

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)

محاسبه چگالی ترازهای هسته‌ای ^{232}Th با استفاده از مدل‌های ماکروسکوپی و کاربرد آنها در محاسبه سطح

مقطع واکنش‌های هسته‌ای

اصغر خوی^۱، مقصود آقاجانی^۲، روح اله رضوی نژاد^۳، اعظم رحمتی نژاد^۴

^۱ و ^۲ دانشگاه جامع امام حسین (ع) تهران، دانشکده علوم، گروه فیزیک

^۳ و ^۴ دانشگاه زنجان، دانشکده علوم، گروه فیزیک

چکیده:

چگالی ترازهای هسته‌ای ^{232}Th با استفاده از داده‌های تجربی اخیر گزارش شده توسط گروه اسلو [۱] و در بستر دو مدل پدیده شناختی گاز فرمی جابه‌جا شده (BSFGM) و مدل دمای ثابت (CTM) استخراج شده است. همچنین با استفاده از نتیجه محاسبات، تابع برانگیختگی واکنش $^{232}\text{Th}(n,2n)^{231}\text{Th}$ و همچنین سطح مقطع دیفرانسیلی واکنش $^{232}\text{Th}(n,el)$ محاسبه و با داده‌های تجربی مقایسه شده‌اند.

چگالی ترازهای هسته‌ای نقطه شروعی برای بررسی ساختار هسته‌ها و همچنین محاسبه کمیت‌های ترمودینامیکی و سطح مقطع واکنش‌های هسته‌ای می‌باشد. مدل‌های هسته‌ای مناسب در محاسبه چگالی ترازهای هسته‌ای در ناحیه‌ای از انرژی که اطلاعات دقیقی از ترازهای مجزای هسته‌ای وجود ندارد اهمیت ویژه‌ای دارند. دو مدل پدیده شناختی گاز فرمی جابه‌جا شده و مدل دمای ثابت از موفق‌ترین مدل‌های هسته‌ای ماکروسکوپی در این راستا می‌باشند.

فرمول Bethe برای مدل گاز فرمی جابه‌جا شده طبق رابطه‌ی زیر تعریف می‌شود [۲ و ۳]:

$$\rho(E) = \frac{\text{Exp}\left(2\sqrt{a(E-E_1)}\right)}{12\sqrt{2}\sigma^4\sqrt{a(E-E_1)^5}} \quad (1)$$

در رابطه‌ی بالا σ پارامتر قطع اسپین می‌باشد و با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود [۳ و ۴]:

$$\sigma^2 = 0.0888A^{\frac{2}{3}}a(E-E_1) \quad (2)$$

a پارامتر چگالی تراز نام دارد. پارامتر a و جابه‌جایی انرژی E_1 با برازش فرمول Bethe و داده‌های تجربی قابل محاسبه‌اند.

دمای هسته‌ای T با استفاده از چگالی ترازهای هسته‌ای $\rho(E)$ ، طبق رابطه‌ی زیر تعریف می‌شود [۵]:

$$\frac{1}{T} = \frac{d}{dE} \ln \rho(E) \quad (3)$$

انتگرال‌گیری از رابطه‌ی بالا فرمول گاز فرمی در دمای ثابت را به دست می‌دهد [۶]:

$$\rho(E) = \frac{1}{T} \text{Exp}\left(\frac{E-E_0}{T}\right) \quad (4)$$

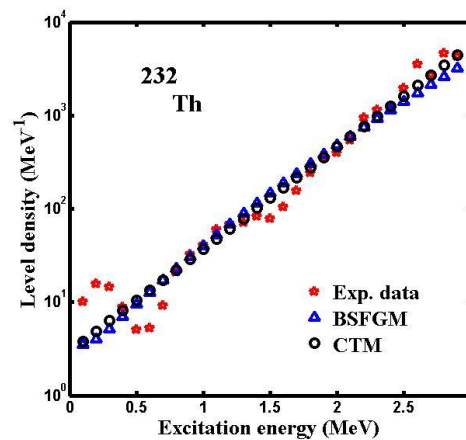
دمای هسته‌ای T و جابه‌جایی انرژی E_0 پارامترهای آزاد هستند. این پارامترها با استفاده از داده‌های تجربی مربوط به چگالی ترازها قابل محاسبه‌اند.

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)

هر کدام از رابطه‌های مربوط به چگالی ترازها، دو پارامتر آزاد دارند. در این کار ابتدا کوشیدیم پارامترهای آزاد را با کمک برازش داده‌های تجربی مربوط به هسته‌ی ^{232}Th ، با فرمول‌ها محاسبه کنیم. بهترین مقادارهای به‌دست آمده در جدول ۱ آورده شده‌اند.

جدول ۱: بهترین مقادارهای به‌دست آمده برای پارامترهای موجود در فرمول‌های چگالی تراز هسته ^{232}Th در دو مدل CTM و BSFGM

پارامترها مدلها	a [MeV ⁻¹]	E1 [MeV]	T [MeV]	E0 [MeV]
BSFGM	۱۸,۰۱۳	-۰,۰۲۱۰		
CTM			۰,۳۹۶۵	-۰,۰۶۳۰



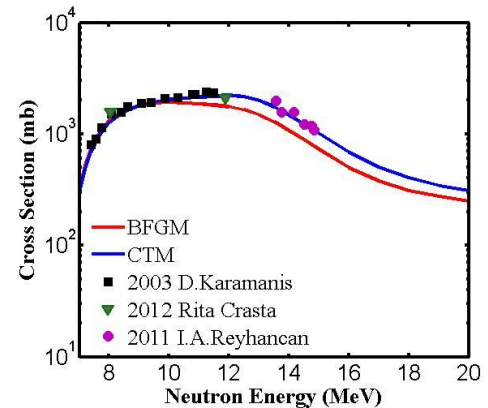
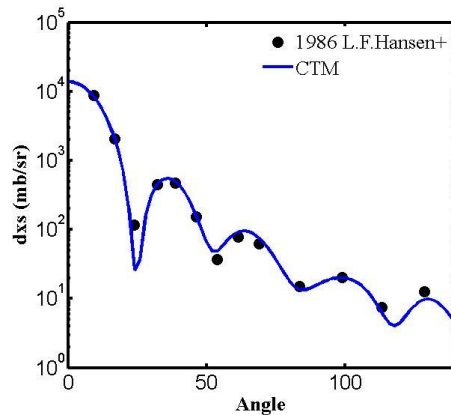
شکل ۱. چگالی ترازهای هسته ^{232}Th به صورت تابعی از انرژی برانگیختگی، در دو مدل BSFGM و CTM، همراه با داده‌های تجربی به دست آمده توسط گروه Oslo.

در شکل ۱ چگالی ترازهای به دست آمده با استفاده از پارامترهای جدول ۱، به همراه داده‌های تجربی رسم شده‌اند.

با توجه به این نمودار توافق خوبی بین مقادارهای تجربی و هر دو رابطه‌ی تئوری BSFGM و CTM وجود دارد.

سیس تابع برانگیختگی هسته‌ی ^{232}Th در واکنش $^{232}\text{Th}(n,2n)^{231}\text{Th}$ ، با استفاده از چگالی ترازهای به‌دست آمده محاسبه شده است. این کار با استفاده از کد هسته‌ای TALYS-1.6 انجام گرفته است. تابع‌های به‌دست آمده همراه با داده‌های تجربی [۷ و ۹] در نمودار شکل ۲ رسم شده‌اند. با توجه به شکل ۲ مشاهده می‌شود مدل دمایی ثابت در توصیف تابع برانگیختگی هسته ^{232}Th موفق‌تر است. این مشاهده در توافق با گزارش رفتار دمایی ثابت در چگالی ترازهای این هسته توسط گروه اسلو می‌باشد [۱۰]. در نهایت سطح مقطع دیفرانسیلی محاسبه شده با چگالی ترازهای به‌دست آمده برای هسته ^{232}Th با استفاده از مدل دمایی ثابت، در واکنش $^{232}\text{Th}(n,2n)$ به همراه داده‌های تجربی [۱۱] در شکل ۳، برحسب زاویه رسم شده است.

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)



شکل ۲. تابع برانگیختگی هسته ^{232}Th در واکنش $^{232}\text{Th}(N,2N)^{231}\text{Th}$ محاسبه شده با پارامترهای به دست آمده با برازش داده‌های تجربی در دو مدل CTM و همراه با مقادیرهای تجربی همراه با مقادیرهای تجربی در این واکنش. شکل ۳. سطح مقطع دیفرانسیلی واکنش $^{232}\text{Th}(n,el)$ محاسبه شده با پارامترهای به دست آمده با برازش داده‌های تجربی در مدل CTM، همراه با مقادیرهای تجربی همراه با مقادیرهای تجربی در این واکنش.

نتیجه گیری:

چگالی ترازهای هسته‌ای ^{232}Th با کمک داده‌های تجربی گروه اسلو طبق فرمول‌های گاز فرمی جابه‌جا شده (BSFGM) و گاز فرمی در دمای ثابت (CTM) محاسبه شده‌اند. نتیجه هر دو مدل در توافق خوبی با داده‌های تجربی گروه اسلو می‌باشند. همچنین با استفاده از نتایج محاسبات، تابع برانگیختگی ^{232}Th در واکنش $^{232}\text{Th}(n,2n)^{231}\text{Th}$ به دست آمده است. نتیجه نشان می‌دهد که مدل دمای ثابت در توصیف تابع برانگیختگی این واکنش موفق‌تر است. این مشاهده در توافق با گزارش مشاهده رفتار دمای ثابت در چگالی ترازهای این هسته توسط گروه اسلو می‌باشد. در نهایت با استفاده از چگالی ترازهای هسته‌ای محاسبه شده در مدل دمای ثابت سطح مقطع دیفرانسیلی واکنش $^{232}\text{Th}(n,2n)$ محاسبه و با داده‌های تجربی مربوطه به آن مقایسه شده است. مقایسه نتایج با داده‌های تجربی نشان می‌دهد مدل دمای ثابت سطح مقطع دیفرانسیلی را در توافق خوبی با داده‌های تجربی به دست می‌دهد.

مرجع‌ها

1. M. Guttormsen, R. Chankova, M. Hjorth-Jensen, J. Rekstad, S. Siem, A. Schiller, and D.J. Dean, *Phys. Rev. C* **68**, 034311(2003).
2. H.A. Bethe, *Phys. Rev.* **50**, ۳۳۲ (۱۹۳۶).
3. R. Razavi, T. Kakavand, *Nuclear Technology & Radiation protection*, **26** (1), 69 (2011).
4. T. von Egidy, H. H. Schmidt, A.N., Behkami, *Nucl. Phys. A*, **481**, 2, pp. 189-206 (1988)
5. T. Ericson, *Nucl. Phys.*, **11**, 481 (1959).
6. A. Gilbert, A. G. W. Cameron, *Can. J. Phys.*, **43**, 1, pp. 1446-1496 (1965).
7. D. Karamanis et al., *Nucl. Instrum. Methods in Physics Res.*, **505**, 381 (2003).
8. R. Crasta et al., *Annals of Nuclear Energy*, **47**, 160 (2012).
9. I. A. Reyhancan, *Annals of Nuclear Energy*, **38**, 2359 (2011).
10. M. Guttormsen et al., *Phys. Rev.* **88**, 024307 (2003).
11. L. F. Hansen, *Phys. Rev. C*, **34**, 2075 (1986).

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)