

Indice

p. 13 Presentazione

Oltre i confini della meccanica classica

17 Capitolo 1

I successi e i limiti della fisica classica

1.1. Cosa è la fisica?, 17

1.2. La fisica classica, 18

1.3. Le regole generali della fisica classica, 21

1.4. Le forze, 22

1.5. I modelli semiclassici, 25

1.6. Il principio di corrispondenza 26

29 Capitolo 2

La struttura della materia e della radiazione

2.1. Oltre la fisica classica, 29

2.2. Vedere gli atomi, 29

2.3. Laboratorio di teoria: a caccia di un modello per calcolare le dimensioni degli atomi, 31

2.4. L'interazione radiazione-materia nel laboratorio didattico, 36

2.5. La meccanica quantistica, 39

2.6. Le stranezze, 41

2.7. I prossimi capitoli, 43

Livello 1

La costante di Planck e la quantizzazione dell'energia

47 Capitolo 3

La misura della costante di Planck nel laboratorio didattico

3.1. Il LED, 47

- 3.2. Laboratorio di elettronica: la caratteristica IV dei LED, 48
- 3.3. Il significato fisico di V_s , 50
- 3.4. Laboratorio didattico: la misura della costante di Planck, 52
- 3.5. Quanto vale h ?, 57
- p. 57 Capitolo 4
Il fotone
 - 4.1. La relazione $E = h\nu$, 57
 - 4.2. Emissione e assorbimento di fotoni, 59
 - 4.3. Lo spettro della radiazione elettromagnetica, 60
 - 4.4. La luce impulsata, 61
 - 4.5. Il danno da radiazione, 63
- 67 Capitolo 5
Il laser
 - 5.1. Cos'è il laser, 67
 - 5.2. Dal LED al laser, 69
 - 5.3. Le caratteristiche tecniche dei laser, 71
 - 5.4. Impulsi laser, 73
- 77 Capitolo 6
I livelli di energia dell'atomo di idrogeno
 - 6.1. La spettroscopia atomica, 77
 - 6.2. La misura di spettroscopia ottica nel laboratorio didattico, 78
 - 6.3. Lo spettro dell'idrogeno, 80
 - 6.4. La formula di Rydberg e l'interpretazione di Bohr, 81
 - 6.5. Come si eccita l'atomo di idrogeno, 84
 - 6.6. Gli stati liberi, 84
- Livello 2**
Le leggi del caso
- 89 Capitolo 7
La meccanica statistica
 - 7.1. Un capitolo speciale, 89
 - 7.2. La termodinamica classica, 90
 - 7.3. Le definizioni operative della meccanica statistica, 91
 - 7.4. L'entropia, 94
 - 7.5. I sistemi isolati, 95

- 7.6. I sistemi a contatto con l'ambiente, 97
- 7.7. La meccanica statistica e la meccanica quantistica, 100

- p. 103 Capitolo 8
 Il mitico corpo nero e l'energia solare
 - 8.1. Cos'è il corpo nero, 103
 - 8.2. Una misura nel laboratorio didattico, 105
 - 8.3. La formula di Planck, 109
 - 8.4. La legge di Wien e il colore delle stelle, 111
 - 8.5. Il bilancio energetico, 114
 - 8.6. L'energia solare, 116
 - 8.7. L'intensità della radiazione solare al suolo, 117

- 119 Capitolo 9
 Il mondo microscopico
 - 9.1. L'azione meccanica, 119
 - 9.2. Cosa distingue il mondo macroscopico dal mondo microscopico, 120
 - 9.3. Altri due modi di calcolare l'azione meccanica caratteristica, 123
 - 9.4. Lilliput e Brobdingnag, 124

- 127 Capitolo 10
 Il principio di indeterminazione e le leggi del caso
 - 10.1. Lo spazio delle fasi in meccanica classica, 127
 - 10.2. Un'esperienza nel laboratorio didattico, 128
 - 10.3. Il principio di indeterminazione, 133
 - 10.4. La dinamica dei sistemi quantistici, 136
 - 10.5. La morale della favola, 137

- 141 Capitolo 11
 Le distribuzioni di probabilità in meccanica quantistica
 - 11.1. Perché parlare di probabilità, 141
 - 11.2. La definizione sperimentale di probabilità in meccanica classica, 141
 - 11.3. Statistica temporale e statistica di ensemble, 143
 - 11.4. Un esperimento di meccanica classica, 145
 - 11.5. Da un esperimento simulato alla teoria: le distribuzioni di probabilità, 147
 - 11.6. Un esperimento simulato: la particella nella scatola, 150
 - 11.7. La funzione d'onda, 153
 - 11.8. Dubbi e speranze, 154

Livello 3***La struttura della materia***

- p. 159 Capitolo 12
Gli orbitali atomici e la funzione d'onda
12.1. L'approccio quantistico alla struttura dell'atomo, 159
12.2. Gli orbitali, 160
12.3. La funzione d'onda, 163
12.4. Una brevissima rassegna sperimentale, 164
12.5. Analisi dei grafici: dall'orbitale al raggio di Bohr, 166
12.6. Laboratorio di teoria: una stima del raggio di Bohr, 167
12.7. Le scale di energia, quantità di moto, velocità, 169
12.8. Orbite e orbitali, 169
- 173 Capitolo 13
Il momento angolare orbitale e lo spin
13.1. Il momento angolare nel mondo micro, 173
13.2. Il momento angolare dei corpi estesi in meccanica classica, 173
13.3. Il momento angolare delle particelle quantistiche, 174
13.4. Il principio di indeterminazione e il momento angolare, 176
13.5. Il momento angolare orbitale in meccanica quantistica, 176
13.6. Lo spin delle particelle elementari, 178
13.7. Un esempio di conservazione del momento angolare, 179
13.8. Il momento magnetico dell'elettrone, 180
- 183 Capitolo 14
La struttura elettronica dell'atomo di idrogeno
14.1. Cosa abbiamo imparato dell'atomo di idrogeno? Cosa manca ancora?, 183
14.2. Gli stati stazionari dell'atomo di idrogeno, 183
14.3. Le rappresentazioni della struttura elettronica, 186
14.4. Le transizioni ottiche e le leggi di conservazione: le regole di selezione, 186
- 189 Capitolo 15
Gli atomi con più elettroni
15.1. Il modello a elettroni indipendenti, 189
15.2. La struttura elettronica, 191
15.3. Lo stato 1s, 193

- 15.4. L'effetto di schermaggio, 194
- 15.5. L'energia dei livelli: il numero quantico n , 197
- 15.6. L'energia dei livelli: il numero quantico ℓ , 198
- 15.7. L'energia di legame, 200
- 15.8. Gli stati eccitati dell'atomo, 201

- p. 205 Capitolo 16
 Le molecole
 - 16.1. Quanto sono grandi le molecole, 205
 - 16.2. Il legame chimico, 207
 - 16.3. Gli orbitali molecolari, 208
 - 16.4. Laboratorio di teoria: il meccanismo fisico che lega gli atomi, 210
 - 16.5. L'oscillatore quantistico, 211
 - 16.6. L'interazione delle molecole con la radiazione, 214

- 217 Capitolo 17
 I solidi
 - 17.1. Cristalli e amorfi, 217
 - 17.2. Le proprietà strutturali dei cristalli, 218
 - 17.3. Le proprietà termiche dei cristalli, 219
 - 17.4. Le proprietà elettroniche dei cristalli, 220
 - 17.5. Gli stati localizzati e gli stati delocalizzati, 221
 - 17.6. La struttura elettronica dei cristalli, 223
 - 17.7. Metalli e isolanti, 225

- 227 Capitolo 18
 L'effetto fotoelettrico e le proprietà ottiche dei metalli
 - 18.1. Le scale di energia, 227
 - 18.2. La banda di conduzione dei metalli: elettroni quasi liberi, 228
 - 18.3. L'effetto fotoelettrico, 230
 - 18.4. Le proprietà ottiche dei metalli, 233

- 237 Capitolo 19
 La conduzione elettrica nei metalli
 - 19.1. La legge di Ohm, 237
 - 19.2. Elettroni in movimento, 237
 - 19.3. Lo scattering, 239
 - 19.4. Laboratorio di teoria: l'effetto del vento, 242
 - 19.5. Laboratorio di teoria: l'effetto del campo elettrico, 244

- 19.6. La corrente elettrica, 245
- 19.7. Torniamo alla legge di Ohm, 247
- 19.8. Contro cosa urtano gli elettroni?, 248

p. 251 Capitolo 20

Gli isolanti e i semiconduttori

- 20.1. Un classico esperimento di elettrostatica, 251
- 20.2. Pillole di elettrostatica dei metalli, 252
- 20.3. Pillole di elettrostatica dei dielettrici, 253
- 20.4. Le proprietà dei materiali, 255
- 20.5. La fotoconducibilità, 256
- 20.6. Le proprietà ottiche degli isolanti, 258
- 20.7. I semiconduttori, 259
- 20.8. Il doping, 260
- 20.9. Le lacune, 262

Livello 4

La meccanica ondulatoria

267 Capitolo 21

Onde

- 21.1. Dalla meccanica classica alla meccanica quantistica, 267
- 21.2. La fenomenologia delle onde nel laboratorio didattico, 269
- 21.3. Cosa spostano le onde?, 270
- 21.4. Il problema del supporto, 272
- 21.5. Laboratorio di teoria: onde come funzioni matematiche, 273
- 21.6. I fronti d'onda e la velocità di fase, 275
- 21.7. Onde su campi scalari e onde su campi vettoriali, 277

281 Capitolo 22

Dalle onde monocromatiche al pacchetto d'onda

- 22.1. Laboratorio di teoria: la matematica delle onde, 281
- 22.2. Le onde impulsive, 283
- 22.3. Le onde monocromatiche, 284
- 22.4. Il pacchetto d'onda, 286
- 22.5. L'analisi di Fourier, 287
- 22.6. La meccanica ondulatoria, 290
- 22.7. Un esperimento didattico di analisi dati, 291
- 22.8. Il principio di indeterminazione per il pacchetto d'onda, 292

- p. 295 Capitolo 23
 Onda e particella
 23.1. Oggetti quantistici come pacchetti d'onda, 295
 23.2. L'esperimento della doppia fenditura nel laboratorio didattico, 295
 23.3. Una breve rassegna sperimentale, 298
 23.4. Le relazioni di de Broglie, 300
 23.5. La lunghezza d'onda degli oggetti, 301
 23.6. L'interazione coerente, 303
- 307 Capitolo 24
 La funzione d'onda
 24.1. Onda e particella, 307
 24.2. L'interpretazione stocastica della funzione d'onda, 308
 24.3. La regola di Born, 309
 24.4. Laboratorio di teoria: l'interpretazione dei grafici, 311
 24.5. Laboratorio di teoria: la barriera di potenziale in meccanica classica, 313
 24.6. L'effetto tunnel, 314
 24.7. Le equazioni della meccanica quantistica, 316
- 319 Capitolo 25
 Onde stazionarie e particelle in scatola
 25.1. La domanda di ricerca, 319
 25.2. Un esperimento nel laboratorio didattico, 319
 25.3. Laboratorio di teoria: un modello interpretativo, 322
 25.4. Anche in fisica classica c'è la quantizzazione!, 323
 25.5. Elettroni come onde in scatola, 324
 25.6. Il modello quantistico di particella nella scatola, 326
 25.7. La funzione d'onda della particella nella scatola, 328
 25.8. Il principio di indeterminazione per la particella nella scatola, 329
- 331 Capitolo 26
 La misura quantistica e il collasso della funzione d'onda
 26.1. La polarizzazione della luce, 331
 26.2. Un esperimento didattico, 332
 26.3. L'interpretazione classica, 336
 26.4. Un esperimento di pensiero, 337
 26.5. Le misure quantistiche, 338
 26.6. La seconda legge di Born, 340

- 26.7. Il collasso della funzione d'onda, 341
- 26.8. Il teorema di Bell, 342
- 26.9. Gli assiomi della meccanica quantistica, 344
- 26.10. Le interpretazioni della meccanica quantistica, 345