



TEMPERATURA

La temperatura de un cuerpo es una medida de su estado relativo de calentamiento o enfriamiento, cuando tocamos un cuerpo, nuestro sentido del tacto nos permite hacer una estimación del grado de calentamiento o enfriamiento del cuerpo con respecto a la parte de nuestra piel que está en contacto con dicho cuerpo. Esta estimación del tacto es demasiado limitada e imprecisa para ser de algún valor en los trabajos técnicos y científicos.

Temperatura y energía cinética promedio de las moléculas o átomos de un gas.

La temperatura no es una medida de "calor en el cuerpo", la temperatura es una magnitud física que nos indica cuantitativamente, el estado de "caliente" o "frío" de un cuerpo, se expresa mediante un número asociado convencionalmente al cuerpo.

Realmente, en la actualidad la temperatura se considera como una medida de la mayor o menor agitación de las moléculas o átomos que constituyen un cuerpo. Para cuantificarla se relaciona la energía cinética promedio de las moléculas, de modo que una temperatura elevada corresponde una mayor energía cinética promedio de las moléculas, debido a una mayor agitación molecular. Esta relación se expresa de la siguiente manera: $T \propto E_c$

La temperatura es directamente proporcional a la energía cinética media de traslación de las moléculas.

La ecuación resultante es deducida de la teoría cinética de los gases, demostrándose que:

$$T = \frac{2}{3} \left(\frac{1}{K} \right) E_c \quad (1)$$

En donde K es la constante de Boltzman e igual a $K = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/} (^{\circ}\text{K molécula})$

PROPIEDADES TERMOMÉTRICAS DE LA MATERIA.

Para medir la temperatura tenemos que hacer uso de alguna propiedad física medible, que varíe continua y sensiblemente con aquella (razón por la cual a dicha propiedad se le llama TERMOMETRICA) por ejemplo: El volumen, la resistencia eléctrica, la presión, la longitud, etc.

TERMOMETRÍA.

Tipos de termómetros:

Termómetro es cualquier instrumento que se utiliza para medir la temperatura.



- a) **El termómetro de líquido:** (puede ser mercurio o alcohol) encerrado en un tubo delgado de vidrio. La propiedad termométrica utilizada es el volumen (V) del líquido cuyo cambio, en los casos en que el área transversal del tubo es constante, resulta directamente proporcional con el cambio de longitud de la columna del líquido dentro del tubo. A su vez, ese cambio de volumen cumple una proporcionalidad directa con el cambio de temperatura (ΔT) del líquido.
- b) **El termómetro de resistencia:** La propiedad termométrica es la resistencia eléctrica de una pequeña bobina de hilo; el cambio de resistencia (ΔR) resulta directamente proporcional al cambio de temperatura (ΔT) del hilo.
- c) **El termómetro de Par termoeléctrico:** En el que la propiedad termoeléctrica es el voltaje producido por la diferencia de temperatura que tenga la soldadura de dos hilos de diferente metal.

Escalas termométricas:

Para convertir estos instrumentos en instrumentos cuantitativos es necesario introducir una escala de temperatura, y para ello se precisa disponer de un convenio internacional respecto a su calibración.

Para definir una escala se eligen dos temperaturas de referencia, llamadas PUNTOS FIJOS, y se asignan valores arbitrarios a dichas temperaturas, fijando así la posición del punto cero y el tamaño de la unidad de temperatura.

Una de las temperaturas de referencia, es el punto de fusión del hielo, bajo presión de una atmósfera. La otra temperatura de referencia es el punto de ebullición del agua a la presión de una atmósfera.

LA ESCALA CENTIGRADA O CELSIUS: Selecciona el punto de fusión del hielo como 0°C , y el punto de ebullición del agua, como 100°C . En la escala absoluta Kelvin, estas temperaturas son 273.15°K y 373.15°K respectivamente y en la escala FAHRENHEIT corresponde a los valores 32°F y 212°F .

Las relaciones entre estas escalas termométricas son:

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{5}{9}[T(^{\circ}\text{F}) - 32] \quad (2)$$

$$T(^{\circ}\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15 \text{ (escala de temperatura absoluta)} \quad (3)$$

En donde: $T(^{\circ}\text{C})$ es la temperatura en grados Celsius o centígrados.

$T(^{\circ}\text{F})$ es la temperatura en grados Fahrenheit.

$T(^{\circ}\text{K})$ es la temperatura en grados Kelvin.

NOTA: Actualmente, a un grado Kelvin ($^{\circ}\text{K}$) sólo se le llama 1 Kelvin y se simboliza únicamente por K.

Energía interna

La energía interna de un sistema, es el resultado de la energía cinética de las moléculas o átomos que lo constituyen, de sus energías de rotación y vibración,



además de la energía potencial intermolecular debida a las fuerzas de tipo gravitatorio, electromagnético y nuclear, que constituyen conjuntamente las interacciones fundamentales. Al aumentar la temperatura de un sistema, sin que varíe nada más, aumenta su energía interna.

Convencionalmente, cuando se produce una variación de la energía interna sin que se modifique la composición química del sistema, se habla de variación de la energía interna sensible. Si se produce alteración de la estructura atómica-molecular, como es el caso de las reacciones químicas, se habla de variación de la energía interna química. Finalmente, en las reacciones de fisión y fusión se habla de energía interna nuclear.

En todo sistema aislado (que no puede intercambiar energía con el exterior), la energía interna se conserva (Primer Principio de la Termodinámica).

CONCEPTO DE CALOR Y SUS UNIDADES.

CALOR (Q).

El calor es energía en tránsito, cuando la transferencia de un cuerpo a otro sucede por medios no mecánicos, a causa de la diferencia de temperatura entre los cuerpos.

El concepto de calor es similar al concepto de trabajo tomado éste como la medida de la energía que es transferida mediante un proceso mecánico. Debe distinguirse con precisión entre calor como forma de energía en tránsito y energía térmica (llamada energía interna) como propiedad del sistema, ya que no todo el calor transferido a un sistema se convierte necesariamente en energía térmica o interna.

Algo de él puede quedar en forma de energía potencial o energía química. Por lo tanto, un sistema (que es cualquier conjunto de cuerpos que aislamos idealmente del universo) no puede contener calor, al igual que no puede contener trabajo. Sólo puede contener energía de varios tipos, incluida la energía térmica o interna.

La cantidad de calor (Q) se mide por los efectos observables que produce, el más palpable de los cuales es la elevación de temperatura del cuerpo que recibe la energía. Si un gramo de agua recibe una cantidad de calor (Q) de modo que cambia su temperatura de 14.5°C a 15.5°C se llama a esta cantidad de calor, caloría, que es la unidad calor del sistema CGS. La kilocaloría se define análogamente para un kilogramo de agua, siendo la unidad de calor del sistema MKS.

La unidad de calor del sistema inglés es la BTU (Unidad Térmica Británica) y es la cantidad de calor que es necesario suministrar a una libra de agua para elevar su temperatura de 63°F a 64°F.

Equivalencias: 1 BTU = 252 Cal. = 0.252 Kcal.

La equivalencia entre las unidades de calor y las unidades de energía se conoce con el nombre de Equivalencia Mecánico del Calor, que fue determinado por Joule.



Los mejores resultados hasta la fecha dan esa equivalencia así:

$$4.186 \text{ joules} = 1 \text{ caloría.}$$

Capacidad calorífica y calor específico.

Las sustancias difieren entre sí en la cantidad de calor necesaria para producir una elevación determinada de temperatura sobre una masa dada.

La razón entre la cantidad de calor suministrada a un cuerpo y el correspondiente incremento de temperatura (ΔT) se denomina Capacidad Calorífica del Cuerpo.

$$\text{Capacidad Calorífica} = \frac{\text{Cantidad de calor}}{\text{Incremento de Temperatura}}$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\text{Calorías}}{^{\circ}\text{C}} \quad \text{ó} \quad \frac{\text{BTU}}{^{\circ}\text{F}} \quad \text{ó} \quad \frac{\text{Caloría}}{^{\circ}\text{K}} \quad (4)$$

Para obtener un valor que sea característico de la sustancia de que está hecho el cuerpo, se define el calor específico de una sustancia (c) como la capacidad calorífica por unidad de masa de un cuerpo formado por dicha sustancia; esto es la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa para elevar su temperatura en un grado.

$$\text{Calor Específico} = \frac{\text{Capacidad Calorífica}}{\text{Masa}}$$

$$c = \frac{C}{m} = \frac{Q/m}{\Delta T} = \frac{Q}{m\Delta T} = \left[\frac{\text{Cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \quad \text{ó} \quad \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}^{\circ}\text{F}} \right] \quad (5)$$

De la ecuación anterior se deduce que el calor que ha de suministrarse a un cuerpo de masa m , cuyo valor específico es " c ", para aumentar su temperatura en ΔT , es:

$$Q = mc\Delta T = mc(T_f - T_i). \quad (6)$$

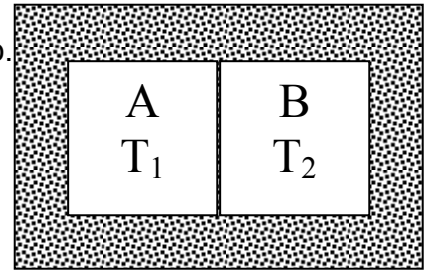
Equilibrio Térmico: Si se tienen dos cuerpos A y B a temperaturas diferentes y aislados de los alrededores, al ponerlos en contacto se establecerá entre ellos un flujo de calor del objeto de mayor temperatura al de menor. El flujo de calor cesará cuando ambos alcancen una temperatura común, denominada temperatura de equilibrio. Se

dice que los objetos han alcanzado el equilibrio térmico. Como solamente se ha verificado intercambio de calor, se cumple que:

Calor ganado por el cuerpo de menor temperatura = -Calor cedido por el cuerpo de mayor temperatura

$$Q_A = - Q_B$$

$$M_A C_A \Delta T_A = -m_B C_B \Delta T_B \quad (7)$$



Calor latente.

La materia puede existir en varios estados de agregación, entre estos los más comunes son: Sólido, Líquido y Gaseoso. Los cambios de un estado a otro van acompañados de un desprendimiento o una absorción de calor. El calor que necesita la unidad de masa de una sustancia para que pueda cambiar su estado se denomina Calor Latente y se representa simbólicamente por L.

Dependiendo del cambio de estado que se realice, se puede tener calor latente de fusión L_f , de solidificación L_s , de vaporización L_v , de condensación o licuefacción L_l .

El calor absorbido o liberado en el cambio de estado de una masa es:

$$Q = mL. \quad (8)$$

DILATACION

Todo cuerpo, por efectos del calor que recibe sufre algunos efectos, uno de ellos es la dilatación, que se produce en todas las dimensiones que posee.

Según su naturaleza cada cuerpo posee lo que se llama coeficiente de dilatación térmica, cuyo símbolo es α y su unidad de medida es $1/^\circ\text{C}$ o $^\circ\text{C}^{-1}$, algunos valores son:

Aluminio	0,000024	Cobre	0,000018
Acero	0,000011	Vidrio	0,000001 a 0,000013
Hormigón	0,000007 a 0,000014	Mercurio	0,000006

A) DILATACION LINEAL

Para determinar la dilatación lineal de un cuerpo se tiene la relación

$$l_f = l_i(1 + \alpha \Delta t), \quad (9)$$

donde $\Delta t = t_f - t_i$



B) DILATACION SUPERFICIAL

Si se tiene una superficie de tamaño A_o a una temperatura t_i , al entregársele (o quitársele) un calor Q , de tal forma que su nueva temperatura sea t_f , su nuevo tamaño estará expresado por A_f , donde $\Delta t = t_f - t_i$ es la variación de temperatura que experimenta; ΔA es su variación de superficie; Δa y Δb las variaciones respectivas en sus dimensiones, (estas variaciones son respecto a la figura con que se trabaja, pues si fuera un círculo, la variación sería en el radio).

La relación entre las superficies A_o y A_f es $A_f = A_o(1 + \beta \Delta t)$ (10)

Donde el coeficiente de dilatación superficial es $\beta = 2\alpha$, siendo α el coeficiente lineal de la sustancia de la que es el objeto superficial.

C) DILATACION VOLUMETRICA:

Si se tiene una volumen de tamaño V_o a una temperatura t_i , al entregársele (o quitársele) un calor Q , de tal forma que su nueva temperatura sea t_f , su nuevo tamaño estará expresado por V_f , donde $\Delta t = t_f - t_i$ es la variación de temperatura que experimenta; ΔV es su variación de volumen; Δa , Δb y Δc las variaciones respectivas en sus dimensiones, (estas variaciones son respecto a la figura con que se trabaja; pues si fuera una esfera, la variación sería en el radio o , si fuera un cilindro las variaciones serían en el radio y en la altura, ¡depende de la situación!).

La relación entre lo volúmenes es V_o y V_f es $V_f = V_o(1 + \gamma \Delta t)$ (11)

Donde el coeficiente de dilatación volumétrico es $\gamma = 3\alpha$, siendo α el coeficiente lineal de la sustancia de la que es el objeto volumétrico.

Mecanismos de propagación de calor.

Existen tres mecanismos mediante los cuales puede transferirse calor de un lugar a otro; ellos son: conducción, convección y radiación.

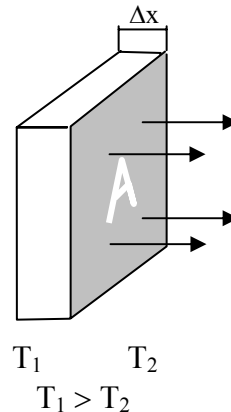
Conducción.

La conducción es la transferencia de calor, sin que se produzca transferencia de materia o movimiento del cuerpo a través del cual se transmite la energía. Así por ejemplo, si uno de los extremos de una cuchara metálica se introduce en un líquido caliente, el otro extremo se calienta por conducción.

En el proceso de conducción, la energía se transmite por choques a nivel molecular o atómico. La velocidad de conducción del calor varía de una sustancia a otra; generalmente los metales son buenos conductores de calor, otros como la madera, el ladrillo, asbesto, etc. son malos conductores o buenos aisladores. Considerando una lámina delgada de cierto material: sea A el área de sus caras paralelas, ΔX el espesor. Si las caras se mantienen a temperaturas distintas T_1 y T_2 habrá un flujo de calor (Q) de una cara a otra.

$T_2 - T_1 = \Delta T$: DIFERENCIA DE TEMPERATURA; ΔX ESPESOR.

$\Delta T / \Delta X$ = Gradiente de temperatura
(dirección en la cual se obtiene el máximo o mínimo aumento de temperatura).



En estado estacionario, fluye calor desde la zona a temperatura más alta a la más baja. La ley de Fourier de la conducción térmica establece que el ritmo de flujo de calor: $\left[\frac{Q}{\Delta t} = \frac{\text{calor}}{\text{tiempo}} \right]$ es proporcional con el área A de la sección transversal y con el gradiente de temperatura.

En símbolos:
$$H = \frac{Q}{\Delta t} = -KA \frac{\Delta T}{\Delta X} \quad (12)$$

Donde K es la constante de proporcionalidad y se conoce como conductividad térmica del material, y ΔT es el tiempo en que ocurre el flujo de calor. El signo menos indica que el calor fluye en el sentido en que la temperatura disminuye.

Algunos valores típicos de K :

SUSTANCIA	K (Cal/s cm. °C)
Agua	0.0014
Aire (a 0 °C)	0.000057
Cobre	0.87



Hielo	0.0050
Grasa animal	0.0004
Piel humana	0.002

Convección.

Este tipo de transferencia de calor se manifiesta sólo en los fluidos y ocurre cuando el fluido experimenta movimiento. Esto se debe a que cuando una porción del fluido se calienta, se dilata, su densidad disminuye en relación con el resto del fluido; así el fluido caliente sube y las regiones de fluido frío descienden.

Se establece así un movimiento del fluido o corrientes de convección. Si tales corrientes son originadas por la diferencia de densidad, se denomina al proceso convección natural; pero si el movimiento del fluido se incrementa por medios mecánicos (ventilador, bomba, etc.) el proceso de convección es forzada. En estas circunstancias, el calor cedido por unidad de tiempo por un cuerpo de temperatura T_1 en un ambiente de temperatura T_2 es:

$$H = hA (T_1 - T_2) \quad (13)$$

Donde A es el área superficial y h es una constante, que en el caso del cuerpo humano rodeado de aire vale $h = 1.7 \times 10^{-3} \text{ Kcal.s}^{-1}\text{m}^{-2}\text{Kg}^{-1}$

Radiación

El término radiación se refiere a la energía que los cuerpos emiten en forma de ondas electromagnéticas (como la luz). Cuando las longitudes de onda se encuentran en el intervalo comprendido entre 1 μm y 100 μm , aproximadamente, se denomina radiación térmica o radiación infrarroja. Dos cuerpos cualquiera A y B intercambiarán de energía en forma de radiación térmica, incluso cuando no hay posibilidad de que intervenga conducción o convección. La radiación térmica se propaga en el vacío y viaja a la velocidad de la luz. Algunas sustancias permiten el paso de estas radiaciones, pero absorben parte de la energía transmitida.

Se define el poder emisor total de un cuerpo como la energía radiante total de todas las longitudes de onda emitidas por el cuerpo por metro cuadrado de superficie y por segundo.

Para un cuerpo negro (el mejor receptor posible, que absorbe toda la energía en forma de radiación que incide sobre él) el poder emisor total, que se escribe ξ_c es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta (T)

$$\xi_c = \sigma T^4 \quad (14)$$

Esta es la ley de la radiación de Stefan - Boltzman, y σ es una constante universal denominada constante de Stefan -Boltzman, su valor es: $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

El poder emisor de cualquier otro cuerpo es una fracción de esto,



$$\xi_c = \epsilon \sigma T^4 = \mathfrak{R} \quad (15)$$

En donde ϵ es llamada emisividad del cuerpo, y mide la eficiencia del cuerpo como emisor de radiación.

En términos de la potencia radiada por una superficie de área A , la ecuación resulta:

$$P = \sigma \epsilon AT^4 \quad (16)$$

Dado que $\xi = \xi_c = P / A\Delta t$ (energía radiada en cada unidad de tiempo por el área).

La radiación de un cuerpo se produce, haya o no diferencia de temperatura entre el cuerpo y el medio que lo rodea. Si no existe diferencia de temperatura, entonces el cuerpo está absorbiendo exactamente la misma radiación que emite y no hay flujo neto de energía hacia el exterior ni hacia el interior. Sin embargo, si un cuerpo a la temperatura T está dentro de una envoltura T_0 , es menor que T , la energía emitida es mayor que la absorbida y el flujo neto hacia fuera es:

$$\epsilon_{\text{neto}} = \epsilon \sigma T^4 - \epsilon_0 \sigma T_0^4 = \epsilon \sigma (T^4 - T_0^4) \quad (17)$$

por unidad de área por segundo.

Termodinámica

La termodinámica puede definirse como el tema de la Física que estudia los procesos en los que se transfiere energía como calor y como trabajo.

Sabemos que se efectúa trabajo cuando la energía se transfiere de un cuerpo a otro por medios mecánicos. El calor es una transferencia de energía de un cuerpo a un segundo cuerpo que está a menor temperatura. O sea, el calor es muy semejante al trabajo.

Al hablar de termodinámica, con frecuencia se usa el término "sistema". Por sistema se entiende un objeto o conjunto de objetos que deseamos considerar. El resto, lo demás en el Universo, que no pertenece al sistema, se conoce como su "ambiente". Se consideran varios tipos de sistemas. En un sistema cerrado no entra ni sale masa, contrariamente a los sistemas abiertos donde sí puede entrar o salir masa. Un sistema cerrado es aislado si no pasa energía en cualquiera de sus formas por sus fronteras.

Primera Ley de la Termodinámica

Esta ley se expresa como:

$$\Delta E_{\text{int}} = Q - W \quad (18)$$

Cambio en la energía interna en el sistema = Calor agregado (Q) - Trabajo efectuado por el sistema (W)



Notar que el signo menos en el lado derecho de la ecuación se debe justamente a que W se define como el trabajo efectuado por el sistema.

Para entender esta ley, es útil imaginar un gas encerrado en un cilindro, una de cuyas tapas es un émbolo móvil y que mediante un mechero podemos agregarle calor. El cambio en la energía interna del gas estará dado por la diferencia entre el calor agregado y el trabajo que el gas hace al levantar el émbolo contra la presión atmosférica.

Segunda Ley de la Termodinámica

La primera ley nos dice que la energía se conserva. Sin embargo, podemos imaginar muchos procesos en que se conserve la energía, pero que realmente no ocurren en la naturaleza. Si se acerca un objeto caliente a uno frío, el calor pasa del caliente al frío y nunca al revés. Si pensamos que puede ser al revés, se seguiría conservando la energía y se cumpliría la primera ley.

En la naturaleza hay procesos que suceden, pero cuyos procesos inversos no. Para explicar esta falta de reversibilidad se formuló la segunda ley de la termodinámica, que tiene dos enunciados equivalentes:

Enunciado de Kelvin - Planck : Es imposible construir una máquina térmica que, operando en un ciclo, no produzca otro efecto que la absorción de energía desde un depósito y la realización de una cantidad igual de trabajo.

Enunciado de Clausius: Es imposible construir una máquina cíclica cuyo único efecto sea la transferencia continua de energía de un objeto a otro de mayor temperatura sin la entrada de energía por trabajo.

PROBLEMAS RESUELTOS

1) Transformar 175 °K a grados centígrados.

De la ec. 3 tenemos que:

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

$$T(^{\circ}\text{C}) = 175 - 273 = -98^{\circ}\text{C}$$

2) ¿A qué temperatura Celsius equivalen 33,8 °F?

De la ec. 2 tenemos que:

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

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{5}{9}[33.8 - 32] = 1^{\circ}\text{C}$$



3) Transformar 30 °C a grados Fahrenheit.

Despejando T(^oF) de la ec. Anterior

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

$$T(^{\circ}F) = \frac{9}{5}(30) + 32 = 86^{\circ}C$$

4) ¿Cuánto vale la energía cinética de las partículas de un gas que se encuentra a 40^oC?

De la ec. 1 y teniendo en cuenta que 60^oC=333K y $K = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/} (^{\circ}\text{K molécula})$

$$E_c = \frac{3}{2}kT$$

$$E_c = \frac{3}{2} \left(1.38 \times 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} \right) (333\text{K})$$

$$E_c = 6.89 \times 10^{-21} \text{ J}$$

5) En un bloque de Hormigón de masa M=2 Kg a temperatura inicial T=40°C y calor específico Ce=0.2 Kcal/Kg.°C se introduce en un litro de Agua de masa M=1 Kg a temperatura T=20°C y calor específico Ce=1.0 Kcal/Kg.°C. Calcula la temperatura final **Tf** de equilibrio.

Variación de la cantidad de calor de un cuerpo Q:

$$Q = mc\Delta T = mc (T_f - T_i). \quad (6)$$

$$\text{Hormigón: } Q_h = (2\text{Kg})(0.2 \text{ Kcal/Kg.}^{\circ}\text{C}) (T_f - 40^{\circ}\text{C}) = 0.4 (T_f - 40^{\circ}\text{C}) [\text{Kcal}] / ^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Agua: } Q_a = (1\text{Kg})(1.0 \text{ Kcal/Kg.}^{\circ}\text{C}) (T_f - 20^{\circ}\text{C}) = 1.0 (T_f - 20^{\circ}) [\text{Kcal}] / ^{\circ}\text{C}$$

La temperatura final Tf tendrá un valor intermedio ente 20° y 40°. El calor que pierde el hormigón (observar su valor negativo) será igual al ganado por el agua (valor positivo). Si sumamos ambas ecuaciones: $Q_h + Q_a = 0$

$$\text{Hormigón+ agua: } 0 = 0.4\text{Kcal/}^{\circ}\text{C} (T_f - 40.^{\circ}\text{C}) + \text{Kcal/}^{\circ}\text{C} (T_f - 20.^{\circ}\text{C})$$

$$0 = 0.4T_f \text{ Kcal/}^{\circ}\text{C} - 16\text{Kcal} + T_f\text{Kcal/}^{\circ}\text{C} - 20\text{Kcal}$$

$$0 = 1.4T_f\text{Kcal/}^{\circ}\text{C} - 36\text{Kcal}$$



Despejando la Temperatura final $1.4 T_f \text{ Kcal} / ^\circ\text{C} = 36 \text{ Kcal}$

$$T_f = 36 / 1.4 = \mathbf{25,71^\circ\text{C}}$$

Una vez hallada la temperatura final de equilibrio $T_f = 25.71^\circ\text{C}$, es fácil comprobar la cantidad de calor Q perdida (-) por el hormigón y ganada (+) por el agua:

$$\text{Hormigón: } Q_h = 0.4 (25.71 - 40^\circ) = -5.71 \text{ [Kcal]}$$

$$\text{Agua: } Q_a = 1.0 (25.71 - 20^\circ) = +5.71 \text{ [Kcal]}$$

6) Una masa de 250gr de agua se encuentra a 1 atmósfera de presión a 150°C .
¿Cuántas calorías es necesario extraer para llegar a una temperatura final de -20°C ?

Recordando que: $Q = mc\Delta T$

Con:

$$c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}, \quad m = 250 \text{ g} \quad \text{y} \quad \Delta T = T_f - T_i = -20^\circ\text{C} - 150^\circ\text{C} = -170^\circ\text{C}$$

$$Q = (250 \text{ g})(1 \text{ cal/g}^\circ\text{C})(-170^\circ\text{C})$$

$$Q = -42500 \text{ cal} = -42.5 \text{ Kcal}$$

El signo - indica que es calor perdido

7) Calcular el calor específico del mercurio si se introducen 0,2 kg del mismo a 59°C en un calorímetro con 0,37 kg de agua a 24°C y la temperatura de equilibrio térmico es de $24,7^\circ\text{C}$.

Teniendo en cuenta que:

$$Q_a = - Q_{\text{Hg}}$$

Donde:

$$Q_{\text{Hg}} = m_{\text{Hg}} c_{\text{Hg}} \Delta T = (0.2 \text{ Kg})(24.7 - 59)^\circ\text{C} c_{\text{Hg}} = (-6.86 \text{ Kg}^\circ\text{C}) c_{\text{Hg}}$$

$$Q_a = m_a c_a \Delta T = (0.37 \text{ Kg})(1 \text{ Kcal}^\circ\text{C})(24.7 - 24)^\circ\text{C} = 0.259 \text{ Kg}^\circ\text{C} (\text{Kcal}^\circ\text{C})$$

$$\text{Por tanto:} \quad 0.259 \text{ Kg}^\circ\text{C} (\text{Kcal}^\circ\text{C}) = - (-6.86 \text{ Kg}^\circ\text{C}) c_{\text{Hg}}$$

$$c_{\text{Hg}} = 0.259 \text{ Kcal}^\circ\text{C} / 6.86 = 0.038 \text{ Kcal}^\circ\text{C}$$

8) Convertir 1800J a calorías y Kcal.

Recordando que $1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$ y $1 \text{ Kcal} = 1000 \text{ cal}$ tenemos:

$$1800 \text{ J} \times \frac{1 \text{ cal}}{4.186 \text{ J}} = 430 \text{ cal} = 0.430 \text{ Kcal}$$



9) Un trozo de hielo de 583 cm^3 a 0°C se calienta y se convierte en agua a 4°C . Calcular la transferencia de calor durante el proceso

Datos: densidad del hielo 0.917 gr/cm^3 , calor específico del agua $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, calor de fusión del hielo 80 cal/g .

Recordando que la densidad es masa entre volumen tenemos que:

$$m = \rho V$$

$$m = (0.917 \text{ g/cm}^3)(583 \text{ cm}^3) = 534.6 \text{ g}$$

Para pasar de hielo a agua a 0°C se debe suministrar una cantidad de calor dada por:

$$Q_f = mL_f$$

$$Q_f = (534.6 \text{ g})(80 \text{ cal/g}) = 42768 \text{ cal}$$

Para pasar de agua a 0°C a agua a 4°C se debe agregar

$$Q = mc\Delta T = (534.6 \text{ g})(1 \text{ cal/g}^\circ\text{C})(4^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 2138.4 \text{ cal}$$

El calor total durante el proceso será

$$Q_T = Q_f + Q = 44906.4 \text{ cal}$$

10) ¿Qué cantidad de calor absorberá un litro de agua que está a 100°C y a presión normal para vaporizarse totalmente?

1 Litro = $1000 \text{ ml} = 1000 \text{ cm}^3$, $m = \rho V = (1 \text{ g/cm}^3)(1000 \text{ cm}^3) = 1000 \text{ g}$

$L_V = 540 \text{ cal/g}$

$$Q = mL_V = (1000 \text{ g})(540 \text{ cal/g}) = 540000 \text{ cal} = 540 \text{ Kcal}$$

11) ¿Qué cantidad de aluminio se podrá fundir con 20 kcal si aquel está a temperatura de fusión?

$L_f \approx 1660 \text{ cal/g}$

$$m = Q/L_f$$

$$m = 20000 \text{ cal} / (1660 \text{ cal/g}) = 12.04 \text{ g}$$

12) Una cinta métrica de acero ($\alpha = 0.000012/^\circ\text{C}$) es exacta a 0°C . Se efectúa una medición de 50 m un día en que la temperatura es de 32°C . ¿Cuál es su verdadero valor?

Utilizando la relación (9) para encontrar la longitud original tenemos:

$$l_f = l_i(1 + \alpha \Delta t)$$

$$l_i = \frac{L_f}{1 + \alpha \Delta T} = \frac{50 \text{ m}}{1 + (0.000012/^\circ\text{C}^{-1})32^\circ\text{C}} = 49.9808 \text{ m}$$



13) ¿Cuál será la longitud que alcanza un alambre de hierro ($\alpha = 0,000012/^{\circ}\text{C}$) de 250 m, si sufre un aumento de temperatura de 60°C ?

Utilizando: $l_f = l_i(1 + \alpha \Delta t)$

Tenemos:

$$L_f = 250\text{m} (1 + (0.000012/^{\circ}\text{C}^{-1}) (60^{\circ}\text{C})) = 250.18\text{m}$$

14) Se corta un orificio con un área de sección transversal de 100.00cm^2 en un trozo de acero a 20°C . ¿Cuál es el área del agujero si el acero se calienta de 20°C a 100°C ?

El incremento en el área del orificio esta dado por:

$$\Delta A = \gamma A_0 \Delta T = 2\alpha A_0 \Delta T = 2(0,000012/^{\circ}\text{C})(100\text{cm}^2)(80^{\circ}\text{C}) = 0.19\text{cm}^2$$

Por tanto el orificio a 100°C es:

$$A_f = A_0 + \Delta A = 100.19\text{cm}^2$$

15) Una esfera de bronce de $33,5\text{cm}^3$ de volumen sufre un aumento de temperatura de 45°C , ¿cuál será el aumento de volumen experimentado, si el coeficiente de dilatación lineal del bronce es de $0,0000156/^{\circ}\text{C}$?

Se busca ΔV teniendo en cuenta que $V_i = 33.5\text{cm}^3$

De la relacion (11) tenemos:

$$V_f = V_o(1 + \gamma \Delta t)$$

Y con $\gamma = 3\alpha$, siendo α el coeficiente lineal de la sustancia

$$V_f = (33.5\text{cm}^3)(1 + (0.0000468/^{\circ}\text{C})(45^{\circ}\text{C})) = 33.57\text{cm}^3$$

$$\Delta V = 0.07\text{cm}^3$$

16) Un anillo de cobre tiene un diámetro interno de 3,98 cm a 20°C . ¿A qué temperatura debe ser calentado para que encaje perfectamente en un eje de 4 cm de diámetro?

Sabiendo que: $\alpha_{\text{cobre}} = 17 \times 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$.

Teniendo en cuenta que:

$$T_i = 20^{\circ}\text{C}$$

De la relación (9) y teniendo en cuenta que $\Delta T = T_f - T_i$, despejamos T_f

$$l_f = l_i(1 + \alpha \Delta t),$$



$$\frac{l_f - 1}{\alpha} + T_i = T_f$$

$$T_f = 20^{\circ}C + \frac{4cm}{17 \times 10^{-6}} - 1 = 315.6^{\circ}C$$

17) El ambiente de una caldera está separado de otro por una pared de corcho ($k = 0,0001 \text{ cal/cm} \cdot ^{\circ}C \cdot s$) de 6 cm de espesor y $2,5 \text{ m}^2$ de superficie y $60^{\circ}C$ de diferencia de temperatura entre ambas paredes. ¿Qué cantidad de calor ha pasado en 2,5 horas de uno a otro medio?

De la ec.12.

$$H = \frac{Q}{\Delta t} = -KA \frac{\Delta T}{\Delta X}$$

$$Q = -KA \frac{\Delta T}{\Delta X} \Delta t$$

$$K=0.0001 \text{ cal/cm} \cdot ^{\circ}C \cdot s$$

$$A=2.5 \times 10^4 \text{ cm}^2$$

$$\Delta T=60^{\circ}C$$

$$Q = -\left(0.0001 \frac{\text{cal}}{\text{cm} \cdot s \cdot ^{\circ}C}\right) (2.5 \text{ m}^2) \frac{60^{\circ}C}{0.06 \text{ m}} (9000 \text{ s})$$

$$Q = 2250 \text{ cal}$$

$$\Delta X=6 \text{ cm}$$

$$\Delta t=2.5 \text{ h}=9000 \text{ s}$$

18) Un estudiante decide que ropa debe ponerse. El aire en su recamara esta a $20.0^{\circ}C$. Si la temperatura de la piel del estudiante sin ropa es de $37.0^{\circ}C$, ¿cuánto calor pierde su cuerpo en 10.0min? suponga que la emisividad de la piel es de 0.900 y que el área de la superficie del cuerpo del estudiante es 1.50 m^2 .

De acuerdo con la relación (14)

$$\epsilon_{neto} = A\epsilon\sigma T^4 - A\epsilon\sigma T_0^4 = \epsilon\sigma(T^4 - T_0^4)$$

$$\epsilon_{neto} = (1.5 \text{ m}^2) \left(5.67 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}^4} \right) (0.900) \left((310 \text{ K})^4 - (298 \text{ K})^4 \right)$$



$$\varepsilon_{neto} = 143 \frac{J}{s}$$

$$Q = \varepsilon_{neto} \times t = \left(143 \frac{J}{s} \right) (600s) = 8.58 \times 10^4 J$$

19) Un gas esta encerrado en un recipiente dotado de un émbolo con un área de sección transversal de $0.10m^2$. La presión del gas se mantiene a $8000Pa$ mientras se aporta calor poco a poco; en consecuencia, el gas empuja el émbolo una distancia de $4cm$.(Cualquier proceso en el que la presión permanece constante se conoce como proceso isobárico)Si se agregan $42J$ de calor al sistema durante la expansión, ¿cuál es el cambio de energía interna del sistema?

De la ec. 18.

$$\Delta E_{int} = Q - W$$

El trabajo realizado por el gas es:

$$W = P\Delta V = \left(8000 \frac{N}{m^2} \right) (0.10m^2) (0.04m) = 32J$$

Por tanto el cambio de energía interna se calcula como:

$$\Delta E_{int} = 42J - 32J = 10J$$

20) Un gramo de agua a la presión atmosférica ($1.013 \times 10^5 Pa$) ocupa un volumen de $1.0cm^3$. Cuando esta agua hierve, se convierte en $1671cm^3$ de vapor de agua. Calcule el cambio de energía interna en este proceso.

Para el agua el calor latente $L = 2.26 \times 10^6 J/Kg$

Para evaporar $1.0cm^3 = 1g$ (recordando que $m = \rho V$) se necesita una cantidad de calor dado por:

$$Q = mL.$$

$$Q = (0.001Kg) (2.26 \times 10^6 J/Kg) = 2260J$$

El trabajo realizado se encuentra con la relación:

$$W = P\Delta V = P(V_{vapor} - V_{liquido})$$

$$W = (1.013 \times 10^5 N/m^2) ((1671) - (1)) \times 10^{-6} m^3 = 169J$$

Por tanto el cambio de energía interna es



:

$$\Delta E_{\text{int}} = Q - W = 2260\text{J} - 169\text{J} = 20091\text{J}$$

Ejercicios propuestos:

Algunos ejercicios tienen respuestas y en otros hay que buscar el valor de las constantes físicas.

1) Transformar 175 °K a grados centígrados.

R/ -98 °C

2) ¿A qué temperatura Celsius equivalen 33,8 °F?

R/ 1 °C

3) Convertir -40 °C a Fahrenheit.

R/ -40 °F

4) ¿A qué temperatura Celsius equivalen 33,8 °F?

R/1 °C

5) En un termómetro Fahrenheit se observa una marca de 125 °F y en un Celsius se leen 45 °C, ¿cuál de los dos indica mayor estado térmico?

R/ el termómetro Fahrenheit

6) ¿Cuánto calor debe absorber un cuerpo de 200 gr para aumentar su temperatura en 10 grados Celsius? ($C_e = 2 \text{ cal (g } ^\circ\text{C)}^{-1}$)

R/4000cal

7) ¿Cuánto calor debe absorber un cuerpo de 200 gr para aumentar su temperatura en 10 grados Kelvin? ($C_e = 2 \text{ cal (g } ^\circ\text{C)}^{-1}$)

R/4000cal

8) ¿Qué cantidad de calor cederá 1 kg de mercurio que está a 25 °C para pasar a sólido? ($T_{s_{\text{Hg}}} = -38,87^\circ \text{ C}$, $L_s = -2,8 \text{ Kcal/Kg}$, $C_e = 0,139 \text{ J/g}^\circ\text{C}$)

R/4,087 kcal



9) ¿Qué cantidad de calor absorberá un litro de agua que está a 18°C y a presión normal para vaporizarse totalmente?($T_v=100^{\circ}\text{C}$, $L_v=540\text{cal/g}$)

R/ 622 kcal

19) Calcular la cantidad de cinc que se podrá fundir con 18 kcal.

R/ 782,2 g

10) Se desea fundir 200 g de cinc que está a 22°C y se entregan 25 kcal. ¿Se fundirá totalmente?, ¿qué masa de cinc faltará fundir?($T_f=420^{\circ}\text{C}$, $L_f=23\text{kcal/Kg}$, $C_e=0.0915\text{Kcal/Kg}^{\circ}\text{C}$)

11) ¿Qué cantidad de calor absorbe una masa de hielo de 200 kg que está a 0°C para fundirse totalmente?($L_f=80\text{kcal/Kg}$)

R/ 16000 kcal

12) Calcular la cantidad de calor que absorberá 200 g de hielo que está a -8°C para pasar a agua a 20°C .

R/ 20,8 kcal

13) Si 300 g de agua ($c_v = 540 \text{ cal/g}$) están a 100°C y presión normal, ¿qué cantidad de calor será necesaria para vaporizarlos?.

R/162 kcal

14) ¿Qué cantidad de aluminio se podrá fundir con 20 kcal si aquel está a temperatura de fusión? ($L_f=92.7\text{cal/g}$)

R/217 g

15) Se tiene una barra de cobre de 800 g que está a 18°C , ¿se fundirá totalmente si se le entregan 80 kcal? ($L_f=51.1\text{cal/g}$, $C_e=0.093 \text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$, $T_f= 1080^{\circ}\text{C}$)

R/no

16) ¿Qué masa de cobre se habrá fundido en el caso del problema anterior?

R/19.3

17) La longitud de una barra de hierro ($\alpha= 0,0000118/^{\circ}\text{C}$) a 35°C es de 1,8 m. Si se calienta hasta 380°C , ¿cuál es el aumento de longitud que experimentó?

R/0.0073m

18) Se tienen dos varillas de acero ($\alpha = 0,000012/^{\circ}\text{C}$). La primera tiene exactamente un metro de longitud a los 0°C y la otra a los 30°C . ¿Cuál será la diferencia de longitudes a los 18°C ?

R/0.036m



19) ¿Cuál será el coeficiente de dilatación del cobre, si un hilo de ese metal, de 140 m de largo y a 0 °C, al ser calentado a 350 °C adquiere una longitud de 140,8673 m?

R/0.0000177°C⁻¹

20) Un cubo de hierro ($\alpha = 0,000012/^\circ\text{C}$) lleno de mercurio ($\alpha = 0,000182/^\circ\text{C}$) es calentado de 20 °C a 70 °C. Si se derraman 2,7 cm³ de mercurio, ¿cuál es el volumen del cubo?

R/9.9cm³

21) Calcular la longitud a 0 °C de un hilo de cobre que a 120 °C tiene una longitud de 1200 m.

R/1197.5m

22) El volumen de una esfera de plomo a 20 °C es de 5 cm³. Si se calienta a 80 °C, ¿cuál será el aumento de volumen? ($\alpha=3\times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$)

R/0.027cm³

23) Una masa de plomo se calienta de 20 °C a 140 °C. ¿Qué aumento de volumen se verificará?

R/ $\rho/m(3\alpha\Delta T)$

24) Una persona desvestida tiene una superficie de 1,5 m² expuesta a un ambiente y a unos alrededores de 27 °C. La temperatura de su piel es de 33 °C y se puede considerar un emisor de radiación perfecto. Si el coeficiente de transferencia de calor por convección es de 9 W/m²·K, hállese:

- Las pérdidas de calor por convección y por radiación.
- El gasto energético en kcal/día.

Cuestionario

Las preguntas van seguidas por cuatro respuestas posibles de las cuales una es la correcta.

Señalar con una X la respuesta que Ud. considere correcta.

1) Se dice que dos cuerpos están a la misma temperatura, cuando:

- ambos tienen la misma cantidad de calor
- la energía total de las moléculas de uno es igual a la energía total de las moléculas del otro
- ambos ganan calor en la misma proporción
- al ponerse en contacto no se transfiere calor.

2) Cuando se mide la temperatura de una persona que tiene fiebre es conveniente esperar algunos minutos para que:

- el calor que absorbe el termómetro sea igual al que absorbe el enfermo



- b) el calor que cede el termómetro sea igual al que cede el enfermo
c) el calor que absorbe el termómetro sea mayor al que cede el enfermo
d) el termómetro llegue al equilibrio térmico con el cuerpo del enfermo.
- 3) Suponga una masa de hielo a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ que se encuentra dentro de un recipiente aislado que contiene agua también a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. ¿Qué le sucederá en este caso?
a) nada
b) todo el hielo se funde
c) sólo una parte del hielo se funde
d) toda el agua se congela.
- 4) Un globo con aire en su interior y con su válvula amarrada se encuentra expuesto al Sol. Después de cierto tiempo se observa que el volumen del globo ha aumentado. Lo anterior es una evidencia de que:
a) ha ingresado aire al interior del globo
b) el aire aumentó su temperatura y se dilató
c) la goma del globo hace menor fuerza para mantener al aire en su interior
d) aumentó la masa del globo.
- 5) El calor que se necesita entregarle a 2 litros de agua para eleve su temperatura desde $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ es:
a) 80 cal
b) 2.000 cal
c) 80.000 cal
d) 120.000cal.
- 6) El calor específico del agua es $1\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$ y del cobre es de $0,09\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$. De lo anterior se deduce que si tenemos 1 kg de agua y 1 kg de cobre resulta
a) más fácil elevar o disminuir la temperatura del agua que del cobre
b) más fácil elevar o disminuir la temperatura del cobre que la del agua
c) que como son masas iguales, se necesita la misma cantidad de calor para cambiar la temperatura
d) más fácil elevar las temperatura del agua, pero más difícil bajarla que el cobre.
- 7) Cuando el agua comienza a hervir, las burbujas que se forman en el fondo suben rápidamente hacia la superficie. Estas burbujas son:
a) de aire y están a la misma temperatura que el agua
b) de aire y están a mayor temperatura que el agua
c) de vapor de agua y están a la misma temperatura que el agua
d) de vapor de agua y están a mayor temperatura que el agua
- 8) Una cuchara de metal se encuentra dentro de una taza de café caliente. La cuchara se siente caliente pues el calor se transmite hacia la mano por:
a) conducción
b) convección



- c) radiación
- d) conducción y convección

9) Los beduinos en el desierto cubren todo su cuerpo con túnicas blancas. De esa manera:

- a) el blanco refleja parte de la radiación del Sol y las gruesas túnicas evitan la conducción del calor ambiente hacia el interior de su cuerpo
- b) el blanco refleja parte de la radiación de su cuerpo y las gruesas túnicas evitan la conducción del calor ambiente hacia el ambiente exterior
- c) el blanco absorbe radiación y la ropa permite la convección
- d) se protegen de los cambios de temperatura en el día.

10) Se suelta una pluma sobre la llama de una vela y se observa que la pluma se eleva. Con esta observación queda en evidencia que:

- a) la pluma flota en el aire ya que es más liviana que este gas
- b) la pluma gana energía calórica que se transforma en movimiento
- c) la pluma aumenta su temperatura
- d) el aire sube por convección arrastrando a la pluma.

11) Cuando un líquido se evapora, su temperatura:

- a) disminuye porque las moléculas que lo abandonan son las que tienen más energía.
- b) disminuye porque el vapor que sale posee mayor temperatura
- c) aumenta porque se necesita más calor para evaporar
- d) queda exactamente igual.

12) Con respecto a la temperatura y el calor es correcto afirmar que:

- a) El calor es una forma de energía que se transfiere entre cuerpos con diferente temperatura
- b) El calor y la temperatura son dos formas de energía en un cuerpo
- c) La temperatura es una medida del calor que se le suministra a un cuerpo
- d) La temperatura es una medida del calor que contiene un cuerpo

13) Una temperatura de 300 K equivale a una temperatura de:

- a) 300°C
- b) 327°C
- c) 273°C
- d) 27°C

14) Un cuerpo A tiene mayor capacidad calorífica que otro B. Para el mismo incremento de temperatura, se puede afirmar que el calor absorbido por A es:

- a) Mayor que el absorbido por B
- b) Menor que el absorbido por B
- c) Depende de la masa de A
- d) Depende de la temperatura inicial de A



15) Un cuerpo de 800g requiere 4800cal para incrementar su temperatura desde 30°C hasta 40°C . El calor específico de dicho cuerpo en $\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ es:

- a) 0.60
- b) 0.086
- c) 0.015
- d) 60

17) Dos laminas de un mismo material cuyos espesores son $\Delta X_1 = 3\Delta X_2$ poseen las mismas áreas transversales y sus cambios de temperatura son iguales. La relación entre sus flujos de calor (H) es de:

- a) $3H_1 = H_2$
- b) $H_1 = 3H_2$
- c) $H_1 = 9H_2$
- d) $9H_1 = H_2$

18) El flujo de calor a través de una lamina de cobre de 200cm^2 de área y 2cm de espesor que separa dos recintos cuyas temperaturas son 90°C y 30°C es de ($k=0.92\text{cal/cm.s.}^{\circ}\text{C}$):

- a) 5520cal/s
- b) 1200cal/s
- c) 522cal/s
- d) 4320cal/s

19) Un cuerpo de 880g requiere 4800calorías para elevar su temperatura desde 30°C hasta 40°C . El calor específico de dicho cuerpo es:

- a) $6\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$
- b) $0.86\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$
- c) $0.015\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$
- d) $0.6\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$

20) 10 g de afua se encuentran a 30°C . Si la temperatura del agua se eleva a 70°C , el calor ganado por el agua vale:

- a) 1000cal
- b) 400cal
- c) 700cal
- d) 300cal