

## مطالعه تاثیر چاه دوم پتانسیل در برآورد زمان شکافت و تعداد نوترونهای خروجی قبل از فرایند شکافت

اسلامی زاده، هادی - استادی، سپیده \*

دانشگاه خلیج فارس بوشهر، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

### چکیده:

شکافت هسته  $^{238}\text{Np}$  در چارچوب مدل دینامیکی بر اساس معادلات لانژوین شبیه سازی گردیده شد. و نشان داده شد که در نظرگیری اثرات پوسته ای در ارائه سد شکافت هسته های سنگین، سبب برآورد تعداد بیشتر نوترونهای خروجی قبل از فرایند شکافت و همچنین زمان شکافت هسته ها می گردد.

کلمات کلیدی:

Key word: Fission, neutron multiplicity, fission time

### مقدمه :

یکی از راههای مهم استخراج اطلاعات در رابطه با هسته‌ها، بخصوص هسته‌های سنگین، مطالعه و بررسی نحوه واپاشی آنها می‌باشد. برای این منظور می‌توان در چارچوب مدل قطره ای و با در نظرگیری مفاهیم نظری فرایند شکافت را بطور آماری مورد بررسی قرار داد. سابقا برای دستیابی به این مهم برای هسته‌های سنگین، سد شکافت را بدون در نظرگیری اثرات پوسته‌ای بصورت یک سد با یک چاه پتانسیل در نظر می گرفته اند، که این سبب برآورد اشتباه بعضی از ویژگی‌های فرایند شکافت می‌گردیده است. با در نظر گیری تاثیر اثرات پوسته ای در محاسبه سد شکافت می‌توان نشان داد که در ناحیه هسته های سنگین سد شکافت دارای دو چاه پتانسیل می‌گردد. بنابراین برای هسته های سنگین می‌توان دو کلاس از حالت های برانگیخته، در چاه اول و چاه دوم، حین انتقال به نقطه زینی در نظر گرفت. باید توجه داشت که در نظر گیری سد شکافت با دو چاه پتانسیل تاثیر مهمی در برآورد بعضی از خصوصیات فرایند شکافت نظیر زمان شکافت، تعداد ذرات خروجی قبل از فرایند شکافت و..... دارد. در این مقاله قصد داریم با در نظر گیری سد شکافت دو کوهانه، تاثیر چاه دوم را در برآورد زمان شکافت و کثرت نوترونهای خروجی قبل از فرایند شکافت تعیین نماییم. باید توجه داشت که با تعیین میزان افزایش زمان شکافت که ناشی شده از وجود چاه دوم می‌باشد می‌توان اطلاعاتی راجب به طول عمر حالت های چاه دوم و عمق چاه دوم بدست آورد.

### روش کار و تحلیل داده های تجربی:

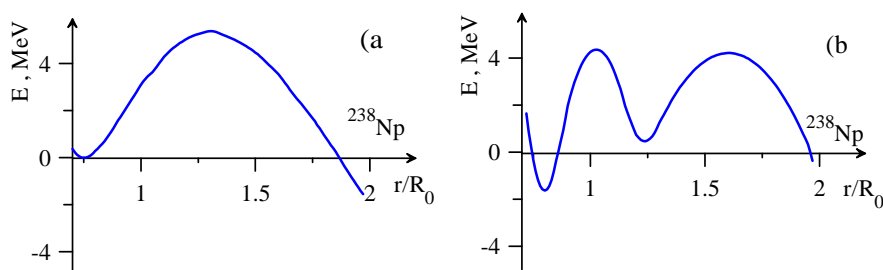
در چارچوب مدل دینامیکی جهت شبیه سازی فرایند شکافت طی انتقال هسته به نقطه زینی و نقطه قطع می توان از معادله فوکر پلانک یا معادلات لانژوین استفاده نمود، که با توجه به ساده تر بودن استفاده از معادلات لانژوین مناسبتر می باشد که از این معادلات استفاده نمود.

$$\frac{dp}{dt} = \frac{1}{2} \left( \frac{p}{m(r)} \right)^2 \frac{dm(r)}{dr} - \frac{dF}{dr} - \beta(r)p + R(t),$$

$$\frac{dr}{dt} = \frac{p}{m(r)} \quad (1)$$

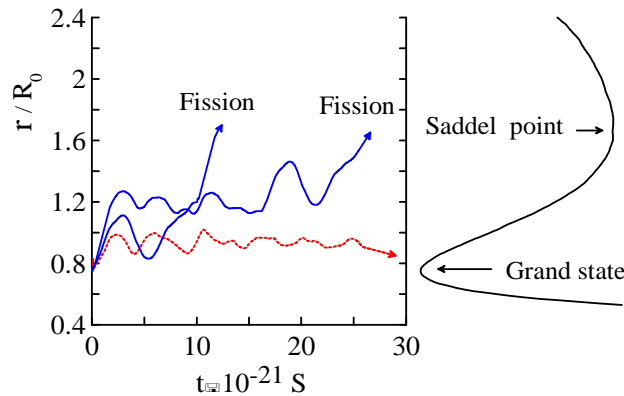
در رابطه بالا  $\Gamma$  مختصه جمعی،  $p$  ممتنم خطی،  $(r, m)$  پارامترینرسی وابسته به تغییر شکل،  $F$  انرژی آزاد هلمهولتز که به شکل  $F = V(r) - a(r)T^2$  تعریف می گردد،  $V$  انرژی پتانسیل،  $T$  دمای هسته،  $a(r)$  پارامتر چگالی تراز،  $\beta(r)$  ویسکوزیته یا چسبندگی ماده هسته ای و  $R(t)$  نیروی اتفاقی می باشد که بگونه ای تعریف می گردد که دارای فرم گوسی بوده و  $\langle R(t) \rangle = 0$ .

انرژی پتانسیل را می توان بدون در نظر گیری اثرات پوسته ای در چارچوب مدل قطره ای محاسبه نمود، و اگر بخواهیم انرژی پتانسیل را بطور دقیقتر بر آورد نمائیم، لازم می باشد که تاثیر اثرات پوسته ای را در برآورد انرژی پتانسیل لحاظ نمائیم. برای این منظور می توان انرژی پتانسیل را بر حسب اتصال تعدادی سهمی، با در نظر گیری پارامترهای تجربی سد شکافت تقریب زد. در شکل ۱ نتایج برآورد سد شکافت در چارچوب مدل قطره ای و بر اساس پارامترهای سد شکافت ارائه گردیده شده است.



شکل ۱- سد شکافت  $^{238}\text{Np}$  وابسته به تغییر شکل در چارچوب (a) مدل قطره ای (b) با در نظر گیری اثرات پوسته ای.

جهت تعیین تحول هسته طی بازه های کوچک زمانی  $\Delta t$  می توان از معادلات لانژوین استفاده نمود. در شکل ۲ تعدادی از مسیرهای لانژوین حاصله از شبیه سازی فرایند تحول هسته نسبت به زمان ارائه گردیده شده است.

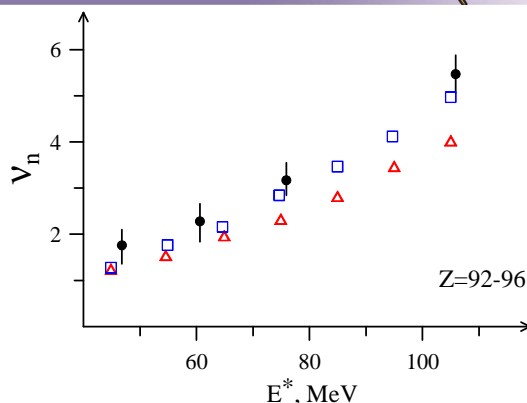


شکل ۲- تعدادی از مسیرهای لانژوین محاسبه گردیده شده بر اساس معادله لانژوین. خطوط پر رنگ مربوط به حالتی است که تحول هسته به شکافت منتهی گردیده، و خط نقطه چین مربوط به حالتی است که هسته در چاه پتانسیل سرد گردیده شده است.

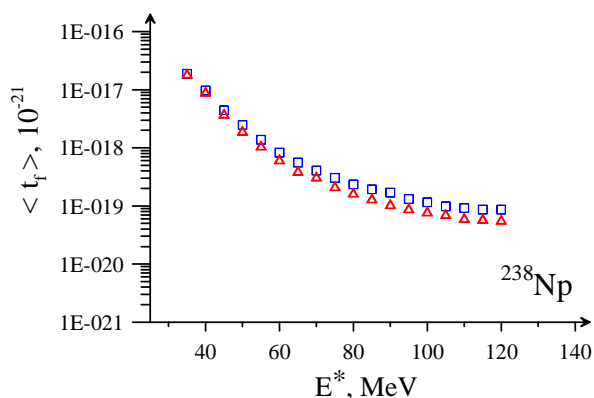
با توجه به اینکه طی تحول هسته احتمال خروج ذراتی نظیر  $\alpha, \beta, \gamma, p$  وجود دارد، لذا ابتدا بایستی در هر بازه کوچک زمانی  $\Delta t$  مشخص گردد که آیا احتمال خروج ذره وجود دارد یا خیر. برای این منظور می توان با تعیین  $\Gamma_{total} = \Gamma_n + \Gamma_p + \Gamma_\alpha + \Gamma_\gamma$  زمان مجاز واپاشی یعنی  $\tau = \hbar / \Gamma_{total}$  را تعیین نمود، سپس از کامپیوتر خواسته شود که یک عدد اتفاقی بین ۰ و ۱ را انتخاب نماید، حال اگر عدد انتخابی کوچکتر از  $\tau / \Delta t$  باشد احتمال خروج ذره وجود دارد و در غیر اینصورت خیر، در حالتی که خروج ذره مجاز باشد بایستی نوع ذره مشخص گردد که این کار را می توان براساس روش منت کارلو با در نظر گیری وزن نسبت  $\Gamma_v / \Gamma_{total}$  انجام داد. باید توجه داشت که بعد از خروج ذره، انرژی سیستم بایستی برآورد گردد و مجددا محاسبات از ابتدا تکرار گردد. برای تعیین نوع ذره احتیاج به محاسبه پهنای خروج نوترون،  $\Gamma_n$ ، پروتون،  $\Gamma_p$ ، و آلفا،  $\Gamma_\alpha$ ، می باشد. که برای این منظور می توان از فرمالیزم هایزر فیشباخ [۱] استفاده نمود. و همچنین پهنای خروج تابش گاما را نیز می توان با رابطه ارائه گردیده در مقالات [۲، ۳] محاسبه نمود. برای مشخص نمودن تاثیر چاه دوم پتانسیل روی تعداد ذرات خروجی و زمان شکافت، می توان محاسبات را یکبار با در نظر گیری سد شکافت با یک چاه پتانسیل و بار دیگر با دو چاه پتانسیل انجام داد. در شکل‌های ۳ و ۴ نتایج حاصل از برآورد تعداد نوترونهای خروجی قبل از فرایند شکافت و همچنین زمان شکافت، ارائه گردیده شده است.



# 18<sup>th</sup> Iranian's Nuclear Conference



شکل ۳- تعداد نوترونهای خروجی قبل از فرایند شکافت  $^{238}\text{Np}$ . - با در نظر گیری سد شکافت با دو چاه پتانسیل.  $\Delta$ - با در نظر گیری سد شکافت با یک چاه پتانسیل. داده های تجربی برای هسته های با  $Z=92-96$  از مقاله [۴] اخذ گردیده شده است.



شکل ۴- زمان شکافت وابسته به انرژی بر انگیختگی، بر آورد گردیده برای هسته  $^{238}\text{Np}$ . - با در نظر گیری سد شکافت با دو چاه پتانسیل و  $\Delta$ - با در نظر گیری سد شکافت با یک چاه پتانسیل.

از دیاگرامهای ۳ و ۴ کاملاً مشهود می باشد که تعداد نوترونهای خروجی قبل از فرایند شکافت و زمان شکافت بر آورد گردیده شده با در نظرگیری سد شکافت با دو چاه پتانسیل بیشتر از حالتی است که سد شکافت فقط دارای یک چاه پتانسیل باشد و در نتیجه با دادهای تجربی بشکل مناسبتری در توافق می باشند. از نقطه نظر مفاهیم فیزیکی منطقی می باشد که با افزایش زمان شکافت، تعداد نوترونهای خروجی قبل از فرایند شکافت هسته افزایش یابد.



### بحث و نتیجه گیری :

در چارچوب مدل دینامیکی فرایند شکافت هسته  $^{238}\text{Np}$  طی انتقال هسته به نقطه زینی و نقطه قطع شبیه سازی گردیده، و نشان داده شد که در نظر گیری اثرات پوسته ای که سبب ایجاد چاه دوم درسد شکافت هسته های سنگین می نماید، سبب برآورد تعداد بیشتر نوترونهای خروجی قبل از فرایند شکافت و همچنین افزایش زمان شکافت می نماید.

### مراجع :

1. W. Hauser, H. Feschbach, The inelastic scattering of neutrons, Phys. Rev. 87, 366 (1952).
2. J.R. Grover, J. Gilat, De-excitation of highly excited nuclei, Phys. Rev. 157, 802 (1967).
3. F.H. Ruddy, B.D. Pate, E.W. Vogt, Formation and decay of the compound nucleus  $^{68}\text{Ge}$  (II). Calculation; competition between gamma-ray and particle emission, Nucl. Phys. A 127, 323 (1969).
4. D.J. Hinde et al., Systematics of fussion-fission time scales Phys. Rev. 39, 2268 (1989).