



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

REGISTRO DELLE ATTIVITA' DIDATTICHE

Dati Anagrafici

STEFANO FORTE

Data di Nascita: 21/06/1961 - **Codice Fiscale:** FRTSFN61H21F205Q

Ruolo: I FASCIA

FIS/02

DIPARTIMENTO DI FISICA

Dati dell'insegnamento

Anno Accademico: 2017/2018 - **Stato del registro:** APERTO

Corso di Studio: FISICA (Classe L-30)

Insegnamento: Fisica Moderna e Meccanica Quantistica (Mod. Fisica Moderna)

Forme Didattiche e Ore assegnate:

Lezioni (40.0 ore)

Riepilogo attività

Forma didattica	Ore registrate
Lezioni	50.0

Dettaglio attività

Data	Ora Inizio	Ore	Aula	Sede	Forma didattica	Argomento
06/03/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Introduzione al corso: fisica quantistica e fisica classica. La fisica quantistica come linguaggio universale. Programma del corso, esercitazioni, tutorato, testi e modalita' d'esame. L'esperimento della doppia fenditura nella realizzazione di Zeilinger. Descrizione del setup sperimentale. Composizione delle probabilita'. Osservazione di una figura di interferenza.
12/03/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Interferenza: descrizione ondulatoria. Incompatibilita' dell'interferenza con la combinazione standard di probabilita'. Informazione sulc ammino seguito e scomparsa dell'interferenza. Idee di base della fisica quantistica: stato del sistema e misure sul sistema. Notazione di Dirac: ket di stato, regola per il calcolo delle probabilita'. Principio di sovrapposizione e linearita' dello spazio degli stati.
13/03/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Prodotto scalare e sue proprieta'. Spazio dei ket e spazio dei bra come spazio duale. Vettori di base: ortonormalita'. Diverse scelte di base. Stati sovrapposizione e basi generali. Descrizione della misura in termine di prodotto scalare e base. Componenti di un vettore in uno spazio di Hilbert e notazione vettoriale. Norma e prodotto scalare in termini di componenti.
19/03/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Osservabili distinte e rigenerazione degli stati. Risoluzione dell'identita' e suo uso. Operatori lineari. Azione di un operatore sui vettori di base e matrice associata ad un operatore. Azione successiva di due operatori come prodotto delle rispettive matrici. Operatori come prodotto ket-bra. Caratterizzazione di un'osservabile: risultati della misura e stati associati. Valor medio di un'osservabile. Operatore associato ad un'osservabile. I risultati della misura e gli stati come autovalori ed autovettori dell'operatore associato all'osservabile. Caratterizzazione di un'osservabile: autostati ortogonali ed autovalori reali.
20/03/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Aggiunto di un operatore: definizione ed elementi di matrice. Operatori autoaggiunti o hermitiani: condizione sugli elementi di matrice. Dimostrazione che un operatore hermitiano ammette autovettori ortogonali ed autovalori reali (condizione necessaria e sufficiente). Operatori a spettro degenere e ortonormalizzazione di Gramm-Schmidt. Operatori di proiezione. La misura come proiezione. Postulati della fisica quantistica.
22/03/2018	10:30	1.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Cambiamento di base. Matrice di cambiamento di base per le componenti di un vettore. Operatore di cambiamento di base come prodotto ket-bra. Suoi elementi di matrice nelle basi prima e dopo la trasformazione. Operatori unitari e unitarieta' del cambiamento di base. Significato dell'unitarieta'. Trasformazione per cambiamento di base di un operatore. Operatori unitariamente equivalenti.
26/03/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Operatori compatibili ed incompatibili. Commutatore di operatori. Commutazione come condizione necessaria e sufficiente per la compatibilita'. Diagonalizzazione in un sottospazio. Basi complete di operatori. Commutatore del prodotto di operatori.
27/03/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Indeterminazione di un operatore. Sua interpretazione come varianza dei risultati delle misure dell'operatore. Operatore indeterminazione. Indeterminazione nulla come condizione necessaria e sufficiente che il sistema si trovi in un autostato dell'operatore. Relazione di indeterminazione. Disuguaglianza di Schwartz. Parte hermitiana e parte anti-hermitiana del prodotto di due operatori. Relazione tra prodotto di due operatori, commutatore ed anticommutatore.
09/04/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	L'informazione in uno stato quantistico. Gli stati quantistici come raggi nello spazio di Hilbert. Parametrizzazione di uno stato di un qubit. Misura dei parametri ed insufficienza della misura di un'osservabile sola. La matrice (operatore) densita'. Traccia di un operatore e sue proprieta': ciclicita' e invarianza per trasformazioni uniktarie (cambiamenti di base). Proprieta' della matrice densita': hermiticita' e normalizzazione sotto traccia. Valor medio come traccia sulla matrice identita'. Miscele statistiche di stati quantistici. Valor medio di un'osservabile in una miscela quantistica. Matrice densita' per uno stato misto: valor medio come traccia a normalizzazione. Differenza fra miscela statistica e miscela quantistica: esempio esplicito per un sistema bipartito, calcolo del valor medio e calcolo della matrice densita'. Caratterizzazione della matrice densita' per uno stato medio e per uno stato misto. Condizione sulla traccia. Sistemi bipartiti e condizione sul determinante.
10/04/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Classificazione degli operatori e delle matrici densita': le matrici di Pauli come base delle matrici hermitiane 2x2. Decomposizione di una matrice sulla base. Calcolo del determinante: stati puri e stati misti. Determinazione di tutti i parametri della matrice densita' attraverso la misura di osservabili non compatibili. Clonazione quantistica e teorema di no-cloning.

16/04/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	La meccanica quantistica: sistemi per cui l'osservabile e' la posizione. Variabili a spettro discreto e continuo. Operatore posizione, autostati ed autovalori. Vettore di stato sulla base delle posizioni e funzione d'onda. Densita' di probabilita' di posizione. Risoluzione dell'identita': la delta di Dirac. Proprieta' della delta: normalizzazione, invarianza per traslazioni, simmetria. Altre proprieta'. Interpretazione fisica: la delta come successione. Relazione di ortogonalita': normalizzazione impropria. La delta di Dirac come funzione d'onda per gli autostati della posizione. Relazione di completezza e suoi elementi di matrice. Prodotto scalare fra stati. Prodotto scalare di un ket di stato con se stesso: normalizzazione in senso proprio.
17/04/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Dinamica: evoluzione degli stati. Formulazione lagrangiana e formulazione hamiltoniana. Osservabili meccaniche nel caso classico e nel caso quantistico: importanza delle leggi di conservazione. Riassunto del teorema di Noether. Traslazioni e impulso in meccanica classica. Trasformazioni e invarianze in meccanica quantistica. Traslazioni: effetto sui vettori di base e sugli stati. Generatore infinitesimo di una trasformazione unitaria. Il generatore delle traslazioni ed i suoi elementi di matrice. Leggi di conservazione nel caso quantistico: invarianza e commutazione del generatore con l'operatore di evoluzione temporale. L'impulso come generatore delle traslazioni. Necessita' di una costante di conversione e sua universalita': la costante di Planck. Effetto delle traslazioni sull'operatore posizione. Trasformazioni infinitesime e commutatore posizione-impulso.
23/04/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Il principio di indeterminazione di Heisenberg ed il suo significato. Posizione ed impulso come osservabili incompatibili: perdita di senso del concetto di traiettoria in meccanica quantistica. Elementi di matrice degli operatori posizione ed impulso nella base delle posizioni. Hermiticita' degli operatori posizione ed impulso. Hermiticita' di p ed integrabilita' per parti. Autofunzioni dell'operatore impulso: le onde piane. Relazione di completezza e normalizzazione degli stati.
24/04/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Rappresentazione della delta di Dirac in termini di onde piane. Le onde piane come matrice di passaggio dalla base delle posizioni a quella degli impulsi. Operatori canonici nella base degli impulsi. Funzione d'onda nella base delle posizioni e degli impulsi e loro relazione: trasformata di Fourier. Evoluzione temporale in meccanica quantistica. Il tempo come parametro. Operatore di evoluzione temporale come funzione degli operatori canonici. Il generatore dell'evoluzione temporale: forma finita e forma infinitesima. Invarianza per traslazioni temporali. Indipendenza dal tempo del generatore. Commutazione del generatore delle traslazioni temporali con l'operatore di evoluzione temporale. Conservazione degli autovalori del generatore
03/05/2018	10:30	1.0	B	Dipartimento di fisica.	Lezioni	Teorema di Noether per trasformazioni dipendenti dal tempo. Invarianza per traslazioni temporali e conservazione della hamiltoniana. Equazione di Schroedinger.
07/05/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Equazione di Schroedinger: esempio di un sistema di un qubit. Equazione di Schroedinger nella base delle coordinate come equazione d'onda. Equazione di Schroedinger per l'operatore di evoluzione temporale. Soluzione formale e determinazione dell'operatore di evoluzione temporale. (1) Hamiltoniane indipendenti dal tempo. (2) Hamiltoniane dipendenti dal tempo che a tempi diversi commutano. (3) Hamiltoniane dipendenti dal tempo e non-commutanti: prodotto cronologico e sue proprieta'.
08/05/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Sistemi invarianti per traslazioni temporali. Operatore di evoluzione temporale nella base degli autostati dell'energia. Evoluzione di un autostato dell'energia. Evoluzione di una sovrapposizione di autostati dell'energia. Conservazione dell'energia ed invarianza temporale della probabilita' di misure di energia. Elementi di matrice di operatori qualunque in un autostato dell'energia: autostati dell'energia come stati stazionari. Elementi di matrice di un operatore qualunque in uno stato sovrapposizione: interferenza. La rappresentazione di Heisenberg. Dipendenza dal tempo di operatori e stati in rappresentazione di Heisenberg. Indipendenza dalla scelta di rappresentazione di valori medi e di ampiezze di transizione. Equazioni del moto di Heisenberg per gli operatori.
14/05/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Struttura dell'equazione del moto di Heisenberg e suo significato. Leggi di conservazione generali in meccanica quantistica. Commutatori delle funzioni degli operatori canonici. Equazioni del moto per gli operatori canonici. Confronto classico-quantistico: teorema di Ehrenfest, Equazioni del moto classiche e quantistiche: parentesi di Poisson vs parentesi di commutazione. Quantizzazione alla Dirac. La particella libera. Autostati dell'impulso ed autostati dell'energia. Degenerazione dello spettro ed operatore di parita'. Autostati dell'impulso come autostati della parita' e loro normalizzazione in senso improprio.

15/05/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Leggi del moto per gli operatori posizione e impulso ed i loro valori medi per la particella libera: rappresentazione di Heisenberg e rappresentazione di Schrodinger. Commutatore di operatori posizione a tempi diversi. Allargamento della indeterminazione in posizione. Pacchetti di onde piane e loro evoluzione temporale. Stati di minima indeterminazione. Condizioni di minima indeterminazione. Risoluzione per gli operatori posizione ed impulso. Il pacchetto gaussiano. Verifica dei valori medi di posizione ed impulso. Calcolo dell'indeterminazione in impulso.
21/05/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Calcolo dell'indeterminazione in posizione e verifica della condizione di minima indeterminazione. Pacchetto gaussiano nella base delle posizioni e nella base degli impulsi. Trasformata di Fourier di una gaussiana. Relazione tra la larghezza di una funzione localizzata della posizione e la larghezza della sua trasformata di Fourier. Allargamento del pacchetto d'onde: approccio alla Schrodinger ed approccio alla Heisenberg. Calcolo esplicito dell'indeterminazione in posizione in funzione del tempo per un pacchetto gaussiano. Il pacchetto gaussiano come stato di minimo incremento dell'indeterminazione. Ordine di grandezza degli effetti quantistici. Unità naturali. Stime dell'ordine di grandezza dell'indeterminazione. Problemi unidimensionali: stato legato ed urto. Buca e gradino di potenziale.
22/05/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Buca di potenziale: soluzioni nelle tre regioni. Condizioni di raccordo: esempio esplicito della buca di potenziale. Buca di potenziale finita ed infinita: condizioni al contorno nel caso della buca infinita. Spettro di autovalori di energia ed autofunzioni. Parità delle autofunzioni. Spettro discreto e stati legati (normalizzabili). Energia dello stato fondamentale: energia minima e principio di indeterminazione. Nondegenerazione per lo spettro di stati legati in una dimensione.
28/05/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Proprietà della theta di Heaviside e sua relazione con la delta di Dirac. Condizioni generali di raccordo per potenziali discontinui. Soluzioni di stato legato e soluzioni di scattering per la buca di potenziale finita. Il gradino di potenziale. Caso di energia maggiore del potenziale. Determinazione dell'autostato di energia. Corrente di probabilità. Equazione di continuità. Calcolo della corrente di probabilità nelle due regioni per il gradino di potenziale. Conservazione della corrente. Coefficienti di trasmissione e riflessione. Caso di energia minore dell'altezza del potenziale. Penetrazione sotto il gradino. Crollo sulla barriera di potenziale e sull'effetto tunnel.
29/05/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Discussione qualitativa delle autofunzioni per un potenziale generico. Potenziali leganti (con un minimo) e simmetrici. Punti di inversione. Andamento della funzione d'onda nelle varie regioni. Condizioni di raccordo ai punti di inversione. Inesistenza di soluzioni con energia minore del minimo del potenziale. Spettro di stati legati: normalizzabilità e spettro discreto. Parità delle soluzioni. Esistenza di almeno uno stato legato. Spettro del continuo. L'oscillatore armonico. Riassunto del problema classico: leggi di conservazione. Positività dello spettro. Struttura degli elementi di matrice di posizione ed impulso tra autostati dell'energia.
07/06/2018	10:30	1.0	B	Dipartimento di fisica.	Lezioni	Diagonalizzazione della hamiltoniana dell'oscillatore armonico con il metodo algebrico. Operatori di creazione e distruzione: definizione, espressione della hamiltoniana in termini di essi, relazioni di commutazione mutue e con la hamiltoniana. Spettro della hamiltoniana e spettro dell'operatore numero. Innalzamento ed abbassamento. Esistenza dello stato di vuoto. Costruzione dello spettro.
11/06/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Normalizzazione degli stati. Ortogonalità. Valori medi di posizione ed impulso. Indeterminazione di posizione ed impulso negli autostati di oscillatore armonico. Lo stato fondamentale come stato di minima indeterminazione. Autofunzioni nella base delle coordinate. Lo stato fondamentale come stato gaussiano. Stati eccitati: costruzione e parità. Polinomi di Hermite. Crollo sui polinomi ortogonali. Dipendenza dal tempo degli operatori posizione ed impulso. Operatore di evoluzione temporale e sua azione sugli operatori posizione ed impulso: formule di Baker-Campbell-Hausdorff. Evoluzione temporale degli operatori di creazione e distruzione. L'operatore di distruzione come creatore del quanto di energia.
12/06/2018	08:30	2.0	B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	(Discussione sulle modalità di esame e feedback sul corso e sulle esercitazioni) Gli stati coerenti: introduzione generale. Definizione come autostati dell'operatore di distruzione. Costruzione esplicita. Normalizzazione. Interpretazione come stati di oscillatore armonico traslati. Valori medi di posizione ed impulso e loro indeterminazione: lo stato coerente come stato di minima indeterminazione. Interpretazione del parametro z .

14/06/2018	10:30	1.0	B	Dipartimento di fisica.	Lezioni	<p>Gli stati coerenti come stati semiclassici: il parametro z e l'incertezza relativa su posizione ed impulso. Valore medio del numero di occupazione e sua indeterminazione. Dipendenza temporale dello stato coerente e non-allargamento. Quasi ortogonalita' di stati coerenti macroscopicamente distinguibili. I "gatti di Schro"dingger". Costruzione di uno stato di gatto attraverso l'effetto Kerr. Misure quantistiche sullo stato di gatto: misura di posizione ed interferenza. Accoppiamento con un rivelatore e scomparsa dell'interferenza. La decoerenza come origine della transizione classico-quantistico.</p>
------------	-------	-----	---	-------------------------	---------	---