



## UNIVERSITÀ DI PISA RADIOPROTEZIONE

---

### RICCARDO CIOLINI

|                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| Anno accademico | 2021/22             |
| CdS             | INGEGNERIA NUCLEARE |
| Codice          | 731ZZ               |
| CFU             | 6                   |

|                 |            |         |     |                  |
|-----------------|------------|---------|-----|------------------|
| Moduli          | Settore/i  | Tipo    | Ore | Docente/i        |
| RADIOPROTEZIONE | ING-IND/20 | LEZIONI | 60  | RICCARDO CIOLINI |

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Il corso riguarda i principi e gli obiettivi fondamentali della radioprotezione, le grandezze dosimetriche utilizzate per stimare il rischio radiologico per gli esseri umani, gli effetti biologici delle radiazioni ionizzanti, i calcoli di base delle schermature e le altre misure di protezione radiologica negli ambienti lavorativi, la descrizione e l'utilizzo corretto della strumentazione radioprotezionistica, gli aspetti normativi ed i requisiti amministrativi dei programmi radioprotezionistici applicati agli ambienti di lavoro industriali e alle attività mediche.

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Le conoscenze saranno verificate durante la prova d'esame.

##### *Capacità*

Al termine del corso l'allievo dovrà essere in grado di:

- riconoscere le varie sorgenti di radiazioni, le modalità di esposizione ed i rischi connessi;
- avere familiarità con la strumentazione usata in radioprotezione;
- comprendere gli aspetti fondamentali delle esposizioni alle radiazioni, delle tecniche radioprotezionistiche e di schermatura;
- eseguire misure e calcoli di dosimetria sia per esposizioni esterne che interne alle radiazioni ionizzanti e valutare i rischi associati;
- conoscere gli standard, le linee guida e le raccomandazioni della radioprotezione.

##### *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 applicare i principi di radioprotezione ai vari settori industriali, consapevole dell'affidabilità dei dosimetri e delle tecniche di misura per la sorveglianza fisica della radioprotezione.

##### *Modalità di verifica dei comportamenti*

La verifica della padronanza da parte dello studente degli argomenti di radioprotezione sarà svolta durante la prova di esame.

##### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Gli studenti devono conoscere i fondamenti della fisica atomica e nucleare, delle interazioni delle radiazioni con la materia e i principi dell'ingegneria nucleare.

##### *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)*

- Richiami di fisica atomica e nucleare, interazioni delle radiazioni con la materia.
- Grandezze per la radioprotezione e la dosimetria: grandezze di campo, dosimetriche e operative.
- Rivelatori e misure dosimetriche: proprietà generali di rivelatori di radiazioni e dei dosimetri, camere a ionizzazione, calorimetri, dosimetri



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

chimici, film badge, emulsioni nucleari, rivelatori termoluminescenti, rivelatori a tracce nucleari, dosimetria per neutroni.

- Schermatura delle radiazioni.
- Contaminazione e dosimetria interna: introduzione di radionuclidi nel corpo umano, semplici modelli metabolici semplici, modello a compartimenti dell'organismo umano, calcolo della dose in seguito ad esposizione interna.
- Radiobiologia ed effetti biologici delle radiazioni ionizzanti: meccanismo di danno, studi di sopravvivenza cellulare, fattori che influenzano la radiosensibilità cellulare, trasferimento lineare di energia ed efficacia biologica relativa, frazionamento della dose, azione diretta e indiretta, effetto dell'ossigeno, effetti del ciclo cellulare, legge di Bergonie e Tribondeau.
- Effetti deterministici e stocastici delle radiazioni: modelli dose-risposta, approccio lineare senza soglia, principi fondamentali della radioprotezione, epidemiologia e fattori di rischio.
- Legislazione e regolamentazione della radioprotezione: condizioni di applicazione per i materiali radioattivi naturali e artificiali e le macchine radiogene, NORM, importazione, produzione, commercio e trasporto di materiali radioattivi, comunicazione e procedura di autorizzazione all'uso di sorgenti di radiazioni. Standard internazionali di sicurezza dell'AIEA, Direttiva 59/2013 dell'Unione Europea, impostazione di base dell'ICRP.
- Il gas radon e la sua dosimetria.
- Sorveglianza fisica e medica della radioprotezione, obblighi del datore di lavoro e dei lavoratori, classificazione delle aree e dei lavoratori, limiti di dose, documentazione di radioprotezione, esperto di radioprotezione.
- Legislazione italiana per la costruzione di impianti nucleari e per il loro decommissioning.
- Raggi cosmici.
- Sistemi di controllo della radioprotezione: gestione dei rifiuti radioattivi, emergenze, trasporto di materiali radioattivi, cenni alla radioprotezione in medicina.

### Bibliografia e materiale didattico

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

- J. E. Martin, *Physics for Radiation Protection*, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2013.  
J. Shapiro, *Radiation protection: a guide for scientists, regulators, and physicians*, Harvard University Press, 2002.  
T. E. Johnson, *Introduction to Health Physics*, 5th Edition, McGraw-Hill Education, 2017.  
F. H. Attix, *Introduction to radiological physics and radiation dosimetry*, Wiley-VCH, 2004.  
R. F. Laitano, *Fondamenti di dosimetria delle radiazioni ionizzanti*, ENEA, 2015.  
C. Polvani, *Elementi di radioprotezione*, ENEA, 1993.  
Direttiva del Consiglio Europeo 2013/59/Euratom.  
Decreto Legislativo 101/2020.  
ICRP, *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4), 2007.

### 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. Durante il test, viene valutata la comprensione e l'analisi critica dei contenuti del corso effettuata dallo studente, utilizzando la terminologia appropriata. L'esame può essere in italiano o in inglese, a scelta dello studente. L'esame viene svolto nelle date stabilite da calendario di Ateneo ed ha una durata di circa 1 ora.

Ultimo aggiornamento 28/01/2022 15:17