

## ¿Qué es la *unidad de masa atómica*?

## ¿Qué es un *electrón-volt*?

Se utiliza para expresar la masa de átomos y moléculas.

La *unidad de masa atómica unificada* (**u**) o *dalton* (**Da**) es una unidad de masa y se define como la doceava parte (1/12) de la masa de un átomo, neutro y no enlazado, de **carbono-12**, en su estado fundamental eléctrico y nuclear, y equivale a  **$1,660\ 538\ 921 \times 10^{-27}$  kg**.

En el Sistema Internacional se da como único nombre el de *dalton* y se desaconseja el de *unidad de masa atómica unificada*, ya que no admite prefijos multiplicativos (no es posible usar «ku» pero sí «kDa»)

Un *electrón-volt* es una unidad de **energía**.

El eV es la energía que adquiere un electrón al estar sometido a una diferencia de potencial de 1 volt.

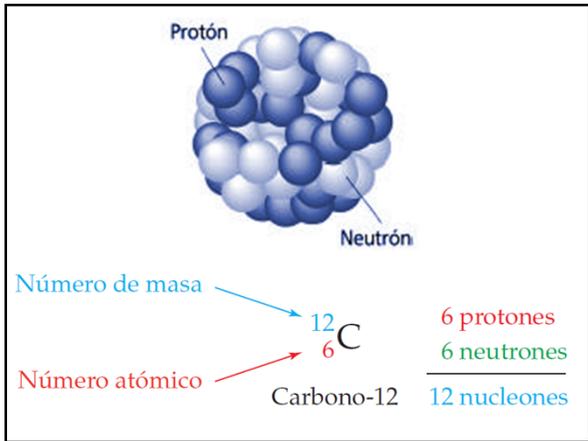
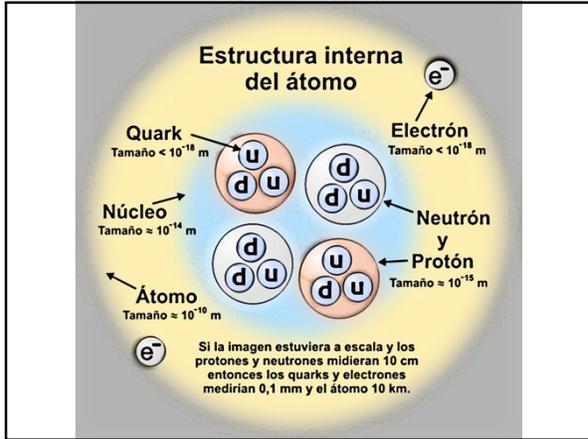
$$\text{energía} = \text{carga} \times \text{diferencia de potencial}$$

en el caso del *electrón* su carga es de  $1,602 \times 10^{-19}$  C, tenemos:

$$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \text{ V} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \text{ J/C}$$

$$\mathbf{1 \text{ eV} = 1,06 \times 10^{-19} \text{ J}}$$

**¿Como están  
constituidos los  
núcleos de los  
átomos?**



**¿Qué son los  
isotopos?**



La masa que se ha perdido se ha transformado en energía, que puede cuantificarse aplicando la **formula de Einstein**:

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

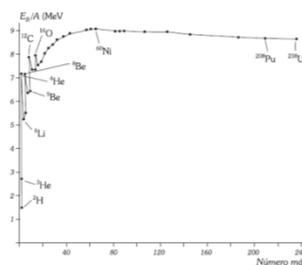
Energía [Joules] = (cambio de masa) x (velocidad de la luz)<sup>2</sup>

$$\text{Energía [MeV]} = \frac{(\text{cambio de masa en u}) \times 1,661 \times 10^{-27} \text{ kg/u} \cdot (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2}{1,602 \times 10^{-23} \text{ J/MeV}}$$

$$\text{Energía en MeV} = (932 \text{ MeV}) \times (\text{cambio de masa en u})$$

### ¿Qué magnitud tiene la energía de enlace nuclear por nucleón?

Al dividir la energía de enlace por el número másico se obtiene la energía de enlace por nucleón que, en la mayoría de los núcleos, próxima a **8 MeV**.



Podemos considerar a la energía asociada al defecto de masa como la energía necesaria para disgregar un núcleo en sus nucleones constituyentes, es decir, representa a la **energía de enlace nuclear**.

La **energía de enlace nuclear** (EB) viene dada por la ecuación:

$$EB = 932 \cdot \Delta m$$

#### Ejercicio de ejemplo:

- Calcular el defecto de masa y la energía total de enlace del isótopo  $^{15}_7\text{N}$  de masa atómica 15,0001089 u
- Calcula la energía de enlace por nucleón.

#### Datos:

masa de protón = 1,007276 u

masa del neutrón = 1,008665 u

valor de u =  $1,66 \cdot 10^{-27}$  kg;

valor de c =  $3 \cdot 10^8$  m/s

**Solución:**

a) Este núcleo posee 7 protones y (15-7) 8 neutrones.

$$\Delta m = (7 \times \text{masa del protón} + 8 \times \text{masa del neutrón}) - \text{masa atómica}$$

$$\Delta m = (7 \times 1,007276) + (8 \times 1,008665) - 15,0001089 = 0,1201431 \text{ u}$$

$$\Delta m = 1,9943755 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

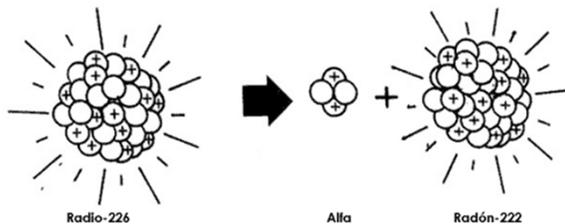
Y sabemos que  $E = \Delta m \cdot c^2$

$$EB = 1,79 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

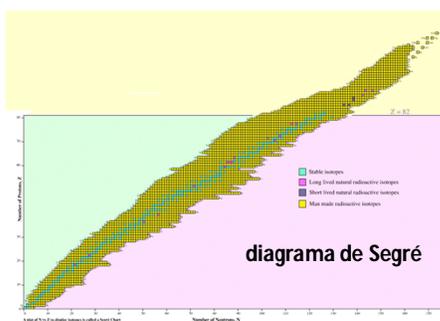
b) E por nucleón =  $E/A = 1,79 \cdot 10^{-11} \text{ J} / 15$

$$EB \text{ por nucleón} = 1,20 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

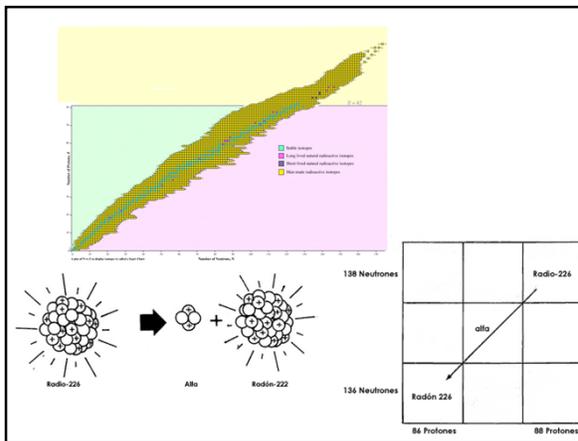
Si  $z > 82$ , el núcleo tiene demasiada masa, y tiende a emitir una partícula alfa.



**¿Por qué hay núcleos inestables?**

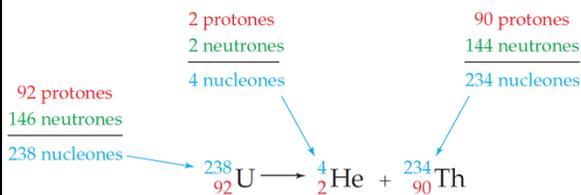


**Y... ¿cómo se estabilizan?**



Como la emisión de una **partícula α** de un núcleo da como resultado la pérdida de dos protones y dos neutrones, el número de masa (A) del núcleo se reduce en 4, mientras el número atómico (Z) se reduce en 2.

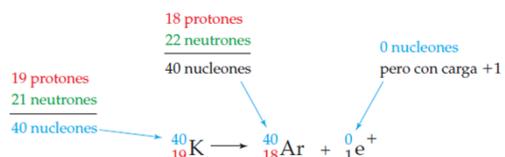
Por ejemplo, el **uranio-238** emite de manera espontánea una **partícula α** y forma **torio-234**.



Si tiene demasiado pocos neutrones, el núcleo tiende a emitir una partícula beta positiva o positrón; o a realizar una captura electrónica



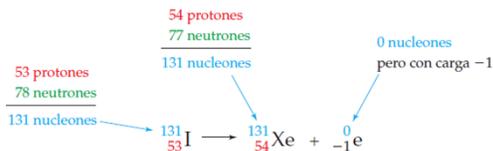
36 Neutrones	Níquel-64		
		beta positivo	
35 Neutrones		Cobre-64	
	28 Protones	29 Protones	



Si tiene demasiados neutrones, el núcleo tiende a emitir una partícula beta negativa o negatrón.

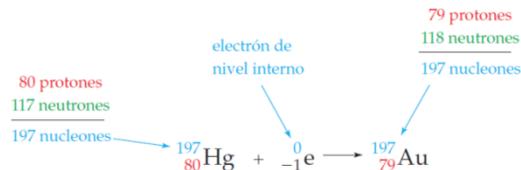


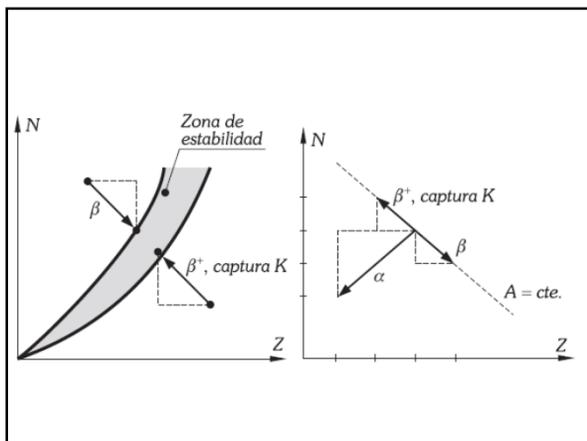
78 Neutrones	Yodo-131		
		beta	
77 Neutrones		Xenón-131	
	53 Protones	54 Protones	



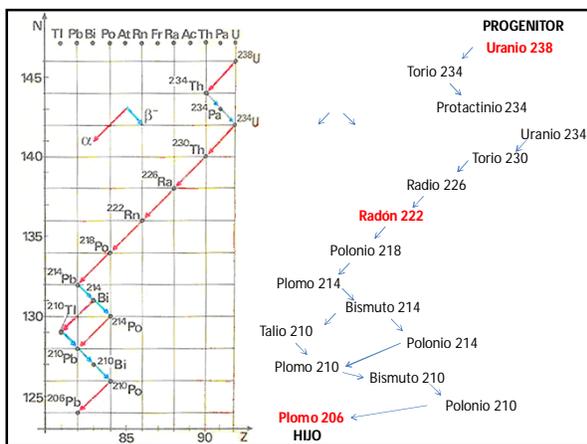
### ¿Qué es la captura electrónica?

La captura de electrón es un proceso en el que un núcleo captura un electrón de un nivel interno, con lo que un protón se convierte en un neutrón.





El **Radón** es una de las principales sustancias que contribuye a la dosis que recibimos de manera natural.  
 El **Radón** es un gas noble que se filtra hasta el interior de nuestras casas desde el subsuelo.



**¿Qué se entiende por reacciones nucleares?**

Reacciones químicas	Reacciones nucleares
Los átomos se reacomodan mediante el rompimiento y formación de enlaces químicos.	Los elementos (o isótopos de los mismos elementos) se convierten de uno en otro.
Sólo los electrones en los orbitales atómicos o moleculares están implicados en el rompimiento y formación de enlaces.	Pueden estar involucrados los protones, neutrones, electrones y otras partículas elementales.
Las reacciones están acompañadas por la absorción o liberación de relativamente pequeñas cantidades de energía.	Las reacciones están acompañadas por la absorción o liberación de cantidades tremendas de energía.
La temperatura, presión, concentración y catalizadores influyen en las velocidades de reacción.	Las velocidades de reacción normalmente no se ven afectadas por la temperatura, presión y catalizadores.

Partícula elemental	Notación
Protón	${}^1_1\text{p}$ ó ${}^1_1\text{H}$
Neutrón	${}^1_0\text{n}$
Electrón	${}^0_{-1}\text{e}$ ó ${}^0_{-1}\beta$
Positrón	${}^0_{+1}\text{e}$ ó ${}^0_{+1}\beta$
Partícula alfa	${}^4_2\text{He}$ ó ${}^4_2\alpha$

De acuerdo con esta notación el exponente denota el número másico **A** y el subíndice representa el número atómico **Z**.

La **estrategia de resolución** que proponemos es la siguiente:

Paso 1: El **A** de la partícula desconocida X será igual a  $212 - 208$ , es decir: 4

Paso 2: El **Z** de la partícula desconocida X será igual a  $84 - 82$ , es decir: 2

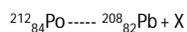
**Conclusión:** La partícula desconocida es  ${}^4_2\text{X}$ , o sea es  ${}^4_2\alpha$

Al **balancear** cualquier **ecuación nuclear** se deben cumplir las siguientes reglas:

a- El número total de protones y neutrones en los productos y reactivos debe ser el mismo (**conservación de A**).

b- El número total de cargas nucleares en los productos y reactivos debe ser el mismo (**conservación de Z**).

**Ejemplo:** Si se conocen el número atómico y el número de masa de todas las especies de una ecuación nuclear, excepto una, la especie desconocida se puede identificar al aplicar estas reglas, por ejemplo:



¿Qué es la partícula desconocida "X"?

#### BALANCEO DE ECUACIONES NUCLEARES

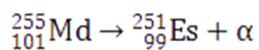
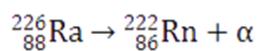
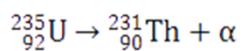
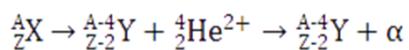
Escriba ecuaciones nucleares balanceadas para cada uno de los siguientes procesos:

- Emisión alfa de curio-242:  ${}^{242}_{96}\text{Cm} \rightarrow {}^4_2\text{He} + ?$
- Emisión beta de magnesio-28:  ${}^{28}_{12}\text{Mg} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + ?$
- Emisión de positrones de xenón-118:  ${}^{118}_{54}\text{Xe} \rightarrow {}^0_{+1}\text{e} + ?$

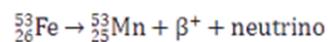
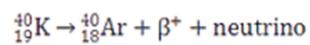
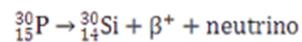
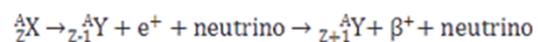
#### SOLUCIÓN

- En la emisión  $\alpha$ , el número de masa disminuye en 4 y el número atómico en 2, por lo que se forma plutonio -238:  ${}^{242}_{96}\text{Cm} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{238}_{94}\text{Pu}$
- En la emisión  $\beta$ , el número de masa no cambia, pero el número atómico aumenta en 1, por lo que surge aluminio -28:  ${}^{28}_{12}\text{Mg} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + {}^{28}_{13}\text{Al}$
- En la emisión de positrones, el número de masa no cambia, pero el número atómico disminuye en 1, lo que da origen al yodo -118:  ${}^{118}_{54}\text{Xe} \rightarrow {}^0_{+1}\text{e} + {}^{118}_{53}\text{I}$

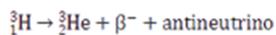
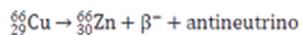
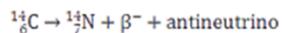
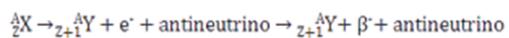
## Decaimiento alfa



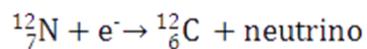
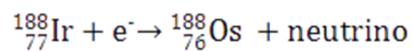
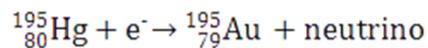
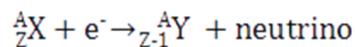
## Decaimiento beta positivo



## Decaimiento beta negativo



## Captura electrónica



## Decaimiento gamma

Los rayos gamma son fotones de muy alta energía. No tienen ni masa ni carga, y solamente constituyen energía emitida por el isótopo en forma de onda. Por este motivo, el núcleo se mantiene exactamente igual pero en un estado de menor energía.

### ¿Que ley rige la cinética de las desintegraciones radiactivas?

La ley de las transmutaciones radiactivas dice que *El número de átomos de un elemento radiactivo que se desintegra por unidad de tiempo es proporcional al número total de tales átomos existentes en la muestra de material.*

$$dN/dt = -\lambda N$$

donde

**N** = número de átomos sin desintegrar.

**dN** = número de átomos que se desintegran en el tiempo dt.

**λ** = tanto por 1 de átomos desintegrados en cada unidad de tiempo (constante radiactiva).

El signo menos (-) indica que con el tiempo disminuye el número de átomos de la especie estudiada.

## ¿Qué son los neutrinos?

La **desintegración beta** presentaba tres problemas que eran muy difíciles de explicar:

- en primer lugar, la radiación  $\beta$  tenía un espectro continuo, lo cual parecía violar la **ley de conservación de la energía**;
  - en segundo lugar, en la reacción parecía violarse una **ley de conservación de la estadística cuántica** de los núcleos atómicos;
  - en tercer lugar, en el curso de la reacción, tampoco parecía conservarse el spin, lo cual implicaba una violación de la **ley de conservación del momento angular**.
- Para compensar estas anomalías se propuso en 1930 la existencia del neutrino, que finalmente fue descubierto en 1956.

La fórmula puede reordenarse de este modo:

$$\text{Actividad} = dN/N = -\lambda dt$$

cuya integración conduce a la expresión:

$$\ln N = -\lambda t + \ln K$$

Y si en el instante inicial ( $t = 0$ ) el número de átomos sin desintegrar es  $N_0$ ;  $\ln N_0 = \ln K$ ; y la fórmula anterior se transforma en:

$$\ln N/N_0 = -\lambda t$$

O lo que es igual:

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

### ¿Qué es el periodo de semi-desintegración?

El periodo de semi-desintegración de un elemento radiactivo es el tiempo necesario para que se desintegren la mitad de los átomos de un elemento.

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

Hacemos que  $N = \frac{1}{2} N_0$ ; obtendremos

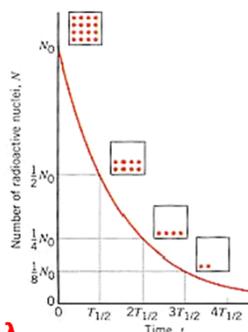
$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda t}$$

$$1 = 2 e^{-\lambda t}$$

$$\ln 1 = \ln 2 - \lambda t$$

$$0 = \ln 2 - \lambda t$$

$$t_{1/2} = (\ln 2) / \lambda$$



$$t_{1/2} = 0,693 / \lambda$$

**Ejemplo de ejercicio:** Se determina que la desintegración radiactiva del 90% de  $^{18}\text{F}$  ocurre en 366 min. ¿Cuál es su vida media calculada?

$$0,1 A_0 = A_0 e^{-\lambda \cdot 366 \text{ min}}$$

$$0,1 = e^{-\lambda \cdot 366 \text{ min}}$$

$$\ln 0,1 = -\lambda \cdot 366 \text{ min} \cdot \ln e$$

$$-2,30 = -\lambda \cdot 366 \text{ min}$$

$$\lambda = 0,00628 \text{ min}^{-1}$$

Y sabemos que  $t_{1/2} = 0,693 / \lambda$

$$t_{1/2} = 0,693 / 0,00628 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{1/2} = 110 \text{ minutos}$$

### ¿Qué es la vida media de un radioisótopo?

La vida media,  $v$ , de los átomos de una muestra es el tiempo de vida promedio un átomo, es decir, el **tiempo promedio en que un átomo de un material radiactivo permanece sin desintegrarse.**

Si  $\lambda$  es el tanto por 1 de átomos desintegrados en 1 unidad de tiempo,

1 átomo se desintegrará en...  $v$  unidades de tiempo

De modo que

$$v = 1 / \lambda = t_{1/2} / \ln 2$$