

MQ1 Meccanica Quantistica

A.A. 2004/2005

Dr Severino Bussino

1. La crisi della Meccanica Classica

Studio dei fenomeni di interferenza con fotoni e con elettroni. Radiazione di Corpo Nero. L'effetto fotoelettrico. Il modello atomico di Thompson ed il modello atomico di Rutherford. Il problema della stabilità dell'atomo nel modello atomico di Rutherford.

2. Introduzione allo studio della Meccanica Quantistica

La quantizzazione di Bohr-Sommerfeld. I livelli energetici di un oscillatore armonico e di una particella in una buca di potenziale secondo la quantizzazione di Bohr-Sommerfeld. I livelli energetici dell'idrogeno secondo la teoria di Bohr. Relazione onda-particella: riflessione alla Bragg e relazione di De Broglie. Stati di polarizzazione di un fotone: discussione sul significato di misure successive dello stato di polarizzazione.

3. Richiami di Meccanica Analitica

Formalismo Lagrangiano. Proprietà di invarianza e leggi di conservazione: energia, quantità di moto, momento angolare. Trasformata di Legendre e formalismo Hamiltoniano. Parentesi di Poisson.

4. Il formalismo della Meccanica Quantistica

Il principio di sovrapposizione. La formulazione di Dirac: "bra" e "ket". Lo spazio di Hilbert \mathcal{H} degli stati di un sistema. Concetto di misura ed osservabili: autovalori, autostati, probabilità di transizione. Osservabili non degeneri ed osservabili degeneri. Operatori associati alle osservabili e loro proprietà. Relazione di completezza. Valori medi e dispersione. Stati puri e miscele. Osservabili compatibili ed osservabili non compatibili: relazioni di commutazione e sistemi completi di osservabili compatibili. Il principio di indeterminazione di Heisenberg: aspetti fisici, esempi, trattazione formale. Relazione tra i commutatori in Meccanica Quantistica e le parentesi di Poisson in Meccanica Classica. Relazioni di quantizzazione.

5. L'oscillatore armonico unidimensionale

I livelli energetici dell'oscillatore armonico unidimensionale. Autovalori ed autovetori dell'Hamiltoniana. Normalizzazione degli autostati.

6. La rappresentazione di Schrödinger e la rappresentazione degli impulsi

Introduzione alle rappresentazioni degli stati e degli operatori. Isomorfismo di \mathcal{H} su l_2 . Trasformazioni unitarie e loro proprietà. L'operatore p come generatore delle traslazioni spaziali. Le p e le q come "osservabili" a spettro continuo. Generalizzazione delle relazioni fondamentali sugli osservabili al caso di spettro continuo. Introduzione alla funzione d'onda e rappresentazione degli stati impropri. La rappresentazione di Schrödinger: operatori p e q . Utilizzo della δ di Dirac nella rappresentazione di Schrödinger. Equazione di Schrödinger per la funzione d'onda. Rappresentazione degli impulsi. Connessione tra rappresentazione di Schrödinger e rappresentazione degli impulsi. Significato fisico della funzione d'onda nelle due rappresentazioni. Trasformata di Fourier delle funzioni d'onda e connessioni con la relazione di indeterminazione di Heisenberg.

7. Soluzioni dell'Equazione di Schrödinger in casi unidimensionali

L'oscillatore armonico unidimensionale: soluzioni dell'equazione di Schrödinger. Autofunzioni e polinomi di Hermite. Teoremi sulla degenerazioni degli autovalori nel caso unidimensionale. Operatore di inversione spaziale: applicazioni al caso unidimensionale. Studio dell'Hamiltoniana di una particella libera. Studio dei livelli energetici di una particella in una buca di potenziale: significato fisico, passaggio al limite per buca infinita, confronto con i risultati della quantizzazione di Bohr-Sommerfeld.

8. L'evoluzione temporale in Meccanica Quantistica

La descrizione dell'evoluzione temporale di un sistema in Meccanica Quantistica. Richiami sul generatore delle traslazioni e sulle proprietà dell'Hamiltoniana in Meccanica Classica. Evoluzione temporale nello schema di Schrödinger. Operatore di evoluzione temporale. Stati stazionari. Equazione di Schrödinger dipendente dal tempo. Costanti del moto e regole di commutazione con l'operatore Hamiltoniano. Evoluzione temporale nello schema di Heisenberg. Equazione di Heisenberg. Confronto con le relazioni della Meccanica Classica. Il principio di corrispondenza tra Meccanica Classica e Meccanica Quantistica. Un esempio: evoluzione temporale di un pacchetto d'onde in alcuni casi particolari.

9. Il Momento Angolare in Meccanica Quantistica

Operatori di rotazione nello spazio tridimensionale. Il Momento Angolare come generatore delle rotazioni. Regole di commutazione per il momento angolare. Il momento angolare orbitale. Relazioni di commutazione degli operatori vettoriali e scalari con il momento angolare e loro proprietà di trasformazione per rotazione. Autovalori di J^2 e di J_z . L'operatore Momento Angolare Orbitale in rappresentazione di Schrödinger. Le

Armoniche Sferiche come autofunzioni di L^2 e di L_z . Composizione dei momenti angolari. Cenni alle relazioni tra la teoria del Momento Angolare in Meccanica Quantistica e le proprietà delle rappresentazioni irriducibili di $SU(2)$.

10. I livelli energetici dell'Atomo di Idrogeno

L'Hamiltoniana dell'atomo di idrogeno come caso particolare di una particella in un campo centrale. Soluzione dell'equazione di Schrödinger per l'atomo di idrogeno: componente angolare e componente radiale. I livelli energetici dell'idrogeno e la loro degenerazione. Confronto con i risultati della teoria atomica di Bohr.

TESTI CONSIGLIATI

- [1] LUIGI E. PICASSO, *Lezioni di Meccanica Quantistica*. ETS, (1985).
 [2] JUN JOHN SAKURAI, *Modern Quantum Mechanics*. Addison-Wesley, (2000).
 [3] JUN JOHN SAKURAI, *Meccanica Quantistica Moderna*. (trad. it.). Zanichelli, (1996).

BIBLIOGRAFIA SUPPLEMENTARE

- [4] LEV D. LANDAU - EVGENIJ M. LIFŠITS, *Meccanica Quantistica*. Editori Riuniti - Edizioni Mir, (1976).
 [5] ROBERT MARTIN EISBERG - ROBERT RESNICK, *Quantum physics of atoms, molecules, solids, nuclei and particles*. Wiley, (1985).

MODALITÀ D'ESAME

- valutazione in itinere (“esoneri”)		<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
- esame finale	scritto	<input type="checkbox"/> SI	<input checked="" type="checkbox"/> NO
	orale	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
- altre prove di valutazione del profitto (meglio descritte sotto)		<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO

La prova di valutazione in itinere (“esonero”) può essere sostituita, a scelta dello studente, con un seminario svolto durante il corso. L’argomento del seminario dovrà essere concordato con il docente.