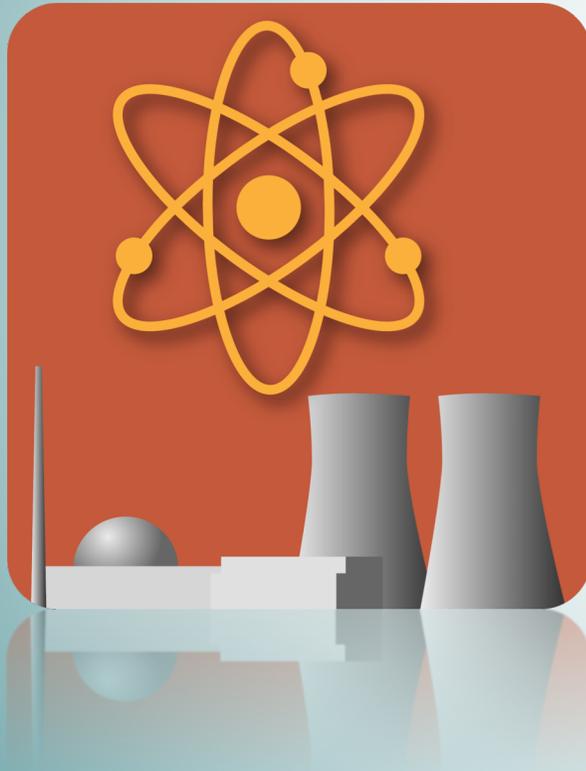


Ingeniería Nuclear

BLOQUE I. FÍSICA NUCLEAR

Lección 4. Formas de desintegración radioactiva



Fernando Delgado San Román

Raquel Martínez Torre

DPTO. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA

Este tema se publica bajo Licencia:

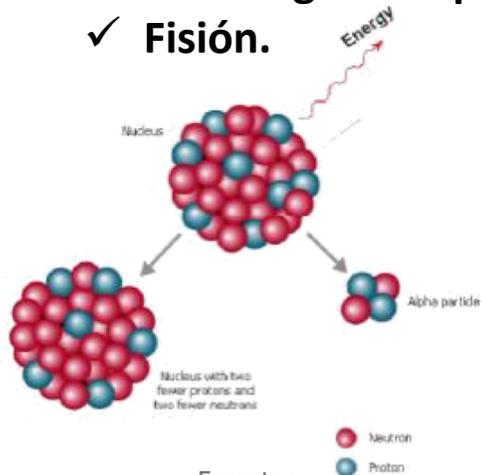
[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



FORMAS DE DESINTEGRACIÓN RADIOACTIVA

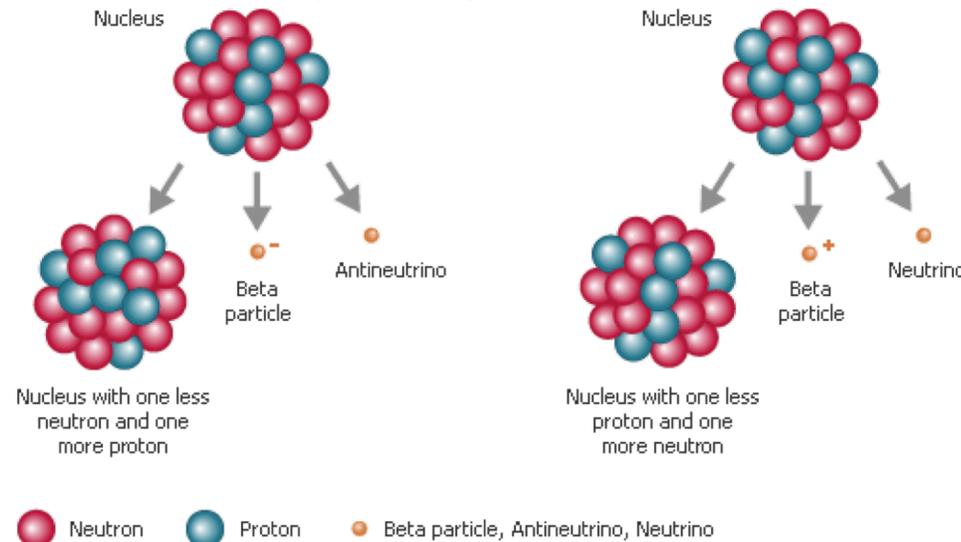
ESTABILIDAD DEL NÚCLEO

- ❑ **Núcleos estables:** cuanto mayor es el número másico (A), mayor es la relación entre neutrones y protones en el núcleo (N/Z).
- ❑ **Núcleos inestables:** pueden tener exceso o déficit de neutrones. Los núcleos inestables tienden a aproximarse a la configuración estable emitiendo ciertas partículas:
 - ✓ **Desintegración α .**
 - ✓ **Desintegración β** (β^- , β^+ , captura electrónica y doble β).
 - ✓ **Desintegración γ .**
 - ✓ **Fisión.**



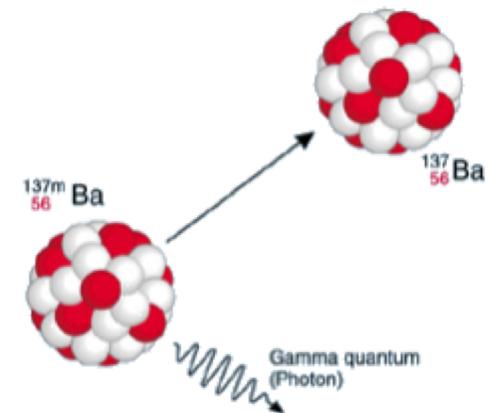
Fuente:

<http://apuntesmedicina.thinkingspain.com/wp-content/uploads/2010/06/desintegraci%C3%B3n-alfa.jpg>



Fuente:

<http://ramanujan25449.blogspot.com/2013/05/desde-la-radiactividad-al.html>



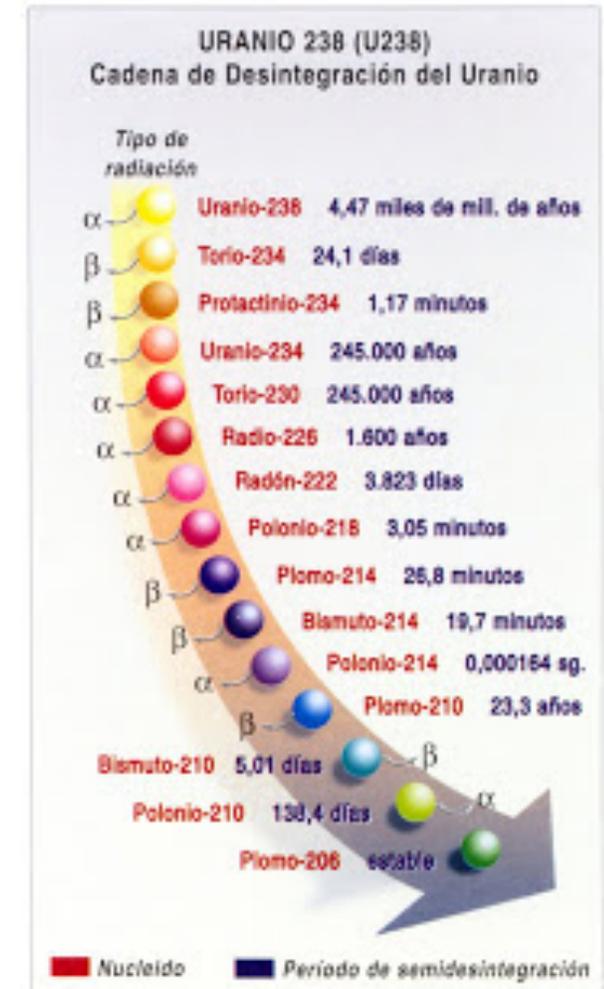
Fuente:

<http://www.ehu.es/biomoleculas/isotopos/rad.htm#g>

FORMAS DE DESINTEGRACIÓN RADIOACTIVA

RADIOACTIVIDAD NATURAL

- En **1896 Becquerel** descubrió que una sal de uranio emitía rayos.
- En **1898 Marie y Pierre Curie** identificaron otros dos elementos radioactivos, el polonio y el radio.
- Los elementos pesados, como el uranio y el torio, y sus elementos inestables de la cadena de desintegración emiten radiación en su estado natural. Estos dos poseen un ritmo muy lento de desintegración.
- Todos los nucleídos naturales con números atómicos mayores que 82 son radiactivos.



FORMAS DE DESINTEGRACIÓN RADIOACTIVA

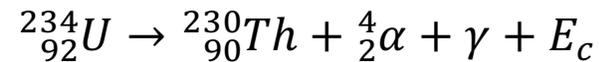
DESINTEGRACIÓN NUCLEAR

- ❑ **Desintegración radioactiva:** proceso de desintegración espontánea producida en los átomos para conseguir una configuración más estable mediante la emisión de radiación. Esta radiación puede ser:
 - ✓ Radiación electromagnética
 - ✓ Partículas
 - ✓ Ambas
- ❑ En este proceso se cumplen varios principios:
 - ✓ **Conservación de la carga eléctrica:** las cargas ni se crean ni se destruyen, pero pueden neutralizarse entre sí (e^- y p^+) o que un neutrón produzca una carga de cada signo.
 - ✓ **Conservación del número másico:** no puede existir un cambio en el número de nucleones, pero puede producirse la conversión de un protón en un neutrón o viceversa.
 - ✓ **Conservación de la masa y la energía:** la energía cinética total y la energía equivalente de la masa debe conservarse en todas las desintegraciones y reacciones. La masa puede convertirse en energía y la energía en masa pero la suma de masa y energía debe permanecer constante.
 - ✓ **Conservación del momento:** la cantidad total de energía cinética es igual antes y después de las reacciones pese a que puede distribuirse de manera diferente entre los diferentes nucleídos y/o partículas.

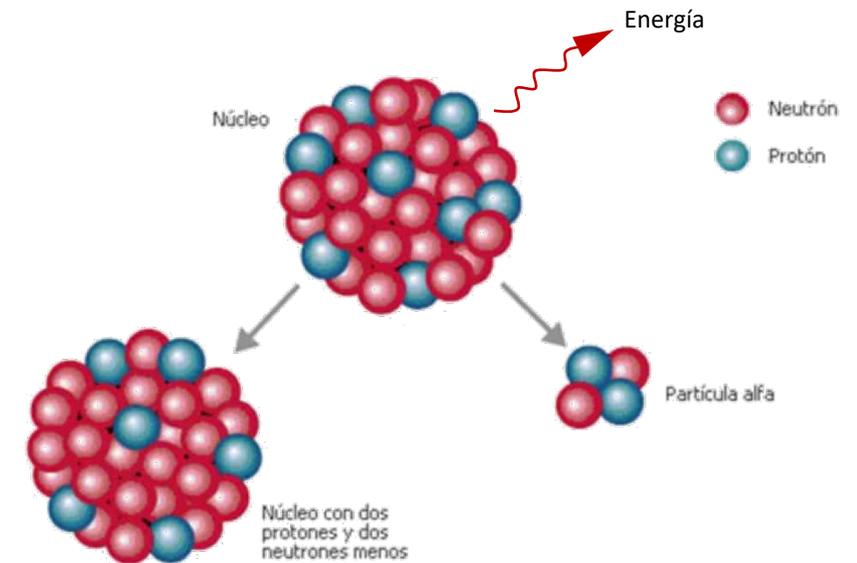
FORMAS DE DESINTEGRACIÓN RADIOACTIVA

DESINTEGRACIÓN ALFA

- ❑ Es la **emisión de partículas alfa** (${}^4_2\text{He}$ o ${}^4_2\alpha$).
- ❑ Cuando un núcleo expulsa una partícula α su **numero atómico se reduce en 2** y su **número másico en 4**.



- ❑ La **energía cinética** conjunta (${}^{230}_{90}\text{Th}$ y ${}^4_2\alpha$) se designa como E_c .
 - ✓ La suma de la E_c y de la **energía de γ** es igual a la diferencia en masa entre el núcleo original (${}^{234}_{92}\text{U}$) y las partículas finales ($\Delta m = E \cdot E$).
 - ✓ La partícula α aporta el 98 % de la energía cinética.

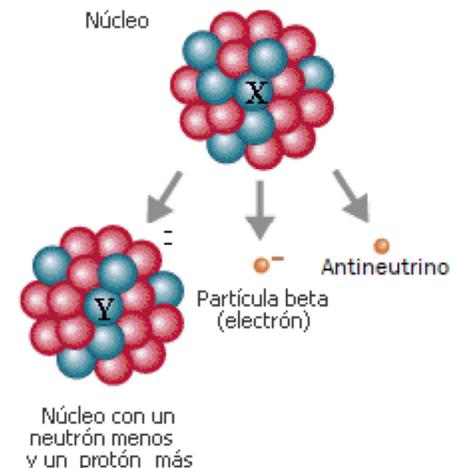
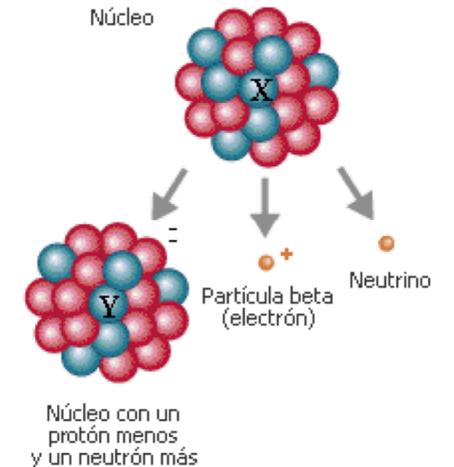


Fuente: <http://apuntesmedicina.thinkingspain.com/wp-content/uploads/2010/06/desintegraci%C3%B3n-alfa.jpg>

FORMAS DE DESINTEGRACIÓN RADIOACTIVA

DESINTEGRACIÓN BETA

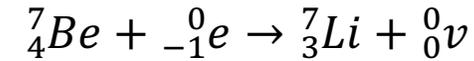
- ❑ Es la **emisión electrones** de cualquier signo (negatrones / positrones) procedentes de **un núcleo excitado** (no proceden de la capa electrónica).
- ❑ Para que se cumpla la **conservación de la energía y del momento**, debe aparecer una nueva partícula, el **neutrino(ν)**.
 - ✓ **Neutrino(ν)**: emisión de positrones.
 - ✓ **Antineutrino($\bar{\nu}$)**: emisión de negatrones.
 - ✓ Tienen la interacción más débil con la materia, no tienen masa y viajan a la velocidad de la luz.
 - ✓ Atraviesan los materiales con tan poca interacción que la energía que poseen no puede ser recuperada.
 - ✓ Llevan una parte de la E_c , que de otra manera, pertenecería a la partícula β .
- ❑ **Desintegración β^+** : núcleos con exceso de protones $\rightarrow {}^{13}_{7}\text{N} \rightarrow {}^{13}_{6}\text{C} + {}^{0}_{+1}\beta + {}^{0}_{0}\nu$
- ❑ **Desintegración β^-** : núcleos con exceso de neutrones $\rightarrow {}^{239}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{239}_{94}\text{Pu} + {}^{0}_{-1}\beta + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$



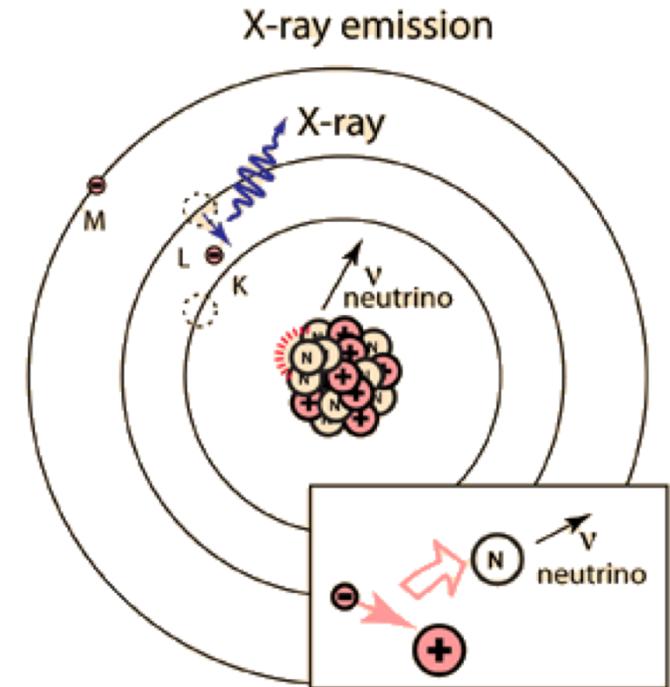
FORMAS DE DESINTEGRACIÓN RADIOACTIVA

DESINTEGRACIÓN BETA

☐ **Captura electrónica (CE, Captura-K):** núcleo con exceso de protones →



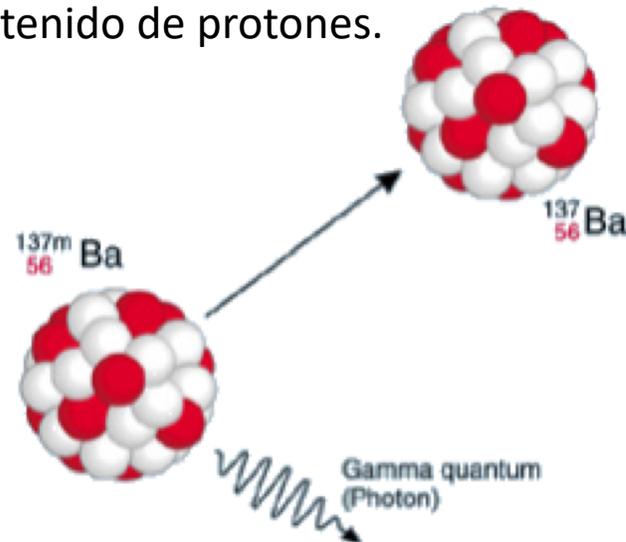
- ✓ El **electrón** capturado se combina con un **protón** del núcleo para formar un **neutrón**.
- ✓ El electrón se captura normalmente de la órbita más interna (**capa K**).
- ✓ Cada combinación $e^- + p^+$ genera un neutrino. La **energía del neutrino** es la que hace que se **conserv**e la **cantidad de movimiento**.
- ✓ Cualquier **energía extra** que surja como consecuencia del defecto másico entre el isotopo hijo y el isotopo padre aparecerá como **radiación γ** .
- ✓ Cuando e^- de capas orbitales superiores **salten a la capa K** para ocupar el hueco aparecerán **rayos-X**.



FORMAS DE DESINTEGRACIÓN RADIOACTIVA

DESINTEGRACIÓN GAMMA

- ❑ Es un **radiación electromagnética de alta energía** que se origina en el núcleo cuando las partículas de este se encuentra en un **estado excitado** (niveles energético del núcleo).
- ❑ A menudo, un nucleído hijo se encuentra en un estado excitado a pesar de que el nucleído padre haya sufrido desintegración α y β . Para alcanzar el **estado fundamental emite radiación γ** .
- ❑ La radiación se emite en forma de **fotones**, paquetes discretos de energía que tienen propiedades tanto de onda como de partícula.
- ❑ Estabiliza el núcleo sin cambiar su contenido de protones.



Fuente:

<http://www.ehu.es/biomoleculas/isotopos/rad.htm#g>

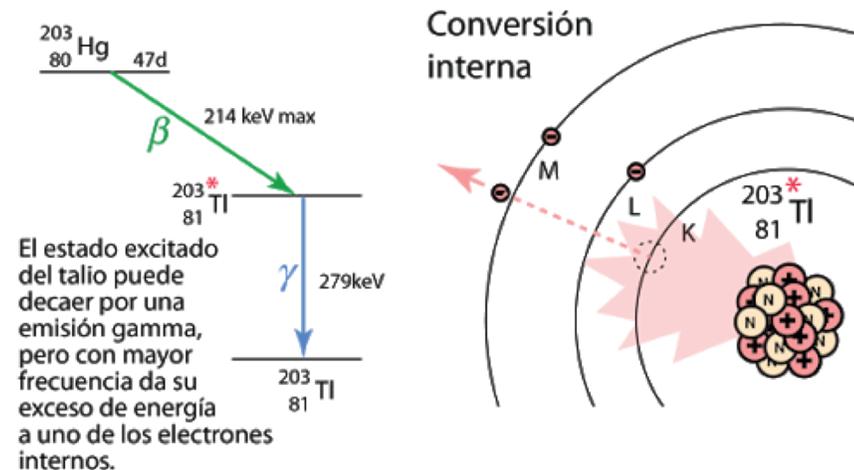
FORMAS DE DESINTEGRACIÓN RADIOACTIVA

CONVERSIÓN INTERNA

- ❑ Aunque el método usual es la emisión de radiación γ , en algunos casos los **rayos gama** salen del núcleo solo para **interactuar** con uno de los orbitales más internos, transfiriendo la energía al **electrón**.
- ❑ El **electrón de conversión** es expulsado del átomo con una energía cinética igual que la energía γ menos la E.E. del orbital del electrón.

$$E_c = E_\gamma - E.E$$

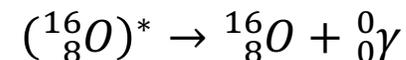
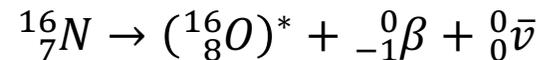
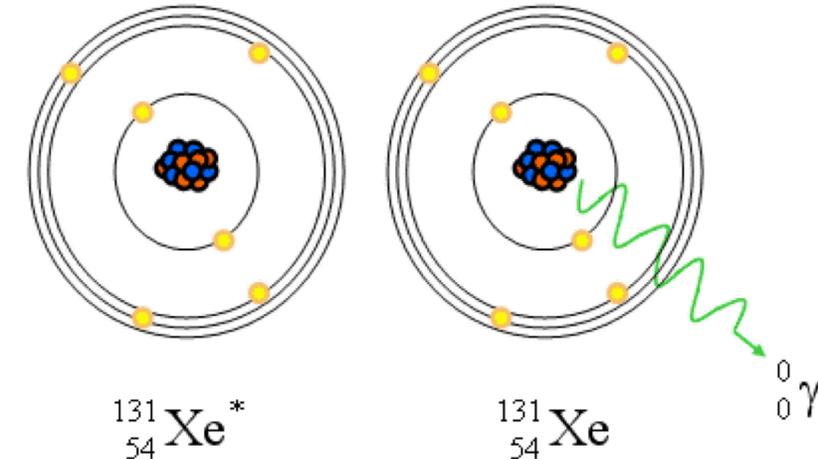
- ❑ Cuando e^- de capas orbitales superiores **salten a la capa interna** para ocupar el hueco aparecerán **rayos-X**.



FORMAS DE DESINTEGRACIÓN RADIOACTIVA

ISÓMEROS Y TRANSICIÓN ISOMÉRICA

- ❑ La **transición isomérica** es similar a la **desintegración gamma** pero en este caso ocurre para **núcleos meta-excitados**. Un núcleo meta-excitado es un núcleo que mantiene su estado excitado durante un tiempo apreciable antes de caer a su estado fundamental.
- ❑ **Isómero**: núcleo que se mantiene en estado meta-excitado. Este núcleo **difiere en energía y comportamiento** respecto a otros **núcleos con mismo número atómico y número másico**.



Fuente:

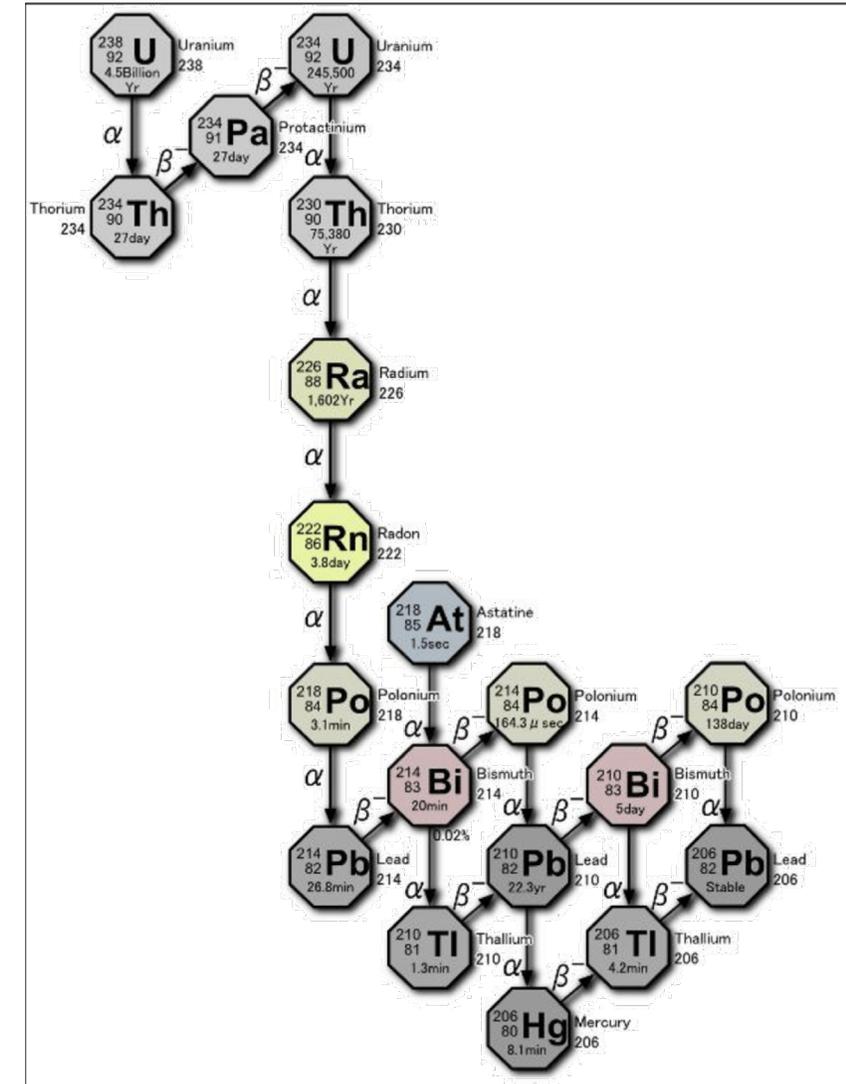
<https://courses.ecampus.oregonstate.edu/ne581/three/index2.htm>

- ❑ El **isómero excitado** puede desintegrarse mediante **formas alternativas** (desintegración β).

FORMAS DE DESINTEGRACIÓN RADIOACTIVA

CADENAS DE DESINTEGRACIÓN

- ❑ La **desintegración de un núcleo inestable** no es necesariamente un núcleo estable, de hecho, es a menudo **inestable, produciendo una nueva desintegración** (núcleos mayores).
- ❑ **Cadena de desintegración:** lista que comprende el nucleído inestable original, los nucleído inestables intermedios de la desintegración y le nucleído estable final.



FORMAS DE DESINTEGRACIÓN RADIOACTIVA

RECURSOS

- Nuclear Physics and Reactor Theory, 1993 (Department of Energy United States of America).
- Introduction to Nuclear Engineering (John R. Lamarsh and Anthony J. Baratta)