



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: 2022/2023 - **Stato del registro:** APERTO

Corso di Studio: FISICA (Classe L-30)

Insegnamento: Fisica Quantistica (modulo 1)

Forme Didattiche e Ore assegnate:

Lezioni (40.0 ore)

Esercitazioni (24.0 ore)

Riepilogo attività

Forma didattica	Ore registrate
Lezioni	40.0
Esercitazioni	24.0

Dettaglio attività

Data	Ora Inizio	Ore	Modalità	Aula	Sede	Forma didattica	Argomento
28/02/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Introduzione al corso; informazioni generali; introduzione storica, crisi della meccanica classica. Esperimento di Zeilinger (doppia fenditura). Postulati meccanica quantistica. Stati (ket) e probabilità
01/03/2023	08:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Bra come duali dei ket. Prodotto scalare tra stati, sue proprietà. Normalizzazione degli stati. Stati come raggi nello spazio di Hilbert, irrilevanza della fase globale. Differenza tra fase globale e relativa tra stati. Esistenza di molteplici basi ortonormali. Rigenerazione degli stati tramite misure differenti. La rappresentazione dell'identità, sue applicazioni (norma e prodotto scalare). Introduzione agli operatori, loro rappresentazione come matrici e come ket-bra.
03/03/2023	13:30	1.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Azione successiva di operatori come prodotto righe per colonne. Aggiunto di un operatore, definizione e relazione tra gli elementi di matrice tra operatore e aggiunto. Valore medio di una misura. Osservabili come operatori sullo spazio degli stati, deduzione con base ortonormale di autovettori e autovalori reali.
07/03/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Esercitazioni	Svolgimento esercizi 1, 7.e), 5 (parte), 3
08/03/2023	08:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Aggiunto di un prodotto di operatori. Dimostrazione dell'equivalenza tra auto-aggiuntezza e esistenza di base ortonormale di autovettori con autovalori reali. Proiettori e loro proprietà, misure in termini di proiettori. Postulati della meccanica quantistica alla luce del formalismo introdotto
10/03/2023	13:30	1.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Cambi di base; trasformazioni su stati o in alternativa sui vettori di base. Operatori unitari e conservazione del prodotto scalare. Azione aggiunta sugli operatori, operatori unitariamente equivalenti
14/03/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Esercitazioni	Svolgimento esercizi 11, 7a) 12(parte),6, 13, 9 (prima parte). Discussione su effetto di misure successive per osservabili compatibili
15/03/2023	08:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Osservabili compatibili e incompatibili, definizione e esempi. Commutatore, definizione e alcune proprietà. Dimostrazione che due osservabili sono compatibili se e solo se il loro commutatore è nullo. Principio di indeterminazione, enunciato e dimostrazione
17/03/2023	13:30	1.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Esercitazioni	Es 18, proprietà del commutatore (es 14,15)
21/03/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Meccanica di un punto materiale. Operatore posizione, sua definizione. Normalizzazione degli autostati di posizione, delta di Dirac e sue proprietà. Funzione d'onda nel caso di basi con un'infinità continua di elementi. Relazione tra caso discreto e caso continuo. Teorema di Noether, relazione tra simmetrie e invarianze, in particolare impulso come quantità conservata sotto traslazioni. Traslazioni in meccanica quantistica, loro definizione e rappresentazione come esponenziale di una derivata. Definizione del generatore delle traslazioni
22/03/2023	08:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Derivazione dell'operatore impulso nell'ipotesi che l'evoluzione temporale sia indipendente da una traslazione degli stati. Relazione tra impulso e generatore delle traslazioni. Commutatore tra posizione e impulso, principio di indeterminazione di Heisenberg. Dualità tra commutatore e parentesi di Poisson. Hermiticità di posizione e impulso, e loro implicazione sugli stati. Base degli impulsi e base delle posizioni. Elementi di matrice di posizione e impulso nelle due basi e loro relazioni
24/03/2023	13:30	1.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Esercitazioni	Esercizi 19,20 (delta di Dirac), parte Es. 21 (operatore parità)
28/03/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Esercitazioni	Esercizi 21 (completamento), 22 (commutatori), 23 (Dilatazioni e loro generatore)

29/03/2023	08:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Evoluzione temporale in meccanica quantistica. Operatore di evoluzione temporale per intervalli infinitesimi di tempo. Suo generatore e conservazione degli autovalori se c^{\wedge} e invarianza per traslazioni temporali. Teorema di Noether per trasformazioni che coinvolgono il tempo. Relazione tra generatore delle traslazioni temporali e Hamiltoniana. Equazione di Schrodinger, sua forma generale e nella base delle coordinate. Eq. di Schrodinger per l'operatore di evoluzione temporale, soluzione nel caso di Hamiltoniana indipendente dal tempo
31/03/2023	13:30	1.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Operatore di evoluzione temporale con Hamiltoniana dipendente dal tempo, commutanti o non commutanti a tempi diversi
04/04/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Stati stazionari, definizione e loro proprieta`. Indipendenza dal tempo del valore medio di un operatore calcolato in uno stato stazionario. Rappresentazione dell'evoluzione temporale c.d. di Heisenberg. Leggi di evoluzione temporale degli operatori, collegamento con meccanica classica, in particolare per l'evoluzione temporale dei valori medi. Teorema di Ehrenfest
05/04/2023	08:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Esercitazioni	Esercizi 26, 27 (evoluzione temporale), 25 (parte, posizione/impulso)
14/04/2023	13:30	1.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Calcolo della normalizzazione delle autofunzioni dell'impulso
18/04/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	La particella libera. Autostati dell'Hamiltoniana, evoluzione valori medi posizione e impulso in rappresentazione di Heisenberg e Schroedinger. Pacchetti d'onde; pacchetto di minima indeterminazione, condizioni affinche` il principio di indeterminazione sia saturato. E espressione nella base delle coordinate del pacchetto di minima indeterminazione, normalizzazione del pacchetto
19/04/2023	08:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Calcolo di valori medi e indeterminazione di posizione e impulso per il pacchetto Gaussiano. Pacchetto gaussiano nella base degli impulsi, ottenuto imponendo la condizione di minima indeterminazione o come trasformata di Fourier dalla base delle posizioni. Evoluzione temporale in rappresentazione di Heisenberg delle indeterminazioni, allargamento del pacchetto Gaussiano nel tempo nella base delle posizioni
26/04/2023	08:30	1.5	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Riassunto proprieta` del pacchetto gaussiano. Evoluzione temporale del pacchetto Gaussiano in rappresentazione di Schrodinger e confronto con i risultati in rappresentazione di Heisenberg
26/04/2023	10:00	0.5	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Esercitazioni	Esercizio 30
28/04/2023	13:30	1.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Esercitazioni	Esercizio 34, esercizio 31 (brevemente)
02/05/2023	10:30	1.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Esercitazioni	Esercizi 33, 32
02/05/2023	11:30	1.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Il gradino di potenziale. Potenziali discontinui e condizioni di raccordo. Discontinuita` scritte tramite la Theta di Heavyside e sue proprieta`. Non-esistenza di soluzioni con energia negativa. Soluzioni con $E > V_0$, condizioni di raccordo e interpretazione fisica delle costanti di integrazione.
03/05/2023	08:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Equazione di continuita` per la densita` di probabilita`. Corrente di probabilita`; definizione, relazione con il valore medio dell'impulso. Corrente di probabilita` per onde piane. Corrente riflessa e trasmessa per gli stati d'urto del gradino, coefficienti di riflessione. Stati di tunneling, interpretazione fisica. Numero di parametri liberi per le soluzioni dell'eq. di Schrodinger nei casi di stati di scattering, tunneling e buca. Quantizzazione dell'energia nell'ultimo caso.
05/05/2023	13:30	1.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Buca infinita di potenziale, simmetrica rispetto all'origine. Autofunzioni e autovalori di energia. Significato dell'energia >0 per lo stato fondamentale. Apparente violazione del teorema di Ehrenfest e sua soluzione.

09/05/2023	10:30	1.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Conclusione buca infinita (normalizzazione e ortogonalita` degli stati). Discussione qualitativa sulle buche 1-dimensionali: non-degenerazione degli stati e andamento della funzione d'onda per gli stati legati
09/05/2023	11:30	1.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Esercitazioni	Esercizio 35 (potenziale deltiforme)
10/05/2023	08:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Esercitazioni	Esercizi 36-37 (buca infinita di potenziale), 38 (potenziale lineare)
12/05/2023	13:30	1.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Discussione dell'esperimento sugli stati legati di neutroni nel campo gravitazionale terrestre (Nesvizhevsky 2002)
16/05/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Oscillatore armonico. Considerazioni classiche (leggi del moto, conservazione dell'energia, probabilita` classica ti trovare il punto materiale). Caso quantistico, determinazione dello spettro tramite metodo algebrico/operatoriale. Elementi di matrice di posizione e impulso tra autostati diversi, positivita` degli autovalori di energia. Operatori creazione e distruzione, operatore numero. Azione degli operatori di creazione e distruzione sugli stati dell'operatore numero. Esistenza di uno stato fondamentale e normalizzazione degli stati ottenuti con l'azione dell'operatore di creazione.
17/05/2023	08:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Elementi di matrice degli operatore creazione/distruzione tra autostati dell'Hamiltoniana. Derivazione degli elementi di matrice di posizione e impulso e del loro quadrato. Indeterminazione in posizione e impulso degli autostati dell'Hamiltoniana. Evoluzione temporale in rappresentazione di Heisenberg per p , x , e per gli operatori di creazione/distruzione. Ri-derivazione, a partire dall'evoluzione temporale di questi ultimi, dell'evoluzione temporale di x, p . Funzioni d'onda per gli autostati di energia e polinomi di Hermite. Collegamento tra caso quantistico e caso classico.
19/05/2023	13:30	1.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Esercitazioni	Esercizio 40, 39 punto a)
23/05/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Esercitazioni	Completamento es 39; Svolgimento es 41.
30/05/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Basi di informazione quantistica: la matrice densita` per stati puri e stati misti. Valore medio di un operatore. Condizioni sulla matrice densita` di stato puro. Caso a 1 qbit, matrice densita` scritta sulla base delle matrici di Pauli e dell'identita`. Sfera di Bloch (cenni)
31/05/2023	08:30	0.5	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Il teorema di no cloning
31/05/2023	09:00	1.5	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Esercitazioni	Esercizi 42, 43
06/06/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Lezioni	Gli stati coerenti dell'oscillatore armonico. Derivazione della traslazione generalizzata nello spazio posizione-impulso. Stati coerenti come traslazione dello stato fondamentale e autostati dell'op. distruzione. Evoluzione temporale degli stati coerenti. Decomposizione sulla base degli stati stazionari; prodotto scalare di due stati coerenti e loro non ortogonalita`. Stati coerenti come sistema ipercompleto
07/06/2023	08:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Esercitazioni	Approfondimento: quantizzazione del campo elettromagnetico e collegamento con oscillatore armonico e stati coerenti. Esercizio 45, 46 (parte)
09/06/2023	13:30	2.0	sincrona in presenza	B	dipartimento di Fisica	Esercitazioni	Domande degli studenti sugli argomenti e esercizi trattati