

# ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA

## PROGRAMMA

### I. Risultati di fisica classica

#### Meccanica analitica

Lagrangiana, hamiltoniana, equazioni di Hamilton, parentesi di Poisson, sistemi integrabili, trasformazioni canoniche, equazione di Hamilton-Jacobi, principio di Maupertuis

#### Macrofisica

I principi della termodinamica, potenziali termodinamici, spazio delle fasi, equazioni di Liouville, funzione di partizione, distribuzione di Boltzmann per i sistemi canonici, teorema di equipartizione dell'energia, calori specifici, fluttuazioni di energia

#### Elettrodinamica

Equazioni di Maxwell, pressione di radiazione, trasformazioni di gauge, equazione di d'Alembert, velocità di fase e velocità di gruppo, sostituzione minimale

### II. La crisi della fisica classica

\* Principio di relatività ristretta

\* La radiazione di corpo nero

Legge dello spostamento, legge di Stefan, formula di Rayleigh-Jeans, formula di Wien, distribuzione di Planck, il fotone, fluttuazioni di energia, vibrazioni reticolari e calori specifici

\* Aspetti corpuscolari della radiazione

Effetto fotoelettrico, effetto Compton

\* Spettri atomici

Formula di Balmer, ipotesi di Bohr, esperimento di Franck-Hertz

\* Le regole di quantizzazione di Bohr-Sommerfeld

Esperimento di Stern-Gerlach

### III. Verso l'equazione di Schrödinger

\* Ottica geometrica e dinamica di una particella

\* L'ipotesi di de Broglie

L'equazione di Schrödinger

Limite classico dell'equazione di Schrödinger

Interpretazione dell'equazione di Schrödinger

Teorema di Ehrenfest

Spazio degli impulsi e valor medio di un operatore

### IV. Il formalismo elementare della meccanica quantistica

Operatori quantistici

Equazione agli autovalori

Soluzione generale dell'equazione di Schrödinger

Stati stazionari e stati quasi-stazionari

Riduzione del pacchetto di onde

Effetto di una misurazione, misurazioni successive

Il principio di indeterminazione

Teorema di Robertson

Pacchetto di minima indeterminazione

Definizione ed evoluzione temporale del pacchetto di minima indeterminazione

Relazione di indeterminazione per energia e tempo

Commutabilità e compatibilità

Valori medi ed equazioni del moto  
Riassunto dei postulati

#### V. Alcuni sistemi semplici

Salto di potenziale: coefficienti di riflessione e di trasmissione  
Barriera di potenziale simmetrica  
\* Buca di potenziale rettangolare  
Oscillatore armonico lineare  
Moto in campo di forze centrali  
Moto libero in tre dimensioni  
Oscillatore armonico tridimensionale  
Atomo idrogenoide

#### VI. Rappresentazioni

Formulazione di Dirac  
Spazio di Hilbert astratto, ket, bra, rappresentazione, rappresentazione di Schrödinger e rappresentazione degli impulsi, autostati e autovalori del momento angolare  
Teoria matriciale dell'oscillatore armonico lineare  
Operatori di creazione e di distruzione  
L'insieme degli stati coerenti  
Trasformazioni unitarie  
Proprietà, analogia con le trasformazioni canoniche

#### VII. Evoluzione temporale in meccanica quantistica

Descrizione di Schrödinger  
Descrizione di Heisenberg  
Descrizione di interazione  
\* Operatore di evoluzione in descrizione di interazione  
Casi puri e casi miscela  
Operatore densità  
Equazione di Liouville–von Neumann  
\* Energia media di un oscillatore armonico lineare in equilibrio termico con l'ambiente e formula di Planck

#### VIII. Metodi approssimati per gli stati stazionari

Il metodo variazionale  
Perturbazioni indipendenti dal tempo  
Lo sviluppo di Rayleigh–Schrödinger  
Calcolo perturbativo per due livelli vicini  
Lo sviluppo di Brillouin–Wigner

#### IX. Lo spin

Elettrone in campo magnetico e invarianza di gauge  
\* Effetto Aharonov–Bohm  
Effetto Zeeman  
Gli operatori di spin  
Evoluzione temporale di uno stato di spin  
Composizione di due momenti angolari  
Interazione spin–orbita

#### X. Sistemi di molte particelle

- \* Il problema a due corpi
  - Hamiltoniana di un sistema di molte particelle
  - Particelle identiche e principio di Pauli
  - Accoppiamenti  $LS$  e  $jj$ 
    - Stati di singoletto e di tripletto di spin
  - Il metodo di Hartree
  - Atomo di elio
    - Integrale di scambio
  - Il metodo di Hartree–Fock
- \* Modello a shell atomico
- \* Modello a shell nucleare

## XI. Perturbazioni dipendenti dal tempo

- Perturbazione di un sistema a due livelli
- Equazione di Schrödinger con potenziale dipendente dal tempo
- Sviluppo perturbativo
- Probabilità di transizione e regola d'oro
- Il teorema di Wigner-Eckart
  - Enunciato, sua applicazione al caso dell'integrazione di tre armoniche sferiche, regole di selezione
- Transizioni indotte dalla radiazione
- Approssimazione di grandi lunghezze d'onda
  - Approssimazione di dipolo elettrico
- Emissione spontanea

## XII. Processi d'urto

- Sezione d'urto
  - Definizione sperimentale, derivazione teorica, ampiezza di diffusione
- Funzione di Green e ampiezza di diffusione
- \* Equazione di Lippmann-Schwinger
- Approssimazione di Born
  - Limiti di validità, connessione con le perturbazioni dipendenti dal tempo, formula di Rutherford
- Il metodo dello sviluppo in onde parziali
- Determinazione degli sfasamenti per l'urto elastico
  - Confronto con i dati sperimentali, formula di Breit-Wigner, validità dell'approssimazione di Born
- Diffusione con assorbimento
- Teorema ottico per l'urto elastico
- Urto elastico di particelle identiche
  - Formula di Mott
    - \* Sezione d'urto di singoletto e di tripletto
- \* Operatori di Møller
- \* La matrice di scattering
- \* L'operatore di transizione
- \* Sezione d'urto e teorema ottico
- \* L'urto anelastico
- \* L'effetto fotoelettrico