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

بررسی تابع برانگیختگی تولید رادیوایزوتوپ ید-۱۲۳(^{123}I) با استفاده از واکنش پروتون با تلوریم طبیعی(^{Nat}Te (p, xn)^{123}I)

سمیرا محمدی‌الموتی[۱]، محمد میرزایی[۲]، طیب کاکاوند[۳]، کامران یوسفی[۲]

[۱] گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان
[۲] گروه پژوهشی رادیوایزوتوپ‌ها، پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، کرج
[۳] گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره) قزوین

چکیده

ید-۱۲۳ ازجمله رادیوایزوتوپ‌های ارزشمند است که در زمینه تصویربرداری تشخیصی غده تیروئید به‌کار می‌رود. از روش‌های تولید این رادیوایزوتوپ، استفاده از ایزوتوپ‌های عنصر تلوریم می‌باشد. در این مقاله سطح مقطع و تابع برانگیختگی تولید ید-۱۲۳ دراثر واکنش تلوریم طبیعی با پروتون توسط کدهای محاسباتی هسته‌ایALICE91, ALICE/ASH, TALYS-1.6 مورد بررسی قرار گرفته است. نتیجه به‌دست‌آمده با مقادیر تجربی مورد مقایسه قرار گرفت و با توجه به درستی نتایج، بازه انرژی ۲۰ تا ۳۰ مگاالکترون ولت، بازه مناسب تولید ید-۱۲۳ انتخاب گردید.

ید-۱۲۳ از جمله رادیوایزوتوپ‌های ارزشمندی است که بدلیل نیمه عمر کوتاه ۱۳٫۲ ساعتی و واپاشی ۱۰۰ درصدی به وسیله گیراندازی الکترون[۱](EC) و گسیل گامای ۱۵۹ کیلوالکترون ولت(Kev) درتصویربرداری تشخیصی غده تیروئید به روش توموگرافی گسیلنده تک فوتونی[۲](SPECT) به‌کار می‌رود. در حالت کلی می‌توان ید-۱۲۳ را از طریق واکنش‌های مختلفی تولید کرد. از جمله این واکنش‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۱]:

^{124}Te(p, 2n) ⇨ ^{123}I , ^{124}Xe(d, n) ⇨ ^{123}I , ^{Nat}Te (p, xn) ⇨ ^{123}I

^{124}Xe(P, 2N)^{123}Cs ⇨ ^{123}Xe ⇨ ^{123}I , ^{127}I(p, 5n)^{123}Xe ⇨ ^{123}I

در این بین استفاده از اهداف گازی مانند ایزوتوپ‌های گاز زینون بدلیل قیمت بالا جایگاه استفاده از اهداف جامد(ایزوتوپ‌های تلوریوم) را برجسته کرده، که در این مقاله واکنش هدف جامد تلوریم طبیعی مورد مطالعه قرار گرفته است.

گام اول و مهم تولید ید-۱۲۳ و هر رادیوایزوتوپ دیگر برای انتخاب بازه انرژی مناسب جهت بمباران، مطالعه‌ی احتمال واکنش است. احتمال وقوع یک واکنش هسته‌ای را می‌توان به نحو مطلوبی بر حسب مفهوم سطح مقطع بیان کرد. به این ترتیب که هرگاه باریکه‌ای از ذرات ثابت با شار(I) ذره در

[۱] Electron Capture (EC)
[۲] Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT)

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

واحد سطح در واحد زمان به هدفی که دارای N ذره در واحد سطح است برخورد کند و ذرات خروجی با آهنگ (R) ظاهر شوند، احتمال نسبی و قوع واکنش و یا همان سطح مقطع از رابطه (۱) بدست می‌آید:

$$\sigma = \frac{R}{I.N} \qquad (۱)$$

که بعد سطح مقطع برحسب بعد سطح و واحد آن بارن است ($1\ barn = 10^{-24}\ cm^2$).

برای محاسبه سطح مقطع در انرژی‌های مختلف پرتابه از کدهای هسته‌ای مختلف از جمله ALICE و ALICE/ASH و TALYS-1.6 استفاده می‌شود.

در نهایت با داشتن سطح مقطع تولید واکنش که تابعی از انرژی است می‌توان نمودار سطح مقطع بر حسب انرژی پرتابه را رسم کرد. با وجود این نمودار، که همان نمودار تابع برانگیختگی است، می‌توان محدوده انرژی مناسب جهت تولید را انتخاب کرد. در این بازه باید از بالاترین سطح مقطع برای داشتن بیشترین بهره تولید محصول برخوردار باشیم. این محدوده درواقع انتخاب انرژی ورودی پرتابه به داخل هدف و انرژی خروجی از آن برای بمباران و انجام واکنش است.

نتیجه گیری

با انتخاب واکنش تلوریم طبیعی به عنوان هدف برای تولید ید-۱۲۳ به بررسی ایزوتوپ‌های آن پرداختیم. تلوریم طبیعی دارای ۸ ایزوتوپ است که هرکدام با درصد فراوانی مخصوص به خود درآن یافت می‌شوند. در اثر بمباران تلوریم با پرتابه پروتون این ۸ ایزوتوپ در واکنش شرکت می‌کنند، اما تنها واکنش ٤ ایزوتوپ منجر به تولید ید-۱۲۳ می‌شوند که در جدول شماره(۱) واکنش این ایزوتوپ‌ها و مقدار درصد فراوانی آن‌ها در تلوریم طبیعی ذکر شده[۳و۲]:

جدول شماره (۱): ٤ایزوتوپ تلوریم که در اثر واکنش با پروتون منجر به تولید ید-۱۲۳ می‌شوند به همراه مقدار درصد فراوانی آن‌ها در تلوریم طبیعی

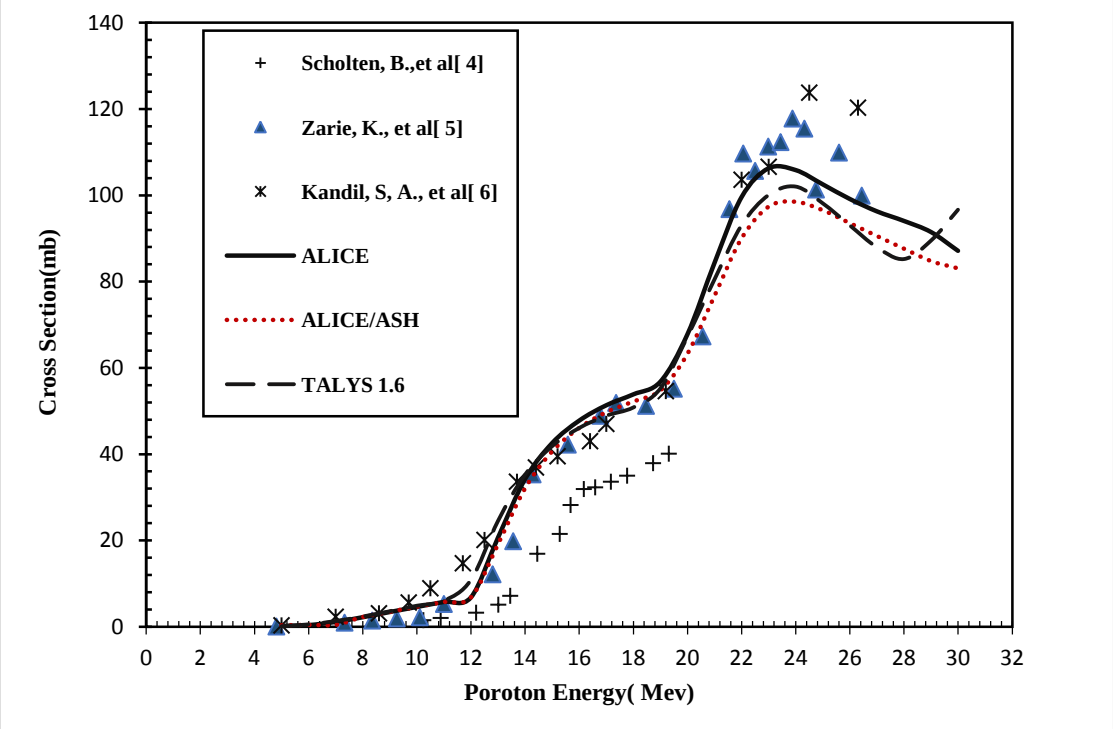
ایزوتوپ	^{123}Te	^{124}Te	^{125}Te	^{126}Te
واکنش با پروتون	$^{123}Te\ (p, n)\ ^{123}I$	$^{124}Te(p, 2n)\ ^{123}I$	$^{125}Te(p, 3n)\ ^{123}I$	$^{126}Te(p, 4n)\ ^{123}I$
درصد فراوانی	۰٫۹۰۸	۴٫۸۱۶	۷٫۱۳۹	۱۸٫۹۵

سطح مقطع واکنش هر ٤ ایزوتوپ فوق با پروتون را به طور جداگانه با استفاده ازمذکور به‌دست آوردیم. چون مطالعه این واکنش در پژوهشگاه هسته‌ای کرج در حال انجام است، انرژی پرتابه از ۱ تا ۳۰ مگاالکترون ولت(Mev) در نظر گرفته شده که انرژی مورد استفاده در سیکلوترن کرج می‌باشد.

برای هر کد در هر انرژی، مقدار سطح مقطع به‌دست آمده برای هر ایزوتوپ را در مقدار درصد فراوانی آن ایزوتوپ ضرب کرده و مقادیر به‌دست آمده را با هم جمع می‌کنیم. به این ترتیب سطح مقطع تلوریم طبیعی در هر انرژی برای آن کد به‌دست می‌آید.

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

تابع برانگیختگی برای واکنش $^{Nat}Te(p, xn)^{123}I$ با استفاده از مقادیر محاسباتی به‌دست آمده از کدها و اعمال درصد فراوانی آن‌ها و مقادیر تجربی موجود در گزارشات و مقالات ارائه شده توسط محققان دیگر در نمودار(۱) رسم شده است.



نمودار(۱)- تابع برانگیختگی واکنش $^{Nat}Te\ (p, xn)^{123}I$ ، محاسبه شده با پارامترهای بدست آمده توسط کدهای ALICE و ALICE/ASH و TALYS-1.6 همراه با مقادیر تجری این واکنش [٦ و٥ و ٤].

مقایسه نشان می‌دهد که سطوح مقطع محاسبه شده در این کار در توافق خوبی با داده‌های تجربی قرار دارد. با توجه به تابع برانگیختگی، در بازه ۲۰ تا ۳۰ مگاالکترون‌ولت، ید-۱۲۳ تولیدی از سطح مقطع خوبی برخوردار است به عبارت دیگر می‌توان اینگونه بیان کرد که در این بازه ید-۱۲۳ از بهره تولید بالایی برخوردار است.

مرجع‌ها

1) Takács, S., et al, Excitation function of ^{122}Te (d, n)^{123}I nuclear reaction: production of ^{123}I at a low energy cyclotron, Applied Radiation and Isotopes, 50, 535-540, 1999.
2) Kiraly. B., et al, Excitation functions of proton induced nuclear reactions on natural tellurium up to 18 MeV for validation of isotopic cross sections, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 270, 369–378, 2006.

3) Ahmed. A. M., et al, Cross sections for the formation of radio iodine in proton bombardment of natural tellurium with particular reference to the validation of data for the production of ^{123}I, Radiochim, Acta 99, 317–323, 2011.
4) Scholten, B., Qaiam, S.M., and Stocklin, G., Journal of Applied Radiation and Isotopes, Vol.40, p.127, (1989), UK.
5) Zarie, K., et al, Excitation function of (p, xn) reactions on natural tellurium at low energy cyclotron: relevance to the production of medical radioisotope ^{123}I, Journal of Nuclear and Radiation Physics, 1, 93-104, 2006.
6) Kandil, S, A., et al, Cross section measurements and theoretical calculations of proton induced nuclear reactions on natural tellurium, Journal of Radiochim. Acta, 101, 67-71, 2013.