



محاسبه سطح مقطع گیراندازی و همجوشی برای هسته ی فوق سنگین $^{296}119$

شدریفی، بهادر*^(۱) - نادری، داریوش^(۱)

^۱ دانشگاه رازی، دانشکده علوم، گروه فیزیک

چکیده:

برای هسته ی فوق سنگین $^{296}119$ سطح مقطع گیراندازی و سطح مقطع همجوشی را محاسبه کرده ایم. پتانسیل بین دو هسته برخورد کننده با استفاده از مدل کولنی و مجاورت تعیین شده و اثر کانال ورودی را بر سطح مقطع گیراندازی و همجوشی محاسبه کرده ایم. محاسبات برای سیستم های $^{47,48,49,50}_{22}Ti + ^{249,248,247,246}_{97}Bk$ انجام شده است. نتایج بدست آمده نشان می دهد با افزایش عدم تقارن کانال ورودی، سطح مقطع گیراندازی و احتمال تشکیل هسته مرکب کاهش می یابد.
کلمات کلیدی: سطح مقطع همجوشی، هسته فوق سنگین، سطح مقطع گیراندازی

Calculation of capture and fusion cross section for the superheavy nucleus $^{296}119$

Bahador; Sharifi*, Dariush; Naderi
Razi university, Faculty of science, Department of Physics

Abstract:

For the superheavy nucleus $^{296}119$, we have calculated the capture cross section and fusion cross section. The interaction potential is determined using Coulomb and proximity potential model and the effect of entrance channel on capture and fusion cross section is calculated. Calculations are done for the systems $^{47,48,49,50}_{22}Ti + ^{249,248,247,246}_{97}Bk$. Obtained results show with increasing entrance channel asymmetry, capture cross section and compound nucleus formation probability decrease.

Keywords: Fusion cross section, Superheavy nuclei, Capture cross section

مقدمه:

عناصر فوق سنگین تا عدد اتمی ۱۱۸ بصورت تجربی تولید شده اند [۱]. پیشرفت های تجربی امکان تحقیق و تولید عناصر فوق سنگین بیشتر را فراهم کرده است. اخیرا تلاش های برای تولید هسته های فوق سنگین با عدد اتمی ۱۱۹ توسط واکنش های $^{50}Ti + ^{249}Bk$ ، $^{58}Fe + ^{244}Pu$ ، $^{54}Cr + ^{248}Cm$ و $^{54}Cr + ^{248}Cm$ انجام شده است. سطح مقطع مقیاس اندازه گیری شده برای این واکنش ها فقط 50 fb مربوط به واکنش $^{50}Ti + ^{249}Bk$ برای تولید هسته فوق سنگین با



عدد اتمی ۱۱۹ گزارش شده است و شاهدهی برای آشکارسازی هسته ی با عدد اتمی ۱۱۹ وجود ندارد. همچنین هافمن و همکارانش [۵] با استفاده از واکنش $^{54}Cr + ^{248}Cm$ تحقیقاتی بر روی تولید و ویژگی های هسته با عدد اتمی ۱۲۰ انجام داده اند.

یکی از عواملی که می تواند بر روی واکنش های یون سنگین تاثیر گذار باشد عدم تقارن کانال ورودی است. عدم تقارن را بصورت نسبت اختلاف بین عدد جرمی هسته هدف و پرتابه به عدد جرمی هسته مرکب تعریف می کنند. گیراندازی پرتابه توسط هسته هدف، شکل هسته مرکب و همچنین بقای هسته مرکب در مقابل شکافت از جمله مواردی هستند که این عدم تقارن می تواند بر آنها تاثیرگذار باشد.

در مقاله ی حاضر با توجه به تاثیر سطح مقطع گیراندازی و سطح مقطع همجوشی بر ستنز عنا صر فوق سنگین، به بررسی همزمان این دو سطح مقطع می پردازیم. برای تعدادی از واکنش ها یون های سنگین سطح مقطع گیراندازی و سطح مقطع همجوشی را محاسبه کرده و اثر پارامتر عدم تقارن کانال ورودی را بر این کمیت ها بررسی می کنیم.

روش کار:

برای دو هسته برخورد کننده سد برهمکنش با توجه به رابطه زیر تعیین می شود

$$V = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{r} + V_p(z) + \frac{\hbar^2 l(l+1)}{2\mu r^2} \quad (1)$$

که در آن Z_1 و Z_2 عددهای اتمی پرتابه و هدف هستند، r فاصله بین مراکز پرتابه و هدف، Z فاصله بین سطوح نزدیک پرتابه و هدف، l تکانه زاویه‌ای و μ جرم کاهش یافته هدف و پرتابه است. $V_p(z)$ پتانسیل مجاورت به شرح زیر است [۶]

$$V_p(z) = 4\pi\gamma b \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} \phi \left[\frac{z}{b} \right] \quad (2)$$

ضریب کشش سطح هسته بصورت زیر تعریف می شود

$$A \text{ و } \gamma = 0.9517 [1 - 1.7826(N - Z)^2 / A^2] \quad N, Z \quad (3)$$

به ترتیب عدد اتمی، تعداد نوترون ها و عدد جرمی هسته مرکب هستند. تابع جهانی از رابطه زیر تعیین می شود

$$\phi(\xi) = \begin{cases} -4.41 \exp(-\xi/0.7176), & \xi \geq 1.9475 \\ -1.7817 + 0.9270\xi + 0.01696\xi^2 - 0.05148\xi^3 & 0 \leq \xi \leq 1.9475 \\ -1.7817 + 0.9270\xi + 0.0143\xi^2 - 0.09\xi^3 & \xi \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

که در آن $\xi = \frac{z}{b}$ و پارامتر پخش شدگی سطح هسته $b \approx 1$ می باشد. همچنین برای C_i داریم

$$C_i = R_i - \frac{b^2}{R_i^2} \quad (5)$$



برای محاسبه شعاع R_i از رابطه زیر استفاده می‌کنیم

$$R_i = 1.28A_i^{1/3} - 0.76 + 0.8A_i^{-1/3} \quad (6)$$

که در آن A عدد جرمی هسته می‌باشد.

سطح مقطع گیراندازی با رابطه زیر تعریف می‌شود [۷]

$$\sigma_{captuer} = \frac{\pi}{k^2} \sum_{l=0}^{\infty} (2l+1) T(E, l) \quad (7)$$

عدد موج با $k = \sqrt{\frac{2\mu E}{\hbar^2}}$ محاسبه می‌شود. احتمال جذب پاره موج l از رابطه زیر بدست می‌آید

$$T(E, l) = (1 + \exp\left[\frac{2\pi(E_l - E)}{\hbar\omega}\right])^{-1} \quad (8)$$

سطح مقطع همجوشی را بصورت زیر محاسبه می‌کنیم [۸]

$$\sigma_{fusion} = \frac{\pi}{k^2} \sum_{l=0}^{\infty} (2l+1) T(E, l) P_{CN}(E, l) \quad (9)$$

که در آن احتمال تشکیل هسته مرکب با رابطه زیر بدست می‌آید

$$P_{CN}(E, l) = \frac{\exp[-c(x_{eff} - x_{thr})]}{1 + \exp\left[\frac{E_B^* - E^*}{\Delta}\right]} \quad (10)$$

در این رابطه $\Delta = 4\text{MeV}$ ، E^* انرژی برانگیختگی هسته مرکب و E_B^* انرژی برانگیختگی هسته مرکب برای حالتی است که انرژی چارچوب مرکز جرم با سد کولنی و مجاورت برابر است. x_{eff} شکافت پذیری موثر، $c = 82$ و $x_{thr} = 0.69$ می‌باشد [۹]. همچنین کمیت x_{eff} با رابطه زیر محاسبه می‌شود [۱۰، ۱۱]

$$x_{eff} = \left[\frac{\left(\frac{Z^2}{A}\right)}{\left(\frac{Z^2}{A}\right)_{crit}} \right] [1 - \alpha + \alpha f(K)] \quad (11)$$

با رابطه زیر تعریف می‌شود $\left(\frac{Z^2}{A}\right)_{crit}$

$$\left(\frac{Z^2}{A}\right)_{crit} = 50.883 \left[1 - 1.7826 \left(\frac{N-Z}{A}\right)^2 \right] \quad (12)$$

همچنین $f(K)$ بصورت زیر بیان می‌شود [۱۰]

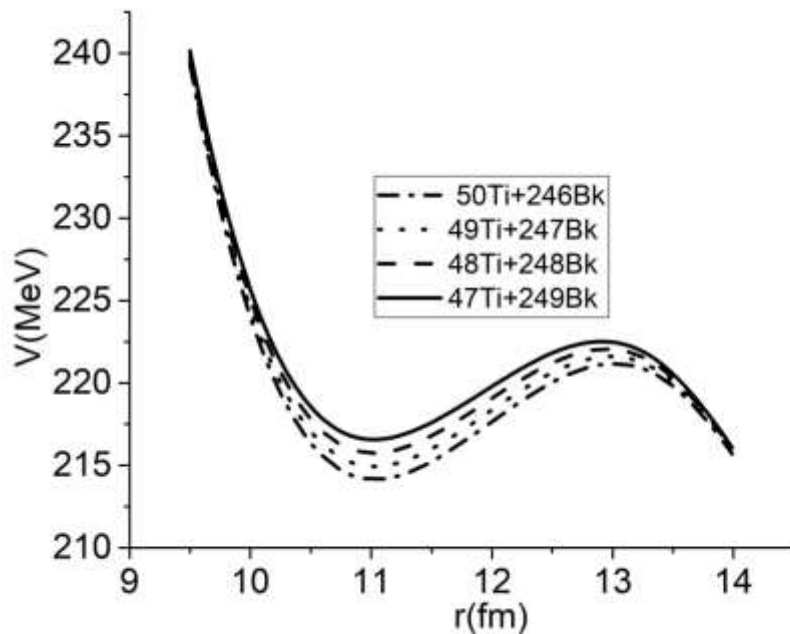
$$f(K) = \frac{4}{K^2 + K + \frac{1}{K} + \frac{1}{K^2}} \quad (13)$$

که در آن $K = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^{1/3}$ می‌باشد.

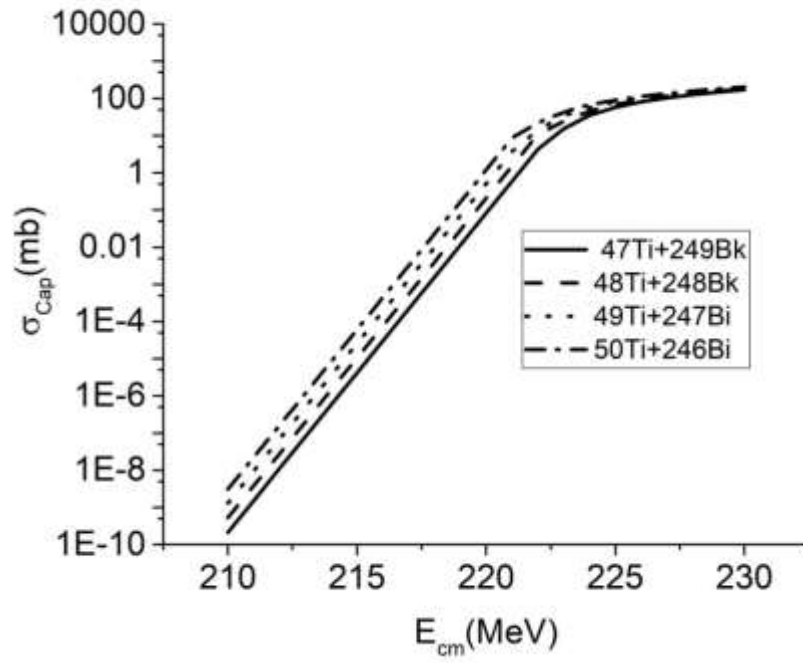


نتایج:

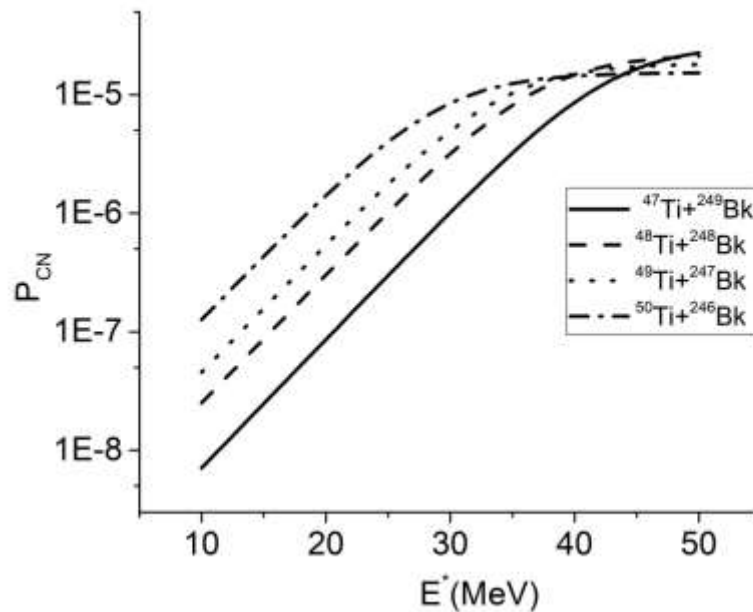
محاسبات را برای سیستم های $^{47,48,49,50}_{22}\text{Ti} + ^{249,248,247,246}_{97}\text{Bk}$ انجام داده ایم. نتایج در شکل های ۱ تا ۴ نشان داده شده اند. این واکنش ها هسته ی $^{296}119$ را بوجود می آورند. پارامتر عدم تقارن این واکنش ها به ترتیب برابر $0.682, 0.675, 0.672, 0.662$ می باشند. در شکل ۱ تغییرات انرژی پتانسیل برحسب فاصله دو هسته از هم رسم شده است. با در نظر گرفتن یک انرژی مشخص برای پرتابه در واکنش های در نظر گرفته شده، ارتفاع و همچنین ضخامت سدهای بدست آمده متفاوت می باشند. برای واکنش $^{47}\text{Ti} + ^{249}\text{Bk}$ بیشترین ارتفاع و ضخامت سد، و برای واکنش $^{50}\text{Ti} + ^{246}\text{Bk}$ کمترین ارتفاع و ضخامت را داریم.



شکل ۱: تغییرات انرژی پتانسیل برحسب فاصله بین مراکز هسته پرتابه و هدف.



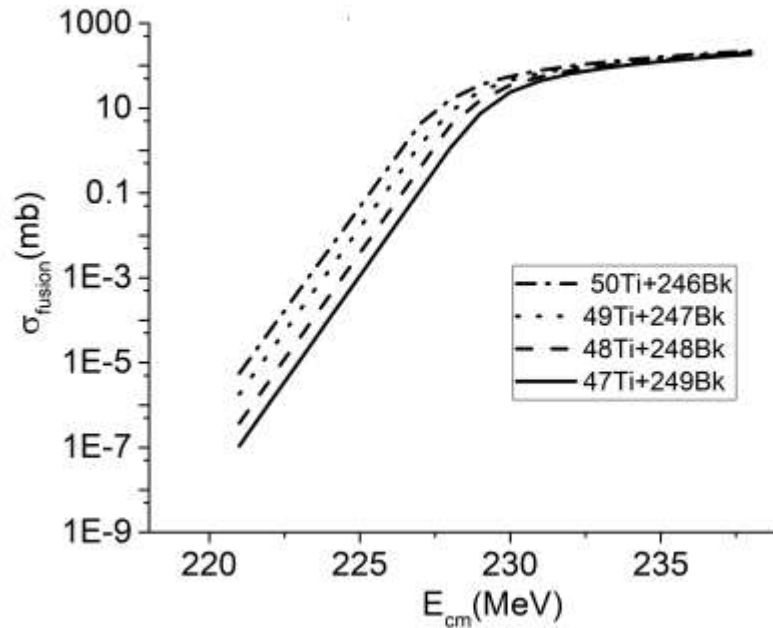
شکل ۲: تغییرات سطح مقطع گیراندازی برحسب انرژی.



شکل ۳: تغییرات احتمال تشکیل هسته مرکب بر حسب انرژی برانگیختگی.

در شکل ۲ تغییرات سطح مقطع گیراندازی را بصورت تابعی از انرژی برای چهار واکنش رسم کرده ایم. همانطور که از شکل مشاهده می شود با افزایش انرژی سطح مقطع افزایش می یابد. همچنین سطح مقطع گیراندازی برای سیستم ${}_{22}^{47}\text{Ti} + {}_{97}^{249}\text{Bk}$ دارای بیشترین مقدار و برای سیستم ${}_{22}^{50}\text{Ti} + {}_{97}^{246}\text{Bk}$ دارای کمترین مقدار است. با کاهش عدم تقارن سطح مقطع گیراندازی افزایش می یابد.

در شکل ۳ تغییرات احتمال تشکیل هسته مرکب بر حسب انرژی برانگیختگی را نشان داده ایم. با افزایش انرژی برانگیختگی احتمال تشکیل هسته مرکب نیز افزایش می یابد. همانند مورد سطح مقطع گیراندازی، احتمال تشکیل هسته مرکب برای سیستم ${}_{22}^{50}\text{Ti} + {}_{97}^{246}\text{Bk}$ دارای بیشترین مقدار و برای سیستم ${}_{22}^{47}\text{Ti} + {}_{97}^{249}\text{Bk}$ دارای کمترین مقدار است. در این حالت نیز با کاهش پارامتر عدم تقارن احتمال تشکیل هسته مرکب نیز افزایش می یابد.



شکل ۴: تغییرات سطح مقطع همجوشی بر حسب انرژی.

تغییرات سطح مقطع همجوشی بر حسب انرژی در شکل ۴ نشان داده شده است. همانطور که از این شکل مشخص است سطح مقطع همجوشی برای سیستم $^{50}_{22}\text{Ti} + ^{246}_{97}\text{Bk}$ بیشتر از دیگر سیستم‌ها است. بطور کلی با افزایش عدم تقارن، سدهای پتانسیل مرتفع‌تر و عریض‌تر شده و در نتیجه سطح مقطع‌ها کاهش می‌یابد.

بحث و نتیجه‌گیری:

با در نظر گرفتن چهار واکنش $^{49}_{22}\text{Ti} + ^{247}_{97}\text{Bk}$ ، $^{48}_{22}\text{Ti} + ^{248}_{97}\text{Bk}$ ، $^{47}_{22}\text{Ti} + ^{249}_{97}\text{Bk}$ و $^{50}_{22}\text{Ti} + ^{246}_{97}\text{Bk}$ که هسته $^{296}_{119}$ را بوجود می‌آورند و به ترتیب دارای پارامتر عدم تقارن 0.662, 0.672, 0.675, 0.682 می‌باشند تاثیر این پارامتر را بر سطح مقطع گیراندازی، احتمال تشکیل هسته مرکب و سطح مقطع همجوشی بررسی کرده‌ایم. مشخص گردید با افزایش پارامتر عدم تقارن سطح مقطع گیراندازی، احتمال تشکیل هسته مرکب و سطح مقطع همجوشی کاهش می‌یابد. نتایج بدست آمده به خوبی اهمیت پارامتر عدم تقارن کانال ورودی در بررسی سطح مقطع‌های گیراندازی و همجوشی را نشان می‌دهند.



مراجع:

- [1] L. Öhrström and J. Reedijk, Pure Appl. Chem. **88**, 1225 (2016).
- [2] V. I. Zagrebaev and W. Greiner, Nucl. Phys. A **944**, 257 (2015).
- [3] Yu. Ts. Oganessian, et al., Phys. Rev. C **79**, 024603 (2009).
- [4] S. Hafman, et al., Eur. Phys. J. A **52**, 180 (2016).
- [5] V. I. Zagrebaev and W. Greiner, Nucl. Phys. A **944**, 257 (2015).
- [6] J. Blocki, J. Randrup, W. J. Swiatecki, and C. F. Tsang, Ann. Phys. (NY) **105**, 427 (1977).
- [7] C. Y. Wong, Phys. Rev. Lett. **31**, 766 (1973).
- [8] K. P. Santhosh and V. Safoora, Phys. Rev. C **94**, 024623 (2016).
- [9] W. Loveland, Phys. Rev. C **76**, 014612 (2007).
- [10] K. P. Santhosh and V. Safoora, Phys. Rev. C **96**, 034610 (2017).
- [11] G. G. Adamian, N. V. Antonenko, W. Scheid, and V. V. Volkov, Nucl. Phys. A **633**, 409 (1998).