

Modelo de la Gota Líquida con pequeñas deformaciones

Yenny Hernández
Sindy Higuera

Grupo de Física Teórica y Computacional
Facultad de Ciencias Básicas
Escuela de Física

Resumen

Se presenta al núcleo como una gota líquida con una pequeña modificación. En este sentido, principalmente se analizan los efectos sobre las contribuciones de energía de coulomb y de superficie, asumiendo pequeñas deformaciones multipolares y tratando al núcleo con una singularidad elipsoidal, con el fin de describir la energía de ligadura en términos de los nuevos parámetros. Finalmente se realiza una comparación analítica y gráfica en el marco del modelo original y el modelo deformado para así observar las modificaciones que sufre la energía de ligadura, asociada a ella también el término de masa nuclear.

Palabras clave: núcleo, Modelo de Gota Líquida, deformaciones multipolares.

Introducción

Con el Modelo de la Gota Líquida se puede comprender los comportamientos de la energía de ligadura, la cual se obtiene por la suma de otras contribuciones de energía, dentro de las que se encuentra el término de la energía de coulomb y la energía de superficie. En este modelo, el núcleo es tratado como una esfera homogéneamente cargada, pero ¿cómo afectaría a la energía de ligadura una pequeña deformación de esta gota? En este artículo se presenta al núcleo como una gota líquida con una pequeña modificación. Uno de los sistemas físicos más complejos en toda su área de estudio es precisamente el núcleo atómico, dadas sus propiedades e interacciones descritas por las fuerzas de corto alcance, y la adecuada descripción de una simetría que manifieste resultados semejantes a los observados experimentalmente.

Así pues, se plantea el estudio del bien conocido Modelo de la Gota Líquida, esta vez se asocia al mismo un término de deformación multipolar que asemeja una simetría elipsoidal, con el cual se detalla un acercamiento hacia uno de los modelos más acertados, que toma en cuenta expansiones multipolares: el denominado Modelo de Nilsson. De esta forma se parte de un sistema sencillo y empírico a la vez y se modifica, considerando al núcleo no como un mecanismo estático sino que se encuentra sujeto a excitaciones que provocan oscilaciones o vibraciones y, por tanto, alteran su simetría.

Referente teórico

Modelo de la gota deformada

$$B(A,Z) = a_v A - a_s A^{\frac{2}{3}} - a_c Z(Z-1)A^{-\frac{1}{3}} - a_A (A-2Z)^2 A^{-1} + \Delta(A)$$

Los valores de las constantes a_v , a_s , a_c , a_A se obtienen realizando el ajuste de los datos experimentales a una curva, esto produce que los resultados obtenidos tengan un carácter semiempírico. Para núcleos que no asemejan una forma esférica, se presentan correcciones para la energía de superficie y la energía de coulomb que se manifiestan en términos de pequeñas deformaciones multipolares (tal como el Modelo de Nilsson):

$$R = R_0(1 + \alpha_2 P_2(\cos\theta) + \alpha_4 P_4(\cos\theta))$$

En la expresión anterior $\alpha_2 P_2(\cos\theta)$ representa el término cuadrupolar y $\alpha_4 P_4(\cos\theta)$ representa el término hexadecapolar. Una simple ilustración de estas modificaciones, es obtenida para una deformación elipsoidal en donde se toma el eje mayor a y el eje menor b como:

$$a = R(1 + \epsilon)$$

$$b = R(1 + \epsilon)^{-\frac{1}{2}}$$

$$\epsilon = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$$

Usando el parámetro de deformación los términos de energía de superficie y de coulomb se convierten en:

$$E_s = a_s A^{\frac{2}{3}} \left(1 + \frac{2}{5} \epsilon^2\right)$$

$$E_c = a_c Z(Z-1)A^{\frac{1}{3}} \left(1 - \frac{1}{5} \epsilon^2\right)$$

Por tanto la ecuación modificada para la energía de ligadura en términos de la expansión multipolar es:

$$B(A,Z) = a_v A - a_s g(\alpha_2, \alpha_4) A^{\frac{2}{3}} - a_c f(\alpha_2, \alpha_4) Z(Z-1) A^{-\frac{1}{3}} - a_A (A-2Z)^2 A^{-1} + \Delta(A)$$

Resultados

Empleando la expresión completa para la fórmula de masas o fórmula semiempírica de Bethe-Weizsäcker y al hacer uso de lenguaje de programación en c++ se obtiene la siguiente gráfica, que describe la energía de ligadura por nucleón en función de la masa atómica, de los resultados experimentales estudiados en el desarrollo de la física nuclear se obtiene que la curva aumenta proporcionalmente y luego, para una energía de 8 MeV, se estabiliza y cae nuevamente. Tal como se puede observar en la figura 1:

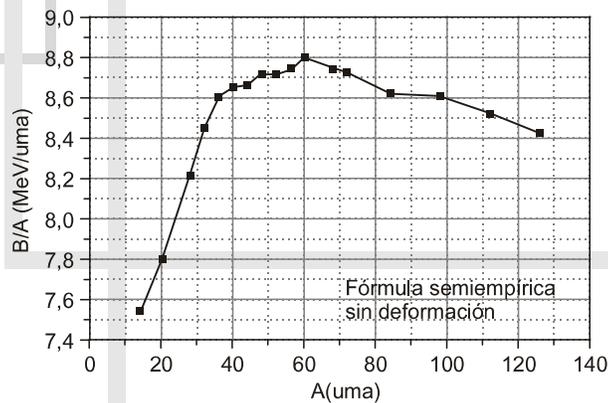


Figura 1. Energía de ligadura por nucleón en función de masa atómica sin deformación

Ahora, a la fórmula semiempírica de Bethe-Weizsäcker se adiciona el término de deformación multipolar que se describió en el formalismo planteado, obteniendo la siguiente gráfica que describe igualmente la curva para la energía de ligadura. De esta forma, se observa, que el efecto de la deformación sobre la fórmula de masas produce que el valor para la energía de ligadura por nucleón se establezca en un valor menor comparado al modelo sin deformación, esto se debe a que la interacción entre nucleones se reduce levemente a causa de la misma y por tanto la energía de ligadura tendrá un valor más pequeño.

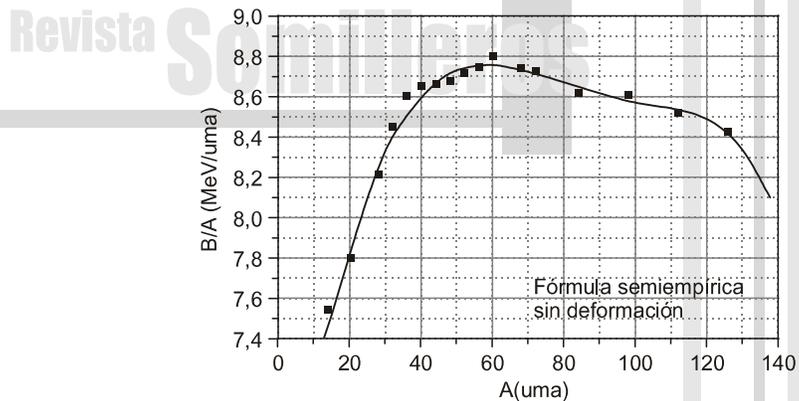


Figura 2. Energía de ligadura por nucleón en función de la masa atómica con deformación

Conclusiones

El comportamiento de la energía de superficie y la energía de Coulomb han sido estudiados como una generalización del Modelo de la Gota Líquida, tomando en cuenta la influencia de pequeñas deformaciones. Se ha analizado un procedimiento simple para describir la influencia sobre la energía de ligadura nuclear que viene de una deformación multipolar, con la ayuda de un lenguaje de programación (c++) y de esta manera dar una descripción más realista del núcleo expresado como un elipsoide en revolución.

Referencias bibliográficas

- Burchman, W. (1974). *Física nuclear*. (S.F.): Reverté
- Ferrer, A. (2006). *Física nuclear y de partículas*. España: Universidad de Valencia
- Cristancho, F. (S.F.). *Física nuclear*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Kuckuk, M. (1993). *Física nuclear*. (S.F.): Fundación Calouste Gulbenkian.
- Friedman, E., Batty, C., Gils, H., y Rebel, H. (1989). *Nuclear Physics*. (S.F.).