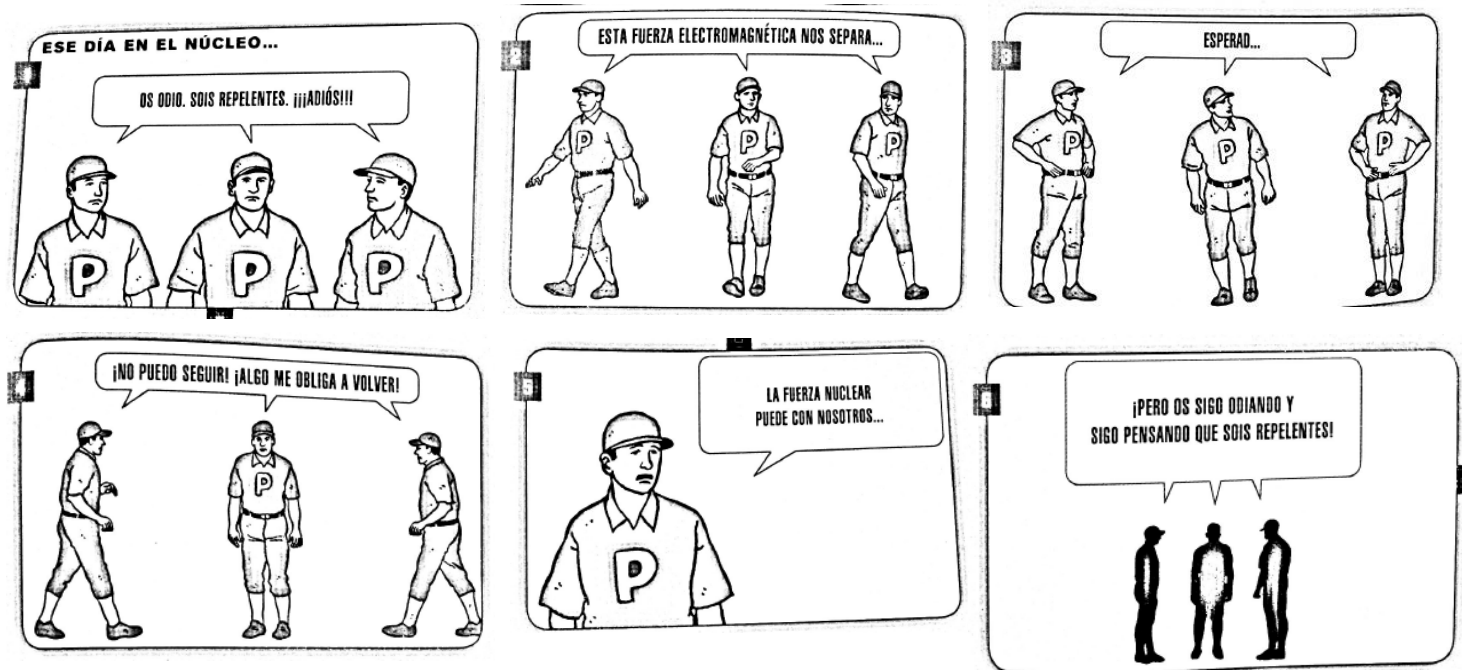


EL NÚCLEO ATÓMICO Y SUS TRANSFORMACIONES

Estructura del núcleo

El núcleo tiene una carga positiva debido a la presencia de los protones. El propio núcleo se mantiene unido gracias a la poderosa fuerza nuclear. Dentro de cada núcleo atómico, tiene lugar un conflicto muy intenso entre dos fuerzas poderosas: la fuerza electromagnética, que hace que cargas iguales (como los protones) se repelan y las cargas desiguales se atraigan, y la *fuerza nuclear, que mantiene unidos a los protones y neutrones*. Normalmente, la fuerza nuclear gana...



La masa del núcleo del átomo es siempre menor a la suma de las masas de los nucleones que la constituyen. La diferencia entre la masa observada del núcleo y la suma de las masas de los nucleones se llama defecto de masa (Δm), porque siempre se pierde cierta cantidad de masa cuando los nucleones se agrupan para formar el núcleo.

La pérdida de masa corresponde a la energía liberada en la formación del núcleo a partir de la cantidad necesaria de protones y neutrones, o lo que es lo mismo, la energía que se necesita para romper el núcleo en sus nucleones y se llama energía de enlace o de ligadura (ΔE).

Esta energía liberada es la que se requiere para vencer las fuerzas de repulsión entre protones y así mantenerse la cohesión del núcleo.

La energía de enlace se calcula a partir de la ecuación de Einstein: $E = m \cdot c^2$ siendo c la velocidad de la luz en el vacío cuyo valor es de $3,0 \times 10^8$ m/s.

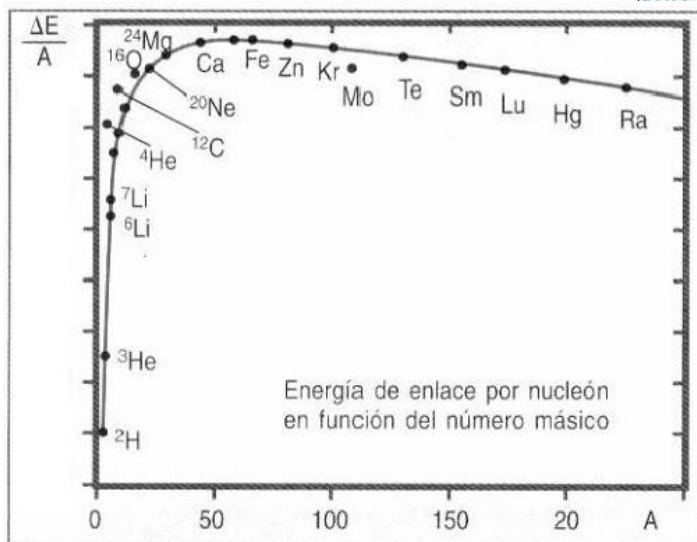
Energía de enlace o ligadura: $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$

Cuanto mayor es la energía de enlace, más estable es el núcleo. Las energías de enlace por nucleón (la energía de enlace de cada núcleo dividida entre el número total de nucleones de ese núcleo) son útiles para comparar la estabilidad de diferentes empaquetamientos de nucleones.



En el gráfico se observa la energía de enlace por nucleón ($\Delta E/A$) en función del número másico (A) y se observa que la magnitud de la energía de enlace por nucleón aumenta primero con el número másico y alcanza alrededor de $1.4 \times 10^{-12} \text{ J}$ para los núcleos cercanos al Fe-56, luego disminuye lentamente hasta alrededor de $1.2 \times 10^{-12} \text{ J}$ para los núcleos más pesados.

Esta tendencia indica que los nucleones en núcleos con número másico intermedio, están unidos con más fuerza (y por lo tanto son más estables) que los núcleos de número másico más pequeño o más grande.



Esta tendencia tiene dos consecuencias significativas: en primer lugar, los núcleos pesados ganan estabilidad, y por consiguiente, desprenden energía si se fragmentan en dos núcleos de tamaño mediano (**fisión**); segundo se liberan cantidades aún mayores de energía si los núcleos muy ligeros se combinan o fusionan entre sí para dar núcleos de mayor masa (**fusión**).

ACTIVIDAD 1: Calcula la energía de enlace nuclear por nucleón del Helio-4

Datos:
$m_{p^+} = 1,0073 \mu$
$m_{n^0} = 1,0087 \mu$
masa del núcleo de He experimental = $4,00150 \mu$
$1 \mu \sim 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Estabilidad nuclear

Si bien no existen reglas precisas que permitan predecir si un núcleo particular es estable o no, podemos establecer ciertas generalidades.

La relación óptima entre neutrones y protones, para que ocurran los diferentes tipos de intercambios responsables de las fuerzas nucleares, es uno para núcleos livianos.

Cuando el número de nucleones y por lo tanto el radio del núcleo es mayor, las fuerzas de repulsión comienzan a tener su efecto y el núcleo para estabilizarse necesita tener una relación de neutrones sobre protones mayor que uno.

Si graficamos el número de neutrones en función del número de protones en los nucleidos estables, observamos que los mismos se encuentran dentro de una zona denominada Curva de Segré o Curva de estabilidad; y a los nucleidos inestables en tres diferentes zonas según sus características:

Para los átomos estables de los elementos con número atómico bajo ($Z \leq 20$) el valor n^0/p^+ es 1 o cercano a 1, lo que indica una relación de $n^0 = p^+$.

Al aumentar el número de p^+ la línea de estabilidad se va desplazando hacia mayores relaciones $(n^0/p^+) > 1$, o sea que el número de neutrones aumenta más rápidamente que el de p^+ (al aumentar la carga nuclear).

A medida que aumenta el número atómico la relación n^0/p^+ tiende a ser mayor a 1. Esta relación se explica en que se necesitan mayor número de neutrones para contrarrestar la fuerte repulsión entre los protones y estabilizar el núcleo.



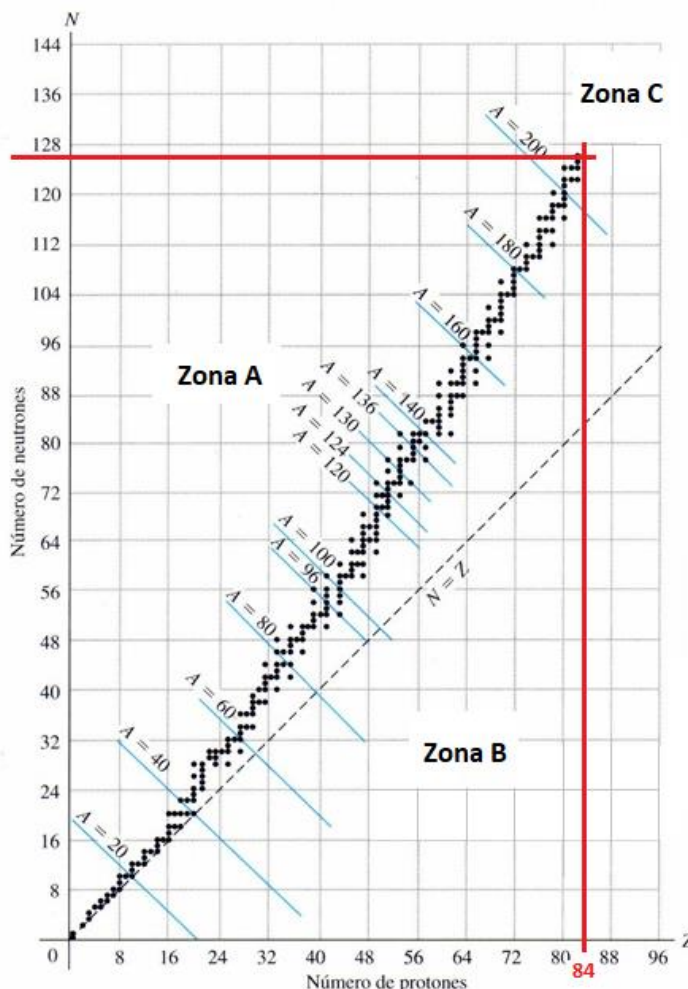
En esta grafica se distinguen tres zonas:

A. Por encima del cinturón: *Los núcleos inestables en esta zona son ricos en neutrones. Por lo tanto, deben aumentar el número de p^+ o disminuir el número de n^0 .*

B. Por debajo del cinturón: *Son núcleos ricos en protones, por tanto, para mejorar esa relación se debe aumentar n^0 o disminuir p^+ .*

C. Por encima de la faja ($Z \geq 84$) *Son todos núcleos inestables.*

La mayoría de los núcleos radiactivos quedan fuera de este cinturón, se transforman en núcleos estables emitiendo radiación.



ACTIVIDAD 2: En cada uno de los siguientes pares, indica qué nucleido crees que será más abundante en la naturaleza. Justifica la respuesta. (nota: utilizar la gráfica de estabilidad)

flúor-18 y flúor-19
hierro-57 y hierro-56

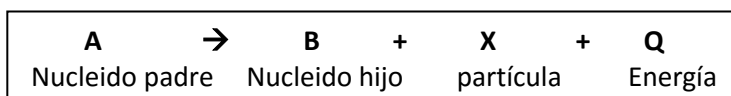
Radiactividad

Llamaremos RADIONUCLEIDOS o RADIOISOTOPOS a aquellos núcleos inestables. Pueden existir en la naturaleza o crearse en laboratorios. Son nucleidos que liberan radiación para formar otros nucleidos, que podrán ser más o menos estables.

Cuando emiten radiación, o se desintegran, de forma espontánea decimos que son RADIATIVOS.

Es así que definimos RADIATIVIDAD como la emisión espontánea de partículas y/o ondas electromagnéticas por parte de un núcleo inestable para transformarse en uno más estable. Decimos entonces que el núcleo se desintegra, o decae, acompañándose esta transformación de una gran liberación de energía ($\Delta E = \Delta m \cdot c^2$) por lo tanto una disminución en la masa del sistema.

El decaimiento radiactivo puede describirse en forma general mediante la ecuación:



Tipo de

desintegraciones

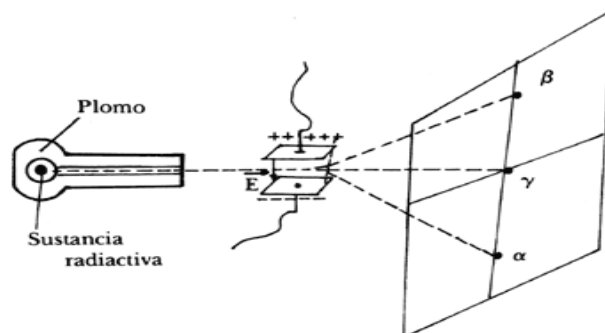
RECORDEMOS

NUCLEIDO: núcleos que se caracterizan por tener un determinado número de protones y neutrones.

ISOTOPOS: átomos de un mismo elemento con diferentes nucleidos, es decir diferente cantidad de neutrones.

En 1899 Rutherford identifica dos tipos de radiaciones que denomina α y β , plantea que la α es una radiación fácilmente absorbida y la β es más penetrante. En 1900, Villard demuestra que existe otra radiación muy penetrante denominada γ y que está compuesta de radiaciones electromagnéticas.

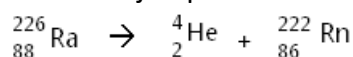
Cada tipo de radiación difiere en su respuesta a campos magnéticos y eléctricos. En un campo eléctrico la trayectoria de las partículas β se desvían mucho hacia el polo positivo mientras que las α lo hacen en menor medida hacia el polo negativo, los rayos γ no son desviados en absoluto. Esto indica que las partículas β tienen carga negativa, las α positivas (se desvían menos porque son más pesadas que las β) y los rayos γ son eléctricamente neutros.



Emisión alfa (α)

Son partículas con la masa de un núcleo de Helio, formadas por dos protones y dos neutrones. Su carga es +2 y su masa es elevada en comparación a las demás radiaciones. El núcleo resultante disminuye en dos unidades el número atómico y en cuatro el másico.

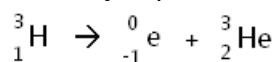
Ejemplo:



Emisión beta (β^-)

Son partículas con masa y carga igual a la de los electrones. Se desplazan a alta velocidad y son más penetrantes que las emisiones alfa.

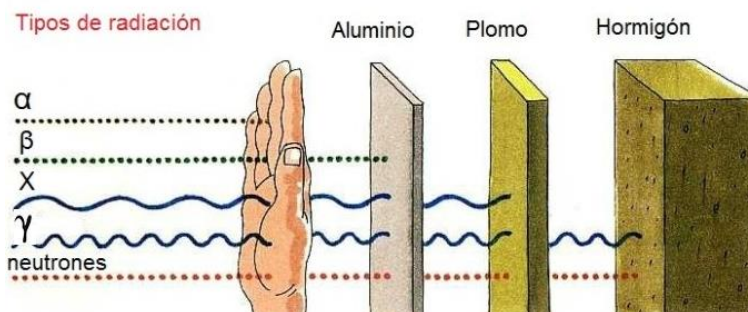
Ejemplo:



Emisión gamma (γ):

Son radiaciones electromagnéticas compuestas por fotones de alta energía. No se modifica el número atómico ni el másico. Casi siempre acompañan otra emisión radiactiva.

Poder de penetración de las emisiones:

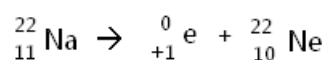


Otras emisiones:

Emisión de positrones:

Un positrón es una partícula con la masa de un electrón, pero de carga positiva.

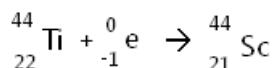
Ejemplo:



**Captura electrónica:**

Consiste en la captura de un electrón de la capa interna que rodea al núcleo. Este electrón se consume no se forma por lo que se muestra del lado de los reactivos

Ejemplo:



A tener en cuenta:

REACCIÓN QUÍMICA	REACCIÓN NUCLEAR
Los átomos se reorganizan por ruptura y formación de enlaces.	Los elementos (o isótopos de ellos) se interconvierten los unos en los otros.
Solo los electrones de la periferia están implicados en la ruptura y formación de enlaces	Pueden estar implicados protones, neutrones, electrones y otras partículas
La energía liberada o absorbida se da en pequeñas cantidades	Las energías liberadas o absorbidas son enormes
Isótopos del mismo elemento sufren las mismas reacciones químicas	Los núcleos de los isótopos del mismo elemento sufren diferentes reacciones nucleares
Se conserva la masa total y la de cada elemento químico presente	No se conserva la masa total y los elementos se transforman unos en otros
La velocidad de la reacción se ve afectada por la presión, temperatura, concentración, catalizadores	La velocidad de las reacciones generalmente no se ven afectadas por presión, temperatura, catalizadores; sólo por el número de núcleos

RESUMIENDO:

TIPO	GRADO DE PENETRACIÓN E IONIZACIÓN	VELOCIDAD	PARTÍCULA Y REPRESENTACIÓN	NÚMERO MÁSICO	CARGA
α	No penetrante pero ionizante	10% de c	Núcleo de He-4 ${}_{2}^{4}\text{He}^{2+}, {}_{2}^{4}\alpha, \alpha$	4	+2
β	Moderadamente penetrante e ionizante	Menos de 90% de c	Electrón ${}_{-1}^{0}\text{e}, \beta^{-}, \beta$	0	-1
γ	Muy penetrante pero poco ionizante. Generalmente acompaña a otras radiaciones	c	Fotón	0	0
β^{+}	Moderadamente penetrante	Menos de 90% de c	Positrón ${}_{+1}^{0}\text{e}, \beta^{+}$	0	+1
Captura electrónica (No es radiación nuclear pero se incluye para completar los tipos de reacciones nucleares)	-	-	Electrón ${}_{-1}^{0}\text{e}$	0	-1

ACTIVIDADES



1. Determina la energía de enlace y la energía de enlace por nucleón para:

- | | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| a. ^{12}C (12,000μ) | c. ^{62}Ni (61,928μ) |
| b. ^{35}Cl (34,95952μ) | d. ^7Li (7,01600μ) |

2. ¿Cuánta energía se debe suministrar para romper un solo núcleo de S-32 en protones y neutrones individuales si el núcleo tiene una masa de 31,95452 μ? ¿Cuánta energía se requiere por mol de este núcleo?

3. Completa las siguientes ecuaciones nucleares

- | | |
|--|---|
| a. $^{233}_{92}\text{U} \rightarrow \text{---} + ^{229}_{90}\text{Th}$ | d. $^{42}_{19}\text{K} \rightarrow \text{---} + ^{42}_{20}\text{Ca}$ |
| b. $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow ^0_{-1}\text{e} + \text{---}$ | e. $^{198}_{79}\text{Au} \rightarrow \text{---} + ^{198}_{80}\text{Hg}$ |
| c. $^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow ^4_2\text{He} + \text{---}$ | f. $^{239}_{94}\text{Pu} \rightarrow ^4_2\text{He} + \text{---}$ |

4. Un núcleo de U-235 se desintegra naturalmente hasta llegar a un isótopo estable. A esta cadena de reacciones nucleares se denomina serie radiactiva del uranio. Sabiendo que el orden de emisión es $\alpha \beta \beta \alpha \alpha \alpha \beta \alpha$: plantea la secuencia de las ecuaciones nucleares que correspondan.

5. Escribe las ecuaciones nucleares que representen los siguientes procesos

- Uranio-238 experimentando una descomposición alfa.
- Kriptón-85 experimentando una descomposición beta.
- Radón- 222 experimentando una descomposición alfa.
- Berilio-7 experimentando captura electrónica.
- Bismuto-214 experimentando una descomposición beta.
- Oro-195 experimentando una captura electrónica.
- Itrio-83 experimentando emisión de positrones.
- Oro-201 se desintegra a un isótopo del mercurio.

6. Determina la partícula que se emite y escribe la ecuación nuclear para los siguientes procesos:

- Sodio-24 a Magnesio-24
- Estaño-128 a Antimonio- 128
- U- 229 a Th-225

7. Para los siguientes nucleidos, que están fuera de la banda de estabilidad, determina qué tipo de desintegración sufrirán y plantea la ecuación de desintegración:

- Cobre-68
- Cadmio-103
- Xenón-140
- Berkelio-243

8. Investiga:

- ¿Qué es la radioterapia? ¿Cuáles los isótopos más utilizados en medicina?
- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del uso de radiactividad en medicina?
- ¿Qué es el CUDIM y dónde se encuentra?
- ¿Qué es lo que se hace en el CUDIM?
- Menciona algunas de las enfermedades que se pueden diagnosticar utilizando la técnica PET.



9. En la primera parte del siglo XX existía la creencia general de que el radio curaría muchas dolencias. Además de los usos mencionados en este sentido, al radio se le dio otros usos como por ejemplo en pinturas utilizadas para que los relojes e instrumentos de aviación fueran visibles en la oscuridad. En las fábricas donde se pintaban las esferas de relojes e instrumentos trabajaban básicamente mujeres jóvenes. Como consecuencia del procedimiento usado para pintar las esferas, muchas de estas trabajadoras comenzaron a sufrir graves enfermedades y algunas de ellas emprendieron una lucha para que se les reconociera que sus padecimientos se debían a las condiciones laborales. A estas mujeres se las conoce como “las chicas del radio”.

- ¿Cuál era el procedimiento usado para pintar las esferas de los relojes e instrumentos?
- En el organismo, ¿dónde se “fija” el radio principalmente? ¿Por qué?
- ¿Qué cambio positivo produjo este hecho en lo referente a las leyes de derecho laboral en Estados Unidos?

10. Investiga sobre la canción “Goiania” del dúo Larbanois Carrero y el texto “La Piedra Azul” de Eduardo Galeano. ¿A qué acontecimiento hacen referencia? Descríbelo.

11. Indica Verdadero o Falso:

- Los rayos gamma al pasar por un campo magnético sufren de desviación hacia el polo negativo. Respecto al poder de penetración (poder energético): rayos α > rayos β > rayos γ .
- Los rayos beta no poseen carga eléctrica y se propagan a la velocidad de la luz
- Efecto dañino sobre los seres vivos: γ > β > α

MATERIAL CONSULTADO:

- 🕒 Brown-Le May- Bursten . Química. La Ciencia Central..Ed. Prentice Hall. Quinta edición.
- 🕒 Raymond Chang. Química. Ed: Mc Graw Hill. Sexta edición.
- 🕒 Atkins y Jones. Principios de Química. Ed.Panamericana. Quinta edición
- 🕒 Fichas de trabajo Prof. Natalia Aschero
- 🕒 Fichas de trabajo Prof. Carina Banchemo
- 🕒 Fichas de trabajo Prof. Fernando Cabrera
- 🕒 Fichas de trabajo Prof. Denisse Casais
- 🕒 Fichas de trabajo Prof. Marisa Riera