بررسی روش تولید رادیونوکلئید درمانی تربیوم–۱۶۱ با استفاده از کدهای EMPIRE 3.2 و TALYS 1.6 با استفاده از واکنش ۱۶۲Dy(3H,alpha)161Tb

رحیمی لسکوکلایه،شهره*[۱] - یوسف نیا،حسن[۲]- ذوالقدری،سمانه[۲]

[۱]دانشگاه دامغان، *دانشکده فیزیک، دامغان*

[۲]پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، انتهای خیابان کارگر شمالی ، تهران

چکیده :

در بررسی تولید Tb_161 که با استفاده از کدهای۲ .EMPIRE 3 و TALYS 1.6 انجام میشود با توجه به سطح مقطع های تولید شده ،اکتیویته را محاسبه شده به علت این که از هر دو کد محاسباتی ۲ .EMPIRE 3 و TALYS 1.6 داده گرفته شده بنابراین حالت مقایسه ای بین دو کد را در نظر گرفته همچنین اکتیویته را برای هر دو کد محاسبه کرده ایم وبه این نتیجه رسیده ایم که هماهنگی خوب وقابل قبولی بین انها وجود دارد.

کلمات کلیدی: بهره تولید(Yield), Tb-161, TALYS code, EMPIRE code,

مقدمه :

161Tb با نیمه‌عمر ۶/۹ روز یکی از رادیوایزوتوپ‌های مناسب است که ساطع کننده بتای منفی با انرژی ماکزیمم ۰/۵۹ مگا الکترون ولت می‌باشد. تربیوم–۱۶۱ یک لانتانید فلزی با ظرفیت +۳ است که کاربردهای درمانی گوناگونی دارد. این رادیوایزوتوپ خواص شیمیایی و رادیولوژیکی ویژه‌ای جهت درمان سرطان از خود نشان داده است و در بسیاری از ترکیبات رادیوداروها استفاده شده.

روشهای تولید متعددی برای تربیوم–۱۶۱ وجود داره یکی از واکنش هایی که منجر به تولید ماده ی مورد نظر شده Dy(3H,alpha)161Tb ۱۶۲می باشد به علت اینکه به صورت عملی نمی شود تربیوم–۱۶۱ را تولید کرد در نتیجه با استفاده از کد ها این امر انجام میشود استفاده از کد در محاسبات از اهمیت زیادی برخوردار شده مثلا راههای محاسبات متفاوت برای تولید رادیوایزوتوپ دارویی Pb_203 با استفاده از کدهای محاسباتی Talys و EMPIRE [۱] وگسیل انحصاری چند گانه سطح مقطع در مونت کارلو هیبریدی مدل Pre_equilibrium [۲] در واقع هدف ، بررسی تولید تربیم است که منجر به بدست آوردن اکتیویته این ماده میشود وبه دلیل اینکه سطح مقطع با اکتیویته نسبت مستقیم داردپس هرچه سطح مقطع بالاتر، احتمال واکنش بیشتر وبهره تولید بیشتر است.

در این تحقیق نیز، مقایسه ای بین دو کد محاسباتی EMPIRE 3.2 و TALYS 1.6 نیز انجام شده .در استفاده از کدهای محاسباتی با در نظر گرفتن واکنش ۱۶۲Dy(3H,alpha)161Tb به تولید سطح مقطع میپردازیم .

روش کار :

سطح مقاطع که با استفاده از کد های محاسباتی Talys و EMPIRE در رنج انرژی 0 تا20 مگاالکترون ولت که انرژی مرسومی میباشد محاسبه شدودر شکل (۱) آورده شده وبعد به محاسبه بهره تولید پرداخته میشود.

محاسبه ی بهر ه ی تولید

بهره ی تولید برحسب انرژی از رابطه ی زیر محاسبه می شود[۳]

$$Yield=I*H(1-e^{-\lambda t})/M\int \frac{\sigma(E)}{s_p}(E)dE(mci/\mu A.h)$$

که در آن ، I شدت جریان باریکه ی فرودی برحسب میکروآمپر(μA) درصد فراوانی ایزوتوپی هدف ،M جرم هدف برحسب گرم، σ(E) سطح مقطع واکنش برحسب میلی بارن ، t زمان پرتو دهی برحسب ساعت ، λ ثابت واپاشی برحسب بر ثانیه و Sp(E) توان ایستانندگی هدف برحسب $(MeV\ cm2/g^{-1})$ می باشد این رابطه نشان می دهد که بهره ی تولید با افزایش انرژی پروتون،جریان و زمان بمباران، افزایش می یابد.

EMPIRE code

یک سیستم قیاسی (پیمانه ای) از کد واکنشی هسته ای است که در برگیرنده مدلهای هسته ای مختلف , مخصوص برای محاسبات پهنای رنج انرژی سیستم بکار میرود .

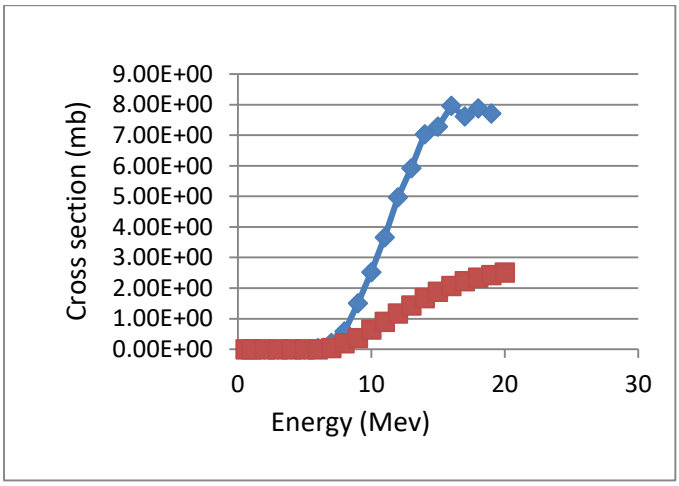
EMPIRE شامل version مختلف است مثلا MSC Empire وHMS Empire وHI Empire (برای یونهای سنگین) وEmpire-2 و...ترکیبی ازمدلهای مختلف, version هایی متفاوت ازEmpire را تشکیل میدهد. کتابخانه جامع درون پارامترهای اصلی در RIPL-3 که پوشش جرم هسته ای , چگالی سطح برنامه , مرز شکافت و ...را دربر میگیرد.EMPIRE در محیط Linux فعالیت می کند . تمام سیستم EMPIRE مستقر دریک فهرست راهنما تعریف شده که نام تعیین شده در یک محیط متفاوت EMPIREDIR است ساختار فهرست راهنما شامل شرح فایل و زیرفهرست راهنما.[۴]

Talys code

کد محاسباتی تالیس (TALYS 1.6) یک برنامه کامپیوتری برای شبیه سازی واکنش های هسته ای می باشد .این کد قادر به شبیه ساز واکنشهای هسته ای که ذره پرتابه آنها نوترون، پروتون، دوترون، تریتون، هیلیم ۹ و آلفا در بازه انرژی ۱ کیلو الکترون ولت تا ۲۰۰ مگا الکترون ولت برای هسته هایی که جرم آنها حداقل ۱۲ است، می باشد .فایل ورودی کد تالیس تنها به چهار واژه کلیدی نیاز دارد .این واژه های کلیدی عبارتند از ۱ نام ذره پرتابه۲ نام عنصر هدف ۳ عدد جرمی هدف ۴

انرژی وردی ذره پرتابه .کد تالیس (TALYS 1.6) می تواند سطح مقطع کل تولید یک ایزوتوپ را که از کانالهای مختلف فرودی در یک عنصر طبیعی تولید می شود، محاسبه کند .

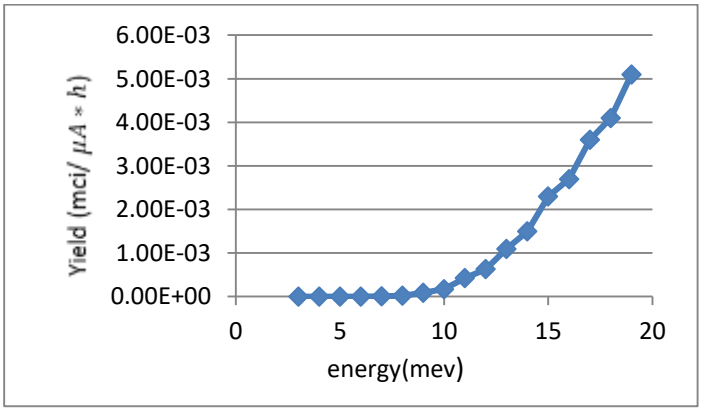
همچنین قادر به محاسبه سطح مقطع تولید حالت های برانگیخته یک ایزوتوپ می باشد .کد تالیس در حوزه واپاشی هسته مرکب پیش از تعادل از مدل اکسایتون استفاده می کند.[۵]سطح مقطع هایی را که با هر دو کد محاسباتی بدست اوردیم بر حسب انرژی مورد نظر رسم میکنیم.



شکل شماره (۱)

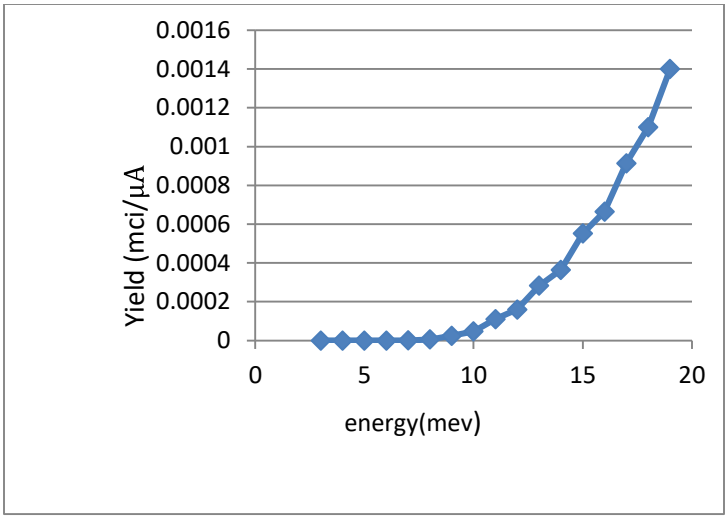
حال اکتیویته محاسبه شده را برای هر دو کدبرحسب انرژی رسم میکنیم .

EMPIRE



شکل شماره(۲)

Talys



شکل شماره (۳)

نتایج:

سطح مقطع ها که به وسیله کدهای EMPIRE و Talys محاسبه شده در شکل (۱) آورده شده که در محاسبات Yield تاثیر گذاشته.ونتایج حاصل از Yield در شکل های(۲)و(۳) مطرح شده که هماهنگی خوب دو کد در ان نشان داده شده.

با در نظر گرفتن واکنش ۱۶۲Dy(3H,alpha)161Tb که 161Dyبه عنوان هدف انتخاب کرده و 3H به عنوان پرتابه در نظر گرفته ومحصول مورد نظر را تولید کردیم .کدهای محاسباتی در واقع محیطی را فراهم میکنند تا قبل از تولید تجربی مقادیر را اندازه گیری کرده بعدبه تولید ماده مورد نظر بپردازیم.در این صورت است که می توان ماده تولیدی را با صرف هزینه وانرژی کمتر بدست اورد.

بحث ونتیجه گیری :

در این مطالعه به تولید سطح مقطع پرداختیم وبا توجه به این نکته که هر چه سطح مقطع بالاتر احتمال برهم کنش بیشتر در نتیجه اکتیویته بیشتر میشود، به وسیله دو کدی که معرفی شد سطح مقطع وبعد اکتیویته حساب میشود .

مراجع :

1. Azzam, A. Said,S.A. Al-abyad, M. (2014). "Evaluation of different production routes for the radio medical isotope 203Pb using TALYS 1.4 and EMPIRE 3.1 code calculations"Applied RadiationandIsotopes 91:109–113.

2. Carlson, B.V. Brito, L. D. Mega, F. R. Capote Herman, M. Rego, M.E. (2014). "Exclusive Multiple Emission Cross Sections in the Hybrid Monte CarloPre-equilibrium Model and in EMPIRE-3.1"Nuclear Data Sheets 118 : 276–279.
3. A. Vertes, S. Nagy, Z. Klencsar, “Handbookof Nuclear Chemistry,” Kluwer Academic Publishers Netherlands 4: 4-9 (2003).

4.] Herman, M. Capote, R. Sin, M. Trkov, A. Carlson, B.V.Cho,Young-Sik.Nobre,G.P.A.Plujko,V.A. Zerkin, V. Mattoon, C.M. Wienke, H. Hoblit, S. “EMPIRE-3.2MALTA” modular system for nuclear reaction calculations,and nuclear data evaluation.2012-2013.
5. Koning, A. J. Hilaire, S. Duijvestijn, M. *“TALYS-1.6”* NRG-Nuclear Research and Consultancy Group, 2007.