

METODOS PARA EXPRESAR TEMPERATURAS Y COMPOSICIONES

1. Temperatura

Existen dos escalas de temperatura comunes en las industrias química y biológica. Ellas son grados Fahrenheit (abreviado °F y Celsius (°C). Es muy frecuente que se necesiten obtener valores equivalentes de una escala a la otra. Ambas usan el punto de congelación y el punto de ebullición del agua a 1 atmósfera de presión como patrones. Las temperaturas también se expresan con unidades absolutas en grados K (sistema SI) o grados Rankine (°R) en vez de °C o °F. La Tabla 1 muestra las equivalencias de estas cuatro escalas de temperaturas.

TABLA 1 ESCALAS DE TEMPERATURAS Y EQUIVALENCIAS

	<i>Centígrada</i>	<i>Fahrenheit</i>	<i>Kelvin</i>	<i>Rankine</i>	<i>Celsius</i>
Agua a ebullición	100°C	212°F	373.15 K	671.7°R	100°C
Fusión del hielo	0°C	32°F	273.15 K	491.7°R	0°C
Cero absoluto	-273.15°C	-459.7°F	0 K	0°R	-273.15°C

La diferencia entre el punto de ebullición del agua y el punto de fusión del hielo a 1 atm es 100°C o 180°F. Por lo tanto, un cambio de 1.8°F es igual a un cambio de 1°C. En general, el valor de -459.7 °F se redondea a -460°F. Para convertir de una escala a otra pueden usarse las siguientes ecuaciones:

$$^{\circ}\text{F} = 32 + 1.8(^{\circ}\text{C}) \quad (1)$$

$$^{\circ}\text{C} = \frac{1}{1.8}(^{\circ}\text{F} - 32) \quad (2)$$

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460 \quad (3)$$

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15 \quad (4)$$

EJEMPLO 1. Temperatura de Esterilización en la Fermentación

El líquido contenido en un fermentador se esteriliza a 120°C. ¿Cuál es la temperatura en °F, °R y K?

Solución: Usando la Ec. (1.2-1),

$$^{\circ}\text{F} = 32 + 1.8(^{\circ}\text{C}) = 32 + 1.8(120) = 248^{\circ}\text{F}$$

Para calcular $^{\circ}\text{R}$ y K , se usan las Ecs. (1.2-3) y 1.2-4),

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460 = 248 + 460 = 708^{\circ}\text{R}$$

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.2 = 120 + 273.15 = 393.15 \text{ K}$$

2. Unidades Molares y Unidades de Peso o Masa

Existen muchos métodos para expresar las composiciones de gases, líquidos y sólidos. Uno de los más útiles es el de las unidades molares, pues, las reacciones químicas y las leyes de los gases resultan más simples al expresarlas con unidades molares. Una mol de una sustancia pura se define como la cantidad de dicha sustancia cuya masa es numéricamente igual a su peso molecular. De esta manera, 1 mol kg de metano, CH_4 , contiene 16.04 kg. También, 1.0 mol lb contiene 16.04 lb_m.

La fracción mol de una determinada sustancia es el número de moles de dicha sustancia dividido entre el número total de moles. De la misma forma, la fracción de peso o masa es la masa de la sustancia dividida entre la masa total. Estas dos composiciones que se aplican por igual a gases, líquidos y sólidos, pueden expresarse como sigue para el componente A de una mezcla:

$$x_A (\text{fracción mol de } A) = \frac{\text{moles de } A}{\text{moles totales}} \quad (5)$$

$$m_A (\text{fracción de masa o de peso de } A) = \frac{\text{masa de } A}{\text{masa total}} \quad (6)$$

EJEMPLO 2. Fracción Mol y de Masa o Peso de una Sustancia

Un recipiente contiene 50 g de agua (B) y 50 g de NaOH (A). Calcúlese la fracción en peso y la fracción mol del NaOH. Calcúlese también el valor de lb_m para el NaOH (A) y el H₂O (B).

Solución: Tomando como base para el cálculo 50 + 50 o 100 g de solución, se determinan los siguientes datos:

Componente	g	Fracción en peso	Peso molecular	Moles g	Fracción mol
H ₂ O (B)	50.0	$\frac{50}{100} = 0.500$	18.02	$\frac{50.0}{18.02} = 2.78$	$\frac{2.78}{4.03} = 0.690$
NaOH (A)	50.0	$\frac{50}{100} = 0.500$	40.0	$\frac{50.0}{40.0} = 1.25$	$\frac{1.25}{4.03} = 0.310$
Total	100.0	1.00		4.03	1.000

Por consiguiente, $x_A = 0.310$ y $x_B = 0.690$ y $x_A + x_B = 0.310 + 0.690 = 1.00$. Además, $m_A + m_B = 0.500 + 0.500 = 1.00$. Para calcular lb_m de cada componente, el factor de conversión es 453.6 g por 1 lb_m . Usando esto,

$$lb \text{ masa de } A = \frac{50 \text{ g } A}{453.6 \text{ g } A / lb_m A} = 0.1102 lb_m A$$

Nótese que los g de A en el numerador se cancelan con los g de A en el denominador, quedando lb_m de A en el numerador. Siempre debe tomarse la precaución de incluir todas las unidades de la ecuación y cancelar las que aparezcan en numerador y denominador. De la misma manera se obtiene el valor 0.1102 lb_m de B (0.0500 kg de B).

Los análisis de sólidos y líquidos generalmente se expresan como fracción de peso o masa o porcentaje en peso, y los de gases en porcentaje o fracción mol. A menos que se indique lo contrario, se supondrá que los análisis de sólidos y líquidos están expresados en fracción de peso (masa) o porcentaje, y los correspondientes a los gases en fracción mol o porcentaje.

3. Unidades de Concentración Para Líquidos

En general, cuando un líquido se mezcla con otro en el que sea miscible, los volúmenes no son aditivos. Por consiguiente, las composiciones de los líquidos no suelen expresarse en porcentaje en volumen sino como porcentaje en peso o molar. Otra forma conveniente para expresar concentraciones de los componentes de una solución es la *molaridad*, que se define como el número de mol g de un componente por litro de solución. Otros de los métodos utilizados expresan kg/m^3 , g/lit, g/cm^3 , mol lb/pie^3 , lb_m/pie^3 y $lb_m/galón$. Todas estas medidas de concentración dependen de la temperatura, por lo que es necesario especificarla.

El método más común para expresar concentración total por unidad de volumen es la densidad, kg/m^3 , g/cm^3 o lb_m/pie^3 . Por ejemplo, la densidad del agua a 277.2 K (4°C) es 1 000 kg/m^3 o 62.43 lb_m/pie^3 . Algunas veces la densidad de una solución se expresa como *peso específico*, que se define como la densidad de la solución a una temperatura específica,

dividida entre la densidad de una sustancia de referencia a su temperatura. Si la sustancia de referencia es el agua a 277.2 K, el peso específico y la densidad de una sustancia son numéricamente iguales.

EJEMPLO 3. Concentración de una Solución de Albúmina

La densidad, ρ , de una solución al 2% en peso de albúmina (01) de suero bovino (A) es 1.028 g/cm³ a 298 K (25°C). El peso molecular de la proteína de albúmina es 67 000 g/mol g. Calcúlese lo siguiente:

- (a) El peso específico de esta solución con respecto al agua a 277 K.
- (b) La fracción mol de la albúmina (A) en ésta solución.
- (c) La densidad en lb masa/galón y en kg/m³.
- (d) La molaridad.

Solución: Para la parte (a), la densidad del agua a 277 K es 1.000 g/cm³. Por lo tanto,

$$\text{Peso específico} = \frac{1.0028 \text{ g/cm}^3}{1.000 \text{ g/cm}^3} = 1.0028$$

En la parte (b), tomando 1.00 cm³ de solución como base para el cálculo:

$$\text{g masa } A = \frac{2}{100}(1.0028) = 0.020056 \text{ g } A$$

$$\text{g masa } B = \frac{98}{100}(1.0028) = 0.9827 \text{ g } B$$

$$\text{mol g } A = \frac{0.020056}{67000} = 3.00 \times 10^{-7} \text{ mol g } A$$

$$\text{mol g } B = \frac{0.9827}{18.0} = 5.46 \times 10^{-2} \text{ mol g } B$$

$$\text{mol g totales} = 3.00 \times 10^{-7} + 5.46 \times 10^{-2} = 5.46 \times 10^{-2}$$

$$\text{fracción mol, } x_A = \frac{3.00 \times 10^{-7}}{5.46 \times 10^{-2}} = 5.49 \times 10^{-6}$$

En la parte (c), se busca el factor de conversión para transformar galones (gal) a cm³, que es 3785 cm³/gal, y el de lb masa a g masa, que es 453.6 g masa/lb masa. La densidad es entonces,

$$\text{lb masa/gal} = \frac{(1.0028 \text{ g masa} / \text{cm}^3)(3785 \text{ cm}^3 / \text{gal})}{453.6 \text{ g masa} / \text{lb masa}} = 8.37 \frac{\text{lb}_m}{\text{gal}}$$

$$\text{kg masa/m}^3 = \frac{(1.0028 \text{ g masa} / \text{cm}^3)(10^6 \text{ cm}^3 / \text{m}^3)}{1000 \text{ g masa} / \text{kg masa}} = 1002.8 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Por la parte (d), la molaridad se define como mol g de albúmina por litro de solución. Entonces, 1.00 cm³ de solución contiene 3.00 X 10⁻⁷ mol g de A; por consiguiente,

$$\text{molaridad} = 3.00 \times 10^{-7} = \frac{\text{mol g A}}{\text{cm}^3} \left(1000 \frac{\text{cm}^3}{\text{lt}} \right) = 3.00 \times 10^{-4} \frac{\text{mol g A}}{\text{lt}}$$

En esta sección, al especificar el peso de una sustancia se han usado los términos lb masa (lb_m) o g masa en lugar de los términos más comunes, lb o g. Esto se hizo así para destacar el hecho de que al hablar de unidades de masa se trata de lb masa o g masa, o no lb fuerza (lb_f) o g fuerza. Sin embargo, en la mayoría de los textos se emplea casi siempre los términos más cortos, lb o g, a menos que se desee establecer la diferencia entre masa y fuerza. En el sistema inglés, la unidad lb fuerza (lb_f) es muy común. En el sistema cgs, la unidad g fuerza se usa muy raras veces.