

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی

محاسبه آهنگ تولید ^{239}Pu در برهم کنش نوترون با ^{238}U در کره اورانیوم طبیعی با استفاده از روش مونت کارلو

رضایی، نسبیبه^۱؛ وجدانی نقره نیان، علیرضا^۲

^۱ گروه فیزیک دانشگاه نیشابور، نیشابور-ایران

^۲ گروه فیزیک دانشگاه نیشابور، نیشابور-ایران

چکیده

در این تحقیق هدف برآورد آهنگ تولید پلوتونیم ایجاد شده در برهم کنش نوترون های حرارتی با اورانیوم ^{238}U با استفاده از روش مونت کارلو می باشد. آهنگ تولید با استفاده از یک برنامه فرترن و بهره گیری از روش مونت کارلو به صورت مستقیم و بدون استفاده از کدهای متداول شبیه سازی شده است. سطح مقطع های جذب و پراکنندگی در برابر ذرات لحاظ گردیده اند. مقدار مشخصی از اورانیوم طبیعی که شامل ایزوتوپ های ^{235}U و ^{238}U است را در نظر گرفته و چشمه نوترونی مورد نظر را در مرکز این حجم از اورانیوم طبیعی قرار داده ایم. با بررسی گام به گام تاریخچه هر ذره آهنگ تولید پلوتونیم ^{239}Pu را محاسبه کرده ایم.

Calculation the production rate of ^{239}Pu by neutron interaction with ^{238}U in natural Uranium sphere using Monte-Carlo method

Rezayi, Nasibe¹; Vajdani Noghreiyani, Alireza²

^{2,1} Department of Physics, University of Neyshabur

Abstract

The aim of this study is to investigate of the production rate of Pu-239 by thermal neutron interaction with U-238. The simulation was performed by writing fortran programs and using monte-carlo method in a direct way without using monte carlo simulation codes. In transporting particles, the absorption and scattering cross sections of neutron with different isotopes were used. In simulations, a sphere of natural uranium was considered and Neutron source was placed in the center of the sphere. The production rate of Pu-239 was estimated by simulating particles transport and considering the possible interactions.

PACS No.

کامپیوتری که به شکل گسترده ای در محاسبات مربوط به سیستم های هسته ای کاربرد دارد روش مونت کارلو می باشد. [۱] این روش بر مبنای تولید اعداد تصادفی و شبیه سازی تاریخچه ذرات از تولد تا مرگ و بررسی احتمال رخداد برهم کنش های مختلف در این بازه استوار است و زمانی که تعداد ذرات ردیابی شده زیاد می شود نتایج حاصل از آن به واقعیت نزدیک می گردد. در این پژوهش با استفاده از زبان برنامه نویسی فرترن به شبیه سازی یک

مقدمه

فیزیکدانان همواره برای حل تحلیلی بسیاری از مسائل پیچیده با مشکل مواجه می شوند. از این رو با پیشرفت تکنولوژی شبیه سازی به عنوان ابزاری برای رسیدن به جواب مسائلی که حل تحلیلی ندارند مورد استفاده قرار می گیرد. در سال های اخیر سرعت انجام محاسبات توسط کامپیوترها به شدت افزایش یافته و باعث شده که شبیه سازی های کامپیوتری به طور پیوسته بهتر و کارآمدتر شوند. یکی از روش های شبیه سازی

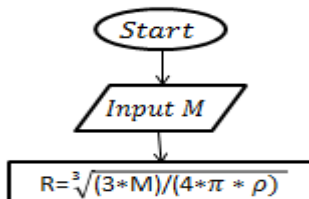
که در این روابط چگالی و عدد جرمی اورانیوم ۲۳۸ و عدد آووگادرو و همچنین سطح مقطع میکروسکوپی بر هم کنش وارد شده است که مقادیر آنها به همراه مقادیر محاسبه شده برای سطح مقطع ماکروسکوپی در جدول شماره ۱ آورده شده است. [۲]

جدول ۱: داده های مورد نیاز برای اورانیوم ۲۳۸

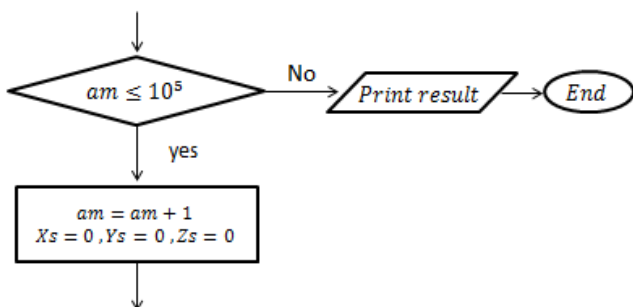
ρ (gr/cm ³)	N_0	A (gr)	σ_c (cm ²)	σ_s (cm ²)	Σ_c (1/cm)	Σ_s (1/cm)
۱۸/۹	۶/۰۲	۲۳۸	۰/۲۷۵	۰/۸۳	۴/۱۱۳۴۴	۰/۳۹۶۷۹

در برنامه نوشته شده ابتدا جرم کل اورانیوم طبیعی از کاربر درخواست می شود و سپس شعاع کره محاسبه می شود.

$$\rho = \frac{M}{V} \quad V = \frac{3}{4}\pi R^3$$



در مرحله بعد یک نوترون حرارتی در چشمه که محل آن در مرکز کره فرض شده است، تولید می شود و به صورت همسانگرد گسیل می گردد.

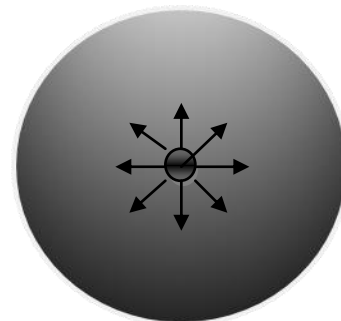
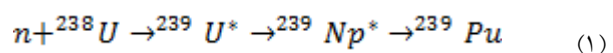


با توجه به بزرگ بودن سطح مقطع جذب نوترون توسط اورانیوم ۲۳۵، در برخورد نوترون حرارتی با این ایزوتوپ تنها واکنش جذب نوترون در نظر گرفته شده است. از این رو در این مرحله باید مشخص شود که آیا نوترون گسیلی به اورانیوم ۲۳۸ برخورد می کند یا جذب اورانیوم ۲۳۵ می شود. برای این منظور عددی را

سیستم هسته ای به صورت مستقیم و با بررسی تمام رخدادهای محتمل پرداخته شده است.

مواد و روش کار

در این تحقیق کره ای از اورانیوم طبیعی همراه با چشمه نقطه ای نوترون در مرکز آن شبیه سازی شده است (شکل ۱). اورانیوم طبیعی شامل ۹۹/۳ درصد اورانیوم ۲۳۸ و تنها ۰/۷ درصد اورانیوم ۲۳۵ است. [۳] طبق رابطه ۱ جذب نوترون های حرارتی توسط ^{۲۳۸}U می تواند منجر به تولید ^{۲۳۹}Pu شود.



شکل ۱: کره ای از اورانیوم طبیعی با چشمه نقطه ای نوترون در مرکز آن که به طور یکنواخت در تمام جهات نوترون گسیل می کند.

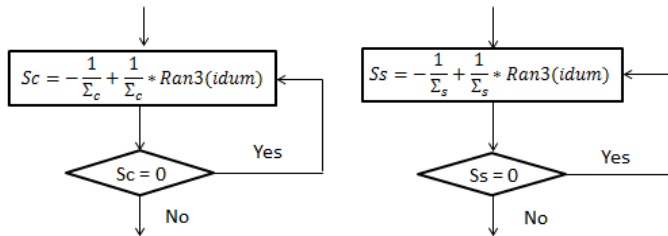
طبق این رابطه از برهم کنش اورانیوم ۲۳۸ موجود در قلب رآکتور با نوترون های حرارتی ایزوتوپ ناپایدار اورانیوم ۲۳۹ حاصل می شود که نیمه عمری در حدود ۲۴ دقیقه دارد و از طریق گسیل ذره بتا به نپتونیم ۲۳۹ تبدیل می شود. نپتونیم ۲۳۹ نیز با نیمه عمر ۲/۴ روز و گسیل ذره بتا واپاشیده شده و به محصول نهایی یعنی پلوتونیم ۲۳۹ تبدیل می شود. بنابراین به دلیل پایین بودن نیمه عمرهای اورانیوم ۲۳۹ و نپتونیم ۲۳۹ می توانیم نتیجه بگیریم که با جذب نوترون حرارتی توسط اورانیوم ۲۳۸، پلوتونیم ۲۳۹ بوجود می آید.

با استفاده از روابط ریاضی زیر سطح مقطع ماکروسکوپی بر همکنش برای جذب و پراکندگی اورانیوم ۲۳۸ به صورت جداگانه محاسبه می شود.

$$\Sigma = n\sigma \quad n = \frac{\rho N_0}{A} \quad (2)$$

$$\frac{dx}{dy} = e^{-\Sigma y} \rightarrow x = \int e^{-\Sigma y} dy = -\frac{1}{\Sigma} e^{-\Sigma y}$$

$$y = -\frac{1}{\Sigma} \ln(-\Sigma x)$$



اکنون با استفاده از تابع توزیع معرفی شده در رابطه فوق، IC و IS را جداگانه بر حسب SC و SS بدست می آوریم.

$$rc = \left(-\frac{1}{\Sigma_c}\right) * \ln(-\Sigma_c * sc)$$

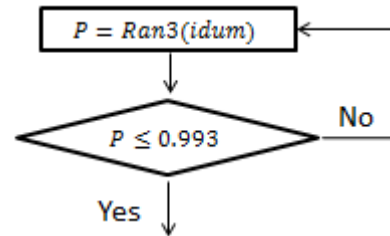
$$rs = \left(-\frac{1}{\Sigma_s}\right) * \ln(-\Sigma_s * ss)$$

حال نقطه دوم را با استفاده از نقطه اول و بردارهای هادی که قبلا معرفی کردیم بدست می آوریم. در این نقطه یا جذب نوترون توسط اورانیوم ۲۳۸ اتفاق می افتد که منجر به تولید عنصر هدف می شود و یا نوترون توسط اورانیوم ۲۳۸ پراکنده می شود که در این صورت باید مجدد زوایا محاسبه شود و مراحل تکرار گردد. برای مشخص شدن هر یک از این حالت ها طول بردارها را حساب می کنیم و با اعمال شروط لازم بررسی ها را انجام می دهیم. بردارها در شکل ۲ نشان داده شده است.

$$\begin{aligned} Xc2 &= Xs + rc * a \\ Yc2 &= Ys + rc * b \\ Zc2 &= Zs + rc * c \\ Xs2 &= Xs + rs * a \\ Ys2 &= Ys + rs * b \\ Zs2 &= Zs + rs * c \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dc &= ((Xc2 - Xs)^2 + (Yc2 - Ys)^2 + (Zc2 - Zs)^2) \\ ds &= ((Xs2 - Xs)^2 + (Ys2 - Ys)^2 + (Zs2 - Zs)^2) \\ dc2 &= Xc2^2 + Yc2^2 + Zc2^2 \\ ds2 &= Xs2^2 + Ys2^2 + Zs2^2 \end{aligned}$$

به صورت تصادفی تولید می کنیم. اگر این عدد تولیدی کوچکتر از ۰/۹۹۳ بود ادامه می دهیم و در غیر این صورت عدد دیگری را تولید می کنیم و شرط را اعمال می کنیم.



اکنون زوایا را وارد می کنیم.

$$\begin{aligned} \phi &= 2\pi * ran3(idum), \theta = \arccos(t) \\ t &= -1 + 2 * ran3(idum) \\ a &= \sin(\theta) * \cos(\phi), b = \sin(\theta) * \sin(\phi), c = \cos(\theta) \end{aligned}$$

احتمال بر همکنش نوترون در ضخامت dx برابر است با تعداد بر همکنش ها در حجم مورد نظر در واحد زمان تقسیم بر تعداد نوترون های تابیده شده به سطح در واحد زمان.

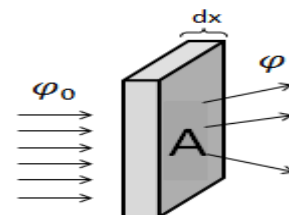
$$\frac{\Sigma \phi A dx}{A \phi} = \Sigma dx$$

$$d\phi = \phi(x + dx) - \phi(x) = -\Sigma dx \phi$$

$$\frac{d\phi}{\phi} = -\Sigma dx$$

$$\ln \phi - \ln \phi_0 = -\Sigma x \rightarrow \ln \frac{\phi}{\phi_0} = -\Sigma x$$

$$\phi = \phi_0 e^{-\Sigma x}$$



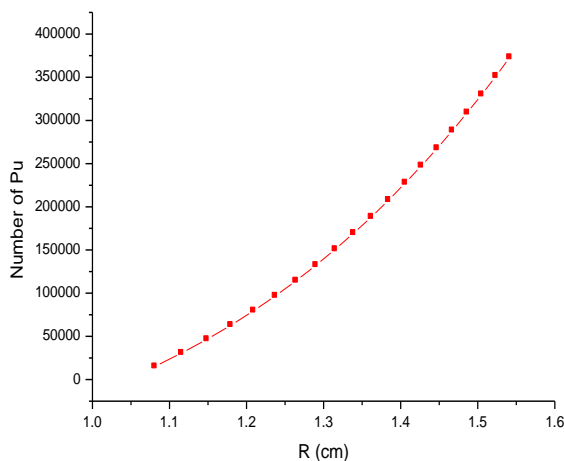
جهت ردیابی نوترون گسیل شده از چشمه، از توزیع غیر یکنواخت زیر جهت تعیین انجام دادن یا ندادن بر همکنش استفاده می کنیم.

$$P(y) = e^{-\Sigma y}$$

$$P(y) dy = P(x) dx$$

جدول ۲: تعداد پلوتونیم تولید شده در کره اورانیوم با شعاع های مختلف

M (gr)	R (cm)	Pu
۱۱۰	۱/۰.۸۰۹۷۷	۱۵۱۴۴
۱۲۰	۱/۱۱۵۸۷۱	۳۰۷۷۸
۱۳۰	۱/۱۴۸۷۱۰	۴۴۵۵۴
۱۴۰	۱/۱۷۹۷۷۱	۶۲۸۷۷
۱۵۰	۱/۲۰۹۲۷۷	۷۹۶۰۰
۱۶۰	۱/۲۳۷۴۱۰	۹۶۸۵۰
۱۷۰	۱/۲۶۴۳۱۹	۱۱۴۴۴۲
۱۸۰	۱/۲۹۰۱۲۸	۱۳۲۴۶۴
۱۹۰	۱/۳۱۶۹۴۴	۱۵۰۷۷۲
۲۰۰	۱/۳۴۳۸۵۸	۱۶۹۴۰۲
۲۱۰	۱/۳۶۱۹۴۶	۱۸۸۲۳۱
۲۲۰	۱/۳۸۰۲۷۷	۲۰۷۷۱۰
۲۳۰	۱/۴۰۵۹۱۰	۲۲۷۶۴۲
۲۴۰	۱/۴۲۶۸۹۷	۲۴۷۳۹۰
۲۵۰	۱/۴۴۷۲۸۴	۲۶۷۶۳۹
۲۶۰	۱/۴۶۷۱۱۲	۲۸۸۳۰۵
۲۷۰	۱/۴۸۶۴۱۸	۳۰۸۹۹۵
۲۸۰	۱/۵۰۵۲۳۶	۳۳۰۰۱۸
۲۹۰	۱/۵۲۳۵۹۴	۳۵۱۳۴۸
۳۰۰	۱/۵۴۱۵۲۰	۳۷۲۹۷۹

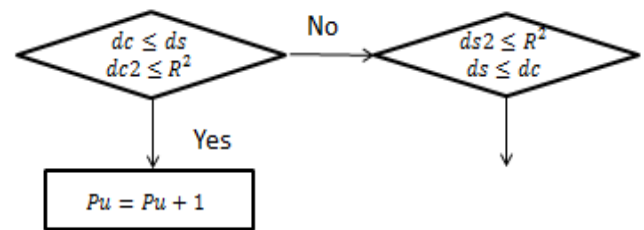


سپاسگزاری

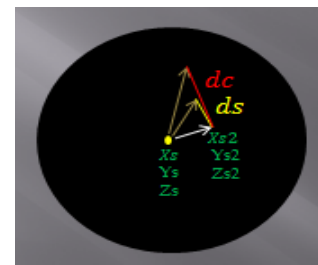
از راهنمایی ها و مساعدت آقای دکتر علی اصغر مولوی استاد دانشگاه حکیم سبزواری صمیمانه تشکر می کنم.

مرجع ها

- [۱] Microsoft FORTRAN Power Station 4.0 software, Microsoft Company, 1994
- [۲] D. J. Bennet; "The Element of Nuclear Power".
- [۳] <http://daneshnameh.roshd.ir>



دو شرط اول مربوط به جذب نوترون توسط اورانیوم ۲۳۸ است که در صورت رخ دادن پلوتونیم تولید می شود، اما اگر شرط اول برقرار نبود شرط دوم را اعمال می کنیم که مربوط به پراکندگی نوترون است، اگر این شرط برقرار بود و نوترون توسط اورانیوم ۲۳۸ پراکنده شده بود کلیه مراحل از زمان انتخاب زوایا تکرار می شود. همان طور که گفته شد در این برنامه چنین لحاظ شده که جرم اولیه از کاربر گرفته می شود پس از تمام بررسی های انجام شده یک مقدار مشخص شده ی dm به مقدار اولیه اضافه می شود و مراحل قبل با این جرم جدید از اورانیوم طبیعی تکرار می شود.



شکل ۲

نتیجه گیری

برای بررسی نقش شعاع کره اورانیوم در میزان تولید پلوتونیم در جدول شماره ۲ تعداد هسته های پلوتونیم حاصل شده از برهم کنش جذب نوترون توسط اورانیوم ۲۳۸ به ازای شعاع های مختلف کره اورانیوم آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود آهنگ تولید پلوتونیم با افزایش شعاع کره اورانیوم افزایش میابد.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه

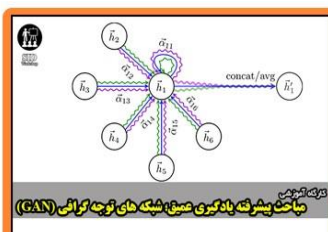


فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی