

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Interazione Radiazione Materia

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	FISICA (LM-17)
Codice	8068986	Canale	Unico
CFU	6	Lingua	Italiano

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Triestino Minniti

CODOCENTE

Modulo:

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	OBIETTIVI FORMATIVI: L'insegnamento si propone di fornire allo/alla studente/studentessa una preparazione avanzata e quantitativa sui meccanismi di interazione delle radiazioni (ionizzanti e non ionizzanti) con la materia, con particolare riferimento ai tessuti biologici. Attraverso lo studio formale delle sezioni d'urto, del potere frenante e dei modelli di trasporto, l'insegnamento fornisce le basi concettuali e operative della dosimetria e della radioprotezione, approfondisce il funzionamento dei moderni rivelatori di particelle e introduce all'uso professionale dei metodi di simulazione Monte Carlo. I contenuti e le metodologie trattati forniscono un solido bagaglio culturale propedeutico e fortemente consigliato per chi intenda proseguire gli studi verso la Scuola di Specializzazione in Fisica Medica o Master di II livello nell'ambito della Radioprotezione. CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE: Lo/la studente dovrà ottenere una approfondita comprensione teorica e fenomenologica dei processi di interazione radiazione-materia, dei principi fisici alla base del rilevamento delle radiazioni e dei meccanismi di interazione laser-tessuto. Dovrà inoltre padroneggiare i concetti e le grandezze dosimetriche di base (dose assorbita, kerma, esposizione) e operative (dose equivalente ed efficace), nonché comprendere l'architettura logica e statistica di una simulazione Monte Carlo applicata al trasporto di particelle. CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPRENSIONE: Lo/la studente dovrà essere in grado di calcolare e valutare parametri dosimetrici fondamentali e di selezionare il rivelatore più idoneo per specifiche misure di radiazione. Sarà inoltre in grado di configurare e implementare una simulazione Monte Carlo (es.
-----------------	---

	FLUKA/Geant4 o simili) per modellizzare, riprodurre e analizzare quantitativamente sia le grandezze dosimetriche che gli esperimenti tipici di un laboratorio di biofisica e fisica medica. AUTONOMIA DI GIUDIZIO: Lo/la studente dovrà essere in grado di valutare criticamente i limiti operativi, i tempi morti e le risoluzioni dei sistemi di rivelazione in contesti di misura o dosimetrici. Dovrà inoltre saper validare i risultati di un modello computazionale o di una simulazione Monte Carlo, riconoscendone l'accuratezza e le incertezze statistiche intrinseche rispetto ai dati sperimentali e normativi. ABILITÀ COMUNICATIVE: Lo/la studente dovrà essere in grado di esporre in modo chiaro, rigoroso e con il corretto formalismo matematico e fisico i fenomeni di trasporto delle particelle, le problematiche dosimetriche e i meccanismi di danno biologico. Sarà inoltre capace di presentare i risultati di un'attività di simulazione o di laboratorio, relazionando in modo interdisciplinare tra aspetti fisici, clinico-sanitari e ingegneristici. CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO: Lo/la studente dovrà aver acquisito l'autonomia metodologica e lo spirito critico necessari per approfondire in autonomia la letteratura scientifica nel campo della fisica medica. L'insegnamento mira a sviluppare capacità di apprendimento idonee ad affrontare con successo percorsi di formazione post-laurea specialistica e avanzata, quali la Scuola di Specializzazione in Fisica Medica o Master di II livello focalizzati sulla gestione degli Agenti Fisici e sulla Radioprotezione.
English	LEARNING OUTCOMES: The course aims to provide students with an advanced and quantitative background in the interaction mechanisms of radiation (both ionizing and non-ionizing) with matter, with particular reference to biological tissues. Through the formal study of cross-sections, stopping power, and transport models, the course provides the conceptual and operational foundations of dosimetry and radiation protection, delves into the principles of modern particle detectors, and introduces the professional use of Monte Carlo simulation methods. The contents and methodologies covered provide a solid and highly recommended cultural and educational background for students intending to pursue further studies toward the Postgraduate School in Medical Physics (Scuola di Specializzazione in Fisica Medica) or a Second-Level Master's Degree in Radiation Protection. KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: Students will acquire a thorough theoretical and phenomenological understanding of radiation-matter interaction processes, the physical principles underlying radiation detection, and the mechanisms of laser-tissue interaction. Furthermore, they will master basic dosimetric concepts and quantities (absorbed dose, kerma, exposure) as well as operational

	ones (equivalent and effective dose) and understand the logical and statistical architecture of a Monte Carlo simulation applied to particle transport. <i>APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING</i> Students will be able to calculate and evaluate fundamental dosimetric parameters and select the most suitable detector for specific radiation measurements. Furthermore, they will be able to configure and implement a Monte Carlo simulation (e.g., FLUKA/Geant4 or similar) to model, reproduce, and quantitatively analyse both dosimetric quantities and experiments typical of a biophysics and medical physics laboratory. <i>MAKING JUDGEMENTS:</i> Students will be able to critically evaluate the operational limitations, dead times, and resolutions of detection systems within measurement or dosimetric contexts. Furthermore, they will know how to validate the results of a computational model or a Monte Carlo simulation, recognizing their accuracy and intrinsic statistical uncertainties with respect to experimental and regulatory data. <i>COMMUNICATION SKILLS:</i> Students will be able to clearly, rigorously, and with the correct mathematical and physical formalism explain particle transport phenomena, dosimetric issues, and biological damage mechanisms. Furthermore, they will be capable of presenting the results of a simulation or laboratory activity, linking physical, clinical-healthcare, and engineering aspects in an interdisciplinary manner. <i>LEARNING SKILLS:</i> Students will acquire the methodological autonomy and critical thinking necessary to independently delve into scientific literature in the field of medical physics. The course aims to develop learning skills suitable for successfully undertaking advanced postgraduate training, such as the Postgraduate School in Medical Physics (Scuola di Specializzazione in Fisica Medica) or Second-Level Master's Degrees focused on the management of Physical Agents and Radiation Protection.
--	---

PREREQUISITI

Italiano	L'insegnamento fa riferimento a nozioni fondamentali di Elettromagnetismo Classico (e.g., equazioni di Maxwell, propagazione di onde elettromagnetiche, interazione di campi con cariche elettriche), nozioni di Fisica Moderna e Meccanica Quantistica e nozioni di Ottica Geometrica e Ondulatoria (e.g., riflessione, rifrazione e scattering della luce). Sono inoltre richieste competenze di Calcolo Infinitesimale, elementi di Probabilità e Statistica (e.g., distribuzioni di Gauss e di Poisson) e competenze informatiche di base e di linguaggi di programmazione.
----------	--

English	The course builds upon fundamental concepts of Classical Electromagnetism (e.g., Maxwell's equations, electromagnetic wave propagation, interaction of fields with electric charges), concepts of Modern Physics and Quantum Mechanics, and concepts of Geometric and Wave Optics (e.g., light reflection, refraction, and scattering). Additionally, proficiency in Calculus, elements of Probability and Statistics (e.g., Gaussian and Poisson distributions), and basic computing and programming language skills are required.
---------	---

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	Parte 1 – Sorgenti di radiazione (1 CFU, 8 ore, 4 lezioni) Sorgenti di radiazioni, le radiazioni ionizzanti (definizione e classificazione), radioattività naturale e legge di decadimento radioattivo, sorgenti di elettroni veloci (decadimento beta, conversione interna, elettroni Auger, cenni su acceleratori di elettroni), sorgenti di particelle cariche (decadimento alfa, fissione spontanea, cenni su acceleratori di adroni), sorgenti di radiazione elettromagnetica (raggi gamma a seguito di decadimento beta, radiazione di annichilazione, raggi gamma a seguito di reazioni nucleari, bremsstrahlung, raggi-X caratteristici, eccitazione da decadimento radioattivo e da radiazione esterna, radiazione di sincrotrone), cenni di sorgenti di neutroni (fissione spontanea, sorgenti radioisotopiche (α, n), sorgenti fotonucleari, reazioni indotte da particelle cariche accelerate, spallazione). Parte 2 – Interazioni tra particelle e materia (3 CFU, 24 ore, 12 lezioni) <i>2a – Radiazione ionizzante (2 CFU, 16 ore, 8 lezioni)</i> La sezione d'urto, coefficiente di assorbimento, lunghezza di attenuazione, sezione d'urto differenziale, interazioni delle particelle cariche pesanti con la materia, assorbimento delle particelle cariche pesanti e suo range, potere frenante, potere frenante ristretto e LET, la curva di Bragg, fluttuazioni della perdita di energia, tempo di frenamento, leggi di scala, radiazione Čerenkov, diffusione coulombiana multipla ed irraggiamento, interazione degli elettroni veloci con la materia, assorbimento di elettroni veloci e suo range, potere frenante per gli elettroni veloci, interazioni dei fotoni con la materia, effetto fotoelettrico, scattering Compton, produzione di coppie, sciame elettrofotonico, scattering Rayleigh, fattore di build-up, cenni sull'interazione dei neutroni con la materia, interazioni dei neutroni termici, interazioni dei neutroni veloci e di energia intermedia, coefficiente di attenuazione e sezione d'urto neutronica. Le grandezze dosimetriche di base: la dose assorbita, il kerma e l'esposizione. Dose equivalente e dose efficace, grandezze dosimetriche operative. <i>2b – Radiazione non ionizzante: interazione della luce con la materia biologica (1 CFU, 8 ore, 4 lezioni)</i> Proprietà ottiche dei tessuti biologici. Interazione della luce con i tessuti: riflessione e rifrazione, assorbimento, scattering, mezzi torbidi. Cenni di teoria del trasporto fotonico. I meccanismi fondamentali di interazione laser-tessuto: interazione fotochimica (terapia fotodinamica, fotobiomodulazione), interazione fototermica (generazione e trasporto del calore, effetti termici sui tessuti, termoterapia interstiziale laser-indotta), fotoablazione (modello fisico, citotossicità UV), ablazione plasma-indotta, fotodisruption (formazione di
----------	---

	plasma, onde d'urto, cavitazione). Panoramica delle principali applicazioni mediche dei laser: oftalmologia, dermatologia, chirurgia. Parte 3 – Rivelatori di particelle (1 CFU, 8 ore, 4 lezioni) Proprietà generali dei rivelatori di radiazione, modello semplificato di rivelatore, modalità di funzionamento dei rivelatori, spettri in altezza d'impulso, curve di conteggio e plateau, risoluzione energetica, efficienza di rivelazione, tempo morto. Camere a ionizzazione, processo di ionizzazione nei gas, migrazione e raccolta della carica, progettazione e funzionamento delle camere a ionizzazione in corrente continua, misura della dose di radiazione con camere a ionizzazione, applicazioni delle camere a ionizzazione in corrente continua, funzionamento in modalità a impulsi. Contatori proporzionali, fattori di moltiplicazione del segnale nel gas, caratteristiche di progetto dei contatori proporzionali, prestazioni dei contatori proporzionali, efficienza di rivelazione e curve di conteggio, varianti del progetto dei contatori proporzionali. Parte 4 – Simulazione del passaggio di particelle attraverso la materia (1 CFU, 8 ore, 4 lezioni) Fondamenti del metodo Monte Carlo e panoramica dei principali strumenti di simulazione e delle loro applicazioni, architettura di una simulazione: definizione della geometria, modelli fisici, generazione degli eventi, registrazione dei dati, analisi dei risultati. Esercitazioni pratiche con simulazioni Montecarlo (es. FLUKA/Geant4 o simili) di esperimenti eseguiti nel Laboratorio di Biofisica e Fisica Medica.
English	Part 1 – Radiation Sources (1 credit, 8 hours, 4 lectures) Radiation sources and ionizing radiation: definition and classification. Natural radioactivity and the radioactive decay law. Sources of fast electrons: beta decay, internal conversion, Auger electrons, overview of electron accelerators. Sources of charged particles: alpha decay, spontaneous fission, overview of hadron accelerators. Sources of electromagnetic radiation: gamma rays following beta decay, annihilation radiation, gamma rays from nuclear reactions, bremsstrahlung, characteristic X-rays, excitation from radioactive decay and external radiation, synchrotron radiation. Overview of neutron sources: spontaneous fission, radioisotopic sources (α, n), photonuclear sources, reactions induced by accelerated charged particles, spallation. Part 2 – Interactions between Particles and Matter (3 credit, 24 hours, 12 lectures) <i>2a – Ionizing Radiation (2 credits, 16 hours, 8 lectures)</i> Cross section, absorption coefficient, attenuation length, differential cross section. Interactions of heavy charged particles with matter: energy loss, range, stopping power, restricted stopping power and LET, the Bragg curve, energy-loss fluctuations, slowing-down time, scaling laws, Čerenkov radiation, multiple Coulomb scattering and bremsstrahlung. Interactions of fast electrons with matter: range, stopping power for electrons. Interactions of photons with matter: photoelectric effect, Compton scattering, pair production, electromagnetic showers, Rayleigh scattering, build-up factor. Overview of neutron



	interactions with matter: thermal neutron interactions, fast and intermediate-energy neutron interactions, attenuation coefficient and neutron cross section. Basic dosimetry quantities: absorbed dose, kerma and exposure. Equivalent dose and effective dose; operational dosimetry quantities. <i>2b – Non-Ionizing Radiation: Light–Biological Tissue Interactions (1 credit, 8 hours, 4 lectures)</i> Optical properties of biological tissues. Interaction of light with tissues: reflection and refraction, absorption, scattering, turbid media. Overview of photon transport theory. Fundamental mechanisms of laser–tissue interaction: photochemical interaction (photodynamic therapy, photobiomodulation); photothermal interaction (heat generation and transport, thermal effects on tissue, laser-induced interstitial thermotherapy – LITT); photoablation (physical model, UV cytotoxicity); plasma-induced ablation; photodisruption (plasma formation, shock wave generation, cavitation). Overview of medical laser applications: ophthalmology, dermatology, surgery. Part 3 – Particle Detectors (1 credit, 8 hours, 4 lectures) General properties of radiation detectors: simplified detector model, operating modes, pulse-height spectra, counting curves and plateau, energy resolution, detection efficiency, dead time. Ionization chambers: ionization processes in gases, charge migration and collection, design and operation of DC ionization chambers, radiation dose measurement, applications, pulse-mode operation. Proportional counters: gas multiplication factors, design characteristics, performance, detection efficiency and counting curves, design variants. Part 4 – Monte Carlo Simulation of Particle Transport (1 credit, 8 hours, 4 lectures) Fundamentals of the Monte Carlo method and an overview of the main simulation tools and their applications, simulation architecture: geometry definition, physics models, event generation, data scoring, results analysis. Practical exercises with Monte Carlo simulations (e.g., FLUKA/Geant4 or similar) of experiments performed in the Biophysics and Medical Physics Laboratory.
--	---

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	Glenn F. Knoll - <i>Radiation Detection and Measurement</i>, ISBN: 9780470131480, WILEY-VCH Verlag GmbH. Pedro Andreo, David T. Burns, Alan E. Nahum, Jan Seuntjens, Frank Herbert Attix - <i>Fundamentals of Ionizing Radiation Dosimetry</i>, ISBN: 978-3-527-80824-3, WILEY-VCH Verlag GmbH. F. H. Attix, <i>Introduction to radiological Physics and Dosimetry</i>, ISBN:9780471011460, WILEY-VCH Verlag GmbH.
English	Glenn F. Knoll - <i>Radiation Detection and Measurement</i>, ISBN: 9780470131480, WILEY-VCH Verlag GmbH.

	Pedro Andreo, David T. Burns, Alan E. Nahum, Jan Seuntjens, Frank Herbert Attix - <i>Fundamentals of Ionizing Radiation Dosimetry</i>, ISBN: 978-3-527-80824-3, WILEY-VCH Verlag GmbH. F. H. Attix, <i>Introduction to radiological Physics and Dosimetry</i>, ISBN:9780471011460, WILEY-VCH Verlag GmbH.
--	---

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza ☐ A distanza

Italiano	Le lezioni sono svolte principalmente alla lavagna e con proiettore. Il corso prevede esercitazioni pratiche al computer incentrate su simulazioni Monte Carlo (tramite codici quali FLUKA, Geant4 o simili) per riprodurre ed analizzare gli esperimenti eseguiti nel Laboratorio di Biofisica e Fisica Medica o comunque di rilevanza in Fisica Medica.
English	Lectures are delivered primarily using the blackboard and a projector. The course includes practical computer lab sessions focused on Monte Carlo simulations (using codes such as FLUKA, Geant4, or similar) to reproduce and analyse experiments performed in the Biophysics and Medical Physics Laboratory or otherwise relevant to Medical Physics.

MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

Italiano	La frequenza è facoltativa, ma fortemente consigliata.
English	<i>Attendance is optional but strongly recommended.</i>

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

☐ Prova scritta ☒ Prova orale ☐ Prova di laboratorio ☐ Prova pratica
☐ Valutazione in itinere ☐ Valutazione di progetto ☐ Valutazione di tirocinio

COMPOSIZIONE DELLA COMMISSIONE VALUTATRICE

Triestino Minniti, Matteo Sorbara

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	La prova di esame consiste in una presentazione di un argomento a scelta, seguita da alcune domande sugli altri argomenti trattati nel corso. La prova di esame sarà valutata secondo i seguenti criteri:
----------	---



	Non idoneo: importanti carenze e/o inaccuratezza nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni. 18-20: conoscenza e comprensione degli argomenti appena sufficiente con possibili imperfezioni; capacità di analisi, sintesi e autonomia di giudizio sufficienti. 21-23: Conoscenza e comprensione degli argomenti routinaria; Capacità di analisi e sintesi corrette con argomentazione logica coerente. 24-26: Discreta conoscenza e comprensione degli argomenti; buone capacità di analisi e sintesi con argomentazioni espresse in modo rigoroso. 27-29: Conoscenza e comprensione degli argomenti completa; notevoli capacità di analisi, sintesi. Buona autonomia di giudizio. 30-30L: Ottimo livello di conoscenza e comprensione degli argomenti. Notevoli capacità di analisi e di sintesi e di autonomia di giudizio. Argomentazioni espresse in modo originale.
English	<i>The examination will be evaluated according to the following criteria:</i> <i>Ineligible: major deficiencies and/or inaccuracy in knowledge and understanding of topics; limited analytical and synthesis skills, frequent generalizations.</i> <i>18-20: knowledge and understanding of topics only sufficient with possible imperfections; analytical skills, synthesis and judgment autonomy just sufficient.</i> <i>21-23: knowledge and understanding of topics at a basic level; Correct analysis and synthesis skills with consistent logical reasoning.</i> <i>24-26: Fair knowledge and understanding of the topics; good analytical and synthesis skills with rigorous arguments.</i> <i>27-29: Complete knowledge and understanding of the topics; remarkable ability of analysis, synthesis. Good autonomy of judgment.</i> <i>30-30L: Excellent level of knowledge and understanding of topics. Remarkable ability of analysis and synthesis and autonomy of judgment. Arguments expressed in an original way</i>