

Les grandeurs physiques et leurs unités

Introduction

Les lettres grecques

L'alphabet grec comporte les lettres suivantes:

α (alpha), β (bêta), γ (gamma), δ (delta), ϵ (epsilon), ζ (dzêta), η (êta), θ (thêta), ι (iota), κ (kappa), λ (lambda), μ (mu), ν (nu), ξ (ksi), \omicron (omicron), π (pi), ρ (rhô), σ (sigma), τ (tau), υ (upsilon), ϕ (phi), χ (khi), ψ (psi) et ω (oméga).

Les préfixes définissant les multiples et les sous-multiples de l'unité

multiples de l'unité			sous-multiples de l'unité		
préfixe	symbole	valeur	préfixe	symbole	valeur
déca	da	10	déci	d	10^{-1}
hecto	h	10^2	centi	c	10^{-2}
kilo	k	10^3	milli	m	10^{-3}
méga	M	10^6	micro	μ	10^{-6}
giga	G	10^9	nano	n	10^{-9}
téra	T	10^{12}	pico	p	10^{-12}
péta	P	10^{15}	femto	f	10^{-15}
exa	E	10^{18}	atto	a	10^{-18}

Les unités du système international (unités S.I.)

Chaque **grandeur physique** est représentée par une lettre; elle s'exprime à l'aide d'une **unité**, dont l'abréviation (symbole) est une majuscule si elle correspond au nom d'un savant.

Grandeur physique		Unité S.I.	
nom	représentation	nom	symbole
1. Les unités géométriques			
distance, longueur	d ou ℓ	mètre	m
aire (surface)	S	mètre carré	m^2
volume	V	mètre cube	m^3
angle plan	a	radian	rad
angle solide	Ω	stéradian	sr
2. Les unités mécaniques			
durée, temps	t	seconde	s
vitesse	v	mètre par seconde	$m \cdot s^{-1}$ (ou m/s)
vitesse angulaire	ω	radian par seconde	$rad \cdot s^{-1}$ (ou rad/s)
fréquence	f	hertz	Hz
accélération	a	mètre par (seconde) ²	$m \cdot s^{-2}$ (m/s ²)
masse	m	kilogramme	kg

masse volumique	ρ	kilogramme par (mètre) ³	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (ou kg/m^3)
volume massique		(mètre) ³ par kilogramme	$\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$ (ou m^3/kg)
force	F	newton	N
travail, énergie	W	joule	J
puissance	P	watt	W
pression	p	pascal	Pa
rendement (machine)	r	sans unité	
constante d'un ressort	k	newton par mètre	$\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$ (N/m)
moment d'une force	M	newtonxmètre	N·m
3. Les unités électriques et magnétiques			
intensité électrique	I	ampère	A
charge électrique	q	coulomb	C
tension électrique	U	volt	V
résistance électrique	R	ohm	Ω
conductance électrique	G	siemens	S
champ électrique	E	volt par mètre	$\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$ (V/m)
champ magnétique	B	tesla	T
capacité d'un condens.	C	farad	F
inductance d'une bob.	L	henry	H
4. Les unités thermiques			
température	T	kelvin	K
5. Les unités optiques			
indice d'un milieu	n	sans unité	
vergence (lentille)	C	dioptrie	δ
6. Les unités photométriques			
intensité lumineuse	J	candela	cd
flux lumineux	Φ	lumen (ou candelaxsr)	lm
luminance	L	candela par (mètre) ²	$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ (cd/m^2)
éclairage	E	lux (ou lumen par m ²)	$\text{lx} = \text{lm}\cdot\text{m}^{-2}$ (lm/m^2)
7. Les unités radioactives			
activité	A	becquerel	Bq
dose absorbée	D	gray	Gy
7. Les unités chimiques			
quantité de matière	n	mole	mol
concentration molaire	c	mole par (mètre) ³	$\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$ (mol/m^3)
8. Unités électrochimiques			
conductivité	σ	siemens par mètre	$\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$ (S/m)
conductivité molaire	λ	siemensxm ² par mole	$\text{S}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$

Compléments et unités usuelles (hors système)

unité de masse

kilogramme

C'est bien le **kilogramme** (kg), et non le gramme, qui est choisi pour unité du système international. (remarque: les préfixes méga ou giga ne sont pas utilisés; on a: 1 **tonne** = 10^3 kg)

unités d'angle

degré

Un angle au centre de 1° intercepte sur la circonférence un arc de longueur égale à $1/360$ de la longueur de la circonférence.

On peut subdiviser l'angle de 1° en 60 parties égales, chaque partie correspondant alors à un angle de 1 minute d'angle (noté 1'); l'angle de 1' peut à son tour être subdivisé en 60 parties égales, chaque partie correspondant alors à un angle de 1 seconde d'angle (noté 1")

radian

Soit un cercle de centre O et de rayon 1 mètre; le radian est l'angle au centre (donc de sommet O) qui intercepte un arc de 1 mètre sur ce cercle; dans le cas d'un cercle de rayon R, le radian intercepte sur ce cercle un arc de longueur R. Étant donné que la circonférence d'un cercle mesure $2 \cdot \pi \cdot R$, l'angle au centre de la totalité de la circonférence vaut $2 \cdot \pi$, d'où la relation $360^\circ = 2 \cdot \pi$ rad. D'autre part, un angle α (exprimé en rad) intercepte sur le cercle un arc de longueur notée s, tel que $s = R \cdot \alpha$.

stéradian

Soit une sphère de rayon 1 mètre; le stéradian est l'angle solide, de sommet O, qui découpe sur la surface de cette sphère une aire de 1 m^2 ; dans le cas d'une sphère de rayon R, le stéradian découpe sur la surface de cette sphère une aire valant R^2 . Étant donné que l'aire d'une surface sphérique mesure $4 \cdot \pi \cdot R^2$, l'angle solide de centre O pour la totalité de la surface sphérique vaut $4 \cdot \pi$ sr (stéradian).

unités de durée

Les sous-multiples de la seconde (ms, μ s, ns, ...) sont couramment utilisés, contrairement aux préfixes définissant les multiples qui eux ne sont jamais utilisés.

heure

1 heure = 3600 s ; 1 jour = 24 h = 86 400 s = $8,64 \times 10^4$ s

année

1 année = 365,25 jours $\approx 3,156 \times 10^7$ s

unités de température

degré Celsius (°C)

C'est la valeur θ indiquée sur les thermomètres (non anglo-saxons)
Elle était autrefois appelée degré centigrade ou centésimal

Kelvin (K)

Une variation de température de 1°C est identique à une variation de 1K : $\Delta\theta = 1\text{K} = 1^{\circ}\text{C}$; l'unité K est la même que l'unité $^{\circ}\text{C}$, mais l'origine (c'est-à-dire la valeur nulle) est différente: $0\text{K} = -273^{\circ}\text{C}$; d'où la relation entre la température θ (en $^{\circ}\text{C}$) et la température T (en K) : $T = t + 273$

unités usuelles en chimie

Lorsqu'on travaille exclusivement sur des grandeurs chimiques (électrochimie exclue), on a l'habitude d'utiliser des unités plus adaptées à l'échelle de la verrerie:

- * le **gramme** (g) pour unité de masse
- * le **litre** (L) pour unité de volume (avec $1\text{L} = 1\text{dm}^3 = 10^{-3}\text{m}^3$, donc $1\text{m}^3 = 10^3\text{L}$)

D'où les unités (hors système) des chimistes:

- * **masse molaire** en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ (g/mol)
- * **concentration massique** en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ (g/L)

Analyse dimensionnelle

Il suffit de choisir quelques **grandeurs fondamentales** pour pouvoir exprimer toutes les autres grandeurs physiques (dites **grandeurs dérivées**) en fonction de ces grandeurs fondamentales.

Par exemple, il apparaît clairement que la vitesse est une grandeur dérivée, qui s'exprime en fonction des deux grandeurs (fondamentales) distance et durée.

La **dimension** d'une grandeur s'écrit entre crochets: [...]

Grandeurs fondamentales (ou de base)

On a choisi 8 grandeurs fondamentales:

◇ distance et longueur	de dimension notée [L]
◇ temps et durée	de dimension notée [T]
◇ masse	de dimension notée [M]
◇ intensité électrique	de dimension notée [I]
◇ température	de dimension notée [θ]
◇ quantité de matière	de dimension notée [n]
◇ intensité lumineuse	de dimension notée [J]
◇ angle plan	sans dimension

Grandeurs dérivées (secondaires)

Elles s'expriment en fonction des grandeurs fondamentales par une **relation**, qui permet d'aboutir à l'**équation aux dimensions**, qui donne la dimension de la grandeur dérivée en fonction de [L], [T], [M], [I], [θ], [n], [J].

(Rappel: Une **variation** de la grandeur X se note $\Delta X = X_{\text{final}} - X_{\text{initial}}$)

grandeur dérivée	relation	équation aux dimensions	nom de l'unité S.I.
aire	produit de 2 longueurs	[L] ²	m ²
volume	produit de 3 longueurs	[L] ³	m ³
vitesse	$v = d / \Delta t$	[L]·[T] ⁻¹	m·s ⁻¹
vitesse angulaire	$\omega = \alpha / \Delta t$	[T] ⁻¹	rad·s ⁻¹
fréquence	$f = 1 / T$	[T] ⁻¹	Hz (hertz)
masse volumique	$\rho = m / V$	[M]·[L] ⁻³	kg·m ⁻³
densité	$d = \rho / \rho_{\text{référence}}$	sans dimension	sans unité
accélération	$a = \Delta v / \Delta t$	[L]·[T] ⁻²	m·s ⁻²
force	$f = m \cdot a$	[M]·[L]·[T] ⁻²	N (newton)
énergie et travail	$W = F \cdot d$	[M]·[L] ² ·[T] ⁻²	J (joule)
puissance	$P = W / \Delta t$	[M]·[L] ² ·[T] ⁻³	W (watt)
pression	$p = F / S$	[M]·[L] ⁻¹ ·[T] ⁻²	Pa (pascal)
constante d'un ressort	$k = F / \Delta l$	[M]·[T] ⁻²	N·m ⁻¹
charge et quantité d'électricité	$Q = I \cdot \Delta t$	[T]·[I]	C (coulomb)
tension électrique	$U = P / I$	[M]·[L] ² ·[T] ⁻³ ·[I] ⁻¹	V (volt)
résistance électrique	$R = U / I$	[M]·[L] ² ·[T] ⁻³ ·[I] ⁻²	Ω (ohm)
conductance électrique	$G = 1 / R = I / U$	[M] ⁻¹ ·[L] ⁻² ·[T] ³ ·[I] ²	S (siemens)
capacité d'un condensateur	$C = Q / U$	[M] ⁻¹ ·[L] ⁻² ·[T] ⁴ ·[I] ²	F (farad)
inductance d'une bobine	$L = U / (\Delta I / \Delta t)$	[M]·[L] ² ·[T] ⁻² ·[I] ⁻²	H (henry)
flux lumineux	$\Delta \Phi = J \cdot \Delta \Omega$	[J]	lm (lumen) ou cd·sr

éclairage	$E = \Delta\Phi / \Delta s$	$[J] \cdot [L]^{-2}$	lx (lux)
dose radioactive absorbée	$D = W / m$	$[L]^2 \cdot [T]^{-2}$	Gy (gray)