

Dosimetria di base

In dosimetria per caratterizzare l'interazione di un fascio di radiazione con un dato mezzo si considerano due punti di vista distinti:

- ***descrizione di un fascio di radiazione***
- ***descrizione della quantità di energia depositata in un dato mezzo.***

Quantità e unità di misura in dosimetria

Fluenza: *la radiazione emergente da un generatore di raggi X o da una sorgente radioattiva consiste di un fascio di fotoni, generalmente caratterizzata da uno spettro polienergetico.*

Se il fascio risulta monocromatico allora è possibile descriverlo specificando il numero di fotoni, **dN** , che attraversano un area, **da** , normalmente all'asse del fascio.

Si definisce **Fluenza di fotoni :**

$$\phi = \frac{dN}{da}$$

Quantità e unità di misura in dosimetria

Fluenza di energia: la radiazione può alternativamente essere descritta in termini di energia che porta con se.

Se il fascio risulta monocromatico allora è possibile descriverlo specificando la quantità totale di energia che attraversa un area, **da** , normalmente all'asse del fascio.

Si definisce **Fluenza di energia** :

$$\phi = \frac{dN \cdot h\nu}{da}$$

Quantità e unità di misura in dosimetria

Esposizione: il concetto di esposizione introdotto dall'organismo internazionale "International Commission on Radiological Units and Measurements" (ICRU), riguarda solo i fotoni e non può essere usato per particelle.

Come Esposizione, X , si definisce il valore assoluto, dQ , della quantità totale di carica degli ioni prodotta in aria quando tutti gli elettroni liberati dai fotoni in un volume di aria di massa dm sono completamente fermati in aria.

L'esposizione quindi è una misura della capacità della radiazione di ionizzare l'aria.

Quantità e unità di misura in dosimetria

Si definisce **Esposizione X** : $X = \frac{dQ}{dm}$

Il SI definisce come unità di **Esposizione** : C/kg

Originariamente era stata definita per l'esposizione una unità speciale il **Roengten, R** , pari alla carica unitaria prodotta dalla radiazione in un volume di 1 cm³ di aria a STP (pressione-temperatura-standard) .

Il legame tra R e C/kg risulta essere:

$$1 R = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg di aria}$$

Quantità e unità di misura in dosimetria

Dose assorbita: è la quantità di maggiore interesse in radioterapia e radiobiologia in quanto è la quantità di energia realmente trattenuta dal mezzo al passaggio della radiazione. Come dose assorbita, **D**, si definisce la quantità di energia media impartita dalla radiazione ionizzante ad una massa, dm , di materia:

Si definisce **Dose assorbita :**
$$D = \frac{dE_{ab}}{dm}$$

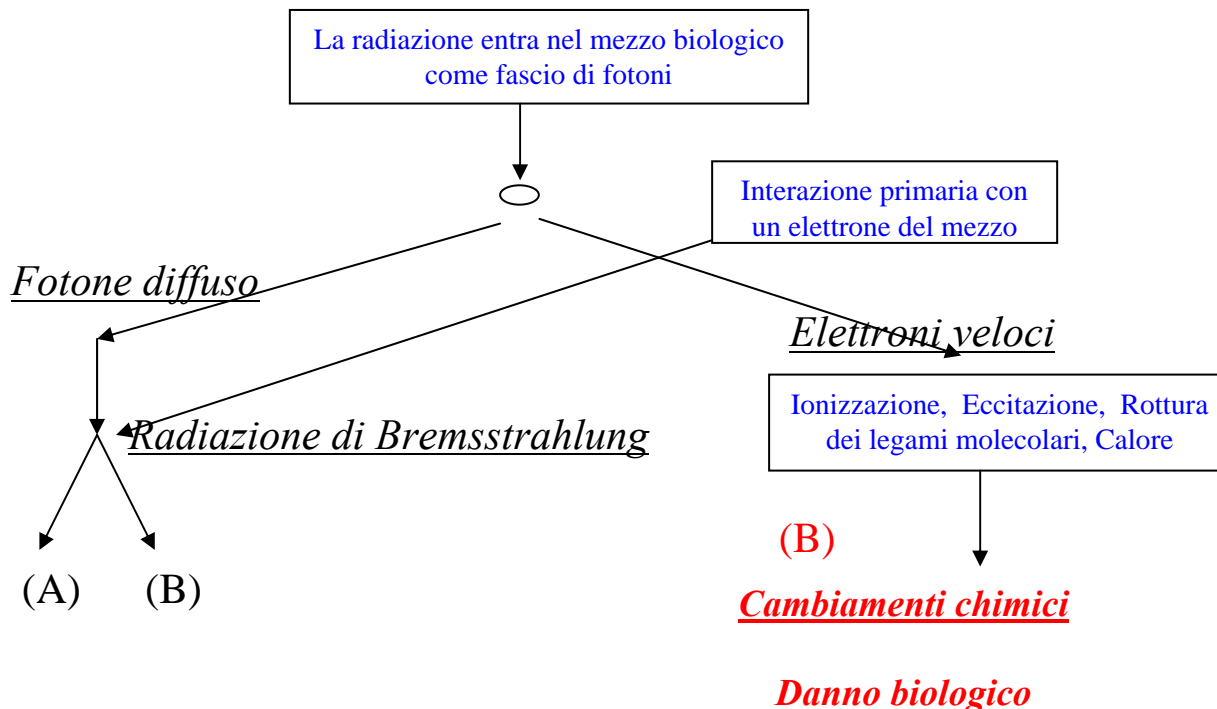
dove dE_{ab} è l'energia media impartita dalla radiazione ionizzante alla massa dm di materia.

Il SI definisce come unità di **Dose assorbita :** $1\text{Gy} = 1 \text{ J/kg}$

Trasferimento di energia: kerma e dose assorbita

Quando un fascio di fotoni attraversa un mezzo assorbente come il corpo umano parte della sua energia viene trasferita al mezzo e può produrre un danno biologico.

*L'energia depositata per unità di massa è la **dose assorbita**. L'insieme di eventi che partecipano a tale processo risulta essere piuttosto complesso e viene qui semplificato dalla seguente figura:*



Trasferimento di energia: kerma e dose assorbita

Il primo passo del processo risulta nella collisione fra il fotone del fascio radiante con qualche elettrone del mezzo

Il processo di interazione (A) può produrre fotoni diffusi e/o elettroni veloci (interazione fotoni e materia: probabilità degli effetti fotoelettrico, compton, produzione di coppia in funzione del tipo di energia, del numero atomico e della densità del mezzo “assorbente”).

Attraversando il mezzo gli elettroni veloci producono a loro volta ionizzazione (elettroni secondari), eccitazione degli atomi atomici e rottura di legami molecolari, (B).

Tutti questi eventi comportano un danno biologico. Comunque la maggior parte dell'energia produce essenzialmente calore, senza danno biologico. Alcuni elettroni veloci possono interagire direttamente con il nucleo atomico producendo radiazione di Bremsstrahlung che, come la radiazione diffusa, può nuovamente interagire come i fotoni primari.

Trasferimento di energia: kerma e dose assorbita

Il trasferimento di energia del fascio di fotoni al mezzo quindi può essere inteso come un processo a due fasi:

*Il primo passo **(a)** consiste nell'interazione tra fotone e un atomo con conseguente messa in moto di uno o più elettroni.*

*Il secondo passo **(b)** consiste nel trasferimento di energia dagli elettroni di alta energia al mezzo attraverso i processi di eccitazione e ionizzazione.*

Il trasferimento di energia al passo (a) è detto KERMA, mentre lungo (b) è detto DOSE ASSORBITA.

Trasferimento di energia: kerma

La quantità **KERMA** introdotta dall' ICRU è l'acronimo **di Kinetic Energy Released in the Medium** ed è definita come la quantità di energia cinetica trasferita dai fotoni agli elettroni in un elemento di volume di massa dm :

$$K = \frac{dE_{tr}}{dm}$$

Trasferimento di energia: dose assorbita

*L' ICRU definisce come **dose assorbita** la quantità:*

$$d\bar{E}_{ab}$$

$$D = \frac{\quad}{dm}$$

essendo \bar{E}_{ab} la energia media effettiva rilasciata dalla radiazione ionizzante al mezzo di massa dm .

La quantità dm deve essere sufficientemente piccola per poter definire la dose assorbita in un punto, ma non eccessivamente piccola in quanto le fluttuazioni statistiche nel deposito di energia diverrebbero significative.

L'unità di misura del Kerma e della dose assorbita è Joule/kg.

Per la grandezza dose assorbita il SI ha definito una nuova unità di misura specifica detta Gray (Gy) pari a:

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$$

Trasferimento di energia: dose assorbita

L'energia cinetica trasferita nell'interazione (a) ad un elettrone in realtà non viene completamente assorbita dal mezzo: una parte di essa viene emessa come radiazione di frenamento (Bremsstrahlung).

La dose assorbita è l'energia effettivamente trattenuta dal mezzo attraverso i processi di ionizzazione ed eccitazione lungo tutto il percorso degli elettroni al passo (b).

Poiché la lunghezza del percorso degli elettroni risulta non trascurabile il kerma e la dose assorbita non hanno luogo nello stesso punto.

Trasferimento di energia

La seguente tabella mostra per energie diverse di fotoni: la massima energia E_{max} degli elettroni, il range R (misurato in g/cm^2) in acqua degli elettroni di energia E_{max} , i coefficienti di attenuazione totali in acqua (misurati cm^2/g), la attenuazione percentuale dei fotoni alla distanza R .

Attenuazione dei fotoni alla distanza pari al range degli elettroni in acqua				
<i>Photon Energy</i>	<i>Max Electron Energy</i>	<i>Range R in water</i>	<i>Coeff. Totale di attenuazione in acqua</i>	<i>Attenuazione percentuale in R</i>
MeV	MeV	(g/cm^2)	(cm^2/g)	
0.1	0.1	0.014	0.1706	0.24
0.2	0.2	0.045	0.1370	0.62
0.5	0.4	0.128	0.0969	1.2
1.0	0.8	0.329	0.0707	2.3
2	1.8	0.865	0.0494	4.3
3	2.8	1.400	0.0397	5.7
5	4.76	2.40	0.0303	7.3
10	9.8	4.82	0.0222	11
20	19.7	9.10	0.0182	18
50	49.7	19.6	0.0167	39