
Norme internationale



5814

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

**Qualité de l'eau — Dosage de l'oxygène dissous —
Méthode électrochimique à la sonde**

Water quality — Determination of dissolved oxygen — Electrochemical probe method

Première édition — 1984-06-15

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 5814 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 147, *Qualité de l'eau*, et a été soumise aux comités membres en octobre 1982.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

Afrique du Sud, Rép. d'	Finlande	Nouvelle-Zélande
Allemagne, R.F.	France	Pays-Bas
Australie	Hongrie	Pologne
Autriche	Inde	Roumanie
Belgique	Iran	Royaume-Uni
Canada	Iraq	Suède
Chine	Irlande	Suisse
Corée, Rép. dém. p. de	Italie	Tchécoslovaquie
Danemark	Japon	Thaïlande
Égypte, Rép. arabe d'	Mexique	URSS
Espagne	Norvège	

Aucun comité membre ne l'a désapprouvée.

Qualité de l'eau — Dosage de l'oxygène dissous — Méthode électrochimique à la sonde

1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode électrochimique de dosage de l'oxygène dissous dans les eaux à l'aide d'une cellule électrochimique qui est isolée de l'échantillon par une membrane perméable aux gaz.

Selon le type de sonde employé, le mesurage peut être fait soit en tant que concentration d'oxygène (mg/l), soit en tant que taux de saturation (% d'oxygène dissous) ou les deux. La méthode mesure l'oxygène dans l'eau correspondant à un taux de saturation de 0 % à 100 %. Cependant, la plupart des appareils permettent des mesurages de valeurs supérieures à 100 %, c'est-à-dire une supersaturation.

La méthode est utilisable pour les mesurages effectués sur le terrain et pour le contrôle permanent de l'oxygène dissous, ainsi que pour les dosages en laboratoire. C'est la méthode à préférer pour les eaux fortement colorées et troubles, ainsi que pour celles qui renferment des substances fixant le fer et l'iode, et susceptibles d'interférer avec la méthode iodométrique spécifiée dans l'ISO 5813. Les gaz et vapeurs, tels que le chlore, l'anhydride sulfureux, l'hydrogène sulfuré, les amines, l'ammoniac, l'anhydride carbonique, le brome et l'iode, éventuellement présents et diffusant à travers la membrane, peuvent fausser le résultat en influençant l'intensité de courant mesurée. D'autres substances présentes dans l'échantillon peuvent influencer l'intensité de courant mesurée en donnant lieu à un colmatage ou à une détérioration de la membrane, ou encore à une corrosion des électrodes; les solvants, les huiles, les sulfures, les carbonates et les algues figurent parmi ces substances.

La méthode est utilisable pour les eaux naturelles, résiduaires et salines. Si elle est utilisée pour des eaux salines telles que les eaux de mers, ou les eaux d'estuaires, une correction due à la salinité est essentielle.

2 Référence

ISO 5813, *Qualité de l'eau — Dosage de l'oxygène dissous — Méthode iodométrique.*

3 Principe

Immersion d'une sonde, constituée d'une cellule fermée par une membrane sélective et contenant l'électrolyte et deux électrodes métalliques, dans l'eau à analyser. (La membrane est pratiquement imperméable à l'eau et aux matières ioniques dissoutes, mais elle est perméable à l'oxygène et à un certain nombre d'autres gaz et de substances lyophiles.)

En raison de la différence de potentiel entre les deux électrodes provoquée par une action galvanique ou par une source de tension extérieure, l'oxygène qui passe à travers la membrane est réduit à la cathode, tandis que les ions métalliques passent en solution à l'anode.

Le courant ainsi engendré, directement proportionnel à la vitesse de passage de l'oxygène à travers la membrane et la couche d'électrolyte, est donc également proportionnel à la pression partielle de l'oxygène dans l'échantillon à une température donnée.

Les membranes présentent une grande variation de perméabilité en fonction de la température, ce qui rend nécessaire une compensation soit par calcul (utilisation d'un nomogramme ou d'un programme d'ordinateur), soit par réglage de l'appareil, soit par l'incorporation d'éléments thermosensibles dans le circuit des électrodes. Certains instruments sont aussi compensés pour la variation de la solubilité d'oxygène en fonction de la température.

4 Réactifs

Au cours de l'analyse, utiliser uniquement des réactifs de qualité analytique reconnue, et de l'eau distillée ou de l'eau de pureté équivalente.

4.1 Sulfite de sodium, anhydre (Na_2SO_3) ou heptahydraté ($\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

4.2 Sel de cobalt(III), par exemple chlorure de cobalt(III) hexahydraté ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

5 Appareillage

5.1 Appareil de mesure, comprenant les éléments suivants:

5.1.1 Sonde de mesure, soit de type galvanique (par exemple plomb/argent), soit de type polarographique (par exemple argent, or), avec, si nécessaire, un dispositif de compensation thermosensible.

5.1.2 Échelle de mesure, graduée soit directement en concentration d'oxygène dissous et/ou en pourcentage de saturation en oxygène, soit en courant électrique en microampères.

5.2 Thermomètre, permettant la lecture à 0,5 °C près.

5.3 Baromètre, permettant la lecture à 10 Pa près.

6 Mode opératoire

Lorsqu'on utilise l'instrumentation de mesure, il convient de se conformer aux instructions du constructeur.

6.1 Technique des mesurages et précautions à prendre

6.1.1 Il ne faut jamais toucher la surface active de la membrane avec les doigts.

6.1.2 Après un changement d'électrolyte ou de membrane, ou si la membrane est devenue sèche, il faut humidifier cette dernière et attendre la stabilisation de la lecture avant de procéder à l'étalonnage (voir 6.2). Ce délai dépend du temps nécessaire à la consommation de l'oxygène dissous dans l'électrolyte.

6.1.3 Veiller à ce que des bulles d'air ne restent pas emprisonnées dans la sonde lorsque celle-ci est plongée dans l'échantillon.

6.1.4 Il est essentiel que l'échantillon s'écoule de façon continue devant la membrane pour exclure l'éventualité d'une mesure erronée qui serait due à l'épuisement de l'oxygène dans la zone directement en contact avec la membrane. Régler le débit de façon à éviter toute variation de la lecture; à cet effet, se conformer aux instructions du constructeur.

6.1.5 Dans le cas des échantillons isolés, effectuer le dosage dans un récipient rempli jusqu'à déborder, hermétiquement fermé et équipé d'un agitateur (par exemple magnétique). Régler le régime d'agitation de façon à obtenir une lecture stable lorsque l'état d'équilibre se trouve atteint, en veillant à ce que l'air ne soit pas emprisonné dans l'échantillon.

Dans le cas des mesurages effectués dans l'eau courante, par exemple dans une veine d'eau, il est nécessaire de s'assurer que la vitesse du courant est suffisante. Si ce n'est pas le cas, agiter la sonde dans la veine d'eau ou prélever un échantillon pour procéder au dosage comme indiqué dans l'alinéa précédent.

6.2 Étalonnage

Le mode opératoire est décrit de 6.2.1 à 6.2.3; il est toutefois nécessaire de se conformer aux instructions du constructeur.

6.2.1 Réglage

Ajuster le zéro électrique de l'appareil. Certains appareils comportent une compensation du point zéro et n'ont donc pas besoin d'être ajustés.

6.2.2 Vérification du zéro

Contrôler et, si possible, ajuster le zéro de l'appareil en plongeant la sonde dans 1 litre d'eau distillée, additionnée d'environ 1 g de sulfite de sodium (4.1) et 1 g de sel de cobalt(II) (4.2).

Une lecture stable devrait être obtenue dans un délai de 10 min.

NOTE — Un délai de 2 à 3 min est suffisant avec les appareils modernes.

6.2.3 Étalonnage à une valeur proche de la saturation

Faire barboter de l'air dans de l'eau à température constante pour amener sa teneur en oxygène sinon à saturation du moins au voisinage de celle-ci. Laisser reposer environ 15 min à cette température et déterminer la concentration de l'oxygène dissous en utilisant par exemple la méthode iodométrique spécifiée dans l'ISO 5813.

Procéder au réglage de l'appareil.

Plonger la sonde dans un flacon complètement rempli d'un échantillon préparé comme décrit pour la solution d'étalonnage. Laisser la sonde pendant 10 min dans la solution agitée pour permettre la stabilisation de la lecture (voir la note de 6.2.2) et ajuster, au besoin, l'indication de l'appareil sur la concentration connue de l'échantillon.

Remplacer l'électrolyte et la membrane lorsque l'appareil ne permet plus un étalonnage précis ou lorsque la réponse devient instable ou inerte; se conformer aux instructions du constructeur.

L'électrolyte et la membrane doivent être renouvelés lorsque les réglages de l'appareil ne permettent plus d'effectuer l'étalonnage.

NOTES

1 Si des expériences antérieures ont montré que la durée du barbotage et le débit d'air utilisés fournissent un échantillon saturé d'air, le dosage iodométrique peut être remplacé par la consultation des tableaux 1 et 2.

2 De nombreux appareils permettent un étalonnage au contact de l'air.

6.3 Dosage

Effectuer le dosage sur l'eau à analyser en se conformant aux instructions du constructeur de l'appareil.

Après avoir plongé la sonde dans l'échantillon, lui laisser le temps nécessaire pour atteindre la température de l'eau et fournir une réponse stable. Suivant la nature de l'appareil utilisé et du résultat recherché, contrôler au besoin la température de l'eau et/ou la pression atmosphérique.

7 Calcul et expression des résultats

7.1 Concentration de l'oxygène dissous (mg/l)

Exprimer la concentration de l'oxygène dissous en milligrammes d'oxygène par litre, en noter le résultat à la première décimale.

Si la lecture sur l'échantillon a été effectuée à une température différente de celle à laquelle l'appareil a été étalonné, corriger la valeur indiquée par l'appareil pour tenir compte de cela. Certains appareils font cette correction automatiquement. Cette correction tient compte de la différence de solubilité de l'oxy-

gène pour les deux températures. Calculer la valeur réelle en multipliant la valeur observée à la température à laquelle le mesurage a été effectué par le rapport

$$\frac{C_m}{C_c}$$

où

C_m est la solubilité à la température de mesure;

C_c est la solubilité à la température d'étalonnage.

Exemple:

Température d'étalonnage 25 °C

Solubilité à 25 °C 8,3 mg/l

Température au moment du mesurage 10 °C

Valeur lue sur l'appareil 7 mg/l

Solubilité à 10 °C 11,3 mg/l

Valeur réelle à 10 °C $\frac{11,3}{8,3} \times 7,0 = 9,5$ mg/l

NOTE — Dans l'exemple indiqué, les valeurs de C_m et C_c , exprimées en milligrammes par litre, peuvent être relevées, pour la température correspondante, dans la colonne « C_s » du tableau 1.

7.2 Concentration de l'oxygène dissous (mg/l), en fonction de la température et de la pression

Les tableaux 1 et 2 indiquent les valeurs théoriques de la concentration de l'oxygène dissous aussi bien en fonction de la température à la pression atmosphérique (tableau 1) qu'en fonction de la température et de la pression (tableau 2).

7.3 Concentration de l'oxygène dissous (mg/l), corrigée suivant la salinité de l'eau

La solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue lorsque la salinité de cette dernière augmente. Jusqu'à une salinité de 35 g/l,

exprimée en grammes de sels totaux par litre d'eau, la relation présente une linéarité suffisante pour les besoins de la pratique. Le tableau 1 indique la valeur de correction (ΔC_s) à soustraire pour une salinité de 1 g/l. On obtient donc la solubilité de l'oxygène dans une eau présentant une salinité de n g/l, en soustrayant $n \Delta C_s$ de la solubilité correspondante dans l'eau pure.

7.4 Concentration de l'oxygène dissous, exprimée par le taux de saturation (%)

C'est la concentration effective de l'oxygène dissous, en milligrammes par litre, corrigée au besoin en fonction de la température, exprimée en pourcentage de la valeur théorique indiquée dans le tableau 1 ou dans le tableau 2:

$$\frac{C_s \text{ (mesurée)}}{C_s \text{ (théorique)}} \times 100$$

8 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai doit contenir les indications suivantes:

- a) la référence de la présente Norme internationale;
- b) le résultat, ainsi que le mode d'expression utilisé;
- c) la température de l'eau lorsque l'échantillon a été prélevé et lorsque le mesurage a été effectué;
- d) la pression atmosphérique lorsque l'échantillon a été prélevé et lorsque le mesurage a été effectué;
- e) la salinité de l'eau;
- f) le type d'appareil utilisé;
- g) tous détails particuliers éventuels relevés au cours de l'essai;
- h) toutes opérations non prévues dans la présente Norme internationale, ou facultatives.

Bibliographie

- [1] MONTGOMERY, H.A.G., THOM, N.S. and COCKBURN, A. Determination of dissolved oxygen by the Winkler method and the solubility of oxygen in pure water and sea water. *J. Appl. Chem.* **14** 1964: 280-295.
- [2] MORTIMER, C.H. *Substantive correction to SIL communication Nos. 6 and 20*. Paper presented at the Congress of the International Limnology Society (SIL), Winnipeg, Manitoba, 1974.
- [3] OEHME, H. und SCHULER, P. *Gelöst-Sauerstoffmessung*. Hüthig Verlag, Heidelberg, 1983.
- [4] MORTIMER, C.H. The oxygen content of air saturated fresh waters over ranges of temperature and atmospheric pressure of limnological interest. *Mitt. Int. Ver. Limnol.* **22** 1981: 1-23.

Annexe

Solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température, de la pression et de la salinité

A.1 Généralités

La présente annexe donne des valeurs de la solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température et de la salinité. Elle est basée sur Mortimer.^[2]

Des valeurs révisées ont été publiées en 1981^[4]; dans la mesure où ces valeurs révisées sont utilisées au lieu de celles qui sont indiquées dans le tableau 1, il est nécessaire de corriger les valeurs du tableau 2 en conséquence.

A.2 Solubilité de l'oxygène en fonction de la température et de la salinité

Voir tableau 1.

NOTES

1 La colonne 2 du tableau donne la solubilité (C_s) de l'oxygène, exprimée en milligrammes d'oxygène par litre, dans l'eau pure lorsque celle-ci est en présence d'air saturé en vapeur d'eau, contenant 20,94 % (V/V) d'oxygène, à la pression de 101,3 kPa.^[2]

2 La colonne 3 du tableau donne la variation de la solubilité (ΔC_s) pour une salinité totale de 1 g/l.^[1]

Tableau 1 — Solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température et de la salinité

Température	C_s	ΔC_s	Température	C_s	ΔC_s
°C	mg/l	mg/l	°C	mg/l	mg/l
0	14,64	0,092 5	20	9,08	0,048 1
1	14,22	0,089 0	21	8,90	0,046 7
2	13,82	0,085 7	22	8,73	0,045 3
3	13,44	0,082 7	23	8,57	0,044 0
4	13,09	0,079 8	24	8,41	0,042 7
5	12,74	0,077 1	25	8,25	0,041 5
6	12,42	0,074 5	26	8,11	0,040 4
7	12,11	0,072 0	27	7,96	0,039 3
8	11,81	0,069 7	28	7,82	0,038 2
9	11,53	0,067 5	29	7,69	0,037 2
10	11,26	0,065 3	30	7,56	0,036 2
11	11,01	0,063 3	31	7,43	
12	10,77	0,061 4	32	7,30	
13	10,53	0,059 5	33	7,18	
14	10,30	0,057 7	34	7,07	
15	10,08	0,055 9	35	6,95	
16	9,86	0,054 3	36	6,84	
17	9,66	0,052 7	37	6,73*	
18	9,46	0,051 1	38	6,63	
19	9,27	0,049 6	39	6,53*	

* Valeurs non fournies par Mortimer^[2] et calculées au moyen de l'équation de régression

$$C_s = 14,603\ 07 - 0,402\ 146\ 9T + 0,007\ 687\ 03T^2 - 0,000\ 069\ 257\ 5T^3$$

La solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue lorsque la salinité de cette dernière augmente. Jusqu'à une salinité de 35 g/l, exprimée en grammes de sels totaux par litre d'eau, la relation présente une linéarité suffisante pour les besoins de la pratique. On obtient la solubilité de l'oxygène dans une eau présentant une salinité de n g/l en soustrayant $n \Delta C_s$ de la solubilité correspondante dans l'eau pure.

A.3 Correction de pression atmosphérique ou altitude

Si la pression atmosphérique (p) est différente de 101,3 kPa, la solubilité C'_s est obtenue, à partir de la valeur de C_s à 101,3 kPa, au moyen de l'équation

$$C'_s = C_s \times \frac{p - p_w}{101,3 - p_w}$$

où p_w est la pression, en kilopascals, de vapeur d'eau en contact avec l'air, à la température considérée.

Les valeurs de C'_s , en milligrammes d'oxygène par litre, pour des pressions échelonnées de 0,5 en 0,5 kPa, entre 77,5 et 110 kPa, sont données dans le tableau 2.

NOTE — La pression atmosphérique moyenne en fonction de l'altitude peut être calculée au moyen de l'équation de Schassmann:

$$\log_{10} p_h = \log_{10} 101,3 - \frac{h}{18\ 400}$$

où p_h est la pression atmosphérique moyenne, en kilopascals, à l'altitude h , en mètres.

Le tableau suivant donne quelques-unes des valeurs correspondantes.

Altitude, h	p_h	Altitude, h	p_h
m	kPa	m	kPa
0	1 01,3	1 100	88,3
100	1 00,1	1 200	87,2
200	98,8	1 300	86,1
300	97,6	1 400	85,0
400	96,4	1 500	84,0
500	95,2	1 600	82,9
600	94,0	1 700	81,9
700	92,8	1 800	80,9
800	91,7	1 900	79,9
900	90,5	2 000	78,9
1 000	89,4	2 100	77,9

Tableau 2 — Solubilité, C'_s , en milligrammes par litre, de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température et de la pression

Température °C	Pression (kPa)																
	77,5	78,0	78,5	79,0	79,5	80,0	80,5	81,0	81,5	82,0	82,5	83,0	83,5	84,0	84,5	85,0	85,5
0	11,17	11,24	11,32	11,39	11,46	11,53	11,61	11,68	11,75	11,82	11,90	11,97	12,04	12,11	12,19	12,26	12,33
1	10,85	10,92	11,00	11,07	11,14	11,21	11,28	11,35	11,42	11,49	11,56	11,63	11,70	11,77	11,84	11,91	11,98
2	10,55	10,62	10,69	10,76	10,83	10,90	10,96	11,03	11,10	11,17	11,24	11,31	11,38	11,45	11,51	11,58	11,65
3	10,27	10,33	10,40	10,47	10,53	10,60	10,67	10,73	10,80	10,87	10,93	11,00	11,07	11,13	11,20	11,27	11,34
4	9,99	10,06	10,12	10,19	10,25	10,32	10,38	10,45	10,51	10,58	10,64	10,71	10,77	10,84	10,90	10,97	11,03
5	9,73	9,79	9,86	9,92	9,98	10,05	10,11	10,17	10,24	10,30	10,36	10,43	10,49	10,55	10,62	10,68	10,75
6	9,48	9,54	9,60	9,67	9,73	9,79	9,85	9,91	9,98	10,04	10,10	10,16	10,22	10,28	10,35	10,41	10,47
7	9,24	9,30	9,36	9,42	9,48	9,54	9,60	9,66	9,72	9,78	9,85	9,91	9,97	10,03	10,09	10,15	10,21
8	9,01	9,07	9,13	9,19	9,25	9,31	9,37	9,43	9,49	9,54	9,60	9,66	9,72	9,78	9,84	9,90	9,96
9	8,80	8,85	8,91	8,97	9,03	9,08	9,14	9,20	9,26	9,31	9,37	9,43	9,49	9,54	9,60	9,66	9,72
10	8,59	8,64	8,70	8,76	8,81	8,87	8,92	8,98	9,04	9,09	9,15	9,21	9,26	9,32	9,37	9,43	9,49
11	8,39	8,44	8,50	8,55	8,61	8,66	8,72	8,77	8,83	8,88	8,94	8,99	9,05	9,10	9,16	9,21	9,27
12	8,20	8,25	8,30	8,36	8,41	8,46	8,52	8,57	8,63	8,68	8,73	8,79	8,84	8,90	8,95	9,00	9,06
13	8,01	8,07	8,12	8,17	8,22	8,28	8,33	8,38	8,43	8,49	8,54	8,59	8,64	8,70	8,75	8,80	8,85
14	7,84	7,89	7,94	7,99	8,04	8,09	8,15	8,20	8,25	8,30	8,35	8,40	8,45	8,51	8,56	8,61	8,66
15	7,67	7,72	7,77	7,82	7,87	7,92	7,97	8,02	8,07	8,12	8,17	8,22	8,27	8,32	8,37	8,42	8,47
16	7,50	7,55	7,60	7,65	7,70	7,75	7,80	7,85	7,90	7,95	8,00	8,05	8,10	8,15	8,20	8,25	8,29
17	7,35	7,40	7,44	7,49	7,54	7,59	7,64	7,69	7,73	7,78	7,83	7,88	7,93	7,98	8,03	8,07	8,12
18	7,20	7,24	7,29	7,34	7,39	7,43	7,48	7,53	7,58	7,62	7,67	7,72	7,77	7,81	7,86	7,91	7,96
19	7,05	7,10	7,14	7,19	7,24	7,28	7,33	7,38	7,42	7,47	7,52	7,56	7,61	7,66	7,70	7,75	7,80
20	6,91	6,96	7,00	7,05	7,09	7,14	7,18	7,23	7,28	7,32	7,37	7,41	7,46	7,50	7,55	7,60	7,64
21	6,77	6,82	6,86	6,91	6,95	7,00	7,04	7,09	7,13	7,18	7,22	7,27	7,31	7,36	7,40	7,45	7,49
22	6,64	6,69	6,73	6,77	6,82	6,86	6,91	6,95	6,99	7,04	7,08	7,13	7,17	7,21	7,26	7,30	7,35
23	6,51	6,56	6,60	6,64	6,69	6,73	6,77	6,82	6,86	6,90	6,95	6,99	7,03	7,08	7,12	7,16	7,21
24	6,39	6,43	6,47	6,52	6,56	6,60	6,64	6,69	6,73	6,77	6,82	6,86	6,90	6,94	6,99	7,03	7,07
25	6,27	6,31	6,35	6,39	6,44	6,48	6,52	6,56	6,60	6,65	6,69	6,73	6,77	6,81	6,86	6,90	6,94
26	6,15	6,19	6,23	6,28	6,32	6,36	6,40	6,44	6,48	6,52	6,56	6,61	6,65	6,69	6,73	6,77	6,81
27	6,04	6,08	6,12	6,16	6,20	6,24	6,28	6,32	6,36	6,40	6,44	6,48	6,52	6,57	6,61	6,65	6,69
28	5,93	5,97	6,01	6,05	6,09	6,13	6,17	6,21	6,25	6,29	6,33	6,37	6,41	6,45	6,49	6,53	6,57
29	5,82	5,86	5,90	5,94	5,98	6,02	6,06	6,10	6,13	6,17	6,21	6,25	6,29	6,33	6,37	6,41	6,45
30	5,72	5,76	5,79	5,83	5,87	5,91	5,95	5,99	6,03	6,06	6,10	6,14	6,18	6,22	6,26	6,30	6,33
31	5,62	5,65	5,69	5,73	5,77	5,81	5,84	5,88	5,92	5,96	6,00	6,03	6,07	6,11	6,15	6,19	6,22
32	5,52	5,55	5,59	5,63	5,67	5,70	5,74	5,78	5,82	5,85	5,89	5,93	5,97	6,00	6,04	6,08	6,12
33	5,42	5,46	5,50	5,53	5,57	5,61	5,64	5,68	5,72	5,75	5,79	5,83	5,86	5,90	5,94	5,97	6,01
34	5,33	5,36	5,40	5,44	5,47	5,51	5,55	5,58	5,62	5,66	5,69	5,73	5,76	5,80	5,84	5,87	5,91
35	5,24	5,27	5,31	5,35	5,38	5,42	5,45	5,49	5,53	5,56	5,60	5,63	5,67	5,70	5,74	5,78	5,81
36	5,15	5,19	5,22	5,26	5,29	5,33	5,36	5,40	5,43	5,47	5,51	5,54	5,58	5,61	5,65	5,68	5,72
37	5,07	5,10	5,14	5,17	5,21	5,24	5,28	5,31	5,35	5,38	5,42	5,45	5,49	5,52	5,56	5,59	5,63
38	4,99	5,02	5,05	5,09	5,12	5,16	5,19	5,23	5,26	5,30	5,33	5,37	5,40	5,43	5,47	5,50	5,54
39	4,91	4,94	4,98	5,01	5,04	5,08	5,11	5,15	5,18	5,21	5,25	5,28	5,32	5,35	5,39	5,42	5,45
40	4,83	4,87	4,90	4,93	4,97	5,00	5,04	5,07	5,10	5,14	5,17	5,20	5,24	5,27	5,31	5,34	5,37

Tableau 2 (suite)

Température °C	Pression (kPa)																
	86,0	86,5	87,0	87,5	88,0	88,5	89,0	89,5	90,0	90,5	91,0	91,5	92,0	92,5	93,0	93,5	94,0
0	12,40	12,48	12,55	12,62	12,70	12,77	12,84	12,91	12,99	13,06	13,13	13,20	13,28	13,35	13,42	13,49	13,57
1	12,05	12,13	12,20	12,27	12,34	12,41	12,48	12,55	12,62	12,69	12,76	12,83	12,90	12,97	13,04	13,11	13,18
2	11,72	11,79	11,86	11,93	12,00	12,06	12,13	12,20	12,27	12,34	12,41	12,48	12,55	12,61	12,68	12,75	12,82
3	11,40	11,47	11,54	11,60	11,67	11,74	11,80	11,87	11,94	12,00	12,07	12,14	12,20	12,27	12,34	12,41	12,47
4	11,10	11,16	11,23	11,29	11,36	11,42	11,49	11,55	11,62	11,68	11,75	11,82	11,88	11,95	12,01	12,08	12,14
5	10,81	10,87	10,94	11,00	11,06	11,13	11,19	11,25	11,32	11,38	11,44	11,51	11,57	11,63	11,70	11,76	11,82
6	10,53	10,59	10,66	10,72	10,78	10,84	10,90	10,97	11,03	11,09	11,15	11,21	11,27	11,34	11,40	11,46	11,52
7	10,27	10,33	10,39	10,45	10,51	10,57	10,63	10,69	10,75	10,81	10,87	10,93	10,99	11,05	11,11	11,17	11,23
8	10,02	10,07	10,13	10,19	10,25	10,31	10,37	10,43	10,49	10,55	10,60	10,66	10,72	10,78	10,84	10,90	10,96
9	9,77	9,83	9,89	9,95	10,00	10,06	10,12	10,18	10,23	10,29	10,35	10,41	10,46	10,52	10,58	10,64	10,69
10	9,54	9,60	9,66	9,71	9,77	9,82	9,88	9,94	9,99	10,05	10,11	10,16	10,22	10,27	10,33	10,39	10,44
11	9,32	9,38	9,43	9,49	9,54	9,60	9,65	9,71	9,76	9,82	9,87	9,93	9,98	10,04	10,09	10,15	10,20
12	9,11	9,16	9,22	9,27	9,33	9,38	9,43	9,49	9,54	9,59	9,65	9,70	9,76	9,81	9,86	9,92	9,97
13	8,91	8,96	9,01	9,06	9,12	9,17	9,22	9,28	9,33	9,38	9,43	9,49	9,54	9,59	9,64	9,70	9,75
14	8,71	8,76	8,81	8,87	8,92	8,97	9,02	9,07	9,12	9,18	9,23	9,28	9,33	9,38	9,43	9,48	9,54
15	8,52	8,58	8,63	8,68	8,73	8,78	8,83	8,88	8,93	8,98	9,03	9,08	9,13	9,18	9,23	9,28	9,33
16	8,34	8,39	8,44	8,49	8,54	8,59	8,64	8,69	8,74	8,79	8,84	8,89	8,94	8,99	9,04	9,09	9,14
17	8,17	8,22	8,27	8,32	8,36	8,41	8,46	8,51	8,56	8,61	8,66	8,70	8,75	8,80	8,85	8,90	8,95
18	8,00	8,05	8,10	8,15	8,19	8,24	8,29	8,34	8,38	8,43	8,48	8,53	8,57	8,62	8,67	8,72	8,76
19	7,84	7,89	7,94	7,98	8,03	8,08	8,12	8,17	8,22	8,26	8,31	8,36	8,40	8,45	8,50	8,54	8,59
20	7,69	7,73	7,78	7,82	7,87	7,92	7,96	8,01	8,05	8,10	8,14	8,19	8,24	8,28	8,33	8,37	8,42
21	7,54	7,58	7,63	7,67	7,72	7,76	7,81	7,85	7,90	7,94	7,99	8,03	8,08	8,12	8,17	8,21	8,25
22	7,39	7,43	7,48	7,52	7,57	7,61	7,66	7,70	7,74	7,79	7,83	7,88	7,92	7,96	8,01	8,05	8,10
23	7,25	7,29	7,34	7,38	7,42	7,47	7,51	7,55	7,60	7,64	7,68	7,73	7,77	7,81	7,86	7,90	7,94
24	7,11	7,16	7,20	7,24	7,28	7,33	7,37	7,41	7,45	7,50	7,54	7,58	7,62	7,67	7,71	7,75	7,79
25	6,98	7,02	7,06	7,11	7,15	7,19	7,23	7,27	7,32	7,36	7,40	7,44	7,48	7,52	7,57	7,61	7,65
26	6,85	6,89	6,93	6,98	7,02	7,06	7,10	7,14	7,18	7,22	7,26	7,30	7,35	7,39	7,43	7,47	7,51
27	6,73	6,77	6,81	6,85	6,89	6,93	6,97	7,01	7,05	7,09	7,13	7,17	7,21	7,25	7,29	7,33	7,37
28	6,61	6,65	6,69	6,73	6,77	6,80	6,84	6,88	6,92	6,96	7,00	7,04	7,08	7,12	7,16	7,20	7,24
29	6,49	6,53	6,57	6,61	6,64	6,68	6,72	6,76	6,80	6,84	6,88	6,92	6,96	7,00	7,04	7,08	7,11
30	6,37	6,41	6,45	6,49	6,53	6,57	6,60	6,64	6,68	6,72	6,76	6,80	6,84	6,87	6,91	6,95	6,99
31	6,26	6,30	6,34	6,38	6,41	6,45	6,49	6,53	6,57	6,60	6,64	6,68	6,72	6,76	6,79	6,83	6,87
32	6,15	6,19	6,23	6,27	6,30	6,34	6,38	6,42	6,45	6,49	6,53	6,57	6,60	6,64	6,68	6,72	6,75
33	6,05	6,09	6,12	6,16	6,20	6,23	6,27	6,31	6,34	6,38	6,42	6,45	6,49	6,53	6,57	6,60	6,64
34	5,95	5,98	6,02	6,06	6,09	6,13	6,17	6,20	6,24	6,27	6,31	6,35	6,38	6,42	6,46	6,49	6,53
35	5,85	5,88	5,92	5,96	5,99	6,03	6,06	6,10	6,14	6,17	6,21	6,24	6,28	6,31	6,35	6,39	6,42
36	5,75	5,79	5,82	5,86	5,89	5,93	5,97	6,00	6,04	6,07	6,11	6,14	6,18	6,21	6,25	6,28	6,32
37	5,66	5,70	5,73	5,77	5,80	5,84	5,87	5,91	5,94	5,98	6,01	6,05	6,08	6,12	6,15	6,19	6,22
38	5,57	5,61	5,64	5,68	5,71	5,75	5,78	5,81	5,85	5,88	5,92	5,95	5,99	6,02	6,06	6,09	6,13
39	5,49	5,52	5,56	5,59	5,62	5,66	5,69	5,73	5,76	5,79	5,83	5,86	5,90	5,93	5,97	6,00	6,03
40	5,41	5,44	5,47	5,51	5,54	5,58	5,61	5,64	5,68	5,71	5,74	5,78	5,81	5,85	5,88	5,91	5,95

Tableau 2 (suite)

Température °C	Pression (kPa)															
	94,5	95,0	95,5	96,0	96,5	97,0	97,5	98,0	98,5	99,0	99,5	100,0	100,5	101,0	101,5	102,0
0	13,64	13,71	13,78	13,86	13,93	14,00	14,08	14,15	14,22	14,29	14,37	14,44	14,51	14,58	14,66	14,73
1	13,26	13,33	13,40	13,47	13,54	13,61	13,68	13,75	13,82	13,89	13,96	14,03	14,10	14,17	14,24	14,31
2	12,89	12,96	13,03	13,09	13,16	13,23	13,30	13,37	13,44	13,51	13,58	13,64	13,71	13,78	13,85	13,92
3	12,54	12,61	12,67	12,74	12,81	12,87	12,94	13,01	13,07	13,14	13,21	13,27	13,34	13,41	13,48	13,54
4	12,21	12,27	12,34	12,40	12,47	12,53	12,60	12,66	12,73	12,79	12,86	12,92	12,99	13,05	13,12	13,18
5	11,89	11,95	12,01	12,08	12,14	12,21	12,27	12,33	12,40	12,46	12,52	12,59	12,65	12,71	12,78	12,84
6	11,58	11,65	11,71	11,77	11,83	11,89	11,96	12,02	12,08	12,14	12,20	12,26	12,33	12,39	12,45	12,51
7	11,29	11,35	11,41	11,48	11,54	11,60	11,66	11,72	11,78	11,84	11,90	11,96	12,02	12,08	12,14	12,20
8	11,02	11,08	11,14	11,19	11,25	11,31	11,37	11,43	11,49	11,55	11,61	11,67	11,72	11,78	11,84	11,90
9	10,75	10,81	10,87	10,92	10,98	11,04	11,10	11,16	11,21	11,27	11,33	11,39	11,44	11,50	11,56	11,62
10	10,50	10,56	10,61	10,67	10,72	10,78	10,84	10,89	10,95	11,01	11,06	11,12	11,17	11,23	11,29	11,34
11	10,26	10,31	10,37	10,42	10,48	10,53	10,59	10,64	10,70	10,75	10,81	10,86	10,92	10,97	11,03	11,08
12	10,02	10,08	10,13	10,19	10,24	10,29	10,35	10,40	10,45	10,51	10,56	10,62	10,67	10,72	10,78	10,83
13	9,80	9,85	9,91	9,96	10,01	10,06	10,12	10,17	10,22	10,27	10,33	10,38	10,43	10,49	10,54	10,59
14	9,59	9,64	9,69	9,74	9,79	9,84	9,89	9,95	10,00	10,05	10,10	10,15	10,21	10,26	10,31	10,36
15	9,38	9,43	9,48	9,53	9,58	9,63	9,68	9,74	9,79	9,84	9,89	9,94	9,99	10,04	10,09	10,14
16	9,18	9,23	9,28	9,33	9,38	9,43	9,48	9,53	9,58	9,63	9,68	9,73	9,78	9,83	9,88	9,93
17	8,99	9,04	9,09	9,14	9,19	9,24	9,29	9,33	9,38	9,43	9,48	9,53	9,58	9,62	9,67	9,72
18	8,81	8,86	8,91	8,95	9,00	9,05	9,10	9,14	9,19	9,24	9,29	9,33	9,38	9,43	9,48	9,52
19	8,63	8,68	8,73	8,77	8,82	8,87	8,91	8,96	9,01	9,05	9,10	9,15	9,19	9,24	9,29	9,33
20	8,46	8,51	8,56	8,60	8,65	8,69	8,74	8,78	8,83	8,88	8,92	8,97	9,01	9,06	9,10	9,15
21	8,30	8,34	8,39	8,43	8,48	8,52	8,57	8,61	8,66	8,70	8,75	8,79	8,84	8,88	8,93	8,97
22	8,14	8,18	8,23	8,27	8,32	8,36	8,41	8,45	8,49	8,54	8,58	8,63	8,67	8,71	8,76	8,80
23	7,99	8,03	8,07	8,12	8,16	8,20	8,25	8,29	8,33	8,38	8,42	8,46	8,51	8,55	8,59	8,64
24	7,84	7,88	7,92	7,96	8,01	8,05	8,09	8,13	8,18	8,22	8,26	8,31	8,35	8,39	8,43	8,48
25	7,69	7,73	7,78	7,82	7,86	7,90	7,94	7,99	8,03	8,07	8,11	8,15	8,19	8,24	8,28	8,32
26	7,55	7,59	7,63	7,68	7,72	7,76	7,80	7,84	7,88	7,92	7,96	8,00	8,05	8,09	8,13	8,17
27	7,42	7,46	7,50	7,54	7,58	7,62	7,66	7,70	7,74	7,78	7,82	7,86	7,90	7,94	7,98	8,02
28	7,28	7,32	7,36	7,40	7,44	7,48	7,52	7,56	7,60	7,64	7,68	7,72	7,76	7,80	7,84	7,88
29	7,15	7,19	7,23	7,27	7,31	7,35	7,39	7,43	7,47	7,51	7,55	7,59	7,62	7,66	7,70	7,74
30	7,03	7,07	7,11	7,15	7,18	7,22	7,26	7,30	7,34	7,38	7,42	7,45	7,49	7,53	7,57	7,61
31	6,91	6,95	6,98	7,02	7,06	7,10	7,14	7,17	7,21	7,25	7,29	7,33	7,36	7,40	7,44	7,48
32	6,79	6,83	6,87	6,90	6,94	6,98	7,01	7,05	7,09	7,13	7,16	7,20	7,24	7,28	7,31	7,35
33	6,68	6,71	6,75	6,79	6,82	6,86	6,90	6,93	6,97	7,01	7,05	7,08	7,12	7,16	7,19	7,23
34	6,57	6,60	6,64	6,67	6,71	6,75	6,78	6,82	6,86	6,89	6,93	6,97	7,00	7,04	7,07	7,11
35	6,46	6,49	6,53	6,57	6,60	6,64	6,67	6,71	6,75	6,78	6,82	6,85	6,89	6,92	6,96	7,00
36	6,35	6,39	6,43	6,46	6,50	6,53	6,57	6,60	6,64	6,67	6,71	6,74	6,78	6,82	6,85	6,89
37	6,26	6,29	6,33	6,36	6,40	6,43	6,47	6,50	6,53	6,57	6,60	6,64	6,67	6,71	6,74	6,78
38	6,16	6,19	6,23	6,26	6,30	6,33	6,37	6,40	6,44	6,47	6,50	6,54	6,57	6,61	6,64	6,68
39	6,07	6,10	6,14	6,17	6,20	6,24	6,27	6,31	6,34	6,37	6,41	6,44	6,48	6,51	6,55	6,58
40	5,98	6,01	6,05	6,08	6,12	6,15	6,18	6,22	6,25	6,28	6,32	6,35	6,39	6,42	6,45	6,49

Tableau 2 (fin)

Température °C	Pression (kPa)															
	102,5	103,0	103,5	104,0	104,5	105,0	105,5	106,0	106,5	107,0	107,5	108,0	108,5	109,0	109,5	110,0
0	14,80	14,87	14,95	15,02	15,09	15,16	15,24	15,31	15,38	15,46	15,53	15,60	15,67	15,75	15,82	15,89
1	14,38	14,46	14,53	14,60	14,67	14,74	14,81	14,88	14,95	15,02	15,09	15,16	15,23	15,30	15,37	15,44
2	13,99	14,06	14,13	14,19	14,26	14,33	14,40	14,47	14,54	14,61	14,67	14,74	14,81	14,88	14,95	15,02
3	13,61	13,68	13,74	13,81	13,88	13,94	14,01	14,08	14,14	14,21	14,28	14,34	14,41	14,48	14,55	14,61
4	13,25	13,31	13,38	13,44	13,51	13,57	13,64	13,70	13,77	13,83	13,90	13,96	14,03	14,09	14,16	14,23
5	12,90	12,97	13,03	13,09	13,16	13,22	13,28	13,35	13,41	13,47	13,54	13,60	13,67	13,73	13,79	13,86
6	12,57	12,64	12,70	12,76	12,82	12,88	12,95	13,01	13,07	13,13	13,19	13,26	13,32	13,38	13,44	13,50
7	12,26	12,32	12,38	12,44	12,50	12,56	12,62	12,68	12,74	12,80	12,86	12,92	12,98	13,05	13,11	13,17
8	11,96	12,02	12,08	12,14	12,20	12,25	12,31	12,37	12,43	12,49	12,55	12,61	12,67	12,73	12,79	12,84
9	11,67	11,73	11,79	11,85	11,90	11,96	12,02	12,08	12,13	12,19	12,25	12,31	12,36	12,42	12,48	12,54
10	11,40	11,45	11,51	11,57	11,62	11,68	11,74	11,79	11,85	11,90	11,96	12,02	12,07	12,13	12,19	12,24
11	11,14	11,19	11,25	11,30	11,36	11,41	11,47	11,52	11,58	11,63	11,69	11,74	11,80	11,85	11,91	11,96
12	10,88	10,94	10,99	11,05	11,10	11,15	11,21	11,26	11,31	11,37	11,42	11,48	11,53	11,58	11,64	11,69
13	10,64	10,70	10,75	10,80	10,85	10,91	10,96	11,01	11,06	11,12	11,17	11,22	11,27	11,33	11,38	11,43
14	10,41	10,46	10,51	10,57	10,62	10,67	10,72	10,77	10,82	10,87	10,93	10,98	11,03	11,08	11,13	11,18
15	10,19	10,24	10,29	10,34	10,39	10,44	10,49	10,54	10,59	10,64	10,69	10,74	10,79	10,84	10,90	10,95
16	9,98	10,02	10,07	10,12	10,17	10,22	10,27	10,32	10,37	10,42	10,47	10,52	10,57	10,62	10,67	10,72
17	9,77	9,82	9,87	9,91	9,96	10,01	10,06	10,11	10,16	10,21	10,25	10,30	10,35	10,40	10,45	10,50
18	9,57	9,62	9,67	9,71	9,76	9,81	9,86	9,90	9,95	10,00	10,05	10,09	10,14	10,19	10,24	10,28
19	9,38	9,43	9,47	9,52	9,57	9,61	9,66	9,71	9,75	9,80	9,85	9,89	9,94	9,99	10,03	10,08
20	9,20	9,24	9,29	9,33	9,38	9,42	9,47	9,52	9,56	9,61	9,65	9,70	9,75	9,79	9,84	9,88
21	9,02	9,06	9,11	9,15	9,20	9,24	9,29	9,33	9,38	9,42	9,47	9,51	9,56	9,60	9,65	9,69
22	8,85	8,89	8,93	8,98	9,02	9,07	9,11	9,15	9,20	9,24	9,29	9,33	9,38	9,42	9,46	9,51
23	8,68	8,72	8,77	8,81	8,85	8,90	8,94	8,98	9,03	9,07	9,11	9,16	9,20	9,24	9,29	9,33
24	8,52	8,56	8,60	8,65	8,69	8,73	8,77	8,82	8,86	8,90	8,94	8,99	9,03	9,07	9,11	9,16
25	8,36	8,40	8,45	8,49	8,53	8,57	8,61	8,65	8,70	8,74	8,78	8,82	8,86	8,91	8,95	8,99
26	8,21	8,25	8,29	8,33	8,37	8,42	8,46	8,50	8,54	8,58	8,62	8,66	8,70	8,74	8,79	8,83
27	8,06	8,10	8,14	8,18	8,22	8,27	8,31	8,35	8,39	8,43	8,47	8,51	8,55	8,59	8,63	8,67
28	7,92	7,96	8,00	8,04	8,08	8,12	8,16	8,20	8,24	8,28	8,32	8,36	8,40	8,44	8,48	8,52
29	7,78	7,82	7,86	7,90	7,94	7,98	8,02	8,06	8,09	8,13	8,17	8,21	8,25	8,29	8,33	8,37
30	7,65	7,69	7,72	7,76	7,80	7,84	7,88	7,92	7,96	7,99	8,03	8,07	8,11	8,15	8,19	8,23
31	7,52	7,55	7,59	7,63	7,67	7,71	7,74	7,78	7,82	7,86	7,90	7,93	7,97	8,01	8,05	8,09
32	7,39	7,43	7,46	7,50	7,54	7,58	7,61	7,65	7,69	7,73	7,76	7,80	7,84	7,88	7,91	7,95
33	7,27	7,30	7,34	7,38	7,41	7,45	7,49	7,52	7,56	7,60	7,64	7,67	7,71	7,75	7,78	7,82
34	7,15	7,18	7,22	7,26	7,29	7,33	7,37	7,40	7,44	7,48	7,51	7,55	7,58	7,62	7,66	7,69
35	7,03	7,07	7,10	7,14	7,18	7,21	7,25	7,28	7,32	7,36	7,39	7,43	7,46	7,50	7,53	7,57
36	6,92	6,96	6,99	7,03	7,06	7,10	7,13	7,17	7,20	7,24	7,28	7,31	7,35	7,38	7,42	7,45
37	6,81	6,85	6,88	6,92	6,95	6,99	7,02	7,06	7,09	7,13	7,16	7,20	7,23	7,27	7,30	7,34
38	6,71	6,75	6,78	6,82	6,85	6,88	6,92	6,95	6,99	7,02	7,06	7,09	7,13	7,16	7,20	7,23
39	6,61	6,65	6,68	6,72	6,75	6,78	6,82	6,85	6,89	6,92	6,96	6,99	7,02	7,06	7,09	7,13
40	6,52	6,55	6,59	6,62	6,66	6,69	6,72	6,76	6,79	6,82	6,86	6,89	6,93	6,96	6,99	7,03