

INTRODUCCIÓN A LA TERMODINÁMICA

ÍNDICE

1. Introducción
2. Sistema termodinámico
3. Propiedades de un sistema
4. Temperatura y equilibrio térmico
5. Termómetros y escalas de temperatura
6. Dilatación térmica
7. Dilatación anómala del agua
8. Ley de los gases ideales

BIBLIOGRAFÍA:

Caps. 17 y 20 del Tipler–Mosca, vol. 1, 5ª ed.

Cap. 19 del Serway–Jewett, vol. 1, 7ª ed.

Caps. 15 y 16 del Sears-Zemansky-Young-Freedman.

1. INTRODUCCIÓN

Termodinámica: La termodinámica es la rama de la física que se dedica al estudio de las transformaciones de energía que involucran calor (*thermo* en griego) y trabajo.

Existen dos aproximaciones al problema:

- Macroscópica: Descripción del problema a través de magnitudes medibles del sistema como densidad, presión, volumen, temperatura, etc. Esta aproximación constituye la *termodinámica clásica*.
- Microscópica: Descripción del sistema a través del análisis estadístico de un gran número de moléculas. Esta aproximación constituye la *física o termodinámica estadística*.

2. SISTEMA TERMODINÁMICO

Sistema: Es una parte del Universo que se aísla para su estudio.

Entorno: Es la parte del Universo que no es el sistema.

Frontera: Es la superficie que separa el sistema del entorno.

Distintas clasificaciones de los sistemas

Tipo de frontera

Contenido

Aislados: No intercambian materia ni energía con su entorno.

Cerrados: No intercambian materia con su entorno, pero si energía.

Abiertos: Intercambian materia y energía con su entorno.

Homogéneos: Las propiedades del sistema son iguales en cualquier parte o porción del mismo.

Heterogéneos: Cuando no ocurre lo anterior: las propiedades del sistema dependen de la posición, o el sistema está formado por varios materiales.

3. PROPIEDADES DE UN SISTEMA

Sistema en equilibrio: Se dice que un sistema está en *equilibrio termodinámico* si es incapaz de experimentar espontáneamente algún cambio de estado o proceso termodinámico cuando está sometido a unas determinadas condiciones de contorno.

Propiedad de un sistema (o variable): Es cualquier magnitud física medible de un sistema que se encuentre en equilibrio termodinámico. El valor de estas magnitudes determina el *estado del sistema*. Si cambia una propiedad, el estado del sistema cambia.

Las propiedades o variables de un sistema pueden ser:

- Extensivas: Su valor depende del tamaño o masa del sistema.
(masa, volumen, energía)
- Intensivas: Su valor no depende del tamaño o masa del sistema.
(presión, temperatura, densidad)

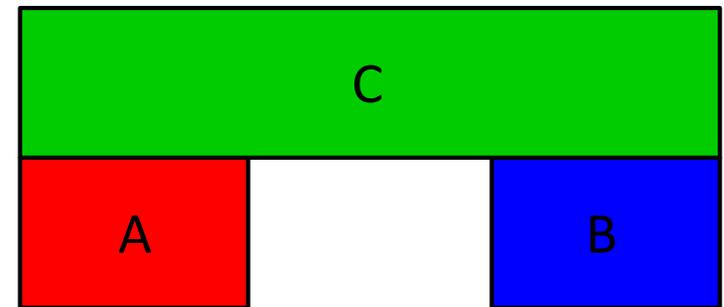
4. TEMPERATURA Y EQUILIBRIO TÉRMICO

La *temperatura* es una magnitud relacionada con la energía de los cuerpos. Cuando se ponen en contacto mutuo dos cuerpos a diferente temperatura, intercambian energía hasta alcanzar ambos la misma temperatura. Se dice entonces que ambos cuerpos están en *equilibrio térmico*.

Principio cero de la termodinámica

Si dos objetos (A y B) están en equilibrio térmico con un tercero (C), entonces están en equilibrio térmico entre sí.

$$\rightarrow T_A = T_B = T_C$$



5. TERMÓMETROS Y ESCALAS DE TEMPERATURA

Los *termómetros* se utilizan para medir la temperatura de los cuerpos. Se basan en el cambio de alguna propiedad física (*propiedad termométrica*) de los cuerpos con la temperatura. Ejemplos de estas propiedades físicas son: 1) el volumen de un líquido, 2) las dimensiones de un sólido, 3) la presión de un gas a volumen constante, 4) el volumen de un gas a presión constante, 5) la resistencia eléctrica de un conductor, etc.

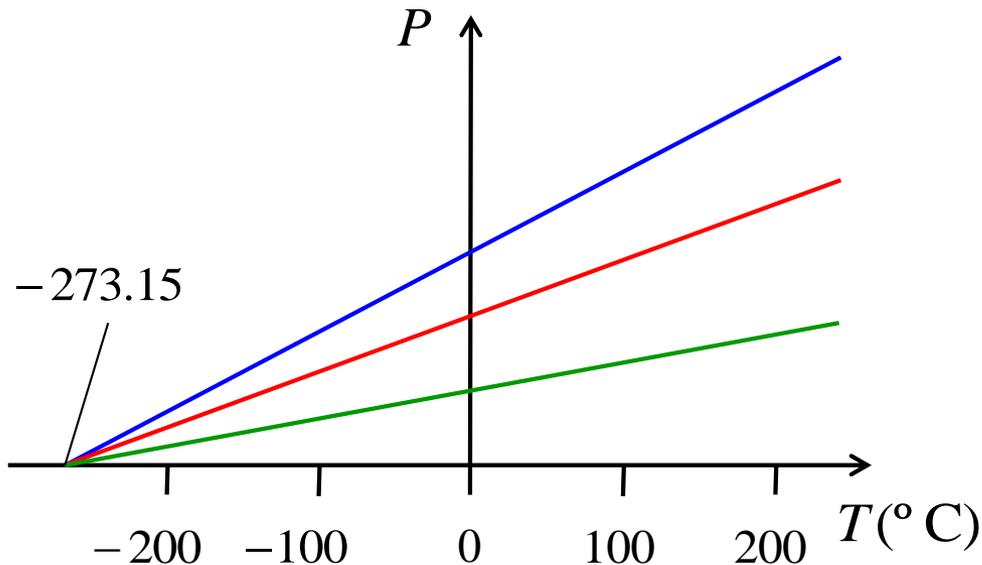
Ejemplo Se mide la longitud de la columna de mercurio en un tubo capilar en contacto térmico con: a) una mezcla de agua/hielo a 1 atm, b) una mezcla de agua y vapor en equilibrio a 1 atm. La longitud de líquido entre los dos puntos se divide en 100 partes iguales. Esta escala es la escala Celsius de temperatura y cada parte de las 100 representa un grado Celsius. Este tipo de termómetros presenta dos problemas principales: 1) valores aproximados de la temperatura, que dependen del material. 2) Intervalo limitado de temperaturas.

5. TERMÓMETROS Y ESCALAS DE TEMPERATURA

Los termómetros de gas a volumen constante dan el mismo valor de la temperatura, independientemente del material que se utilice, siempre y cuando la densidad de este gas sea muy baja (gas ideal). La propiedad termométrica utilizada en este caso es la presión del gas.

Para todos los termómetros de gas ideal, la temperatura a la cual la presión del gas se anula es la misma! Y se denomina cero absoluto.

Los puntos de calibración de esta escala son el cero absoluto $T = -273.15 \text{ °C}$ ($T = 0 \text{ K}$) y el punto triple del agua $T = 0.01 \text{ °C}$ ($T = 273.16 \text{ K}$).



$$t(^{\circ}\text{C}) = \frac{P_t - P_0}{P_{100} - P_0} \times 100$$

$$T(\text{K}) = \frac{273.16}{P_3} P$$

Se define así la escala Kelvin a absoluta de temperaturas: $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$

Un incremento de un grado Kelvin equivale a un incremento de un grado Celsius.

5. TERMÓMETROS Y ESCALAS DE TEMPERATURA

	Mezcla de agua con hielo (1 atm)	Mezcla de agua y vapor (1 atm)	Nº divisiones
Celsius	0 °C	100 °C	100
Fahrenheit	32 °F	212 °F	180
Kelvin	273.15 K	373.15 K	100

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{5}{9}[T(^{\circ}\text{F}) - 32] \Leftrightarrow T(^{\circ}\text{F}) = \frac{9}{5}T(^{\circ}\text{C}) + 32$$

$$T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273.15 \Leftrightarrow T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$$

Cuestión

La temperatura máxima durante un día caluroso de verano es de 100 °F. ¿Cuál es el valor de la temperatura en grados Celsius y en kelvins?

6. DILATACIÓN TÉRMICA

Normalmente los cuerpos se dilatan al aumentar su temperatura.

En 1 dimensión: $L = L_0 + \Delta L = L_0 + \alpha L_0 \Delta T \Rightarrow \frac{\Delta L}{L_0} = \alpha \Delta T$

$$\alpha = \frac{1}{L} \left(\frac{\partial L}{\partial T} \right)_P$$

Coefficiente de dilatación lineal

En 3 dimensiones: $V = V_0 + \Delta V = V_0 + \beta V_0 \Delta T \Rightarrow \frac{\Delta V}{V_0} = \beta \Delta T$

$$\beta = \frac{1}{V_0} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$$

Coefficiente de dilatación cúbica

$$\beta = 3\alpha$$

De igual manera, el coeficiente de dilatación superficial es igual al doble del coeficiente de dilatación lineal.

6. DILATACIÓN TÉRMICA

Problema

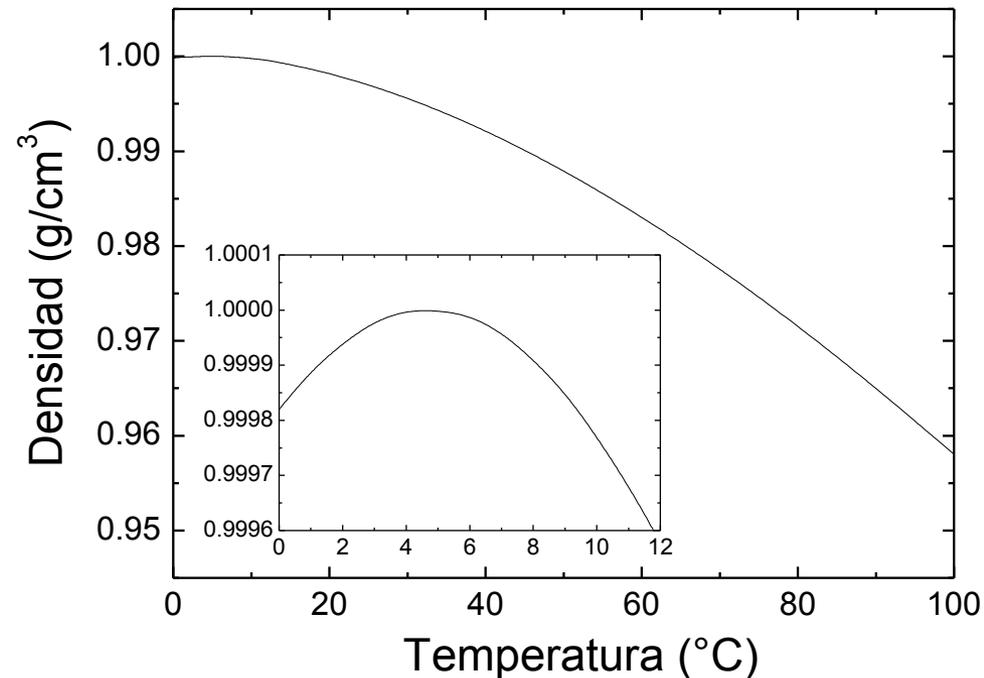
La densidad del aluminio a temperatura de 0 °C es de $2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.
¿Cuánto valdrá a densidad del aluminio a una temperatura de 200 °C?

Coeficiente de dilatación lineal del aluminio: $\alpha_{\text{Al}} = 2.4 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

7. DILATACIÓN ANÓMALA DEL AGUA

Aunque la mayor parte de las sustancias se dilatan cuando se calientan, el comportamiento del agua para temperaturas entre 0 y 4 °C es excepcional.

Esta propiedad del agua tiene importantes consecuencias biológicas para la vida marina. A temperaturas superiores a los 4°C, las aguas más frías se hunden hacia el fondo del lago al ser más densas. En cambio, cuando la temperatura es inferior a los 4°C, las aguas más frías ascienden hacia la superficie al ser en este caso menos densas. Como consecuencia de ello, el hielo se forma primero en la superficie y como el hielo es menos denso que el agua líquida, permanece en la superficie, actuando como un aislante térmico para el agua que está por debajo. Si esto no fuera así, los lagos se congelarían por completo, haciendo imposible la vida acuática.



8. LEY DE LOS GASES IDEALES

Ley de Boyle: El producto de la presión por el volumen para un gas de baja densidad es constante a temperatura constante:

$$PV = cte \quad (T \text{ cte})$$

Ley de Charles y Gay-Lussac: La temperatura absoluta de un gas de baja densidad es proporcional a su volumen a presión constante:

$$PV = CT \quad (P \text{ cte})$$

C es proporcional a la cantidad de gas: $C = kN$, siendo k la *constante de Boltzmann* ($k = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K) y N el número de moléculas del gas:

Ley de los gases ideales

$$PV = NkT$$

8. LEY DE LOS GASES IDEALES

Avogadro: Todos los gases a la misma presión, volumen y temperatura tienen el mismo número de moléculas.

La cantidad de sustancia se expresa en moles. Un mol de sustancia contiene tantos átomos o moléculas como átomos de carbono hay en 12 gramos de C_{12} . Esta cantidad, llamada *número de Avogadro*, tiene el valor de $N_A = 6.023 \times 10^{23}$.

Si tenemos n moles de sustancia, el número de moléculas será $N = nN_A$ y la ecuación de los gases ideales queda:

Ley de los gases ideales

$$PV = nRT$$

donde $R = N_A k = 8.31 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$

8. LEY DE LOS GASES IDEALES

Problema

El punto de ebullición del nitrógeno a 1 atm es de $-195.8\text{ }^{\circ}\text{C}$. ¿Cuál es el volumen ocupado al evaporarse 50 gramos de nitrógeno líquido a la presión de 1 atmósfera y temperatura de a) $-195.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y b) $300\text{ }^{\circ}\text{C}$?