

Unidad 1: Fundamentos de termología

Introducción: termómetros, escalas termométricas y termometría. Cantidad de calor y calorimetría. Equivalente mecánico del calor. Transformaciones en gases: Leyes básicas. Representación en diagramas P-V. Trabajo en las transformaciones notables.

Termodinámica

Termodinámica: Parte de la física que se encarga de estudiar situaciones en que la temperatura o el estado (sólido, líquido o gas) de un sistema cambian debido a transferencias de energía.

Temperatura: nociones intuitivas y cualitativas

Asociamos el concepto de temperatura con cómo de “calientes” o “fríos” están los objetos cuando los tocamos.

Nuestro sentido del tacto nos proporciona una indicación cualitativa de la temperatura, aunque son poco confiable.

La piel es sensible al ritmo de transferencia de energía (potencia) más que a la temperatura del objeto.

Necesitamos un método confiable y reproducible que defina lo relativamente “fríos” o “calientes” que están los objetos y que esté relacionado exclusivamente con la temperatura del objeto.



Temperatura: concepto de contacto térmico y equilibrio térmico

Al poner en contacto dos objetos con temperaturas iniciales diferentes con el tiempo llegan a alguna temperatura intermedia común.

Supongamos dos objetos colocados en un recipiente de material aislante, de manera que formen un sistema aislado. Si los objetos están a temperatura diferente, intercambiarán energía entre sí (por ejemplo, en forma de calor o de radiación electromagnética)



Dos objetos que pueden intercambiar energía entre sí debido a la diferencia de temperatura de este modo se dicen que están en **contacto térmico**.

En algún momento, la temperatura de los dos objetos será la misma (uno se calentará y el otro se enfriará).

El **equilibrio térmico** es la situación en la que los dos objetos en **contacto térmico** dejan de intercambiar energía.

Consideremos dos objetos A y B que no están en contacto térmico, y un tercer objeto C que será nuestro termómetro (un instrumento calibrado para medir la temperatura de un objeto).

Queremos determinar si A y B estarían en equilibrio térmico si se pusieran en contacto térmico.



En primer lugar, ponemos el termómetro en contacto térmico con A y anotamos el valor medido. (T_A)



Luego ponemos el termómetro en contacto térmico con B y anotamos el valor medido. (T_B)



Si las dos lecturas proporcionadas por el termómetro son iguales, entonces A y B se encuentran en **equilibrio térmico**.

$$\text{Si } T_A = T_B \rightarrow A \text{ y } B \text{ est\u00e1n en equilibrio t\u00e9rmico}$$

Si A y B se ponen en contacto térmico, no habrá transferencia de energía neta entre ellos.

Ley cero de la termodinámica

Si dos objetos A y B, considerados por separado, están en equilibrio térmico con un tercer objeto C, entonces A y B estarán en equilibrio térmico entre sí.

La importancia de este principio es que nos permite definir el concepto de temperatura.

Podemos definir la temperatura como la propiedad que determina si un objeto está en equilibrio térmico con otros objetos.

Dos objetos están en **equilibrio térmico** si están a la misma temperatura.

Termómetros

Los termómetros son instrumentos utilizados para medir la temperatura de un objeto o de un sistema con el cuál se encuentran en equilibrio térmico.

Todos los termómetros hacen uso de alguna **propiedad física** (propiedad termométrica) que refleja una variación con la temperatura, la cual puede ser calibrada para medir la temperatura.

- El volumen de un líquido
- La longitud de un sólido
- La presión de un gas a volumen constante
- El volumen de un gas a presión constante
- La resistencia eléctrica de un conductor
- El color de un objeto caliente

Termómetros que utilizan el volumen de un líquido

Los termómetros de uso común contienen un líquido que se expande en un tubo capilar de vidrio al aumentar su temperatura. En este caso, la propiedad física que varía es el volumen del líquido.

Si la sección transversal del tubo capilar es constante, la variación del volumen del líquido es lineal con respecto a su longitud a lo largo del tubo.

Podemos establecer que la temperatura está relacionada con la longitud de la columna del líquido.

El termómetro se puede calibrar poniéndolo en contacto térmico con entornos en los que la temperatura permanezca constante y marcando la parte superior de la columna sobre el termómetro.

Una vez que hemos marcado nuestro termómetro los extremos de la columna de líquido para los entornos de referencia elegidos, necesitamos una escala numerada asociada a las diferentes temperaturas.



Cero grados Celsius (0°C)

Mezcla hielo-agua en equilibrio térmico a presión atmosférica (**punto de fusión o congelación del agua**)



Cien grados Celsius (100°C)

Mezcla agua-vapor de agua en equilibrio térmico a presión atmosférica (**punto de vaporización o ebullición del agua**)

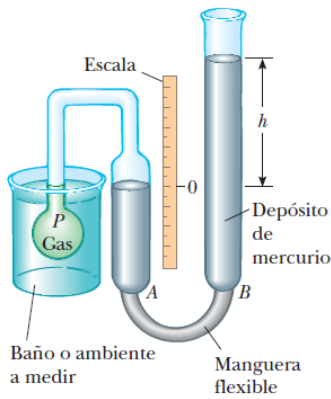
- Estos termómetros suelen dar problemas cuando se necesitan medidas muy precisas.
- Un termómetro de mercurio y un termómetro de alcohol calibrados en los puntos de fusión y evaporación del agua solo coinciden en los puntos de calibración.
- Esto se debe a las distintas propiedades de expansión térmica del mercurio y del alcohol.
- Las diferencias son especialmente significativas cuando las temperaturas medidas están lejos de los puntos de calibración.

Un problema adicional, que es práctico, de cualquier termómetro, es el intervalo limitado de temperaturas en las que se puede usar.

- Un termómetro de mercurio, por ejemplo, no se puede usar por abajo del punto de congelación del mercurio, que es -39°C.
- Un termómetro de alcohol no es útil para medir temperaturas superiores a 85°C, el punto de ebullición del alcohol. Para superar este problema.

Es necesario un termómetro universal cuyas lecturas sean independientes de la sustancia que se use, el termómetro de gas, plantea este requerimiento.

Termómetros de gas a volumen constante



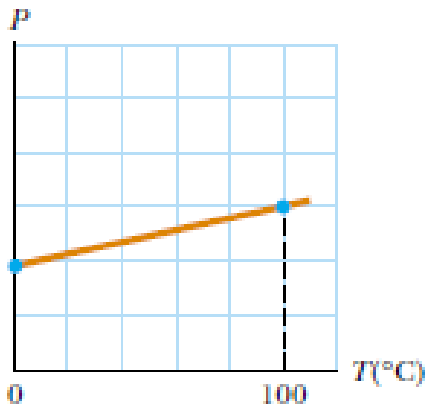
Las medidas proporcionadas por estos termómetros concuerdan muy bien incluso lejos de los puntos de calibración.

En un termómetro de gas a volumen constante se mantiene constante el volumen del gas y su presión se utiliza como propiedad termométrica.

La lectura es prácticamente independiente de la sustancia utilizada en el termómetro.

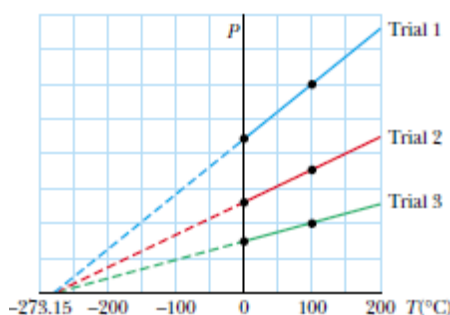
- La celda de gas se sumerge en contacto térmico con una mezcla de hielo-agua en equilibrio térmico a presión atmosférica. El depósito de mercurio **B** se eleva o baja hasta que la parte superior del mercurio en la columna **A** está en el punto cero de la escala, de manera que el volumen de gas confinado sea siempre el mismo, (que la columna en **A** permanezca en el punto de la escala marcado por el cero). La altura h , la diferencia entre los niveles de mercurio en el depósito **B** y la columna **A**, indica la presión en el bulbo a 0°C .
- Enseguida la celda se sumerge en agua al punto de vapor. El depósito **B** se reajusta hasta que la parte superior del mercurio en la columna **A** de nuevo está en cero en la escala, así se asegura de que el volumen del gas es el mismo que era cuando la celda estaba en el baño de hielo (de ahí la designación de "volumen constante"). Este ajuste del depósito **B** da un valor para la presión de gas a 100°C .

Se presenta en una gráfica los valores de presión y temperatura.



- La línea que conecta los dos puntos sirve de curva de calibración para temperaturas desconocidas.
- Experimentalmente se ha demostrado que una relación lineal entre presión y temperatura es una buena aproximación.

Ahora suponga que usa termómetros de gas para medir las temperaturas de varios gases a diferentes presiones iniciales. Los experimentos demuestran que las lecturas del termómetro son casi independientes del tipo de gas usado.



- Si la presión inicial es baja obtendremos una curva diferente como curva de calibración para cada presión inicial.
- Si las curvas se alargan hasta la zona de temperatura negativas, en todos los casos, independientemente del tipo de gas utilizado o del valor de la presión inicial, la presión es cero cuando la temperatura es de $-273,15^{\circ}\text{C}$.

Escala Kelvin de temperaturas

En la escala Kelvin de temperaturas se define el cero absoluto de temperaturas como punto cero (0 K).

El valor de un grado en la escala Kelvin se ha elegido para que sea igual al valor de un grado en la escala Celsius.

$$T^{\circ}\text{C} = T^{\text{K}} - 273,15$$

Temperatura expresada en escala Celsius	Temperatura expresada en escala Kelvin (también denominada absoluta)
---	--

La única diferencia entre estas dos escalas es un desplazamiento del cero de la escala.

El cero en la escala Celsius depende de una sustancia particular (agua) en un planeta particular (Tierra).

El cero en la escala absoluta es universal.

Dos puntos para definir la escala de temperatura

- 1- El cero absoluto
- 2- El punto triple del agua.

Punto triple del agua:

El punto triple del agua, que es la combinación única de temperatura y presión en la que el agua líquida, gaseosa y sólida (hielo) coexisten en equilibrio. Este punto triple se presenta una temperatura de 0.01°C y una presión de 4.58 mm de mercurio.

Esta escala de temperatura absoluta nueva (también llamada escala **Kelvin**) emplea la unidad del **SI** de temperatura absoluta, **el kelvin, que se define como 1/273.16 de la diferencia entre el cero absoluto y la temperatura del punto triple del agua.**

Escala Fahrenheit de temperaturas

En la escala Fahrenheit

- punto de fusión del hielo: 32 °F

- punto de ebullición del agua: 212 °F

$$T^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} T^{\circ}\text{C} + 32^{\circ}\text{F}$$

Temperatura expresada en escala Fahrenheit	Temperatura expresada en escala Celsius
--	---

De las tres escalas de temperatura discutidas, solo la escala Kelvin está basada en un valor cero de la temperatura real.

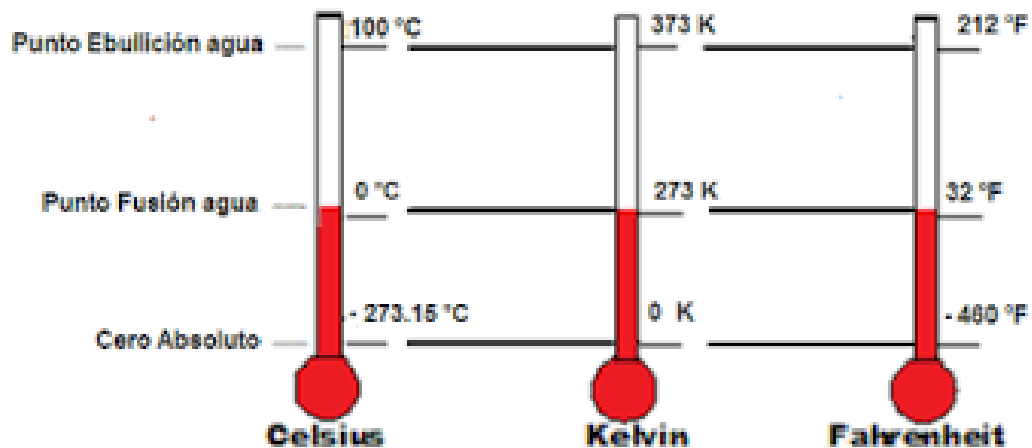
Las escalas Celsius y Fahrenheit están basadas en un cero de temperaturas arbitrario.

Si en una ecuación encontramos un valor de la temperatura o un cociente de temperaturas, debemos convertir todas las temperaturas a Kelvin.

Si la ecuación contiene una diferencia en temperaturas (ΔT) podemos utilizar tanto la escala Celsius como la escala Kelvin.

$$\Delta T^{\circ}\text{C} = \Delta T^{\text{K}} = \frac{5}{9} \Delta T^{\circ}\text{F}$$

Comparación de las escalas Celsius, Fahrenheit y kelvin



Expansión térmica de sólidos y líquidos

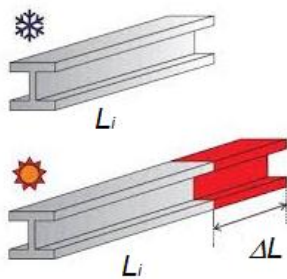
El estudio del termómetro líquido utiliza uno de los cambios mejor conocidos en una sustancia: a medida que aumenta la temperatura, su volumen aumenta.

Este fenómeno, conocido como expansión térmica, juega un papel importante en numerosas aplicaciones de ingeniería.

La expansión térmica es una consecuencia del cambio en la separación promedio entre los átomos en un objeto.

Expansión lineal

Suponga que un objeto tiene una longitud inicial L_i a lo largo de alguna dirección en alguna temperatura y la longitud aumenta en una cantidad ΔL para un cambio en temperatura ΔT .



Coeficiente de expansión lineal promedio

$$\alpha = \frac{\Delta L / L_i}{\Delta T}$$

Los experimentos demuestran que α es constante para pequeños cambios de temperatura.

Para propósitos de cálculo, esta ecuación por lo general se reescribe como:

$$\Delta L = \alpha \cdot L_i \cdot \Delta T$$

si $\Delta L = L_f - L_i$ y $\Delta T = T_f - T_i$, se puede escribir como:

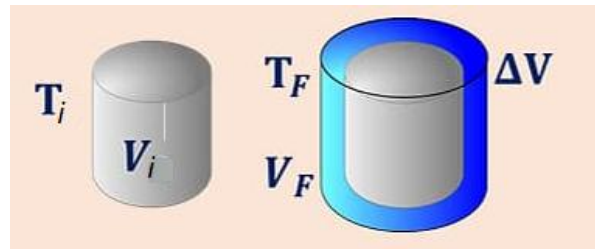
$$L_f = L_i + \alpha \cdot L_i \cdot (T_f - T_i)$$

Donde L_f es la longitud final, T_i , T_f son las temperaturas inicial y final, respectivamente.

La constante de proporcionalidad α es el coeficiente promedio de expansión lineal para un material determinado y tiene unidades de $(^{\circ}\text{C})^{-1} = \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$

Expansión de volumen

El cambio en volumen es proporcional al volumen inicial V_i y al cambio en temperatura de acuerdo con la relación



Coeficiente de expansión volumétrica promedio

$$\beta = \frac{\Delta V / V_i}{\Delta T}$$

Para propósitos de cálculo, esta ecuación por lo general se reescribe como:

$$\Delta V = \beta \cdot V_i \cdot \Delta T$$

$$V_f = V_i + \beta \cdot V_i \cdot (T_f - T_i)$$

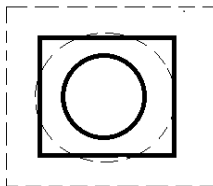
$$\beta = 3\alpha$$

Expansión superficial

En forma similar, puede demostrar que el cambio en área de una placa rectangular está dado por:

$$A_f = A_i + \gamma \cdot A_i \cdot (T_f - T_i)$$

Coeficiente de expansión superficial $\gamma = 2\alpha$



Al aumentar la temperatura del cuerpo se expande proporcionalmente, y el hueco también.

El inusual comportamiento del agua

Por lo general los líquidos aumentan en volumen con temperatura creciente y tienen coeficientes de expansión volumétrica promedio alrededor de diez veces mayores que los sólidos. El agua fría es una excepción a esta regla, como puede ver en la curva de densidad con temperatura, que se muestra en la figura. A medida que la temperatura aumenta de 0°C a 4°C, el agua se contrae y por lo tanto su densidad aumenta. Arriba de 4°C, el agua se expande con temperatura creciente y así su densidad disminuye. En consecuencia, la densidad del agua alcanza un valor máximo de 1.000 g/cm³ a 4°C.

