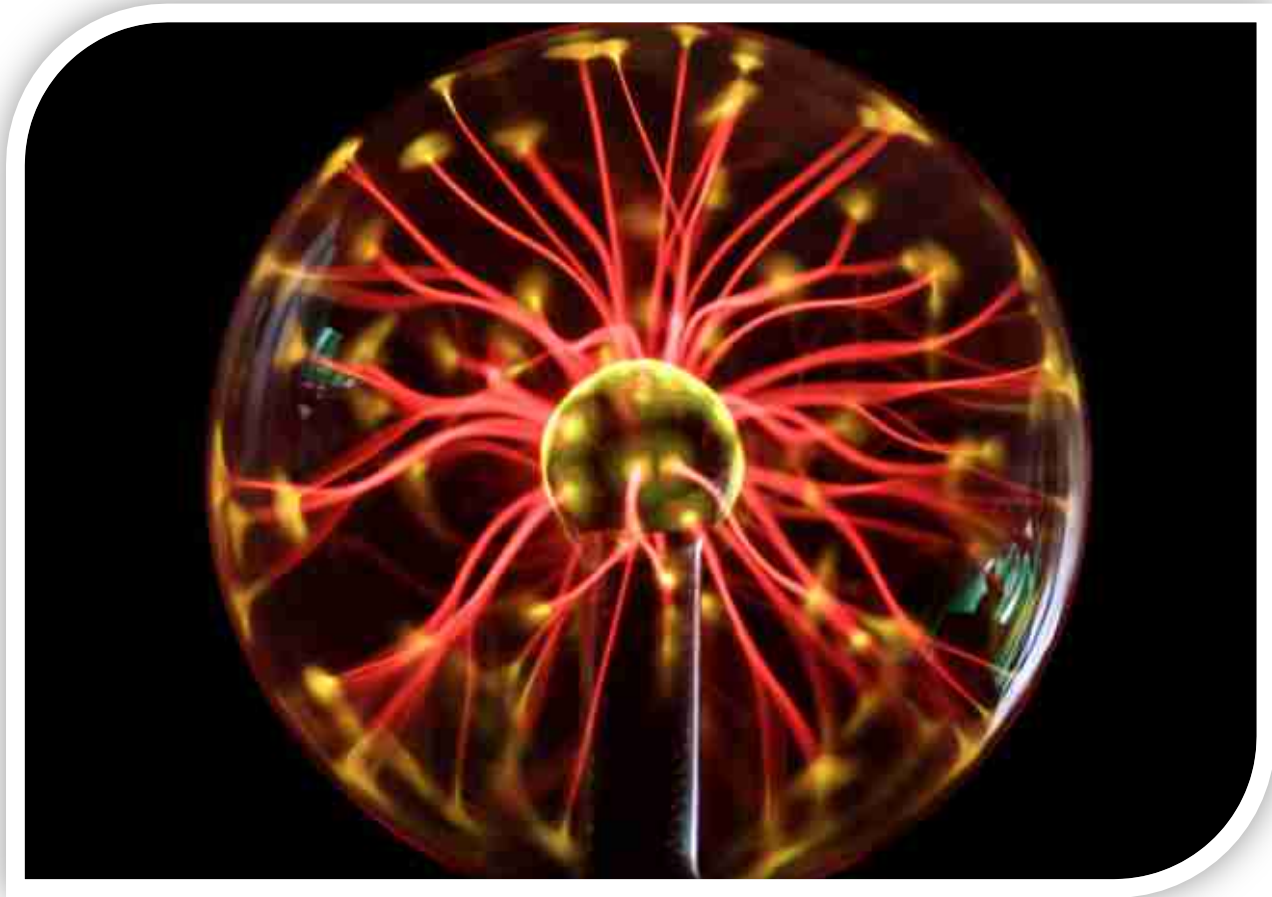


# *Tema 10.- FÍSICA NUCLEAR.*



## 10.1.-Radiactividad.

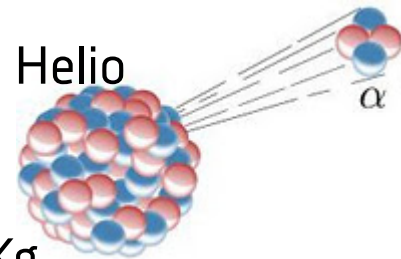
✚ Llamamos **radiactividad** a la propiedad que tienen algunas sustancias de emitir radiaciones capaces de penetrar cuerpos opacos, ionizar el aire, impregnar placas fotográficas, producir fluorescencia y dañar las células orgánicas.

✚ Estas emisiones radiactivas se **originan en los núcleos inestables** de algunos elementos químicos (Uranio, Plutonio, Polonio, Torio, Radio,... )

### 10.1.1.- Radiaciones alfa $\alpha$ , beta $\beta$ , y gamma $\gamma$ .

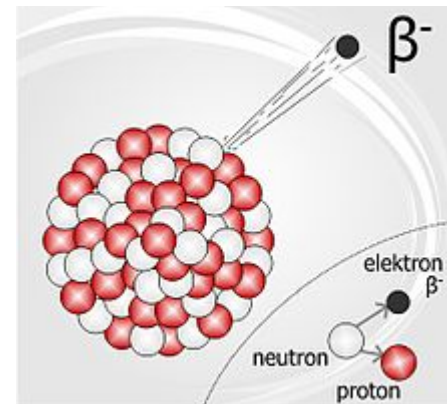
✚ La **radiación alfa** está formado por núcleos de átomos de Helio ( $\text{He}^4_2$ ):

- Tiene carga eléctrica:  $Q_\alpha = +2p = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ c}$
- Su masa es:  $M_\alpha = 2(m_p + m_n) = 6,7 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$
- Tiene una energía del orden del Mev.



✚ La **radiación beta** está formado por electrones ( $e^-$ ) acelerados a alta velocidad procedentes de la reacción nuclear de desintegración de un neutrón.

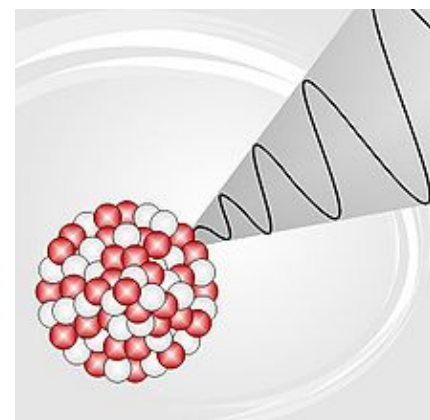
- Tiene carga eléctrica:  $Q_\beta = -e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ c}$
- Su masa es:  $M_\beta = m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$
- Tiene una energía del orden del Mev.



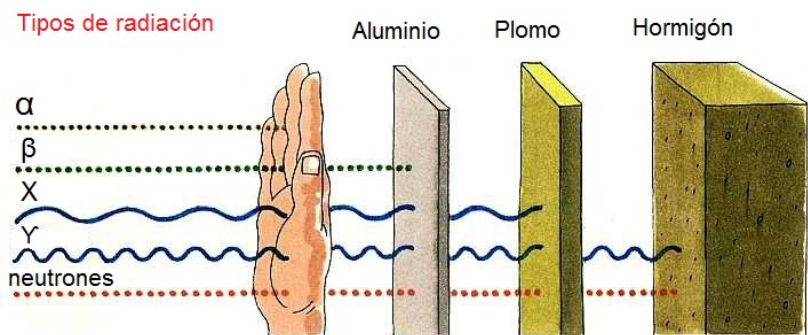


La **radiación gamma** son ondas electromagnéticas de alta frecuencia ( $> f_{\text{rayos x}}$ )

- ❖ NO Tiene carga eléctrica:  $Q_{\gamma} = 0 \text{ c}$
- ❖ Su masa es:  $M_{\gamma} = 0 \text{ Kg}$
- ❖ Tiene una energía del orden del Kev.



Estas radiaciones tienen diferente **poder de penetración**:



### 10.1.2.- Ley de desintegración radiactiva.



Cuando un núcleo inestable emite partículas radiactivas  $\alpha$ ,  $\beta$  o  $\gamma$ , cambia sus características, **se desintegra** y se transforma en otro núcleo (que suele ser radiactivo también). La ley de desintegración radiactiva:

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

- N: n° de núcleos radiactivos.
- $dN/dt$ : n° de núcleos destruidos por unidad de tiempo.
- “-”: el n° de núcleos radiactivos va disminuyendo.
- $\lambda$  : cte radiactiva característica de cada sustancia [1/s].

✚ Esta ley de desintegración radiactiva se suele mostrar en forma integrada:

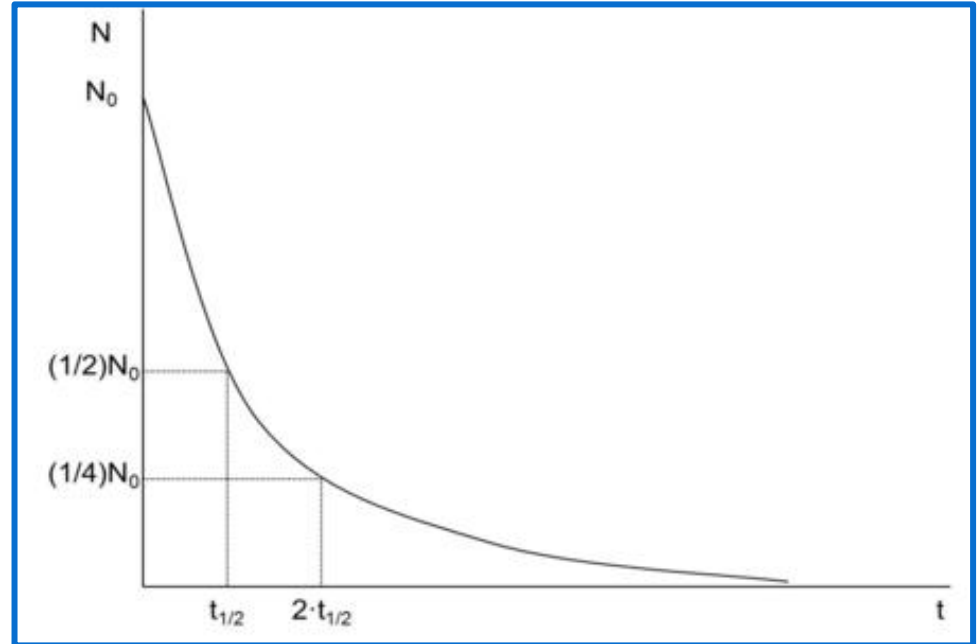
$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

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

$$\int_{N_0}^{N(t)} \frac{dN}{N} = \int_{t_0}^t -\lambda \cdot dt$$

$$\text{Ln} \frac{N(t)}{N_0} = -\lambda(t - t_0)$$

$$\frac{N(t)}{N_0} = e^{-\lambda(t-t_0)}$$



$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda(t-t_0)}$$

- N(t): número de núcleos radiactivos en cada instante de tiempo.
- El número de núcleos radiactivos iniciales N₀, decrece exponencialmente con el tiempo.

Definimos la **actividad** de una muestra radiactiva como el número de emisiones por unidad de tiempo:

$$A(t) = \left| \frac{dN(t)}{dt} \right| = \left| \frac{d}{dt} (N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}) \right| = N_0 \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t} \longrightarrow \boxed{A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}}$$

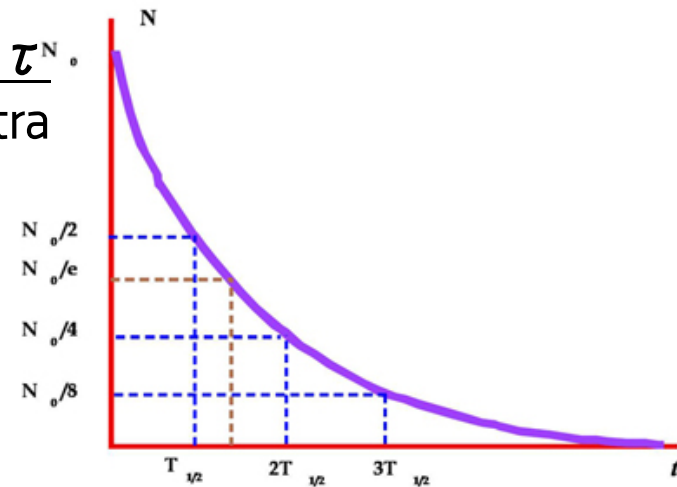
➤ La actividad de la muestra radiactiva también tiene un decrecimiento exponencial, a partir de la actividad inicial  $A_0 = \lambda \cdot N_0$ .

La **masa** de la muestra radiactiva también decrece de manera exponencial:

$$m(t) = \frac{M \cdot N(t)}{N_A} = \frac{M \cdot N_0}{N_A} e^{-\lambda \cdot t} \longrightarrow \boxed{m(t) = m_0 e^{-\lambda \cdot t}}$$

Definimos el **periodo de semidesintegración**  $\tau^{N_0}$  como el tiempo necesario para que una muestra radiactiva se reduzca a la mitad:

$$N(\tau) = \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda \cdot \tau} \longrightarrow \boxed{\tau = \frac{\ln 2}{\lambda}}$$

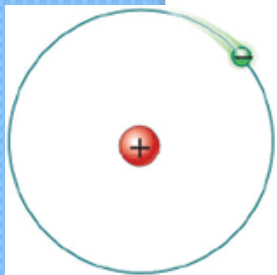


## 10.2.- El núcleo atómico.

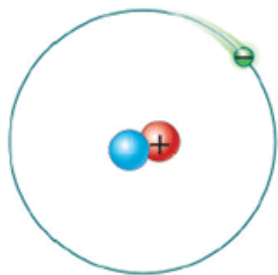
- Un núcleo atómico está caracterizado por:
- Su número atómico  $Z$ : subíndice que indica  $n^{\circ}$  de protones del núcleo. Valor que caracteriza el elemento químico.
  - Su número másico  $A$ : superíndice que indica el  $n^{\circ}$  de protones y neutrones del núcleo.
  - Por ejemplo:  $C^{14}_6$

Un **isótopo** es un núcleo atómico de un elemento químico con el mismo  $n^{\circ}$  atómico pero diferente  $n^{\circ}$  másico. Veamos algunos ejemplos:

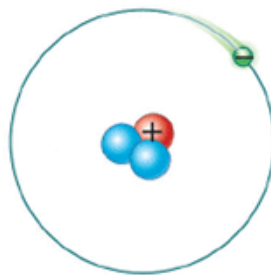
- Hidrógeno:  $H^1_1$       Deuterio  $H^2_1$       Tritio:  $H^3_1$
- Carbono:  $C^{12}_6$        $C^{13}_6$        $C^{14}_6$



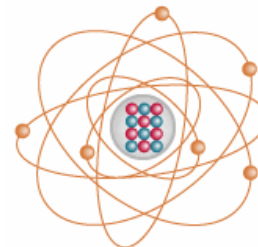
Hidrógeno  ${}^1_1\text{H}$



Deuterio  ${}^2_1\text{H}$

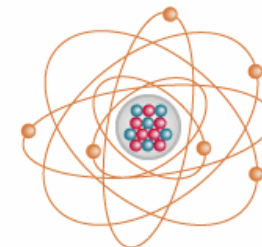


Tritio  ${}^3_1\text{H}$



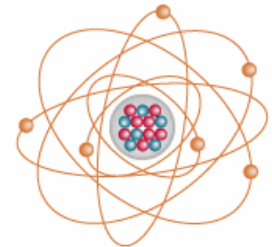
Carbon-12

● Proton



Carbon-13

● Neutron



Carbon-14

● Electron

### 10.2.1.- Fuerzas nucleares.

Son dos interacciones de corto alcance responsables de la cohesión del núcleo atómico.



#### Interacción nuclear fuerte:

- Responsable de la cohesión del núcleo atómico.
- Fuerza atractiva que mantiene unidos los nucleones (p+ y n) dentro del núcleo atómico venciendo la repulsión electrostática.
- Interacción de corto alcance: nula a distancias superiores a  $10^{-15}$  m.
- Es la fuerza más intensa de la naturaleza.



#### Interacción nuclear débil:

- Responsable de la desintegración  $\beta$  de los núcleos.
- Interacción de corto alcance: nula a distancias superiores a  $10^{-17}$  m.
- Fuerza repulsiva que evita la colisión los nucleones (p+ y n) dentro del núcleo atómico.



#### Grado de intensidad de las interacciones fundamentales de la naturaleza:

- Nuclear fuerte > Electromagnética > Nuclear débil > Gravitatoria.

### 10.2.2.- Energía de enlace.

✚ La energía de enlace de un núcleo es la energía liberada cuando los nucleones aislados se unen para formar un núcleo.

➤ Esa energía liberada proviene de una pérdida de masa atómica: la masa del núcleo formado es menor que la suma de las masas de los nucleones por separado.

➤ Ese déficit de masa viene dado por:

$$\Delta m = [Zm_p + (A-Z)m_n] - M_N$$

➤ La equivalencia de energía asociada a la pérdida de masa viene dada por la expresión de la energía relativista de Einstein:

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

➤ Equivalente energético: 1 uma = 931 MeV.

➤ La energía de enlace por nucleón se define como:

$$\frac{\Delta E}{A} = \frac{\Delta m \cdot c^2}{A}$$

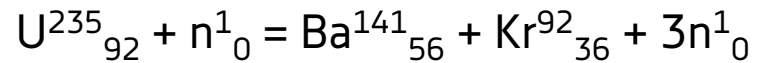
Cuanto mayor sea la energía de enlace liberada por nucleón en la formación del núcleo, más estable será el átomo.





## 10.3.2.- Reacción de fisión nuclear.

**La fisión nuclear** es una reacción en la que un núcleo pesado se divide en otros más ligeros al ser bombardeado por neutrones.



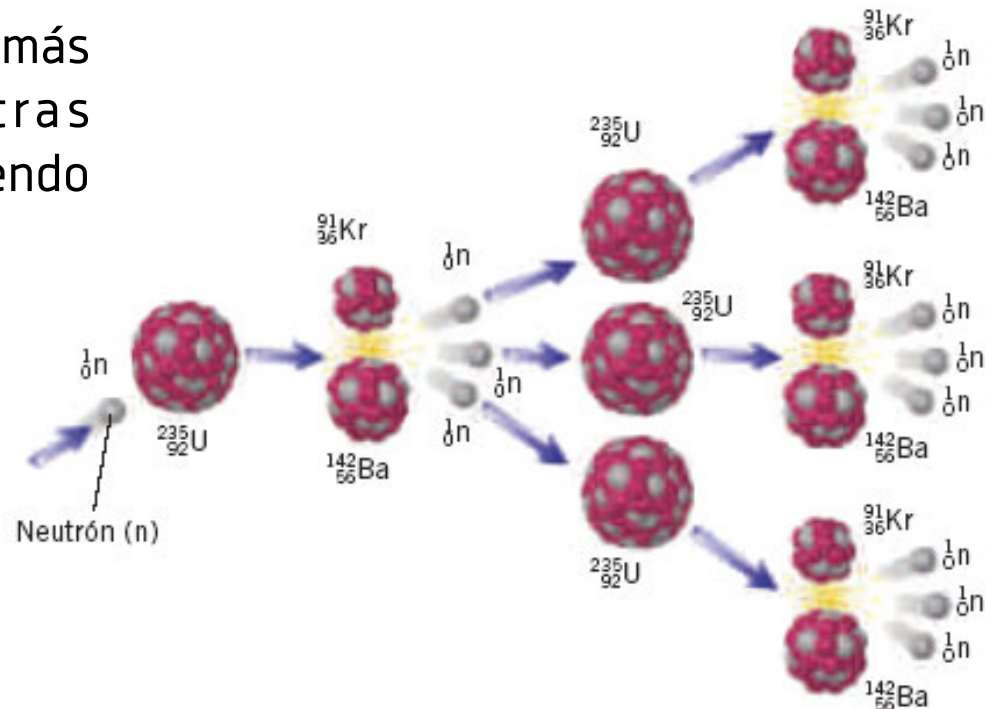
➤ En esta reacción se libera gran cantidad de energía por déficit de masa.



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

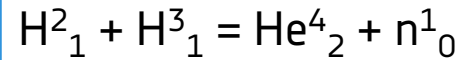
➤ Se generan 3 neutrones más que desencadenan otras reacción de fisión produciendo **una reacción en cadena.**

➤ **Podemos controlar** la energía liberada en la reacción controlando el número de neutrones.



### 10.3.3.- Reacción de fusión nuclear.

- La fusión nuclear es una reacción nuclear en la que dos núcleos ligeros se unen para formar otro más pesado



- En esta reacción se libera gran cantidad de energía por déficit de masa.

$$\Delta m = [M(H^2_1) + M(H^3_1)] - [M(He^4_2) + M(n^1_0)] \longrightarrow \Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

- **Energía de activación**: esta reacción necesita de una gran cantidad de energía térmica para que se desencadene ( $10^6$  k).
- Se presenta en la naturaleza de forma descontrolada en el Sol y en las bombas atómicas.

***VIDEO 1: FISIÓN Y FUSIÓN NUCLEAR.***