

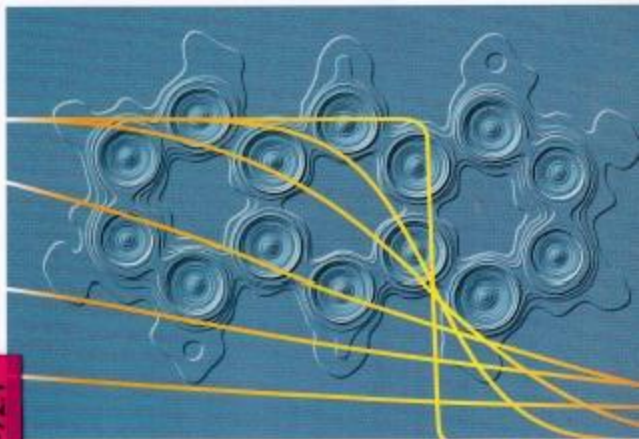


C O L L E C T I O N
D I R I G É E P A R J E A N B O R N A R E L

G R E N O B L E S C I E N C E S

INTRODUCTION À LA MÉCANIQUE STATISTIQUE

■ Élie BELORIZKY et Wladimir GORECKI



531-72.1

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre 1 : Variables aléatoires

1. Définitions - Fonction de distribution	7
2. Valeurs moyennes	9
3. Fonction caractéristique	10
4. Système de plusieurs variables aléatoires	13
5. Variable aléatoire gaussienne	17
6. Théorème central limite	20
7. Variable aléatoire de Lorentz	24
8. Variable aléatoire de Poisson	25
9. Systèmes gaussiens de variables aléatoires	27

Chapitre 2 : Dynamique analytique

1. Coordonnées et vitesses généralisées	31
2. Moments généralisés (ou conjugués)	33
3. Les équations de Lagrange	34
4. Les équations de Hamilton	36
5. Système de deux points matériels	38
6. Petits mouvements - Oscillateur harmonique à plusieurs degrés de liberté	39
7. Mouvement d'une particule chargée dans un champ électromagnétique avec le formalisme de Lagrange et Hamilton	42
8. Espace des phases et Mécanique statistique	43
9. Le théorème de Liouville	46

Chapitre 3 : La thermodynamique et ses limites

1. Thermodynamique et Mécanique statistique	49
2. Limite de validité de la description thermodynamique - Fluctuations	50
3. Théorie simple du Gaz Parfait	53
4. Système thermodynamique quelconque	58
5. Comportement d'un fluide réel	61

Chapitre 4 : Travail - Chaleur - Premier principe

1. Echange de travail entre le système et l'extérieur	63
2. Transformations réelles et transformations réversibles	65
3. Expression générale du travail	66
4. Echanges de chaleur entre le système et l'extérieur	67
5. L'énergie interne - Premier principe de la Thermodynamique	72
6. Premier principe et transformations infinitésimales	73
7. L'enthalpie	74
8. Détentes des gaz	75

Chapitre 5 : Second principe et applications

1. Énoncés du second principe	77
2. Processus réversible et irréversible	80
3. Le cycle de Carnot réversible	81
4. Température absolue	84
5. L'entropie	85
6. Calcul des variations d'entropie d'un système	87
7. Diagramme entropique	89
8. Accroissement d'entropie d'un système isolé	90
9. Nouvelle expression du premier principe	91
10. Évolution thermodynamique des systèmes	92
11. Quelques propriétés des fonctions F et G	94
12. Les équations de Maxwell	96
13. Changements de phase d'un corps pur	98
14. Le potentiel chimique	104

Chapitre 6 : Ensemble microcanonique - L'entropie en mécanique statistique

1. Système paramagnétique	109
2. Système isolé - Ensemble microcanonique - Hypothèse fondamentale	112
3. Configuration la plus probable	113
4. Équilibre thermique	116
5. L'entropie	118
6. Loi d'accroissement de l'entropie	118
7. Principes de la Thermodynamique	120
8. Précision sur la détermination de l'entropie	121

Chapitre 7 : Distribution de Boltzmann – Ensemble canonique

1. Le facteur de Boltzmann	123
2. Exemples	126
3. Théorie quantique du paramagnétisme	132
4. L'entropie d'un système dans un ensemble canonique	135
5. Pression	138
6. Energie libre de Helmholtz	142
7. Gaz parfait monoatomique (première étape)	144
8. Systèmes de particules identiques – Bosons, fermions	146
9. Gaz parfait monoatomique – Formule de Sakur-Tétrode	152
10. Gaz parfait non monoatomique	155
11. Limite classique de la mécanique statistique	156

Chapitre 8 : Mécanique statistique classique

1. Distribution de Boltzmann en statistique classique	161
2. Densité de probabilité dans l'espace de configuration	163
3. Théorème d'équipartition de l'énergie cinétique	168
4. Densité de probabilité dans un sous-espace des moments conjugués	169
5. Distribution de Maxwell des vitesses	170
6. Distribution de l'énergie - Cas plus général	174
7. Equation d'état de Van der Waals	177
8. Chaleurs spécifiques des gaz parfaits	180
9. Traitement classique de la molécule diatomique	181

Chapitre 9 : Propriétés thermodynamiques des molécules diatomiques

1. Introduction	185
2. Effets de la quantification sur la translation	186
3. Quantification et vibration	186
4. Quantification et rotation	187
5. Rotation des molécules diatomiques homonucléaires	190
6. Thermodynamique des molécules hétéronucléaires	194

Chapitre 10 : Distribution de Gibbs – Ensemble canonique généralisé

1. Le potentiel chimique	195
2. Potentiel chimique interne, externe et total	198
3. Potentiel chimique et entropie	201
4. Potentiel chimique et autres fonctions thermodynamiques	202
5. Facteur de Gibbs – Grande fonction de partition	204
6. Valeurs moyennes – Grand potentiel	206
7. Le Gaz parfait dans le grand ensemble	211
8. Les réactions chimiques	213

Chapitre 11 : Statistiques quantiques et limite classique

1. Introduction	217
2. Distribution de Fermi-Dirac	218
3. Distribution de Bose-Einstein	220
4. Limite classique	222
5. Potentiel chimique d'un gaz parfait avec des degrés de liberté internes	224

Chapitre 12 : Gaz de Fermi et gaz de Bose

1. Introduction	227
2. Le gaz de Fermi	228
3. Densité d'états	231
4. Détermination du potentiel chimique à température non nulle	233
5. Calcul de l'énergie interne U	236
6. Capacité calorifique d'un gaz d'électrons	237
7. Applications du gaz de fermions	239
8. Fonctions thermodynamiques d'un gaz de fermions	240
9. Gaz de bosons et condensation de Bose	242
10. Occupation des niveaux en fonction de la température pour un gaz de bosons	244
11. Température de condensation d'Einstein	246
12. Hélium suprafluide	247
13. Fonctions thermodynamiques d'un gaz de bosons	248

Chapitre 13 : Théorie du corps noir et distribution de Planck

1. La théorie de Planck	253
2. Photons et gaz de bosons	256
3. Loi de Wien	260
4. Energie rayonnée	262
5. Emission et absorption : Loi de Kirchhoff	263
6. Applications à l'astrophysique	264

Chapitre 14 : Mouvement brownien

1. Equation de Langevin	267
2. Equation de diffusion	269
3. Approche microscopique de l'équation de diffusion	273

Chapitre 15 : Changements de phase

1. Enthalpie libre de Gibbs d'un gaz de Van der Waals	275
2. Ferromagnétisme	278
3. Théorie de Landau des changements de phase	280
4. Transitions du premier ordre	284