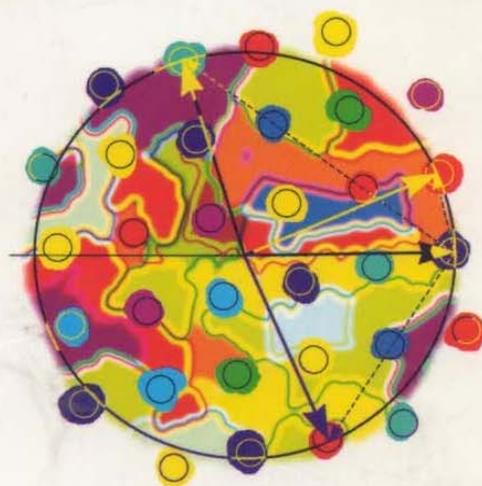


Christian et Hélène Ngô

2^e CYCLE • ÉCOLES D'INGÉNIEURS

Introduction à la physique des semi-conducteurs

Cours et exercices corrigés



DUNOD

Table des matières

Avant-propos	IX
Chapitre 1 Physique quantique	1
1.1 Dualité onde–corpuscule	2
1.2 Relation de de Broglie	4
1.3 Les postulats	5
1.4 États stationnaires	9
1.5 Mesures simultanées d’observables	10
1.6 Relations d’incertitude	10
1.7 Nombres quantiques	11
1.8 Spin	12
1.9 Bosons et fermions	13
1.10 Quantique ou classique ?	13
1.11 États liés et états du continu	14
Exercices	23
Chapitre 2 Physique statistique	25
2.1 Micro-états, macroétats	25
2.2 Postulats	26
2.3 Entropie statistique	27
2.4 Travail, chaleur	30
2.5 Valeurs moyennes et fluctuations	31
2.6 Conditions d’équilibre	33
2.7 Ensembles	35
2.8 Théorème d’équipartition de l’énergie	38
2.9 Statistiques quantiques	39
2.10 Gaz parfait de Fermi	41
Exercices	45
Chapitre 3 Structure cristalline	47
3.1 Le cristal idéal	47
3.2 Réseaux cristallins	49

3.3	Diffraction par un réseau cristallin	59
3.4	Défauts cristallins	64
	Exercices	66
Chapitre 4	Bandes d'énergies	67
4.1	Approximations	67
4.2	Méthode des liaisons fortes	70
4.3	Importance des symétries	75
4.4	Approche des liaisons faibles	77
4.5	Propriétés statiques des électrons	86
4.6	Schéma réduit de Brillouin	89
4.7	L'équation centrale	91
4.8	Surface de Fermi	93
4.9	Métaux, isolants, semi-conducteurs	94
4.10	De l'isolant au métal	97
	Exercices	99
Chapitre 5	Dynamique du réseau	101
5.1	Vibrations du réseau	101
5.2	Phonons	106
5.3	Propriétés thermiques	107
	Exercice	114
/ Chapitre 6	Semi-conducteurs à l'équilibre	117
6.1	Notion de trou	117
6.2	Gap direct et gap indirect	118
6.3	Masse effective	121
6.4	Structure des bandes d'énergie	126
6.5	Densité d'états	127
6.6	Densité d'électrons et de trous	128
6.7	Semi-conducteurs intrinsèques	131
6.8	Dopage	132
6.9	Niveau de Fermi d'un semi-conducteur extrinsèque	138
	Exercices	141
Chapitre 7	Dynamique des électrons	143
7.1	Dérive dans un champ électrique	144
7.2	Réponse à un champ électrique	148
7.3	Diffusion des porteurs	152
7.4	Potentiel externe et bandes d'énergie	155

7.5	L'effet Hall	156
	Exercices	159
Chapitre 8	Dispositifs élémentaires	161
8.1	La jonction <i>pn</i>	162
8.2	Perturbations dues à la surface	170
8.3	La jonction métal–métal	173
8.4	La jonction métal–semi-conducteur	174
8.5	Le transistor bipolaire	177
8.6	La diode tunnel	181
8.7	Transistors à effet de champ	183
8.8	Structures MIS et MOS	186
8.9	Le transistor MOS	189
8.10	Hétérojonctions	192
	Exercices	195
/ Chapitre 9	Propriétés optiques	197
9.1	Absorption de photons	197
9.2	Applications	202
9.3	Émission spontanée de photons	207
9.4	Émission stimulée	208
	Exercices	212
Chapitre 10	Systèmes de faible dimensionnalité	215
10.1	Systèmes mésoscopiques	215
10.2	Puits, fils et boîtes quantiques	217
10.3	Densité de niveaux	217
10.4	Puits quantiques	219
10.5	Multipuits quantiques et superréseaux	221
10.6	Transmission résonante sous la barrière	222
10.7	Le blocage de Coulomb	223
10.8	Effet Hall quantique	226
	Exercices	228
	Solutions des exercices	229
	Constantes	240
	Bibliographie	241
	Index	242