



Diagnostica per immagini CR e PET



Diagnostica per immagini

Le tecniche di imaging che fanno uso di **radiazioni ionizzanti** si possono dividere in due categorie in base all'**origine della radiazione**

Radiazione «atomica» - i raggi X

- Radiografia convenzionale
- Computed tomography (aka: TAC)

Utilizza fasci di radiazione esterni

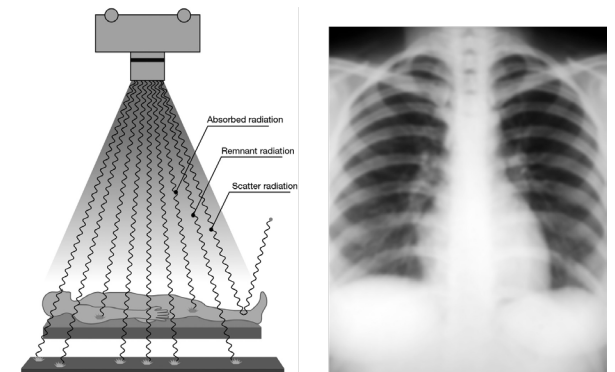
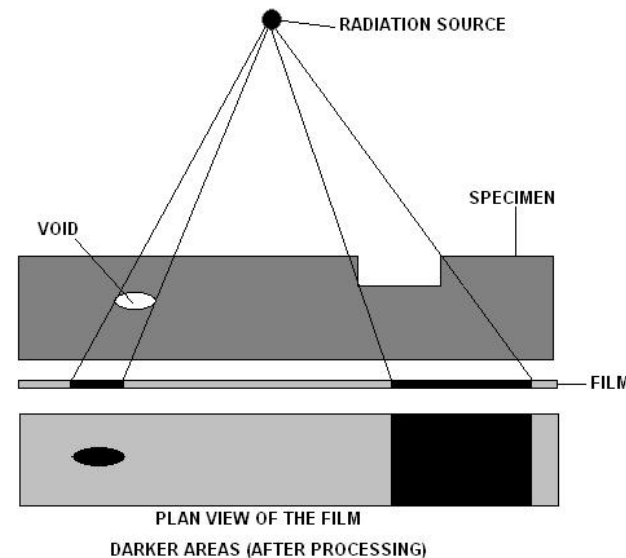
Radiazione «nucleare» - i raggi γ

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

La radiazione proviene dall'interno del corpo del paziente

Principio di base della radiografia a raggi X

- Tessuti di diversa composizione e densità attenuano i raggi X in maniera differente.
- Un numero più basso di fotoni riesce ad attraversare un materiale denso (es. le ossa) rispetto a un materiale poco denso (es. i polmoni).
- I raggi X anneriscono la lastra radiografica in maniera proporzionale al numero di fotoni che arrivano.
- Il contrasto nell'annerimento permette di riconoscere tessuti di densità diversa.



Evoluzione della diagnostica a raggi X

Prima radiografia
(1895)



3D Cone Beam CT
(2015)



Evoluzione della diagnostica a raggi X

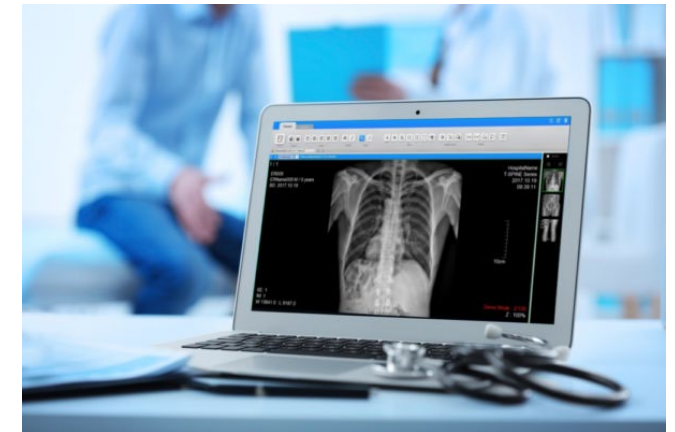
Radiografia
tradizionale



Computed
radiography (CR)



Digital radiography
(DR)

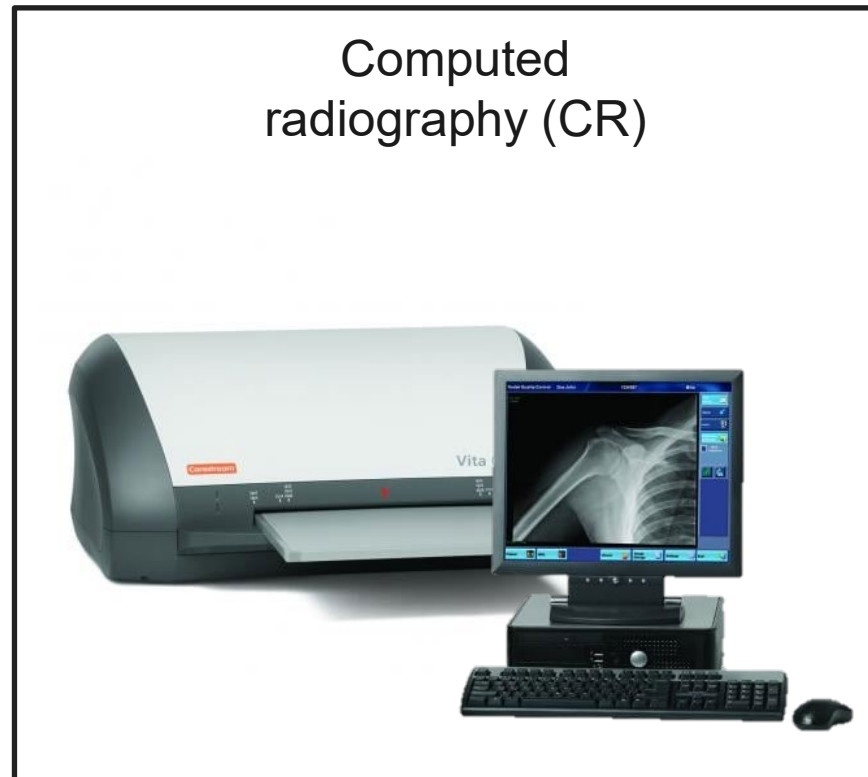


Evoluzione della diagnostica a raggi X

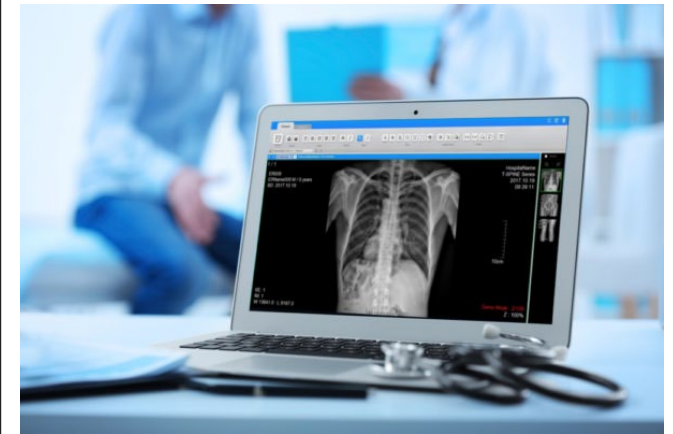
Radiografia
tradizionale



Computed
radiography (CR)



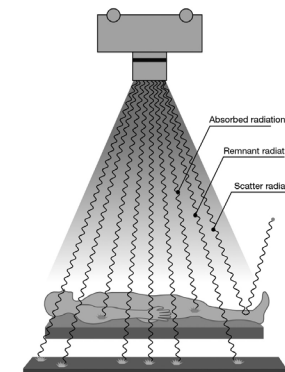
Digital radiography
(DR)



Come Funziona la CR?

1. **Acquisizione dell'Immagine**
2. Lettura della Piastra
3. Digitalizzazione dell'Immagine
4. Cancellazione della Piastra

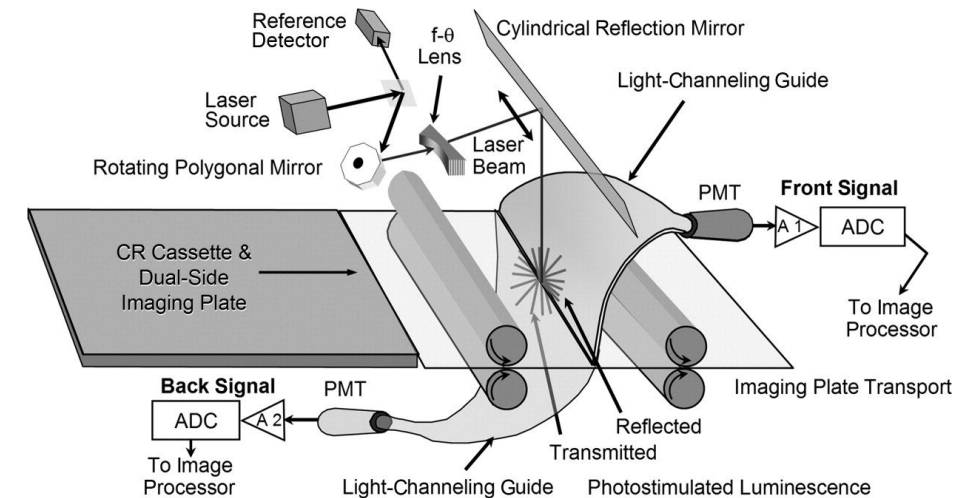
- Una lastra speciale, chiamata **piastra di imaging (IP - Imaging Plate)**, viene inserita in una cassetta protettiva e posizionata sotto il paziente.
- I raggi X attraversano il corpo e vengono assorbiti in modo diverso a seconda della densità dei tessuti (per esempio, le ossa assorbono più raggi X rispetto ai muscoli).
- La piastra contiene **fosfori fotostimolabili**, che assorbono l'energia dei raggi X e la immagazzinano come una **immagine latente**, invisibile a occhio nudo.



Come Funziona la CR?

1. Acquisizione dell'Immagine
2. **Lettura della Piastra**
3. Digitalizzazione dell'Immagine
4. Cancellazione della Piastra

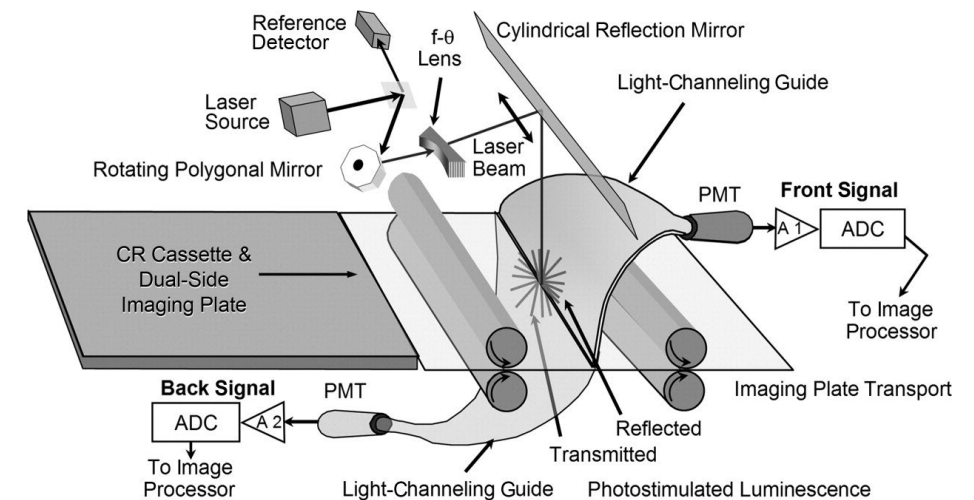
- Dopo l'esposizione ai raggi X, la cassetta con la piastra viene inserita in un lettore CR.
- Un **laser** scansiona la piastra, stimolando i fosfori e facendoli emettere luce blu.
- Questa luce viene raccolta da un sistema ottico e convertita in un segnale elettrico tramite un **fotomoltiplicatore**.



Come Funziona la CR?

1. Acquisizione dell'Immagine
2. Lettura della Piastra
3. Digitalizzazione dell'Immagine
4. Cancellazione della Piastra

- Il segnale elettrico viene trasformato in un'immagine digitale attraverso un convertitore analogico-digitale.
- Il software elabora l'immagine per migliorarne la qualità, regolando contrasto, luminosità e dettagli.
- L'immagine può essere visualizzata su un monitor, salvata nel computer o stampata se necessario.





Come Funziona la CR?

1. **Acquisizione dell'Immagine**
2. **Lettura della Piastra**
3. **Digitalizzazione dell'Immagine**
4. **Cancellazione della Piastra**

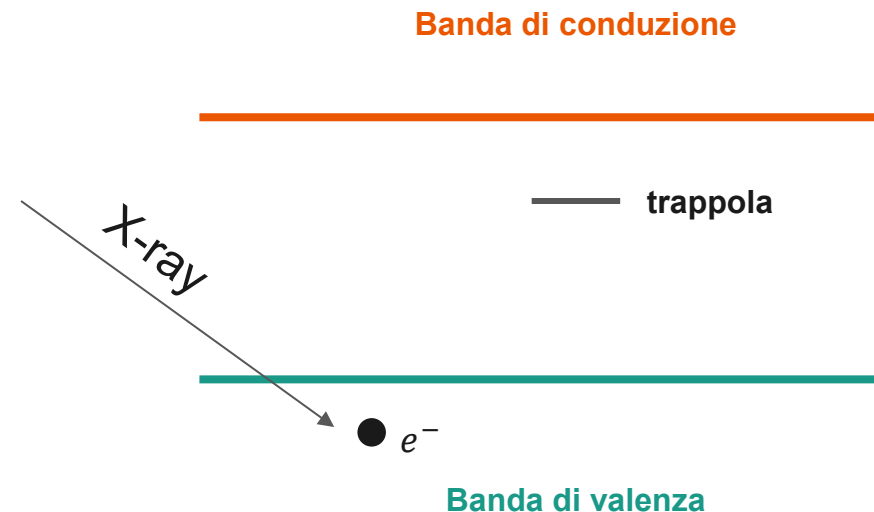
- Dopo la lettura, la piastra viene illuminata con una luce intensa per eliminare l'immagine residua, rendendola pronta per un nuovo utilizzo.
- Questo processo permette di riutilizzare la stessa piastra più volte, riducendo i costi.

Fosfori fotostimolabili

1. Esposizione ai raggi X e immagazzinamento dell'immagine

- Quando i raggi X colpiscono la **piastra di imaging**, l'energia viene assorbita dai fosfori fotostimolabili.
- Questa energia sposta alcuni **elettroni** in posizioni instabili all'interno del materiale, creando una **immagine latente invisibile**.
- Gli elettroni rimangono intrappolati in questi stati energetici elevati fino a quando non vengono stimolati da una nuova fonte di energia.

✦ **Curiosità:** L'immagine latente può rimanere nella piastra per diverse ore prima di iniziare a svanire. Tuttavia, è meglio leggerla il prima possibile per evitare la perdita di dettagli.



Fosfori fotostimolabili

1. Esposizione ai raggi X e immagazzinamento dell'immagine

- Quando i raggi X colpiscono la **piastra di imaging**, l'energia viene assorbita dai fosfori fotostimolabili.
- Questa energia sposta alcuni **elettroni** in posizioni instabili all'interno del materiale, creando una **immagine latente invisibile**.
- Gli elettroni rimangono intrappolati in questi stati energetici elevati fino a quando non vengono stimolati da una nuova fonte di energia.

✦ **Curiosità:** L'immagine latente può rimanere nella piastra per diverse ore prima di iniziare a svanire. Tuttavia, è meglio leggerla il prima possibile per evitare la perdita di dettagli.



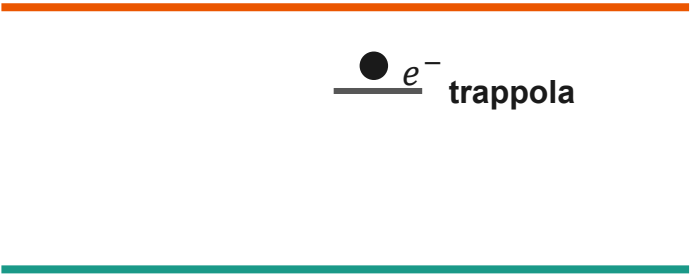
Fosfori fotostimolabili

1. Esposizione ai raggi X e immagazzinamento dell'immagine

- Quando i raggi X colpiscono la **piastra di imaging**, l'energia viene assorbita dai fosfori fotostimolabili.
- Questa energia sposta alcuni **elettroni** in posizioni instabili all'interno del materiale, creando una **immagine latente invisibile**.
- Gli elettroni rimangono intrappolati in questi stati energetici elevati fino a quando non vengono stimolati da una nuova fonte di energia.

✦ **Curiosità:** L'immagine latente può rimanere nella piastra per diverse ore prima di iniziare a svanire. Tuttavia, è meglio leggerla il prima possibile per evitare la perdita di dettagli.

Banda di conduzione

A diagram illustrating the energy levels of a phosphor. It shows two horizontal lines representing energy bands: an upper orange line labeled "Banda di conduzione" and a lower teal line labeled "Banda di valenza". Between these two bands, a black dot representing an electron (e^-) is shown sitting on a small horizontal line, with the word "trappola" (trap) written next to it.

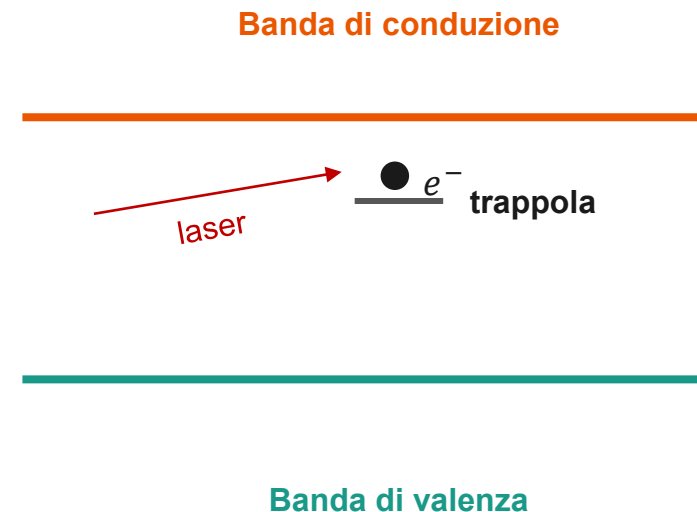
Banda di valenza

Fosfori fotostimolabili

2. Stimolazione ottica e rilascio della luce (Fotostimolazione)

- Per trasformare l'immagine latente in un'immagine visibile, la piastra viene inserita in un **lettore CR**, dove viene scansionata da un **laser rosso**.
- L'energia del laser "sblocca" gli elettroni intrappolati, facendoli tornare ai loro livelli energetici originali.
- Quando gli elettroni ritornano al loro stato normale, rilasciano energia sotto forma di **luce blu**.

✦ Questo fenomeno è chiamato "luminescenza fotostimolata" (PSL - Photostimulated Luminescence).



Fosfori fotostimolabili

2. Stimolazione ottica e rilascio della luce (Fotostimolazione)

- Per trasformare l'immagine latente in un'immagine visibile, la piastra viene inserita in un **lettore CR**, dove viene scansionata da un **laser rosso**.
- L'energia del laser "sblocca" gli elettroni intrappolati, facendoli tornare ai loro livelli energetici originali.
- Quando gli elettroni ritornano al loro stato normale, rilasciano energia sotto forma di **luce blu**.

✦ Questo fenomeno è chiamato "luminescenza fotostimolata" (PSL - Photostimulated Luminescence).

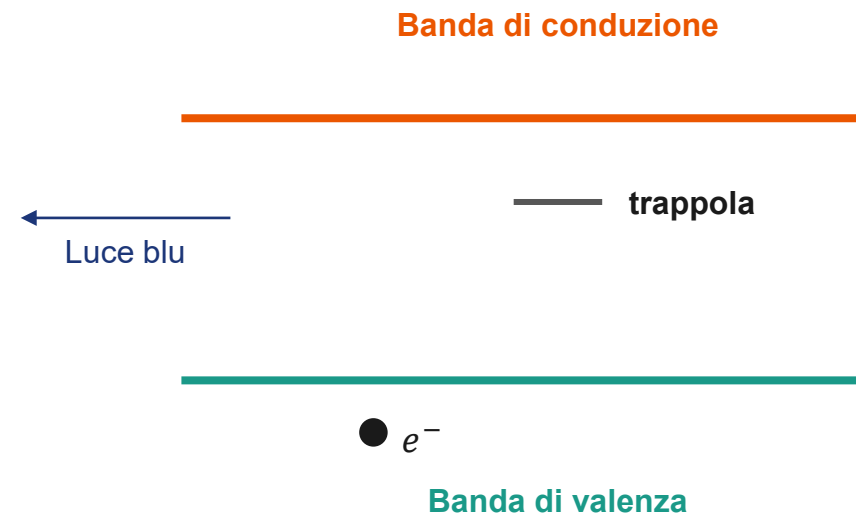


Fosfori fotostimolabili

2. Stimolazione ottica e rilascio della luce (Fotostimolazione)

- Per trasformare l'immagine latente in un'immagine visibile, la piastra viene inserita in un **lettore CR**, dove viene scansionata da un **laser rosso**.
- L'energia del laser "sblocca" gli elettroni intrappolati, facendoli tornare ai loro livelli energetici originali.
- Quando gli elettroni ritornano al loro stato normale, rilasciano energia sotto forma di **luce blu**.

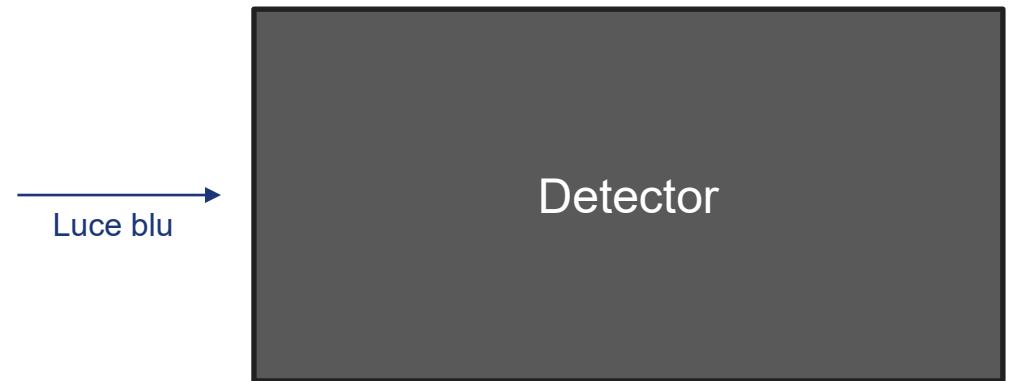
✦ Questo fenomeno è chiamato "luminescenza fotostimolata" (PSL - Photostimulated Luminescence).



Fosfori fotostimolabili

3. Rilevazione della luce e conversione in immagine digitale

- La luce blu emessa viene catturata da un **fotomoltiplicatore (PMT - Photomultiplier Tube)** o da un sensore ottico.
- Il segnale viene trasformato in un **segnale elettrico**, che viene poi convertito in un'immagine digitale tramite un **convertitore analogico-digitale (ADC - Analog-to-Digital Converter)**.
- L'immagine viene elaborata da un software e visualizzata sullo schermo.



Cyclone® Plus

Il sistema è composto da due elementi principali:

1. **Un rilevatore passivo** → uno schermo di fosfori fotostimolabili (PSP).
2. **Un sistema di lettura** → un tamburo rotante con un laser scanner.



Cyclone® Plus

1. Il Rilevatore: Lo Schermo ai Fosfori Fotostimolabili

- Il rivelatore è una **lastra riutilizzabile** ricoperta da uno strato sottile di cristalli di **BaFBr:Eu²⁺** (bario fluorobromuro drogato con Europio).
- Quando il fascio di particelle ionizzanti colpisce la lastra, l'energia viene **immagazzinata** nei cristalli sotto forma di elettroni intrappolati nei cosiddetti **centri di colore (F-centers)**.
- L'**Europio (Eu²⁺)** è fondamentale nel processo, perché sostituisce il bromo nella struttura del cristallo e crea queste trappole elettroniche.
- L'energia viene mantenuta nella lastra per **giorni o addirittura settimane**, permettendo un'analisi anche post-esposizione.



Cyclone® Plus

2. Il Sistema di Lettura

- Dopo l'esposizione al fascio, l'informazione registrata nella lastra viene letta con il **sistema di scansione laser**:
- La lastra viene avvolta attorno a un **tamburo rotante**.
- Un **laser rosso** ($\lambda = 633 \text{ nm}$, **diametro** $\approx 50 \mu\text{m}$) scansiona la superficie della lastra in modo molto preciso.
- Il laser rilascia gli elettroni intrappolati nei F-centers, che si **ricombinano** con le lacune (hole) presenti nei centri luminescenti.
- Questa ricombinazione genera **luce blu** ($\lambda \approx 390 \text{ nm}$), caratteristica dello ione **Eu²⁺**

Il segnale luminoso viene poi:

- **Raccolto e amplificato** da un **tubo fotomoltiplicatore (PMT)**.
- **Convertito in un'immagine digitale** mediante il software **PerkinElmer OptiQuant™**.



Cyclone® Plus

3. Pulizia e Riutilizzo della Lastra

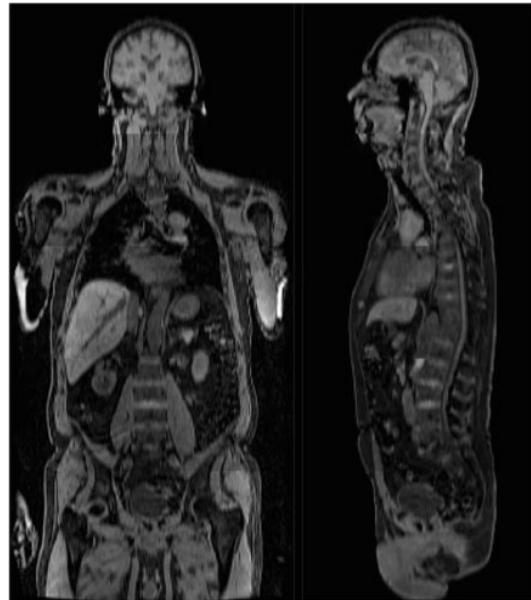
Dopo la lettura, la lastra può essere **cancellata ed essere riutilizzata** più volte. Questo avviene esponendola a **luce bianca intensa** per svuotare quasi completamente gli F-centers. È importante che questa luce abbia un **filtro UV**, per evitare che i fosfori si ricarichino accidentalmente.





**Al lavoro!
(Fine parte 1)**

Imaging funzionale

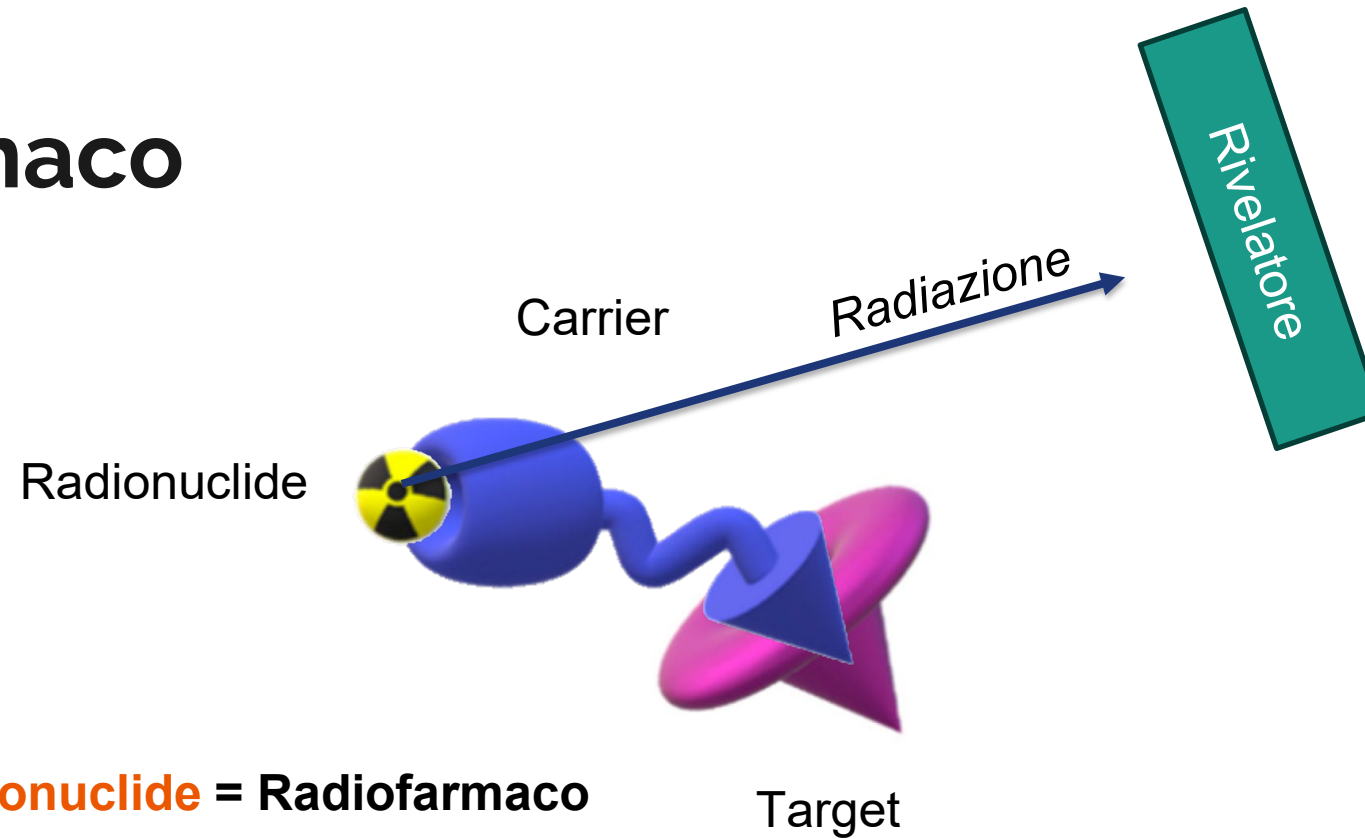


Con l'imaging a **raggi X** vedo
la **struttura** del paziente

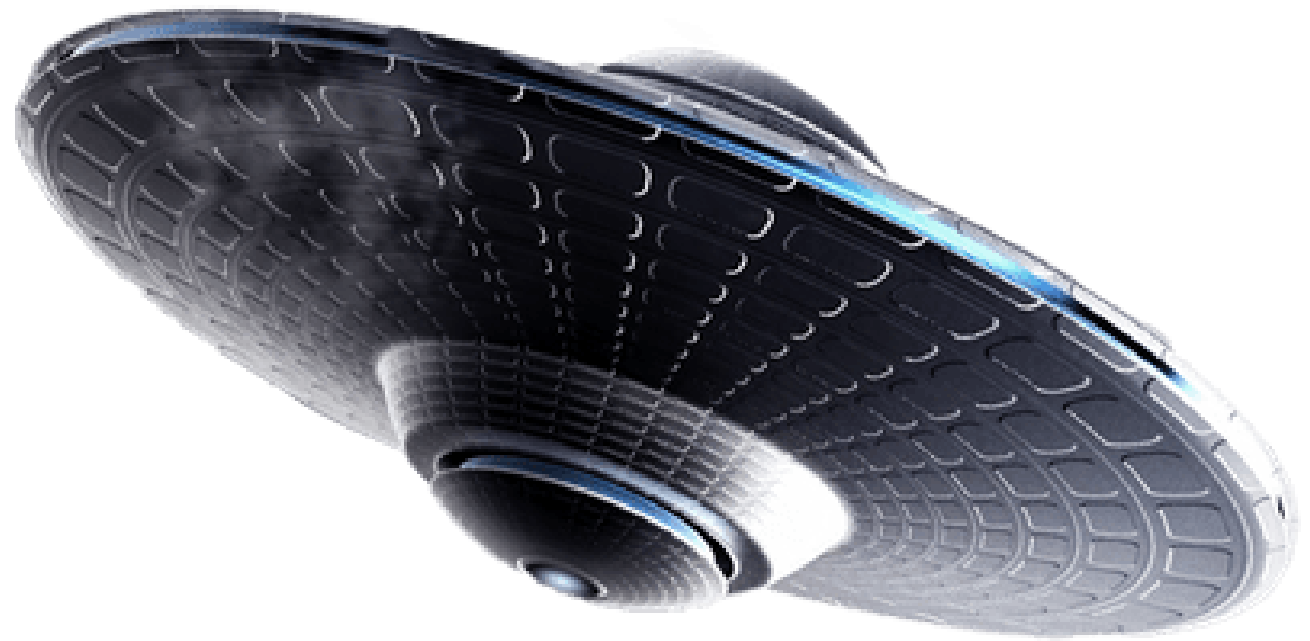
E se volessi studiare la
funzionalità di un organo?



Il radiofarmaco

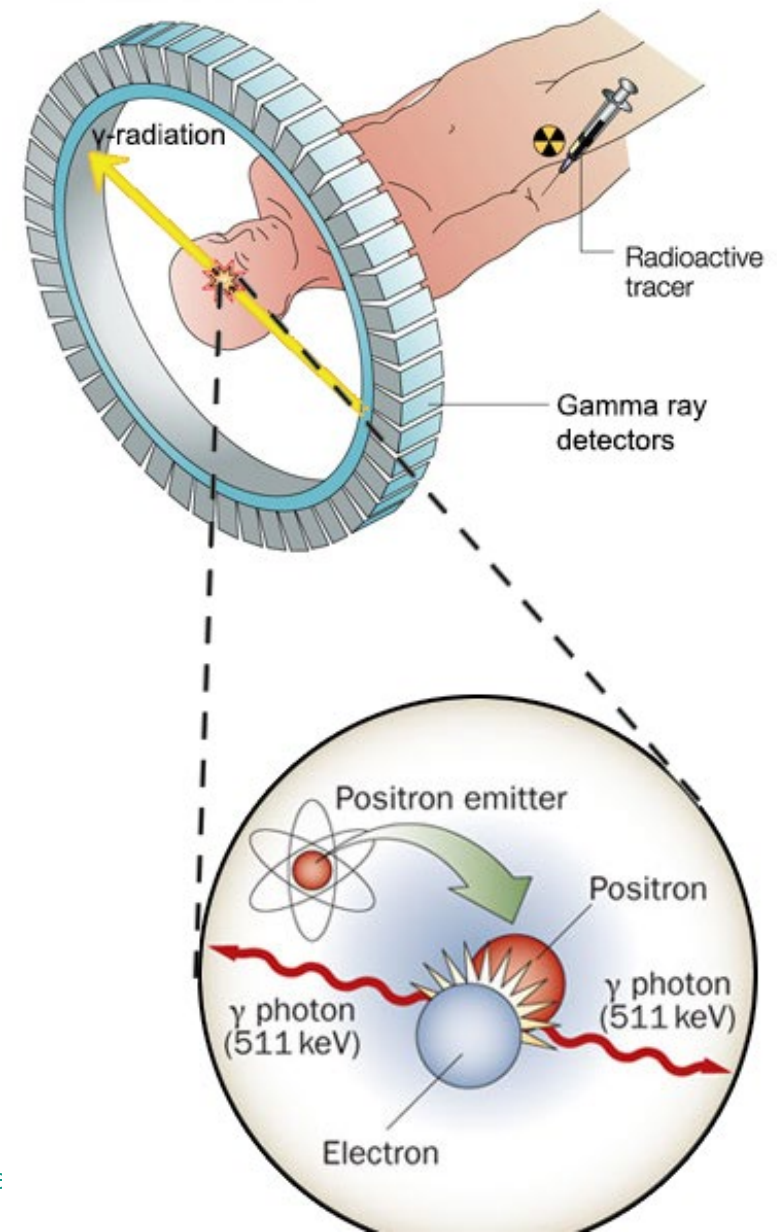


PET: *l'antimateria...*



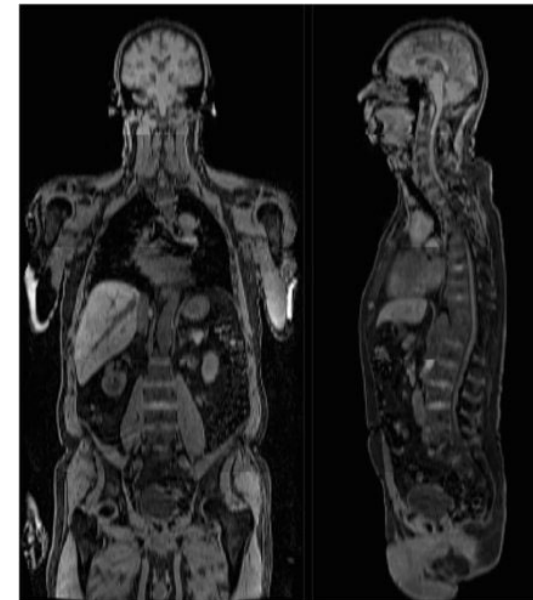
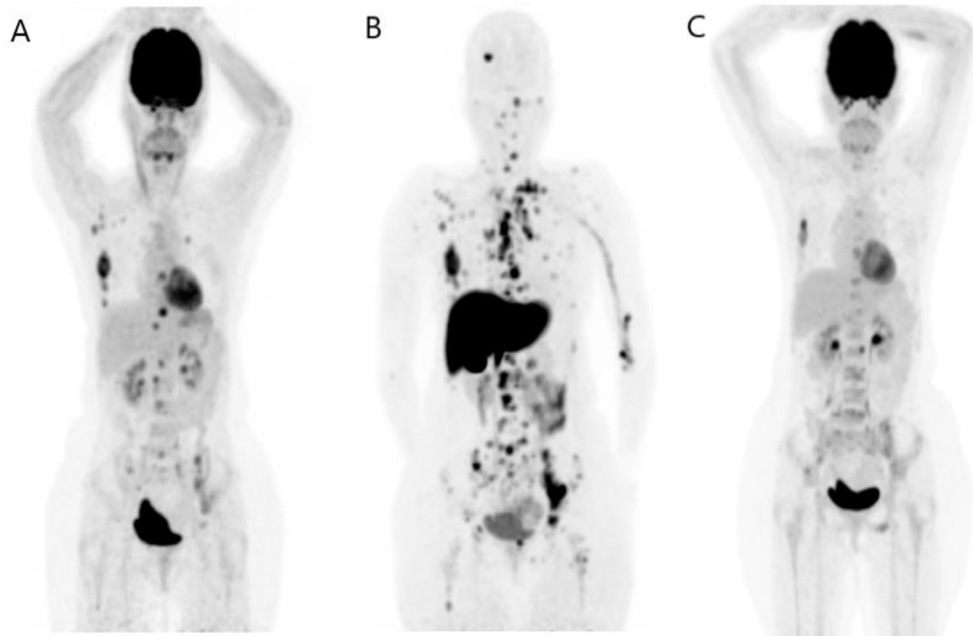
PET: l'antimateria... a uso clinico

- Nel caso della PET il radionuclide che si usa decade β^+
- Emette un «positrone» che è l'anti particella dell'elettrone
- Quando un positrone incontra un elettrone, si «annichiliscono» emettendo due fotoni a 180° tra loro
- Se posiziono tanti detector intorno al paziente posso ricostruire la posizione dove è avvenuto il decadimento e **trovare il tumore!**



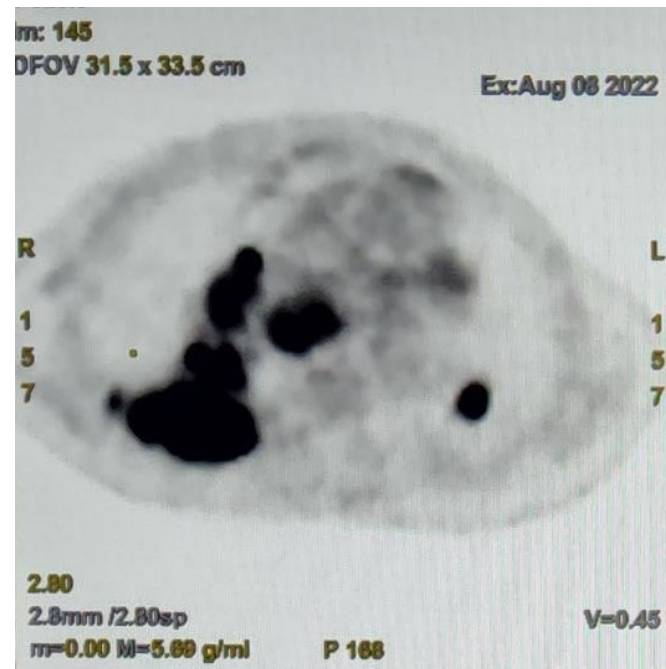


Le immagini PET



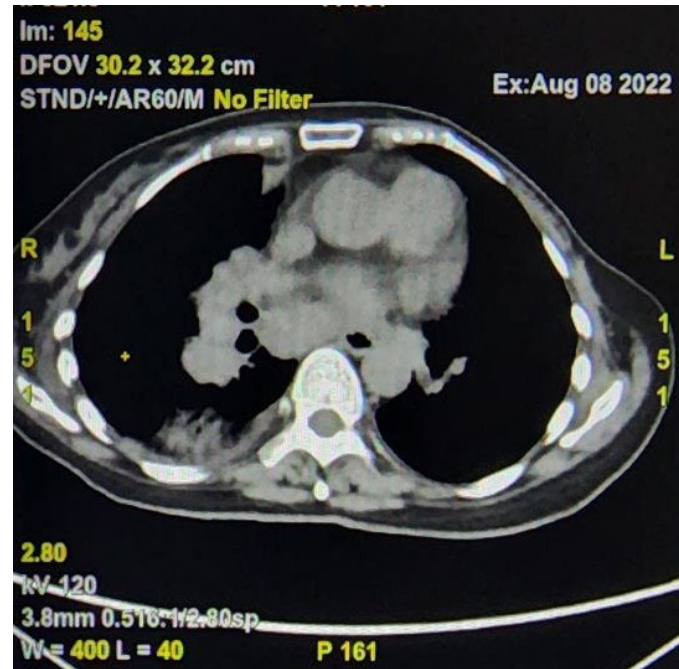
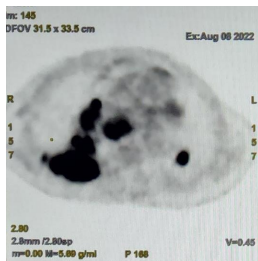
Notate qualche differenza rispetto a un'immagine TAC?

Dov'è il tumore?



Vedo il tumore ma non vedo la struttura

Dov'è il tumore?

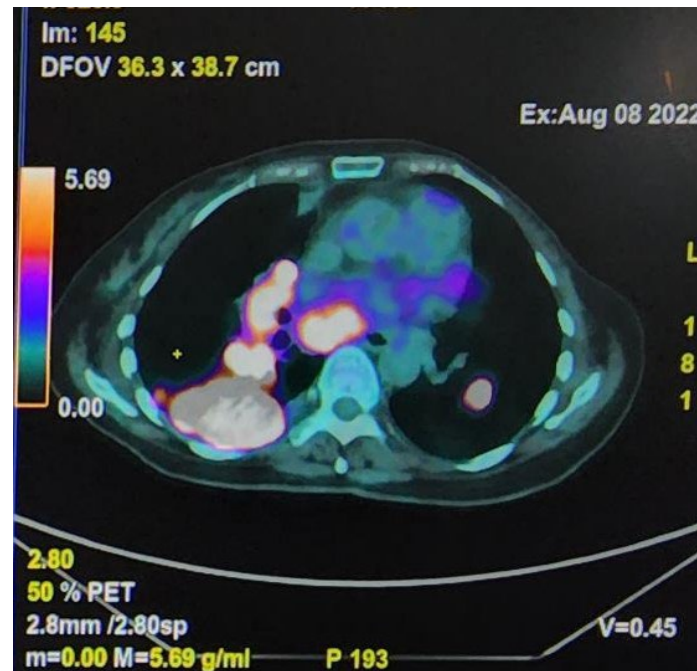
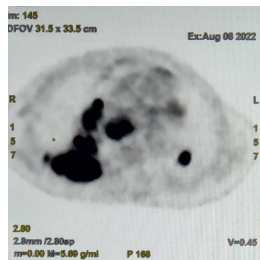


Vedo la struttura ma non riconosco il tumore

Dov'è il tumore?

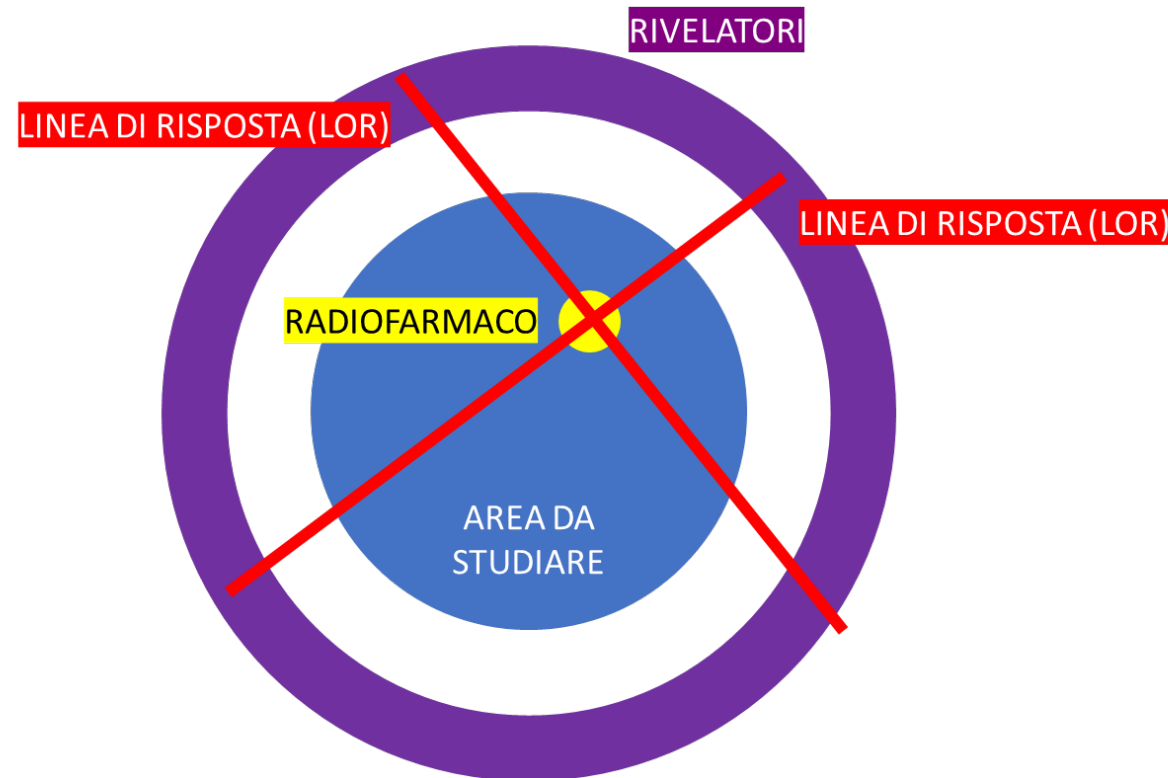


+

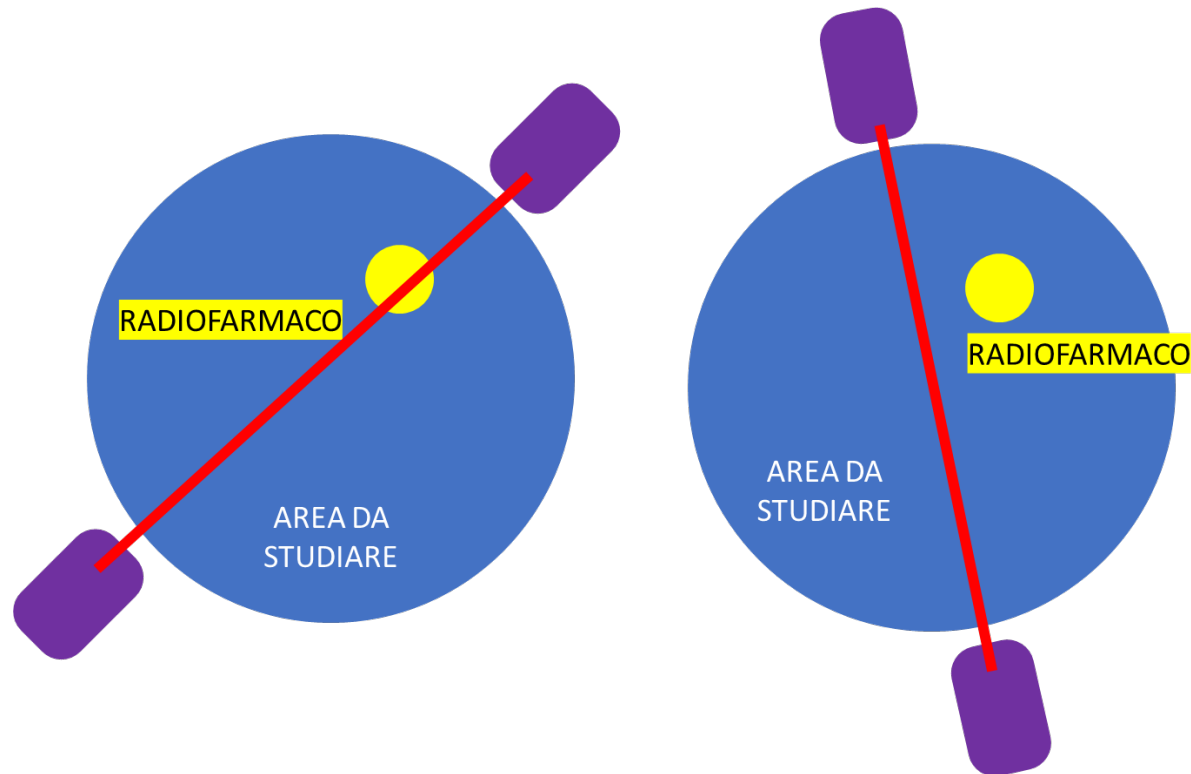


Mediante **sovrapposizione delle immagini** posso conservare entrambe le informazioni!

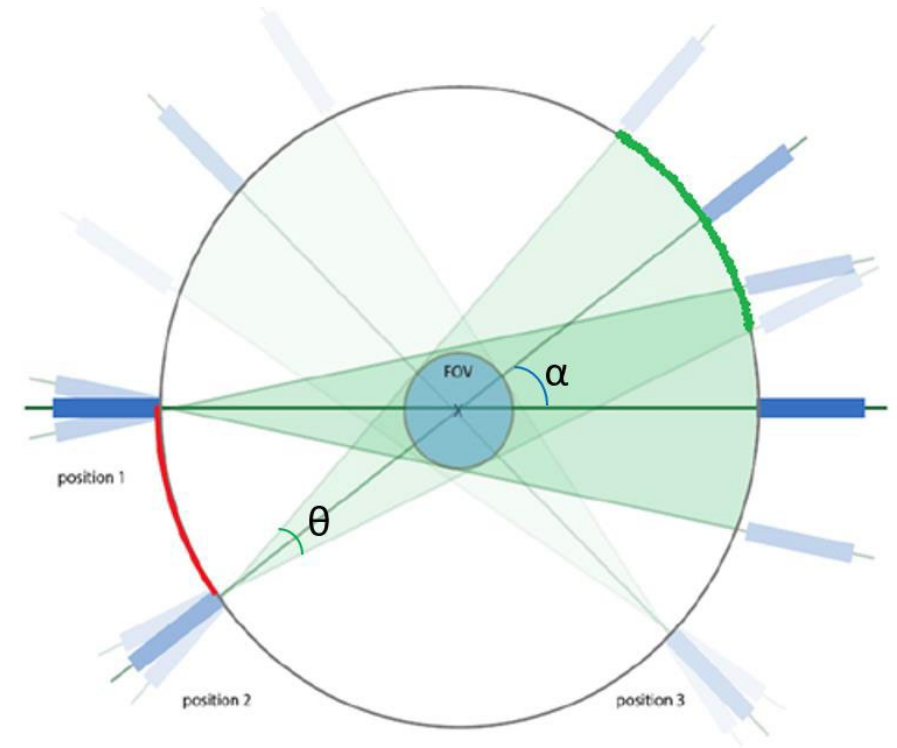
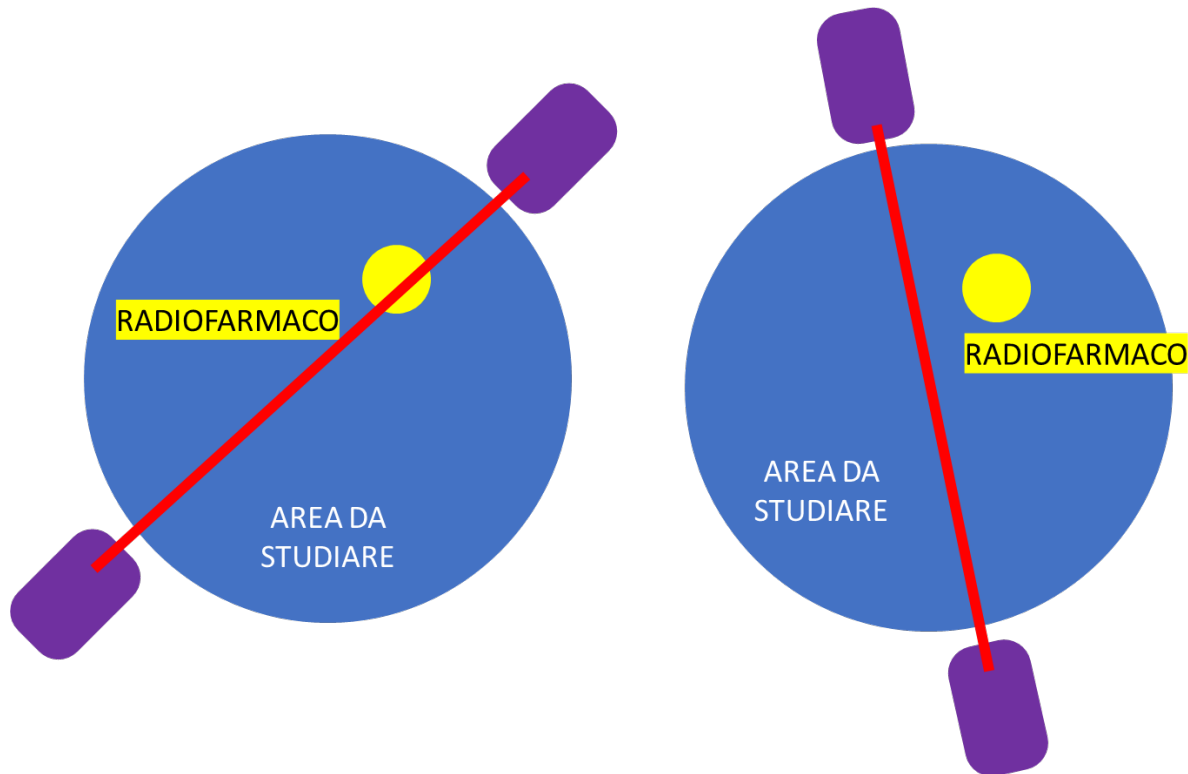
Semplifichiamo un po'... in 2D



Semplifichiamo un po'... in 2D... con 2 detector

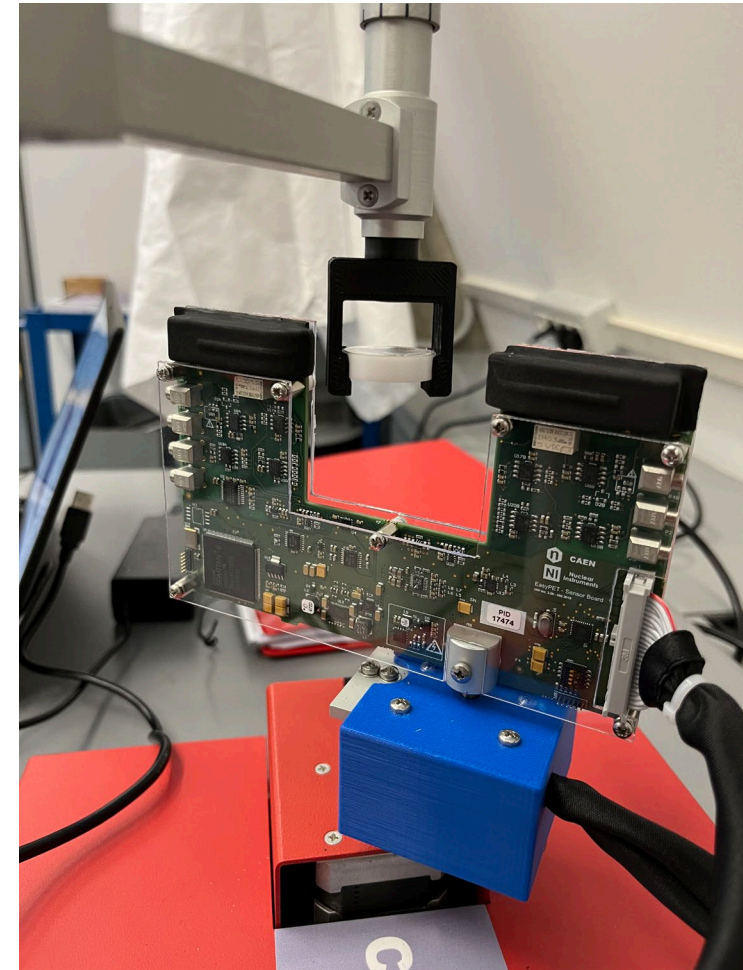


Semplifichiamo un po'... in 2D... con 2 detector

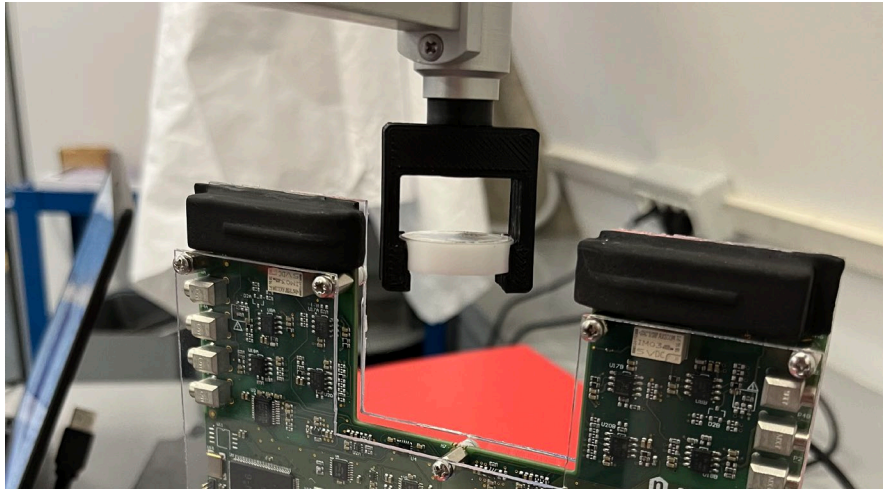


Il sistema EasyPET

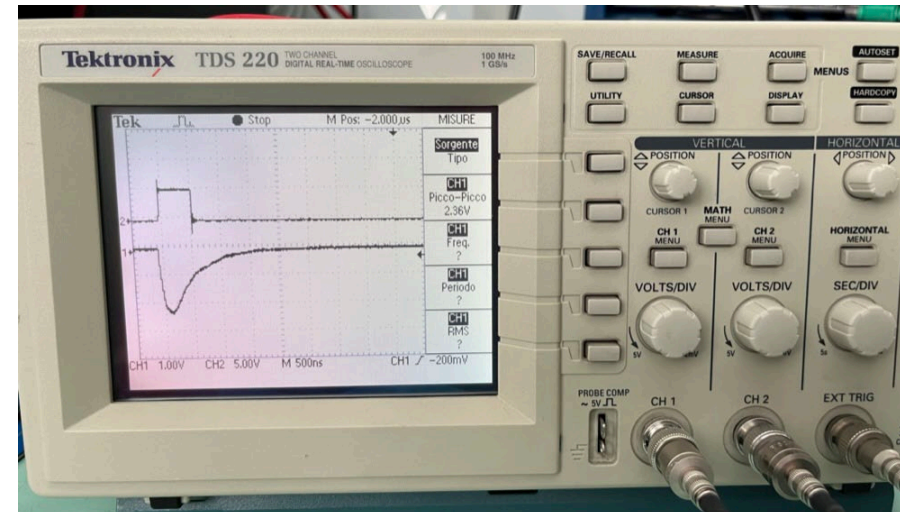
Sistema **rotante** con due rivelatori **LYSO** accoppiati a **SiPM** per la ricostruzione della distribuzione di radioattività **2D**.



Attività preliminare



Posizionamento della sorgente radioattiva



Studio dei segnali in ingresso



Misura di una distribuzione 2D

I parametri che si possono impostare sono:

- step motore inferiore Δ_{inf} (minimo 0.9 gradi),
- step motore superiore Δ_{sup} (minimo 0.9 gradi),
- range motore superiore R_{sup} ,
- tempo acquisizione singola LOR t_{LOR} (in ms).

Il numero di LOR è ?

Il tempo di acquisizione è ?

Come viene la distribuzione 2D misurata?

Domande?

ATTENZIONE
Antimateria in sala

