第2巻目次

訳者まえがき

第2部　簡単な系

第9章　変数分離によるシュレーディンガー方程式の解法．中心力ポテンシャル

§1.　序　　説 …… 3

I．　中心力ポテンシャル内の粒子．一般的な取り扱い

§2.　極座標によるハミルトニアンの式 …… 4

§3.　角変数の分離．球面調和関数 …… 7

§4.　動径方程式 …… 8

§5.　動径方程式の固有解．スペクトルの性質 …… 10

§6.　結　　び …… 12

II．　中心力井戸型ポテンシャル．自由粒子

§7.　球ベッセル関数 …… 13

§8.　自由粒子．平面波と自由球面波 …… 14

§9.　球面調和関数による平面波の展開 …… 15

§10.　球形の箱の研究 …… 16

III．　2体問題．重心運動の分離

§11.　古典力学における重心運動の分離 …… 18

§12.　2粒子から成る量子系の重心運動の分離 …… 19

§13.　二つより多い粒子系への拡張 …… 21

演習と問題

第10章　散乱の問題．中心力ポテンシャルと位相のずれによる方法

§1.　序　　説 ……25
I．断面積と散乱振幅
§2.　断面積の定義 ……25
§3.　定常散乱波 ……27
§4.　波束のビームによる散乱現象の表現 ……28
§5.　ポテンシャルによる波束の散乱 ……30
§6.　断面積の計算 ……33
§7.　2粒子の衝突．実験室系と重心系 ……34
II．中心力ポテンシャルによる散乱．位相のずれ
§8.　部分波への分解．位相のずれによる方法 ……38
§9.　衝突の半古典的表現．衝突パラメータ ……40
III．有限な半径のポテンシャル
§10.　位相のずれと対数導関数の関係 ……41
§11.　低エネルギー（$\lambda \to \infty$）における位相のずれの挙動 ……43
§12.　高位の部分波，級数の収束（$l \to \infty$）……44
§13.　剛体球による散乱 ……44
IV．散乱の共鳴
§14.　深い井戸による散乱 ……46
§15.　共鳴散乱の研究．準安定状態 ……49
§16.　準安定状態の寿命の観測 ……51
V．いろいろな公式と性質
§17.　位相のずれの積分表示 ……53
§18.　変化の向きと位相のずれの符号 ……54
§19.　ボルン近似 ……54
§20.　有効距離の理論．ベーテの公式 ……55
演習と問題

第11章　クーロン相互作用

§1.　序　　説 ……59
I．水素原子
§2.　水素原子のシュレーディンガー方程式 ……60
§3.　基底状態の束縛エネルギーの大きさの程度 ……61
§4.　極座標によるシュレーディンガー方程式の解法 ……62
§5.　エネルギー・スペクトル．縮退 ……64
§6.　束縛状態の固有関数 ……65
II．クーロン散乱
§7.　クーロン散乱波 ……67
§8.　ラザフォードの公式 ……68
§9.　部分波への分解 ……70
§10.　波 ψ_c の球面調和関数による展開 ……71
§11.　有効距離の短い相互作用によるクーロン・ポテンシャルの変形 ……73
演習と問題

第12章　調和振動子

§1.　序　　説 ……77
I．ハミルトニアンの固有状態と固有ベクトル
§2.　固有値問題 ……78
§3.　演算子 a, $a^\dagger$ および N の導入 ……78
§4.　N のスペクトルと基底系 ……80
§5.　表現 $\{N\}$ ……81
§6.　生成演算子と消滅演算子 ……83
§7.　表現 $\{Q\}$．エルミート多項式 ……84
II．応用といろいろな性質
§8.　固有関数 $u_n(Q)$ の母関数 ……85
§9.　ハイゼンベルク方程式の積分 ……87
§10.　古典振動子と量子振動子 ……88

§11. 最小波束の運動と古典的極限 ……89
§12. 熱力学的平衡にある調和振動子 ……91
Ⅲ. 多次元等方性調和振動子
§13. p 次元等方性振動子の一般的な取り扱い ……94
§14. 2次元等方性振動子 ……96
§15. 3次元等方性振動子 ……98
演習と問題

第3部 対称性と不変量

第13章 量子力学における角運動量

§1. 序 説 …… 105
Ⅰ. 角運動量の固有値と固有ベクトル
§2. 角運動量の定義 …… 106
§3. 特有の代数的関係 …… 107
§4. $\boldsymbol{J}^2$ と J_z のスペクトル …… 108
§5. $\boldsymbol{J}^2$ と J_z の固有ベクトル．不変部分空間 $\mathcal{E}^{(\mathcal{J})}$ の構成 …… 111
§6. 標準表現 $\{\boldsymbol{J}^2 J_z\}$ …… 112
§7. 結 び …… 114
Ⅱ. 軌道角運動量と球面調和関数
§8. $\boldsymbol{l}^2$ と l_z のスペクトル …… 115
§9. 球面調和関数の定義と構成 …… 116
Ⅲ. 角運動量と回転
§10. 回転の定義．オイラーの角 …… 119
§11. 物理系の回転．回転演算子 …… 121
§12. オブザーバブルの回転 …… 123
§13. 角運動量と無限小回転 …… 125
§14. 演算子 $R(\alpha\beta\gamma)$ の構成 …… 127
§15. 2π の回転と半整数角運動量 …… 128

§16. 既約な不変部分空間．回転を表わす行列 $R^{(\mathcal{J})}$ …… 130
§17. 回転による不変性と角運動量の保存．回転の縮退 …… 131
Ⅳ. スピン
§18. 電子スピンの仮説 …… 133
§19. スピン 1/2 とパウリ行列 …… 137
§20. スピン 1/2 の1粒子のオブザーバブルと波動関数．スピノール場 …… 138
§21. ベクトル場とスピン1の粒子 …… 140
§22. スピンを含む原子内相互作用 …… 142
§23. スピンを含む核子－核子相互作用 …… 143
Ⅴ. 角運動量の合成
§24. 合成の問題 …… 146
§25. 二つの角運動量の合成に関する基本定理 …… 146
§26. 応用と例 …… 148
§27. 全角運動量の固有ベクトル．クレブシュ＝ゴーダン係数 …… 150
§28. 応用：2核子系 …… 153
§29. 三つ以上の角運動量の合成．ラカー係数．《$3sj$》記号 …… 155
Ⅵ. 既約テンソル演算子
§30. スカラー演算子の表現 …… 158
§31. 既約テンソル演算子．定義 …… 158
§32. 既約テンソル演算子の表現．ウィグナー＝エッカルトの定理 …… 161
§33. 応 用 …… 163
演習と問題

第14章 同種粒子系．パウリの排他原理

§1. 量子論における同種粒子 …… 169
Ⅰ. 対称化の要請
§2. 相似粒子系と対称表現 …… 172
§3. 置換演算子 …… 173
§4. 置換演算子の代数．対称化演算子と反対称化演算子 …… 175
§5. 同種粒子と対称化の要請 …… 179
§6. ボース粒子とボース＝アインシュタイン統計 …… 181

§7. フェルミ粒子とフェルミ＝ディラック統計．排他原理 …… 183
§8. 波動関数の対称化はつねに必要であるか …… 185
II. 応　　用
§9. スピンのない同種2粒子の衝突 …… 187
§10. 二つの陽子の衝突 …… 190
§11. 原子核の統計 …… 192
§12. 複雑な原子．中心力場による近似 …… 194
§13. トーマス＝フェルミの原子模型 …… 197
§14. 核子系と荷電スピン …… 200
§15. 荷電スピンの有用性．荷電独立性 …… 206
演 習 と 問 題

第15章　不変量と保存法則．時間反転

§1. 序　　説 …… 211
I. 数学的補足説明．反線形演算子
§2. 有用な三つの定理 …… 212
§3. ヒルベルト空間の反線形演算子 …… 215
§4. 反線形変換 …… 217
§5. 反線形演算子と表現 …… 219
II. 変換と変換群
§6. 一つの系の力学変数と力学的状態の変換 …… 220
§7. 変 換 群 …… 223
§8. 変換演算子の群 …… 224
§9. 連続群と無限小変換．並進．回転 …… 226
§10. 有限群．反転 …… 229
III. 変化の方程式の不変量と保存法則
§11. 不変オブザーバブル …… 231
§12. ハミルトニアンの対称性と保存法則 …… 232
§13. 力学的状態の変化の法則の不変性 …… 234
§14. シュタルク効果とゼーマン効果の対称性 …… 236

IV. 時間反転と微視的可逆性の原理
§15. 時間のずらしとエネルギーの保存 …… 238
§16. 古典力学と量子力学における時間反転 …… 239
§17. 時間反転の演算．スピンをもたない粒子 …… 241
§18. 時間反転の一般的定義 …… 242
§19. 時間反転と複素共役 …… 243
§20. 微視的可逆性の原理 …… 245
§21. 結果：クラーマースの縮退 …… 247
§22. 回転によって不変な実のハミルトニアン …… 248
演 習 と 問 題

付録B．特殊関数とそれに関連した公式 …… 253
付録C．ベクトル和の係数と回転を表わす行列 …… 269
付録D．群論の初歩 …… 291

第1，2巻の索引