

# Radiactividad: Emisiones Nucleares

Laura C. Damonte

2014

Dos problemas principales:

- Las fuerzas que mantienen unido al núcleo
- La descripción de un sistema de muchas partículas



**MODELOS**

## ➤ Propiedades estáticas:

- carga
- tamaño
- masa
- momento angular
- momento dipolar magnético
- momento cuadrupolar eléctrico
- spin
- paridad
- estadística

## ➤ Propiedades dinámicas:

- decaimiento alpha, beta y reacciones nucleares.

# *Propiedades dinámicas*

# Fuentes radioactivas

- Procesos nucleares:

**Radioactividad**

Desintegración espontánea

**Reacciones nucleares**

Interacción con otra partícula o núcleo

**Emisión de radiación**

**electromagnética**

**rayos X y rayos  $\gamma$**

**corpúscular**

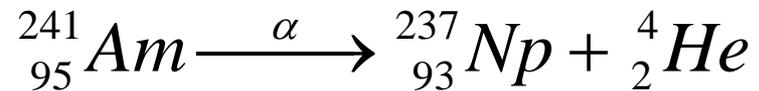
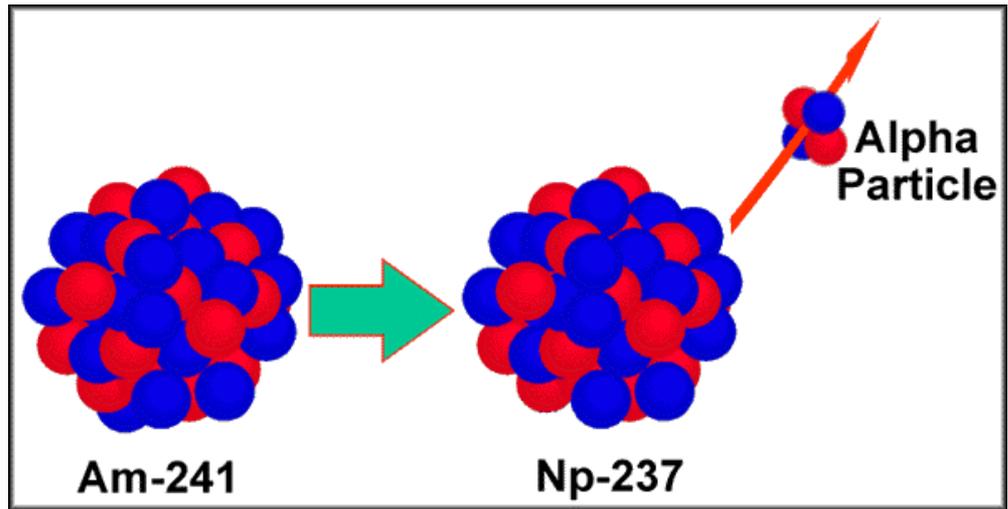
**Partículas  $\alpha$ ,  $\beta$**

# Desintegración alpha



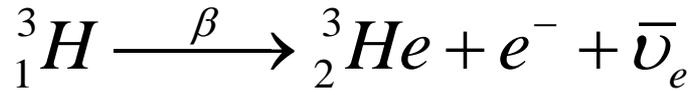
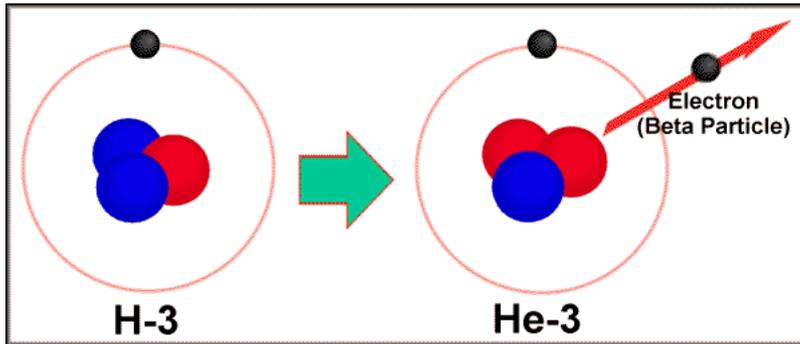
$$E_{\alpha} \sim 2-10 \text{ MeV}$$

- ✓ Núcleos pesados
- ✓ Espectro de energía monoenergético
- ✓ Mayoría al estado fundamental de la hija.
- ✓ Alta tasa de pérdida de energía en medios materiales.
- ✓ Rango en aire de pocos centímetros.

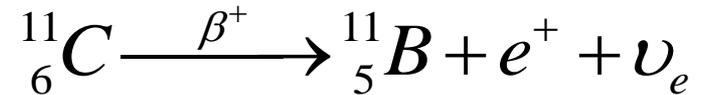
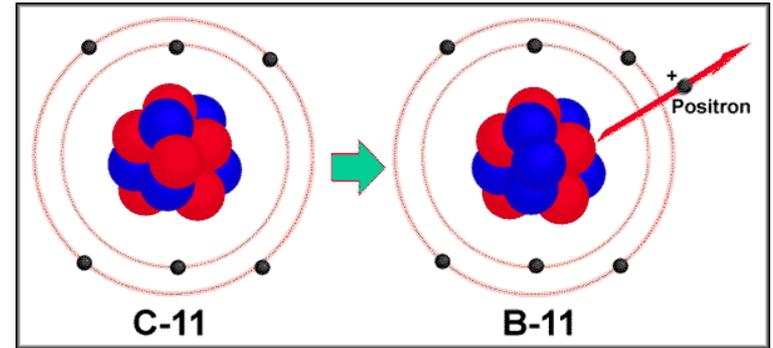


Isótopo	Vida media	Energía (MeV)	Branching (%)
${}^{241}\text{Am}$	433 años	5,486, 5,443	85; 12,8
${}^{210}\text{Po}$	138 días	5,305	100
${}^{242}\text{Cm}$	163 días	6,113, 6,070	74; 26

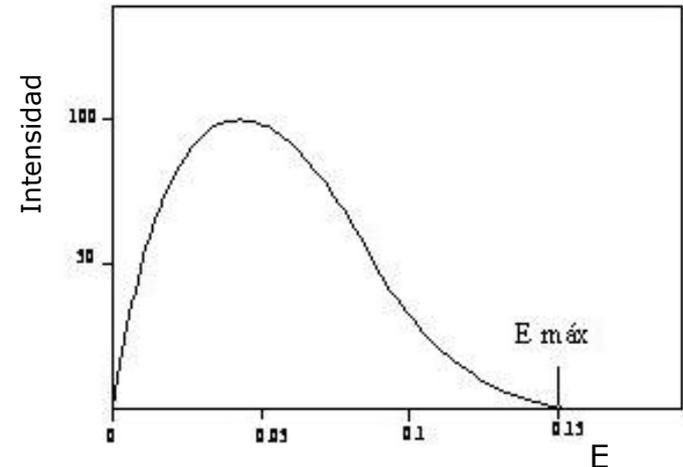
# Desintegración beta



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



- ✓ Núcleos con exceso de nucleones
- ✓ Espectro continuo de energía.
- ✓ Mayoría el núcleo hijo queda en un nivel excitado  $\longrightarrow$  desexcitación  $\gamma$
- ✓ Rango en aire de pocos centímetros.
- ✓ Emisores beta puros son escasos.



# Pasaje de partículas cargadas en una cámara de niebla

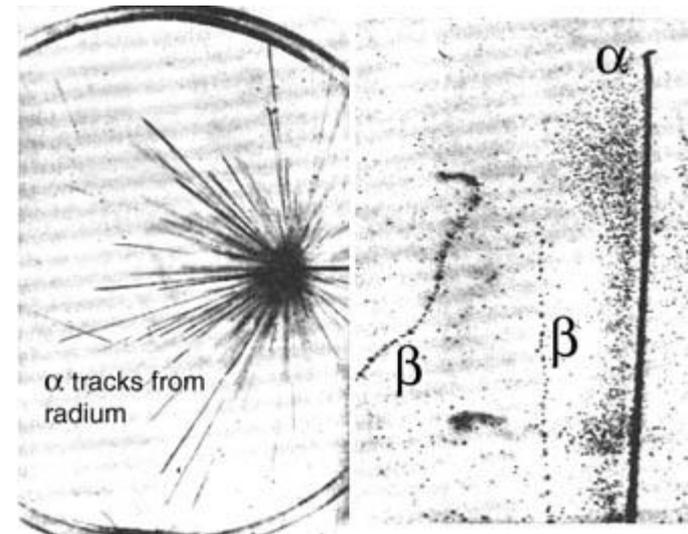


Trayectoria de partículas alfa.

- ✓ Traza rectilínea
- ✓ Produce entre 3000-7000 pares de iones.
- ✓ Frenada por una hoja de papel.

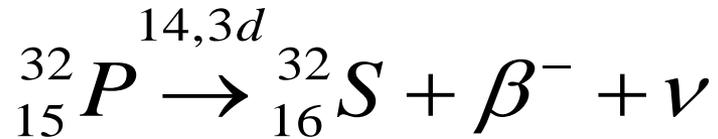
Trayectoria de partículas beta

- ✓ Traza mas irregular, el e- es deflectado fácilmente.
- ✓ Produce 6 a 20 pares de iones.

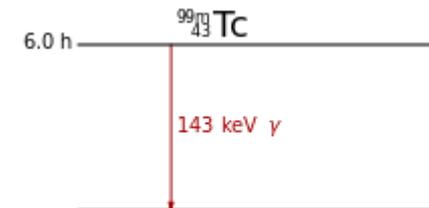
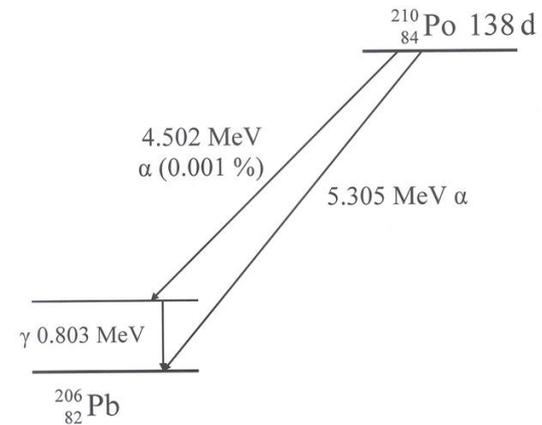
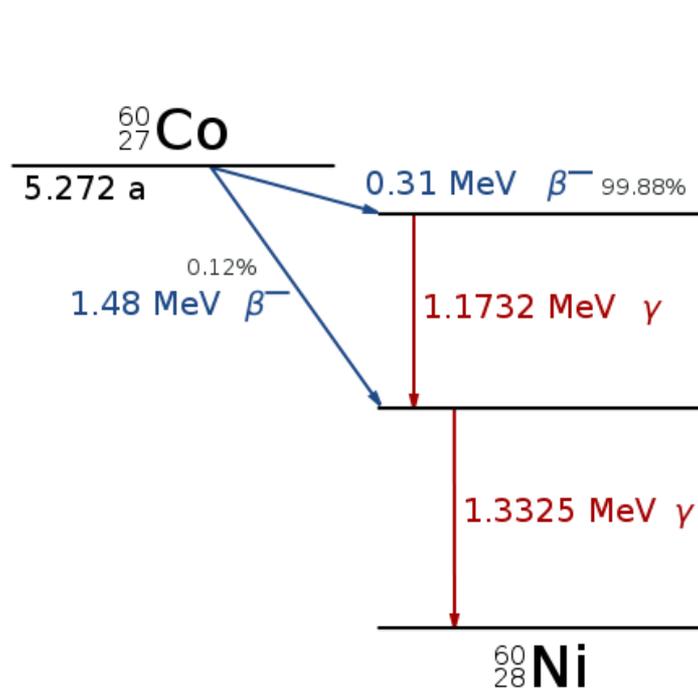


# ¿Cual es el interés para un físico médico?

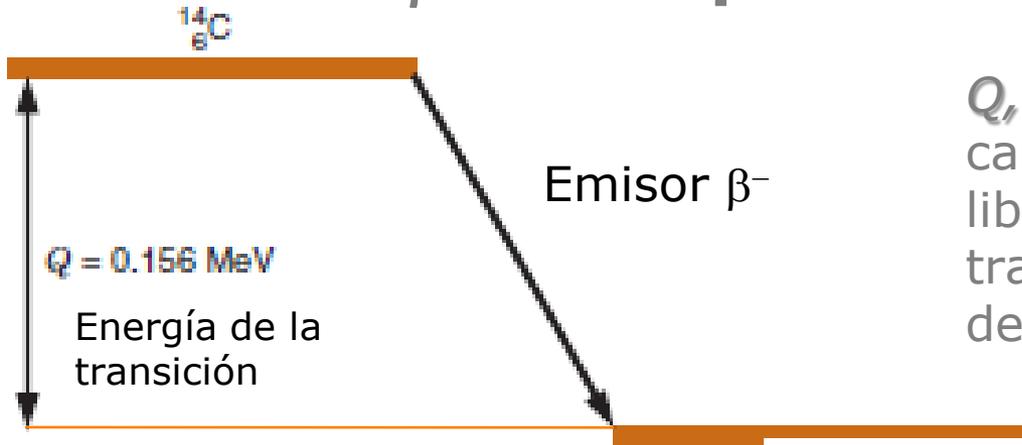
Energía media es la cantidad de interés. Es aprox. 1/3 de  $E_{\max}$



$$E_{\max} = 1,71 \text{ MeV}$$

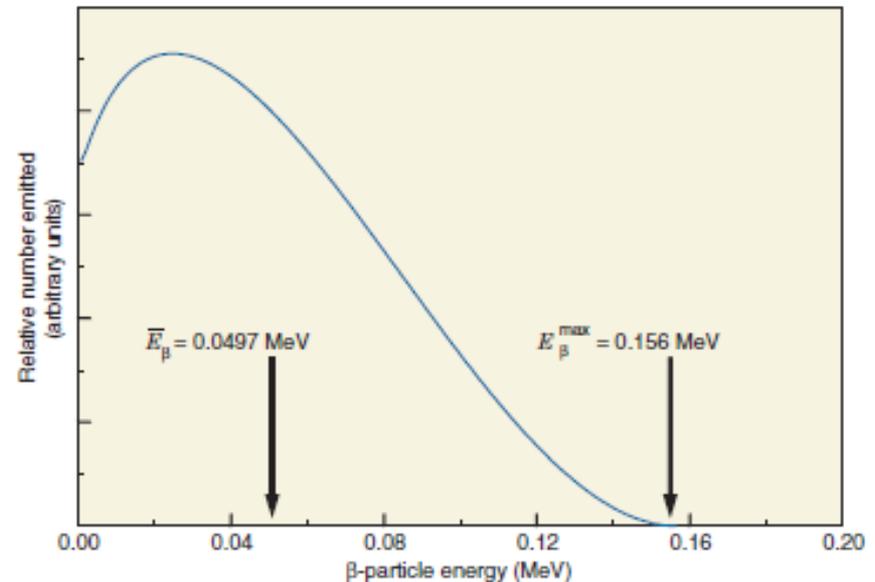


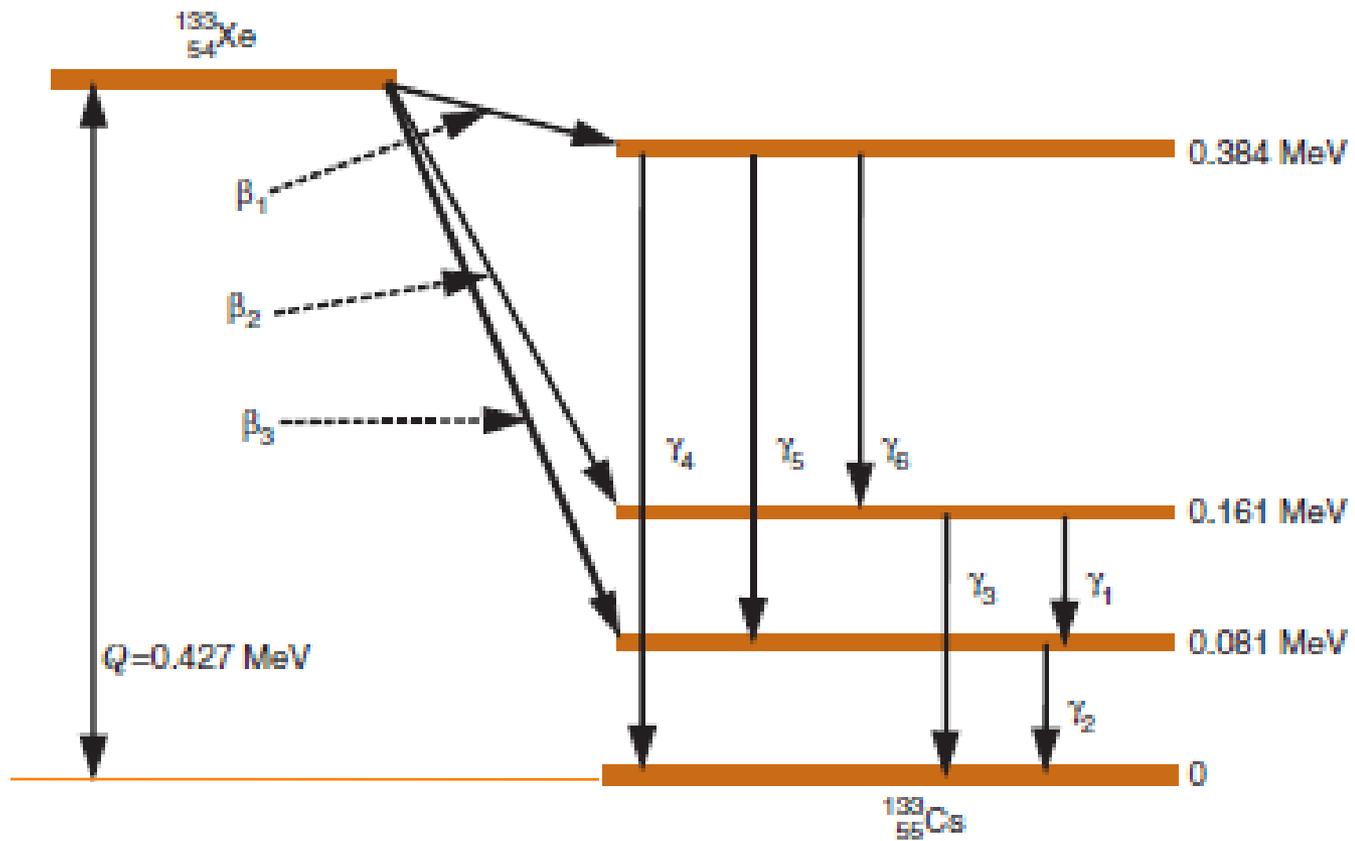
# Esquemas de desintegración



$Q$ , es proporcional a la cantidad total de energía liberada, es la energía de transición en el proceso de decaimiento.

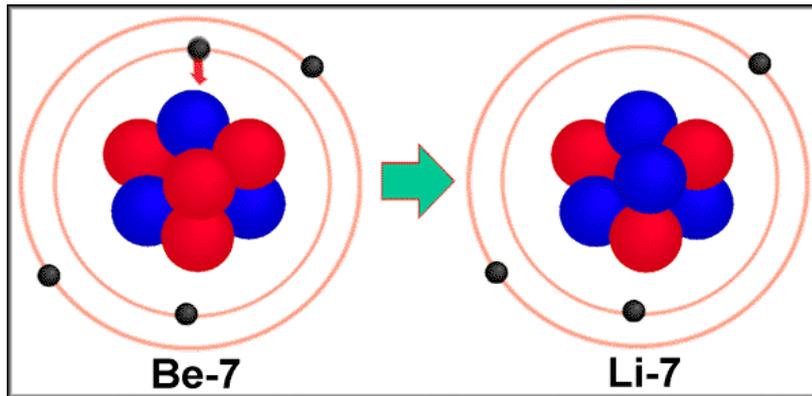
La energía promedio,  $E_{\beta,aver}$  varía de un nucleido a otro, pero tiene un valor característico,  $\sim 1/3$  de  $E_{max}$





# Captura electrónica (CE)

Compite con  $\beta^+$



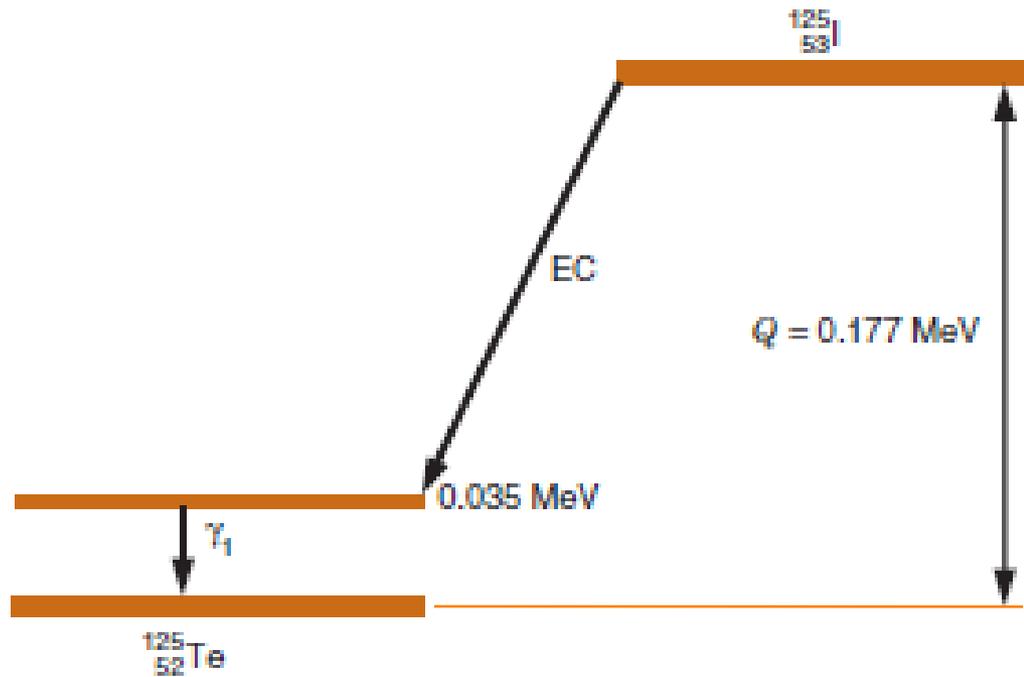
✓ Captura de un electrón de orbitales atómicos.

✓ Emisión de rayos X o electrones Auger.

✓ La reacción equivalente,



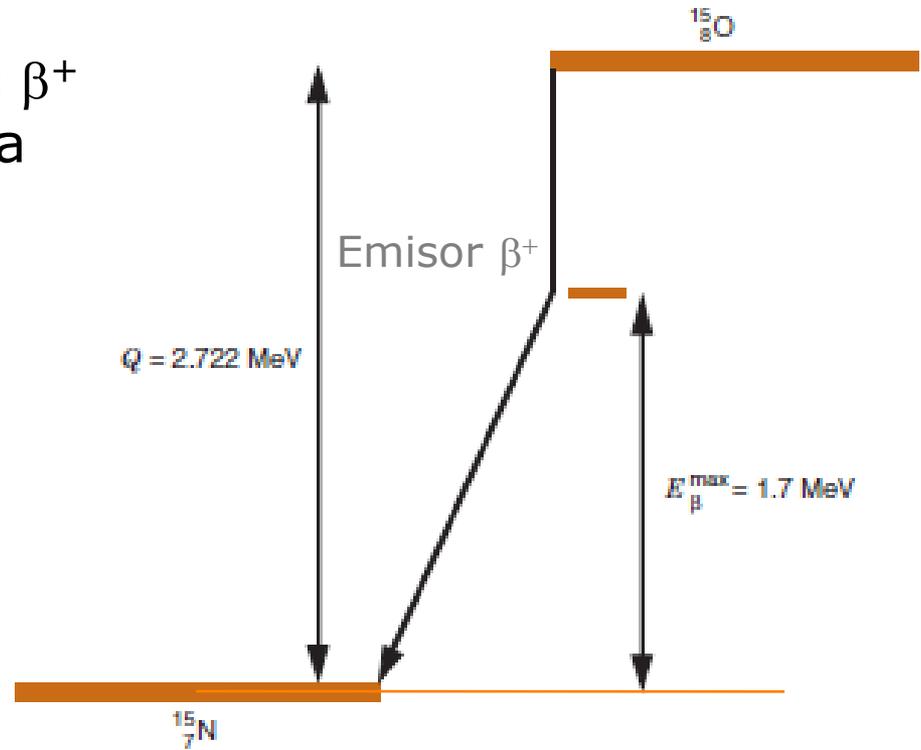
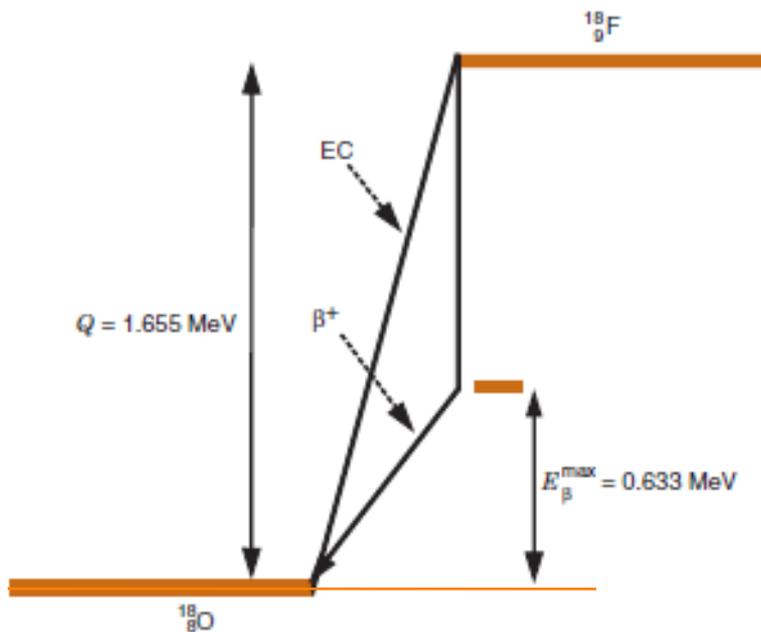
captura de un positrón no se observa dada la imposibilidad de producir densidad de positrones en el núcleo.



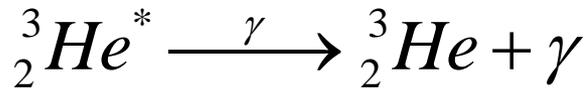
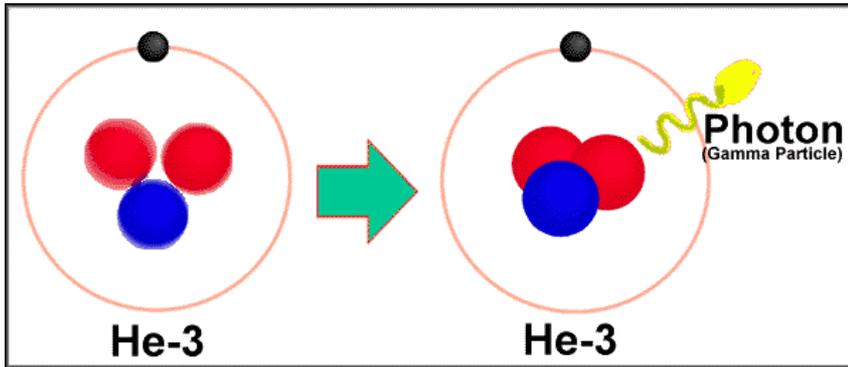
✓ Radionucleidos que tienen CE y CE,  $\gamma$  de importancia en medicina son  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{111}\text{In}$ ,  $^{123}\text{I}$ ,  $^{125}\text{I}$  y  $^{201}\text{Tl}$ .



✓ Radionucleidos emisores  $\beta^+$  de importancia en medicina son  $^{13}\text{Ni}$ ,  $^{16}\text{O}$ ,  $^{18}\text{F}$ ,  $^{11}\text{C}$ .



# Desexcitación $\gamma$

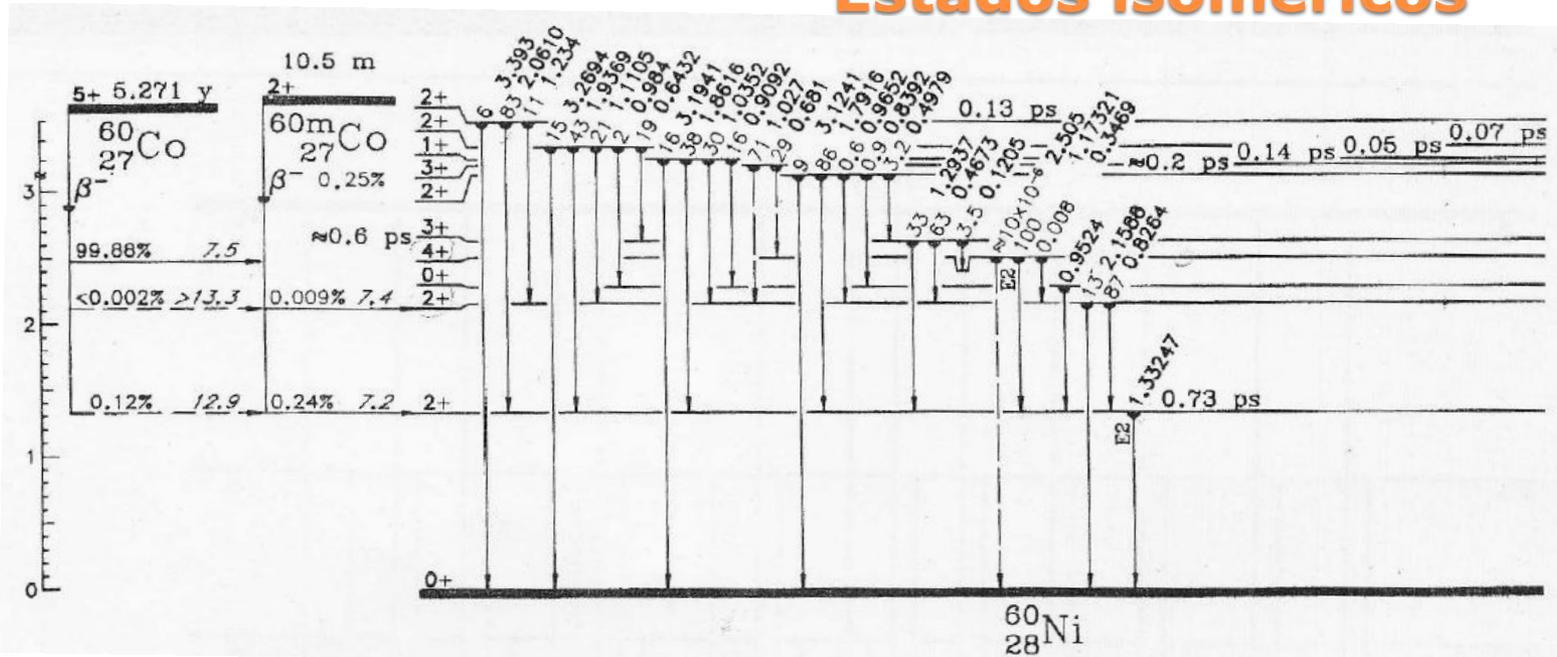


✓ Estructura discreta de niveles de energía nucleares.

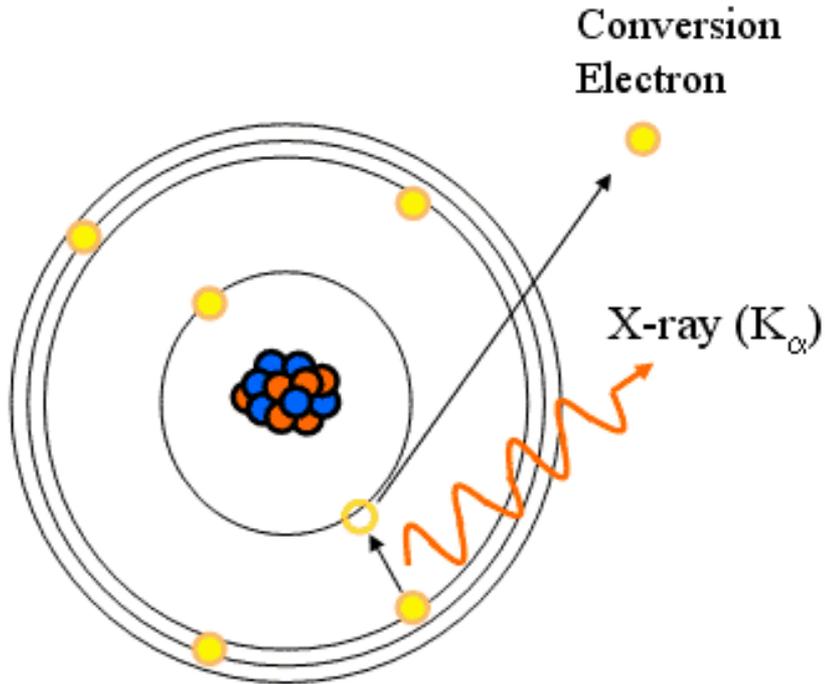
✓ Ocorre en conjunción con algún mecanismo de desintegración

$E \sim 1\text{keV}-5\text{MeV}$

## Estados isoméricos



# Conversión interna (IC)



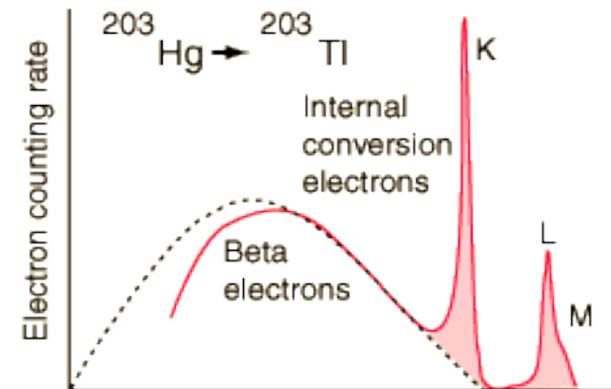
✓ El exceso de energía de un núcleo excitado es transferido a un electrón atómico.

✓ Emisión de rayos X o electrones Auger.

✓ Electrones monoenergéticos

$E \sim 1\text{keV}-5\text{MeV}$

Fuente	Energía (keV)
$^{207}\text{Bi}$	408; 967; 1047
$^{137}\text{Cs}$	624
$^{113}\text{Sn}$	365
$^{133}\text{Ba}$	266; 319

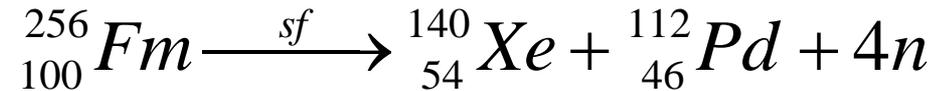


## Fuentes de neutrones

- ✓ Producción artificial de fuentes emisoras de neutrones.
- ✓ Fuentes naturales de neutrones para uso de laboratorio no existen.

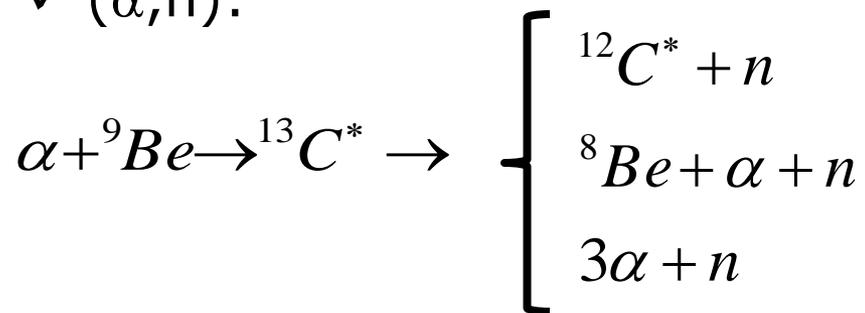
## Fisión espontánea

- ✓ Núcleos pesados se dividen en dos núcleos más livianos y varios neutrones.

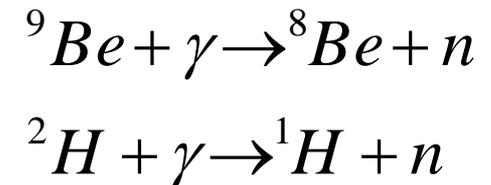


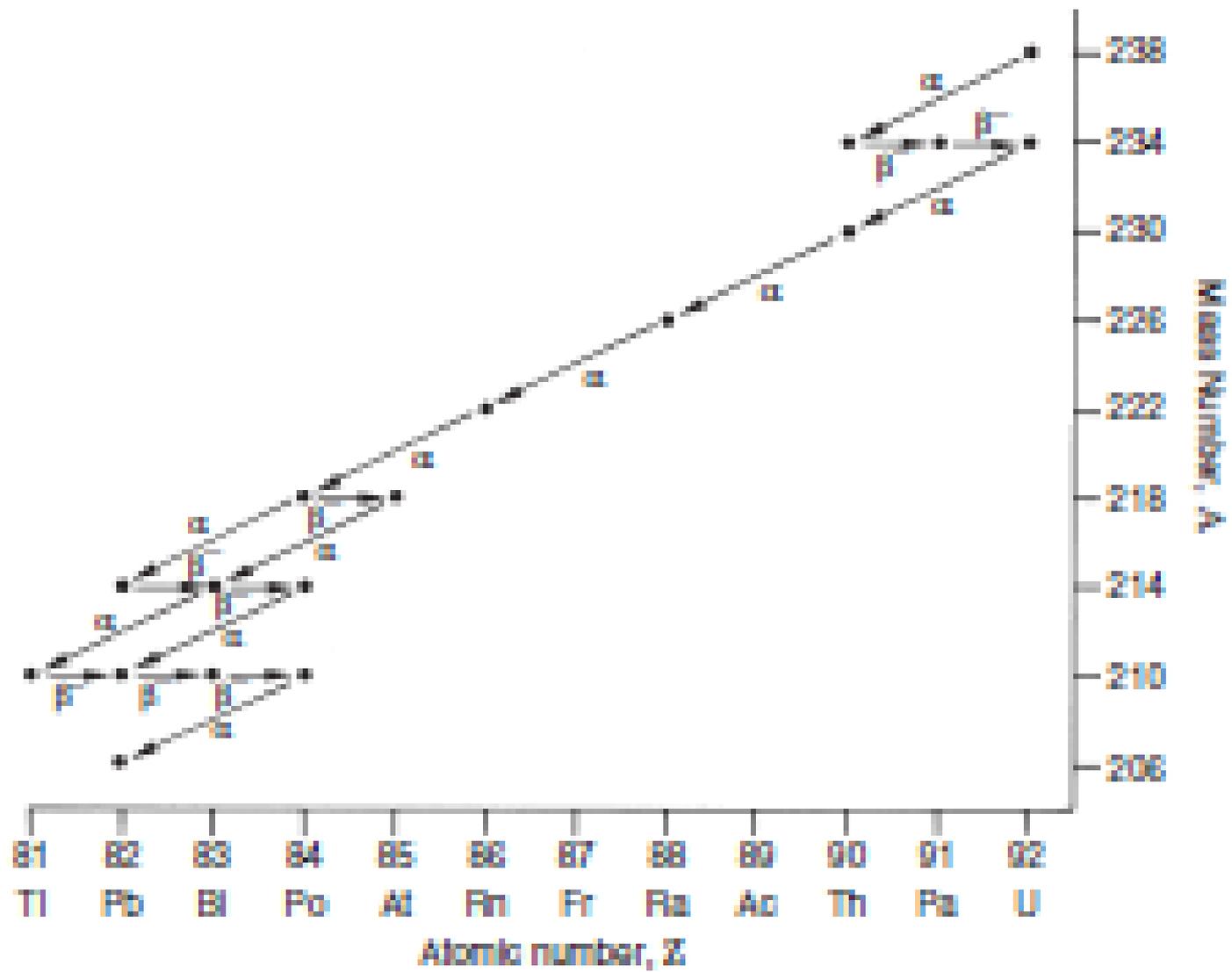
## Reacciones nucleares

✓ ( $\alpha, n$ ):



✓ ( $\gamma, n$ ):





# Características de las radiaciones nucleares

Tipo	Origen	Proceso	Carga	Masa (MeV)	Espectro energía
Partícula $\alpha$	Nuclear	Decaim.o reacción nucl.	+2	3727.33	Discreto (MeV)
Rayos $\beta^-$	Nuclear	Decaim.nuclear	-1	0.511	Continuo(keV-Mev)
Rayos $\beta^+$	Nuclear	Decaim.nuclear	+1	0.511	Continuo(keV-Mev)
Rayos $\gamma$	Núcleo	Desexc.nuclear	0	0	Discreto (keV-MeV)
Rayos X	Electrónico	Desexc.atómica	0	0	Discreto (eV-KeV)
$e^-$ Conv.Int.	Electrónico	Desexc.nuclear	-1	0.511	Discreto (alto keV)
$e^-$ Auger.	Electrónico	Desexc.atómica	-1	0.511	Discreto (eV- keV)
Neutrones.	Núcleo	Reacción nuclear	0	939.57	Cont.o Discreto (keV-MeV)
Frag.fisión	Núcleo	Fisión	20	80-160	Continuo (30-150MeV)

