



# Immagini Biomediche

---

Patrizia Boccacci

DI SI - Università di Genova

Corso di Laurea specialistica in  
Informatica



# Contenuti del corso

---

- Immagini biomediche: introduzione
- Tomografia a raggi X
- Risonanza Magnetica
- Immagini ad ultrasuoni
- Tecniche numeriche per il miglioramento delle immagini biomediche



# Docenti

---

- Boccacci Patrizia - DI SI studio 332  
tel: 010-3536732  
email: [boccacci@disi.unige.it](mailto:boccacci@disi.unige.it)  
url: [www.disi.unige.it/person/BoccacciP](http://www.disi.unige.it/person/BoccacciP)
  
- Michela Canfora - DI SI studio 210  
tel: 010-3536610  
email: [canfora@ge.infm.it](mailto:canfora@ge.infm.it)



# Orario

---

- Giovedì  
dalle 14 alle 16 aula 710
- Venerdì  
dalle 9 alle 12 aula 710

Esercitazioni il venerdì in SW2  
in totale se ne prevedono 5

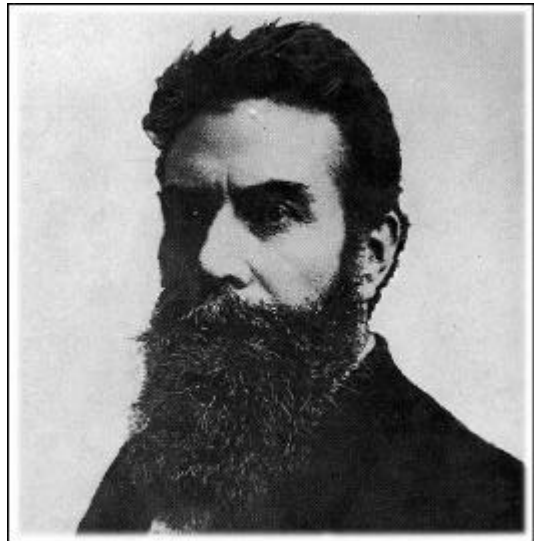


# Testi di riferimento

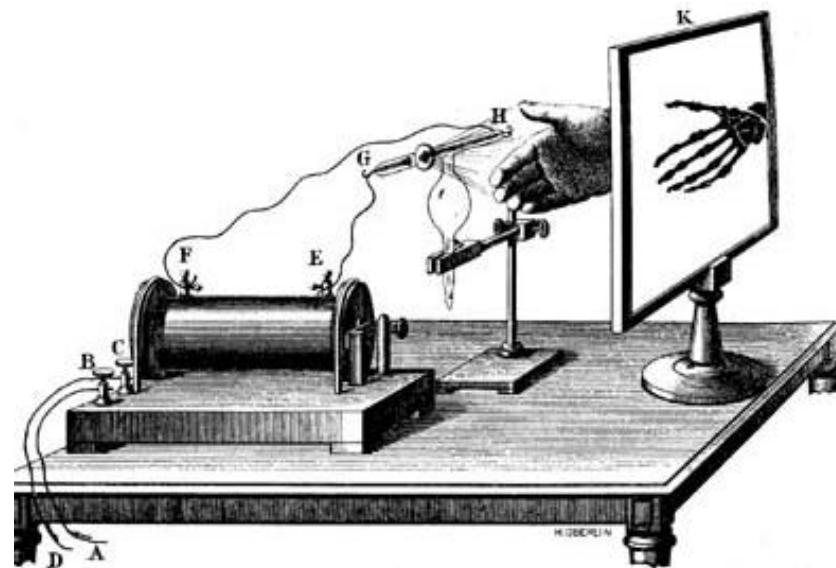
---

- Materiale disponibile sulla pagina web
- <http://www.disi.unige.it/person/BoccacciP/didattica/IB.html>
- "Principles of Computerized Tomographic Imaging" A.V. Kak, M. Slaney :
- <http://www.slaney.org/pct>
- "Introduction to inverse problems in imaging" P. Boccacci, M. Bertero

# Roengten 1895



La scoperta dei raggi-X aprì l'era della diagnostica per immagini.

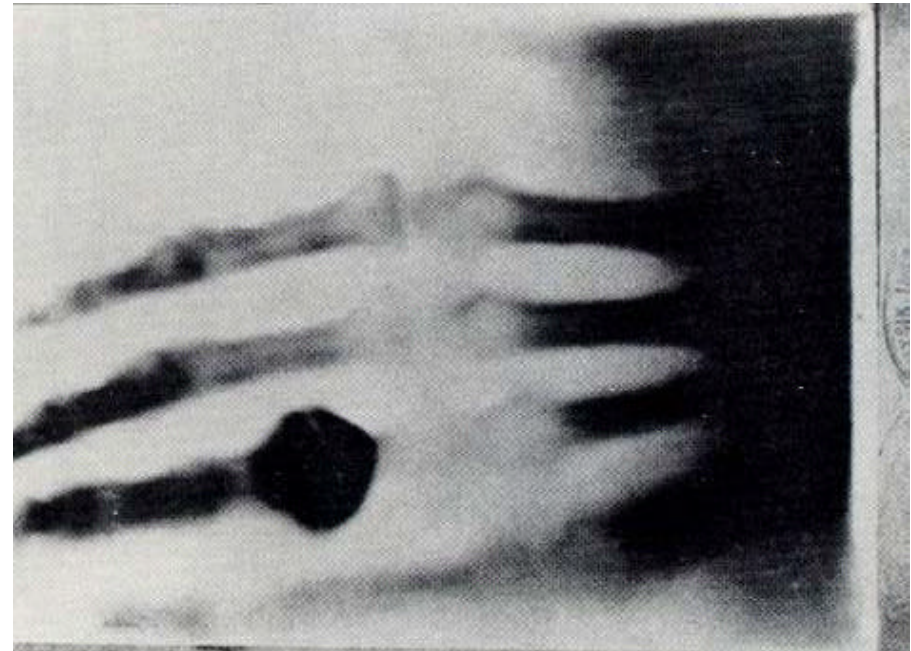


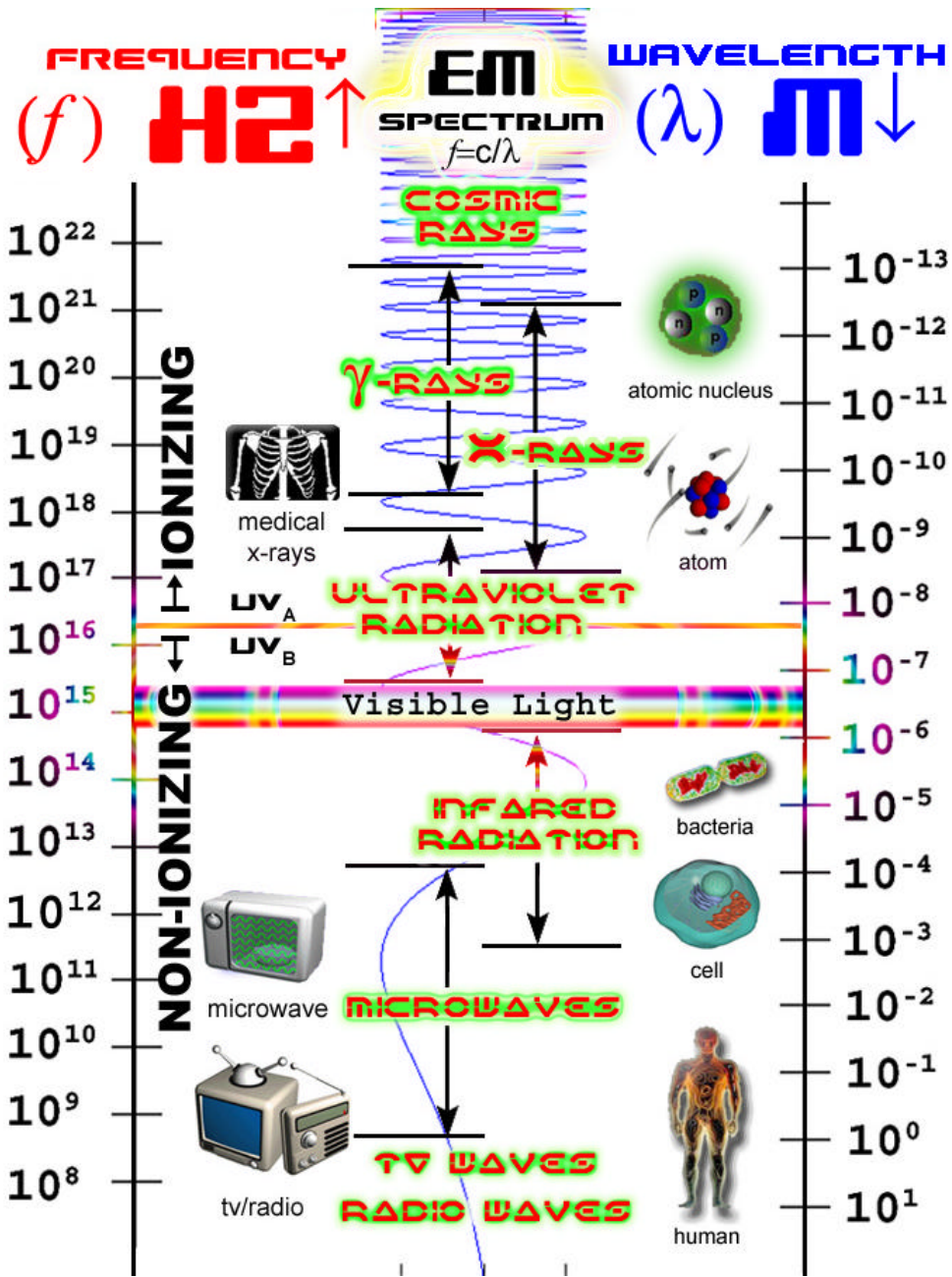


# Prima radiografia

---

*Prima radiografia della  
mano della Sig.ra Berta  
Roentgen, moglie di Konrad*

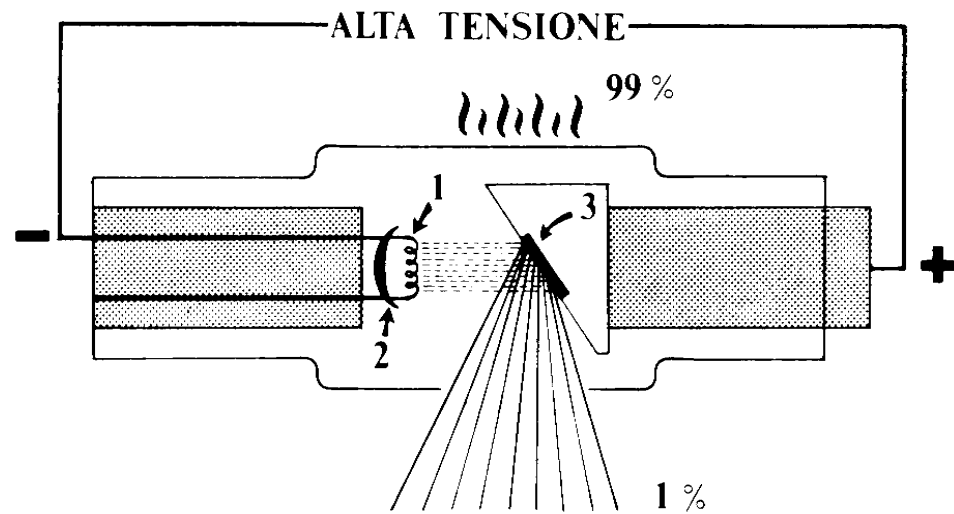






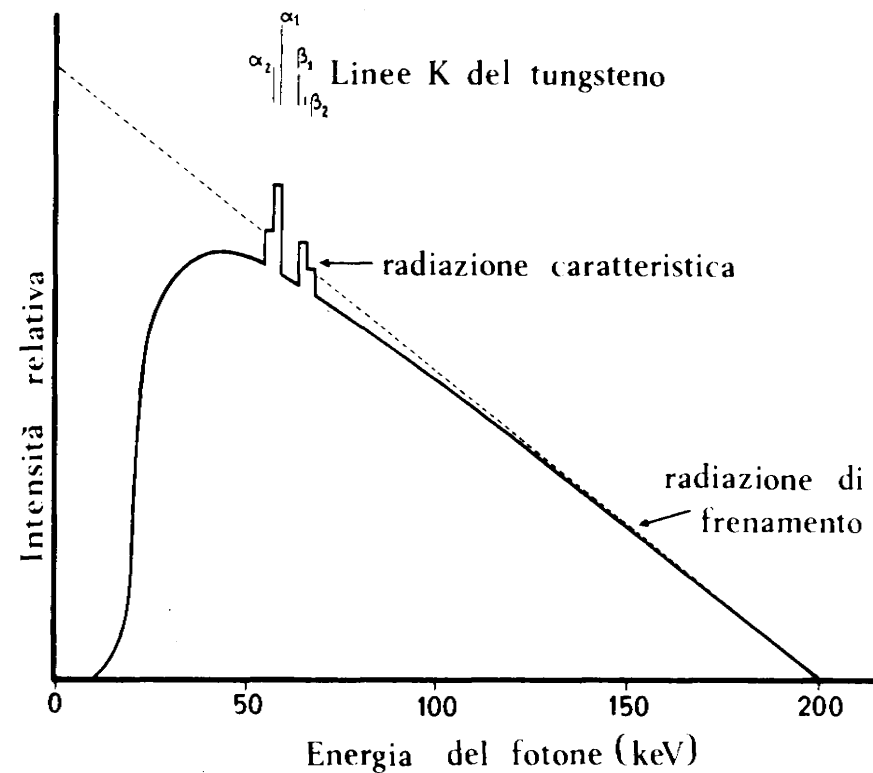
# Tubi a raggi-x

Gli elettroni accelerati dall'alta tensione incidono su di un target metallico (anodo, solitamente di tungsteno), per il 99% producono calore e per 1% producono raggi-x



# Spettro dei raggi-x

Lo spettro di radiazione è continuo (brehmsstrahlung) con sovrapposte le righe della radiazione caratteristica (dipende dal materiale dell'anodo)





# Perchè si usano i raggi-x

---

- I raggi-X sono quindi una radiazione ad **alta energia** (ovvero lunghezza d'onda molto piccola o alta frequenza)
- L'alta energia (20-250 keV,  $1\text{eV}=1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ) permette ai raggi-x di **penetrare attraverso gli oggetti** e quindi anche il corpo umano. Tuttavia al variare della densità dei tessuti si hanno delle differenze. Per esempio i raggi-x penetrano più facilmente i muscoli o il grasso piuttosto che le ossa, questo comportamento sta alla base del processo della **diagnostica per immagini** con i raggi-x
- La propagazione si può considerare rettilinea.



# Limitazione della radiografia

---

- Registra su di una pellicola fotografica l'“ombra” dell'oggetto in esame
- Risoluzione laterale altissima, assiale nulla
- La risoluzione laterale è limitata dalla dimensione del fascio a raggi-x



# Non solo raggi-x

---

Tutte le modalità diagnostiche contengono tre componenti:

- la **SORGENTE** e di conseguenza
- il **CAMPO di RADIAZIONE** (o fascio radiante)
- il **RIVELATORE**.

Una quarta componente (non hardware) può essere aggiunta: **l'ANALISI**.

Modalità  
formazione  
immagini

Sorgenti

**Esterne**

- Radiografie
- Mammografia
- Tomografia a raggi X
- Ecografia

**Interne**

- Single Photon Emission Computerized Tomography (SPECT)
- Positron Emission Tomography (PET)

**Ibride**  
(esterne/interne)

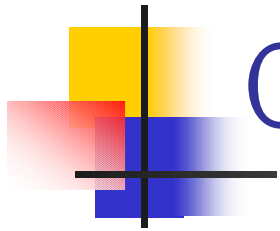
- Magnetic Resonance Imaging - MRI, FMRI,



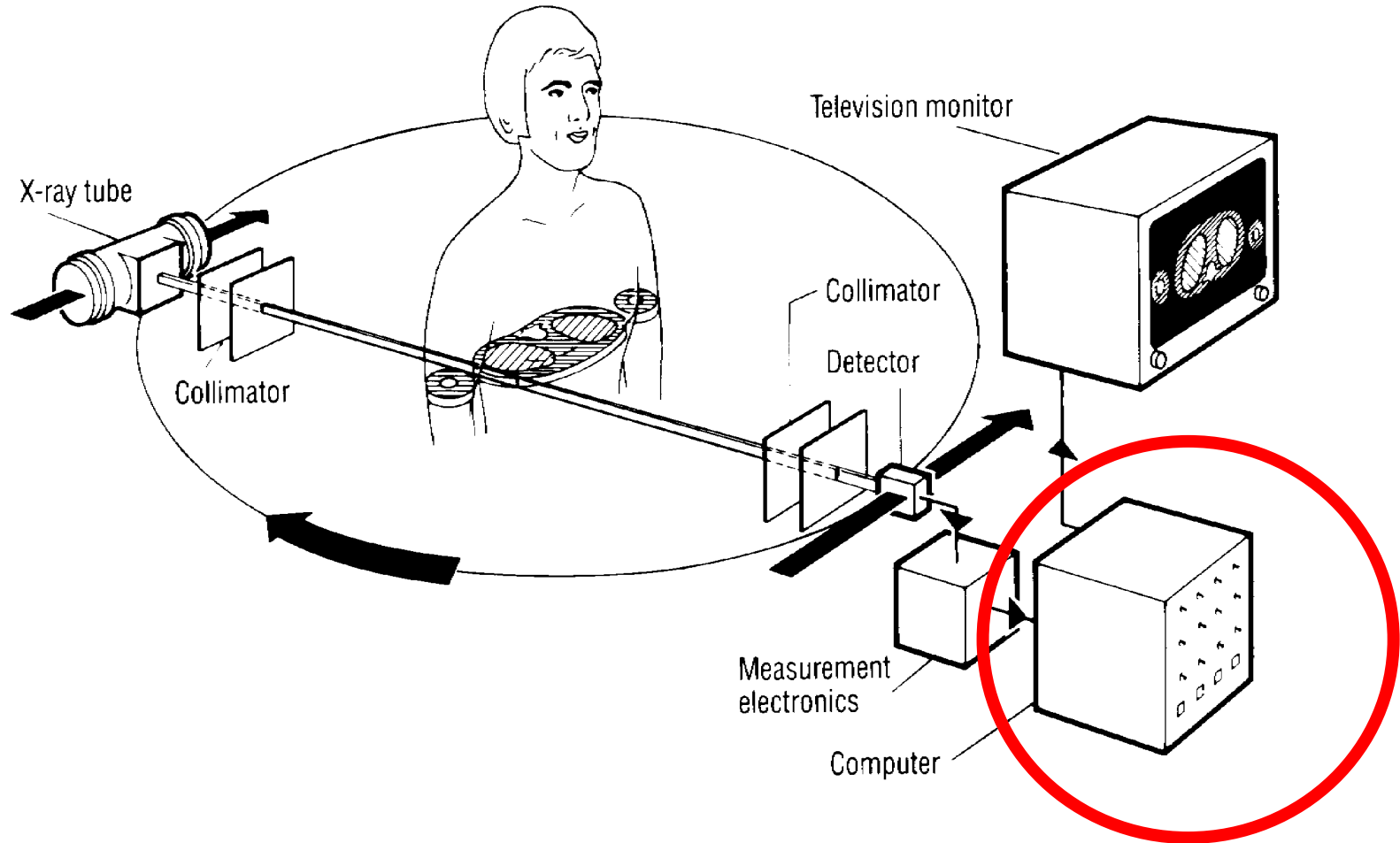
# Computed Tomography (CT)

---

- Combina la potenza del calcolo numerico e della matematica ad una tecnica di acquisizione.
- Sviluppata a partire dal 1970
- Premio Nobel per la Medicina nel 1979 a Allan Macleod Cormack and Godfrey Newbold Hounsfield (Ingegneri)
- Primo scanner clinico chiamato EMI Brain Scanner all'ospedale Atkinson Morleys in Inghilterra



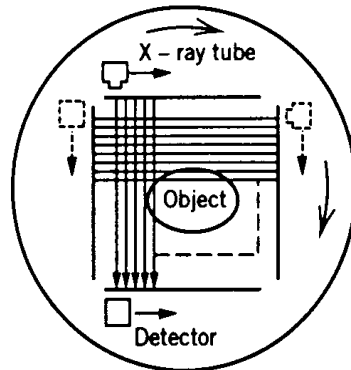
# Computed Tomography





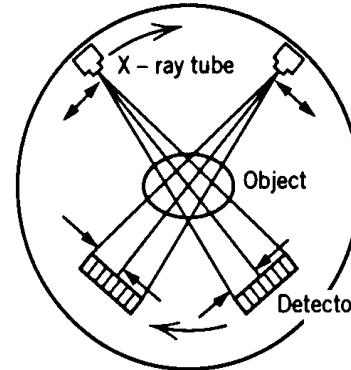
# Le generazioni

Linear translation scan  
(large) and rotation



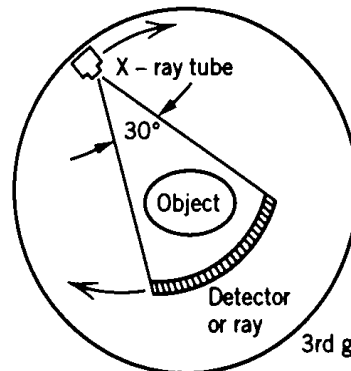
1st generation  
(a)

Linear translational scan  
(small) and rotation



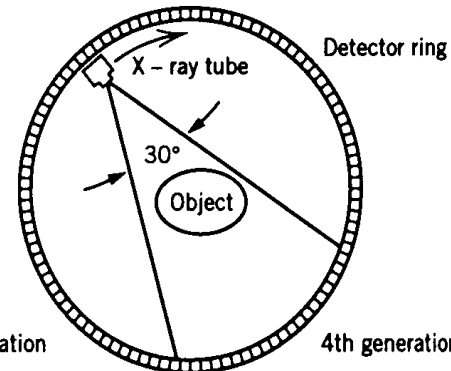
2nd generation  
(b)

Rotation only



Fan-beam detector  
(c)

Rotation only



Circular ring detector  
(d)

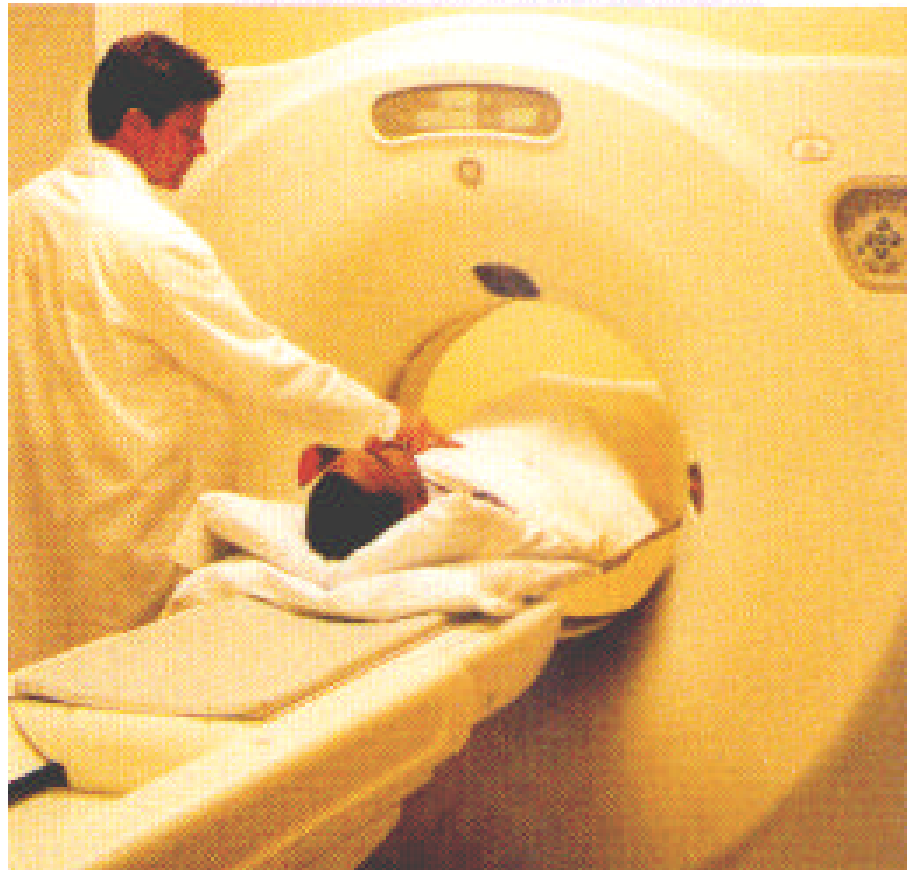
# Spiral X-ray CT



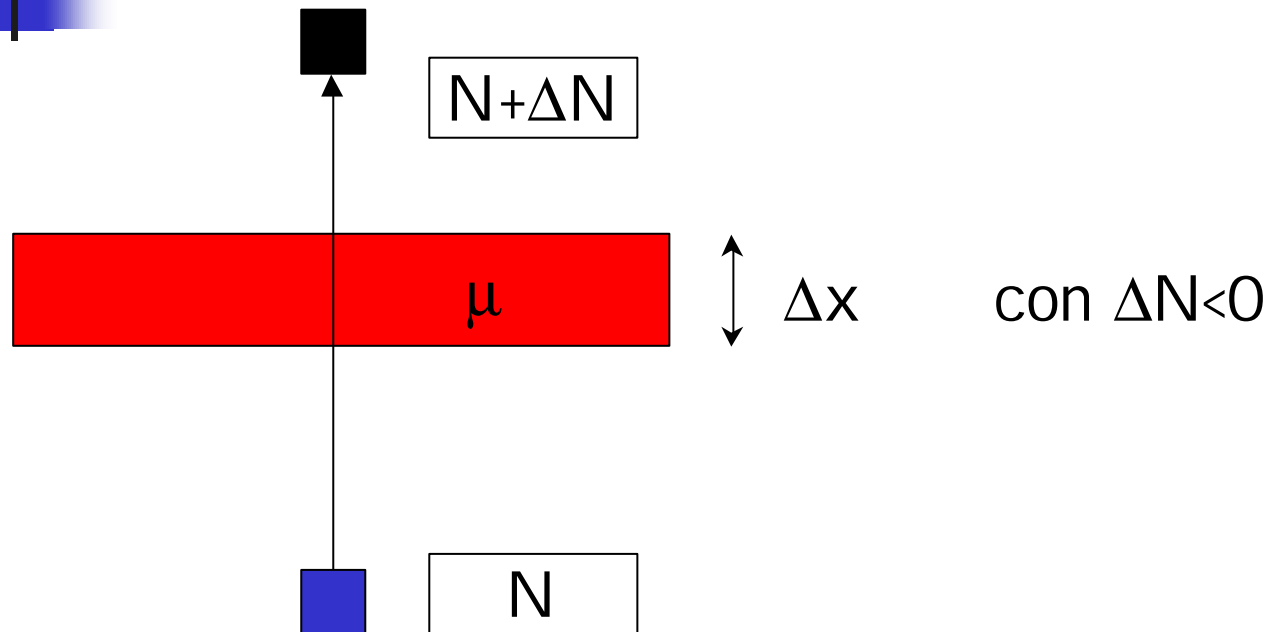


# X-ray CT

---



# Propagazione dei raggi-x



Supponiamo di avere uno strato di materia di spessore infinitesimo  $\Delta x$ , che viene attraversata da un fascio sottile di raggi-x. Dalla sorgente (blu) partono  $N$  fotoni, al rivelatore ne arrivano  $N + \Delta N$  (con  $\Delta N < 0$ ). Diciamo che la radiazione è stata **attenuata**.



# Propagazione dei raggi-x

---

Il fenomeno dell'**attenuazione** è dovuto principalmente a due fenomeni fisici di interazione radiazione materia: effetto fotoelettrico e lo scattering compton.

Il risultato è che arrivano meno fotoni da quanti sono partiti. La quantità persa è legata al coefficiente di attenuazione  $\mu$ .

Se il coefficiente di attenuazione è costante lungo lo spessore  $\Delta x$

$$\frac{\Delta N}{N} = -\mu \Delta x$$



# Propagazione dei raggi-x

---

Passiamo ora al limite per  $\Delta x$  che tende a zero

$$\frac{dN}{N} = -\mathbf{m}dx$$

Integriamo sullo spessore per avere il numero di fotoni in funzione di  $x$

$$\int_{N_0}^{N(x)} \frac{dN}{N} = -\mathbf{m} \int_0^x dx$$

$$\ln(N(x)) - \ln(N_0) = -\mathbf{m}x$$

$$\ln\left(\frac{N(x)}{N_0}\right) = -\mathbf{m}x \quad N(x) = N_0 e^{-\mathbf{m}x}$$

# Propagazione dei raggi-x

Se  $\mu$  non è costante in funzione di  $x$  ma è dato da  $\mu(x)$

$$\int_{N_0}^{N(x)} \frac{dN}{N} = - \int_0^x \mathbf{m}(x) dx$$

$$N_{out} = N_{in} e^{-\int_L \mathbf{m}(l) dl}$$

$$\int_L \mathbf{m}(l) dl = \ln \left( \frac{N_{in}}{N_{out}} \right)$$

Lungo un generico tratto  $L$  (come in figura)

