توزیع جرم و انرژی پاره های شکافت هسته طلا با پروتون های ۲۹ مگا الکترون ولت

سعید سهیلی [*]، الهام توکلی نیا

گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

چکیده

با توجه به داده های تجربی موجود که مربوط به آزمایشهای انجام شده در واحد واندوگراف مرکز تحقیقات هسته ای و کشاورزی کرج بود. سطح مقطع شکافت، توزیع جرم پاره های شکافت، و توزیع انرژی پاره های شکافت مربوط به شکافت القایی هسته طلا با باریکه پروتون ۲۹ مگاالکترون ولت را اندازه گیری نمودیم .

کلید واژه: شکافت القایی، پروتون، طلا، سطح مقطع شکافت، توزیع جرم، توزیع انرژی

مقدمه

مطالعه توزیع جرم و توزیع انرژی پاره های شکافت، زمینه بررسی دقیق تر فرآیند شکافت را فراهم می کند. اگر چه هسته های پیش اکتینید شکافا نیستند ولی شکافت القایی چنین هسته هایی برای تشریح ساختار هسته ای و مسائل مربوط به آن بسیار با اهمیت است. شکافت چنین هسته های به شدت برانگیخته ای متقارن بوده و در سازگاری با مدل قطره مایعی است (۱–۵). اندازه گیری سطح مقطع شکافت به منظور محاسبه احتمال شکافت و ارتفاع سد شکافت هسته های شکافت پذیر بسیار اهمیت دارد.

اندازه گیری های سطح مقطع شکافت هسته های پیش اکتینید کاملا ساده نیست، زیرا تشخیص دقیق رویدادهای شکافت در یک زمینه بسیار زیاد ذرات بادار سبک مشکل است. از طرفی سطح مقطع شکافت هسته های شکافت پذیر کمیت خیلی کوچکی است. سطح مقطع تجربی واکنش $^{197}Au(p,f)$ قبلا گزارش شده است، ولی برای این هسته با باریکه پروتون های ۳۰ مگاالکترون ولت و با استفاده از روش آشکارسازی طیف سنجی زوج پاره شکافت گزارشی موجود نیست.

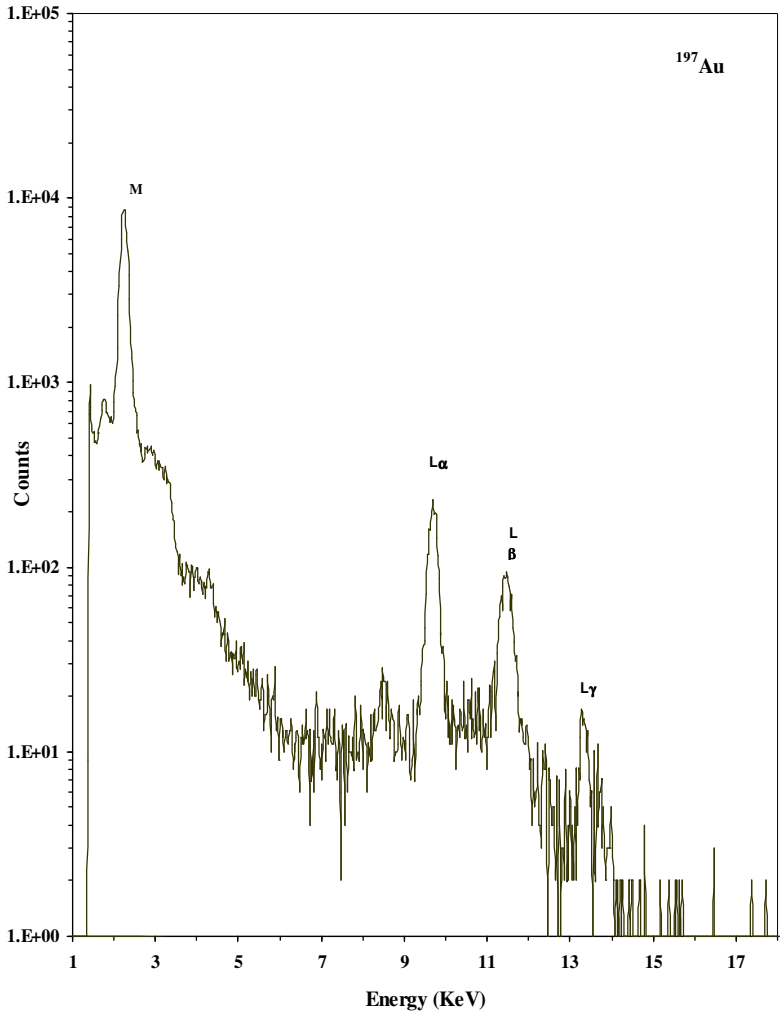
در شکافت هسته مرکب ^{198}Hg ، مد متقارن حاکم است.مولگین و همکاران ثابت کردند که نه تنها تشکیل مد متقارن تحت تاثیر خواص قطره مایعی هسته شکافت پذیر است بلکه به ساختار پوسته ای در نقطه زین نیز بستگی دارد [۶]. با افزایش انرژی، اثرات پوسته ای کاهش یافته و توزیع جرم به محدوده قطره مایع میل می کند. بر خلاف توزیع جرم، وابستگی انرژی جنبشی کل پاره های شکافت در مد متقارن در تمام انرژی ها، رفتار قطره مایعی را به نمایش می گذارد.

در این کار، سطع مقطع شکافت هسته مرکب ^{198}Hg را با باریکه پروتون های ۲۹ مگاالکترون ولت و با استفاده از روش طیف سنجی زوجی اندازه گرفته ایم. توزیع جرم و توزیع انرژی پاره های شکافت را نیز اندازه گیری کردیم.

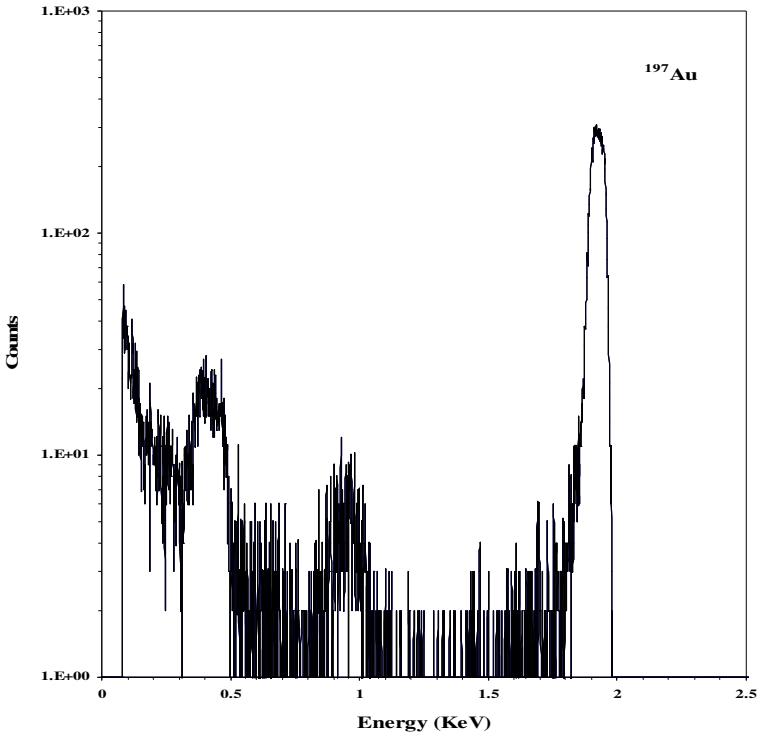
روش کار

آزمایش با باریکه پروتون سیکلوترون (سایکلون ۳۰) در مرکز تحقیقات هسته ای و کشاورزی کرج انجام گرفت. انرژی باریکه پروتون ۲۹ مگاالکترون ولت انتخاب گردید

هدف طلای خود نگهدار به ضخامت $340\mu g/cm^2$ برای این آزمایش تهیه شد. ضخامت هدف با استفاده از روش پس پراکندگی رادرفورد(RBS) تعیین گردید و آنالیز PIXE نشان داد که در هدف هیچ ناخالصی شکافت پذیری وجود ندارد. شکل های (۱) و (۲) طیف PIXE و RBS هدف طلا را به ترتیب نشان می دهد. هدف روی یک نگهدارنده که در مرکز محفظه واکنش بود نصب گردید. این نگهدارنده قادر به چرخش حول محورش بود به طوری که زاویه بین راستای باریکه تابشی و سطح ورقه هدف قابل تنظیم بود. در این آزمایش زاویه بین سطح ورقه هدف و راستای باریکه تابشی ۴۵ درجه انتخاب گردید.



شکل(۱). طیف PIXE هدف طلا



شکل(۲). طیف RBS عنصر طلا با پروتون

باریکه پروتون پیش از رسیدن به هدف، توسط یک کولیماتور گرافیتی با قطر داخلی ۵/. سانتی متر کانونی شد. مکان باریکه نسبت به هدف با قرار دادن یک کریستال کوارتز در موقعیت هدف و مشاهده لکه نورانی در محل برخورد باریکه با سطح کریستال به کمک یک دریچه تعبیه شده در سطح جانبی محفظه واکنش که با ماده پلکسی پوشانده شده بود و یک تلویزیون مدار بسته امکان پذیر بود.

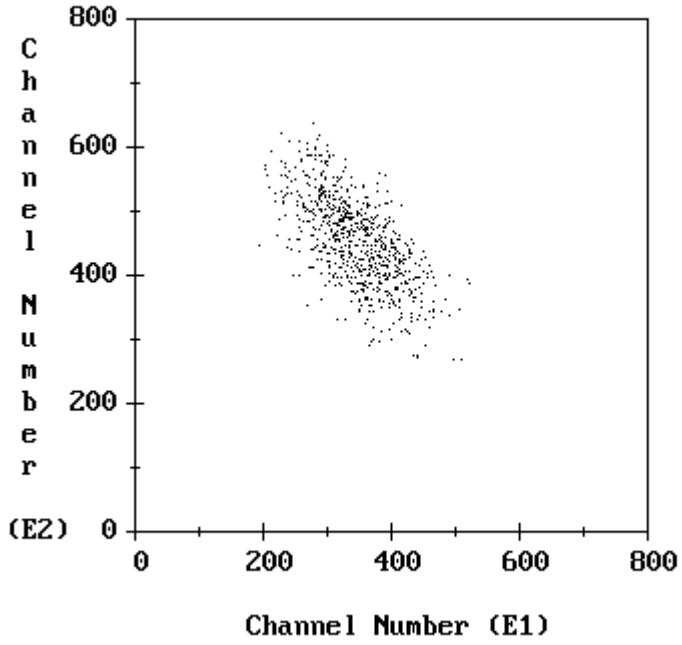
به منظور کمینه نمودن اثر پراکندگی چند گانه در محفظه واکنش، دو کولیماتور آلومینیومی استوانه ای شکل در جلوی آشکارسازها قرا گرفت به طوری که ذرات گسیلی از هدف به واسطه واکنش های هسته ای مستقیما به آشکارسازها می رسیدند.

در این آزمایش برای آشکارسازی پاره های شکافت همفرود از دو آشکارساز سد سطحی استفاده شد. یک آشکارساز با سطح کوچکتر ۱۰۰ میلی متر مربع و آشکارساز دوم دارای سطح بزرگتر حدود ۳۰۰ میلی متر مربع انتخاب گردید.

در این آزمایش، برای اندازه گیری انرژی های پاره های شکافت همفرود از یک سیستم داده گیری سه پارامتری استفاده شد. هر جفت پاره شکافت با سه شماره کانال تعریف می شد: دو شماره کانال برای انرژی ، و یک شماره کانال برای اختلاف زمان پرواز پاره های شکافت همفرود. پایداری کامل سیستم الکترونیک به کار رفته با استفاده از یک مولد پالس در طول آزمایش کنترل می شد.

نتایج

داده های تجربی شامل رویدادهای همفرود واقعی و تصادفی بود. شکل (۳) توزیع دو پارامتری شماره کانال انرژی دو پاره شکافت همفرود مربوط به شکافت هسته طلا را با باریکه پروتون ۲۹ مگا الکترون ولت نشان می دهد. همان طوری که در این شکل مشاهده می شود رویدادهای شکافت از رویدادهای تصادفی کاملا جدا شده اند. اگر چه سیستم الکترونیک طوری آماده شده بود که سهم رویدادهای تصادفی را به حداقل کاهش می داد، با این وجود، با اعمال محدودیت های مناسب روی شماره کانال انرژی و زمان، فقط داده های مربوط به پاره های شکافت همفرود بدست آمد.



شکل(۳). توزیع دو پارامتری شماره کانال انرژی دو پاره شکافت همفرود در شکافت القایی عنصر طلا با پروتون ۲۹ مگاالکترون ولت.

اندازه گیری ها توسط آشکارسازها در سه زاویه ۳۰ درجه، ۶۰ درجه، و ۹۰ درجه نسبت به راستای باریکه تابشی صورت گرفت. توزیع زاویه ای پاره های شکافت تئوری با رابطه زیر داده می شود:

$$\frac{w(\theta)}{w(90^{\circ})} = 1 + \gamma P_2(\cos\theta) \qquad (۱)$$

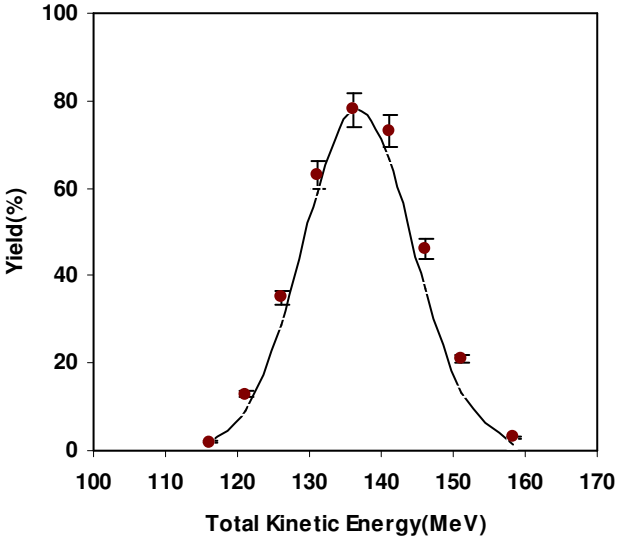
در عبارت بالا فقط تا چند جمله ای لژاندر مرتبه دو را در نظر گرفته ایم، زیرا جملات مرتبه های بالاتر سهم بسیار کوچکی را در بسط دارند. از طرفی به دلیل متقارن بودن توزیع زاویه ای پاره های شکافت حول زاویه ۹۰ درجه فقط جملات شامل چند جمله ای لژاندر مرتبه زوج رادر نظر می گیریم. چون سطح مقطع شکافت با توزیع زاویه ای پاره های شکافت متناسب است، از روی این توزیع، سطح مقطع شکافت هسته مرکب ^{198}Hg را محاسبه کردیم.

برای کالیبراسیون آشکارساز ها از روش به کار رفته توسط پلازیل استفاده شد [۷].

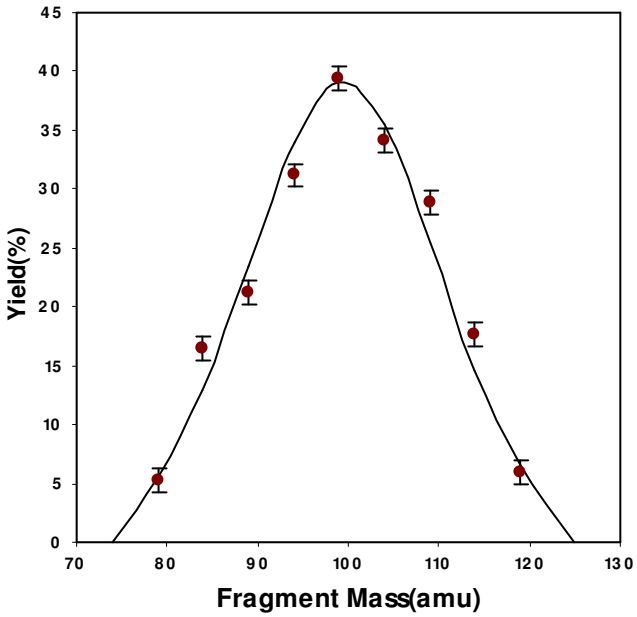
بحث و نتیجه گیری

در این آزمایش، خطای ناشی از جریان باریکه را ۶ درصد، خطای ناشی از اندازه گیری ضخامت هدف را ۶ در صد، خطای زاویه فضایی آشکارساز را ۳ درصد و نیز خطای آماری ناشی از شمارش رویدادهای شکافت توسط آشکارسازها را ۹ در صد در نظر گرفتیم. به این ترتیب، سطح مقطع شکافت هسته مرکب ^{198}Hg را با باریکه پروتون ۲۹ مگاالکترون ولت $25\pm1.8\mu b$ محاسبه کردیم. برای این فرآیند شکافت، سطح مقطع شکافت با استفاده از این روش قبلا گزارش نشده است.

توزیع جرم و توزیع انرژی پاره های شکافت ناشی از شکافت القایی هسته طلا با باریکه پروتون ۲۹ مگاالکترون ولت در شکل های (۵) و (۶) نشان داده شده است. با استفاده از سیستماتیک ویولا میانگین انرژی جنبشی کل پاره های شکافت برای این فرآیند $136.7MeV$ محاسبه شد که با مقدار بدست آمده از نمودار توزیع انرژی پاره های شکافت این هسته سازگاری دارد [۸].



شکل(۵). توزیع جرم پاره های شکافت مربوط به شکافت القایی عنصر طلا با پروتون ۲۹ مگاالکترون ولت



شکل(۴). توزیع جرم پاره های شکافت مربوط به شکافت القایی شکافت القایی عنصر طلا با پروتون ۲۹ مگاالکترون

مراجع:

[1] Strutinsky V. M., Zh. Eksp. Theo. Fiz., **45**, 1900(1963).
[2] Nix J. R. and Swiatecki W. S., *Nucl. Phys*., **71**, 1(1965).
[3] Plasil F., *et al.*, *Phys. Rev.*, **142**, 696 (1966).
[4] Gruzintsev E. N., M. G. Itkis, V. N. Okolovich and G. N. Smirenkin, *Yad. Fiz.,* **39**, 1336 (1984).
[5] Gruzintsev E. N., *et al., Yad. Fiz.,* **39**, 1100 (1984).
[6] Mulgin S. I., K. H. Schmidt, A. Grewe, S. V. Zhdanov, *Nucl. Phys.* **A 640**, 375 (1998).
[7] Plasil F., R. L. Ferguson, F. Pleasonton and H. W. Schmidt, *Phys. Rev.* **C7**, 1186(1973).
[8] Viola V. E., K. Kwaitkowski and M. Walker, *Phys. Rev.*, **C31**, 1550(1985).