

CAPÍTULO 2

Unidades de medición

Laura E. Briand

En este capítulo nos proponemos presentarte los conocimientos básicos para comprender la importancia y la finalidad de las mediciones y su correcta expresión, realizar cálculos sencillos de conversión de unidades y distinguir entre propiedades intensivas y extensivas. Antes de comenzar, te has preguntado ¿a qué llamamos “medir”? ¿conocés sistemas internacionales de medida? ¿cuáles?, ¿pensás que siempre una medida es exacta? ¿por qué? ¿podrías dar un ejemplo?, ¿cómo se mide el calor? ¿y la temperatura?, ¿el peso y la masa de un objeto se refieren a la misma magnitud? Te proponemos que pienses en estas preguntas y las discutas con tus compañerxs y docentes.

Lectura inicial

Actualmente, coexisten diferentes sistemas de medidas en el mundo, por ejemplo, en Estados Unidos se utiliza cotidianamente la milla para medir distancias, mientras en Argentina se usa el metro. Por ello, para que puedan compararse medidas tomadas por distintas personas de diferentes lugares del mundo, se acordó la adopción del denominado Sistema Internacional de Medidas (SI) en todos los países.

En Argentina, el 2 de marzo de 1972 se adoptó el denominado Sistema Métrico Legal Argentino (SIMELA), que coincide con el Sistema Internacional de Medidas (<http://www.saij.gob.ar>). La Tabla 2.1 muestra algunas de las unidades fundamentales de este sistema.

Como se observa en la tabla, la unidad de masa adoptada por el SIMELA es el kilogramo. ¿En qué se diferencia la masa de un cuerpo de su peso? Todxs sabemos que al soltar un objeto que sostenemos con la mano, se cae. Si preguntamos por qué se cae, a menudo escuchamos que es “**por la ley de la gravedad**”. Esta ley fue formulada por Isaac Newton; según cuenta la leyenda, cuando estando sentado a la sombra de un manzano observó cómo caían las manzanas. La explicación de este hecho es que debe actuar alguna fuerza sobre el objeto que lo hace caer.

Tabla 2.1. Unidades fundamentales del SIMELA

Propiedad física	Unidad	Símbolo de la unidad
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Corriente Eléctrica	ampere	A
Temperatura Termodinámica	Kelvin	K
Cantidad de Materia	mol	mol
Intensidad Luminosa	candela	cd

Newton descubrió que entre dos cuerpos cualesquiera siempre existe una fuerza de atracción, que recibe el nombre de fuerza gravitatoria. De aquí surge el concepto de peso de un cuerpo:

“El peso de un cuerpo en un lugar determinado de la Tierra, es la fuerza de atracción que ejerce la Tierra sobre él”

El peso y la masa son magnitudes distintas. La masa es una medida de la cantidad de materia de un cuerpo y es una constante propia del mismo. El peso, en cambio, es una fuerza y varía ligeramente con el lugar de la Tierra donde se mida.



Figura 2.1. Isaac Newton (1643- 1727). Físico, filósofo, teólogo, inventor, alquimista y matemático inglés. Entre sus descubrimientos científicos se destacan: la ley de la gravitación universal y el establecimiento de las bases de la mecánica clásica, los trabajos sobre la naturaleza de la luz y la óptica, y el desarrollo del cálculo matemático.

En la actualidad se hacen grandes esfuerzos científicos y tecnológicos para desarrollar materiales más ligeros para diversas aplicaciones. Un ejemplo son los compuestos reforzados con nanotubos de carbón, que podrían reducir en un 30 % la masa de un vehículo espacial. Los nanotubos de carbón tienen diámetros de 0,7 a 50 nanómetros y longitudes generalmente de decenas de micrones.

Unidades de medición fundamentales y compuestas

Las unidades de medición fundamentales del SIMELA a su vez pueden combinarse para expresar una unidad compuesta. Por ejemplo, la unidad de volumen en el SI es el metro cúbico (m^3) porque,

$$\text{Volumen} = \text{metro} \times \text{metro} \times \text{metro} = m^3$$

La densidad de un material es el cociente entre la masa y su volumen ocupado,

$$\text{Densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} = \frac{kg}{m^3}$$

Una propiedad más compleja es la presión, ya que se define como la fuerza aplicada sobre un área y, a su vez, tanto la fuerza como el área son unidades compuestas. Veamos cada una de ellas en detalle. La fuerza se define como el producto de la masa por la aceleración y a su vez la aceleración es el cociente entre la velocidad (¡también es una propiedad compuesta!) y el tiempo, entonces:

$$\text{aceleración} = \frac{\text{velocidad}}{\text{tiempo}} = \frac{\frac{\text{longitud}}{\text{tiempo}}}{\text{tiempo}} = \left[\frac{\frac{\text{metro}}{\text{segundo}}}{\text{segundo}} \right] = \frac{m}{s^2}$$

$$\text{Fuerza} = \text{masa} \times \text{aceleración} = kg \frac{m}{s^2} = \text{Newton (N)}$$

Entonces, un Newton (N) es la fuerza que, aplicada a un cuerpo de un kilogramo, le comunica una aceleración de un metro por segundo cuadrado.

Ahora estamos en condiciones de determinar la unidad de presión,

$$\text{Presión} = \frac{\text{fuerza}}{\text{área}} = \left[\frac{\text{Newton}}{\text{metro} \times \text{metro}} \right] = \left[\frac{\text{Newton}}{m^2} \right] = \text{Pascal (Pa)}$$

Un Pascal (Pa) es la presión que ejerce una fuerza de un Newton sobre una superficie (o área) de un metro cuadrado.

Existen otras unidades de longitud como el angstrom (Å) y el nanómetro (nm) que son muy importantes para expresar las propiedades de la materia a nivel atómico y de las ondas electromagnéticas. Un angstrom equivale a 1×10^{-10} metros (0,0000000001 metro) y un nanómetro es igual a 1×10^{-9} metros (0,000000001 metro).

La unidad del SIMELA para la cantidad de materia es el “*mol*” (tabla 2.1). Un mol contiene exactamente $6,02214076 \times 10^{23}$ entidades elementales. Una entidad elemental puede ser un átomo, una molécula, un ion, un electrón, o cualquier otra partícula o grupo específico de partículas. El número de entidades por mol, $6,02214076 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, se denomina constante o número de Avogadro N_A . Esta constante se utiliza para hacer la conversión entre el número de moles y el número de átomos, iones o moléculas en esa cantidad.

Calor y temperatura

El calor es la energía que se transfiere entre dos sistemas materiales (o bien entre dos o más zonas de un mismo sistema material) siempre que exista una diferencia de temperatura. El calor fluye desde la zona más caliente hacia la más fría hasta que se alcanza el equilibrio térmico, es decir, hasta que todo el sistema alcanza la misma temperatura. Como sabemos, la temperatura se mide con un termómetro, sin embargo, este instrumento no puede medir el calor.

En la Tabla 2.1 se observa que la unidad del SI para la temperatura es el Kelvin (el símbolo es K). La unidad de temperatura termodinámica se definió en 1954 durante la décima Conferencia General de Pesos y Medidas (CGPM) que seleccionó el punto triple del agua como el punto fijo fundamental y le asignó la temperatura de 273,16 K (SI Brochure, 2008). Posteriormente, en la decimotercera CGPM (1967/68) se adoptó el nombre Kelvin, símbolo K, en lugar de “grado Kelvin” y se definió la unidad de temperatura termodinámica de la siguiente manera:

“El Kelvin, unidad de temperatura termodinámica, es la fracción 1 / 273,16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua”

La temperatura termodinámica del punto triple se había establecido en 273,16 K; entonces se deduce que un Kelvin posee la misma magnitud que un grado Celsius.

Para expresar la temperatura termodinámica se adopta el símbolo T, para diferenciarla de la temperatura de la fusión del hielo ($T_0 = 273,15 \text{ K}$) que se considera como referencia al definir las escalas de temperatura. La diferencia entre T y T_0 se denomina temperatura Celsius, simbolizada con la letra “t” y que se calcula con la ecuación:

$$t = T - T_0$$

La unidad de temperatura Celsius es el grado Celsius, °C, que es por definición igual en magnitud al Kelvin como se expresó anteriormente. Una diferencia o intervalo de temperatura puede expresarse en Kelvin o en grados Celsius ya que el valor numérico de la diferencia de temperatura es el mismo. Sin embargo, el valor numérico de una temperatura expresado en grados Celsius está relacionado con el valor numérico de la temperatura termodinámica expresado en Kelvin por la relación:

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

A partir del año 2019, la Oficina Internacional de Pesas y Medidas redefinió el Kelvin para independizarlo del punto triple del agua. En definitiva, la medición del punto triple es una medida experimental que, por lo tanto, puede tener incertidumbre en su determinación por la presencia de impurezas (Peruzzi A., 2018). En la actualidad, el Kelvin se define tomando el valor numérico de la constante de Boltzmann k como $1,380649 \times 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$. Por lo tanto, un Kelvin es igual al cambio de temperatura que resulta en un cambio de energía térmica de $1,380649 \times 10^{-23} \text{ J}$ (joule). La unidad de energía denominada joule es igual a: $1 \text{ J} = \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2}$

Propiedades de la materia

Las **propiedades físicas** de una sustancia son las características que se pueden observar o medir sin cambiar la identidad de la sustancia. Por ejemplo, una propiedad física de una muestra de agua es su masa; otra es su temperatura. Las propiedades físicas incluyen características como el punto de fusión, la dureza, el color, el estado de la materia (sólido, líquido o gaseoso) y la densidad. Las **propiedades químicas** se refieren a la capacidad de una sustancia de transformarse en otra. Por ejemplo, una propiedad química del gas hidrógeno es que reacciona con oxígeno para producir agua; una propiedad química del metal cinc es que reacciona con los ácidos para producir el gas hidrógeno. Cuando una sustancia sufre un **cambio físico**, la identidad de la sustancia no se altera. Por ejemplo, cuando el agua se congela, el hielo sólido es aún agua. Sin embargo, cuando una sustancia sufre un **cambio químico** se transforma en una sustancia diferente.

Las propiedades también se clasifican de acuerdo con su dependencia de la cantidad de materia del sistema. Una **propiedad extensiva** es aquella que depende de la masa de la muestra. Más precisamente, si un sistema está dividido en partes y se encuentra que la propiedad del sistema completo tiene un valor que es la suma de los valores de la propiedad de todas las partes, entonces la propiedad es extensiva. Si ese no es el caso, entonces la propiedad es intensiva. En resumen, una **propiedad intensiva** es independiente de la masa de la muestra. La importancia de la distinción es que identificamos sustancias diferentes por sus propiedades intensivas. Por lo tanto, podríamos reconocer una muestra de agua pura al notar su color, su densidad (1 g/cm^3 a 4°C y 1 atm), su punto de fusión normal (0°C o $273,15 \text{ K}$), su punto de ebullición normal (100°C) y por el hecho de que es un líquido en condiciones ambientales.

También sabemos que la mayoría de las propiedades dependen del estado de la materia y de condiciones como temperatura y presión. Por ejemplo, la densidad del agua a 4°C es de $1,00 \text{ g/cm}^3$, pero a 100°C es de $0,96 \text{ g/cm}^3$.

Ejercicio propuesto 2.1.

- a) ¿Qué propiedad física se mide en nanómetros y micrómetros? ¿Cómo se simbolizan? Convertí 50 nanómetros a metros, centímetros y micrones.
- b) En el texto introductorio de este capítulo, leemos: “los compuestos reforzados con nanotubos de carbón que podrían reducir en un 30 % la masa de un vehículo espacial”. ¿Por qué se utiliza el término “masa” y no “peso” para un objeto en el espacio?
- c) Calculá el volumen de un nanotubo de carbón cilíndrico de 50 nanómetros de diámetro y 15 micrómetros de longitud. ¿El volumen es una magnitud fundamental o derivada de otras magnitudes fundamentales? ¿Por qué?

Ejercicio propuesto 2.2.

Identificar si los siguientes procesos y metodologías utilizadas en el laboratorio constituyen cambios químicos o cambios físicos: molienda de FeSO_4 en mortero; oxidación de una granalla de cinc; concentración de una solución por evaporación de una parte del solvente; precipitación de ion plata por agregado de cloruros y formación de $\text{AgCl}(s)$; solubilización de una sal en agua destilada por calentamiento; solubilización de una sal en agua destilada por agitación; producción de un gas al mezclar dos soluciones.

Respuestas de los ejercicios propuestos**Ejercicio propuesto 2.1.**

- a) La propiedad física que se mide en nanómetros (simbolizado “nm”) y micrómetros (simbolizado “ μm ”) es la longitud de un objeto.
 $50 \text{ nm} = 5 \times 10^{-8} \text{ m} = 5,0 \times 10^{-6} \text{ cm} = 0,05 \mu\text{m}$
- b) Se utiliza el término masa del vehículo espacial porque en el espacio no existe la fuerza de gravedad.
- c) El volumen (V) de un cilindro se calcula con la ecuación:

$$V = \pi (\text{radio})^2 \text{ longitud}$$

$$V = \pi \left(\frac{50 \text{ nm}}{2}\right)^2 15 \mu\text{m} \left(\frac{1 \times 10^{-6} \text{ m}}{1 \mu\text{m}}\right) \left(\frac{1 \text{ nm}}{1 \times 10^{-9} \text{ m}}\right) = 2,945 \times 10^7 \text{ nm}^3$$

El volumen es una magnitud derivada de la longitud. Según podemos apreciar en la ecuación, el volumen del cilindro deriva del radio y la longitud del objeto.

Ejercicio propuesto 2.2.

Cambio físico	Cambio químico
-Molienda de FeSO_4 en mortero. -Concentración de una solución por evaporación de parte del solvente. -Solubilización de una sal en agua destilada por calentamiento. -Solubilización de una sal en agua destilada por agitación.	-Oxidación de una granalla de cinc. -Precipitación de ion plata por agregado de cloruros y formación de AgCl(s) . -Producción de un gas al mezclar dos soluciones.

Referencias

Peruzzi, A. (2018). On the redefinition of the Kelvin. *Journal of Physics: Conference Series*, 1065 (12) 122011.

SI Brochure (2008). The International System of Units (SI), Bureau International des Poids et Mesures, 8th edition, p. 113.