
Table

TOME I

Introduction	3
Chapitre I Ondes et particules. Introduction aux idées fondamentales de la mécanique quantique	8
A. <i>Ondes électromagnétiques et photons</i>	10
B. <i>Corpuscules matériels et ondes de matière</i>	18
C. <i>Description quantique d'une particule. Paquets d'ondes.</i>	22
D. <i>Particule dans un potentiel scalaire indépendant du temps</i>	32
 Compléments du Chapitre I.	
GUIDE DE LECTURE	42
A ₁ . <i>Ordre de grandeur des longueurs d'onde associées à des corpuscules matériels</i>	43
B ₁ . <i>Contraintes imposées par la relation d'incertitude</i>	46
C ₁ . <i>Relation d'incertitude et paramètres atomiques</i>	48
D ₁ . <i>Une expérience illustrant la relation d'incertitude</i>	51
E ₁ . <i>Etude simple d'un paquet d'ondes à deux dimensions</i>	54
F ₁ . <i>Lien entre les problèmes à une et à trois dimensions</i>	58
G ₁ . <i>Paquet d'ondes gaussien à une dimension; étalement du paquet d'ondes</i>	62
H ₁ . <i>États stationnaires d'une particule dans des potentiels carrés à une dimension</i>	68
J ₁ . <i>Comportement d'un paquet d'ondes dans une marche de potentiel</i>	80
K ₁ . <i>Exercices</i>	87

Chapitre II	Les outils mathématiques de la mécanique quantique	92
	A. Espace des fonctions d'onde d'une particule	94
	B. Espace des états. Notations de Dirac	108
	C. Représentations dans l'espace des états	121
	D. Équations aux valeurs propres. Observables.	132
	E. Deux exemples importants de représentations et d'observables	144
	F. Produit tensoriel d'espaces d'états	153
 Compléments du Chapitre II.		
	GUIDE DE LECTURE.	164
	A _{II} . Inégalité de Schwarz	165
	B _{II} . Rappel de quelques propriétés utiles des opérateurs linéaires	166
	C _{II} . Opérateurs unitaires	176
	D _{II} . Étude plus détaillée des représentations $\{ \mathbf{r} \rangle \}$ et $\{ \mathbf{p} \rangle \}$	182
	E _{II} . Quelques propriétés générales de deux observables Q et P dont le commutateur est égal à $i\hbar$	187
	F _{II} . Opérateur parité	192
	G _{II} . Application des propriétés du produit tensoriel : puits infini à deux dimensions	199
	H _{II} . Exercices.	203
 Chapitre III		
Chapitre III	Les postulats de la mécanique quantique	212
	A. Introduction	213
	B. Énoncé des postulats	214
	C. Interprétation physique des postulats sur les observables et leur mesure	225
	D. Contenu physique de l'équation de Schrödinger	236
	E. Principe de superposition et prévisions physiques	252
 Compléments du Chapitre III.		
	GUIDE DE LECTURE.	267
	A _{III} . Particule dans un puits de potentiel infini : étude physique	269
	B _{III} . Étude du courant de probabilité dans quelques cas particuliers	280
	C _{III} . Écart quadratique moyens de deux observables conjuguées	286
	D _{III} . Mesures portant sur une partie seulement d'un système physique	290
	E _{III} . L'opérateur densité	295
	F _{III} . Opérateur d'évolution	308
	G _{III} . Points de vue de Schrödinger et de Heisenberg	311
	H _{III} . Invariance de jauge	314
	J _{III} . Propagateur de l'équation de Schrödinger	328
	K _{III} . Niveaux instables. Durée de vie	336
	L _{III} . Exercices.	340

M _{III} .	États liés d'une particule dans un « puits de potentiel » de forme quelconque	350
N _{III} .	États non-liés d'une particule en présence d'un puits ou d'une barrière de potentiel de forme quelconque	358
O _{III} .	Propriétés quantiques d'une particule dans une structure périodique à une dimension	366
Chapitre IV	Application des postulats à des cas simples : spin 1/2 et systèmes à deux niveaux	384
A.	Particule de spin 1/2 : quantification du moment cinétique	386
B.	Illustration des postulats sur le cas d'un spin 1/2	393
C.	Étude générale des systèmes à deux niveaux	403
Compléments du Chapitre IV.		
	GUIDE DE LECTURE	414
A _{IV} .	Les matrices de Pauli	415
B _{IV} .	Diagonalisation d'une matrice hermitique 2×2	418
C _{IV} .	Spin fictif 1/2 associé à un système à deux niveaux	423
D _{IV} .	Système de deux spins 1/2	429
E _{IV} .	Matrice densité d'un spin 1/2	436
F _{IV} .	Spin 1/2 dans un champ magnétique statique et un champ tournant : résonance magnétique	441
G _{IV} .	Étude de la molécule d'ammoniac au moyen d'un modèle simple	453
H _{IV} .	Effets d'un couplage entre un état stable et un état instable	468
J _{IV} .	Exercices	474
Chapitre V	L'oscillateur harmonique à une dimension	480
A.	Introduction	481
B.	Valeurs propres de l'hamiltonien	486
C.	États propres de l'hamiltonien	494
D.	Discussion physique	501
Compléments du Chapitre V.		
	GUIDE DE LECTURE	508
A _V .	Étude de quelques exemples physiques d'oscillateurs harmoniques	510
B _V .	Étude des états stationnaires en représentation $\{ x\rangle \}$. Polynômes d'Hermite	529
C _V .	Résolution de l'équation aux valeurs propres de l'oscillateur harmonique par la méthode polynômiale	535
D _V .	Étude des états stationnaires en représentation $\{ p\rangle \}$	542
E _V .	L'oscillateur harmonique isotrope à trois dimensions	547

F _V .	Oscillateur harmonique chargé placé dans un champ électrique uniforme	552
G _V .	États cohérents « quasi classiques » de l'oscillateur harmonique	560
H _V .	Modes propres de vibration de deux oscillateurs harmoniques couplés.	576
J _V .	Modes de vibration d'une chaîne linéaire indéfinie d'oscillateurs harmoniques couplés; phonons	587
K _V .	Modes de vibration d'un système physique continu. Application au rayonnement : photons	607
L _V .	Oscillateur harmonique à une dimension en équilibre thermodynamique à la température T	623
M _V .	Exercices.	638
Chapitre VI	Propriétés générales des moments cinétiques en mécanique quantique	646
A.	Introduction : Importance du moment cinétique	647
B.	Relations de commutation caractéristiques des moments cinétiques	648
C.	Théorie générale du moment cinétique	651
D.	Application au moment cinétique orbital	666
Compléments du Chapitre VI.		
	GUIDE DE LECTURE	683
A _{VI} .	Les harmoniques sphériques	684
B _{VI} .	Moment cinétique et rotations	697
C _{VI} .	Rotation des molécules diatomiques.	720
D _{VI} .	Moment cinétique des états stationnaires d'un oscillateur harmonique à deux dimensions	736
E _{VI} .	Particule chargée dans un champ magnétique; niveaux de Landau	751
F _{VI} .	Exercices.	775
Chapitre VII	Particule dans un potentiel central. Atome d'hydrogène	784
A.	États stationnaires d'une particule dans un potentiel central	786
B.	Mouvement du centre de masse et mouvement relatif pour un système de deux particules en interaction	795
C.	L'atome d'hydrogène	801

Compléments du Chapitre VII.

GUIDE DE LECTURE	814
A _{VII} . <i>Systèmes hydrogénoïdes</i>	815
B _{VII} . <i>Exemple soluble de potentiel central : l'oscillateur harmonique isotrope à trois dimensions</i>	824
C _{VII} . <i>Courants de probabilité associés aux états stationnaires de l'atome d'hydrogène</i>	834
D _{VII} . <i>Atome d'hydrogène plongé dans un champ magnétique uniforme. Paramagnétisme et diamagnétisme. Effet Zeeman</i>	839
E _{VII} . <i>Étude de quelques orbitales atomiques. Orbitales hybrides</i>	852
F _{VII} . <i>Niveaux de vibration-rotation des molécules diatomiques</i>	867
G _{VII} . <i>Exercices</i>	881
BIBLIOGRAPHIE	882 A
INDEX	883

TOME II

Chapitre VIII Notions élémentaires sur la théorie quantique de la diffusion par un potentiel 891

A. <i>Introduction</i>	893
B. <i>États stationnaires de diffusion. Calcul de la section efficace</i>	897
C. <i>Diffusion par un potentiel central. Méthode des déphasages</i>	912

Compléments du Chapitre VIII.

GUIDE DE LECTURE	927
A _{VIII} . <i>La particule libre : états stationnaires de moment cinétique bien défini</i>	928
B _{VIII} . <i>Description phénoménologique des collisions avec absorption</i>	940
C _{VIII} . <i>Exemples simples d'application de la théorie de la diffusion</i>	946

Chapitre IX	Le spin de l'électron	955
	A. <i>Introduction du spin de l'électron</i>	958
	B. <i>Propriétés particulières d'un moment cinétique 1/2</i>	962
	C. <i>Description non-relativiste d'une particule de spin 1/2</i>	963
 Compléments du Chapitre IX.		
	GUIDE DE LECTURE	971
	A _{IX} . <i>Opérateurs de rotation pour une particule de spin 1/2</i>	972
	B _{IX} . <i>Exercices</i>	979
 Chapitre X		
Composition des moments cinétiques		987
	A. <i>Introduction</i>	989
	B. <i>Composition de deux spins 1/2. Méthode élémentaire</i>	993
	C. <i>Composition de deux moments cinétiques quelconques. Méthode générale</i>	999
 Compléments du Chapitre X.		
	GUIDE DE LECTURE	1015
	A _X . <i>Exemples de composition de moments cinétiques</i>	1017
	B _X . <i>Coefficients de Clebsch-Gordan</i>	1025
	C _X . <i>Composition des harmoniques sphériques</i>	1033
	D _X . <i>Opérateurs vectoriels : théorème de Wigner-Eckart</i>	1038
	E _X . <i>Moments multipolaires électriques</i>	1049
	F _X . <i>Évolution de deux moments cinétiques \mathbf{J}_1 et \mathbf{J}_2 couplés par une interaction $a\mathbf{J}_1 \cdot \mathbf{J}_2$</i>	1062
	G _X . <i>Exercices</i>	1076
 Chapitre XI		
Théorie des perturbations stationnaires		1083
	A. <i>Exposé de la méthode</i>	1085
	B. <i>Perturbation d'un niveau non-dégénéré</i>	1090
	C. <i>Perturbation d'un niveau dégénéré</i>	1094

Compléments du Chapitre XI.

GUIDE DE LECTURE	1099
A _{XI} . Oscillateur harmonique à une dimension soumis à un potentiel perturbateur en x, x^2, x^3	1100
B _{XI} . Interaction entre les dipôles magnétiques de deux particules de spin $1/2$	1110
C _{XI} . Forces de Van der Waals	1120
D _{XI} . Effet de volume : influence de l'extension spatiale du noyau sur les niveaux atomiques	1131
E _{XI} . La méthode des variations	1138
F _{XI} . Bandes d'énergie des électrons dans les solides : modèle simple	1146
G _{XI} . Exemple simple de liaison chimique : l'ion H_2^+	1159
H _{XI} . Exercices	1190

Chapitre XII Application de la théorie des perturbations : structure fine et hyperfine de l'atome d'hydrogène 1201

A. Introduction	1204
B. Termes supplémentaires dans l'hamiltonien	1205
C. Structure fine du niveau $n = 2$	1211
D. Structure hyperfine du niveau $n = 1$	1219
E. Effet Zeeman de structure hyperfine du niveau fondamental $1s$	1224

Compléments du Chapitre XII.

GUIDE DE LECTURE	1238
A _{XII} . Hamiltonien hyperfin magnétique	1239
B _{XII} . Calcul des valeurs moyennes de l'hamiltonien de structure fine dans les états $1s, 2s$ et $2p$	1248
C _{XII} . Structure hyperfine et effet Zeeman du muonium et du positronium	1253
D _{XII} . Influence du spin électronique sur l'effet Zeeman de la raie de résonance de l'hydrogène	1261
E _{XII} . Effet Stark de l'atome d'hydrogène	1270

Chapitre XIII Méthodes d'approximation pour les problèmes dépendant du temps 1275

A. <i>Position du problème</i>	1277
B. <i>Résolution approchée de l'équation de Schrödinger</i>	1278
C. <i>Cas particulier important : perturbation sinusoïdale ou constante</i>	1283

Compléments du Chapitre XIII.

GUIDE DE LECTURE	1295
A _{XIII} . <i>Interaction d'un atome avec une onde électromagnétique</i>	1297
B _{XIII} . <i>Réponses linéaire et non-linéaire d'un système à deux niveaux soumis à une perturbation sinusoïdale</i>	1316
C _{XIII} . <i>Oscillations d'un système entre deux états discrets sous l'effet d'une perturbation sinusoïdale résonnante</i>	1333
D _{XIII} . <i>Désintégration d'un état discret couplé de manière résonnante à un continuum d'états finals</i>	1337
E _{XIII} . <i>Exercices</i>	1350

Chapitre XIV Systèmes de particules identiques 1363

A. <i>Position du problème</i>	1365
B. <i>Opérateurs de permutation</i>	1371
C. <i>Le postulat de symétrisation</i>	1380
D. <i>Discussion physique</i>	1390

Compléments du Chapitre XIV.

GUIDE DE LECTURE	1403
A _{XIV} . <i>Atomes à plusieurs électrons. Configurations électroniques</i> . .	1404
B _{XIV} . <i>Niveaux d'énergie de l'atome d'hélium : configurations, termes, multiplets</i>	1412
C _{XIV} . <i>Propriétés physiques d'un gaz d'électrons. Application aux solides</i>	1426
D _{XIV} . <i>Exercices</i>	1442
Appendice I Séries de Fourier et transformation de Fourier . .	1451
Appendice II La « fonction » δ de Dirac	1461
Appendice III Lagrangien et Hamiltonien en mécanique classique	1475
BIBLIOGRAPHIE	1493
INDEX.	1511