

**CORSO DI STUDIO *Physics (LM-17)***
**ANNO ACCADEMICO 2024-2025**
**DENOMINAZIONE DELL'INSEGNAMENTO *Quantum Information***

Principali informazioni sull'insegnamento	
Anno di corso	1°
Periodo di erogazione	2° semestre: Marzo – Maggio 2025
Crediti formativi universitari (CFU/ECTS)	6
SSD	FIS/02
Lingua di erogazione	Inglese
Modalità di frequenza	Raccomandata, non obbligatoria

Docente	
Nome e cognome	Saverio Pascazio
Indirizzo mail	saverio.pascazio@uniba.it
Telefono	080 5443462
Sede	Dipartimento Interateneo di Fisica, Via Amendola 173, 70126 Bari (BA)
Sede virtuale (Codice Microsoft Teams)	
Ricevimento (giorni, orari e modalità)	su richiesta

Organizzazione della didattica			
Ore			
Totali	Didattica frontale	Pratica (laboratorio, campo, esercitazione, altro)	Studio individuale
150	32	30	88
CFU/ECTS			
6	4	2	

<b>Obiettivi formativi</b>	
<b>Prerequisiti</b>	Meccanica Quantistica

Metodi didattici

<b>Risultati di apprendimento previsti</b>	
<b>DD1 Conoscenza e capacità di comprensione</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Comprensione del metodo scientifico, della natura e delle modalità della ricerca in Fisica</li> <li>o Conoscenze relative all'informazione quantistica e alle tecnologie quantistiche</li> <li>o Acquisire pensiero critico, creatività, capacità analitiche</li> <li>o Comprendere i fenomeni fisici concentrandosi sulla loro precisa formulazione</li> <li>o Comprendere il significato della descrizione matematica (la più concisa) del mondo fisico</li> </ul>
<b>DD2 Conoscenza e capacità di comprensione applicate</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Capacità di identificare gli elementi essenziali di un fenomeno</li> <li>o Capacità di utilizzare lo strumento dell'analogia per applicare soluzioni conosciute a problemi nuovi (problem solving)</li> </ul>

<p><b>DD3-5 Competenze trasversali</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Capacità di utilizzo di strumenti di calcolo matematico analitico e numerico</li> <li>o Definire obiettivi, parametri di riferimento, obiettivi di apprendimento e standard</li> <li>o Applicare i potenti metodi della fisica teorica ad altri campi e discipline</li> <li>o Acquisire la capacità di giudicare cosa è corretto</li> <li>o Acquisire consapevolezza di metodi e strumenti di indagine</li> <li>o Stimolare e dirigere l'apprendimento collaborativo e la comprensione individuale</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Autonomia di giudizio</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Capacità di lavorare con crescenti gradi di autonomia, anche assumendo responsabilità nella programmazione di progetti e nella gestione di strutture</li> <li>o Giudicare il valore delle conoscenze e dei metodi acquisiti.</li> <li>o Stabilire criteri e standard di valutazione, sia quantitativi che qualitativi.</li> <li>o Confrontare, contrastare, distinguere, descrivere e infine identificare i fenomeni fisici</li> </ul> </li> <li>● <b>Abilità comunicative</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Competenze nella comunicazione in lingua italiana e in lingua inglese nei settori avanzati della Fisica</li> <li>o Padroneggiare accuratamente la comunicazione, diventare in grado di adottare forme di presentazione diverse e alternative.</li> <li>o Padroneggiare la fisica e la comunicazione della scienza.</li> <li>o Fare esempi che non siano fuorvianti e non ostacolino la comprensione scientifica</li> </ul> </li> <li>● <b>Capacità di apprendere in modo autonomo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Acquisizione di strumenti conoscitivi di base per l'aggiornamento continuo delle conoscenze</li> <li>o Riorganizzare il materiale in sintesi, con significato centrale e punti cruciali.</li> <li>o Tradurre, interpretare, estrapolare e visualizzare le relazioni.</li> <li>o Aggiornare continuamente le conoscenze scientifiche.</li> <li>o Fare le domande giuste</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Contenuti di insegnamento (Programma)</b></p>	<p><b>Stati ed Ensembles.</b> Assiomi della meccanica quantistica, Il Qubit, Spin-1/2, Polarizzazioni fotoniche, L'operatore di densità, Il sistema quantistico bipartito, Sfera di Bloch, Decomposizione di Schmidt, Entanglement, Ambiguità dell'interpretazione dell'insieme, Convessità, Preparazione dell'insieme, Più veloce della luce? Cancellazione quantistica, Il teorema di HJW, Quanto sono distanti due stati quantistici?, Fedeltà e teorema di Uhlmann, Relazioni tra misure di distanza.</p> <p><b>Misure ed evoluzione.</b> Misure ortogonali e oltre, Misure ortogonali, Misure generalizzate, Canali quantistici, Rappresentazione operatore-somma, Reversibilità, Canali quantistici nel quadro di Heisenberg, Operazioni quantistiche, Linearità, Positività completa, Dualità canale-stato e dilatazione di un canale, Canale- dualità di stato, dilatazione di Stinespring, assiomi rivisitati, tre canali quantistici, canale depolarizzante, canale di sfasamento, canale di smorzamento dell'ampiezza, equazioni principali per sistemi quantistici aperti, evoluzione markoviana, il Liouvillian, oscillatore armonico smorzato, rumore non markoviano, rumore di fase gaussiano, Spin echo, Qubit come spettrometri di rumore, modello Spin-bosone a temperatura diversa da zero.</p> <p><b>Entanglement quantistico.</b> Non separabilità delle coppie EPR, informazioni quantistiche nascoste, località di Einstein e variabili nascoste, disuguaglianza di Bell, tre monete quantistiche, entanglement quantistico vs. località di Einstein, altre disuguaglianze di Bell, disuguaglianza CHSH, violazione massimale, le strategie quantistiche superano le strategie classiche, tutti gli stati puri entangled violare le disuguaglianze di Bell, i fotoni, gli esperimenti e le scappatoie, l'uso dell'entanglement, la codifica densa, il teletrasporto quantistico, il teletrasporto quantistico e l'entanglement massimo, il software quantistico, la crittografia quantistica, la distribuzione della chiave quantistica EPR, nessuna clonazione,</p>

	l'entanglement dello stato misto, il criterio di trasposizione parziale positiva per separabilità, non località senza entanglement, entanglement multipartito, tre scatole quantistiche, stati del gatto, comunicazione potenziata dall'entanglement, manipolazione dell'entanglement.
<b>Testi di riferimento</b>	J. Preskill, Lecture Notes in Physics 229: Quantum Information and Computation, Cap. 2-3-4, available online <a href="http://theory.caltech.edu/~preskill/ph219/ph219_2020-21.html">http://theory.caltech.edu/~preskill/ph219/ph219_2020-21.html</a> G. Benenti, G. Casati, D. Rossini and G. Strini, Principles of Quantum Computation and Information: A Comprehensive Textbook (World Scientific, Singapore, 2019)
<b>Note ai testi di riferimento</b>	
<b>Materiali didattici</b>	

<b>Valutazione</b>	
Modalità di verifica dell'apprendimento	Esame orale
Criteri di valutazione	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Conoscenza e capacità di comprensione</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Dimostrare la conoscenza e la comprensione dei contenuti e dei concetti attraverso descrizioni, spiegazioni ed esempi sviluppati e accurati.</li> </ul> </li> <li>● <b>Conoscenza e capacità di comprensione applicate</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Applicare concetti in situazioni praticamente rilevanti</li> </ul> </li> <li>● <b>Autonomia di giudizio</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Identificare e analizzare in modo coerente fonti e dati e identificare in modo coerente punti di vista diversi e le loro implicazioni</li> </ul> </li> <li>● <b>Abilità comunicative</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Organizzare informazioni e idee in modo efficace e comunicare informazioni e idee in modo completamente chiaro</li> <li>o Comunicare informazioni e idee in modo completamente appropriato al pubblico e allo scopo</li> </ul> </li> <li>● <b>Capacità di apprendere</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Sviluppo di strumenti e metodi di valutazione continua efficaci e selezione di strumenti e metodi di valutazione continua adeguati</li> </ul> </li> </ul>
Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale	Conoscenza dei fondamenti e dei principi della fisica quantistica e della teoria dell'informazione. Comprensione di metodi quantistici e applicazioni quantistiche.
<b>Altro</b>	
	.