

Norme internationale 31/13

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

○ **Grandeurs et unités de la physique de l'état solide**

Quantities and units of solid state physics

Deuxième édition — 1981-07-15



CDU 53.081

Réf. n° : ISO 31/13-1981 (F)

Descripteurs : grandeur, unité de mesure, physique du solide, système international d'unités, définition, symbole.

ISO 31/13-1981 (F)

Prix basé sur 18 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 31/13 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 12, *Grandeurs, unités, symboles, facteurs de conversion et tables de conversion*.

Cette deuxième édition fut soumise directement au Conseil de l'ISO, conformément au paragraphe 5.10.1 de la partie 1 des Directives pour les travaux techniques de l'ISO. Elle annule et remplace la première édition (ISO 31/13-1975), qui avait été approuvée par les comités membres des pays suivants :

Afrique du Sud, Rép. d'	Finlande	Roumanie
Allemagne, R.F.	France	Royaume-Uni
Australie	Hongrie	Suède
Autriche	Inde	Suisse
Belgique	Israël	Tchécoslovaquie
Bulgarie	Mexique	Turquie
Canada	Norvège	URSS
Danemark	Nouvelle-Zélande	USA
Espagne	Pays-Bas	Yougoslavie

Aucun comité membre ne l'avait désapprouvée.

Grandeurs et unités de la physique de l'état solide

Introduction

Le présent document, contenant un tableau des *grandeurs et unités de la physique de l'état solide*, est la partie 13 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.

(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.

Physique de l'état solide

13. Physique de l'état solide

Grandeurs

13-1.1 . . . 13-7

N°	Grandeur	Symbole	Définition	Remarques
13-1.1	vecteur du réseau	$\mathbf{R}, \mathbf{R}_0, \mathbf{T}$	Vecteur qui reproduit par translation le réseau cristallin sur lui-même.	
13-1.2	vecteur de base	$\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \mathbf{a}_3$ $\mathbf{a}, \mathbf{b}, \mathbf{c}$	Vecteurs de base de la maille cristalline.	$\mathbf{R} = n_1\mathbf{a}_1 + n_2\mathbf{a}_2 + n_3\mathbf{a}_3$ où n_1, n_2, n_3 sont des nombres entiers.
13-2.1	vecteur du réseau réciproque	\mathbf{G}	Vecteur dont le produit scalaire avec tous les vecteurs de base est un multiple entier de 2π .	
13-2.2	vecteur de base réciproque	$\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2, \mathbf{b}_3$ $\mathbf{a}^*, \mathbf{b}^*, \mathbf{c}^*$	Vecteur de base de la maille du réseau réciproque.	$\mathbf{a}_i \cdot \mathbf{b}_k = 2\pi\delta_{ik}$ En cristallographie, cependant, $\mathbf{a}_i \cdot \mathbf{b}_k = \delta_{ik}$ est habituellement utilisé.
13-3	espacement entre plans réticulaires	d	Distance entre plans successifs du réseau.	
13-4	angle de Bragg	θ	$2d \sin\theta = n\lambda$ où λ est la longueur d'onde de la radiation considérée et n un nombre entier.	Dans l'ISO 31, l'angle plan est considéré comme sans dimension. Voir ISO 31/1, 1-1.1, et l'introduction.
13-5	ordre de réflexion	n		Cette grandeur est sans dimension.
13-6.1	paramètre d'ordre local	σ	Pour une substance ferromagnétique de type Ising, différence entre la fraction de paires d'atomes proches à moments magnétiques parallèles et la fraction à moments magnétiques antiparallèles.	Ces grandeurs sont sans dimension. Des définitions analogues s'appliquent aux autres phénomènes ordre-désordre.
13-6.2	paramètre d'ordre à grande distance	s	Pour une substance ferromagnétique de type Ising, différence entre la fraction des atomes ayant leurs moments magnétiques dirigés dans un sens et la fraction à moments magnétiques dans le sens opposé.	
13-7	vecteur de Burgers	\mathbf{b}	Vecteur caractéristique d'une dislocation, c'est-à-dire vecteur de fermeture d'un circuit de Burgers entourant une ligne de dislocation.	

13. Physique de l'état solide

Unités
13-1.a . . . 13-7.b

N°	Nom de l'unité	Symbole international de l'unité	Définition	Facteurs de conversion	Remarques
13-1.a	mètre	m			
13-1.b	ångström	Å	$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$	$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$ (exactement)	$1 \text{ Å} = 0,1 \text{ nm}$ L'utilisation du nanomètre est recommandée.
13-2.a	mètre à la puissance moins un	m^{-1}			
13-2.b	ångström à la puissance moins un	Å^{-1}		$1 \text{ Å}^{-1} = 10^{10} \text{ m}^{-1}$ (exactement)	$1 \text{ Å}^{-1} = 10 \text{ nm}^{-1}$ L'utilisation du nanomètre à la puissance moins un est recommandée.
13-3.a	mètre	m			
13-3.b	ångström	Å			Voir remarque à 13-1.b.
13-4.a	radian	rad			Le radian est utilisé ici à la place du nombre 1.
13-4.b	degré	°		$1^\circ = 0,017\ 453\ 3 \text{ rad}$	Pour d'autres unités, voir ISO 31/1, 1-1.1.
13-7.a	mètre	m			
13-7.b	ångström	Å			Voir remarque à 13-1.b.

13. Physique de l'état solide (suite)

Grandeurs

13-8.1 . . . 13-13

N°	Grandeur	Symbole	Définition	Remarques
13-8.1	vecteur de position d'une particule	\mathbf{r}, \mathbf{R}		Pour distinguer les vecteurs de position d'électrons des vecteurs de position d'ions, on utilise respectivement des lettres minuscules et majuscules.
13-8.2	vecteur de position d'équilibre d'un ion	\mathbf{R}_0		
13-8.3	vecteur de déplacement d'un ion	\mathbf{u}	$\mathbf{u} = \mathbf{R} - \mathbf{R}_0$	
13-9	facteur de Debye-Waller	D	Facteur de réduction de l'intensité d'une ligne de diffraction en raison de vibrations du réseau.	Cette grandeur est sans dimension. Elle est parfois exprimée par $\exp(-2W)$; en spectroscopie de Mössbauer, elle est aussi appelée facteur f , et notée f .
13-10.1	nombre d'onde angulaire	k, q	$k = 2\pi/\lambda$ où λ est la longueur d'onde.	La grandeur vectorielle correspondante est appelée vecteur de propagation \mathbf{k} ou \mathbf{q} . Lorsqu'il est nécessaire de faire une distinction entre k et le symbole de la constante de Boltzmann, on peut utiliser k_B pour celle-ci. Lorsqu'il est nécessaire de faire une distinction entre k et q , q devra être utilisé pour les phonons et les magnons, k pour les particules telles qu'électrons et neutrons.
13-10.2	nombre d'onde angulaire de Fermi	k_F	Nombre d'onde angulaire des électrons situés sur la sphère de Fermi.	
13-10.3	nombre d'onde angulaire de Debye	q_D	Nombre d'onde angulaire de coupure dans le modèle de Debye du spectre de vibration d'un solide.	Les méthodes choisies pour définir la coupure doivent être spécifiées.
13-11	pulsation de Debye	ω_D	Pulsation de coupure dans le modèle de Debye du spectre de vibration d'un solide.	La méthode choisie pour définir la coupure doit être spécifiée.
13-12	température de Debye	Θ_D	$k \Theta_D = \hbar \omega_D$ où k est la constante de Boltzmann, \hbar la constante de Planck divisée par 2π .	$k = (1,380\ 662 \pm 0,000\ 044) \times 10^{-23} \text{ J/K}^{(1)}$ $\hbar = (1,054\ 588\ 7 \pm 0,000\ 005\ 7) \times 10^{-34} \text{ J.s}^{(1)}$
13-13	concentration spectrale des modes de vibration (en termes de pulsation)	g, N_ω	Quotient du nombre volumique de modes de vibration dans un intervalle infiniment petit de pulsation, par la largeur de cet intervalle.	$g(\omega) = N_\omega(\omega) = \frac{dN(\omega)}{d\omega}$ où $N(\omega)$ est le quotient du nombre total des modes de vibration de pulsation inférieure à ω , par le volume.

(1) Bulletin 11 de CODATA (1973).

13. Physique de l'état solide (suite)

Unités
13-18.a . . . 13-13.a

N°	Nom de l'unité	Symbole international de l'unité	Définition	Facteurs de conversion	Remarques
13-8.a	mètre	m			
13-10.a	mètre à la puissance moins un	m ⁻¹			
13-10.b	ångström à la puissance moins un	Å ⁻¹			Voir remarque à 13-2.b.
13-11.a	seconde à la puissance moins un	s ⁻¹			
13-12.a	kelvin	K			
13-13.a	seconde par mètre cube	s/m ³			

13. Physique de l'état solide (suite)

N°	Grandeur	Symbole	Définition	Remarques
13-14	paramètre de Grüneisen	γ, Γ	$\gamma = \alpha_V / (\kappa c_V \rho)$ où α_V est le coefficient de dilatation volumique, κ le coefficient de compressibilité volumique isotherme, c_V la capacité thermique massique à volume constant et ρ la masse volumique.	Cette grandeur est sans dimension.
13-15	constante de Madelung	α	Pour un cristal ionique doublement monovalent de structure spécifiée, l'énergie électrostatique par paire d'ions est $\alpha \cdot \frac{e^2}{4\pi \epsilon_0 a}$ où e est la charge élémentaire, ϵ_0 la permittivité du vide et a une constante de réseau qui doit être spécifiée.	Cette grandeur est sans dimension.
13-16.1	libre parcours moyen des phonons	l_{ph}, Λ		
13-16.2	libre parcours moyen des électrons	l, l_e		
13-17	densité (électronique) d'état	N_E, ρ	Quotient du nombre volumique des états pour un électron dans un intervalle infiniment petit d'énergie, par la largeur de cet intervalle.	$\rho(E) = N(E) = \frac{dN(E)}{d(E)}$ où $N(E)$ est le quotient du nombre total des états d'énergie inférieure à E pour un électron, par le volume.
13-18	résistivité résiduelle	ρ_R	Pour les métaux, résistivité extrapolée à la température thermodynamique nulle.	
13-19	coefficient de Lorenz	L	$L = \lambda / \sigma T$ où λ est la conductivité thermique, σ la conductivité électrique et T la température thermodynamique.	

13. Physique de l'état solide (suite)

Unités
13-16.a . . . 13-19.a

N°	Nom de l'unité	Symbole international de l'unité	Définition	Facteurs de conversion	Remarques
13-16.a	mètre	m			
13-17.a	joule à la puissance moins un mètre à la puissance moins trois	$J^{-1} \cdot m^{-3}$			
13-17.b	électronvolt à la puissance moins un mètre à la puissance moins trois	$eV^{-1} \cdot m^{-3}$		$1 eV^{-1} \cdot m^{-3} = 6,241\ 46 \times 10^{18} J^{-1} \cdot m^{-3}$	Voir ISO 31/3, 3-24.c.
13-18.a	ohm mètre	$\Omega \cdot m$			
13-19.a	volt carré par kelvin carré	V^2 / K^2			