Sistema Internacional de Unidades

sc.ehu.es/sbweb/fisica/unidades/unidades/unidades.htm

Introducción

La observación de un fenómeno es en general, incompleta a menos que dé lugar a una información cuantitativa. Para obtener dicha información, se requiere la medición de una propiedad física. Así, la medición constituye una buena parte de la rutina diaria del físico experimental.

La medición es la técnica por medio de la cual asignamos un número a una propiedad física, como resultado de una comparación de dicha propiedad con otra similar tomada como patrón, la cual se ha adoptado como unidad.

Supongamos una habitación cuyo suelo está cubierto de baldosas, tal como se ve en la figura, tomando una baldosa como unidad, y contando el número de baldosas medimos la superficie de la habitación, 30 baldosas. En la figura inferior, la medida de la misma superficie da una cantidad diferente 15 baldosas.

La medida de una misma magnitud física (una superficie) da lugar a dos cantidades distintas debido a que se han empleado distintas unidades de medida.

Este ejemplo, nos pone de manifiesto la necesidad de establecer una única unidad de medida para una magnitud dada, de modo que la información sea comprendida por todas las personas.

En el artículo único del REAL DECRETO 1317/1989, de 27 de octubre de 1989 por el que se establecen las Unidades Legales de Medida, publicado el 3 de noviembre, se dice que

1.-El Sistema legal de Unidades de Medida obligatorio en España es el sistema métrico decimal de siete unidades básicas, denominado Sistema Internacional de Unidades (SI), adoptado en la Conferencia General de Pesas y Medidas y vigente en la Comunidad Económica Europea.

En la tabla siguiente, se recogen las distintas normativas publicadas en el Boletín Oficial del Estado (BOE)

BOE nº 269 de 10 de noviembre de 1967	Ley 88/1967, de 8 de noviembre, declarando de uso legal en España el denominado Sistema Internacional de Unidades (SI)
BOE nº 110 se 8 de mayo de 1974	Decreto 1257/1974 de 25 de abril, sobre modificaciones del Sistema Internacional de Unidades, denominado SI, vigente en España por Ley 88/1967, de 8 de noviembre.

BOE nº 264 de 3 de noviembre de 1989	Real Decreto 1317/1989, de 27 de octubre, por el que se establecen las Unidades Legales de Medida
BOE nº 21 de 24 de enero de 1990	Corrección de errores del Real Decreto 1317/1989, de 27 de octubre, por el que se establecen las Unidades Legales de Medida
BOE nº 289 de 3 de diciembre de 1997	Real Decreto 1737/1997, de 20 de noviembre, por el que se modifica Real Decreto 1317/1989, de 27 de octubre, por el que se establecen las Unidades Legales de Medida

Antecedentes. El Sistema Métrico Decimal

Este sistema de medidas se estableció en Francia con el fin de solventar los dos grandes inconvenientes que presentaban las antiguas medidas:

1. Unidades con el mismo nombre variaban de una provincia a otra
2. Las subdivisiones de las diferentes medidas no eran decimales, lo cual representaba grandes complicaciones para el cálculo.

Se trataba de crear un sistema simple y único de medidas que pudiese reproducirse con exactitud en cualquier momento y en cualquier lugar, con medios disponibles para cualquier persona.

En 1795 se instituyó en Francia el Sistema Métrico Decimal. En España fue declarado obligatorio en 1849.

El Sistema Métrico se basa en la unidad "el metro" con múltiplos y submúltiplos decimales. Del metro se deriva el metro cuadrado, el metro cúbico, y el kilogramo que era la masa de un decímetro cúbico de agua.

En aquella época la astronomía y la geodesia eran ciencias que habían adquirido un notable desarrollo. Se habían realizado mediciones de la longitud del arco del meridiano terrestre en varios lugares de la Tierra. Finalmente, la definición de metro fue elegida como la diezmillonésima parte de la longitud de un cuarto del meridiano terrestre. Sabiendo que el radio de la Tierra es $6.37 \cdot 10^6$ m

$$2\pi \cdot 6.37 \cdot 10^6 / (4 \cdot 10 \cdot 10^6) = 1.0006 \text{ m}$$

Como la longitud del meridiano no era práctica para el uso diario. Se fabricó una barra de platino, que representaba la nueva unidad de medida, y se puso bajo la custodia de los Archives de France, junto a la unidad representativa del kilogramo, también fabricado en platino. Copias de del metro y del kilogramo se distribuyeron por muchos países que adoptaron el Sistema Métrico.

La definición de metro en términos de una pieza única de metal no era satisfactoria, ya que su estabilidad no podía garantizarse a lo largo de los años, por mucho cuidado que se tuviese en su conservación.

A finales del siglo XIX se produjo un notable avance en la identificación de las líneas espectrales de los átomos. A. A. Michelson utilizó su famoso interferómetro para comparar la longitud de onda de la línea roja del cadmio con el metro. Esta línea se usó para definir la unidad denominada angstrom.

En 1960, la XI Conférence Générale des Poids et Mesures abolió la antigua definición de metro y la reemplazó por la siguiente:

El **metro** es la longitud igual a 1 650 763.73 longitudes de onda en el vacío de la radiación correspondiente a la transición entre los niveles $2p_{10}$ y $2d_5$ del átomo de kriptón 86.

Este largo número se eligió de modo que el nuevo metro tuviese la misma longitud que el antiguo.

La velocidad de la luz en el vacío c es una constante muy importante en física, y que se ha medido desde hace mucho tiempo de forma directa, por distintos procedimientos. Midiendo la frecuencia f y la longitud de onda λ de alguna radiación de alta frecuencia y utilizando la relación $c = \lambda \cdot f$ se determina la velocidad de la luz c de forma indirecta con mucha exactitud.

El valor obtenido en 1972, midiendo la frecuencia y la longitud de onda de una radiación infrarroja, fue $c = 299\,792\,458$ m/s con un error de ± 1.2 m/s, es decir, cuatro partes en 10^9 .

La XVII Conférence Générale des Poids et Mesures del 20 de Octubre de 1983, abolió la antigua definición de metro y promulgó la nueva:

El **metro** es la longitud de trayecto recorrido en el vacío por la luz durante un tiempo de $1/299\,792\,458$ de segundo.

La nueva definición de metro en vez de estar basada en un único objeto (la barra de platino) o en una única fuente de luz, está abierta a cualquier otra radiación cuya frecuencia sea conocida con suficiente exactitud.

La velocidad de la luz queda convencionalmente fijada y exactamente igual a $299\,792\,458$ m/s debida a la definición convencional del término m (el metro) en su expresión.

Otra cuestión que suscita la nueva definición de metro, es la siguiente: ¿no sería más lógico definir $1/299\,792\,458$ veces la velocidad de la luz como unidad básica de la velocidad y considerar el metro como unidad derivada?. Sin embargo, la elección de las magnitudes básicas es una cuestión de conveniencia y de simplicidad en la definición de las magnitudes derivadas.

Unidades básicas.

Magnitud	Nombre	Símbolo
----------	--------	---------

Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Intensidad de corriente eléctrica	ampere	A
Temperatura termodinámica	kelvin	K
Cantidad de sustancia	mol	mol
Intensidad luminosa	candela	cd

Unidad de **longitud**: metro (m)

El **metro** es la longitud de trayecto recorrido en el vacío por la luz durante un tiempo de $1/299\,792\,458$ de segundo.

Unidad de **masa**

El **kilogramo** (kg) es igual a la masa del prototipo internacional del kilogramo

Unidad de **tiempo**

El **segundo** (s) es la duración de $9\,192\,631\,770$ periodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133.

Unidad de **intensidad de corriente eléctrica**

El **ampere** (A) es la intensidad de una corriente constante que manteniéndose en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y situados a una distancia de un metro uno de otro en el vacío, produciría una fuerza igual a $2 \cdot 10^{-7}$ newton por metro de longitud.

Unidad de **temperatura termodinámica**

El **kelvin** (K), unidad de temperatura termodinámica, es la fracción $1/273,16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.
Observación: Además de la temperatura termodinámica (símbolo T) expresada en kelvins, se utiliza también la temperatura Celsius (símbolo t) definida por la ecuación $t = T - T_0$ donde $T_0 = 273,15$ K por definición.

Unidad de **cantidad de sustancia**

El **mol** (mol) es la cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas entidades elementales como átomos hay en 0,012 kilogramos de carbono 12.
Cuando se emplee el mol, deben especificarse las unidades elementales, que pueden ser átomos, moléculas, iones, electrones u otras partículas o grupos especificados de tales partículas.

Unidad de **intensidad luminosa**

La **candela** (cd) es la unidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia $540 \cdot 10^{12}$ hertz y cuya intensidad energética en dicha dirección es 1/683 watt por estereorradián.

Unidades derivadas sin dimensión.

Magnitud	Nombre	Símbolo	Expresión en unidades SI básicas
Ángulo plano	Radián	rad	$m^0m^{-1}= 1$
Ángulo sólido	Estereorradián	sr	$m^2m^{-2}= 1$

Unidad de **ángulo plano**

El **radián** (rad) es el ángulo plano comprendido entre dos radios de un círculo que, sobre la circunferencia de dicho círculo, interceptan un arco de longitud igual a la del radio.

Unidad de **ángulo sólido**

El **estereorradián** (sr) es el ángulo sólido que, teniendo su vértice en el centro de una esfera, intercepta sobre la superficie de dicha esfera un área igual a la de un cuadrado que tenga por lado el radio de la esfera.

Unidades SI derivadas

Las unidades SI derivadas se definen de forma que sean coherentes con las unidades básicas y suplementarias, es decir, se definen por expresiones algebraicas bajo la forma de productos de potencias de las unidades SI básicas y/o suplementarias con un factor numérico igual 1.

Varias de estas unidades SI derivadas se expresan simplemente a partir de las unidades SI básicas y suplementarias. Otras han recibido un nombre especial y un símbolo particular.

Si una unidad SI derivada puede expresarse de varias formas equivalentes utilizando, bien nombres de unidades básicas y suplementarias, o bien nombres especiales de otras unidades SI derivadas, se admite el empleo preferencial de ciertas combinaciones o de ciertos nombres especiales, con el fin de facilitar la distinción entre magnitudes que tengan las mismas dimensiones. Por ejemplo, el hertz se emplea para la frecuencia, con preferencia al segundo a la potencia menos uno, y para el momento de fuerza, se prefiere el newton metro al joule.

Unidades SI derivadas expresadas a partir de unidades básicas y suplementarias.

Magnitud	Nombre	Símbolo
Superficie	metro cuadrado	m ²
Volumen	metro cúbico	m ³
Velocidad	metro por segundo	m/s
Aceleración	metro por segundo cuadrado	m/s ²
Número de ondas	metro a la potencia menos uno	m ⁻¹
Masa en volumen	kilogramo por metro cúbico	kg/m ³
Velocidad angular	radián por segundo	rad/s
Aceleración angular	radián por segundo cuadrado	rad/s ²

Unidad de **velocidad** Un **metro por segundo** (m/s o m·s⁻¹) es la velocidad de un cuerpo que, con movimiento uniforme, recorre, una longitud de un metro en 1 segundo

Unidad de **aceleración** Un **metro por segundo cuadrado** (m/s² o m·s⁻²) es la aceleración de un cuerpo, animado de movimiento uniformemente variado, cuya velocidad varía cada segundo, 1 m/s.

Unidad de **número de ondas** Un **metro a la potencia menos uno** (m⁻¹) es el número de ondas de una radiación monocromática cuya longitud de onda es igual a 1 metro.

Unidad de **velocidad angular** Un **radián por segundo** (rad/s o rad·s⁻¹) es la velocidad de un cuerpo que, con una rotación uniforme alrededor de un eje fijo, gira en 1 segundo, 1 radián.

Unidad de **aceleración angular** Un **radián por segundo cuadrado** (rad/s^2 o $\text{rad}\cdot\text{s}^{-2}$) es la aceleración angular de un cuerpo animado de una rotación uniformemente variada alrededor de un eje fijo, cuya velocidad angular, varía 1 radián por segundo, en 1 segundo.

Unidades SI derivadas con nombres y símbolos especiales.

Magnitud	Nombre	Símbolo	Expresión en otras unidades SI	Expresión en unidades SI básicas
Frecuencia	hertz	Hz		s^{-1}
Fuerza	newton	N		$\text{m}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
Presión	pascal	Pa	$\text{N}\cdot\text{m}^{-2}$	$\text{m}^{-1}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
Energía, trabajo, cantidad de calor	joule	J	$\text{N}\cdot\text{m}$	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
Potencia	watt	W	$\text{J}\cdot\text{s}^{-1}$	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-3}$
Cantidad de electricidad carga eléctrica	coulomb	C		$\text{s}\cdot\text{A}$
Potencial eléctrico fuerza electromotriz	volt	V	$\text{W}\cdot\text{A}^{-1}$	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{A}^{-1}$
Resistencia eléctrica	ohm	Ω	$\text{V}\cdot\text{A}^{-1}$	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{A}^{-2}$
Capacidad eléctrica	farad	F	$\text{C}\cdot\text{V}^{-1}$	$\text{m}^{-2}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^4\cdot\text{A}^2$
Flujo magnético	weber	Wb	$\text{V}\cdot\text{s}$	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-1}$
Inducción magnética	tesla	T	$\text{Wb}\cdot\text{m}^{-2}$	$\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-1}$
Inductancia	henry	H	$\text{Wb}\cdot\text{A}^{-1}$	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-2}$

Unidad de **frecuencia** Un **hertz** (Hz) es la frecuencia de un fenómeno periódico cuyo periodo es 1 segundo.

Unidad de fuerza	Un newton (N) es la fuerza que, aplicada a un cuerpo que tiene una masa de 1 kilogramo, le comunica una aceleración de 1 metro por segundo cuadrado.
Unidad de presión	Un pascal (Pa) es la presión uniforme que, actuando sobre una superficie plana de 1 metro cuadrado, ejerce perpendicularmente a esta superficie una fuerza total de 1 newton.
Unidad de energía, trabajo, cantidad de calor	Un joule (J) es el trabajo producido por una fuerza de 1 newton, cuyo punto de aplicación se desplaza 1 metro en la dirección de la fuerza.
Unidad de potencia, flujo radiante	Un watt (W) es la potencia que da lugar a una producción de energía igual a 1 joule por segundo.
Unidad de cantidad de electricidad, carga eléctrica	Un coulomb (C) es la cantidad de electricidad transportada en 1 segundo por una corriente de intensidad 1 ampere.
Unidad de potencial eléctrico, fuerza electromotriz	Un volt (V) es la diferencia de potencial eléctrico que existe entre dos puntos de un hilo conductor que transporta una corriente de intensidad constante de 1 ampere cuando la potencia disipada entre estos puntos es igual a 1 watt.
Unidad de resistencia eléctrica	Un ohm (Ω) es la resistencia eléctrica que existe entre dos puntos de un conductor cuando una diferencia de potencial constante de 1 volt aplicada entre estos dos puntos produce, en dicho conductor, una corriente de intensidad 1 ampere, cuando no haya fuerza electromotriz en el conductor.
Unidad de capacidad eléctrica	Un farad (F) es la capacidad de un condensador eléctrico que entre sus armaduras aparece una diferencia de potencial eléctrico de 1 volt, cuando está cargado con una cantidad de electricidad igual a 1 coulomb.
Unidad de flujo magnético	Un weber (Wb) es el flujo magnético que, al atravesar un circuito de una sola espira produce en la misma una fuerza electromotriz de 1 volt si se anula dicho flujo en un segundo por decaimiento uniforme.
Unidad de inducción magnética	Una tesla (T) es la inducción magnética uniforme que, repartida normalmente sobre una superficie de 1 metro cuadrado, produce a través de esta superficie un flujo magnético total de 1 weber.

Unidad de **inductancia** Un **henry** (H) es la inductancia eléctrica de un circuito cerrado en el que se produce una fuerza electromotriz de 1 volt, cuando la corriente eléctrica que recorre el circuito varía uniformemente a razón de un ampere por segundo.

Unidades SI derivadas expresadas a partir de las que tienen nombres especiales

Magnitud	Nombre	Símbolo	Expresión en unidades SI básicas
Viscosidad dinámica	pascal segundo	Pa·s	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$
Entropía	joule por kelvin	J/K	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
Capacidad térmica másica	joule por kilogramo kelvin	J/(kg·K)	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
Conductividad térmica	watt por metro kelvin	W/(m·K)	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$
Intensidad del campo eléctrico	volt por metro	V/m	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$

Unidad de **viscosidad dinámica** Un **pascal segundo** (Pa·s) es la viscosidad dinámica de un fluido homogéneo, en el cual, el movimiento rectilíneo y uniforme de una superficie plana de 1 metro cuadrado, da lugar a una fuerza retardatriz de 1 newton, cuando hay una diferencia de velocidad de 1 metro por segundo entre dos planos paralelos separados por 1 metro de distancia.

Unidad de **entropía** Un **joule por kelvin** (J/K) es el aumento de entropía de un sistema que recibe una cantidad de calor de 1 joule, a la temperatura termodinámica constante de 1 kelvin, siempre que en el sistema no tenga lugar ninguna transformación irreversible.

Unidad de **capacidad térmica másica** Un **joule por kilogramo kelvin** (J/(kg·K)) es la capacidad térmica másica de un cuerpo homogéneo de una masa de 1 kilogramo, en el que el aporte de una cantidad de calor de un joule, produce una elevación de temperatura termodinámica de 1 kelvin.

Unidad de **conductividad térmica** Un **watt por metro kelvin** W/(m·K) es la conductividad térmica de un cuerpo homogéneo isótropo, en la que una diferencia de temperatura de 1 kelvin entre dos planos paralelos, de área 1 metro cuadrado y distantes 1 metro, produce entre estos planos un flujo térmico de 1 watt.

Unidad de **intensidad del campo eléctrico**

Un **volt por metro (V/m)** es la intensidad de un campo eléctrico, que ejerce una fuerza de 1 newton sobre un cuerpo cargado con una cantidad de electricidad de 1 coulomb.

Nombres y símbolos especiales de múltiplos y submúltiplos decimales de unidades SI autorizados

Magnitud	Nombre	Símbolo	Relación
Volumen	litro	l o L	$1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$
Masa	tonelada	t	10^3 kg
Presión y tensión	bar	bar	10^5 Pa

Unidades definidas a partir de las unidades SI, pero que no son múltiplos o submúltiplos decimales de dichas unidades.

Magnitud	Nombre	Símbolo	Relación
Ángulo plano	vuelta		$1 \text{ vuelta} = 2\pi \text{ rad}$
	grado	°	$(\pi/180) \text{ rad}$
	minuto de ángulo	'	$(\pi/10800) \text{ rad}$
	segundo de ángulo	"	$(\pi/648000) \text{ rad}$
Tiempo	minuto	min	60 s
	hora	h	3600 s
	día	d	86400 s

Unidades en uso con el Sistema Internacional cuyo valor en unidades SI se ha obtenido experimentalmente.

Magnitud	Nombre	Símbolo	Valor en unidades SI
Masa	unidad de masa atómica	u	$1,6605402 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Energía	electronvolt	eV	$1,60217733 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Múltiplos y submúltiplos decimales

Factor	Prefijo	Símbolo	Factor	Prefijo	Símbolo
10^{24}	yotta	Y	10^{-1}	deci	d
10^{21}	zeta	Z	10^{-2}	centi	c
10^{18}	exa	E	10^{-3}	mili	m
10^{15}	peta	P	10^{-6}	micro	μ
10^{12}	tera	T	10^{-9}	nano	n
10^9	giga	G	10^{-12}	pico	p
10^6	mega	M	10^{-15}	femto	f
10^3	kilo	k	10^{-18}	atto	a
10^2	hecto	h	10^{-21}	zepto	z
10^1	deca	da	10^{-24}	yocto	y

Escritura de los símbolos

Los símbolos de las Unidades SI, con raras excepciones como el caso del ohm (Ω), se expresan en caracteres romanos, en general, con minúsculas; sin embargo, si dichos símbolos corresponden a unidades derivadas de nombres propios, su letra inicial es mayúscula. Ejemplo, A de ampere, J de joule.

Los símbolos no van seguidos de punto, ni toman la s para el plural. Por ejemplo, se escribe 5 kg, no 5 kgs

Cuando el símbolo de un múltiplo o de un submúltiplo de una unidad lleva exponente, ésta afecta no solamente a la parte del símbolo que designa la unidad, sino al conjunto del símbolo. Por ejemplo, km^2 significa $(\text{km})^2$, área de un cuadrado que tiene un km de lado, o sea 10^6 metros cuadrados y nunca $\text{k}(\text{m}^2)$, lo que correspondería a 1000 metros cuadrados.

El símbolo de la unidad sigue al símbolo del prefijo, sin espacio. Por ejemplo, cm, mm, etc.

El producto de los símbolos de de dos o más unidades se indica con preferencia por medio de un punto, como símbolo de multiplicación. Por ejemplo, newton-metro se puede escribir N·m Nm, nunca mN, que significa milinewton.

Cuando una unidad derivada sea el cociente de otras dos, se puede utilizar la barra oblicua (/), la barra horizontal o bien potencias negativas, para evitar el denominador.

No se debe introducir en una misma línea más de una barra oblicua, a menos que se añadan paréntesis, a fin de evitar toda ambigüedad. En los casos complejos pueden utilizarse paréntesis o potencias negativas.

$$m/s \quad \frac{m}{s} \quad m \cdot s^{-1}$$

m/s^2 o bien $m \cdot s^{-2}$ pero no $m/s/s$. $(Pa \cdot s)/(kg/m^3)$ pero no $Pa \cdot s/kg/m^3$

Los nombres de las unidades debidos a nombres propios de científicos eminentes deben de escribirse con idéntica ortografía que el nombre de éstos, pero con minúscula inicial. No obstante, serán igualmente aceptables sus denominaciones castellanizadas de uso habitual, siempre que estén reconocidas por la Real Academia de la Lengua. Por ejemplo, amperio, voltio, faradio, culombio, julio, ohmio, voltio, watio, weberio.

Los nombres de las unidades toman una s en el plural (ejemplo 10 newtons) excepto las que terminan en s, x ó z.

En los números, la coma se utiliza solamente para separar la parte entera de la decimal. Para facilitar la lectura, los números pueden estar divididos en grupos de tres cifras (a partir de la coma, si hay alguna) estos grupos no se separan por puntos ni comas. Las separación en grupos no se utiliza para los números de cuatro cifras que designan un año.

—

Real Decreto 1317/1989, de 27 de octubre, por el que se establecen las Unidades Legales de Medida.

Mulero A., Suero M.A., Vielba A., Cuadros F. *El Sistema Internacional de Unidades ... en el supermercado*. Revista Española de Física, Vol 16, nº 5, 2002, págs. 41-45.

Giacomo P. *The new definition of the meter*. Am. J. Phys. 52 (7) July 1984, pp. 607-613