

Algunos ejercicios resueltos del tema 8: Física nuclear. (I): Estabilidad nuclear.

Resumen para estas cuestiones:

Nucleido (núclido): Tipo de núcleo

$${}_Z^AX \quad Z(\text{nº atómico}) = \text{nº protones} \quad A(\text{nº másico}) = \text{nº protones} + \text{nº neutrones} \quad \text{nº neutrones} = A - Z$$

Isótopos: Átomos del mismo elemento con Z , pero distinto A .

Representación de las partículas: Protón: ${}_1^1H$, ${}_1^1p^+$ Neutrón: ${}_0^1n$ Electrón: ${}_{-1}^0e^-$

Estabilidad nuclear: Los nucleones (p, n) se mantienen unidos por la interacción nuclear fuerte.

La masa del núcleo es menor que la suma de las partículas que lo componen.

Defecto másico: $\Delta m = \sum m_{\text{partículas}} - m_{\text{Núcleo}}$ Se calcula en u (con todos los decimales) y se pasa a kg

Ese defecto másico se ha transformado en energía $\rightarrow$ **Energía de enlace** (energía desprendida al formarse el núcleo a partir de sus partículas) $E_e = \Delta m \cdot c^2$

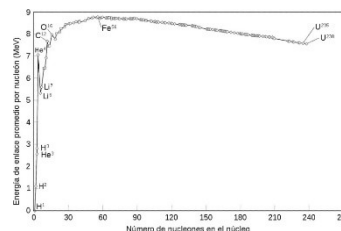
Energía de enlace por nucleón (E_n): Energía promedio desprendida por cada partícula al formarse el núcleo. $E_n = \frac{E_e}{A}$

E_n indica la estabilidad del núcleo (a mayor E_n , mayor estabilidad)

Núcleo más estable: Fe ($A = 56$)

Para núcleos más ligeros, la fusión (unión) desprende energía.

Para núcleos más pesados, la fisión (rotura) desprende energía.



2019. Suplente Junio. B.4

b) Los nucleidos ${}^{19}_9F$ y ${}^{131}_{53}I$ tienen una masa de 18,998403 u y 130,906126 u, respectivamente. Determine razonadamente cuál de ellos tiene mayor estabilidad nuclear.

$$m_p = 1,007276 \text{ u}; m_n = 1,008665 \text{ u}; 1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

La estabilidad de un núcleo viene determinada por su energía de enlace por nucleón (E_n), que es la energía promedio desprendida por cada partícula, al formarse el núcleo a partir de las mismas.

$$E_n = \frac{E_e}{A}$$

La energía de enlace se calcula a partir de la expresión de Einstein $E_e = \Delta m \cdot c^2$, donde Δm es el defecto másico $\Delta m = \sum m_{\text{partículas}} - m_{\text{Núcleo}}$, y c la velocidad de la luz en el vacío.

Así, aplicando estas expresiones a cada nucleido

${}^{19}_9F$: $Z = 9$, $A = 19$. $N = A - Z = 10$ Tiene 9 protones y 10 neutrones

$$\text{Defecto másico } \Delta m = 9 \cdot m({}_1^1p) + 10 \cdot m({}_0^1n) - m({}^{19}_9F) = 0,153731 \text{ u.}$$

$$\text{Pasamos a kg: } 0,153731 \text{ u} \cdot \frac{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} = 2,552 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

$$\text{La energía de enlace: } E_e = \Delta m \cdot c^2 = 2,552 \cdot 10^{-28} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2,297 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

$$\text{Y la energía de enlace por nucleón } E_n = \frac{E_e}{A} = \frac{2,297 \cdot 10^{-11} \text{ J}}{19} = 1,209 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

$^{131}_{53}\text{I}$ $Z = 53$, $A = 131$. $N = A - Z = 78$ Tiene 53 protones y 78 neutrones

Defecto másico $\Delta m = 53 \cdot m(^1_1\text{p}) + 78 \cdot m(^1_0\text{n}) - m(^{131}_{53}\text{I}) = 1,155372 \text{ u}$.

Pasamos a kg: $1,155372 \text{ u} \cdot \frac{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} = 1,918 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

La energía de enlace: $E_e = \Delta m \cdot c^2 = 1,918 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 1,726 \cdot 10^{-10} \text{ J}$

Y la energía de enlace por nucleón $E_n = \frac{E_e}{A} = \frac{2,297 \cdot 10^{-11} \text{ J}}{19} = 1,318 \cdot 10^{-12} \text{ J}$

Vemos que el $^{131}_{53}\text{I}$ es más estable que el $^{19}_9\text{F}$, al desprender una mayor energía de enlace por nucleón.

3.

b) Calcular la energía de enlace para cada uno de los nucleidos ^3_1H y ^3_2He e indicar cuál de ellos es más estable.

($m_{\text{He-3}} = 3,016029 \text{ u}$; $m_{\text{H-3}} = 3,016049 \text{ u}$; $m_n = 1,0086 \text{ u}$; $m_p = 1,0073 \text{ u}$; $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$)

b) Se entiende por energía de enlace nuclear (E_e) la energía desprendida al formarse el núcleo a partir de sus partículas por separado. Esta energía se debe a la pérdida de masa que sufren los nucleones al unirse, y se calcula con la expresión de Einstein $E_e = \Delta m \cdot c^2$, donde Δm es el defecto másico $\Delta m = \sum m_{\text{partículas}} - m_{\text{Núcleo}}$, y c la velocidad de la luz en el vacío.

Así, aplicando estas expresiones a cada nucleido

$$^3_1\text{H}: \Delta m = m(^1_1\text{p}) + 2 m(^1_0\text{n}) - m(^3_1\text{H}) = 0,008451 \text{ u} = 1,403 \cdot 10^{-29} \text{ kg} \rightarrow E_e = 1,263 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

$$^3_2\text{He} \Delta m = 2 m(^1_1\text{p}) + m(^1_0\text{n}) - m(^3_2\text{He}) = 0,007171 \text{ u} = 1,190 \cdot 10^{-29} \text{ kg} \rightarrow E_e = 1,071 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

La estabilidad de un núcleo nos lo indica la energía de enlace por nucleón, $E_n = \frac{E_e}{A}$, la energía promedio desprendida por cada partícula. Así:

$$^3_1\text{H}: E_n = \frac{1,263 \cdot 10^{-12} \text{ J}}{3} = 4,21 \cdot 10^{-13} \text{ J} ; \quad ^3_2\text{He}: E_n = \frac{1,071 \cdot 10^{-12} \text{ J}}{3} = 3,57 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

Vemos que el ^3_1H es más estable que el ^3_2He , al desprender una mayor energía de enlace por nucleón.

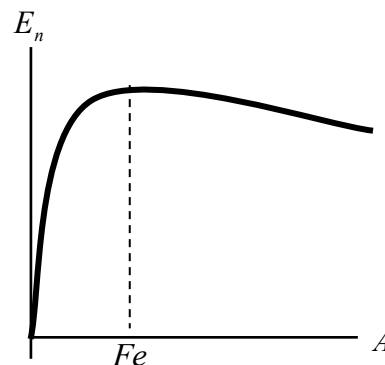
Junio 2009. B.2

b) Dibuje aproximadamente la gráfica que relaciona la energía de enlace por nucleón con el número másico y, a partir de ella, justifique por qué en una reacción de fisión se desprende energía.

b) La energía de enlace por nucleón (E_n) indica el promedio de energía desprendido por cada partícula (protón o neutrón) en la formación de un núcleo a partir de sus nucleones. También puede entenderse como la energía que es necesario suministrar a cada partícula para descomponer el núcleo. Es un buen indicador de la estabilidad del núcleo. Se calcula con la $E_n = \frac{E_e}{A}$,

siendo E_e la energía de enlace y A el número másico.

Representando la energía de enlace por nucleón en función del número másico, se obtiene una gráfica como la de la figura, en la que se observa que la E_n (y, por tanto, la estabilidad nuclear) aumenta con A para los elementos más ligeros y tiene un máximo para el elemento Hierro ($A = 56$), decreciendo suavemente para elementos más pesados.



La variación de energía en un proceso nuclear puede calcularse mediante un mecanismo sencillo: en primer lugar tendremos que suministrar energía (E_n) a las partículas de los núcleos iniciales para descomponerlos, y luego, al formarse los núcleos finales, cada partícula desprenderá una energía igual a su E_n correspondiente. Para que este proceso desprenda energía, la E_n de los productos debe ser mayor que la de los núcleos iniciales.

En una reacción de fisión, un núcleo se descompone en dos o más núcleos más pequeños (menor A) que el original, al ser bombardeado con partículas, normalmente neutrones.

Vemos en la gráfica que este proceso desprenderá energía sólo para núcleos pesados, de A elevado, ya que los núcleos resultantes estarán más arriba en la gráfica (tendrán mayor E_n). Es el caso del uranio, o el plutonio, usados en las centrales nucleares.

La fisión de elementos más ligeros no producirá desprendimiento de energía, ya que los núcleos resultantes tienen menor E_n que el núcleo inicial.