



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

## FACOLTA' DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI

<b>Docente</b>	<b>Creazione</b>	<b>Stato</b>		
STEFANO FORTE		Aperto		
<b>Data di nascita</b>	<b>Codice fiscale</b>			
21-06-1961	FRTSFN61H21F205Q			
<b>Facolta</b>	<b>Settore</b>	<b>Carriera</b>	<b>A.A.</b>	
FACOLTA' DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI (F)	FIS/02-Fisica teorica, modelli e metodi matematici	PROFESSORE UNIVERSITARIO DI RUOLO I FASCIA	2011/12	
<b>Strutt.Proprietaria</b>	<b>Strutt.Responsabile</b>	<b>Insegnamento</b>	<b>Modulo</b>	
FISICA (Classe L-30) (F63)	SCIENZE E TECNOLOGIE FISICHE (F*07)	Fisica Moderna e Meccanica Quantistica (Mod. Fisica Moderna) (F63-10)	()	

### Forme didattiche previste dal Piano Didattico

- Lezioni(40 ore)

### Note

Nessuna

### Riepilogo Attività

Forma didattica	Stato	Numero	Ore
Lezioni	Da confermare	27	50

## Dettaglio attività

Stato	Data	Ora inizio	Ore	Aula	Sede	Forma didattica	Argomento/Note
Da confermare	MAR 28-02-2012	11:30	1	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Introduzione al corso. La meccanica quantistica come grammatica universale della fisica moderna. Struttura ed organizzazione del corso. Tutoraggio, esercitazioni, libri di testo e modalita' di esame.
Da confermare	MAR 06-03-2012	11:30	1	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	L'esperimento della doppia fenditura, nella realizzazione di Zeilinger-Arndt. Differenza tra il caso classico ed il caso quantistico: interferenza quantistica e sua scomparsa sotto misura.
Da confermare	MER 07-03-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Interpretazione dell'esperimento di Zeilinger: stati quantistici. Il formalismo di Dirac: ket di stato. Principio di sovrapposizione. Probabilita' di una misura. Prodotto scalare tra stati e sua relazione con le probabilita'. Risultati della misura come vettori di base.
Da confermare	GIO 08-03-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Riassunto delle proprieta' degli stati quantistici e della misura: "collasso" della funzione d'onda. Ancora sui vettori di base: esistenza di piu' basi. Prodotto scalare fra due stati come probabilita' della misura. Rigenerazione di uno stato. Relazione di completezza e sue applicazioni. Operatori. Operatori lineari e loro costruzione attraverso l'azione sui vettori di base. Matrice associata ad un operatore.
Da confermare	MAR 13-03-2012	11:30	1	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Svolgimento di esercizi assegnati. La misura come proiezione.
Da confermare	MER 14-03-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Operatore associato ad un osservabile: motivazione dal valor medio dell'osservabile. Definizione dell'operatore associato ad un'osservabile nella base dei suoi autostati. Aggiunto di un operatore. Operatori autoaggiunti. Proprieta' degli operatori autoaggiunti: autivalori reali ed autovettori ortogonali (condizione necessaria e sufficiente). Operatori associati ad osservabili come operatori hermitiani. Operatori di proiezione e misura. "Postulati" della meccanica quantistica.
Da confermare	GIO 15-03-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Cambiamento di base e suo effetto sugli stati. Operatori unitari e loro proprieta'. Effetto del cambiamento di base su un operatore: trasformazione aggiunta. Operatori unitariamente equivalenti: spettro comune. Basi di autovettori e loro caratterizzazione in termini di operatori. Operatori compatibili ed incompatibili. Commutatore di operatori e sue proprieta'. Compatibilita' e commutazione: dimostrazione della condizione necessaria (commutano-> compatibili).
Da confermare	MER 21-03-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Dimostrazione della condizione sufficiente per la compatibilita' (commutano-> compatibili). Caso nondegenere e caso degenerare: diagonalizzazione nel sottospazio. Basi complete di operatori. Indeterminazione: definizione come deviazione standard. Indeterminazione e autostati: indeterminazione nulla in un autostato. Principio di indeterminazione (generalizzato): enunciato e dimostrazione.
Da confermare	GIO 22-03-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Informazione quantistica: l'informazione contenuta in un qubit. Raggi nello spazio di Hilbert. Matrice densita'. Traccia di un operatore e sue proprieta'. Stati puri, stati misti e loro caratterizzazione. Sviluppo della matrice densita' su una base di matrici di Pauli. Caratterizzazione generale di uno stato. No-cloning theorem.
Da confermare	MER 28-03-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Sistemi meccanici quantistici. Lo spazio delle coordinate. Vettori di stato nello spazio delle coordinate. Funzione d'onda. Relazione di completezza: la delta di Dirac. Proprieta' della delta di Dirac. Interpretazione intuitiva della delta di Dirac, sua definizione come funzionale e come limite di gaussiane. Ortonormalizzazione impropria. La delta di Dirac come matrice identita' nel continuo. Operatori funzione dell'operatore posizione.
Da confermare	GIO 29-03-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Le osservabili classiche come quantita' conservate. Il teorema di Noether in meccanica classica. Esempio: le traslazioni e la conservazione dell'impulso. Leggi di conservazione come principio guida per la quantizzazione canonica. Le traslazioni in meccanica quantistica: azione sui vettori di base e sugli stati. Generatore di una trasformazione, costruzione esplicita del generatore delle traslazioni. Unitarieta' dell'evoluzione temporale. Significato di invarianza e di legge di conservazione in meccanica

Da confermare	MER 04-04-2012	10:30	2	A	Dipartimento Lezioni di Fisica	quantistica. Dimostrazione che la simmetria implica commutazione del generatore con l'operatore di evoluzione temporale. Dimostrazione che cio' implica conservazione degli autovalori del generatore. L'operatore impulso come generatore della traslazioni. Dimensionalita' ed universalita' della costante di Planck. Trasformazione dell'operatore posizione sotto traslazioni. Commutatore canonico di posizione ed impulso. Principio di indeterminazione di Heisenberg e sua interpretazione fisica. Elementi di matrice degli operatori posizione ed impulso nella base delle coordinate. Autofunzioni dell'impulso nella base delle coordinate. Normalizzazione degli autostati dell'impulso: risoluzione dell'identita' nella base degli impulsi. La delta di Dirac come trasformata di Fourier.
Da confermare	GIO 12-04-2012	10:30	2	A	Dipartimento Lezioni di Fisica	Elementi di matrice degli operatori canonici nella base degli impulsi. Passaggio dalla base delle posizioni alla base degli impulsi: trasformata di Fourier. L'evoluzione temporale in meccanica quantistica. Il tempo come parametro. Generatore delle traslazioni temporali. Esistenza di un operatore di evoluzione temporale e suo significato dinamico. Unitarieta' e reversibilita' dell'evoluzione temporale. Generatore dell'evoluzione temporale. Invarianza per traslazioni temporali e sue conseguenze: indipendenza dal tempo del generatore dell'evoluzione temporale e conservazione dei suoi autovalori. L'hamiltoniana come quantita' classicamente conservata quando vi e' invarianza per traslazioni temporali. Enunciato del teorema di Noether per trasformazioni di coordinate che coinvolgono il tempo.
Da confermare	MER 18-04-2012	10:30	2	A	Dipartimento Lezioni di Fisica	Dimostrazione del teorema di Noether per trasformazioni dipendenti dal tempo. Hamiltoniana classica ed operatore hamiltoniano: analisi dimensionale e costante h tagliato. Hamiltoniana come generatore dell'evoluzione temporale in meccanica classica ed meccanica quantistica. Derivazione dell'equazione di Schro"dingler dalla evoluzione temporale infinitesima. Varie forme dell'equazione di Schro"dingler per i ket e per l'operatore di evoluzione temporale. Forma esplicita dell'equazione nella base delle coordinate per hamiltoniane somma di un termine cinetico e di un termine potenziale. Soluzioni dell'equazione di Schr"odinger per l'operatore di evoluzione temporale: hamiltoniane indipendenti dal tempo, hamiltoniane dipendenti dal tempo ma commutanti a tempi diversi.
Da confermare	GIO 19-04-2012	10:30	2	A	Dipartimento Lezioni di Fisica	Soluzione dell'equazione di SChro"dingler per l'operatore di evoluzione temporale per hamiltoniane che a tempi diversi non commutano: la serie di Dyson. Azione dell'operatore di evoluzione temporale sugli stati fisici. Caso invariante per traslazioni temporali: diagonalizzazione dell'operatore di evoluzione temporale nella base degli autostati dell'energia. Evoluzione temporale di uno stato dalla sua decomposizione su autostati di energia. Stati stazionari: indipendenza dal tempo del risultato di una misura e del valor medio di qualunque operatore per un sistema che si trova i un autostato dell'energia. La rappresentazione di Heisenberg: dipendenza dal tempo degli operatori. Motivazione: dipendenza dal tempo degli elementi di matrice di un operatore qualunque. Relazione tra la rappresentazione di Heisenberg e la rappresentazione di Schrodinger. Equivalenza delle predizioni per i risultati di una misura nelle due rappresentazioni.
Da confermare	GIO 26-04-2012	10:30	2	A	Dipartimento Lezioni di Fisica	Riassunto della corrispondenza tra rappresentazione di Schro"odinger e di Heisenberg. Leggi del moto per gli operatori in rappresentazione di Heisenberg. Distinzione tra dipendenza parametrica e dipendenza esplicita dal tempo di operatori. Legge del moto alla Hesienberg e leggi di conservazione. Leggi del moto alla Heisenberg per gli operatori posizione ed impulso. Caso particolare di hamiltoniane con potenziale dipendente solo dalle coordinate. Teorema di Ehrenfest e transizione classico-quantistico. Corrispondenza tra equazioni del moto alla Hamilton classiche e ;eggi del moto quantistiche: parentesi di Poisson, parentesi di commutazione, quantizzazione canonica e suo significato.
Da confermare	MER 02-05-2012	10:30	2	A	Dipartimento Lezioni di Fisica	Introduzione ai problemi unidimensionali: evoluzione temporale e ruolo dell'equazione di Schrodinger stazionaria. La particella libera. Autofunzioni di energia ed autofunzioni dell'impulso. Evoluzione temporale degli stati. Relazione di dispersione non

Da confermare	GIO 03-05-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	relativistica. Evoluzione temporale degli operatori canonici per la particella libera in rappresentazione di heisenberg. Evoluzione temporale degli elementi di matrice degli operatori canonici: calcolo in rappresentazione di Schrodinger ed equivalenza con il risultato alla heisenberg. Commutatore degli operatori posizione a tempi diversi: allargamento del pacchetto d'onde. Pacchetti d'onde: significato ed evoluzione temporale. Pacchetti di minima indeterminazione: condizioni necessarie per la minima indeterminazione. Condizione di minima indeterminazione nello spazio delle posizioni e nello spazio degli impulsi. Soluzione dell'equazione differenziale e costruzione del pacchetto gaussiano nello spazio delle posizioni. Calcolo della normalizzazione. Verifica dei valori medi di posizione ed impulso per il pacchetto gaussiano. Calcolo dell'indeterminazione in posizione ed impulso e verifica della condizione di minima indeterminazione. Funzione d'onda del pacchetto nello spazio degli impulsi: trasformata di Fourier e costruzione diretta dell'equazione differenziale. Interpretazione fisica dell'indeterminazione in termini della larghezza del pacchetto gaussiano. Significato qualitativo della larghezza della trasformata di Fourier di un pacchetto d'onde. Evoluzione temporale del pacchetto: rappresentazione di Schrodinger e di heisenberg. Dipendenza temporale degli operatori indeterminazione di posizione ed impulso in rappresentazione di heisenberg.
Da confermare	MER 09-05-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Dipendenza temporale dell'indeterminazione in posizione ed impulso per la particella libera in generale e per il pacchetto gaussiano in particolare. Allargamento del pacchetto d'onde spaziale e suo significato. Significato fisico della dipendenza temporale dell'indeterminazione in posizione e dell'indeterminazione in impulso. Stime quantitative dell'indeterminazione in posizione ed impulso in situazioni tipiche di fisica nucleare o delle particelle. Introduzione ai problemi unidimensionali. Spettro discreto e problemi di stato legato; spettro continuo e problemi d'urto. La buca di potenziale infinita. Annullarsi della funzione d'onda nella regione esterna alla buca e condizioni al contorno. Soluzione del problema agli autovalori all'interno della buca. Spettro di energia.
Da confermare	GIO 10-05-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Lunghezza d'onda delle autofunzioni di energia per la buca infinita. Esistenza dello stato fondamentale e significato dell'esistenza di un'energia minima in termini del principio di indeterminazione. Parita' delle autofunzioni di energia e diagonalizzazione simultanea di energia e parita'. Nondegenerazione dello spettro: dimostrazione generale nel caso unidimensionale. Il gradino di potenziale. La funzione theta di Heaviside ed il suo legame con la delta di Dirac. Condizioni di raccordo. Conteggio delle soluzioni indipendenti. Soluzione con energia maggiore dell'altezza del gradino. Corrente di probabilita' ed equazione di continuita'.
Da confermare	MER 16-05-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Interpretazione della corrente di probabilita'. Calcolo della corrente di probabilita' per un'onda piana e per una sovrapposizione di onde piane. Corrente incidente, trasmessa e riflessa. Coefficienti di trasmissione e riflessione. Soluzione con energia minore dell'altezza del gradino. Penetrazione sotto il gradino. Calcolo delle correnti. Soluzione regressiva nel caso $E > V$ . Limite di gradino di altezza infinita: continuita' della funzione e discontinuita' della derivata.
Da confermare	GIO 17-05-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Il gradino di potenziale. Caso di energia minore dell'altezza del gradino: effetto tunnel. Soluzione generale: determinazione della soluzione con il metodo della matrice di trasferimento. Caso di onda proveniente da sinistra. Calcolo del coefficiente di trasmissione ed interpretazione del risultato. Discussione qualitativa per potenziali leganti simmetrici generali. Stati legati e stati del continuo. Esistenza di stati legati. Punti di inversione. Spettro discreto ed esistenza dello stato fondamentale. Andamenti all'infinito. Forma qualitativa degli stati del continuo.
Da confermare	MER 23-05-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Svolgimento di esercizi assegnati in precedenza: esistenza degli stati legati per la buca asimmetrica; effetto Ramsauer-Townsend (trasmissione totale per gli stati del continuo attraverso una barriera di potenziale). (svolti dal dr. G. Ferrera).
Da confermare	MER 30-05-2012	10:30	2	A	Dipartimento di Fisica	Lezioni	L'oscillatore armonico: importanza di questo sistema. Richiami sul caso classico. Caratteristiche qualitative dello spettro nel caso

Da confermare	GIO 31-05-2012	10:30	2	A	Dipartimento Lezioni di Fisica	<p>quantistico: spettro discreto ed autovalori positivi. Operatori di creazione e distruzione ed espressione di posizione, impulso ed hamiltoniana in termini di essi. Operatore numero. Commutatori degli operatori di creazione e distruzione tra loro e con l'operatore numero. Azione degli operatori di creazione e distruzione sugli autostati dell'operatore numero. Condizione di non-negativita' dello spettro ed esistenza del vuoto: determinazione dello spettro.</p> <p>Normalizzazione degli autostati di energia.</p> <p>Elementi di matrice degli operatori di creazione e distruzione, posizione, impulso e loro quadrati negli autostati di energia. Prodotto delle indeterminazioni di posizione ed impulso negli autostati di energia. Autofunzioni dell'oscillatore armonico nella base delle coordinate: costruzione esplicita dello stato fondamentale e dei primi stati eccitati. Polinomi di Hermite e loro ortonormalita'. Cenni sulla completezza dei polinomi di hermite. Evoluzione temporale alla Schro"dingler ed alla Heisenberg per l'oscillatore armonico. Determinazione della dipendenza dal tempo degli operatori posizione ed impulso alla Heisenberg: dimostrazione della formula di Baker-Campbell-Hausdorff e sua utilizzazione.</p>
Da confermare	MER 06-06-2012	10:30	2	A	Dipartimento Lezioni di Fisica	<p>Evoluzione temporale degli operatori di creazione e distruzione: interpretazione del risultato, consistenza dell'evoluzione alla Schrodinger ed alla heisenberg. Gli stati coerenti: definizione e costruzione. Valori medi di posizione ed impulso in uno stato coerente. IEvoluzione tenporale dello stato coerente: lo stato coerente come stato oscillante. lndeterminazione di posizione ed impulso nello stato coerente: lo stato coerente come stato quasiclassico. Quasi-ortogonalita' degli stati coerenti.</p>
Da confermare	GIO 07-06-2012	10:30	1	A	Dipartimento Lezioni di Fisica	<p>Uso degli stati coerenti per test della meccanica quantistica. L'esperimeto di Zeilinger, l'interferometro di Mach-Zehnder ed il gatto di Schrodinger. Costruzione di un gatto di Schrodinger mediante stati coerenti utilizzando l'effetto Kerr. Interferenza del gatto9 di Schrodinger. Significato della misura come accoppiamento: scomparsa dell'interferenza attraverso l'accoppiamento con un altro stato coerente.</p>