

kilogramos de carbono 12. Esta definición se refiere a átomos de carbono 12 no ligados, en reposo y en su estado fundamental.

Cuando se emplee el mol, deben especificarse las entidades elementales, que pueden ser átomos, moléculas, iones, electrones u otras partículas o grupos especificados de tales partículas.

De aquí resulta que la masa molar del carbono 12 es igual a 12 g por mol, exactamente, $M(^{12}\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$.

2.7 Unidad de intensidad luminosa (candela, cd): La candela es la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} hercios y cuya intensidad energética en dicha dirección de 1/683 vatios por estereorradián.

De aquí resulta que la eficacia luminosa espectral de una radiación monocromática de frecuencia igual a 540×10^{12} hercios es igual a 683 lúmenes por vatio, exactamente, $K = 683 \text{ lm/W} = 683 \text{ cd sr/W}$.

CAPÍTULO II

Unidades derivadas del SI

1. Las unidades derivadas se forman a partir de productos de potencias de unidades básicas. Las unidades derivadas coherentes son productos de potencias de unidades básicas en las que no interviene ningún factor numérico más que el 1. Las unidades básicas y las unidades derivadas coherentes del SI forman un conjunto coherente, denominado conjunto de unidades SI coherentes.

2. El número de magnitudes utilizadas en el campo científico no tiene límite; por tanto no es posible establecer una lista completa de magnitudes y unidades derivadas. Sin embargo, la tabla 2 presenta algunos ejemplos de magnitudes derivadas y las unidades derivadas coherentes correspondientes, expresadas directamente en función de las unidades básicas.

Tabla 2

Ejemplos de unidades SI derivadas coherentes expresadas a partir de las unidades básicas

Magnitud derivada		Unidad SI derivada coherente	
Nombre	Símbolo	Nombre	Símbolo
Área, superficie.	A	Metro cuadrado.	m ²
Volumen.	V	Metro cúbico.	m ³
Velocidad.	v	Metro por segundo.	m/s
Aceleración.	a	Metro por segundo cuadrado.	m/s ²
Número de ondas.	$\sigma, \tilde{\nu}$	Metro a la potencia menos uno.	m ⁻¹
Densidad, masa en volumen.	ρ	Kilogramo por metro cúbico.	kg/m ³
Densidad superficial.	ρ_A	Kilogramo por metro cuadrado.	kg/m ²
Volumen específico.	v	Metro cúbico por kilogramo.	m ³ /kg
Densidad de corriente.	j	Amperio por metro cuadrado.	A/m ²
Campo magnético.	H	Amperio por metro.	A/m
Concentración de cantidad de sustancia ^(a) , concentración.	c	Mol por metro cúbico.	mol/m ³
Concentración másica.	ρ, γ	Kilogramo por metro cúbico.	kg/m ³
Luminancia.	L_v	Candela por metro cuadrado.	cd/m ²
Índice de refracción ^(b) .	N	Uno.	1
Permeabilidad relativa ^(b) .	μ_r	Uno.	1

(a) En el campo de la química clínica, esta magnitud se llama también concentración de sustancia.

(b) Son magnitudes adimensionales o magnitudes de dimensión uno. El símbolo «1» de la unidad (el número «uno») generalmente se omite cuando se indica el valor de las magnitudes adimensionales.

3. Por conveniencia, ciertas unidades derivadas coherentes han recibido nombres y símbolos especiales. Se recogen en la tabla 3. Estos nombres y símbolos especiales pueden utilizarse con los nombres y los símbolos de las unidades básicas o derivadas para expresar las unidades de otras magnitudes derivadas. Algunos ejemplos de ello figuran en la tabla 4. Los nombres y símbolos especiales son una forma compacta de expresar combinaciones de unidades básicas de uso frecuente, pero en muchos casos sirven también para recordar la magnitud en cuestión. Los prefijos SI pueden emplearse con cualquiera de los nombres y símbolos especiales, pero al hacer esto la unidad resultante no será una unidad coherente. En la última columna de las tablas 3 y 4 se muestra cómo pueden expresarse las unidades SI mencionadas en función de las unidades SI básicas. En esta columna, los factores de la forma m^0 , kg^0 , etc., que son iguales a 1, no se muestran explícitamente.

Tabla 3

Unidades SI derivadas coherentes con nombres y símbolos especiales

Magnitud derivada	Unidad SI derivada coherente (a)			
	Nombre	Símbolo	Expresión mediante otras unidades SI	Expresión en unidades SI básicas
Ángulo plano.	Radián ^(b) .	rad	1 ^(b)	m/m
Ángulo sólido.	Estereorradián ^(b) .	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
Frecuencia.	Hercio ^(d) .	Hz	–	s ⁻¹
Fuerza.	Newton.	N	–	m kg s ⁻²
Presión, tensión.	Pascal.	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
Energía, trabajo, cantidad de calor.	Julio.	J	N m	m ² kg s ⁻²
Potencia, flujo energético.	Vatio.	W	J/s	m ² kg s ⁻³
Carga eléctrica, cantidad de electricidad.	Culombio.	C	–	s A
Diferencia de potencial eléctrico, fuerza electromotriz.	Voltio.	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
Capacidad eléctrica.	Faradio.	F	C/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
Resistencia eléctrica.	Ohmio.	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
Conductancia eléctrica.	Siemens.	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
Flujo magnético ^(g) .	Weber.	Wb	V s	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
Densidad de flujo magnético ^(h) .	Tesla.	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
Inductancia.	Henrio.	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
Temperatura celsius.	Grado celsius ^(e) .	°C	–	K
Flujo luminoso.	Lumen.	lm	cd sr ^(c)	cd
Iluminancia.	Lux.	lx	lm/m ²	m ⁻² cd
Actividad de un radionucleido ^(f) .	Becquerele ^(d) .	Bq	–	s ⁻¹
Dosis absorbida, energía másica (comunicada), kerma.	Gray.	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
Dosis equivalente, dosis equivalente ambiental, dosis equivalente direccional, dosis equivalente individual.	Sievert.	Sy	J/kg	m ² s ⁻²
Actividad catalítica.	Katal.	kat	–	s ⁻¹ mol

(a) Los prefijos SI pueden emplearse con cualquiera de los nombres y símbolos especiales, pero en este caso la unidad resultante no es una unidad coherente.

(b) El radián y el estereorradián son nombres especiales del número uno, que pueden usarse para proporcionar información respecto a la magnitud a que afectan. En la práctica, los símbolos rad y sr se emplean donde sea apropiado, mientras que el símbolo de la unidad derivada «uno» generalmente no se menciona cuando se dan valores de magnitudes adimensionales.

(c) En fotometría, se mantiene generalmente el nombre estereorradián y el símbolo sr, en la expresión de las unidades.

(d) El hercio sólo se utiliza para los fenómenos periódicos y el becquerel para los procesos estocásticos relacionados con la actividad de un radionucleído.

- (e) El grado Celsius es el nombre especial del kelvin empleado para expresar las temperaturas Celsius. El grado Celsius y el kelvin tienen la misma magnitud, por lo que el valor numérico de una diferencia de temperatura o de un intervalo de temperatura es idéntico cuando se expresa en grados Celsius o en kelvin. La temperatura Celsius t viene definida por la diferencia $t = T - T_0$, entre dos temperaturas termodinámicas T y T_0 , siendo $T_0 = 273,15$ K.
- (f) La actividad de un radionucléido se llama a veces de forma incorrecta radioactividad.
- (g) Al flujo magnético también se le conoce como flujo de inducción magnética.
- (h) A la densidad de flujo magnético también se la conoce como inducción magnética.

Tabla 4

Ejemplos de unidades SI derivadas coherentes cuyos nombres y símbolos contienen unidades SI derivadas coherentes con nombres y símbolos especiales

Magnitud derivada	Unidad SI derivada coherente		
	Nombre	Símbolo	Expresión en unidades SI básicas
Viscosidad dinámica.	Pascal segundo.	Pa s	$m^{-1} kg s^{-1}$
Momento de una fuerza.	Newton metro.	N m	$m^2 kg s^{-2}$
Tensión superficial.	Newton por metro.	N/m	$kg s^{-2}$
Velocidad angular.	Radián por segundo.	rad/s	$m m^{-1} s^{-1} = s^{-1}$
Aceleración angular.	Radián por segundo cuadrado.	rad/s ²	$m m^{-1} s^{-2} = s^{-2}$
Densidad superficial de flujo térmico, irradiancia.	Vatio por metro cuadrado.	W/m ²	$kg s^{-3}$
Capacidad térmica, entropía.	Julio por kelvin.	J/K	$m^2 kg s^{-2} K^{-1}$
Capacidad térmica másica, entropía másica.	Julio por kilogramo y kelvin.	J/(kg K)	$m^2 s^{-2} K^{-1}$
Energía másica.	Julio por kilogramo.	J/kg	$m^2 s^{-2}$
Conductividad térmica.	Vatio por metro y kelvin.	W/(m K)	$m kg s^{-3} K^{-1}$
Densidad de energía.	Julio por metro cúbico.	J/m ³	$m^{-1} kg s^{-2}$
Campo eléctrico.	Voltio por metro.	V/m	$m kg s^{-3} A^{-1}$
Densidad de carga eléctrica.	Culombio por metro cúbico.	C/m ³	$m^{-3} s A$
Densidad superficial de carga eléctrica.	Culombio por metro cuadrado.	C/m ²	$m^{-2} s A$
Densidad de flujo eléctrico, desplazamiento eléctrico.	Culombio por metro cuadrado.	C/m ²	$m^{-2} s A$
Permitividad.	Faradio por metro.	F/m	$m^{-3} kg^{-1} s^4 A^2$
Permeabilidad.	Henrio por metro.	H/m	$m kg s^{-2} A^{-2}$
Energía molar.	Julio por mol.	J/mol	$m^2 kg s^{-2} mol^{-1}$
Entropía molar, capacidad calorífica molar.	Julio por mol y kelvin.	J/(mol K)	$m^2 kg s^{-2} K^{-1} mol^{-1}$
Exposición (rayos x y γ).	Culombio por kilogramo.	C/kg	$Kg^{-1} s A$
Tasa de dosis absorbida.	Gray por segundo.	Gy/s	$m^2 s^{-3}$
Intensidad radiante.	Vatio por estereorradián.	W/sr	$m^4 m^{-2} kg s^{-3} = m^2 kg s^{-3}$
Radiancia.	Vatio por metro cuadrado y estereorradián.	W/(m ² sr)	$m^2 m^{-2} kg s^{-3} = kg s^{-3}$
Concentración de actividad catalítica.	Katal por metro cúbico.	kat/m ³	$m^{-3} s^{-1} mol$

4. Los valores de varias magnitudes diferentes pueden expresarse mediante el mismo nombre y símbolo de unidad SI. De esta forma el julio por kelvin es el nombre de la unidad SI para la magnitud capacidad térmica así como para la magnitud entropía. Igualmente, el amperio es el nombre de la unidad SI tanto para la magnitud básica intensidad de corriente eléctrica como para la magnitud derivada fuerza magnetomotriz. Por lo tanto no basta con utilizar el nombre de la unidad para especificar la magnitud. Esta regla es aplicable no sólo a los textos científicos y técnicos sino también, por ejemplo, a los instrumentos de medida (es decir, deben indicar tanto la unidad como la magnitud medida).

5. Una unidad derivada puede expresarse de varias formas diferentes utilizando unidades básicas y unidades derivadas con nombres especiales: el julio, por ejemplo, puede escribirse newton metro o bien kilogramo metro cuadrado por segundo cuadrado. Esta libertad algebraica

queda en todo caso limitada por consideraciones físicas de sentido común y, según las circunstancias, ciertas formas pueden resultar más útiles que otras. En la práctica, para facilitar la distinción entre magnitudes diferentes que tienen la misma dimensión, se prefiere el uso de ciertos nombres especiales de unidades o combinaciones de nombres. Usando esta libertad, se pueden elegir expresiones que recuerden cómo está definida la magnitud. Por ejemplo, la magnitud momento de una fuerza puede considerarse como el resultado del producto vectorial de una fuerza por una distancia, lo que sugiere emplear la unidad newton metro, la energía por unidad de ángulo aconseja emplear la unidad julio por radián, etc. La unidad SI de frecuencia es el hercio, que implica ciclos por segundo, la unidad SI de velocidad angular es el radián por segundo y la unidad SI de actividad es el becquerel, que implica cuentas por segundo. Aunque sería formalmente correcto escribir estas tres unidades como segundo a la potencia menos uno, el empleo de nombres diferentes sirve para subrayar la diferente naturaleza de las magnitudes consideradas. El hecho de utilizar la unidad radián por segundo para expresar la velocidad angular y el hercio para la frecuencia, indica también que debe multiplicarse por 2π el valor numérico de la frecuencia en hercio para obtener el valor numérico de la velocidad angular correspondiente en radianes por segundo. En el campo de las radiaciones ionizantes, la unidad SI de actividad es el becquerel en vez del segundo elevado a la potencia menos uno, y las unidades SI de dosis absorbida y dosis equivalente, respectivamente, son gray y sievert, en vez de julio por kilogramo. Los nombres especiales becquerel, gray y sievert se han introducido específicamente en atención a los peligros para la salud humana que podrían resultar de errores en el caso de que para identificar a todas estas magnitudes se empleasen las unidades segundo a la menos uno y julio por kilogramo.

6. Ciertas magnitudes se definen por cociente de dos magnitudes de la misma naturaleza; son por tanto adimensionales, o bien su dimensión puede expresarse mediante el número uno. La unidad SI coherente de todas las magnitudes adimensionales o magnitudes de dimensión uno, es el número uno, dado que esta unidad es el cociente de dos unidades SI idénticas. El valor de estas magnitudes se expresa por números y la unidad «uno» no se menciona explícitamente. Como ejemplo de tales magnitudes, se pueden citar, el índice de refracción, la permeabilidad relativa o el coeficiente de rozamiento. Hay otras magnitudes definidas como un producto complejo y adimensional de magnitudes más simples. Por ejemplo, entre los «números característicos» cabe citar el número de Reynolds $Re = \rho v l / \eta$, en donde ρ es la densidad, η la viscosidad dinámica, v la velocidad y l la longitud. En todos estos casos, la unidad puede considerarse como el número uno, unidad derivada adimensional. Otra clase de magnitudes adimensionales son los números que representan una cuenta, como el número de moléculas, la degeneración (número de niveles de energía) o la función de partición en termodinámica estadística (número de estados accesibles térmicamente). Todas estas magnitudes de recuento se consideran adimensionales o de dimensión uno y tienen por unidad la unidad SI uno, incluso si la unidad de las magnitudes que se cuentan no puede describirse como una unidad derivada expresable en unidades básicas del SI. Para estas magnitudes, la unidad uno podría considerarse como otra unidad básica. En algunos casos, sin embargo, a esta unidad se le asigna un nombre especial, a fin de facilitar la identificación de la magnitud en cuestión. Este es el caso del radián y del estereorradián. El radián y el estereorradián han recibido de la CGPM un nombre especial para la unidad derivada coherente uno, a fin de expresar los valores del ángulo plano y del ángulo sólido, respectivamente, y en consecuencia figuran en la tabla 3.

CAPÍTULO III

Reglas de escritura de los símbolos y nombres de las unidades, de expresión de los valores de las magnitudes y para la formación de los múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades del SI

1. Reglas de escritura de los símbolos y nombres de las unidades.

1.1 Los símbolos de las unidades se imprimen en caracteres romanos (rectos), independientemente del tipo de letra empleada en el texto adyacente. Se escriben en