en el termómetro y L_o será la longitud de la columna de mercurio a la temperatura - patrón de 273.16°K.

b) Para el gas-helio:

$$T = \frac{273.16^\circ K}{P_o} \; P$$

siendo T, la temperatura correspondiente a la presión P total: La que registrará - el tubo jota más la atmosférica. Y P_o será la presión total correspondiente a la temperatura de 273.16°K.

1-4 ESCALAS DE TEMPERATURAS.- Comunmente se utilizan dos clases de escalas de temperatura en la construcción de los termómetros y son: La escala celsius también llamada escala centígrada y la escala fahrenheit en el sistema - inglés. En la graduación de estas escalas se han utilizado diferentes puntos de referen-- cia y son:

a) Escala celsius.- Supongamos que se va a - calibrar un termómetro de vidrio-mercurio. Entonces, dicho termómetro se sumerge por su bulbo en una mezcla de agua-hielo en -

equilibrio térmico, a la presión de una - atmósfera. De esta manera se hará una marca sobre la carátula del termómetro, a la altura a donde llegó la columna de mercurio, registrando un 0, este cero indicará la temperatura arbitraria de cero grados centígrados que abreviado será: 0°C.

Luego, el termómetro se sumergirá por su - bulbo, dentro de agua hirviendo a la presión de una atmósfera, anotando el número 100 arbitrariamente, a la altura que llegó la columna del mercurio. Dicho número equivale a una temperatura de 100 grados centígrados que se abreviarán: 100°C.

De esta manera se habrá calibrado el termómetro de vidrio-mercurio. Lo que resta es, dividir en 100 partes iguales el espacio de la carátula que existe entre el 0 y el 100 de la escala, de ahí el nombre - de grado centígrado que se le dá a cada - segmento resultante de la división.

La siguiente figura representa un termómetro de vidrio-mercurio, con escala centígrada:

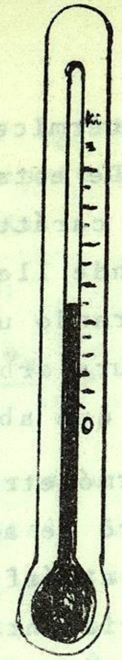


Fig. 1-4-1

b) Escala Fahrenheit.- En este caso, también se supondrá que se usará un termómetro de vidrio-mercurio.

Este termómetro se sumergirá por su bulbo en una mezcla de agua-hielo-sal, en equilibrio térmico a la presión de una atmósfera, anotándose el cero sobre la carátula del termómetro, a la altura a que llegó la columna de mercurio. De esta manera se tendrá una temperatura de cero grados

fahrenheit la cual se abrevia: $0^{o}F$.

El otro punto de referencia fué, la temperatura del cuerpo humano: $98.6^{o}F$ que se registró o anotó en la carátula del termómetro, a la altura a que llegó la columna de mercurio. De ésta forma se habrá calibrado el termómetro vidrio-mercurio, con la escala fahrenheit, restando por dividir en segmentos iguales, el espacio comprendido entre $0^{o}F$ y $98.6^{o}F$.

La siguiente figura representa a un termómetro de vidrio-mercurio con escala: Fahrenheit.

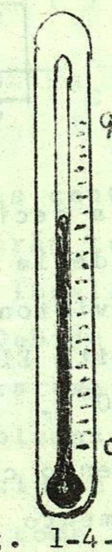


Fig. 1-4-2

Si colocamos paralelamente las dos escalas anteriores encontraremos que $0^{o}C$ coincide con $32^{o}F$ y que $100^{o}C$ coincide con $212^{o}F$, según la figura 1-4-3

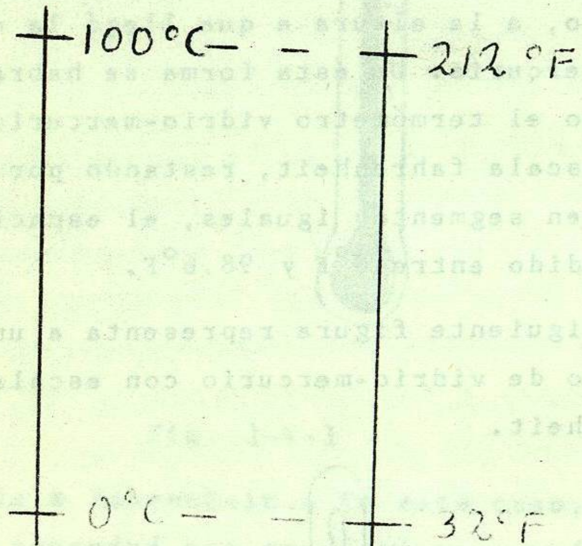


Fig. 1-4-3

Lo anterior equivale a decir que: 100 divisiones o segmentos de la escala celsius, corresponden a 180 divisiones o segmentos de la escala Fahrenheit. El 180 resultó de: $212^{o}F - 32^{o}F = 180^{o}F$.

Por lo tanto, un segmento centígrado es más grande que un segmento Fahrenheit, o

sea:

$$1^{o}C = 1.8^{o}F \quad \ldots\ldots \quad 1\text{-}4\text{-}1$$

Cuidado, esta igualdad representa un factor de conversión, más no quiere decir que un grado centígrado como valor de una temperatura, sea igual a $1.8^{o}F$. Este factor lo usaremos más adelante.

Las ecuaciones usadas para efectuar cambios de escalas o transformaciones de temperatura son:

$$^{o}C = \frac{5}{9}\,(^{o}F - 32) \quad \ldots\ldots 1\text{-}4\text{-}2$$

$$^{o}F = \frac{9}{5}\,{}^{o}C + 32 \quad \ldots\ldots 1\text{-}4\text{-}3$$

Tanto la escala centígrada como la Fahrenheit, registrarán temperaturas negativas, las cuales se localizan abajo del cero de cada escala. Debido a ésto, y a que su cero de temperatura las invalida para ser usadas en problemas que requieren de ecuaciones que incluyen a la temperatura como una variable, como la ecuación general del estado gaseoso: PV = nRT, se ha hecho necesario del uso de escalas absolutas de temperatura, que no tienen temperaturas negativas y que su cero de temperatura es inalcansable.

1-5 ESCALAS ABSOLUTAS DE TEMPERATURA.- Hay dos escalas absolutas de temperatura: La Kelvin y la Rankine. La Kelvin es aplicada en el sistema métrico internacional (SI), mientras que la Rankine es aplicada en el sistema inglés. Por estas razones, los segmentos de la escala celsius y Kelvin coinciden:

$$1^{o}C = 1^{o}K \quad ...... \quad 1\text{-}5\text{-}1$$

y en segmentos de la escala Fahrenheit y Rankine también coinciden entre sí:

$$1^{o}F = 1^{o}R \quad ..... \quad 1\text{-}5\text{-}2$$

Recuerda, las expresiones 1-5-1 y la 1-5-2, son factores de conversión, que usaremos más adelante, más no son ecuaciones de transformación.

A continuación aparecen las cuatro escalas -

de temperatura con sus valores característicos:

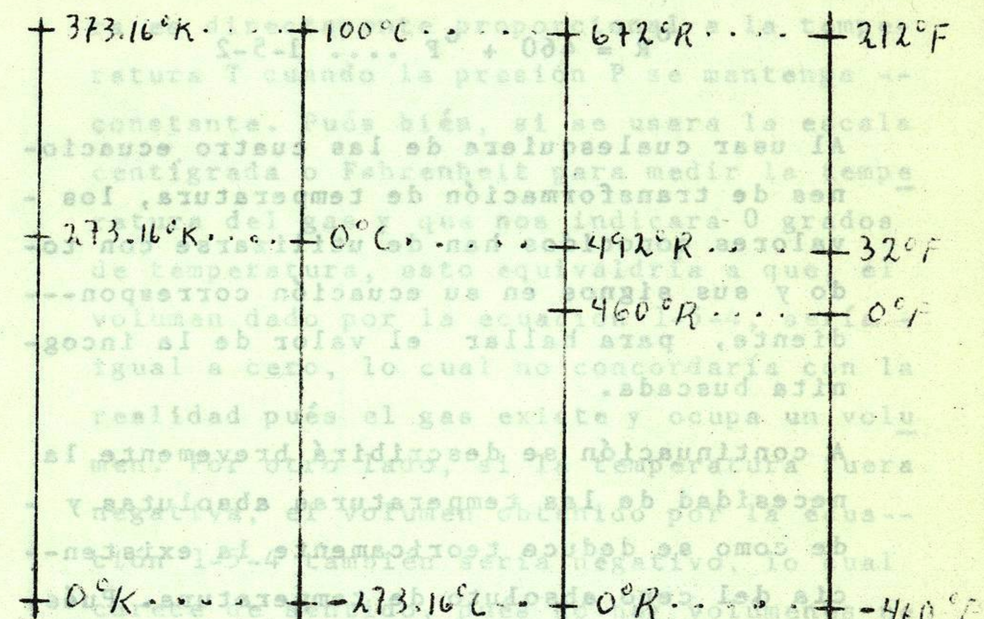


Fig. 1-5-1

La ecuación de transformación que relaciona a la escala Celsius y a la Kelvin, en base a las escalas correspondientes de la figura 1-5-1 es:

$$^{o}K = 273.16 + {}^{o}C \quad ... \quad 1\text{-}5\text{-}1$$

y la ecuación de transformación que relaciona a la escala Fahrenheit y a la Rankine, en base a las escalas correspondientes de la - figura 1-5-1 es:

$$^{o}R = 460 + {}^{o}F \;....\; 1\text{-}5\text{-}2$$

Al usar cualesquiera de las cuatro ecuaciones de transformación de temperatura, los - valores conocidos han de utilizarse con todo y sus signos en su ecuación correspondiente, para hallar el valor de la incognita buscada.

A continuación se describirá brevemente la necesidad de las temperaturas absolutas y - de como se deduce teoricamente la existencia del cero absoluto de temperatura. Pués bién, en primer lugar se escribirá la ecuación general del estado gaseoso: PV = nRT, de la cual despejaremos V:

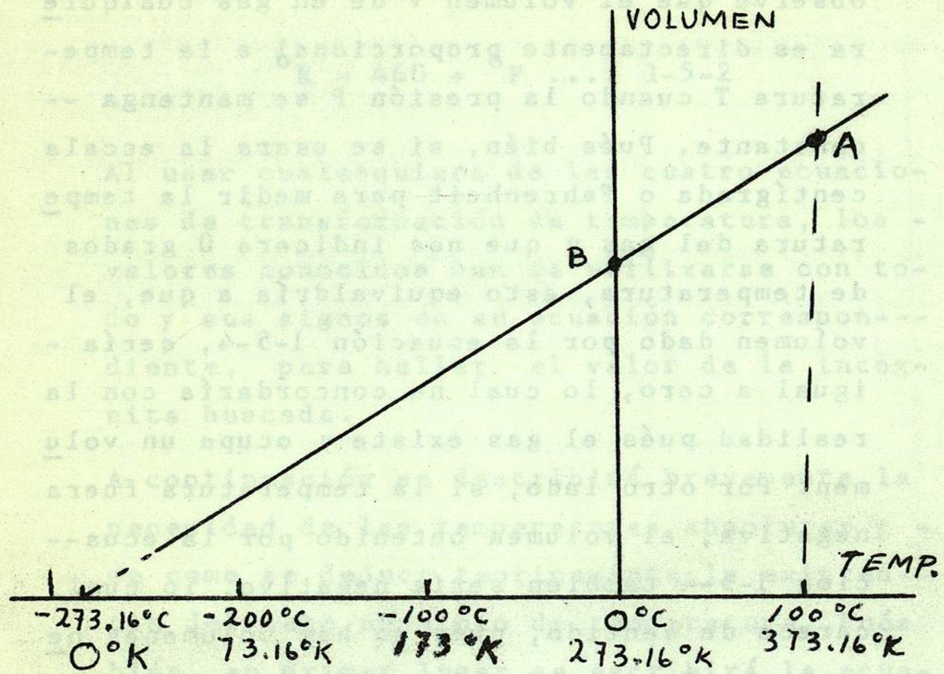
$$V = \frac{nR}{P}\, T \;....\; 1\text{-}5\text{-}3$$

o bién: $V = kT$ 1-5-4

La relación $\frac{nR}{P}$ de la ecuación 1-5-3, se ha sustituído por una constante de proporcionalidad representada por la letra k, para dar lugar a la ecuación 1-5-4. En esta ecuación, observa que el volumen V de un gas cualquiera es directamente proporcional a la temperatura T cuando la presión P se mantenga -- constante. Pués bién, si se usara la escala centígrada o Fahrenheit para medir la temperatura del gas y que nos indicara 0 grados de temperatura, esto equivaldría a que, el volumen dado por la ecuación 1-5-4, sería - igual a cero, lo cual no concordaría con la realidad pués el gas existe y ocupa un volumen. Por otro lado, si la temperatura fuera negativa, el volumen obtenido por la ecuación 1-5-4 también sería negativo, lo cual carece de sentido, pués no hay volúmenes negativos. Entonces, podemos decir, que estas son dos razones por las que hay necesidad - de las temperaturas absolutas.

Ahora, si graficaramos la variación del volumen de un gas con respecto a la temperatura, llegaríamos realmente al cero de temperatura para el cual, el volumen de un gas - se reduce a cero, de acuerdo con la ecuación 1-5-4.

La siguiente gráfica nos demuestra lo anterior:



Gráfica 1-5-1

Observa como en ésta fráfica, al aumentar la temperatura, el aumento del volumen del gas no tiene límite.

A la temperatura de 0°C el gas tiene un volumen B menor que el volumen A a 100°C.

Al ir disminuyendo la temperatura, el volu-

men irá también disminuyendo. Como el gas, antes de llegar a temperaturas más bajas, se convierte en líquido, entonces la recta AB de la gráfica ha de continuarse por medio de una recta segmentada, hasta que el volumen se haga cero, cuando la temperatura es de -273.16°C, correspondiendo esta temperatura a 0°K, que es, el cero absoluto, según la gráfica.

Experimentalmente, ésta temperatura nunca se ha alcanzado.

1-6 SECCION DE PROBLEMAS RESUELTOS.-

1.- La longitud de la columna de un termómetro de vidrio-mercurio, es de 10 cm cuando su bulbo se encuentra sumergido en una mezcla de agua-hielo en equilibrio térmico. ¿Qué temperatura reportará dicho termómetro cuando la longitud de la columna es de 15 cm?. ¿Qué longitud tendrá la columna cuando la temperatura sea de -100°C?.

Soluciones.- Para la primer pregunta los datos a usar son: $T_o = 273.16°K$, --

$L_o = 10$ cm y $L = 15$ cm, y sustituyendo estos valores en la ecuación de los termómetros de vidrio-mercurio:

$$T = \frac{273.16^\circ K}{L_o} \quad L = \frac{273.16^\circ K}{10\ cm} \quad 15\ cm$$

$$T = 409.74^\circ K$$

Para contestar la segunda pregunta, ha de despejarse la longitud L de la columna, de la ecuación anterior:

$$L = \frac{T}{273.16^\circ K} \quad L_o$$

, los datos proporcionados para contestar dicha pregunta son: $T = -100^\circ C$ y $L_o = 10$ cm. Antes de usar la ecuación, hemos de convertir $100^\circ C$ a $^\circ K$, porque así lo exige la ecuación.

Por lo tanto, usando la ecuación 1-5-1 y sustituyendo $^\circ C$ por su valor: -100, en tal ecuación, tenemos:

$$^\circ K = 273.16 + {}^\circ C = 273.16 + (-100) = 273.16 - 100$$

$^\circ K = 173.16$, es decir que; $-100^\circ C = 173.16^\circ K$

Ahora sí, volviendo a la ecuación:

$$L = \frac{T}{273.16^\circ K} \quad L_o$$

y sustituyendo T y L_o por sus valores correspondientes, tenemos:

$$L = \frac{173.16^\circ K}{273.16^\circ K} \quad 10\ cm = 6.34\ cm$$

o sea que la longitud de la columna de mercurio en el termómetro a $-100^\circ C$, es de 6.34 cm.

2.- Un termómetro de gas hidrógeno a volumen constante, registra una presión total de 30 cm-Hg en el punto triple del agua.

a) ¿Qué temperatura se leerá en éste termómetro cuando la presión del hidrógeno es de 20 cm-Hg? (b) ¿Qué presión corresponderá cuando la temperatura en el termómetro es de $150^\circ C$?.

Soluciones.- (a) Los datos para la solución de éste inciso son:

$P_o = 30$ cm-Hg, $T_o = 273.16^oK$

$P = 20$ cm-Hg y sustituyendo estos valores en la ecuación:

$$T = \frac{273.16^oK}{P_o} P = \frac{273.16^oK}{30 \text{ cm-Hg}} 20 \text{ cm-Hg}$$

$$T = 182.10^oK$$

(b) Primero, despejaremos la presión P de la ecuación anterior, obteniéndose:

$$P = \frac{T}{273.16^oK} P_o$$

Como T debe estar expresada en ^oK y se nos dá en ^oC, convertiremos primero los 150^oC a ^oK, mediante la ecuación: $^oK = 273.16 + {^oC}$, y sustituyendo ^oC por su valor, tendremos;

$^oK = 273.16 + 150 = 423.16$

o sea, que $150^oC = 423.16^oK$, por lo tanto:

$$P = \frac{423.16^oK}{273.16^oK} 30 \text{ cm-Hg} = 46.47 \text{ cm-Hg}$$

o sea, que la presión total del hidrógeno será de 46.47 cm-Hg, cuando registre una temperatura de 150^oC.

3.- Cierto termómetro de resistencia de platino tiene una resitencia de 90.35 ohms cuando su bulbo se coloca en una celda de punto triple. ¿Qué temperatura reportará éste termómetro si su bulbo se coloca en un medio ambiente tal que su resistencia sea de 90 ohms? ¿Qué resistencia ofrecerá éste mismo termómetro cuando registre una temperatura de -50^oC?

Soluciones.- En este problema, se tiene un termómetro, cuya sustancia termométrica es el platino y su propiedad termométrica es su resistencia eleéctrica R., por lo tanto, su ecuación será:

$$T = \frac{T_o}{R_o} R$$

Sustituyendo; T_o por su valor: 273.16^oK

R_o por su valor: 90.35 ohms

y R por su valor: 90 ohms, tenemos:

$$T = \frac{273.16^oK}{90.35 \text{ ohms}} 90 \text{ ohms} = 272.10^oK$$

Ahora , si despejamos la resistencia R:

$$R = \frac{T}{T_o} R_o \quad \text{, pero como } T = -50^oC,$$

hemos de convertir -50^oC a ^oK,

$$^oK = 273.16 + {^oC} = 273.16 + (-50)$$

$$^oK = 273.16 - 50 = 223.16$$

o sea, que $-50^oC = 223.16^oK$, por lo tanto:

$$R = \frac{223.16^oK}{273.16^oK} 90.35 \text{ ohms} = 73.81 \text{ ohms}.$$

4.- ¿75^oK a cuantos ^oC equivalen?

Solución.- Como la ecuación de transformación es: $^oK = 273.16 + {^oC}$ y despejando ^oC, tenemos:

$$^oC = {^oK} - 273.16 = 75 - 273.16 = -198.16$$

o sea: 75^oK equivalen a -198.16^oC

5.- ¿-80^oF a cuantos grados Rankine equivalen?

Solución.- Empleando la ecuación de transformación: $^oR = 460 + {^oF}$ y sustituyendo ^oF -- por su valor dado:

$$^oR = 460 + (-80) = 460 - 80 = 380$$

o sea: $-80\ ^oF = 380\ ^oR$

6.- ¿$520\ ^oR$ a cuantos grados Fahrenheit --- equivalen?

Solución.- Partiendo de: $^oR = 460 + {^oF}$ y despejando ^oF, tenemos:

$$^oF = {^oR} - 460$$

y sustituyendo ^oR por su igual:

$$^oF = 520 - 460 = 60$$

o sea: $520\ ^oR$ equivalen a 60^oF

7.- ¿-10^oF a cuantos ^oC equivalen?

Solución.- Usando la ecuación:

$^oC = \frac{5}{9}({^oF} - 32)$, y sustituyendo ^oF por el dato conocido:

$$^oC = \frac{5}{9}\left[(-10) - 32\right]$$

$$^oC = \frac{5}{9}(-10-32) = \frac{5}{9}(-42)$$

$$^oC = \frac{-210}{9} = -23.33$$