PROGRAMMA DEL CORSO DI **MECCANiCA QUANTISTICA** (12 CFU)

a.a. 2024-2025

Prof. *Vittorio Lubicz*

Via della Vasca Navale 84 - Piano I - Stanza 101

`http://webusers.fis.uniroma3.it/~lubicz`

Libro di testo: J.J. Sakurai, J. Napolitano, *Meccanica Quantistica Moderna*, Zanichelli.

Libri consigliati: R.P. Feynman et al., *La Fisica di Feynman*, Volume 3, Zanichelli;
L. Landau, E. Lifschitz, *Meccanica Quantistica*, Editori Riuniti;
S. Gasiorowicz, *Quantum Physics*, J.Wiley & Sons.

Nel programma si fa esplicito riferimento ai testi indicando, ad esempio, con (S 1.6) il paragrafo 1.6 del libro di Sakurai.

1^a PARTE:

- **Crisi della fisica classica**. Spettro del corpo nero. Effetto fotoelettrico. Effetto Compton. Diffrazione degli elettroni e relazione di de Broglie. Esperimento di Rutherford, spettri atomici. Modello di Bohr dell'atomo di idrogeno (G 1)
- **Onde e particelle**. Esperimenti di interferenza con pallottole, onde ed elettroni. Probabilità ed ampiezze di probabilità. Principio di indeterminazione. (F 1; LL 1)
- **Vettori di stato ed operatori**. Esperimento di Stern e Gerlach ed esperimenti di Stern e Gerlach ripetuti. Stati di base. Vettori di stato bra e ket. Principio di sovrapposizione. Operatori lineari. Rappresentazioni matriciali. Relazione di completezza. Prodotto di operatori. Cambiamenti di base e trasformazioni unitarie. (F 5,8.1,8.2; S 1.1,1.2,1.3,1.5; LL 2,3,4,11,12)
- **Misure, osservabili e relazione di indeterminazione**. Valori di aspettazione di osservabili fisiche. Autovalori ed autovettori di osservabili. Autovettori di osservabili come vettori di base. Osservabili compatibili e incompatibili. Relazione di indeterminazione. (S 1.4; LL 7)
- **Operatore di posizione**. Autostati dell'operatore di posizione. Funzioni d'onda. Normalizzazione degli autostati della posizione e funzione δ di Dirac. Operatori nella rappresentazione delle coordinate. Regole di commutazione per gli operatori di posizione. (S 1.6,1.7; LL 5)
- **Traslazioni e impulso**. Operatore impulso in meccanica quantistica come generatore delle traslazioni. Regole di commutazione canoniche. Operatore impulso nella rappresentazione delle coordinate. Autofunzioni dell'impulso. Funzione d'onda nella rappresentazione degli impulsi. Pacchetti d'onda gaussiani. Operatore posizione nella rappresentazione degli impulsi. (S 1.6,1.7; LL 5,15,16)

- **Evoluzione temporale ed equazione di Schrödinger**. Evoluzione temporale degli stati. Operatore Hamiltoniano ed equazione di Schrödinger. Stati stazionari. Equazione d'onda di Schrödinger. Densità di corrente ed equazione di continuità. (S 2.1,2.4; LL 8,10,17,19; G 3)
- **Problemi unidimensionali**. Proprietà generali dell'equazione di Schrödinger. Buca di potenziale infinita e buca di potenziale finita. Potenziali a delta. Gradino di potenziale. Coefficienti di trasmissione e riflessione. Barriera di potenziale. Effetto tunnel. Emissione fredda e decadimento alfa. (G 4,5; LL 18,21,22,25; S B.2,B.3)
- **Parità**. Autovalori ed autostati dell'operatore di parità. Simmetria per inversione spaziale e conservazione della parità. (S 4.2; LL 30; G 4)
- **Oscillatore armonico**. Metodo operatoriale di Dirac. Autovalori e autostati. Autofunzioni dell'energia. (S 2.3; G 7,5; LL 23)
- **Simmetrie e leggi di conservazione**. Derivata di un operatore rispetto al tempo. Grandezze conservative. Simmetrie e leggi di conservazione in meccanica quantistica. Teorema di Ehrenfest. Teorema del viriale in meccanica quantistica. Rappresentazioni di Schrödinger e di Heisenberg ed equazioni del moto di Heisenberg. (S 2.2,4.1; LL 9,19; G 6)
- **Teoria delle perturbazioni indipendenti dal tempo**. Caso non degenere e caso degenere. (LL 38,39; S 5.1,5.2; G 16)
- **Teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo**. Probabilità di transizione al primo ordine. Transizioni per effetto di una perturbazione costante. Relazione di indeterminazione tempo-energia. Regola d'oro di Fermi. Transizioni per effetto di una perturbazione periodica. Assorbimento ed emissione stimolata. (S 5.5,5.7; LL 40,42,43,44; G 21)

2^a PARTE:

- **Rotazioni e momento angolare**. Regole di commutazione per gli operatori del momento angolare. Autovalori ed elementi di matrice degli operatori di momento angolare. (S 3.1,3.5; LL 26,27)
- **Momento angolare orbitale**. Autovalori del momento angolare e armoniche sferiche. (S 3.6; LL 26,27,28; G 11)
- **Spin**. Operatori di spin e formalismo di Pauli per spin 1/2. (S 3.2; LL 54,55; G 14)
- **Composizione di momenti angolari**. Coefficienti di Clebsch-Gordan. Stati di tripletto e singoletto per due particelle di spin 1/2. (S 3.8; LL 31; G 15)
- **Particelle identiche**. Principio di indistinguibilità delle particelle identiche. Operatore di scambio. Bosoni e fermioni. Sistemi composti da due particelle identiche. Interazione di scambio. (S 7.1,7.2,7.3; LL 61,62; G 8)
- **Atomo di idrogeno**. Problema dei due corpi. Moto in un campo centrale. Campo coulombiano. Autovalori ed autofunzioni dello spettro discreto. (S 3.7,B.6; LL 32,36; G 10,12)