

LA FISICA È BELLA E UTILE

Ovvero, perché le scienze della vita
hanno bisogno della fisica.

(3)

Paola Scampoli

Università di Napoli Federico II

Università di Berna

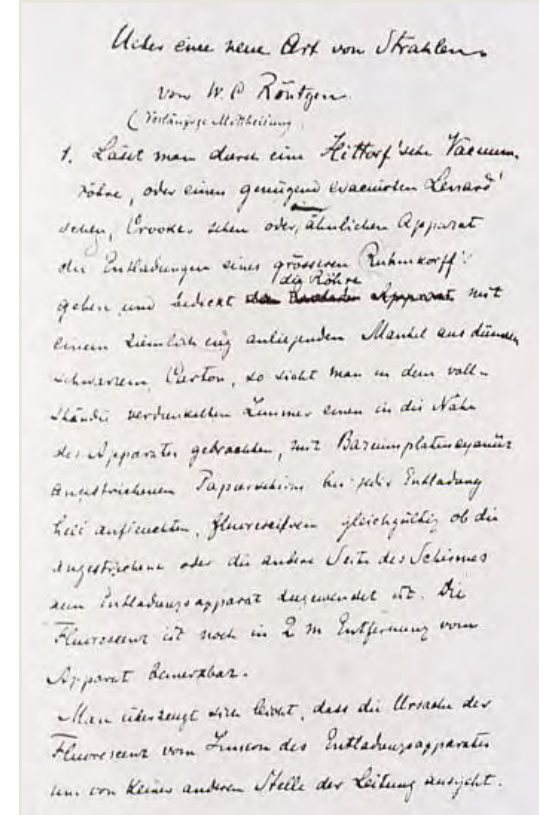
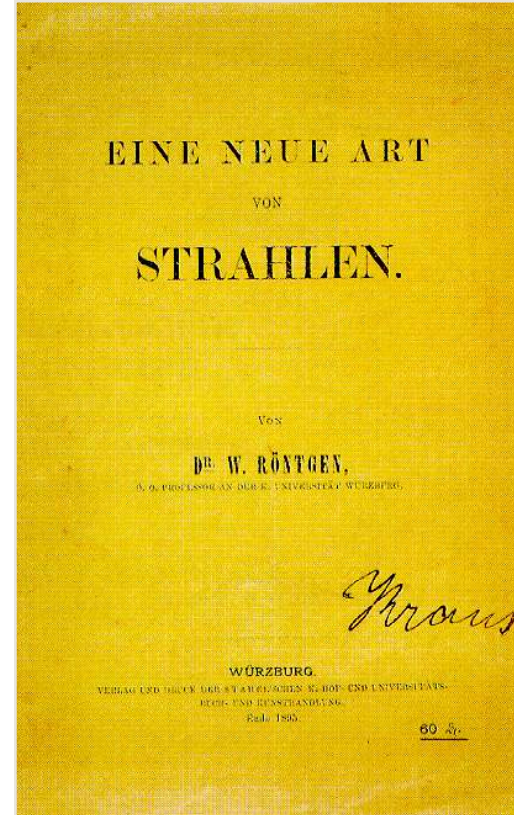
paola.scampoli@unina.it

L'inizio di una lunga avventura

November 1895: Discovery of X-rays by W. K. Röntgen

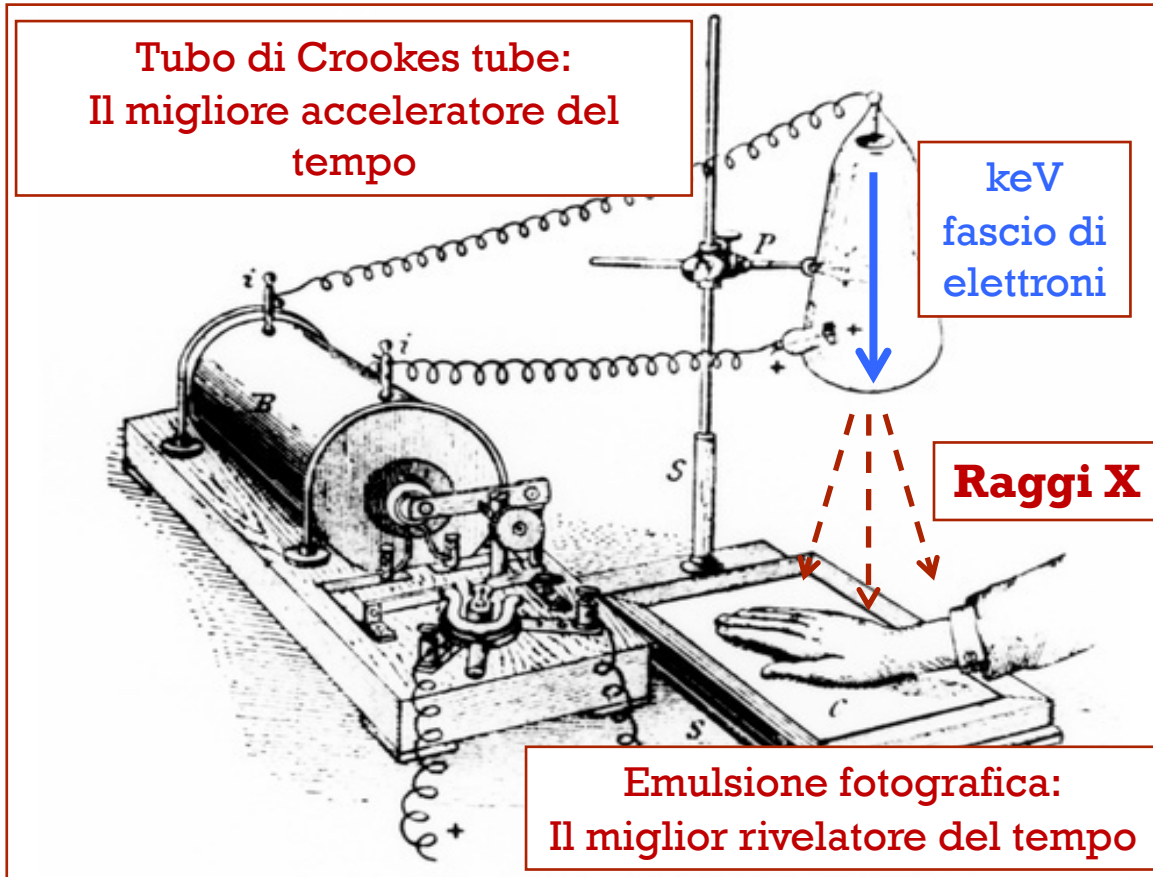


Wilhelm K. Röntgen
(1845 – 1923)



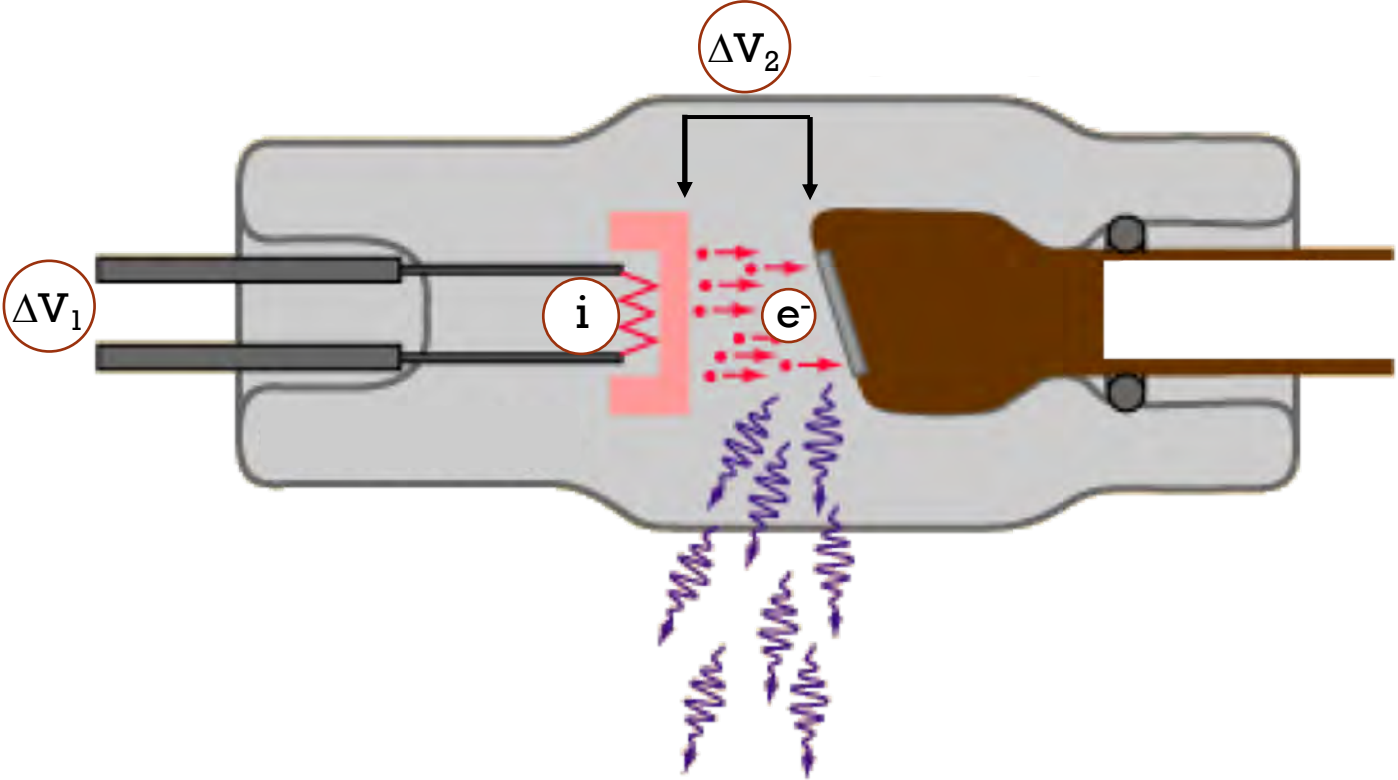
L'inizio di una lunga avventura

Dicembre 1895: la prima radiografia



La produzione dei raggi X

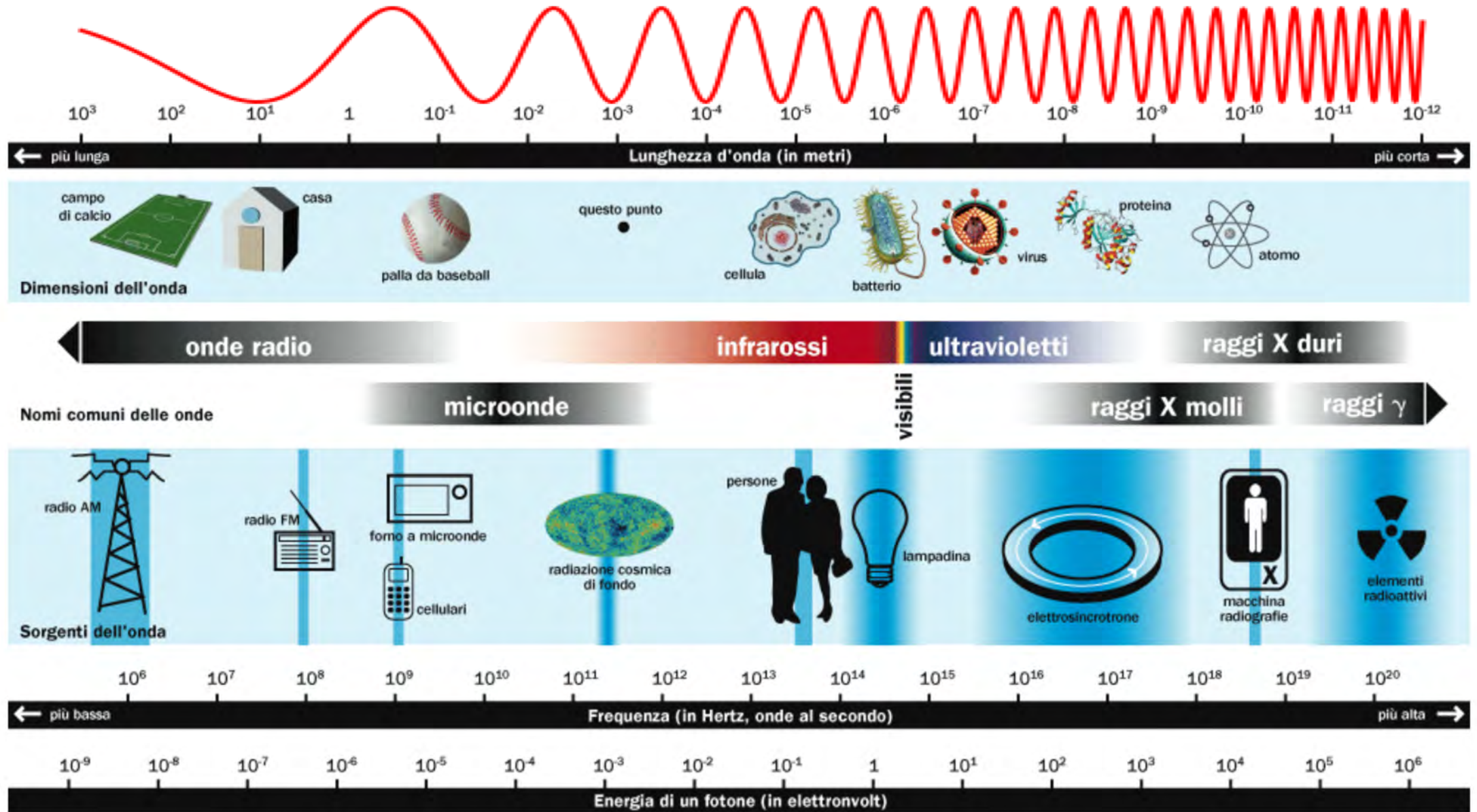
$$\Delta V \longrightarrow \vec{E} \longrightarrow \vec{F} \longrightarrow i$$



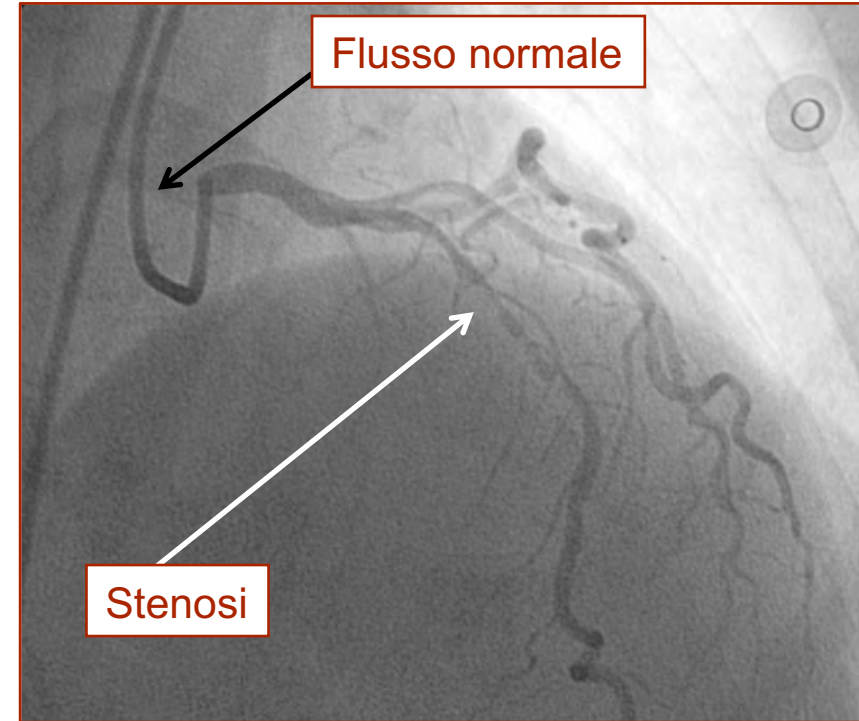
Raggi X



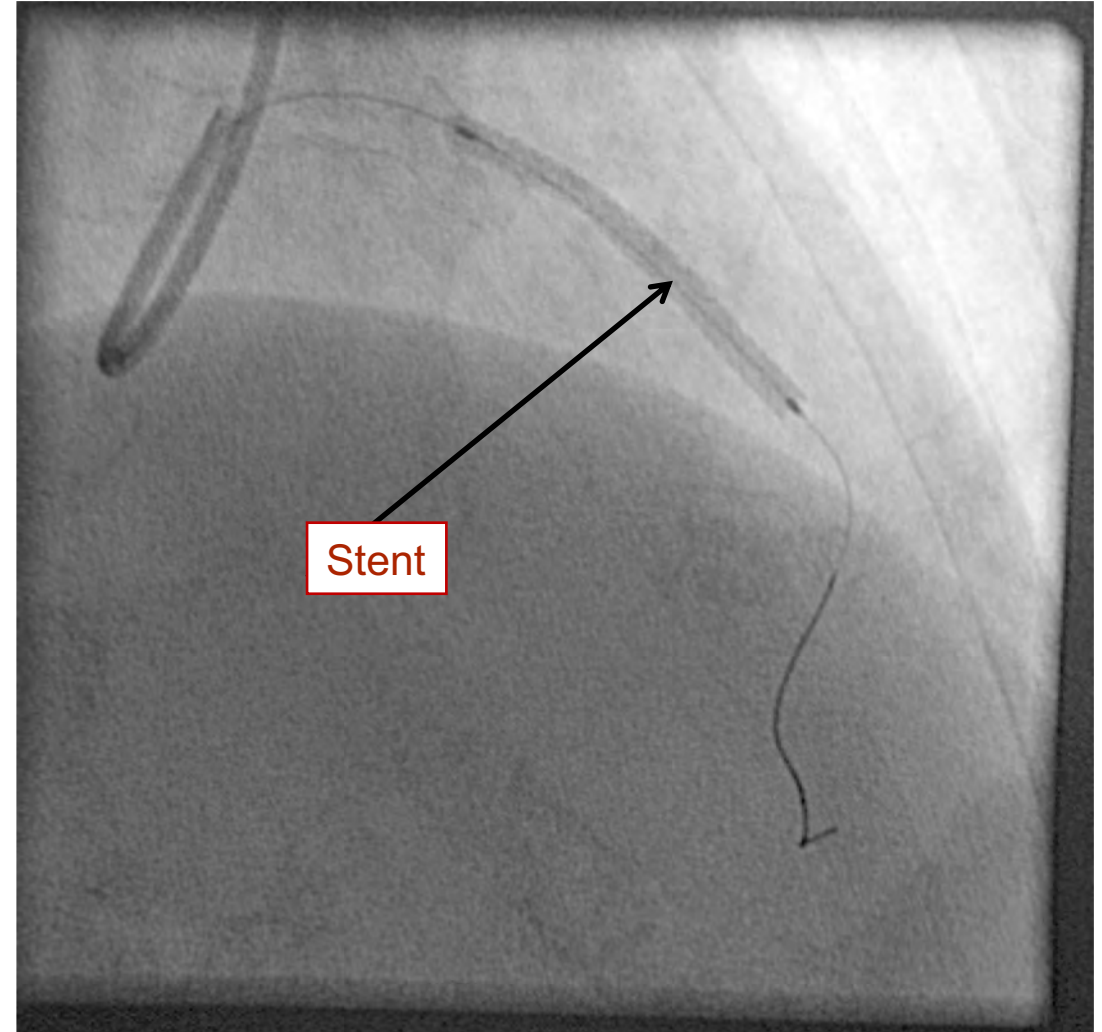
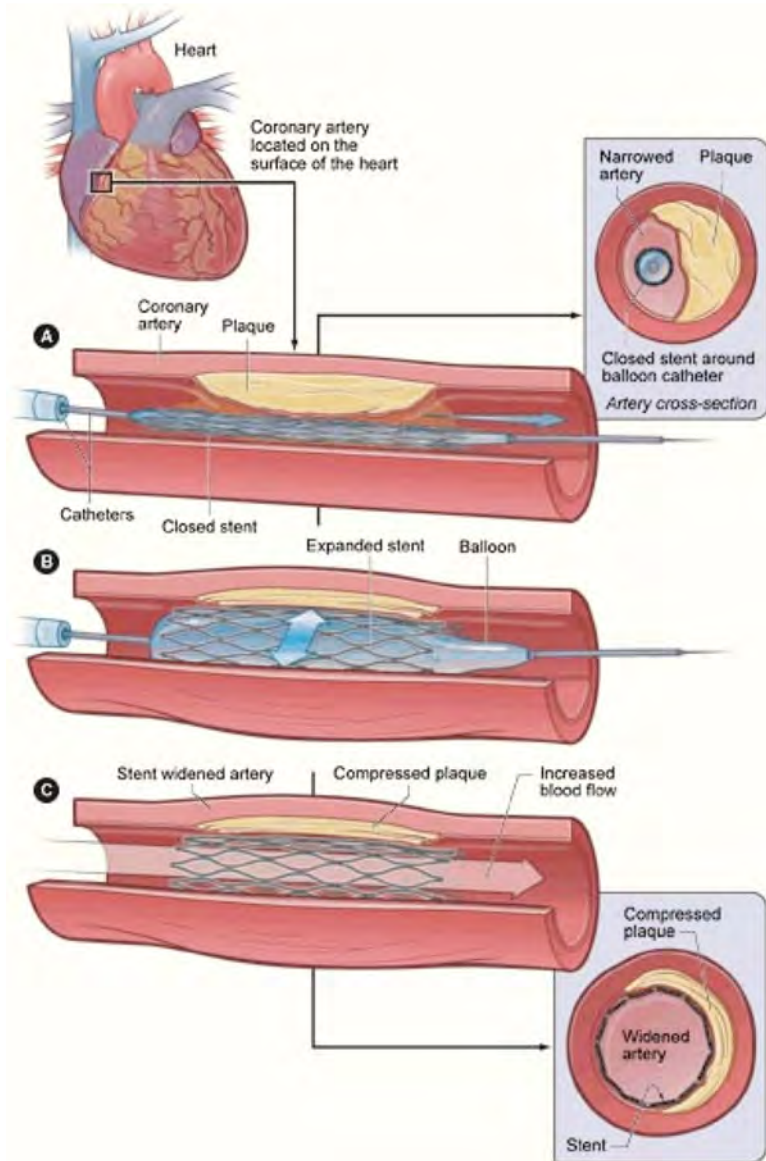
Radiazione elettromagnetica



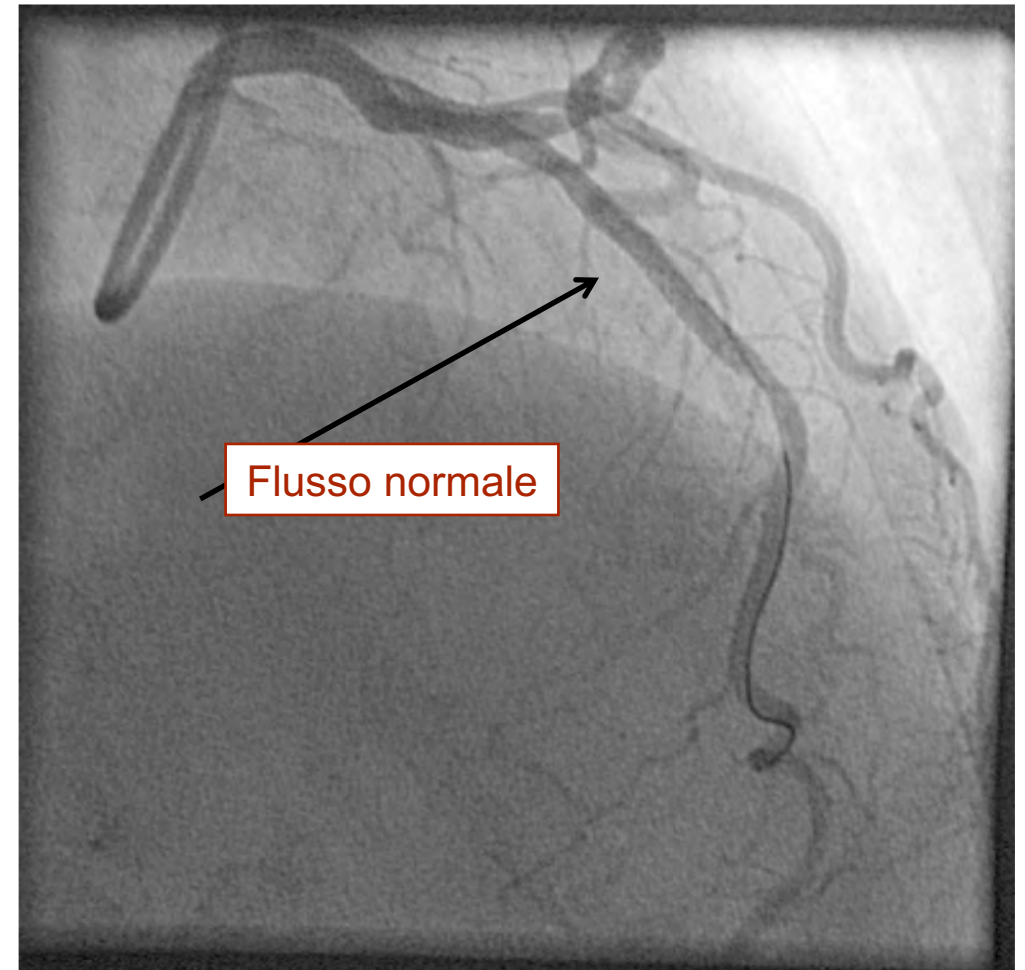
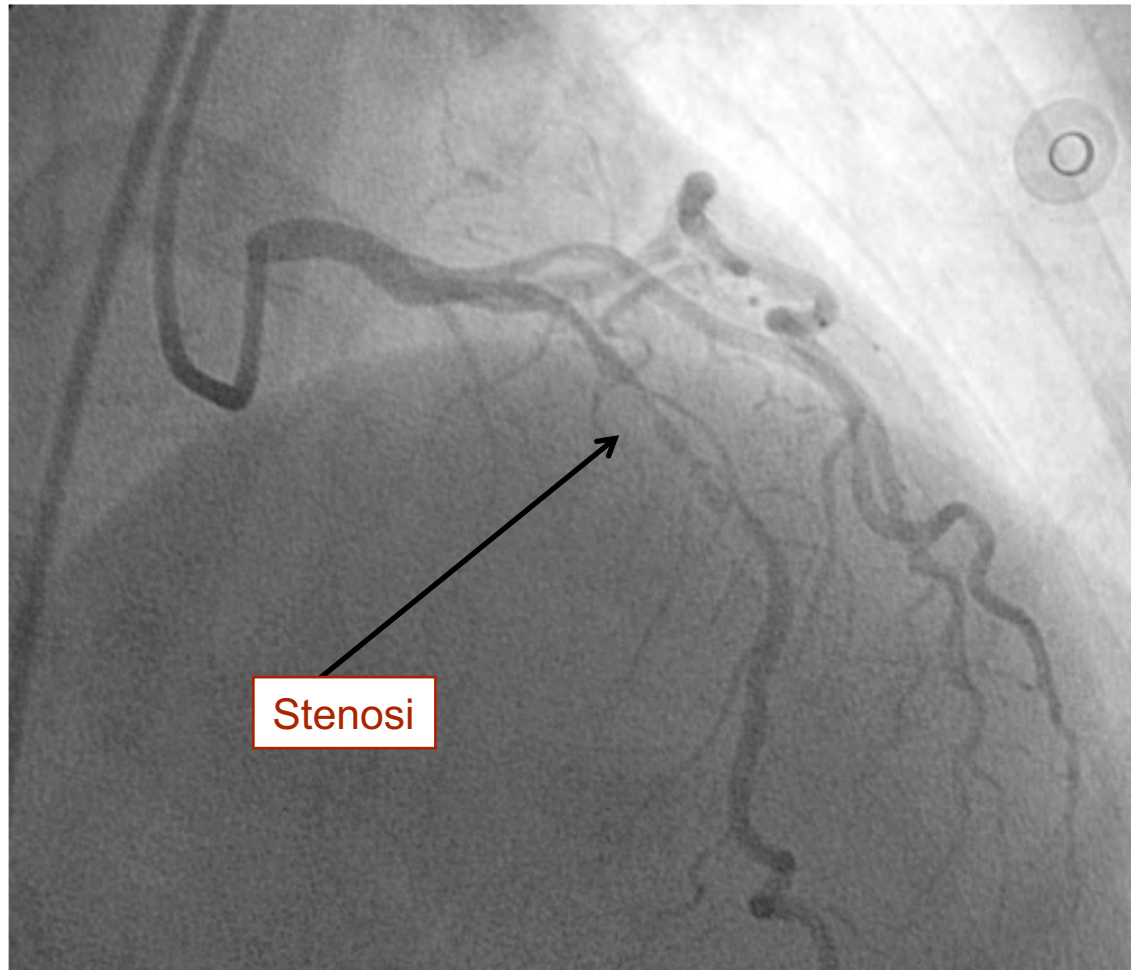
Diagnostica e terapia



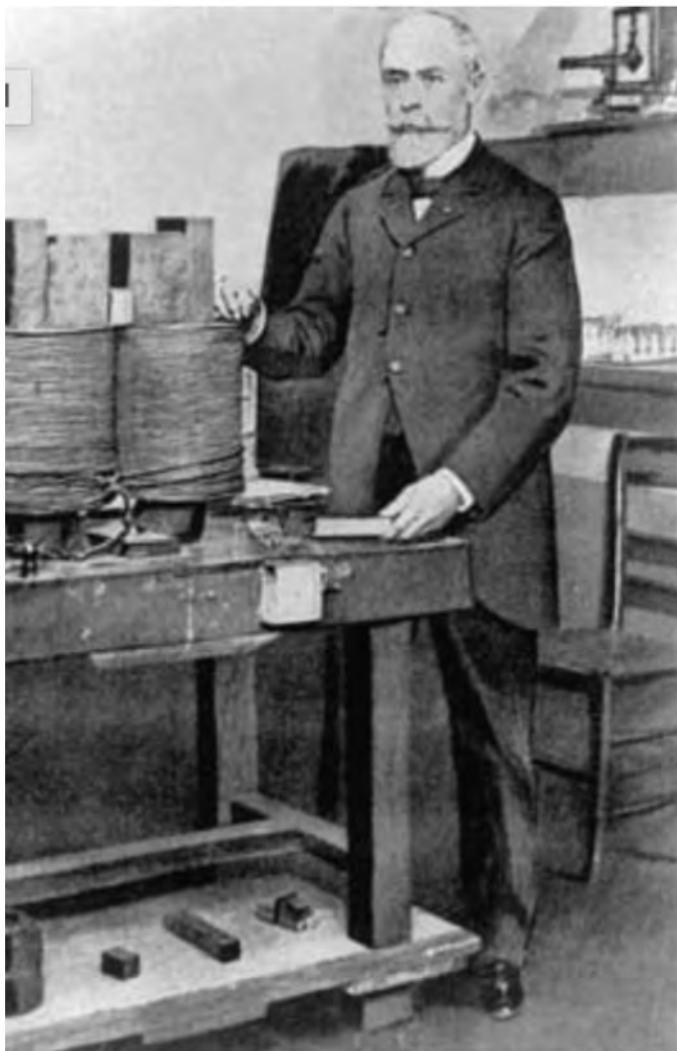
Diagnostica e terapia



Prima e dopo



La radioattività naturale



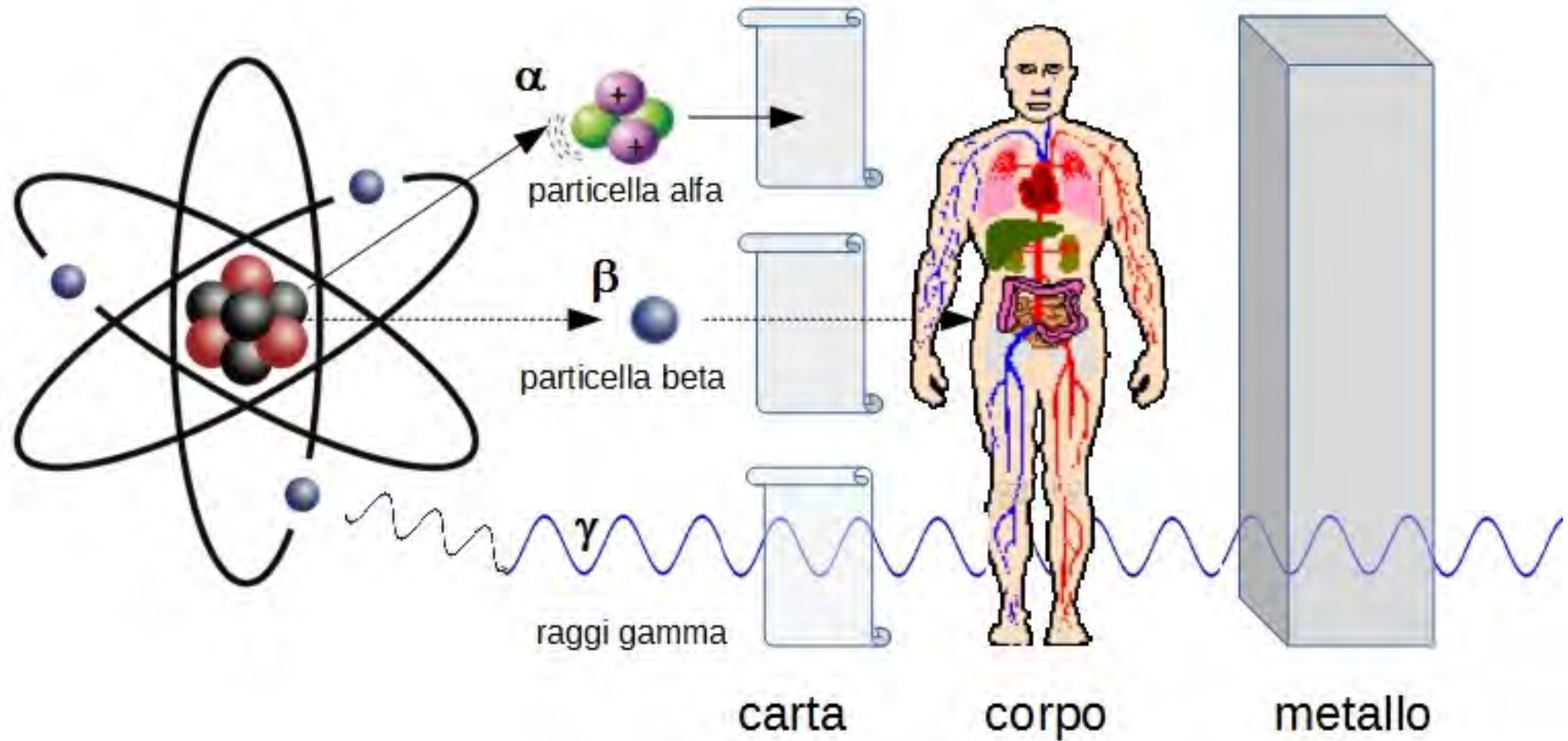
Antoine Henry Becquerel



Marie e Pierre Curie



Radiazione ionizzanti

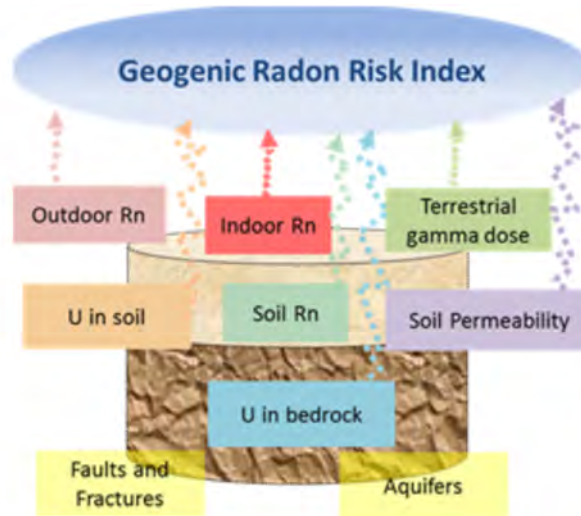
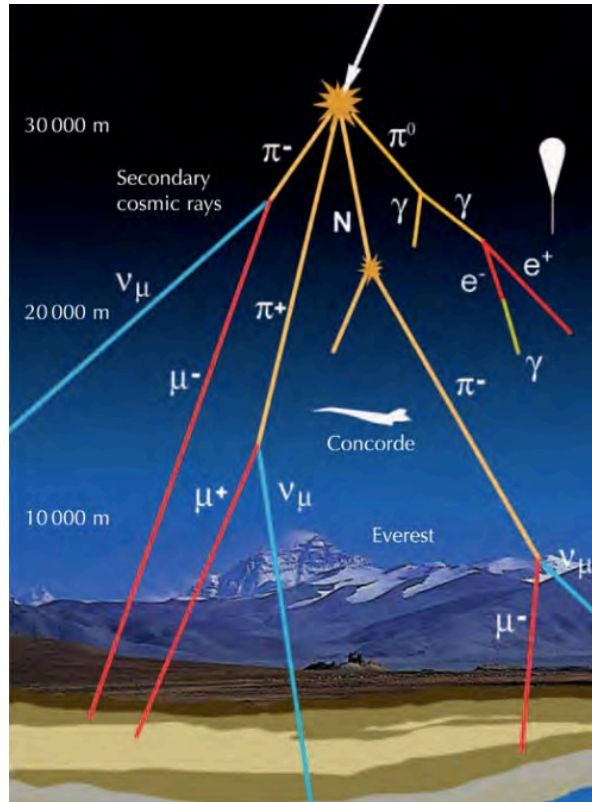


ORSOB **Y** ANCO

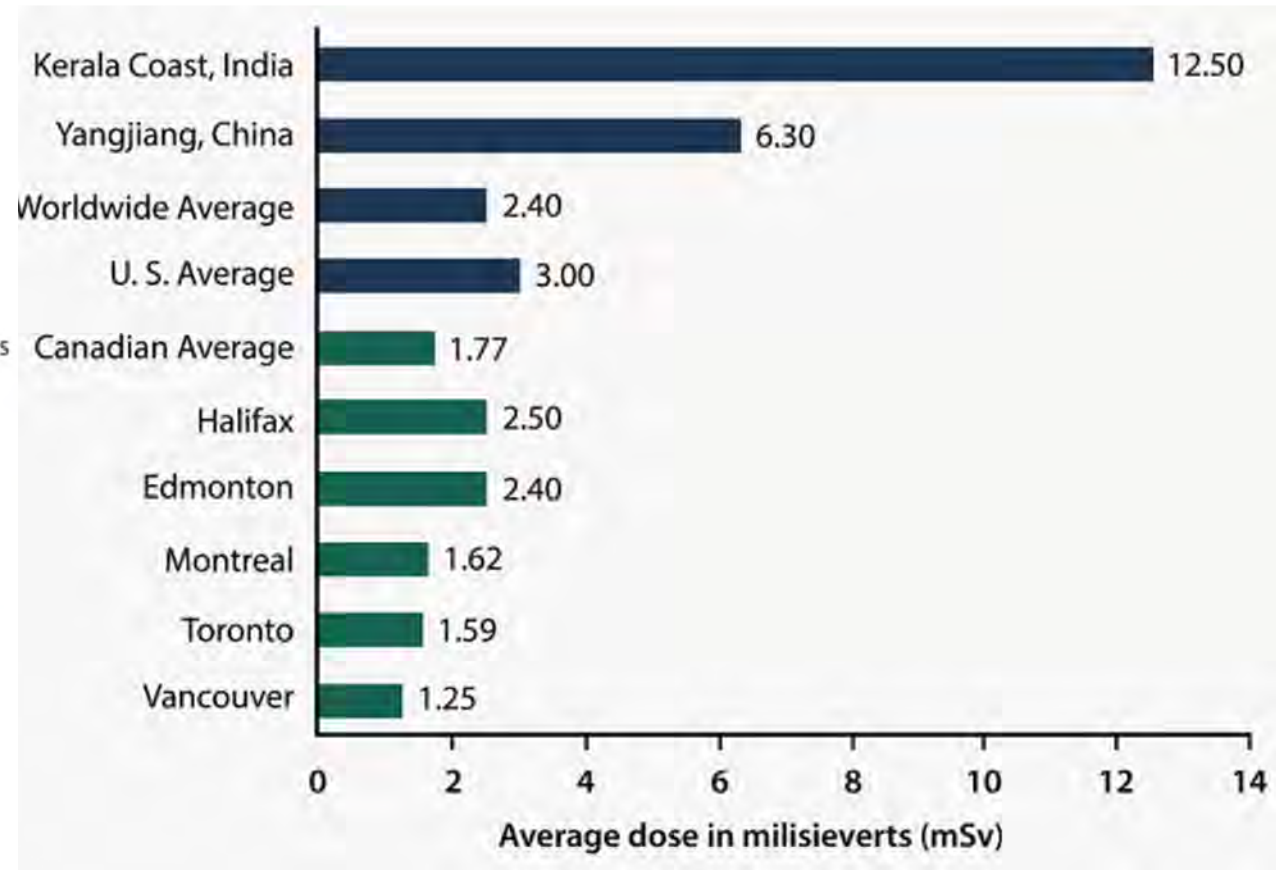
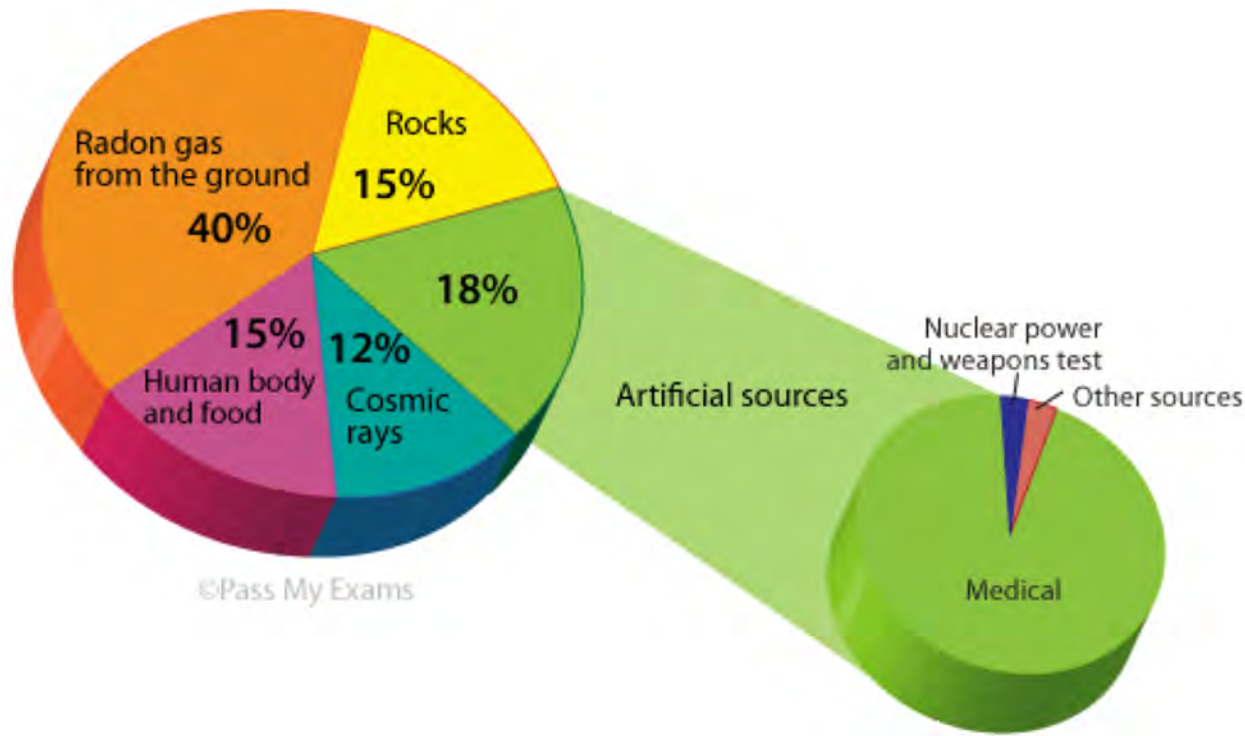
Sorgenti di radiazioni ionizzanti

Naturali

Prodotte dall'uomo

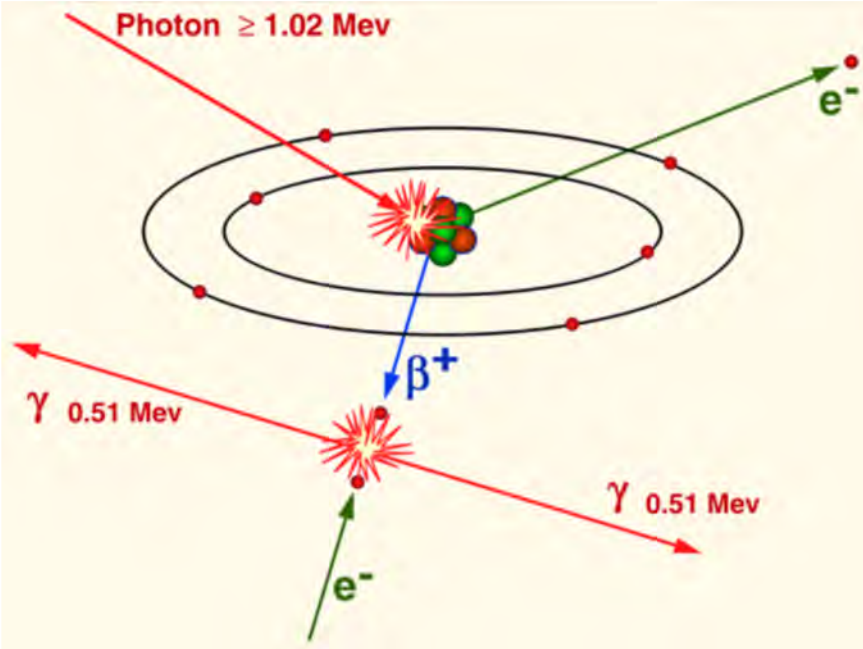
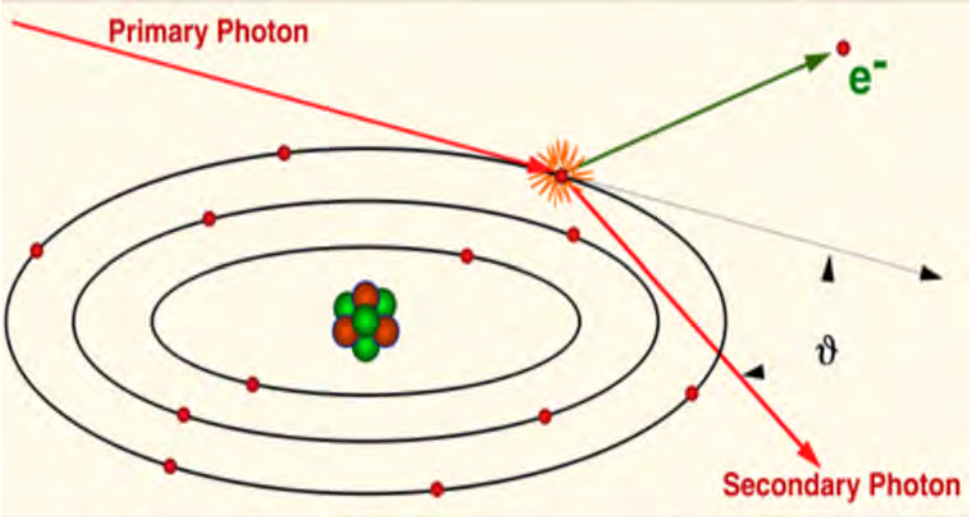
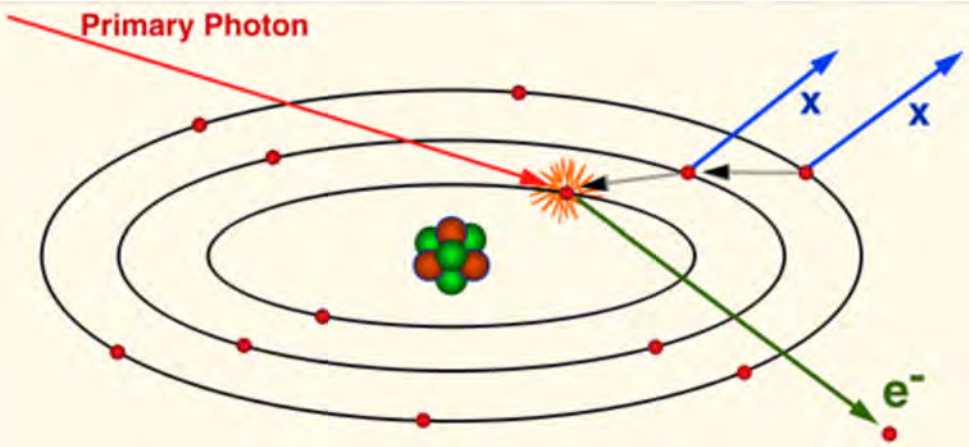


Il fondo naturale di radiazioni



Dose media mondiale all'anno da sorgenti naturali:
2.4 mSv

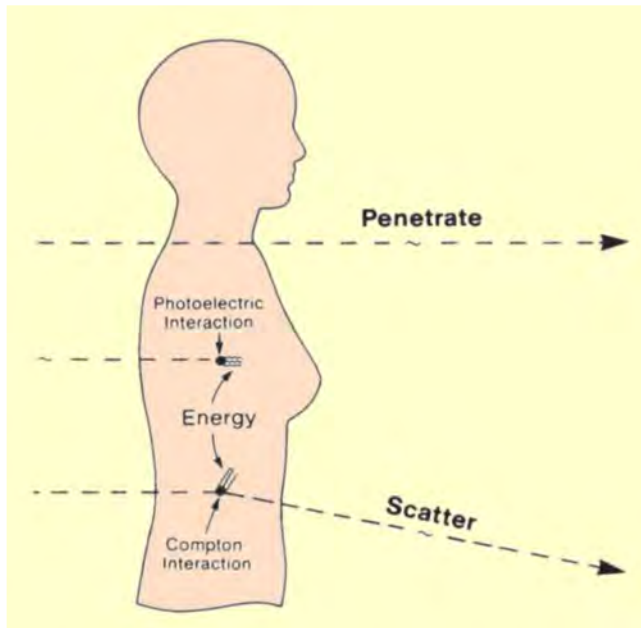
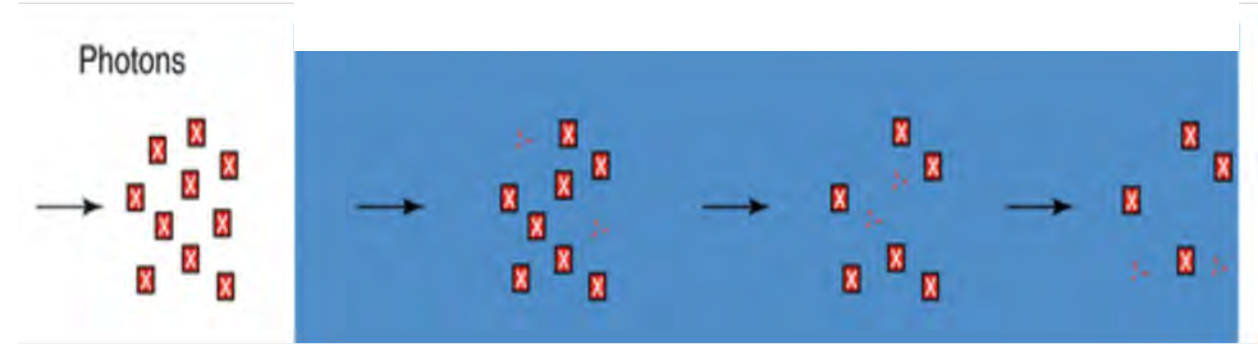
Fotoni e materia



$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

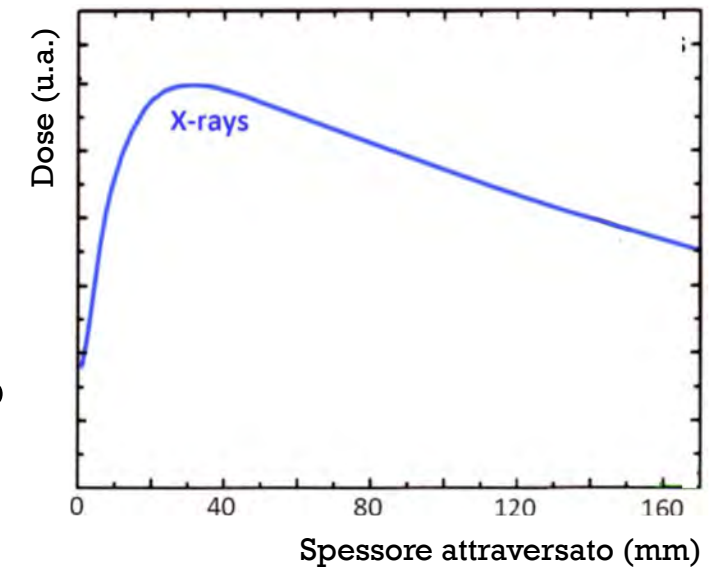
Fotoni e materia

Radiazione neutra



Lungo il percorso:

- Diminuisce (esponenzialmente) il numero di fotoni
- I fotoni continuano il loro percorso fino al loro assorbimento

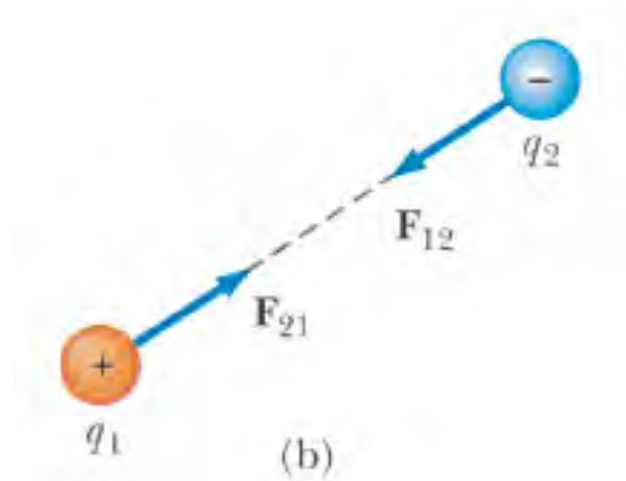


Interazione cariche e materia

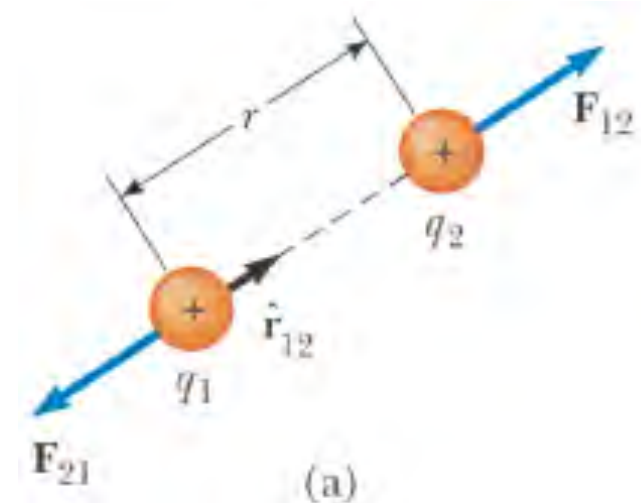
Interazione di tipo elettrico



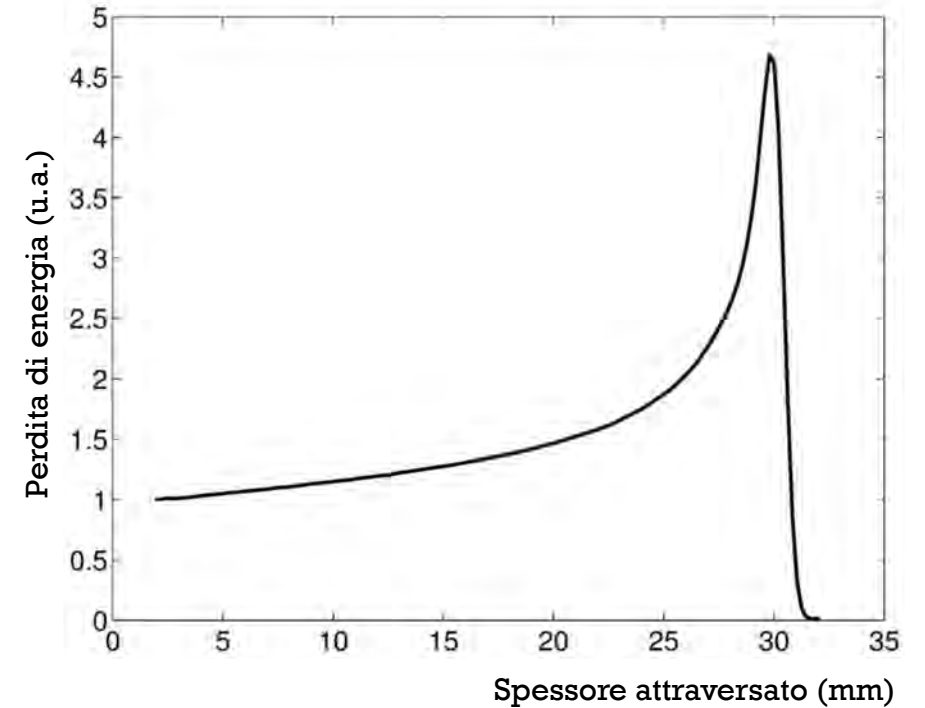
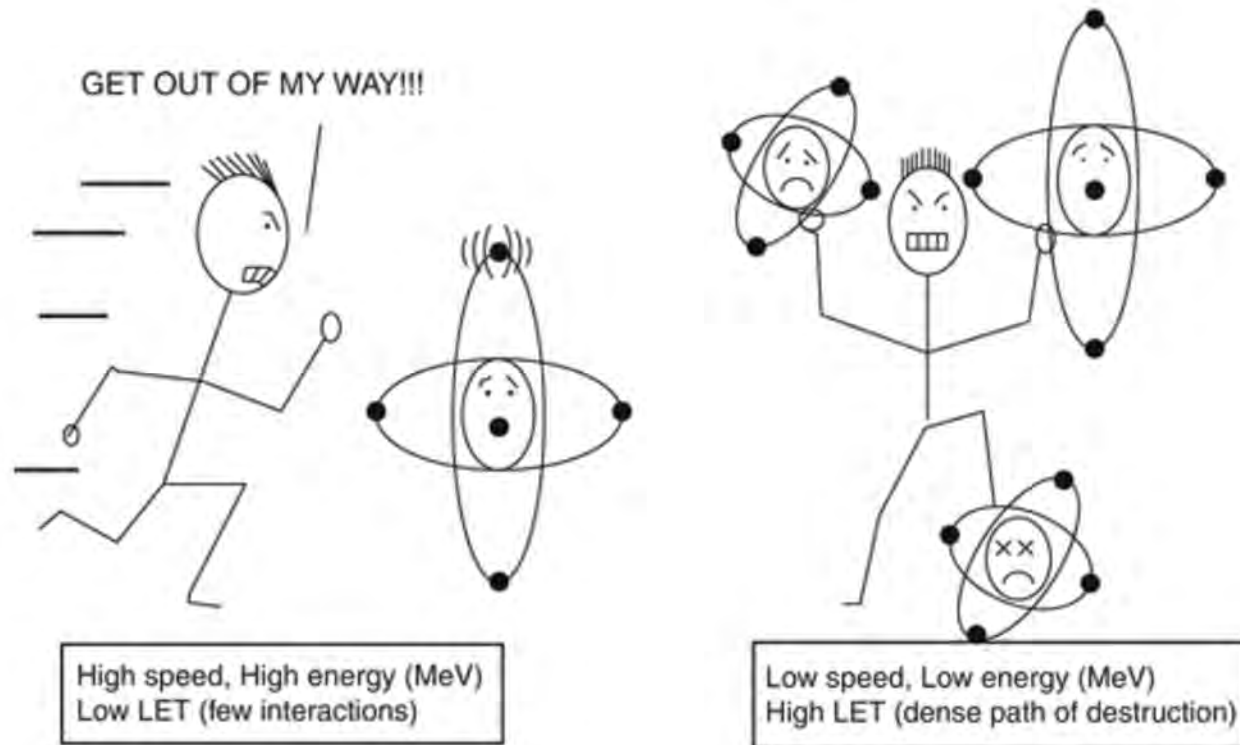
Le particelle cariche interagiscono con la materia che attraversano e perdono energia



$$\vec{F}_{12} = \pm k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$$

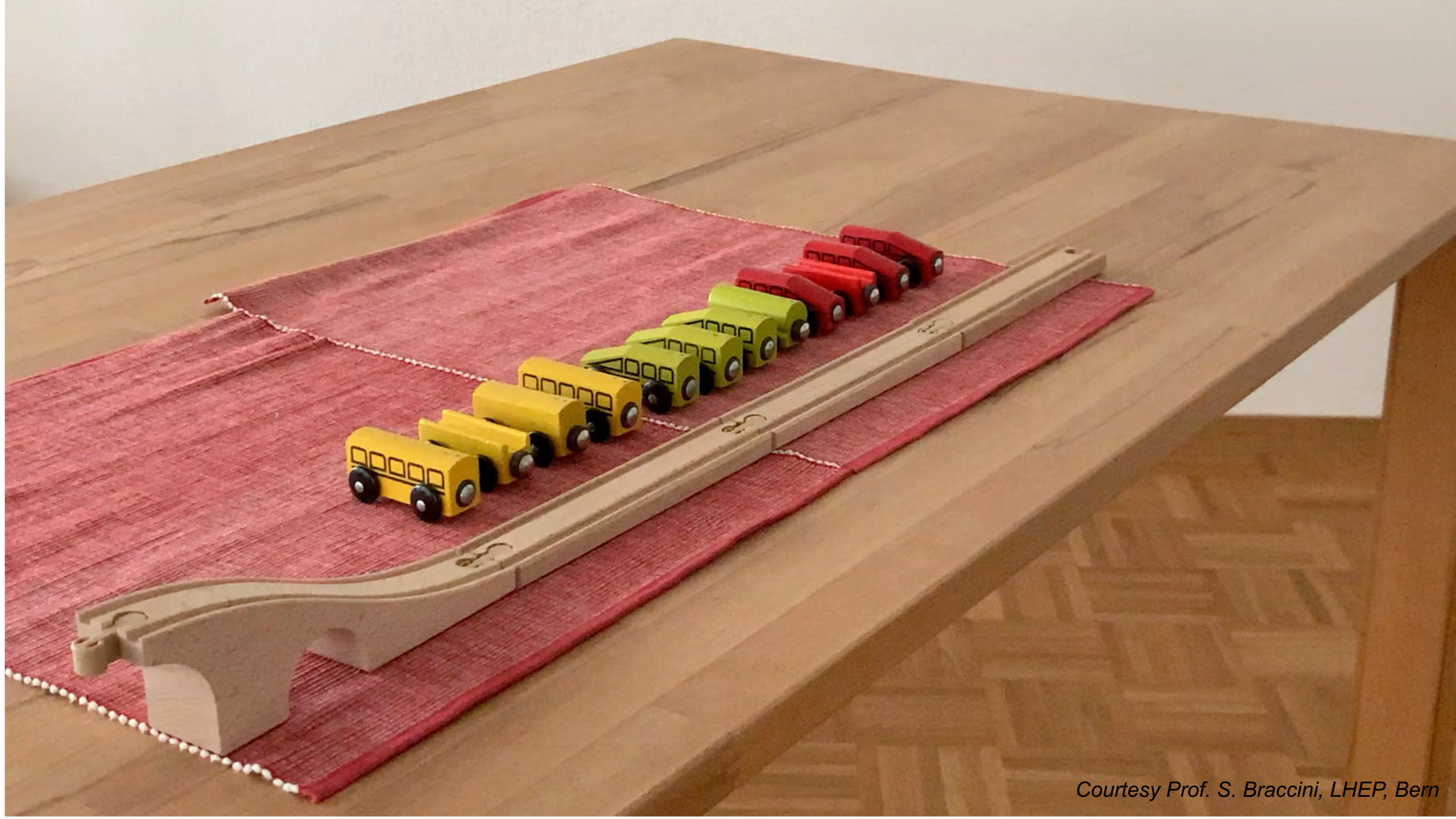


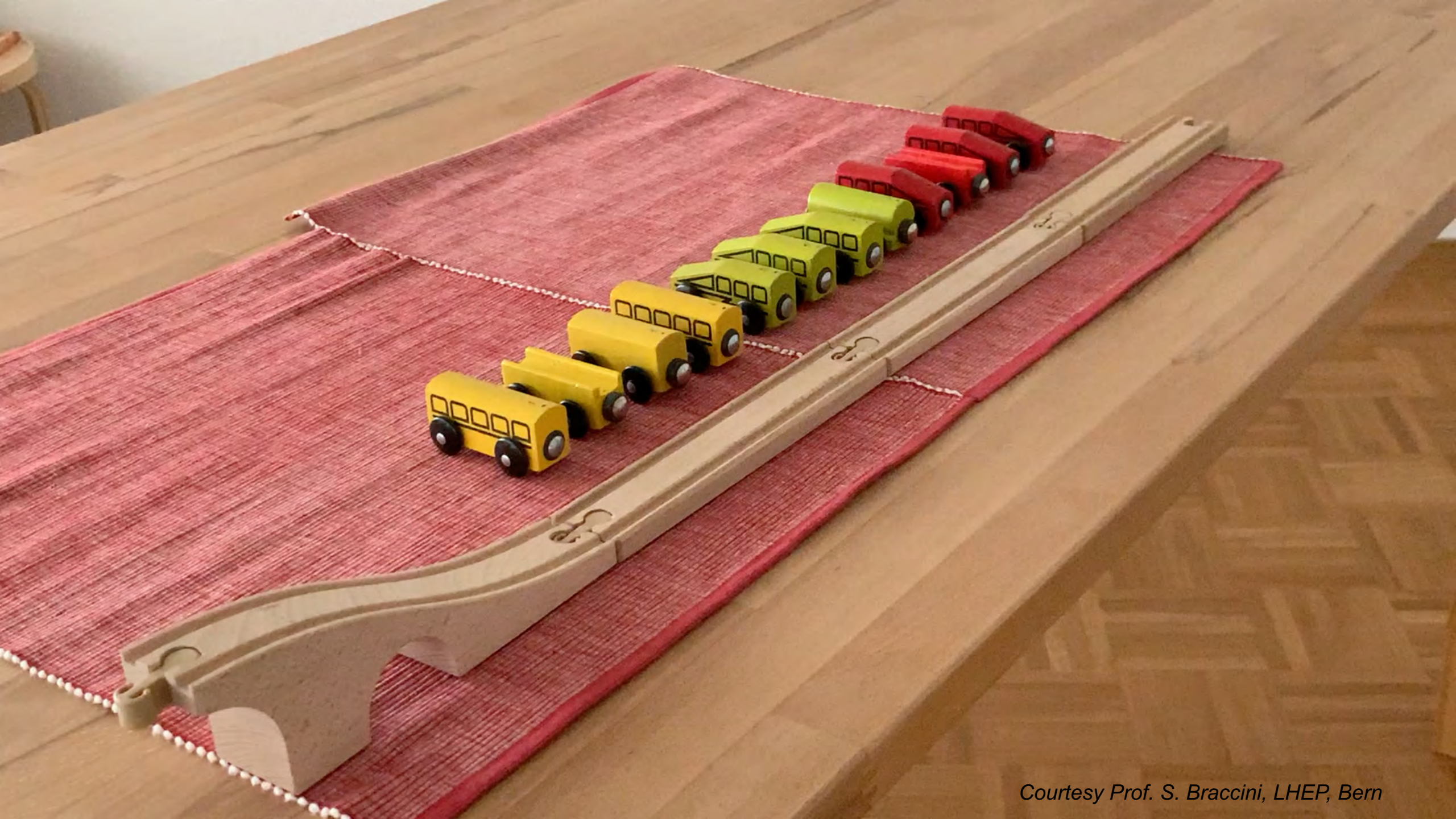
Interazione fra radiazione e materia





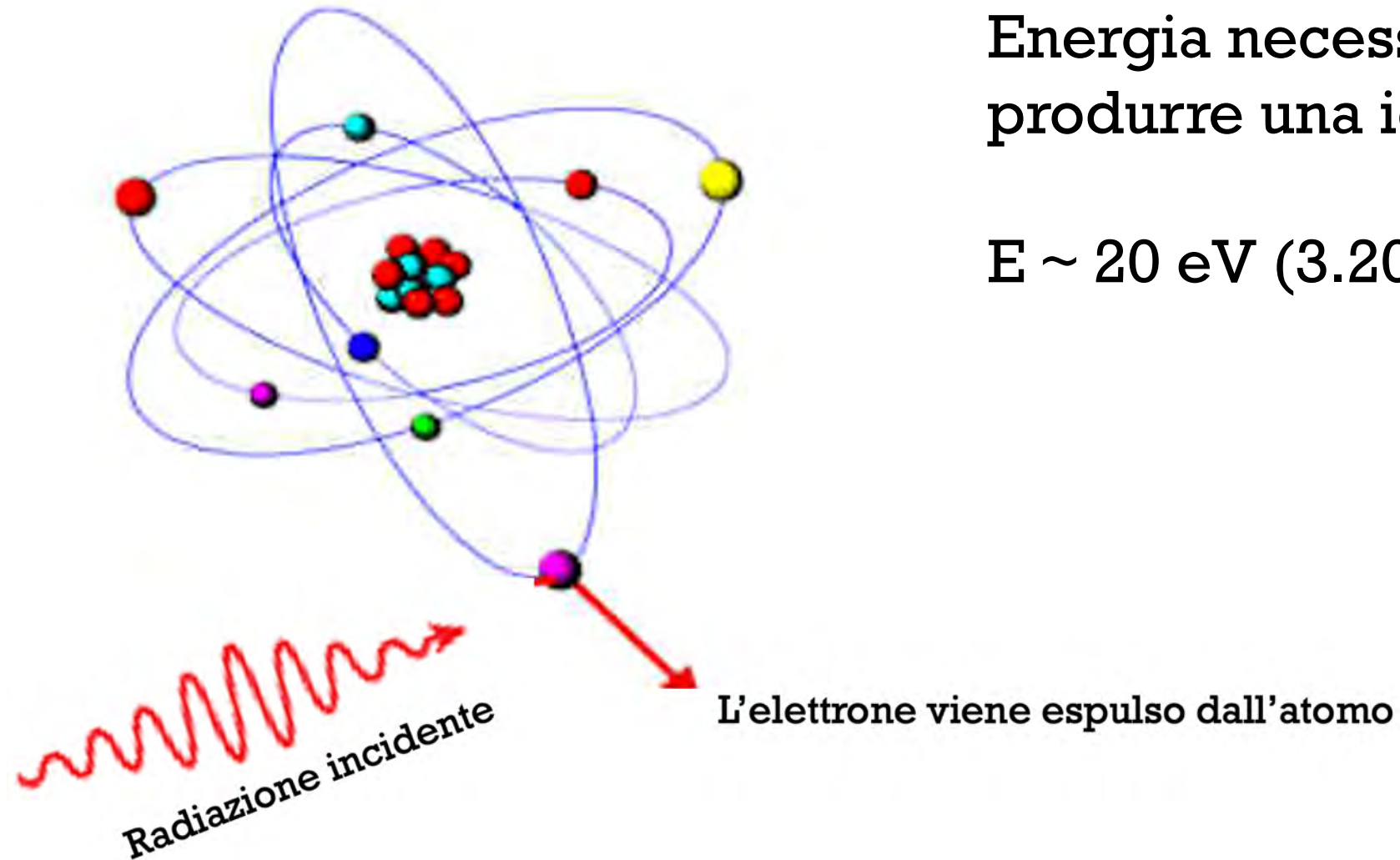
Courtesy Prof. S. Braccini, LHEP, Bern





Courtesy Prof. S. Braccini, LHEP, Bern

Radiazione ionizzante

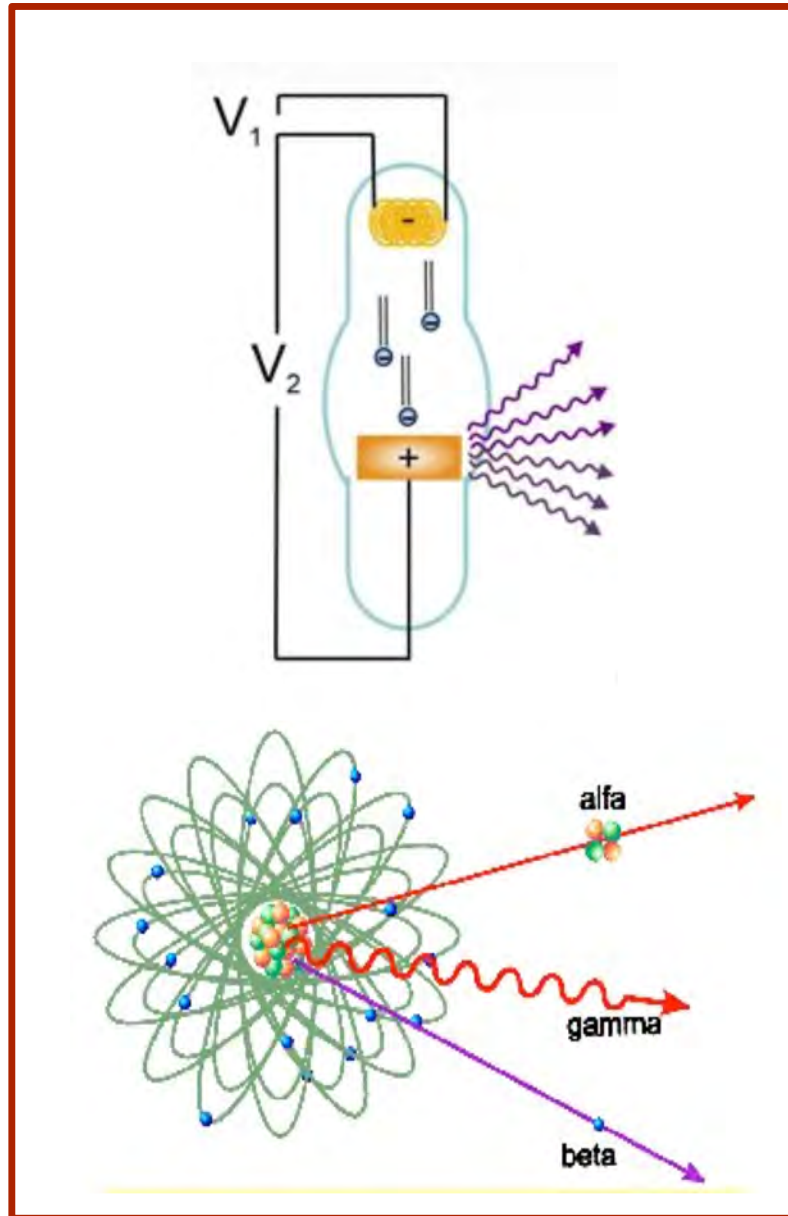


Energia necessaria per produrre una ionizzazione:

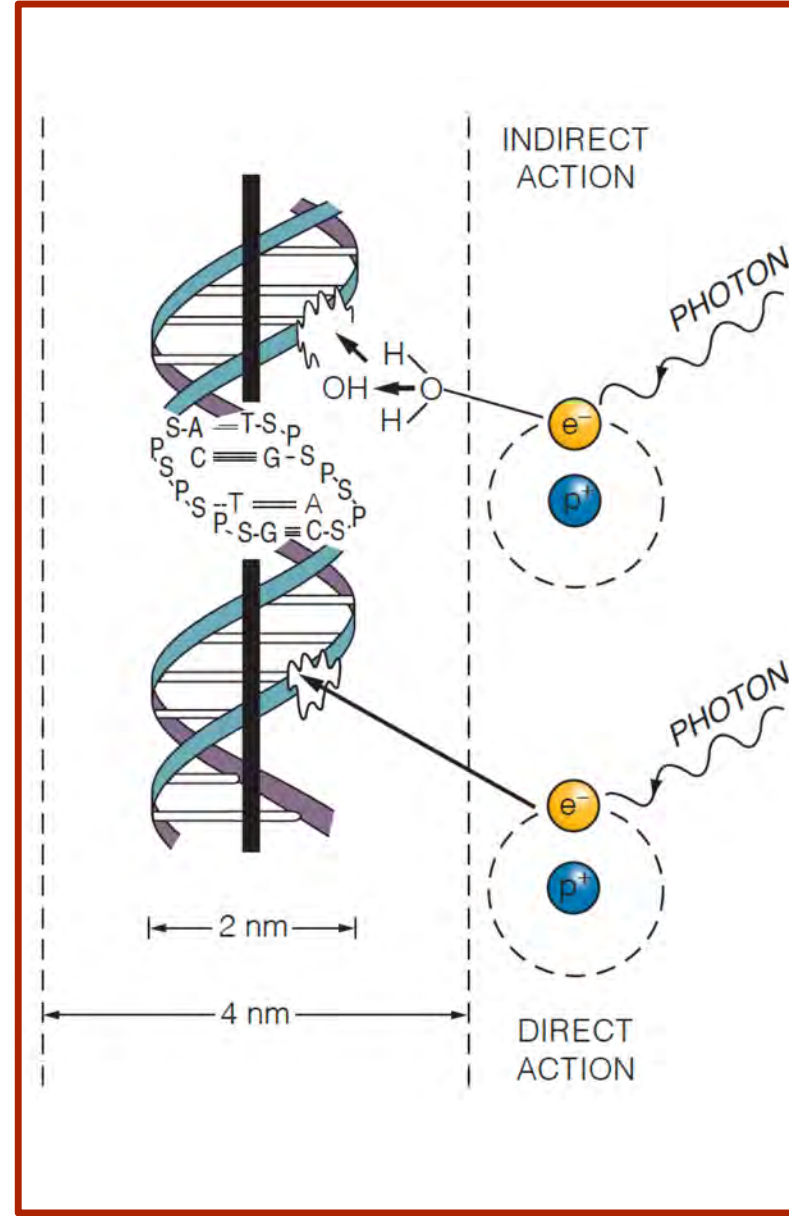
$$E \sim 20 \text{ eV} (3.2044 \times 10^{-18} \text{ J})$$

Ma il DNA è fatto di atomi

Sorgente

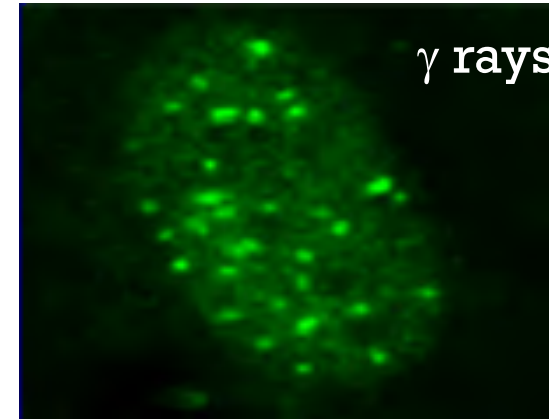
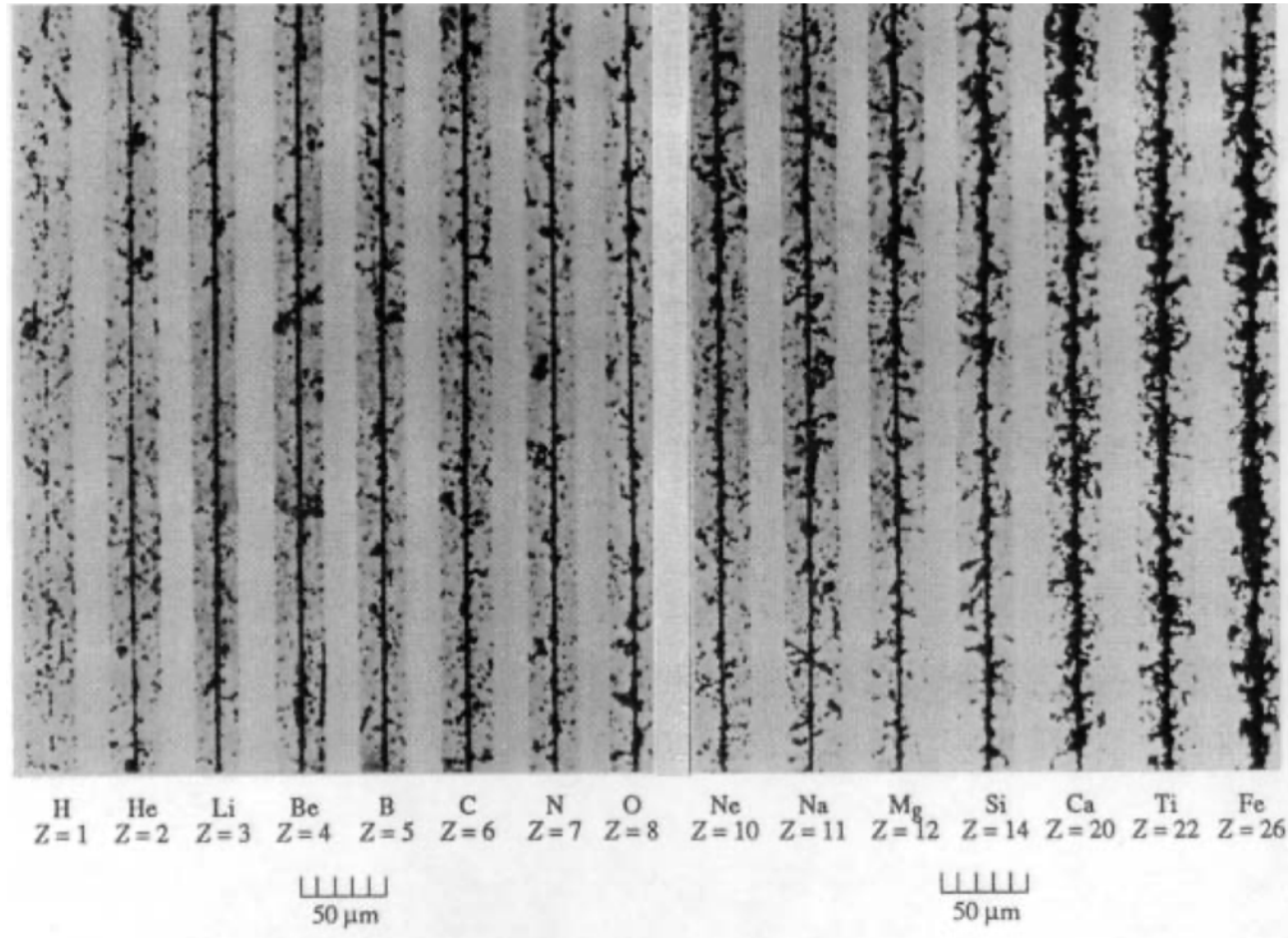


Bersaglio

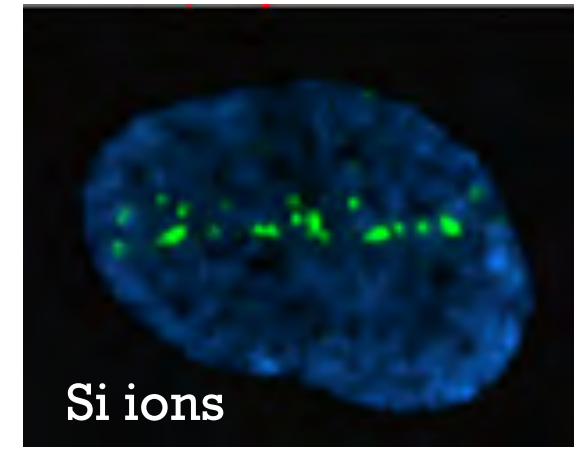


Ionizzazioni nel corpo umano

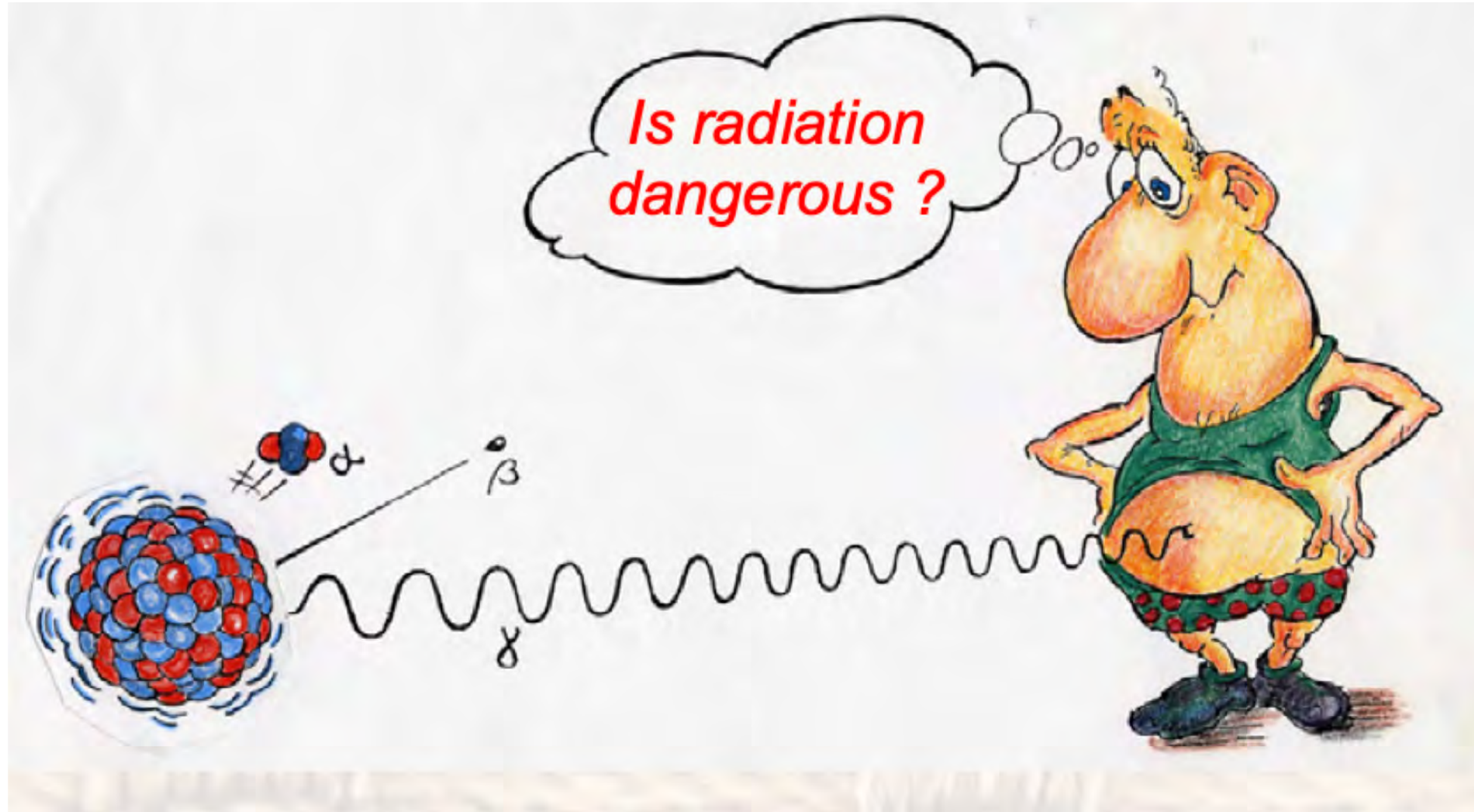
Tracce di particelle cariche
nelle emulsioni fotografiche



$D = 2 \text{ Gy}$



Effetti biologici delle radiazioni ionizzanti



Dose letale

$$D(\text{Gy}) = \frac{E}{\Delta m} \left(\frac{\text{joule}}{\text{kg}} \right) \quad \text{LD}_{50/60} = 4 \text{ Gy}$$

A quanta energia assorbita corrisponde?

Massa uomo medio = 70 kg

$$E = D \times \Delta m = 4 \times 70 = 280 \text{ joule}$$

$$280 / 4.18 = \underline{\underline{67 \text{ calorie}}}$$



From: "Radiobiology for Radiologist", E.J. Hall – A.J. Giacca

Energia dal caffè

$$D(\text{Gy}) = \frac{E}{\Delta m} \left(\frac{\text{joule}}{\text{kg}} \right)$$

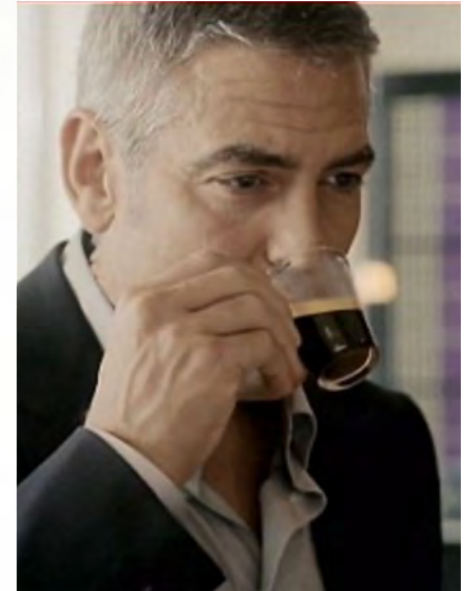
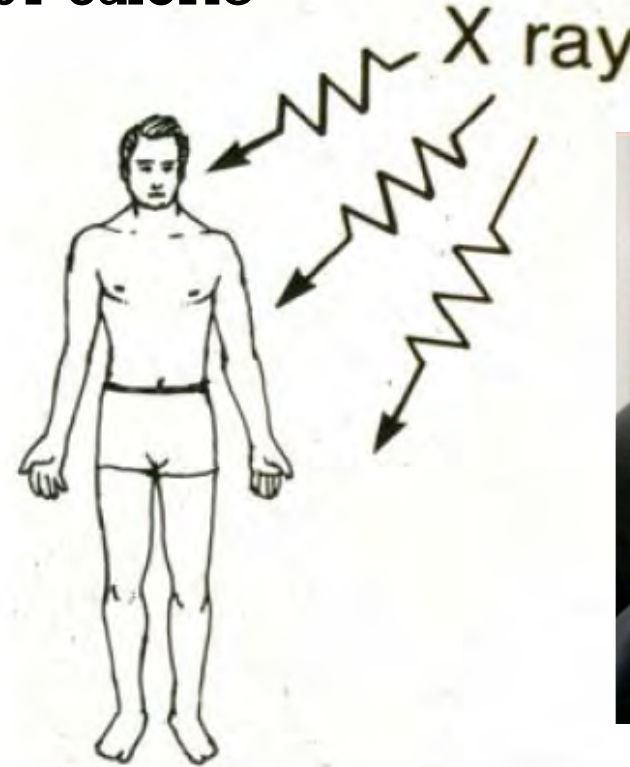
$$\text{LD}_{50/60} = 4 \text{ Gy} \longrightarrow 67 \text{ calorie}$$

Eccesso di temperatura di una tazza di caffè
= (60-37) °C = 23°C

La caloria è la quantità di energia per far aumentare di 1 grado la temperatura di 1 grammo di acqua

$$Q(\text{cal}) = C \left(\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \right) \Delta m(\text{g}) \Delta T$$

$$\Delta m = \frac{Q}{C \Delta T} = \frac{63}{1 \cdot 23^\circ\text{C}} = 3\text{g} = 3 \text{ mL}$$

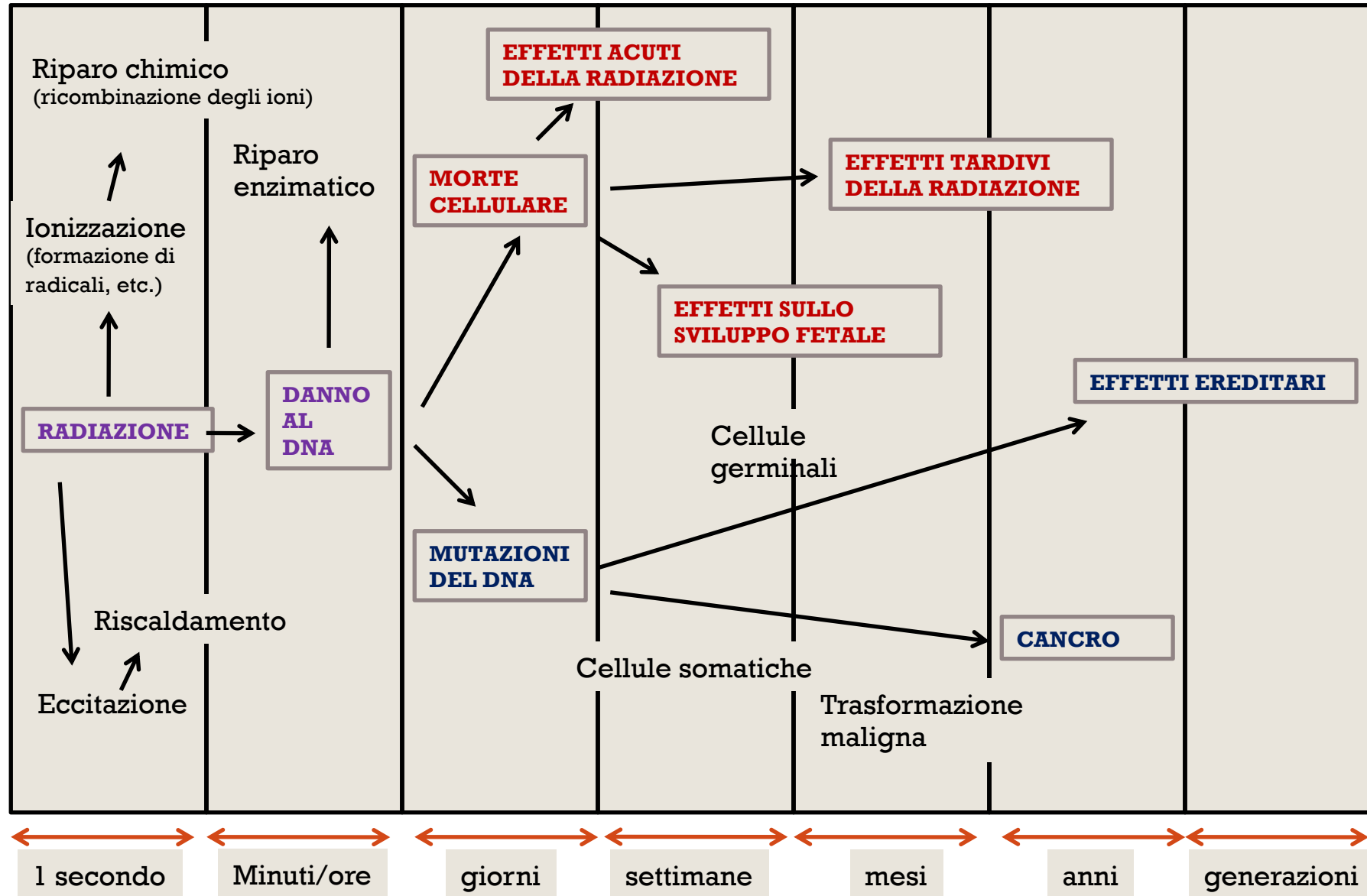


x 3

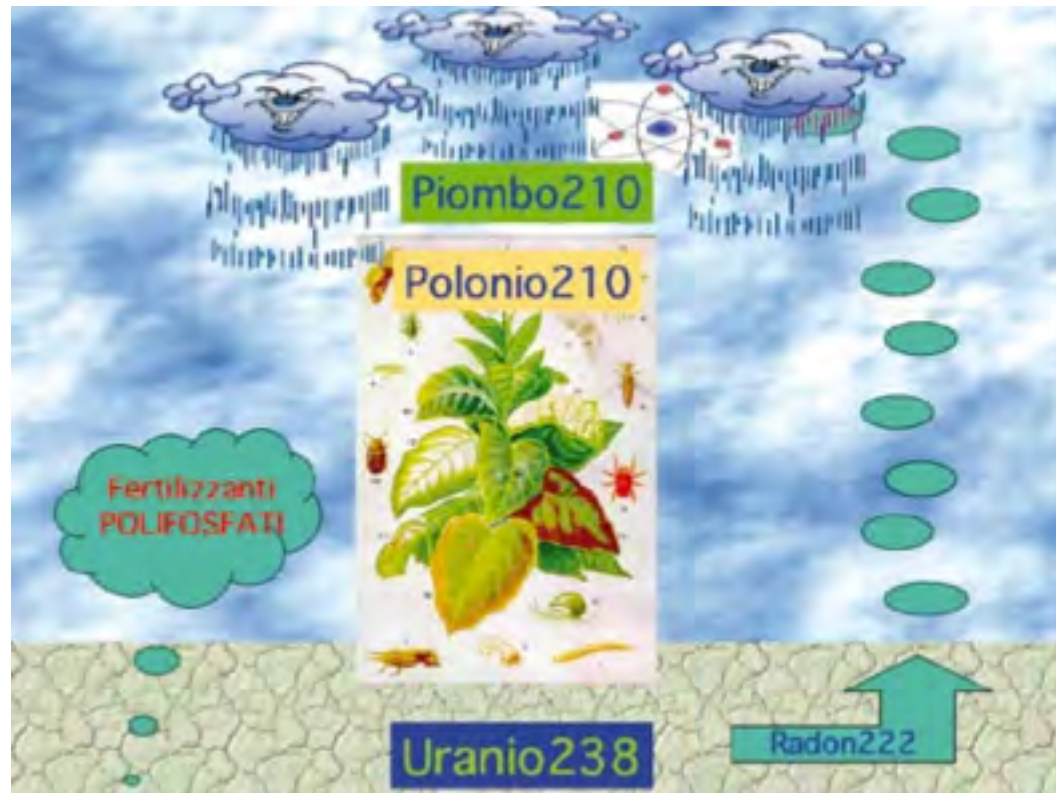
In termini di energia, 4 Gy sono equivalenti a 3 sorsi di caffè!

From: "Radiobiology for Radiologist", E.J. Hall – A.J. Giacca

Paradigma della radiobiologia



Polonio e sigarette



Po-210 - Pb-210

20 sigarette al giorno



0.5 mSv/anno



≈27 radiografie al torace

https://www.iss.it/documents/20126/2225077/Zag_Polonio_in_vivo_2013_OSSFAD_ISS.pdf/f0de8f4e-4c0b-ef2b-34dc-3f38e009f349?t=1575727645684

Prima applicazione nella terapia dei tumori



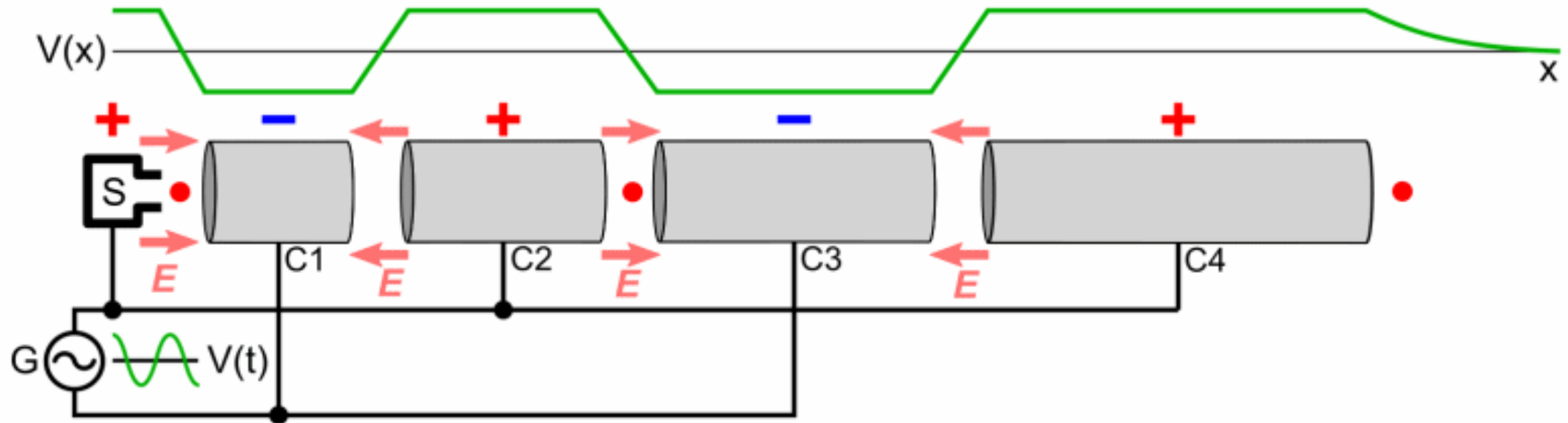
Stockholm, 1899



30 years after the irradiation

Il Linac

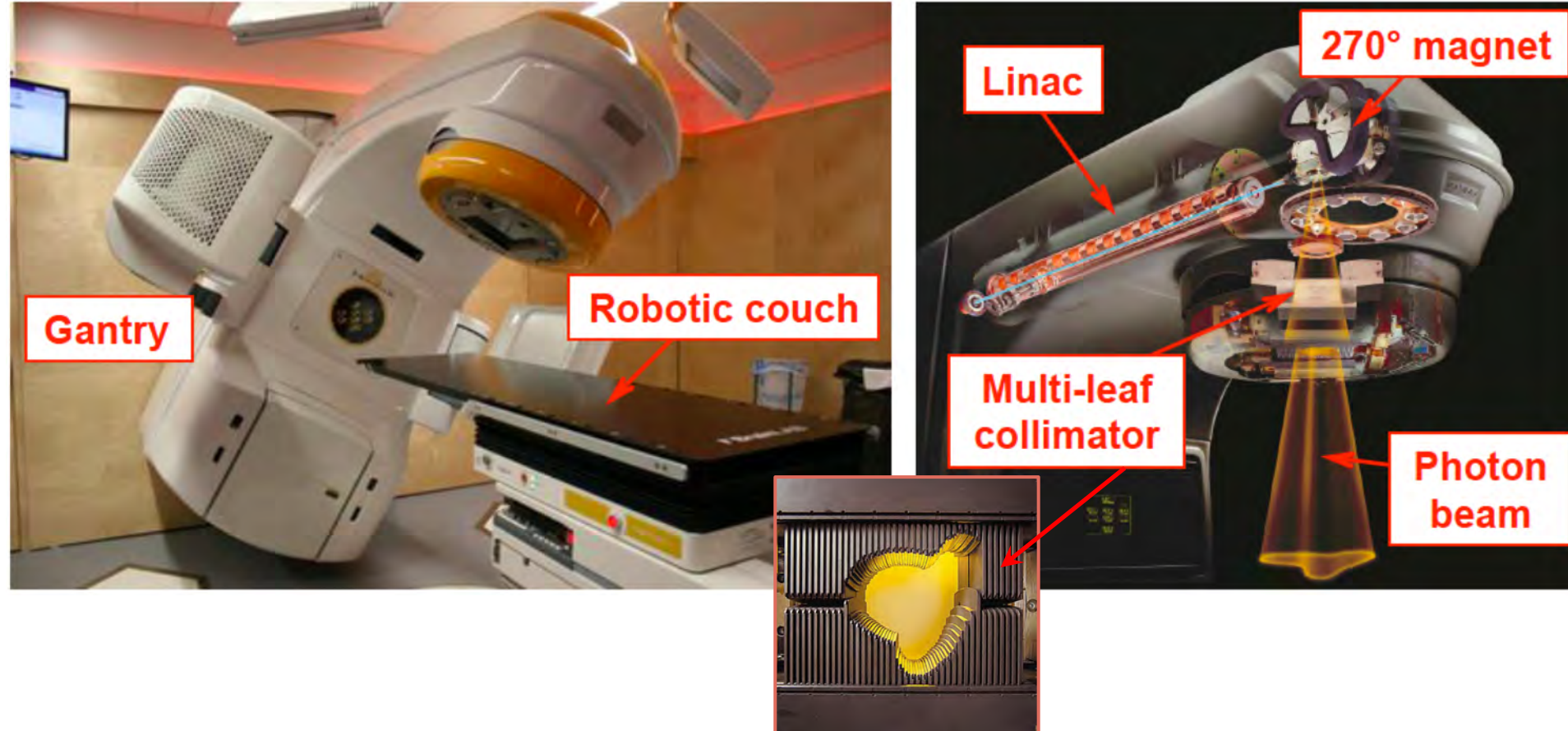
Le particelle vengono accelerate dal campo elettrico generato da elettrodi susseguenti



A ogni attraversamento guadagno un'energia data da

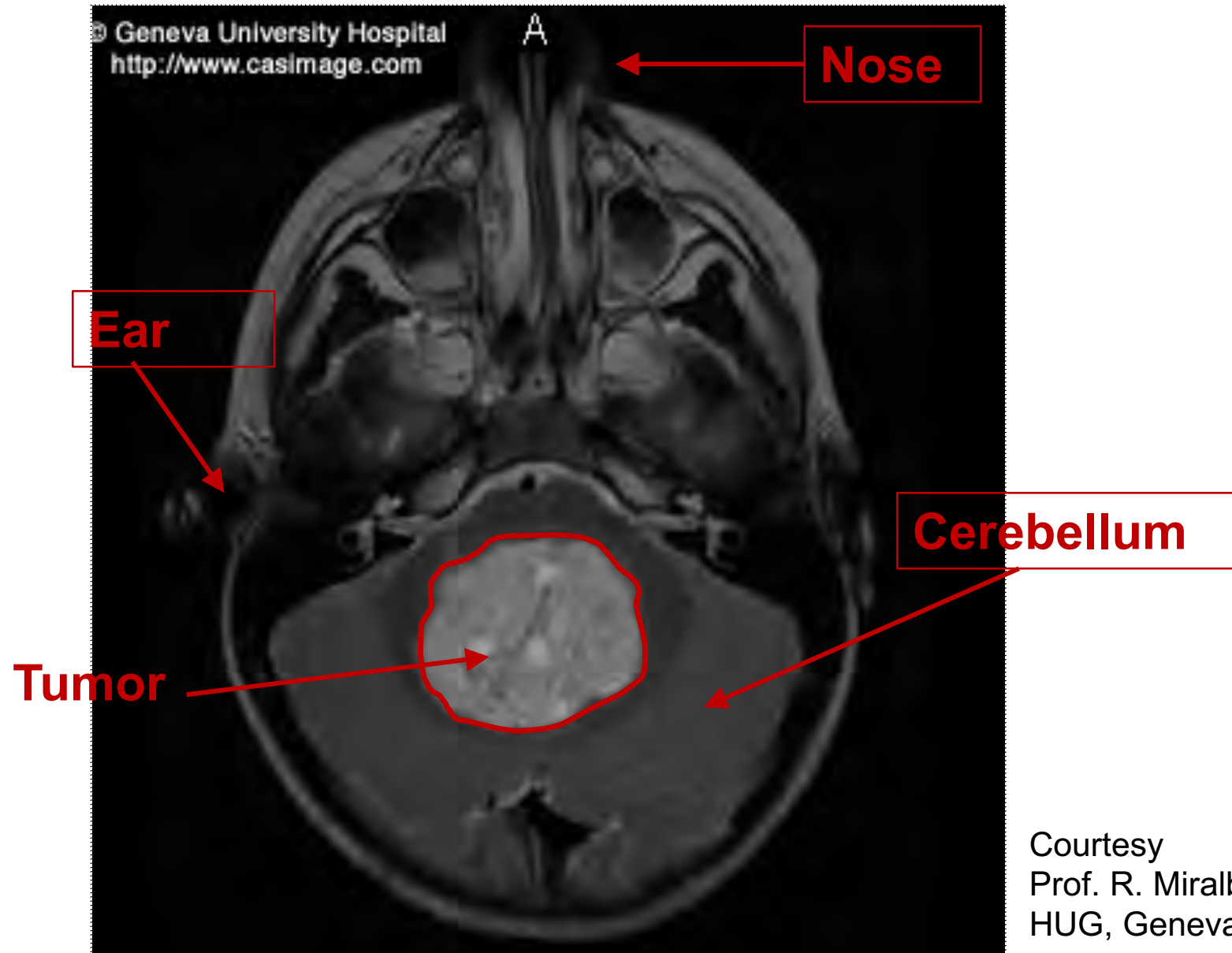
$$\Delta E = q\Delta V$$

La radioterapia



- Circa 10'000 Linac installati nel mondo
- 6-20 MeV sono acceleratori di elettroni che producono raggi-X di alta energia per bremsstrahlung
- Oggi: 20'000 pazienti/anno trattati ogni 10 milioni di abitanti

Radioterapia convenzionale

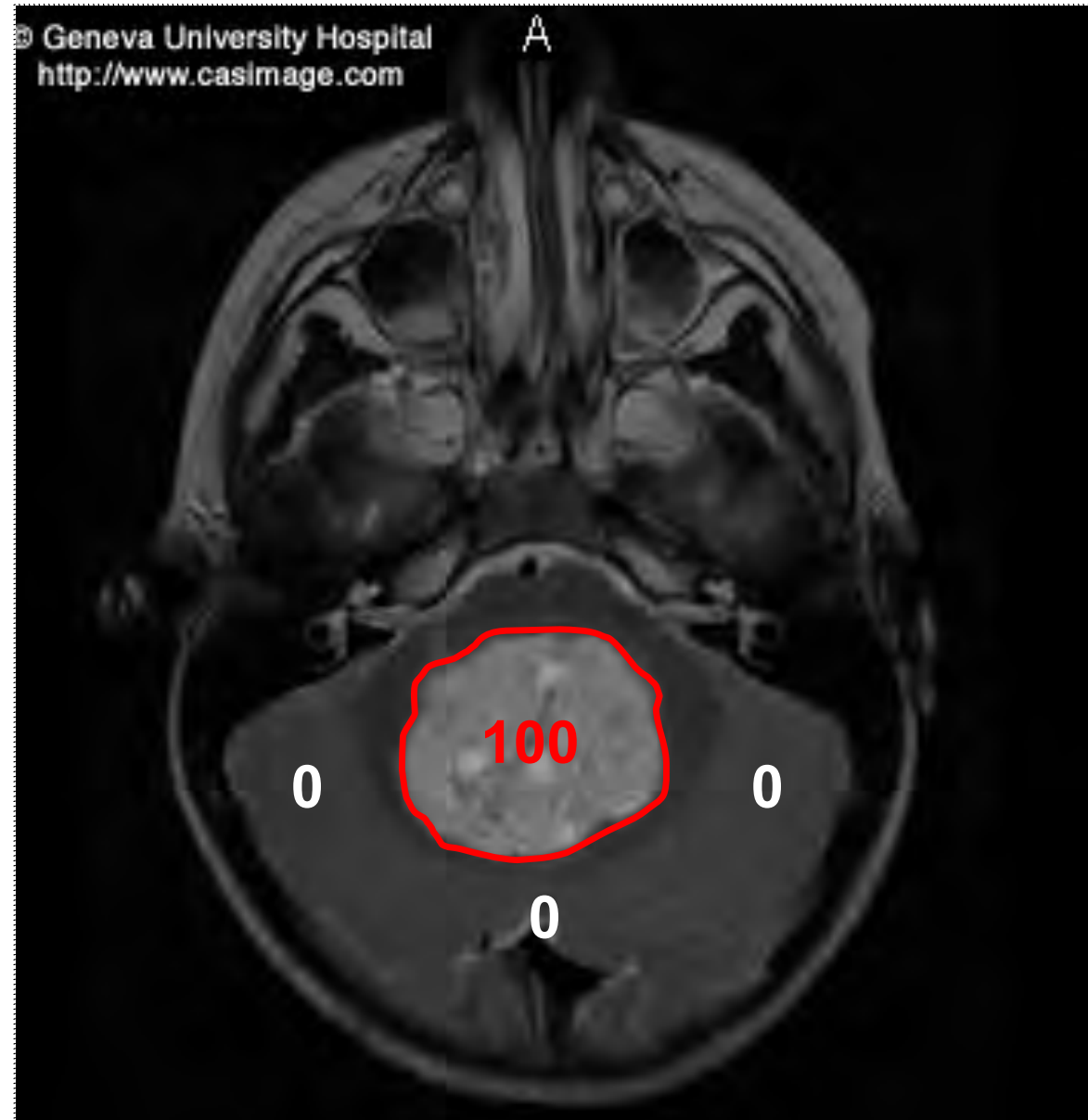


Courtesy
Prof. R. Miralbell,
HUG, Geneva

MRI: tumor of the Central Nervous System

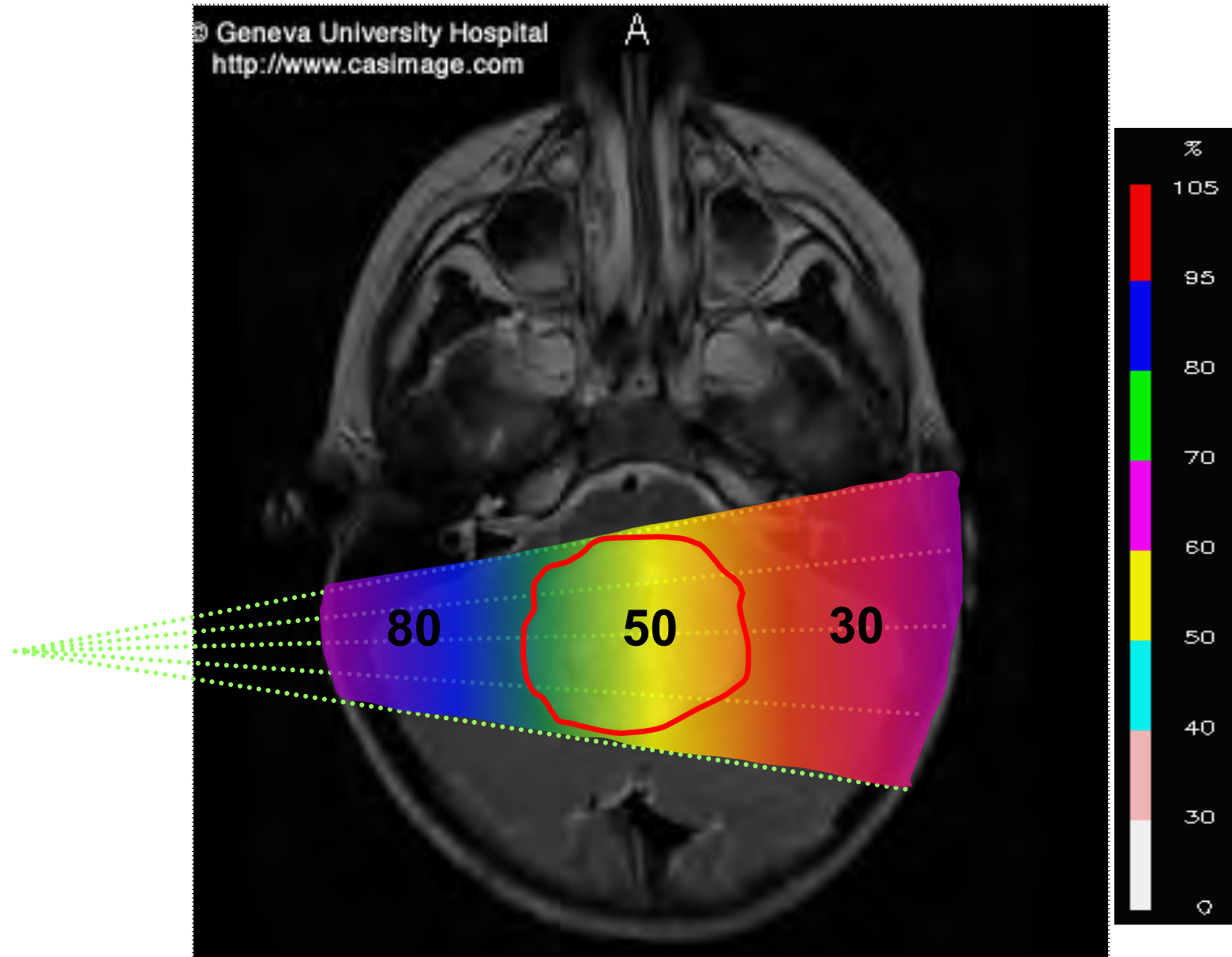
Radioterapia convenzionale

Il caso
ideale...con
una radiazione
ideale

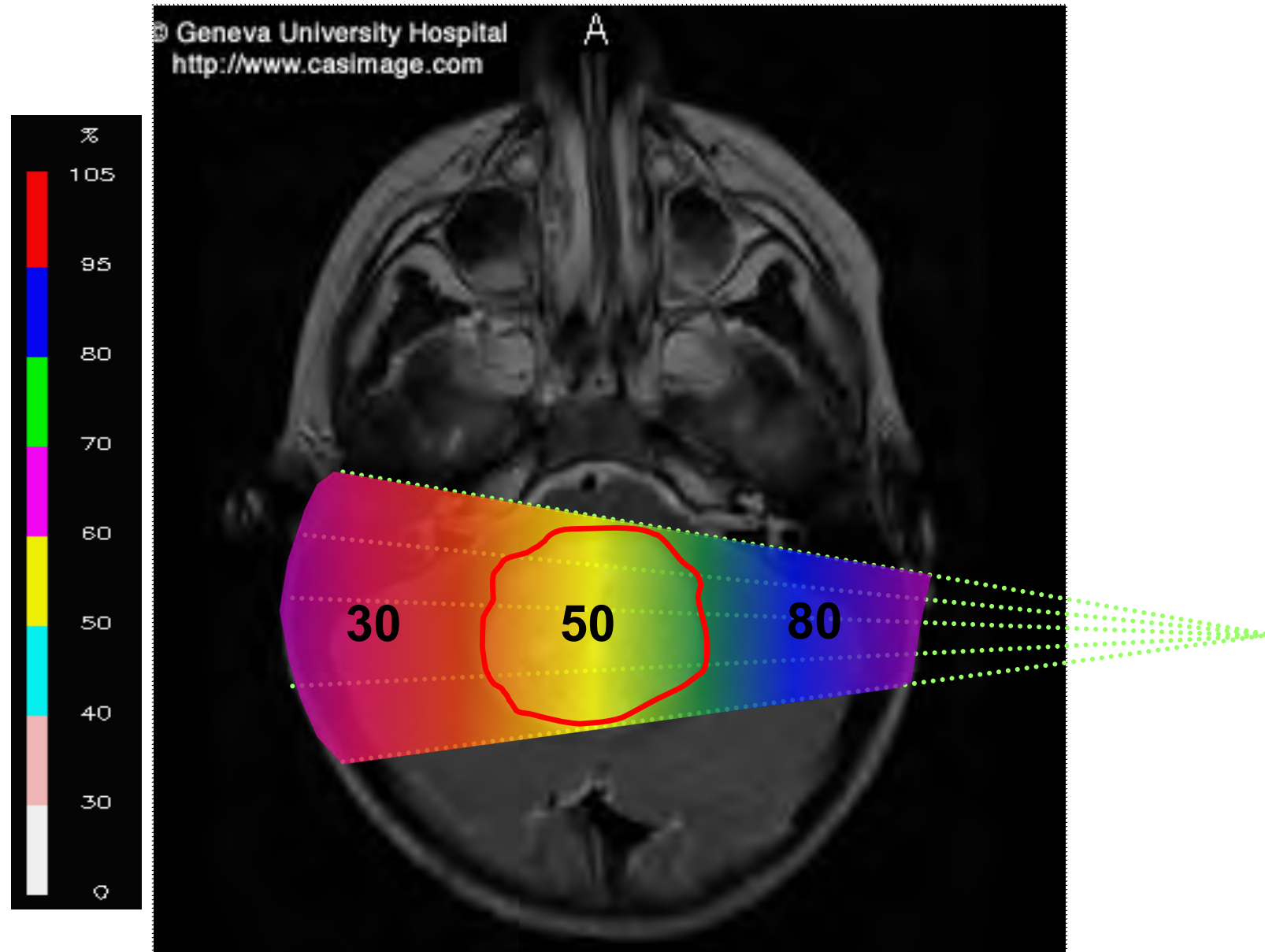


Radioterapia convenzionale

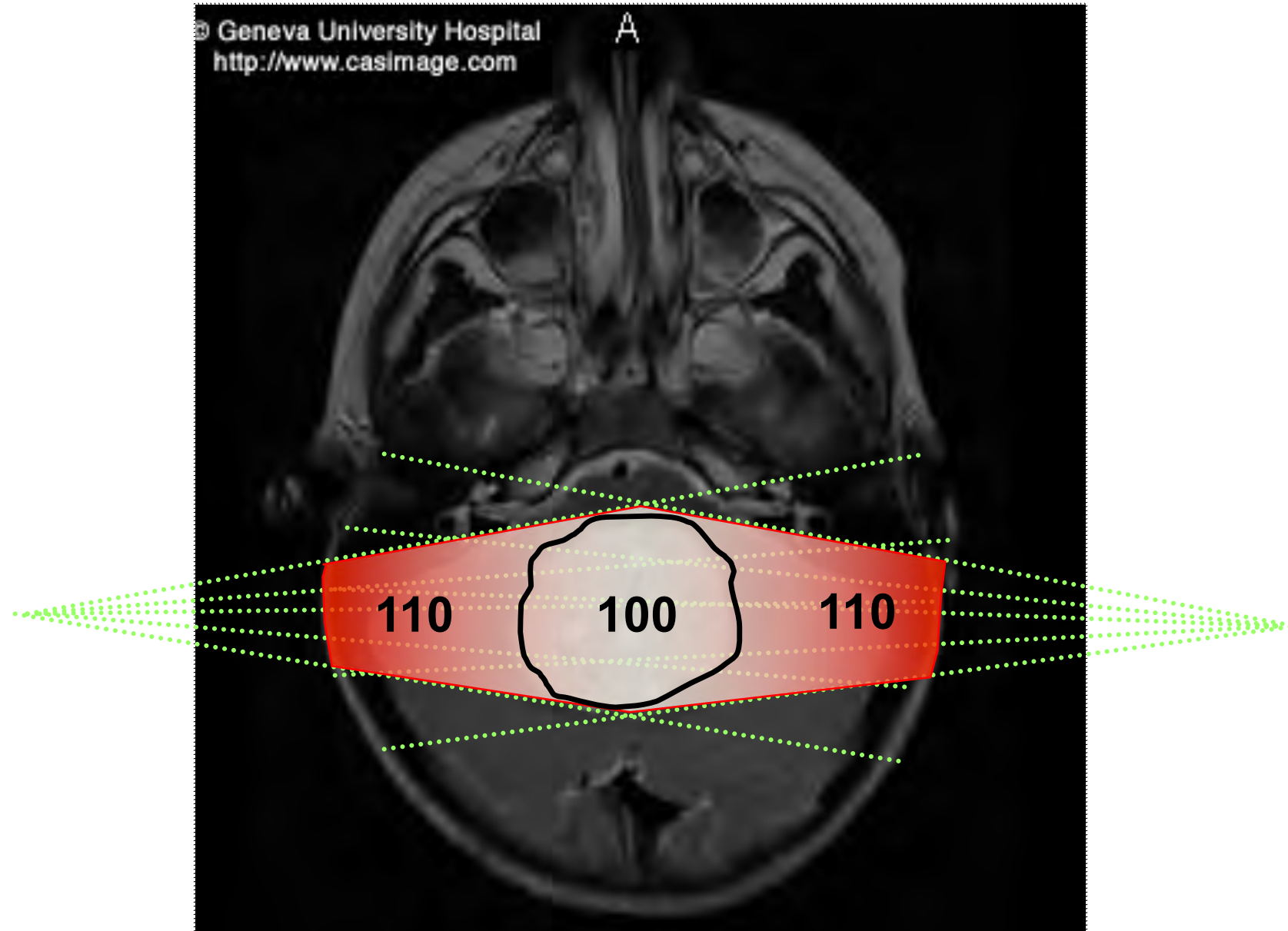
Il caso reale



Radioterapia convenzionale



Radioterapia convenzionale



L'adroterapia



a Los Alamos per il progetto
Manhattan

Robert Rathbun Wilson
(1914 – 2000)



al CERN nel 1996

«At Los Alamos, we had been working on one thing, and that was to kill people. When that became crystallized in my mind by the use of the atomic bomb at Hiroshima, it was a temptation, to salvage what was left of my conscience, I suppose, and think about saving people instead of killing them. Because one could hurt people with protons, one could probably help them too.»

Radiological Use of Fast Protons

ROBERT R. WILSON

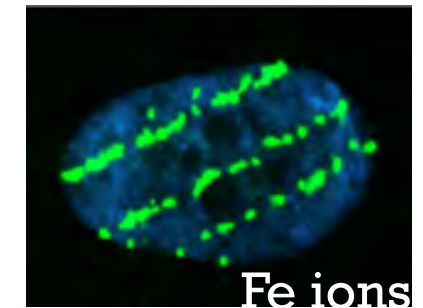
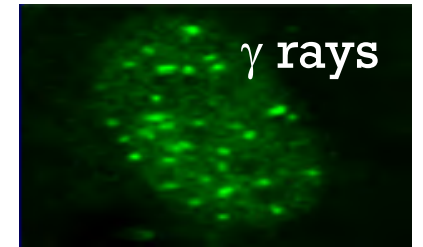
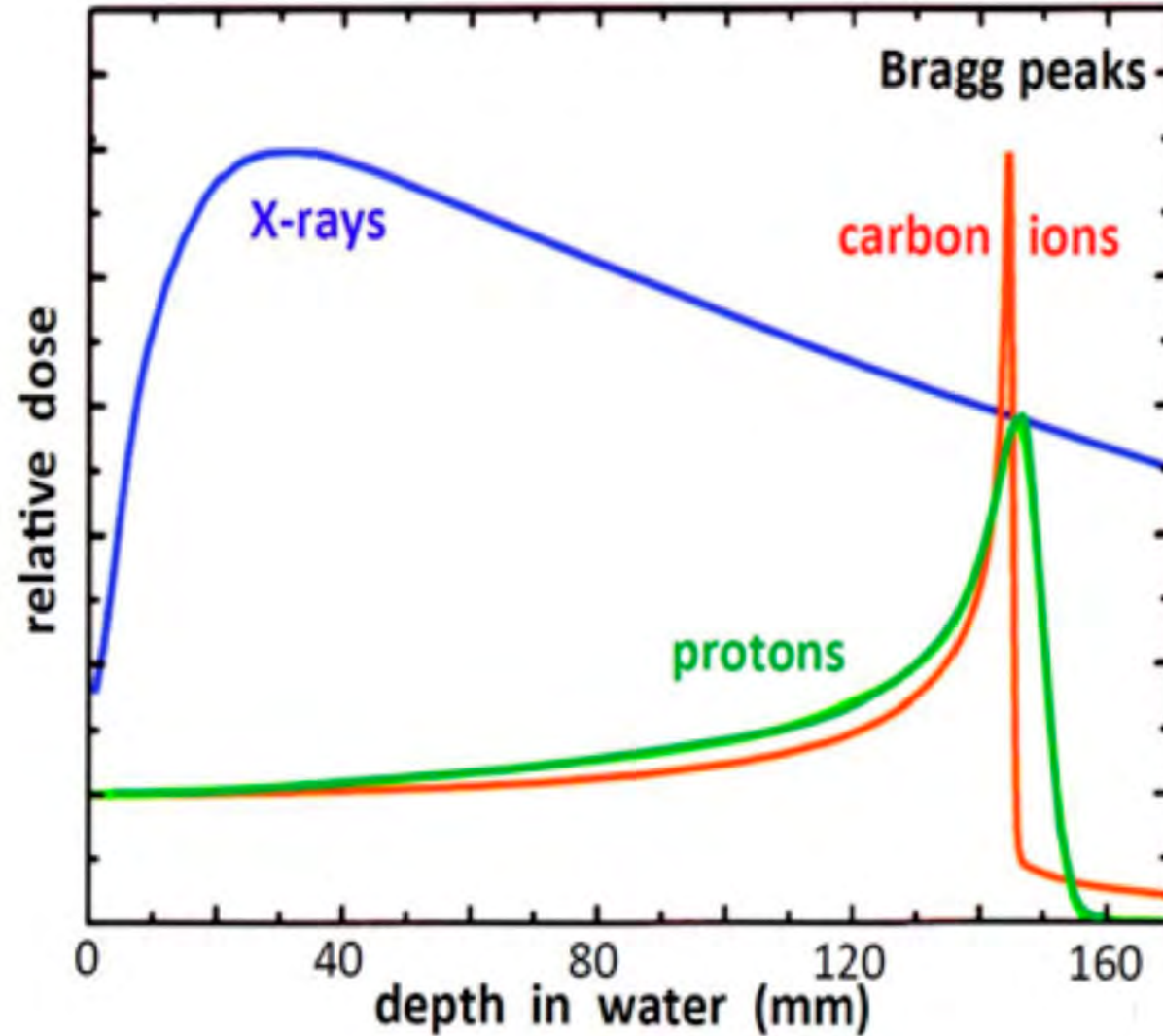
Research Laboratory of Physics, Harvard University

Cambridge, Massachusetts

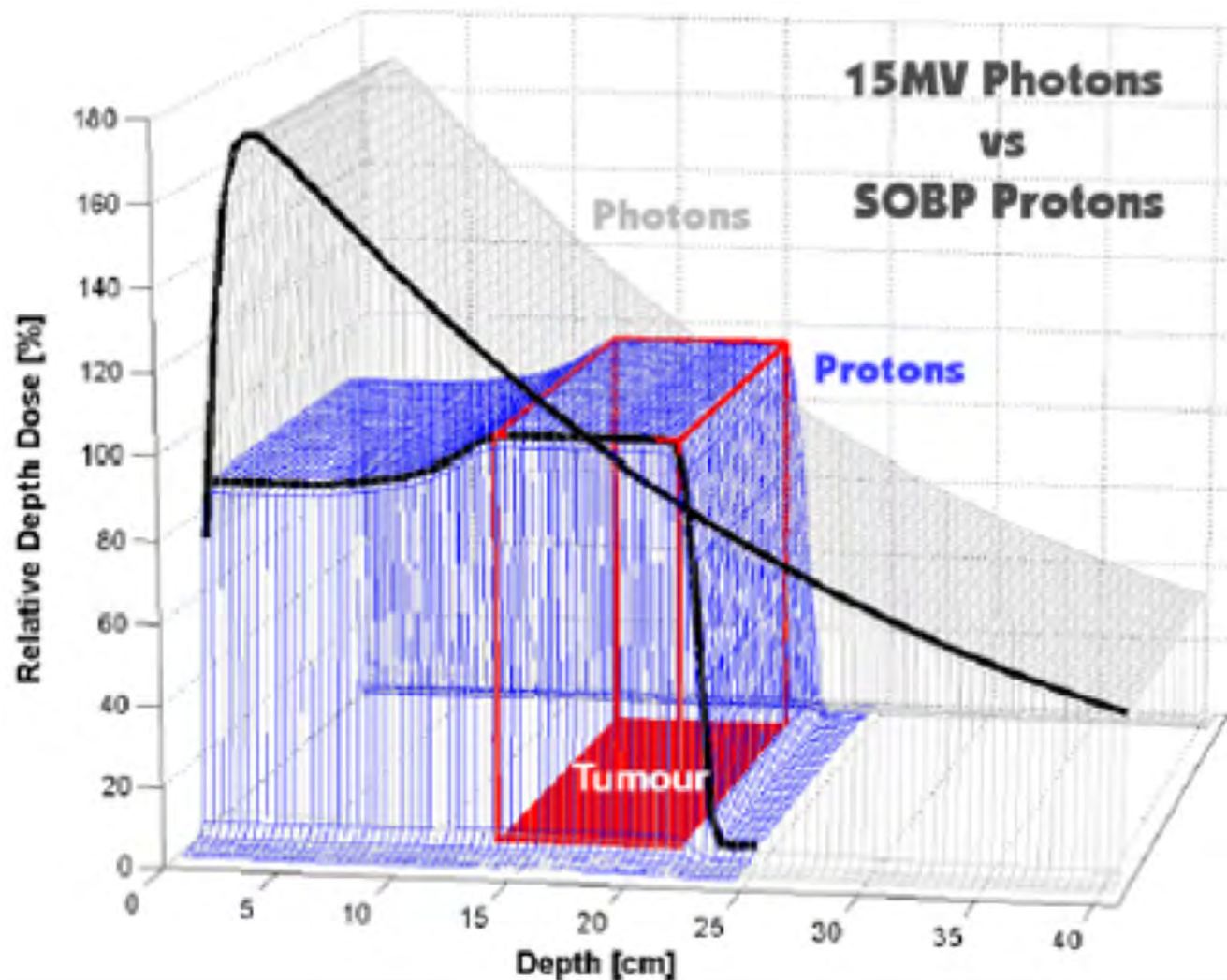
1946

Bob Wilson

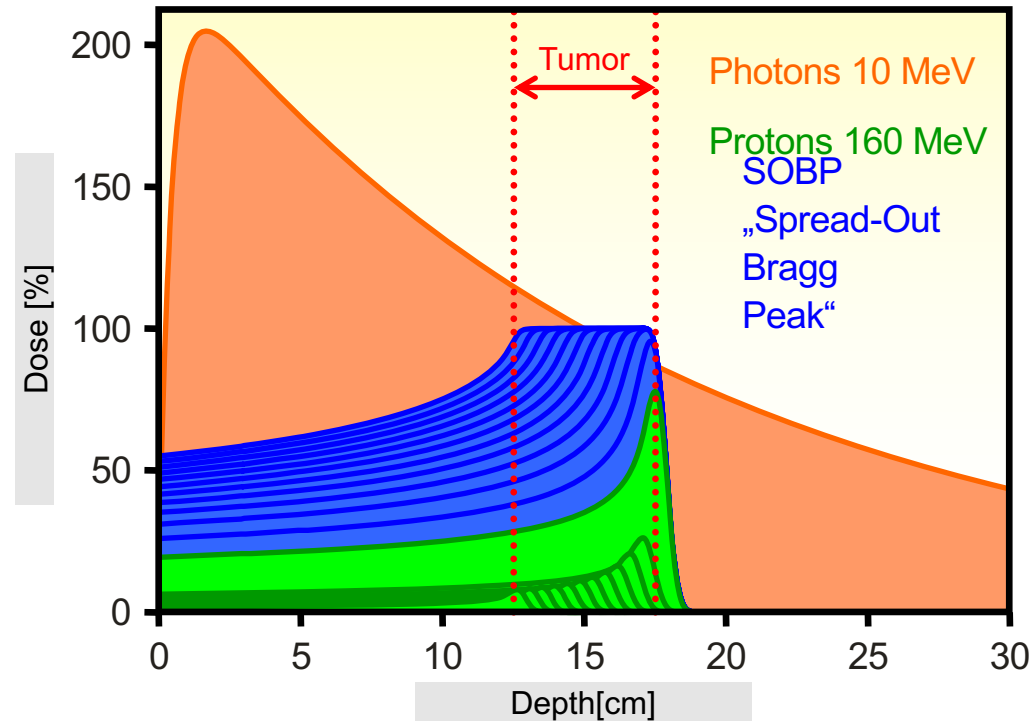
L'adroterapia



L'adroterapia

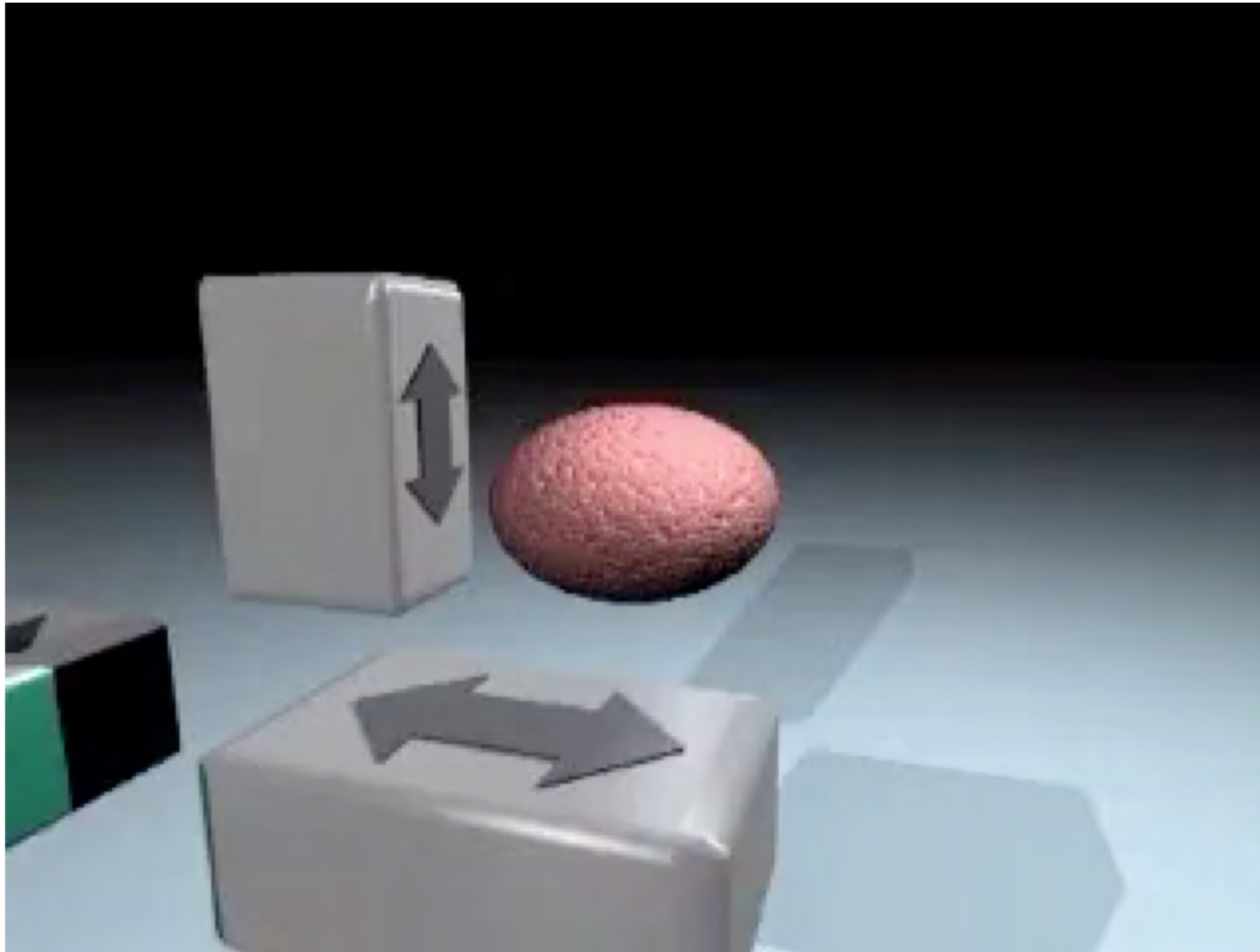


L'adroterapia

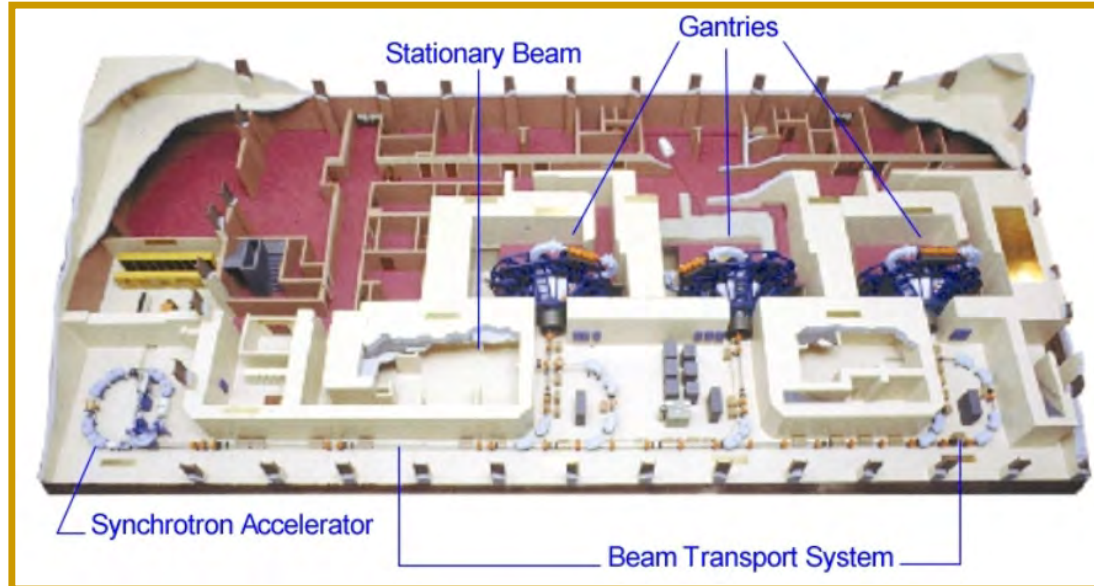


Courtesy: S. Psoroulas, PSI

L'adroterapia



Il primo centro di adroterapia

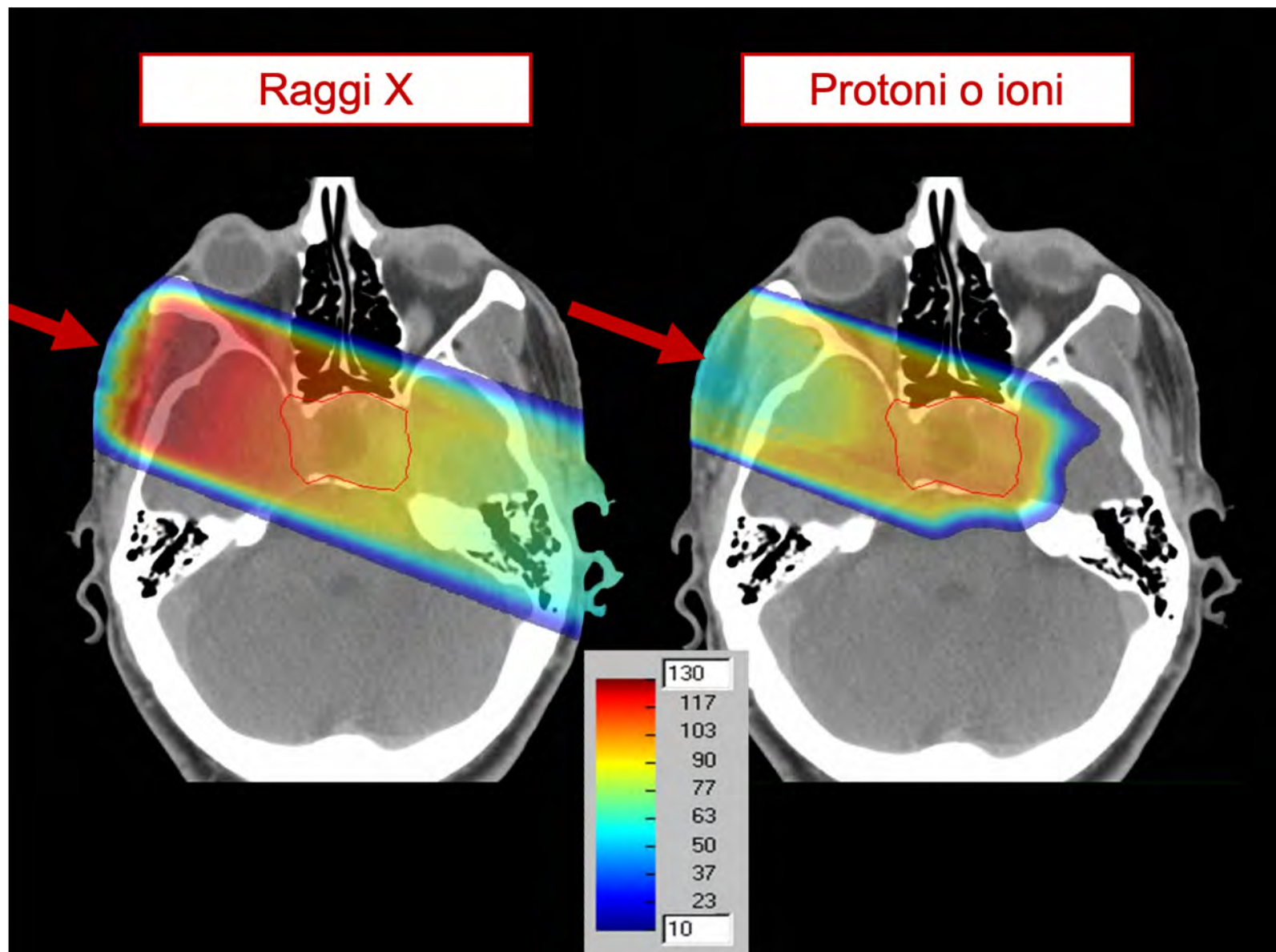


1993 Loma Linda, California (USA):
primo centro di adroterapia basato
in un ospedale

II CNAO

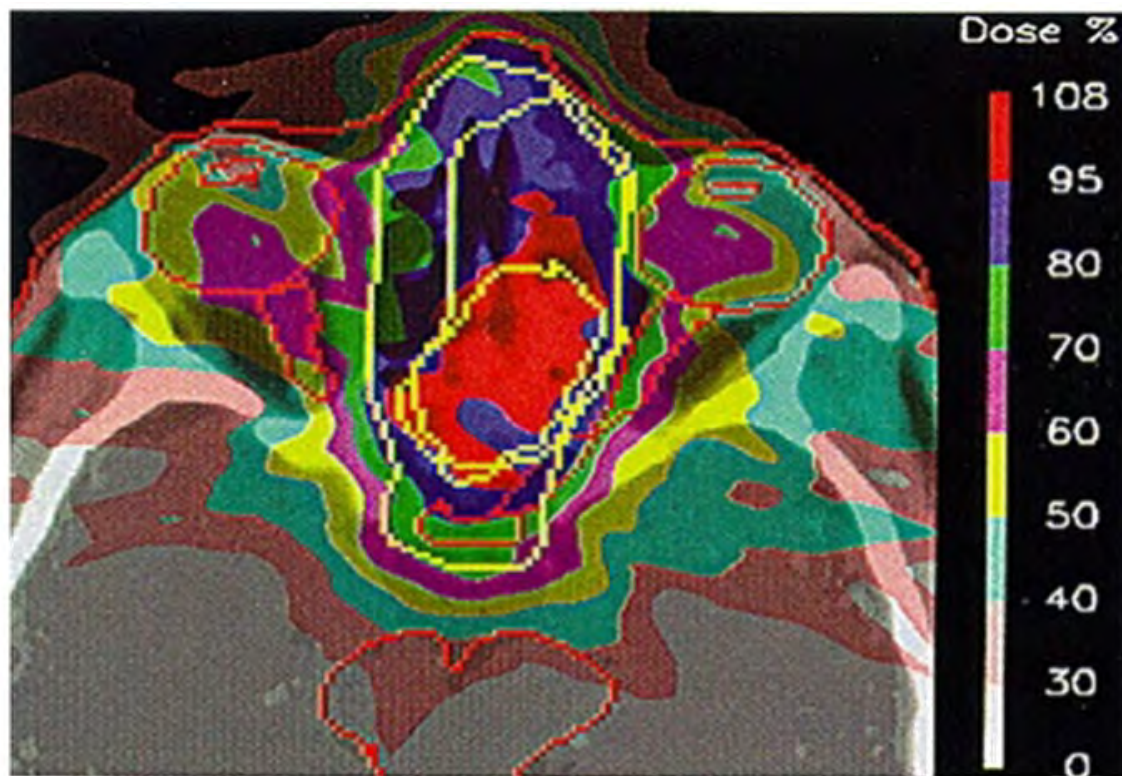


L'adroterapia

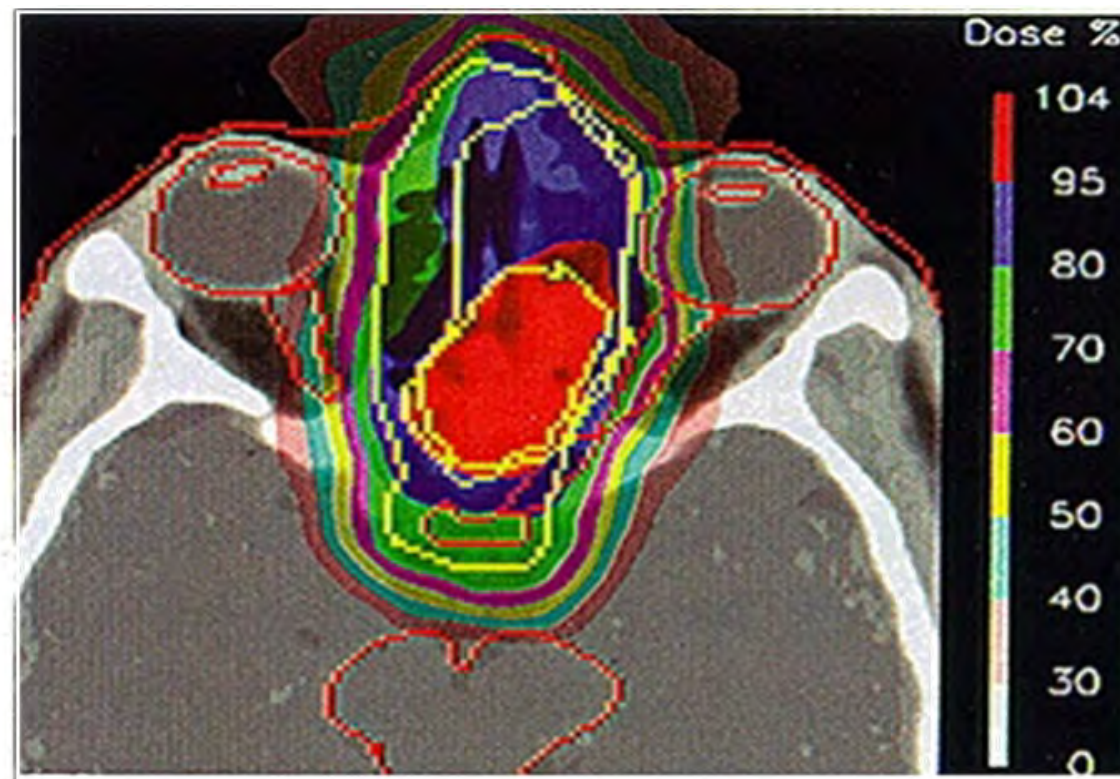


L'adroterapia

6 fasci di raggi X

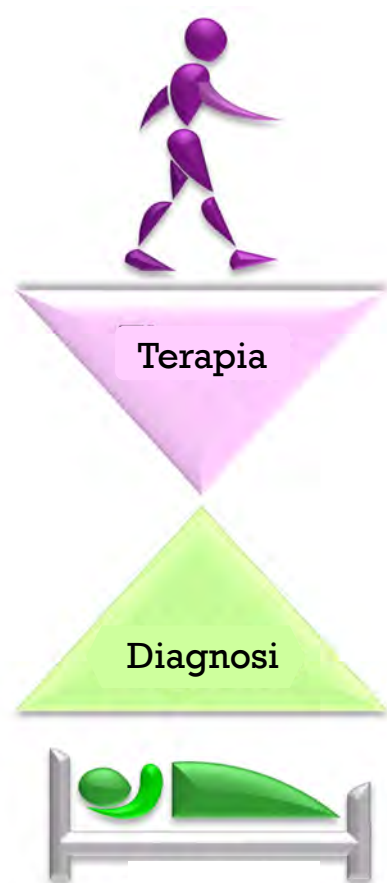


1 fascio di protoni



Tumori tra gli occhi

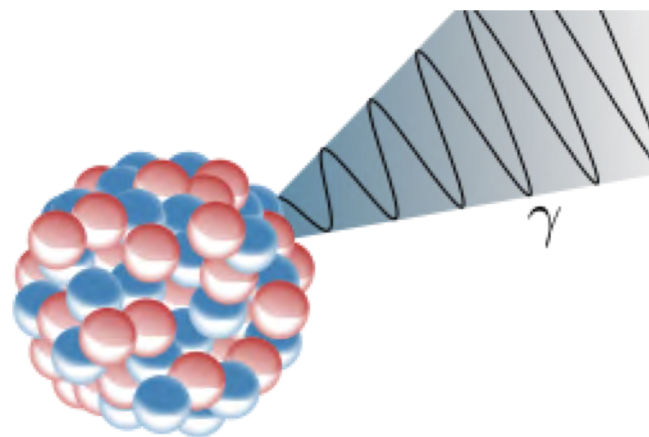
Verso il futuro: la teranostica



Trattamento di una malattia basato su interventi diagnostici

La teranostica in medicina nucleare

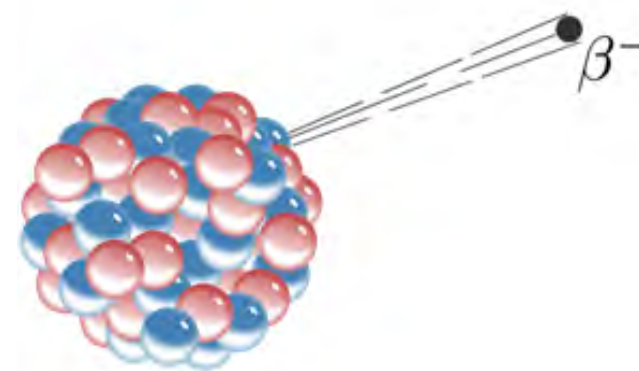
Radionuclidi
diagnostici



Rende visibile i meccanismi
biochimici nell'organismo



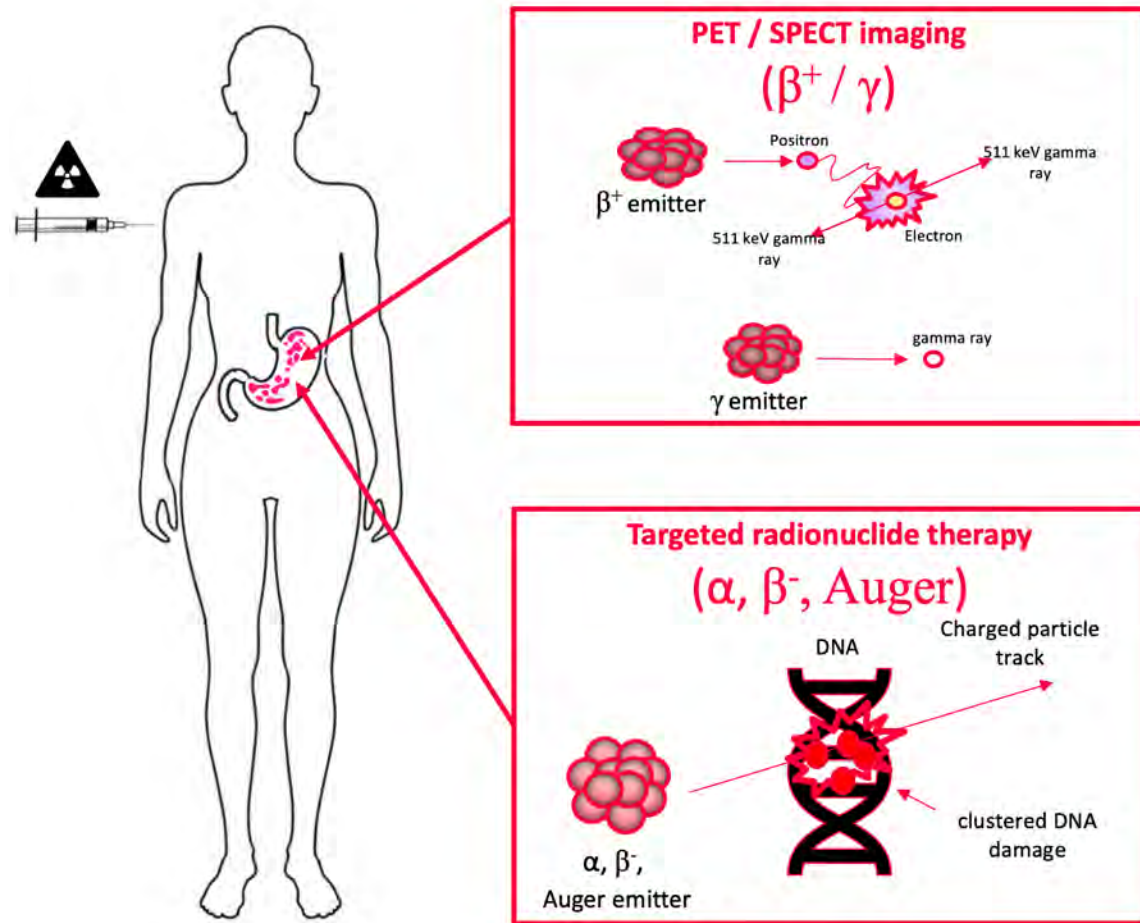
Radionuclidi
terapeutici



Determina il processo di cura
voluto minimizzando gli effetti
collaterali

**Radiofarmaci: primo esempio di
Teranostica**

La teranostica in medicina nucleare



Possibili coppie teranostiche

- > $^{68}\text{Ga}/^{177}\text{Lu}$ and $^{68}\text{Ga}/^{225}\text{Ac}$
- > $^{43}\text{Sc}/^{47}\text{Sc}$ and $^{44}\text{Sc}/^{47}\text{Sc}$
- > $^{61}\text{Cu}/^{67}\text{Cu}$ and $^{64}\text{Cu}/^{67}\text{Cu}$
- > $^{155}\text{Tb}/^{149}\text{Tb}$ and $^{155}\text{Tb}/^{161}\text{Tb}$

Messaggi da portare a casa...

Metodo scientifico: la fisica è la disciplina che più naturalmente ce lo fa acquisire

Le scienze della vita sono basate sulla fisica

La fisica è allo stesso tempo "al servizio" delle scienze della vita

Le scoperte della fisica frutto di ricerca pura prima o poi trovano un'applicazione (anche in medicina) che migliora la vita dell'uomo

Attualmente veri avanzamenti nella ricerca scientifica richiedono interdisciplinarietà

...e soprattutto...



Curiosità
Pazienza
Perseveranza
Dedizione
Passione
Entusiasmo

...quindi:



**“LA FISICA È BELLA
... E UTILE!”** *(Ugo Amaldi)*

Bandire il DHMO

Coalition to Ban Dihydrogen Monoxide

- uccide se inalato, anche in piccole quantità
- Se bevuto in grandi quantità in un breve lasso di tempo può provocare l'iponatremia
- allo stato solido può danneggiare i tessuti biologici
- viene regolarmente rilevato nelle biopsie di tumori pre-cancerosi e di diversi tipi di lesioni
- noto anche come acido ossidrilico, contribuisce al fenomeno delle piogge acide
- allo stato gassoso è anche responsabile di gravi ustioni
- è in grado di corrodere e ossidare diversi metalli
- se si deposita su componenti elettronici e circuiti elettrici, è responsabile in certi casi anche di cortocircuiti
- può ridurre di molto l'efficienza dei freni delle auto
- è tra le cause dei "cicloni killer", negli Stati Uniti come in altri Paesi
- è tra le principali cause dell'erosione del suolo
- è sospettato di contribuire non poco all'effetto meteorologico "El Niño"
- viene ampiamente usato negli impianti di produzione dell'energia nucleare