

## LE RADIAZIONI

Nel campo specifico di nostro interesse la radiazione è un flusso di energia elettromagnetica o di particelle, generato da processi fisici che si producono nell'atomo o nel nucleo atomico.

La radiazione associata a particelle dotate di massa viene detta radiazione corpuscolata, elettroni, radiazione alfa (2 protoni più 2 elettroni) e beta (elettroni provenienti dal nucleo); mentre quella trasferita con onde viene denominata radiazione elettromagnetica e comprende i raggi X e i raggi gamma. L'energia trasportata viene ceduta in tutto o in parte quando la radiazione interagisce con la materia.

Radiazioni ionizzanti sono quelle che hanno la capacità energetica di rimuovere un elettrone orbitale dall'atomo colpito.

Non tutte le radiazioni hanno un contenuto energetico in grado di produrre ionizzazione. In relazione a tale aspetto le radiazioni vengono suddivise in: radiazioni ionizzanti (RI) e radiazioni non ionizzanti (NIR).

Le radiazioni in grado di produrre la ionizzazione, più comunemente presenti nelle attività umane, sono: le radiazioni non corpuscolate X e  $\gamma$  e le radiazioni corpuscolate alfa, beta, protoni e neutroni.

Le radiazioni X e  $\gamma$  sono entrambe radiazioni elettromagnetiche prive di carica e di massa; mentre i raggi X derivano dalla emissione elettronica a seguito di transizioni dell'elettrone nelle orbite più interne dell'atomo, radiazione  $\gamma$  proviene dal nucleo atomico nel procedimento di decadimento radioattivo. Il fluire dell'energia elettromagnetica non avviene in modo continuo, ma secondo valori multipli di una quantità minima denominata "quanto" di energia o fotone. L'energia E di un fotone è determinata dalla sua frequenza ed è data dall'espressione:

$$E = h \nu$$

in cui  $\nu$  è la frequenza ed h una costante, detta costante di Plank.

- Le radiazioni  $\alpha$  sono costituite da nuclei di elio con massa 4 e carica 2, provengono dal decadimento radioattivo di radioisotopi di elevato numero atomico.
- Le radiazioni  $\beta$  sono elettroni provenienti dal nucleo atomico a seguito di processi di decadimento radioattivo.

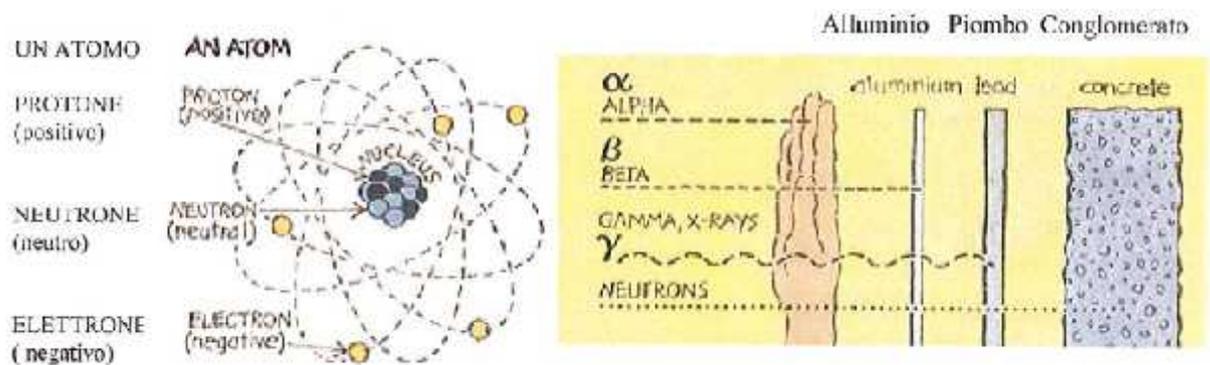
I vari tipi di radiazioni ora individuate interagiscono con la materia cedendole la loro energia. L'entità e le modalità di cessione dell'energia sono collegate con il tipo e con le caratteristiche energetiche della radiazione incidente. Merita qui ricordare che la radiazione  $\alpha$  cede rapidamente la sua energia entro percorsi molto brevi, per cui produce un alto numero di ioni per unità di percorso, analogamente il protone ed il neutrone (quest'ultimo mediante le particelle cariche da esso urtate); la radiazione  $\beta$  disperde la sua energia in percorsi maggiori, mentre la radiazione elettromagnetica cede la sua energia in percorsi molto più lunghi. Il numero di ioni prodotti dalla radiazione ionizzante per unità di percorso nella materia, si definisce ionizzazione specifica ed il suo equivalente energetico costituisce il LET (trasferimento lineare d'energia); esso corrisponde alla quantità di energia trasferita alla materia per unità di percorso e viene normalmente misurato in keV/ $\mu$

Radiazioni ad alto LET sono le particelle  $\alpha$ , i protoni e i neutroni, mentre sono radiazioni a basso LET gli elettroni i raggi x e i raggi  $\gamma$ .

$\left. \begin{matrix} X \\ \gamma \\ e \end{matrix} \right\}$  basso LET (trasferimento lineare di energia)

$\left. \begin{matrix} \alpha \\ p \\ n \end{matrix} \right\}$  alto LET (trasferimento lineare di energia)

A titolo indicativo nella tabella seguente viene riportato il percorso in aria e nel tessuto delle radiazioni  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  di pari energia (1 MeV): poiché la radiazione  $\gamma$  non viene completamente assorbita, in tabella è riportato il percorso che riduce del 90% l'intensità della radiazione.

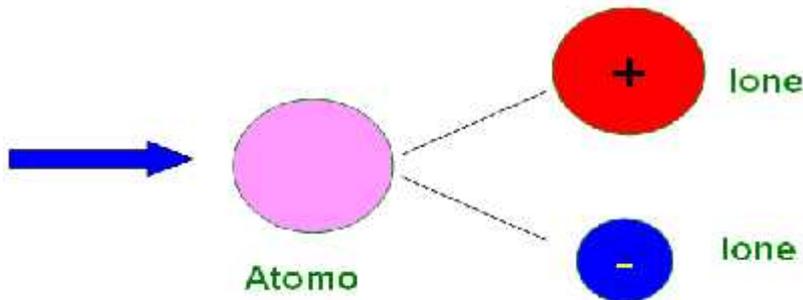


Distanze medie percorse dai vari tipi di radiazioni di 1 MeV

Tipo di radiazione	Percorso in aria	Percorso nel tessuto
$\alpha$	0,7 cm	0,006 cm
$\beta$	2,32 m	0,43 cm
$\gamma$	$\approx$ 300 m	31,28 cm

## RADIAZIONI IONIZZANTI

Si intende per ionizzazione il processo per il quale un atomo, a seguito delle interazioni con la radiazione, dà origine a ioni positivi e negativi.



Le [radiazioni elettromagnetiche](#) solo quelle più penetranti (raggi-x e raggi- $\gamma$ ) hanno la proprietà di ionizzare, indirettamente, mettendo in moto particelle cariche, la materia che attraversano. E per questo prendono il nome di radiazioni indirettamente ionizzanti.

Con il termine radiazione vengono indicati anche protoni, elettroni, particelle (costituenti elementari degli atomi) che si muovono a una velocità tale da acquisire la capacità di ionizzare (rimuovere gli elettroni dagli atomi), e, di conseguenza, cedere energia al mezzo che attraversano. Queste radiazioni prendono il nome di radiazioni direttamente ionizzanti ed anch'esse possono essere utilizzate a scopo medico.

Le radiazioni ionizzanti (RI) attualmente utilizzate nella pratica clinica sono:

- [Radiazioni Elettromagnetiche](#)
- Le radiazioni X, radiazioni non corpuscolari neutre, generate da tutti i sistemi diagnostici e dagli Acceleratori Lineari per teleterapia;
- Le radiazioni gamma, radiazioni non corpuscolari neutre, utilizzate a scopo diagnostico in Medicina Nucleare e a scopo terapeutico in Radioterapia.
- [Radiazioni Corpuscolari](#)
- Gli elettroni, particelle corpuscolari cariche, utilizzate nella teleterapia ( $e^-$ ) in radioterapia intraoperatoria, ( $e^-$ ) e a scopo diagnostico PET/TC ( $e^+$ )
- Neutroni, particelle corpuscolari neutre
- Protoni, particelle corpuscolari cariche positivamente

## Sorgenti di radiazioni in ospedale

Le radiazioni impiegate in ambito ospedaliero possono essere prodotte:

- da apparecchi generatori di raggi x usati in Radiologia (radiodiagnostica, TC, ...), Chirurgie ed Ambulatori (intensificatori di brillantezza), Degenza (apparecchi radiologici mobili);
- da Acceleratori Lineari usati in Radioterapia;
- dal decadimento di sostanze radioattive (Iodio-131, Tecnezio-99m, Gallio-67, F-18, Ir-192, etc..).

L'emissione di radiazioni da parte di un apparecchio radiologico avviene unicamente quando si agisce su un apposito comando (pedale, pulsante) e cessa non appena tale azione viene interrotta.

Mentre nel caso di materiali radioattivi l'emissione di radiazioni avviene in modo continuo.

L'irradiazione può essere:

Globale: quando interessa tutto l'organismo, compresi: il midollo, le gonadi, ....

Parziale: quando interessa parti dell'organismo: arti, estremità, cristallino,.....

L'irradiazione inoltre può essere:

Esterna: se dovuta a fonti di irradiazione esterne all'organismo;

Interna: se dovuta a sorgenti radioattive non sigillate inglobate nell'organismo per inalazione, ingestione o assorbimento.

## Sorgenti di radiazioni ionizzanti

Le due sorgenti di radiazioni ionizzanti utilizzate in ambito sanitario sono i radionuclidi e le macchine radiogene.

### Radionuclidi

I radionuclidi (detti anche radioisotopi) sono atomi instabili il cui nucleo contiene energia in eccesso. Per raggiungere la stabilità il nucleo va incontro ad una trasformazione spontanea denominata decadimento radioattivo, emettendo l'energia in eccesso sotto forma di radiazioni ionizzanti. Alcuni radionuclidi esistono già in natura ma la maggior parte di quelli impiegati nelle applicazioni mediche sono di origine artificiale. Un esempio di radionuclide naturale è l'Uranio-238, che si trasforma in Torio-234 emettendo radiazione alfa, mentre un esempio di radionuclide artificiale è il Fluoro-18, comunemente utilizzato per effettuare indagini PET in Medicina Nucleare, che emettendo radiazione beta si trasforma in Ossigeno-18 (Figura 3).

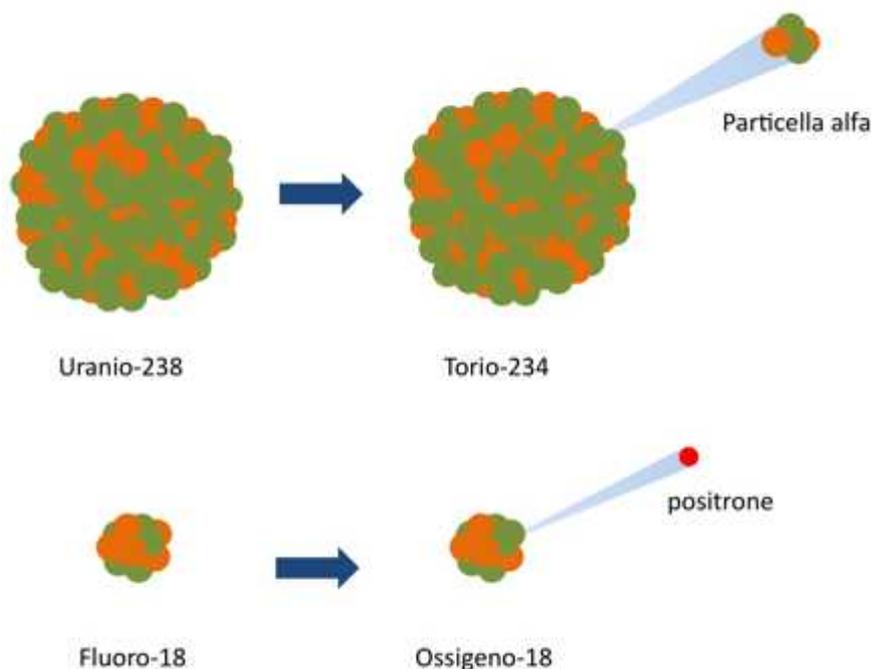


Figura 3. Decadimenti radioattivi: alcuni atomi sono naturalmente instabili e possono trasformarsi emettendo energia sotto forma di radiazione.

L'insieme di più atomi radioattivi prende il nome di sorgente radioattiva.

Fra le grandezze caratterizzanti le sorgenti radioattive è importante ricordare:

il tempo di dimezzamento o emivita. È il tempo dopo il quale il numero di atomi radioattivi nella sorgente si è dimezzato. I tempi di dimezzamento sono molto variabili, caratteristici del radionuclide considerato e possono andare da secondi o frazioni di secondo a miliardi di anni!

l'attività della sorgente. È il numero di decadimenti che avvengono nell'unità di tempo. La quantità di radiazioni emesse è direttamente proporzionale alla attività della sorgente. L'attività è legata al numero di atomi radioattivi presenti nella sorgente. L'unità con cui si misura è il becquerel (abbreviato con Bq) che corrisponde ad 1 decadimento al secondo. Ad esempio se una sorgente ha un'attività pari a 100 Bq significa che in essa avvengono 100 decadimenti al secondo.

Una caratteristica delle sorgenti radioattive è che esse emettono radiazioni spontaneamente e non è possibile "spegnerle" in nessun modo. Naturalmente a causa del continuo decadimento il numero di radionuclidi in una sorgente diminuisce e, di conseguenza, diminuisce l'attività della sorgente.

Le sorgenti radioattive sono impiegate in ambito sanitario per scopi diagnostici e/o terapeutici, ad esempio:

- in Medicina Nucleare si somministrano al paziente radiofarmaci allo scopo di conseguire finalità diagnostiche, terapeutiche o di ricerca clinica
- in brachiterapia si utilizzano sorgenti radioattive sigillate, applicate in prossimità del tessuto malato da trattare
- nelle analisi radioimmunologiche (RIA) si utilizzano piccole quantità di traccianti radioattivi per effettuare dosaggi di laboratorio.