

## CAPITULO VIII

### TEMPERATURA

#### ✓ 1.- Descripciones macroscópica y microscópica.

Al estudiar las situaciones físicas, generalmente se enfoca la atención en una porción de materia que imaginariamente está separada del medio ambiente que la rodea. A esta porción se le llama el sistema y a todo lo externo a él, que tiene alguna relación directa con su comportamiento se le llama el medio ambiente. Un ejemplo para determinar el comportamiento del sistema al actuar con su medio ambiente puede ser; cuando una pelota es el sistema y el medio ambiente sea el aire y la tierra. En la caída libre se trata de averiguar como el aire y la tierra afectan el movimiento de la pelota. En este caso como en algunos otros se deben escoger cantidades adecuadas para describir el funcionamiento del sistema. Clasificado estas cantidades, que son propiedades del conjunto del sistema medidas por medio de operaciones de la boratorio, como macroscópicas. En los procesos en que interviene el calor, las leyes que relacionan las cantidades macroscópicas tales como, presión, volumen, temperatura, energía interna, etc, forman la base de la Termodinámica.

Para el caso en que se consideren cantidades que describan los átomos y moléculas que forman un sistema, tales como sus velocidades, energías, masas, cantidades de movimiento angular, etc, se clasificarán como microscópicas y formarán la base de la mecánica estadística.

En un sistema cualquiera, las cantidades macroscópicas y microscópicas se deben relacionar ya que son, simplemente diferentes formas de describir la misma situación.

Macroscópicamente la presión de un gas se mide a partir de un manómetro y considerada microscópicamente, se relaciona con la rapidez media por unidad de área con que las moléculas del gas comunican cantidad de movimiento al fluido manométrico al chocar contra su superficie.

Analogamente la temperatura de un gas se relaciona con la energía cinética media de translación de las moléculas.

#### ✓ 2.- Equilibrio térmico.

Cuando se tocan varios cuerpos, el sentido del tacto permite hacer una distinción aproximada entre los cuerpos calientes y los cuerpos fríos. Así con el tacto se pueden ordenar los cuerpos A, B, y C en orden de su grado de calentamiento, diciendo que A está más caliente que B, B más caliente que C, etc, con esto queda definido nuestro sentido de temperatura. Para fines científicos este procedimiento no es útil por se muy subjetivo para determinar la temperatura.

Para comprender el significado de temperatura; considerese un objeto A y uno idéntico B, que se sienten frío el primero y caliente el segundo al estar en contacto con la mano, los cuales al ponerse en contacto uno con el otro durante un tiempo grande, producirán la misma sensación de temperatura.

Cuando esto sucede se dice que A y B se encuentran en equilibrio térmico.

Una prueba lógica del equilibrio térmico es emplear un tercer cuerpo tal como un termómetro. "Si A y B están en equilibrio térmico con un tercer grupo C (termómetro), entonces A y B se encuentran en equilibrio térmico entre sí". A esta definición se le conoce como la ley de la Termodinámica anterior a la primera.

El concepto anterior da la idea de que la temperatura de un sistema es una propiedad que a la larga alcanza el mismo valor que la de otros sistemas cuando todos se ponen en contacto.

La idea de temperatura como medida del grado de calor o de frío de un sistema concuerdan con este concepto, porque hasta el punto en que nuestro sentido de temperatura es digno de confianza, el grado de calor de todos los objetos es igual después de que todos ellos han estado en contacto un tiempo suficientemente grande.

### 3.- Medición de la temperatura.

Algunas de las propiedades físicas que varían con la temperatura son: la longitud de una varilla, el volumen de un líquido, la resistencia eléctrica de un alambre, el color del filamento de una lámpara, la presión de un gas que se mantiene a volumen constante y el volumen de un gas que se mantiene a presión constante.

Todos estos cambios son utilizados en la construcción de diferentes tipos de termómetros.

La escala de temperaturas se establece escogiendo una sustancia termométrica especial y una propiedad termométrica especial de esa sustancia. Por ejemplo, la sustancia termométrica puede ser un líquido que se encuentra en un tubo capilar de vidrio y la propiedad termométrica puede ser la longitud de la columna del líquido. Para cada elección de una sustancia y de su propiedad termométrica, conjuntamente con la relación supuesta entre la propiedad y la temperatura, conducen cada una de ellas a una escala especial de temperatura, cuyas mediciones hechas con cualquier otra escala de temperaturas independientemente definidas. Pero si es recomendable, que una escala de temperaturas particular se compare con la escala universal que se describirá más adelante.

Para graduar un termómetro para el cual se ha escogido una sustancia termo

métrica se hace lo siguiente: Representese por  $X$  la propiedad termométrica que se desea utilizar para determinar la escala de temperaturas, en seguida se escoge una función lineal de la propiedad  $X$  tal como la temperatura  $T$  que tiene el termómetro, y un sistema cualquiera en equilibrio térmico con él:

$$T(X) = aX \quad \text{Ecuación 8-1}$$

Al escoger esta forma lineal para  $T(X)$  se establece que diferencias iguales de temperatura, corresponden a cambios iguales de  $X$ . De la ecuación 8-1, también se deduce que dos temperaturas, medidas con el mismo termómetro, están relacionadas con sus respectivas  $X$ , es decir,

$$\frac{T(X_1)}{T(X_2)} = \frac{X_1}{X_2}$$

Para encontrar la constante  $a$ , y por consiguiente, graduar el termómetro se debe determinar un punto fijo normal, en el cual todos los termómetros deben marcar el mismo valor de temperatura  $T$ . Este punto fijo es aquél en el cual el hielo, el agua líquida y el vapor de agua, están en equilibrio y se le llama punto triple del agua.

El punto triple del agua es un estado único que se logra únicamente a una presión definida (figura 8-1). La presión de vapor de agua en el punto triple es de 4.58mm-Hg. y su temperatura a sido designada arbitrariamente llamándola 273.16 grados Kelvin o 273.16°K.

Si  $t_r$ , son los valores en el punto triple, por lo tanto, para cualquier termómetro,

$$\frac{T(X)}{T(X_{tr})} = \frac{X}{X_{tr}}$$

Si  $T(X_{tr}) = 273.16^\circ\text{K}$ , para todos los termómetros, entonces,

$$T(X) = 273.16^\circ\text{K} \frac{X}{X_{tr}} \quad \text{Ecuación 8-2}$$

Por lo tanto, cuando la propiedad termométrica tiene el valor  $X$ , la temperatura  $T$ , es la escala particular escogida, estará dada en °K por  $T(X)$ , cuando en el segundo miembro de esta ecuación se ponen los valores de  $X$  y  $X_{tr}$ .

Aplicando la ecuación 8-2 a varios termómetros se obtiene:

a) Para un termómetro de líquido en un tubo capilar en vidrio,  $X$  es  $L$ , la longitud de la columna de líquido, y  $T(L) = 273.16^\circ\text{K} \frac{L}{L_{tr}}$ .

b) Para un gas a presión constante,  $X$  es  $V$ , el volumen del gas, y

$$T(V) = 273.16^\circ\text{K} \frac{V}{V_{tr}}$$

c) Para un gas a volumen constante,  $X$  es  $P$ , presión de gas, y

$$T(P) = 273.16^\circ\text{K} \frac{P}{P_{tr}}$$

d) Para un termómetro de resistencia de platino,  $X_{esR}$ , la resistencia eléctrica y  $T(R) = 273.16^\circ K \frac{R}{R_{tr}}$ .

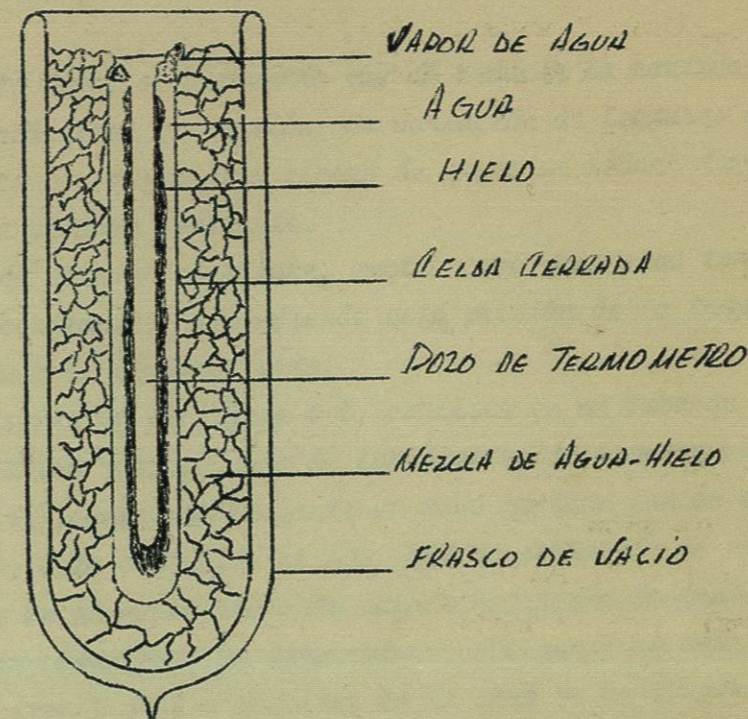


FIGURA 8-1

Ejemplo 8-1.

Un termómetro cuya resistencia es de platino, tiene un valor de 90.35ohms. Cuando su bulbo se coloca en una celda de punto triple, como la de la figura 8-1. ¿Qué temperatura queda definida por la ecuación 8-2 si el bulbo se coloca en un medio ambiente tal que su resistencia sea 98ohms?

$$\begin{aligned} T(X) &= 273.16^\circ K \frac{X}{X_{tr}} \\ &= 273.16^\circ K \frac{98}{90.35} \end{aligned}$$

$$T(X) = 294^\circ K.$$

Ahora resulta la pregunta de que si el valor que se encuentra para la temperatura de un sistema depende del termómetro utilizado para medirlo. Como las diferentes clases de termómetros coinciden en el punto fijo patrón, es de esperarse, ¿qué ocurre en otros puntos? Si se mide la temperatura de un sistema con diversos termómetros, cada termómetro dará una lectura diferente, aún cuando sean termómetros de una misma especie, tales como termómetros de gas de volumen constante con diferentes clases de gases, obtenido diferentes mediciones de temperatura para el sistema dado.

Por lo tanto, para encontrar una escala de temperaturas definida, se debe escoger cierta clase de termómetro como patrón. Esta elección se hace determinando si la escala de temperatura definida mediante un termómetro especial resulta ser una cantidad útil en la formulación de las leyes de la física. La varia-

ción mas pequeña en las lecturas esta entre diferentes termómetros de gas a volumen constante, lo que sugiere que se escoja un gas como sustancia termométrica patrón.

En un termómetro de este tipo, se encuentra que al reducir la cantidad de gas usado, y por lo tanto, reducirse su presión, la variación de lecturas entre termómetros de gas fabricados con diferentes clases de gases se reduce también.

4.- Termómetro de gas a volumen constante.

El termómetro de gas, de volumen constante, emplea como propiedad termométrica la presión a volumen constante, dependiendo esta presión de la temperatura, y aumentando continuamente al elevarse esta.

El termómetro se representa en la figura 8-2, conciste en un tubo de vidrio, porcelana, cuarzo o platino (dependiendo de los límites de temperatura entre los cuales se vaya a usar), conectado mediante un tubo capilar con un manómetro de mercurio. En el bulbo esta contenido el gas, que generalmente es hidrogeno o helio; al introducirlo en el medio ambiente cuya temperatura se trata de medir el gas se dilata al ir aumentando la temperatura, obligando al mercurio a descender en la rama de la izquierda y a elevarse en la rama de la derecha.

Para evitar esto o sea mantener el volumen constante, basta elevar el depósito R para que el mercurio de la rama izquierda del tubo en U coincida siempre con la marca de referencia fija (que es el cero de la escala). Enseguida se lee la altura del mercurio en la rama de la derecha. Donde la presión del gas encerrado en el bulbo es la diferencia de las alturas entre las columnas de mercurio (multiplicada por  $\rho g$ ) mas la presión atmosférica, que se mide con un barómetro.

En la práctica el aparato es algo complicado y se le deben hacer muchas correcciones, tales como, (1) tomar en cuenta el pequeño cambio de volumen debido a la ligera contracción o dilatación del bulbo y (2) tener en cuenta que no todo el gas confinado esta sumergido en el baño. Si se supone que las correcciones estan hechas y si se llama P al valor corregido de la presión con respecto a la temperatura del baño. La temperatura estará dada provisionalmente por:

$$T (P) = 273.16^{\circ}K \frac{P}{P_{tr}} \quad (V \text{ constante})$$

Ecuación 8-3

ti--  
sca--  
roxi--  
de la--  
in--  
más  
uer--  
era--  
ante