

GUIA DE QUIMICA 4° MEDIO

Unidad: Propiedades Nucleares

Tema: Serie Radiactiva y Vida Media de los elementos Radiactivos Datación Radiactiva

Objetivos : Identificar y determinar la desintegración de un elemento radiactivo

Calcular la vida media de un elemento radiactivo

Determinar la edad de objetos de interés arqueológicos

Recursos a utilizar para el trabajo

Texto Química 4° Medio

Informativo incluido en la misma guía

APOYO BIBLIOGRÁFICO

Recordemos, antes de comenzar, lo que estudiamos sobre la estabilidad de los núcleos y lo que sucedía con los núcleos de elementos muy pesados, como eran capaces de sufrir desintegraciones hasta lograr su estabilidad, mediante las reacciones nucleares en que un núcleo inestable en forma espontánea se transforma en un núcleo más estable de un elemento diferente.

SERIE RADIATIVA

Alrededor de 80 de los elementos de la tabla periódica son estables, es decir están formados a lo menos por un solo isótopo no radiactivo, el cual no sufre una desintegración nuclear, por ejemplo C-12; C- 13 ; O – 16 ; He – 4 y aproximadamente 260 núcleos más.

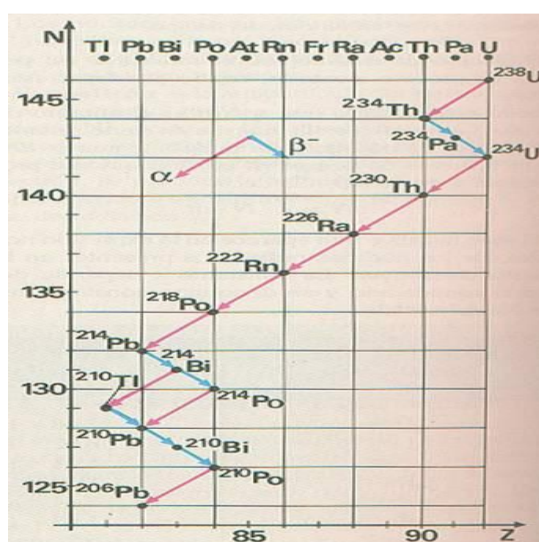
Los núcleos radiactivos, en cambio, sufren desintegraciones en sucesivas etapas, a través de emisiones α y β , hasta lograr un núcleo estable.

Serie radiactiva es un conjunto secuenciado de reacciones nucleares que comienza con un núcleo radiactivo y termina con un núcleo estable.

Una de las series radiactivas es la del U- 238 y termina en el Pb -206, después de 14 desintegraciones. Primero el U-238 emite una partícula α para dar Th –234, este isótopo radiactivo emite una partícula β^- para dar Pa – 234 , luego el Pa –234 emite otra partícula β^- , para continuar la serie, que termina en el Pb – 206,

Debemos aclarar que las emisiones α y β van acompañadas frecuentemente por radiaciones γ , Como hay una gran liberación de energía, los procesos de desintegración son **exergónicas** y comprenden una o más desintegraciones sucesivas, las necesarias hasta alcanzar un núcleo estable.

El esquema representa el decaimiento radiactivo del U- 238 hasta el Pb – 206 , en el gráfico, las fechas rojas (\rightarrow) indican una desintegración por emisión de rayos alfa y las fechas azules (\rightarrow) indican una desintegración por emisión de rayos beta,



Por ejemplo, si un isótopo llamado Uranio-238, que tiene una probabilidad de un 100 % de desintegrarse mediante emisión alfa, como el Uranio tiene 92 protones y 146 neutrones, un decaimiento alfa que implica perder 2 protones y 2 neutrones, haría llegar al isótopo con 90 protones y 144 neutrones, es decir, al Torio-234. El elemento químico cambia debido a que es el número de protones (y electrones cuando el elemento se encuentra en un estado neutro eléctricamente) el que determina esto.

Ese isótopo a su vez tampoco es estable, sino que se desintegra mediante un modo beta menos (un neutrón se desintegra en un protón, un electrón y un antineutrino electrónico), también con un 100 % de probabilidad, tendremos un nuevo isótopo cuando se desintegre con 91 protones y 143 neutrones. Ese isótopo es el Protactinio-234.

Así sucesivamente, hasta llegar al Plomo-206 cuya vida media es demasiado larga para poder ser medida, es decir, un isótopo que se supone estable.

Las tres series que existen en la naturaleza son la del Th – 232, U -238 y Ac – 227 , la otra serie radiactiva es la del Np – 237 , que debería haberse extinguido, pero las pruebas nucleares realizadas han liberado estos núcleos y por lo tanto ha vuelto aparecer esta cadena radiactiva,

VIDA MEDIA DE LOS ELEMENTOS RADIATIVOS.

Se ha comprobado que los isótopos de los elementos radiactivos presentan distintos grados de inestabilidad en el tiempo debido a que cada isótopo experimenta una serie radiactiva particular, para referirse a la velocidad con que ocurren las desintegraciones nucleares utilizamos el concepto de vida media.

La vida media ($t_{1/2}$) es el tiempo que tarda en desintegrarse la mitad de los átomos de cualquier sustancia radiactiva.

A continuación le seguiremos la pista al decaimiento radiactivo del ${}_{88}\text{Ra}^{226}$, Como ya sabemos el Ra – 226 se transforma en gas radón (Ra – 222) por emisión de partículas α , Supongamos que medimos 226 g de este isótopo y luego dejamos esta cantidad sobre una mesa ; 1600 años más tarde volvemos al lugar y pesamos el radio nuevamente , muchos de los átomos de Ra – 226 ya no estarían ,puesto que se habrían transformado en radón (Rn – 222), Después de 1600 años , quedarían exactamente la mitad de los átomos de Ra – 226 , es decir, 113 g, si dejáramos pasar otros 1600 años más y volviéramos a medir la masa de los átomos que quedan , nos daría un valor de 56,5 g,

La vida media del Ra -226 es, entonces de 1600 años, los núcleos radiactivos de desintegran en forma exponencial.

Tiempo después de iniciado el experimento (en años)	Masa de la muestra de Ra-226 (en gramos)	Número de átomos de Ra-226 que permanece	Fracción que permanece de la muestra original
Comienzo	226	6×10^{23}	Completa
1600	113	3×10^{23}	1/ 2
3200	56,5	$1,5 \times 10^{23}$	1/ 4
4800	28,25	$0,75 \times 10^{23}$	1/ 8

DATACIÓN RADIATIVA

¿Qué tienen en común una momia encontrada en el desierto de Atacama con un utensilio de madera encontrado en el extremo sur? Ambos contienen carbono, este hecho es clave para calcular la edad de los objetos por medio del **método del carbono -14 (C – 14)**

La datación radiativa se usa para determinar la edad de objetos de interés arqueológico, se basa en el cálculo de la cantidad relativa o concentración de un isótopo inestable, de vida media relativamente larga.

El C- 14 se forma por la acción de los rayos cósmicos sobre el nitrógeno atmosférico, el C -14 se encuentra en el aire en forma de dióxido de carbono radiactivo en forma de gas que absorben las plantas y que incorporan a sus células, luego a través de la cadena trófica la totalidad, de los seres vivos absorben un porcentaje de este isótopo. Cuando esta planta o animal muere deja de intercambiar materia y energía con el medio, y el contenido de C -14 disminuye a través de sucesivas desintegraciones nucleares, transformándose el C-14 en N -14 y emitiendo radiación β . Pasados 5730 años (vida media del C -14) de la muerte del organismo , el contenido de C – 14 disminuye a la mitad , por lo tanto después de dos períodos de vida media (11.460 años) quedará

la cuarta parte del contenido original, después de tres períodos la octava parte y así sucesivamente. Cuanto menor es la cantidad de C- 14 que queda en el organismo muerto u objeto arqueológico, más antiguo es.

ENERGIA NUCLEAR

¿Confundido por los núcleos nucleares, recipientes de contención y sistemas de enfriamiento? Aquí encontrará algunas explicaciones para ayudarlo a comprender cómo funciona la energía nuclear, lo que realmente significa la fusión de un reactor nuclear y cuáles son los riesgos de la radiación.

La crisis nuclear de Japón provoca dudas, temores y estallidos de histeria. Titulares tales como “explosión nuclear” y “Apocalipsis” no ayudan. Tampoco lo hace la historia de la industria nuclear envuelta en secretos y encubrimientos.

Por lo tanto, aquí se encuentra la terminología con la que tal vez se haya encontrado desde que el tsunami del 11 de marzo de 2011 llevó a la planta nuclear de Fukushima Daiichi al borde de la catástrofe.

¿Qué provoca una reacción nuclear?

Las reacciones de las plantas nucleares son reacciones de “fisión”. La fisión es la división del núcleo de un átomo de un metal pesado (por lo general, uranio o plutonio). Se obtiene al bombardear los átomos con neutrones.

La fisión genera enormes cantidades de energía bajo la forma de calor. Además, genera rayos gama radiactivos y neutrones que circulan velozmente alrededor del núcleo del reactor provocando más fisión a medida que colisionan con otros átomos y de esta manera crean una “reacción en cadena”.

En una estación de energía nuclear la reacción en cadena se controla mediante la absorción de una cantidad de los neutrones producidos. En una bomba nuclear, la reacción en cadena provoca una explosión.

¿De qué manera genera electricidad un reactor nuclear?

La fisión nuclear en el núcleo del reactor genera calor. Un refrigerante que circula alrededor de ese núcleo absorbe ese calor, que luego es utilizado para hervir agua. El vapor resultante hace girar turbinas que luego hacen girar generadores eléctricos.

Existen diversos tipos de reactores en uso. La mayoría utilizan agua como refrigerante, como el de Fukushima. Otros tipos de reactores utilizan metal líquido, gas o sal derretida.

¿Qué hace el núcleo de un reactor?

Esta es la parte central de un reactor nuclear. Los reactores están compuestos de varias estructuras que descansan unas dentro de las otras. En el centro, se encuentra el núcleo, que está encerrado dentro de un recipiente de reactor que, a su vez, está encerrado dentro de un recipiente de contención, que a su vez descansa dentro del edificio que es visto desde afuera.

El núcleo contiene el combustible de la reacción nuclear y también puede contener el “moderador” como, por ejemplo, el agua o el grafito que ayuda a controlar la fisión nuclear al desacelerar los neutrones producidos.

El reactor de agua en ebullición, (BWR, por sus siglas en inglés) en la planta de energía de Fukushima utiliza el agua como moderador y como refrigerante. El agua en ebullición dentro del núcleo del reactor genera el vapor.

¿Cómo funciona el sistema de enfriamiento?

Depende del diseño del reactor. Los reactores como los de Fukushima fueron diseñados en los años 60 y cuentan con bombas, válvulas y motores para hacer circular el agua de refrigeración a través del sistema. Estas bombas fallaron luego del terremoto del 11 de marzo y el tsunami dejó a la planta sin electricidad.

Los diseños más modernos poseen menos bombas, válvulas y motores y tienden a funcionar con características que utilizan fuerzas naturales como la gravedad, la circulación o la evaporación en lugar de sistemas activos que necesitan de la energía eléctrica para funcionar.



¿Qué son las barras de combustible?

Estos son unos tubos largos de metal que contienen las pastillas cerámicas de combustible de uranio o de plutonio que sostienen la reacción nuclear. Estas barras se cargan dentro del núcleo del reactor. En Fukushima, los reactores utilizan las pastillas cerámicas de óxido de uranio contenidas dentro de tubos de aleación de circonio.

Debido a que se calientan muchísimo durante el proceso de la fisión nuclear y a que el circonio reacciona con el vapor produciendo aún más calor, las barras de combustible deben estar cubiertas por un refrigerante como el agua o, de lo contrario, se pueden recalentar.

¿Cómo se apaga un reactor?

Las barras de control (a menudo de grafito) se insertan dentro del núcleo del reactor al lado de las barras de combustible. Las barras de control están diseñadas para absorber los neutrones generados durante la fisión dentro del núcleo, para que de esta manera, se pueda disminuir o detener las reacciones en cadena.

Cuando se produce el terremoto del 11 de marzo, las barras de control fueron insertadas automáticamente en los reactores de Fukushima y, de esta manera, detuvieron las reacciones en cadena.

¿Qué es una fusión?

Si las barras de combustible no están cubiertas de agua, éstas se recalentarán debido al proceso de fisión. Este calor puede derretir las barras de combustible.

En Fukushima, las barras de combustible quedaron expuestas al aire debido a que el agua en el núcleo se evaporó, pero no se podía bombear más agua debido a la presión del vapor.

Las barras se recalentaron y el revestimiento de circonio se dañó debido a que el vapor goteaba gases e hidrógeno radiactivos. El hidrógeno acumulado sería probablemente el causante de las explosiones en los reactores.

Esta “fusión parcial” posiblemente no haya perjudicado al combustible nuclear en sí. En el peor de los casos, si se produce una fusión completa, las pastillas cerámicas de combustible se derriten y atraviesan el fondo del recipiente del reactor y caen sobre la base del recipiente de contención.

¿Qué es el recipiente de contención?

Es una unidad sellada de acero y concreto reforzado que contiene al recipiente del reactor. Esto constituye la última barrera de las filtraciones radiactivas hacia la estructura externa.

En Fukushima, algunas de las estructuras externas han sido dañadas a causa de las explosiones por lo que los recipientes de contención quedan expuestos al medioambiente. En Chernóbil no existía un recipiente de contención.

¿Qué diferencia existe entre radiación y radiactividad?

La radiactividad es la descomposición del núcleo de un átomo inestable, convirtiendo a ese átomo en una nueva forma, o isótopo, del mismo elemento o de un elemento diferente en su conjunto.

Los átomos inestables existen de manera natural (como en las rocas graníticas) y se descomponen por su cuenta, pero la fisión nuclear es una forma acelerada de descomposición radiactiva.

Por ejemplo, el uranio en descomposición se puede convertir en cesio o yodo: las partículas de cualquiera de estos dos elementos han sido detectadas cerca de la planta de energía nuclear de Fukushima.

La descomposición radiactiva emite radiación, ondas electromagnéticas o partículas sub-atómicas como las partículas alfa, beta y rayos gama.

En Fukushima, el miedo ulterior es que los productos radiactivos de la fisión se escapen y emanen reiteradamente radiación, a medida que se descomponen una y otra vez a lo largo de los años.

¿Cuándo es la radiactividad peligrosa para la salud humana?

Cuando existen grandes dosis de partículas alfa, beta y rayos gama de “yodo”: este tipo de radiación puede crear iones que alteran el ADN dentro del organismo posiblemente provocando daño y mutación en las células.

La radiación es un hecho de la vida que surge a partir de la corteza terrestre y de la radiación cósmica. Un ser humano normal recibe 2 milisievert de esta “radiación de fondo” por año, pero puede llegar hasta unos 50 milisievert anuales en algunas partes del mundo. Una radiografía de la columna genera aproximadamente 1 milisievert de radiación.

Solamente cuando los niveles de radiación alcanzan varios cientos de veces el nivel de la cantidad de la radiación de fondo, se produce una amenaza para la salud humana.

En Fukushima, se han encontrado niveles de hasta 400 mili sievert por hora, 20 veces por encima del límite recomendado por año para los operarios de la planta de energía, obligando al cierre temporal de la planta.

Pero, la radiación se disipa rápidamente, motivo por el cual las mediciones de la radiación en la planta han fluctuado de manera tan inesperada, a veces reduciéndose a 20 mili sievert por hora? solamente unas pocas veces más intensa que la que se experimenta en un avión.

¿Cuál es el grado de gravedad del incidente de Fukushima comparado con otros accidentes nucleares?

La Escala Internacional de Eventos Nucleares (INES, por sus siglas en inglés) desarrollada por la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA, por sus siglas en inglés), identifica la gravedad de los accidentes nucleares. Esta va de un nivel 1, que indica un nivel de poca peligrosidad para la población en general, hasta un nivel 7, un “accidente mayor”, con una liberación importante de material radiactivo y efectos extendidos hacia la salud y el medioambiente.

De acuerdo con el Instituto de Ciencia y Seguridad Internacional (ISIS, por sus siglas en inglés) de Washington, el incidente de Fukushima pasó de un accidente de nivel 4 inicial a un incidente de nivel 6, encontrándose entre el nivel 5 de la fusión nuclear del reactor de Three Mile Island en 1979 y el nivel 7 de la explosión de Chernóbil en 1986.

Fuentes: Asociación Nuclear Mundial, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Agencia Internacional de Energía Atómica, la cadena BBC, el diario Kyodo News, el diario New York Times

La crisis nuclear más importante desde Chernóbil hace resurgir dudas y miedos acerca de la energía atómica. ¿Qué falló en Japón? El profesor Andrew Sherry, director del Dalton Nuclear Institute de la Universidad de Manchester, explica de qué manera un tsunami causó estragos.

¿Qué fue lo que sucedió en la planta nuclear Nº 1 cuando fue dañada por el terremoto y por el tsunami?

Cuando el terremoto se desató, todos los reactores reaccionaron según la forma en que fueron diseñados. Las barras de control ingresaron en los núcleos del reactor y disminuyeron el proceso de la reacción nuclear.

Pero los núcleos aún poseen calor residual en su interior que disminuye con el tiempo. El calor desciende con agua de enfriamiento que circula alrededor del reactor por medio de bombas.

Se quedaron sin la electricidad necesaria para el funcionamiento de las bombas. Los generadores de resguardo alimentados con diesel entraron en funcionamiento de acuerdo con la manera en que habían sido diseñados, pero el tsunami arrasó esos generadores. La energía de las baterías de resguardo no fue suficiente.

¿Es decir que la causa principal radica sencillamente en que unos generadores diesel se llenaron de agua?

Creo que sí. Era necesario que se conectaran a otra fuente de energía. Mientras estaban haciéndolo, el calor del núcleo hizo hervir el agua de enfriamiento. A medida que el agua hervía, aumentó la presión y, por lo tanto, fue necesario ventilar una parte del vapor resultante hacia la capa externa del reactor.

Así como cuando dejamos hervir el agua en una pava por mucho tiempo, el agua se evaporó dejando expuesta a la parte superior del núcleo del reactor N° 1. Ese núcleo está compuesto de pastillas cerámicas de óxido de uranio revestidas de circonio. Al entregar en contacto con el vapor, el circonio reacciona y emana hidrógeno en forma de gas.

Por lo tanto, al ventilar el vapor también se liberó el hidrógeno: el origen de las dos dramáticas explosiones que vimos afectar a los reactores 1 y 3 (el 12 y 14 de marzo).

Esas explosiones parecían catastróficas. ¿Cuánta radiactividad liberaron?

Imagine a un reactor como una serie de muñecas rusas que se insertan unas dentro de otras. Cada una de ellas constituye una barrera para impedir la liberación de la radiactividad. En estos reactores existen cinco barreras.

Primero, se encuentran las pastillas cerámicas de combustible mismas, que retiene la mayor cantidad de los productos radiactivos. Segundo, se encuentra el revestimiento de la aleación del circonio dentro del cual se encuentran las pastillas cerámicas. Tercero, se encuentra el recipiente de presión del reactor. Cuarto, se encuentra la estructura de contención de concreto reforzado con revestimiento de acero. En quinto lugar, se encuentra la estructura hermética.

Lo que vimos en esas explosiones era el quinto contenedor soplando hacia fuera hasta que no hubiera un espacio entre el recipiente de contención o el recipiente de presión del reactor.

La única liberación de radiación se debió a la ventilación del vapor, alrededor de 8 a 10 veces más que el promedio de los niveles de radiación de fondo, que son normales en algunas partes del mundo. Creo que hemos visto algo de yodo radiactivo y un poco de cesio y de estroncio en cantidades muy pequeñas.

“Chernóbil fue una explosión desde el núcleo hacia fuera. En el peor de los casos, aquí nos encontramos con un núcleo derretido que se hunde y contamina la tierra debajo de la estructura del reactor”.

Si ese es el caso, entonces ¿por qué el gobierno le ha pedido a la gente que permanezca en sus casas?

Eso fue motivado por el incendio en el reactor 4 (15 de marzo) que provocó una cierta cantidad de liberación de radiactividad.

El segundo hecho fue otra explosión, esta vez en el reactor 2 (marzo 15), que parece ser diferente de las explosiones que tuvieron lugar en los reactores 1 y 3. El momento de la explosión coincidió con una caída en la presión dentro de un componente que asiste con el control de la presión dentro del sistema.

Este componente extrae los productos radiactivos dentro del vapor a medida que el vapor se condensa y se transforma en agua y, por lo tanto, una pérdida de esta estructura habría liberado más vapor radiactivo que en el proceso de ventilación deliberado.

¿Cómo pueden las personas limitar su exposición a la radiación?

Hay dos cosas que las personas deben hacer: impedir que las partículas radiactivas entren en contacto con la piel y evitar la ingestión de las partículas radiactivas. Por lo tanto, permanecer dentro de su casa es vital. Las autoridades están entregando comprimidos de yodo: el yodo radiactivo es la causa principal del cáncer de tiroides y el yodo no radiactivo puede impedir que eso suceda.

¿Cómo afectan estas explosiones al núcleo del reactor y al sistema de enfriamiento?

La prioridad es mantener al núcleo en proceso de enfriamiento y mantener elevados niveles de agua. La verdadera dificultad que tienen consiste en inyectar en el reactor agua de mar para su enfriamiento a la vez que la presión es muy elevada debido a que el agua está hirviendo. No pueden hacer ingresar el agua sin antes liberar la presión mediante la ventilación (y arriesgarse a que ocurra otra explosión de hidrógeno).

Si no logran enfriar el núcleo, se recalentará y el revestimiento de circonio podría colapsar y provocar el derretimiento del núcleo, después de lo cual se filtraría dentro de la cuenca de drenaje del recipiente de presión del reactor.

La preocupación ulterior consiste en que el núcleo podría fundirse a través del recipiente de presión del reactor dentro de la estructura de almacenamiento y que con la liberación de la presión el problema se agrave.



¿Podría producirse otra explosión que lance el material nuclear en el aire como en Chernóbil?

Este es un sistema de reactores muy diferente. Mi parecer es que eso es muy, pero muy improbable.

Chernóbil fue una explosión desde el núcleo hacia fuera. En el peor de los casos, aquí nos encontramos con un núcleo derretido que se hunde y contamina la tierra debajo de la estructura del reactor.

En el mejor de los casos podrán completar el enfriamiento del núcleo hasta un nivel adecuado. Cada día que pasa debería mejorar debido a que este es un calor residual.

¿Existen mejores y más confiables diseños de sistemas de enfriamiento?

Existen otros métodos. Este reactor fue diseñado en los años 60, pero los modernos reactores de agua en ebullición poseen sistemas pasivos de seguridad que utilizan la gravedad y la convección natural para enfriar el núcleo, sin necesidad de utilizar energía eléctrica para nada.

Estos sistemas utilizan la convección natural (el agua caliente sube mientras que el agua fría baja) que genera circulación de agua a través del núcleo. Existen sistemas de resguardo para los reservorios de agua que se cargan con la gravedad; por lo tanto, si hubiera un corte de energía las válvulas se abren automáticamente y el agua desciende al reactor.

Japón es un país propenso a sufrir terremotos, por lo tanto, ¿no son estos reactores demasiado vulnerables para ser seguros?

En este caso, tenemos una planta de reactores con 40 años de antigüedad que acaba de atravesar el terremoto más grande que jamás haya sufrido Japón. En principio, hicieron lo que debían hacer. El desafío consiste en controlar el calor residual del núcleo.

Estos reactores han sido diseñados para sobrellevar terremotos y tsunamis pero, este terremoto y tsunami han sido mayores que lo previsto por los estándares de diseño. Se sobrepuso al terremoto y el terremoto no fue el problema: fue el tsunami el que arrasó con los generadores diesel.

Actividades Propuestas

Selección Única: Cada respuesta correcta vale 1 punto

1,- Un elemento radiactivo se caracteriza porque:

- a) está formado por átomos con núcleos estables
- b) se desintegra en sucesivas etapas emitiendo radiaciones
- c) se transforma en otros núcleos que son inestables
- d) su núcleo tiene un exceso de protones

2.- Para completar la siguiente serie radiactiva:

${}_{92}\text{U}^{234} \rightarrow {}_{90}\text{Th}^{230} \rightarrow {}_{88}\text{Ra}^{226} \rightarrow {}_{86}\text{Rn}^{222} \rightarrow {}_{84}\text{Po}^{218}$ se debe escribir sobre las fechas de izquierda a derecha:

- a) α , α , β^- , β^-
- b) α , β^- , β^-
- c) α , α , α , α
- d) α , β^-

3.- Para referirse a la velocidad con que ocurren las desintegraciones nucleares se utiliza el concepto:

- a) emisiones radiactivas
- b) energía nuclear
- c) tiempo de vida media
- d) serie radiactiva

4.- La vida media del $\text{Co}-60$ es de 5,3 años ¿Qué cantidad de una muestra de 10 g de cobalto queda después de 21,2 años?

- a) 1,125 g
- b) 0,625 g
- c) 5,3 años
- d) 8,25 años

5.- ¿Qué opción ordena las emisiones radiactivas α , β y γ según su orden de penetración en un sólido?

- a) $\gamma > \beta > \alpha$
- b) $\alpha > \beta > \gamma$
- c) $\beta > \gamma > \alpha$
- d) $\beta > \alpha > \gamma$

6.- El isótopo de ${}_{53}\text{I}^{131}$ usado en medicina para medir la actividad de la glándula tiroides, tiene una vida media de 8 días, Esto implica que el isótopo decae:

- a) totalmente en 6 días
- b) a la mitad en 4 días
- c) a la mitad en 8 días
- d) totalmente en 24 días

7.- Después de 6 años, los 16 g de una muestra de un elemento radiactivo quedan reducidos a 2 g. Por lo tanto, su período de semidesintegración (vida media) es:

- a) 3 años
- b) 6 años
- c) 4 años
- d) 2 años

8.- Si la vida media de un isótopo radiactivo es de una semana ¿Qué fracción de material quedará sin decaer después de tres semanas?

- a) la mitad
- b) la tercera parte
- c) la sexta parte
- d) la octava parte

9.- En el decaimiento radiactivo del U -238 (ver esquema del apoyo bibliográfico) ¿Qué elemento resulta tras la emisión de las siguientes partículas α - β^- - β^- - α

- a) Th - 230
- b) U -231
- c) Pa - 234
- d) Th - 234

10.- El U -234 alcanza su estabilidad nuclear cuando se transforma en:

- a) Po - 210
- b) Pb - 206
- c) Pb - 210
- d) Th - 234

11.- La edad de un objeto arqueológico se puede calcular a través de:

- a) cálculo de su vida media
- b) de la desintegración del objeto en cuestión
- c) el método del C- 14
- d) el método del N – 14

12.- La datación radiactiva se usa para:

I, - determinar la edad de objetos de interés arqueológicos

II, - determinar la vida media de un elemento radiactivo

III.- determinar el decaimiento radiactivo de un elemento

- a) Solo I
- b) solo II
- c) solo III
- d) solo I y II