



بررسی اثر تغییر شکل پاره های شکافت بر شکافت سه گانه ی $^{252}_{98}\text{Cf}$

نادری، داریوش* - سلیمی، مهرداد

دانشگاه رازی، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

چکیده:

در این مقاله شکافت سه گانه هسته $^{252}_{98}\text{Cf}$ برای آرایش استوایی و در حالتی که پاره های شکافت $^{150}_{58}\text{Ce}$ ، $^{98}_{38}\text{Sr}$ و ^4_2He می باشند، بررسی شده است. ابتدا پاره های شکافت را به شکل کروی در نظر گرفته و پتانسیل سه پاره را محاسبه کرده ایم. سپس این پاره ها را بصورت تغییر شکل یافته فرض کرده و بار دیگر پتانسیل را بدست آورده ایم. از مقایسه این دو پتانسیل می توان مشاهده کرد که با در نظر گرفتن تغییر شکل پاره ها، سد شکافت کاهش یافته و احتمال نفوذ در سد افزایش می یابد.

کلید واژه: شکافت سه گانه، پاره های شکافت، حالت استوایی

مقدمه:

پس از اولین آزمایش که تأیید کننده شکافت سه گانه بود [۱] آزمایشات و کارهای تئوری زیادی در مورد شکافت سه گانه انجام شده است [۲،۳]. با استفاده از مدل خوشه ای سه جسمی [۴] شکافت سه گانه سرد با پاره سوم به شکل ذره آلفا برای هسته $^{252}_{98}\text{Cf}$ مورد مطالعه قرار گرفت. مانیماران و همکارش [۵] برای این هسته، شکافت سه گانه را در حالتی که پاره های شکافت کروی هستند بررسی کرده اند. آنها در دو حالت خطی و استوایی محاسبات را انجام داده و بهره نسبی را بدست آورده اند.

کمیت های مختلفی بر روی شکافت سه گانه تأثیر گذارند. می توان به شکل پاره های شکافت، ترتیب پاره های شکافت و سمت گیری پاره ها اشاره کرد. اهمیت تغییر شکل و جهت گیری در واکنش های همجوشی سرد که به تشکیل هسته های فوق سنگین منجر می شوند، بصورت تئوری بررسی شده است [۶]. اخیراً میسیکو و همکاران نقش تغییر شکل و چرخش در تشکیل دره های همجوشی در پتانسیل

محرك و تركيب های پرتابه هدف مختلف برای واکنش های همجوشی سرد در تشکیل هسته های فوق سنگین را مورد مطالعه قرار داده اند [۷].

در این تحقیق برای شکافت هسته $^{252}_{98}\text{Cf}$ ، یک ترکیب خاص بصورت $^{150}_{58}\text{Ce} + ^{98}_{38}\text{Sr} + ^4_2\text{He}$ را در نظر گرفته و اثر تغییر شکل پاره های اول و دوم را بر انرژی پتانسیل بررسی کرده ایم.

محاسبات تئوری :

با استفاده از مدل خوشه ای سه جسمی می توان انرژی پتانسیل را برای شکافت سه گانه بررسی کرد. در این مدل برای حالتی که پاره سوم شکافت را یک هسته مشخص فرض می کنیم می توان کمترین انرژی پتانسیل را برای ترکیب های مختلف پاره های شکافت تعیین کرد. در شکافت سه گانه برای انرژی پتانسیل کل داریم [۵]

$$V_T(r, \beta) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j>i}^3 (B_i + V_{ij}) \quad (1)$$

که در آن B_i انرژی بستگی پاره ها و β پارامتر تغییر شکل است. پتانسیل پراکندگی $V(s)$ از رابطه زیر تعیین می شود [۸]

$$V(s) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j>i}^3 V_{ij}(r, \beta) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j>i}^3 (V_{cij}(r, \beta) + V_{pij}(r, \beta)) \quad (2)$$

پتانسیل کولنی از رابطه زیر بدست می آید [۸]

$$V_{cij} = \frac{Z_i Z_j e^2}{r} + 3 Z_i Z_j e^2 \sum_{\lambda, k=1,2} \frac{1}{2\lambda+1} \frac{R_k^\lambda}{r^{\lambda+1}} Y_\lambda^{(0)}(\theta_k) \left[\beta_{\lambda k} + \frac{4}{7} \beta_{\lambda k}^2 Y_\lambda^{(0)}(\theta_k) \right] \quad (3)$$

که در آن λ مرتبه چند قطبی است و برابر ۲ فرض می شود. Z_j و Z_i عدد اتمی پاره ها می باشد. همچنین داریم [۹]

$$R_{0k} = 1.28 A_k^{1/3} - 0.76 + 0.8 A_k^{-1/3} \text{ fm} \quad (4)$$

و

$$R_k(\theta_k) = R_{0k} \left[1 + \sum_k \beta_{\lambda k} Y_{\lambda}^{(0)}(\theta_k) \right] \quad (5)$$

پتانسیل مجاورت بصورت زیر محاسبه می شود [۸,۹]

$$V_{p_{ij}} = 4\pi \bar{R} \gamma b \Phi \left(\frac{s}{b} \right) \quad (6)$$

ضخامت سطح هسته $b \approx 1 \text{ fm}$ است. ضریب کشش سطحی هسته از رابطه زیر بدست می آید [۹]

$$\gamma = 0.9517 \left[1 - 1.7826 \left(\frac{N-Z}{A} \right)^2 \right] \text{ MeVfm}^{-2} \quad (7)$$

که در آن N ، Z و A نشان دهنده تعداد نوترون ها ، پروتون ها و عدد جرمی هسته مادر هستند. تابع جهانی

$\Phi \left(\frac{s}{b} \right)$ با رابطه زیر مشخص می گردد [۸,۹]

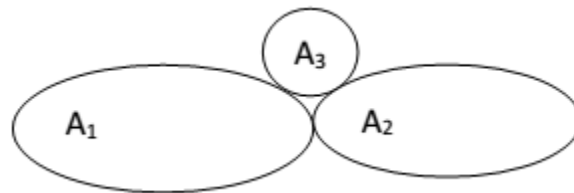
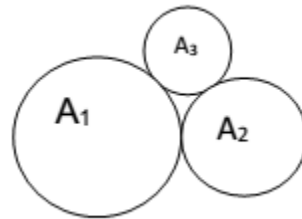
$$\phi \left(\frac{s}{b} \right) = \begin{cases} \frac{-1}{2} (s - 2.54)^2 - 0.0825 (s - 2.54)^3 & s \leq 1.2511 \\ -3.437 \left(\frac{-s}{0.75} \right) & s > 1.2511 \end{cases} \quad (8)$$

شعاع انحناء میانگین از معادله زیر بدست می آید [۸]

$$\frac{1}{\bar{R}^2} = \frac{1}{R_{11}R_{12}} + \frac{1}{R_{21}R_{23}} + \left\{ \frac{1}{R_{11}R_{22}} + \frac{1}{R_{21}R_{12}} \right\} \quad (9)$$

که در آن R_{i1} و R_{i2} در مرجع [۹] تعریف شده اند. همچنین رابطه زیر بین r ، $R_{i,j}$ و s وجود دارد

$$r = s + R_i + R_j \quad (10)$$



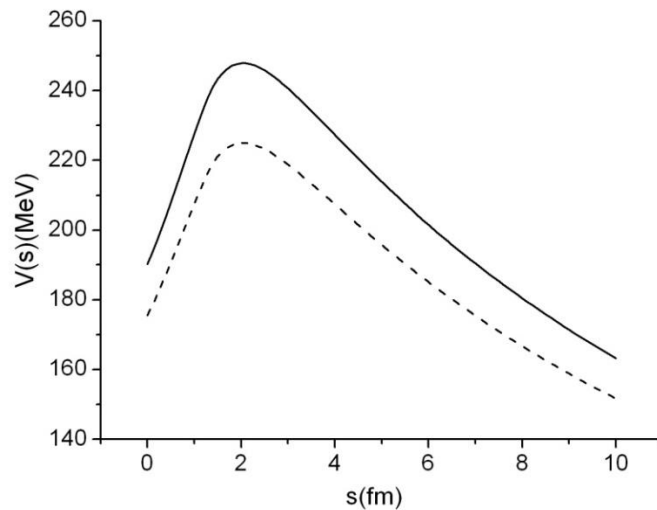
شکل ۱: آرایش سه پاره شکافت در حالت استوایی بدون در نظر تغییر شکل پاره‌ها (بالا) و با در نظر گرفتن تغییر شکل پاره‌ها (پایین).

نتایج :

برای شکافت سه گانه هسته $^{252}_{98}\text{Cf}$ در حالتی که پاره‌های شکافت $^{150}_{58}\text{Ce}$ ، $^{98}_{38}\text{Sr}$ و ^4_2He می‌باشند و دارای آرایش استوایی هستند را مورد مطالعه قرار داده ایم. آرایش این سه پاره برای حالت کروی و تغییر شکل یافته در شکل ۱ نشان داده شده است. فاصله سطوح سه پاره را با پارامتر S مشخص می‌کنیم در حالتی که سه پاره باهم در تماس هستند داریم $S = 0$. همچنین برای این ترکیب $Q = 204.883\text{MeV}$ می‌باشد.

در شکل ۲ تغییرات انرژی پتانسیل بر حسب فاصله سطوح پاره‌ها از هم را رسم کرده ایم. این شکل نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن پارامتر تغییر شکل چهارقطبی برای پاره‌های اول و دوم مقدار انرژی پتانسیل نسبت به حالتی که این دو پاره کروی فرض شده اند تغییر کرده و کاهش می‌یابد. نتایج عددی بدست آمده برای انرژی

پتانسیل در جدول ۱ نشان داده شده اند. نقاط قطع نمودار انرژی پتانسیل توسط مقدار Q برای هر دو حالت کروی و غیر کروی متفاوت می باشند. در حالت کروی مقادیر s_1 و s_2 نسبت به حالت غیر کروی به ترتیب



شکل ۲: تغییرات انرژی پتانسیل برای واکنش ${}_{98}^{252}\text{Cf} \rightarrow {}_{58}^{150}\text{Ce} + {}_{38}^{98}\text{Sr} + {}_2^4\text{He}$

برحسب فاصله سه پاره از هم. نمودار توپر مربوط به پاره های کروی و نمودار خط چین مربوط به پاره های تغییر شکل یافته است.

جدول ۱: نتایج بدست آمده برای حالت کروی و تغییر شکل یافته ی پاره ها در شکافت سه گانه

شکل پاره ها کمیت ها	کروی $\beta_{21} = 0, \beta_{22} = 0, \beta_{23} = 0$	غیر کروی $\beta_{21} = 0.252, \beta_{22} = 0.358, \beta_{23} = 0$
$s_1(fm)$	۰/۴۴	۰/۹۳
$s_2(fm)$	۵/۷۴	۴/۲۵
$V_{max}(s)(MeV)$	۲۷۴/۸۴۳	۲۲۴/۹۸۶
$s(fm)$	۲/۰۳	۲/۰۲

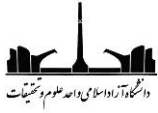
مقادیر کوچکتر و بزرگتری خواهند داشت. در ردیف چهارم این جدول بیشترین مقدار انرژی پتانسیل را برای هر دو حالت کروی و غیر کروی نشان داده ایم. این مقدار برای حالت کروی بیشتر از غیر کروی است. در ردیف پنجم محل سد مشخص شده است. در حالت غیر کروی محل سد در فاصله بیشتری قرار می گیرد. با توجه به رابطه مربوط به احتمال نفوذ در سد، می توان نتیجه گرفت که تغییر شکل پاره های شکافت احتمال نفوذ در سد را افزایش می دهد و در نتیجه احتمال انجام این واکنش نیز افزایش می یابد. مقادیر بدست آمده برای احتمال نفوذ در سد نیز نشان می دهد که در حالت غیر کروی احتمال نفوذ در سد از حالت کروی بیشتر است.

بحث و نتیجه گیری:

به عنوان نتیجه گیری کلی می توان بیان کرد که تغییر شکل پاره های شکافت در شکافت سه گانه پارامتر مهمی است که می تواند بر روی انرژی پتانسیل، احتمال نفوذ در سد و بهره نسبی پاره های شکافت تأثیر گذار باشد. مقایسه نتایج بدست آمده برای دو حالت کروی و تغییر شکل یافته در این تحقیق نشان می دهد که در حالت تغییر شکل یافته سد شکافت و احتمال نفوذ در سد نسبت به حالت کروی تغییر می کند.

مراجع:

- [1] L. W. Alvarez, as reported by G. Farewell, E. Segre and C. Wiegand, Phys. Rev.71, 327 (1947).
- [2] A. V. Ramayya, et al., "Cold (neutronless) α ternary fission of ^{252}Cf ", Phys. Rev. C 57, 2370 (1998).
- [3] W. von Oertzen, et al., "Fission and ternary cluster decay of hyper-deformed ^{56}Ni ", Eur. Phys. J A 36, 279 (2008).
- [4] A. S̃andulescu, F. Carstoiu, I. Bulboaca and W. Greiner, "Cluster description of cold (neutronless) α ternary fission of ^{252}Cf ", Phys. Rev. C 60, 044613 (1999).
- [5] K. Manimaran and M. Balasubramaniam, "All possible ternary fragmentations of ^{252}Cf in collinear configuration", Phys. Rev.C 83, 034609 (2011).
- [6] A. Iwamoto, P. Moller, J. R. Nix and H. Sagawa, "Collisions of deformed nuclei: A path to the far side of the superheavy island", Nucl. Phys. A 596, 329 (1996).



- [7] S. Misicu and W. Greiner, “Role of fragment orientations in the formation of fusion valleys of superheavy elements”, Phys. Rev.C 66, 044606 (2002).
- [8] K. Manimaran and M. Balasubramaniam, “Deformation and orientation effects in the ternary fragmentation potential of the 4He - and 10Be -accompanied fission of the 252Cf nucleus”, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 37 045104 (2010).
- [9] R. K. Gupta, N. Singh, and M. Manhas, “Generalized proximity potential for deformed, oriented nuclei”, Phys. Rev. C 70, 034608 (2004).