

Unidades, estándares y el sistema SI

La medición de cualquier cantidad se efectúa con respecto a un estándar o unidad particular, y esta unidad debe especificarse junto con el valor numérico de la cantidad. Por ejemplo, podemos medir la longitud en unidades inglesas: pulgadas, pies o millas; o en el sistema métrico: centímetros, metros o kilómetros. Mencionar que la longitud de un objeto particular es de 18.6 no tiene sentido. Debe especificarse la unidad; es claro que 18.6 metros es muy diferente de 18.6 pulgadas o 18.6 milímetros.

Para cualquier unidad que utilicemos, como el metro para distancia y el segundo para tiempo, tenemos que establecer un estándar que defina exactamente cuánto es un metro o un segundo. Es importante que los estándares elegidos sean fácilmente reproducibles, de manera que cualquiera que necesite realizar una medición muy precisa pueda remitirse al estándar en el laboratorio.

Longitud

El primer estándar internacional real fue el **metro** (que se abrevia m), establecido como el estándar de **longitud** por la Academia Francesa de Ciencias en la década de 1790. El metro estándar se eligió originalmente como la diezmillonésima parte de la distancia del ecuador de la Tierra a uno de sus polos, y se fabricó una barra de platino para representar dicha longitud. (Muy burdamente, un metro es la distancia de la punta de la nariz a la punta de los dedos, con el brazo y la mano estirados hacia el lado).

Dato curioso #1 Las mediciones modernas de la circunferencia de la Tierra revelan que la longitud propuesta tiene un error de aproximadamente 1/50 del 1%. ¡Nada mal!

En 1889 el metro se definió con más precisión como la distancia entre dos marcas finamente grabadas sobre una barra particular de aleación platino-iridio. En 1960, para dar mayor precisión y facilidad de reproducción, el metro se redefinió como 1,650,763.73 longitudes de onda de una luz anaranjada particular emitida por el gas kriptón 86. En 1983 el metro se redefinió nuevamente, esta vez en términos de la rapidez de la luz (cuyo mejor valor medido en términos de la antigua definición del metro fue de 299,792,458 m/s, con una incertidumbre de 1 m/s). La nueva definición indica lo siguiente: "El metro es la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de $1/299,792,458$ de un segundo".

Dato curioso #2 La nueva definición del metro tiene el efecto de dar a la rapidez de la luz el valor exacto de 299,792,458 m/s.

Las unidades inglesas de longitud (pulgada, pie, milla) se definen ahora en términos del metro. La pulgada (in) se define como precisamente 2.54 centímetros ($1\text{cm} = 0.01\text{m}$). A continuación se muestran algunas longitudes características, desde muy pequeñas hasta muy grandes, redondeadas a la potencia de diez más cercana.

Algunas longitudes o distancias comunes (orden de magnitud)

Longitud (o distancia)	Metros (aproximados)
Neutrón o protón (diámetro)	$10^{-15} m$
Átomo (diámetro)	$10^{-10} m$
Virus	$10^{-7} m$
Hoja de papel (espesor)	$10^{-4} m$
Ancho de un dedo	$10^{-2} m$
Longitud de un campo de fútbol	$10^2 m$
Altura del monte Everest	$10^4 m$
Diámetro de la Tierra	$10^7 m$
Distancia de la Tierra al Sol	$10^{11} m$
De la Tierra a la estrella más cercana	$10^{16} m$
De la Tierra a la galaxia más cercana	$10^{22} m$
De la Tierra a la galaxia visible más alejada	$10^{26} m$

Tiempo

La unidad estándar de **tiempo** es el **segundo** (s). Durante muchos años, el segundo se definió como

$\frac{1}{86,400}$ de un día solar medio $\left(\frac{24 h}{1 día} \times \frac{60 min}{1 h} \times \frac{60 s}{1 min} \right) = 86,400 \frac{s}{día}$. El segundo estándar se define

ahora con mayor precisión en términos de la frecuencia de la radiación emitida por átomos de cesio, cuando éstos pasan entre dos estados particulares de energía. [Específicamente, un segundo se define como el tiempo requerido para completar 9,192,631,770 periodos de esta radiación]. Por definición, se tienen 60 s en un minuto (min) y 60 minutos en una hora (h). La siguiente tabla muestra un rango de intervalos de tiempo medidos, redondeados a la potencia de diez más cercana.

Algunos intervalos comunes

Intervalo	Segundos (aproximados)
Vida de una partícula subatómica muy inestable	$10^{-23} s$
Vida de elementos radiactivos	$10^{-22} s$ a $10^{28} s$
Vida de un muón	$10^{-6} s$
Tiempo entre latidos del corazón humano	$10^0 s = 1 s$
Un día	$10^5 s$

Algunos intervalos comunes

Intervalo	Segundos (aproximados)
Un año	$3 \times 10^7 s$
Vida humana	$2 \times 10^9 s$
Tiempo de la historia registrada	$10^{11} s$
Seres humanos en la Tierra	$10^{14} s$
Vida sobre la Tierra	$10^{17} s$
Edad del Universo	$10^{18} s$

Masa

La unidad estándar de masa es el kilogramo (kg). La masa estándar es un cilindro particular de platino-iridio, que se mantiene en la Oficina Internacional de Pesos y Medidas, cerca de París, Francia, y cuya masa se define como 1 kg exactamente. La siguiente tabla presenta un rango de masas encontrado en el Universo. [Para fines prácticos, 1 kg pesa cerca de 2.2 libras en la Tierra].

Dato curioso Al tratar con átomos y moléculas, comúnmente usamos la unidad unificada de masa atómica (u). En términos del kilogramo, $1 u = 1.6605 \times 10^{-27} kg$.

Algunas masas

Objeto	Kilogramos (aproximados)
Electrón	$10^{-30} kg$
Protón, neutrón	$10^{-27} kg$
Molécula de ADN	$10^{-17} kg$
Bacteria	$10^{-15} kg$
Mosquito	$10^{-5} kg$
Ciruela	$10^{-1} kg$
Ser humano	$10^2 kg$
Barco	$10^8 kg$
Planeta Tierra	$6 \times 10^{24} kg$
Sol	$2 \times 10^{30} kg$
Galaxia	$10^{41} kg$

Prefijos de unidades

En el sistema métrico, las unidades más grandes y más pequeñas se definen en múltiplos de 10 de la unidad estándar, lo cual facilita los cálculos. Así, 1 kilómetro (km) es igual a 1000m, 1 centímetro es igual a $\frac{1}{100} m$, 1 milímetro (mm) es igual a $\frac{1}{1000} m$ o $\frac{1}{10} cm$, etcétera. La siguiente tabla muestra una lista de prefijos que pueden aplicarse no sólo a unidades de longitud, sino también a unidades de volumen, masa o cualquier otra unidad métrica. Por ejemplo, un centilitro (cL) es igual a $\frac{1}{100} litros$ (L), y un kilogramo (kg) es igual a 1000 gramos (g).

Prefijos métricos (SI)		
Prefijo	Abreviatura	Valor
yotta	Y	10^{24}
zetta	Z	10^{21}
exa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	k	10^3
hecto	h	10^2
deca	da	10^1
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}
fetmo	f	10^{-15}
ato	a	10^{-18}
zepto	z	10^{-21}
docto	y	10^{-24}

Sistemas de unidades

Al tratar con las leyes y ecuaciones de la física es muy importante usar un conjunto consistente de unidades. A lo largo de los años se han utilizado distintos sistemas de unidades. Actualmente el sistema de unidades más importante es el **Sistema Internacional** (Système International), que se abrevia SI. En unidades SI, el estándar de longitud es el metro, el estándar de tiempo es el segundo y el estándar para la masa es el kilogramo. Este sistema solía llamarse sistema MKS (metro-kilogramo-segundo).

Un segundo sistema métrico es el **sistema cgs**, en el que el centímetro, el gramo y el segundo son las unidades estándares de longitud, masa y tiempo, respectivamente. El **sistema de ingeniería inglés** tiene como estándares el pie para longitud, la libra para peso y el segundo para tiempo.

En esta asignatura se dará preponderancia al sistema internacional (SI).

Cantidades básicas versus cantidades derivadas

Las cantidades físicas se dividen en dos categorías: cantidades básicas y cantidades derivadas. Las unidades correspondientes para tales cantidades se llaman unidades básicas y unidades derivadas. Una cantidad básica debe definirse en términos de un estándar. Por simplicidad, los científicos buscan el menor número posible de cantidades básicas, consistentes con una descripción completa del mundo físico. Se han definido siete unidades básicas y sus unidades en el SI se muestran en la siguiente tabla. Todas las demás cantidades de la física se definen en términos de estas siete cantidades básicas y, por consiguiente, se llaman cantidades derivadas.

Dato curioso Las únicas excepciones son para ángulos (grados, radianes) y ángulos sólidos (estereorradián). No se ha llegado a un acuerdo general sobre si estas cantidades son básicas o derivadas.

Un ejemplo de una cantidad derivada es la rapidez, que se define como la distancia recorrida dividida entre el tiempo que toma recorrer esa distancia. Para definir cualquier cantidad, sea ésta básica o derivada, especificamos una regla o un procedimiento, y a esto se le llama una definición operacional.

Cantidades básicas y unidades SI		
Cantidad	Unidad	Abreviatura de la unidad
Longitud	metro	m
Tiempo	segundo	s
Masa	kilogramo	kg
Corriente eléctrica	amperio (ampere)	A
Temperatura	kelvin	K
Cantidad de sustancia	mol	mol

Cantidades básicas y unidades SI

Cantidad	Unidad	Abreviatura de la unidad
Intensidad luminosa	candela	cd