

Desintegración radiactiva

La radiactividad natural fue descubierta por H. Becquerel en 1896.



"In recognition of the extraordinary services he has rendered by his discovery of spontaneous radioactivity"

PN 1903

Rutherford establece la existencia de dos tipos de radiaciones(α y β) en 1897.

PN 1908

Paul Villard descubre los rayos γ en 1900.

Los Curie trabajaron con un mineral (pitchblenda) que contenía Uranio además de Bi, Ba y Pb.



PN 1903

Marie Sklodowska

Predicen la existencia del Ra y el Po

"In recognition of the extraordinary services they have rendered by their joint researches on the radiation phenomena discovered by Professor Henri Becquerel"



PN 1903

PN 1911

Elster y Geitel determinan la ley de desintegración radiactiva en 1899.

Soddy

PN 1921

Egon von Schweidler deduce la ley haciendo consideraciones probabilísticas.

Desintegración radiactiva

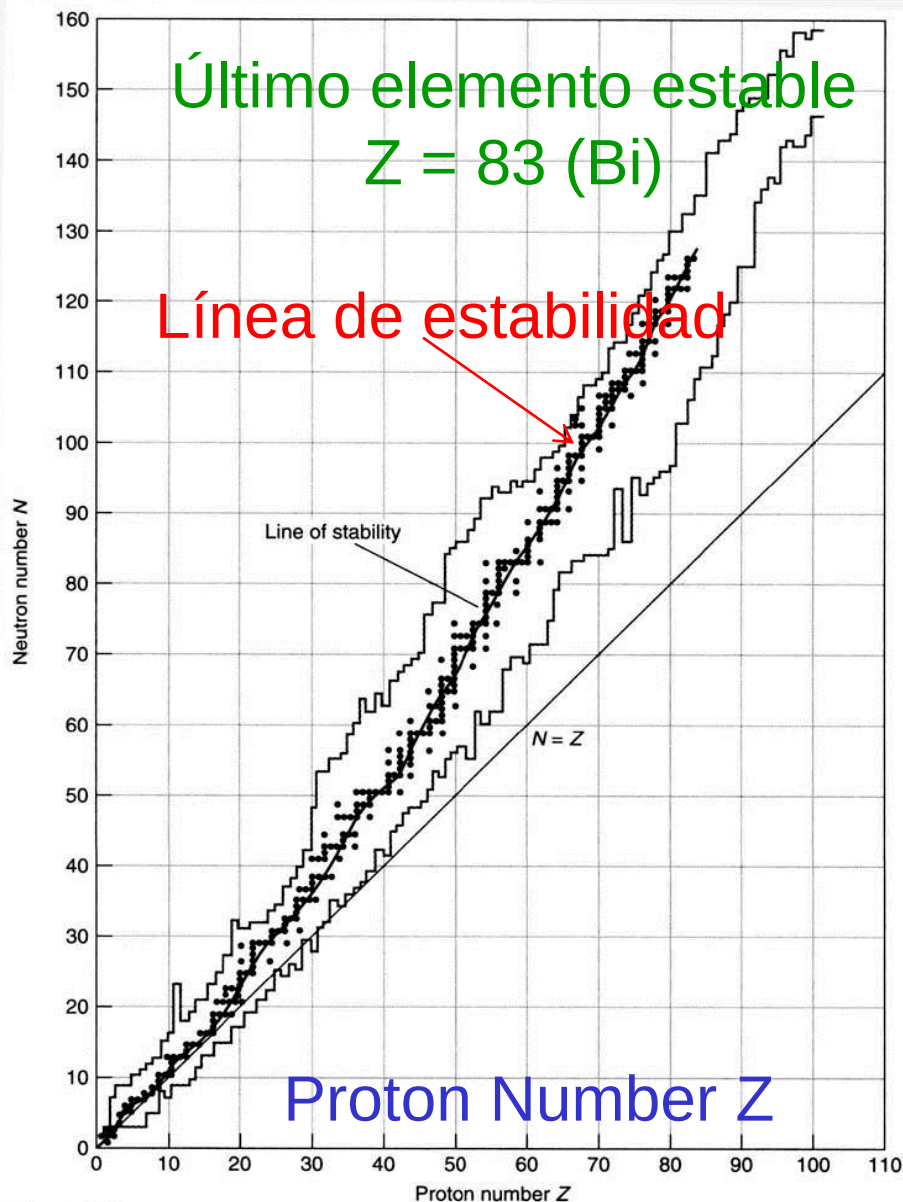
3000 nucleídos conocidos,
sólo 266 estables!

Elementos con $Z > 83$: todos
inestables

Tendencia inicial de $N \approx Z$,
pero $N > Z$ para Z mayores Z
(repulsión protónica)

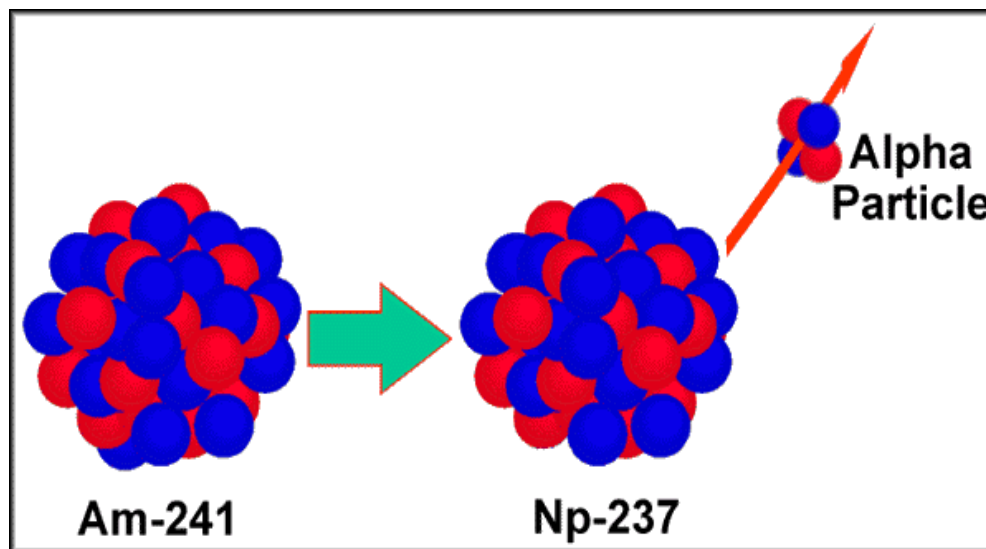
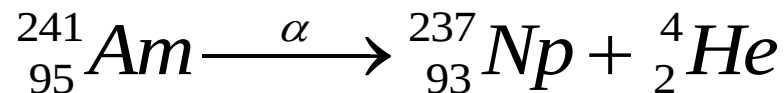
Estabilidad inusual para
ciertos “números mágicos”
 $Z, N = 2, 8, 20, 28, 50, 82,$
 126 (capas electrónicas!!)

Neutron Number N



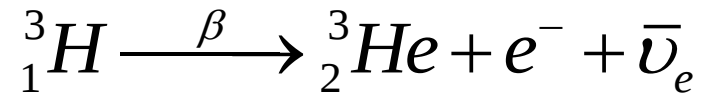
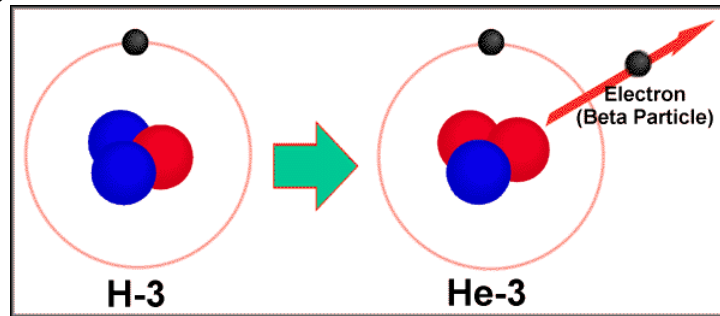
Desintegración radiactiva

desintegración α



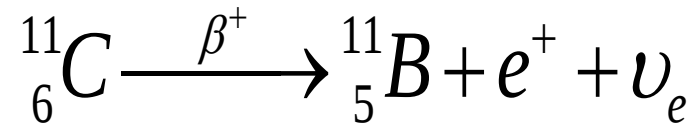
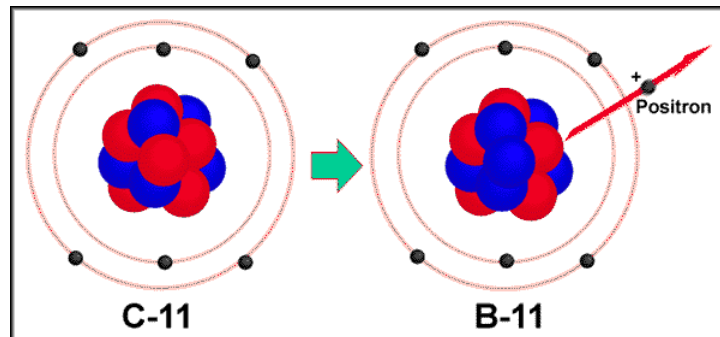
$$E_{\alpha} \sim 2-10 \text{ MeV}$$

Desintegración tipo β

1) β^- 

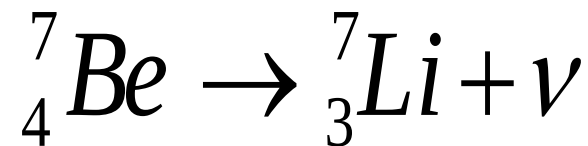
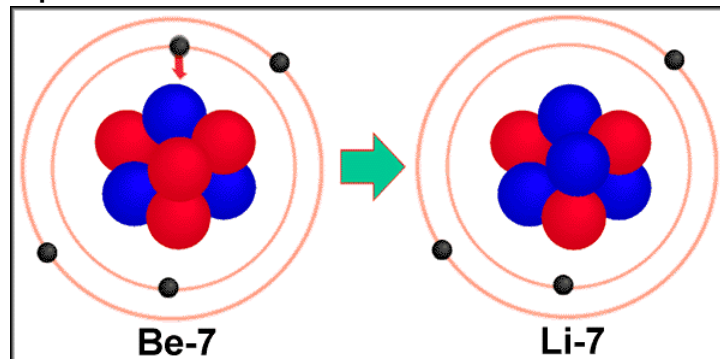
$$(n \rightarrow p + e^- + \nu)$$

$$E_e \sim 1-10 \text{ MeV}$$

2) β^+ 

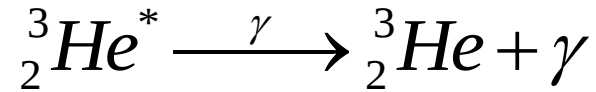
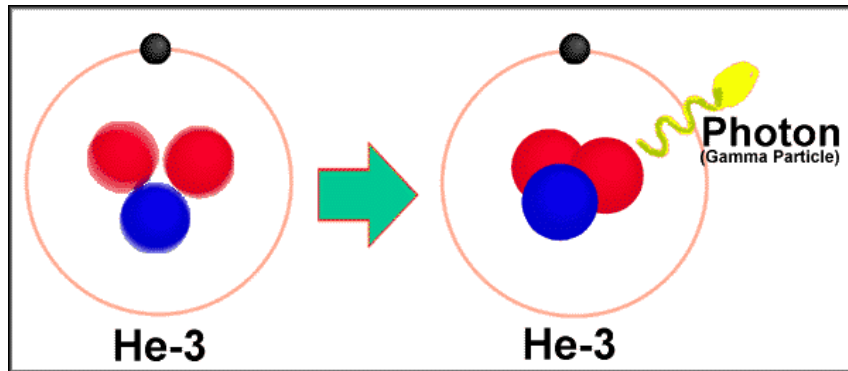
$$(p \rightarrow n + e^+ + \nu) \rightarrow 2 \text{ rad } \gamma \text{ de } 511 \text{ keV} \{mc^2 = E\}$$

3) Captura Electrónica



$$(p + e^- \rightarrow n + \nu) \rightarrow \text{rad X}$$

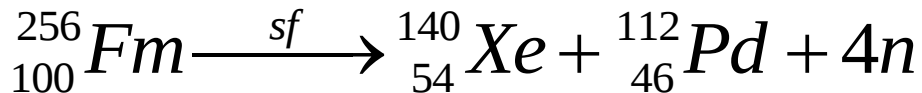
Desexcitación γ



Usualmente ocurre en conjunción con algún mecanismo de desintegración.

$$E_{\gamma} \sim 1\text{keV}-5\text{MeV}$$

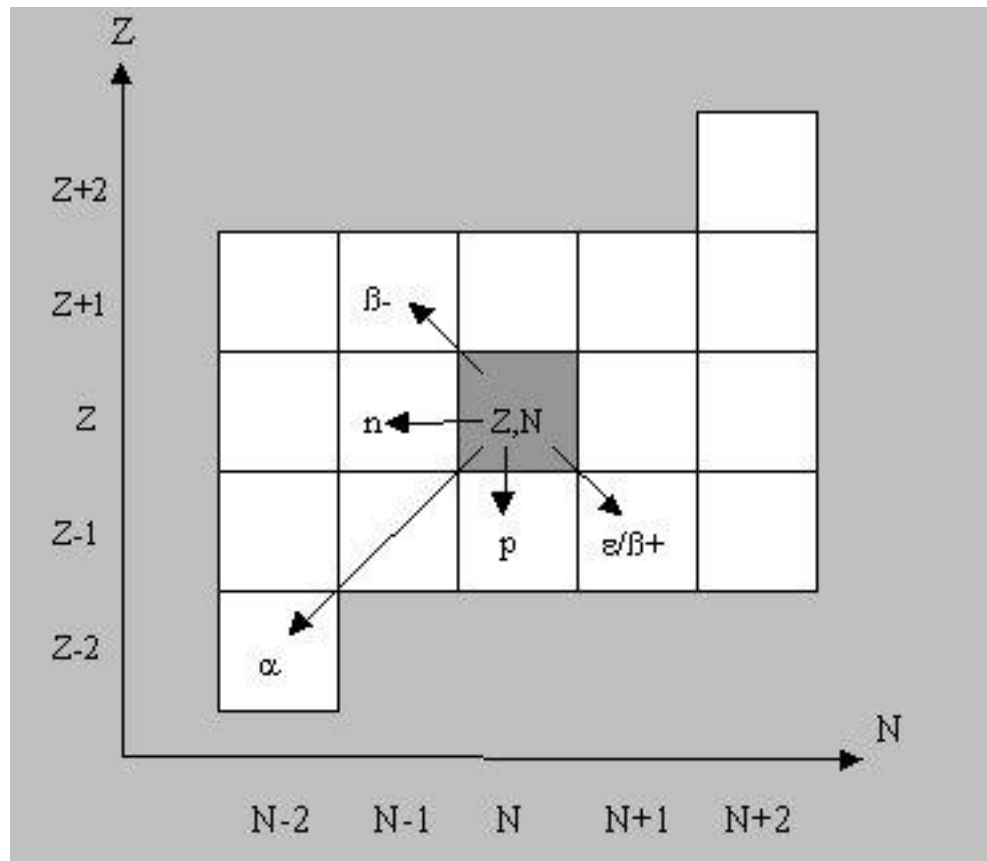
Fisión Espontánea



Algunos núcleos pesados se dividen en dos más livianos y varios neutrones.

Tipos de desintegración radioactiva

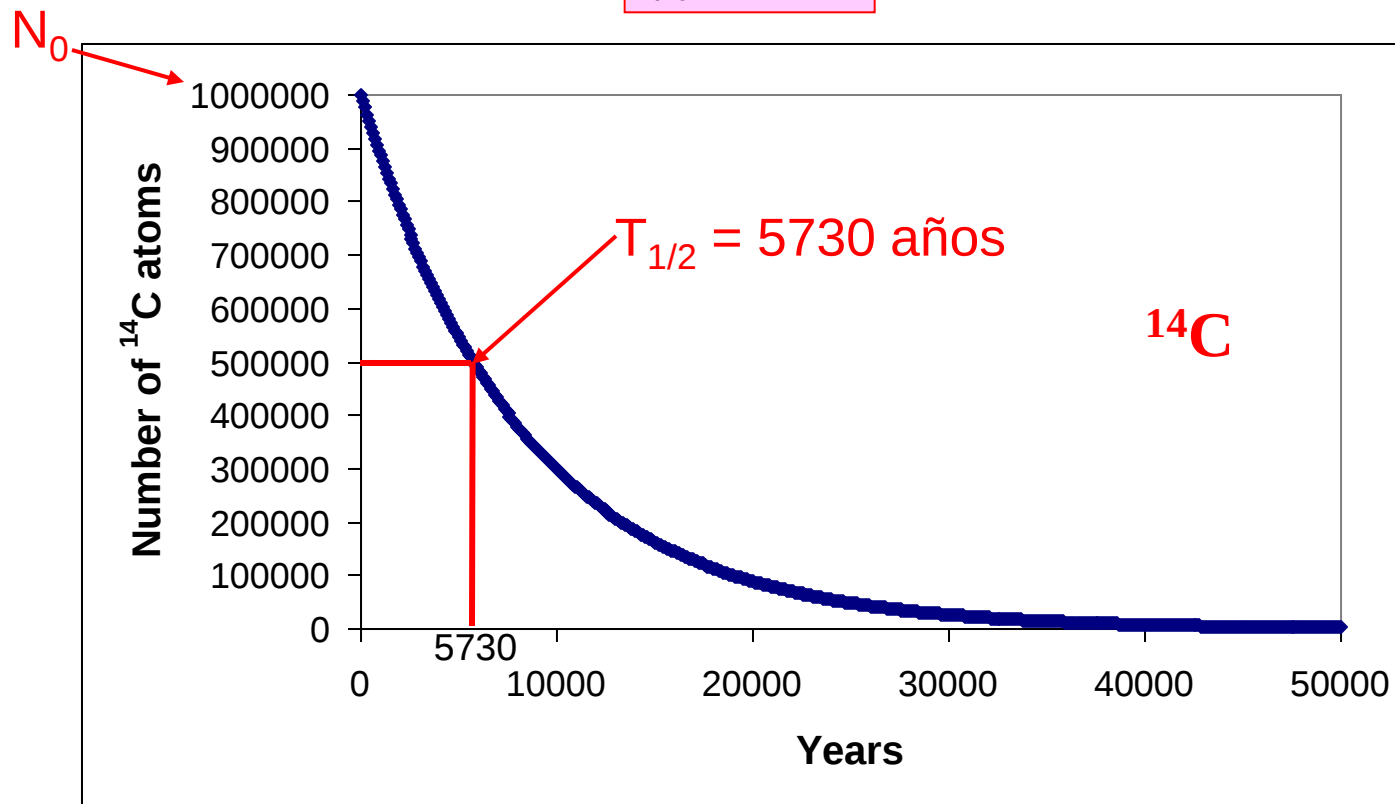
- 1) desintegración (α) – se emite un núcleo de ${}^4\text{He}$ ($2p + 2n$)
- 2) desintegración (β) – cambia la carga nuclear, se conserva la masa (isóbaros)
- 3) desexcitación (γ) – se emite un fotón, sin cambios de A y Z
- 4) Fisión espontánea (para $Z \geq 92$), se generan dos núcleos más pequeños



Desintegración radiactiva

- Un núcleo radiactivo **p** ("parent") decae a otro núcleo **d** ("daughter")
- La probabilidad de que un núcleo se desintegre en la unidad de tiempo es λ (s^{-1})
- La constante de desintegración no depende del tiempo transcurrido

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



Desintegración radiactiva

$$\lambda dt = -\frac{dN}{N} \quad \int_{N_0}^{N(t)} \frac{dN(t)}{N} = -\int_0^t \lambda dt \quad \rightarrow \quad N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (N(0) \equiv N_0)$$

$$\text{Actividad } A(t) \equiv -\frac{dN}{dt} = \lambda N \quad A(t) = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t}$$

Cuando $N = N_0/2 \rightarrow t = T_{1/2} \equiv$ **período (period o half life)** $= \ln 2/\lambda$

$$N_0 \xrightarrow{t_{1/2}} N_0 / 2 \xrightarrow{t_{1/2}} N_0 / 4 \xrightarrow{t_{1/2}} N_0 / 8$$

$\tau \equiv$ **tiempo medio de vida de los átomos (mean life)** = tiempo más probable de desintegración de un átomo (= tiempo en que el número de átomos se reduce a $1/e$)

$$\tau = \frac{1}{N_0} \int_0^{\infty} t \lambda N(t) dt = \frac{1}{N_0} \int_0^{\infty} t \lambda N_0 e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda}$$

Resumiendo: los isótopos radiactivos decaen (se transforman) con el tiempo según su

Constante de desintegración (λ) = Probabilidad de desintegración por unidad de tiempo. Ésta es inversamente proporcional al

Tiempo medio de vida τ ($= 1/\lambda$) o tiempo necesario para que la población se reduzca a $1/e$.

$T_{1/2}$ = Período = $\ln 2 / \lambda = \tau \ln 2$ es el tiempo requerido para que la población se reduzca a la mitad.

El **^{210}Po** se desintegra por emisión α con un período de 138 días según:

$^{210}\text{Po} \longrightarrow ^{206}\text{Pb} + ^4\text{He}$. Después de 138 días 1g de $^{210}\text{Po} \Rightarrow 0.5$ g.

El período de un estado nuclear (es el dato que figura en la Tabla de nucleídos) es constante, no afectado por temperatura, presión o composición química y puede ser tan corto como 4.0×10^{-22} s (^7B) o tan largo como 1.4×10^{17} años (^{50}V).

Unidades de actividad

1 Bq (Bequerel) = 1 desint/s

1 Ci (Curie) = 3.7×10^{10} desint/s

Las fuentes que usamos en el laboratorio son del orden del μCi (o mCi).

Datación con ^{14}C

La desintegración β^- del ^{14}C es usada para datar muestras orgánicas



Los rayos cósmicos interactúan con la atmósfera creando átomos de ^{14}C que conducen a que en CO_2 la relación $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ sea:

$^{14}\text{C} / ^{12}\text{C} = 1.2 \times 10^{-12}$ en los organismos vivos

Al morir, ^{14}C no es más absorbido y la relación $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ decrece en el tiempo con el período del ^{14}C , de 5730 años

La edad del material se calcula midiendo la actividad de ^{14}C por unidad de masa (entre 1000 y 25000 años)

