$A = 4\ M^2$ , $t = 5\ h$ y $\Delta T = 120^oC$

Solamente las unidades de t hay que convertirlas a seg, pués las unidades del tiempo de la constante h está en seg, -- por lo tanto: $t = 5\ h = 5 \times 3600$

$t = 18,000$ seg.

Ahora sí, sustituyendo las variables por sus valores, se tendrá:

$Q = 1.403 \times 10^{-3} \times 4 \times 18,000 \times 120 = \underline{8,640\ Kcal}$

Este calor corresponde a una cara de la pared, pero, como el aire rodea a las -- dos caras, el calor total será el doble del calculado, por lo tanto: -----------

$Q\ Total = 2\ Q = 2 \times 8640$

$Q\ Total = 17,280\ Kcal$

6.-El mismo problema anterior, pero ahora la pared está horizontal.

Solución.- Como el valor de h depende de la geometría del área caliente, entonces, según la tabla 1-13-B-1, habrá dos h para la misma pared, una para la cara que ve para arriba y otra para la cara que ve para abajo. Por lo tanto:



$h\ arriba = 5.95 \times 10^{-4} \sqrt[4]{\Delta T} = 5.95 \times 10^{-4} \sqrt[4]{120}$

$h\ arriba = 5.95 \times 10^{-4} \times 3.31 = 19.7 \times 10^{-4}\ \frac{Kcal}{M^2\text{-seg-}^oC}$

$h\ abajo = 3.14 \times 10^{-4} \sqrt[4]{\Delta T} = 3.14 \times 10^{-4} \sqrt[4]{120}$

$h\ abajo = 3.14 \times 10^{-4} \times 3.31 = 10.4 \times 10^{-4}\ \frac{Kcal}{M^2\text{-seg-}^oC}$

De ésta manera, habrá que usar dos veces la ecuación: $Q = hAt\Delta T$, pués hay dos h;

$Q\ arriba = 19.7 \times 10^{-4} \times 4 \times 18000 \times 120$

$Q\ arriba = 1.7 \times 10^{8} \times 10^{-4} = 1.7 \times 10^{4}\ Kcal = 17 \times 10^{3}\ Kcal$

$Q\ abajo = 10.4 \times 10^{-4} \times 4 \times 18000 \times 120$

$Q\ abajo = 8.98 \times 10^{7} \times 10^{-4} = 8.98 \times 10^{3}\ Kcal$

El calor total perdido por la pared horizontal por sus dos caras, es:

$Q\ Total = Q\ arriba + Q\ abajo = 17 \times 10^{3} + 8.98 \times 10^{3}$

$Q\ Total = 25.98 \times 10^{3}\ Kcal = 25,980\ Kcal.$

Comparando los resultados del problema 5 y 6, -- se concluye, que la pared horizontal pierde más calor que la vertical.

7.- ¿Qué potencia radiará una superficie esférica de plata de 10 cm de diámetro, si su temperatura es de 500°C? La absorbancia de la superficie es 0.04.

Solución.- Para resolver éste problema de radiación térmica, hemos de usar la ecuación correspondiente:

$R = \frac{P}{A} = e\sigma T^4$, y despejando P;

$P = A e\sigma T^4$. Como la constante de Stefan-Boltzman es $5.67 \times 10^{-8} \frac{Watts}{M^2 - {}^oK}$ y sus unidades son diferentes a las de los datos, debemos adecuarlos, para poder usar dicha constante; Por lo tanto:

$T = 500^oC = 773.16^oK$, el área de una esfera es: $\pi D^2$

, por lo tanto: $A = 3.14(.10)^2 = 3.14 \times 10^{-2} M^2$

y sustituyendo en la ecuación:

$P = 3.14 \times 10^{-2} \times 0.04 \times 5.67 \times 10^{-8} (773.16)^4$

$P = .712 \times 10^{-10} \times 3.75 \times 10^{11}$

$P = 2.67 \times 10^1 = 26.7$ Watts



8.- Calcular la rapidez de radiación de un cuerpo negro ideal cuya superficie está a 327°C.

Solución.- La ecuación a usar es:

$R = \frac{P}{A} = e\sigma T^4$, o sea: $R = e\sigma T^4$

Como se trata de un cuerpo negro ideal, $e = 1.0$ y como la temperatura dada está en grados centígrados hemos de convertirloa a grados absolutos: °K, o sea:

$T = 327^oC = 600.16^oK$ y sustituyendo en la ecuación:

$R = 1.0 \times 5.67 \times 10^{-8} (600.16)^4$

$R = 5.67 \times 10^{-8} \times 1.296 \times 10^{11}$

$R = 7.35 \times 10^3 \frac{Watts}{M^2}$

9.- La temperatura de operación de una lampara de 25 Watts es 1727°C. Si la emisividad del filamento es 0.3, calcular su área.

Solución.- La ecuación: $R = \frac{P}{A} = e\sigma T^4$

que representa la rapidez de radiación:- R, se usará para resolver éste problema, despejando el área A, $A = \frac{P}{e \sigma T^4}$, la - temperatura del filamento ha de transformarse a $^{o}K$, por lo tanto:

$T = 1727^{o}C = 2000.16^{o}K$ y como $e = 0.3$ y la -- potencia $P = 25$ Watts, sustituirán a sus variables en la ecuación:

$$A = \frac{25}{0.3 \text{ X } 5.67 \text{ X } 10^{-8} \; (2000.16)^4}$$

$$A = \frac{25}{1.701 \text{ X } 10^{-8} \text{ X } 16 \text{ X } 10^{12}}$$

$$A = .92 \text{ X } 10^{-4} \; M^2 = .92 \; cm^2$$

10.- El filamento de una lampara, opera a una temperatura de $727^{o}C$ y está rodeado por una ampolla a $227^{o}C$. Si el filamento tiene una emisividad de 0.25 y un área de - $0.30 \; cm^2$.

Calcular la potencia de operación de la lampara.

Solución.- Hay dos ecuaciones a usar:

$$R = e\sigma(T_1^4 - T_2^4) \quad y \quad R = \frac{P}{A}$$

La segunda contiene a la incognita P, --



pero es necesario calcular R primero, -- por lo que usaremos la primera ecuación.

Antes de usarla, convertiremos las temperaturas a $^{o}K$, $T_1 = 727^{o}C = 1000.16^{o}K$, ------- $T_2 = 227^{o}C = 500.16^{o}K$ y como $e = 0.25$, sustituimos estos datos en la segunda ecuación:

$$R = 0.25 \text{ X } 5.67 \text{ X } 10^{-8}(1000.16^4 - 500.16^4)$$

$$R = 1.4175 \text{ X } 10^{-8}(1.0 \text{ X } 10^{12} - .0625 \text{ X } 10^{12})$$

$$R = 1.4175 \text{ X } 10^{-8} \text{ X } .9375 \text{ X } 10^{12}$$

$$R = 1.33 \text{ X } 10^4 \; \frac{\text{Watts}}{M^2}$$

Ya estamos en condiciones de usar la segunda ecuación, y despejando P: $P = RA$

Pero el dato que se nos dá acerca del - área es: $A = .30 \; cm^2$, debemos de convertirlo a $M^2$, pués la R calculada contiene $M^2$, por lo tanto: $A = .30 \; cm^2 = .30 \text{X} 10^{-4} \; M^2$, - ahora sí, sustituyendo los valores de R y A;

$$P = 1.33 \text{ X } 10^4 \text{ X } .30 \text{ X } 10^{-4}$$

$$P = .399 \text{ Watts}$$

## 1-15 PRIMERA LEY DE LA TERMODINAMICA.

Como recordatorio diremos que la termodinámica trata de los cambios que experimenta la energía y que en la Ley cero de la termodinámica la temperatura es fundamental en su enunciado, ya que trata sobre el equilibrio térmico. También se dijo que todo proceso es termodinámico cuando, durante su ejecución hay transformaciones de energía mecánica, y calorífica, además de presentarse cambios de volumen, presión o temperatura de un sistema termodinámico.

Enla primera Ley de la termodinámica juegan un importante papel, la energía interna, el calor y el trabajo mecánico, pués forman parte de su ecuación fundamental y general:

$$\Delta U = Q + W \quad \ldots\ldots \quad 1\text{-}15\text{-}1$$

en la cual; $\Delta U$ representa el cambio en la energía interna de un sistema termodinámico. Q es la cantidad de calor que interviene durante el proceso termodinámico, y será positiva cuando se agregue calor al sistema y negativa cuando el sistema libere calor. W es el trabajo mecánico que se efectúa durante el proceso termodinámico y es positivo cuando una fuerza externa realice trabajo sobre el sistema y será negativo cuando el sistema realice trabajo sobre el medio ambiente.



El cambio en la energía interna, también se puede escribir así:

$$\Delta U = U_f - U_i \quad \ldots\ldots \quad 1\text{-}15\text{-}2$$

Siendo $U_f$ la energía interna del sistema al terminar el proceso termodinámico y $U_i$ es la energía interna al momento de iniciarse el proceso.

La energía interna U es una función punto, porque su valor depende unicamente de las coordenadas y no de la trayectoria que se siguió durante el proceso, es decir, que la energía interna depende solamente de las condiciones iniciales y finales de un proceso determinado, en cambio el calor y el trabajo son funciones trayectoria, porque sus valores si dependen de la trayectoria seguida durante el proceso.

Cuando se dijo que la energía interna es --

una función punto porque depende de sus --- coordenadas, se entenderá por coordenadas - no las que conocemos como coordenadas cartesianas: x, y, sino, nos estaremos refiriendo a las coordenadas: Presión P, Volumen V y Temperatura T, de un sistema dado.

Diremos que un sistema está en equilibrio - termodinámico, cuando la fuerza resultante externa que obre sobre el sistema, sea cero y además, que el sistema esté en equilibrio térmico con su medio ambiente.

La ecuación 1-15-1 de la primera ley de la termodinámica representa una forma de expresar la conservación de la energía. pués establece que todo cambio que se presente en la energía interna de un sistema se deberá; a una transformación de energía calorífica, a una transformación de energía mecánica o a una transformación de los dos a la vez, - del medio ambiente que le rodea.

Recuerda que la energía interna de un sistema: Es la suma de las energías potenciales y cinéticas de sus moléculas y átomos.

En la práctica, más que la energía interna



U, interesa sus cambios: $\Delta$ U, que son determinados mediante cantidades medibles Q y W - de la ecuación 1-15-1.

El caso más general de la primera Ley de la termodinámica es aquel en el que: U , Q y W intervienen durante el proceso, por ejemplo: Al calentar un gas encerrado en un cilin--- dro:

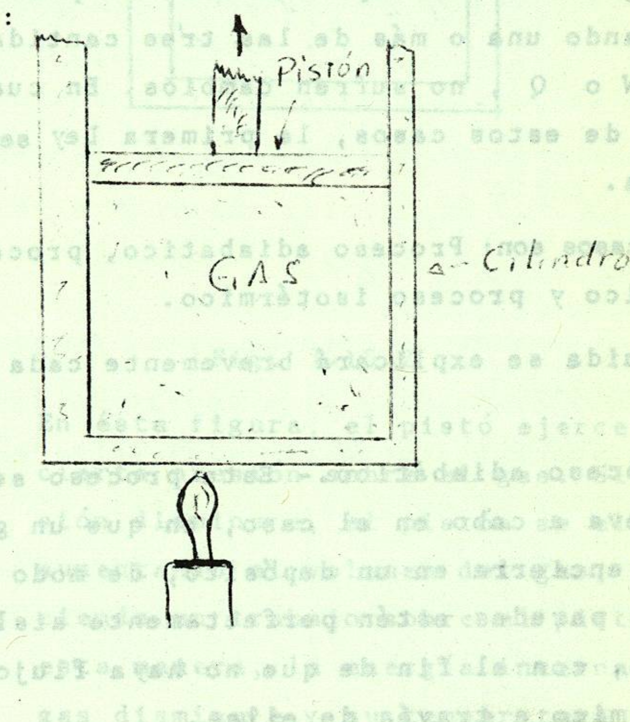


Fig. 1-15-1

El calor suministrado por la llama, es absorbido por el gas, aumentando su energía interna, pero luego, parte de la energía interna se gasta para efectuar un trabajo mecánico al aumentar su volumen y elevar al pistón. En este proceso, Q es positivo y W será negativo.

Se originan casos especiales de la primera Ley cuando una o más de las tres cantidades: U, W o Q, no sufren cambios. En cualesquiera de estos casos, la primera Ley se simplifica.

Dichos casos son: Proceso adiabatico, proceso isocorico y proceso isotérmico.

En seguida se explicará brevemente cada proceso.

A.- Proceso adiabático.- Este proceso se lleva a cabo en el caso, en que un gas se encierra en un depósito, de modo que sus paredes estén perfectamente aisladas, con el fin de que no haya flujo térmico a través de ellas.



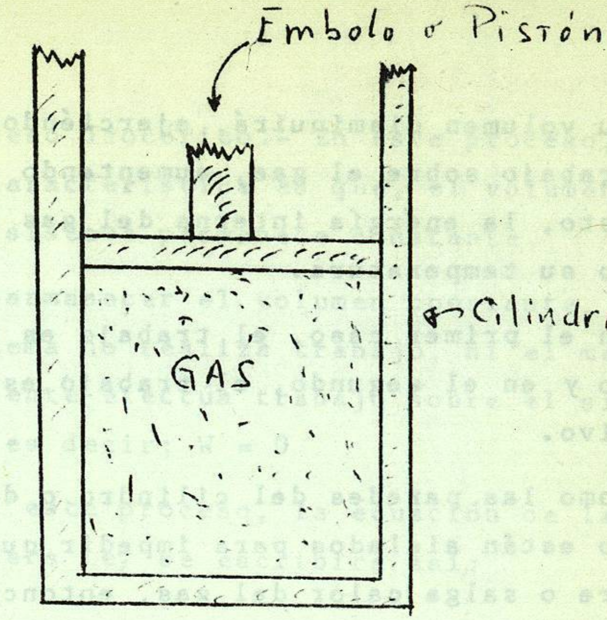


Fig. 1-15-2

En ésta figura, el pistó ejerce una cierta presión sobre el gas. Si la presión disminuye, el pistón se elevará, aumentando el volumen del gas, ejerciendo un trabajo sobre el pistón. De esta manera, la energía interna del gas disminuye y su temperatura también. Si por el contrario, se aumenta la presión sobre el gas por el pistón, su volumen disminuirá, ejerciéndose un trabajo sobre el gas, aumentando con esto, la energía interna del gas así como su temperatura.

En el primer caso, el trabajo es negativo y en el segundo, el trabajo es positivo.

Como las paredes del cilindro o depósito están aislados para impedir que entre o salga calor del gas, entonces $Q = 0$, y la ecuación de la primera Ley se escribirá así:

$$\Delta U = -W \quad y \quad \Delta U = W$$

Para el primero y segundo caso, respectivamente.

Estas dos ecuaciones son típicas en todo proceso adiabático. Entonces;

Proceso adiabático, es aquel proceso termodinámico en el que no entra ni sale calor, o sea, que $Q = 0$.

Los procesos adiabáticos son procesos rápidos o instantáneos.



B.- Proceso Isocórico.- En este proceso, la característica es que, el volumen del sistema permanece constante.

Al parmanecer el volumen constante, el sistema no realiza trabajo, ni el medio ambiente efectúa trabajo sobre el sistema, es decir; $W = 0$

Para este proceso, la ecuación de la primera Ley se escribirá así:

$$\Delta U = Q$$

Esta ecuación indica que la variación de la energía interna de un sistema, en proceso isocórico, se deberá exclusivamente al calor Q que se le aplique (será positivo) o la transformación de la energía interna en calor (será negativo).

Por ejemplo: Cuando se tiene un líquido encerrado en un depósito:

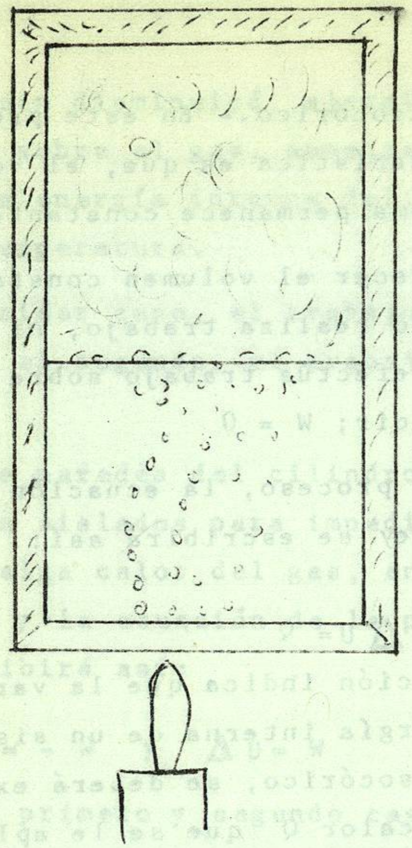

Fig. 1-15-3

Mientras el líquido no hierve y esté -- recibiendo calor: Q , su energía interna aumentará: $\Delta U$. Aún cuando el agua - hierva y se convierta en vapor, su volumen total: líquido-vapor, se considerará constante, pués el depósito está totalmente cerrado.



Al retirar la llama, el vapor se condensará sobre el agua líquida y el calor: - Q , que desprenderá el sistema: vapor-agua, al enfriarse, hará que la --- energía disminuya.

C.- Procesos Isotérmicos.- Estos procesos - se caracterizan porque la temperatura - de un sistema dado, permanece constante.

Para obtener un proceso de este tipo, - es necesario que al variar tanto la presión como el volumen, la temperatura -- permanezca invariable. Para ésto, es necesario que el cambio de presión sea lo más lento posible, para que al variar - la presión, se mantenga el sistema en - equilibrio térmico.

Entonces, como la temperatura deberá -- permanecer constante, no deberá haber - cambio en la energía interna del sistema, por lo que, la ecuación de la primera ley, se expresará así:

$$0 = Q + W$$