

Table des matières

Avant-propos	5	3.8. L'ion de la molécule d'hydrogène	53
Unités et constantes	7	Exercices	56
CHAPITRE 1		CHAPITRE 4	
La théorie classique en crise	9	Spin et moment magnétique	59
1.1. La réalité des atomes	9	4.1. L'expérience de Stern-Gerlach	59
1.2. La réalité du champ	11	4.2. Rotations spatiales	62
1.3. La discontinuité de l'énergie	12	4.3. Générateurs de rotation	64
1.4. La nature des objets atomiques	16	4.4. Spin, moment magnétique et effet Zeeman	68
1.5. Au seuil de la révolution quantique	17	4.5. La précession de Larmor	70
CHAPITRE 2		4.6. Spin 1/2	72
Espaces vectoriels de dimension finie	19	Exercices	75
2.1. Espaces vectoriels et produit scalaire	19	CHAPITRE 5	
2.2. Opérateurs	23	Particule à une dimension	77
2.3. Valeurs propres et vecteurs propres	24	5.1. Vecteurs de base $ x\rangle$	77
2.4. Représentation matricielle d'opérateurs linéaires	26	5.2. Position, impulsion et énergie	79
2.5. Décomposition spectrale	29	5.3. Espace d'états	82
2.6. Fonctions d'un opérateur	32	5.4. L'équation de Schrödinger	87
2.7. Opérateurs commutants	34	5.5. Puits de potentiel carré	88
2.8. Somme directe d'espaces vectoriels	35	5.6. Barrière de potentiel carrée	92
Exercices	36	5.7. Oscillateur harmonique	94
CHAPITRE 3		5.8. Opérateur d'évolution et paquet d'ondes	98
Espaces d'états de dimension finie	39	5.9. Appendice	102
3.1. L'état d'un système	39	5.9.1 La fonction delta de Dirac	102
3.2. Grandeurs physiques	41	5.9.2 Espaces vectoriels de dimension infinie	104
3.3. Hamiltonien	46	5.9.3 Polynômes d'Hermite	106
3.4. L'équation de Schrödinger	46	Exercices	108
3.5. Hamiltonien indépendant du temps	49	CHAPITRE 6	
3.6. Solution de l'équation de Schrödinger	51	L'interprétation de la mécanique quantique	111
3.7. Opérateurs commutants	52	6.1. Formalisme et règles d'interprétation	111
		6.2. Interprétation du vecteur d'état	113
		6.3. Préparation d'état et mesure	117

6.4. Le principe d'incertitude de Heisenberg	120
6.5. Complémentarité	124
6.6. Mécanique quantique et mécanique classique.....	125
Exercices.....	128

CHAPITRE 7

Particule à trois dimensions.....	129
7.1. Espace d'états; équation de Schrödinger.....	129
7.2. Courant de probabilité.....	133
7.3. Moment cinétique	136
7.4. Potentiel central	140
7.5. Potentiel en r^{-1}	142
7.6. Puits sphérique.....	144
7.7. Champ électromagnétique.....	146
7.8. Transformation de jauge	149
7.9. Appendice	152
7.9.1 Polynômes de Legendre et harmoniques sphériques.....	152
7.9.2 Polynômes de Laguerre	155
7.9.3 Fonctions de Bessel.....	156
Exercices.....	158

CHAPITRE 8

Solution numérique	161
8.1. Équation aux différences finies.....	161
8.2. Spectre discret à une dimension	164
8.3. Normalisation dans une boîte	167
8.4. Spectre discret à trois dimensions	171
8.5. Déphasages	174
Exercices.....	177

CHAPITRE 9

Le modèle du champ central	179
9.1. L'hamiltonien d'un atome	179
9.2. Atome d'hydrogène et ions hydrogénoïdes	183
9.3. Le champ central.....	184
9.4. Le modèle de Thomas-Fermi	186
9.5. Le tableau périodique	189
9.6. Champ auto-cohérent.....	190
9.7. Validité du modèle du champ central	194
Exercices.....	196

CHAPITRE 10

Perturbations stationnaires.....	197
10.1. Petite perturbation.....	197
10.2. Énergie non dégénérée.....	200
10.3. Énergie dégénérée.....	201
10.4. Extension spatiale du noyau atomique.....	203
10.5. Moment dipolaire des atomes; effet Stark	205
10.6. Les forces de van der Waals	207
10.7. Rotation et vibration des molécules diatomiques.....	210
Exercices.....	213

CHAPITRE 11

États stationnaires de diffusion.....	215
11.1. Section efficace	215
11.2. États stationnaires de diffusion	217
11.3. Opérateurs et fonctions de Green	220
11.4. Équation intégrale de diffusion	223
11.5. L'approximation de Born	225
11.6. Ondes partielles et déphasages	228
11.7. Sphère rigide et puits sphérique	232
11.8. Propriétés analytiques des ondes partielles	233
11.9. Diffusion par plusieurs centres identiques.....	237
Exercices.....	240

CHAPITRE 12

L'opérateur densité	243
12.1. État pur.....	243
12.2. Mélange statistique.....	245
12.3. Produit tensoriel d'espaces d'états.....	247
12.4. Description d'un sous-système	250
12.5. Application à la physique statistique.....	252
12.6. Histories cohérentes	255
Exercices.....	259

CHAPITRE 13

Symétrie de l'hamiltonien	261
13.1. Groupe de symétrie.....	261
13.2. Inversion spatiale, rotations et translations	263
13.3. Propriétés générales des groupes.....	265
13.4. Représentation matricielle d'un groupe.....	267

13.5. Groupes finis	270
13.6. Inversion temporelle	276
13.7. Groupes de Lie	277
13.8. Translations spatiales	282
Exercices	286

CHAPITRE 14

Rotations et moment cinétique	289
14.1. Groupe des rotations	289
14.2. Rotations finies	294
14.3. Les matrices D comme fonctions d'onde	298
14.4. Interaction de deux moments cinétiques	302
14.5. Moment cinétique total	304
14.6. Coefficients de Clebsch-Gordan	306
14.7. Le théorème de Wigner-Eckart	310
14.8. Symétrie élargie	312
Exercices	315

CHAPITRE 15

L'équation relativiste de Dirac	317
15.1. Le groupe de Lorentz	317
15.2. L'équation de Dirac	321
15.3. Solution en ondes planes	324
15.4. Propriétés de l'équation de Dirac	326
15.5. Électron dans un champ électromagnétique	328
15.6. Potentiel en r^{-1}	333
Exercices	337

CHAPITRE 16

L'intégrale fonctionnelle	339
16.1. Propagateur et intégrale fonctionnelle	339
16.2. Convergence des intégrales fonctionnelles	344
16.3. L'approximation semi-classique	347
16.4. Fonctions d'onde WKB	352
16.5. Point de rebroussement	354
16.6. La règle de Bohr-Sommerfeld	357
16.7. Barrière de potentiel	359
16.8. Évolution classique	361
Exercices	363

CHAPITRE 17

Orbitales atomiques	365
17.1. La méthode variationnelle	365
17.2. L'énergie la plus basse de l'atome d'hélium	367
17.3. Fonctions d'onde antisymétriques	370
17.4. Les équations de Hartree-Fock	375
17.5. Utilisation des équations de Hartree-Fock	380
Exercices	384

CHAPITRE 18

Multiplets et termes atomiques	385
18.1. Couplage LS	385
18.2. Fonctions d'onde atomiques	389
18.3. Énergie moyenne d'une configuration	394
18.4. Énergie des multiplets atomiques	399
18.5. Interaction spin-orbite	404
18.6. L'effet Zeeman	408
18.7. Interaction de configurations	411
Exercices	413

CHAPITRE 19

Théorie semi-classique du rayonnement	415
19.1. Perturbation harmonique	415
19.2. Transition vers le spectre continu	419
19.3. Transition vers le spectre discret	423
19.4. Émission spontanée	426
19.5. Transitions dipolaires électriques	428
19.6. Transitions d'ordre supérieur	431
19.7. Profil des raies spectrales	434
Exercices	436

CHAPITRE 20

Molécules	439
20.1. L'approximation de Born-Oppenheimer	439
20.2. Orbitales moléculaires	443
20.3. Termes électroniques des molécules diatomiques	448
20.4. Rotation et vibration des molécules diatomiques	452
20.5. Transitions dipolaires électriques	455
20.6. Molécules polyatomiques	459
Exercices	462

CHAPITRE 21

Corrélations à distance et mesure	465
21.1. Einstein, Podolsky et Rosen	465
21.2. L'inégalité de Bell	468
21.3. Mécanique quantique et localité relativiste	471
21.4. Le problème de la mesure	474
21.5. Recherche de solutions	479
21.6. Décohérence	483
21.7. Propositions vraies et propositions fiables	486

Corrigé des exercices	491
-----------------------------	-----

Bibliographie	497
---------------------	-----

Index	513
-------------	-----