



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

بررسی اندازه گیری سطح مقطع جذب گرمایی در لوسیت با استفاده نظریه سن فرمی

فاطمه مؤمنی پور - سعیده عرب زاده

چکیده:

فرایند پخش نوترون ها در لوسیت در دو مرحله صورت می پذیرد. مکانیزم فرایند ها به شرح زیر است: در گام اول، نوترون های سریع با از دست دادن انرژی تا رسیدن به انرژی گرمایی، با هسته های لوسیت برخورد میکنند. در دومین گام از فرایند پخش، نوترون های گرمایی بدون هیچ گونه اتلاف عمده انرژی به پخش شدن در داخل لوسیت ادامه می دهند تا اینکه در نهایت جذب یا از سیستم خارج می شوند. اندازه گیری های فرایندهای پخش مذکور بر اساس اندازه گیری های پیشین انریکو فرمی است که برای بررسی مشخصات جذب نوترون های مواد مختلف صورت گرفته است. [۴] و [۶]

کلید واژه ها: فرایند پخش، انرژی گرمایی، نوترون های سریع، فعالسازی

مقدمه

از آنجایی که نوترونهای سریع توسط یک منبع نوترونی به درون یک ماده ی هیدروژنی منتشر می شوند دو فرایند پخش اساساً متمایز رخ می دهد. در اولین فرایند پخش که مرحله ی کند سازس نامیده میشود، نوترون های سریع از منبع نوترونی، با از دست دادن انرژی تا هنگام رسیدن به انرژی گرمایی ۰.۰۵۲ الکترون ولت با هسته های ماده کند کننده برخورد میکنند. [۱]

در دومین فرایند پخش نوترون های گرمایی به پخش شدن در سراسر ماده ی کند کننده ادامه می دهند تا اینکه در نهایت جذب می شوند. اتلاف انرژی در این مرحله در مقایسه با مرحله ی کندسازی ناچیز است. دومین فرایند پخش به مرحله ی پخش گرمایی معروف است؛ در این فرایند هر چه تعداد برخورد ها بیشتر باشد انرژی نوترونی کمتر خواهد بود. [۳]

نوترون هایی که دستخوش برخورد های بیشتری شده اند، به طور متوسط مسافت بیشتری از منبع نوترونی طی کرده اند واز آنجا که طول پخش طی مرحله ی کند سازی به تعداد برخورد های مورد نیاز جهت کاهش انرژی اولیه ی نوترون ها تا رسیدن به انرژی گرمایی بستگی دارد. همچنین طول پخش طی مرحله ی پخش گرمایی به سطح مقطع جذب ماده ی کند کننده مورد نظر بستگی دارد. [۲] و [۳]

روش کار

مواد به کار رفته شامل ۱۸ ورقه ی مربع شکل به ضلع تقریبی ۳۵/۵۶ و ضخامت ۱/۱۸ سانتیمتری را شامل می شود که به عنوان ماده کند کننده به کار میرود. علاوه بر این، ۶ ورقه ی لوسیت مربع شکل به ضلع ۳۵/۵۶ و ضخامت ۲/۳۳ سانتیمتر برای تشکیل قسمت پایین و بالای محفظه به کار میرود. تعدادی ورقه های لوسیت نازکتر در جایی تعبیه



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

شده است که لوسیت های ضمیمه میتواند جای گذاری شود. ضمیمه ی نگهدارنده ی نمونه بردار دارای یک فرو رفتگی برای جای دادن یک تراشه ی کوچک رودیم میباشد. در ادامه باید متذکر شد که هیچ فضای خالی در ورقه ها وجود ندارد به این ترتیب، تراشه ی رودیم قرار گرفته بر روی ضمیمه ی نگهدارنده ی نمونه میتواند در جریان اندازه گیری ها به صورت محوری و شعاعی حرکت کند. و در نهایت یکی از ورقه های لوسیت نازکتر دارای یک فرورفتگی مرکزی برای جا دادن یک منبع نوترونی CF 252 می باشد. در بعضی از اندازه گیری ها تراشه ی رودیم با پوشش های کادمیوم محافظت می شود. تراشه ی رودیم قطری و ضخامتی در حدود ۱/۲۶ و ۰/۰۳ سانتیمتر دارد. تراشه ی رودیم Rh103 توسط نوترون های منتشر شده از منبع نوترونی از طریق واکنش هسته ای که در معادله ی (۱) نشان داده شده است، فعال میشود. (۱) $Rh104Rh103+n\beta Pb104(99.5\%)$

برای اندازه گیری فعالسازی تراشه رودیم از وسیله ی Eberline HP-260 به همراه یک آشکارساز گایگر مولر استفاده می شود. Eberline حاوی یک صفحه آند کوچک در داخل یک حفره ی محکم بسته شده است؛ که با گاز هوا، ۷۹٪ نیتروژن پر شده است. [۶] و [۷]

تابش بتا حاصل از تراشه ی رودیم فعال شده از طریق روزنه ای وارد حفره شمارش میشود؛ که با ماده ای کم چگال پوشانده شده است تا اجازه دهد ذرات بتا درون فضای شمارشی عبور کنند. بنابراین شاهد تولید جفت های یون-الکترون می باشیم. هنگامیکه تراشه ی رودیم در محفظه ی لوسیتی در موقعیت خاص پرتو داده شد، تراشه از محفظه دور شده و بر یک قطعه آلومینیوم استوانه ای قرار میگیرد که دارای فرو رفتگی هایی برای سر آشکارساز و تراشه ی رودیم می باشد. [۶] و [۷]

در ادامه فرایند کند سازی مورد تشریح قرار میگیرد. منبع نوترونی در جایگاهی ثابت در لوسیت جایگذاری شده در حالیکه آشکارسازی رودیم که با کادمیوم پوشانده شده است، در موقعیت محوری مختلف تحت عنوان ضمیمه ی نگهدارنده ی رودیم که در راستای محور X حرکت میکند ، جایگذاری شده است. تراشه ی رودیم در هر جایگاه حدود ۵ دقیقه پرتو داده شد که ۹۹٪ فعالیت اشباعی برای این ایزوتوپ است. فرایند پخش گرمایی بدین صورت می باشد، هنگامی که انرژی نوترون های سریع تا انرژی های گرمایی کاهش داده شد نوترون های گرمایی به پخش شدن در سراسر ماده ی کند کننده، بدون اتلاف عمده ی انرژی ادامه دادند؛ تا اینکه در نهایت جذب شوند. وضعیت نوترون های گرمایی در مواد کند کننده با استفاده از معادله ۲ مدل سازی میشود. [۵] و [۶]

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \frac{\lambda v}{3} \Delta n - \frac{1}{\tau} n + q \quad (2)$$



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

که در آن عبارت سمت چپ تساوی مقدار تغییر نوترون های گرمایی را در سیستم نشان می دهد. اولین عبارت سمت راست پخش نوترون های حرارتی را نشان می دهد، که در آن $\frac{A\beta}{3}$ ضریب پخش است. دومین عبارت سمت راست جذب نوترون های گرمایی را نشان می دهد. سومین عبارت نشان دهنده ی محصول نوترون های گرمایدر اثر فرایند کند سازی است. [۴] و [۵]

نتایج

احاطه شدن ورقه های لوسیت به وسیله ی یک لایه کادمیوم به منظور کاهش برگشت اجزای اتاق، تا جای ممکن بود. به علاوه اگر ولتاژ بالای اعمال شده به آند به اندازه کافی بالا باشد، جفت های یون-الکترون که در ابتدا ایجاد شده اند؛ قادرند بسیاری دیگر توده های جفت-یونی را رها کنند، (یونیزاسیون ثانویه) که قابلیت تولید یک سیگنال قوی را دارند. [۱] و [۲]

داده های محاسبه شده از فعالیت تراشه رودیم اطلاعات مهمی در مورد محدوده ای که نوترون های سریع می توانند فاصله ای از منبع Cf252 تا در تشدید کادمیوم ۱ الکترون ولت، در لوسیت طی کنند. این نتیجه از طریق تطابق گاوسی دو گروهی حاصل شده است. [۶]

جدول ۱: گزیده ی داده های محاسبه شده از فعالیت تراشه رودیم [۶]

مختصات (Z) سانتیمتر	فعالیت تراشه با پوشش کادمیوم	فعالیت تراشه بدون پوشش کادمیوم
۰/۵۲	۱۸/۷۴۷	۲۰۸/۷۶۷
۲/۸۷	۱۲/۶۴۷	۱۸۷/۸۶۷
۵/۲۱	۷/۴۶۷	۱۳۲/۵۶۸
۷/۵۶	۴/۰۵۶	۹۵/۲۷۰

در ادامه باید عنوان کرد که نظریه ی فرمی بر اساس نوترون های یک منبع پایه گذاری شده است؛ که در سراسر ماده متعادل کننده پخش میشوند. اما این فرضیه برای مواد هیدروژنه به طور کامل صحت ندارد چراکه متوسط پراکندگی برای هیدروژن با افزایش انرژی نوترونی، به سرعت کاهش می یابد. [۷]

بحث و نتیجه گیری



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳، دانشگاه اصفهان

فاصله ی طی شده توسط نوترون های سریع در طول فرایند کندسازی حائز اهمیت است. چراکه اندازه ی یک سیستم بحرانی با ماده ای قابل انشقاق را تعیین می کند. طبق نظریه ی فرمی فرایند کندسازی میتواند به وسیله ی

$$\frac{\partial q}{\partial t} \Delta q = (3) \quad \text{معادله ۳ توصیف میشود.}$$

معادله ی ۳ مانند معادله پخش وابسته به زمان است و راه حل آن برای منبع نقطه ای نوترونی در یک واسطه ی نا محدود بدون جذب نوترونی به وسیله معادله ی ۴ به دست آمده است.

$$(4) \quad r_0^2 = 4t q = \frac{1}{(4\pi t)^{3/2}} * e^{-\frac{r^2}{4t}}$$

که در آن r فاصله از منبع است و r_0 محدوده ی توزیع را نشان می دهد.

مدل فرمی در معادلات ۳ و ۴ به طور کامل توزیع اندازه گیری شده ی واقعی را به کار نمی برد. این مدل یک توزیع گوسی نمایی را به جای توزیع اندازه گیری شده ی دو گروهی را پیش بینی میکند. یکی از دلایل این اختلاف آن است که نمونه ی سن فرمی بر این فرض است که منابع نوترون در ماده ی کند کننده تک انرژی هستند؛ اما در واقع انرژی نوترون های منتشر شده از منبع ^{252}Cf بکار رفته یک طیف انرژی شکافت مشابه انرژی ^{235}U دارد و تک انرژی نیست. این مطلب می تواند توضیح دهد که چرا دو گروه برای رسیدن به بهترین تطابق برای توزیع اندازه گیری شده مورد نیاز بوده است.

همچنین اتلاف انرژی هنگامی که نوترون ها با اتم های ماده ی کند کننده برخورد میکنند، یک تابع پیوسته است. در واقع انرژی نوترون به ویژه در برخورد با عناصر سبکی مانند هیدروژن در مقادیر بزرگ مجزا از دست می رود. [۶]

مراجع

- [1] D.J. Hughes, pile neutron research, pp, 123-127 (Addison-Westly reading, Massachusetts (1953).
- [2] G.Muhrer,t.hill,f.tovesson,andE.pitcher,," comparison of the measured and calculate total thermal neutron cross-section of pb"nucl.instrum.Methods phys.Res.A572,866(2007).
- [3] E.FERMI,"elementary theory of the pile,"LAMS-427., los Alamos scientificlaboratory(1946).
- [4] J.R lamارش,nuclear reactor theor,pp.187-198,Addison-wesly reading,Massachusetts (1972).
- [5] P.rsteinmeyer,"G-M pancake detectors".RSOmagazine ,10,5,7(2005).
- [6] E.Fermi et al; "on the motion of neutrons in hydrogenous substances , Chicago (1962).
- [7] H.L Anderson and E.fermi,"production and Absorption of slow neutron by carbon", (Chicago (1962).