

Física del Siglo XX:

Física Nuclear

Física del Siglo XX

- El núcleo atómico
- Energía de enlace. Defecto de masa
- Estabilidad
- Radiactividad
- Leyes de Soddy-Fajans
- Desintegración beta
- Desintegración radiactiva
- Reacciones nucleares
- Fisión y fusión nuclear

El núcleo atómico

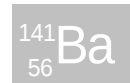
El núcleo atómico está formado por partículas llamadas **nucleones**, que son de dos tipos: protones y neutrones.

Cada núcleo atómico diferente constituye un **núclido**.

Un núclido se caracteriza por su **número atómico, Z** (nº de protones del núcleo), y su **número másico, A** (nº de nucleones del núcleo). Se representa por:



donde X es símbolo químico del elemento de nº atómico A, p.ej.



Al comparar **Z** y **A** entre dos o más núclidos se pueden establecer las siguientes denominaciones:

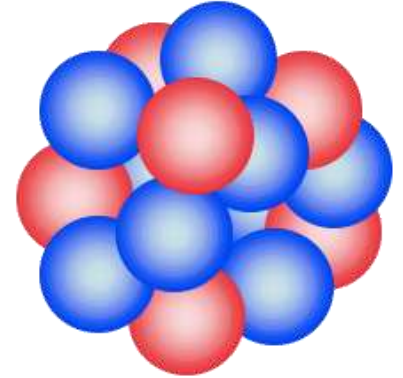
- **Isótopos**: núclidos de igual Z y distinto A.
- **Isóbaros**: núclidos de igual A y distinto Z.
- **Isómeros**: núclidos de igual Z y A

El núcleo atómico

Los núcleos atómicos son básicamente esféricos.

El **radio del núcleo atómico** está relacionado con el número de nucleones, A:

$$r = 1,2 \sqrt[3]{A} \text{ fm} \quad (1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m})$$



La cohesión entre los nucleones se debe a la **Fuerza Nuclear Fuerte**, que tiene las características siguientes:

Es independiente de la carga eléctrica.

Es de atracción y más intensa que la fuerza electromagnética.

Es de muy corto alcance: nula para distancias superiores a 10^{-15} m. Para distancias mucho menores es de repulsión.

Es saturada: cada nucleón está unido sólo a un número determinado de otros nucleones.

Energía de enlace. Defecto de masa

La masa de un núcleo cualquiera (masa nuclear) es siempre inferior a la suma de las masas de los nucleones que lo componen.

DEFECTO DE MASA, Δm : $\Delta m = Z \cdot m_{\text{protón}} + (A-Z) \cdot m_{\text{neutrón}} - M_{\text{núcleo}}$

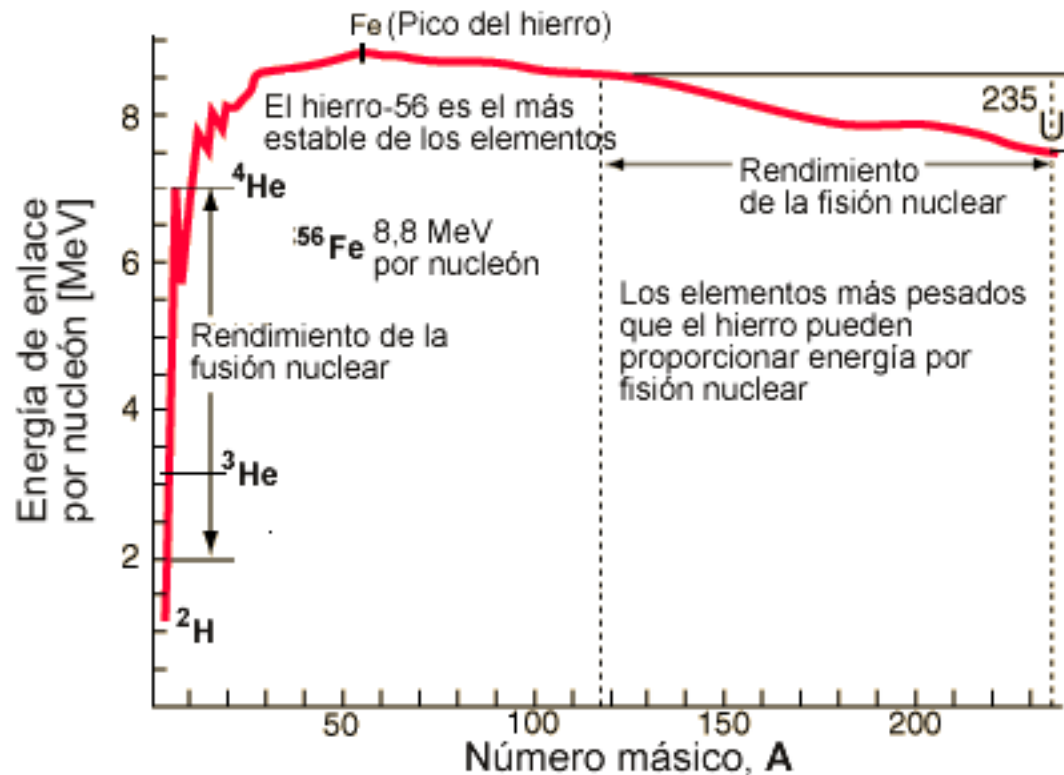
ENERGÍA DE ENLACE, ΔE , de un núcleo es la energía liberada cuando sus nucleones aislados se unen para formar el núcleo. Está asociada al defecto de masa, Δm , mediante la ecuación de **A. Einstein**:

$$\Delta E = \Delta m c^2$$

La **energía de enlace por nucleón, $\Delta E/A$** , nos permite comparar la estabilidad de los núcleos. Cuanto mayor sea esta energía, mayor será la **estabilidad nuclear**.

Estabilidad nuclear

Los **núcleos más estables** son los de tamaño medio, cercanos al $^{56}_{26}\text{Fe}$ debido a que tienen los valores más elevados de energía de enlace por nucleón: 8,8 MeV.



Los **procesos de fisión y fusión nuclear** hacen que los núcleos se desplacen hacia el máximo de la curva de la figura.

Radiactividad

La **radiactividad** consiste en la emisión espontánea de radiaciones por parte de un núcleo. La mayoría de los núcleos son inestables y pasan a situaciones de menor energía mediante procesos de **desintegración radiactiva**.

La radiactividad fue descubierta en 1896 por **Becquerel**, al observar que unas sales de uranio emitían una radiación invisible, ionizante y muy penetrante.



En 1898 los esposos **Curie** descubren otros elementos radiactivos: polonio y radio.

Radiactividad

La radiactividad es un **fenómeno nuclear**. La radiactividad de un material no se modifica por ningún proceso físico o químico.

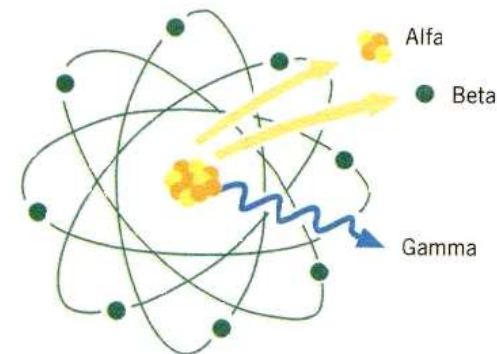
El fenómeno radiactivo va acompañado siempre de emisión de energía.

Los **núcleos radiactivos** se clasifican en dos grupos:

- Núcleos inestables encontrados en la naturaleza, que dan lugar a la **radiactividad natural**.
- Núcleos artificiales producidos mediante reacciones nucleares de bombardeo, los cuales presentan **radiactividad artificial**.

Las radiaciones emitidas por un núcleo radiactivo son de tres tipos:

- **Radiación alfa (rayos α)**
- **Radiación beta (rayos β)**
- **Radiación gamma (rayos γ)**

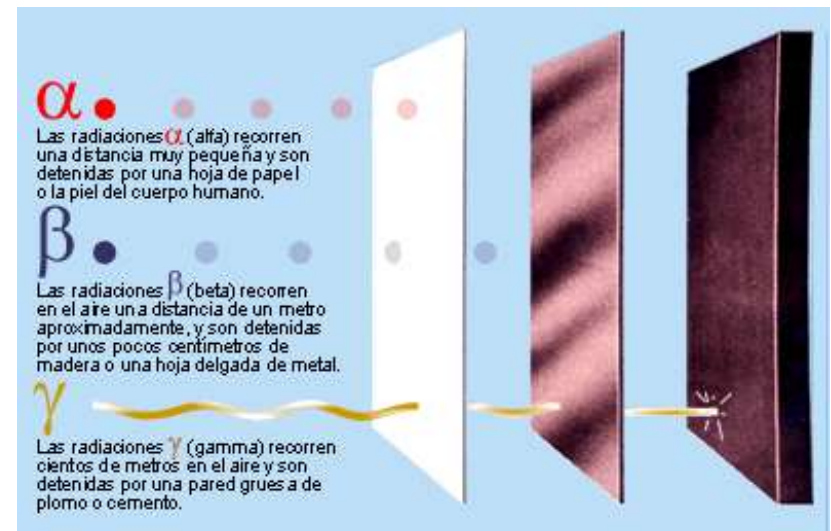
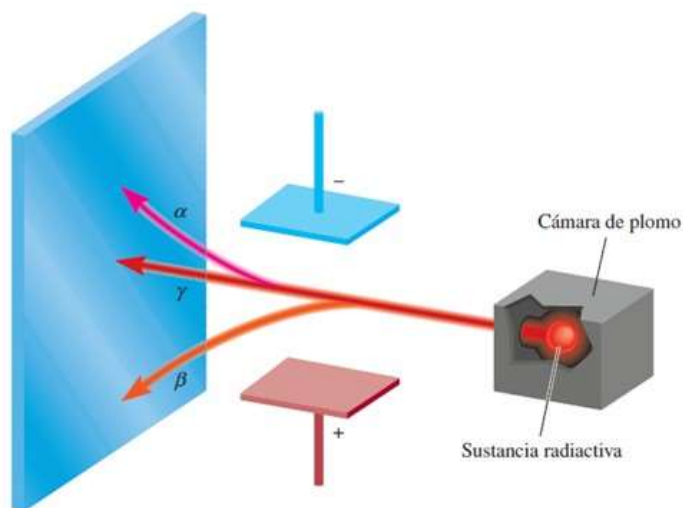


Radiación alfa, beta y gamma

Radiación alfa (α): son núcleos de helio: partículas positivas formadas por dos protones y dos neutrones. Tiene bajo poder de penetración.

Radiación beta (β): son electrones muy rápidos procedentes de neutrones que se desintegran en el núcleo en un protón y un electrón. Tiene elevado poder de penetración.

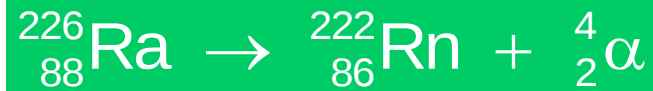
Radiación gamma (γ): son radiaciones electromagnéticas de frecuencia muy alta (fotones de alta energía). Es muy penetrante.



Leyes de Soddy-Fajans

Leyes de Soddy y Fajans del desplazamiento radiactivo:

1. Cuando un núcleo X emite una partícula α , se convierte en otro núcleo Y, cuyo número másico es cuatro unidades menor y cuyo número atómico es dos unidades menor.



2. Cuando un núcleo X emite una partícula β , se convierte en otro núcleo Y, cuyo número másico es el mismo y cuyo número atómico es una unidades mayor.

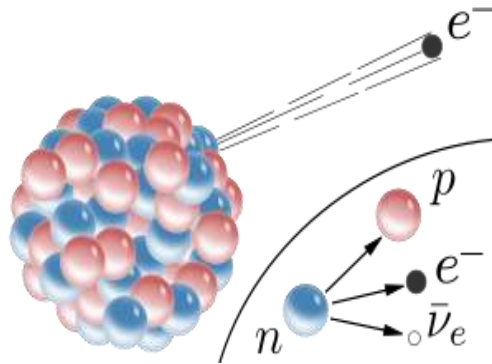


3. Cuando un núcleo X emite radiación γ , altera su contenido energético pero no cambia el número de sus nucleones.



Desintegración beta

La radiación β son electrones procedentes del núcleo. Son una consecuencia de la interacción nuclear débil.



La **desintegración beta** supone la conversión de un neutrón en un protón, un electrón y un antineutrino.



Un proceso similar al anterior es la **desintegración beta positiva**: de forma artificial un protón se desintegra en un neutrón, un positrón y un neutrino:



Desintegración radiactiva

Desintegración radiactiva es el proceso por el que un núcleo atómico se transforma en otro distinto como consecuencia de una emisión α o β .

La desintegración radiactiva es un proceso aleatorio gobernado por leyes estadísticas: *el número de desintegraciones por unidad de tiempo es proporcional al número de núcleos existentes.*

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

$\lambda \rightarrow$ **Constante de desintegración**, característica de cada isótopo radiactivo

Integrando, obtenemos la **Ley de desintegración radiactiva**

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$N_0 \rightarrow$ Número de núcleos iniciales sin desintegrar

Desintegración radiactiva

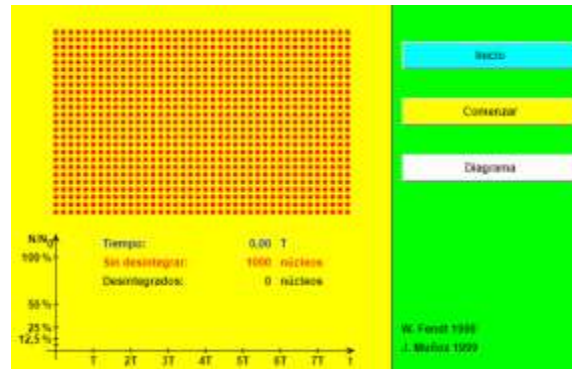
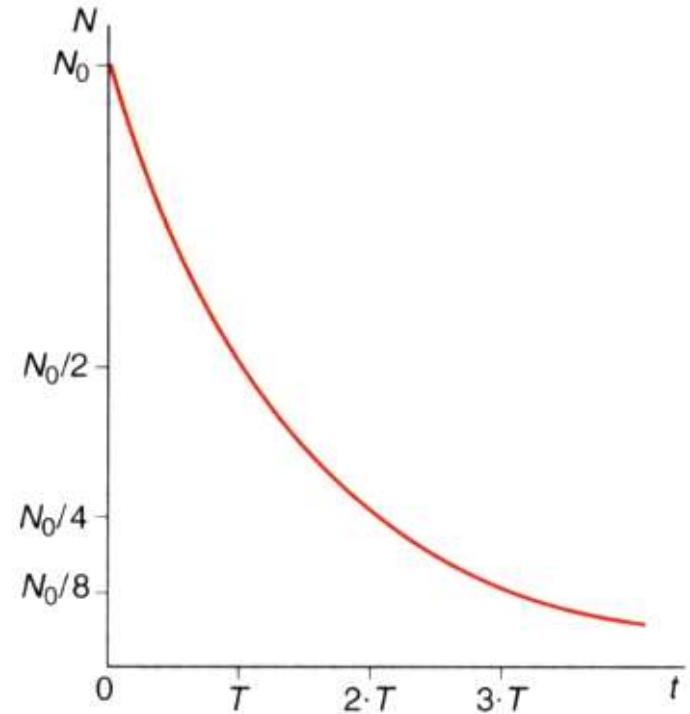
LEY DE DESINTEGRACIÓN RADIATIVA:

el número de núcleos de una muestra de material radiactivo disminuye de forma exponencial con el tiempo

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

λ → **Constante de desintegración**

N_0 → N° de núcleos radiactivos iniciales



Desintegración radiactiva

PERIODO DE SEMIDESINTEGRACIÓN, T , o SEMIVIDA: es el tiempo necesario para que se desintegre la mitad de los núcleos iniciales.

$$N = \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T} \quad \Rightarrow \quad T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

VIDA MEDIA, τ , de un isótopo radiactivo: es el tiempo medio que tarda un núcleo al azar en desintegrarse.

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

ACTIVIDAD, A , o VELOCIDAD DE DESINTEGRACIÓN: es el número de desintegraciones que se producen por unidad de tiempo. Su unidad en el SI es el **Becquerel (Bq)**.

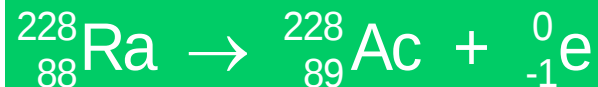
$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

Reacciones nucleares

Las **reacciones nucleares** son procesos en los que intervienen directamente los núcleos atómicos transformándose en otros distintos.

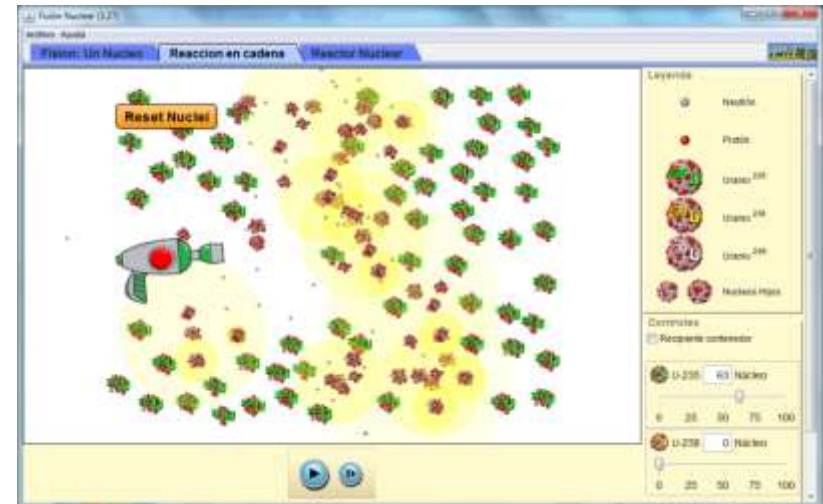
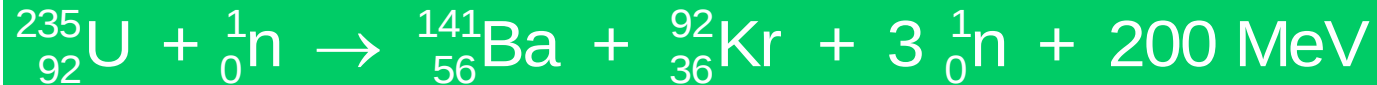
Una **reacción nuclear** es un proceso en el que un núcleo es impactado por otro núcleo o por una partícula más simple (protón, electrón o neutrón), y como consecuencia se produce un núcleo excitado, que evoluciona dividiéndose o emitiendo alguna partícula.



En toda reacción nuclear, la suma de los números atómicos y la suma de los números másicos se mantienen constantes.

Fisión nuclear

La **fisión nuclear** es una reacción nuclear en la que un núcleo pesado se divide en otros dos más ligeros al ser bombardeado con neutrones. En el proceso se liberan más neutrones y una gran cantidad de energía.



Fusión nuclear

La **fusión nuclear** es una reacción nuclear en la que dos núcleos ligeros se unen para formar otro más pesado. En el proceso se libera una gran cantidad de energía.

