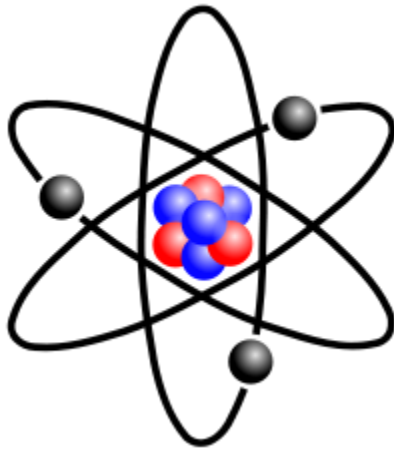


# Física nuclear e partículas atómicas



# Composición do núcleo

Representación dun átomo:  ${}^A_ZX$

Z= número atómico = número de protóns

A= número másico= número de protóns + número de neutróns

Partícula	Masa ( u)	Carga (C)
Protón	1,007276	+1,6602 · 10 <sup>-19</sup> C
Neutrón	1,008665	Sen carga

$$1 u = \frac{\text{Masa átomo } {}^{12}_6\text{C}}{12} = 1,660539040 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

# Caraterísticas dos núcleos

- Os núcleos apresentam forma esférica.
- O raio dun núcleo pode ser calculado coa expresión:

$$R = 1,2 \cdot 10^{-15} \cdot A^{1/3} \text{ (m)}$$

- Considerando forma esférica, o seu volume ven dado por:

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$$

# Carateristicas dos núcleos

- Densidade da materia nuclear:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = A \cdot u \cdot \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 u} = A \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ (kg)}$$

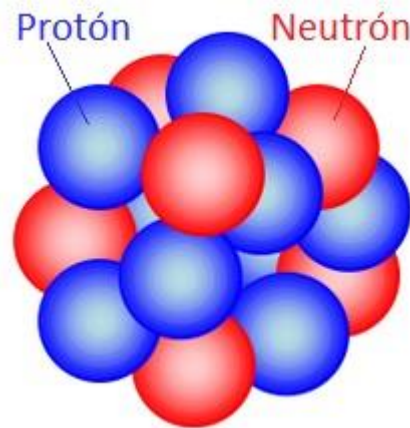
$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(1,2 \cdot 10^{-15} \cdot A^{1/3}\right)^3 =$$

$$= \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (1,2 \cdot 10^{-15})^3 \cdot A \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\rho_{nuclear} = 2,3 \cdot 10^{17} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

# Forza de unión nuclear

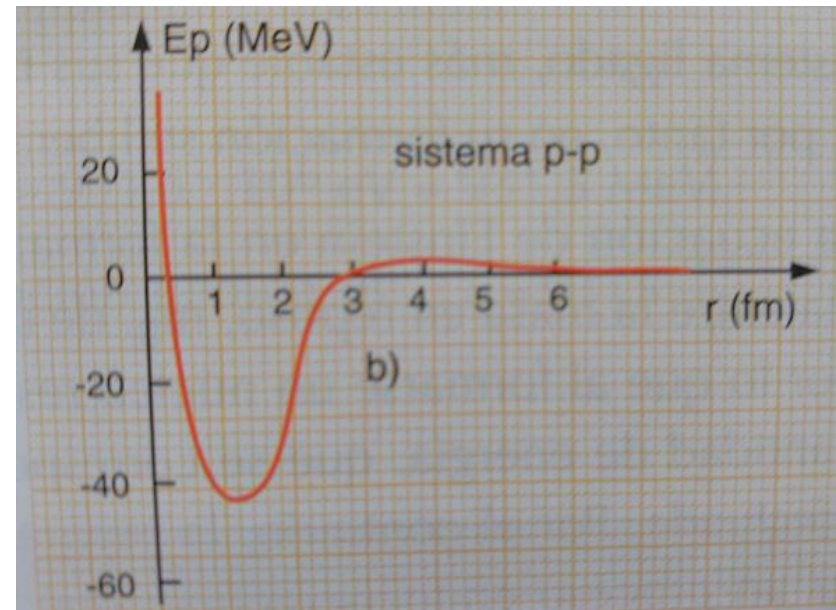
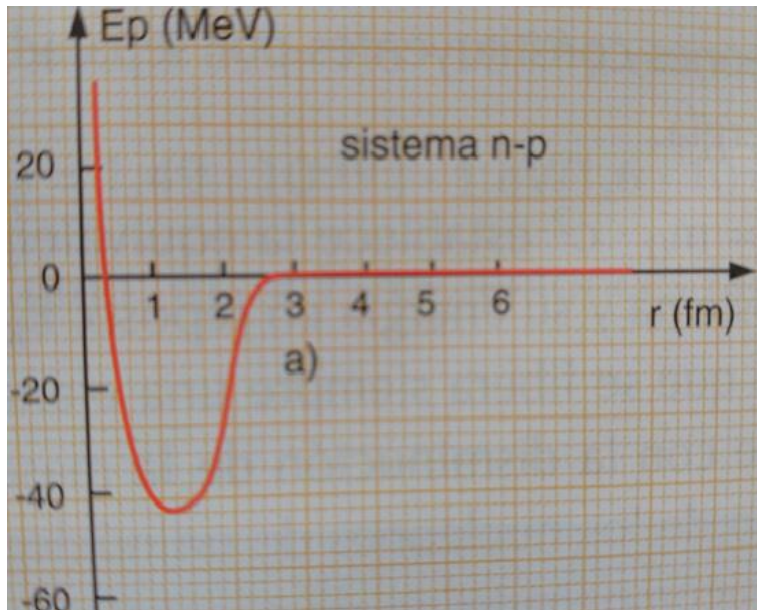
A forza que mantén unidos no núcleo aos nucleóns, é dicir, protóns e neutróns son as **forzas nucleares de interacción forte.**



# Forza de unión nuclear

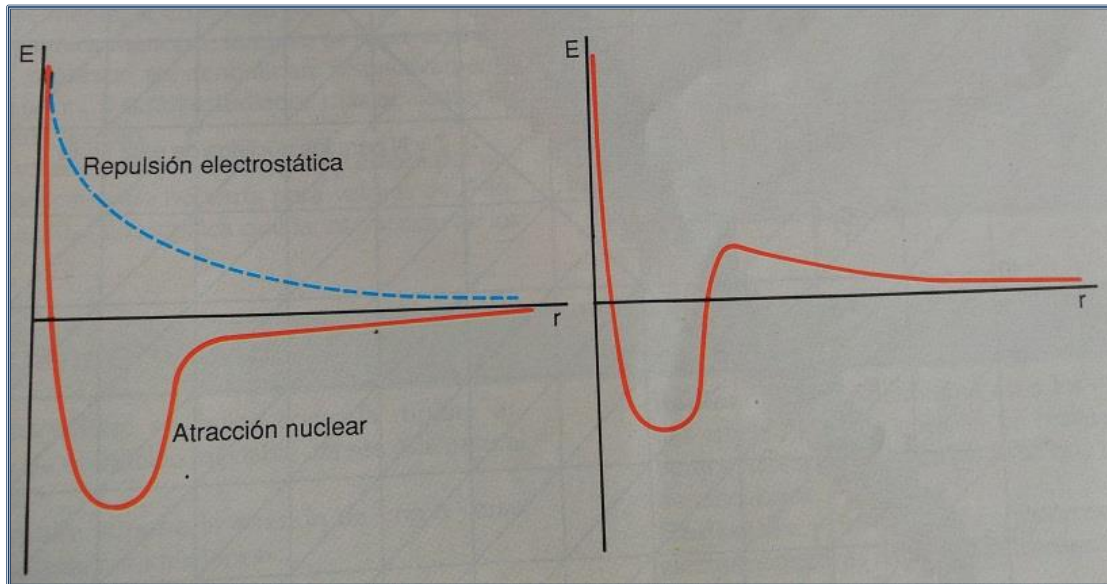
- Esta interacción de carácter atrativo, é moi intensa mais de curto alcance ( $\approx 10^{-15}$  m)

- É independente da carga é dicer, as interaccións **p-p**, **n-n** e **p-n**, son equivalentes



# Forza de unión nuclear

- A certa distancia, as forzas de atracción nuclear superan a aquelas características da repulsión eletrostática



A estabilización do núcleo, prodúcese pola emisión de enerxía. Esta enerxía emitida deriva de que parte da masa perde-se transformándose en enerxía segundo a ecuación:

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

# Defecto de masa nuclear

- Defíne-se **defeto de masa nuclear** ( $\Delta m$ ), á diferencia entre a **masa teórica** e a **masa medida experimentalmente** dun núcleo.

$$\Delta m = M_{\text{Teórica núcleo}} - M_{\text{Experimental núcleo}}$$

$$M_{\text{Teórica núcleo}} = Z \cdot M_p + (A - Z) \cdot M_n$$

$$M_{\text{Experimental núcleo}} = M_{\text{Átomo}} - Z \cdot M_e$$



# Energía de enlace

- De acordo con Einstein,  $\Delta m$  tamén pode ser entendida como a enerxía liverada na formación do núcleo: enerxía de enlace

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

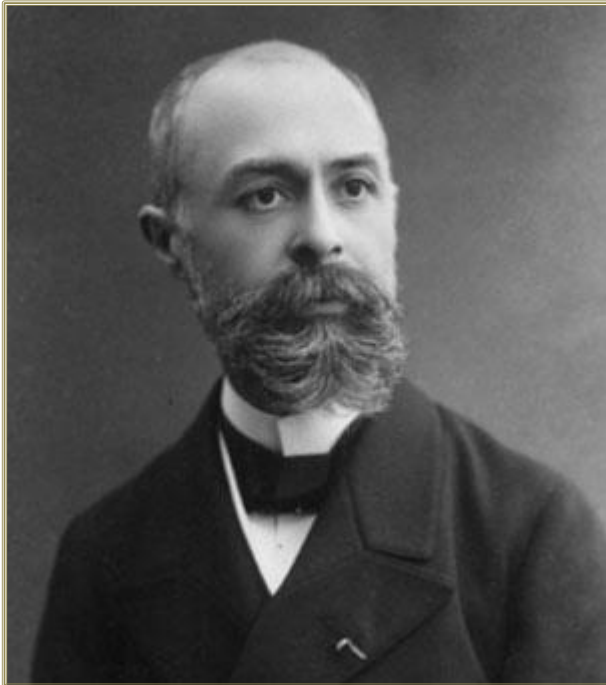
- Energía de enlace por nucleón:

$$E_1 = \frac{\Delta m \cdot c^2}{A} = \frac{E_E}{A}$$

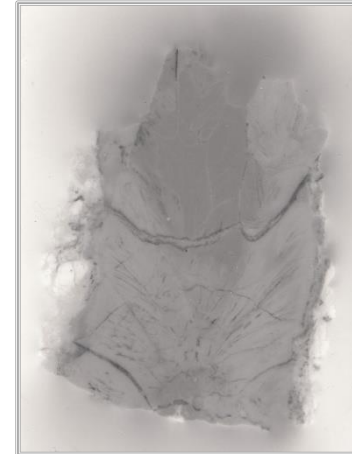
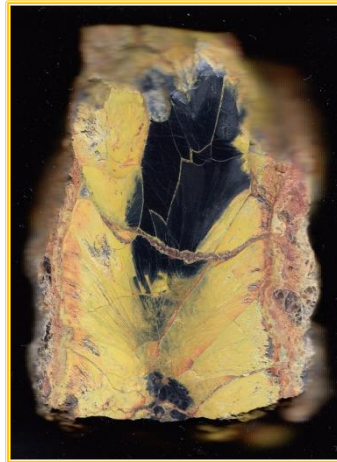
- Representa a enerxía necesaria para extraer un nucleón do núcleo e indica o grao de estabilidade do núcleo.

$$1 u = 1,660539040 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931 \text{ MeV}$$

# Desintegraciones $\alpha$ , $\beta$ e $\gamma$

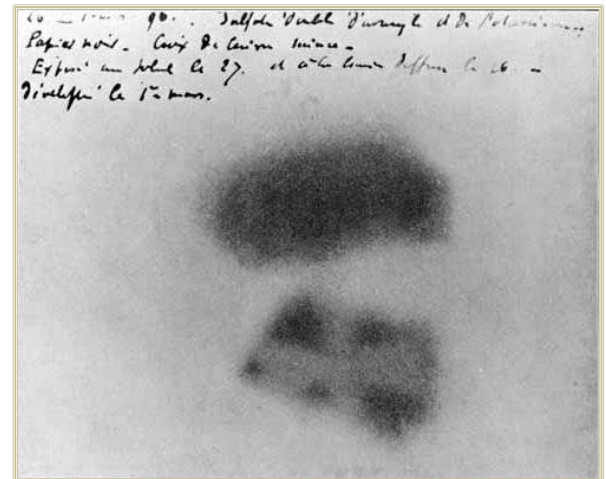


Antoine Henri Becquerel 1852-1908  
Premio Nobel de Física no 1903



Sesión polida de pecheblenda ( uraninita) e a súa imaxe recollida en papel fotográfico

Imaxe obtida por Becquerel por acción de sales de uranio sobre papel fotográfico



# Desintegracións $\alpha$ , $\beta$ e $\gamma$

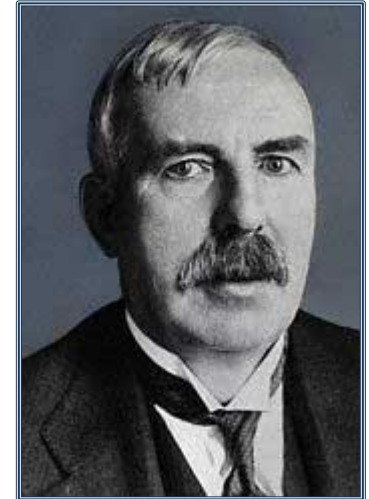
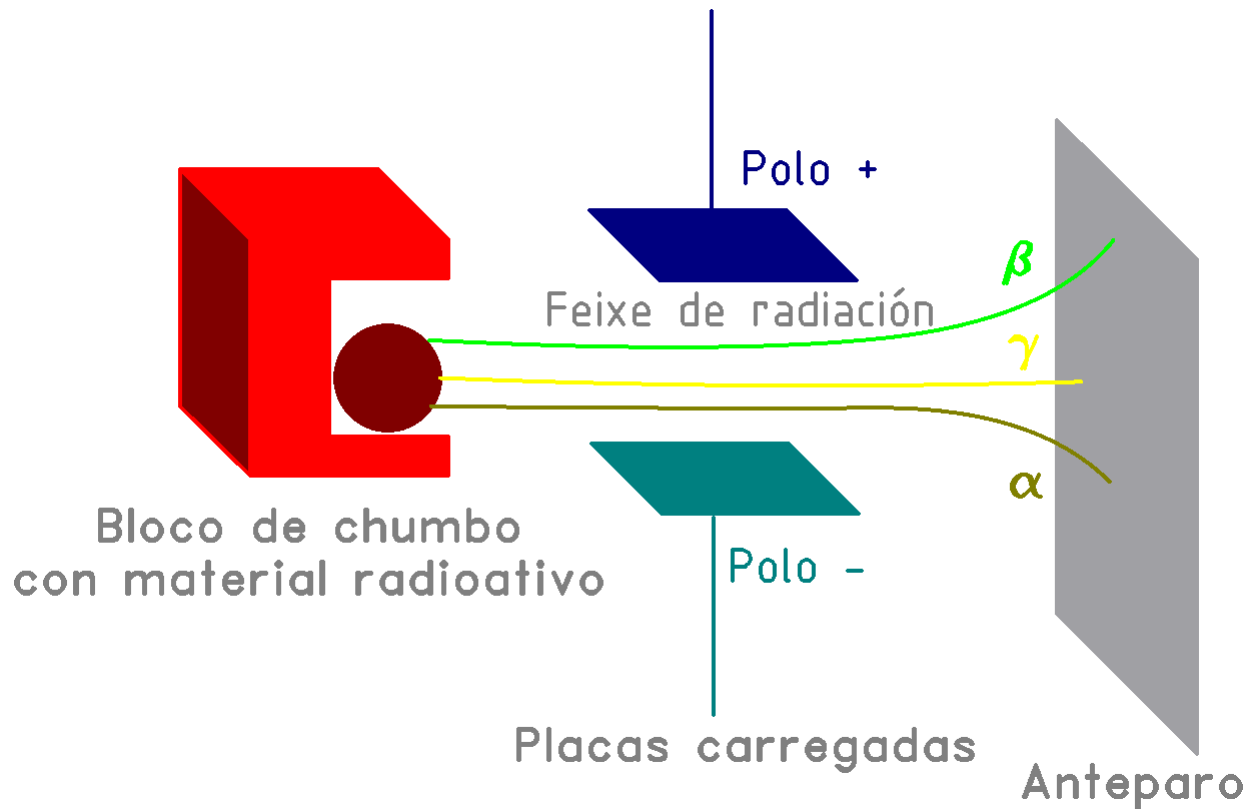


**Marie Skłodowska** (1867-1934)  
Premio Nobel de Física en 1903  
Premio Nobel de Química 1911

**Pierre Curie** (1859-1906)  
Premio Nobel de Física en 1903

Descobren conxuntamente o polonio  
e o radio e polo tanto, que hai máis  
elementos radioativos que o **uranio**.

# Desintegraciones $\alpha$ , $\beta$ e $\gamma$



Ernest Rutherford  
(1871-1937)  
Premio Nobel de Química  
(1908)

# Desintegracións $\alpha$ , $\beta$ e $\gamma$

Todos os procesos de desintegración radioativa, cumpren as seguintes leis:

- Lei de conservación da enerxía
- Lei de conservación da cantidade de movemento
- Lei de conservación da carga
- Lei de conservación do número de nucleóns
- A enerxía absorvida ou cedida é equivalente ao defeto de masa producido:

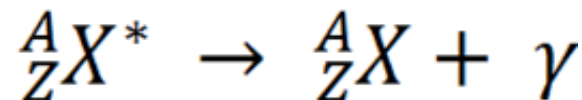
$$\Delta m = m_{\text{Reactivos}} - m_{\text{Productos}} \text{ e ademais : } E = \Delta m \cdot c^2$$

# Desintegracións $\alpha$ , $\beta$ e $\gamma$

**Desintegración  $\alpha$** : o núcleo emite un núcleo de helio  ${}^4_2\text{He}^{+2}$  que chamamos **partícula  $\alpha$** .

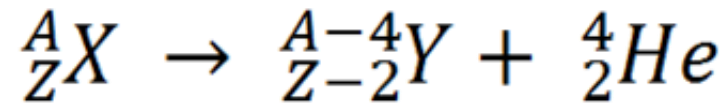
**Desintegración  $\beta$** : o núcleo emite un electrón ou un positrón, falaremos enton de partículas  $\beta^-$  ou  $\beta^+$ .

**Emisión  $\gamma$** : é unha emisión de O.E.M, formada por fotóns de alta enerxía. Acompaña ás emisións  $\alpha$  e  $\beta$ , e prodúcese cando o átomo pasa dun estado excitado a outro desexcitado:



# Desintegración $\alpha$

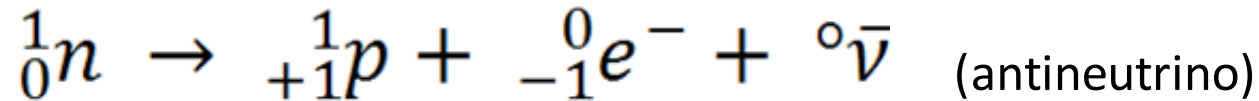
- É característica dos núcleos pesados.
- O proceso que acontece é :



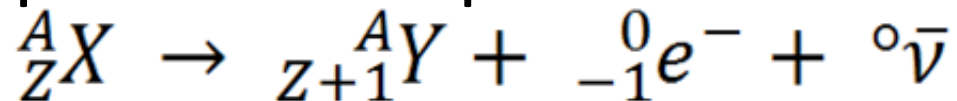
- O núcleo Y é máis estable que o núcleo X.
- Observa: conservan-se a carga e o número de nucleóns.

# Desintegración $\beta^-$

- É característica dos núcleos moi ricos en neutróns.
- Basicamente o que acontece no núcleo é a descomposición dun neutrón:



- O proceso completo é:



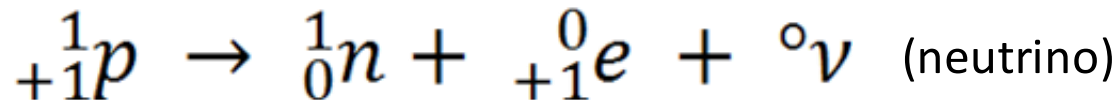
Observa: conserva-se a carga e o número de nucleóns

- E tamén:  ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + \beta^- + {}^0\bar{\nu}$

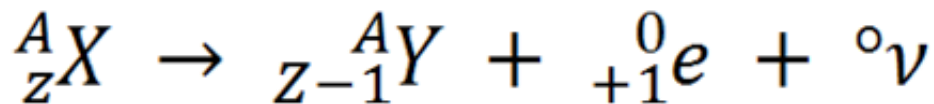


# Desintegración $\beta^+$

- É característica dos núcleos ricos en protóns.
- Neste caso, o que acontece no núcleo é a descomposición dun protón:



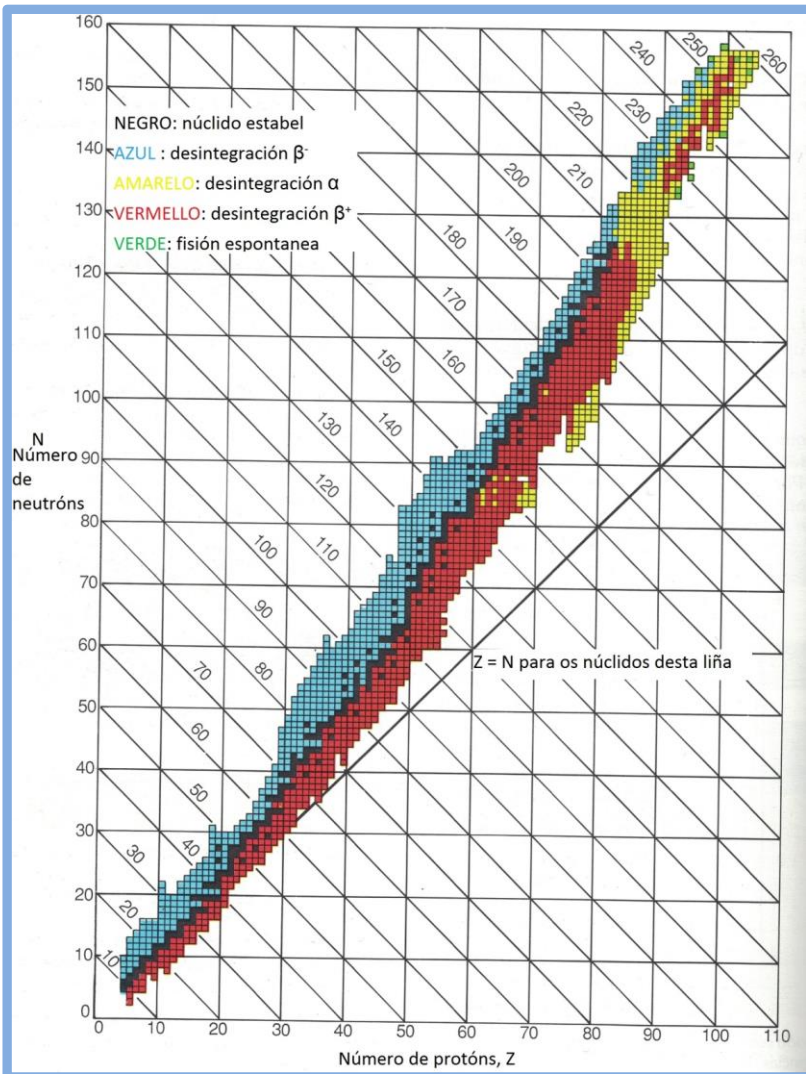
- O proceso completo é:



Observa: conserva-se a carga e o número de nucleóns

- E tamén:  ${}_{z}^AX \rightarrow {}_{z-1}^AY + \beta^+ + {}^0\nu$

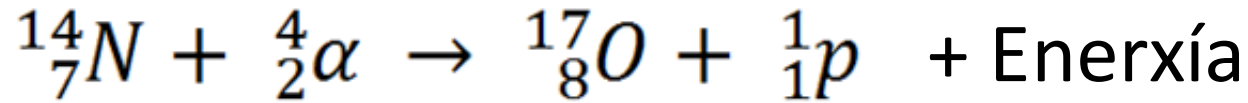
# Desintegración e estabilidade de núcleos



- Todo núcleo con 2, 8, 20, 28, 50, 82 ou 126 protóns ou neutróns, son estables. Son os chamados **números máxicos**, e correspondense con capas nucleares completas.
- Todo núcleo con  $Z < 20$  e cunha relación  $N/Z = 1$ , é estable.
- Se  $20 < Z < 84$  e a relación  $N/Z$  é 1 ou 1,5, tamén é estable.
- Os núcleos con  $Z < 82$  son máis estables que os que teñen  $Z > 82$ .
- Todos os que presentan un número de nucleóns par son máis estables que aqueles que teñen número de nucleóns impar.

# Reaccións nucleares

- Son reaccións causadas polo bombardeo dun núcleo atómico (branco) por un nucleón ou grupo de nucleóns (proxetil)
- Rutherford (1919):



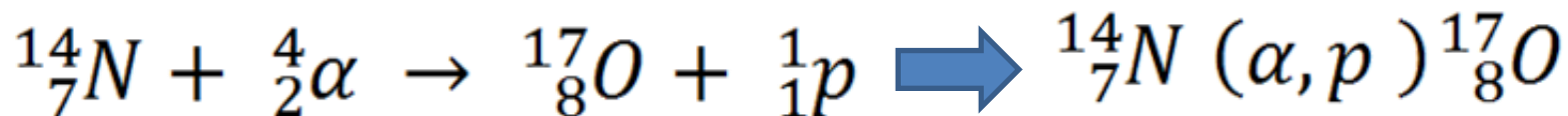
Duas características:

- 1.-Conservan-se índices e supraíndices.
- 2.-Non se conserva a masa,

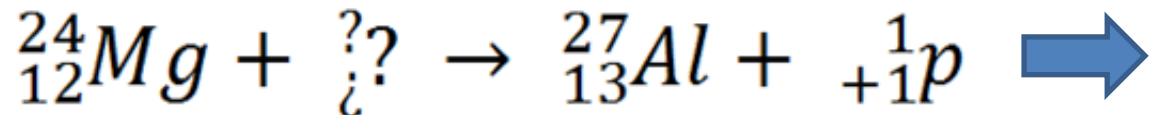
$$\Delta m = m_{\text{Reactivos}} - m_{\text{Productos}} \text{ e ademais : } E = \Delta m \cdot c^2$$

# Reacciones nucleares

- Unha reacción pode expresarse de forma resumida. Por exemplo, a anterior pódese escribir:



- Completa a seguinte reacción e expresa-a de xeito contraído:



# Lei da desintegración radioativa

- Cada elemento radiativo ten o seu propio ritmo de emisión de radiación.
- Ese ritmo característico ven determinado pola **constante radiactiva,  $\lambda$** .
- Defíne-se como a probabilidade de descomposición dun núcleo, por unidade de tempo.
- Mídese en unidades tempo<sup>-1</sup>, por exemplo, ano<sup>-1</sup>, s<sup>-1</sup>, min<sup>-1</sup>.....
- Si  $\lambda = 10^{-3}$  ano<sup>-1</sup> debemos entender que existe a probabilidade de que se descompoña 1 núcleo de cada 1000 en 1 ano.
- E si  $\lambda = 0,005$  s<sup>-1</sup> ?

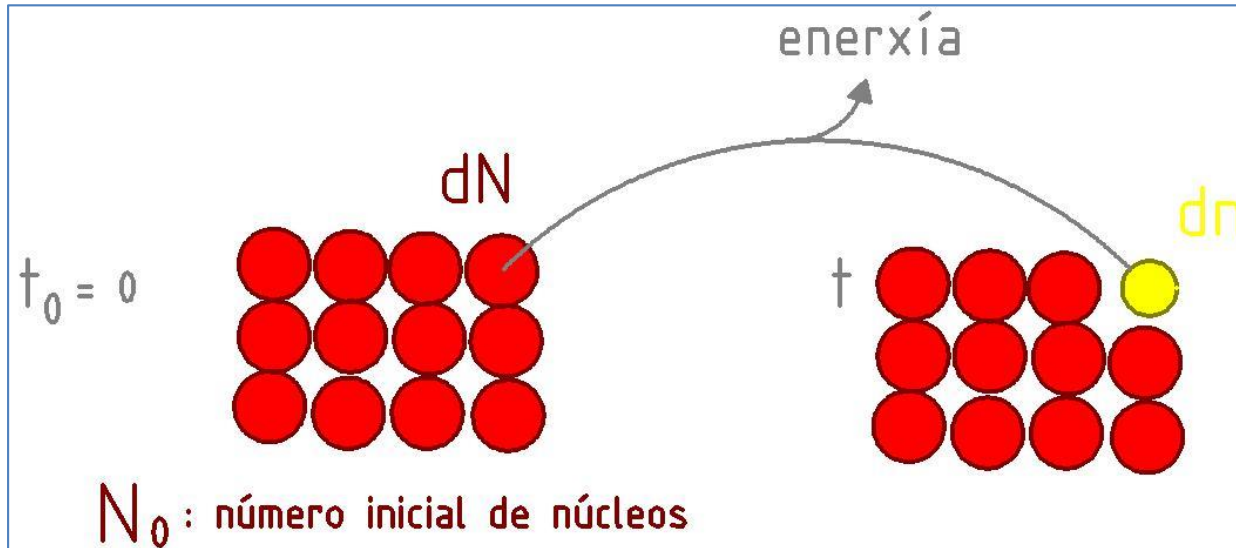
# Lei da desintegración radioativa

- **Atividade (A)** é o número de núcleos desintegrados por unidade de tempo.
- Si por exemplo temos unha mostra radiativa de certo núclido con  $N$  núcleos nun tempo  $t$ , e de constante  $\lambda$ , resulta evidente que a súa actividade nese tempo  $t$ , será:

$$A_{(t)} = \lambda \cdot N_{(t)} \quad (1)$$

- A actividade míde-se en Bq (*becquerel*) equivalente a 1 desintegración por segundo.
- Tamén é de uso común o *rutherford* ( $10^6$  desinteg./s) ou o *curio* ( Ci :  $3,7 \cdot 10^{10}$  desint./s)

# Lei da desintegración radioativa



Na figura está-se a producir a desintegración do elemento vermello, dando lugar ao amarelo

A **atividade** do elemento vermello é igual ao ritmo de aparición do amarelo, e é igual ao ritmo de desaparición do vermello. Podemos expresa-lo así:

$$A_{(t)} = \frac{dn}{dt} = -\frac{dN}{dt} \quad (2)$$

# Lei da desintegração radioativa

- Combinamos (1) e (2) :

$$A_{(t)} = \lambda \cdot N_{(t)}$$

$$A_{(t)} = -\frac{dN}{dt}$$

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N_{(t)}$$

$$dN = -\lambda \cdot N_{(t)} \cdot dt$$

- Só resta agora integrar e obtemos:

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda \cdot t$$



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



# Lei da desintegración radioativa

- Hai unha evidente relación entre actividade e número de núcleos. Vimos que:

$$A = \lambda \cdot N, \text{ e } N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

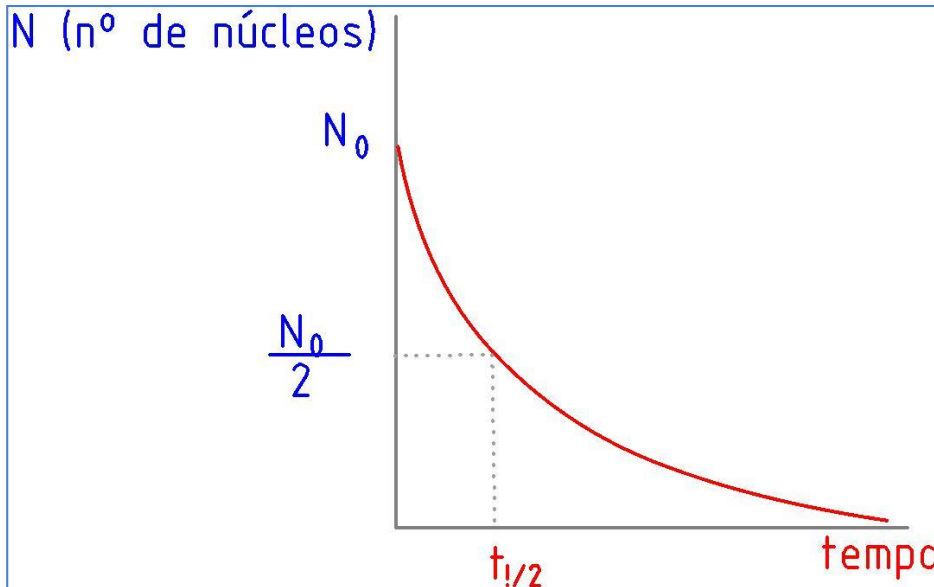
E combinando-as:  $A = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

Resulta enton que podemos definir a actividade inicial da mostra como:  $A_0 = \lambda \cdot N_0$

E, en consecuencia:

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

# Lei da desintegración radioativa



## Período de semidesintegración

É o tempo necesario para que o número de núcleos inicial se reduza á metade.

$$N = \frac{N_0}{2} \rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}$$

E operando resulta:

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

## Vida media

É o tempo de vida promedio de todos os núcleos presentes.

É a esperanza de vida futura que ten calquera núcleo sen se desintegrar.

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