



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

PHYS-02/A

DIPARTIMENTO DI FISICA "ALDO PONTREMOLI"

Dati dell'insegnamento

Anno Accademico: 2025/2026 - **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)

Note:

nessuna nota inserita.

Riepilogo attività

Forma didattica	Ore registrate
Lezioni	71.0

Dettaglio attività

Data	Ora Inizio	Ore	Modalità	Aula	Sede	Forma didattica	Argomento
03/03/2026	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Introduzione: la fisica quantistica e il suo significato. Probabilità e realismo locale. Natura delle teorie fisiche e natura della realtà. Organizzazione di lezioni ed esercitazioni. Esame, testi, tutorato. Diffusione classica. Composizione delle probabilità. L'esperimento di Zeilinger.
04/03/2026	08:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Caratteristiche dell'esperimento di Zeilinger: rivelatore e fascio. Risultati. Figure di interferenza: interferenza di onde. Sfasamento e differenza di cammini. Impossibilità di determinare il cammino e sovrapposizione. Scomparsa dell'interferenza in presenza di informazione "which path". Discussione sul significato dell'esperimento: misura quantistica e "collasso" della funzione d'onda. Necessità di una interpretazione probabilistica. Necessità della sovrapposizione per spiegare l'interferenza distruttiva. Riassunto delle proprietà quantistiche fondamentali.
06/03/2026	08:30	1.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Il ket di stato: probabilità, sovrapposizione e misura. L'interpretazione di Copenhagen. Espressione del ket per un sistema di un qubit. Significato dei coefficienti e probabilità delle misure. Normalizzazione. Sovrapposizione di due ket di stato. Possibilità di interferenza costruttiva o distruttiva.
11/03/2026	08:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Spazi di Hilbert. Prodotto scalare: definizione e proprietà. Vettori di base. Significato fisico dell'ortonormalità: misure esclusive ed esaustive. Diverse scelte di base. Prodotto scalare fra stati distinti e suo significato. Rigenerazione dello stato sotto misura. Interferometro di Mach-Zehnder e bomba di Elitzur-Vaidman. La relazione di completezza.
13/03/2026	08:30	1.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Svolgimento dei problemi 1-2: probabilità, sovrapposizione, significato della fase relativa e della fase globale. Stati come quassi di equivalenza nello spazio di Hilbert. Misura come proiezione. Combinazione di probabilità di eventi singoli.
17/03/2026	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Riassunto delle proprietà dello spazio di Hilbert. Operatori lineari. Azione sui vettori di base. Matrice associata all'operatore e azione su uno stato generico. Operatori come prodotto ket-bra. Operatori associati ad osservabili. Definizione di osservabile. Valore medio dell'osservabile e operatore associato all'osservabile. Operatore associato ad osservabile come matrice diagonale. Aggiunto di un operatore.
18/03/2026	08:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Stati dopo la misura di osservabile come autostati dell'operatore associato e risultati della misura come autovalori. Caratterizzazione degli operatori associati ad osservabili. Aggiunto di un operatore. Operatori autoaggiunti e matrice ad essi associata. Dimostrazione che un operatore associato ad una misura è autoaggiunto: dimostrazione nella base dei suoi autostati, e quindi in una base generica. Dimostrazione che un operatore autoaggiunto ha autostati ortogonali e autovalori reali. Caso degenere e ortogonalizzazione di Gram-Schmidt. Distinzione fra operatore associato ad un'osservabile e operatore che realizza il collasso della funzione d'onda.
20/03/2026	08:30	1.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Discussione del problema 3: determinazione di una fase relativa attraverso misure di sovrapposizione. Problema 6: operatore associato ad un'osservabile nella base dei propri autostati. Misura come proiezione Spettro degenere. Problema 7: operatore associato ad un'osservabile in una base generica.

24/03/2026	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Riassunto del significato dell'operatore associato ad un'osservabile. Misura come proiezione. Operatore di proiezione: definizione generale. Necessita' di ricalcolare la normalizzazione dopo la misura. Operatori unitari: definizione generale e cambiamento di base. Costruzione esplicita dell'operatore di cambiamento di base. Calcolo dell'elemento di matrice. Costruzione formale dell'operatore come prodotto ket-bra. Azione alias o alibi dell'operatore di trasformazione. Calcolo dell'elemento di matrice a partire dalla rappresentazione come prodotto ket-bra. Equivalenza degli elementi di matrice nella base di partenza e di arrivo. Operatore aggiunto: verifica esplicita dell'unitarieta'. Operatori unitari come operatori che preservano il prodotto scalare (e quindi la norma). Trasformazione di un operatore generico sotto cambiamenti di base. Rappresentazione aggiunta della trasformazione. Operatori unitariamente equivalenti.
25/03/2026	08:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	I principi della fisica quantistica. Formulazioni equivalenti. Operatori compatibili e incompatibili: basi comuni di autostati. Insieme completo di operatori. Commutazione di operatori: commutatore e anticommutatore. Dimostrazione che condizione necessaria e sufficiente per la compatibilita' e' la commutazione. Caso degenerare: diagonalizzazione nel sottospazio.
27/03/2026	08:30	1.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Svolgimento di problemi assegnati. Problema 7: misura di un operatore per un sistema preparato in un sottospazio degenerare dell'operatore. Forma esplicita degli operatori di proiezione. Problema 8: aggiunto del prodotto di operatori e decomposizione del prodotto di due operatori hermitiani in parte hermitiana e parte antihermitiana. Problema 10: matrice di un operatore hermitiano che scambia due stati e sua misura. Operatore di Hadamard, hermitianita' e unitarieta'.
31/03/2026	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Indeterminazione: deviazione standard dei risultati delle misure in uno stato quantistico. Dimostrazione che l'indeterminazione e' nulla solo in un autostato dell'osservabile che viene misurata (condizione necessaria e sufficiente). La relazione di indeterminazione: suo significato come vincolo su misure di osservabili diverse su copie dello stesso sistema. Dimostrazione. Disuguaglianza di Schwartz. Parte reale e parte immaginaria: commutatore e anticommutatore. La relazione di indeterminazione in spazi di dimensione finita: sua forma banale in autostati di una delle due osservabili. L'informazione in un qubit: numero di parametri indipendenti misurabili che caratterizzano uno stato. Piu' generale misura e piu' generale stato.
01/04/2026	08:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Significato di informazione, differenza fra informazione classica e quantistica. Caratterizzazione di uno stato attraverso la matrice densita'. Definizione della matrice densita' per un sistema in uno stato ben definito. Traccia, Valor medio di un'osservabile in termini di matrice densita'. Indipendenza dalla scelta di base. Stati misti: significato fisico e caratterizzazione mediante la matrice densita'. Miscela statistica e sovrapposizione statistica: un semplice esempio. Caratterizzazione della matrice densita' per stati puri o misti mediante la traccia del quadrato della matrice. Caso di un sistema di un qubit: determinante della matrice densita'.
07/04/2026	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Costruzione del piu' generale operatore hermitiano per un sistema di un qubit. Le matrici di Pauli e le loro proprieta'. Matrici di Pauli come base per le matrici hermitiane 2x2. La piu' generale matrice densita': condizione sulla traccia. Matrice densita' per uno stato puro e condizione sul determinante: il piu' generale vettore che caratterizza uno stato e la sfera di Bloch. Misure necessarie per fissare la matrice densita'. Clonazione quantistica e teorema di no-cloning. La meccanica quantistica: la posizione come osservabile. Autovalori ed autovettori dell'operatore posizione. Caso discreto e limite al continuo. La funzione d'onda. Densita' di probabilita' per le misure di posizione.
08/04/2026	08:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Decomposizione del vettore di stato sui vettori di base autostato della posizione. Risoluzione dell'identita': la delta di Dirac. Proprieta' della delta di Dirac. Distribuzioni come operatori funzionali e come limite di funzioni. Prodotto scalare fra autostati della posizione come funzione d'onda. Condizione di ortonormalizzazione impropria. La delta di Dirac come matrice identita' infinito-dimensionale. Operatori e loro azione sugli stati. Funzioni dell'operatore posizione. Osservabili in fisica come quantita' conservate. Il teorema di Noether: enunciato.
10/04/2026	08:30	1.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Svolgimento di problemi: problemi 11-12: operatori unitari ed hermitiani. Problemi 13-14: operatori compatibili e incompatibili. Problema 20: matrice densita' per uno stato misto e sua unicita'.

15/04/2026	08:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Il teorema di Noether in meccanica classica: trasformazioni che lasciano invariati i tempi. Traslazioni e conservazione dell'impulso in meccanica classica. Traslazioni in meccanica quantistica. Azione sui ket di stato e sui bra di base. Trasformazione della funzione d'onda. Trasformazioni unitarie come esponenziale di un generatore hermitiano. Il generatore delle traslazioni e i suoi elementi di matrice nella base degli autostati della posizione. Invarianza per traslazioni in meccanica quantistica. Relazione di invarianza per trasformazioni infinitesime e commutazione con il generatore della traslazione. Commutazione con il generatore e conservazione dell'autovalore.
17/04/2026	08:30	1.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Svolgimento del problema 20: misure necessarie per determinare completamente una matrice densita'. Problema 19: numero di parametri indipendenti per una matrice densita' per stato puro o misto. Problema 15: relazione di indeterminazione per le matrici di Pauli.
21/04/2026	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	L'operatore posizione: analisi dimensionale: la costante di Planck. Effetto delle traslazioni sull'operatore posizione. Commutatore canonico e quantizzazione canonica. Elementi di matrice degli operatori posizione e impulso nella base delle posizioni. Hermitianita' degli operatori posizione e impulso. Integrazione per parti. Autostati dell'operatore impulso nella base delle posizioni. Le onde piane. Normalizzazione impropria degli autostati dell'impulso. Condizione di normalizzazione e integrale principale di Cauchy. Rappresentazione della delta di Dirac come integrale sulle onde piane.
22/04/2026	08:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Autofunzioni dell'impulso nella base delle coordinate come matrici di passaggio fra la base delle coordinate e la base degli impulsi. Trasformazione del vettore di stato fra le due basi come trasformata di Fourier. Espressione degli operatori posizione e impulso nella base degli impulsi. Evoluzione temporale e traslazioni temporali. Il generatore hermitiano dell'evoluzione temporale. Invarianza per traslazioni temporali. Indipendenza dal tempo del generatore. Commutazione del generatore con l'operatore di evoluzione temporale e conservazioni del suo autovalore.
24/04/2026	08:30	1.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
28/04/2026	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
29/04/2026	08:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
05/05/2026	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
06/05/2026	08:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
08/05/2026	08:30	1.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
12/05/2026	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
13/05/2026	08:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
15/05/2026	08:30	1.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
19/05/2026	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
20/05/2026	08:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	

22/05/2026	08:30	1.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
26/05/2026	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
27/05/2026	08:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
29/05/2026	08:30	1.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
03/06/2026	08:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
05/06/2026	08:30	1.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
09/06/2026	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
10/06/2026	08:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
12/06/2026	08:30	1.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
16/06/2026	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	
17/06/2026	08:30	2.0	sincrona in presenza	Aula B	Dipartimento di Fisica	Lezioni	