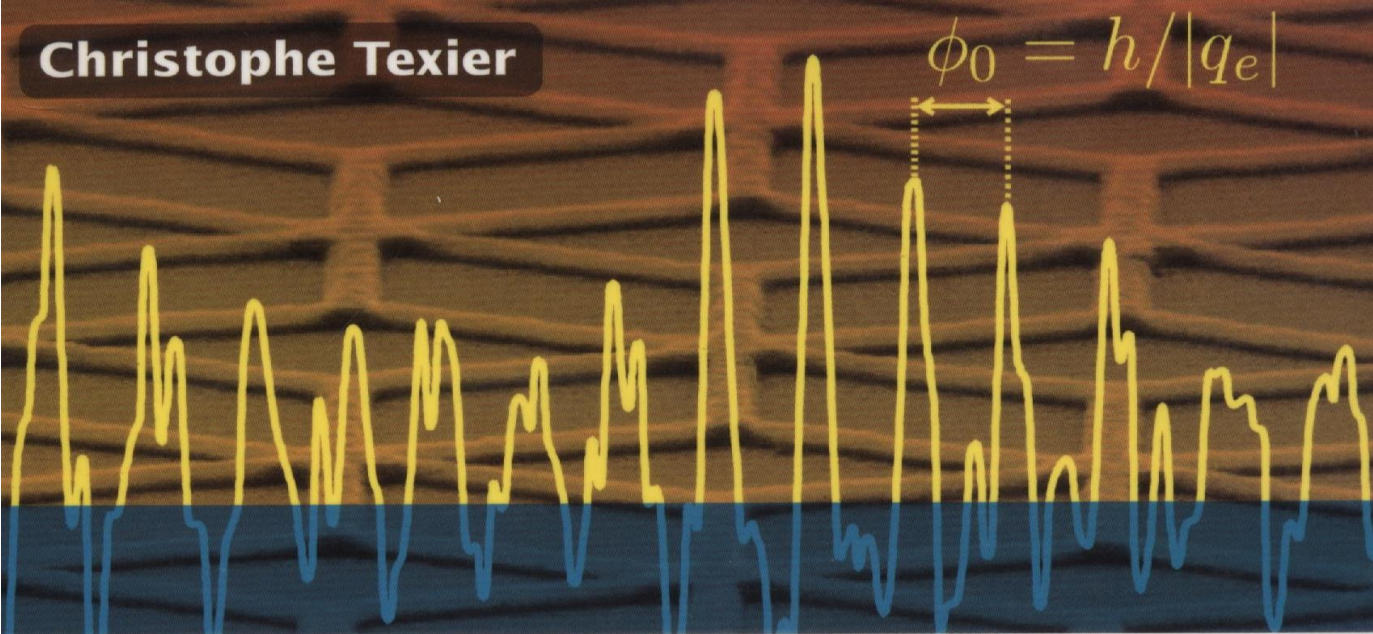


Christophe Texier

$$\phi_0 = h/|q_e|$$


Mécanique quantique

Cours et exercices corrigés

2^e édition

Licence 3
Master
CAPES
Agrégation

DUNOD

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	VI
Mode d'emploi	IX
Notations	X
Chapitre 1. Introduction	1
1.1 Qu'est-ce que la mécanique quantique ?	1
1.2 Brèves considérations historiques	2
1.3 La structure des théories physiques	11
1.4 Aperçu des postulats de la mécanique quantique	13
1.5 Premières conséquences importantes	16
Annexe 1.A : La physique quantique en quelques dates	23
Annexe 1.B : Rappels de mécanique analytique	32
Chapitre 2. Équation d'onde de Schrödinger	37
2.1 Équation d'onde – Premières applications	37
2.2 Fonction d'onde dans l'espace des impulsions	48
2.3 Inégalités de Heisenberg	50
Annexe 2.A : Transformation de Fourier	53
Annexe 2.B : Distributions	56
Exercices	61
Chapitre 3. Formalisme de Dirac – Postulats (1)	63
3.1 Introduction	63
3.2 Prélude : espace des fonctions d'onde	63
3.3 Formalisme de Dirac	67
Annexe 3.A : Quelques rappels d'algèbre linéaire	78
Exercices	80
Chapitre 4. La mesure – Postulats (2)	81
4.1 Motivations	81
4.2 Les postulats de mesure	82
4.3 Valeur moyenne d'une observable	85
4.4 Ensemble complet d'observables qui commutent (ECOC)	86
Exercices	87
Chapitre 5. Évolution temporelle – Postulats (3)	89
5.1 Résolution de l'équation de Schrödinger	89
5.2 Théorème d'Ehrenfest	94
5.3 Point de vue de Heisenberg	95
Annexe 5.A : Matrice de diffusion (matrice S) d'une lame séparatrice	97
Exercices	99

Chapitre 6. Symétries et lois de conservation	103
6.1 Symétries	103
6.2 Transformations en mécanique quantique	105
6.3 Groupes continus – Générateur infinitésimal	110
6.4 Potentiel périodique et théorème de Bloch	113
Exercices	116
Problème 6.1. Groupe de Galilée	118
Chapitre 7. Oscillateur harmonique	121
7.1 L'oscillateur harmonique classique	121
7.2 Le spectre de l'oscillateur harmonique	122
Exercices	129
Problème 7.1. États cohérents	130
Chapitre 8. Moment cinétique – Spin	133
8.1 Moment cinétique	133
8.2 Le spin	150
Annexe 8.A : Rotation de 2π du spin d'un neutron	165
Exercices	168
Chapitre 9. Addition des moments cinétiques	169
9.1 Inégalité triangulaire : valeurs de j permises	170
9.2 Construction des vecteurs $ j_1; j_2; j; m\rangle$	172
9.3 Composition de deux spins $1/2$	173
Exercices	175
Chapitre 10. Introduction à la théorie des collisions	177
10.1 Ce que le chapitre discute... et ce dont il ne parle pas	177
10.2 Collisions en une dimension	180
10.3 Formulation générale – Équation de Lippmann-Schwinger	189
10.4 Diffusion dans la situation bidimensionnelle	191
10.5 Diffusion dans la situation tridimensionnelle	198
Annexe 10.A : Fonctions de Green	201
Exercices	204
Problèmes 10.1. Résistance électrique d'un fil quantique unidimensionnel	206
10.2. Temps de Wigner et capacité quantique	208
10.3. Interaction ponctuelle en dimension $d \geq 2$	210
Chapitre 11. Particules identiques et permutations – Postulats (4)	215
11.1 Postulat de symétrisation	216
11.2 Corrélations induites par le postulat de symétrisation	220
Annexe 11.A : Collision entre deux particules identiques	227
Exercices	228
Problèmes 11.1. Corrélations quantiques de la lumière	228
11.2. Collisions entre noyaux de carbone	231

Chapitre 12. Atome d'hydrogène	235
12.1 Atome d'hydrogène	235
12.2 Atomes et classification de Mendeleïev	243
Exercice	248
Chapitre 13. Méthodes d'approximation	249
13.1 Méthode des perturbations – cas stationnaire	249
13.2 La méthode variationnelle	254
13.3 La méthode JWKB et l'approximation semiclassique	255
Exercices	260
Problèmes 13.1. Théorème de projection et facteurs de Landé atomiques	261
13.2. Mécanisme d'échange – Interaction coulombienne dans l'atome d'hélium	263
13.3. Mécanisme de super-échange – Isolant de Mott et antiferromagnétisme	265
Chapitre 14. Structures fine et hyperfine du spectre de l'hydrogène	269
14.1 Structure fine	270
14.2 Corrections radiatives	274
14.3 Structure hyperfine du niveau $1s_{1/2}$	275
Chapitre 15. Problèmes dépendants du temps	277
15.1 Méthode des perturbations	277
15.2 Interaction atome-rayonnement	283
Exercices	289
Problème 15.1. Résonance magnétique dans un jet moléculaire	290
Chapitre 16. Particule chargée dans un champ magnétique	293
16.1 Introduction	293
16.2 Champ magnétique homogène	293
16.3 Vortex magnétique	298
Exercices	301
Problème 16.1. Conductivité Hall d'un gaz d'électrons 2D	303
Annexe A. Formulaire	305
A.1 Compléments mathématiques	305
A.2 Constantes fondamentales	311
Annexe B. Solutions des exercices et problèmes	313
Bibliographie	365
Index	367

Christophe Texier

Mécanique quantique

Cours et exercices corrigés

Ce manuel est destiné aux étudiants des licences et masters de physique, aux candidats au CAPES ou à l'Agrégation, ainsi qu'aux élèves ingénieurs.

Le cours, illustré par de nombreuses expériences, aborde les points essentiels de la mécanique quantique, parmi lesquels : l'étude de l'équation d'onde de Schrödinger, le rôle des symétries, le problème de l'indiscernabilité des particules identiques, les méthodes d'approximation et les problèmes dépendant du temps. Sont abordées également la théorie de la collision ou l'étude de la dynamique d'une particule en champ magnétique.

Une centaine d'exercices et de problèmes sont proposés et accompagnés de corrigés détaillés mettant en évidence la méthodologie.

Dans cette seconde édition actualisée, des exemples, des problèmes et des expériences ont été ajoutés afin de faciliter la compréhension des notions les plus complexes.

Christophe Texier

est maître de conférence à l'université Paris Sud, chercheur au Laboratoire de Physique Théorique et Modèles Statistiques.

2^e édition



9 782100 721542

2544489
ISBN 978-2-10-072154-2



Les actus



du savoir

DUNOD
dunod.com