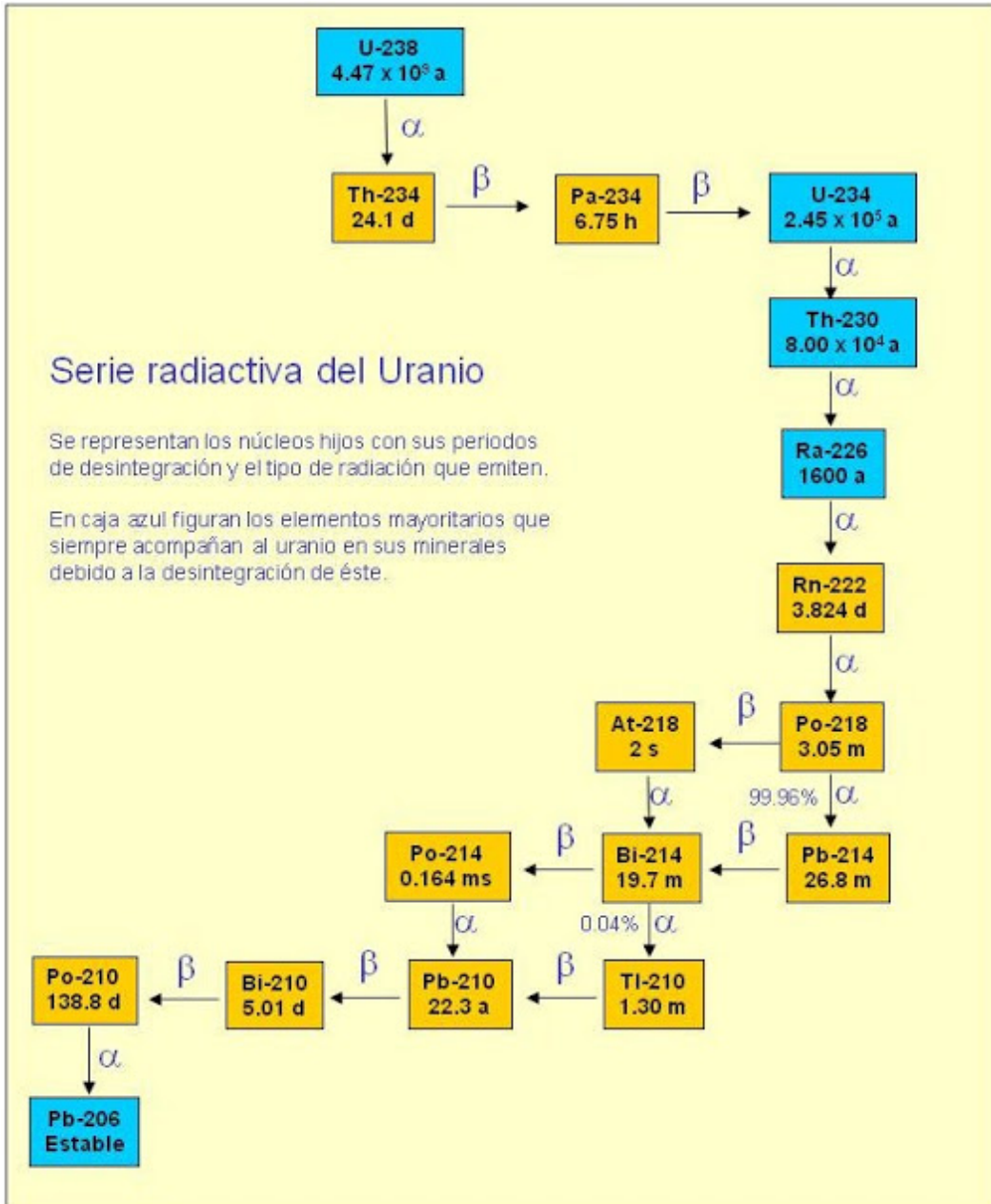
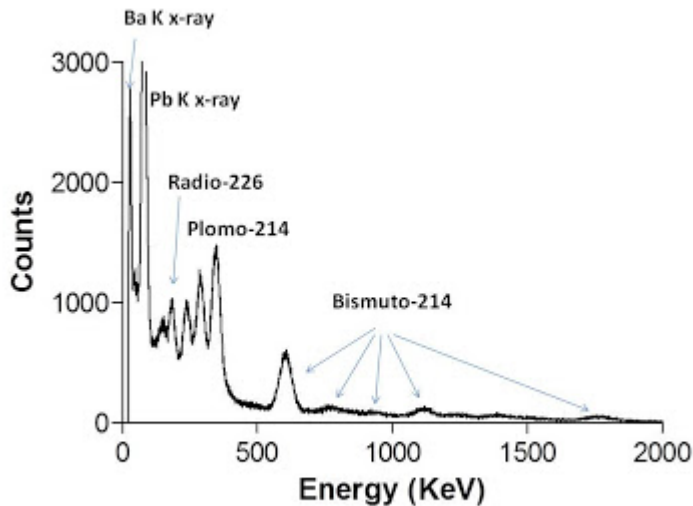


Bueno, ya teníamos el radio purificado. ¿de donde ha salido este radio? ¿por que todos los minerales de uranio son mas radiactivos que el uranio puro y por qué todos tienen mas o menos la misma proporción de radio?. Estas son las preguntas que uno tiene que hacerse al medir la radiactividad de los diferentes productos que se van obteniendo [en la parte 1 de este tema](#). El trabajo de Curie descubrió lo que se conoce como *la serie radiactiva del uranio*. Los elementos radiactivos se desintegran formando otros elementos nuevos, también radiactivos, hasta que se llega a un elemento estable y cesa la desintegración. Esto es porque la emisión de radiactividad es un proceso destructivo: cuando el átomo emite radiación alfa o beta, se transforma en otro átomo siguiendo una ley fija llamada *ley de Soddy-Fajans*. Así, el uranio se transforma gradualmente en plomo. El isótopo mas abundante del uranio, el U-238, con una vida media de mas o menos 4470 millones de años (es decir, que una muestra de uranio en 4470 millones de años se convierte en una mezcla de uranio y plomo a partes iguales) da lugar a esta serie:



Obsérvese el radio (Ra-226), que ocupa la posición 5 de la serie. Los elementos mas activos son los mas radiactivos y el radio tiene un periodo de semidesintegración lo suficientemente alto como para que se acumule en cantidad suficiente como para separarlo con el procedimiento que hemos indicado en la primera parte.

Así, si analizamos el precipitado de radio que obtuvimos antes utilizando espectrometría gamma, deberíamos visualizar el radio y, al menos, los productos de desintegración cuya emisión gamma es mas energética y significativa. Si lo hemos purificado bien debemos ver este espectro:



En efecto se ven los picos de la contribución principal a la energía gamma emitida. El plomo y bario son elementos pesados y producen una fluorescencia de rayos X significativa. Esa fluorescencia también contribuye a la radiación gamma emitida por el material. Este espectro es similar al del mineral de partida: la mayor parte de la radiación gamma emitida por el mineral es debida al radio y a sus productos de desintegración.

Naturalmente, Marie Curie aún no disponía de esta herramienta, ahora fácilmente accesible incluso por un aficionado con mucha habilidad y que en su época ni siquiera era ciencia ficción. Pero incluso con un monitor Geiger-Muller es fácil ver el poder del radio como elemento radiactivo: la mayor parte de la radiactividad emitida por un mineral es debida al radio y sus productos de desintegración plomo 214 y bismuto 214. Y eso que el radio se encuentra en los minerales de uranio en una proporción de decigramos por tonelada. En efecto, podemos detectar **1 picogramo** de radio diluido en un gramo de sulfato de bario, incluso con aparatos sencillos, ya que instrumentos como un tubo Geiger son muy sensibles. Es decir, un Geiger puede detectar 1 parte por billón de radio. Si la radiactividad de un mineral de uranio, cuantitativamente muy pequeña, os parece grande porque produce muchos “clics” en un monitor Geiger, imaginad que Marie Curie obtuvo 0.5 gramos de cloruro de radio puro a partir de varias toneladas de residuos de mineral de uranio. Poco tiempo después purificó el radio metálico, el último paso en la descripción de un nuevo elemento químico. En ese momento, el radio metálico se convirtió en el metal mas caro del mundo, superando con mucho al oro.

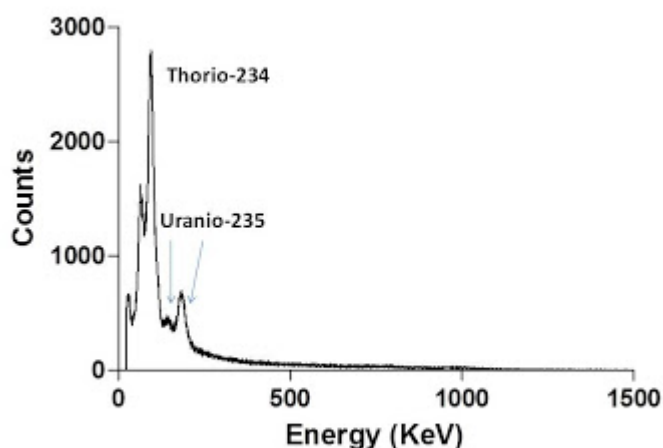
Actualmente sabemos que tal cantidad de radio es sumamente **radiotóxica** y peligrosa. En parte lo sabemos gracias a ella. También debemos a ella la unidad de medida curio. Usamos el curio debido a que medir la cantidad de material radiactivo en unidades de masa, como gramos, es muy poco práctico. Un curio (1 Ci) es la actividad de 1 gramo de radio. Así, un microgramo de radio es 1

microcurio y a su vez equivale a 2, 22 millones de **desintegraciones por minuto** (esto equivale en la práctica a unas 20000 cuentas por minuto en un monitor Geiger Muller usual) Es decir, cada minuto, 2,22 millones de átomos por cada microgramo se desintegran, transformándose en el siguiente átomo de la serie radiactiva: el radón.

Aquí tenéis, pues, el origen del radón que a muchos les preocupa. Parecen muchos átomos, ¿verdad?, pues imaginad que un microgramo de radio contiene algo mas de ¡2665 millones de millones de átomos!.

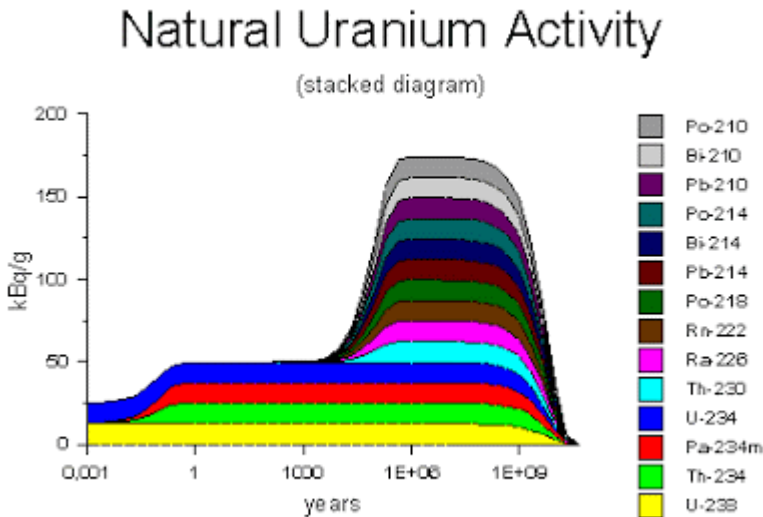
Volviendo al trabajo de Marie Curie, ella no tenía espectrómetros gamma, pero disponía de espectrómetros ópticos. Con el precipitado de sulfato de bario y radio que obtuvo consiguió la primera demostración de que el radio era un nuevo elemento: las rayas espectrales lo delataron. Una técnica desarrollada en el siglo XIX y que permitió el descubrimiento de elementos como el helio y que permitió conocer la composición química del Sol....

Ahora analicemos el sulfato de uranio que purificamos antes. Si hemos trabajado bien veremos esto:



Este es el espectro del uranio recién purificado. Su radiactividad es baja y es debida únicamente al U-235, uno de los componentes del uranio natural, y al Th-234, el primer producto de desintegración del uranio. En la minería del uranio, se purifica éste y luego se somete a la separación del U-235, que es el isótopo utilizado en centrales nucleares. El resto del uranio, U-238, es lo que se denomina "uranio empobrecido".

Naturalmente, el uranio se va desintegrando y con el tiempo se acoplan la producción de nuevos elementos con su desintegración. Se dice entonces que el mineral entra en equilibrio secular y cada producto de desintegración mantiene su concentración constante. En el caso del uranio, el tiempo necesario para que alcance el equilibrio es mas o menos 700.000 años:



En ésta gráfica se muestra la acumulación de los diferentes productos de desintegración del uranio con el tiempo. El eje X es logarítmico. Cada elemento entra en una zona plana de la gráfica: la formación del elemento va a la misma velocidad que la desintegración, por lo que su concentración es constante. El eje Y nos dice cómo va aumentando la actividad de la muestra. Así, un mineral de uranio formado hace 1 millón de años o más tiene una actividad mayor de 150 kBq/g, es decir, algo más de 4 microcurios por gramo de uranio. En cambio muestras de uranio de menos de mil años tienen 1.35 microcurios por gramo de uranio.

Este es el fundamento de la datación geológica por isótopos: la relación entre el tiempo y la proporción de diversos isótopos.

El estudio de la radiactividad de los minerales de uranio no sólo permitió descubrir nuevos tipos de luz desconocidos (los rayos gamma), sino que configuró nuestras ideas sobre la materia. En efecto, los átomos ya nunca más iban a ser algo inamovible, sino que son un invento poco estable de la Naturaleza. Se destruyen y se transforman en otros. Irónicamente, el trabajo de Marie Curie trajo de nuevo a la actualidad la transmutación de los elementos que tanto preocupó a los alquimistas. Y si los átomos se podían romper por su cuenta formando otros nuevos, quien sabe, tal vez nosotros podríamos ser capaces también de trocear los átomos a nuestro antojo...pero esa ya es otra historia.