

REPARTIDO TEÓRICO QUÍMICA

RADIATIVIDAD

2do. año Bachillerato Diversificado
Biológico - Científico

DIFERENCIAS ENTRE LAS REACCIONES NUCLEARES Y QUÍMICAS DE LABORATORIO

Reacciones Nucleares:

- * Tienen origen en el núcleo, por los cambios que ocurren en él.
- * Los isótopos de un mismo elemento se comportan de diferente manera, pues hay estables e inestables.
- * La radiactividad nuclear es independiente del estado de combinación.
- * Implican la conversión de un elemento en otro siempre que cambie el número de protones.
- * La energía liberada en un proceso nuclear, libera gran cantidad de energía.

Reacciones Químicas:

- * Implican cambios en la estructura electrónica de los átomos o moléculas.
- * Los diferentes isótopos muestran similar comportamiento químico porque sus propiedades químicas son similares.
- * En las reacciones químicas el estado de combinación condiciona el comportamiento.
- * En una reacción química los elementos se conservan, lo que quiere decir es que el número de protones nunca cambia.
- * Si bien en las reacciones comunes algunos procesos son muy exotérmicos, no alcanza la energía liberada en los procesos nucleares.

ESTABILIDAD NUCLEAR

Un nucleido **es estable** cuando no emite espontáneamente radiaciones y por lo tanto no se convierte en un nucleido diferente. En la actualidad se conocen 1500 nucleidos y algo menos de 300 son estables, o sea que, no presentan tendencia a descomponerse o a cambiar con el tiempo.

Se llaman **nucleidos radiactivos** a aquellos que emiten radiaciones, sufren transformaciones sin que se les aporte energía y se dice que son radiactivos como consecuencia del proceso de desintegración nuclear (emisión de partículas y/o radiaciones), los átomos de los elementos radiactivos se transforman en otros diferentes, en muchos casos puede ocurrir que un núcleo se transmute en otro que a su vez es radiactivo produciéndose una cadena de desintegraciones hasta llegar a un núcleo estable.

Con respecto a la estabilidad, se han hecho una serie de observaciones experimentales:

- * Los núcleos que tienen un número de neutrones o protones igual a: 2 – 8 -20 – 28 – 50 – 82 - 126 son particularmente estables.
- * Los núcleos formados por número par de protones y neutrones, son particularmente estables y abundantes.
- * Los núcleos que tienen igual número de protones que de neutrones, son siempre estables.
- * La relación entre neutrones y protones $\left(\frac{n^{\circ}}{P^{+}}\right)$ necesaria para la estabilidad cambia con el número atómico (Z). Para los elementos ligeros (Z < 20) la relación es próxima a 1 pero a medida que Z aumenta, esta relación crece alcanzando valores de 1,5 en los elementos pesados.

RADIATIVIDAD

Un núcleo inestable produce una reacción llamada desintegración o descomposición radiactiva. La desintegración puede ser natural o artificial (inducida). Es importante conocer la naturaleza de la radiación y el efecto que tiene en los seres humanos. Las radiaciones pueden ser, alfa (α), beta (β) y gama (γ).

Propiedades generales de las radiaciones:

Ionizan el aire al chocar con él, excitan la luminiscencia de cierta sustancia, producen efectos mecánicos caloríficos y químicos. Al emitirse estas partículas las sustancias radiactivas se transforman en otras.

Partícula Alfa (α)

- * Son núcleos de Helio ${}^4_2\text{He} = {}^4_2\alpha$
- * Posee dos protones y dos neutrones.
- * Su velocidad es de $2,0 \times 10^7 \text{ m/s}$
- * Tiene poder de penetración de una hoja de papel o de 0,1 mm de aluminio.
- * Forman parte del núcleo antes de ser emitidos o sea que los protones y los neutrones de un determinado núcleo puede agruparse y formar partícula alfa.
- * La desintegración alfa **es típica de los elementos con número atómico mayor a 82.**
- * Cuando un núcleo emite una partícula alfa su número másico disminuye en cuatro unidades y su número atómico disminuye en dos unidades.



Partícula Beta (β)

- * Las partículas beta tienen la característica de los electrones.
- * Tienen una velocidad aproximada de $2,7 \times 10^8 \text{ m/s}$
- * Los rayos beta pueden atravesar solo a 1 cm de la piel.
- * Se frenan mediante unos pocos milímetros de material ligero (5,0 mm de Aluminio o 1,0 mm de Plomo), o en varios metros de aire dependiendo de la energía de los mismos.
- * La partícula ${}^0_-\beta = {}^0_-\text{e}$, es un electrón que procede de la descomposición de un neutrón en un protón y este en electrón: ${}^1_0\text{n} \rightarrow {}^0_-\text{e} + {}^1_+\text{P}$



- * Existe también la emisión de partículas ${}^0_+\beta = {}^0_+\text{e}$ (Positrón)
- * Las partículas β^+ son como electrones positivos, que tienen origen exclusivamente en el núcleo. En este tipo de emisión ocurre la transformación de un protón en un neutrón y en el positrón: ${}^1_+\text{P} \rightarrow {}^1_0\text{n} + {}^0_+\text{e}$



Radiaciones gama (γ)

Son radiaciones electromagnéticas de longitud de onda muy corta a través de la cual los núcleos emiten energía como consecuencia de la desexcitación de los mismos, su carga vale 0.

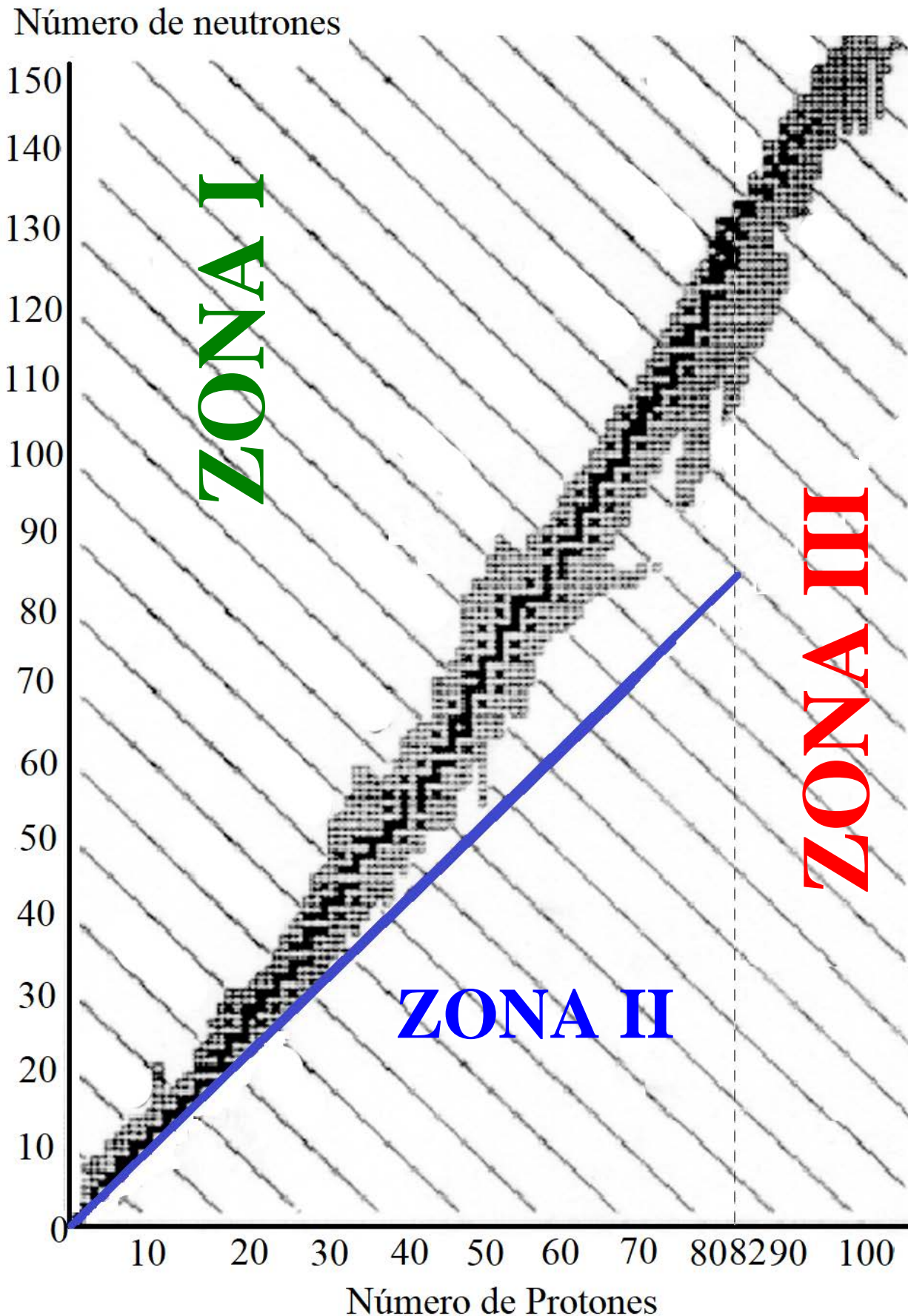
Su poder de penetración es de 5,0 a 15 mm de Acero. Los rayos gama son muy peligrosos porque penetran los tejidos humanos al igual que los rayos X, pero la gama es más difícil de blindar. En cada uno de los procesos de emisión alfa o beta, el núcleo formado está excitado y alcanza el estado normal emitiendo rayos gama.

La emisión gama no produce ningún cambio ni en el número másico ni en el número atómico y es por esta razón que se omiten de escribir en los procesos de desintegración.



La gráfica conocida como cinturón de estabilidad nuclear, muestra el número de neutrones en función del número de protones de todos los nucleidos conocidos. Con ella podemos predecir la estabilidad de los núcleos atómicos y el tipo de desintegración radiactiva que sufrirá.

Los núcleos situados fuera de la banda de estabilidad son inestables y se descomponen, emitiendo radiactividad, hasta convertirse en núcleos estables con una relación neutrón-protón adecuada.



Zona I: La relación $\frac{n^\circ}{P^+} > \frac{n^\circ}{P^+}$, en esta zona la relación $\frac{n^\circ}{P^+} > 1$

Para que este núcleo inestable alcance la estabilidad deberá:

- * **Aumentar el número de protones**
- * **Disminuir el número de neutrones**

Emiten radiación β^- : ${}^1_0n \rightarrow {}^0_{-1}e + {}^1_+P$

Zona II: La relación $\frac{n^\circ}{P^+} < \frac{n^\circ}{P^+}$, en esta zona la relación $\frac{n^\circ}{P^+} < 1$

Para que este núcleo inestable alcance la estabilidad **se deberá disminuir el número de protones o aumentar el número de neutrones.**

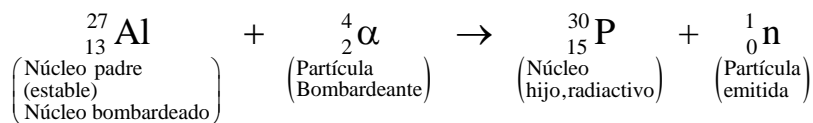
Emiten radiación β^+ ${}^1_+P \rightarrow {}^1_0n + {}^0_+e$

En esta zona la relación $\left(\frac{n^\circ}{P^+}\right)$ del inestable puede hacerse por medio de un segundo procedimiento denominado **captura electrónica**. En este proceso un protón del núcleo captura a un electrón orbital de la capa más cercana. De esta manera el protón se convierte en un neutrón. Como consecuencia de la captura del electrón por parte del núcleo, queda una vacante en la capa electrónica correspondiente, la cual será ocupada por algún electrón proveniente de alguna órbita más externa. En la transición de los electrones se produce en algunos casos la emisión de un rayo X (puede ocurrir que no se produzca la emisión de tal rayo).

Zona III: Esta zona corresponde a los núcleos más pesados ($Z > 82$) y por lo tanto los núcleos se estabilizan emitiendo partículas alfa (α). En esta zona $\frac{n^\circ}{P^+} > 1,5$.

RADIATIVIDAD INDUCIDA (Artificial) REACCIONES DE BOMBARDEO

Se han obtenido alrededor de 1500 isótopos radiactivos y la gran mayoría de ellos se obtuvieron por reacciones de bombardeo, **en las que un núcleo estable (no radiactivo) se convierte en otro radiactivo**. El número de isótopos de distintos elementos, puede variar de 1 a 34. Los primeros isótopos radiactivos fueron preparados en 1934 por Irene Lurie, junto a su esposo Frederik Joliot, lo consiguieron bombardeando isótopos estables con partículas alfa de alta energía y una de las reacciones fue:



Las reacciones β^+ no se ven en la radiactividad natural, pero es muy común entre los isótopos artificiales y fundamentalmente en los isótopos ligeros, es decir con bajo contenido de neutrones.

Las reacciones de bombardeo también se denominan **transmutaciones nucleares**.

En estas reacciones siempre se bombardea un núcleo con una partícula o radiación y se obtiene otro núcleo y otra partícula. Las variedades de las reacciones nucleares dependen de la naturaleza del blanco (núcleo bombardeado) y/o de la partícula incidente.

REACCIÓN DE FISIÓN NUCLEAR

Es el proceso en el cual un núcleo pesado ($A > 200$), se divide para formar núcleos más pequeños de masa intermedia y uno o más neutrones. Como el núcleo pesado es menos estable que sus productos, este proceso libera gran cantidad de energía. La primer reacción de fisión que se estudió fue la del ${}^{235}_{92}\text{U}$, bombardeado con neutrones lentos (de velocidad comparable a la de las moléculas de aire a temperatura ambiente). Esta es una reacción muy compleja ya que hay más de 30 elementos distintos en los productos de la fisión.

Una reacción representativa de la fisión es: ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{38}^{90}\text{Sr} + {}_{54}^{143}\text{Xe} + 3{}_0^1\text{n}$

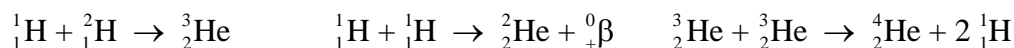
El ${}_{92}^{235}\text{U}$ supone un 0,7% del uranio natural existente. El ${}_{92}^{235}\text{U}$ es el más abundante, no produce reacción de fisión. Cuando se produce la fisión del ${}_{92}^{235}\text{U}$ se divide en dos fragmentos diferentes y se libera un número dado de neutrones y otras partículas.

Si se produce un exceso de neutrones ocurre una reacción en cadena. El proceso de fisión nuclear se complica por el hecho de que los diferentes átomos ${}_{92}^{235}\text{U}$, se pueden dividir de muchas maneras diferentes. La mayoría de los fragmentos primarios son radiactivos ya que tiene un excesivo número de neutrones y se desintegra por emisión de partícula β^- .

Reacción en cadena: En el proceso de fisión nuclear, se libera gran cantidad de energía y neutrones, los que poseen la energía apropiada pueden provocar la fisión de otros núcleos. En este proceso se vuelven a producir neutrones que fisionaron a nuevos núcleos incrementándose de esta manera la cantidad de neutrones, proceso que se denomina reacción en cadena.

REACCIÓN DE FUSIÓN NUCLEAR

Es la combinación de pequeños núcleos, para formar otros más grandes. Si dos núcleos ligeros se fusionan para formar uno más grande y estable, se liberará una considerable cantidad de energía en el proceso. La fusión nuclear ocurre continuamente en el sol, en donde las temperaturas alcanzan alrededor de $15 \times 10^6\text{°C}$. Se supone que se llevan a cabo las siguientes reacciones:



A las reacciones de fusión por la gran cantidad de energía que liberan, se les denomina **reacciones termonucleares**. La fusión representa una forma de energía, que podría terminar para siempre con el problema de los combustibles. Por el momento resulta difícil realizar la fusión, entre otras cosas por las altas temperaturas que se requieren para iniciar el proceso de fusión.

Resumen:

Reacción de desintegración: Núcleo padre radiactivo \rightarrow Núcleo hijo estable + α o β

Reacción inducida por bombardeo (Transmutación nuclear).

Núcleo padre estable + Partícula bombardeante \rightarrow Núcleo hijo + Partícula emitida (α o β)

Fisión nuclear:

Núcleo padre + ${}_0^1\text{n}$ \rightarrow Núcleo hijo + Núcleo hijo + Partícula emitida (α o β)

Fusión nuclear:

Núcleo liviano + Núcleo liviano \rightarrow Núcleo pesado y puede haber partícula emitida

RAPIDEZ (VELOCIDAD) DE DESINTEGRACIÓN RADIACTIVA

Se puede medir la rapidez de desintegración de una muestra radiactiva, contando el número de partículas emitidas por unidad de tiempo. Los instrumentos de medida de la radiactividad como los contadores de centelleo o Geiger. Es necesario al usar este tipo de instrumento la corrección de la radiación de fondo emitida por las fuentes naturales. De los estudios de la rapidez de desintegración de los isótopos radiactivos, surge que la misma es independiente de la temperatura. Las reacciones de desintegración radiactiva son los ejemplos más importantes de las reacciones de primer orden. Cuando una reacción es de primer orden, la rapidez con la cual se desintegra un isótopo es directamente proporcional a la cantidad del mismo ($R \propto [x]$).

$$r = \underset{\substack{\text{cte. de} \\ \text{desintegración}}}{\lambda} \cdot \underset{\substack{\text{Cantidad de} \\ \text{radioisótopo}}}{[x]}$$

Para las reacciones de primer orden se cumple que: $L \frac{[N]}{[N_0]} = -\lambda t$

N_0 = Cantidad inicial del radioisótopo

N = Cantidad residual (final) del radioisótopo luego de transcurrido un determinado tiempo.

Tiempo de vida media o Período de semidesintegración radiactiva:

La rapidez de desintegración se expresa con más frecuencia en términos de su vida media ($t_{1/2}$), que forma de la constante de rapidez de primer orden.

El tiempo de vida media es el período que se necesita para que se desintegre la mitad de la muestra inicial.

Para una reacción de primer orden se cumple: $t_{1/2} = \frac{L2}{\lambda}$

Demostración de la ecuación de tiempo de vida media:

$$L \frac{[N]}{[N_0]} = -\lambda \cdot t \Rightarrow [N] = \frac{[N_0]}{2} \Rightarrow L \frac{\cancel{[N_0]}}{2} = -\lambda t \Rightarrow L \frac{1}{2} = -\lambda t \Rightarrow L2 = \lambda t \Rightarrow t_{1/2} = \frac{L2}{\lambda}$$

Los tiempos de vida media de los diferentes isótopos pueden variar mucho desde, por ejemplo $3,8 \times 10^{-4}$ s a por ejemplo $4,51 \times 10^3$ millones de años como el caso del ${}_{92}^{235}\text{U}$

En resumen, para los ejercicios se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$t_{1/2} = \frac{L2}{\lambda} \quad L \frac{[N]}{[N_0]} = -\lambda t \quad [N] = [N_0]e^{-\lambda t} \quad [N_0] = \frac{[N]}{e^{-\lambda t}}$$

* Para trabajar con “e” en la calculadora debemos hacer “Shift ln” ($-\lambda t$)