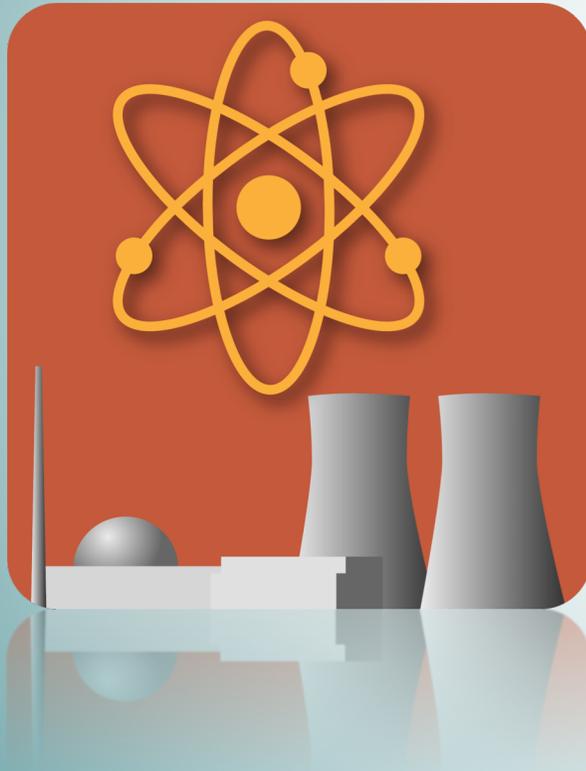


Ingeniería Nuclear

BLOQUE I. FÍSICA NUCLEAR

Lección 6. Interacción de la radiación con la materia



Fernando Delgado San Román

Raquel Martínez Torre

DPTO. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN CON LA MATERIA

INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN CON LA MATERIA

☐ Dos tipos de interacción con la materia:

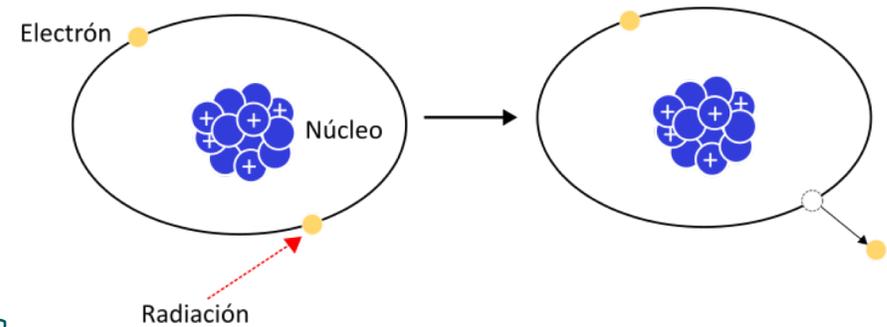
- ✓ **Radiación ionizante:** tiene energía suficiente para hacer que electrones de un átomo puedan escapar.
- ✓ **Radiación no ionizante:** no tiene energía suficiente para hacer que electrones de un átomo puedan escapar.

☐ Partículas cargadas:

- ✓ Una partícula cargada en movimiento tiene un campo eléctrico alrededor que interactúa con la estructura atómica del medio por el que pasa. Esta interacción decelera la partícula y acelera los electrones en los átomos del medio.
- ✓ Estos electrones acelerados pueden tener suficiente energía para escapar (**ionización**).

☐ Partículas no cargadas y fotones:

- ✓ No tienen campo eléctrico, por lo que solo pierden energía (y causan **ionización**) por colisiones o por dispersión.
- ✓ Un fotón puede perder energía por el efecto fotoeléctrico, el efecto Compton, o la creación de pares.



Ionizan el medio a través del que pasan

Producen **ionización indirecta** o por **radiación secundaria**

INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN CON LA MATERIA

INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN CON LA MATERIA

- ❑ Debido a que la radiación ionizante produce pares de iones:
 - ✓ Intensidad de ionización (ionización específica): número de pares iónicos formados en un material dado por centímetro de viaje. Es una medida de su poder de ionización.

$$I = \frac{mz^2}{E_c}$$

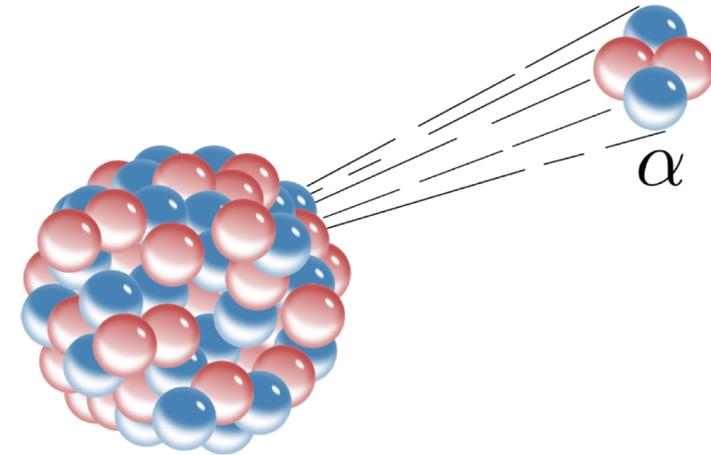
$$\left\{ \begin{array}{l} I \equiv \text{intensidad de ionización} \\ m \equiv \text{masa de la partícula} \\ z \equiv \text{n}^\circ \text{ de cargas} \\ E_c \equiv \text{energía cinética} \end{array} \right.$$

- ❑ Sabiendo que la masa de una partícula α es unas 7300 veces la de una partícula β y la carga es 2 veces más grande, la **ionización que produce una partícula α es mucho mayor que la de una β de la misma energía.**
 - ✓ La partícula α se mueve más lentamente y actúa un tiempo mayor sobre el electrón.

INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN CON LA MATERIA

RADIACIÓN α

- ❑ La **radiación α** se produce normalmente por la **desintegración de nucleídos pesados** y por algunas **reacciones nucleares**.
- ❑ La **partícula α** esta formada por **2 neutrones** y **2 protones** (núcleo de Helio) y no tiene electrones por lo que si carga es +2.
 - ✓ Esta carga positiva hace que quite electrones de las órbitas de **átomos próximos (ionización)**.
 - ✓ Se requiere cierta energía para quitar los electrones, lo que hace que se reduzca la energía de la partícula α en cada reacción.
 - ✓ Finalmente, la partícula α **gastará su energía cinética para ganar 2 electrones en órbita** y convirtiéndose así en un átomo de Helio.
 - ✓ Ya que tiene una gran cantidad de carga positiva y de masa, **libera una gran cantidad de energía en cortas distancias**, por lo que **limita la penetración**. Las partículas α más energéticas se detienen con una **hoja de papel**.

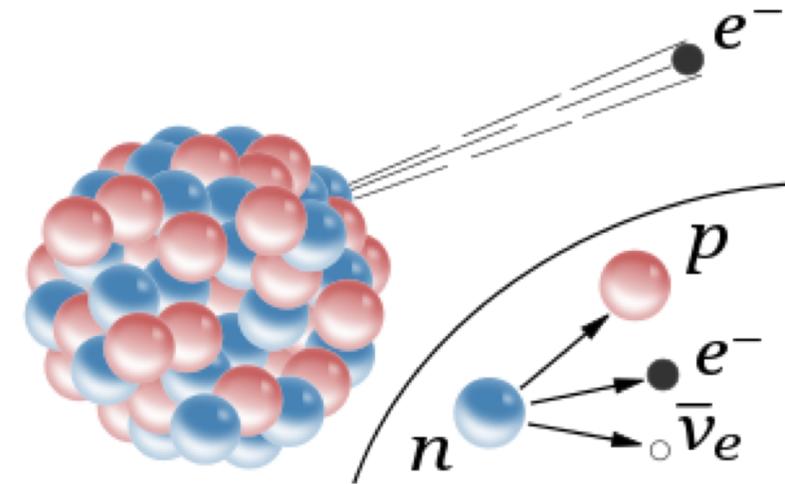


Fuente: Wikipedia

INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN EN LA MATERIA

RADIACIÓN β^-

- ❑ Una partícula β^- es un **electrón** que ha sido expulsado a **gran velocidad** de un **núcleo inestable**.
 - ✓ Un electrón tiene poca masa y una carga de -1.
 - ✓ Producen **ionización** por **desplazamiento de electrones** de órbitas de otros átomos, produciéndose por **colisión con electrones orbitando**.
 - ✓ Cada colisión quita energía cinética de la partícula β , produciendo su frenado.
 - ✓ Finalmente, la partícula β **se frenará** lo suficiente para permitir ser **capturada como un electrón orbitando en un átomo**.
 - ✓ Es más penetrante que la α pero tiene un poder de penetración bajo. Las partículas β más energéticas se detienen con unos **pocos milímetros de metal**.

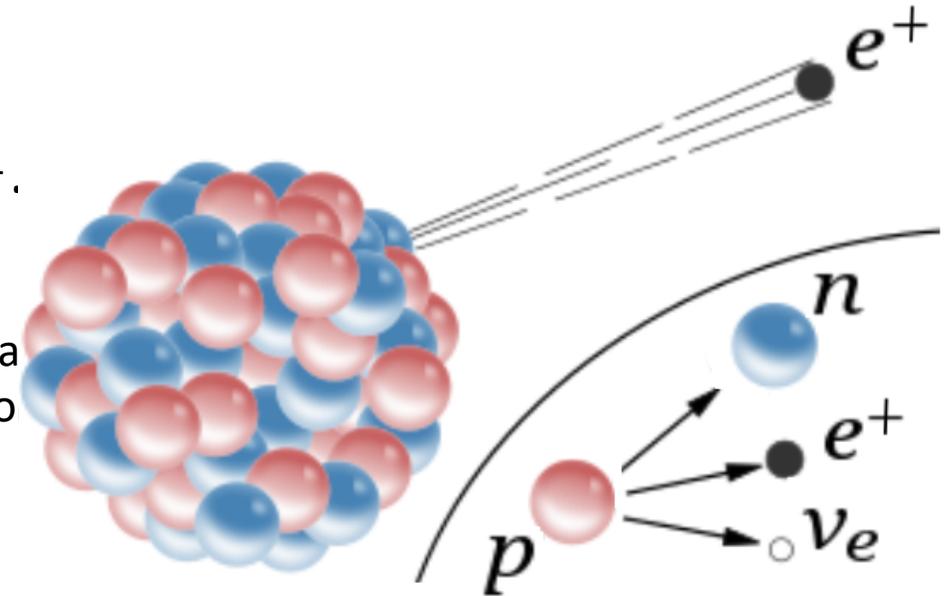


Fuente: Wikipedia

INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN CON LA MATERIA

RADIACIÓN β^+ / POSITRÓNICA

- ❑ Una partícula β^+ es un **electrón con carga positiva** que ha sido expulsado a **gran velocidad** de un **núcleo inestable**.
 - ✓ Interactúan con la materia de manera **similar** a las partículas β^- .
 - ✓ Los positrones tienen una **vida muy corta**, rápidamente son aniquilados por la interacción con un electrón cargado negativamente, **produciendo dos radiaciones γ** con una energía combinada igual a la masa en reposo de los electrones positivo y negativo.



$$2 \text{ electrones } \left(\frac{0,000549 \text{ u. m. a.}}{\text{electrón}} \right) \left(\frac{931,5 \text{ MeV}}{\text{u. m. a.}} \right) = 1,02 \text{ MeV}$$

Fuente: Wikipedia

INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN CON LA MATERIA

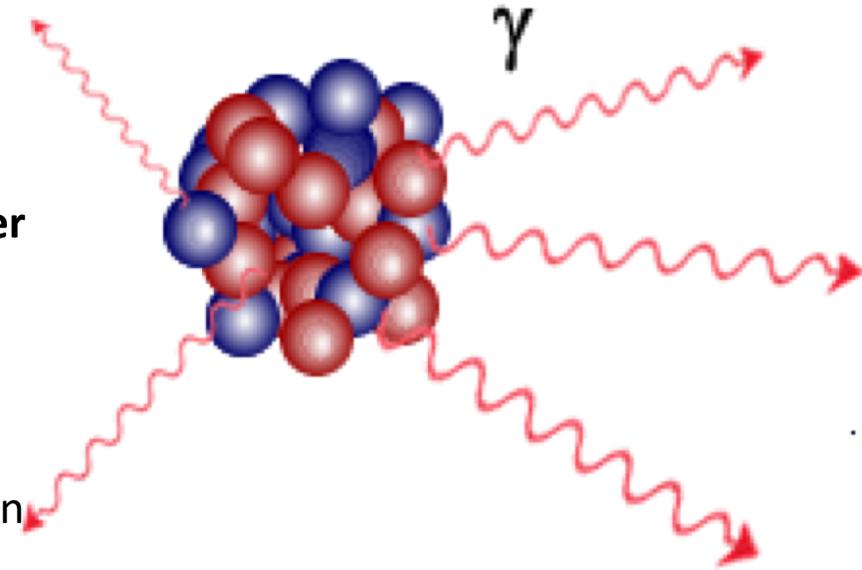
RADIACIÓN NEUTRÓNICA

- ❑ Principalmente se produce por **reacciones nucleares**, como la fisión, pero también puede ser producida por la **desintegración de nucleídos radiactivos**.
- ❑ Los neutrones no tienen carga eléctrica y tienen una masa similar a la de un protón, 1800 de veces mayor que la de un electrón pero un cuarto de la de una partícula α .
 - ✓ Su **falta de carga dificulta su detención**, teniendo **un gran poder de penetración**.
 - ✓ La energía y el número de neutrones se reduce por medio de tres interacciones:
 - **Dispersión elástica:** un **neutrón choca con un núcleo y rebota**, transmitiendo algo de la **energía cinética** del neutrón al núcleo del átomo, **frenando el neutrón y acelerando en núcleo** (efecto bola de billar). Cuanto más cercana sea la masa del núcleo a la del neutrón más efectiva será la detención del neutrón (Hidrogeno).
 - **Dispersión inelástica:** ocurre la misma **colisión entre neutrón y núcleo** que en la dispersión elástica pero en esta reacción el núcleo recibe, además de **energía cinética, energía interna**. Esto hace **más lento al neutrón** pero deja **al núcleo en un estado excitado**. En el momento que el núcleo excitado se desintegre hasta su nivel de energía original emitirá **rayos gamma**.
 - **Absorción:** el **neutrón es absorbido por el núcleo** del átomo, consiguiendo capturar al neutrón pero dejando al **núcleo en un estado excitado**. Si el núcleo emite uno o más rayos gamma para alcanzar el nivel estable el proceso se llama **captura radioactiva**. Esta reacción es más probable a niveles bajos de energía.

INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN CON LA MATERIA

RADIACIÓN γ

- ❑ Principalmente se produce por **desintegración de núcleos excitados** y por **reacciones nucleares**.
- ❑ La radiación γ es una radiación electromagnética que no tiene carga ni masa.
 - ✓ Su **falta de carga y de masa dificulta su detención**, teniendo un **gran poder de penetración**.
 - ✓ Una pequeña fracción de un haz de rayos γ pasará a través de **varios centímetros de cemento o varios metros de agua**.
 - ✓ La atenuación se produce por medio de tres interacciones:
 - **Efecto fotoeléctrico**: cuando un **rayo gamma de baja energía** ataca un átomo, **toda la energía es gastada en expulsar un electrón** de su órbita, produciendo la **ionización del átomo y expulsando un electrón de alta energía**. Esta reacción es más habitual en **rayos gamma con baja energía** que **interactúan con materiales con alto peso atómico** y raramente ocurre con rayos gamma con energía por encima de 1MeV. Cualquier energía que exceda de la energía de enlace se la lleva el electrón en forma de energía cinética.

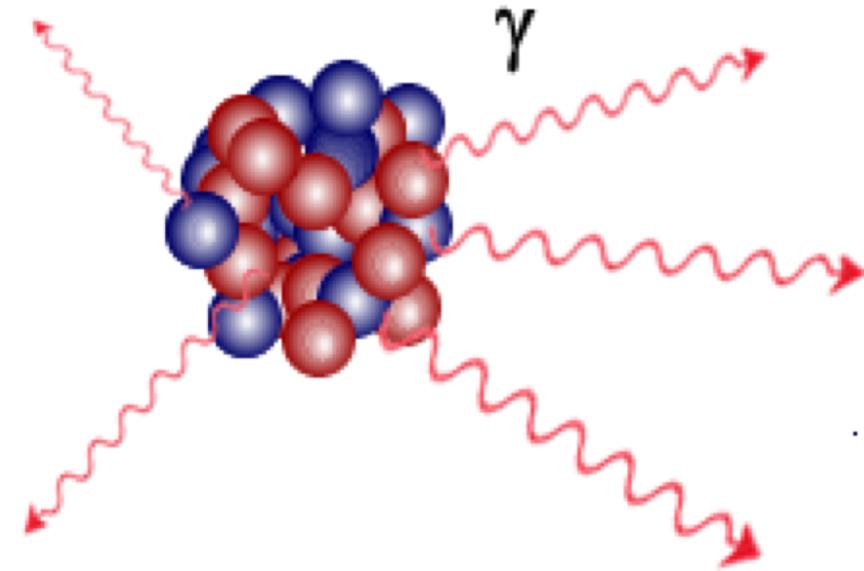


Fuente: Wikipedia

INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN CON LA MATERIA

RADIACIÓN γ

- **Dispersión Compton:** los rayos γ interactúan con un orbital o con un electrón libre. En este caso el fotón solo pierde una fracción de su energía, dependiendo del ángulo de incidencia de los rayos γ . Estos rayos continúan con una energía más baja, y la diferencia la absorbe el electrón. Esta reacción llega a ser importante para energías de mayores de 0,1 MeV.
- **Creación de pares:** cuando rayos γ de alta energía pasan los suficientemente cerca de un núcleo pesado, desaparecen por completo y se forman un electrón y un positrón. Para que se produzca esta reacción deben tener una energía superior a 1,02 MeV. Cualquier energía por encima de 1,02 MeV se convierte en energía cinética compartida por el electrón y el positrón. La probabilidad de esta reacción aumenta significativamente para rayos gamma de alta energía.



Fuente: Wikipedia

INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN CON LA MATERIA

RECURSOS

- ❑ Nuclear Physics and Reactor Theory, 1993 (Department of Energy United States of America).