



**Università degli Studi della Basilicata**

**DIPARTIMENTO DI MATEMATICA, INFORMATICA ED ECONOMIA**

---

ANNO ACCADEMICO: 2019 / 2020

---

INSEGNAMENTO: Fisica Moderna

---

TIPOLOGIA DI ATTIVITÀ FORMATIVA: Caratterizzante

---

DOCENTE: D. Cocolicchio

---

e-mail:

sito web:

telefono:

cell. di servizio (facoltativo):

---

Lingua di insegnamento: Italiano

---

n. CFU: 6	n. ore: 48	<b>Sede:</b> Potenza DIPARTIMENTO DI MATEMATICA, INFORMATICA ED ECONOMIA Corso di Laurea Triennale in Matematica	Semestre: II
-----------	------------	--	--------------

---

#### OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO

Il corso si occupa dei principali aspetti della Fisica moderna, in particolare, si propone di approfondire gli sviluppi delle teorie relativistiche e quantistiche con numerose applicazioni sia di interesse generale sia legate a temi di ricerca attuali.

---

#### PREREQUISITI

Il corso è concepito per gli studenti di tutti i corsi di laurea e presuppone la propedeuticità degli insegnamenti di Fisica generale.

---

#### CONTENUTI DEL CORSO

##### **Elettrodinamica classica**

Radiazione emessa da una particella carica in moto con velocità costante (luce Cerenkov), accelerazione radiale e tangenziale costante (dipolo oscillante e luce di sincrotrone) ed accelerazione qualunque (radiazione di frenamento o bremsstrahlung). Formulazione relativisticamente covariante delle equazioni di Maxwell. Moto di una particella relativistica in un campo esterno. Il modello classico dell'elettrone. Gli effetti dello spin: rapporto giromagnetico, precessione di Thomas, equazioni del moto di Bargmann Michel Telegdi. Interazioni tra cariche in movimento. La propagazione della radiazione in un mezzo assorbente. Relazioni di dispersione di Kramers Kronig. Onde elettromagnetiche stazionarie in una cavità. Stati coerenti come stati "quasi-classici" del campo di radiazione.

##### **I fondamenti fisici delle Teorie Quantistiche**

Sviluppi della fisica moderna: la genesi della fisica quantistica. Aspetti corpuscolari della radiazione. Lo spettro della radiazione termica di "corpo nero" e gli effetti non classici nelle proprietà statistiche della radiazione elettromagnetica. Leggi di universalità di Kirchhoff, legge di Stefan-Boltzman, leggi di Wien e di Rayleigh-Jeans. Ipotesi e legge di Planck. L'effetto fotoelettrico e l'ipotesi del fotone di Einstein. La diffrazione di Bragg dei raggi X e l'effetto Compton. La regolarità degli spettri atomici. Le serie spettrali di Balmer-Lyman-Pashen. L'esperienza di Franck-Hertz. Modelli atomici di Thomson e di Bohr. Le correzioni relativistiche di Sommerfeld. Lo scattering di Rutherford. Natura ondulatoria dell'elettrone: l'ipotesi di de Broglie. Il principio di indeterminazione. La diffrazione degli elettroni su reticoli cristallini. Le esperienze di Thomson e di Davisson-Germer. Il quanto d'azione: dualità onda-corpuscolo.

---



---

---

### **Formulazione canonica della Meccanica Quantistica**

L'equazione di Schrödinger. Risoluzione con programmi di simulazione al computer. Interpretazione probabilistica di Born. Funzioni d'onda, osservabili e processo di misura. Osservabili. La quantizzazione come problema degli autovalori per operatori nello spazio di Hilbert. Espansione in autofunzioni. Parentesi di commutazione, costanti del moto e proprietà di simmetria. Osservabili non compatibili e regole di indeterminazione di Heisenberg. Teorema di Ehrenfest e principio di corrispondenza fra la meccanica classica e la meccanica quantistica. L'approssimazione semiclassica WKB, correzioni quantistiche e sviluppi perturbativi. Proprietà generali degli stati stazionari dell'operatore Hamiltoniano. Autovalori ed autofunzioni dell'operatore impulso e del momento angolare.

### **Teoria semiclassica dell'interazione radiazione-materia**

Teoria semiclassica dell'emissione e dell'assorbimento. Regole di selezione nell'approssimazione di dipolo. L'equazione di Schrödinger per una particella carica in un campo elettromagnetico. L'ipotesi dello spin. L'equazione di Pauli. Quantizzazione dei momenti magnetici. L'invarianza di gauge e la conservazione della carica elettrica. Aspetti topologici: l'effetto Aharonov-Bohm. L'esperienza di Stern e Gerlach. L'effetto magnetico debole Zeeman normale ed anomalo e quello forte di Paschen-Back. L'effetto Stark elettrico. L'interpretazione semiclassica del Lamb "shift".

### **Fisica atomica**

Il sistema a due corpi: stati legati e processi d'urto. Problemi a simmetria centrale: stati legati per il potenziale Coulombiano. L'atomo di idrogeno. La spettroscopia atomica. Regole di selezione. Accoppiamenti spin-orbita. Struttura (iper)fine dei livelli atomici. Atomi con molti elettroni. Composizione dei momenti angolari. Il principio di esclusione di Pauli. Principi di "aufbau" e sistema periodico degli elementi. La struttura della materia. Legami tra atomi. Orbitali molecolari. Effetti rotazionali e vibrazionali. I solidi. La teoria quantistica delle bande di conduzione nei metalli. Il modello di Kronig-Penney.

### **Fisica nucleare**

Le proprietà dei nuclei. Interazioni tra nucleoni. Il deuterio e la teoria del potenziale nucleare. Il modello di Yukawa. Il modello a strati del nucleo. Reazioni nucleari. La teoria di Gamow-Teller per i decadimenti radioattivi alfa. Teoria di Fermi del decadimento beta. Fissione e fusione.

### **Fisica subnucleare**

Particelle sempre più elementari. I leptoni e le interazioni deboli. Gli adroni, i quark e le interazioni forti. Leggi di invarianza di isospin e di numero barionico. Classificazione delle particelle fondamentali. Il Modello Standard.

### **Astrofisica e cosmologia**

Reazioni nucleari nelle stelle. Spettro della radiazione cosmica e composizione della materia (inter)stellare. Oggetti celesti ed evoluzione stellare. Astronomia dei neutrini. Teoria della gravitazione universale. La relatività generale. Il problema della costante cosmologica. La teoria del Big Bang. Produzione, propagazione e rivelazione delle onde gravitazionali.

---

---

#### **METODI DIDATTICI**

Le lezioni sono integrate da un laboratorio di esperimenti virtuali (eseguiti mediante programmi in MatLab, MATHEMATICA ed applet JAVA) per consentire ulteriormente l'approfondimento degli argomenti presentati durante le lezioni. Il corso si propone di sperimentare le opportunità didattiche offerte da MOODLE.

---

---

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

L'esame consiste in un colloquio sugli argomenti trattati nelle lezioni e nella discussione di una relazione di approfondimento assegnata allo studente.

---



---

---

TESTI DI RIFERIMENTO E DI APPROFONDIMENTO, MATERIALE DIDATTICO ON-LINE

Sebbene il corso sia in gran parte basato sulle dispense del docente, i seguenti manuali sono un valido complemento:

- Paul A. M. Dirac, *I principi della meccanica quantistica* (Boringhieri, 1929)
- E. Merzbacher, *Quantum Mechanics* (3<sup>rd</sup> ed, Wiley, 1997)
- D. J. Griffiths, *Introduction to Quantum Mechanics* (2<sup>nd</sup> Edition, 2004)
- D. J. Griffiths, *Introduzione alla meccanica quantistica (versione italiana)* (CEA, 2006)
- M. Alonso, E. Finn, *Physics – Revised edition* (Addison-Wesley, 1992)
- R. Eisberg, R. Resnick, *Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, Particles* (Wiley, 1985<sup>2Ed</sup>)
- J. J. Sakurai, *Advanced Quantum Mechanics*, (Addison-Wesley)
- J. J. Sakurai, *Meccanica Quantistica moderna* (Zanichelli, 1990)
- R. Shankar, *Principle of Quantum Mechanics*, Plenum Press, New York, 1994
- G. Nardulli, *Meccanica Quantistica I, Principi* (Milano, 2001)
- G. Nardulli, *Meccanica Quantistica II, Applicazioni* (Milano, 2001)
- L. Angelini, *Meccanica Quantistica: problemi scelti* (Springer-Verlag Italia, Milano, 2008)
- F. Selleri, A. Garuccio, *Dispense di Istituzioni di fisica teorica, Dip. Fisica – Univ. di Bari, a.a. 1980/81*
- A. Di Giacomo, G. Paffuti, P. Rossi, *Problemi di fisica teorica* (ETS, Pisa, 1992)
- C. Becchi, *Dispense dei corsi di Fisica moderna del Corso di laurea in Fisica Genova*
- S. Boffi, *Corso di Fisica Moderna, Quaderni di Fisica Teorica Univ. Pavia*
- E. Onofri, C. Destri, *Istituzioni di Fisica Teorica* (Carocci Ed., Roma, 1998<sup>2Ed</sup>)
- P. Caldirola, R. Cirelli, G. M. Prosperi, *Introduzione alla fisica teorica*, UTET, Torino 1982.
- K. Konishi, G. Paffuti, *Quantum Mechanics: A New Introduction* (Oxford University Press, 2009)
- K. Konishi, G. Paffuti, *Meccanica Quantistica: nuova introduzione* (Ed. Plus-Pisa Univ. Press, 2005)
- A. Bettini, *Introduction to elementary particles*, (Cambridge University Press, 2008)
- D. H. Perkins, *Introduction to High Energy Physics*, (Cambridge University Press, 2000<sup>4Ed</sup>)
- M. Gasperini, *Relatività Generale e Teoria della Gravitazione* (2<sup>nd</sup> edition Springer, 2015)
- L. Maiani (a cura di), *La Fisica delle Particelle Elementari, Quaderni di "Le Scienze" n. 103* (Sett. 1998)

---

---

METODI E MODALITÀ DI GESTIONE DEI RAPPORTI CON GLI STUDENTI

Il docente è sempre disponibile a ricevere gli studenti su appuntamento.

---

---

DATE DI ESAME PREVISTE<sup>1</sup>

Mese	Anno	Giorno
Marzo	2020	11
Giugno	2020	17
Luglio	2020	15
Settembre	2020	16
Ottobre	2020	21
Novembre	2020	25
Dicembre	2020	9

---

---

SEMINARI DI ESPERTI ESTERNI    SI     NO

---

---

ALTRE INFORMAZIONI

---

<sup>1</sup> Potrebbero subire variazioni: consultare la pagina web del docente per eventuali aggiornamenti