

Unités et constantes fondamentales en physique

L. Marleau

Cet ouvrage a été rédigé avec *Scientific WorkPlace* et composé avec L^AT_EX 2_ε

© 1998-2006 L. Marleau

Département de physique, de génie physique et d'optique

Université Laval, Québec, Canada

Tous droits réservés. Aucun extrait de cet ouvrage ne peut être reproduit, sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit (machine électronique, mécanique, à photocopier, à enregistrer ou tout autre) sans l'autorisation écrite préalable de l'auteur.

Avant-Propos

Version du 18 mai 2006

Ce document est un recueil des constantes et de systèmes d'unités utilisées en physique.

L. Marleau.
Département de physique, de génie physique et d'optique
Université Laval, Québec, Canada

Unités SI

Annexe A

Les lettres SI désignent le Système International d'unités. Il s'agit d'un système d'unités cohérentes approuvés internationalement qui est en usage dans plusieurs pays et utilisé de façon systématique pour les ouvrages scientifiques et techniques. Le système SI, basé sur les unités MKS, remplace les systèmes CGS et f.p.s. (Système Impérial). On peut diviser les unités SI en trois groupes : les unités de base, supplémentaires et dérivées. Il y a sept unités de base qui sont dimensionnellement indépendantes.

Unités de base SI		
Quantité Physique	Nom	Symbole
longueur	mètre	<i>m</i>
masse	kilogramme	<i>kg</i>
temps	seconde	<i>s</i>
courant électrique	ampère	<i>A</i>
température	kelvin	<i>K</i>
quantité de matière	mole	<i>mol</i>
intensité lumineuse	candela	<i>cd</i>

Unités supplémentaires SI		
Quantité Physique	Nom	Symbole
angle plan	radian	<i>rad</i>
angle solide	stéradian	<i>sr</i>

Unités dérivées SI			
Quantité Physique	Nom	Symbole	Unités SI
fréquence	hertz	<i>Hz</i>	s^{-1}
énergie	joule	<i>J</i>	$N \cdot m$
force	newton	<i>N</i>	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$
puissance	watt	<i>W</i>	$J \cdot s^{-1}$
pression	pascal	<i>Pa</i>	$N \cdot m^{-2}$
charge électrique	coulomb	<i>C</i>	$A \cdot s$
différence de potentiel électrique	volt	<i>V</i>	$W \cdot A^{-1}$
résistance électrique	ohm	Ω	$V \cdot A^{-1}$
conductance électrique	siemens	<i>S</i>	$A \cdot V^{-1}$
capacité électrique	farad	<i>F</i>	$C \cdot V^{-1}$
flux magnétique	weber	<i>Wb</i>	$V \cdot s$
inductance	henry	<i>H</i>	$Wb \cdot A^{-1}$
induction magnétique	tesla	<i>T</i>	$Wb \cdot m^{-2}$
flux lumineux	lumen	<i>lm</i>	$cd \cdot sr$
illumination	lux	<i>lx</i>	$lm \cdot m^{-2}$
activité	becquerel	<i>Bq</i>	s^{-1}
dose absorbée	gray	<i>Gy</i>	$J \cdot kg^{-1}$
dose équivalente	sievert	<i>Sv</i>	$J \cdot kg^{-1}$

Les unités SI sont étendues grâce à des préfixes qui désignent les multiples ou fractions décimales des unités.

Préfixes utilisés avec unités SI					
Facteur	Préfixe	Symbole	Facteur	Préfixe	Symbole
10	déca-	da	10^{-1}	déci-	d
10^2	hecto-	h	10^{-2}	centi-	c
10^3	kilo-	k	10^{-3}	milli-	m
10^6	méga-	M	10^{-6}	micro-	μ
10^9	giga-	G	10^{-9}	nano-	n
10^{12}	tera-	T	10^{-12}	pico-	p
10^{15}	peta-	P	10^{-15}	femto-	f
10^{18}	exa-	E	10^{-18}	atto-	a

Facteurs de conversion

	Pour convertir de	en	Multiplier par
Activité	curie	becquerel	3.7×10^{10}
Aire	acre	m ²	4046.873
Énergie	B.T.U.	joule	1055.056
	kilocalorie	joule	4186
	erg	joule	1.0×10^{-7}
	électron volt	joule	1.60219×10^{-19}
Force	dyne	newton	.00001
	livre	newton	4.44822
Luminosité	pied chandelle	lux	10.76391
	phot	lux	10000.0
Longueur	ångström	mètre	1.0×10^{-10}
	pied	mètre	.3048
	pouce	mètre	.0254
	mile	mètre	1609.344
Flux magnétique	maxwell	weber	1.0×10^{-8}
Champ magnétique	gauss	tesla	1.0×10^{-4}
Masse	u.m.a.	kilogramme	1.66054×10^{-27}
	u.m.a.	MeV	931.4868
Angle plan	degré	radian	1.745329×10^{-2}
	minute	radian	2.908882×10^{-4}
	seconde	radian	4.848137×10^{-6}
Puissance	horsepower	watt	745.69987
Pression	atmosphère	pascal	101 325
	bar	pascal	1.0×10^5
	torr	pascal	133.322
Température	Celsius	kelvin	$T_K = T_C + 273.15$
	Fahrenheit	Celsius	$T_F = (T_C - 32) / 1.8$
	Fahrenheit	kelvin	$T_K = (T_F + 459.67) / 1.8$
Temps	an	seconde	3.153600×10^7
	jour	seconde	86400
	heure	seconde	3600
	minute	seconde	60
Volume	gallon	m ³	3.785412×10^{-3}
	litre	m ³	1.0×10^{-3}
	pinte	m ³	9.463529×10^{-4}

Unités naturelles

Annexe B

Les unités naturelles (UN) sont définies de façon à ce que les constantes fondamentales que sont la constante de Planck et la vitesse de la lumière soient

$$\begin{aligned}\hbar &= 1 \\ c &= 1.\end{aligned}$$

Elles sont utiles dans les systèmes physiques relativistes et/ou qui impliquent des effets quantiques mesurables.

Une quantité dans les unités SI (système international) qui possède des dimensions

$$E^p L^q T^r$$

où x est un nombre pur devant E , L et T qui représentent les unités d'énergie (en Joules), longueur (en mètres) et temps (en secondes) respectivement, aura des unités d'énergie à la puissance $p - q - r$, soit E^{p-q-r} dans le SUN. La conversion du SI au SUN procède comme suit. Si dans le SI E , L et T représentent les unités de masse, longueur et temps

$$\begin{aligned}[E^p L^q T^r]_{\text{SUN}} &= \left[E^p \left(\frac{L}{\hbar c} \right)^q \left(\frac{T}{\hbar} \right)^r \right]_{\text{SI}} = \left[\frac{E^p L^q T^r}{c^q \hbar^{q+r}} \right]_{\text{SI}} \\ &= [E^p L^q T^r]_{\text{SI}} \cdot (6.24 \times 10^{-26} \text{ MeV}^{-1} \text{ J}^{-1})^p \\ &\quad \cdot (5.1 \times 10^{12} \text{ MeV}^{-1} \text{ m}^{-1})^q \cdot (1.52 \times 10^{21} \text{ MeV}^{-1} \text{ s}^{-1})^r\end{aligned}$$

où les quantités dans les crochets $[A]_{\text{SUN}}$ et $[A]_{\text{SI}}$ sont respectivement en unités SUN et SI.

Quantité	SI			SUN
	p	q	r	n
Action	1	2	-1	0
Vitesse	0	1	-1	0
Masse	1	0	0	1
Longueur	0	1	0	-1
Temps	0	0	1	-1
Impulsion	1	1	-1	1
Énergie	1	2	-2	1
Const. structure fine α_{em}	0	0	0	0
Const. de Fermi	1	5	-2	-2

Constantes fondamentales en physique

Annexe C

Constantes universelles

Quantité	Symbole	Valeur
Vitesse de la lumière (vide)	c	$2.99792458 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
Perméabilité du vide	μ_0	$1.25664 \times 10^{-6} \text{ NA}^{-2}$
Permittivité du vide ($1/\mu_0 c^2$)	ϵ_0	$8.854187817 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$
Constante gravitationnelle	G, κ	$6.67259 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
Constante de Planck	h	$6.6260755 \times 10^{-34} \text{ Js}$
en électron volts		$4.135669 \times 10^{-15} \text{ eVs}$
$h/2\pi$	\hbar	$1.05457266 \times 10^{-34} \text{ Js}$
en électron volts		$6.5821220 \times 10^{-16} \text{ eVs}$
Masse de Planck ($(\hbar c/G)^{\frac{1}{2}}$)	m_P	$2.17671 \times 10^{-8} \text{ kg}$
Longueur de Planck ($(\hbar G/c^3)^{\frac{1}{2}}$)	l_P	$1.61605 \times 10^{-35} \text{ m}$
Temps de Planck ($(\hbar G/c^5)^{\frac{1}{2}}$)	t_P	$5.39056 \times 10^{-44} \text{ s}$

Constantes électromagnétiques

Quantité	Symbole	Valeur
Charge de l'électron	e	$1.60217733 \times 10^{-19} \text{ C}$
Rapport e sur h	e/h	$2.41798836 \times 10^{14} \text{ AJ}^{-1}$
Quantum de flux magnétique ($h/2e$)	Φ_0	$2.06783461 \times 10^{-15} \text{ Wb}$
Ratio fréquence-voltage Josephson	$2e/h$	$4.8359767 \times 10^{14} \text{ HzV}^{-1}$
Conductance Hall quantique	e^2/h	$3.87404614 \times 10^{-5} \text{ S}$
Résistance Hall quantique ($\mu_0 c/2\alpha_{em}$)	R_H	25812.8056Ω
Magnéton de Bohr	μ_B	$9.2740154 \times 10^{-24} \text{ JT}^{-1}$
en électron volts		$5.78838263 \times 10^{-5} \text{ eVT}^{-1}$
Magnéton nucléaire (1 nm)	μ_N	$5.0507866 \times 10^{-27} \text{ JT}^{-1}$
en électron volts		$3.15245166 \times 10^{-8} \text{ eVT}^{-1}$

Constantes astronomiques

Quantité	Symbole	Valeur
Masse du Soleil	M_{\odot}	1.98843×10^{30} kg
Rayon du Soleil	R_{\odot}	6.9599×10^8 m
Masse de la Terre	M_{\oplus}	5.97223×10^{24} kg
Rayon de la Terre (équateur)	R_{\oplus}	6.378164×10^6 m
Rayon de la Terre (pôle)		6.356×10^6 m
Masse de la Lune		7.349×10^{22} kg
Rayon de l'orbite lunaire		3.844×10^8 m
Pression atmosphérique standard		101325 Pa ($\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$)

Constantes atomiques

Quantité	Symbole	Valeur	
Structure fine ($\mu_0 c e^2 / 2h$)	α_{em}	$7.29735308 \times 10^{-3}$	
	α_{em}^{-1}	137.0359895	
Constante de Rydberg	R_∞	en hertz	$1.0973731534 \times 10^7 \text{m}^{-1}$
		en joules	$3.2898419499 \times 10^{15} \text{Hz}$
		en électron volts	$2.1798741 \times 10^{-18} \text{J}$
Rayon de Bohr ($\alpha_{em} / 4\pi R_\infty$)	a_0	13.6056981eV	
Énergie de Hartree	E_h	$0.529177249 \times 10^{-10} \text{m}$	
en électron volts		$4.3597482 \times 10^{-18} \text{J}$	
Quantum de circulation	$h/2m_e$	27.2113961eV	
	h/m_e	$3.63694807 \times 10^{-4} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$	
		$7.27389614 \times 10^{-4} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$	

Constantes physico-chimiques

Quantité	Symbole	Valeur	
Nombre d'Avogadro	N_A	$6.0221367 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$	
Constante d'Avogadro		10^{23}mol^{-1}	
Unité de masse atomique ($\frac{1}{12} m(^{12}\text{C})$)	m_u	en kilogrammes	$1.6605402 \times 10^{-27} \text{kg}$
		en électron volts ($m_u c^2 / \{e\}$)	931.49432MeV
Constante de Faraday	F	96485.309Cmol ⁻¹	
Constante de Planck molaire	$N_A h$	$3.99031323 \times 10^{-10} \text{Jsmol}^{-1}$	
	$N_A h c$	$0.11962658 \text{Jmmol}^{-1}$	
Constant des gaz	R	$8.314510 \text{Jmol}^{-1} \text{K}^{-1}$	
Constante de Boltzmann	k	en joules	$1.380658 \times 10^{-23} \text{JK}^{-1}$
		en électron volts	$8.617385 \times 10^{-5} \text{eVK}^{-1}$
		en hertz	$2.083674 \times 10^{10} \text{HzK}^{-1}$
Volume molaire (gaz parfait) ^a	V_m	$22.41410 \text{Lmol}^{-1}$	
Constante de Loschmidt ^b	n_0	$2.686763 \times 10^{25} \text{m}^{-3}$	
Constante de Loschmidt ^c	V_m	$22.71108 \text{Lmol}^{-1}$	
Constante de Sackur-Tetrode ^d	S_0/R	-1.151693	
Constante de Sackur-Tetrode ^e		-1.164856	
Constante de Stefan-Boltzmann	σ	$5.67051 \times 10^{-8} \text{Wm}^{-2} \text{K}^{-4}$	
Constante de radiation primaire	c_1	$3.7417749 \times 10^{-16} \text{Wm}^2$	
Constante de radiation secondaire	c_2	0.01438769mK	
Constante de Wien	b	$2.897756 \times 10^{-3} \text{mK}$	
Constante de Coulomb	k_0	$8.98755 \times 10^9 \text{Nm}^2 \text{C}^{-2}$	
Constante de perméabilité	$\mu_0 / 4\pi$	10^{-7}TmA^{-1}	

^a $T = 273.15 \text{K}$, $p = 101325 \text{Pa}$

^b $T = 273.15 \text{K}$, $p = 101325 \text{Pa}$

^c $T = 273.15 \text{K}$, $p = 100 \text{kPa}$

^d $p_0 = 100 \text{kPa}$

^e $p_0 = 101325 \text{Pa}$

Table des matières

Avant-Propos		iii
A Unités SI		1
Facteurs de conversion	2	
B Unités naturelles		3
C Constantes fondamentales en physique		5
Constantes universelles	5	
Constantes électromagnétiques	5	
Constantes astronomiques	6	
Constantes atomiques	7	
Constantes physico-chimiques	7	
Table des matières		9