

MAGNITUDES FÍSICAS Y UNIDADES DE MEDIDA.

7. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES O UNIDADES SI.

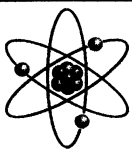
El **Sistema Internacional de Unidades** (nombre abreviado: **SI**) adoptado en el año 1960 por la 11ª Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), es una sistematización de las **magnitudes físicas** y sus **unidades de medida** sobre la base de siete **magnitudes y unidades básicas o fundamentales**. Dichas magnitudes son: la **longitud**, la **masa**, el **tiempo**, la **corriente eléctrica**, la **temperatura termodinámica**, la **cantidad de sustancia** y la **intensidad luminosa**; y sus unidades de medida: el **metro**, el **kilogramo**, el **segundo**, el **ampere**, el **kelvin**, el **mol** y la **candela**, respectivamente. Sus definiciones se dieron en la sección 6, Tabla 2, del Tema 3. El precisar, sistematizar y normalizar la **terminología metrológica**, permite una comunicación científica más expedita, razón por la cual, en la actualidad, prácticamente todos los países se hallan adscritos a este sistema de unidades.

El instrumento matemático empleado en esta sistematización y requerido en el uso de este sistema de unidades, es el descrito por E.A. Guggenheim (1) como “**quantity calculus**” o también, “**equations of quantities**”, instrumento que Ian M. Mills propone llamar “**algebra of quantities**” (2). En opinión de este autor, podría llamarse **ecuaciones de cantidades de magnitudes físicas**, o mejor, **álgebra de cantidades de magnitudes físicas**, debido a que en estas ecuaciones los símbolos no sólo representan **magnitudes físicas**, sino también, **cantidades de magnitudes físicas** (3), las cuales se expresan por medio de un producto algebraico de un número por una **unidad de medida**.

Particularmente para la Química, el uso del Sistema Internacional de Unidades es de una gran conveniencia porque **identifica** a una magnitud física de uso muy confuso en química; una magnitud que se halla enredada en una maraña de nombres y confundida con la masa. Es la **cantidad de sustancia (cantidad de partículas o de entidades elementales)**; una de las siete magnitudes básicas; por lo tanto, una magnitud independiente (ver tema 11, pág. Web) A partir de ella ha sido posible definir magnitudes derivadas, tales como, la **masa molar**, la **Constante de Avogadro**, las **razones estequiométricas**, la **concentración de un soluto**, la **molalidad de un soluto**, etc. magnitudes que han permitido aclarar y simplificar notablemente la presentación de contenidos básicos de química, tradicionalmente presentados de manera poco clara o innecesariamente compleja.

8. NORMAS “SI”

El empleo del Sistema Internacional de Unidades requiere ajustarse a las siguientes normas:



Cuando los valores numéricos de las cantidades de las magnitudes físicas son números grandes o pequeños, es posible expresarlos por medio de números sencillos, cómodos de manejar, haciendo uso de las **unidades prefijadas**.

Aunque los números grandes o pequeños no son factores que compliquen los cálculos, el recurrir al uso de unidades prefijadas se hace, más bien, para facilitar la escritura, la comunicación oral, la apreciación cuantitativa de las cantidades o, si se considera adecuado, para una mejor tabulación y graficación de datos.

Las unidades prefijadas se obtienen, simplemente, combinando **las unidades no-prefijadas** con los adecuados **prefijos SI**, dados en la Tabla 3

TABLA 3 PREFIJOS SI

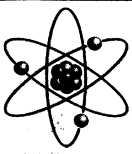
FACTOR ASOCIADO AL PREFIJO	PREFIJO	SIMBOLO	FACTOR ASOCIADO AL PREFIJO	PREFIJO	SIMBOLO
10^{18}	Exa	E	10^{-1}	deci	d
10^{15}	Peta	P	10^{-2}	centi	c
10^{12}	Tera	T	10^{-3}	mili	m
10^9	Giga	G	10^{-6}	micro	μ
10^6	Mega	M	10^{-9}	nano	n
10^3	Kilo	k	10^{-12}	pico	p
10^2	Hecto	h	10^{-15}	femto	f
10	Deca	da	10^{-18}	atto	a

La combinación se hace, empezando por escribir el valor numérico de la cantidad según la **notación exponencial** más conveniente; es decir, aquella cuyo factor exponencial sea el factor asociado a alguno de los prefijos SI. Luego, se reemplaza dicho factor por el símbolo del prefijo, el que debe escribirse junto al símbolo de la unidad, sin espacio entre ellos. Ejemplos:

$$0.000\ 000\ 003\ 2\ \text{m} = 3.2 \times 10^{-9}\ \text{m} = 3.2\ \text{nm}$$

↓

factor asociado al prefijo nano (n)



$$3.2 \times 10^{-9} \text{ m} = 3.2 \times 10^{-3} \times 10^{-6} \text{ m} = 3.2 \text{ m}\mu\text{m} \quad \text{incorrecto}$$

complicación innecesaria

2) Cuando una misma letra simboliza a una unidad de medida y a un prefijo SI (por ejemplo, la letra **m** que simboliza a la unidad metro y también al prefijo mili) se debe tener un especial cuidado en la escritura de unidades compuestas y de unidades prefijadas, en las cuales dicha letra participe. El objeto es evitar escrituras ambiguas, o poco nítidas, que puedan dar lugar a lamentables confusiones. Por ejemplo, las siguientes escrituras

$$\text{m s}^{-1} \quad \text{y} \quad \text{ms}^{-1}$$

corresponden a unidades diferentes. La primera es una unidad compuesta, una unidad de **velocidad**: metro/segundo. La segunda, en cambio, es una unidad prefijada de **frecuencia**: milisegundo a la menos 1. La letra **m** en el primer caso simboliza a la unidad **metro**; en el segundo, al prefijo **mili**. Una escritura poco clara de la unidad de velocidad podría dar lugar a una lectura equivocada de la letra **m**: que fuera leída como **mili** en lugar de **metro**. En tal caso, se incurriría en el error de expresar la velocidad en una unidad de frecuencia. Para evitar este equívoco, conviene diferenciar mejor la escritura de la unidad de velocidad, escribiendo

$$\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \quad \text{o bien} \quad \text{m/s}$$

Una situación análoga se presenta con las escrituras

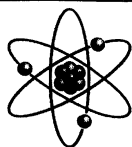
$$\text{m N} \quad \text{y} \quad \text{mN}$$

las cuales, también, corresponden a unidades diferentes. La primera es una unidad compuesta; una unidad de **torque** (metro-newton). La segunda, en cambio, es una unidad prefijada de **fuerza** (milinewton). Para evitar confusiones, conviene escribir la unidad de torque en la forma

$$\text{m}\cdot\text{N} \quad \text{o mejor} \quad \text{N m}$$

8.5. ESCRITURA DE NUMEROS CON MUCHOS DIGITOS.

Los números con muchos dígitos deben escribirse, agrupándolos en triadas sobre la misma línea, con el fin de facilitar su lectura. La agrupación se hace a partir del dígito de las unidades dejando pequeños espacios de separación entre ellos, en lugar de los puntos o comas que habitualmente se han usado para tales efectos. Por ejemplo,



$$0.000\ 005\ 8\ \text{g} = 5.8 \times 10^{-6}\ \text{g} = 5.8\ \mu\text{g}$$

↓
factor asociado al prefijo micro (μ)

La misma operatoria para valores numéricos grandes. Ejemplos:

$$4\ 200\ 000\ \text{mol} = 4.2 \times 10^6\ \text{mol} = 4.2\ \text{Mmol}$$

↓
factor asociado al prefijo mega (M)

$$94\ 300\ \text{Pa} = 943 \times 10^2\ \text{Pa} = 943\ \text{hPa}$$

↓
factor asociado al prefijo hecto (h)

No obstante, en los cálculos, por lo general, conviene proceder a la inversa; es decir, reemplazar las unidades prefijadas por las no-prefijadas, para lo cual, simplemente se eliminan los prefijos SI y se introducen en su lugar los correspondientes factores exponenciales. Por otra parte, conviene enfatizar el hecho de que la combinación

(símbolo del prefijo) – (símbolo de la unidad no-prefijada)

es un todo; un nuevo símbolo, el de una nueva unidad: la **unidad prefijada**. Este nuevo símbolo se puede combinar con los de otras unidades y constituir unidades compuestas. También puede quedar elevado a una potencia; en tal caso, el exponente afecta a cada componente de la combinación: a la unidad no-prefijada y al factor asociado al prefijo. Por ejemplo:

$$\text{cm}^{-1} = (10^{-2}\ \text{m})^{-1} = 10^2\ \text{m}^{-1}$$

$$\text{cm}^3 = (10^{-2}\ \text{m})^3 = 10^{-6}\ \text{m}^3$$

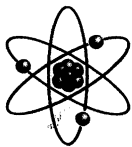
$$\mu\text{s}^{-1} = (10^{-6}\ \text{s})^{-1} = 10^6\ \text{s}^{-1}$$

Por otra parte, el correcto uso de los prefijos SI requiere tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1) Evitar las combinaciones de dos o más prefijos, las que sólo introducirían innecesarias complicaciones. Por lo demás, la gama de prefijos disponibles es lo suficientemente amplia como para cubrir todas las necesidades requeridas. Por ejemplo;

$$3.2 \times 10^{-9}\ \text{m} = 3.2\ \text{nm}$$

correcto



No debe escribirse: 25.349.824 ni 25,349,824

Debe escribirse: 25 349 824

En aquellos casos de números que contienen dígitos decimales puede emplearse indiferentemente el punto o la coma decimal; pero la agrupación en triadas debe hacerse a partir del punto o de la coma decimal, en ambos sentidos. Por ejemplo,

4 245.025 27 o bien, 4 245,025 27

9. MAGNITUDES Y UNIDADES SI SUPLEMENTARIAS

El Sistema Internacional de Unidades, además de las magnitudes básicas y derivadas, considera una tercera clase de magnitudes físicas: las **magnitudes suplementarias**. Son el **ángulo plano** (símbolo, α , β , γ , δ , φ ,) y el **ángulo sólido** (símbolo, Ω); magnitudes de naturaleza puramente geométricas.

Las unidades SI, adoptadas para estas magnitudes, consideradas como **unidades suplementarias**, son el **radián** (símbolo, rad) y el **estereoradián** (símbolo, sr).

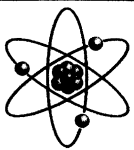
Este autor ha elevado a la consideración de la CGPM a través del CIPM y la ISO, en Noviembre del 2000, una proposición fundamentada que considera a estas magnitudes y unidades suplementarias como magnitudes y unidades SI básicas (ver temas 9 y 10 de esta página web).

10. UNIDADES NO-SI DE USO PERMITIDO.

El Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM), ha considerado la conveniencia de admitir el uso de algunas unidades no-SI dentro del Sistema Internacional. Se trata de unidades que se imponen por su utilidad práctica y por el peso de la tradición. La Tabla 4, muestra estas unidades y sus correspondientes equivalencias con las unidades SI.

El **litro**, una unidad de capacidad en el sistema métrico, se definía como igual a $1.000\ 028\ \text{dm}^3$. Sin embargo, en el año 1964, la Conferencia General de Pesas y Medidas redefinió esta unidad como **exactamente igual a $1\ \text{dm}^3$** , tal como se señala en la Tabla 4. En el año 1979, la misma Conferencia General, adoptó la letra **L** como símbolo alternativo para esta unidad.

Se incluye también en la Tabla 4 la unidad de masa adoptada para medir las masas de las **entidades elementales** (átomos, moléculas, iones, electrones, etc.) y una unidad de energía, utilizada a nivel microcósmico, como es el electrónvolt. Las equivalencias de



estas unidades con las unidades SI se hallan sujetas a continuas revisiones y siempre a la espera de los mejores valores obtenidos como resultados de nuevas mediciones de las constantes físicas involucradas en sus definiciones. De allí que los valores dados en la Tabla sean aproximado.

TABLA 4

UNIDADES NO-SI DE USO PERMITIDO

MAGNITUD	UNIDAD	SÍMBOLO	EQUIVALENCIA CON UNIDADES SI
Tiempo	Minuto	min	1 min = 60 s
	Hora	h	1 h = 3 600 s
	Día	d	1 d = 86 400 s
Angulo	Grado	°	1 ° = (π / 180) rad
	Minuto	'	1 ' = (π / 10 800) rad
	Segundo	"	1 " = (π / 648 000) rad
Volumen	Litro	L, l	1 L = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³ Por definición CGPM, 1964
Masa	Tonelada	t	1 t = 1 Mg = 10 ³ kg
	Unidad de Masa Atómica	u	1 u ≈ 1.660 56 x 10 ⁻²⁷ kg
Energía	Electrónvolt	eV	1 eV ≈ 1.602 189 x 10 ⁻¹⁹ J

La equivalencia del electrónvolt con la caloría termoquímica, exactamente igual, por definición, a 4.184 J, es

$$1 \text{ eV} \approx 1.602 189 \times 10^{-19} \text{ J} \times 1 \text{ cal}_{\text{th}} / 4.184 \text{ J} \approx 3.829 \times 10^{-20} \text{ cal}_{\text{th}}$$

BIBLIOGRAFIA

1. GUGGENHEIM, E.A. J.Chem.Educ., **35**, 606 (1958)
2. IUPAC, MILLS, I; CVITAS, T.; HOMANN, K.; KALLAY, N.; KUCHITSU, K.; **1987**, *Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry*. SCIENTIFIC PUBLICATIONS
3. ISO STANDARD HANDBOOK 2. *Units of Measurement* 2nd. Ed. **1982**
4. MELO A. MARIO, *Química Básica en el rigor del lenguaje Matemático. Tomo I: Estequiometría*. **1987**.