

Appendice B

Unità SI e fattori di conversione

Nelle scienze le misure e le grandezze fisiche si esprimono nel **sistema metrico**, che è un sistema di unità che fu definito dall'Accademia Nazionale di Francia nel 1790. Nel sistema metrico ci sono diversi sottosistemi di unità; in un tentativo internazionale di uniformare il tutto, nel 1960 nella Conferenza Generale su Pesi e Misure fu adottato il Sistema Internazionale di Unità (abbreviato SI, dal francese *Système International d'Unités*), come le *uniche* unità raccomandate nella scienza e nella tecnologia. Il sistema di unità SI è costruito a partire da un insieme di unità fondamentali. Le sei unità che si usano frequentemente in chimica generale sono riportate nella **Tabella B.1**. Ogni unità ha una definizione tecnica, che serve a definirla senza ambiguità e in modo riproducibile. Di seguito diamo la definizione tecnica di alcune delle unità SI più usate in chimica, e anche la relazione col sistema di misure ancora usato nei paesi anglosassoni, ma di scarso interesse in Italia:

1. **Lunghezza:** Nel 1983, il metro è stato ridefinito come la distanza che la luce percorre nel vuoto in $1/299\,792\,458$ secondi. Un metro è equivalente a 1,0936 yarde, o 39,370 pollici. Quindi un bastone di un metro è più lungo di un bastone di una yarda di circa 3 pollici.
2. **Massa:** Il kilogrammo è l'unica unità SI ancora oggi basata su un oggetto costruito (**Figura B.1**). Anche se per il kilogrammo sono state proposte varie definizioni non

basate su uno specifico oggetto, nessuna di queste è stata ancora adottata ufficialmente. Un kilogrammo è equivalente a 2,2046 libbre. La massa di una sostanza si determina bilanciandola rispetto a un gruppo di masse standard, con l'uso di una bilancia.

3. **Temperatura:** Il kelvin, l'unità di temperatura termodinamica, è la frazione $1/273,15$ della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua. Nella scala Celsius, il punto di congelamento dell'acqua a 760 Torr è $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e il suo punto di ebollizione a 760 Torr è $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Le scale Kelvin e Celsius sono collegate dall'equazione (Capitolo 1)

$$T/\text{K} = t/^{\circ}\text{C} + 273,15 \quad (\text{B.1})$$

Ricordiamo che nella scala Fahrenheit il punto di congelamento dell'acqua è $32\text{ }^{\circ}\text{F}$ e il suo punto di ebollizione (a livello del mare) è $212\text{ }^{\circ}\text{F}$. La relazione fra le scale Celsius e Fahrenheit è data da

$$t/^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t/^{\circ}\text{F} - 32) \quad (\text{B.2})$$

Quindi, per esempio, $50\text{ }^{\circ}\text{F}$ corrispondono a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $86\text{ }^{\circ}\text{F}$ corrispondono a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Si noti che il simbolo del kelvin è K e non $^{\circ}\text{K}$.

4. **Quantità di sostanza:** La mole è l'ammontare di sostanza che contiene lo stesso numero di entità elementari del numero di atomi contenuti esattamente in $0,012\text{ kg}$ di carbonio-12 (Capitolo 11).

Una caratteristica importante del sistema di unità SI è l'uso di prefissi per indicare i multipli delle unità fondamentali (**Tabella B.2**).

Le unità di tutte le grandezze non elencate nella Tabella B.1 si ottengono come combinazioni delle unità SI fondamentali, e sono chiamate **unità derivate**. Le unità derivate usate più spesso in chimica generale sono riportate nella **Tabella B.3**. Molte di queste unità potrebbero non esservi familiari, a meno che non abbiate già seguito il corso di fisica. Per esempio l'unità di forza SI è il **newton** (N), definito come la

Tabella B.1

Alcune delle unità fondamentali SI

Grandezza fisica	Nome dell'unità	Simbolo
lunghezza	metro	m
massa	kilogrammo	kg
tempo	secondo	s
temperatura	kelvin	K
quantità di sostanza	mole	mol
corrente elettrica	ampere	A



Figura B.1

Attualmente negli Stati Uniti lo standard fondamentale per misurare le masse è il Prototipo Nazionale U.S. del kilogrammo. Esso è periodicamente ricertificato rispetto al kilogrammo standard internazionale, conservato al *Bureau International des Poids et Mesures* a Sèvres, in Francia (nella fotografia).

Tabella B.2

Alcune delle unità fondamentali SI

Prefisso	Simbolo	Multiplo	Esempio
peta-	P	10^{15}	petajoule, 1 PJ = 10^{15} J
tera-	T	10^{12}	terawatt, 1 TW = 10^{12} W
giga-	G	10^9	gigavolt, 1 GV = 10^9 V
mega-	M	10^6	megawatt, 1 MW = 10^6 W
kilo-	k	10^3	kilometro, 1 km = 10^3 m
etto-	h	10^2	ettometro, 1 hm = 10^2 m
deca-	da	10^1	decagrammo, 1 dag = 10^1 g
deci-	d	10^{-1}	decimetro, 1 dm = 10^{-1} m
centi-	c	10^{-2}	centimetro, 1 cm = 10^{-2} m
milli-	m	10^{-3}	millimole, 1 mmol = 10^{-3} mol
micro-	μ^*	10^{-6}	microampere, 1 μ A = 10^{-6} A
nano-	n	10^{-9}	nanosecondo, 1 ns = 10^{-9} s
pico-	p	10^{-12}	picometro, 1 pm = 10^{-12} m
femto-	f	10^{-15}	femtosecondo, 1 fs = 10^{-15} s
atto-	a	10^{-18}	attojoule, 1 aJ = 10^{-18} J

* μ è la lettera greca chiamata mu**Tabella B.3**

Nomi e simboli di unità derivate SI

Grandezza	Unità	Simbolo	Definizione
area	metro quadrato	m^2	
volume	metro cubo	m^3	
massa	tonnellata	t	10^3 kg
densità	kilogrammi per metro cubo	$kg \cdot m^{-3}$	
velocità	metri al secondo	$m \cdot s^{-1}$	
frequenza	hertz	Hz	s^{-1} (cicli al secondo)
forza	newton	N	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$
pressione	pascal	Pa	$N \cdot m^{-2} = kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$
energia	joule	J	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} = N \cdot m$
carica elettrica	coulomb	C	A·s
differenza di potenziale elettrico	volt	V	$J \cdot A^{-1} \cdot s^{-1} = kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$

forza necessaria per imprimere a un corpo di 1 kg un'accelerazione di $1 m \cdot s^{-2}$. L'unità di pressione SI è il **pascal** (Pa). La pressione è la forza diviso superficie, e il pascal è definito come la pressione prodotta da una forza di 1 N esercitata su un'area di $1 m^2$. L'unità di energia SI è il **joule** (J). Il joule è l'energia che una massa acquista quando è trascinata da una forza di 1 N per una distanza di 1 m. Abbiamo quindi $J = N \cdot m$, o $J = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$.

Sebbene il sistema SI stia diventando gradualmente il sistema di unità universalmente accettato, spesso si usano ancora un certo numero di vecchie unità (**Tabella B.4**). Per esem-

pio, il volume di solito è espresso in **litri** (L). Il litro è definito come un decimetro cubo, ed è appena più grande di un quart (quarto di gallone), perché equivale a 1,0567 qt. Nel vostro laboratorio la vetreria è misurata in millilitri (mL). Un millilitro è equivalente a un centimetro cubo (cm^3).

Negli Stati Uniti l'unità di pressione SI, il pascal, è usata raramente. Le unità di pressione usate più spesso sono l'**atmosfera** (atm), il **bar** e il **Torr** – che è lo stesso che **millimetri di mercurio** (mmHg). L'unità di pressione inglese è **libbre per pollice quadrato** (psi). Le definizioni di queste unità sono riportate nella Tabella 13.1.

Tabella B.4

Unità non SI di uso comune

Grandezza	Unità	Simbolo	Definizione SI
lunghezza	ångström	Å	10^{-10} m
lunghezza	micron	μ	10^{-6} m = 1 μm
volume	litro	L	10^{-3} m ³
energia	caloria	cal	4,184 J
energia	Caloria alimentare	Cal	4,184 kJ
pressione	atmosfera	atm	101,325 kPa
pressione	Torr	Torr	133,322 Pa
pressione	bar	bar	10^5 Pa

ESEMPIO: Usando la relazione fra atmosfere e pascal, ricavare la relazione fra litri-atmosfera e joule. Usando questa relazione, calcolare il valore della costante dei gas, $R = 0,082058$ L·atm·mol⁻¹·K⁻¹ in unità di J·mol⁻¹·K⁻¹.

Risposta: Per cominciare scriviamo

$$1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa} = 1,01325 \times 10^5 \text{ Pa}$$

e moltiplichiamo i due membri per 1 L:

$$1 \text{ L} \cdot \text{atm} = (1,01325 \times 10^5 \text{ Pa})(1 \text{ L})$$

Usando le relazioni

$$\text{Pa} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2} \quad \text{J} = \text{N} \cdot \text{m} \quad \text{L} = \text{dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$$

otteniamo

$$1 \text{ L} \cdot \text{atm} = (1,01325 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2})(10^{-3} \text{ m}^3) = 101,325 \text{ N} \cdot \text{m} = 101,325 \text{ J}$$

e scrivendo questo risultato come fattore di conversione di unità, abbiamo

$$101,325 \text{ J} = 1 \text{ L} \cdot \text{atm}$$

Usando questo fattore di conversione, calcoliamo che

$$0,082058 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = (0,082058 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})(101,325 \text{ J} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}) = 8,3145 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Le unità SI e i fattori di conversione sono riportati nella terza pagina di copertina del libro.