N° d'inventaire A 53 - 39
T-1 - Ex. 6

Bernard CAGNAC
Professeur à l'Université Pierre-et-Marie-Curie

Jean-Claude PEBAY-PEYROULA
Professeur à l'Université [illegible] Grenoble

2-530-42-1/1

المكتبة المركزي الجامعي بالبليدة

2-530-42-1/1

Physique atomique

Introduction à la physique quantique et structure de l'édifice atomique

A.53.39
T1 Ex.6

Tome 1
Expériences et principes fondamentaux

جامعة البليدة 1
مكتبة المعهد
معهد العلوم و التقنيات التطبيقية

dunod

Table des matières du tome 1

Notations utilisées dans ce cours XIII
Formulaire d'électromagnétisme XVIII
Introduction XIX

PREMIÈRE PARTIE

ONDE ET PHOTON

CHAPITRE I. *Quantification de l'énergie* 3

1. *Rappel de la loi de Planck* 3
2. *Effet photoélectrique* 5
   A. Description expérimentale 5
   B. Interprétation du seuil et de la contre-tension maximale 6
   C. Sensibilité et rendement quantique 10
   D. Photoionisation 11
3. *Spectres optiques* 13
   A. Principe de combinaison et loi de Bohr 14
   B. Expériences de résonance optique. Etat fondamental d'un atome 18
   C. Largeur des raies spectrales. Effet Doppler 22
4. *Excitation électronique d'une vapeur atomique* 24
   A. Potentiels d'ionisation 25
   B. Collisions élastiques et inélastiques 28
   C. Potentiels de résonance. Expérience de Franck et Hertz 29
   D. Potentiels critiques 32
5. *Unités d'énergie* 34

CHAPITRE II. *Quantité de mouvement du rayonnement* 38

1. *Aspect classique. La pression de radiation* 38
   A. Calcul de la pression de radiation en électromagnétisme classique 38
   B. Interprétation en terme de quantité de mouvement 42
   C. Vérification expérimentale 44
2. *Quantité de mouvement du photon* 46
   A. A partir de la pression de radiation 46
   B. A partir de la relativité 48
3. *Collisions élastiques de photons. Effet Compton* 49
   A. Les expériences de Compton sur la diffusion des rayons X 49
   B. Calcul de la collision élastique photon-électron libre 51
   C. Observation des électrons Compton 54
   D. Collision élastique photon-électron lié. Diffusion Thomson 55

4. *Collisions inélastiques de photons* 56
A. Absorption de photons 56
B. Emission de photons 58
C. Application aux rayons γ. Effet Mossbaüer 59
5. *Revue d'ensemble des processus de collision* 63

CHAPITRE III. ***Les probabilités des transitions radiatives*** 66

1. *L'absorption des photons* 66
A. Modèle des sphères dures et notion de section efficace 66
B. Coefficient d'absorption et mesure expérimentale des sections efficaces 69
C. Probabilité de transition par unité de temps 71
D. Etalement du phénomène sur l'échelle des fréquences 72
2. *L'émission spontanée des photons* 74
A. Probabilité d'émission spontanée et durée de vie d'un état excité 74
B. Mesure expérimentale des durées de vie 77
C. Comparaison avec la théorie classique du rayonnement 80
3. *Emission induite et théorie du rayonnement d'Einstein* 81
A. Notion d'émission induite 81
B. Bilan des trois types de transitions dans l'expérience de résonance optique . 83
C. Relations entre les probabilités des transitions radiatives 84

CHAPITRE IV. ***Dualité onde-corpuscule*** 88

1. *Liaison entre les photons et l'amplitude du champ classique* 88
A. Densité d'énergie et nombre de photons 88
B. Intensités lumineuses faibles et comptage des photoélectrons 90
C. Interférences photon par photon et interprétation probabiliste de l'onde . 93
2. *Caractéristiques des photons en liaison avec la fonction spatio-temporelle du champ classique. Principe d'incertitude* 97
A. Onde plane illimitée 97
B. Onde limitée dans le temps à l'intérieur d'un créneau 98
C. Train d'onde amorti et largeur naturelle 101
D. Généralisation à la fonction spatiale de l'onde 105
E. Enoncé rigoureux des relations d'incertitude 107
3. *Propriétés du rayonnement induit. LASER et MASER* 109
A. Caractéristiques de l'onde induite 109
B. Condition d'amplification de l'onde incidente 111
C. Réalisation d'une inversion de population 113
D. Amplification et Oscillation. Rôle d'une cavité résonnante 117
E. Calcul du gain et condition d'oscillation 120
F. Propriétés du rayonnement LASER 124
4. *Cas des particules matérielles* 130
A. Les ondes de Louis de Broglie 130
B. Interférences d'électrons 131
C. Application à l'étude des structures cristallines des ondes associées aux électrons et aux neutrons 136

DEUXIÈME PARTIE

MODÈLE PLANÉTAIRE ET NOMBRE QUANTIQUE PRINCIPAL

CHAPITRE V. ***Modèle planétaire classique*** 141

1. *Généralités sur les problèmes à deux corps* 141
   - *A.* Réduction au centre de masse 142
   - *B.* Intégrales premières du mouvement de force centrale 143
2. *Expérience de diffusion de Rutherford* 145
   - *A.* Déviation d'un projectile passant à proximité d'une seule cible 146
   - *B.* Statistique sur l'ensemble des particules. Section efficace différentielle ... 148
   - *C.* Cas particulier de l'énergie potentielle en $1/r$. Expérience de Rutherford ... 150
3. *Mouvements planétaires des électrons internes à l'atome* 154

CHAPITRE VI. ***Modèle de Bohr pour l'atome d'hydrogène*** 157

1. *Explication du spectre de l'hydrogène par les orbites circulaires* 157
   - *A.* La condition de quantification 157
   - *B.* Interprétation des séries du spectre 159
   - *C.* Calcul des paramètres caractéristiques du mouvement circulaire 160
2. *Entraînement du noyau et ions hydrogénoïdes* 161
3. *Généralisation aux orbites elliptiques et structure fine* 163

CHAPITRE VII. ***Spectres de rayons X*** 167

1. *Spectres d'absorption X* 167
2. *Spectres de vitesses des photoélectrons X* 170
3. *Spectres d'émission X* 173
   - *A.* Le spectre continu 174
   - *B.* Le spectre de raies. Comparaison avec le spectre d'absorption 175
   - *C.* Conditions d'observation des raies d'émission X, et principe d'exclusion .. 178
   - *D.* Comparaison avec les spectres optiques 181
4. *Loi de Moseley* 183
   - *A.* Résultats expérimentaux 183
   - *B.* Interprétation par la théorie de Bohr 184

TROISIÈME PARTIE

MOMENT CINÉTIQUE ET MOMENT MAGNÉTIQUE

CHAPITRE VIII. ***Magnétisme classique dû au mouvement orbital*** 191

1. *Définition microscopique du moment magnétique* 191
   - *A.* Rappel de la notion classique de moment magnétique 191
   - *B.* Généralisation à un système de charges ponctuelles en mouvement 193
2. *Théorème de Larmor* 195
   - *A.* Introduction d'un repère tournant (trièdre de Larmor) 195
   - *B.* Approximation et théorème de Larmor 197

3. *Application au calcul de la susceptibilité diamagnétique* 198
4. *Application à l'effet Zeeman classique* 201
A. Changements de fréquence due à la rotation de Larmor 201
B. Polarisation des ondes émises 202
C. Observation expérimentale de l'effet Zeeman 204

CHAPITRE IX. ***Effets gyromagnétiques*** 205

1. *Rapport gyromagnétique et précession de Larmor* 205
A. Comparaison du moment magnétique et du moment cinétique 205
B. Action d'un champ magnétique : effet gyroscopique 206
2. *Paramagnétisme et relaxation* 208
3. *Expériences de Einstein et de Haas* 210
A. Principe de l'expérience 210
B. Réalisation de l'expérience en mouvement balistique 213
C. Expérience en mouvement oscillant entretenu 214
D. Résultat des mesures et conclusions 215
4. *Expériences de Barnett* 216
5. *Expériences de résonance magnétique* 219
A. Principe de l'expérience (calcul en l'absence de relaxation) 220
B. Calcul tenant compte de la relaxation. Les équations de Bloch 222
C. Solution stationnaire des équations de Bloch 224
D. Vérification expérimentale par la détection radioélectrique 227
E. Applications du phénomène de résonance magnétique (R.P.E. et R.M.N.). 229
F. Complément : calcul des échanges d'énergie 232

CHAPITRE X. ***Quantification spatiale*** 235

1. *L'expérience de Stern et Gerlach* 235
A. Principe de l'expérience 235
B. Description du dispositif expérimental 236
C. Résultats de l'expérience 240
2. *Les règles de quantification* 241
A. Définition des nombres quantiques sur les moments cinétiques 241
B. Application aux moments magnétiques. Magnéton de Bohr et facteur de Landé 243
3. *Sous-niveaux Zeeman* 245
4. *Application au calcul de l'intensité d'aimantation paramagnétique* 246
A. Calcul de Brillouin 247
B. Comparaison avec le calcul classique de Langevin 249
C. Vérification expérimentale des formules de Brillouin 251
5. *Application à la résonance magnétique* 252
A. Loi de Bohr entre sous-niveaux Zeeman adjacents 252
B. Expériences sur un jet atomique par la méthode de Rabi. Probabilité de transition 253
C. Expériences en régime stationnaire. Egalisation des populations et absorption de la puissance de l'onde 255

CHAPITRE XI. ***Moment cinétique du rayonnement*** 261

1. *Aspect classique. Mouvement de rotation sous l'action d'une onde polarisée circulairement* 261
   - *A.* Calcul classique du couple exercé sur une lame cristalline 261
   - *B.* Interprétation en termes de moment cinétique 264
   - *C.* Vérification expérimentale 266
2. *Moment cinétique des photons de polarisation circulaire. Application aux transitions de résonance magnétique* 268
   - *A.* Polarisation de l'onde qui produit la résonance magnétique 269
   - *B.* Mouvement de rotation provoqué par la résonance magnétique 270
3. *Règle de sélection sur le nombre quantique magnétique. Effet Zeeman* 271
   - *A.* Règle de sélection 271
   - *B.* Fréquences et nombres des composantes Zeeman 272
   - *C.* Observation expérimentale et polarisations 276
4. *Application à la détection optique des résonances hertziennes* 278
5. *Application au pompage optique* 282

CHAPITRE XII. ***Moments cinétique et magnétique des électrons libres*** 286

1. *L'hypothèse du spin* 286
2. *Rotation de Larmor de spins d'électrons libres* 288
   - *A.* Polarisation par diffusion des spins électroniques 288
   - *B.* Rotation de Larmor des spins 290
   - *C.* Mesure directe de g-2 291
3. *Résonance magnétique sur les spins d'électrons libres* 294

Index I-1