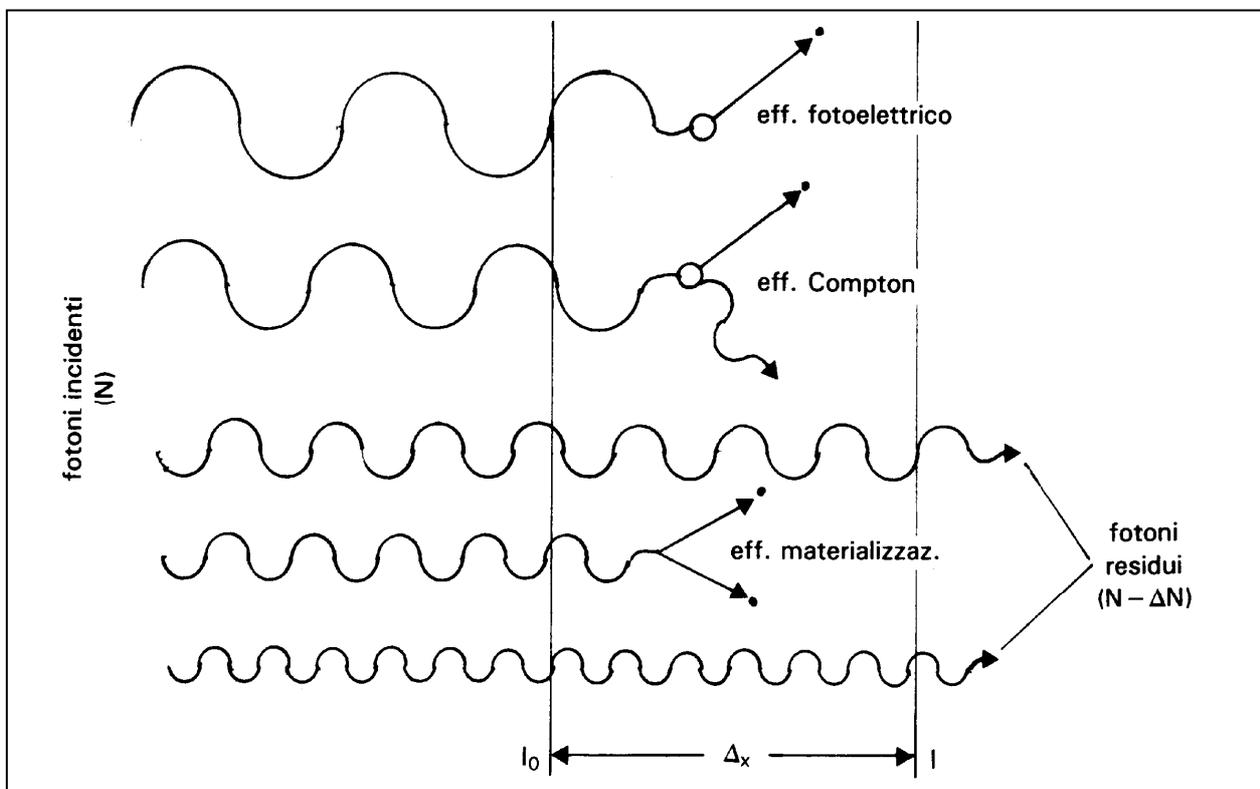


L'INTERAZIONE DEI FOTONI CON LA MATERIA

L'ASSORBIMENTO DEI FOTONI

Andamento esponenziale dell'assorbimento della radiazione elettromagnetica

Se un fascio monoenergetico di fotoni (*radiazione primaria di N_0 fotoni a energia pari $h\nu$*) attraversa un materiale di spessore Δx , un certo numero di fotoni ΔN viene rimosso dal fascio per effetto dei processi di interazione con la materia



L'INTERAZIONE DEI FOTONI CON LA MATERIA

L'ASSORBIMENTO DEI FOTONI

Variando lo spessore del materiale assorbente si verifica che la diminuzione del numero di fotoni N (*radiazione primaria attenuata*) risulta proporzionale allo spessore di materiale Δx ed al numero iniziale N di fotoni secondo la seguente relazione:

$$\Delta N \propto N \Delta x \quad \text{o} \quad \Delta I \propto I \Delta x$$

essendo I l'intensità del fascio.

Si definisce come costante di proporzionalità il **coefficiente di attenuazione lineare** μ espresso da:

$$\mu = -\frac{\Delta N}{N \Delta x} \quad (\text{di dimensione cm}^{-1})$$

La costante μ dipende e dall'energia del fascio monoenergetico e dal materiale assorbente.

Dalla relazione sperimentale precedente si ottiene un andamento di tipo esponenziale per il processo di attenuazione del fascio di radiazione in un dato materiale, espresso nel seguente modo:

$$N = N_0 \cdot \exp(-\mu x) \quad \text{o} \quad I = I_0 \cdot \exp(-\mu x)$$

L'INTERAZIONE DEI FOTONI CON LA MATERIA

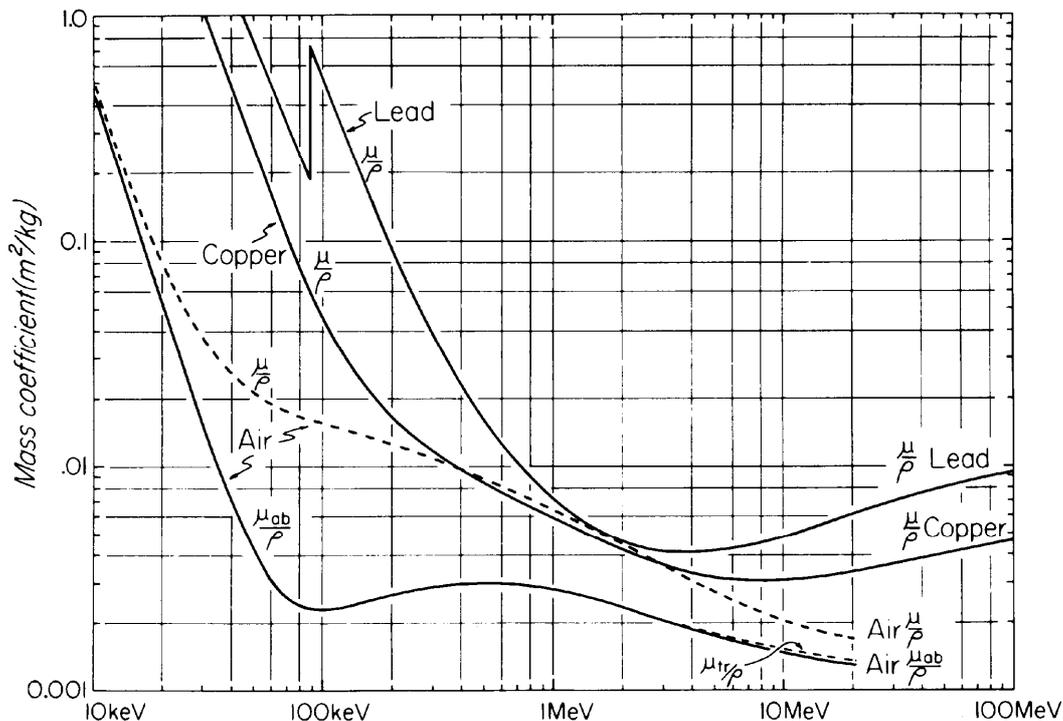
Il coefficiente di attenuazione lineare: Energia assorbita ed Energia diffusa

Il *coefficiente di attenuazione lineare* rappresenta la probabilità per unità di percorso che un fotone ha di interagire con la sostanza nella quale si propaga.

Per ciascun processo di interazione è possibile definire una probabilità di interazione per unità di percorso, che dipenderà dall'energia E del fascio monoenergetico e dalle proprietà del materiale (numero atomico Z e densità atomica N).

$$\mu = \Sigma (\mu_{\text{photo}} + \mu_{\text{compton}} + \mu_{\text{pair}})$$

- **coefficiente di assorbimento μ_a** : *probabilità che l'energia incidente sia assorbita dagli elettroni secondari prodotti nell'interazione e trasformata in energia cinetica*
-
- **coefficiente di diffusione μ_d** : *probabilità che l'energia incidente del fotone incidente sia trasformata in energia diffusa dei fotoni secondari*

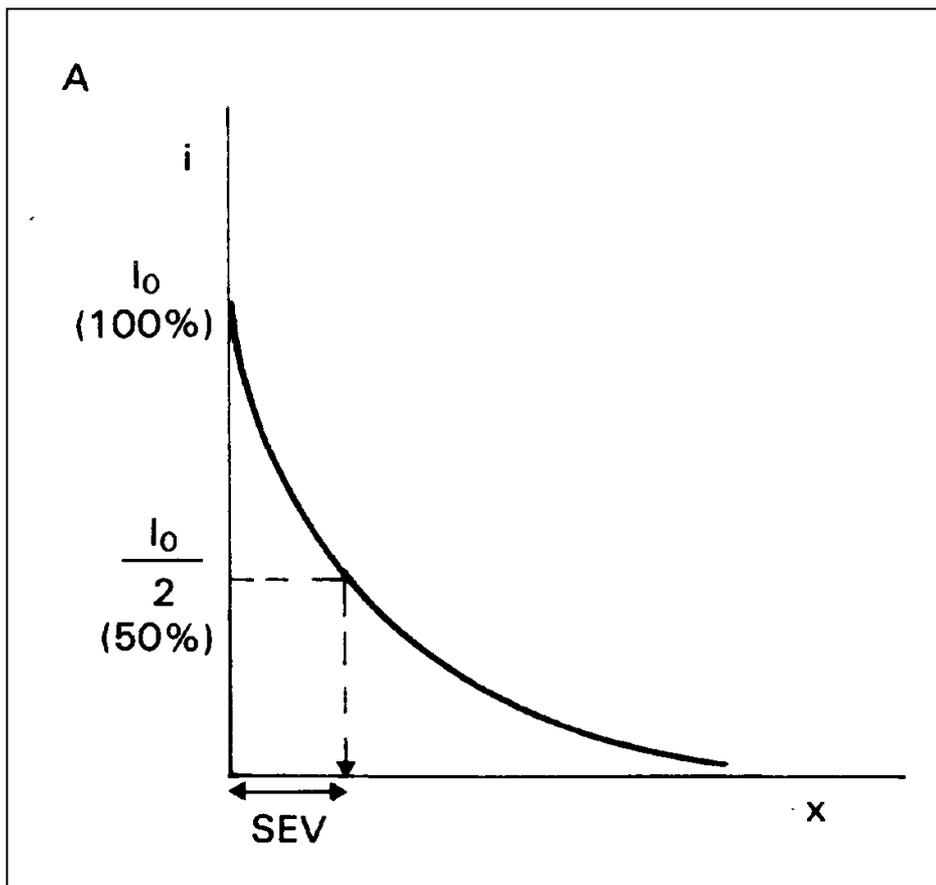


L'INTERAZIONE DEI FOTONI CON LA MATERIA

Lo spessore emivalente e l'energia equivalente: potere di penetrazione

Si chiama **spessore di dimezzamento o emivalente** (*H.V.L.* o *half value layer*) lo spessore necessario a dimezzare l'intensità del fascio primario ed espresso dalla relazione:

$$\text{H.V.L.} = \frac{\ln 2}{\mu}$$



Una volta fissato il materiale assorbitore, il valore dell' H.V.L. in quanto funzione di μ dipende solo dall'energia del fascio.

Lo spessore di dimezzamento per un dato materiale allora può essere usato per esprimere la **“qualità” del fascio di radiazione elettromagnetica cioè la sua energia**.

L'INTERAZIONE DEI FOTONI CON LA MATERIA

Attenuazione, assorbimento e tessuti biologici

Per un tipo di radiazione elettromagnetica ed una certa energia i processi di interazione dipendono dalle caratteristiche del materiale irradiato (**densità media e numero atomico medio**).

Energie basse ($10\text{keV} < h\nu < 200\text{keV}$) e materiali ad alto Z: _____ predomina l'effetto fotoelettrico.

Medie ed alte energie ($200\text{keV} < h\nu < 10\text{MeV}$): maggiore _____ è la probabilità dell'effetto Compton.

Nel caso di **tessuti biologici** si possono individuare essenzialmente tre tipologie per le quali ciascun processo di interazione avrà maggiore o minore probabilità di avvenire.

Tessuti molli : sono caratterizzati da una densità media assimilabile all'unità ($\approx 1 \text{ g/cm}^3$) contenendo circa 90% d'acqua; sono costituiti essenzialmente da atomi di idrogeno, carbonio, azoto, ossigeno con tracce di sodio, manganese, fosforo, calcio e potassio e quindi il numero atomico efficace è pari a 7.6.
Caso particolare tra i tessuti molli è il *tessuto polmonare* caratterizzato da una densità media assai bassa ($\approx 0.3 \text{ g/cm}^3$).

Tessuto adiposo: contiene atomi di idrogeno, carbonio, azoto, ossigeno ed il numero efficace è pari a 6.10 con una densità minore dell'acqua pari a circa $0.9 \text{ (g/cm}^3\text{)}$.

Tessuto osseo: contiene le stesse specie atomiche presenti nel tessuto molle, ma con una percentuale maggiore per quelle ad alto Z, in particolare fosforo e calcio; il numero atomico efficace è relativamente alto pari a 12 e la densità varia da 1.20 (componente spugnosa) a 1.80 (componente compatta).

L'INTERAZIONE DEI FOTONI CON LA MATERIA

Per tutti questi tipi di tessuti la densità elettronica presenta modeste differenze.

	COMPOSIZIONE						Z_{eff}	ρ	ρ_{el} (el./g · 10 ²³)
	H	C	N	O	P	Ca			
Tessuti molli	10.2	12.3	3.4	73	0.7	0.3	7.60	1.0	3.36
Tessuto adiposo	11.5	77		11.5			6.10	0.9	3.48
Tessuto osseo	6.4	28	2.7	41	7.2	14.7	12	1.2/1.8	3
Acqua	11.1			88.9			7.67	1.0	3.34

L'INTERAZIONE DEI FOTONI CON LA MATERIA

Dispersione quadratica delle radiazioni

Indipendentemente dall'attenuazione, un fascio di radiazioni nel suo tragitto al di fuori della sorgente radiogena, subisce una diminuzione di intensità per unità di superficie, dipendente dalla divergenza del fascio.

La legge relativa è detta **legge della dispersione quadratica della radiazione** (o *legge del quadrato della distanza*) secondo cui l'intensità di un fascio di radiazioni in punti situati a distanze diverse dalla sorgente è inversamente proporzionale al quadrato di tali distanze.

Se si definisce con I_0 la intensità di emissione di una data sorgente, alla distanza d dalla stessa sorgente la intensità della radiazione assumerà il valore dato dalla relazione:

$$I_d = \frac{I_0}{d^2}$$

