -3 cm

37) 20,017 m.

38) 1,4 · 10⁻⁵ °C⁻¹ puede ser hierro

39) 5,76 mm

40) aproximadamente 22084 cm³

41) 47°C

42) aproximadamente 13,13g/cm³

43) 13,2 cm³

44) 4 · 10⁻⁶ °C⁻¹

$$45) \frac{L_1}{L_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

46) Para arriba a temperaturas mayores a 0°C y para abajo a temperaturas menores a 0°C.

47) 8 moles.

48) 33,128 /

49) 41 atm=41533 Pa

50) 0,625 moles, aproximadamente 70,4°C

51) 183 °C

52) 372 Kcal.

53) 0,075 cal/g°C.

54) aproximadamente 53°C

55) 0,257 cal/g°C

56) 180 Kcal. 2,25Kg

57) 695°C

58) aproximadamente 285,71 g

59) 1357 g

60) 208 g.