



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI

Docente	Creazione	Stato	
STEFANO FORTE		Aperto	
Data di nascita	Codice fiscale		
21-06-1961	FRTSFN61H21F205Q		
Facolta	Settore	Carriera	A.A.
SCIENZE E TECNOLOGIE (F)	FIS/02-Fisica teorica, modelli e metodi matematici	PROFESSORE UNIVERSITARIO DI RUOLO I FASCIA	2012/13
Strutt.Proprietaria	Strutt.Responsabile	Insegnamento	Modulo
FISICA (Classe L-30) (F63)	FISICA (Classe L-30) (F63)	Fisica Moderna e Meccanica Quantistica (Mod. Meccanica Quantistica) (F63-18)	()

Forme didattiche previste dal Piano Didattico

- Lezioni(40 ore)

Note

Nessuna

Riepilogo Attività

Forma didattica	Stato	Numero	Ore
Lezioni	Da confermare	24	48

Dettaglio attività

Stato	Data	Ora inizio	Ore	Aula	Sede	Forma didattica	Argomento/Note
Da confermare	MER 10-10-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Introduzione e motivazioni del corso: il ruolo delle simmetrie in meccanica quantistica. Simmetrie come principio guida e come metodo per la risoluzione di problemi. Argomenti e struttura del corso. Introduzione ai sistemi di piu' di una particella ed in piu' di una dimensione. Spazio degli stati fisici in d-dimensioni. Stati di base come prodotto diretto, spazio di Hilbert sullo spazio prodotto diretto. Funzione d'onda per sistemi d-dimensionali. Esempio di sistemi di d qubit. Introduzione ai problemi separabili: hamiltoniana in d dimensioni.
Da confermare	VEN 12-10-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Problemi separabili: autofunzioni ed autovalori. Caso generale, esempio di potenziali scritti come somma di potenziali unidimensionali. Buca di potenziale tridimensionale. Degenerazione nel caso della buca cubica. Oscillatore armonico tridimensionale. Caso isotropo: degenerazione.
Da confermare	MER 17-10-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Il problema dei due corpi. Coordinata del baricentro e coordinata relativa ed impulsi canonici associati. Verifica delle relazioni di commutazione. Separazione del termine cinetico e separazione dello spettro. Forma generale della trasformazione degli impulsi sotto una trasformazione lineare delle posizioni. Costruzione esplicita nello spazio delle coordinate. Introduzione ai problemi centrali.
Da confermare	VEN 19-10-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Coordinate sferiche. Generatore delle traslazioni della coordinata radiale. Separazione del termine cinetico in parte radiale e parte angolare: caso classico. Tensore completamente antisimmetrico e relative identita'. Separazione del termine cinetico nel caso quantistico. Espressione in termini di derivate radiali e momento angolare. Operatore impulso radiale e sua hermitianita'. Espressione del termine cinetico in termini di impulso radiale.
Da confermare	MER 24-10-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Momento angolare e rotazioni. Il momento angolare classico come carica di Noether. Rotazioni attorno all'asse z ed attorno ad un asse generico. Rotazioni degli stati nella base delle coordinate in meccanica quantistica. Momento angolare come generatore delle rotazioni in meccanica quantistica. Hermitianita' del momento angolare. Relazioni di commutazione tra diverse componenti del momento angolare, e tra le componenti del momento angolare ed il momento angolare totale.
Da confermare	VEN 26-10-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Lo spettro del momento angolare: operatori di innalzamento ed abbassamento, relazioni di commutazione. Positivita' degli stati: costruzione degli stati di massimo e minimo valore della terza componente del momento angolare. Determinazione dello spettro. Rappresentazione sulla base delle coordinate. Armoniche sferiche. Costruzione esplicita dello stato di minimo m. Polinomi di Legendre. Relazione di completezza: valori interi del momento angolare orbitale.
Da confermare	MER 31-10-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Distinzione tra momento angolare orbitale e momento angolare intrinseco o spin. Lo spin in meccanica classica: esempio di sistemi vettoriali. Sistemi vettoriali quantistici. Spazio degli stati fisici. Rotazioni, generatori, operatori di momento angolare: costruzione esplicita come matrici tre per tre. Verifica delle relazioni di commutazione. Calcolo dello spin totale: i sistemi vettoriali come sistemi di spin uno. Autostati della terza componente: stati di polarizzazione. Sistemi di spin 1/2. Costruzione degli operatori di momento angolare nella base degli autostati della terza componente dello spin. Matrici di Pauli.
Da confermare	MER 07-11-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Non-invarianza degli stati di spin semi-intero sotto rotazioni di 2π . Interpretazione geometrica dello spin. Funzioni d'onda per sistemi aventi sia momento angolare orbitale che spin: relazioni di completezza. Composizione di momenti angolari. Momento angolare totale e sua terza componente; insieme massimale di operatori diagonalizzabili simultaneamente ad esso. Coefficienti di Clebsch-Gordan. Valori massimi e minimi per il momento angolare totale.
Da confermare	VEN 09-11-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Costruzione dei coefficienti di Clebsch-Gordan. Conteggio degli stati nella base dei due momenti angolari e nella base del momento angolare totale. Cenno sulle particelle identiche. Problemi centrali in

coordinate sferiche: fattorizzazione della funzione d'onda per autostati del momento angolare in parte radiale e parte angolare. Equazione di Schro"dinger radiale. Riduzione del problema radiale ad un problema unidimensionale associato.

Da confermare	MER 14-11-2012 10:30 2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Condizioni al contorno per il problema unidimensionale. Andamenti della funzione d'onda radiale nell'origine ed all'infinito. Esistenza di stati legati in tre dimensioni. Particella libera: separazione in coordinate cartesiane ed in coordinate sferiche. Funzioni di Bessel. L'oscillatore armonico tridimensionale isotropo: richiamo sulla separazione in coordinate cartesiane e separazione del problema in coordinate sferiche. Caso di momento angolare $l=0$: riduzione al problema unidimensionale, condizioni al contorno e costruzione dello spettro. Caso di momento angolare generico: operatori di creazione e distruzione generalizzati. Operatore numero generalizzato e sua relazione con l'hamiltoniana.
Da confermare	VEN 16-11-2012 10:30 2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Azione degli operatori di creazione e distruzione generalizzati sugli stati fisici. Costruzione dello spettro. Struttura dello spettro e sua degenerazione. Calcolo della degenerazione. Il teorema di degenerazione. Degenerazione per sistemi invarianti per rotazioni. Degenerazione dell'oscillatore armonico tridimensionale isotropo e simmetria $SU(3)$.
Da confermare	MER 21-11-2012 10:30 2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Conclusione della discussione dell'oscillatore armonico isotropo: $SU(2)$ come sottogruppo di $SU(3)$, rotazioni come sottogruppo del gruppo di simmetria del problema. Il potenziale coulombiano: hamiltoniana radiale. Analisi dimensionale e dipendenza dello spettro dai parametri. Cenno sulla soluzione dell'equazione differenziale radiale: andamenti asintotici e soluzione per serie. Forma nello spettro. Trattazione dell'atomo di idrogeno nella "cechia teoria dei quanti" di Niels Bohr. Simmetrie del problema nel caso classico: equazioni del moto e costanti del moto per il problema di Keplero. Il vettore di Lenz. Conteggio delle costanti del moto per un'orbita chiusa. Modulo del vettore di Lenz e sua dipendenza dal momento angolare e dall'energia. Interpretazione geometrica del vettore di Lenz.
Da confermare	VEN 23-11-2012 10:30 2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	L'operatore vettore di Lenz in meccanica quantistica: antisimmetrizzazione e forme equivalenti. Commutatori del momento angolare con l'impulso. Conservazione: commutazione del vettore di Lenz con l'hamiltoniana. Commutatori del momento angolare con l'impulso. Commutatore delle componenti del vettore di Lenz fra loro. Insieme di operatori diagonalizzabili simultaneamente all'hamiltoniana. Quadrato del vettore di Lenz e sua ortogonalita' al momento angolare. Algebra di operatori in un autostato dell'hamiltoniana: simmetria $O(4)$. Disaccoppiamento della simmetria in termini di due operatori tipo momento angolare indipendenti. Espressione dello spettro di energia in termini dello spettro di operatori.
Da confermare	MER 28-11-2012 10:30 2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Spettro di autostati simultanei di energia e di due operatori di momento angolare astratto. Numero quantico principale. Calcolo della degenerazione del livello n-esimo. Passaggio alla base del momento angolare fisico e della sua terza componente mediante coefficienti di Clebsch-Gordan. Autostati di energia nella base del momento angolare e loro degenerazione. Funzioni d'onda nella base delle coordinate: costruzione generale. Espressione esplicita per la funzione d'onda di stato fondamentale. Costruzione degli stati eccitati mediante operatori di innalzamento ed abbassamento generalizzati. Forma generale dell'autofunzione di energia e momento angolare generica. Polinomi di Laguerre. Introduzione alla formulazione lagrangiana della meccanica quantistica.
Da confermare	MER 05-12-2012 10:30 2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Derivazione delle leggi del moto classiche da un principio variazionale. La funzione principale di Hamilton: variazione dell'azione lungo una traiettoria classica, e sua relazione con l'impulso. L'equazione di Hamilton-Jacobi. Esempio: l'oscillatore armonico: soluzione dell'equazione di Hamilton-Jacobi per sistemi invarianti per traslazioni temporali e funzione caratteristica di Hamilton. Generalizzazione a potenziali generici indipendenti dal tempo, in una e tre dimensioni. La funzione caratteristica di Hamilton come "funzione d'onda" classica. Velocita' di spostamento dei fronti d'onda come velocita' di fase, sua distinzione dalla velocita' del moto classico. Evoluzione temporale e propagatore in meccanica quantistica. Proprieta' del propagatore: unitarieta' e

causalita'.

Da confermare	MER 12-12-2012 10:30 2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Calcolo del propagatore per una evoluzione temporale infinitesima in termini dell'elemento di azione. Interpretazione della velocita' in termini di posizioni iniziali e finali. Evoluzione temporale come sequenza di evoluzioni temporali infinitesime. L'integrale di cammino di Feynman. Dominanza del cammino di minima azione nel limite $\hbar \rightarrow 0$.
Da confermare	VEN 14-12-2012 10:30 2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Equazione di Schro"dinger come equazione soddisfatta dal path integral. Approssimazione WKB. Relazione tra funzione d'onda e funzione principale di Hamilton nel limite $\hbar \rightarrow 0$. Sviluppo della funzione d'onda in serie di \hbar . Primo ordine: equazione di Hamilton Jacobi e sua soluzione. Equazioni agli ordini successivi per potenziali indipendenti dal tempo. Determinazione esplicita della correzione al primo ordine in \hbar nel caso unidimensionale. Forma esplicita della soluzione semiclassica generale al primo ordine in \hbar . Stati del continuo e stati legati. Interpretazione semiclassica del risultato.
Da confermare	MER 19-12-2012 10:30 2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Regione di validita' dell'approssimazione WKB. Studio di una buca di potenziale generica con il metodo WKB. Matching delle soluzioni: idee e risultati. Condizioni di quantizzazione di Bohr-Sommerfeld. La teoria delle perturbazioni. Perturbazioni indipendenti dal tempo. Sviluppo dell'autostato e dell'autovalore. Ortogonalita' della perturbazione allo stato imperturbato. Perturbazione al k-esimo ordine all'autovalore in termini della perturbazione al k-1-esimo ordine all'autostato. Perturbazione al primo ordine allo stato. Determinazione della perturbazione al primo ordine allo stato. Inversione di un operatore in un sottospazio.
Da confermare	VEN 21-12-2012 10:30 2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Espressione per la perturbazione dello stato al primo ordine e per la perturbazione del livello energetico fino al secondo ordine. Perturbazione di un livello degenero. Teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo. Rappresentazione di interazione ed equivalenza delle predizioni con essa ottenute con quelle alla SChrodinger ed alla Heisenberg.
Da confermare	MER 09-01-2013 10:30 2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Calcolo dell'ampiezza di transizione usando la teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo. Espressione formale fino al secondo ordine. Calcolo della correzione al primo ordine. Probabilita' di transizione per unita' di tempo nel limite di grandi tempi. Regola aurea di Fermi. (Lezione ridotta per valutazione della didattica.)
Da confermare	VEN 11-01-2013 10:30 2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Definizione di sezione d'urto e suo significato. Sezione d'urto in meccanica quantistica. Spazio delle fasi e normalizzazione degli stati. Calcolo del flusso. Espressione esplicita per la sezione d'urto per transizioni tra autostati dell'impulso. Approssimazione di Born. Fattore di forma: caso generale e caso a simmetria sferica. Introduzione ai sistemi di n corpi quantistici. Conteggiop degli stati e statistica quantistica. Particelle identiche. Operatore di scambio per sistema a due particelle: sua azione sugli stati e sugli operatori associati ad osservabili per particelle identiche. Operatori di scambio per un sistema di n particelle. Non commutativita' e degenerazione di scambio. Stati completamente simmetrici e completamente antisimmetrici e loro proprieta'.
Da confermare	MER 16-01-2013 10:30 2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Dimostrazione che gli operatori di scambio commutano nei sottospazi simmetrici od antisimmetrici (cond. necessaria e sufficiente). La relazione spin-statistica: storia ed argomenti recenti. Relazione tra scambio e rotazioni: dimostrazione del teorema spin-statistica per sistemi planari.
Da confermare	VEN 18-01-2013 10:30 2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Richiami sulla matrice densita': stati puri e stati misti. Matrice densita' per sistemi composti. Misure su sottosistemi e matrice densita' del sottosistema. Stanti entangled: condizione necessaria e sufficiente affinche' se la matrice densita' del sistema complessivo corrisponde ad uno stato puro, anche la la matrice densita' del sottosistema corrisponda ad uno stato puro. Il paradosso EPR. Formulazione del paradosso. Matrice densita' per lo stato EPR.
Da confermare	MER 23-01-2013 10:30 2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Risoluzione del paradosso EPR mediante una formulazione con variabili nascoste: esempio dello stato di un qubit. Paradosso EPR e variabili nascoste. Correlazioni di spin in meccanica quantistica per uno stato EPR. Loro calcolo in una teoria di variabili nascoste: derivazione delle disuguaglianze di Bell. Violazione della

disuguaglianza di Bell da parte della predizione quantistica. Il problema della misura ed il gatto di Schrodinger. Decoerenza.