

Lorenzo Maccone Luca Salasnich

Fisica moderna

Meccanica quantistica, caos e sistemi complessi

A cura di Gianluca Introzzi



Carocci editore

Premessa 11

di *Gianluca Introzzi*

Parte prima. Meccanica quantistica: un approccio contemporaneo 13

di *Lorenzo Maccone*

1. **Le regole del gioco: i postulati della meccanica quantistica 15**
 1. Cos'è un sistema formale? 15
 2. **Postulato degli stati 16**
 - 2.1. Il qubit: il sistema quantistico più semplice
 3. **Postulato dei sistemi composti 22**
 4. **Postulato di evoluzione 23**
 5. **Evoluzione di stati misti 25**
 6. **Postulato di misura 26**
 - 6.1. Misure d'ensemble / 6.2. Teorema di Gleason / 6.3. Teorema di Neumark / 6.4. Stato di un sottosistema: la traccia parziale
 7. **Collasso della funzione d'onda 36**
 - 7.1. Evoluzione di sistemi aperti
 8. **Principio di corrispondenza 42**
 - 8.1. Evoluzione in pittura di Heisenberg / 8.2. Principio di corrispondenza
2. **"Paradossi" quantistici 47**
 1. La decoerenza: una giustificazione del postulato di misura? 47
 2. **Il gatto di Schrödinger 49**
 3. **"Principio" di indeterminazione 53**
 4. **La svista di Heisenberg 53**
 5. **Relazioni di indeterminazione 55**
 - 5.1. Indeterminazione tempo-energia

6. "Principio" di complementarità 59
7. Visione al buio quantistica 63
8. Esperimenti a scelta posticipata: viaggio nel tempo? 65
9. La misura è irreversibile? Il quantum crasure 66
 - 9.1. Disuguaglianza di Greenberger-Yasin
10. Meccanica quantistica e causalità 69
11. Principio di causalità 70
12. Non-località einsteiniana e non-località causale 72
13. Entanglement: super-correlazioni quantistiche 73
14. "Paradosso" EPR 74
15. Le disuguaglianze di Bell: il fallimento del sogno di Einstein 75
16. Il teorema GHZ: misure non compiute non hanno risultato 80

3. Tecnologie quantistiche e nuove teorie dell'informazione 83

1. Informazione quantistica e teletrasporto 83
 - 1.1. Informazione quantistica: vietato copiarla! / 1.2. Codifica superdensa / 1.3. Teletrasporto
2. Crittografia quantistica: segreti inviolabili 89
3. Computazione quantistica 92
 - 3.1. Quantum error correction
4. Metrologia quantistica 95

4. Conclusioni della parte prima 99

Appendici della parte prima 101

- A. Vettori e matrici: il formalismo di Dirac 101
 - A.1. Vettori e matrici / A.2. Prodotti di vettori e matrici / A.3. Spazio di Hilbert / A.4. Commutatore / A.5. Prodotto tensore
- B. Numeri complessi 104
- C. Cos'è un bit? 106
 - C.1. perché l'entropia quantifica l'informazione? / C.2. Il qubit

Parte seconda. Caos in meccanica classica e quantistica 111 di Luca Salasnich

5. Il determinismo 113

- 6. Dal determinismo meccanicista al caos deterministico 117**
 - 1 Meccanica newtoniana e meccanica analitica 117
 - 2 Poincaré e il caos deterministico 122
 - 3 La riscoperta del caos; da Fermi al CRAY 123

- 7. Sistemi dinamici e caos 129**
 - 1 Sistemi dinamici e gerarchia del caos 129
 - 2 Sistemi hamiltoniani integrabili e quasi integrabili 136
 - 3 Caos e meccanica quantistica 141

- 8. Conclusioni della parte seconda 145**

- Parte terza. Sistemi complessi e fenomeni quantistici macroscopici 147**
di Luca Salarnich

- 9. Riduzionismo e complessità 149**

- 10. Lo scontro tra energetismo e meccanicismo 153**
 - 1 Termodinamica 153
 - 2 Teoria cinetica dei gas di Maxwell e Boltzmann 159
 - 3 Meccanica statistica di Gibbs 164

- 11. Fenomeni emergenti: Landau e il parametro d'ordine 167**
 - 1 Transizioni di fase del primo e del secondo ordine 167
 - 2 Le transizioni di fase secondo Landau 169
 - 3 Fenomeni critici e leggi di potenza 172

- 12. Fenomeni quantistici macroscopici 175**
 - 1 Degenerazione e statistiche quantistiche 175
 - 2 Condensazione di Bose-Einstein 178
 - 3 Superfluidità 183
 - 4 Superconduttività 191

Meccanica quantistica, caos e sistemi complessi

13. Conclusioni della parte terza 201

Ringraziamenti 203

Bibliografia 205

Indice analitico 213