

# FÍSICA 11

CARLOS ARTURO MERLANO BLANCO

Contiene talleres de competencias y guías de laboratorio



10

# UNIDAD 1

## TERMODINÁMICA

### 1.1 LA TEMPERATURA Y LA DILATACIÓN DE ORIGEN TÉRMICO

#### Temperatura y Calor



Temperatura y calor tienen connotaciones diferentes, aunque comúnmente se tienen como sinónimos.

Pero, para entender mejor hagamos un experimento mental: en un cuarto semioscuro, tomemos un alfiler y una puntilla y dos fósforos iguales. Coloquemos los fósforos encendidos durante el mismo tiempo a esos objetos, el alfiler alcanzaría ponerse al rojo vivo, mientras que la puntilla sólo aumentaría su temperatura. Como puedes deducir, los dos fósforos suministraron la misma cantidad de calor, pero las temperaturas alcanzadas por los dos objetos son diferentes. Esto nos muestra, que los conceptos *calor* y *temperatura* son diferentes.

El **calor** puede tomarse como *una forma de energía que se transfiere de un cuerpo a otro*, para el caso la llama del fósforo a la puntilla o el alfiler.

Por su parte la **temperatura** es una *medida del equilibrio térmico de dos o más cuerpos que se ponen en contacto*.

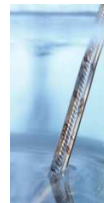
Desde el punto de vista molecular, la materia está constituida por partículas. Cuando la temperatura de un cuerpo aumenta, la rapidez con la cual se mueven esas partículas se hace mayor, lo que nos lleva a pensar que la temperatura es una medida que nos indica la variación de la energía cinética media de las moléculas que constituyen un objeto.

#### Equilibrio Térmico

Supongamos que sometemos al fuego un trozo de metal hasta el rojo vivo, para “enfriarlo” lo introducimos en un recipiente con agua a temperatura ambiente. Al cabo de cierto tiempo observamos que el objeto ha bajado la temperatura, pero el agua ha aumentado la suya y se mantienen en ese estado. El estado en el cual cualquier cambio térmico es nulo; se denomina *equilibrio térmico*.

*Si A y B se encuentran en equilibrio térmico con C, entonces A y B están en equilibrio térmico entre sí.*

Lo expresado anteriormente se le conoce como la *ley cero de la termodinámica*.



#### Medida de la Temperatura

El termómetro es el instrumento que mide la temperatura y basa su funcionamiento en la ley cero de la termodinámica y a las propiedades físicas de las sustancias empleadas en su fabricación. Por ejemplo, la dilatación del mercurio utilizado en los termómetros clínicos, que responde a pequeñas variaciones de temperaturas.

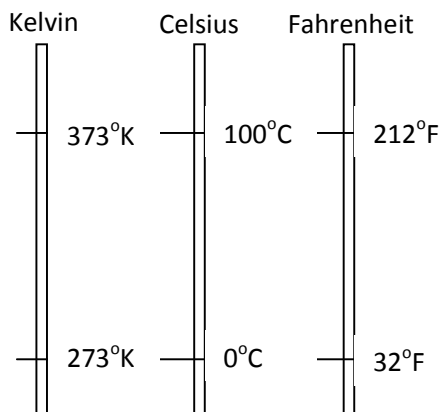
#### Escala Termométricas.

Para medir la temperatura se han utilizado diferentes escalas. En la práctica y para temperaturas usuales, se utiliza el cambio del volumen del mercurio en un tubo de vidrio. Se marca  $0^{\circ}\text{C}$  en el punto de fusión del hielo y  $100^{\circ}\text{C}$  en el punto de ebullición del agua. La distancia entre estos dos puntos se divide en 100 partes iguales.

La escala así definida se la *escala centígrada* o *escala Celsius*.

En la *escala Fahrenheit*  $0^{\circ}\text{C}$  y  $100^{\circ}\text{C}$ , corresponde a 32 y  $212^{\circ}\text{F}$ .

En la *escala Kelvin* que empieza a partir del cero absoluto, esas temperaturas corresponden a 273,15 y  $373,15^{\circ}\text{K}$



Para hacer la conversión de una escala a otra, trazamos una gráfica de la temperatura Fahrenheit en función de la temperatura centígrada. Esta gráfica representa una recta cuya ecuación es  $y = mx + b$ , donde  $m$  es la pendiente y  $b$  es el corte con el eje  $y$ , entonces la pendiente  $m$  es:

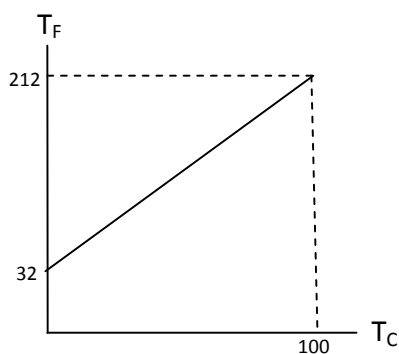
$$m = \frac{\Delta T(^{\circ}\text{F})}{\Delta T(^{\circ}\text{C})} = \frac{180}{100} = \frac{9}{5}$$

$b = 32$ . Por lo tanto,

$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32,$$

Despejando variables encontramos que:

$$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$$



Para la relación entre Celsius y Kelvin tenemos:

$$T_K = T_C + 273,15$$

### EJEMPLOS

1. Un litro de leche a una temperatura inicial  $18^{\circ}\text{C}$  se lleva hasta una temperatura de  $65^{\circ}\text{C}$ . Cuál será el cambio de temperatura en la escala Kelvin y en Fahrenheit?

*Solución*

Primero se hacen las conversiones y luego se determina el cambio:

$$T_{iK} = 18 + 273,15 = 291,15 \text{ K}$$

$$T_{fK} = 65 + 273,15 = 338,15 \text{ K}$$

$$\Delta T_K = T_{fK} - T_{iK} = 338,15 - 291,15$$

$$\Delta T_K = 47 \text{ K}$$

De igual forma se procede con los grados Fahrenheit

$$T_{iF} = \frac{9}{5}(18) + 32 = 64,4 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$T_{fF} = \frac{9}{5}(65) + 32 = 149 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\Delta T_F = T_{fF} - T_{iF} = 149 - 64,4$$

$$\Delta T_F = 84,6 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

2. La temperatura promedio de Bogotá es, aproximadamente,  $18^{\circ}\text{C}$ . determine esta temperatura en la escala Kelvin.

*Solución*

Tomando la ecuación que relaciona las dos escalas tenemos:

$$T_K = 18 + 273,15 = 291,15 \text{ K}$$

### Dilatación de Origen Térmico.

La elevación de la temperatura aumenta la vibración de las moléculas de los cuerpos alrededor de sus posiciones de equilibrio, pero también desplaza la posición de equilibrio. Es lo que se conoce como dilatación térmica, debido al aumento de temperatura o la contracción cuando se disminuye.

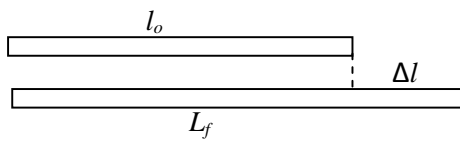
Dependiendo de la forma del sólido, la dilatación puede ser: lineal, superficial o volumétrica.

### Dilatación lineal ( $\Delta l$ )

La experiencia muestra que un cuerpo en forma de barra, la variación de longitud  $\Delta l$  con la temperatura es proporcional a la longitud original  $l$ , y a la variación de temperatura  $\Delta T$  y depende del material del cuerpo, o sea que:

$$\Delta l = l - l_o$$

$$\Delta l = \alpha l_o \Delta T$$



$\alpha$  se denomina *coeficiente de dilatación lineal* del material. De las ecuaciones anteriores se tiene:

$$l_f = l_o(1 + \alpha \Delta T)$$

Coeficiente de dilatación lineal

Sustancia	$\alpha$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
Aluminio	$24 \times 10^{-6}$
Latón y bronce	$20 \times 10^{-6}$
Cobre	$17 \times 10^{-6}$
Acero	$11 \times 10^{-6}$
Invar (aleación 64% acero y 36% níquel)	$0,9 \times 10^{-6}$
Hielo	$51 \times 10^{-6}$
Plomo	$29 \times 10^{-6}$
Concreto	$12 \times 10^{-6}$
Vidrio ordinario	$9 \times 10^{-6}$
Vidrio pirex	$3,2 \times 10^{-6}$
Platino	$9 \times 10^{-6}$
Hierro	$11 \times 10^{-6}$

### EJEMPLO

- Una barra de aluminio presenta una longitud de 12 m a  $18^{\circ}\text{C}$ . Determine:
  - La variación de la longitud si incrementamos la temperatura de la barra a  $40^{\circ}\text{C}$ .

- La longitud final de la barra

*Solución*

- La variación de la longitud de la barra es:

$$\Delta l = \alpha l_o \Delta T$$

$$\Delta l = (24 \times 10^{-6})(12)(40 - 18)$$

$$\Delta l = 0,0063 \text{ m} = 0,63 \text{ cm}$$

- Longitud final de la barra:

$$l_f = l_o + \Delta l$$

$$l_f = 1200 \text{ cm} + 0,63 \text{ cm}$$

$$l_f = 1200,63 \text{ cm}$$

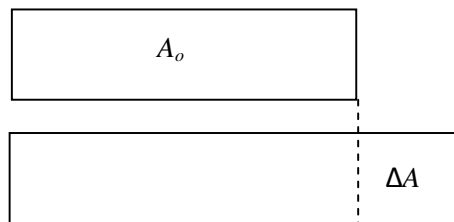
### Dilatación Superficial ( $\Delta A$ )

Ocurre cuando una lámina cambia sus dimensiones por variación de temperatura.

Una lámina a temperatura ambiente, es sometida a una fuente de calor: sus dimensiones aumentan con el incremento de temperatura.

La variación del área  $\Delta A$  de un objeto de área inicial  $A_o$ , debido al cambio de temperatura  $\Delta T$ , se expresa así:

$$\Delta A = 2\alpha A_o \Delta T$$



$$A_f = A_o(1 + 2\alpha \Delta T)$$

Si una lámina tiene un hueco, el área del hueco se dilata en la misma proporción que el material que lo rodea.

### EJEMPLO

- Una lámina de cobre tiene  $7 \text{ cm}^2$  de área a  $18^{\circ}\text{C}$ . ¿Qué área tendrá a  $60^{\circ}\text{C}$ ?

*Solución*

$$A_f = A_o(1 + 2\alpha\Delta T)$$

$$A_f = 7(1 + (2)(17 \times 10^{-6})(60 - 18))$$

$$A_f = 7,009 \text{ cm}^2$$

### Dilatación Volumétrica ( $\Delta V$ )

Para un *sólido*, la variación del volumen  $\Delta V$  de un objeto de volumen inicial  $V_o$ , debido al cambio de temperatura  $\Delta T$ , se expresa así:

$$\Delta V = 3\alpha V_o \Delta T$$

Por lo tanto el volumen final viene dado por:

$$V_f = V_o(1 + 3\alpha\Delta T)$$

Para *líquidos y gases*, la variación del volumen  $\Delta V$  de un objeto de volumen inicial  $V_o$ , debido al cambio de temperatura  $\Delta T$ , se expresa así:

$$\Delta V = \beta V_o \Delta T$$

Donde  $\beta$  representa el coeficiente de dilatación volumétrica y el volumen final:

$$V_f = V_o(1 + \beta\Delta T)$$

Coefficiente de dilatación volumétrico

Sustancia	$\beta$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
Mercurio	$1,82 \times 10^{-4}$
Glicerina	$4,85 \times 10^{-4}$
Alcohol etílico	$1,12 \times 10^{-4}$
petróleo	$900 \times 10^{-6}$
Benceno	$1,24 \times 10^{-4}$
Acetona	$1,5 \times 10^{-4}$
Turpentina	$9 \times 10^{-4}$
Gasolina	$9,6 \times 10^{-4}$
Todos los gases (a baja presión)	$\frac{1}{273} = 0,0036$

### EJEMPLO

- Un recipiente ordinario de vidrio contiene  $30 \text{ cm}^3$  de mercurio a  $18^{\circ}\text{C}$ ; el mercurio está a ras en el recipiente. Si se calienta el conjunto hasta alcanzar una temperatura de  $35^{\circ}\text{C}$ , ¿qué dilatación volumétrica

tienen los dos materiales? ¿se derrama mercurio?

*Solución*

Obsérvese la existencia de un líquido y un sólido que se dilatan en forma volumétrica por lo tanto deben tomarse  $\beta$  y  $\alpha$  respectivamente.

Para el mercurio:

$$\Delta V_{HG} = \beta V_o \Delta T$$

$$\Delta V_{HG} = (1,82 \times 10^{-4})(30)(35 - 18)$$

$$\Delta V_{HG} = 0,091 \text{ cm}^2$$

Para el vidrio:

$$\Delta V_V = 3\alpha V_o \Delta T$$

$$\Delta V_V = 3(9 \times 10^{-6})(30)(35 - 18)$$

$$\Delta V_V = 0,01377 \text{ cm}^2$$

La dilatación del mercurio es mayor por lo tanto se derrama.

¿Cuánto de mercurio se derrama?

## 1.2 CALOR (Q)

Si a un cuerpo A a una temperatura mayor que la de otro cuerpo B, se ponen en contacto con B, se presenta un flujo de energía de A a B hasta que se consiga el equilibrio térmico de los dos cuerpos. A y B alcanzan una temperatura igual intermedia a los valores que poseían inicialmente. Así se puede definir:

*Calor es la energía transferida entre dos cuerpos en interacción debido a una diferencia de temperatura.*

Por otro lado, se definió la unidad de calor, la **caloría** (cal) como: *la cantidad de calor que ha de suministrarse a un gramo de agua para elevar su temperatura de  $14,5^{\circ}\text{C}$  a  $15,5^{\circ}\text{C}$*

### Equivalente mecánico del calor

El físico inglés James Prescott Joule (1818 - 1889) estableció en 1843, una relación entre

energía mecánica y calor. Ese valor de equivalencia corresponde a:

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

Lo que comprobó Joule es que existe una relación entre la cantidad de calor  $Q$  y el trabajo realizado  $W$  ( $Q = W$ ).

### Capacidad calorífica y Calor específico

Tomemos dos ollas pequeñas y llenemos una de puntillas y otra de agua. Pongámosla en dos fogones iguales durante 10 minutos. Vemos que aunque las dos ollas reciben iguales cantidades de calor, no elevan en igual valor su temperatura. Para caracterizar esta cualidad de los cuerpos definimos dos cantidades físicas llamadas capacidad calorífica de un cuerpo y calor específico de una sustancia de la siguiente forma: *Capacidad Calorífica* ( $C$ ) de un cuerpo es el cociente entre el calor que absorbe (o emite) y la correspondiente variación de temperatura  $\Delta T$ ; o sea:

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

Sus unidades son  $J/^\circ C$ , o  $cal/^\circ C$

*Calor específico* de una sustancia ( $c$ ) es el cociente entre la capacidad calorífica  $C$  y la masa de esa sustancia. Es decir:

$$c = \frac{C}{m} = \frac{Q}{m\Delta T}$$

Por lo tanto,

$$Q = cm\Delta T$$

Que representa el calor recibido o cedido de un cuerpo de masa  $m$ , calor específico  $c$  y cuya temperatura varió  $\Delta T$

Calor específico

Sustancia	c(cal/g°C)	c(J/Kg°C)
Agua	1,00	4186
Hielo	0,50	2090
Vidrio	0,199	837
Plomo	0,0305	128
Aluminio	0,215	900
Mercurio	0,0335	140

Sustancia	c(cal/g°C)	c(J/Kg°C)
Belirio	0,436	1830
Cadmio	0,055	230
Germanio	0,077	322
Oro	0,0308	129
Silicón	0,168	703
Plata	0,056	234
Latón	0,092	380
Madera	0,41	1700
Alcohol etílico	0,58	2400
Cobre	0,0924	387
hierro	0,107	448
Mármol	0,21	860
Vapor de gua		2010

### EJEMPLOS

1. Determinar el calor necesario para elevar de  $10^\circ C$  hasta  $60^\circ C$  la temperatura de 500 g de leche.

*Solución*

Se puede asumir que el calor específico de la leche es el mismo del agua.

$$Q = cm\Delta T$$

$$Q = (1)(500)(60 - 10) = 25000 \text{ cal}$$

2. Katherin, una niña de 11º que le gusta las golosinas, consume el sábado 500 kilocalorías entre helados y chocolates. Le preocupa subir de peso y decide gastar esta energía ganada ascendiendo a la *Sierra*. Si la masa de Katherin es de 65 Kg, ¿hasta qué altura debe legar para lograr su objetivo?

*Solución*

De acuerdo con el equivalente mecánico del calor sabemos que la energía calorífica consumida por Katherin es equivalente al trabajo  $W$  que debe realizar para subir la altura  $h$ , donde  $W = mgh$ .

Lo primero que hacemos es llevar todo a julios:

$$500 \text{ kcal} = 500 \times 10^3 \text{ cal} \left( \frac{4,186 \text{ J}}{\text{cal}} \right)$$

$$= 2093 \times 10^3 J$$

$$= 2,093 \times 10^6 J$$

como

$$Q = W$$

$$2,093 \times 10^6 J = 65 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 h$$

$$h = \frac{2,093 \times 10^6 \text{ Nm}}{65 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2} = 3285,71 \text{ m}$$

Katherin debe subir 3285,71 m

### Cambios de Estados o de Fase

Se sabe que, generalmente, la materia puede existir en estados o fase, sólido, líquido o gaseoso.

Los cambios de un estado a otro van acompañados de absorción o desprendimiento de calor, pero la temperatura se mantiene constante. Esto es debido a que son profundas las alteraciones de las fuerzas moleculares que consume la cantidad de calor suministrada. En la fusión, se altera la regularidad de la conformación cristalina del sólido. En la vaporización, las fuerzas moleculares se reducen a cero. Así se puede definir:

*El calor de transformación o latente  $L$ , como la cantidad de calor necesaria para cambiar el estado de un cuerpo, dividida por la masa del cuerpo; es decir*

$$L = \frac{Q}{m} \left( \frac{\text{cal}}{\text{g}} \right)$$

Esta definición es válida para los calores de fusión, congelación, vaporización, condensación y sublimación.

Las temperaturas a los cuales ocurre los cambios de estado se llaman *punto de fusión o de congelación, punto de ebullición o condensación.*

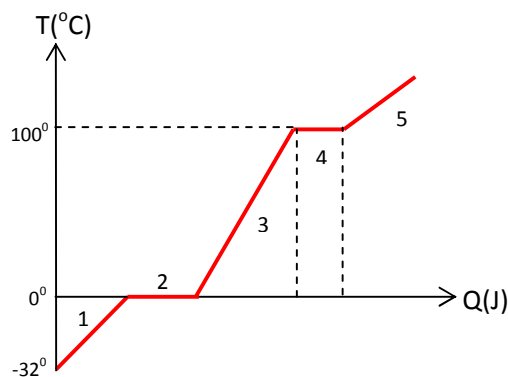
### EJEMPLOS

- Supongamos que un bloque de hielo de masa  $m$ , inicialmente a una temperatura de  $-32^\circ\text{C}$ , lo sometemos al calor sobre una

estufa para llevarlo a una temperatura por encima de los  $100^\circ\text{C}$ ; con un termómetro la registramos la variación de temperatura

Realice la gráfica correspondiente y explique lo que ocurre en cada paso

Solución



Realizando la parte experimental, encontramos que en determinados tiempos 2 y 4, el termómetro no cambia su lectura,  $0^\circ\text{C}$  y  $100^\circ\text{C}$ , respectivamente cuando el agua está cambiando de fase.

El proceso es como sigue: inicialmente la temperatura del hielo varía de  $-32^\circ\text{C}$  hasta  $0^\circ\text{C}$  (1); luego aunque se siga suministrando calor, la temperatura no cambia, porque el hielo está pasando de la fase sólida a la líquida (2), lo que se conoce con el nombre de **calor latente de fusión ( $L_f$ )** que es el *calor necesario por unidad de masa para que una sustancia se funda.*

$$L_f = \frac{Q_f}{m} \left( \frac{\text{cal}}{\text{g}} \right)$$

Al continuar sobre la estufa, vemos como la temperatura ahora varía desde  $0^\circ\text{C}$  hasta  $100^\circ\text{C}$  (3) y, después, de nuevo el termómetro se estabiliza en una temperatura fija (4); esto ocurre porque se está produciendo el segundo cambio de fase de líquido a vapor. Entonces, definimos el **calor latente de vaporización ( $L_v$ )** como la *cantidad de calor necesaria para que una sustancia bulle, por unidad de masa.*

$$L_v = \frac{Q_v}{m} \left( \frac{\text{cal}}{\text{g}} \right)$$

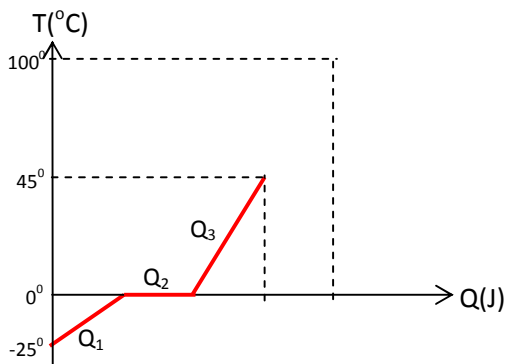
Todas las sustancias poseen valores para los cuales cambian de estados sólido a líquido y de líquido a gas. Estos valores dependen de la temperatura de fusión y vaporización para cada una de ellas, como se aprecia en la siguiente tabla:

Sustancia	Fusión °C	Calor de Fusión J/kg	Vaporización °C	Calor de Vaporización j/kg
Plata	960,8	$8,82 \times 10^4$	2193	$2,33 \times 10^6$
Oro	1063	$6,4 \times 10^4$	2660	$1,58 \times 10^6$
Cobre	1083	$1,34 \times 10^5$	1187	$5,04 \times 10^6$
Aluminio	660	$3,97 \times 10^5$	2450	$1,14 \times 10^7$
Agua	0	$3,33 \times 10^5$	100	$2,26 \times 10^6$
Helio	-270	$5,24 \times 10^3$	-269	$2,10 \times 10^4$

Sustancia	Fusión °C	$L_f$ cal/gr	Vaporización °C	$L_v$ cal/gr
Plata	960,8	21,1	2193	558
Agua	0	80	100	540
Mercurio	-9	2,8	357	65
Plomo	327	6	1750	208
Oxígeno	-219	3.3	-183	51

2. Determine la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 30 g de agua en estado sólido, a una temperatura inicial de  $-25^\circ\text{C}$ , hasta una temperatura final de  $45^\circ\text{C}$ .

**Solución**



En la gráfica sólo se observa un cambio de fase. Entonces el calor necesario  $Q$  es:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$Q_1$  es el calor necesario para llevar el hielo desde  $-25^\circ\text{C}$  hasta  $0^\circ\text{C}$

$$Q_1 = c_{hielo} m_{hielo} \Delta T$$

$$Q_1 = (2100)(0,03)(0 - (-25))$$

$$Q_1 = 1575J$$

$Q_2$  es el calor necesario para fundir el hielo. Mientras esto ocurra la temperatura no varía.

$$Q_2 = mL_F$$

$$Q_2 = (0,03)(3,33 \times 10^5)$$

$$Q_2 = 9990J$$

$Q_3$  es el calor necesario para elevar la temperatura de la masa de agua  $0^\circ\text{C}$  hasta  $45^\circ\text{C}$

$$Q_3 = c_{agua} m_{agua} \Delta T$$

$$Q_3 = (4186)(0,03)(45 - 0)$$

$$Q_3 = 565,1J$$

Finalmente la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 30 g de agua de  $-25^\circ\text{C}$ , hasta  $45^\circ\text{C}$  es:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q = 1575 + 990 + 565,1 = 17216,1J$$

### Calorimetría

Es la medida de la cantidad de calor; en consecuencia permite conocer el calor específico, o los calores de transformaciones de sustancia, o la temperatura final de una mezcla.



Para calcular el calor específico de una sustancia, se utiliza el calorímetro, vasija que reduce a un mínimo los efectos del ambiente (el mejor calorímetro es la botella termo).



Supongamos  $m_o$  es la masa de un objeto cuyo calor específico  $c_x$  desconocemos y que la temperatura inicial del objeto es  $T_{io}$ . Si lo sumergimos dentro de un calorímetro que contiene cierta cantidad de agua  $m_a$  a una temperatura inicial  $T_{ia}$ , mezclamos el agua con el agitador y observamos el termómetro hasta que la temperatura se estabilice, esta corresponde a la temperatura de equilibrio  $T_e$  del sistema.

Como el objeto está aislado del sistema podemos plantear la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{cedido por el objeto}} = Q_{\text{ganado por el agua}}$$

$$m_o c_x (T_e - T_{io}) = m_a c_a (T_e - T_{ia})$$

$$c_x = \frac{m_a c_a (T_e - T_{ia})}{m_o (T_e - T_{io})}$$

1. Un trozo de cierto metal de masa 0,02 kg, se introduce a un horno hasta alcanzar  $150^\circ\text{C}$  de temperatura. Se extrae del horno y se sumerge rápidamente en un calorímetro que contiene 04 kg de agua a temperatura ambiente de  $18^\circ\text{C}$ . con un termómetro se registra la temperatura de equilibrio igual a  $23^\circ\text{C}$ . a partir de esta información, determine el calor específico del metal.

*Solución*

Remplazamos los datos en la ecuación anterior:

$$c_x = \frac{m_a c_a (T_e - T_{ia})}{m_o (T_e - T_{io})}$$

$$c_x = \frac{(04)(4186)(23 - 18)}{0,02(150 - 23)}$$

$$c_x = 3296,06 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

2. Un pocillo de aluminio de masa 0,15 kg a una temperatura inicial de  $18^\circ\text{C}$ , se llena con 0,15 kg de café a una temperatura inicial de  $75^\circ\text{C}$ . Determine la temperatura final del conjunto hasta alcanzar equilibrio térmico.

*Solución*

Sabemos que:

$$Q_{\text{cedido por el cafe}} = Q_{\text{ganado por el pocillo}}$$

$$m_c c_c (T_e - T_{ic}) = m_{pa} c_{pa} (T_e - T_{ipa})$$

Remplazamos los datos en la ecuación anterior tenemos:

$$(0,15)(4186)(T_e - 75) = (0,15)(900)(T_e - 18)$$

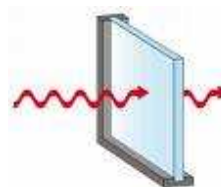
$$T_e = \frac{(900)(18) + (4186)(75)}{(900 + 4186)}$$

$$T_e = 64,91^\circ\text{C}$$

### 1.3 TRANSFERENCIA DE CALOR

La trasmisión de calor de un punto a otro, se efectúa por medio de los siguientes mecanismos.

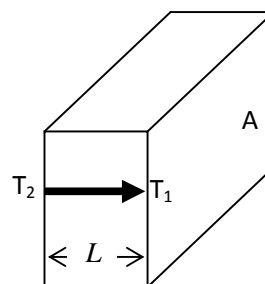
#### Conducción



Si se calienta el extremo de una barra metálica, se observa que el otro extremo se calienta cada vez más; este proceso de transferencia de calor a

través del material, sin transporte de materia, es la conducción. Esta conducción se debe a la energía cinética de las moléculas del extremo caliente que se transmite por choques a las moléculas vecinas y así sucesivamente.

Sea una lámina de cierto material con una cara de área  $A$  a la temperatura  $T_2$ , y la otra a la temperatura  $T_1$



Experimentalmente se encuentra que la cantidad de calor  $Q$  que atraviesa la lámina de  $T_2$  hacia  $T_1$  en un tiempo  $t$  es:

$$Q = kA \frac{T_2 - T_1}{L} t$$

La constante  $k$  se denomina *coeficiente de conductividad térmica* del material de la lámina. Su unidad se expresa en (cal/segxcmx°C).

$$H = \frac{Q}{t} = kA \frac{T_2 - T_1}{L}$$

Donde H es la variación del calor en la unidad de tiempo y se expresa julios/seg o cal/seg

Conductividad térmica

Sustancia	k(cal/seg cm °C)
Cobre	0,92
Aluminio	0,48
Acero	0,12
Mercurio	0,02
Hielo	0,004
Hormigón, vidrio	0,002
Corcho, madera	0,0002
Icopor	0,0001
Aire	0,000057

Conductividad térmica

Sustancia	k(J/seg m °C)
Aluminio	238
Acero	40
Cobre	397
Plata	425
Vidrio común	0,84
Agua	0,56
Madera	0,08 – 0,16
Aire	0,023
Tejido humano	0,2

### Convención

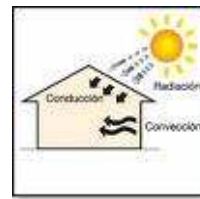


Es la propagación del calor de un lugar a otro por *transporte de la masa caliente*. Solamente los líquidos y los gases se pueden

someter a este mecanismo. Si la sustancia se mueve a causa de diferencia de densidad, tiene lugar la *convención natural*, por ejemplo agua sobre calentador, corriente de aire caliente en la atmósfera.

Si la corriente caliente es obligada a moverse por un ventilador, o bomba, tiene lugar la *convención forzada*.

### Radiación



Todos los cuerpos debido a su temperatura emiten radiación electromagnética; esas radiaciones semejantes a las ondas luminosas, se propagan en el vacío y en las

sustancias transparentes (que las absorben en cierta proporción), con la velocidad de la luz. Cuando inciden sobre un cuerpo opaco, son absorbidas y la energía que transportaban, se transforma en calor.

Es por radiación que el sol calienta la tierra, que el vidrio de las bombillas incandescentes se calienta.

### EJEMPLOS

1. En la sala de la casa de Andrés hay una gran ventana de vidrio, por la que se presenta una pérdida significativa de calor; las medidas de la ventana son 3,5m x 1,2m y 3,2 mm de espesor. Hallar la variación de calor en la unidad de tiempo si la temperatura exterior del vidrio es 13 °C y la temperatura interior del vidrio es 14,4 °C:

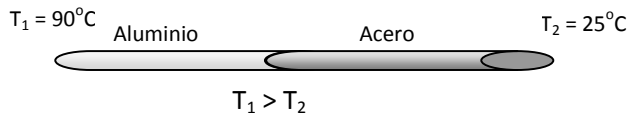
*Solución*

El área de la venta es:  $A = 3,5 \times 1,2 = 4,2 \text{ m}^2$

$$H = kA \frac{T_2 - T_1}{L}$$

$$H = 0,84 \frac{14,4 - 13}{3,2 \times 10^{-3}} = 1543,5 \text{ J/s}$$

2. Una barra de aluminio se coloca en contacto térmico con un acero; las dos barras tienen la misma longitud e igual área transversal. Uno de los extremos de la barra formada por estas dos se mantiene a una temperatura de  $90^\circ\text{C}$ , mientras que el otro extremo está a  $25^\circ\text{C}$ , como se ve en la figura. Determinemos la temperatura en la unión cuando esta se equilibra.



### Solución

El flujo calorífico se presenta desde el extremo de mayor temperatura hacia el extremo de menor temperatura.

$$H_{Al} = k_{Al}A \frac{T_1 - T_e}{L}; \quad H_{ac} = k_{ac}A \frac{T_e - T_2}{L}$$

Al equilibrarse las temperaturas en las barras, la variación de calor en la barra de aluminio es igual a la variación de calor en la barra de acero

$$H_{Al} = H_{ac}$$

$$k_{Al}A \frac{T_1 - T_e}{L} = k_{ac}A \frac{T_e - T_2}{L}$$

$$k_{Al}(T_1 - T_e) = k_{ac}(T_e - T_2)$$

$$T_e = \frac{k_{Al}T_1 + k_{ac}T_2}{k_{Al} + k_{ac}}$$

$$T_e = \frac{238(90) + 40(25)}{238 + 40} = 80,64^\circ\text{C}$$

### 1.4 TALLER DE COMPETENCIAS 1

- Mamá compró un frasco de salsa de tomate y no puede abrirlo. Johana, su hija de  $11^\circ$  toma el frasco, lo introduce en agua caliente y logra abrirlo. Su mamá le pide una explicación; ¿qué le responde Johana?
- En una habitación a  $20^\circ\text{C}$ , se toma una cinta de acero y se trazan marcas para indicar su longitud. Cuando la temperatura del cuarto asciende a  $30^\circ\text{C}$ , ¿las marcas registradas son más cortas, más largas o quedan iguales? Explica.
- El punto de ebullición del hidrógeno es  $-252,9^\circ\text{C}$ . expresa esta temperatura en las escalas Kelvin y Fahrenheit.
- Un metal se calienta de  $-25^\circ\text{F}$  hasta  $125^\circ\text{F}$ . determina el cambio de temperatura en las escalas Kelvin y Celsius.
- La longitud de una barra de latón a  $22^\circ\text{C}$  es de  $4,5\text{m}$ ; precisa la longitud de esta a  $60^\circ\text{C}$ .
- ¿Cuál será la longitud de un alambre de acero a  $100^\circ\text{C}$ , si a  $0^\circ\text{C}$  mide  $100\text{m}$ ?
- Un anillo de acero tiene  $8\text{cm}$  de diámetro a  $18^\circ\text{C}$ . Determina el radio del anillo a  $50^\circ\text{C}$ .
- A  $18^\circ\text{C}$  de temperatura una lámina cuadrada de cobre tiene  $2\text{cm}$  de lado.
  - ¿Qué área tendrá la lámina si su temperatura se incrementa hasta  $45^\circ\text{C}$ ?
  - ¿Cuánto medirá ahora el lado de la lámina?
- Un globo de vidrio ordinario contiene  $1360\text{g}$  de mercurio a  $20^\circ\text{C}$  y está completamente lleno. Si la temperatura sube hasta  $120^\circ\text{C}$ , ¿qué cantidad de mercurio se derrama?
- ¿Puede utilizarse cualquier líquido para construir un termómetro? ¿por qué se

- utiliza mercurio en los termómetros clínicos? ¿podría utilizarse agua?
11. Supongamos que tenemos dos barras, una de cobre y otra de aluminio, con las mismas dimensiones e igual temperatura inicial. Si la colocamos sobre un fogón y le suministramos igual cantidad de calor, ¿deben tener la misma temperatura al cabo de cierto tiempo? Explica.
  12. ¿Es posible que se presente algún caso en el que le proporcionemos calor a un objeto, sin que este cambie de temperatura? Argumenta tu respuesta.
  13. Una niña de de 11<sup>º</sup> desea mantener su peso. Para lograrlo, planea subir a la Sierra para quemar 700 calorías que le proporcionaron las chokolatinas y helados que consumió. Si la masa de la niña es 45 kg, ¿hasta qué altura debe subir?
  14. Una barra de metal absorbe 696,6 julios en forma de energía calorífica. Si la masa de la barra es 75 kg, la temperatura inicial 18°C y la temperatura final 90°C.
    - a. Determina el calor específico de la barra.
    - b. ¿De qué material debe ser la barra?
  15. Se vierten 120 gr de agua, a una temperatura inicial de 89°C, dentro de un tazón de aluminio de 45 gr, a una temperatura inicial de 20°C. halla la temperatura de equilibrio del tazón y del agua.
  16. Halla la temperatura de equilibrio cuando agregamos 25 gr de leche, a 350 gr de café, a una temperatura inicial de 89°C.
  17. 100 gr de agua a una temperatura inicial de 3°C, se somete al calor hasta alcanzar una temperatura de 110°C
    - a. Determina el calor suministrado en este proceso
    - b. Realiza el gráfico de temperatura en función del calor en este proceso.
  18. Calcula cuánto de calor se debe suministrar a 0,5 kg de hielo, que se haya a una temperatura de -35 °C, para que todo el hielo se convierta en vapor.
  19. Un bloque de metal y un bloque de madera se encuentran a 10 °C. ¿Por qué el metal parece más “frío” al tocarlo que la madera? Si los bloques se encuentran a 50°C el metal parece más “caliente” que la madera. ¿Por qué?
  20. Jhonny y Beatriz van a tomar tinto a la sala de profesores. Se sirven los tintos a idénticas temperaturas, en pocillos del mismo material. Jhonny coloca una cucharadita metálica dentro del tinto y sigue conversando; Beatriz no la coloca dentro del tinto. Al cabo de un rato, ¿cuál de los tintos estará más caliente?
  21. En la casa de David una de las paredes de la sala registra una temperatura interior de 23°C y una exterior de 14°C. Determina la rapidez de transferencia de calor en la pared si el coeficiente de conductividad de ella es:  $k = 0,75 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ . Las dimensiones de la pared son 3,5m x 2m y el espesor es de 20cm.
  22. Con relación con el problema anterior, ¿qué cantidad de calor, se transfiere a través del muro en 6 horas?

## Práctica 1 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

### OBJETIVO

Entender que la conductividad térmica depende de la sustancia por la cual se conduce.

### MATERIALES

Vela, fósforos, papel, hielo, moneda, varilla de metal, trozo de madera, vaso desechable plástico, agua, vasija metálica.

### PROCEDIMIENTO

1. Encienda la vela
2. Sostenga la varilla metálica por un extremo y esponga el otro extremo al fuego de la vela por tres minutos. Repita este proceso con la vara de madera
3. Eche agua hasta la mitad en el vaso desechable y expóngalo al fuego hasta que hierva
4. Envuelva la moneda en papel y someta al fuego una de sus cara
5. Vierta agua a temperatura ambiente hasta completar  $\frac{1}{4}$  de la vasija metálica, parta el hielo en trozos pequeños y viértalos a la por 5 minutos y observe lo ocurrido con el agua y con el hielo
  - b. Aumentó o disminuyó el volumen del agua, por qué?
  - c. Qué pasó con la temperatura del agua y la del hielo. Explique.
5. Imagine que dejamos derretir el hielo totalmente, qué pasa con la temperatura del agua en este instante. Justifique sus respuesta
6. Qué pasa con la temperatura del agua 10 minutos después de haberse derretido el hielo. Porque ocurre esto?

### INFORME

1. De acuerdo con lo realizado en el paso 2 y sabiendo que ambos estuvieron expuestos a la misma cantidad de calor, porqué sintió el aumento de temperatura en la varilla metálica y no en la vara de madera.
2. Cuando expuso el vaso desechable al fuego, se quemó el vaso, por qué?
3. Cuando expuso la moneda al fuego, se quemó el papel, por qué?
4. Después de transcurrido los cinco minutos del hielo en el agua
  - a. Aumentó o disminuyó el volumen del hielo, por qué?