

Radiactividad: Emisiones Nucleares

ENR - 2024

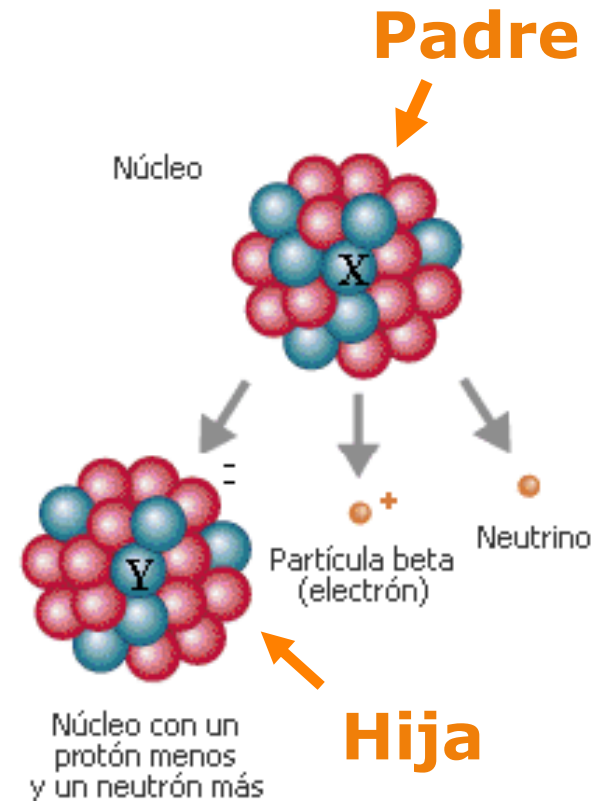
Profesora: Laura Damonte

JTP: Javier Martínez

¿Qué es la radiactividad?

Se denomina **radiactividad** al proceso de transformación **espontánea** de núcleos atómicos mediante la emisión de radiaciones.

Bajo ciertas circunstancias **los núcleos** pueden ser **inestables** y transformarse en otros mediante la **emisión de partículas y radiaciones**.



➤ 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 γ

corpúscular

Partículas α , β



Características generales

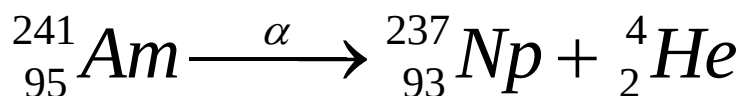
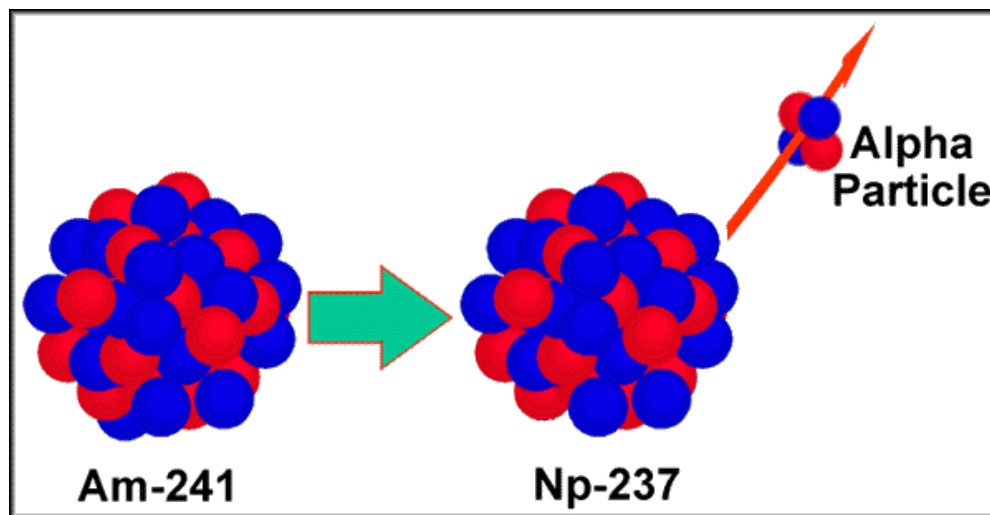
- ✓ El decaimiento radiactivo resulta en la conversión de masa en energía.
- ✓ La cantidad total de conversión masa-energía es la energía de transición Q , generalmente impartida como energía cinética de las partículas emitidas.
- ✓ Cada radionucleido tiene una serie de propiedades características:
 - ✓ el modo de decaimiento
 - ✓ tipo de emisión
 - ✓ energía de la transición
 - ✓ vida media del nucleido

Desintegración alpha



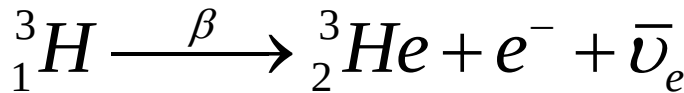
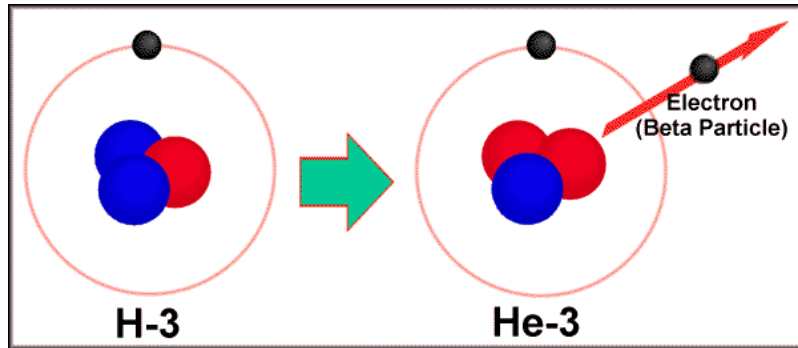
$$E_{\alpha} \sim 2-10 \text{ MeV}$$

- ✓ 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

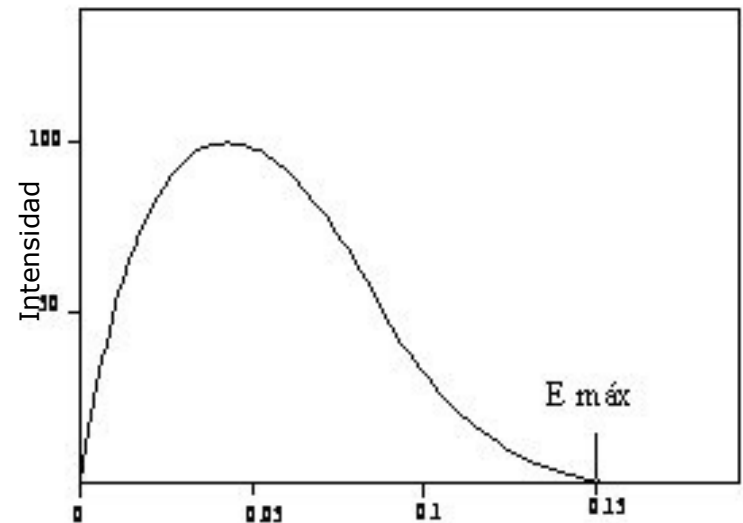
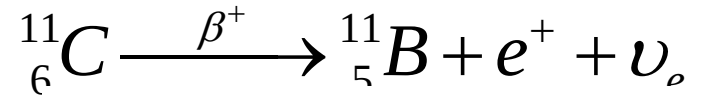
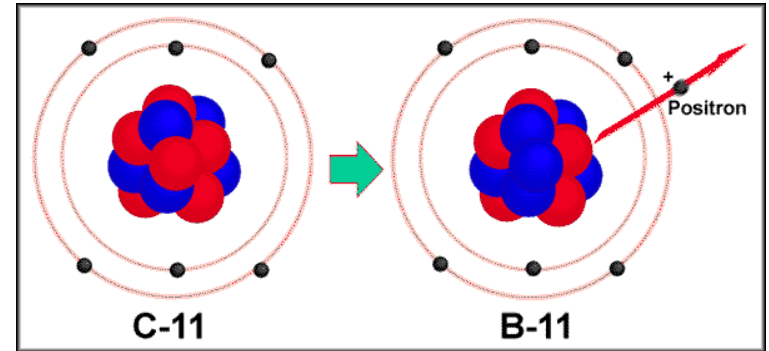


$E \sim 1-10 \text{ MeV}$

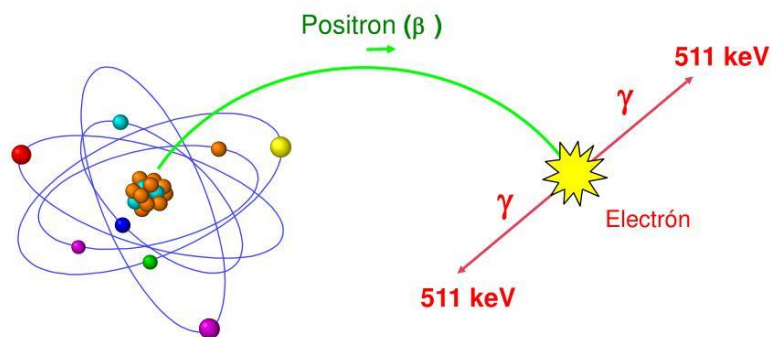
- ✓ Núcleos con exceso de nucleones
- ✓ Espectro continuo de energía.
- ✓ Mayoría el núcleo hija queda en un nivel excitado



desexcitación γ
- ✓ Rango en aire de pocos centímetros.
- ✓ Emisores beta puros son escasos.



Emisión de positrones



El positrón es la antipartícula del electrón.

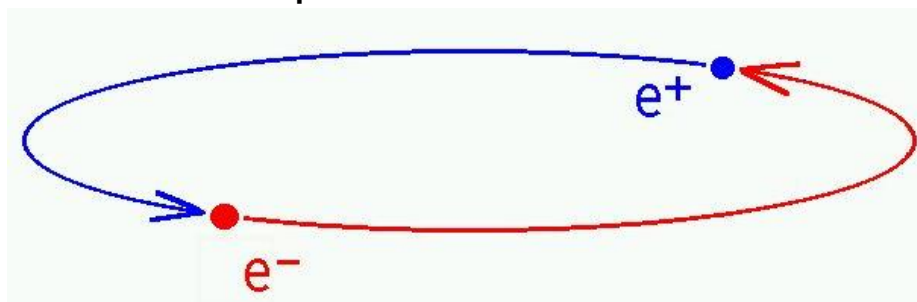
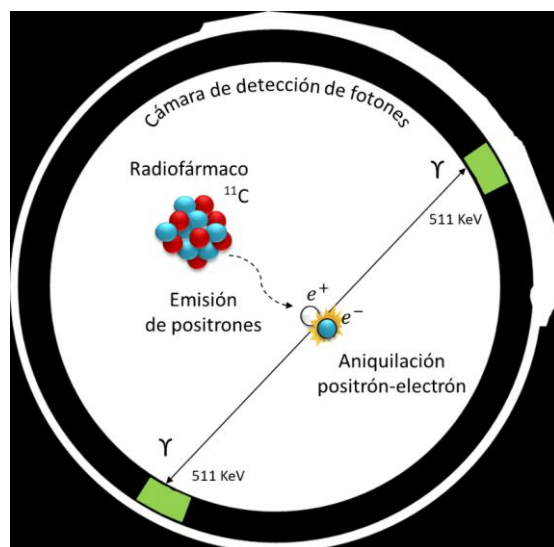
Luego de sufrir colisiones en el medio alcanza energías térmicas del orden de kT y se aniquila con un electrón.

Evento más probable: emisión de 2 γ de 511keV en direcciones opuestas (180°)

Positronio: estado ligado de tipo hidrogenoide.

Al cabo de aprox. 1-10ns el e^+ se aniquila con un e^- del medio.

Aplicación en PET



Pasaje de partículas cargadas en una cámara de niebla



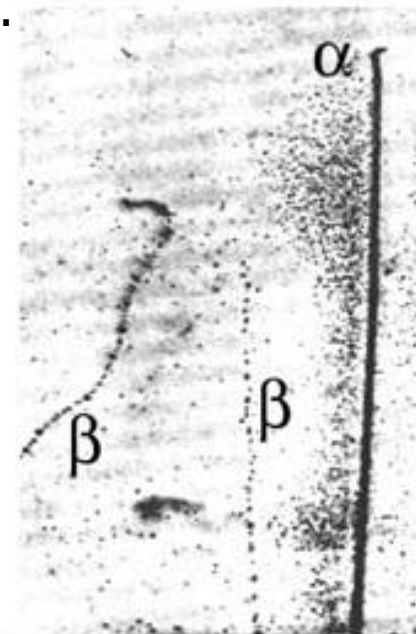
Trayectoria de partículas alfa.

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

Trayectoria de partículas beta

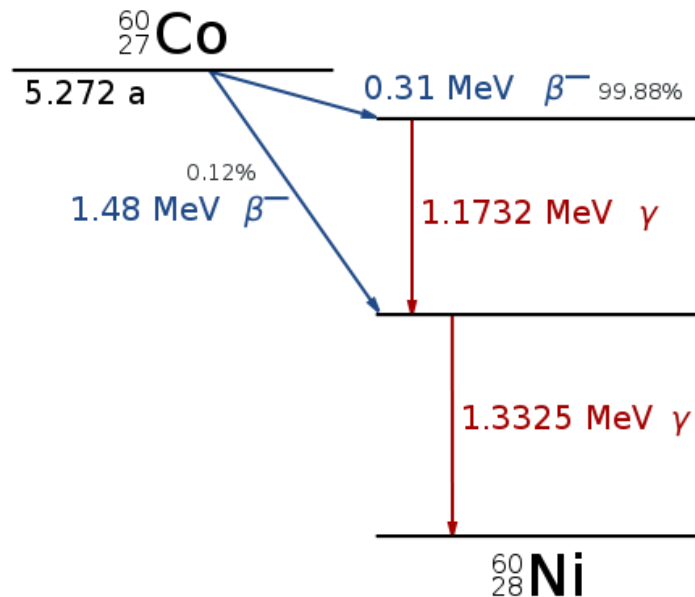
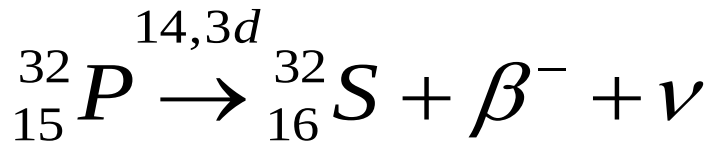


- ✓ Traza mas irregular, el e^- es deflectado fácilmente.
- ✓ Produce 6 a 20 pares de iones.

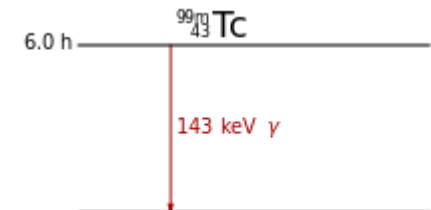
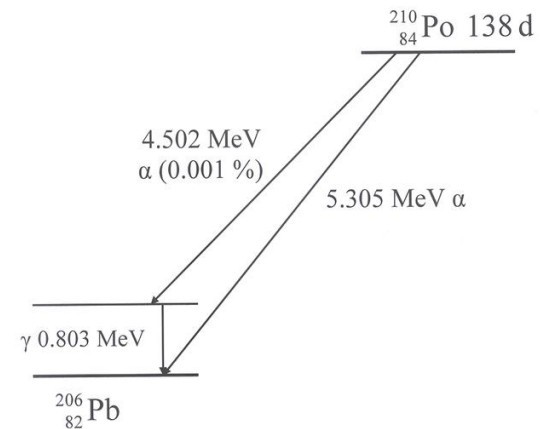


¿Cuál es la cantidad de interés?

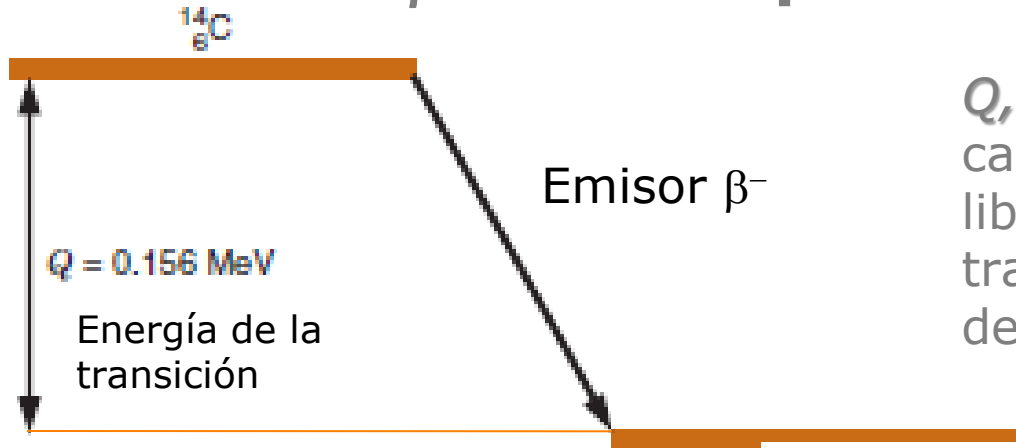
Energía media es la cantidad de interés. Es aprox. $1/3$ de E_{max}



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

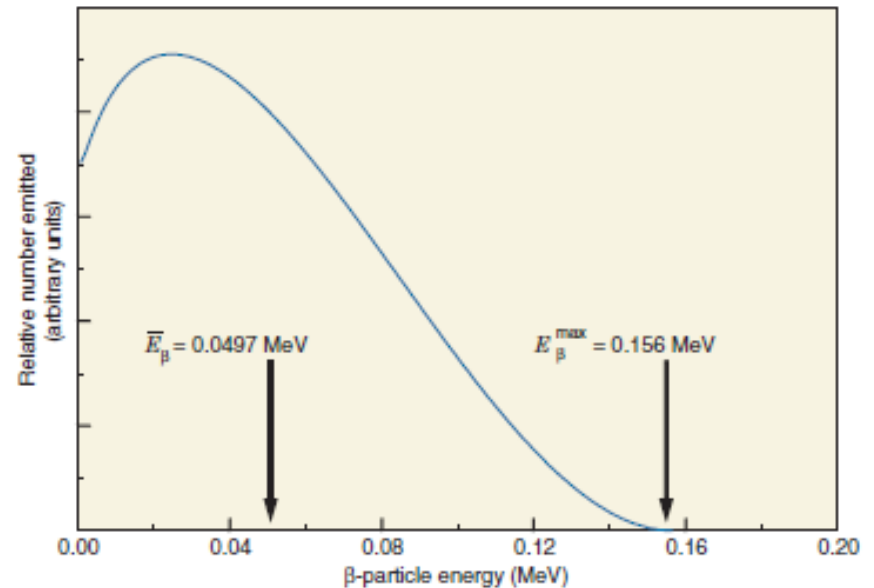


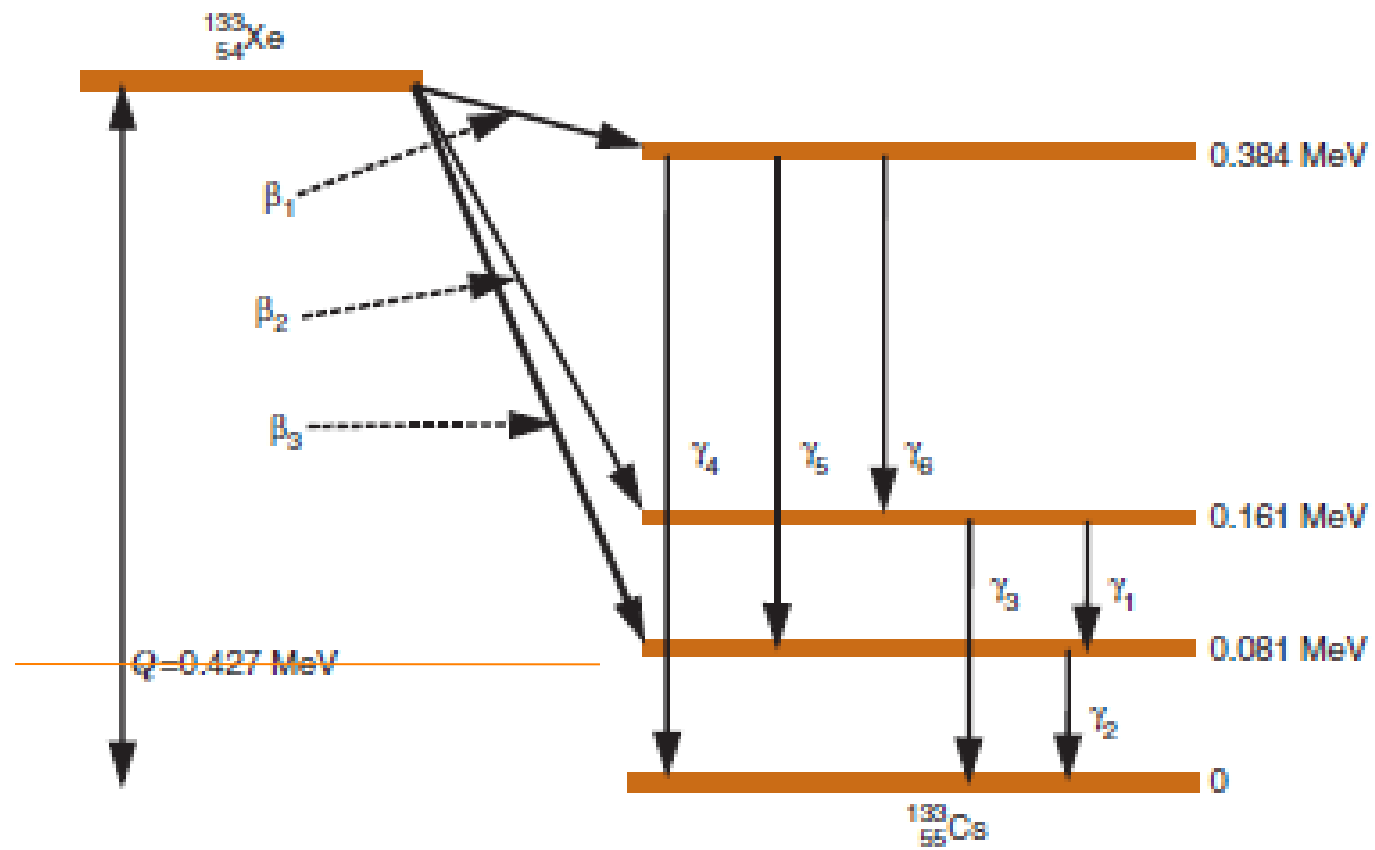
Esquemas de desintegración



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

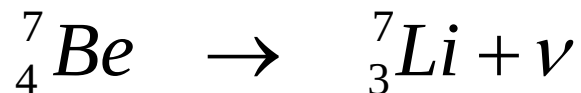
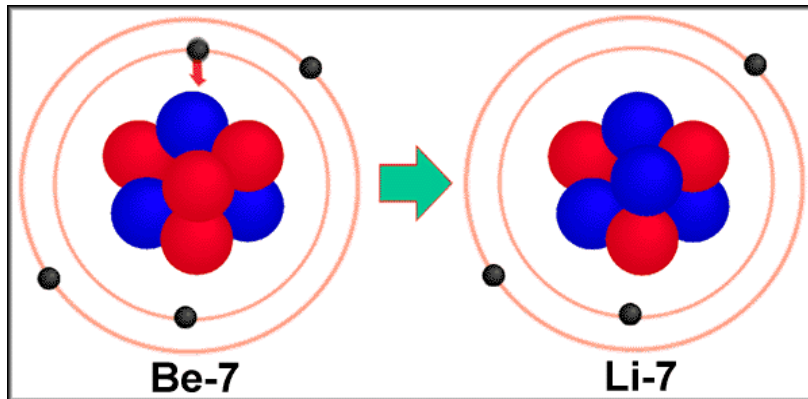
La energía promedio, $E_{\beta,aver}$ varía de un nucleido a otro, pero tiene un valor característico, $\sim 1/3$ de E_{max}





Captura electrónica (CE)

Compete con β^+



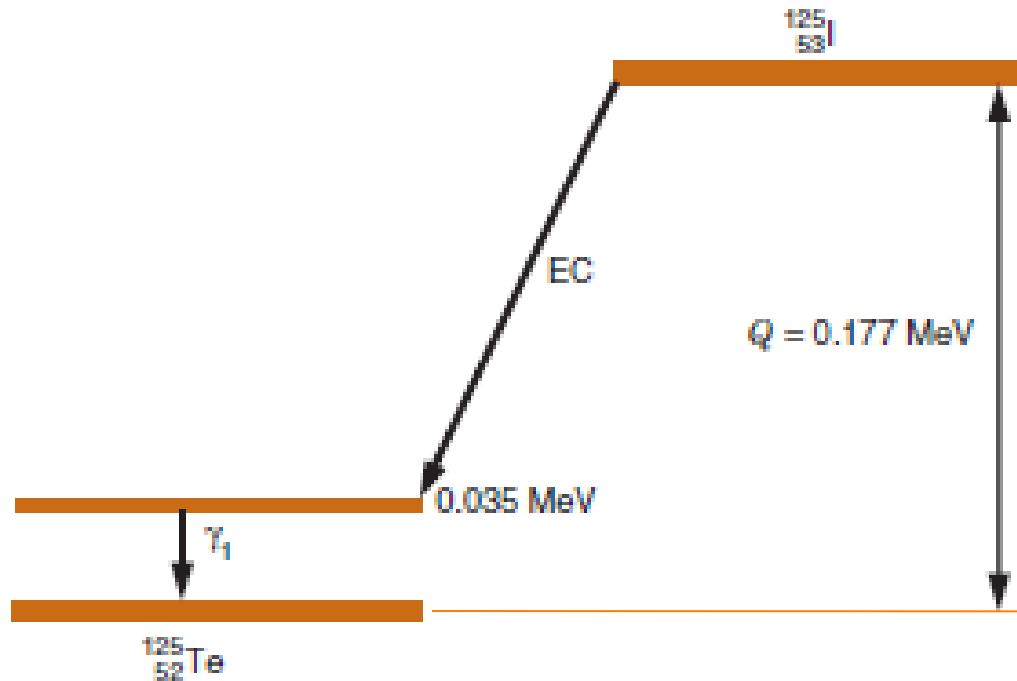
✓ Captura de un electrón de orbitales atómicos.

✓ Emisión de rayos X o electrones Auger.

✓ La reacción equivalente,



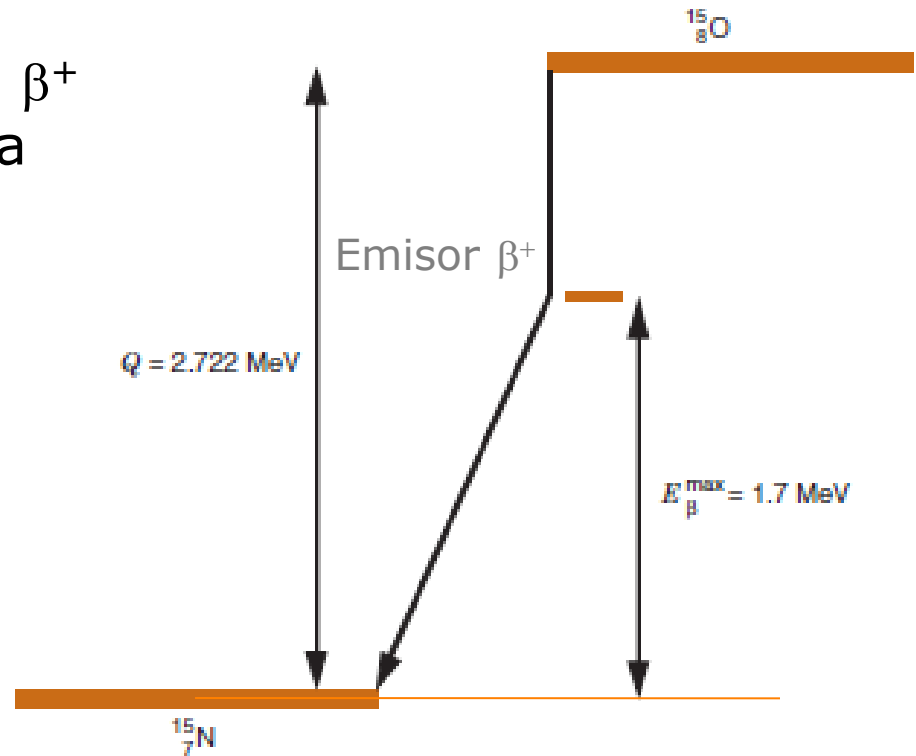
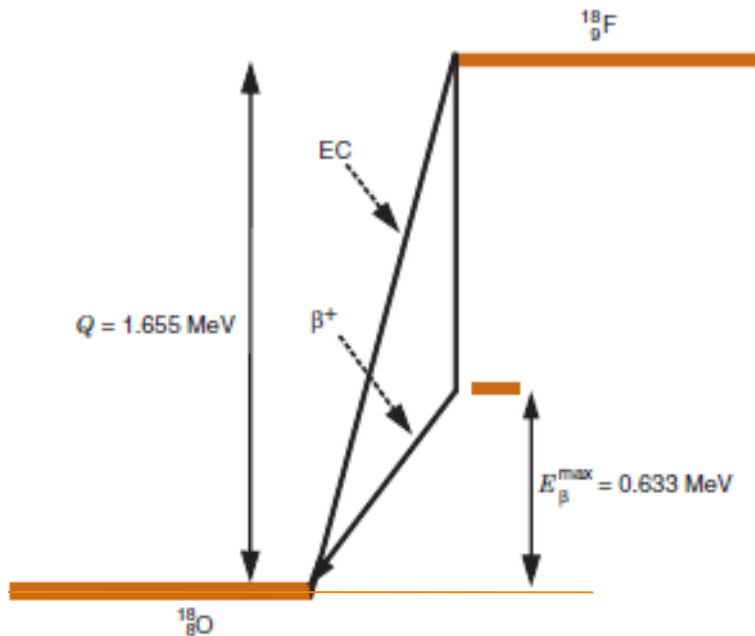
captura de un positrón no se observa dada la imposibilidad de producir densidad de positrones en el núcleo.



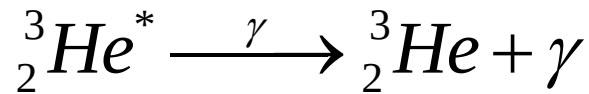
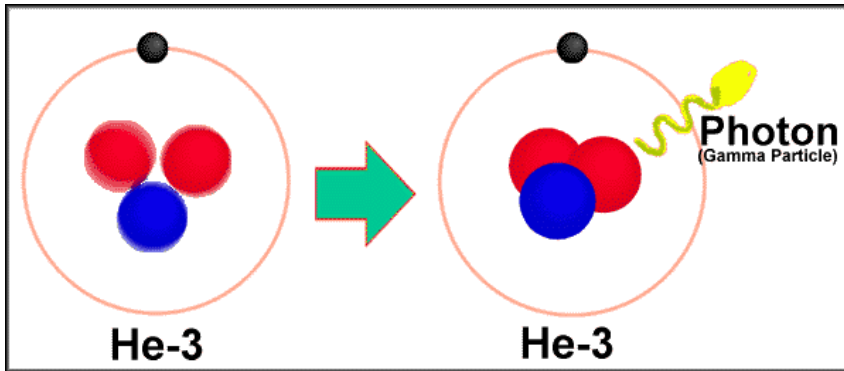
✓ Radionucleidos que decaen por CE y CE- γ de importancia en medicina son ^{57}Co , ^{67}Ga , ^{111}In , ^{123}I , ^{125}I y ^{201}Tl .



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



Desexcitación γ

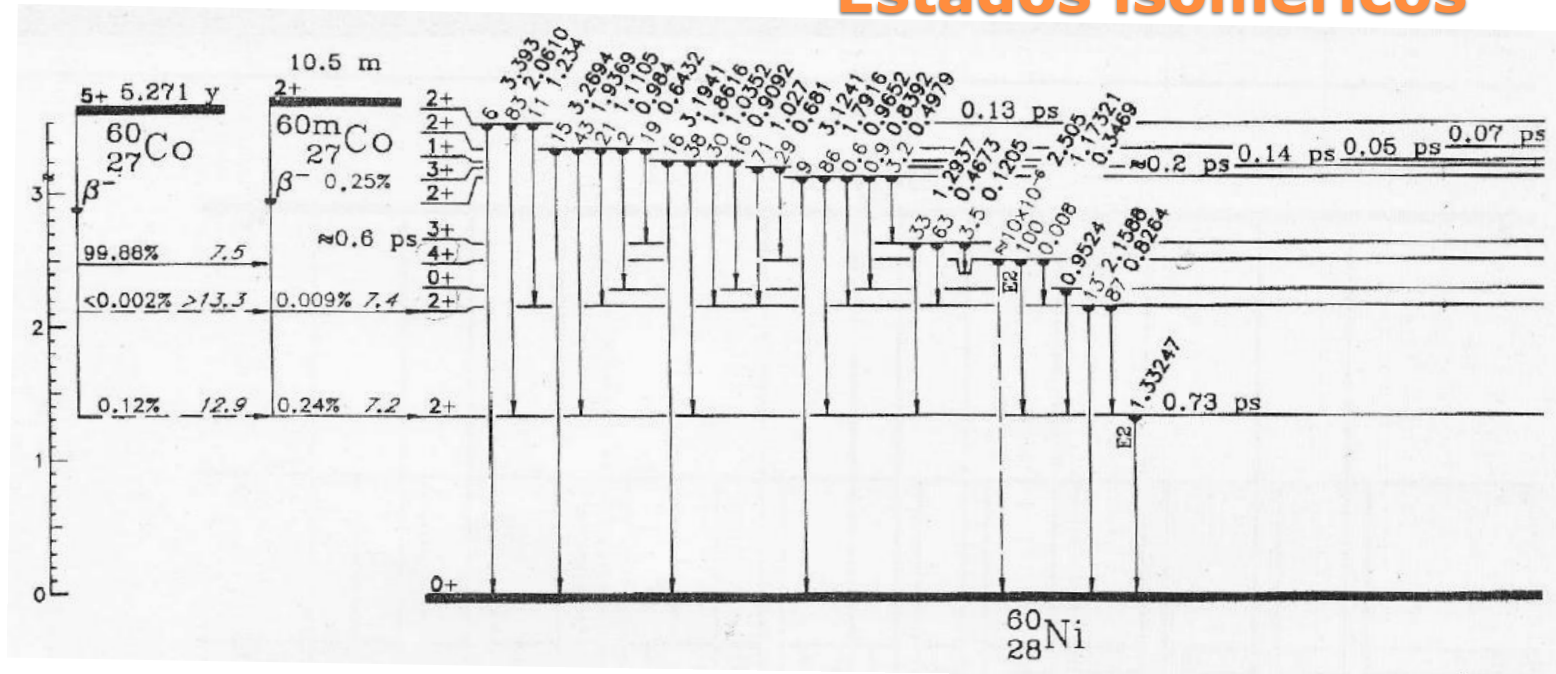


✓ Estructura discreta de niveles de energía nucleares.

✓ Ocurre en conjunción con algún mecanismo de desintegración

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

Estados isoméricos



Conservación de la energía

Desintegración beta

$$\beta^- : n \longrightarrow p + e^- + \bar{\nu}$$



$$M'(X)c^2 = M'(Y)c^2 + m_0c^2 + T_{e^-} + T_{\bar{\nu}}$$

Despreciando la energía de retroceso del núcleo padre y considerando nula la masa del antineutrino.

¿Cuánto vale la energía liberada en la transición?

$$Q = [M'(X)c^2 - (M'(Y)c^2 + m_0c^2)]$$

Si lo escribimos en términos de masas atómicas:

$$M'(X)c^2 + Zm_0c^2 = M'(Y)c^2 + Zm_0c^2 + m_0c^2 + T_{e^-} + T_{\bar{\nu}}$$

$$M(X)c^2 = M(Y)c^2 + T_{e^-} + T_{\bar{\nu}}$$

Así las expresiones de las energías de transición para desintegración beta:

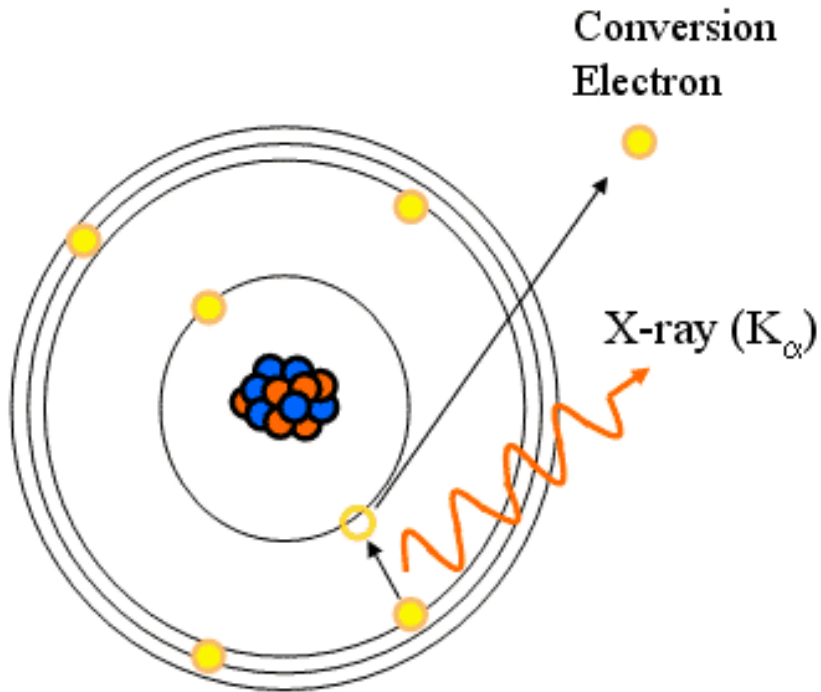
$$Q_{\beta^-} = T_{e^-} + T_{\bar{\nu}} = T_{e^-}(\text{max})$$

$$Q_{\beta^-} = (M_P - M_D)c^2$$

$$Q_{\beta^+} = T_{e^+} + T_{\nu} = T_{e^+}(\text{max})$$

$$Q_{\beta^+} = (M_P - M_D - 2m_0)c^2$$

Conversión interna (IC)



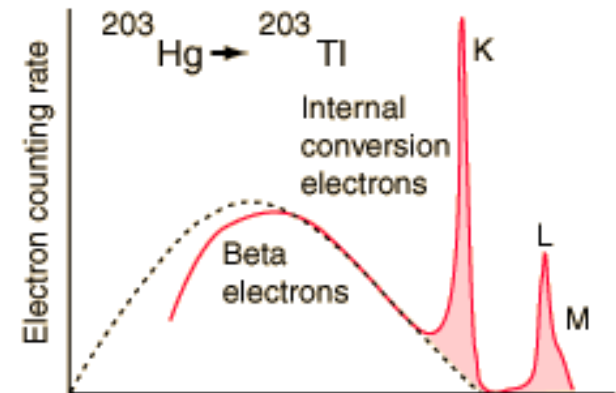
✓ El exceso de energía de un núcleo excitado es transferido a un electrón atómico.

✓ Emisión de rayos X o electrones Auger.

✓ Electrones monoenergéticos

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

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

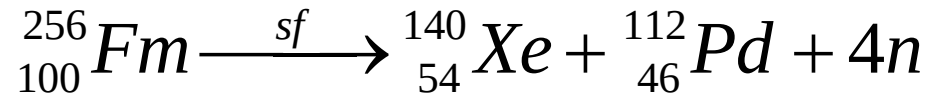


Fuentes de neutrones

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

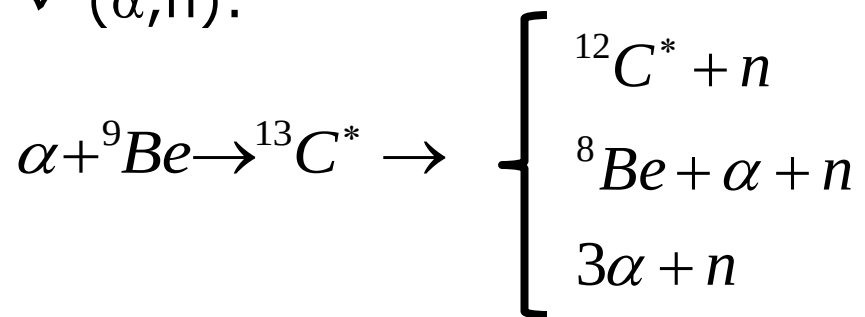
Fisión espontánea

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

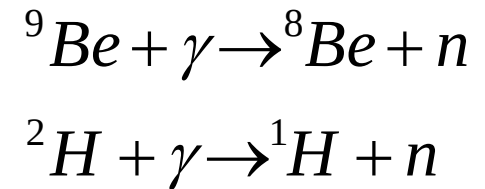


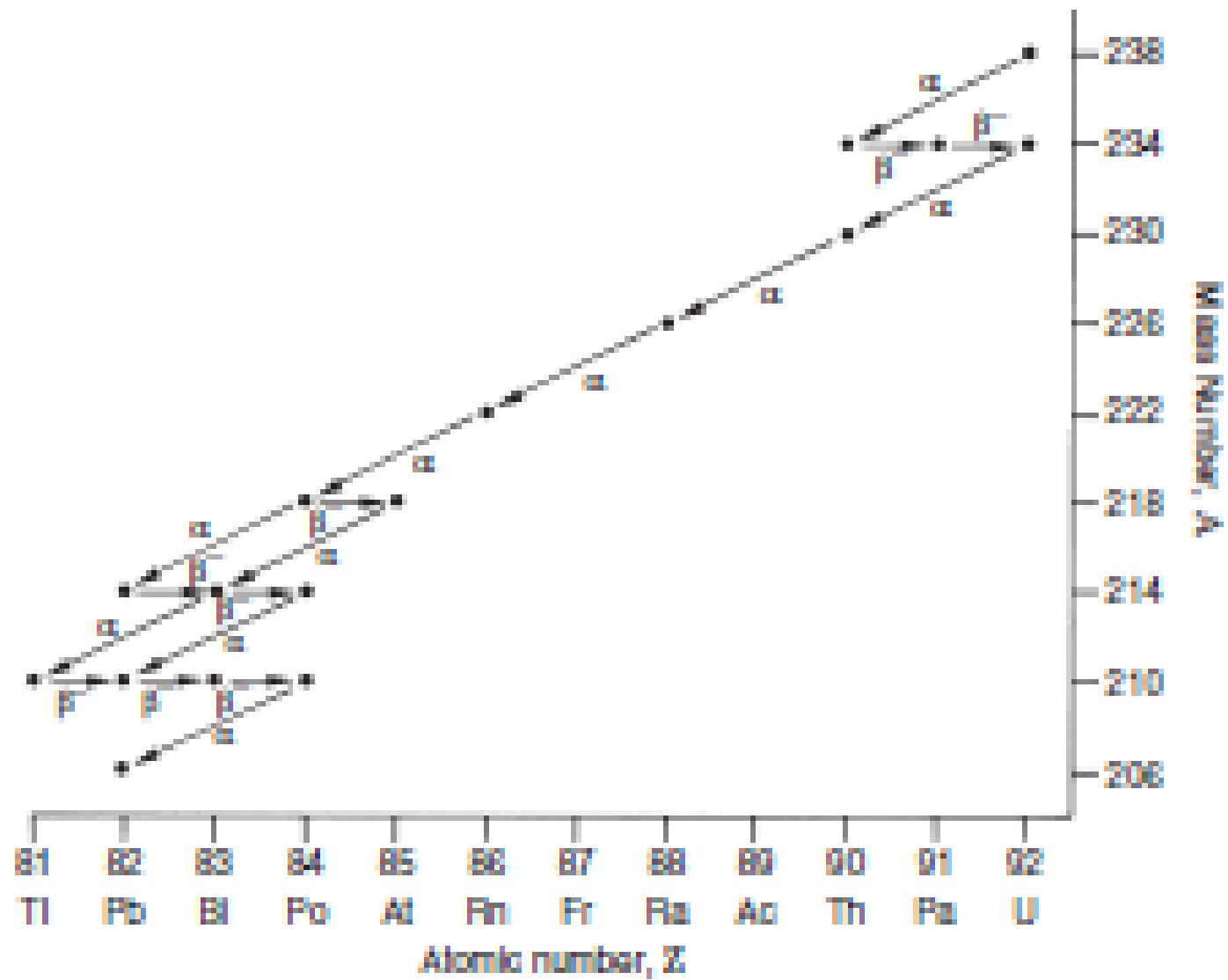
Reacciones nucleares

✓ (α, n):



✓ (γ, n):





Características de las radiaciones nucleares

Tipo	Origen	Proceso	Carga	Masa (MeV)	Espectro energía
Partícula α	Nuclear	Decaim.o reacción nucl.	+2	3727.33	Discreto (MeV)
Rayos β^-	Nuclear	Decaim.nuclear	-1	0.511	Continuo(keV-Mev)
Rayos β^+	Nuclear	Decaim.nuclear	+1	0.511	Continuo(keV-Mev)
Rayos γ	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)

La Tabla de los nucleídos

