

o sea: $-10^{\circ}\text{F} = -23.33^{\circ}\text{C}$

8.- ¿10 °F a cuántos °C equivalen?

Solución.- De nuevo, usando la siguiente ecuación y sustituyendo °F por su valor conocido;

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32) = \frac{5}{9}(10-32)$$

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (-22) = \frac{-110}{9} = -12.22$$

o sea: $10^{\circ}\text{F} = -12.22^{\circ}\text{C}$

9.- ¿85 °C a cuántos °F equivalen?

Solución.- Empleando la siguiente ecuación y sustituyendo °C por su dato:

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32 = \frac{9}{5}(85) + 32$$

$$^{\circ}\text{F} = \frac{765}{5} + 32 = 153 + 32 = 185$$

o sea: $85^{\circ}\text{C} = 185^{\circ}\text{F}$

10.- ¿-60°C a cuántos grados Fahrenheit equivalen?

Solución.- De nuevo, usando la siguiente ecuación y sustituyendo °C por su dato:

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32 = \frac{9}{5}(-60) + 32 = \frac{-540}{5} + 32$$

$$^{\circ}\text{F} = -108 + 32 = -76$$

o sea: -60°C equivalen a -76°F

11.- ¿200 °R a cuántos °K equivalen?

Solución.- Primero convertiremos los

°R a °F, o sea: $^{\circ}\text{R} = 460 + ^{\circ}\text{F}$, y

despejando °F; $^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{R} - 460$, y

sustituyendo °R por su valor:

$$^{\circ}\text{F} = 200 - 460 = -260$$

Ahora, si sustituimos éste valor en la ecuación: $^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$, tenemos:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} [(-260) - 32] = \frac{5}{9} (-292)$$

$$^{\circ}\text{C} = \frac{-1460}{9} = -162.22$$

Finalmente, sustituyendo éste valor en:

$$^{\circ}\text{K} = 273.16 + ^{\circ}\text{C} = 273.16 + (-162.22)$$

$$^{\circ}\text{K} = 273.16 - 162.22 = 110.94$$

o sea: 200°R equivalen a 110.94°K

12.- ¿400 $^{\circ}\text{K}$ a cuantos $^{\circ}\text{F}$ equivalen?

Solución.- Primero convertiremos los $^{\circ}\text{K}$ a $^{\circ}\text{C}$, -
mediante la ecuación:

$$^{\circ}\text{K} = 273.16 + ^{\circ}\text{C} \text{ y despejando } ^{\circ}\text{C};$$

$^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{K} - 273.16$, sustituyendo $^{\circ}\text{K}$ por --
su valor conocido:

$$^{\circ}\text{C} = 400 - 273.16 = 126.84$$

Sustituyendo este valor en la ecuación:

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32 = \frac{9}{5}(126.84) + 32$$

$$^{\circ}\text{F} = \frac{634.20}{5} + 32 = 126.84 + 32$$

$$^{\circ}\text{F} = 158.84, \text{ o sea:}$$

$$400^{\circ}\text{K} = 158.84^{\circ}\text{F}$$

13.- ¿A que temperatura dan la misma lectura

las escalas Fahrenheit y Celsius? ¿A qué temperatura las escalas Fahrenheit y Kelvin?

Soluciones.- Para resolver la primer pregunta se pueden usar cualesquiera de las dos ecuaciones de transformación:

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32 \quad \text{o} \quad ^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$$

usemos la primera (como ejercicio para ti, puedes hacer lo mismo con la segunda) sustituyendo $^{\circ}\text{F}$ y $^{\circ}\text{C}$ por x , pues se trata de que sean iguales los grados Fahrenheit y los grados Celsius:

$$x = \frac{9}{5} x + 32, \quad 5x = 9x + 160$$

$$5x - 9x = 160, \quad -4x = 160, \quad x = -\frac{160}{4}$$

$x = -40$, éste resultado indica que la escala centígrada y la Fahrenheit se igualan a -40 grados.

Ahora, para contestar la segunda pregunta, usaremos la ecuación: $^{\circ}\text{K} = 273.16 + ^{\circ}\text{C}$ y despejando $^{\circ}\text{C}$, tenemos: $^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{K} - 273.16$ y - sustituyendo éste valor de $^{\circ}\text{C}$, en la --

ecuación anteriormente usada, tenemos:

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} (^{\circ}\text{K} - 273.16) + 32$$

y sustituyendo $^{\circ}\text{F}$ y $^{\circ}\text{K}$ por x :

$$x = \frac{9}{5} (x - 273.16) + 32$$

$$5x = 9x - 2458.44 + 160$$

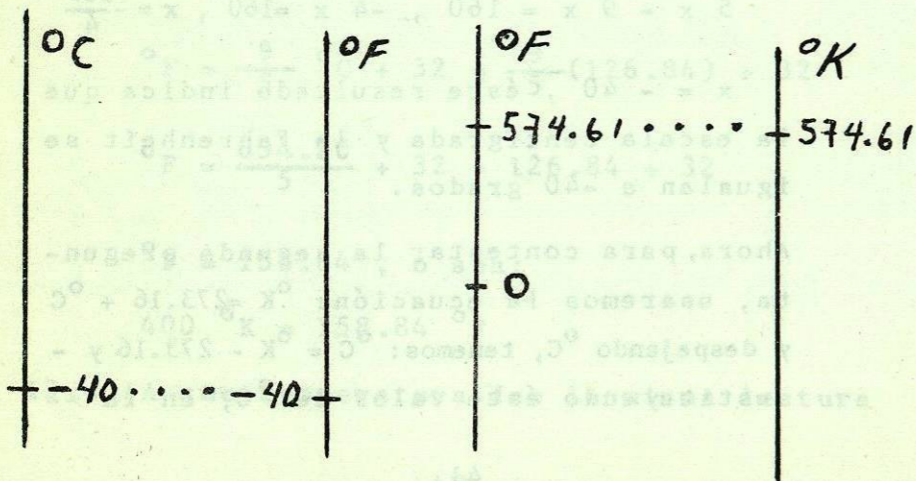
$$5x - 9x = -2298.44$$

$$-4x = -2298.44$$

$$x = \frac{2298.44}{4} = 574.61$$

Es decir, la escala Kelvin y Fahrenheit coinciden a 574.61 grados

Estos resultados podemos representarlos gráficamente así:



1-7 TEORÍA DEL CALORICO.- Por mucho tiempo se -- aceptó la Teoría del Calorico (Calorico era el nombre que se le daba al calor) para explicar los procesos en los que intervenían -- los fenómenos del calentamiento y enfriamiento de los cuerpos.

La Teoría del Calorico establecía que todo -- cuerpo caliente contenía más calorico que -- cualquier cuerpo frío, de tal manera que al poner en contacto un cuerpo caliente con -- otro cuerpo frío, el calorico fluía del cuerpo caliente al cuerpo frío, hasta llegar al equilibrio térmico, es decir, cuando los dos cuerpos alcanzaban a tener la misma temperatura.

De acuerdo con la Teoría del Calorico, se admitía que el calorico era una especie de sustancia. Esta teoría dejó de tener validez, -- cuando el Conde Rumford de Baviera (su nombre era: Benjamín Thompson, Personaje Norteamericano) supervisaba la perforación de cañones para el Gobierno Bávaro. Para impedir que los cañones se sobrecalentaran durante -- su perforación, se conservaban llenos de -- agua. El agua se reponía conforme se iba eva

porando durante el proceso de taladrado. Se aceptaba que era calorico lo que tenía que proporcionarse al agua para ponerla a hervir. La producción continua de calorico se explicaba admitiendo que cuando el taladro y el cañón se iban gastando (al taladro se le iba acabando el filo y el cañón iba soltando materia: rebaba, durante su perforación) su capacidad para retener al calorico disminuía siendo absorbido por el agua, aumentando así su temperatura hasta hervir. Sin embargo, Rumford observó que aún cuando el taladro ya no cortaba al metal del cañón, el agua seguía hirviendo. Entonces se le vino la pregunta: Porqué el agua seguía hirviendo, si de acuerdo con la teoría del calorico ya no debía haber pérdida de calorico por parte del taladro y del cañón, ---pués ya no se perforaba. ¿Entonces, de donde provenía el calorico, que hacia que el agua se calentara e hirviera?. La conclusión de Rumford fué la siguiente: El taladro sin filo (chato o romo) durante su movimiento continuo sobre el metal del cañón, ---daba lugar a la fricción o rozamiento entre

las superficies, generandose de ésta forma:

Calor, el cual era absorbido por el agua. De ésta manera, la teoría del calorico cayó por tierra, naciendo un nuevo concepto: El calor es una forma de energía, pues en el caso de la perforación de los cañones, el trabajo mecánico gastado para mover al taladro, se transformaba mediante el trabajo hecho por las fuerzas de fricción, a energía calorifica o simplemente calor.

De todo lo anterior podemos sacar una nueva definición para el calor, pues recuerda que, durante la fricción las superficies se calientan (Las del taladro y del cañón). Y como el agua que se usaba estaba en íntimo contacto con dichas superficies calientes, se encargaba de enfriarlas, absorbiendo el calor generado en ellas: Las superficies se encontraban a una mayor temperatura que el agua. Entonces definiremos al calor así:

Calor es una forma de la energía, que se transmite de un sistema a su medio ambiente, como resultado unicamente de la diferencia de temperaturas: Entre el sistema y su

medio ambiente.

El taladro y el cañón constituyen el sistema y el agua es el medio ambiente: En el caso de la perforación de Cañones.

1-8 EL CALOR Y SUS UNIDADES.- Para medir el calor que transmite un cuerpo caliente o el calor que absorbe un cuerpo frío, es necesario medir el cambio que experimentan estos cuerpos en su temperatura. Para esto, utilizaremos los conceptos de capacidad calorífica y de calor específico.

La capacidad calorífica es: La cantidad de calor que absorbe un cuerpo dado, para aumentar su temperatura. Su expresión matemática es:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad \dots\dots 1-8-1$$

En esta ecuación, C representa la capacidad calorífica, Q la cantidad de calor y ΔT el aumento en la temperatura del cuerpo.

En realidad, este concepto es algo vago, -- pues no especifica que cantidad de materia del cuerpo interviene en su definición. Por esto, se utiliza más comunmente el calor es

pecífico, que viene siendo una capacidad calorífica específica.

Antes de dar la definición del calor específico es conveniente aclarar que hay dos clases de calores específicos: Uno a volumen constante o C_v y el otro a presión constante o C_p . Este último es el más familiar, -- pues, la determinación de su valor se realiza a la presión atmosférica, la cual se considera constante al nivel del mar. (Recuerda que la presión atmosférica varía, según la altura sobre el nivel del mar: En la ciudad de México es menor que en la ciudad de Monterrey, pues, la ciudad de México está a una mayor altura que Monterrey).

También cabe aclarar, que el calor específico en general, cambia con la temperatura, pero para fines prácticos, consideramos que permanece invariable.

Pues bien, utilizaremos el calor específico a presión constante; o sea el C_p , y lo definiremos así; es la cantidad de calor que hay que aplicar a la unidad de masa para -- que aumente en un grado su temperatura. Su expresión matemática es:

$$C_p = \frac{Q}{m \Delta T} \dots\dots 1-8-2$$

siendo m la masa del cuerpo o la masa de una sustancia en general.

A continuación daremos a conocer las unidades de: Cantidad de calor Q así como sus definiciones respectivas:

Caloría es: La cantidad de calor que hay que agregar a un gramo de agua, para elevar su temperatura de 14.5°C a 15.5°C .

Kilocaloría es: La cantidad de calor que hay que agregar a un kilogramo de agua, para elevar su temperatura de 14.5°C a 15.5°C .

B.T.U. (Unidad térmica Británica) es: La cantidad de calor que hay que agregar a una libra masa de agua, para elevar su temperatura de 63°F a 64°F .

Recuerda que ya se había aclarado, que el calor específico varía con la temperatura, por eso hay necesidad de mencionar los valores de las temperaturas entre las cuales se hace la medición de la cantidad de calor

agregado o absorbido, como se acaba de hacer en las tres definiciones anteriores.

Entre las tres unidades de la cantidad de calor existen sus equivalencias y son las siguientes:

$$1 \text{ Kilocaloría} = 1000 \text{ Calorías} = 3.97 \text{ B.T.U.}$$

o también:

$$1 \text{ B.T.U.} = 252 \text{ Calorías} = 0.252 \text{ Kilocalorías}$$

La caloría la abreviaremos de aquí en adelante así: Cal y la Kilocaloría: Kcal.

Una aclaración: La caloría que se usa para medir el contenido de energía en los alimentos es en realidad una kilocaloría.

Una vez conocidas las unidades de la cantidad de calor Q , podremos sustituir Q por dichas unidades en las ecuaciones 1-8-1 y 1-8-2, para obtener las unidades de la capacidad calorífica C y del calor específico, como sigue:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\text{Cal}}{^{\circ}\text{C}}, \quad C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\text{Kcal}}{^{\circ}\text{C}}, \quad \text{y}$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\text{B.T.U.}}{^{\circ}\text{F}}$$

Entonces, las unidades de la capacidad calorífica pueden ser: Cal/°C, Kcal/°C y B.T.U./°F.

Ahora para el C_p (calor específico a presión constante):

$$C_p = \frac{Q}{m \Delta T} = \frac{\text{Cal}}{\text{gr} \cdot ^\circ\text{C}}, \quad C_p = \frac{Q}{m \Delta T} = \frac{\text{Kcal}}{\text{Kgr} \cdot ^\circ\text{C}}, \text{ y}$$

$$C_p = \frac{\text{B.T.U.}}{\text{Lb}_m \cdot ^\circ\text{F}} = \frac{Q}{m \Delta T}$$

Por lo tanto, las unidades del C_p pueden ser:

$$\frac{\text{Cal}}{\text{gr} \cdot ^\circ\text{C}}, \quad \frac{\text{Kcal}}{\text{Kgr} \cdot ^\circ\text{C}} \text{ y } \frac{\text{B.T.U.}}{\text{Lb}_m \cdot ^\circ\text{F}}$$

El calor específico es una propiedad característica de las sustancias, es decir, cada sustancia tiene un calor específico determinado, diferente al del resto de las sustancias. El agua líquida se distingue del resto de las sustancias, en que su C_p es grande comparado al C_p de ellas. Enseguida se muestra una tabla de C_p, a la presión de una atmósfera, para diferentes sustancias:

TABLA 1-8-1

Sustancia	Cal/gr °C	C _p	B.T.U./Lb _m °F
Aluminio	0.220	
Latón	0.094	
Cobre	0.093	
Alcohol etílico	0.600	
Vidrio	0.200	
Oro	0.030	
Hielo	0.500	
Plomo	0.031	
Mercurio	0.033	
Plata	0.056	
Zinc	0.092	
Fierro	0.113	
Tungsteno	0.032	
Agua	1.000	

Con los datos de C_p anteriores, podemos decir o establecer lo siguiente:

Si calentamos un gramo o una libra-masa de Aluminio y un gramo o una libra-masa de cobre, con una misma llama de gas, notaremos que el cobre tardará menos en aumentar los mismos grados de temperatura que el alumi-

nio, partiendo de que tanto el cobre como el aluminio tenían la misma temperatura inicial o antes de que comenzaran a calentarse.

Lo anterior se explica, pues el C_p del Aluminio es 2.34 veces más grande que el del cobre. De la misma manera, el aluminio tardará más tiempo en enfriarse que el cobre, pues había absorbido más calor. Es decir, que entre más grande sea el C_p , más tiempo tardará en calentarse la sustancia, más calor absorberá y más tiempo tardará en enfriarse. Naturalmente que, la misma cantidad de calor que se absorbe al calentarse, será la misma cantidad de calor que se libere al enfriarse.

1-9 CAMBIOS DE FASE.- La materia se presenta en la naturaleza en sus tres estados físicos: Sólido, líquido y gaseoso. A cada uno de estos estados físicos también se les llama: Fase.

Cuando un sólido se convierte en líquido se dirá que sufrió un cambio de fase: De la fase sólida pasó a la fase líquida. O también,

si un líquido se transforma a vapor, se dirá que pasó de la fase líquida a la fase vapor, es decir, el líquido sufrió un cambio de fase.

Para pasar de sólido a líquido o de líquido a vapor, es necesario aplicar calor. Esta misma cantidad de calor que se aplicó para realizar los cambios de fase, será la misma cantidad de calor que se libere al convertirse el vapor en líquido y el líquido en sólido.

En los cambios de fase de las sustancias, intervienen las temperaturas: La temperatura de fusión o de congelación y la temperatura de ebullición o de licuación.

La temperatura de fusión, también llamada punto de fusión, es; en la que un sólido se transforma en líquido.

Los sólidos cristalinos, o sea los que están constituidos por cristales en su estructura, tienen puntos de fusión bien definidos y puntos de congelación. Como por ejemplo; el cobre, el hielo, la sal de comer, etc. En cambio los sólidos amorfos, es de--