

# Radiazioni ionizzanti

Lucidi del Prof. D. Scannicchio

# ASSORBIMENTO RADIAZIONI IONIZZANTI

**radiazioni ionizzanti :  $E > 100$  eV**  
(ionizzazione nella materia attraversata)

☀ **radiazioni elettromagnetiche**  $E = h \nu$

- **fotoni X e fotoni  $\gamma$**

☀ **radiazioni corpuscolari** ( $m \neq 0$ )  $E = T = \frac{1}{2} m v^2$

- **alfa** (nucleo  ${}^4\text{He}$ )
- **beta** (elettroni  $e^-$ , positroni  $e^+$ )
- **protoni**
- **neutroni**
- **ioni** (nuclei)

**assorbimento** →

**cessione di energia alla  
struttura atomica e molecolare  
del materiale attraversato**

## ASSORBIMENTO X e GAMMA

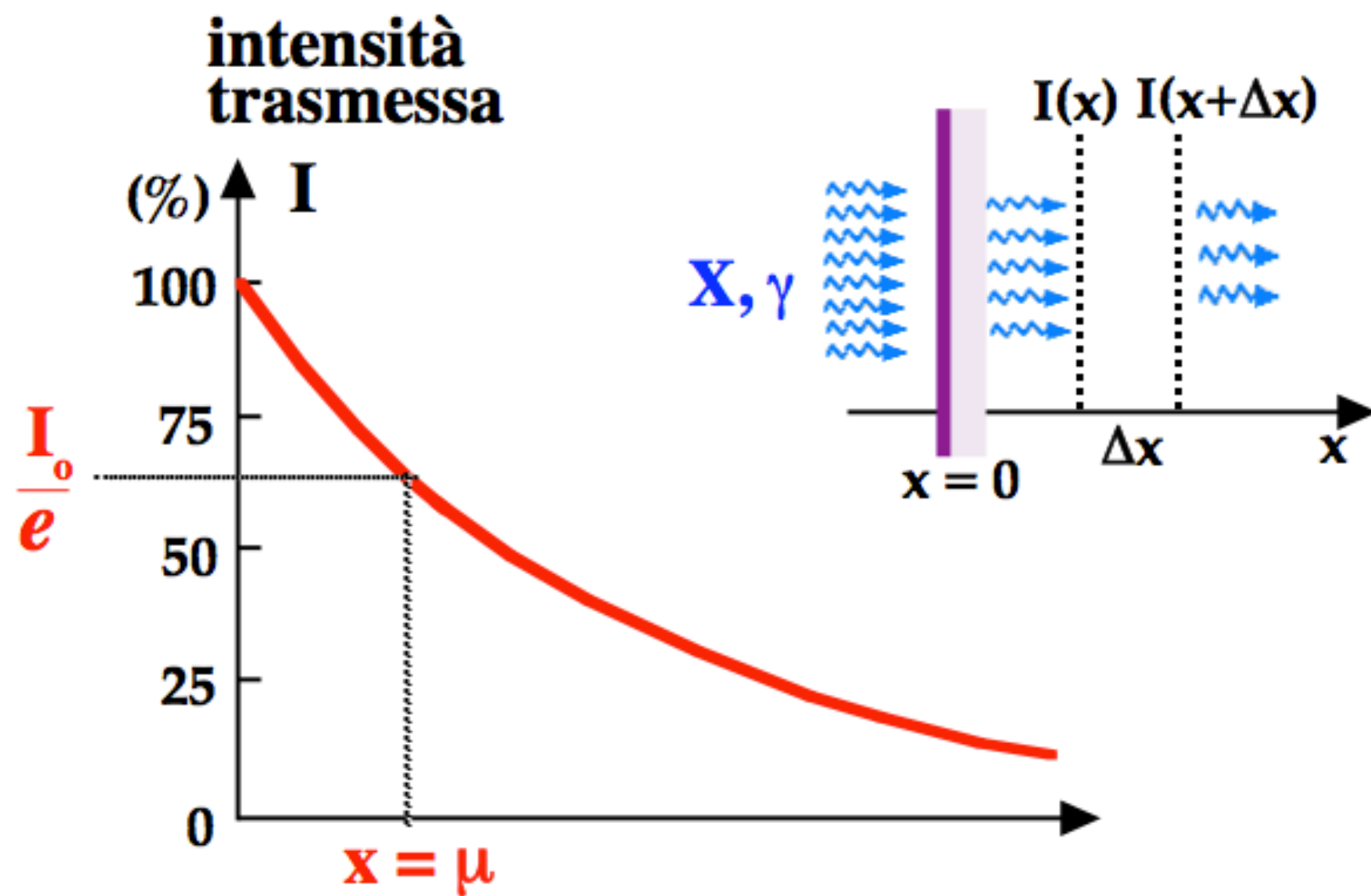
$$-\frac{\Delta N}{\Delta x} = \mu N(x) \rightarrow -\frac{\Delta I}{\Delta x} = \mu I(x)$$

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$
$$-\frac{dI(x)}{dx} = \mu I(x)$$

$\mu$  = coefficiente lineare di attenuazione totale  
**oppure**

$\mu = \mu_E$  = coefficiente lineare di assorbimento

# ASSORBIMENTO X e GAMMA



# ASSORBIMENTO di RADIAZIONI CORPUSCOLARI

☀ **particelle cariche :  $\alpha$  ,  $\beta$  , p , ioni ,  $\pi^\pm$**

■ **ionizzazione :  $\frac{\Delta E}{\Delta x}$**       ■ **range R**

☀ **particelle neutre (neutroni)**

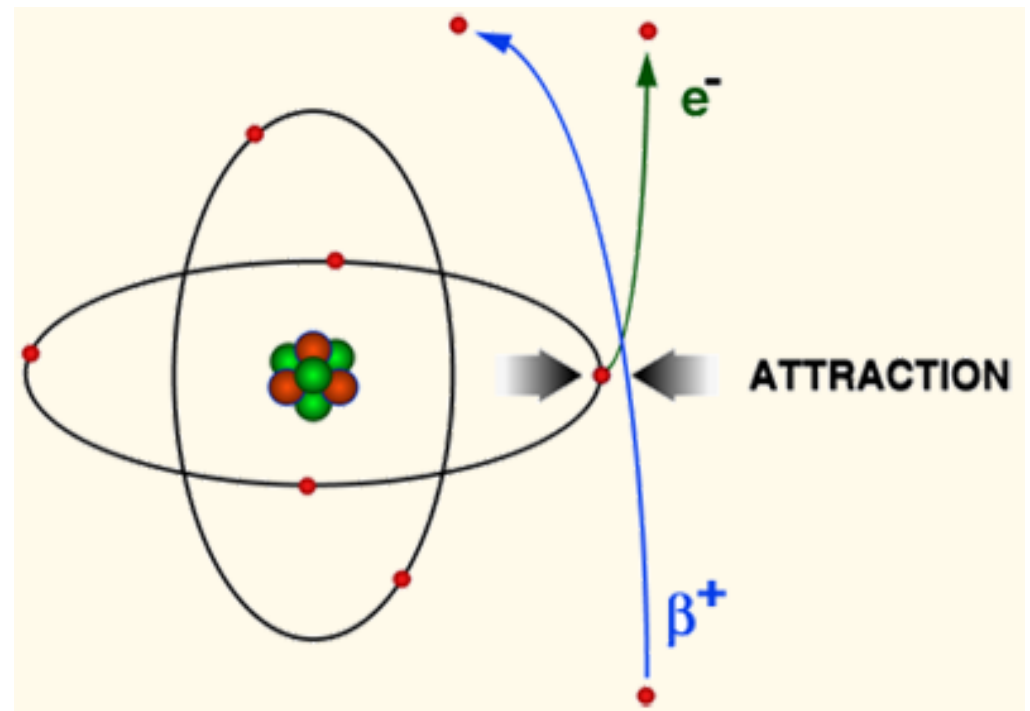
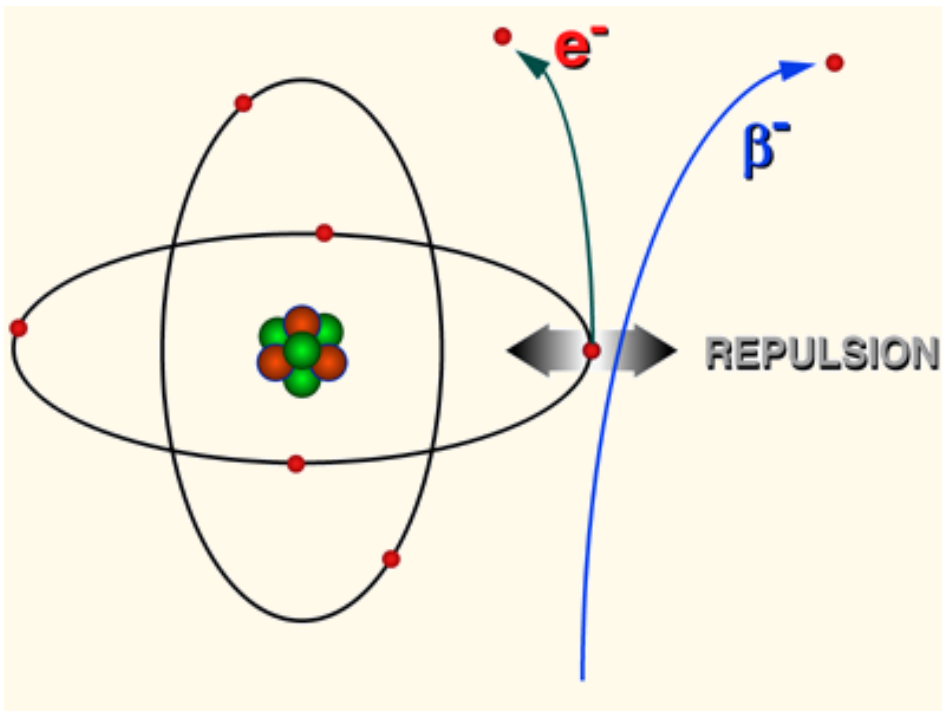
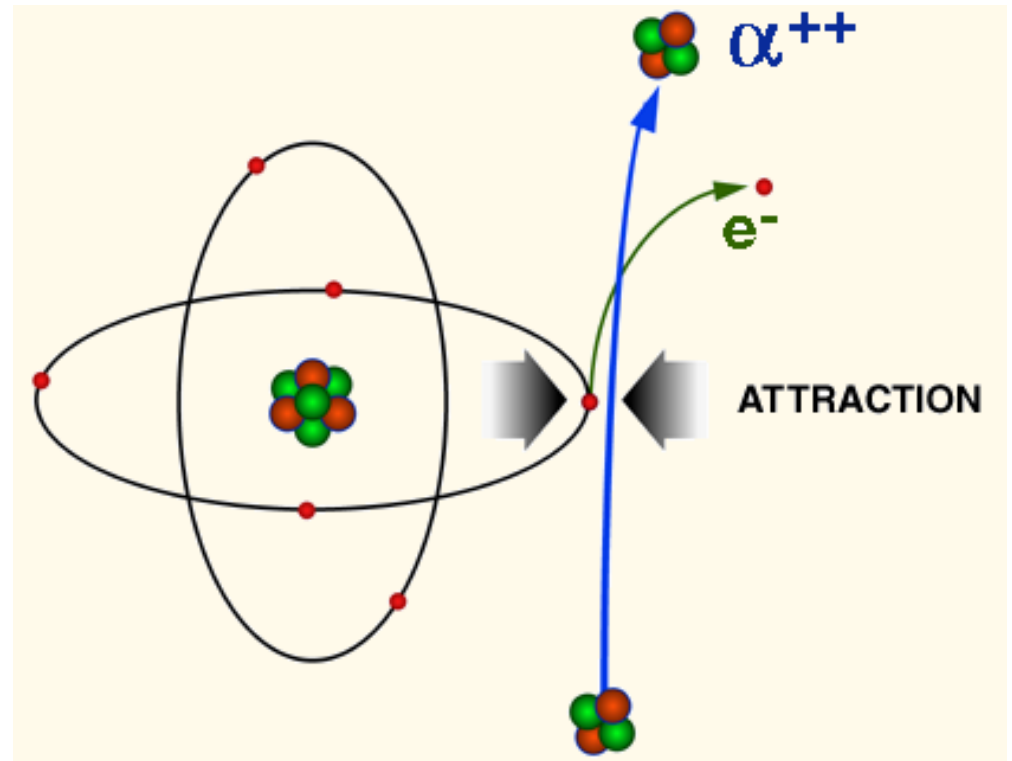
■ **ionizzazione secondaria**



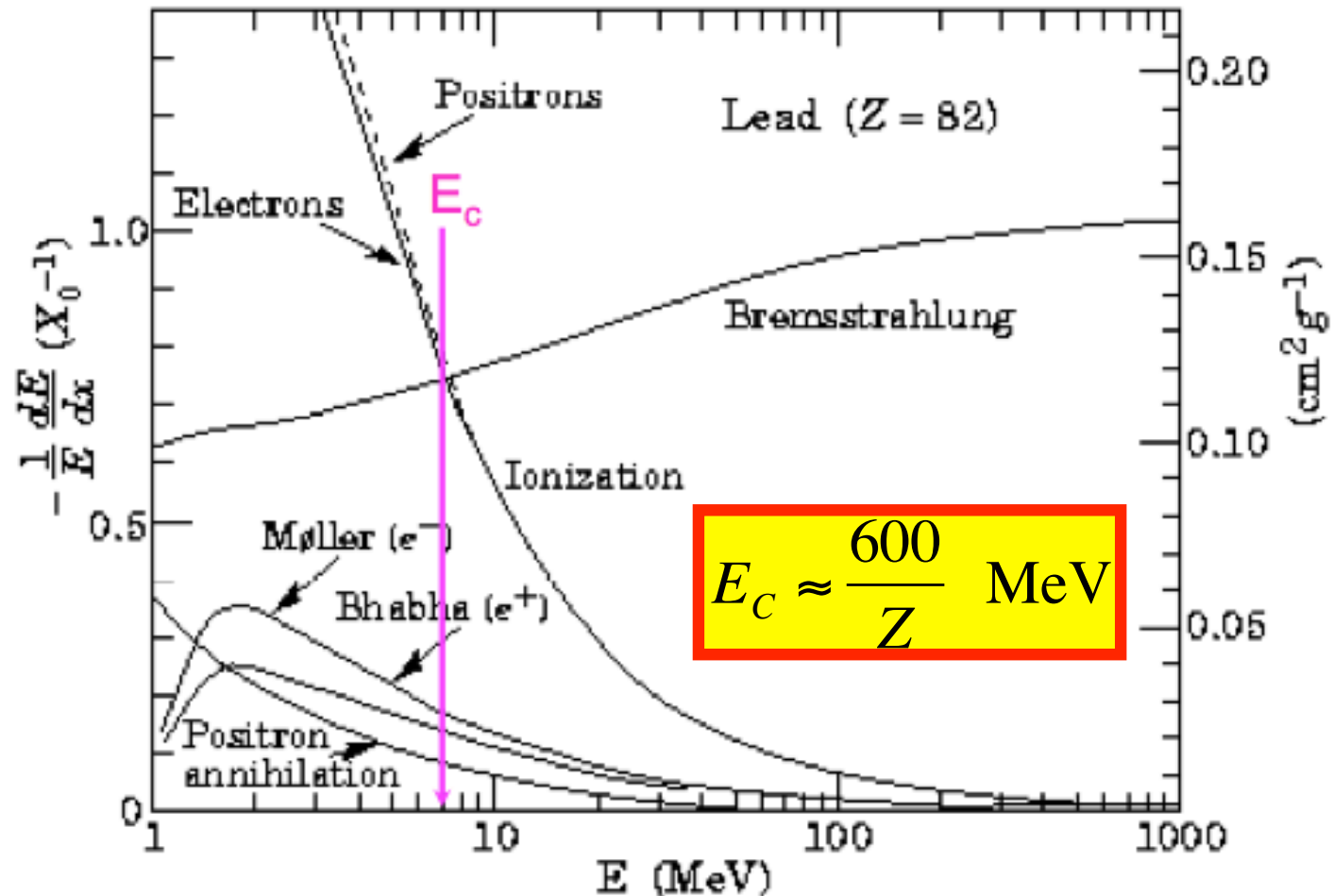
7

# PERDITA DI ENERGIA PER IONIZZAZIONE

(esempi)



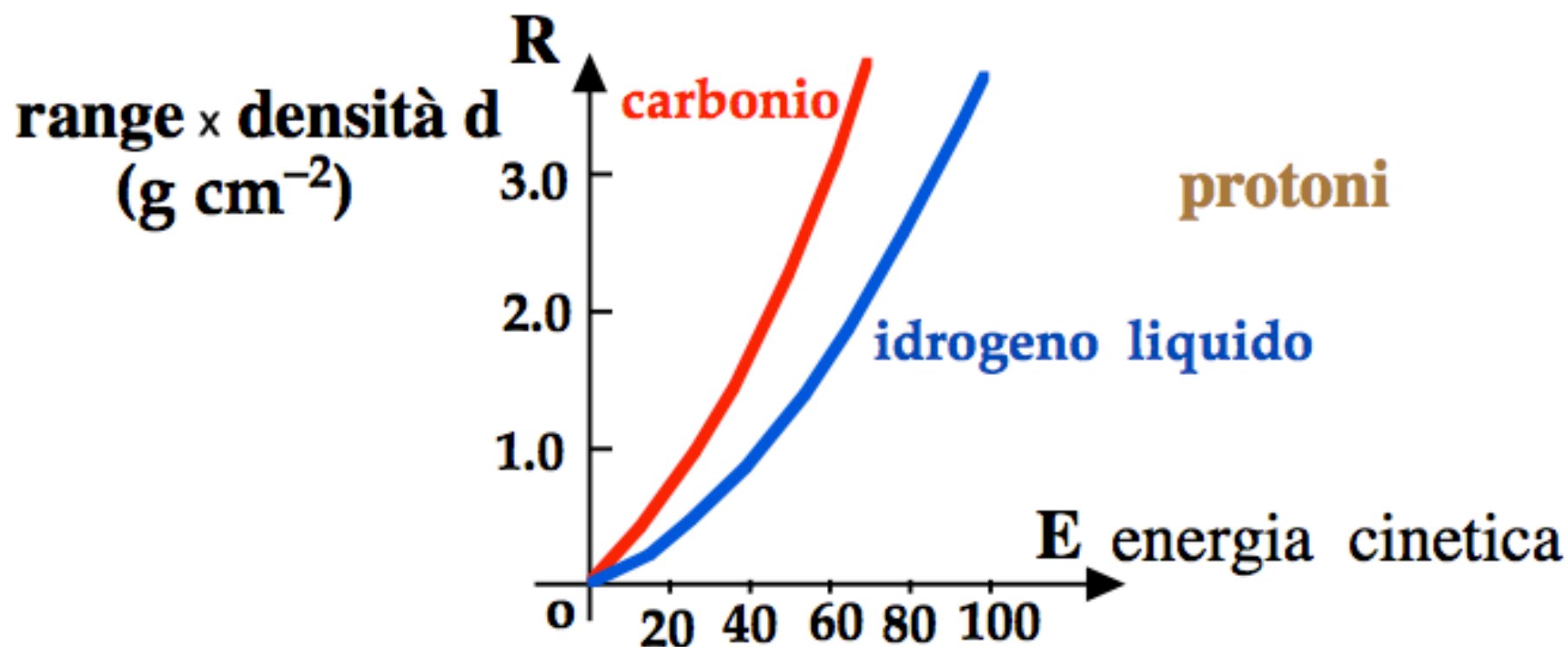
# Elettroni & Positroni



Energia critica: quando perdita di energia per ionizzazione eguaglia perdita di energia per bremsstrahlung

# ASSORBIMENTO di RADIAZIONI CORPUSCOLARI

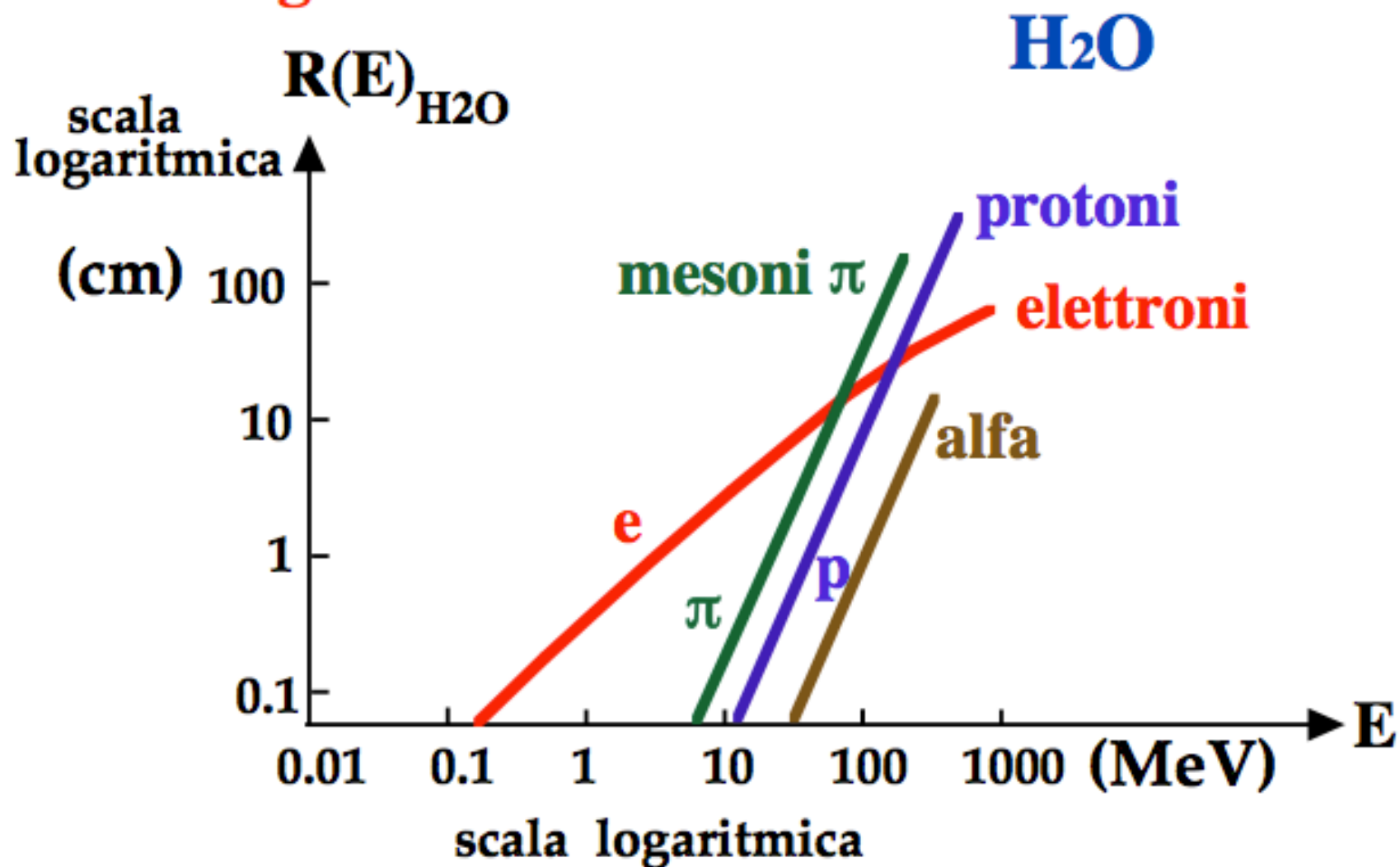
## ■ range R





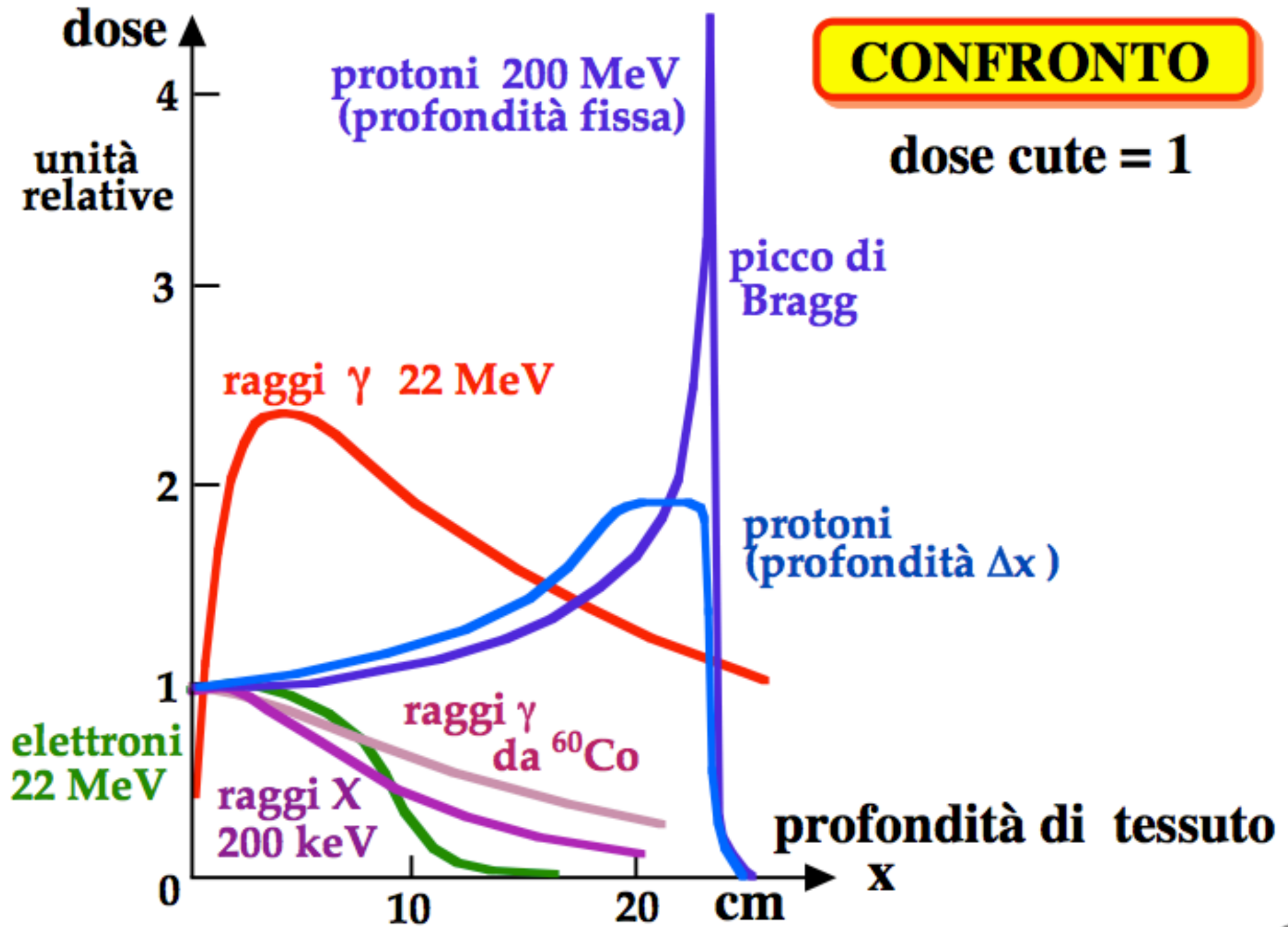
# ASSORBIMENTO di RADIAZIONI CORPUSCOLARI

■ range  $R$



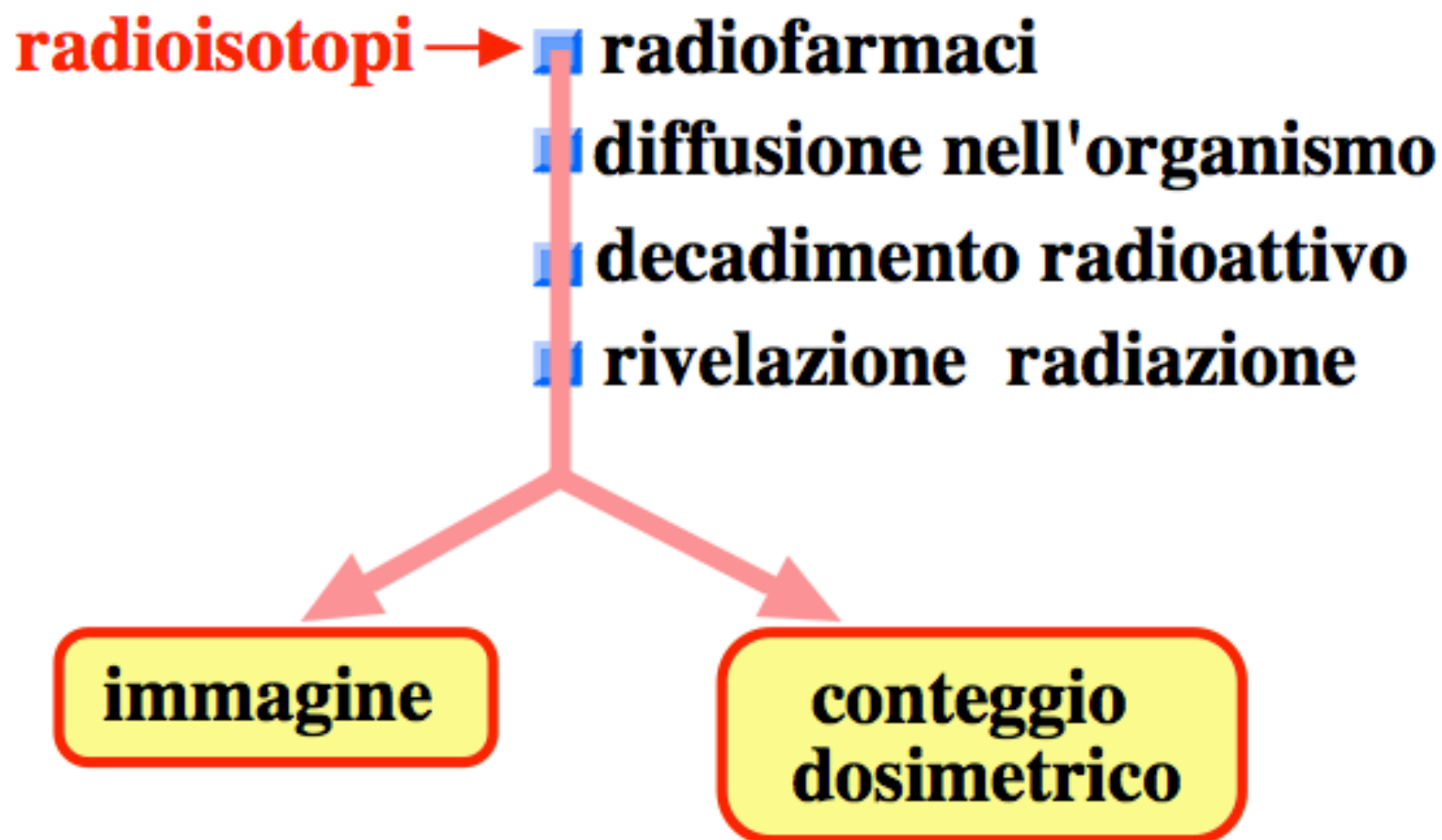
# CONFRONTO

dose cute = 1

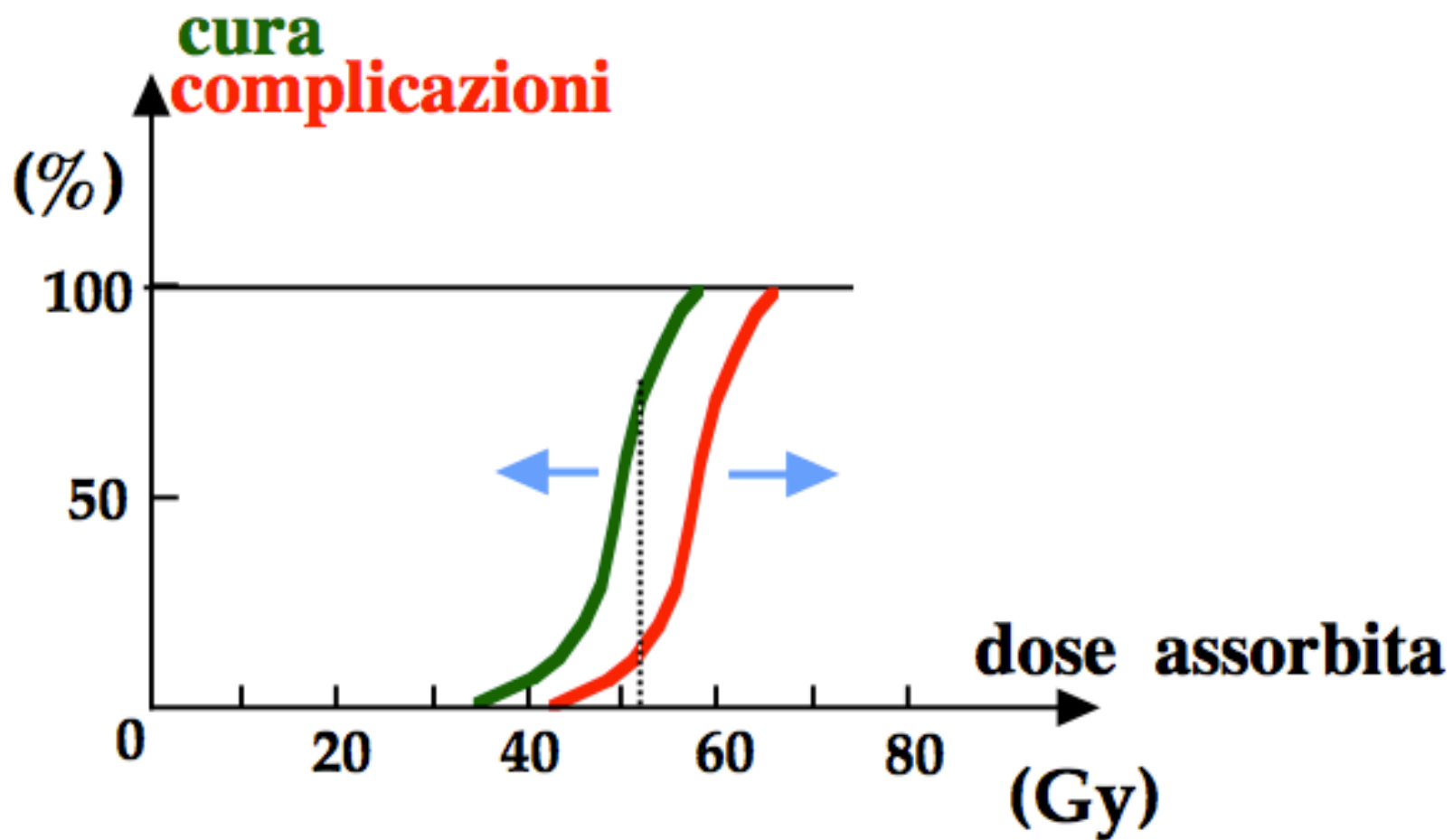


# IMPIEGO IN DIAGNOSTICA

## radiodiagnostica



# IMPIEGO IN TERAPIA



## IMPIEGO IN TERAPIA

☀ **cobaltoterapia**  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  (1.3 MeV)

☀ **fasci di elettroni**

☀ **fasci gamma**

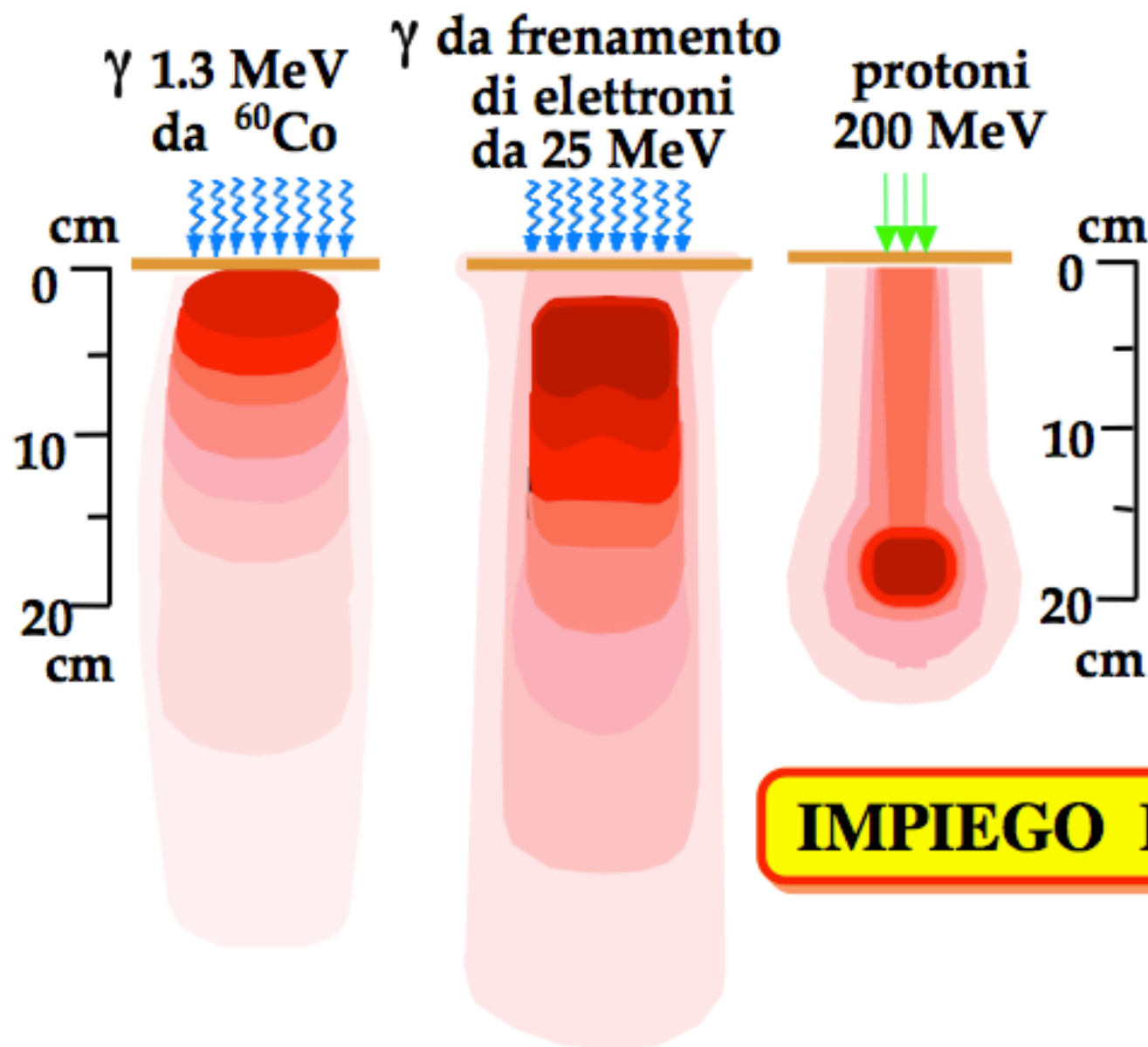
☀ **adroterapia**

- **protoni**
- **neutroni (BNCT)**
- **ioni pesanti**



Boron Neutron Capture Therapy





**IMPIEGO IN TERAPIA**



Tabelle riepilogative dei principali  
processi di interazione radiazione-materia

TIPO DI RADIAZIONE	DESCRIZIONE	CARATTERISTICHE	INTERAZIONE CON LA MATERIA	AD ENERGIA CINETICA DI ~ 1 MeV IN ACQUA
$\alpha$ , $p$ , ione	nucleo di elio, nucleo di idrogeno (protone), nucleo generico	particella carica pesante	ionizzazione	Range(p)~20 $\mu\text{m}$ Range( $\alpha$ )~5 $\mu\text{m}$ <b>poco penetrante</b>
$\beta^-$ , $\beta^+$ (altro simbolo equivalente: $e^-$ , $e^+$ )	elettrone, positrone	particella carica leggera	ionizzazione, bremsstrahlung (solo $e^+$ : annichilazione)	Range(e)~4 mm <b>mediamente penetrante</b>
$\gamma$	fotone (raggio $\gamma$ oppure X)	particella neutra massa nulla	fotoelettrico, Compton, produzione di coppie	Cammino libero medio $\lambda=1/\mu \sim 10 \text{ cm}$ <b>penetrante</b>
$n$	neutrone	particella neutra pesante	ionizzazione secondaria	Cammino libero medio $\lambda=1/\mu \sim O(10 \text{ cm})$ <b>penetrante</b>



PARTICELLA INCIDENTE	TIPO INTERAZIONE CON LA MATERIA	PROCESSO (A = atomo)
p, α, ione, e <sup>+</sup> , e <sup>-</sup> (β <sup>+</sup> ,β <sup>-</sup> )	perdita energia per ionizzazione [7] (con eccitazione ed emissione radiativa [2])	$p + A \rightarrow p + e^- + A^+$ $(p + A \rightarrow p + e^- + A^{*+} \rightarrow p + e^- + A^{++} + \gamma)$
e <sup>+</sup> , e <sup>-</sup> (β <sup>+</sup> ,β <sup>-</sup> )	radiazione di frenamento [1] (anche detta: bremsstrahlung)	$e^- + A \rightarrow e^- + A^+ + \gamma$
e <sup>+</sup> (β <sup>+</sup> )	annichilazione [6]	$e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$
γ	effetto fotoelettrico [3]	$\gamma + A \rightarrow e^- + A^{*+} \rightarrow e^- + A^+ + \gamma'$
γ	effetto Compton [4]	$\gamma + e^- \rightarrow \gamma' + e^-$
γ	creazione di coppie [5]	$\gamma + A \rightarrow A + e^- + e^+$
n	ionizzazione secondaria	$n + p \rightarrow n + p$ $(e \text{ poi } p + A \rightarrow p + e^- + A^+)$