

Alexandr Sergejevič Davydov

# Meccanica quantistica

Edizioni Mir

## INDICE

- 11 **Dalla prefazione all'edizione russa**
- 13 **I. Nozioni fondamentali della meccanica quantistica**  
§ 1. Introduzione p. 13 — § 2. Funzione d'onda della particella in moto libero p. 17 — § 3. Princípio di sovrapposizione degli stati. Pacchetto d'onda p. 19 — § 4. Interpretazione statistica della funzione d'onda p. 22 — § 5. Particella libera in un volume limitato dello spazio p. 25 — § 6. Calcolo delle medie delle coordinate e degli impulsi p. 26 — § 7. Operatori delle grandezze fisiche p. 28 — § 8. Autofunzioni e autovalori degli operatori p. 35 — § 9. Proprietà delle autofunzioni degli operatori a spettro discreto p. 40 — § 10. Proprietà delle autofunzioni degli operatori a spettro continuo p. 44 — § 11. Condizioni per cui più grandezze fisiche possono assumere dei valori in uno stato p. 48 — § 12. Metodi di definizione di stati dei sistemi quantistici p. 51 — § 13. Relazione di indeterminazione per le grandezze fisiche p. 54 — § 14\*. Descrizione degli stati mediante la matrice densità p. 59.
- 67 **II. Variazione degli stati quantistici con il tempo**  
§ 15. Equazione d'onda di Schrödinger p. 67 — § 16. Stati stazionari p. 70 — § 17. Variazione delle medie delle grandezze fisiche con il tempo p. 75 — § 18\*. Integrali del moto e condizioni di simmetria p. 78 — § 19\*. Teoria dei gruppi e meccanica quantistica p. 86 — § 20\*. Variazione con il tempo degli stati descrivibili dalla matrice densità p. 90.
- 93 **III. Legame fra la meccanica quantistica e la meccanica classica**  
§ 21. Passaggio al limite dalla meccanica quantistica a quella classica p. 93 — § 22. Approssimazione quasi-classica p. 95 — § 23\*. Regole di quantizzazione di Bohr-Sommerfeld p. 98 — § 24\*. Attraversamento di una barriera di potenziale. Moto di una particella in presenza di una barriera di potenziale e di una buca di potenziale p. 103.
- 110 **IV. Applicazioni elementari della meccanica quantistica**  
§ 25. Particella in una buca di potenziale rettangolare p. 110 — § 26. Oscillatore armonico p. 121.

**V. Teoria elementare delle rappresentazioni**

§ 27. Rappresentazioni varie del vettore di stato p. 126 — § 28. Rappresentazioni varie degli operatori p. 132 — § 29. Definizione di autofunzioni e autovalori degli operatori dati in forma di matrici p. 140 — § 30. Teoria generale delle trasformazioni unitarie p. 142 — § 31. Trasformazioni unitarie corrispondenti alla variazione dello stato con il tempo p. 148 — § 32\*. Rappresentazione dei numeri di occupazione per l'oscillatore armonico p. 151 — § 33\*. Rappresentazione dei numeri di occupazione per le oscillazioni degli atomi in un cristallo unidimensionale p. 161.

**VI. Moto della particella in un campo di forze centrali**

§ 34. Proprietà generali della particella in un campo a simmetria sferica p. 165 — § 35. Moto libero con un valore determinato del momento orbitale p. 167 — § 36. Moto in una buca di potenziale rettangolare a simmetria sferica p. 171 — § 37. Buca di potenziale a simmetria sferica dipendente quadraticamente dal raggio p. 174 — § 38. Moto in un campo coulombiano. Spettro discreto p. 175 — § 39. Moto in un campo coulombiano. Spettro continuo p. 183 — § 40\*. Operatore del momento p. 184 — § 41. Somma vettoriale di due momenti della quantità di moto p. 187 — § 42\*. Somma vettoriale di tre momenti. Coefficienti di Racine p. 191 — § 43\*. Trasformazione delle autofunzioni degli operatori di momento al ruotare degli assi coordinati p. 194 — § 44\*. Funzioni sferiche generalizzate come autofunzioni dell'operatore momento p. 200 — § 45. Rotazione di un solido. Trottola simmetrica p. 206 — § 46\*. Rotazione di un solido. Trottola asimmetrica p. 208.

**VII. Metodi di calcolo approssimati degli autovalori e delle autofunzioni degli operatori**

§ 47. Teoria delle perturbazioni negli stati stazionari a spettro discreto p. 213 — § 48. Condizioni di applicabilità della teoria delle perturbazioni p. 218 — § 49. Teoria delle perturbazioni in presenza di due livelli vicini p. 219 — § 50. Teoria delle perturbazioni in presenza di degenerazione p. 222 — § 51. Applicazione del metodo delle variazioni ai calcoli approssimati p. 223 — § 52. Metodo delle trasformazioni canoniche p. 229.

**VIII. Fondamenti della teoria quantistica quasi-relativistica del moto di una particella in un campo esterno**

§ 53. Particelle elementari in meccanica quantistica p. 235 — § 54. Equazione relativistica per la particella a spin nullo p. 238 — § 55. Moto libero della particella a spin nullo p. 243 — § 56\*. Moto libero della particella a spin nullo nella rappresentazione di Feshbach-Villars p. 248 — § 57\*. Integrali del moto e autovalori degli operatori nella teoria relativistica della particella a spin nullo p. 251 — § 58. Interazione della particella a spin nullo con il campo elettromagnetico p. 257 — § 59. Equazione relativistica di Dirac p. 264 — § 60. Moto libero delle particelle descrivibili mediante l'equazione di Dirac p. 267 — § 61\*. Scrittura covariante dell'equazione di Dirac p. 276 — § 62. Momento angolare dell'elettrone nella teoria di Dirac

p. 288 — § 63. Correzioni relativistiche al moto dell'elettrone nel campo elettromagnetico p. 292 — § 64. Interazione spin-orbita p. 296 — § 65\*. Coniugazione di carica. Particelle e antiparticelle p. 301 — § 66. Equazione di Dirac per particelle di massa a riposo nulla. Neutrino p. 307 — § 67. Atomo d'idrogeno con inclusione dello spin dell'elettrone p. 311 — § 68\*. Soluzione esatta dell'equazione di Dirac per un campo coulombiano p. 316 — § 69. Atomo in un campo magnetico esterno p. 320 — § 70. Atomo in un campo elettrico esterno p. 326.

### 330 IX. Teoria quantistica dei sistemi composti di particelle identiche

§ 71. Equazione di Schrödinger per un sistema composto di particelle identiche p. 330 — § 72. Funzioni d'onda simmetriche e antisimmetriche p. 333 — § 73. Teoria elementare dello stato fondamentale degli atomi a due elettroni p. 340 — § 74. Stati eccitati dell'atomo d'elio. Orbita e paracollo p. 343 — § 75. Metodo del campo autoconsistente di Hartree-Fock p. 348 — § 76. Metodo statistico di Thomas-Fermi p. 355 — § 77. Sistema periodico di Mendeleev p. 359 — § 78. Termini spettrali e termini X p. 363 — § 79. Modello a guscio del nucleo atomico p. 368.

### 373 X. Seconda quantizzazione dei sistemi di bosoni identici

§ 80. Seconda quantizzazione del campo elettromagnetico senza cariche p. 373 — § 81. Fotoni di momento e parità determinati p. 378 — § 82. Fononi in un cristallo tridimensionale p. 384 — § 83. Seconda quantizzazione del campo mesonico p. 388 — § 84. Quasi-particelle nel sistema di bosoni interagenti p. 392 — § 85. Fondamenti della teoria microscopica della superfluidità p. 398.

### 403 XI. Seconda quantizzazione dei sistemi di fermioni identici

§ 86. Rappresentazione dei numeri d'occupazione per i sistemi di fermioni non interagenti p. 403 — § 87\*. Sistemi di fermioni interagenti a coppie di forze. Trasformazione canonica di Bogoliubov p. 412 — § 88\*. Interazione fra elettroni e fononi di metallo e teoria microscopica della supercondutività p. 421 — § 89. Quantizzazione del campo elettrone — positrone p. 427.

### 431 XII. Teoria delle transizioni quantistiche in presenza di una perturbazione esterna

§ 90. Espressione generale della probabilità di transizione da uno stato ad un altro p. 431 — § 91. Eccitazione dell'atomo da parte di una particella con massa in moto p. 435 — § 92. Inclusione ed esclusione istantanea e adiabatica dell'interazione p. 438 — § 93. Probabilità di transizione nell'unità di tempo p. 443 — § 94. Interazione di un sistema quantistico con la radiazione elettromagnetica p. 446 — § 95. Regole di selezione dell'emissione e dell'assorbimento della luce. Radiazione di multipolo p. 452 — § 96. Vita media degli stati eccitati e larghezza dei livelli energetici

p. 459 — § 97. Reazione lineare del sistema quantistico a un'azione esterna p. 462 — § 98. Polarizzabilità del sistema quantistico p. 467 — § 99. Teoria elementare dell'effetto fotoelettrico p. 472 — § 100. Transizioni condizionate da un'interazione indipendente dal tempo p. 475 — § 101\*. Probabilità di transizioni quantistiche e  $S$ -matrice p. 477.

483

### XIII. Teoria quantistica dei processi di rilassamento

§ 102. Operatore statistico di un sottosistema dinamico p. 482 — § 103. Modello elementare del sistema quantistico interagente con il termostato p. 484 — § 104. Probabilità di transizione dell'energia di eccitazione dal donatore al ricevitore in un mezzo dissipativo p. 488 — § 105. Teorema di fluctuazione dissipativa per la suscettività generalizzata p. 494.

497

### XIV. Teoria quantistica della diffusione

§ 106. Diffusione elastica delle particelle senza spin p. 497 — § 107\*. Funzione di Green per la particella libera p. 504 — § 108. Teoria della diffusione elastica nell'approssimazione di Born p. 507 — § 109. Metodo delle onde parziali nella teoria della diffusione p. 510 — § 110\*. Diffusione elastica di particelle leate p. 517 — § 111\*. Diffusione elastica in un campo coulombiano p. 520 — § 112. Effetti di scambio per diffusione elastica di particelle identiche senza spin p. 532 — § 113. Effetti di scambio per urto elastico di particelle identiche con spin p. 534 — § 114\*. Teoria generale della diffusione anelastica p. 537 — § 115. Diffusione di un elettrone su un atomo senza inclusione dello scambio p. 541 — § 116. Teoria degli urti con ridistribuzione delle particelle. Reazioni p. 548 — § 117. Diffusione dell'elettrone sull'atomo d'idrogeno includendo lo scambio p. 550 — § 118. Matrice di diffusione p. 552 — § 119\*. Inversione del tempo ed equilibrio dettagliato p. 562 — § 120. Diffusione dei neutroni lenti sui nuclei atomici p. 570 — § 121. Diffusione dei nucleoni polarizzati e polarizzazione dei nucleoni per diffusione sui nuclei a spin nullo p. 575 — § 122\*. Teoria della diffusione nel caso d'interazioni di due tipi. Approssimazione delle onde alterate p. 579 — § 123\*. Relazioni di dispersione nella teoria della diffusione p. 582 — § 124\*. Matrice di diffusione nel piano dei momenti complessi p. 593 — § 125. Diffusione potenziale e diffusione di risonanza p. 597 — § 126. Diffusione coerente e incoerente dei neutroni lenti p. 599 — § 127\*. Diffusione coerente dei neutroni su una sostanza cristallina p. 603 — § 128\*. Diffusione elastica dei neutroni lenti sui cristalli all'origine delle oscillazioni degli atomi p. 608.

614

### XV. Teoria elementare delle molecole e del legame chimico

§ 129. Teoria dell'approssimazione adiabatica p. 614 — § 130. Molecola d'idrogeno p. 621 — § 131. Teoria elementare delle forze chimiche p. 629 — § 132. Classificazione degli stati elettronici delle molecole per posizioni fissate dei nuclei p. 630 — § 133. Oscillazioni dei nuclei nelle molecole p. 644 — § 134. Energia di rotazione delle molecole p. 650 — § 135\*. Tipi di legame fra i momenti angolari nelle molecole p. 658 — § 136. Spettri molecolari. Principio di Frank-Condon p. 661.

**670 Appendici matematiche**

A. Alcune proprietà della funzione delta singolare di Dirac p. 670 —  
B. Operatori del momento angolare in coordinate sferiche p. 674 —  
C. Operatori lineari nello spazio vettoriale. Matrici p. 675 — D.  
Funzioni ipergeometriche degeneri. Funzioni di Bessel p. 682 —  
E. Teoria dei gruppi p. 688.

**694 Bibliografia****698 Indice analitico**