

Detección de partículas

Masterclass en Radioterapia

Dr. Jose Feliciano Benitez Rubio

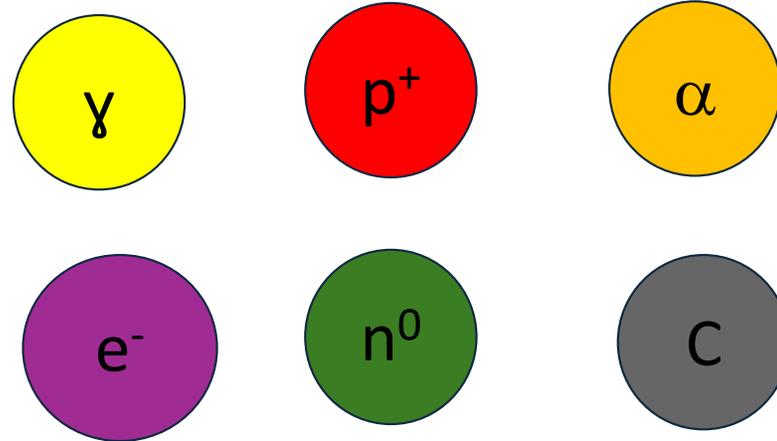
Universidad de Sonora

Marzo 14, 2024

Email: jose.benitez@unison.mx

Partículas

- Foton
- Electron
- Proton
- Neutron
- Ion (nucleo)



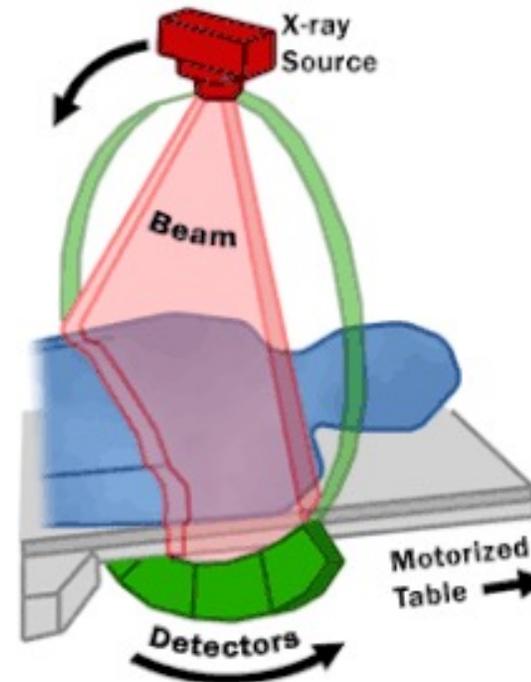
La detección de estas partículas juega un importante role en la imagenología y medición de irradiación en física médica.

CT scan

- Una tomografía computarizada (CT) que combina una serie de imágenes de **rayos X** tomadas desde diferentes ángulos alrededor del cuerpo.
- Utiliza procesamiento por computadora para crear imágenes transversales del cuerpo.

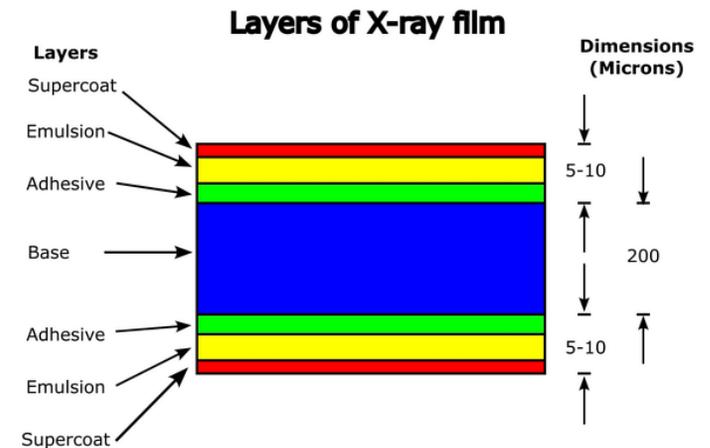
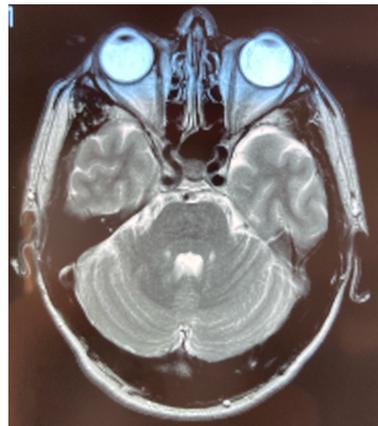


© MAYO FOUNDATION FOR MEDICAL EDUCATION AND RESEARCH. ALL RIGHTS RESERVED.



Detectores de rayos X

- placas fotográficas,
- film fotográfico

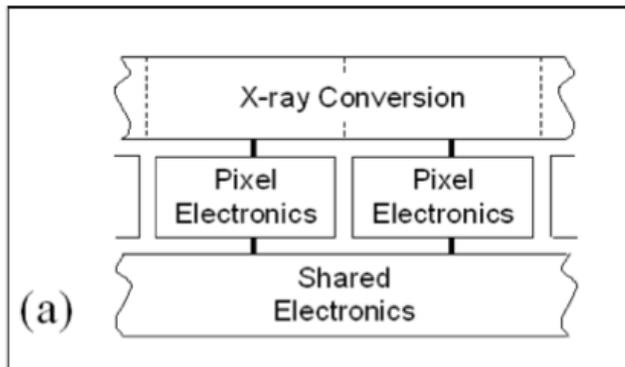


La capa de emulsión contiene cristales de haluro de plata sensibles a la radiación.

Cuando son impactadas por ondas electromagnéticas se reordenan, creando la imagen grabada.

Detectores de rayos X

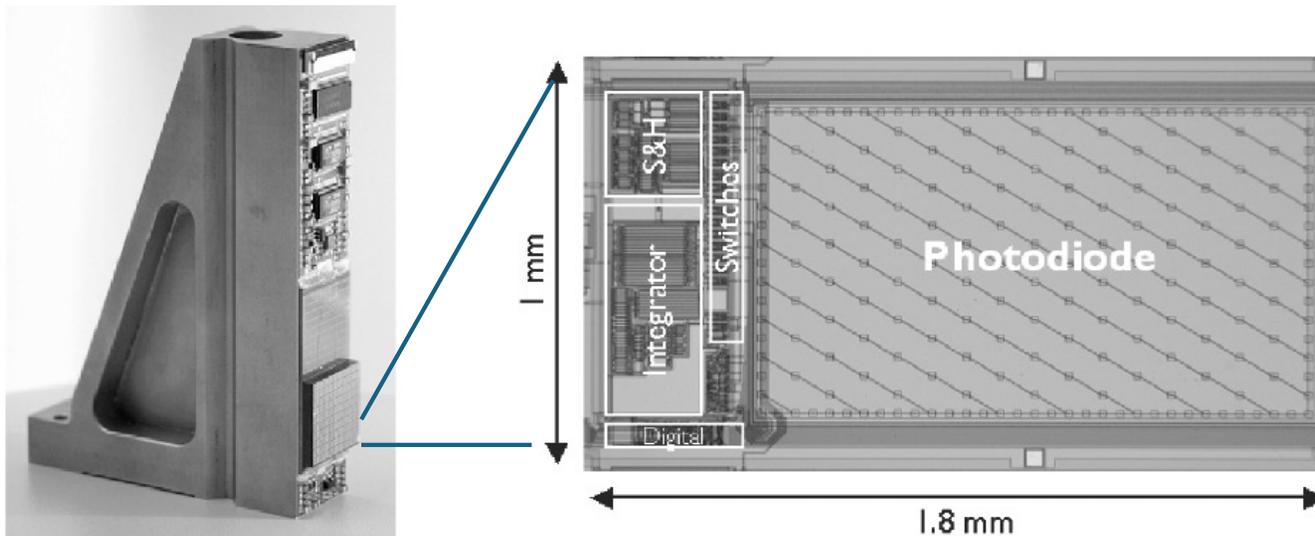
- Detectores de píxeles de panel plano de digitalización rápida.



1) Los materiales de conversión absorben los rayos X y los convierten en luz visible.

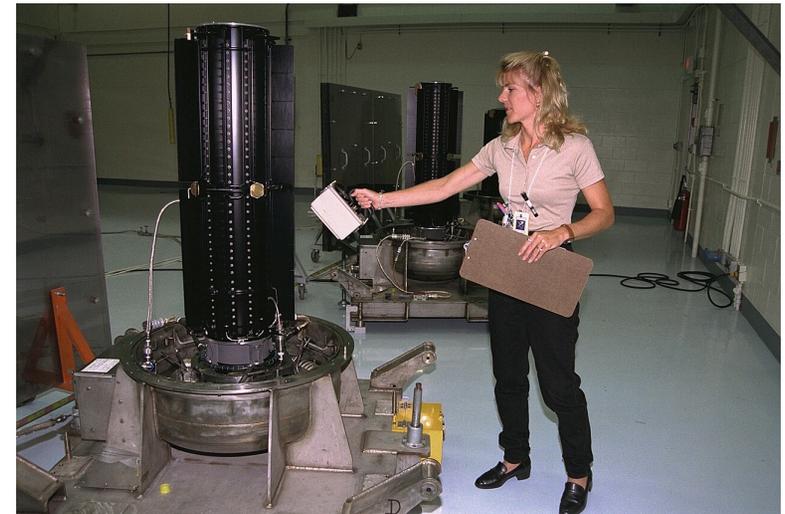
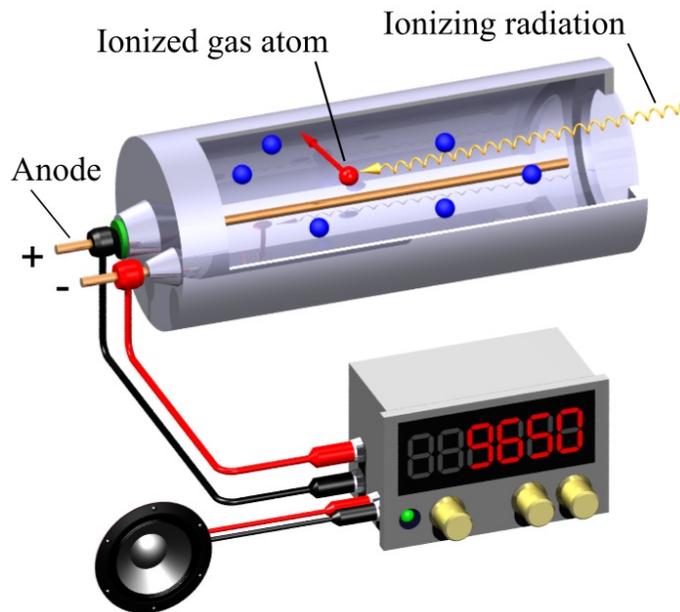
[Caesium Iodide CsI (yoduro de cesio)]

2) La luz óptica es detectada por fotodiodos de silicio en el panel electrónico.



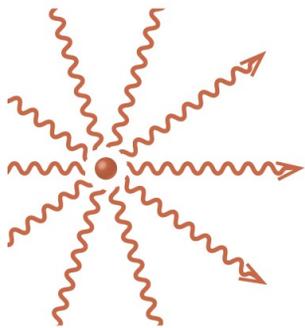
Detección de radiación ionizante

- Cámaras de ionización a base de gas (**Geiger Counter**)
- Detecta partículas: alfa, beta y rayos gamma.



Dosimetría

- Un **dosímetro** es un dispositivo que mide la dosis de radiación ionizante absorbida por el cuerpo.
- Pueden proporcionar una lectura continua de la dosis acumulada y la tasa de dosis actual.



Rate of radioactive decay

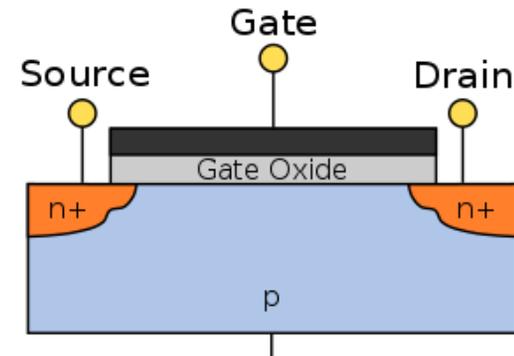


Film badge or dosimeter measures tissue damage exposure in rems or sieverts

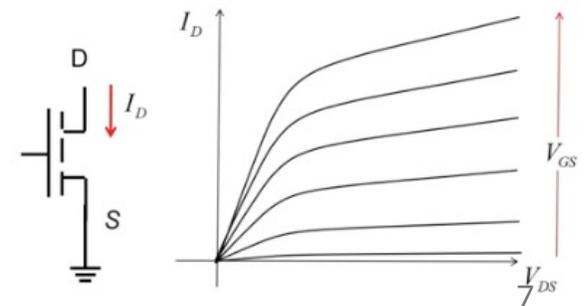
Absorbed dose measured in grays or rads



Field-effect transistor (FET) utiliza un campo eléctrico para controlar el flujo de corriente en un semiconductor

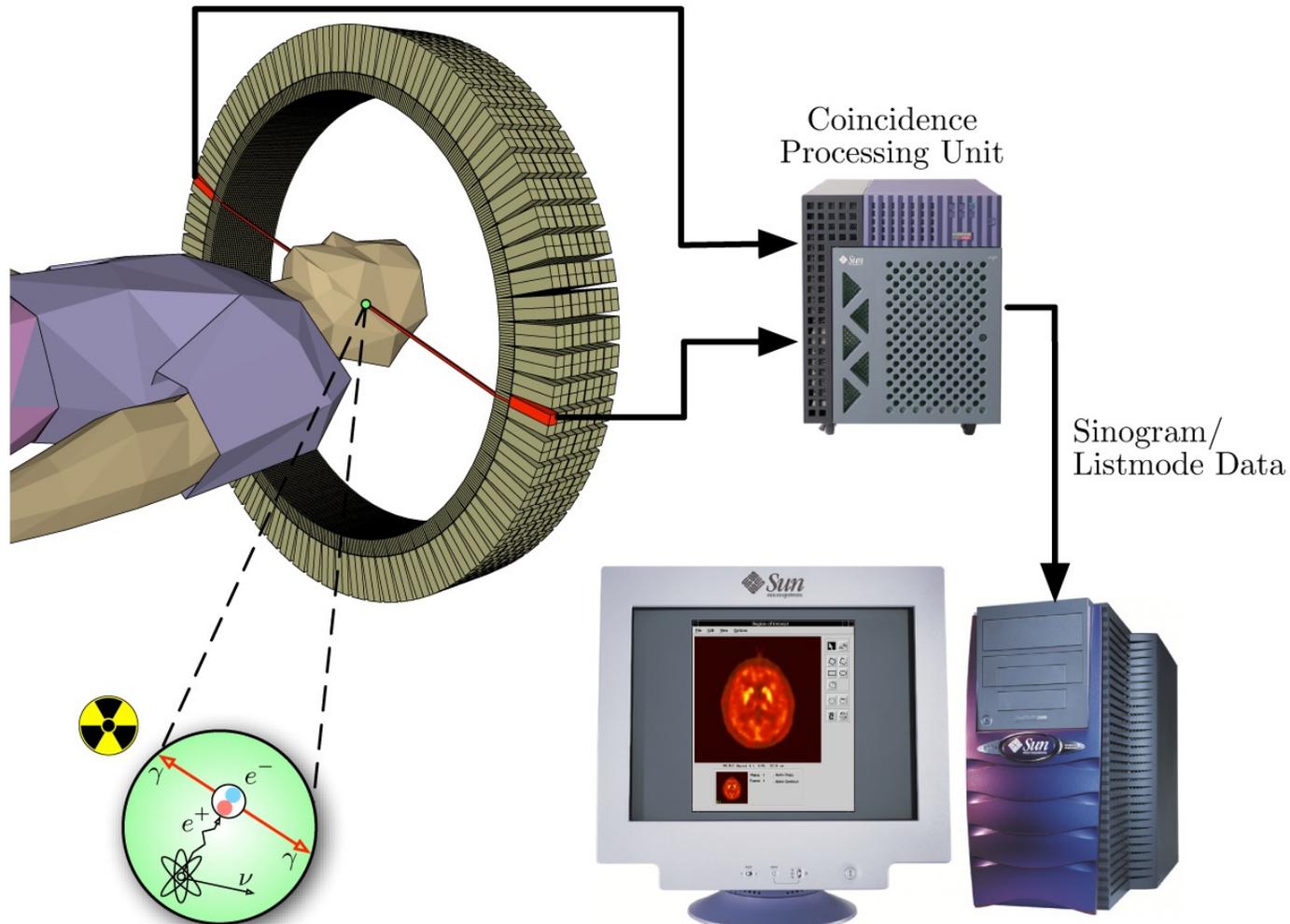


MOSFET IV: output characteristics



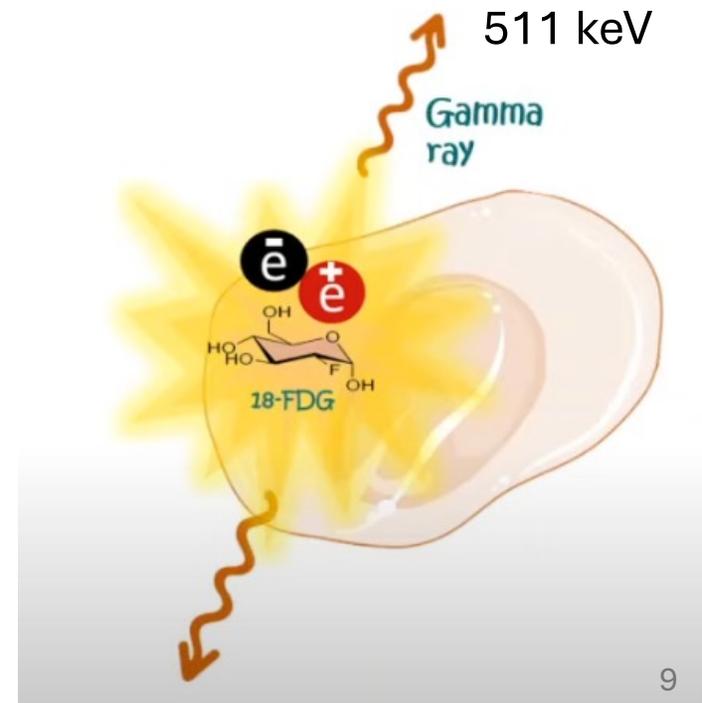
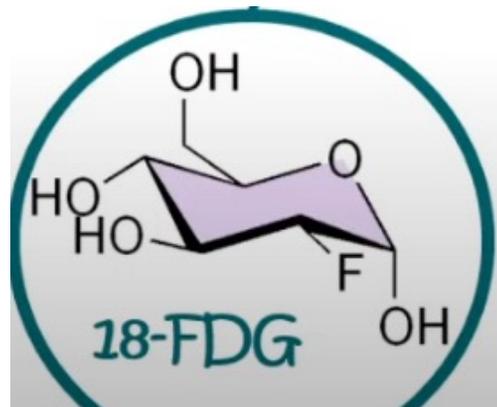
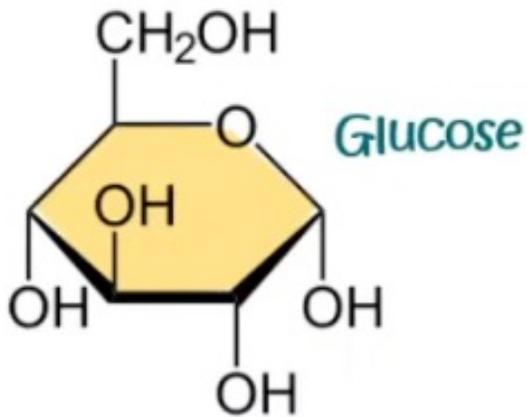
Positron Emission Tomography (PET)

- Positrón, la antipartícula del electrón, se utiliza para obtener imágenes de órganos al inyectar un radioisótopo por la sangre.



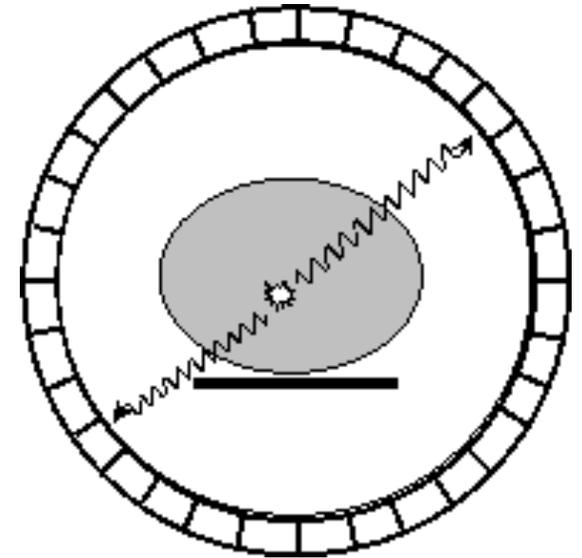
Bio-Física del PET

- Un radioisótopo anexo a la dextrosa es inyectado en el paciente.
- Isótopos (Carbono-11, Fluoruro-18) emiten **positrones durante su decaimiento nuclear**.
- Fluorodesoxiglucosa (**FDG**) es comúnmente usado para detectar cáncer.
- **Aniquilación** de positron-electron emite dos fotones gamma. Genera una **coincidencia** en el detector de fotones.

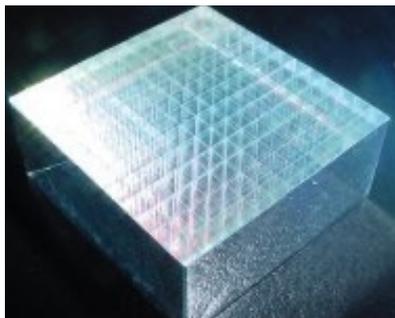


Detección de las coincidencias

- El sistema de cámara incluye múltiples anillos de detectores.
- Los detectores constan de cristales centelladores acoplados a tubos fotomultiplicadores (PMT).
- Un cristal centellador comun es el *oxiortosilicato de lutecio* (**LSO**: Lu_2SiO_5).
- El diseño del anillo utiliza el concepto de que dos fotones detectados en proximidad temporal (del orden de 6 a 12 ns) mediante dos detectores opuestos en el anillo.



LSO



PMT



PET-CT

- PET sufre de baja resolución. Pero cuando es combinada con un CT la imagen se complementa y provee una excelente identificación de tumores.

PET

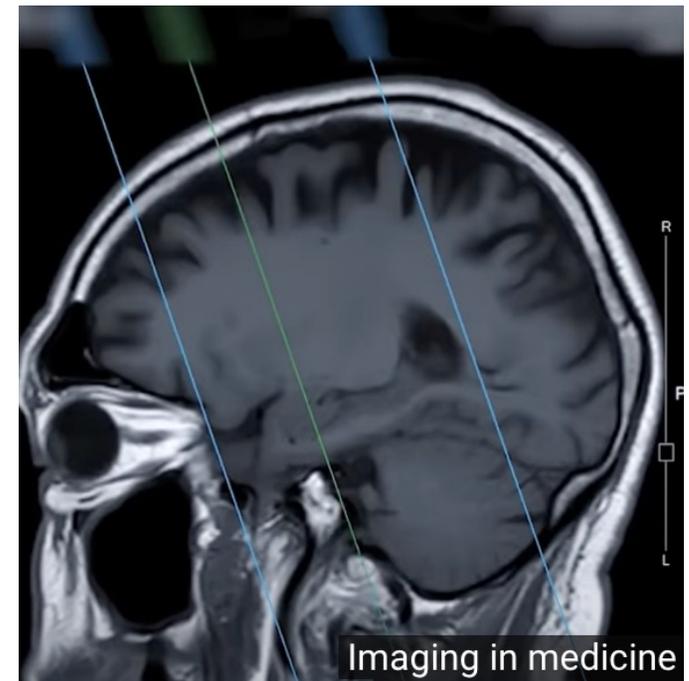
CT

PET-CT



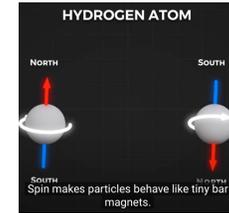
Imagen de Resonancia Magnética (MRI)

- Las imágenes por resonancia magnética proporcionan una resolución súper fina de los órganos internos.
- La máquina utiliza propiedades cuánticas de los átomos: el espín del núcleo.

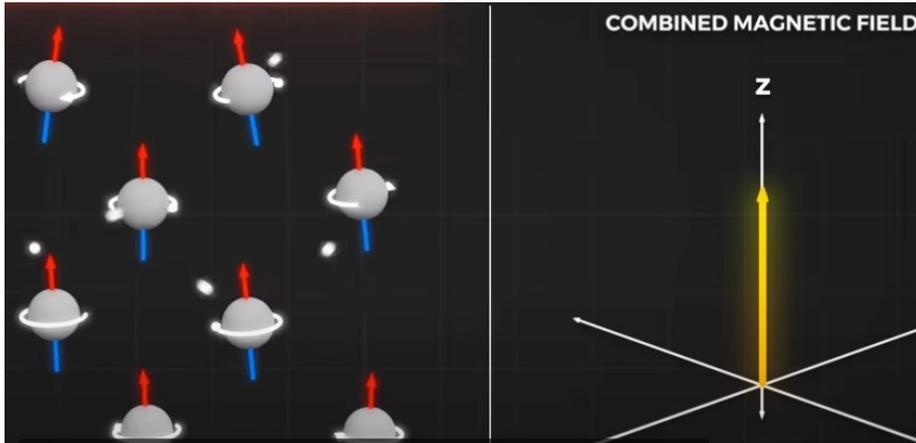


Como funciona un MRI

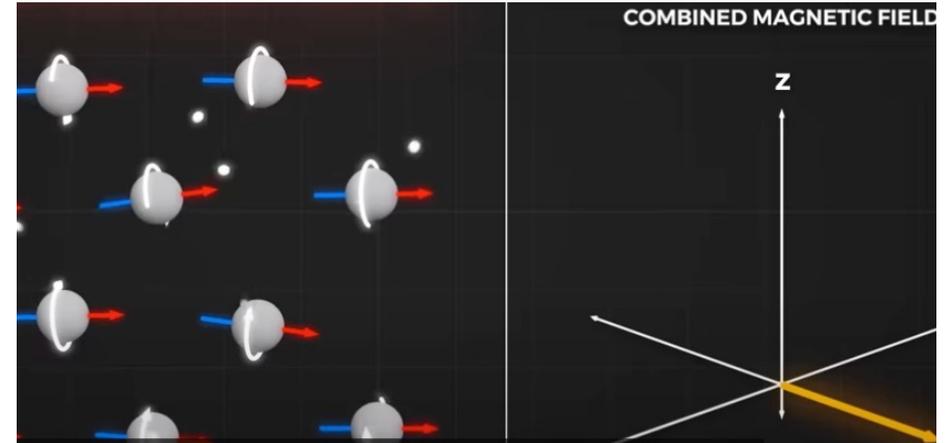
- Átomos de hidrógeno son como pequeños imanes por su espín nuclear.
- Las máquinas de MRI utilizan un fuerte **campo magnético** (1.5 - 3 T) producido por imanes **superconductores**. 300.000 más fuerte que la Tierra y requiere **enfriamiento** a aproximadamente 4 Kelvin (como la temp en el espacio).



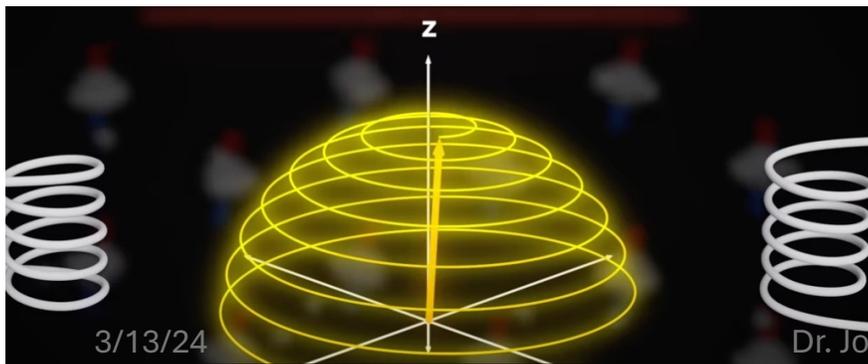
Estado inicial



Estado perturbado



Regreso al estado inicial

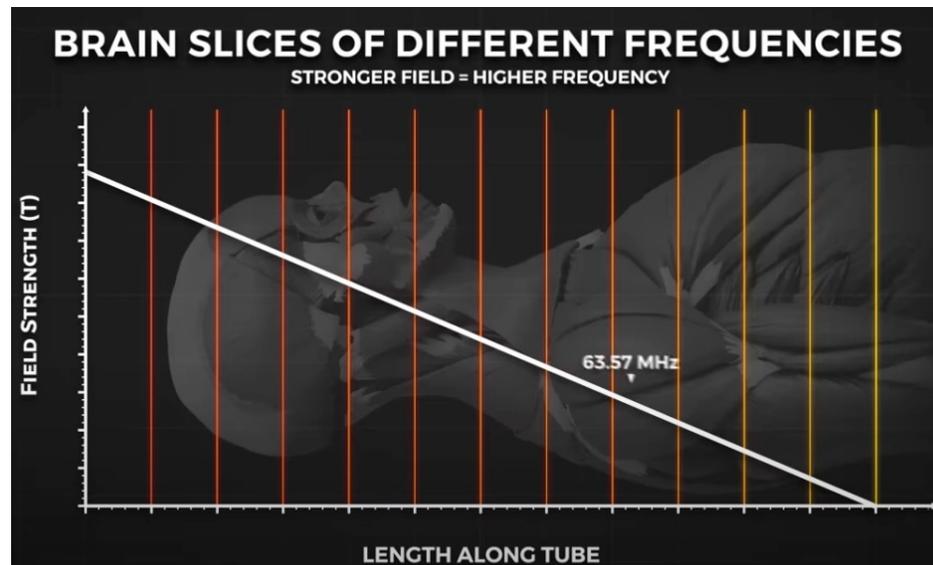


Bobinas adicionales perturban el campo magnético enviando un **pulso de radio-frecuencia (RF)**.

Las mismas pueden detectar la radiación emitida en la fase de relajación.

Como funciona un MRI

- La maquina de MRI tiene la capacidad de controlar un gradiente del campo magnético tal que controla el plano de resonancia con precisión.
- Generando muchas imágenes en diferentes planos del cuerpo y aplicando una combinación por transformación de Fourier se logra obtener imágenes con muy alta resolución en 3D.

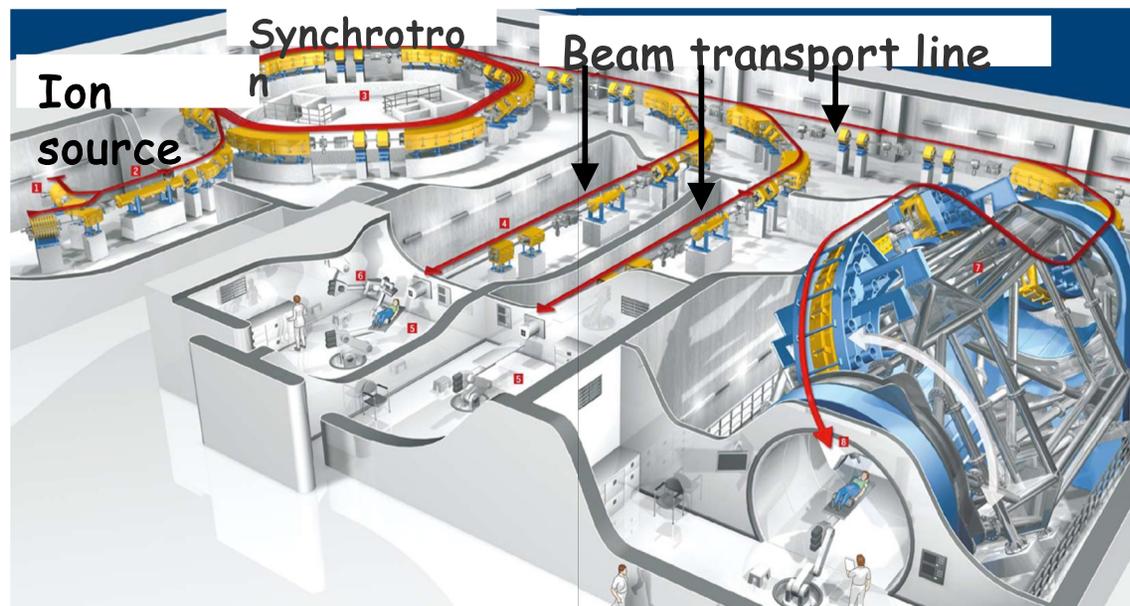


Medición de las partículas cargadas

En un centro de acelerador de partículas:

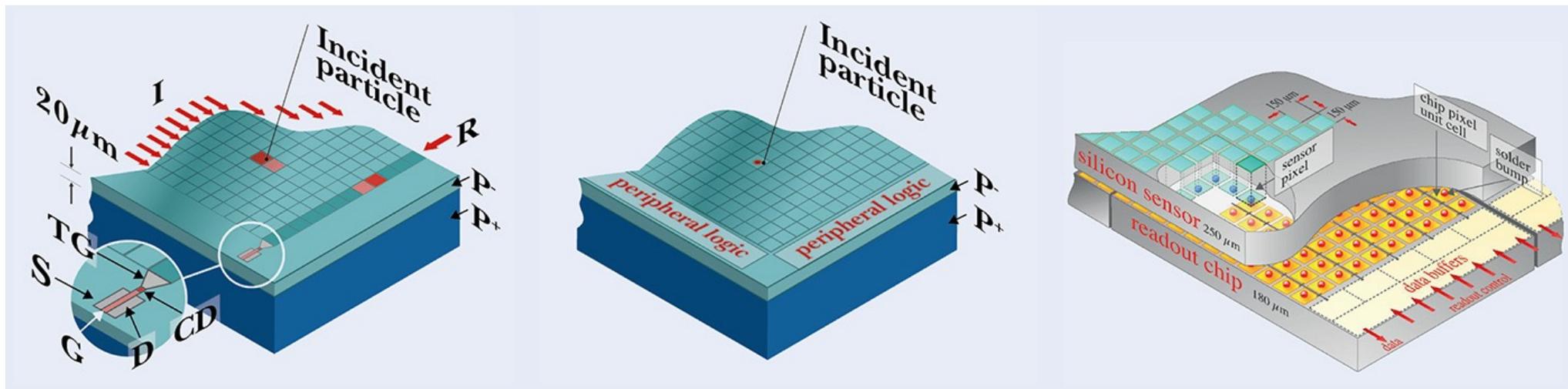
¿Como se sabe la posición exacta de las partículas?

¿Como se sabe la energía?



Trackers (posición)

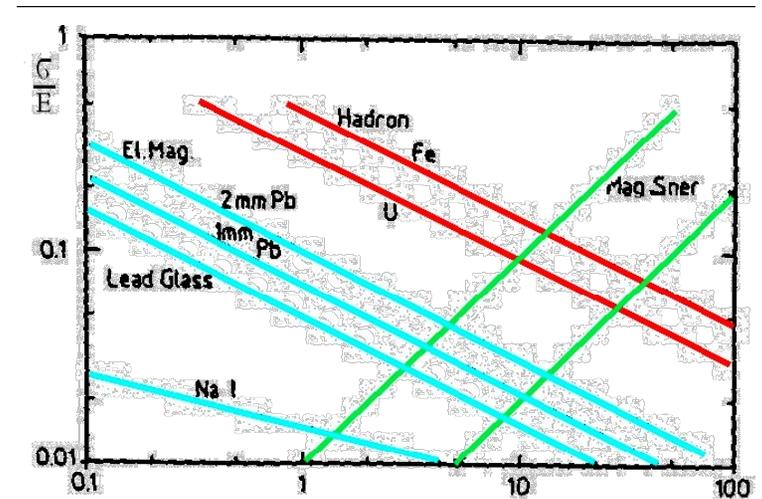
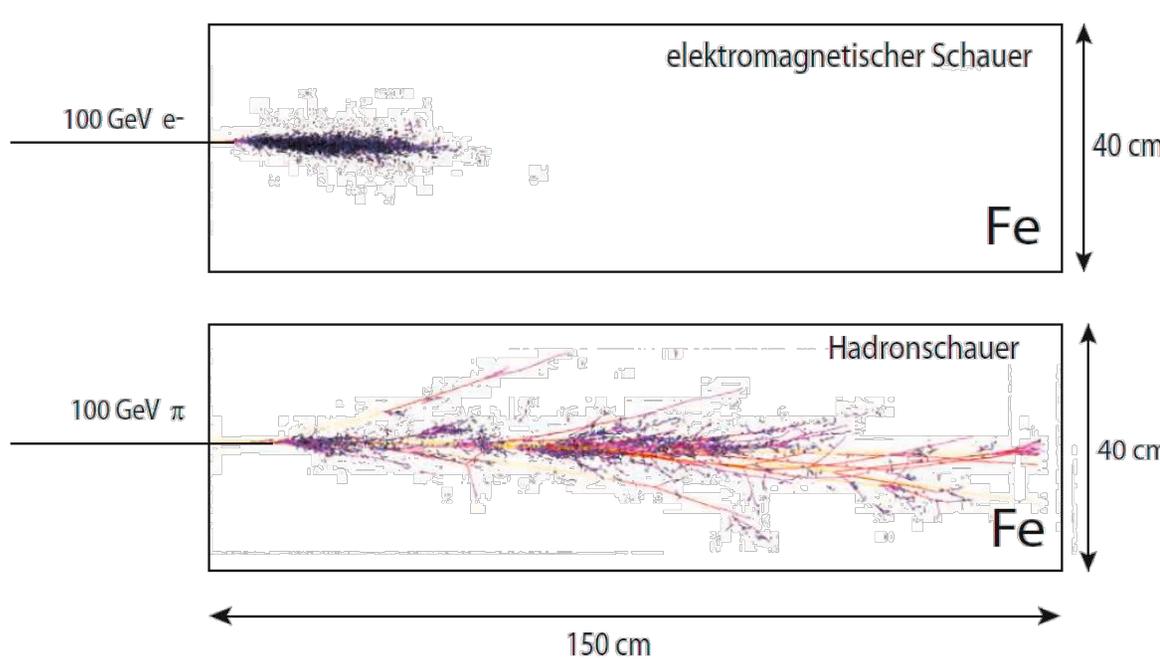
- Detectores de pixel de silicio (semiconductores) compactos con muy alta granularidad, pueden obtener precisión de unas ~ 100 micras.
- Utilizan una alta densidad sensores de pixel con dimensiones de $\sim 20\mu\text{m}$.
- Varias capas de estos paneles pueden determinar la posición y ángulo del haz de protones o iones para calibración de las maquinas.



<https://cerncourier.com/a/tracking-the-rise-of-pixel-detectors/>

Calorímetros (energía)

- Son dispositivos que convierten toda la energía de una partícula a una respuesta electrónica.
- La resolución del detector depende del material utilizado.



Resumen

- En esta charla estudiamos sobre las diferentes partículas que ocurren en los centros de terapia a base de irradiación.
- Los detectores de las partículas dependen del tipo de partícula, su energía y el propósito.
- Ejemplos de detectores son:
 - Placas fotográficas
 - Paneles de pixeles de silicio
 - Cámaras de ionización a base de gas
 - Dosímetros
 - Centelladores y Fotomultiplicadores (PMT)
 - Trackers y Calorímetros.

Gracias por su atencion!