



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## PHYSICAL FUNDAMENTALS OF NUCLEAR ENGINEERING

**RICCARDO CIOLINI**

Anno accademico 2021/22  
CdS INGEGNERIA NUCLEARE  
Codice 10911  
CFU 6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
PHYSICAL FUNDAMENTALS OF NUCLEAR ENGINEERING	ING-IND/20	LEZIONI	60	RICCARDO CIOLINI

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Il corso ha lo scopo di fornire le conoscenze di base di fisica atomica e di fisica nucleare, necessarie per affrontare i corsi più specifici nell'ambito dell'ingegneria e tecnologia nucleari.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Le conoscenze saranno verificate durante la prova di esame.

#### *Capacità*

Al termine del corso l'allievo deve aver acquisito i fondamentali concetti di relatività, fisica atomica e fisica nucleare che verranno richiamati ed utilizzati in altri insegnamenti della Laurea Magistrale in Ingegneria Nucleare.

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Le capacità saranno verificate durante la prova di esame con domande sugli argomenti indicati.

#### *Comportamenti*

Al termine del corso lo studente dovrà essere in grado di seguire con profitto i corsi specifici del settore nucleare.

#### *Modalità di verifica dei comportamenti*

La verifica della padronanza da parte dello studente delle materie nucleari di base sarà svolta durante la prova di esame.

#### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Conoscenza di base della fisica classica (meccanica, elettromagnetismo, ottica) e dell'analisi matematica.

#### *Indicazioni metodologiche*

Lezioni frontali in lingua inglese con ausilio di slide ed esercitazioni in laboratorio a gruppi o con dimostrazioni per tutti da parte del docente. Il materiale didattico è disponibile sul sito di elearning del Polo di Ingegneria dell'Università di Pisa (<http://elearn.ing.unipi.it>) o chiedendo direttamente al docente.

#### *Programma (contenuti dell'insegnamento)*

L'insegnamento si articola sui seguenti argomenti: relatività ristretta; fisica atomica con elementi di meccanica quantistica e struttura della materia; fisica nucleare, decadimento radioattivo e sorgenti di radiazione; interazioni delle radiazioni con la materia; introduzione alla statistica; semplici esperienze di laboratorio. Gli argomenti del corso sono illustrati in dettaglio di seguito.

Relatività: basi sperimentale della teoria della relatività speciale, esperimento di Michelson-Morley, postulati della teoria della relatività speciale. Relatività della simultaneità e sincronizzazione degli orologi. Trasformazioni di Lorentz e loro conseguenze. Velocità relativistiche e trasformazioni dell'accelerazione. Dinamica relativistica ed equivalenza tra massa ed energia. Trasformazioni di Lorentz del momento angolare, dell'energia, della massa e della forza.

Fisica atomica: struttura atomica della materia, leggi dei gas perfetti e leggi fondamentali della chimica. Teoria cinetica dei gas, moto browniano, distribuzione di Maxwell-Boltzmann. Radiazione di corpo nero e ipotesi del fotone. Effetto fotoelettrico ed effetto Compton. Carica e massa dell'elettrone. Modelli atomici di Thomson e Rutherford, teoria di Bohr dell'idrogeno e degli atomi idrogenoidi. Dualità onda-particella e principio



## UNIVERSITÀ DI PISA

di indeterminazione di Heisenberg. Equazione di Schrödinger e sua applicazione all'atomo di idrogeno, numeri quantici, principio di esclusione di Pauli. Principio di sovrapposizione in meccanica quantistica.

Fisica nucleare: definizione di specie nucleare, carta dei nuclidi, isotopia e separazione isotopica. Legge del decadimento radioattivo e catene naturali di decadimento radioattivo. Proprietà dei nuclei atomici, modelli nucleari, formula di Weizsäcker, livelli energetici del nucleo.

Decadimento alfa, beta e gamma. Reazioni nucleari e radioattività artificiale. Fissione nucleare, interazioni dei neutroni con la materia, sorgenti di neutroni e sezioni d'urto neutroniche. Interazione delle radiazioni elettromagnetiche e delle particelle cariche con la materia. Breve descrizione degli impianti nucleari a fissione. Introduzione alla statistica.

Laboratorio: vari tipi di radiazioni ionizzanti, esempi di radioattività naturale, natura probabilistica del decadimento radioattivo. Misurazione della radioattività con un rivelatore Geiger e con un rivelatore a scintillazione, statistica di conteggio. Attivazione neutronica di indio e oro.

### Bibliografia e materiale didattico

Oltre alle slide fornite dal docente, alcuni testi sui quali approfondire gli argomenti del corso sono i seguenti:

- P. A. Tipler, R. A. Llewellyn, *Modern Physics*, W. H. Freeman and Company, New York, 2008.  
P. A. Tipler, G. Mosca, *Corso di Fisica, Vol. 3, Fisica Moderna*, Zanichelli, Bologna, 2009).  
J. I. Pfeffer, S. Nir, *Modern Physics: An Introductory Text*, Imperial College Press, London, 2000.  
M. L. Burns, *Modern Physics for Science and Engineering*, Physics Curriculum & Instruction, Lakeville, E-book, 2020.  
R. Gautreau, W. Savin, *Modern Physics*, Schaum's Outline Series, McGraw-Hill, New York, 1999.  
I. K. Shultis, R. E. Faw, *Fundamentals of Nuclear Science and Engineering*, CRC Press, Boca Raton, 2008.  
E. F. Taylor, J. A. Wheeler, *Spacetime Physics: Introduction to Special Relativity*, W. H. Freeman and Company, New York, 1992.  
D. J. Morin, *Special Relativity: For the Enthusiastic Beginner*, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017.  
V. Barone, *Relatività. Principi e applicazioni*, Bollati Boringhieri, Torino, 2004.  
R. Resnick, *Introduzione alla relatività ristretta*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 1979.  
W. Pauli, *Teoria della relatività*, Bollati Boringhieri, Torino, 2008.  
M. Born, *Fisica atomica*, Bollati Boringhieri, Torino, 1976.  
H. Haken, H. C. Wolf, *Fisica atomica e quantistica: introduzione ai fondamenti sperimentali e teorici*, Bollati Boringhieri, Torino, 1990.  
J. S. Lilley, *Nuclear Physics: Principles and Applications*, John Wiley & Sons, Hoboken, 2001.  
K. S. Krane, *Introductory Nuclear Physics*, John Wiley & Sons, Hoboken, 1988.  
W. E. Meyerhof, *Elements of Nuclear Physics*, Mc-Graw Hill, Singapore, 1989.  
J. R. Taylor, *Introduzione all'analisi degli errori: lo studio delle incertezze nelle misure fisiche*, Zanichelli, Bologna, 2000.

### Indicazioni per non frequentanti

Non sussistono variazioni per studenti non frequentanti in merito a programma, materiale didattico, modalità d'esame e bibliografia.

### Modalità d'esame

L'esame orale consiste in un colloquio durante il quale lo studente è invitato a discutere uno o più argomenti trattati a lezione o nell'ambito delle esercitazioni di laboratorio, con la possibilità di risoluzione di semplici esercizi. L'esame può essere in italiano o in inglese, a scelta dello studente. L'esame viene svolto nelle date stabilite da calendario ed ha una durata di circa 1 ora.

Ultimo aggiornamento 16/07/2021 23:00