

ÍNDICE PARA CALOR, TEMPERATURA Y TERMODINÁMICA.

- 1.- Energía interna.
- 2.- Temperatura.
- 3.- Calor.
- 4.- Termómetros y escalas de temperatura.
- 5.- Dilatación
- 6.- Calor específico.
- 7.- Capacidad calorífica.
- 8.- Calor de fusión.
- 9.- Calor de vaporización.
- 10.- Conservación de la energía y calorimetría.
- 11.- Transferencia de energía calorífica
- 12.- Primera ley de la termodinámica
- 13.- Tipos de procesos térmicos:
- 13.- Calor específico.
- 14.- Segunda ley de la Termodinámica.
- 15.- Entropía.

Energía Interna : “ *Todo cuerpo, sólido, líquido o gaseoso está compuesto por átomos o moléculas que se encuentran en movimiento rápido. Las energías cinéticas de estas partículas ($\frac{1}{2}mv^2$) constituyen la energía interna del cuerpo. Se simboliza con la letra U.* ”

Temperatura : “*La temperatura de un cuerpo es una medida de la energía cinética promedio de las partículas. La temperatura es una propiedad de los cuerpos, que, entre ciertos límites, puede sentirse por medio del sentido del tacto(los sensores del frío y del calor se encuentran repartidos en la superficie de la piel). La temperatura nos indica la dirección del flujo de la Energía Interna, cuando dos cuerpos están en **contacto térmico** la energía interna pasa del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura, independiente de la cantidad total de energía interna que posea cada uno. Y esto ocurre hasta que se produce el **equilibrio térmico** entre ellos, es decir hasta cuando cesa el flujo de energía de un cuerpo al otro. Se simboliza con la letra T.*

Calor : “ *El calor puede considerarse como energía interna en tránsito. Cuando a un cuerpo se le suministra , su energía interna aumenta y su temperatura se eleva ; cuando a un cuerpo se le extrae calor, su energía interna disminuye y su temperatura baja.”*
Se simboliza con la letra Q. “

Termómetros y escalas de temperatura :

“ *Los termómetros son instrumentos que se usan para definir y medir la temperatura de un sistema. Todos los termómetros aprovechan el cambio en alguna propiedad física con la temperatura. Como por ejemplo :*

■ *el cambio de volumen de un líquido.*

- el cambio de la longitud de un sólido.
- el cambio de presión de un gas a volumen constante.
- el cambio de resistencia eléctrica de un conductor.
- el cambio de color de un objeto.

Notabene : “ Cada termómetro es usado según el rango de temperatura a medir.”

Explique por qué no se puede usar, por ejemplo un termómetro de Hg para medir temperaturas muy altas o muy bajas.

Escalas de temperatura :

| Celsius. | Kelvin | Fahrenheit. | Rankine |
|----------|------------|-------------|---------|
| 100[°C] | 373,15[°K] | 212[F] | 672°R |
| 0[°C] | 273,15[°K] | 32[F] | 492°R |

Ecuaciones de conversión :

$$T_F = (9/5) T_C + 32^\circ F \quad T_K = T_C + 273,15$$

Ejercicios :

- 1.-Deducir ambas relaciones, y además hallar la ecuación de conversión de [°K] a [°F]
- 2.- Cuando la lectura de un termómetro Fahrenheit es de 102[°F], ¿ Cuál será la lectura en un termómetro Centígrado ?
- 3.- Un acondicionador de aire baja 15[°F] la temperatura de un cuarto. ¿ Cuánto vale el descenso en grados centígrados ?
- 4.- La temperatura crítica del bióxido de carbono es de 31[°C] .¿ Cuánto vale en la escala Fahrenheit ?

RESULTADOS :

$$2.- 39[^\circ C] \quad 3.- 8,33[^\circ C] \quad 4.- 87,8 [^\circ F]$$

DILATACIÓN LINEAL DE UN SÓLIDO :

Cuando un sólido sufre un cambio de temperatura ΔT (es decir cuando se le suministra energía, ya sea a través de una fuente calórica, golpeándolo o sometándolo a esfuerzos.) su incremento de longitud es aproximadamente proporcional al producto de la longitud inicial L_0 por el cambio de temperatura ΔT esto es : $\Delta L \approx \alpha L_0 \Delta T$, en donde la constante α se llama coeficiente de dilatación lineal, y depende de la naturaleza de la substancia.

$$\Delta L = L_f - L_0 ; \Delta T = T_f - T_i \text{ representando los subíndices } i : \text{“inicial” y } f : \text{“final”}$$

$$\text{Con arreglo a las convenciones anteriores se tendrá : } L_f = L_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

En forma análoga : se tendrá para la dilatación superficial y volumétrica , las siguientes relaciones válidas en forma aproximada :

$$A_f = A_0 (1 + \beta \Delta T) : \text{ para la dilatación superficial.}$$

$$V_f = V_0 (1 + \gamma \Delta T) : \text{ para la dilatación volumétrica.}$$

Ejercicios :

1.- Deducir estas relaciones teniendo en cuenta que $\beta = 2\alpha$ y $\gamma = 3\alpha$; y tomando en cuenta el hecho de que α es una cantidad bastante pequeña, y que por lo tanto cantidades como α^2 y de órdenes superiores se pueden despreciar.

NOTA BENE: esto es válido solo para un sólido isotrópico, es decir que se expanden de la misma manera en todas las direcciones.)

2.- Un disco de plomo tiene de radio 15 [cm] a la temperatura de 20[°C]; Cuál será su superficie(área) a 60°C ?

Para el plomo considerar $\alpha \approx 0,0000285 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Ocupando : $A = A_0 (1 + 2\alpha \Delta T) \Rightarrow A = \pi R_0^2 \times (1 + 2 \times 2,854 \times 10^{-5} \times 40)$
se obtiene, finalmente : $A \approx 708,1 \text{ [cm}^2 \text{]}$

3.- Calcular cuánto se dilata un riel de 30 pie de largo, cuando su temperatura cambia de -20[°F] a 100[°F]. El coeficiente de dilatación lineal del acero vale $7 \times 10^{-6} \text{ [}^\circ\text{F}^{-1}\text{]}$.

Resp : 0,025 [pie]

4.- Calcular la tolerancia que debe tenerse en cuenta para la dilatación de un puente de acero de 1 mi de largo si experimenta un cambio de temperatura entre +110[°F] y -40[°F].

Coeficiente de dilatación lineal $7 \times 10^{-6} \text{ [}^\circ\text{F}^{-1}\text{]}$ Respta: 5,54 [pie]

5.- Una esfera de acero ocupa 400 centímetros cúbicos a 0[°C]. Calcular el aumento de volumen al elevarse la temperatura hasta 100[°C], si el coeficiente de dilatación lineal es $11 \times 10^{-6} \text{ [}^\circ\text{C}^{-1}\text{]}$
 Respta: $1,32 \text{ cm}^3$

CALOR Y LA PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA.

Ya habíamos manifestado que el calor es una forma de energía, sin embargo conviene hacer una distinción entre energía interna, energía térmica y calor :

energía interna : es toda la energía que pertenece a un sistema mientras está estacionario, es decir mientras ni se traslada ni rota, incluidas la energía nuclear, la energía química y la energía de deformación(como un resorte comprimido o estirado, así como energía térmica.

Energía térmica : es la parte de la energía interna que cambia cuando cambia la temperatura del sistema. La transferencia de energía térmica es la transferencia de energía térmica producida por una diferencia de temperatura entre el sistema y sus alrededores, la cual puede o no cambiar la cantidad de energía térmica del sistema.

Calor : en la práctica el término calor se utiliza para dar a entender tanto energía térmica como transferencia de energía térmica. Por ese motivo se debe examinar el contexto del término para determinar su sentido propuesto.

Unidades de medida : la unidad natural de medida en el S.I. es el Joule : [J]

Otras unidades de medida utilizadas para el calor son :

caloría : $1 \text{ cal} \approx 4,184 \text{ [J]}$ fue definida como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua de $14,5 \text{ [}^\circ\text{C]}$ a $15,5 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Caloría : $1 \text{ Cal} = 1000 \text{ [cal]}$ utilizada por los nutriólogos para describir la energía química de los alimentos, se llama a veces “*gran caloría.*”

$1 \text{ Btu} = 1054 \text{ [J]}$ es la unidad térmica británica, definida como el calor necesario para elevar la temperatura de una lb de agua de $63 \text{ [}^\circ\text{F]}$ a $64 \text{ [}^\circ\text{F]}$.

Equivalente mecánico del calor : Joule fue quien estableció la equivalencia entre ambas formas de energía.(ver experimentos, en la guía de experiencias de laboratorio)

$$1 \text{ cal} \approx 4,184 \text{ [J]}$$

este valor, por razones puramente históricas , se conoce como el Equivalente mecánico del calor.

Ejercicio : Comprobar las siguientes equivalencias :

| | | | |
|--------|----------------------------|---------------------------|----------------|
| 1[J] | $2,39 \times 10^{-4}$ kcal | $9,48 \times 10^{-4}$ Btu | |
| 1 kcal | 3,97 Btu | 4185 [J] | 3077 [lbf.pie] |
| 1 Btu | 0,252 kcal | 778 [lbf. pie] | 1054 [J] |

Calor específico : de una sustancia es la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de una unidad de masa de la sustancia en un grado.

Si ΔQ es la cantidad de calor requerido para producir un cambio ΔT en la temperatura en una masa m de sustancia, entonces :

Calor específico : $c = \Delta Q / m \Delta T$ o, bien escrito en la forma usual : $\Delta Q = c m \Delta T$

representa en este caso la energía térmica ΔQ transferida entre una sustancia de masa m y sus alrededores para un cambio de temperatura ΔT . Es decir el calor perdido o ganado por un cuerpo de masa m y calor específico c . (cuya fase no está cambiando, es decir no está cambiando de estado.)

Unidades de medida : en el S.I. : J/ kg .°K
también : J/ kg .°C
a menudo se utiliza : 1 cal / g .°C = 4180 J/ kg .°C

Capacidad Calorífica : o equivalente de agua de un cuerpo es la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de dicho cuerpo en un grado . Con acuerdo a esta definición, la capacidad calorífica de un cuerpo de masa m y calor específico c es $C = mc$
De aquí vemos que : $\Delta Q = C. \Delta T$ (no confundir C con c).

Calor de fusión : (H_f : de calor en inglés) : para un sólido cristalino es la cantidad de calor requerido para fundir una unidad de masa de éste a temperatura constante, lo que es equivalente a la cantidad de calor emitido por la unidad de masa del sólido fundido cuando se cristaliza a la misma temperatura.

Calor de fusión para el agua a 0[°C] es $H_f = 80$ [cal/g] o bien 335 [kJ/kg]

Calor de vaporización : (H_v : de calor en inglés) : para un líquido es la cantidad de calor requerido para vaporizar una unidad de masa de éste a temperatura constante, lo que es equivalente a la cantidad de calor emitido por la unidad de masa del vapor cuando se torna en líquido a la misma temperatura.

Calor de vaporización para el agua a 100[°C] es $H_v = 540$ [cal/g] o bien 2,26 [MJ/kg]

Calores específicos para algunas sustancias :**Nota bene : tomar estos valores para cálculos aproximados**

Todos estos valores están medidos en [cal / g °C]

Hierro : 0,113
 Aceite : 0,5
 Plomo : 0,031
 Hielo : 0,5- 0,55
 Platino : 0,03243
 Aluminio : 0,212 - 0,22
 Cobre : 0,09- 0,093
 Plata : 0,06
 Vapor : 0,5

CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA : CALORIMETRÍA.

En los problemas de calorimetría se considera la transferencia de energía térmica entre un sistema y sus alrededores. Esta situación no es nada más que un caso particular de conservación de la energía.

Incluyen estos problemas el intercambio de energía térmica entre cuerpos inicialmente calientes y cuerpos fríos, en virtud de que la energía se debe conservar, se puede escribir la siguiente ecuación : $\Sigma \Delta Q_i = 0$

NOTA BENE: Si un cuerpo cede calor : $\Delta Q = mc(T_f - T_i)$ será negativo puesto que $T_f < T_i$

Si un cuerpo gana calor : $\Delta Q = mc(T_f - T_i)$ será positivo puesto que $T_f > T_i$

De allí que habiendo cantidades positivas y negativas, la sumatoria será igual a cero.

Todo esto supone que el sistema conformado por los distintos cuerpos en interacción (contacto térmico) no pierde energía.(se trata de un sistema aislado.

Analogías :

- 1.- Piense en la ley de Kirchoff para las corrientes que entran y salen de un nudo.
- 2.- En los juegos “*suma cero*” en los cuales en un grupo de personas que juegan un juego de azar, ganan o pierden, pro la cantidad total de dinero, es constante, y la suma de las cantidades ganadas o perdidas es cero, al considerar positivas las primeras y negativas las segundas.
- 3.- Hay muchas otras.

Cuadro útil para anotar datos en los problemas de mezclas calóricas.

| <i>Substancia involucrada</i> | <i>masa</i> | <i>calor específico</i> | <i>temperatura inicial</i> | <i>temperatura final</i> |
|-------------------------------|-------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Guía de ejercicios resueltos de calorimetría

De la colección Schaum :Física General (Frederick J. Bueche)

Cap.18 (problemas propuestos)

Notabene : los resultados están al final de la redacción de cada problema y escritos entre paréntesis.

1.- ¿Cuál es la temperatura final si a 50 [g] de agua a 0[°C] se le agregan 250 [g] de agua a 90[°C] ? (75[°C])

$$\begin{aligned} \text{ocupando } \Sigma (m \cdot c \cdot \Delta T)_i &= 0 ; \text{ se tendrá :} \\ 50 \cdot 1 \cdot (T_f - 0) + 250 \cdot 1 \cdot (T_f - 90) &= 0 \\ T_f &= 75[^\circ\text{C}] \end{aligned}$$

2.- Una pieza de metal de 50 [g] a 95 [°C]. se deja caer dentro de 250 [g] de agua a 17[°C] y su temperatura se incrementa hasta 19,4[°C] ¿Cuál es el calor específico del metal ? (0,16 [cal/g°C].)

$$\begin{aligned} \text{ocupando } \Sigma (m \cdot c \cdot \Delta T)_i &= 0 ; \text{ se tendrá :} \\ 50 \cdot c \cdot (19,4 - 95) + 250 \cdot 1 \cdot (19,4 - 17) &= 0 \\ 50 \cdot c \cdot 75,6 - 600 &= 0 \\ c &\approx 0,16 \text{ [cal/g}^\circ\text{C}] \end{aligned}$$

3.- ¿Cuánto tiempo le tomará a un calentador de 2,50 [W] evaporar completamente 400 [g] de helio líquido, el cual se encuentra en su punto de evaporación (4,2 [°K]) .Para el helio $H_v = 5,0$ [cal/g] (56 [min])

$Q = mH_v \Rightarrow Q = 400[\text{g}] \cdot 5,0 \text{ [cal/g]} = 2000[\text{cal}]$, pero $Q = P \cdot t \Rightarrow Q = 2,50 \text{ [W]} \cdot t$ y cambiando las [cal] a [J] se tendrá : $Q = 8.368 \text{ [J]}$, de donde , al igualar :

$$8.368 \text{ [J]} = 2,50 \text{ [W]} \cdot t \Rightarrow t \approx 3347,2 \text{ [s]} \approx 55,79 \text{ [min]}$$

4.- Un calorímetro de cobre de 55 [g] ($c = 0,093 \text{ [cal/g}^\circ\text{C}]$) contiene 250 [g] de agua a 18[°C]. Cuando se dejan caer dentro del calorímetro 75 [g] de una aleación a 100[°C], la temperatura final es de 20,4 [°C] ¿Cuál es el calor específico de la aleación ? (0,103 [cal/g°C])

$$\begin{aligned} \text{ocupando } \Sigma (m \cdot c \cdot \Delta T)_i &= 0 ; \text{ se tendrá :} \\ 55 \cdot 0,093 \cdot (20,4 - 18) + 250 \cdot 1 \cdot (20,4 - 18) + 75 \cdot c \cdot (20,4 - 100) &= 0 \\ c &\approx 0,103 \text{ [cal/g}^\circ\text{C}] \end{aligned}$$

5.- Determinése la temperatura final cuando se mezcla 1 [kg] de hielo con 9 [kg] de agua a 50[°C]. (37 [°C].)

Q necesario para convertir hielo a 0°C en agua a la misma temperatura :

$$Q = mH_f = 1000 \text{ [g]} \cdot 80 \text{ cal/[g]} = 80.000 \text{ [cal]}$$

$$80.000 + 1000 \cdot 1 \cdot (T_f - 0) + 9000 \cdot 1 \cdot (T_f - 50) = 0 \Rightarrow T_f \approx 37 \text{ °C}$$

6.- ¿ Cuánto calor es necesario para cambiar 10 [g] de hielo a 0[°C] a vapor a una temperatura de 100[°C] (7,2 [kcal])

El proceso a seguir es el siguiente :

hielo a 0°C → agua a 0°C → agua a 100°C → vapor a 100°C
 +Q₁ +Q₂ + Q₃

$$Q_1 = 10 \cdot 80 = 800 \text{ [cal]} ; Q_2 = 10 \cdot 1 \cdot 100 = 1000 \text{ [cal]} ; Q_3 = 10 \cdot 540 = 5.400 \text{ [cal]}$$

$$\text{luego } \Sigma Q_i = 800 \text{ [cal]} + 1000 \text{ [cal]} + 5.400 \text{ [cal]} = 7.200 \text{ [cal]} = 7,2 \text{ [kcal]}$$

7.- Diez kilogramos de vapor a 100[°C] son condensados en 500 [kg] de agua a 40[°C]
 ¿ Cuál es la temperatura resultante ? (51,8 [°C])

Q entregado por el vapor : 10.000 · 540 = 5.400.000 [cal]

$$500.000 \cdot 1 \cdot (T_f - 40) - 5.400.000 + 10.000 \cdot 1 \cdot (T_f - 100) = 0$$

$$50 \cdot 1 \cdot (T_f - 40) - 540 + 1 \cdot (T_f - 100) = 0 \Rightarrow 50 T_f - 2000 - 540 + T_f - 100 = 0$$

$$T_f \approx 51,76 \text{ °C}$$

8.- Calcular el calor de fusión del hielo a partir de los siguientes datos para el hielo a 0[°C] que se agrega al agua :

masa del calorímetro60 [g]

masa del calorímetro más agua ... 460 [g]

masa del calorímetro más agua más hielo.... 618 [g]

temperatura inicial del agua38[°C].

temperatura final de la mezcla5[°C].

calor específico del calorímetro.....0,10 [cal/g°C]

(79,8 [cal/g])

$$60 \cdot 0,10 \cdot (5 - 38) + 400 \cdot 1 \cdot (5 - 38) + 158 \cdot H_f + 158 \cdot 1 \cdot (5 - 0) = 0$$

$$-198 - 13200 + 158H_f + 790 = 0 \Rightarrow H_f = 79,80 \text{ [cal/g]}$$

9.- Determínese el resultado final cuando en un calorímetro cuyo equivalente en agua es de 30 [g] se tienen 200 [g] de agua y 20 [g] de hielo a 0°C y se hacen pasar 100 [g] de vapor dentro de él. (40[g] de vapor condensado, temperatura final de 100[°C])

Q_1 requerido para elevar la temperatura del calorímetro de 0°C a T_f

Q_2 requerido para elevar la temperatura del agua de 0°C a T_f

Q_3 requerido para fundir el hielo de 0°C en agua a 0°C

Q_4 requerido para elevar la temperatura del agua que era hielo de 0°C a T_f

Q_5 entregado por el vapor al condensarse en agua a 100°C

$$Q_1 = 30 \cdot 1 \cdot (T_f - 0) ; Q_2 = 200 \cdot 1 \cdot (T_f - 0) ; Q_3 = 20 \cdot 80 ; Q_4 = 20 \cdot 1 \cdot (T_f - 0) ; Q_5 = 54.000 \text{ [cal]}$$

ocupando $\Sigma (m \cdot c \cdot \Delta T)_i = 0$; se tendrá :

$$30 \cdot 1 \cdot (T_f - 0) + 200 \cdot 1 \cdot (T_f - 0) + 20 \cdot 80 + 20 \cdot 1 \cdot (T_f - 0) - 54.000 = 0$$

y de aquí : $T_f = 209,6 \text{ }^\circ\text{C}$; como se puede apreciar este resultado es imposible ya que la fuente de calor (el vapor en este caso) está a 100°C ! Se concluye que sólo una parte del vapor entonces se condensa y entrega su calor.

Como la temperatura más alta que se puede obtener es de 100°C ; se tendrá :

$$30 \cdot 1 \cdot (100 - 0) + 200 \cdot 1 \cdot (100 - 0) + 20 \cdot 80 + 20 \cdot 1 \cdot (100 - 0) - 540 \cdot m = 0$$

siendo m la cantidad desconocida de vapor que se condensará :

de aquí : $m \approx 49,3 \text{ [g]}$ de vapor se condensan.

10.- Supóngase que una persona que ingiere comida equivalente a 2500 [kcal] por día pierde esta cantidad en calor a través de la evaporación del agua de su cuerpo. ¿ Cuánta agua se vaporiza al día ?. A la temperatura del cuerpo, para el agua $H_v = 600 \text{ [cal/g]}$.

(4,2 [kg])

$$\text{dado que } Q = mH_v \Rightarrow 2500 \text{ [kcal]} = m \cdot 600 \text{ [cal/g]} \Rightarrow m \approx 4,17 \text{ [kg]}$$

11.- ¿ Cuánto tiempo le tomará a un calentador de 500 [W] elevar la temperatura de 15°C hasta 98°C a 400[g] de agua ? (278 [s])

$$Q = mc\Delta T \Rightarrow Q = 400 \text{ [g]} \cdot 1 \text{ [cal/g}^\circ\text{C]} \cdot (98 - 15)^\circ\text{C} \Rightarrow Q \approx 33.200 \text{ [cal]} \approx 138.908,8 \text{ [J]}$$

$$\text{y como } \text{Potencia} = W/t \Rightarrow 500 \text{ [W]} = 138.908,8 \text{ [J]} / \text{tiempo} \Rightarrow t \approx 277,8 \text{ [s]}$$

12.- Un taladro cuya potencia es de 0,25 [hp] ocasiona que una broca de acero de 50 [g] se caliente al realizar un agujero en un bloque de madera dura. Suponiendo que el 75% de la energía perdida por fricción provoca el calentamiento de la broca , ¿ cuál sería el incremento de su temperatura al cabo de 20 [s] Para el acero $c = 450 \text{ [J/kg}^\circ\text{C]}$]

(124[°C])

$$\text{Potencia} = 0,25 \text{ [hp]} = 0,25 \cdot 746 \text{ [W]} = 186,5 \text{ [W]}$$

Potencia = trabajo/tiempo \Rightarrow energía $Q = 0,75 \times 186,5 \text{ [W]} \times 20 \text{ [s]} \approx 2797,5 \text{ [J]}$

$Q = mc\Delta T \Rightarrow 2797,5 \text{ [J]} = 50 \text{ [g]} \times 450 \text{ [J/kg}^\circ\text{C]} \times \Delta T \Rightarrow \Delta T \approx 124,33^\circ\text{C}$

13.- ¿ Cuántas calorías son necesarias para calentar de 15°C a 65°C cada una de las siguientes substancias ?

- a) 3 [g] de aluminio $c = 0,21$
- b) 5 [g] de vidrio pyrex. $c = 0,20$
- c) 20 [g] de platino..... $c = 0,032 \text{ [cal/g}^\circ\text{C]}$.
(31,5 [cal] ; 50 [cal] ; 32 [cal])

$\Delta T = 65^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$; valor común.

ya que $Q = mc\Delta T \Rightarrow$

- a) $3 \text{ [g]} \times 0,21 \text{ [cal/g}^\circ\text{C]} \times 50 \text{ }^\circ\text{C} = 31,5 \text{ [cal]}$ para el aluminio
- b) $5 \text{ [g]} \times 0,20 \text{ [cal/g}^\circ\text{C]} \times 50 \text{ }^\circ\text{C} = 50 \text{ [cal]}$ para el vidrio pyrex
- c) $20 \text{ [g]} \times 0,032 \text{ [cal/g}^\circ\text{C]} \times 50 \text{ }^\circ\text{C} = 32 \text{ [cal]}$ para el platino.

14.- Cuando 5 [g] de cierto tipo de carbón son quemados, la temperatura de 1000[ml] de agua se incrementa de 10°C a 47°C Determínese el calor producido por cada gramo de carbón.

Despréciase la pequeña capacidad calorífica del carbón. (7,4 kcal/g)

1 [L] de agua equivalen a 1000 [g]

1000[ml] de agua corresponden a : $1000 \times 10^{-3} \times 1000 \text{ [g]} = 1000 \text{ [g]}$

$\Delta T = 47^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 37^\circ\text{C}$

$Q = mc\Delta T \Rightarrow Q = 1000 \text{ [g]} \times 1 \text{ [cal/g}^\circ\text{C]} \times 37^\circ\text{C} = 37.000 \text{ [cal]}$

calor producido por cada gramo de carbón : $37.000 \text{ [cal]} / 5 \text{ [g]} \approx 7400 \text{ [cal/g]} = 7,4 \text{ [kcal/g]}$

15.- El aceite de una caldera tiene un calor de combustión de 44 [MJ/kg].Suponiendo que el 70% del calor producido es aprovechado. ¿ Cuántos kilogramos de aceite son requeridos para calentar 2000 [kg] de agua desde 20°C hasta 99°C . (21,5 [kg])

$Q = 2000 \text{ [kg]} \cdot 1 \text{ [cal/g}^\circ\text{C]} \cdot (99 - 20)^\circ\text{C} = 158 \times 10^3 \text{ [cal]}$

$158 \times 10^6 \times 4,184 \text{ [J]} = 0,70 \times 44 \times 10^6 \text{ [J/kg]} \times m \Rightarrow m \approx 21,46 \text{ [kg]}$

PROBLEMAS DE CALORIMETRÍA :

Del Profesor José García Paredes.(colega Peruano)

PRÁCTICA N°25 (pág 493)

1.- Un calorímetro de cobre con un equivalente en agua de 30 [g] contiene 50 [g] de hielo.El sistema se encuentra inicialmente a 0°C .

Se introducen en el mismo 12 [g] de vapor a 100[°C] y a 1 atm de presión. ¿Cuál es la temperatura final de la vasija y de su contenido ?

Ordenamiento de los datos :

| <i>Substancia</i> | <i>masa</i> | <i>calor específico</i> | <i>temperatura inicial</i> | <i>temperatura final</i> |
|-------------------|-------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|
| agua | 30[g] | 1 [cal/g°C] | 0[°C] | T _F |
| hielo | 50[g] | | 0[°C] | T _F |
| vapor | 12 [g] | | 100[°C] | T _F |

$\Delta Q_1 = 12 \text{ [g]} \cdot 5400 \text{ [cal/g]} = 6.480 \text{ [cal]}$ entrega el vapor.(se toma como cantidad negativa)

$\Delta Q_2 = 50 \text{ [g]} \cdot 80 \text{ [cal/g]} = 4.000 \text{ [cal]}$ requiere el hielo para convertirse en agua a 0°C
(se toma como cantidad positiva)

luego $6.480 \text{ [cal]} - 4.000 \text{ [cal]} = 2.480 \text{ [cal]}$ es el excedente de calorías :
la nueva situación es ahora la siguiente :

30 [g] de agua a 0[°C] +50 [g] de agua a 0[°C] +12 [g] de agua a 100[°C] + un excedente de 2480 [cal] , lo que escrito en forma de ecuación :

$$80 \cdot 1 \cdot (T_F - 0) + 12 \cdot 1 \cdot (T_F - 100) - 2.480 = 0 \Rightarrow T_F = 40[°C]$$

2.- Un bloque de hielo de 2[kg] se saca de un horno donde su temperatura era 650 [°C] y se coloca sobre un gran bloque de hielo a 0[°C] . Suponiendo que todo el calor cedido por el hierro se utilice para fundir hielo ¿ Cuánto hielo se fundirá ?

Ordenamiento de los datos :

| <i>Substancia</i> | <i>masa</i> | <i>calor específico</i> | <i>temperatura inicial</i> | <i>temperatura final</i> |
|-------------------|-------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|
| hierro | 2000[g] | 0,113[cal/g°C] | 650[°C] | 0[°C] |
| hielo | m[g] | | 0[°C] | 0[°C] |

Calor entregado por el bloque de hierro : $\Delta Q = 2000 \cdot 0,113 \cdot (0-650) \text{ [cal]}$
esta energía calórica es la que se ocupará en derretir una masa *m* de hielo :

$$m \cdot H_F = 146.900 \text{ [cal]} \Rightarrow m \cdot 80 \text{ [cal/g]} = 146.900 \text{ [cal]} \Rightarrow m \approx 1,84 \text{ [kg]}$$

3.- Se introducen 250 [g] de hielo a -4°C en agua a 20°C y se hace pasar por la mezcla una corriente de vapor de agua a 100°C hasta que la mezcla vuelva a alcanzar la temperatura de 20°C ; Qué peso (masa) de vapor de agua habrá que emplear siendo el calor específico del hielo igual a $0,5 \text{ [cal/g}^{\circ}\text{C]}$

calor requerido para llevar el hielo de -4°C a 0°C : $250[\text{g}] \cdot 0,5 \text{ [cal/g}^{\circ}\text{C}] \cdot (0 - (-4)) [^{\circ}\text{C}]$
 500 [cal]

calor requerido para llevar el hielo de 0°C a agua a 0°C : $250[\text{g}] \cdot 80 \text{ [cal/g]}$
 20.000 [cal]

en consecuencia ,para tener : 250 [g] de agua a 0°C se requieren 20.500 [cal]

calor requerido para llevar agua (250 [g]) desde 0°C a 20°C :

$$250[\text{g}] \cdot 1 \text{ [cal/g}^{\circ}\text{C}] \cdot (20 - 0) [^{\circ}\text{C}] = 5.000 \text{ [cal]}$$

Luego el total requerido es de 25.500 [cal] ;

de este modo : $25.500 - mH_v + m \cdot 1 \cdot (20 - 100) = 0 \Rightarrow m \approx 41,1 \text{ [g]}$

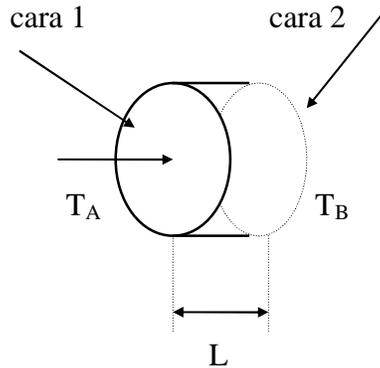
TRANSFERENCIA DE ENERGÍA CALORÍFICA.

La energía calorífica se transmite de diversas maneras, son estas las siguientes :

- **por convección** : ocurre cuando un material caliente se transporta de tal forma que desplaza a un material frío. Como ejemplos tenemos el flujo de aire caliente desde una plancha en un sistema de calentamiento y el flujo de agua templada de la corriente del golfo, más cerca aún, cuando calentamos el agua dentro de un recipiente, como por ejemplo, el té en una tetera.
- **por radiación** : es la forma como se traslada a través del vacío la energía calórica del sol, mediante las ondas electromagnéticas de la luz.
- **por conducción** : ocurre cuando la energía pasa a través de un material como resultado de las colisiones entre las moléculas del mismo. Cuanto más caliente esté un material, mayor será la energía cinética promedio de sus moléculas. Cuando existe una diferencia de temperatura entre materiales que están en contacto (contacto térmico), las moléculas con mayor energía en la substancia que se encuentra más caliente transferirán energía a las moléculas con menor energía en la substancia más fría debido a las colisiones moleculares que ocurren entre las dos substancias.

De este modo, **la energía calorífica fluye de lo caliente a lo frío**. Es decir del punto de mayor temperatura al de menor temperatura. Una analogía lo tenemos en el flujo de la corriente eléctrica desde el punto de más alto potencial(voltaje) al de menor potencial, en el interior de un Campo eléctrico. Y también en lo que ocurre cuando un cuerpo “cae” desde el punto de más alto potencial gravitatorio al de menor potencial gravitatorio.

Consideremos una losa de material como se muestra en la figura :



La cantidad de calor ΔQ transmitida de la cara 1 a la cara 2 en un tiempo Δt , está dado por :

$$UQ / Ut = k A UT / L$$

en donde k se llama conductividad térmica y depende de las propiedades del material.

Transferencia de Energía Calorífica.

Del Libro de Física General/ Frederick J. Bueche

Colección Schaum.

1.- ¿Qué gradiente de temperatura debe existir en una barra de aluminio para que transmita 8 [cal] por segundo por [cm²] de sección transversal a lo largo de la barra ? (para el aluminio $k = 210$ [w/°Km])
(16 °C/[cm])

conversión de unidades : $8 \text{ cal} / \text{cm}^2 \cdot \text{s} = 8 \times 4,184 \text{ [J]} / 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s} \approx 33,472 \times 10^4 \text{ [J/m}^2 \cdot \text{s]}$

$$\Delta T / L = \Delta Q / \Delta t \cdot K \cdot A \Rightarrow \Delta T / L = 33,472 \times 10^4 / 210 \cdot 1 \approx 1593,9 \text{ [}^\circ\text{C/m]}$$

$$\Delta T / L \approx 15,9 \text{ [}^\circ\text{C/cm]}$$

Notabene : $\Delta T \equiv 1[^\circ\text{C}] \equiv 1[^\circ\text{K}]$

2.- En una casa , el vidrio de una ventana tiene en realidad capas de aire estancado en sus dos superficies. Pero si no existieran, ¿ Cuánto calor fluiría hacia afuera por la ventana de 80 [cm] x 40 [cm] x 3 [mm] cada hora, en un día en el cual la temperatura exterior fuera de 0°C y la del interior de 18[°C] Para el vidrio $k = 0,84$ [w/°Km]

$$A = 40 \times 80 \text{ cm}^2 = 3200 \text{ cm}^2 = 0,32 \text{ m}^2$$

$$L = 3[\text{mm}] = 3 \times 10^{-3} \text{ [m]}$$

$$1 \text{ [cal]} = 4,184 \text{ [J]}$$

$$1 \text{ [s]} = 3600^{-1} \text{ [h]}$$

$$\Delta T = 18[^\circ\text{C}] - 0[^\circ\text{C}] = 18[^\circ\text{K}]$$

3.- ¿ Cuántos gramos de agua a 100°C se pueden evaporar por hora por cm^2 debido al calor transmitido a través de una placa de acero de $0,2 \text{ [cm]}$ de espesor, si la diferencia de temperatura entre las caras de la placa es de 100°C ? Para el acero $k = 42 \text{ [w/}^\circ\text{Km]}$
(Respta: 1390 kcal/h)

4.- Una ventana de doble bastidor consiste de dos hojas de vidrio, cada una de $80 \text{ [cm]} \times 80 \text{ [cm]} \times 0,30 \text{ [cm]}$, separadas por $0,30 \text{ [cm]}$ de aire estancado. La temperatura de la superficie interior es de 20°C , mientras que la temperatura de la superficie exterior es de 0°C ¿ Cuanto calor fluye a través de la ventana por segundo ? Para el vidrio $k = 0,84 \text{ [w/}^\circ\text{Km]}$ y Para el aire $k = 0,080 \text{ [w/}^\circ\text{Km]}$ aproximadamente. (Respta: 69 [cal/s]).

5.- Una placa de bronce de 2 [cm] de espesor ($k = 105 \text{ [w/}^\circ\text{Km]}$) está sellada a una hoja de vidrio (Para el vidrio $k = 0,80 \text{ [w/}^\circ\text{Km]}$). Ambas tienen la misma área. La cara expuesta de la placa de bronce está a 80°C , mientras que la cara expuesta del vidrio está a $20[^\circ\text{C}]$ ¿Cuál es el espesor del vidrio si la interfase vidrio - bronce está a 65°C (Respta: $0,46 \text{ [mm]}$)

Transferencia de Energía Calorífica

Del Libro de Física Aplicada / Arthur Beiser. /Colección Schaum.

1.- ¿ Por qué una pieza de metal se siente más fría que una de madera en invierno, al aire libre ?

2.- ¿ Por qué es aconsejable cubrir con pintura de aluminio las tuberías para agua caliente ?

3.- Una caja para hielo, cuyas paredes son de madera de pino de 10 [cm] de espesor, se reemplaza por una caja más moderna que tiene fibra de vidrio como aislante entre ñlas paredes interna y externa de pino, las cuales tienen 1 [cm] de espesor. ¿ Qué espesor de fibra de vidrio proporcionará el mismo grado de aislamiento que el anterior ?

La conductividad térmica del pino es $3,1 \times 10^{-5} \text{ kcal / m}\bullet\text{s}\bullet^\circ\text{C}$ y para la fibra de vidrio es $1,0 \times 10^{-5} \text{ kcal / m}\bullet\text{s}\bullet^\circ\text{C}$

Transferencia de Energía Calorífica

**Del Libro de Física General/ Frederick J. Bueche
Colección Schaum.**

1.- ¿Qué gradiente de temperatura debe existir en una barra de aluminio para que transmita 8 [cal] por segundo por $\text{[cm}^2\text{]}$ de sección transversal a lo largo de la barra ? (para el aluminio $k = 210 \text{ [w/}^\circ\text{Km]}$)
($16 \text{ }^\circ\text{C/[cm]}$)

conversión de unidades : $8 \text{ cal} / \text{cm}^2 \cdot \text{s} = 8 \times 4,184 \text{ [J]} / 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s} \approx 33,472 \times 10^4 \text{ [J/m}^2 \cdot \text{s]}$

$$\Delta T/L = \Delta Q / \Delta t \cdot K \cdot A \Rightarrow \Delta T/L = 33,472 \times 10^4 / 210.1 \approx 1593,9 \text{ [}^\circ\text{C/m]}$$

$$\Delta T/L \approx 15,9 \text{ [}^\circ\text{C/cm]}$$

Notabene : $\Delta T \equiv 1[^\circ\text{C}] \equiv 1[^\circ\text{K}]$

2.- En una casa , el vidrio de una ventana tiene en realidad capas de aire estancado en sus dos superficies. Pero si no existieran, ¿ Cuánto calor fluiría hacia afuera por la ventana de $80 \text{ [cm]} \times 40 \text{ [cm]} \times 3 \text{ [mm]}$ cada hora, en un día en el cual la temperatura exterior fuera de 0°C y la del interior de 18°C Para el vidrio $k= 0,84 \text{ [w/}^\circ\text{Km]}$

$$A = 40 \times 80 \text{ cm}^2 = 3200 \text{ cm}^2 = 0,32 \text{ m}^2$$

$$L = 3 \text{ [mm]} = 3 \times 10^{-3} \text{ [m]}$$

$$1 \text{ [cal]} = 4,184 \text{ [J]}$$

$$1 \text{ [s]} = 3600^{-1} \text{ [h]}$$

$$\Delta T = 18^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 18^\circ\text{K}$$

3.- ¿ Cuántos gramos de agua a 100°C se pueden evaporar por hora por cm^2 debido al calor transmitido a través de una placa de acero de $0,2 \text{ [cm]}$ de espesor, si la diferencia de temperatura entre las caras de la placa es de 100°C ? Para el acero $k= 42 \text{ [w/}^\circ\text{Km]}$
(1390 kcal/h)

4.- Una ventana de doble bastidor consiste de dos hojas de vidrio, cada una de $80 \text{ [cm]} \times 80 \text{ [cm]} \times 0,30 \text{ [cm]}$, separadas por $0,30 \text{ [cm]}$ de aire estancado . La temperatura de la superficie interior es de 20°C , mientras que la temperatura de la superficie exterior es de 0°C ¿ Cuanto calor fluye a través de la ventana por segundo ? Para el vidrio $k= 0,84 \text{ [w/}^\circ\text{Km]}$ y Para el aire $k= 0,080 \text{ [w/}^\circ\text{Km]}$ aproximadamente. (69 [cal/s]).

5.- Una placa de bronce de 2 [cm] de espesor ($k= 105 \text{ [w/}^\circ\text{Km]}$) está sellada a una hoja de vidrio (Para el vidrio $k= 0,80 \text{ [w/}^\circ\text{Km]}$) . Ambas tienen la misma área. La cara expuesta de la placa de bronce está a 80°C , mientras que la cara expuesta del vidrio está a 20°C ¿ Cuál es el espesor del vidrio si la interfase vidrio - bronce está a 65°C ($0,46 \text{ [mm]}$)

PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

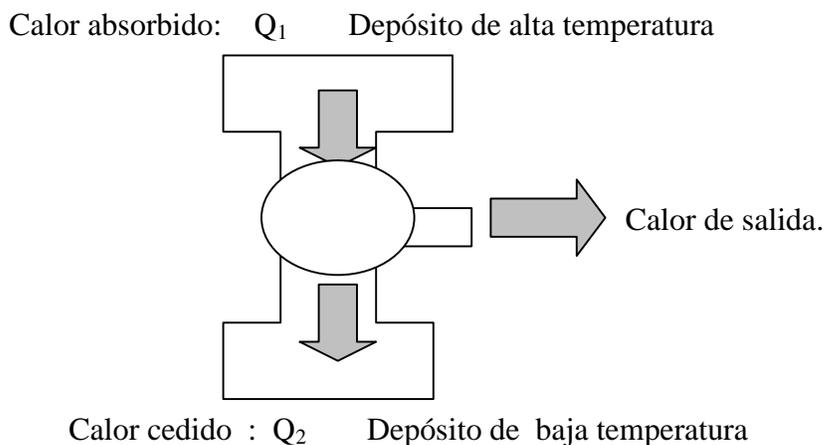
Sistema : Es la zona o región del espacio que se aísla en forma real o imaginaria para estudiar los fenómenos que ocurren dentro de él.

Máquina térmica :

Es un dispositivo o sistema que puede llevar a cabo la conversión de energía interna en energía mecánica. Ejemplos son: el cuerpo humano, la atmósfera, los motores de gasolina y diesel, turbinas a vapor, etc.

La máquina térmica de mayor eficiencia o rendimiento es la que sigue el ciclo de Carnot. Todas las máquinas térmicas trabajan en un proceso cíclico. Es decir, a través de una serie de evoluciones o procesos que terminan dejando al sistema en su estado inicial; de modo que en el trayecto se ha realizado trabajo: $W = Q_1 - Q_2$

Máquina térmica.



Todas las máquinas térmicas funcionan al absorber calor de un depósito que se encuentra a una temperatura alta, realizan trabajo y simultáneamente, ceden calor a un depósito que se encuentra a una temperatura más baja.

De acuerdo con el Principio de Conservación de la Energía , el trabajo realizado en un ciclo completo que hace que la máquina regrese a su estado original es igual a la diferencia entre el calor absorbido y el calor cedido; enunciado que constituye la :

PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA.

En símbolos: $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

Recordemos que:

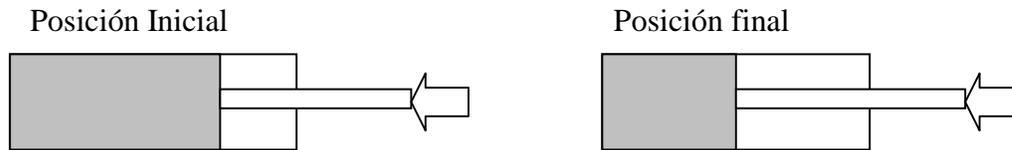
ΔQ es la energía térmica que fluye de un cuerpo a otro debido a la diferencia de sus temperaturas. Y que el calor fluye siempre del cuerpo más caliente al más frío.

ΔU es la energía interna del sistema y se corresponde con la energía total contenida en el sistema

,siendo la suma de las energías cinética,potencial,química,eléctrica,nuclear y todas las otras formas de energía que poseen los átomos y moléculas del sistema

finalmente ΔW es el trabajo realizado, ya sea por el sistema, y en este caso sería positivo, o bien trabajo realizado por un agente externo sobre el sistema, y en este caso sería negativo.

Como se puede visualizar en la figura el volumen inicial es mayor que el final, con lo que:



$\Delta W = p\Delta V$ será positivo ya que: $V_f - V_i$ será positivo.

En este caso, la fuerza F está empujando el émbolo y comprimiendo el gas en el interior del dispositivo.

Otra forma de enunciar la Primera Ley de la Termodinámica es:

“ En todo proceso termodinámico, la cantidad de calor que se entrega o sustrae del sistema es igual a la variación de la energía interna más el trabajo realizado por o sobre el sistema.”

PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

Resolución de los Problemas

del Capítulo 20 del Libro de Física General, colección Schaum

1.- Un bloque metálico de 2[kg] ($c = 0,137 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ¿ En cuánto cambió su energía interna?
(86 kJ)

2.- ¿ En cuánto cambia la energía interna de 50g de aceite ($c = 0,32 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$) cuando el aceite se enfría de 100°C a 25°C ?
(-1,2 kcal)

3.-.- Un bloque metálico de 70[kg] que se mueve a 200 cm/s resbala sobre la superficie de una mesa a lo largo de una distancia de 83 [cm] antes de que alcance el reposo. Si se supone que el 75% del calor producido por la fricción va hacia el interior del bloque. ¿ en cuanto se incrementa la temperatura del bloque ? (Para el metal $c = 0,106 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.
($3,4 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}$)

4.- Si una cierta masa de agua cae una distancia de 854 [m] y si se supone que toda la energía cinética se aprovecha para calentar el agua, ¿ Cuál sería el incremento de la temperatura en el líquido ? ($2,00^\circ\text{C}$)

5.- ¿ Cuántos Joules de calor por hora produce un motor con una eficiencia de 75% , y que requiere de una potencia de 0,25 hp para funcionar ? (168 kJ)

6.- Una bala de 100 g ($c = 0,030 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$) está inicialmente a 20°C . Se dispara en línea recta hacia arriba con una rapidez de 420 m/s, y en su regreso choca con un bloque de hielo a 0°C . ¿ cuánto hielo se funde ? Despréciase la fricción con el aire. (26 g)

7.- Para determinar el calor específico de un aceite, un calentador eléctrico en forma helicoidal se coloca dentro de un calorímetro con 380 g de aceite a 10°C . El calentador consume a razón de 84 W. Después de tres minutos la temperatura del aceite es de 40°C . Si el equivalente de agua del calorímetro y del calentador es de 20 g ¿ Cuál es el calor específico del aceite? ($0,26 \text{ [cal/g}^\circ\text{C}]$)

8.- ¿ Cuánto trabajo externo realiza un gas ideal cuando se expande de un volumen de tres litros a uno de 30 litros contra una presión constante de 2 atm (5.45 kJ)

9.- Cuando se calientan 3 litros de un gas ideal a 27°C , se expande a una presión constante de dos [atm] . ¿ cuánto trabajo realiza el gas cuando su temperatura cambia de 27°C a 227°C ? (404 J)

10.- Un gas ideal se expande adiabáticamente hasta tres veces su volumen inicial. Cuando esto se realiza, el gas efectúa un trabajo de 720 J. a) ¿ cuánto calor fluye desde el gas ?
b) cuál es el cambio en la energía interna del gas ?
c) al realizar esto ¿ sube o baja su temperatura?
(no fluye calor, -720 J, baja la temperatura)

11.- Un gas ideal se expande a presión constante de 240 [cm] de Hg desde 250 cm^3 a 780 cm^3 . Realizado esto, se enfría a volumen constante hasta su temperatura inicial. ¿ Cuál es el flujo neto de calor hacia el gas durante el proceso completo ?
(40,4 cal)

12.- Al comprimirse isotermicamente, un gas ideal, el agente compresor realiza 36 [J] de trabajo ¿ Cuánto calor fluye desde el gas durante el proceso de compresión ?
(8,6 [cal])

13.- El calor específico del aire a volumen constante es de $0,175 \text{ [cal/g}^\circ\text{C}]$
a) ¿ Cuál será el cambio de energía interna de 5 [g] de aire cuando es calentado de 20°C a 400°C ¿ Qué cantidad de trabajo se realizó para comprimirlo ?
b) (333 [cal] ; 1,39 [kJ])

14.- El agua hierve a 100°C y 1 [atm] . Para estas condiciones un gramo de agua ocupa un centímetro cúbico, y 1 [g] de vapor ocupa 1670 cm^3 , y el calor de vaporización $H_v = 540 \text{ [cal/g]}$. Encuéntrese el trabajo externo efectuado cuando se forma 1 [g] de vapor a 100°C . y el incremento de la energía interna.
(169 [J] ; 500 [cal])

15.- La temperatura de 3[kg] de kriptón gaseoso se eleva de $-20[^\circ\text{C}]$ a $80[^\circ\text{C}]$

Si esto se hace a volumen constante ,calcúlese el calor suministrado, el trabajo desarrollado y el cambio en la energía interna. Repetir el cálculo si el proceso se realiza a presión constante. Para el gas monoatómico K_r ; $c_v = 0,0357$ [cal/g $^\circ\text{C}$] y $c_p = 0,0595$ [cal/g $^\circ\text{C}$]
(10,7 [kcal] ; 0[kJ] ;44,8 [kJ] ; 17,85 [kcal] ;30 [kJ] ; 44,8 [kJ]

16.- Calcular c_v , para el gas monoatómico argón, dados $c_p = 0,125$ [cal/g $^\circ\text{C}$] y $\gamma = 1,67$
Deducir además c

17.- Calcular el trabajo desarrollado en una compresión isotérmica de 30 litros de gas ideal a 1 [atm] , a un volumen de 3 litros.(6,99 [kJ])

Cinco moles de gas neón a 2 [atm] y $27[^\circ\text{C}]$ se comprimen adiabáticamente a un tercio de su volumen inicial .Encuéntrese la presión y temperatura finales y el trabajo externo efectuado por el gas. Para el neón; $\gamma = 1,67$; $c_v = 0,148$ [cal]/[g][$^\circ\text{C}$] y $M = 20,18$ [kg]/kmol
(1,27 [MPa] ; 626 [°K]; 20,4 [kJ])

Dermínese el trabajo efectuado por el gas en la porción AB del ciclo termodinámico mostrado en la figura. Repítase para la porción CA. (0,4 [MJ]; - 0,32 [MJ])

Encuéntrese el trabajo neto desarrollado por el ciclo termodinámico mostrado en la figura.
(2,12 [kJ])

Cuatro gramos de gas , confinados en un cilindro ,realizan el ciclo mostrado en la figura. En A la temperatura del gas es de $400[^\circ\text{C}]$

a) ¿Cuál es su temperatura en B ?

b) Si en la porción del ciclo de A a B fluyen hacia el gas 2,20 [kcal] , ¿ cuál será c_v para el gas ?

La figura es el diagrama P-V para 25 [g] de un gas encerrado. En el punto A la temperatura del gases de $200[^\circ\text{C}]$. El valor de c_v para el gas es de 0,150 [cal]/[g][$^\circ\text{C}$]

a) ¿Cuál es la temperatura del gas en el punto B?

b) Dermínese ΔU en la porción del ciclo de A a B

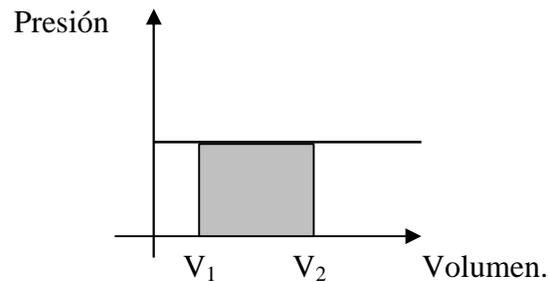
c) Encuéntrese ΔW para esta misma porción.

d) Dermínese ΔQ en la porción del ciclo de A a B

(1420 [°K] ; 3.550 cal \approx 14,9 [kJ] ;3,54 [kJ], 18.440 [J] \approx 4,4 [kcal]

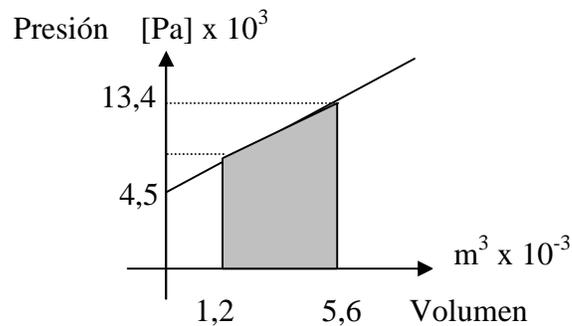
TIPOS DE PROCESOS TÉRMICOS:**PROCESO ISOBÁRICO:** (a presión constante.)

Estaría caracterizado: por la línea recta de la figura:



En cualquier caso que sea, el área bajo la curva estaría representando el trabajo realizado.

Ejercicios: calcular el trabajo realizado de A hacia B

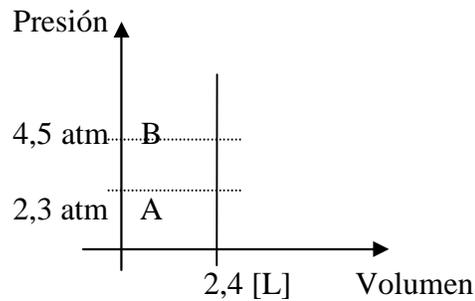
**PROCESO ISOVOLUMÉTRICO:** (a volumen constante.)

En este caso el trabajo es igual a cero. Y la primera ley queda reducida a la expresión:

$$\Delta Q = \Delta U$$

Si fluye calor dentro del sistema, aparece como aumento de la energía interna.

Ejercicios : Calcular el trabajo realizado de A hacia B



PROCESO ISOTÉRMICO: (a temperatura constante.)

En el caso para un gas Ideal $\Delta U = 0$. Y la primera ley queda reducida a la expresión:

$$\begin{aligned} & \text{(para un gas ideal.):} \\ \Delta Q = \Delta W &= p_1 V_1 \ln(V_2 / V_1) \end{aligned}$$

(observación \ln = logaritmo natural, base $e \approx 2,71828182$.

PROCESO ADIABÁTICO: (no hay transferencia de calor.)

De aquí que la primera Ley quede en la forma : $0 = \Delta U + \Delta W$

Cualquier trabajo que realice el sistema será a expensas de su energía interna. Y cualquier trabajo que se realice sobre el sistema sirve para aumentar su energía interna.

Calor específico de los gases:

Calor específico a volumen constante: $c_v = Q / m \cdot \Delta T$: “ es el calor por cada unidad de masa y por cada grado, necesario para elevar la temperatura de un gas, manteniendo el volumen constante.

Calor específico a presión constante: $c_p = Q / m \cdot \Delta T$: “ es el calor por cada unidad de masa y por cada grado, necesario para elevar la temperatura de un gas, manteniendo el presión constante.

Observaciones : Como en ambos casos la variación de la energía interna es la misma, se cumplirá que $c_p > c_v$; ya que cuando el gas se expansiona a presión constante, se realiza además trabajo externo.

Se cumple además para los gases ideales: $c_p - c_v = R / M$; en donde R es la constante universal de los gases y M la masa molecular del gas.

Aquí $R = 8314 \text{ J / kmol.}^\circ\text{K} = 1,98 \text{ cal / mol.}^\circ\text{C}$ (comprobarlo)

M se mide en g/mol Razón de calor específico. $\gamma = c_p / c_v$ (compruebe que es mayor que la unidad)

EFICIENCIA DE UNA MÁQUINA: La eficiencia de una máquina térmica (máquina de Carnot), en la cual no existen pérdidas debidas al roce u otros factores, viene dada por la siguiente relación matemática:

$$\text{Eficiencia ideal} = \text{trabajo realizado} / \text{calor absorbido} = W / Q_{\text{abs}} = (Q_{\text{abs}} - Q_{\text{ced}}) / Q_{\text{abs}}$$

$$\text{Eficiencia ideal} = (T_{\text{in}} - T_{\text{out}}) / T_{\text{in}}$$

En donde T es la temperatura absoluta medida en °K.

ENTROPIA

La Entropía es una variable de estado

Resolución de Ejercicios:

Ref: Física Aplicada / Beiser/ colección Schaum.(pág 222)

1. - Una locomotora diesel de $1,8 \times 10^6$ [W] consume 640 litros de combustible por hora. Si el calor de combustión del aceite diesel que se usa es de 7560 kcal/litro, determine la eficiencia de la máquina. (respta: 32%)

2. - En una turbina entra vapor a 550°C y sale a 90°C. La máquina cuenta con una eficiencia total real del 35% ¿ Qué porcentaje de su eficiencia ideal representa esto? (respta : 63 %)

3.- ¿A qué temperatura debe absorber calor una máquina ideal si su eficiencia es del 33 por ciento y cede calor a 121,1°C ? (respta : 315,6°C)

4.- Una máquina absorbe 500 kcal de calor a 600°K y cede 300 kcal de calor a 300°K.
a) ¿Cuál es su eficiencia? b) Si fuera una máquina ideal , ¿ Cuál sería su eficiencia y cuánto calor cedería?

5.- Un motor diesel de doble recorrido y tres cilindros tiene pistones de 10,8 cm de diámetro y su recorrido es de 12,7 cm. Si el motor desarrolla 63,410 W a 1800 rpm, calcule la presión efectiva sobre el pistón durante cada recorrido.

6.- En una turbina de $7,46 \times 10^7$ W entra vapor a 793 m/s y sale a 91,5 m/s. Suponiendo una ciencia mecánica perfecta . ¿cuánto vapor pasa a través de la turbina por minuto? (respta : 14,387 kg/min)

ENTROPÍA Y LA SEGUNDA LEY

1.- Calcular el cambio de entropía de 5[g] de agua a 100[°C] bajo condiciones estándar de presión. ($7,24 \text{ [cal/}^\circ\text{K]} \approx 30,3 \text{ [J/}^\circ\text{K]}$)

2.- ¿ Cuánto cambiará la entropía de 300[g] de un metal ($c = 0,093 \text{ [cal]/[g][}^\circ\text{C]}$) conforme se enfría desde 90[°C] a 70[°C] (Se puede realizar la siguiente aproximación : $T = \frac{1}{2} (T_1 + T_2)$ ($-1,58 \text{ [cal/}^\circ\text{K]} \approx -6,6 \text{ J/}^\circ\text{K}$)

3.- Un gas ideal se expande lentamente desde $2,00 \text{ m}^3$ hasta $3,00 \text{ m}^3$ a una temperatura constante de 30[°C]. El cambio de entropía del gas fue de 47 [J/°K] durante el proceso .

a) ¿ Cuánto calor se agregó al gas durante el proceso ?

b) ¿ Cuánto trabajo hizo el gas durante el proceso ? ($3,4 \text{ [kcal]} ; 14,2 \text{ [kJ]}$)

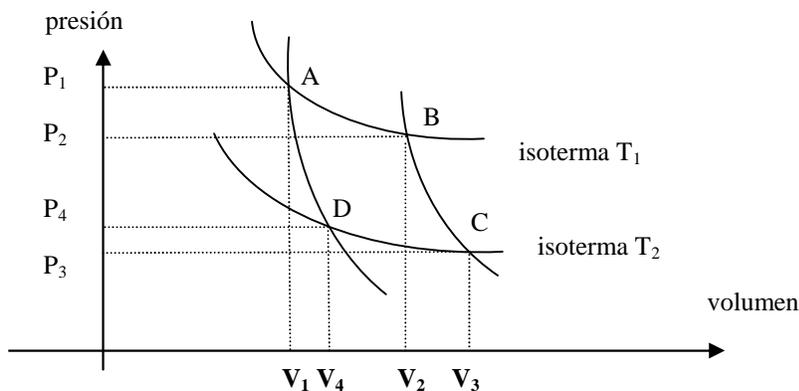
4.- Iniciando con condiciones estándar , 3 [kg] de un gas ideal ($M = 28 \text{ [kg/kmol]}$) se comprime isotérmicamente a un quinto de su volumen original. Calcular el cambio de entropía del gas. ($-1430 \text{ [J/}^\circ\text{K]}$)

CICLO DE CARNOT :

Es una sucesión alternada de procesos isotérmicos y adiabáticos. Es el ciclo más perfecto que pueda existir. Si se pudiera construir una máquina que funcionara según dicho ciclo su rendimiento sería mucho mayor que el de cualquiera otra máquina. Pero ni aún en este caso el rendimiento sería llegaría al 100%.

El ciclo de Carnot está constituido por cuatro procesos termodinámicos ; los cuales son:

Una expansión isotérmica → Una expansión adiabática → una expansión isotérmica → una expansión adiabática.



Hay que observar que los ciclos de las máquinas reales tienden a aproximarse al Ciclo de Carnot.

- El área de la superficie encerrada por las cuatro curvas (la superficie ABCDA) representa el trabajo útil $= W = Q_1 - Q_2$
- El área de la superficie determinada por ABGEA representa el calor Q_1 , tomado del foco caliente que se convierte en trabajo útil W
- El área de la superficie determinada por BCHGB representa el calor Q_2 , absorbido de la substancia motora al enfriarse de T_1 a T_2
- El área de la superficie determinada por CHFDC es el calor tomado del sistema mecánico y cedida en forma de calor Q_2 al foco frío.
- el área de la superficie ADFEA representa el calor tomado del sistema mecánico y dado a la substancia motora al calentarse de T_2 a T_1

se cumple entonces :

$$\text{área BCHGB} = \text{área ADFEA} \text{ y } \text{área ABCDA} = \text{trabajo útil} = W = Q_1 - Q_2$$

Siendo Q_1 = energía o calor recibido del foco caliente.

Q_2 = calor cedido al foco frío.

Por otro lado :

T_1 disminuye a T_2 ; por un proceso adiabático, debido a que de B a C $\Delta U = -W$ (compresión)

mientras que de A a B : $-\Delta U = +W$ (expansión.)