# Meccanica quantistica

## Prof. Fausto Borgonovi

***OBIETTIVO DEL CORSO E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI***

L’insegnamento si propone di fornire allo studente le nozioni base nonché gli strumenti fondamentali allo studio della Meccanica Quantistica. Nello specifico, oltre ad una comprensione della crisi concettuale e degli esperimenti fondamentali che hanno portato alla formulazione della Meccanica Quantistica lo studente dovrà comprendere le basi assiomatiche della stessa e conoscerne i principali strumenti investigativi. Al termine dell’insegnamento lo studente dovrà essere in grado di inquadrare dal punto di vista fisico-modellistico un generico problema di fisica quantistica, di determinare gli strumenti matematici appresi necessari alla scrittura delle equazioni che lo caratterizzano, nonché di individuare gli schemi analitici e o numerici necessari alla risoluzione del problema stesso.

***PROGRAMMA DEL CORSO***

**1 - La crisi della fisica classica *:*** Effetto Fotoelettrico, Calore specifico dei solidi, Corpo Nero, Spettri atomici, Ipotesi di De Broglie, Modello di Bohr.

**2 - Equazione di Schrodinger** : Dualismo Onda-Corpuscolo. Interpretazione Statistica. Equazione agli stati stazionari. Conservazione della norma. Densità di corrente. Stati liberi e stati legati. Osservabili posizione, momento ed energia. Proprietà degli operatori associati alle osservabili.

**3 - Principio di Indeterminazione** : Osservabili compatibili e incompatibili. Pacchetto di minima indeterminazione e relazione col principio di indeterminazione. Esperimenti ideali.

**4 – Modelli risolubili  *:*** La particella libera. Spettro, autofunzioni improprie e confronto con il caso classico. Potenziali costanti a tratti***,*** barriera di potenziale. Coefficiente di riflessione e trasmissione. Gradino di potenziale. Scattering di risonanza. L’oscillatore armonico***:*** Autovalori ed Autofunzioni. Operatori di creazione e distruzione. Stati coerenti : proprietà e limite classico. Problema dei due corpi : Moto classico. Problema di Keplero. Eq. Angolare (Armoniche Sferiche) . Equazione radiale. Il potenziale coulombiano (Atomo di Idrogeno) Stati Legati.

**5 - L'esperimento di Stern-Gerlach e lo spin *:*** Rappresentazione matriciale degli operatori di spin. Regole di commutazione.

**6 - I fondamenti fisici e gli elementi formali della Meccanica Quantistica:** I principi generali della teoria: Osservabili e operatori. Stati e rappresentazioni. Notazione di Dirac. Insiemi di osservabili compatibili e informazione massima sullo stato di un sistema. Operatori posizione e momento. L’operatore di traslazione. Spettro discreto e continuo. L’operatore di evoluzione temporale. Rappresentazioni di Schrodinger e di Heisenberg. Teorema di Ehrenfest. Costanti del moto. Ampiezza di correlazione e relazione di incertezza tempo-energia

**7 - Teoria delle perturbazioni:** Indipendente dal tempo per spettro discreto (degenere e non degenere). Dipendente dal tempo. Rappresentazione di interazione. Sviluppo di Dyson. Problema dei due stati. Oscillazioni di Rabi. Regola d'oro di Fermi. Potenziale periodico nel tempo. Metodo variazionale. Relazione di incertezza tempo-energia.

**8 - Teoria Generale del Momento Angolare*:*** Autofunzioni ed autovalori. Armoniche sferiche, Proprietà. Confronto col caso classico. Somma di momenti angolari. Coefficienti di Clebsch-Gordan.

**9 - Emissione e Assorbimento di radiazione elettromagnetica :** Assorbimento ed emissione spontanea e stimolata. Coefficienti di Einstein, A, B. Tempo di vita medio di uno stato eccitato.

***BIBLIOGRAFIA***

1. J. Sakurai, *Meccanica Quantistica Moderna,* Zanichelli, Bologna, 1996.
2. C.Cohen-Tannoudji - B.Diu - F.Laloe, *Quantum Mechanics,* Vol. I, II, Wiley and Sons, Paris, 2005.
3. L.D. Landau - L. Lifshitz, *Quantum Mechanics,* Dover New York, 2000.
4. D.J. Griffiths, *Introduction to Quantum Mechanics*, Prentice Hall Inc. NJ, 1995

***DIDATTICA DEL CORSO***

Lezioni frontali in aula (60 ore) ed esercitazioni (20 ore) a fine corso.

***METODO E CRITERI DI VALUTAZIONE***

Questo insegnamento prevede una prova scritta ed una prova orale.

Durante la prova scritta verrà chiesto al candidato di risolvere tre esercizi di Meccanica Quantistica nei quali dovrà mostrare di aver acquisito le tecniche e le competenze necessarie per le loro risoluzione. In pratica dovrà essere in grado di capire quali schemi di approssimazione utilizzare in relazione alla fisica dei problemi presentati. La valutazione di tale prova terrà in debito conto non solo l'esattezza dei risultati ottenuti ma anche il procedimento adottati per la loro risoluzione e lo schema logico in cui i problemi stessi sono stato schematizzati e ridotti a modelli matematici. La prova scritta si considera superata, e quindi si vieni ammessi alla prova orale, nel caso che almeno 2 dei 3 esercizi siano stati svolti in modo soddisfacente. Si ritiene soddisfacente un elaborato che abbia fornito una soluzione fisicamente esatta ai quesiti posti (intendendo quindi una soluzione non gravata da importanti errori fisici, quali : uso di equazioni sbagliate, dimensioni non corrette).

Durante la prova orale si discuteranno brevemente i risultati della prova scritta, a cui seguirà una esposizione a libera scelta del candidato in cui si valuteranno le capacità espositive, di linguaggio formale acquisito nonché quelle relative all’organizzazione di una presentazione. L'orale procede poi con una serie di domande volte ad accertare l'assimilazione dei principali argomenti trattati, la padronanza della materia, e la capacità di collegare argomenti e concetti presentati all'interno del corso. La valutazione della prova orale terrà conto della correttezza delle procedure illustrate, del loro rigore logico e metodologico, e della efficacia e correttezza espositiva, valorizzando l'assimilazione dei concetti e la rielaborazione personale da parte del candidato. Il voto della parte orale è costituito per un terzo dall’esposizione a libera scelta e per due terzi dalle risposte alle domande del docente. Il voto finale è la media aritmetica tra la prova orale e quella scritta.

***AVVERTENZE E PREREQUISITI***

Sono requisiti fondamentali per una buona comprensione del corso la conoscenza degli strumenti matematici appresi nei corsi di Analisi e Geometria in particolare: equazioni differenziali e calcolo matriciale. La conoscenza delle metodologie proprie della meccanica analitica, in particolar modo della meccanica Hamiltoniana costituiscono anche prerequisito fondamentale.

Covid-19

Nel caso in cui la situazione sanitaria relativa alla pandemia di Covid-19 non dovesse consentire la didattica in presenza, sarà garantita l’erogazione a distanza dell’insegnamento con modalità che verranno comunicate in tempo utile agli studenti.

Il Prof. Fausto Borgonovi riceve gli studenti nei giorni di lezione dalle 10 alle 18. Per appuntamenti in altra data o richieste inviare una e-mail a: fausto.borgonovi@unicatt.it