

**CORSO DI STUDIO** *Physics (LM-17)*

**ANNO ACCADEMICO** 2023-2024

**DENOMINAZIONE DELL'INSEGNAMENTO** *Mathematical Methods of Physics*

Principali informazioni sull'insegnamento	
Anno di corso	1°
Periodo di erogazione	1° semestre: Settembre – Dicembre 2023
Crediti formativi universitari (CFU/ECTS):	6
SSD	FIS/02
Lingua di erogazione	Inglese
Modalità di frequenza	Raccomandata, non obbligatoria

Docente	
Nome e cognome	Prof. Paolo Facchi
Indirizzo mail	paolo.facchi@uniba.it
Telefono	080 544 3222
Sede	Dipartimento Interateneo di Fisica, via Amendola 173, Bari, stanza 182
Sede virtuale	
Ricevimento	Su appuntamento da concordare via email.

Organizzazione della didattica			
Ore			
Totali	Didattica frontale	Pratica (laboratorio, campo, esercitazione, altro)	Studio individuale
150	24	45	81
CFU/ECTS			
6	3	3	

<b>Obiettivi formativi</b>	Il corso si propone di introdurre le metodologie matematiche avanzate della fisica moderna.
<b>Prerequisiti</b>	Analisi reale e complessa, Trasformate di Fourier, Teoria delle distribuzioni, Meccanica Quantistica

<b>Metodi didattici</b>	Lezioni ed esercitazioni in aula
-------------------------	----------------------------------

<b>Risultati di apprendimento previsti</b>  <i>Da indicare per ciascun Descrittore di Dublino (DD)</i>	<p><b>- DD1: conoscenza e capacità di comprensione</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprensione del metodo scientifico, della natura e delle modalità della ricerca in Fisica</li> <li>• Conoscenza dei metodi matematici e probabilistici per la fisica</li> <li>• Conoscenza degli strumenti matematici avanzati di uso corrente nei settori della ricerca di base ed applicata</li> <li>• Conoscenza delle tecniche di calcolo avanzate</li> <li>• Comprensione degli strumenti matematici avanzati usati nella ricerca fisica fondamentale e applicata. Conoscenza delle strutture matematiche moderne dell'analisi funzionale con particolare riferimento alla teoria degli operatori negli spazi di Hilbert, necessari per affrontare problemi più avanzati della Fisica Moderna</li> </ul> <p><b>- DD2: capacità di applicare conoscenza e comprensione</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacità di utilizzare lo strumento dell'analogia per applicare soluzioni conosciute a problemi nuovi (problem solving)</li> </ul>
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacità di progettare e di mettere in atto procedure sperimentali o teoriche per risolvere problemi della ricerca accademica e industriale o per il miglioramento dei risultati esistenti</li> <li>● Capacità di utilizzo di strumenti di calcolo matematico analitico e numerico</li> <li>● Capacità di formalizzazione di modelli matematici. Comprensione più approfondita della struttura delle Teorie Quantistiche e padronanza di tecniche di calcolo analitiche e di approssimazione per affrontare problemi di meccanica quantistica e teoria di campo quantistica</li> </ul> <p>- DD3-5: competenze trasversali</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Autonomia di giudizio</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Capacità di lavorare con crescenti gradi di autonomia, anche assumendo responsabilità nella programmazione di progetti e nella gestione di strutture</li> <li>○ Autonomia nella formulazione di modelli matematici e nella descrizione di fenomeni quantistici. Autonomia nell'affrontare le discipline fisiche con tecniche rigorose</li> </ul> </li> <li>● <b>Abilità comunicative</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Competenze nella comunicazione in lingua italiana e in lingua inglese nei settori avanzati della Fisica</li> <li>○ Acquisizione del linguaggio matematico specifico della fisica moderna e delle teorie quantistiche</li> </ul> </li> <li>● <b>Capacità di apprendere in modo autonomo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Acquisizione di strumenti conoscitivi di base per l'aggiornamento continuo delle conoscenze</li> <li>○ Acquisizione di un metodo di studio adeguato, supportato della consultazione dei testi e dalla risoluzione di esercizi e quesiti proposti periodicamente durante il corso. Abilità nella consultazione e nella rielaborazione di materiale bibliografico e di materiale presente in rete</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Contenuti di insegnamento (Programma)</b></p>	<p><b>Spazi metrici.</b> Definizione. Esempi. Insiemi aperti, insiemi chiusi, intorni. Spazi topologici. Applicazioni continue. Insiemi densi, spazi separabili. Successioni convergenti e di Cauchy. Completezza. Esempi. Completamento di uno spazio metrico.</p> <p><b>Spazi di Banach.</b> Spazi vettoriali. Spazi normati. Completezza e spazi di Banach. Esempi: spazi finito-dimensionali, spazi di successioni, spazi di funzioni. Operatori lineari limitati. Continuità e limitatezza. Teorema dell'estensione lineare limitata. Funzionali lineari continui e spazio duale. Spazio di Banach degli operatori limitati. Esempi.</p> <p><b>Introduzione alla teoria della misura.</b> Integrale di Lebesgue. Sigma algebre e misure di Borel. Funzioni misurabili. Convergenza monotona e dominata. Teorema di Fubini. Esempi: misura assolutamente continua, misura di Dirac, misura di Cantor. Teorema di decomposizione di Lebesgue.</p> <p><b>Spazi di Hilbert.</b> Prodotto scalare. Spazi euclidei e spazi di Hilbert. Ortogonalità, teorema di Pitagora. Disuguaglianza di Bessel e di Cauchy-Schwarz. Disuguaglianza triangolare. Legge del parallelogramma e identità di polarizzazione. Esempi. Somma diretta. Teorema della proiezione ortogonale. Lemma di Riesz-Fréchet. Sistemi ortonormali e coefficienti di Fourier. Basi ortonormali e uguaglianza di Parseval. Metodo di ortogonalizzazione di Gram-Schmidt. Isomorfismo con <math>l^2</math>. Prodotto tensoriale e basi prodotto.</p> <p><b>Operatori lineari negli spazi di Hilbert.</b> <math>C^*</math>-algebra degli operatori limitati. Operatori normali, autoaggiunti, unitari e di proiezione ortogonale. Teorema della categoria di Baire. Principio della limitatezza uniforme di Banach-Steinhaus. Convergenza uniforme, forte e debole. Richiami dei postulati della meccanica</p>

	<p>quantistica. Operatori non limitati. Aggiunto di un operatore. Operatori simmetrici e autoaggiunti. Esempi: operatori di moltiplicazione e di derivazione. Operatori essenzialmente autoaggiunti. Criterio fondamentale di autoaggiunzione e di essenziale autoaggiunzione. Grafico e chiusura di un operatore e del suo inverso. Esempio: energia cinetica nell'intervallo. Autoaggiunzione degli operatori osservabili.</p> <p><b>Proprietà spettrali e dinamica.</b> Risolvente, insieme risolvente e spettro. Esempi: operatore posizione e impulso. Prima formula del risolvente e proprietà analitiche del risolvente. Serie di Neumann. Spettro e criterio di Weyl. Spettro e autovalori dell'inverso. Caratterizzazione dello spettro degli operatori autoaggiunti, unitari e di proiezione ortogonale.</p> <p>Misure a valori di proiezione e risoluzione dell'identità. Integrale sui proiettori delle funzioni limitate. Valore di aspettazione del risolvente. Famiglia spettrale di un operatore autoaggiunto e teorema spettrale. Calcolo funzionale. Proiettori spettrali e caratterizzazione dello spettro. Tipologie spettrali.</p> <p>Dinamica quantistica e gruppi unitari di evoluzione. Conservazione dell'energia. Teorema di Stone. Probabilità di ritorno e di transizione. Lemma di Riemann-Lebesgue e di Wiener. Tipologie spettrali e probabilità di ritorno. Spettro puntuale e orbite quasi periodiche. Teorema RAGE.</p>
<b>Testi di riferimento</b>	<p>- M. Reed, B. Simon, Methods of Modern Mathematical Physics, Vol. 1, Academic Press, New York, 1980</p> <p>- G. Teschl, Mathematical Methods in Quantum Mechanics, American Mathematical Society, Providence, 2009</p>
<b>Note ai testi di riferimento</b>	- Dispense
<b>Materiali didattici</b>	<p>Materiale didattico presente online sul sito del docente</p> <p><a href="http://www.ba.infn.it/~facchi/Sito/Lectures.html">http://www.ba.infn.it/~facchi/Sito/Lectures.html</a></p>

<b>Valutazione</b>	
Modalità di verifica dell'apprendimento	Prova orale con risoluzione contestuale di un problema
Criteri di valutazione	Capacità di utilizzare le tecniche introdotte nel corso per la risoluzione di un problema assegnato. Comprensione e conoscenza adeguata dei concetti e degli argomenti affrontati nel corso.
Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale	Esercizio scritto (50%). Prova orale (50%)
<b>Altro</b>	