



# UNIVERSITÀ DI PISA

## DOSIMETRY / DOSIMETRIA

---

### MARIA GIUSEPPINA BISOGNI

Anno accademico	2021/22
CdS	FISICA
Codice	198BB
CFU	6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
DOSIMETRIA	FIS/07	LEZIONI	36	MARIA GIUSEPPINA BISOGNI

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Il corso di dosimetria presenta una introduzione alla dosimetria delle radiazioni ionizzanti. In esso vengono illustrati concetti quali l'equilibrio di radiazione, l'equilibrio delle particelle cariche, il teorema di reciprocità e la teoria delle cavità applicata a semplici calcoli di dose.

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

- Per l'accertamento delle conoscenze saranno tenuti incontri tra il docente e il gruppo di studenti che frequenta il corso
- Verrà inoltre richiesto allo studente di preparare un seminario di approfondimento su un argomento a piacere trattato nel corso e che verrà presentato durante l'esame e discusso insieme al docente

##### *Capacità*

alla fine del corso lo studente sarà in grado di eseguire semplici calcoli di dose in applicazioni di interesse radioprotezionistico, radiodiagnostico e radioterapeutico

##### *Modalità di verifica delle capacità*

verranno svolti esercizi numerici in classe

##### *Comportamenti*

Lo studente potrà acquisire e/o sviluppare sensibilità alle problematiche dosimetriche in ambito diagnostico e terapeutico sia radioprotezionistiche connesse con il rischio di esposizione di lavoratori e pubblico a radiazioni ionizzanti

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

Durante le sessioni di esercitazione saranno valutati il grado di accuratezza e precisione delle attività svolte

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

- elementi di interazione radiazione-materia
- introduzione al funzionamento di rivelatori di radiazione ionizzante

##### *Indicazioni metodologiche*

- lezioni frontali con slides
- esercitazioni numeriche

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

###### 1) Nozioni di base per la dosimetria

- Le radiazioni ionizzanti (definizione e classificazione), le radiazioni ionizzanti presenti nell'ambiente e quelle di uso medico, le sorgenti naturali di radiazione (raggi cosmici, radioattività terrestre) e quelle artificiali (macchine e radioisotopi).
- Le grandezze fisiche che caratterizzano il campo di radiazione: fluenza di particelle, fluenza di energia, energia radiante, radianza.
- I coefficienti d'interazione della radiazione direttamente e indirettamente ionizzante con un mezzo:
- coefficiente di attenuazione, di trasferimento di energia e di assorbimento di energia per la radiazione indirettamente ionizzante (fotoni e



## UNIVERSITÀ DI PISA

neutroni);

- potere frenante (elettronico e radiativo) per la radiazione direttamente ionizzante (particelle cariche);
- potere frenante ristretto e LET.
- Energia media per formare una coppia di ioni.
- Cammino libero medio e lunghezza di radiazione.
- Le grandezze dosimetriche di base: la dose assorbita, il kerma e l'esposizione.
- L'equivalente di dose come conseguenza della diversa efficacia biologica della radiazione (ad alto e basso LET).
- L'equilibrio delle particelle cariche (CPE).
- Correlazioni fra le grandezze dosimetriche in condizioni di CPE: relazioni fra dose assorbita, kerma ed esposizione, relazione fra dose assorbita e fluenza in funzione dei coefficienti di kerma (per neutroni).
- La radioattività: i modi di decadimento e l'attività dei radionuclidi (cenni sulle famiglie radioattive e sulle reazioni di attivazione). La costante del rateo di esposizione e di kerma in aria.
- Il coefficiente di taratura di un sistema di misura, misure assolute e misure relative, i campioni di misura e il ruolo del sistema metrologico nella dosimetria.

### 2) Dosimetria in radioprotezione

- Condizioni di irradiazione esterna e di irradiazione interna.
- Le grandezze radioprotezionistiche: dose efficace, dose equivalente.
- Monitoraggio di area e individuale (irradiazione esterna).
- Le grandezze dosimetriche operative per il monitoraggio di area e individuale: equivalente di dose ambientale, direzionale e personale.
- Metodi dosimetrici in radioprotezione:
  - caratteristiche generali di uno strumento di misura da usare per dosimetria ambientale o per dosimetria individuale (sensibilità, linearità, efficienza per radiazioni di diverso tipo);
  - la risposta di un dosimetro e la sua dipendenza dalla direzione e dall'energia della radiazione;
  - tipi di taratura dei dosimetri per la misura delle diverse grandezze operative
  - i rivelatori per la dosimetria in radioprotezione: rivelatori a gas (camere a ionizzazione, contatori proporzionali, contatori G-M), rivelatori a scintillazione, a semiconduttore, a tracce, a termoluminescenza, a radiofotoluminescenza, a luminescenza otticamente stimolata, a bolle surriscaldate.
- Metodi di misura dell'attività dei radionuclidi nelle situazioni di irradiazione interna (inalazione e ingestione di radionuclidi):
  - spettrometria gamma e alfa con semiconduttori e scintillatori, sistemi a scintillatori liquidi per radiazione beta, sistemi di misura del radon, misura della contaminazione al corpo intero "whole body counter").
- Conversione da attività a: equivalente di dose, dose efficace, dose equivalente.

### 3) Dosimetria in radioterapia e in radiodiagnostica

- Generalità sulle sorgenti di radiazione in radioterapia e radiodiagnostica:
  - irradiator con Co-60, acceleratori lineari e circolari di elettroni, protoni e ioni pesanti;
  - sorgenti e impianti per brachiterapia, macchine a raggi x.
- Caratterizzazione dei campi di radiazione in radioterapia e radiodiagnostica:
  - analisi delle diverse modalità di assorbimento dei fasci di fotoni, elettroni e particelle cariche pesanti in funzione della profondità nel mezzo (curve di PDD in acqua);
  - gli indicatori della qualità della radiazione per fasci di fotoni (HVL e TPR 20/10);
  - gli indicatori della qualità della radiazione per fasci di elettroni, protoni e ioni pesanti (R50 e Rres).
- Determinazione della dose assorbita in acqua in fasci di fotoni e di particelle cariche:
  - teoria della cavità di Bragg-Gray (B-G);
  - l'effetto dei raggi delta e la revisione di Spencer-Attix (S-A) della teoria di B-G - determinazione del rapporto dei poteri frenanti acqua-aria secondo S-A.
- Le camere a ionizzazione a cavità: camere sferiche/cilindriche e camere a elettrodi piani paralleli.
- Misura della dose assorbita in acqua (Dw) con camere a ionizzazione a cavità:
  - espressione di Dw con camere a cavità tarate in termini di kerma in aria ("approccio NK o ND<sub>a</sub>"), analisi degli effetti di perturbazione causati dalla camera nel mezzo omogeneo (l'acqua);
  - fattori correttivi nelle misure di carica con camere a ionizzazione dovuti a: effetto della ricombinazione ionica generale e iniziale, effetto di polarità, effetto della temperatura, pressione e umidità dell'aria;
  - espressione di Dw e analisi dei fattori di perturbazione con camere a cavità tarate in termini di Dw ("approccio ND<sub>w</sub>").
- Caratteristiche dei sistemi di misura complementari per la dosimetria in radioterapia e radiodiagnostica:
  - dosimetri termoluminescenti, film radiocromici, dosimetri a ESR, diodi a stato solido (silicio, diamante).
- Determinazione della dose assorbita in acqua (Dw) in brachiterapia:
  - espressione e calcolo di Dw nell'uso di sorgenti solide;
  - caratterizzazione delle sorgenti (rateo di kerma in aria di riferimento e rateo di dose assorbita di riferimento) per il calcolo di Dw,
  - cenni sulla determinazione di Dw nell'uso di sorgenti liquide (dosimetria interna per la radioterapia metabolica);
  - problemi nella misura di distribuzioni di dose in fantoccio in brachiterapia.
- Generalità sulla dosimetria nella radiodiagnostica con raggi x: grandezze di riferimento (kerma incidente, prodotto kerma-area, indici per la TC, ecc.) e loro conversione in dose efficace.
- I protocolli internazionali per la dosimetria in radioterapia e in radiodiagnostica: loro ruolo e importanza per contenere entro limiti accettabili l'incertezza nelle misure dosimetriche.
- Cenni sui principali sistemi di misura campione basati su metodi ionimetrici, calorimetrici e di conteggio di particelle.

### Bibliografia e materiale didattico



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

- Laitano R. F. *Fondamenti di Dosimetria delle Radiazioni Ionizzanti - IV edizione*, ENEA, Roma 2013.
- Attix F. H., *Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry*, John Wiley & Sons, 1986.
- Podgorsak E. B. (Ed.), *Radiation Oncology Physics, A Handbook for Teachers and Students*, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2005.
- Khan F. M., *The Physics of Radiation Therapy*, Lippincott Williams & Wilkins – Wolters Kluwer, Baltimore-Philadelphia, 2010.

### Indicazioni per non frequentanti

materiale didattico e bibliografia sono disponibili sul sito del corso elearning / moodle  
contattare l'insegnante per ulteriori dettagli

### Modalità d'esame

- La prova orale consiste in: un colloquio tra il candidato e il docente, o anche tra il candidato e altri collaboratori del docente titolare. durante la prova orale potrà essere richiesto al candidato di risolvere anche problemi/esercizi scritti, davanti al docente. DURante la prova il candidato dovrà inoltre presentare un seminario di approfondimento su un argomento da lui scelto tra quelli trattati nel corso. Potrà avvalersi di slides o altri supporti. Il docente e il candidato discuteranno il contenuto del seminario.
- La prova orale è non superata se: se il candidato mostra di non essere in grado di esprimersi in modo chiaro e di usare la terminologia corretta, oppure se il candidato non risponde correttamente almeno ad un certo tipo di domande (per esempio corrispondenti alla parte più basilare del corso).

Ultimo aggiornamento 23/08/2021 09:46