

Seguridad en el laboratorio de radiaciones.

Dra. Carolina Rabin
Unidad de Física Médica
Instituto de Física, Facultad de Ciencias

Abril 2024

¿Qué es la radiación?



1^{er} símbolo, 1946, Berkeley

Es el transporte o la propagación de energía en forma de partículas u ondas. Si la radiación es debida a fuerzas eléctricas o magnéticas se llama radiación electromagnética. Pero la materia también puede emitir otras formas de radiación.

¿Dónde se origina?

Materia = combinación de moléculas

Molécula = combinación de átomos

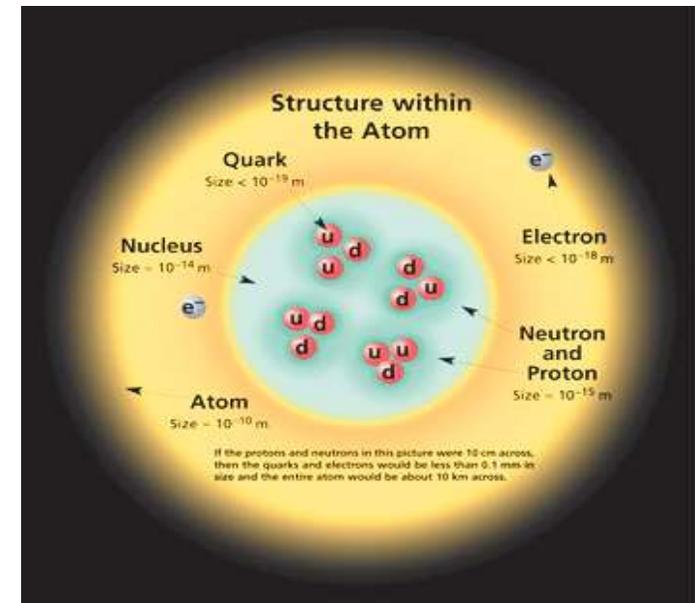
Átomo = núcleo + electrones

Núcleo = protones + neutrones

Electrón = partícula elemental

Protones y neutrones = combinación de quarks

Quarks = partículas elementales



¿Qué son las radiaciones ionizantes?

Aquellas radiaciones que posean energía suficiente para ionizar átomos o moléculas son llamadas *radiaciones ionizantes*. Estas son de gran importancia por sus potenciales usos, pero pueden generar efectos indeseados sobre la salud.

Existen algunos núcleos (*radionucleidos*) que emiten espontáneamente partículas o fotones (*radioactividad*), así como también existen átomos capaces de emitir fotones debido a transiciones electrónicas (*RX*).

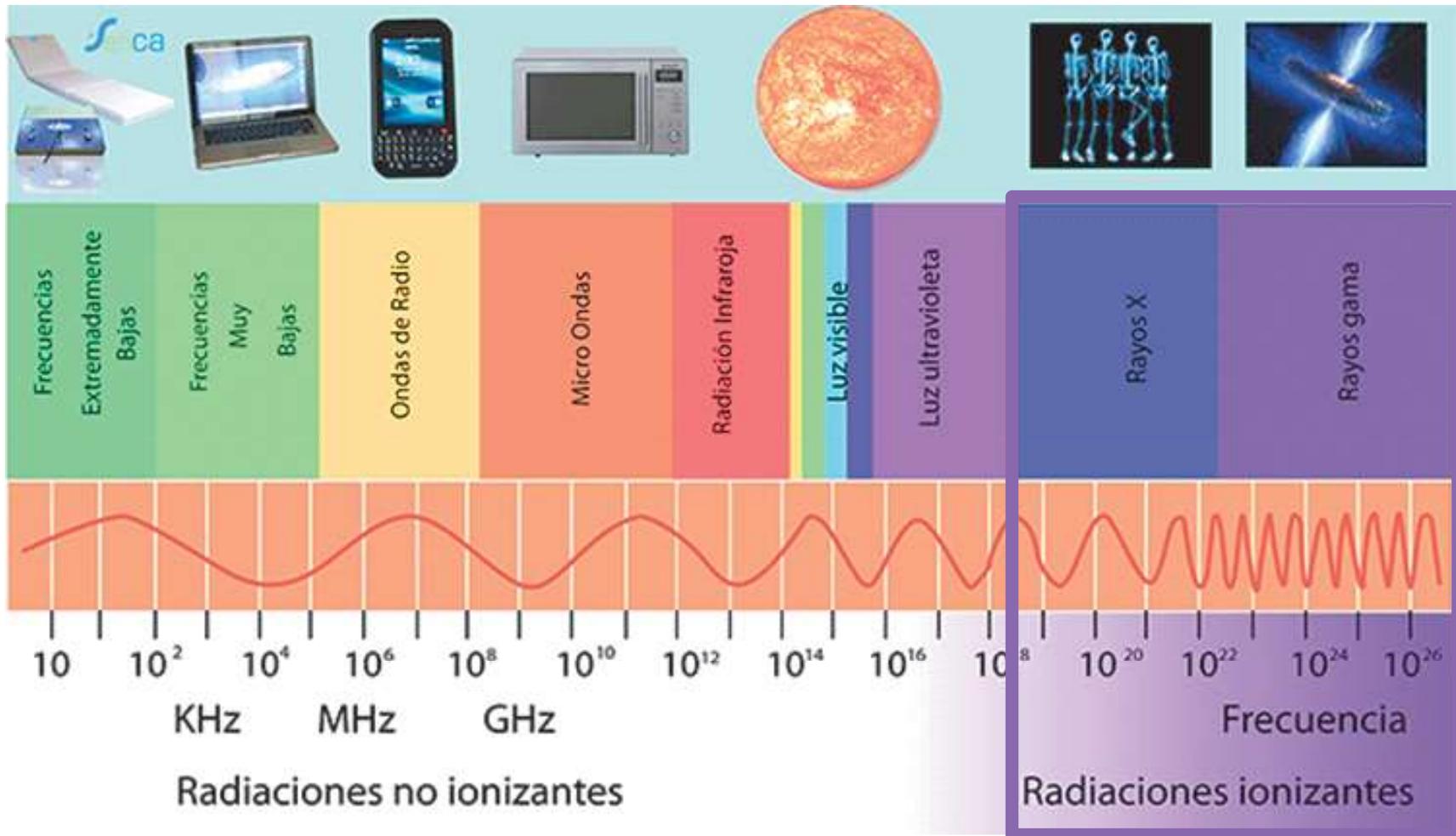
- La radioactividad fue descubierta por Becquerel en 1896.
- Premio Nobel de Física en conjunto con Marie Curie, 1903.



Tipos de radiaciones ionizantes



Radiación electromagnética

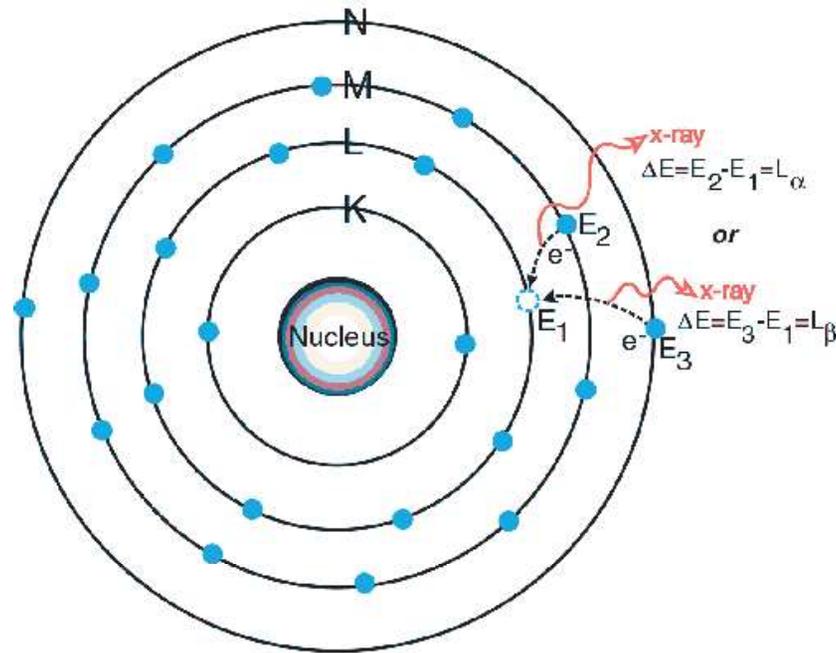


Rayos X

- Descubiertos por Röntgen en 1895. Primer Premio Nobel de Física, 1901.
- Hay 2 clases:
 - Característicos
 - De frenado (Bremsstrahlung)



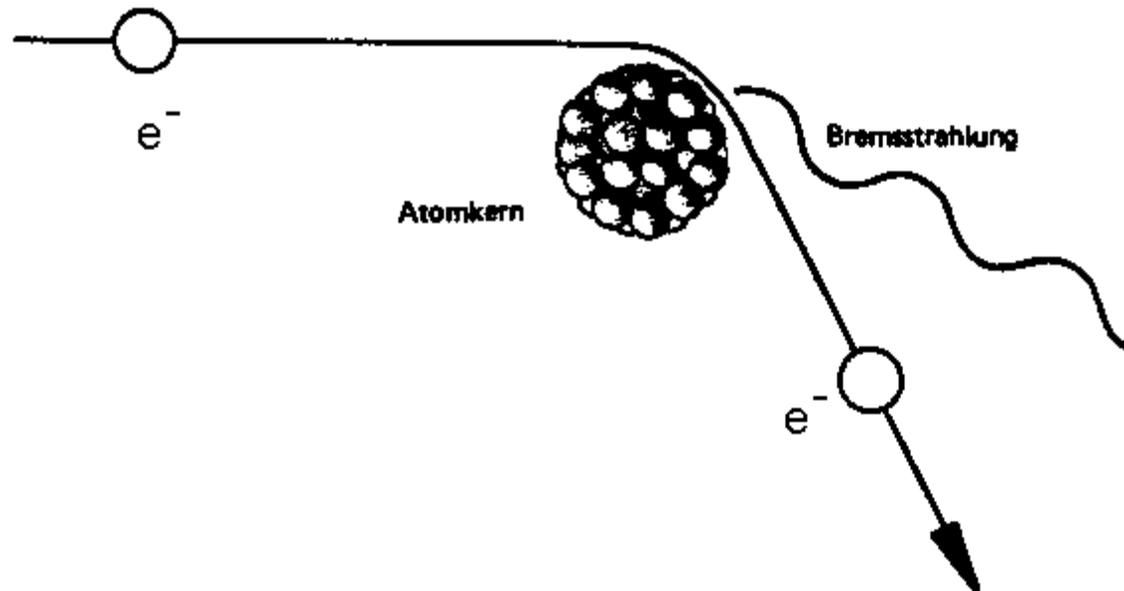
RX característicos



Cuando en un átomo excitado o ionizado un electrón pasa de una órbita de mayor energía a una de menor energía, se puede emitir un fotón.

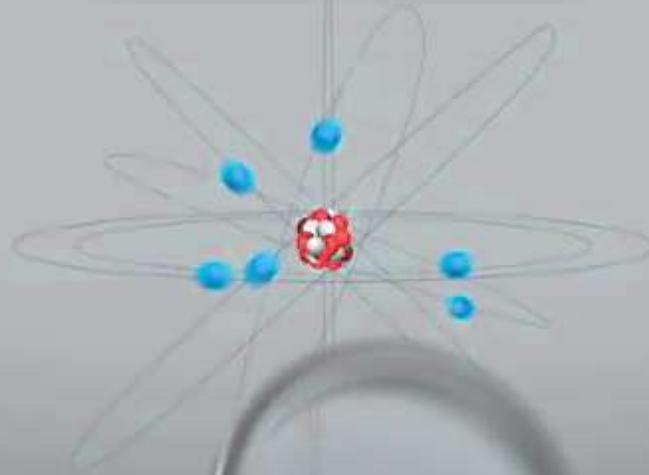
Su nombre es debido a que cada átomo tiene su espectro característico.

RX de frenado



Cuando un electrón pasa en la cercanía de un núcleo y es desviado debido a la fuerza coulombiana, pierde parte de su energía y se emite un fotón de frenado.

CARACTERÍSTICOS



Nomenclatura

Representación de un átomo/núcleo : ${}^A_Z\text{X}$

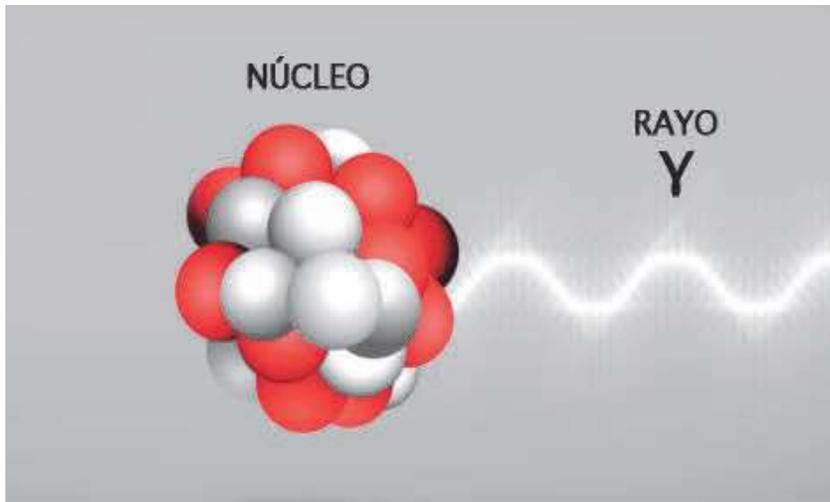
X: hace mención al nombre del elemento

A: Índice de masa = n° de protones + neutrones

Z: n° atómico = n° de protones (y n° de electrones)

Aquellos núcleos que tienen igual **Z**, pero distinto **A**, se llaman *isótopos*.

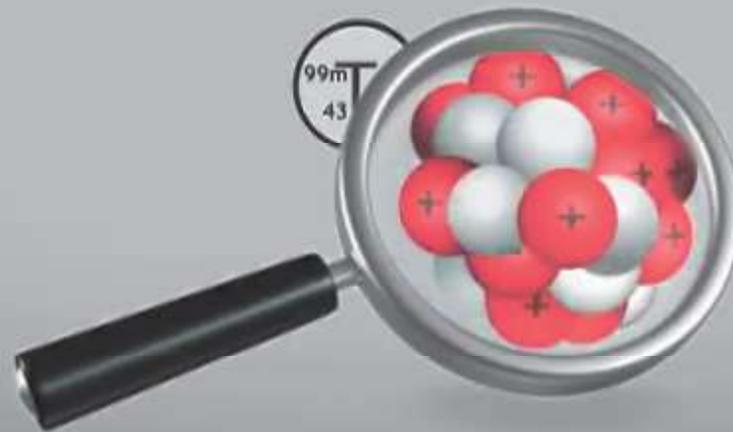
Radiación *Gama* (γ)



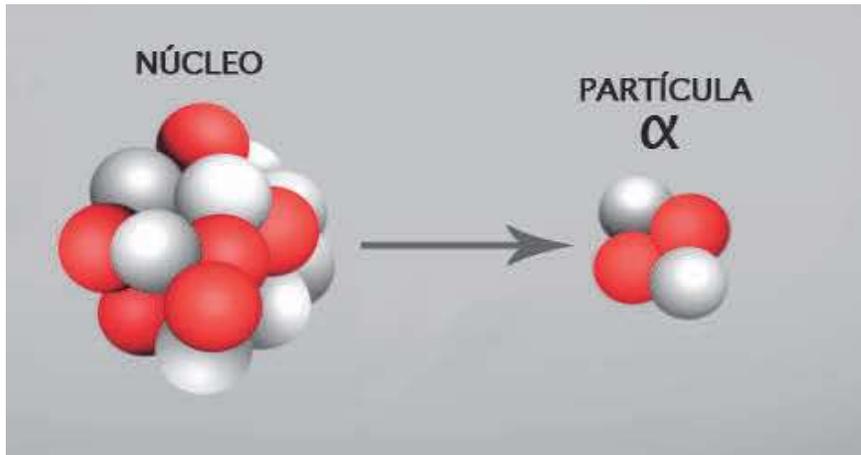
Son fotones, de alta energía, emitidos por núcleos inestables u otros procesos.

El núcleo no cambia su identidad.

RADIACIÓN GAMA (γ)



Radiación *Alfa* (α)



Un núcleo inestable emite un núcleo de helio (partícula alfa) y el núcleo original se transforma en otro.

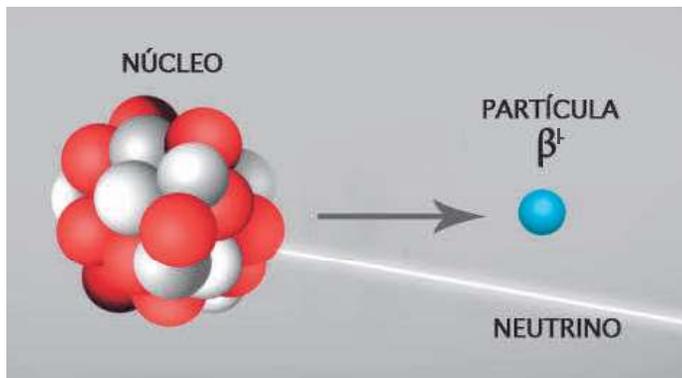
Ocurre para nucleidos cuyo $A > 83$

RADIACIÓN ALFA (α)



Radiación *Beta* (β)

Existen dos tipos de radiación beta: β^- (electrones) y β^+ (positrones)



Radiación β^+



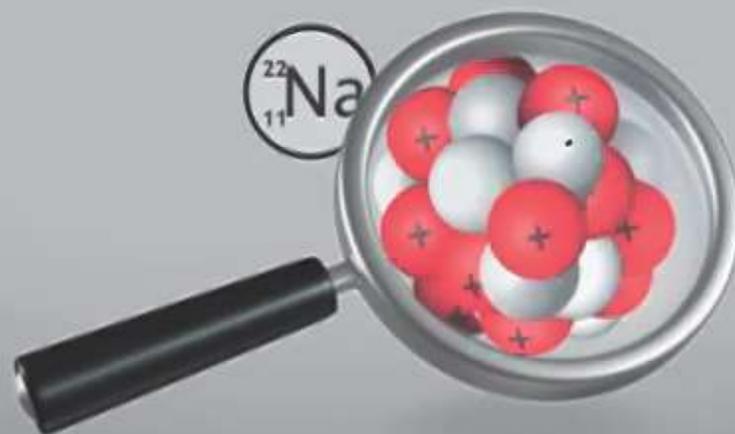
Un núcleo inestable emite un positrón (antipartícula del electrón) y un neutrino (Pauli, 1930) y el núcleo original se transforma en otro.

Radiación β^-

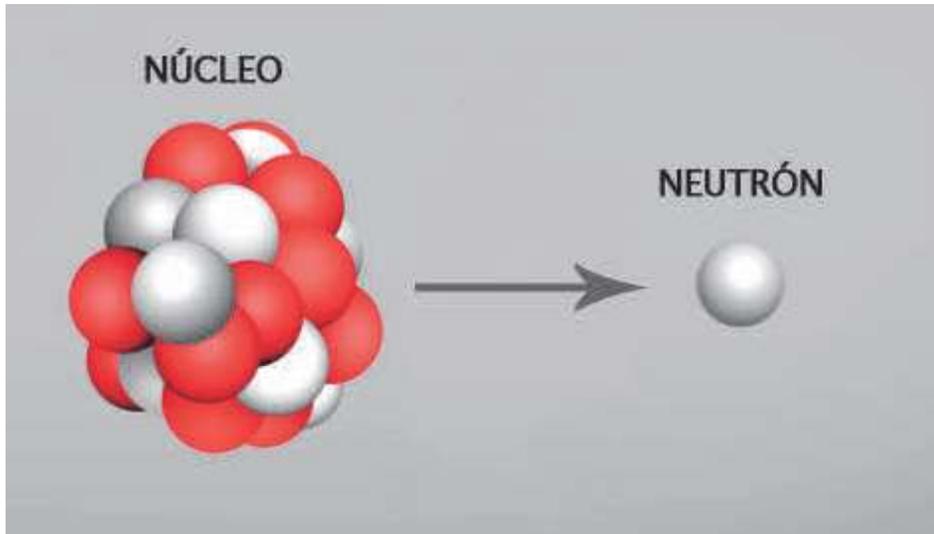


Un núcleo inestable emite un electrón y un antineutrino y el núcleo original se transforma en otro.

RADIACIÓN BETA (β^+)



Radiación *Neutrónica*



Un núcleo inestable emite un neutrón.

Generalmente es un proceso que ocurre durante la fisión o la fusión nuclear.

La radioactividad es un proceso al azar y la física únicamente puede predecir el ritmo en que sucede. No depende de las influencias del entorno, como presión, temperatura, reacciones químicas, etc.

Cada radionucleido está caracterizado por su *vida media*.

VIDA MEDIA

TIEMPO EN EL CUAL
LA MITAD DE LOS NÚCLEOS
DE UNA MUESTRA DECAEN.

Vida media de algunos radionucleidos

^{15}O (Oxígeno 15)	122 segundos
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ (Tecnecio 99 metaestable)	6,02 horas
^{131}I (Yodo 131)	8 días
^{90}Sr (Estroncio 90)	29,1 años
^{137}Cs (Cesio 137)	30 años
^{14}C (Carbono 14)	5730 años
^{41}Ca (Calcio 41)	103.000 años
^{40}K (Potasio 40)	1,3 millones de años
^{235}U (Uranio 235)	703,8 millones de años

Principales fuentes de exposición

Radiación natural

Fuentes naturales	Porcentaje de la radiación anual
Radiación cósmica	14%
Radiación terrestre	18%
Radiación interna	11%
Radón	43%
Total	86%

Radiación artificial

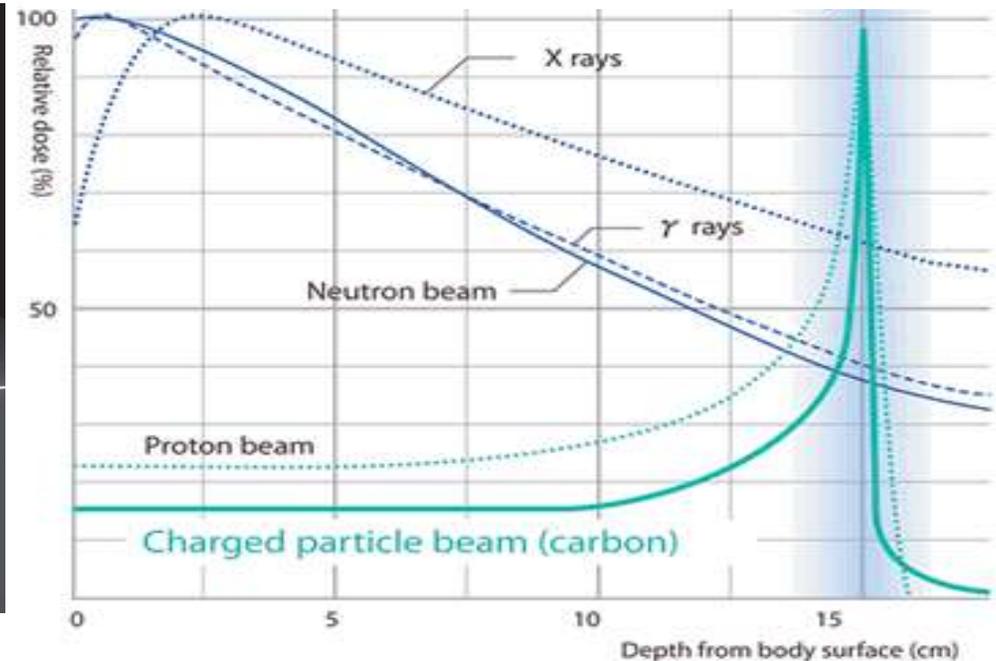
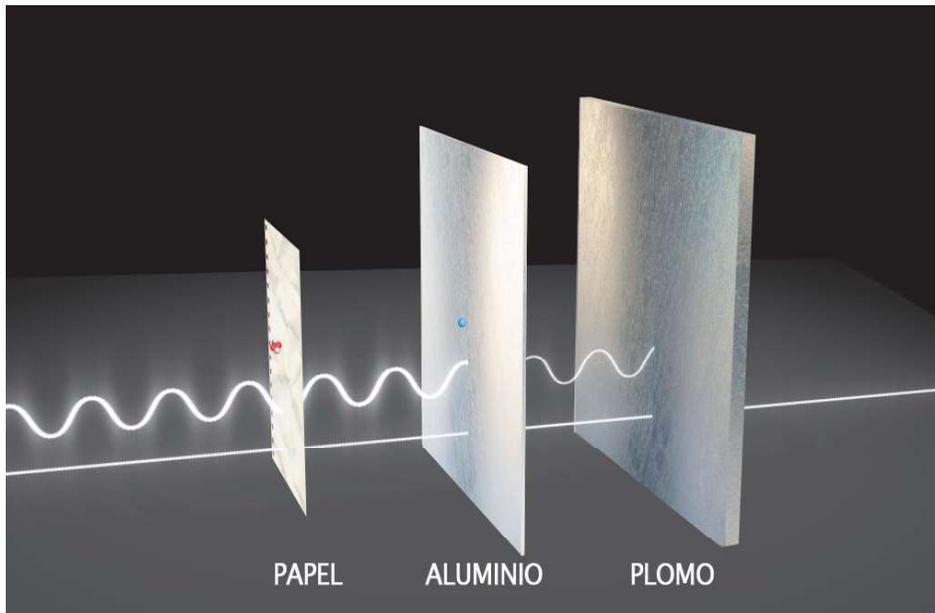
Fuentes artificiales	Porcentaje de la radiación anual
Médicas	14%
Ensayos nucleares	0,2%
Chernobyl	0,07%
Centrales nucleares	0,01%
Total	~14%

Dosis anual de radiación de una persona promedio ≈ 3 mSv

Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes

Interacción con la materia

Los diferentes tipos de interacción determinan sus potenciales aplicaciones y el riesgo que implica su uso



Las partículas alfa y beta generan efectos locales, pero los fotones son muy penetrantes y pueden sufrir varios procesos.

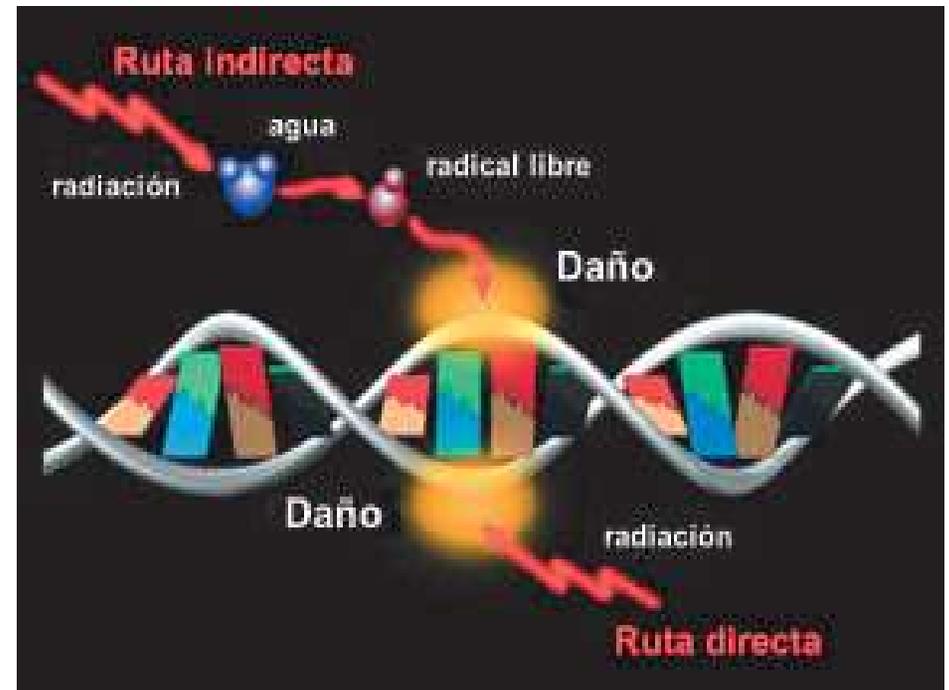
Clasificación:

- Daño directo: la radiación daña a la molécula de ADN
- Daño indirecto: la radiación ioniza las moléculas de H_2O generando radicales libres

Rayos-X y gamma:
35% daño directo y 65% indirecto

Efecto:

- Subletal: célula se autorepara
- Letal: célula muere



Efectos *determinísticos*

Son los que necesitan de una cantidad de radiación umbral y su severidad depende de la cantidad de radiación recibida. Se presentan rápidamente después de la exposición.

Ej: enrojecimiento de la piel, las cataratas y la esterilidad.

Efectos *estocásticos*

Son los que no necesitan de una cantidad mínima de radiación. La probabilidad de su aparición depende de la cantidad de radiación recibida, pero no su gravedad.

Pueden ser: - somáticos
- hereditarios

El ejemplo más conocido es el cáncer.



¿Es necesario tomar precauciones a la hora de exponerse a la radiación?



¿Es necesario tomar precauciones a la hora de exponerse a la radiación?

Sí. Es necesario tomar precauciones y utilizarlas correctamente, siguiendo los protocolos y en forma supervisada.

Instituciones de referencia

ICRP

International Commission
on Radiological Protection

Creada: 1928

UNSCEAR

United Nations Scientific
Committee on the Effects
of Atomic Radiation

Creada: 1955

IAEA

International Atomic
Energy Agency

Creada: 1957

ARNR

Autoridad Reguladora
Nacional en Radioprotección

Creada: 2005

Radioprotección: Acciones que procuran que la relación beneficio/costo resulte favorable



Principios básicos de radioprotección



- Justificación de la práctica



- Optimización de la protección
(ALARA: As Low As Reasonable Achievable)
- Aplicación de límites de dosis individuales

Hay que poder medir!

Medida de la radiación

- Detectores Activos

Gaseosos



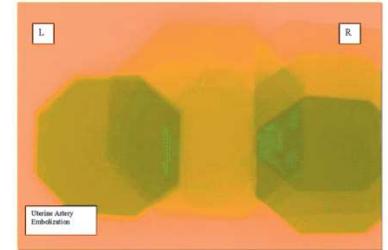
Semiconductores

De centelleo

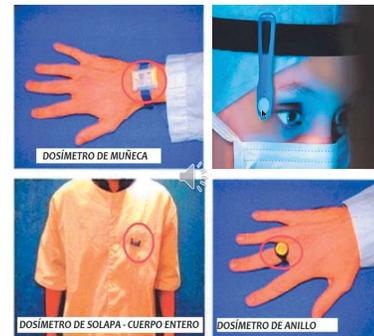


- Detectores Pasivos

Fílmicos



TLD / OSL

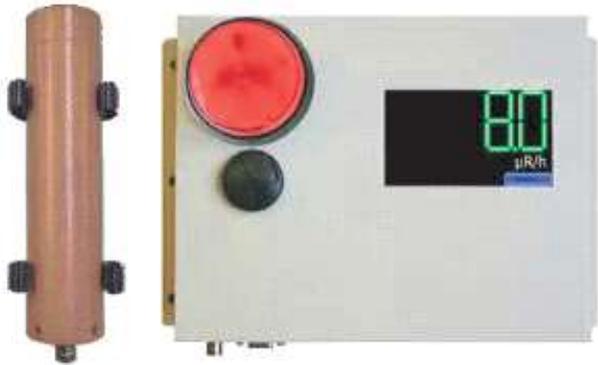


DOSÍMETRO DE MUÑECA

DOSÍMETRO DE SOLAPA - CUERPO ENTERO

DOSÍMETRO DE ANILLO

Monitor de área



Monitor de contaminación personal



Monitor de contaminación superficial

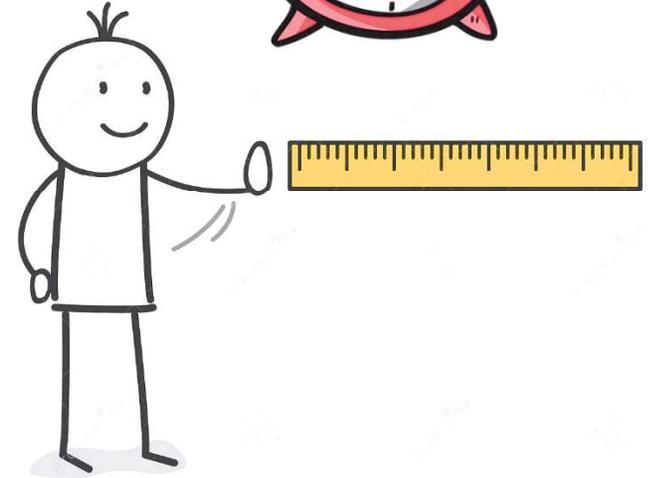


¿Cómo se puede disminuir la dosis?

- Disminuyendo el tiempo de exposición



- Aumentando la distancia al emisor



- Interponiendo blindajes.



Elementos de protección personal



Radiaciones ionizantes en FCIEN

IFFC:

- Lab. de Física de las radiaciones
- Pasantías hospitalarias

CIN:

- Lab. Radiofarmacia
- Lab. Radioquímica
- Unidad de Radioprotección
- Almacén de desechos radioactivos



Tipos de fuentes



- Sólidas, líquidas, gaseosas
- Selladas, No selladas

Posibles vías de contaminación

- Ingestión
- Inhalación
- Absorción cutánea

Radionucleídos: CIN/IFFFC

- Fuente abierta de ^{99m}Tc para marcación de biomoléculas
- Fuente sellada de ^{60}Co , para irradiación externa (levaduras, esterilización, estudio de efectos biológicos, etc.)
- Fuentes selladas α , β , γ (^{241}Am , ^{210}Po , ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{60}Co , ^{22}Na , ^{65}Zn , ^{133}Ba , ^{109}Cd , ^{54}Mn , ^{57}Co)



IFFC

- Equipo de RX para investigación:
 - Ánodo fijo de Tungsteno
 - Voltaje de operación máximo: 50 kV
 - Emisión continua
 - Interlock de seguridad



IFFC

- Diferentes tipos de detectores:

Geiger-Müller

Centelleo (Na(Tl))

Semiconductor (Si)

Operan a altos voltajes ~ 1000 V

Atención a las conexiones

Frágiles (cristales, ventana de mica)





Normas de trabajo en el laboratorio de radiaciones



Normas de trabajo

- No está permitido comer, beber, maquillarse ni llevar objetos a la boca.
- El área de trabajo debe estar libre de elementos innecesarios.
- En caso de trabajar con fuentes selladas, el contenedor debe presentar integridad física, sin rajaduras o roturas. Con estas precauciones, las fuentes se pueden manipular con las manos, aunque siempre se debe evitar el contacto innecesario con ellas.

Normas de trabajo

- En caso de trabajar con fuentes volátiles, se deben manipular dentro de una campana con ventilación adecuada, manteniendo la cara fuera de la misma y el área despejada.
- En caso de trabajar con fuentes no selladas, se debe tener cuidado durante su manipulación, evitando el traspaso, usando pipetas y jeringas y realizando la descarga lentamente. Su traslado se debe realizar utilizando contenedores blindados.

Normas de trabajo

- Las fuentes sólidas de radiación α o β pueden presentar el material radiactivo expuesto. Por lo tanto, no se debe tocar las áreas activas, ya que además de contaminarse con material radiactivo, se daña la fuente. Se recomienda usar guantes de goma o látex cuando se trabaje con estas fuentes.

Normas de trabajo



- La dosis de exposición disminuye con el cuadrado de la distancia a la fuente y aumenta linealmente con el tiempo de exposición y la actividad de la fuente. En consecuencia, es recomendable ensamblar el equipamiento a utilizar antes de comenzar a trabajar con las fuentes radioactivas. Mantener las fuentes alejadas, usando pinzas y blindajes especiales, y minimizar el tiempo de manipulación de las mismas.

Normas de trabajos

Protección personal

- **Guantes.** Descartables. Pueden usarse dos pares. Desecharlos en forma adecuada.
- **Túnica.** Para radionucleidos de vida media corta, puede ser reutilizable. Para radionucleidos de vida media larga, se recomienda que sea desechable.
- **Cubre zapatos.** No llevar calzados abiertos.
- **Lentes.** Policarbonato, plomados para RX o emisores β de mediana energía.
- **Dosímetros personales.** Cuando lo determine el RPR.

Normas de trabajo



- En caso de heridas en la piel, deben cubrirse antes de colocarse los guantes.
- Trabajar sobre bandejas antiderrame con papel absorbente.
- Si ocurre un accidente, se rompe una fuente, se produce un derrame de material radiactivo, etc., avisar al responsable del laboratorio.

Normas de trabajo



- Guardar las fuentes en las áreas de depósito apropiadas. Solo retirar el material que se va a utilizar en cada experimento y una vez finalizada la medición retornar el material a su lugar.
- No retirar del laboratorio el material radiactivo.
- Al finalizar el trabajo, lavarse las manos con agua y jabón. Monitorear manos y muñecas.

Normas de trabajo: Descontaminación personal

- Contaminación = > 10 cps (≈ 2 radiación de fondo)
- Utilizar jabón con bastante espuma durante al menos 3 min, aplicando agua con frecuencia.
- Enjuagar con agua tibia.
- Utilizar cepillo suave, evitando erosionar la piel.
- Monitorear entre los dedos y las uñas.
- Repetir el procedimiento hasta que el monitor indique niveles adecuados de radiación.
- En caso de no controlar la contaminación, utilizar métodos de sudoración o agentes específicos de descontaminación.

Desechos radioactivos

- Si presentan una actividad $<$ al doble de la radiación de fondo, entonces se pueden desechar como elementos no radioactivos.
- Si $T_{1/2} < 120$ días, se los deja decaer ($\sim 10 T_{1/2}$) para luego desecharlos como elementos no radioactivos.
- Deben haber contenedores para separar los distintos desechos y haber un recinto especial (cerrado, identificado, ventilado) para almacenarlos.
- Se pueden transportar a depósitos especiales o devuelta al fabricante.

<http://radiaciones.fisica.edu.uy/>



Muchas gracias.

