

Contents

Chapter 1	Introduction à la physique statistique	1
1.1	La fonction de partition	1
1.2	Oscillateurs harmoniques linéaires	9
1.3	Rayonnement du corps noir	11
1.4	Vibrations dans un solide	13
1.5	Capacité calorifique massique d'un cristal	18
1.6	L'effet Mössbauer	24
1.7	Statistiques quantiques pour un système de plusieurs particules	27
1.8	Calcul des intégrales	32
1.9	Le gaz parfait de Bose-Einstein	33
1.10	Le gaz parfait de Fermi-Dirac	37
Chapter 2	Matrices densité	43
2.1	Introduction aux matrices densité	43
2.2	Propriétés supplémentaires de la matrice densité	48
2.3	Matrice densité en physique statistique	51
2.4	Matrice densité d'une particule libre à une dimension	53
2.5	Oscillateur harmonique linéaire	54
2.6	Oscillateur anharmonique	57
2.7	Fonction de Wigner	63
2.8	Matrice densité symétrisée pour N particules	65
2.9	Sous-matrice densité	70
2.10	Développement en perturbation de la matrice densité	71
2.11	Démonstration de $F \leq F_0 + \langle H - H_0 \rangle_{H_0}$	73
Chapter 3	Intégrales de chemin	79
3.1	Formulation de la matrice densité par une intégrale de chemin	79
3.2	Calcul des intégrales de chemin	86
3.3	Calcul des intégrales de chemin par un développement en perturbation	91
3.4	Principe variationnel pour l'intégrale de chemin	94
3.5	Une application du théorème variationnel	96

Chapter 4	Système classique de N particules	105
4.1	Introduction	105
4.2	Le deuxième coefficient du viriel	108
4.3	Développement en essais de Mayer	114
4.4	Fonction de répartition radiale	120
4.5	Fonctions thermodynamiques	124
4.6	L'équation de Born-Green pour n_2	125
4.7	Gaz unidimensionnel	127
4.8	Gaz unidimensionnel avec un potentiel de la forme $e^{- x }$	131
4.9	Analyse succincte de la condensation	137
Chapter 5	La théorie ordre-désordre	139
5.1	Introduction	139
5.2	Ordre-désordre à une dimension	143
5.3	Méthodes approchées pour deux dimensions	144
5.4	Le problème d'Onsager	150
5.5	Commentaires divers	163
Chapter 6	Les opérateurs de création et d'annihilation	167
6.1	Un problème mathématique simple	167
6.2	L'oscillateur harmonique linéaire	170
6.3	Un oscillateur anharmonique	172
6.4	Systèmes d'oscillateurs harmoniques	173
6.5	Phonons	176
6.6	Quantification du champ	178
6.7	Systèmes de particules indiscernables	183
6.8	L'hamiltonien et autres opérateurs	193
6.9	État fondamental d'un système de fermions	199
6.10	Hamiltonien d'un système phonons-électrons	202
6.11	Interactions photons-électrons	208
6.12	Diagrammes de Feynman	210
Chapter 7	Les ondes de spin	215
7.1	Interactions spin-spin	215
7.2	L'algèbre du spin de Pauli	218
7.3	Onde de spin dans un réseau	220
7.4	Interprétation semi-classique des ondes de spin	225
7.5	Deux ondes de spin	226
7.6	Deux ondes de spin (traitement rigoureux)	228
7.7	Diffusion de deux ondes de spin	231
7.8	Non-orthogonalité	234
7.9	Méthode fondée sur les opérateurs	236

7.10	Diffusion d'ondes de spin - analogie avec un oscillateur	238
Chapter 8	Le problème du polaron	241
8.1	Introduction	241
8.2	Traitement perturbatif du problème du polaron	245
8.3	Formulation pour le traitement variationnel	252
8.4	Traitement variationnel	256
8.5	Masse effective	264
Chapter 9	Gaz d'électrons dans un métal	267
9.1	Introduction : la fonction d'état φ	267
9.2	Ondes sonores	270
9.3	Calcul de $\mathcal{P}(R)$	272
9.4	Énergie de corrélation	274
9.5	Ondes de plasma	276
9.6	Approximation des phases aléatoires	279
9.7	Approche variationnelle	281
9.8	Énergie de corrélation et diagrammes de Feynman	282
9.9	Perturbation d'ordre supérieur	290
Chapter 10	Supraconductivité	295
10.1	Résultats expérimentaux et première théorie	295
10.2	Mise en place de l'hamiltonien	300
10.3	Un théorème utile	304
10.4	État fondamental d'un supraconducteur	305
10.5	État fondamental d'un supraconducteur (suite)	309
10.6	Excitations	311
10.7	Températures finies	313
10.8	Test réel de l'existence d'états de paire et d'un gap d'énergie	318
10.9	Supraconducteur parcouru par un courant	322
10.10	Courant et champ	326
10.11	Courant à température finie	331
10.12	Un autre point de vue	337
Chapter 11	Superfluidité	347
11.1	Introduction : nature de la transition	347
11.2	La superfluidité : une première approche	355
11.3	Calcul intuitif des fonctions d'onde : état fondamental	357
11.4	Phonons et rotons	363
11.5	Rotons	369
11.6	Vitesse critique	372
11.7	Écoulement superfluide irrotationnel	373
11.8	Rotation du superfluide	375

iv **Table des matières**

11.9	Un raisonnement conduisant aux lignes de vorticité	379
11.10	La transition λ dans l'hélium liquide	382
	Index	393