
Norme internationale



31/9

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

Grandeurs et unités de physique atomique et nucléaire

Quantities and units of atomic and nuclear physics

Deuxième édition — 1980-12-15

CDU 53.081

Réf. n° : ISO 31/9-1980 (F)

Descripteurs : grandeur, unité de mesure, physique atomique, système international d'unités, symbole.

Prix basé sur 13 pages

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme internationale ISO 31/9, a été élaborée par le comité technique ISO/TC 12, *Grandeurs, unités, symboles, facteurs de conversion et tables de conversion*, et a été soumise aux comités membres en juillet 1979.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

Afrique du Sud, Rép. d'	Espagne	Pologne
Allemagne, R.F.	Finlande	Portugal
Australie	France	Roumanie
Autriche	Inde	Royaume-Uni
Belgique	Israël	Suède
Brésil	Italie	Suisse
Bulgarie	Japon	Tchécoslovaquie
Canada	Mexique	URSS
Cuba	Norvège	USA
Danemark	Nouvelle-Zélande	
Égypte, Rép. arabe d'	Pays-Bas	

Aucun comité membre ne l'a désapprouvée.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 31/9-1973).

Grandeurs et unités de physique atomique et nucléaire

Introduction

Le présent document, contenant un tableau des *grandeurs et unités de physique atomique et nucléaire*, est la partie 9 de l'ISO 31, qui spécifie les grandeurs et unités dans différents domaines de la science et de la technique. La liste complète des parties de l'ISO 31 est la suivante :

Partie 0 : *Principes généraux concernant les grandeurs, les unités et les symboles.*

Partie 1 : *Grandeurs et unités d'espace et de temps.*

Partie 2 : *Grandeurs et unités de phénomènes périodiques et connexes.*

Partie 3 : *Grandeurs et unités de mécanique.*

Partie 4 : *Grandeurs et unités de chaleur.*

Partie 5 : *Grandeurs et unités d'électricité et de magnétisme.*

Partie 6 : *Grandeurs et unités de lumière et de rayonnements électromagnétiques connexes.*

Partie 7 : *Grandeurs et unités d'acoustique.*

Partie 8 : *Grandeurs et unités de chimie physique et de physique moléculaire.*

Partie 9 : *Grandeurs et unités de physique atomique et nucléaire.*

Partie 10 : *Grandeurs et unités de réactions nucléaires et rayonnements ionisants.*

Partie 11 : *Signes et symboles mathématiques à employer dans les sciences physiques et dans la technique.*

Partie 12 : *Paramètres sans dimension.*

Partie 13 : *Grandeurs et unités de la physique de l'état solide.*

Disposition des tableaux

Les tableaux des grandeurs et unités dans l'ISO 31 sont disposés de telle façon que les grandeurs apparaissent sur la page de gauche et les unités correspondantes sur la page de droite.

Toutes les unités situées entre deux lignes horizontales continues correspondent aux grandeurs situées entre les deux lignes horizontales continues correspondantes de la page de gauche.

Lorsque la numérotation des articles a été modifiée dans la révision d'une partie de l'ISO 31, le numéro de l'édition précédente figure entre parenthèses, sur la page de gauche, sous le nouveau numéro de la grandeur; un tiret est utilisé pour indiquer que le terme en question ne figurait pas dans l'édition précédente.

Tableaux des grandeurs

Les grandeurs les plus importantes concernant le domaine d'application du présent document sont données conjointement avec leurs symboles et, dans la plupart des cas, avec leurs définitions. Ces définitions ne sont données qu'en vue de leur identification; elles ne sont pas, au sens strict du terme, des définitions complètes.

Le caractère vectoriel de quelques grandeurs est indiqué, particulièrement lorsque cela est nécessaire pour les définir, mais sans chercher à être complet ou rigoureux.

Dans la plupart des cas, un seul symbole⁽¹⁾ est donné pour la grandeur; lorsque deux ou plusieurs symboles sont indiqués pour une même grandeur, sans distinction spéciale, ils peuvent être utilisés indifféremment. Lorsqu'un symbole principal et un symbole de réserve sont indiqués, le symbole de réserve est entre parenthèses.

Tableaux des unités

Les unités correspondant aux grandeurs sont données avec leurs symboles internationaux et leurs définitions. Pour des renseignements complémentaires, voir ISO 31/0.

(1) Lorsqu'il existe deux façons d'écrire une même lettre en italique (par exemple θ , ϑ ; ϕ , ϕ ; g , g), une seule de ces façons est indiquée; cela ne signifie pas que l'autre n'est pas également acceptable.

Les unités sont disposées de la façon suivante :

- 1) Les noms des unités SI sont imprimés en caractères plus grands que ceux du texte courant. Les unités SI et leurs multiples et sous-multiples décimaux, formés au moyen des préfixes SI, sont particulièrement recommandés. Les multiples et sous-multiples décimaux ne sont pas mentionnés explicitement.
- 2) Les noms des unités non SI qui peuvent être utilisées conjointement avec les unités SI, en raison de leur importance pratique ou de leur utilisation dans des domaines spécialisés, sont imprimés en caractères courants.
- 3) Les noms des unités non SI qui peuvent être utilisées temporairement conjointement avec les unités SI sont imprimés en caractères plus petits que ceux du texte courant.

Les unités des alinéas 2 et 3 sont séparées des unités SI, pour les grandeurs concernées, par des lignes en traits interrompus.

- 4) Les unités non SI qui ne devraient pas être utilisées conjointement avec les unités SI sont données en annexe dans certaines des parties de l'ISO 31. Ces annexes ne font pas partie intégrante des normes. Elles sont classées en trois groupes :

a) *Unités du système CGS de dénomination spéciale*

Il est généralement préférable de ne pas utiliser la dénomination spéciale et les symboles d'unités CGS conjointement avec les unités SI.

b) *Unités basées sur le foot, le pound et la seconde, ainsi que certaines autres unités*

c) *Autres unités*

Celles-ci sont données à titre informatif, et spécialement en ce qui concerne le facteur de conversion. L'utilisation des unités marquées du signe † est déconseillée.

Remarque sur les unités supplémentaires

La Conférence Générale des Poids et Mesures a classé les unités SI, radian et stéradian, comme «unités supplémentaires», laissant délibérément ouverte la question de savoir si ce sont des unités de base ou des unités dérivées et, en conséquence, si l'on doit considérer l'angle plan et l'angle solide comme grandeurs de base ou grandeurs dérivées.⁽¹⁾

Dans l'ISO 31, l'angle plan et l'angle solide sont traités comme des grandeurs dérivées (voir aussi ISO 31/0). Ils y sont définis respectivement comme le rapport de deux longueurs et comme le rapport de deux aires et sont, en conséquence, traités comme des grandeurs sans dimension. Bien que, dans ces conditions, l'unité cohérente des deux grandeurs soit le nombre 1, il est commode d'employer les noms spéciaux radian et stéradian au lieu du nombre 1 dans de nombreux cas d'application pratique.

Si l'angle plan et l'angle solide étaient traités comme des grandeurs de base, les unités radian et stéradian seraient des unités de base et ne pourraient pas être considérées comme des noms spéciaux du nombre 1. Dans ce cas, des modifications importantes devraient être effectuées dans l'ISO 31.

Nombre de chiffres dans les indications numériques⁽²⁾

Tous les nombres de la colonne «Définition» sont exacts.

Dans la colonne «Facteurs de conversion», les facteurs de conversion, sur lesquels le calcul d'autres facteurs est fondé, sont indiqués normalement jusqu'à sept chiffres significatifs. Quand ils sont exacts et se terminent avec sept chiffres ou moins, et si le contexte ne l'indique pas clairement, le mot «exactement» est ajouté, mais lorsqu'ils peuvent être terminés avec plus de sept chiffres, ils peuvent être donnés en entier. Les facteurs de conversion dérivant d'expériences sont donnés avec le nombre de chiffres significatifs que justifie la précision des expériences. D'une façon générale, cela veut dire que dans ces cas, seul le dernier chiffre est douteux. Cependant, lorsque les expériences justifient plus de sept chiffres, le facteur est généralement arrondi à sept chiffres significatifs.

Les autres facteurs de conversion sont indiqués jusqu'à six chiffres significatifs au plus; lorsqu'ils sont connus exactement et contiennent six chiffres au moins, et si le contexte ne l'indique pas clairement, le mot «exactement» est ajouté.

Les chiffres de la colonne «Remarques» sont donnés avec la précision qui convient à chaque cas particulier.

Remarques particulières

Les constantes physiques fondamentales données dans ce document sont reprises des valeurs cohérentes des constantes physiques fondamentales publiées dans le Bulletin 11 de CODATA, 1973, ou calculées à partir de ces valeurs.

Pour quelques grandeurs «électriques», des équations basées sur trois grandeurs de base, en particulier les équations du système de Gauss, sont données dans l'annexe D, en même temps que les valeurs numériques de certaines constantes atomiques exprimées en unités du système CGS de Gauss. Pour plus de détails, voir l'introduction à l'ISO 31/5.

Les noms et les symboles des éléments chimiques sont donnés dans l'annexe A.

Les noms et les symboles des nucléides de la série radioactive sont donnés dans l'annexe C.

Dans la présente norme, les annexes A et B font partie intégrante de la norme. Les annexes C, D et E ne font pas partie intégrante de la norme.

(1) Cependant, en octobre 1980, le Comité International des Poids et Mesures décidait d'interpréter la classe des unités supplémentaires dans le Système International comme une classe d'unités dérivées sans dimension pour lesquelles la Conférence Générale des Poids et Mesures laisse la liberté de les utiliser ou non dans les expressions des unités dérivées du Système International.

(2) Le signe décimal est une virgule sur la ligne. Dans les documents rédigés en anglais, une virgule ou un point sur la ligne peut être utilisé.

9. Physique atomique et nucléaire

Grandeurs
9-1.1 . . . 9-7.1

N°	Grandeur	Symbole	Définition	Remarques
9-1.1	nombre de protons	Z	Nombre de protons d'un noyau atomique.	Cette grandeur est sans dimension. Un nucléide est une espèce d'atome avec un nombre spécifié de protons et de neutrons. Les nucléides ayant la même valeur de Z sont appelés isotopes. Le numéro atomique dans la classification périodique est égal au nombre de protons. Voir aussi annexe B.
9-2.1	nombre de neutrons	N	Nombre de neutrons d'un noyau atomique.	Cette grandeur est sans dimension. Les nucléides ayant la même valeur de N sont appelés isotones. $N - Z$ est appelé excès de neutrons.
9-3.1	nombre de nucléons, nombre de masse	A	Nombre de nucléons d'un noyau atomique.	Cette grandeur est sans dimension. $A = Z + N$ Les nucléides ayant la même valeur de A sont appelés isobares. Voir aussi annexe B.
9-4.1	masse atomique (d'un nucléide X), masse nucléidique	$m_a, m(X)$	Masse au repos d'un atome neutre dans l'état fondamental.	Pour l'hydrogène ^1H $m(^1\text{H}) = (1,673\,559\,4 \pm 0,000\,008\,6) \times 10^{-27} \text{ kg}$ $= (1,007\,825\,036 \pm 0,000\,000\,011) \text{ u}$
9-4.2	constante (unifiée) de masse atomique	m_u	1/12 de la masse au repos d'un atome neutre du nucléide ^{12}C dans l'état fondamental.	$m_u = (1,660\,565\,5 \pm 0,000\,008\,6) \times 10^{-27} \text{ kg}$ $= 1 \text{ u}$ $\frac{m_a}{m_u}$ est appelé masse nucléidique relative.
9-5.1	masse (au repos) de l'électron	m_e		Pour une particule dont la masse au repos est m , la grandeur mc^2 est appelée énergie au repos. $m_e = (0,910\,953\,4 \pm 0,000\,004\,7) \times 10^{-30} \text{ kg}$ $= (5,485\,802\,6 \pm 0,000\,002\,1) \times 10^{-4} \text{ u}$
9-5.2	masse (au repos) du proton	m_p		$m_p = (1,672\,648\,5 \pm 0,000\,008\,6) \times 10^{-27} \text{ kg}$ $= (1,007\,276\,470 \pm 0,000\,000\,011) \text{ u}$
9-5.3	masse (au repos) du neutron	m_n		$m_n = (1,674\,954\,3 \pm 0,000\,008\,6) \times 10^{-27} \text{ kg}$ $= (1,008\,665\,012 \pm 0,000\,000\,037) \text{ u}$
9-6.1	charge élémentaire	e	Charge électrique du proton.	La charge électrique de l'électron est égale à $(-e)$. $e = (1,602\,189\,2 \pm 0,000\,004\,6) \times 10^{-19} \text{ C}$
9-7.1	constante de Planck	h	Quantum élémentaire d'action.	$h = (6,626\,176 \pm 0,000\,036) \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ $\hbar = h/2\pi$ $= (1,054\,588\,7 \pm 0,000\,005\,7) \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

9. Physique atomique et nucléaire

Unités
9-4.a . . . 9-7.a

N°	Nom de l'unité	Symbole international de l'unité	Définition	Facteurs de conversion	Remarques
9-4.a	kilogramme	kg			
9-4.b	unité de masse atomique (unifiée)	u	1 unité de masse atomique (unifiée) est égale à 1/12 de la masse au repos d'un atome neutre du nucléide ^{12}C dans l'état fondamental.	$1 \text{ u} = 1,660\,565\,5 \times 10^{-27} \text{ kg}$	
9.5.a	kilogramme	kg			
9-5.b	unité de masse atomique (unifiée)	u		$1 \text{ u} = 1,660\,565\,5 \times 10^{-27} \text{ kg}$	
9-6.a	coulomb	C			
9-7.a	joule seconde	J.s			

9. Physique atomique et nucléaire (suite)

Grandeurs

9-8.1 . . . 9-16.1

N°	Grandeur	Symbole	Définition	Remarques
9-8.1	rayon de Bohr	a_0	$a_0 = 4\pi\epsilon_0\hbar^2/m_e e^2$	$a_0 = (0,529\,177\,06 \pm 0,000\,000\,44) \times 10^{-10}$ m
9-9.1	constante de Rydberg	R_∞	$R_\infty = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 a_0 \hbar c}$	$R_\infty = (1,097\,373\,177 \pm 0,000\,000\,083) \times 10^7$ m ⁻¹ Pour l'hydrogène ¹ H $R_H = R_\infty(1 + m_e/m_p)$ La grandeur $R_\infty \hbar c$ est appelée énergie de Rydberg (Ry).
9-10.1 (-)	énergie de Hartree	E_h	$E_h = e^2/4\pi\epsilon_0 a_0 = 2R_\infty \hbar c$	$E_h = 4,359\,81 \times 10^{-18}$ J
9-11.1 (9-10.1)	moment magnétique d'un atome ou d'un noyau	μ	Valeur moyenne de la composante du moment électromagnétique dans la direction du champ magnétique, dans l'état quantique correspondant au nombre quantique magnétique maximal.	L'énergie dans un champ magnétique avec une induction magnétique B , dans l'état quantique correspondant au nombre quantique magnétique maximal, dans le vide, est égale à $-\mu B$.
9-11.2 (9-10.2)	magnéton de Bohr	μ_B	$\mu_B = e\hbar/2m_e$	$\mu_B = (9,274\,078 \pm 0,000\,036) \times 10^{-24}$ A.m ²
9-11.3 (9-10.3)	magnéton nucléaire	μ_N	$\mu_N = e\hbar/2m_p = (m_e/m_p)\mu_B$	$\mu_N = (5,050\,824 \pm 0,000\,020) \times 10^{-27}$ A.m ²
9-12.1 (9-11.1)	coefficient gyromagnétique, (rapport gyromagnétique)	γ	$\gamma = \mu/J\hbar$ où J est le nombre quantique du moment cinétique.	Le coefficient gyromagnétique du proton est désigné par γ_p . $\gamma_p = (2,675\,198\,7 \pm 0,000\,007\,5) \times 10^8$ A.m ² /J.s
9-13.1 (9-12.1)	facteur g d'un atome ou d'un électron	g	$\gamma = -g \frac{\mu_B}{\hbar} = -g \frac{e}{2m_e}$	Ces grandeurs sont sans dimension. Elles sont aussi appelées valeurs g.
9-13.2 (9-12.2)	facteur g d'un noyau ou d'une particule nucléaire	g	$\gamma = g \frac{\mu_N}{\hbar} = g \frac{e}{2m_p}$	
9-14.1 (9-13.1)	pulsation de Larmor	ω_L	$\omega_L = \frac{e}{2m_e} B$	$\nu_L = \omega_L/2\pi$ est appelé fréquence de précession de Larmor.
9-14.2 (9-13.2)	pulsation de précession nucléaire de Larmor	ω_N	$\omega_N = \gamma B$ où B est l'induction magnétique.	
9-15.1 (9-14.1)	pulsation cyclotron	ω_c	$\omega_c = \frac{q}{m} B$ où $\frac{q}{m}$ est le quotient de la charge par la masse de la particule et où B est l'induction magnétique.	$\nu_c = \omega_c/2\pi$ est appelé fréquence cyclotron.
9-16.1 (9-15.1)	moment quadripolaire nucléaire	Q	Valeur moyenne de la grandeur $(1/e) \int (3z^2 - r^2)\rho(x,y,z) dx dy dz$ dans l'état quantique où le spin nucléaire est dans la direction (z) du champ; $\rho(x,y,z)$ est la densité de charge nucléaire et e est la charge élémentaire.	Le moment quadripolaire nucléaire électrique est eQ .

9. Physique atomique et nucléaire (suite)

Unités
9-8.a . . . 9-16.a

N°	Nom de l'unité	Symbole international de l'unité	Définition	Facteurs de conversion	Remarques
9-8.a	mètre	m			
9-8.b	ångström	Å	$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$	$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$ (exactement)	$10 \text{ Å} = 1 \text{ nm}$
9-9.a	mètre à la puissance moins un	m ⁻¹			
9-10.a	joule	J			
9-11.a	ampère mètre carré	A·m ²			
9-12.a	ampère mètre carré par joule seconde	A·m ² /(J·s)			$1 \text{ A} \cdot \text{m}^2 / (\text{J} \cdot \text{s}) = 1 \text{ C} / \text{kg}$ $= 1 \text{ T}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
9-14.a	seconde à la puissance moins un	s ⁻¹			Voir l'introduction.
9-14.b	radian par seconde	rad/s			
9-15.a	seconde à la puissance moins un	s ⁻¹			Voir l'introduction.
9-15.b	radian par seconde	rad/s			
9-16.a	mètre carré	m ²			

9. Physique atomique et nucléaire (suite)

Grandeurs
9-17.1 . . . 9-29.2

N°	Grandeur	Symbole	Définition	Remarques
9-17.1 (9-16.1)	rayon nucléaire	R	Rayon moyen du volume dans lequel la matière nucléaire est incluse.	Cette grandeur n'est pas exactement définie. Elle est donnée approximativement par $R = r_0 A^{1/3}$ où $r_0 \approx 1,2 \times 10^{-15}$ m.
9-18.1 (9-17.1)	nombre quantique du moment cinétique orbital	l_i, L		Cette grandeur est sans dimension. Habituellement, l_i correspond à une particule i , L étant employé pour le système complet.
9-19.1 (9-18.1)	nombre quantique du moment cinétique de spin	s_i, S		Cette grandeur est sans dimension. Habituellement, s_i correspond à une particule i , S étant employé pour le système complet.
9-20.1 (9-19.1)	nombre quantique du moment cinétique total	j_i, J		Cette grandeur est sans dimension. Habituellement, j_i correspond à une particule i , J étant employé pour le système complet.
9-21.1 (9-20.1)	nombre quantique de spin nucléaire	I		Cette grandeur est sans dimension. J est souvent employé en physique nucléaire et moléculaire.
9-22.1 (9-21.1)	nombre quantique de structure hyperfine	F		Cette grandeur est sans dimension.
9-23.1 (9-22.1)	nombre quantique principal	n		Cette grandeur est sans dimension.
9-24.1 (9-23.1)	nombre quantique magnétique	m_i, M		Cette grandeur est sans dimension. Habituellement, m_i correspond à une particule i , M étant employé pour le système complet. Les indices L, S, J , etc., peuvent être ajoutés, là où ils conviennent, pour indiquer le moment cinétique considéré.
9-25.1 (9-24.1)	constante de structure fine	α	$\alpha = e^2/4\pi\epsilon_0\hbar c$	Cette grandeur est sans dimension. $\alpha = (0,007\ 297\ 350\ 6 \pm 0,000\ 000\ 006\ 0)$ $1/\alpha = 137,036\ 04 \pm 0,000\ 11$
9-26.1 (9-25.1)	rayon de l'électron	r_e	$r_e = e^2/4\pi\epsilon_0 m_e c^2$	$r_e = (2,817\ 938\ 0 \pm 0,000\ 007\ 0) \times 10^{-15}$ m.
9-27.1 (9-26.1)	longueur d'onde de Compton	λ_C	$\lambda_C = 2\pi\hbar/mc = h/mc$ où m est la masse au repos de la particule.	Pour le proton, $\lambda_{C,p} = (1,321\ 409\ 9 \pm 0,000\ 002\ 2) \times 10^{-15}$ m. Pour le neutron, $\lambda_{C,n} = (1,319\ 590\ 9 \pm 0,000\ 002\ 2) \times 10^{-15}$ m.
9-28.1 (9-27.1)	excès de masse	Δ	$\Delta = m_a - Am_u$	Si l'on néglige l'énergie de liaison des électrons atomiques, Bc^2 est égal à l'énergie de liaison du noyau.
9-28.2 (9-27.2)	défaut de masse	B	$B = Zm(^1\text{H}) + Nm_n - m_a$	
9-29.1 (9-28.1)	excès de masse relatif	Δ_r	$\Delta_r = \Delta/m_u$	Ces grandeurs sont sans dimension.
9-29.2 (9-28.2)	défaut de masse relatif	B_r	$B_r = B/m_u$	