



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

REGISTRO DELLE ATTIVITA' DIDATTICHE

Dati Anagrafici

MARCO ZARO

Data di Nascita: 25/01/1986 - **Codice Fiscale:** ZRAMRC86A25D869X

Ruolo: RICERCATORI A TEMPO DETERMINATO

FIS/02

DIPARTIMENTO DI FISICA

Dati dell'insegnamento

Anno Accademico: 2023/2024 - **Stato del registro:** APERTO

Corso di Studio: FISICA (Classe L-30)

Insegnamento: Fisica Quantistica (modulo 2)

Forme Didattiche e Ore assegnate:

Lezioni (40.0 ore)

Riepilogo attività

Forma didattica	Ore registrate
Lezioni	40.0

Dettaglio attività

Data	Ora Inizio	Ore	Modalità	Aula	Sede	Forma didattica	Argomento
26/09/2023	12:30	2.0		B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Introduzione al corso e syllabus. Trattazione di sistemi a molti gradi di libertà (molte dimensioni o molti corpi). Spazio di Hilbert prodotto tensore di spazi mono-dimensionali, forma generale dello stato. Operatori posizione e impulso multi-dimensionali e loro regole di commutazione
27/09/2023	12:30	2.0		B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Problemi separabili. Separazione dell'Hamiltoniana multi-dimensionale in più Hamiltoniane di singola coordinata. Autovalori e autovettori dell'Hamiltoniana totale in termini di quelli delle Hamiltoniane di singola coordinata. Problema dei due corpi, separazione in moto del baricentro e relativo, analogia col caso classico. Calcolo commutatori e verifica relazioni canoniche per le nuove coordinate. Come una trasformazione delle coordinate definisce una trasformazione degli impulsi che preservi le relazioni di commutazione. Oscillatore armonico tridimensionale in coordinate cartesiane. Calcolo autovalori, autofunzioni e degenerazione
28/09/2023	12:30	2.0		B	dipartimento di Fisica	Lezioni	La separazione del termine cinetico in parte radiale e parte angolare. Prodotto vettoriale mediante il tensore di Levi-Civita e sue proprietà. Termine cinetico nel caso di operatori posizione e impulso (non commutanti). Hermiticità del momento angolare e necessità di definire l'impulso radiale come $-i\hbar(d_r + 1/r)$
03/10/2023	12:30	2.0		B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Il Momento angolare Le rotazioni infinitesime e il momento angolare come quantità conservata classicamente sotto rotazioni. Azione delle rotazioni su funzioni d'onda. Momento angolare in coordinate sferiche, commutatore tra componenti diverse e con L^2 . Azione del momento angolare su vettori di operatori. Spettro del momento angolare: Autostati simultanei di L^2 e L_z , operatori di innalzamento e abbassamento e loro commutatori
04/10/2023	12:30	2.0		B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Conclusione della derivazione dello spettro del momento angolare. Autofunzioni del momento angolare nella base delle coordinate. Armoniche sferiche e polinomi di Legendre, alcune loro proprietà. Concetti basilari di teoria dei gruppi (Gruppi di Lie, Algebre di Lie, Rappresentazioni riducibili e irriducibili)
10/10/2023	12:30	2.0		B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Lo spin. Rappresentazione delle rotazioni su spazi vettoriali di dimensione finita. Caso di uno spazio tridimensionale (spin 1) e di uno spazio bidimensionale (spin 1/2). Effetto di una rotazione di 2π nel secondo caso. Forma più generale della funzione d'onda per una particella con spin diverso da zero
17/10/2023	14:30	1.0		B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Composizioni di momento angolare. Coefficienti di Clebsch-Gordan e cambio di base. Cambio di base esplicito nel caso di composizione di due spin 1/2
18/10/2023	12:30	2.0		B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Problemi radiali: forma delle autofunzioni radiali dell'Hamiltoniana. Autofunzione "ridotta", suoi andamenti asintotici a $r \rightarrow 0$ e infinito. Analogia e differenze rispetto ai problemi unidimensionali affrontati nel primo modulo. Particella libera e oscillatore armonico isotropo in coordinate sferiche
24/10/2023	12:30	2.0		B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Oscillatore armonico isotropo, riassunto di quanto ottenuto la lezione precedente; studio della degenerazione e collegamento con le simmetrie del problema. Teorema di degenerazione. Atomo d'idrogeno, Hamiltoniana e sua scrittura in termini di variabili adimensionali
25/10/2023	12:30	2.0		B	dipartimento di Fisica	Lezioni	I potenziali coulombiani. Quantizzazione di Bohr e livelli energetici Simmetrie classiche del problema di Keplero, vettore di Laplace-Runge-Lenz. Caso quantistico, definizione del vettore di Laplace-Runge-Lenz in termini di operatori. Relazioni di commutazione tra componenti diverse e con componenti del momento angolare. Analogia con il gruppo di Lorentz. "Diagonalizzazione" delle relazioni di commutazione
31/10/2023	12:30	1.0		B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Lo spettro dell'atomo d'idrogeno. Costruzione partendo dagli operatori del momento angolare e del vettore di Laplace-Runge-Lenz. Degenerazione dei livelli energetici. Autofunzioni nella base delle coordinate
02/11/2023	11:30	2.0		B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Teoria delle perturbazioni non dipendenti dal tempo. Caso non degenero. Sviluppo degli stati e delle correzioni all'energia del sistema. Esempio: oscillatore armonico unidimensionale con potenziale lineare. Trattazione perturbativa, e relazione con la soluzione esatta svolta al primo semestre

07/11/2023	12:30	3.0	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Teoria delle perturbazioni indipendenti dal tempo, il caso degenerare. Come il potenziale della perturbazione rimuove la degenerazione. Esempio: l'interazione spin-orbita dell'atomo di Idrogeno. Operatori tensoriali; tensori cartesiani, riducibilita` in rappresentazioni irriducibili del gruppo delle rotazioni. Tensori sferici, relazioni di commutazione con le componenti del momento angolare. Teorema di Wigner-Eckart, suo significato fisico. Regole di selezione per le transizioni elettromagnetiche dell'atomo di idrogeno (in approssimazione di dipolo)
14/11/2023	12:30	2.0	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	perturbazioni dipendenti dal tempo. Rappresentazione di interazione per l'evoluzione temporale, collegamento con le rappresentazioni di Heisenberg e di Schrodinger. Sistema a due livelli con potenziale oscillante e sue applicazioni (ad es. risonanza magnetica). Operatore di evoluzione temporale in rappresentazione di interazione. Espansione perturbativa, elemento di matrice al primo ordine, principio di indeterminazione tempo-energia, conservazione dell'energia nel limite di t grande. Transizioni virtuali al secondo ordine (brevemente).
15/11/2023	12:30	1.0	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Teoria perturbativa dipendente dal tempo, riassunto dei concetti spiegati. Teoria dell'urto, sezione d'urto, sua decomposizione in termini di fattore di flusso, spazio delle fasi e probabilita` di interazione.
21/11/2023	12:30	2.0	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Sezione d'urto. Calcolo dell'elemento di matrice del potenziale tra autostati dell'energia (onde piane). Fattore di forma, caso speciale del potenziale centrale. Potenziale di Yukawa e potenziale Coulombiano come suo limite. Sistemi a molti corpi e particelle identiche. Operatore di scambio, autofunzioni e autovettori. Caso di 2 particelle, trasformazione di stati e degli operatori. Caso a molte particelle, stati totalmente simmetrici o antisimmetrici per diagonalizzare simultaneamente tutti gli operatori di scambio. Postulato spin-statistica. Esempi: sistemi a 2 elettroni, condensato di Bose-Einstein, Barione Delta++
22/11/2023	12:30	2.0	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Particelle identiche: atomo di elio, splitting dei livelli a causa dell'asimmetrizzazione della funzione d'onda. Limite classico della meccanica quantistica. Teoria di Hamilton Jacobi, azione come onda classica. Equazione e funzione principale di Hamilton Jacobi. Caso quantistico, equazione di Hamilton Jacobi per la fase della funzione d'onda nel limite $\hbar \rightarrow 0$
28/11/2023	12:30	2.0	B		Lezioni	Il propagatore in meccanica quantistica. Definizione e proprieta`. Propagatore come integrale sui cammini e formulazione Lagrangiana della meccanica quantistica. Il propagatore come soluzione dell'equazione di Schrodinger
05/12/2023	12:30	2.0	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Conclusioni path integral: soluzione dell'equazione di Schrodinger, forma del path integral per lagrangiane polinomiali, caso particolare di lagrangiane quadratiche. Approssimazione semiclassica/WKB. Forma delle soluzioni, validita` dell'approssimazione, condizioni di raccordo e di quantizzazione
12/12/2023	12:30	2.0	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Entanglement. Matrice densita` in presenza di entanglement. Misure parziali e decoerenza. Passaggio da stato puro a miscela statistica quando un solo sottosistema viene misurato. Gatto di Schrodinger, paradosso e soluzione introducendo l'interazione con l'ambiente. Decoerenza e misure in meccanica quantistica.
13/12/2023	12:30	2.0	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Entanglement e separazione dei due sottosistemi. Crittografia quantistica. Paradosso EPR, teoria del realismo locale o delle variabili nascoste. Disuguaglianze di Bell, formulazione di CHSH e loro violazione