Las deformaciones y la energía coulombiana entre fragmentos de fisión

Modesto Montoya*

Instituto Peruano de Energía Nuclear, Dirección de Investigación y Desarrollo, Canadá 1479, San Borja, Lima, Perú

Resumen

En la fisión de baja energía del ^{236}U, sea i) EK_{max} el valor experimental de la energía cinética total máxima que alcanzan los pares de fragmentos, el más liviano de los cuales tiene A_L nucleones y Z_L protones; ii) Q_{max}, la energía disponible; e iii) EC_s la energía coulombiana de una configuración de escisión de estos dos fragmentos suponiendo que los fragmentos son esféricos y que la separación entre superficies es de 2 fm. Se observa que en general EC_s es mayor que Q_{max} y ($Q_{max} – E_{max}$) está correlacionado con ($EC_s – Q_{max}$). Se espera resultados similares para otros sistemas físiles.

Abstract

For the low energy fission of ^{236}U, let be i) EK_{max} the maximal value of total kinetic energy of fragments with the ligth one having A_L nucleons and Z_L protons; ii) Q_{max}, the corresponding available energy; and iii) EC_s the coulomb energy of a scission configuration assuming spherical fragments separated by 2 fm. One may observe that in general EC_s is larger than Q_{max} and ($Q_{max} – E_{max}$) is correlated with (EC_s -Q_{max}). Similar results are expected for other fissil systems.

1. Introducción

Desde el descubrimiento de la fisión nuclear [1] se está buscando explicar las estructuras finas en la distribución de masa y energía de los fragmentos. A.V. Andreev usa un modelo de la gota líquida corregida con una variable de tensión superficial y con el modelo de capas para calcular las energías de deformación de los fragmentos e interpretar dicha distribución para algunas fragmentaciones [2].

Las estructuras finas en la distribución de masa y energía cinética puede ser en gran parte explicada por los llamados efectos Coulomb [3 y 4]. En este trabajo, tomando el caso de la fisión de baja energía del ^{236}U, tratamos de explicar la tendencia de la curva del valor máximo de energía cinética total de los fragmentos (EK_{max}), en relación con la energía disponible Q_{max}, y la energía coulombiana de una configuración de escisión de estos dos fragmentos suponiendo que son esféricos y que la separación entre superficies es de 2 fm (EC_s).

2. Relación entre EK_{max}, Q_{max} y (EC_s).

Usando el método de la diferencias de tiempo de vuelo (Δt) tiempos de vuelo para separar las masas y detectores sólidos para medir la energía de los fragmentos puede se ha obtenido un conjunto de 3,2 $\times 10^6$ eventos Ref. [5].

Primero, tomando en cuenta que el rendimiento es desvanesciente, la definición del valor máximo de la energía total no es absoluta. En este trabajo, para una masa de fragmento liviano A, se define la línea de la energía cinética total máxima EK_{max} como aquella sobre la cual hay 10 eventos con EK superiores.

Segundo, para cada masa de fragmento liviano A, se escoge la pareja de cargas Z_L y Z_H, con la cual se obtiene el mayor valor de la energía disponible:

$$Q_{max} = m_0 + S_n – m_L - m_H. \qquad .... (1)$$

Tercero, se asume una configuración de escisión, en la que los fragmentos son

* Correspondencia autor: mmontoya@ipen.gob.pe

esféricos y que sus superficies están separadas de 2fm, y se calcula la energía de interacción coulombiana entre los fragmentos EC_s.

De los resultados de estos cálculos presentados en la Ref. [6] se obtiene que:

$$\delta CQ = (EC_s - Q_{max})$$

está posivitamente correlacionado con:

$$\delta QK = (Q_{max} - EK_{max})$$

excepto para las masas m = 100 – 106, en las que esta última diferencia tiende a cero, a pesar de que la primera crece a partir de m = 100.

3. Interpretación de resultados

Estos resultados se explican suponiendo que cuando:

$$\delta CQ > 0,$$

la energía de escisión corresponde a fragmentos deformados y por lo tanto la energía de deformación empleada disminuye la energía disponible para ser usada en energía cinética. Y a mayor valor de δCQ mayor será la deformación necesaria y por lo tanto menor será la energía cinética final de los fragmentos. La excepción para los valores de AL = 100 – 006, se debe a que estos corresponden a los fragmentos (ZL, NL) = (40, 60), (41, 60), (42, 60), (42, 61), (42, 63) y (42, 64), que corresponden a nucleones transicionales blandos, es decir que gastan poca a nula energía para deformarse hacia sus formas prolatas que corresponden a las reales configuraciones de escisión.

La gran caída de la energía cinética en la región simétrica es explicada precisamente por los altos valor de δCQ.

Observaciones preliminares muestran que los resultados para los sistemas fisiles de ^{236}U y ^{240}Pu pueden ser interpretados en forma similar.

4. Conclusiones

Como hemos visto, la tendencia de los valores máximos de la energía cinética de los fragmentos de fisión del ^{234}U puede ser explicada asumiendo configuraciones de escisión de fragmentos deformados y su aproximación a los valor de la energía disponible dependerá de resistencia a la deformación. Los fragmentos transicionales blandos, por no ofrecer resistencia a la deformación son las que no gastan energía para tomar formas tales que la energía coulombiana de interacción tomen valores cercanos al valor de la energía disponible.

5. Agradecimiento

A Claude Signarbieux de la Comisión de Energía Atómica de Francia por sus estimulantes sugerencias.

6. Bibliografía

[1] Hahn O, Strassman F. Naturwissen-schaften. 1939; 21:11.

[2] Andreev AV, *et al.* Eur. Phys. J. A. 2004; 22:51-60.

[3] Montoya M. Z. Phys. A. - Atoms and Nuclei. 1984; 319:219.

[4] Montoya M, Hasse RW, Koczon P. Z. Phys. A. - Atoms and Nuclei. 1984; 325:357.

[5] Signarbieux C, *et al*. J. Phys. (Paris) Lett. 1981; 42:L437.

[6] Montoya, M. Tesis, Universidad de París.