

CURSO CERO DE FÍSICA

SISTEMAS DE UNIDADES

María Angustias Auger
Departamento de Física



Universidad
Carlos III de Madrid
www.uc3m.es

CONTENIDO

- **Introducción**
- **Sistema Internacional de unidades**
- **Otros sistemas de unidades**
- **Análisis dimensional**
- **Factores de conversión**
- **Algunos enlaces Web**

INTRODUCCIÓN

Para tener información completa acerca de un fenómeno es necesaria una descripción cualitativa y cuantitativa del mismo.

Ejemplo: Lluvia

Descripción cualitativa: Esta tarde ha llovido en Madrid

Descripción cuantitativa: El volumen de lluvia ha sido de 50 l/m^2

Para cuantificar cualquier magnitud se requiere la asignación de un valor numérico referido a una unidad de medida tomada como patrón.

Un sistema de unidades es un conjunto consistente de unidades de medida.

Definen un conjunto básico de unidades de medida a partir del cual se derivan el resto.

INTRODUCCIÓN

Existen varios sistemas de unidades:

- **Sistema Internacional de Unidades (SI):** El más usado. Sus unidades básicas son: el metro, el kilogramo, el segundo, el ampere, el kelvin, la candela y el mol. Las demás unidades son derivadas del Sistema Internacional.
- **Sistema métrico decimal:** Primer sistema unificado de medidas.
- **Sistema cegesimal (CGS):** Sus unidades básicas son el centímetro, el gramo y el segundo.
- **Sistema natural:** En el cual las unidades se escogen de forma que ciertas constantes físicas valgan exactamente 1.
- **Sistema técnico de unidades:** Toma como magnitudes fundamentales la longitud, la fuerza, el tiempo y la temperatura.
- **Sistema anglosajón de unidades:** Utilizado en algunos países anglosajones, aunque muchos de ellos lo están reemplazando por el SI.

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

En el Sistema Internacional de unidades hay 7 magnitudes fundamentales:

- **Longitud:** El metro (m) es la distancia recorrida por la luz en el vacío en $1 / 299\,792\,458$ s.
- **Tiempo:** El segundo (s) es la duración de $9\,192\,631\,770$ veces el período de oscilación de la radiación del átomo ^{133}Cs .
- **Masa:** El kilogramo (kg) es la duración de $9\,192\,631\,770$ veces el período de oscilación de la radiación del átomo ^{133}Cs .
- **Mol:** El mol (mol) es la cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas entidades elementales como átomos hay en 0.012 kg de carbono.
- **Corriente eléctrica:** El ampere (A) es la corriente constante que, si se mantiene entre dos conductores paralelos de longitud infinita y sección transversal despreciable, situados en el vacío y separados 1m , produce entre ellos una fuerza de 2×10^{-7} N/m.
- **Temperatura:** El kelvin (K) es $1/273.16$ la temperatura termodinámica del punto triple del agua.
- **Intensidad luminosa:** La candela (cd) es la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} hertz y que posee una intensidad radiante en esa dirección de $1/683$ watts/estereorradián.

<http://physics.nist.gov/cuu/Units/current.html>

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

Unidades derivadas: Se expresan en términos de las unidades fundamentales.

Magnitud	Unidad de medida derivada	Unidad de medida (SI)
Area	metro cuadrado	m^2
Volumen	metro cúbico	m^3
Densidad	kilogramo por metro cúbico	kg / m^3
Velocidad	metro por segundo	m / s
Aceleración	metro por segundo al cuadrado	m / s^2
Fuerza	newton (N)	$1 N = 1 kg \cdot m / s^2$
Presión	Pascal (Pa)	$1 Pa = 1 N / m^2$
Trabajo, energía	julio (J)	$1 J = 1 N \cdot m$
Potencia	watio (W)	$1 W = 1 J/s$
Frecuencia	hercio (Hz)	$1 Hz = 1 s^{-1}$
Carga	culombio (C)	$1 C = 1 A \cdot s$
Potencial	voltio (V)	$1 V = 1 J / C$
Resistencia	ohmio (Ω)	$1 \Omega = 1 V / A$
Capacidad	faradio (F)	$1 F = 1 C / V$
Campo magnético	tesla (T)	$1 T = 1 N / (A \cdot m)$
Flujo magnético	weber (Wb)	$1 Wb = 1 T \cdot m^2$
Inductancia	henrio (H)	$1 H = 1 J / A^2$

OTROS SISTEMAS DE UNIDADES

SISTEMA MÉTRICO DECIMAL

El sistema métrico decimal es un sistema de unidades en el cual los múltiplos y submúltiplos de cada unidad de medida están relacionados entre sí por múltiplos o submúltiplos de 10.

Prefijos de las potencias de diez:

Potencia	Prefijo	Abreviatura
10^{24}	yotta	Y
10^{21}	zetta	Z
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

Potencia	Prefijo	Abreviatura
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
10^{-21}	zepto	z
10^{-24}	yocto	y

OTROS SISTEMAS DE UNIDADES

SISTEMA CEGESIMAL (CGS)

Es un sistema de unidades basado en el centímetro, el gramo y el segundo.

Su nombre es el acrónimo de estas tres unidades.

Magnitud	Nombre	Definición	Equivalencia (SI)
Longitud	centímetro	cm	0.01 m
Tiempo	segundo	s	1 s
Masa	gramo	g	1 g = 0.001 kg
Aceleración	gal	1 gal = 1 cm / s ²	0.01 m / s ²
Fuerza	dina	1 dina = 1 g·cm/ s ²	10 ⁻⁵ N
Trabajo, energía	ergio	1 erg = 1 dina·cm	10 ⁻⁷ J
Presión	baria	1 baria = 1 dina / cm ²	0.1 Pa
Flujo magnético	maxwell	1 Mx = 1 G·cm ²	10 ⁻⁸ Wb
Densidad de flujo magnético	gauss	1 G = 1 Mx / cm ²	10 ⁻⁴ T
Intensidad del campo magnético	oersted	Oe	(10 ³ / 4π) A / m

OTROS SISTEMAS DE UNIDADES

SISTEMA NATURAL

Este sistema mide varias de las magnitudes fundamentales del universo: tiempo, longitud, masa, carga eléctrica y temperatura. El sistema se define haciendo que estas cinco constantes físicas universales de la tabla tomen el valor 1 cuando se expresen ecuaciones y cálculos en dicho sistema.

Fue propuesto por primera vez en 1899 por Max Planck

Constante	Símbolo
Velocidad de la luz en el vacío	c
Constante de gravitación	G
Constante reducida de Planck	$\hbar = h/2\pi$, donde h es la constante de Planck
Constante de fuerza de Coulomb	$1/4\pi\epsilon_0$, donde ϵ_0 es la permitividad en el vacío
Constante de Boltzmann	k

La ventaja de usar este sistema de unidades es que simplifica mucho la estructura de las ecuaciones físicas, ya que elimina las constantes de proporcionalidad y hace que los resultados de las ecuaciones no dependan del valor de las constantes. Por otra parte, se pueden comparar mucho más fácilmente las magnitudes de distintas unidades.

OTROS SISTEMAS DE UNIDADES

SISTEMA TÉCNICO

Un sistema técnico de unidades es cualquier sistema de unidades en el que se toma como magnitudes fundamentales la longitud, la fuerza, el tiempo y la temperatura. No hay un sistema técnico normalizado de modo formal, pero normalmente se aplica este nombre específicamente al basado en el sistema métrico decimal que toma el metro o el centímetro como unidad de longitud, el kilopondio como unidad de fuerza, el segundo como unidad de tiempo y la caloría o la kilocaloría como unidad de cantidad de calor

Magnitud	Nombre	Definición	Equivalencia (SI)
Longitud	metro, centímetro	m, cm	1 m, 0.01 m
Tiempo	segundo	s	1 s
Masa	unidad técnica de masa	u.t.m.	1u.t.m. = 9.80665 kg
Fuerza	kilopondio o kilogramo-fuerza	kp, kgf	1kp = 9.80665 N = 1 daN
Temperatura	grado celsius	°C	$T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273.15$
Cantidad de calor	caloría	cal	1cal = 4.18 J
Trabajo, energía	kilopondímetro	kpm	1kpm = 9.80665 J
Presión	atmósfera técnica	1 at = 1 kgf/cm ²	1 at = 98066.5 Pa

OTROS SISTEMAS DE UNIDADES

SISTEMA ANGLOSAJÓN

Es el conjunto de las unidades no métricas que se utilizan actualmente en muchos territorios de habla inglesa, como Reino Unido, Estados Unidos y otros países con influencia anglosajona en América: Bahamas, Barbados, Jamaica, parte de México, Puerto Rico o Panamá. Pero existen discrepancias entre los sistemas de Estados Unidos y Reino Unido, e incluso sobre la diferencia de valores entre otros tiempos y ahora.

• Unidades de longitud:

Nombre	Definición	Equivalencia (SI)
mil	mil	1 mil = 25.4 μ m
pulgada	in	1 in = 1" = 10 ³ miles = 2.54·10 ⁻² m
pie	ft	1 ft = 1' = 12 in = 30.48 cm
yarda	yd	1 yd = 3 ft = 36 in = 91.44·10 ⁻² m
milla	mi	1 mi = 1609.344 m
legua	legua	1 legua = 3 mi = 4.828,032 m

OTROS SISTEMAS DE UNIDADES

SISTEMA ANGLOSAJÓN

• Unidades de superficie:

Nombre	Definición	Equivalencia (SI)
pulgada cuadrada	in ²	1 in ² = 6.4516·10 ⁻⁴ m ²
pie cuadrado	ft ²	1 ft ² = 144 in ² = 9.290304·10 ⁻² m ²
yarda cuadrada	yd ²	1 yd ² = 9 ft ² = 0.83612736 m ²
acre	ac	1 ac = 4046.8564224 m ²
milla cuadrada	mi ²	1 mi ² = 2.589988110336 m ²
legua cuadrada	legua ²	1 legua ² = 9 mi ² = 2.3309892993024·10 ⁷ m ²

• Unidades de volumen en sólidos:

Nombre	Definición	Equivalencia (SI)
pulgada cúbica	in ³	1 in ³ = 1.6387064·10 ⁻⁵ m ³
pie cúbico	ft ³	1 ft ³ = 144 in ³ = 0.028316846592 m ³
yarda cúbica	yd ³	1 yd ³ = 9 ft ³ = 0.764554857984 m ³
acre-pie	acre-pie	1 acre-pie = 1233.4818375475 m ³
milla cúbica	mi ³	1 mi ³ = 4.1681818254406·10 ⁹ m ³

OTROS SISTEMAS DE UNIDADES

SISTEMA ANGLOSAJÓN

Para medir volumen en líquidos existen discrepancias entre los sistemas de Estados Unidos y Reino Unido.

• Unidades de volumen en líquidos (EE.UU.):

Nombre	Definición	Equivalencia (SI)
onza líquida	fl oz	$1 \text{ fl oz} = 29.5735295625 \cdot 10^{-3} \text{ l}$
pinta	pt	$1 \text{ pt} = 16 \text{ fl oz} = 473.176473 \cdot 10^{-3} \text{ l}$
cuarto	qt	$1 \text{ qt} = 2 \text{ pt} = 946.352946 \cdot 10^{-3} \text{ l}$
galón	gal	$1 \text{ gal} = 4 \text{ qt} = 3.785411784 \text{ l}$
barril	barril	$1 \text{ barril} = 42 \text{ gal} = 158.987294928 \text{ l}$

• Unidades de volumen en líquidos (Reino Unido):

Nombre	Definición	Equivalencia (SI)
onza líquida	fl oz	$1 \text{ fl oz} = 28.4130625 \cdot 10^{-3} \text{ l}$
pinta	pt	$1 \text{ pt} = 20 \text{ fl oz} = 568.26125 \cdot 10^{-3} \text{ l}$
cuarto	qt	$1 \text{ qt} = 2 \text{ pt} = 1.1365225 \text{ l}$
galón	gal	$1 \text{ gal} = 4 \text{ qt} = 4.54609 \text{ l}$
barril	barril	$1 \text{ barril} = 35 \text{ gal} = 159.11315 \text{ l}$

ANÁLISIS DIMENSIONAL

La naturaleza física de una magnitud se denomina **dimensión**. Las tres dimensiones fundamentales son longitud, tiempo y masa, y se representan mediante letras mayúsculas: L, T y M, respectivamente. Las dimensiones de muchas magnitudes físicas se pueden expresar en función de estas tres dimensiones fundamentales.

Ejemplo: Dimensión de la distancia, d , entre 2 puntos: $[d] = L$. En esta ecuación, $[d]$ representa la dimensión de la distancia d y L representa la dimensión de longitud.

Las dimensiones se tratan como magnitudes algebraicas, de modo que dos magnitudes físicas sólo se pueden sumar si tienen las mismas dimensiones y, en una ecuación, los términos de ambos lados deben tener las mismas dimensiones.

Dimensiones de algunas magnitudes físicas:

Magnitud	Símbolo	Dimensión
Area	A	L^2
Volumen	V	L^3
Velocidad	v	L/T
Aceleración	a	L/T^2
Fuerza	F	ML/T^2
Presión	p	M/LT^2
Densidad	ρ	M/L^3
Energía	E	ML^2/T^2
Potencia	P	ML^2/T^3

FACTORES DE CONVERSIÓN

En ocasiones es necesario convertir las unidades de un sistema a otro o realizar conversiones dentro de un mismo sistema. Para ello multiplicamos las unidades de la magnitud que queremos convertir por un **factor de conversión**: una fracción igual a 1 con unidades diferentes en el numerador y en el denominador, y que nos permite obtener las unidades deseadas en el resultado final.

Ejemplo: Expresar en km/h la velocidad de propagación del sonido en aire a. $v_{\text{Sonido}} = 340 \text{ m/s}$.

En este caso usaremos 2 factores de conversión: uno para pasar de m a km y otro para pasar de segundos a horas:

$$340 \text{ m/s} = \frac{340 \text{ m}}{1 \text{ s}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 1224 \text{ km/h}$$

Curiosidad: Existen aviones militares que pueden romper la barrera del sonido. En la imagen, al alcanzarse la velocidad del sonido se produce una variación extrema de presión que produce la condensación del vapor de agua presente en el aire.

Algunos coches de Fórmula 1 también han roto la barrera del sonido.



FACTORES DE CONVERSIÓN

Ejemplo: La estatura de Marc Gasol es de 7' 1" para la NBA. ¿Cuál es su estatura en m ?

Se necesita usar 2 factores de conversión: uno para pasar de *pies* a m y otro para pasar de *pulgadas* a m :

$$7'1'' = 7' \cdot \frac{30.48 \cdot 10^{-2} m}{1'} + 1'' \cdot \frac{2.54 \cdot 10^{-2} m}{1''} = 2.1336 m + 0.0254 m = 2.159 m$$

Podemos expresar el resultado en m y cm :

$$2.159 m = 2m + 0.159 m = 2m + 0.159 m \cdot \frac{100 cm}{1m} = 2m + 15.9 cm \approx 2m 16 cm$$



ALGUNOS ENLACES WEB

- Centro Internacional de Pesos y Medidas: www.bipm.fr
- National Institute of Standards and Technology: www.NIST.gov
- Sistema Internacional de unidades: <http://physics.nist.gov/cuu/Units/index.html>
- Conversor de unidades gratuito: <http://joshmadison.com/convert-for-windows/>