Unidades y conversión de unidades

Sistema de unidades

El objetivo de un **sistema de unidades** es el de definir en términos de una unidad estándar, la magnitud de una cantidad medida.
El Comité Internacional de Pesas y Medidas ha trabajado desde el año 1960 para proporcionar definiciones claras respecto a unidades estándar para ayudar a los científicos para que comuniquen sus mediciones de manera más precisa. El sistema de unidades de medición adoptado por tal comité se basa en el sistema *métrico*, pero a las unidades se las denomina **Unidades del Sistema Internacional** (SI).

El SI es el sistema básico, aceptado en el mundo entero. Las unidades del SI que cuantifican los parámetros de *masa*, *longitud* y *tiempo* son respectivamente, el *kilogramo* [kg], el *metro* [m] y el *segundo* [s], a éstas se las llama **unidades básicas o patrón.** Si bien existen otras, que son las denominadas **unidades prácticas**, que en ocasiones, son más usadas que las anteriores, como lo son el *gramo*, el *kilómetro* y la *hora*, por nombrar algunas.

Hay **unidades derivadas** que surgen de hacer alguna operación matemática y dependen de otras unidades. Por ejemplo la densidad de un objeto es la masa presente en una unidad de volumen. La medida de la densidad depende de las unidades empleadas para medir la masa y el volumen. Es así que la densidad puede expresarse en gramos por centímetro cúbico [g/cm^3] o si es en el SI se expresaría en kilogramos por metros cúbico [kg/m^3]. Cuando decimos que la densidad del mercurio es $13{,}6 \times 10^3$ [kg/m^3], estamos diciendo que es “trece mil seiscientos kilogramos por metros cúbico”, es decir, que hay $13{,}6 \times 10^3$ kg en un volumen de un metro cúbico de mercurio.

En la siguiente tabla se muestran algunas unidades prácticas y las respectivas unidades en el Sistema Internacional.

Magnitud Física	Abreviatura	Unidad SI	Magnitud Física	Abreviatura	Unidad SI	Magnitud Física	Abreviatura	Unidad SI
Masa			*Longitud*			*Tiempo*		
miligramo	mg	$\equiv 10^{-6}$ kg	milímetros	mm	$\equiv 10^{-3}$ m	minuto	min	$\equiv 60$ s
gramo	g	$\equiv 10^{-3}$ kg	centímetros	cm	$\equiv 10^{-2}$ m	hora	h	$\equiv 3{,}6 \times 10^3$ s
kilogramo	kg	U.B. del SI	metro	m	U.B. del SI	segundo	s	U.B. del SI
		$\equiv 10^3$ kg		kilómetro	$\equiv 10^3$ m	día	d	$\equiv 86400$ s
						año	y	$\equiv 3{,}2 \times 10^7$ s

U.B. de SI = Unidad Básica del Sistema Internacional

Las unidades para ángulos como el radián y el grado son estándares. También hay unidades como la *milla*, el *pie*, la *pulgada* y la *libra* (que es una unidad de fuerza) que aún se siguen usando y que perteneces al Sistema Inglés de Medición, es justamente Gran Bretaña el país más conservador y que no quiere perder su sistema de medición propio. El resto de los países del mundo han aceptado al Si como sistema de medición.

Conversión de unidades

A veces será necesario convertir una cantidad expresada en una unidad a una cantidad equivalente expresada en otra. La **conversión de unidades** implica el cambio de medida de una cantidad de un sistema de unidades a otro. Por ejemplo:

1000 [m] = 1 [km]
1000 [g] = 1 [kg]
100 [cm] = 1 [m]

Estas unidades se expresarían verbalmente como que "hay mil metros *en un* kilómetro", "mil gramos *en un* kilogramo" o "cien centímetros *en un* metro".
Que es lo mismo que 1000 [m/km], 1000 [g/kg] y 100 [cm/m], esto se lee "mil metros *por* kilómetro", "mil gramos *por* kilogramo" o "cien centímetros *por* metro".

Ejemplo: La máscara mortuoria del famoso faraón Tutankamon está elaborada en base de oro. Una referencia indica que la densidad del isótopo* de oro más común es de 19,3 [g/cm^3]. Convertir la densidad a unidades del SI.

* Se denomina **isótopo** a los átomos de un mismo elemento, cuyos núcleos tienen una cantidad diferente de neutrones, y por lo tanto, difieren en número másico.

Debido a que los gramos y centímetros no son unidades del SI, se requieren factores de conversión de gramos a kilogramos y de centímetros a metros.
Sabemos que 10^3 [g] = 1 [kg] y que 10^2 [cm] = 1[m]

Desarrollamos la tercera potencia de la unidad centímetro:

19,3 [g/cm^3] = 19,3 [g/(cm . cm . cm)]

Convertimos cada una de las unidades prácticas en unidades del SI

$$19{,}3\ [g/cm^3] = 19{,}3\ [g/(cm \cdot cm \cdot cm)]\ (10^{-3}\ [kg/g])\ (10^{2}\ [cm/m])\ (10^{2}\ [cm/m])\ (10^{2}\ [cm/m])$$

$$= 19{,}3 \times 10^{3}\ [kg/m^3]$$

Nos preguntamos si es razonable este resultado. La densidad dada representa la masa de oro en un volumen de un centímetro cúbico de material. La densidad en unidades del SI es la masa contenida en un volumen de un metro cúbico de material. Ciertamente, un metro cúbico de oro posee una masa mucho mayor que un centímetro cúbico de dicho material, de esta forma resulta razonable el hecho de que el valor numérico de la densidad en unidades del SI sea mayor.

Otra forma para convertir unidades es usando lo que se denomina el **operador unitario.**

Por ejemplo si se quiere convertir la distancia de 23 millas [mi] a metros [m]. Comenzaremos por decir que 1 [mi] $\equiv$ 1609 [m], entonces la relación entre ambas cantidades es igual a 1.

$$\frac{1609m}{1mi} = 1$$

Esta relación se conoce como **operador unitario**. Ya que se puede multiplicar una cantidad por 1, pues no cambia su valor, es posible multiplicar la distancia original de 23 [mi] por 1 de la siguiente forma:

$$(23mi)\cdot(1)=(23mi)\cdot\left(\frac{1609m}{1mi}\right)$$

Vemos que la unidad [mi] aparece tanto en el numerador como en el denominador, entonces se puede cancelar como si fuesen números. Después de resolver el producto entre 23 y 1609, nos dará que 23 [mi] son 37007 [m].

Ejemplo 1:

Considerar que la densidad superficial de una chapa de acero es 7,8 [kg/m^2]. ¿Cuál es su masa si su superficie es 250 [cm^2]? Ya que la densidad superficial $\sigma \equiv {}^{m}\!/_{A}$, la masa será $m=\sigma\cdot A$, al multiplicar σ y A, se tienen que incluir dos potencias del operador unitario que convierta metros a centímetros de modo que las unidades resulten solamente kilogramos

$$\left(7{,}8\frac{kg}{m^2}\right)\cdot\left(2500cm^2\right)\cdot\left(\frac{1m}{100cm}\right)\cdot\left(\frac{1m}{100cm}\right)=1{,}95kg$$

Ejemplo 2:

La velocidad de la luz es 3 x 10^8 m/s. ¿Cuál es la distancia que viaja la luz en un año? A esta distancia se la denomina *año luz*.

En este caso una de las unidades básicas que interviene es el tiempo.
Así, 60 [s] = 1 [min] y 365,25 [d] = 1 [año] los cuales se pueden escribir como operadores unitarios de la siguiente forma:

$$\frac{60s}{1\min}=1 \qquad\qquad \frac{365d}{1año}=1$$

La distancia 1 *año luz* es la velocidad de la luz por la duración del tiempo:

$$1al=\left(3x10^8\frac{m}{s}\right)\cdot 1año$$

Vemos que en esta última expresión hay una mezcla de unidades, por lo que tendremos que hacer los ajustes necesarios para que la distancia recorrida nos de en unidades “más familiares” para nosotros, por ejemplo en metros.

$$1al=\left(3x10^8\frac{m}{s}\right)\cdot(1año)\cdot\left(\frac{365d}{1año}\right)\cdot\left(\frac{24h}{1d}\right)\cdot\left(\frac{60\min}{1s}\right)\cdot\left(\frac{60s}{1\min}\right)=9{,}461x10^{15}m$$

Hemos calculado que $1al = 9{,}461x10^{15}\,m$. Vemos que las unidades de segundo, minuto, hora, día y año aparecen tanto en el numerador como en el denominador y por lo tanto se simplifican. La única unidad que queda es el metro.

Convertir:

1) El velocímetro de un automóvil indica una velocidad de 79 [mi/h] (es decir, millas por hora). a) Convertir la velocidad a unidades del SI, sabiendo que 1 mi = 1609 m. b) Convertir a [km/h]

2) El área de un recipiente es 3,509 [m^2] convertir a [cm^2].

Potencias de 10

En el estudio de la física encontraremos a menudo magnitudes que están expresadas en números muy grandes o muy pequeños. El nombrarlos o escribirlos es bastante difícil e incómodo, por lo que para facilitarlo se emplean potencias de 10. Este tipo de notación es más compacta y permite una comparación rápida con otras cifras.
¿Cómo escribimos una cifra cualquiera?

Ejemplo:

a) 565 = 5,65 x 100 = 5,65 x 10^2
b) 0,0039 = 3,9/1000 = 3,9/10^3 = 3,9 x 10^{-3}

En ambos casos hemos expresado las cifras consideradas como potencia de 10.

Regla práctica para obtener la potencia de 10 adecuada.

Se cuenta el número de lugares que debe correrse la coma para colocarlo a la izquierda, este número nos proporciona el exponente positivo de 10, así en el ejemplo a) contamos dos lugares, en ese caso la potencia será 2.
Para el ejemplo b) se cuenta el número de lugares que debe correrse la coma hacia la derecha, este número nos proporciona el exponente negativo, en este caso serán tres lugares, por lo tanto la potencia es -3.
Veamos por ejemplo, el radio de un átomo es 0,000000005cm o lo que es lo mismo 5 x 10^{-9}cm, otro ejemplo: la célula tiene aproximadamente 2000000000000 átomos, es decir, 2 x 10^{12} átomos.

<u>Convertir a potencia a 10</u>:

Distancia máxima al Sol: 69700000km
Rapidez de la luz en el vacío: 300000000m/s
Constante de gravitación universal 0,000000006670m^2/s^2kg
Constante de permeabilidad: 0,00000126H/m

El Comité Internacional de Pesas y Medidas también ha definido una serie de prefijos y abreviaturas de prefijos estándar (según se ve en la tabla que sigue) que se colocan a una unidad para multiplicarla por varias potencias de 10. Por ejemplo, 1 milímetro (1mm) es igual a 10^{-3}m, 1 megajoule (1MJ) es 10^6J y 1 nanosegundo (1ns) es 10^{-9}s.

Potencia	Prefijo	Símbolo
10^{18}	exa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^{9}	giga	G
10^{6}	mega	M
10^{3}	kilo	k
10^{2}	hecto	h
10^{1}	deca	da
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	micro	µ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

Consistencia de las unidades

Cualquier ecuación relacionada con cantidades físicas debe tener las mismas unidades en ambos lados. Por ejemplo en la ecuación $\vec{v} = \vec{d}/t$, si $\vec{d}$ es un desplazamiento en [m] y t es el tiempo en [s], la velocidad $\vec{v}$ deberá tener unidades de [m/s]. También es posible multiplicar cantidades que tengan diferentes unidades, como $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ en donde la masa m se mide en [kg] y la aceleración $\vec{a}$ en [m/s^2] que da por resultado la fuerza $\vec{F}$ en [kg.m/s^2] o en [N], 1 kg.m/s^2 es equivalente a 1 N (Newton).
En el caso que dos cantidades se sumen o resten, deberán necesariamente tener las mismas unidades (no se pueden sumar 23 [m] más 10 [s], pues no tiene sentido físico).
La consistencia de las unidades proporciona un camino útil para verificar el trabajo algebraico u otros cálculos: los errores algebraicos (una cantidad "mal despejada") casi siempre producen unidades inconsistentes. Posiblemente éste sea el método más simple de verificación pero también es el menos utilizado. Es importante entonces usar siempre las unidades en que están medidas las cantidades físicas a la hora de reemplazar las mismas en las ecuaciones.

Reglas útiles para usar el SI

1) Respeta los nombres y símbolos elaborados por el Comité Internacional de Pesas y Medidas. No inventes abreviaturas y símbolos de origen personal.

2) No castellanices los nombres propios. Deberás decir *volt* en lugar de *voltio; joule* (pronunciando "yul") en lugar de *julio*; *watt* ("uat") en lugar de *vatio*, etc.

3) Para construir el plural agregar una “s”: metros, joules, teslas, etc. Por ejemplo, lux, hertz, y siemens es igual el singular que el plural.

4) Los símbolos de las unidades no son abreviaturas. Los símbolos se escriben con una o dos letras minúsculas, salvo aquellos que representan unidades con nombres propios, en cuyo caso la primera letra del símbolo es mayúscula, seguida (o no) por una minúscula. Ejemplos: metro [*m*], segundo [*s*], newton [*N*], pascal [*Pa*], watt [*W*]. Los símbolos no llevan plural.

5) Los prefijos se escriben junto a la unidad (sin espacio), por ejemplo: *mV*; *kW*; *ns*; μF; *cm*; *GW*; etc. Lo correcto es escribir 8km y no 8 km., no debe añadirse punto al símbolo. No hay un espacio en blanco entre el valor numérico y la unidad de medida.

6) Si se multiplican dos unidades se coloca *un punto* entre ellas, por ejemplo: *N.m*; *N.s*; etc. No se leerá “newton por metro” o “newton por segundo”, se dirá “newton metro” o “newton segundo”.

7) Si se efectúa el cociente entre dos unidades se coloca *una barra* entre ellas (que denota división), por ejemplo: *m/s*; etc. En este caso, se leerá “metro por segundo”.

Bibliografía consultada:

Física General – Beatriz Albarenga – Antonio Máximo – Editorial Harla
Física Universitaria – Ronal Lane Reese – Editorial Thomson

Ejercicios para resolver en casa y venir a consulta:

1) Una esquiadora de 5pies 5pulgadas de altura usa esquís que son 5cm más largos que su altura. ¿De qué longitud deben ser sus esquís? Los esquís se fabrican con intervalos de longitud de 5cm (es decir, 150cm, 155cm, etc.). ¿De qué longitud debe comprar sus esquís, si redondea a los 5cm más cercanos? (1pulg = 2,54cm, 1pie = 30,48cm)

2) La aceleración de la gravedad es $9{,}80 m/s^2$ en el SI. Convertir al sistema inglés, con la longitud en pies.

3) La constante de gravitación universal G, tiene un valor de $6{,}67 \times 10^{-11} m^3 s^{-2} kg^{-1}$ ¿Cuál es su valor en $cm^3 s^{-2} g^{-1}$?

4) El consumo de gasolina en Europa se mide en litros por 100 kilómetros. ¿Cuál sería el de un automóvil Volksvagen Sedan diesel, que rinde 45mi/gal? ¿Y el de un Rolls Royce que necesita un galón cada 7 millas? (1gal = 3,8l)

5) La velocidad necesaria para el despegue de un avión de entrenamiento T-38 a reacción es de 164nudos. Convertir dicha velocidad a km/h sabiendo que 1m/s = 1,94nudos.

6) Escriba la equivalencia en los siguientes números: a) $2x10^3$; b) $1{,}2x10^6$; c) $7{,}5x10^{-2}$; d) $8x10^{-5}$.

7) Escriba los siguientes números en potencias de 10: a) 3820; b) 62000000; c) 0,042; d) 0,000069.