



Greiner Neise Stöcker

THERMODYNAMIQUE ET MÉCANIQUE STATISTIQUE

Traduit et adapté par Hans Aksas, agrégé de physique
Université d'Aix-Marseille III

Avant-propos de Hubert Curien



Springer

Table des matières

I Thermodynamique

1. Grandeurs d'état et équilibre	3
1.1 Introduction	3
1.2 Systèmes, phases et grandeurs d'état	4
1.3 Equilibre et température – principe 0 de la thermodynamique	7
1.4 Théorie cinétique du gaz parfait	11
1.5 Pression, travail et potentiel chimique	15
1.6 Chaleur et capacité thermique	18
1.7 Equation d'état pour un gaz réel	19
1.8 Capacités thermiques	23
1.9 Changements d'état – processus réversibles et irréversibles	26
1.10 Formes différentielles et différentielles exactes, intégrales curvilignes	29
2. Les principes de la thermodynamique	37
2.1 Le premier principe	37
2.2 Cycle de Carnot et entropie	42
2.3 Le second principe et l'entropie	46
2.4 Interprétation microscopique de l'entropie et du second principe	48
2.5 Equilibre global et local	58
2.6 Machines thermiques	59
2.7 Equation d'Euler et relation de Gibbs–Duhem	67
3. Transitions de phase et réactions chimiques	71
3.1 Règle des phases de Gibbs	71
3.2 Equilibre des phases et construction de Maxwell	77
3.3 La loi d'action et de masse	81
3.4 Applications des lois de la thermodynamique	92
4. Potentiels thermodynamiques	97
4.1 Le principe de l'entropie maximale	97
4.2 Entropie et énergie en tant que potentiels thermodynamiques	98

4.3	La transformation de Legendre	101
4.4	L'énergie libre	105
4.5	L'enthalpie	110
4.6	L'enthalpie libre	116
4.7	Le grand potentiel	123
4.8	La transformation de toutes les variables	125
4.9	Les relations de Maxwell	125
4.10	Les transformations de Jacobi	133
4.11	Stabilité thermodynamique	136
<hr/>		
II Mécanique statistique		
<hr/>		
5.	Nombre d'états microscopiques Ω et entropie S	139
5.1	Principes de base	139
5.2	Espace des phases	140
5.3	Définition statistique de l'entropie	143
5.4	Paradoxe de Gibbs	149
5.5	Décompte pseudo-quantique de Ω	152
6.	Théorie des ensembles et ensemble microcanonique	161
6.1	Densité dans l'espace des phases, principe ergodique	161
6.2	Théorème de Liouville	164
6.3	Ensemble microcanonique	166
6.4	L'entropie comme moyenne d'ensemble	169
6.5	La fonction incertitude	170
7.	L'ensemble canonique	181
7.1	Justification générale du facteur correctif de Gibbs	187
7.2	Systèmes de particules sans interaction	194
7.3	Calcul d'observables comme moyennes sur un ensemble	203
7.4	Relation entre les ensembles microcanonique et canonique	215
7.5	Fluctuations	221
7.6	Théorèmes du viriel et de l'équipartition	225
7.7	Ensemble canonique en tant que valeur moyenne de toutes les distributions possibles	231
8.	Applications de la statistique de Boltzmann	239
8.1	Systèmes quantiques en statistique de Boltzmann	239
8.2	Paramagnétisme	246
8.3	Températures négatives dans les systèmes à deux niveaux	256
8.4	Gaz possédant des degrés de liberté internes	258
8.5	Gaz parfait relativiste	267
9.	L'ensemble grand-canonique	275
9.1	Fluctuations dans l'ensemble grand-canonique	284

III Statistique quantique

10. Opérateurs - densités	293
10.1 Fondements	293
10.2 Etats purs et mélange statistique d'états purs (états mixtes) ...	297
10.3 Propriétés de la matrice densité	303
10.4 Les opérateurs densités des statistiques quantiques	307
11. Les propriétés de symétrie des fonctions d'ondes à plusieurs particules	325
12. Description grand-canonique de systèmes quantiques parfaits ...	339
13. Le gaz parfait de Bose	357
13.1 Gaz de Bose ultra-relativiste	369
14. Le gaz parfait de Fermi	389
14.1 Le gaz de Fermi dégénéré	396
14.2 Supplément : unités naturelles	443
15. Applications des gaz relativistes de Bose et de Fermi	445
15.1 Plasma quark-gluon pendant le big-bang et les collisions d'ions lourds	445

IV Gaz réels et transitions de phase

16. Gaz réels	461
16.1 Développement en « agrégats » de Mayer	465
16.2 Développements du viriel	476
17. Classification des transitions de phase	479
17.1 Théorème des états correspondants	486
17.2 Exposants critiques	488
17.3 Exemples de transitions de phase	489
18. Les modèles d'Ising et de Heisenberg	503
Index	529

Greiner Neise Stöcker

THERMODYNAMIQUE ET MÉCANIQUE STATISTIQUE

L'ouvrage Thermodynamique et Mécanique Statistique jette les bases du cours en couvrant la thermodynamique, la mécanique statistique, les statistiques quantiques, les gaz réels et les transitions de phase. En partant d'une démarche inductive, plus proche de la méthodologie de la recherche en physique, le texte commence par des observations expérimentales clés pour développer par la suite le cadre de la théorie. Après avoir obtenu les équations fondamentales, il est possible de passer à l'étude détaillée d'exemples et d'exercices classiques pour aboutir à l'étude de phénomènes récents.



Walter Greiner est né le 29.10.1935 à Neuenburg en Thuringe (Allemagne). Après l'apprentissage du métier de serrurier, il a effectué des études de physique et de mathématiques aux Universités de Francfort et de Darmstadt. En 1959, il obtient son diplôme de l'Université technique (TH) de Darmstadt (Allemagne). Thèse de doctorat en 1961 à l'Université de Fribourg en Brisgau (Allemagne). Professeur assistant de 1962 à 1964 à l'Université du Maryland, College Park (USA). Depuis 1964 professeur titulaire à l'Université de Francfort. À partir de 1965 professeur et directeur de l'Institut de Physique théorique de l'Université Johann Wolfgang Goethe (Francfort/Main).



Ludwig Neise est né le 20.1.1960 à Kassel. Thèse de doctorat en 1985 à l'Université Goethe de Francfort. En 1985 recherche à l'Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, USA. En 1988-1989 recherche au GSI Darmstadt; 1990-1992 professeur invité à l'Université d'Arizona à Tucson; 1992-1997 recherche à l'Université de Heidelberg. Depuis 1996 recherche à l'École des Mines de Nantes; à partir de 1997 bourse et thèse d'habilitation à l'Université Goethe de Francfort.



Horst Stöcker est né le 16.12.1952 à Francfort sur le Main. Thèse de doctorat en 1979 à l'Université Goethe de Francfort; 1979-1981 au Laboratoire Lawrence Berkeley de l'Université de Californie à Berkeley; 1982-1985 professeur de physique théorique à l'Université de Michigan State à East Lansing. Depuis 1985 professeur de physique théorique à l'Université Goethe de Francfort.

ISBN 3-540-66166-2



9 783540 661665

<http://www.springer.de>