نشریه علمی سازمان انرژی اتمی ایران
شماره ۰۷، بهار ۱۳۶۷

بررسی اجمالی شکست هسته‌هائی که از نظر نوترون غنی میباشند*

جواد رحیقی
مرکز تکنولوژی هسته‌ای اصفهان
سازمان انرژی اتمی ایران
اصفهان ، ایران

چکیده

دراین مقاله شکست مستقیم کولمبی هسته‌هائی که ازنظر تعداد نوترون غنی هستند مورد بررسی اجمالی قرار گرفته است . همچنین وسائل آزمایشگاهی و روش آزمایش که جهت مطالعه واکنش شکست مستقیم $^{9}Be \longrightarrow {}^{4}He+{}^{4}He+n$ در انرژی ۹۰ میلیون الکترون ولت (MeV) طراحی شده و توسعه یافته‌اند ، باختصار توضیح داده شده‌اند . از مهم‌ترین این وسائل آشکارساز ^{8}Be با قدرت آشکارسازی زیاد و آشکارسازهای ویژه‌ای میباشند که برای شمارش نوترون بکار گرفته شده‌اند. لازم به تذکر است که این یک گزارش مقدماتی از این آزمایش بوده و گزارش جامع متعاقبا" منتشر خواهد گردید .

شکست هسته از طریق دو فرآیند میتواند انجام پذیرد . اول در اثر نیروهای هسته‌ای بین هسته در حال حرکت و هسته هدف این شکست میتواند انجام شود و یا نیروهای کولمبی بین دو هسته میتوانند باعث این شکست گردند .

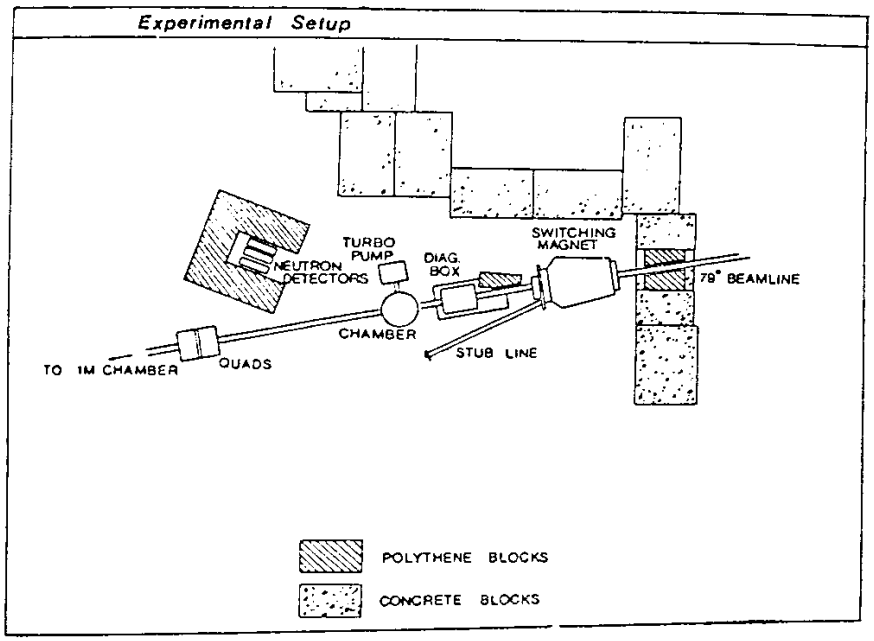
مطالعاتی که به تازگی بر روی هسته‌های سبک انجام شده است توانسته است از روی فرآیند آنی شکست مستقیم هسته ^{7}Li دراثر پراکندگی از هدف ^{120}Sn پرده بردارد (۱) . بنظر می‌رسد که این شکست هسته ناشی از برخورد کولمبی بین هسته در حال حرکت و هسته هدف میباشد . تاکنون دلایل روشنی دائر بر مکانیزم شکست مستقیم هسته‌های سنگین‌تر از ^{7}Li در اثر نیروی کولمبی مشاهده نگردیده است . ولی اطلاعاتی که هم‌اکنون در مورد هسته ^{7}Li وجود دارد در زمینه شناسائی واکنش‌هائی که این مکانیزم در آنها قابل اهمیت باشد میتواند مورد استفاده واقع گردد .

بررسی سطح مقطع مستقیم شکست کولمبی که در آزمایشگاه تحقیقات هسته‌ای دارزبری (Daresbury) در اسکاتلند برای یون‌های

---

* این مقاله برگردانی است از مقاله‌ای که در گزارش سالیانه ۱۹۸۵/۱۹۸۶ دانشگاه ادینبرگ ، اسکاتلند توسط نگارنده با همکاری آقایان : ای . ماک دونالد ، آ . سی . شاتر ، دی . برانفورد ، تی . دیوینسن و آی . بورک استن منتشر گردیده است .

دل سرزنده را گرو بگشائی آسایش دو سرای دهی



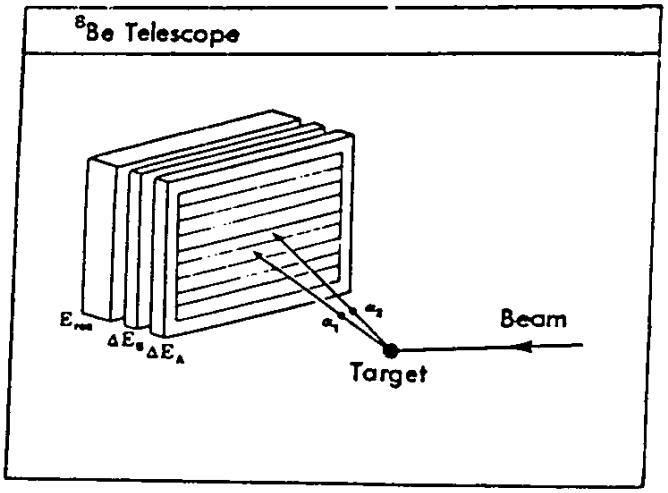
شکل ۱ : طرز قرار گرفتن باریکه پرتو ^{9}Be ، اطاقک واکنش ، آشکارسازهای نوترون و محافظ آنها . ماده هدف و آشکارساز ^{8}Be درداخل اطاقک واکنش قرار دارند .

سنگین و در انرژی‌های ممکن فعلی انجام شده است نشان می‌دهد که انرژی یون‌های سنگین با امکانات فعلی حداقل دو تا سه مرتبه کمتر از آن هستند که یک چنین واکنش را ممکن سازند . لیکن علی‌رغم این کمبود ، در حال حاضر انرژی یون‌ها برای برخی از هسته‌هائی که از نظر تعداد نوترون غنی هستند نظیر ^{9}Be، ^{13}C و ^{17}O شکست مستقیم کولمبی به نوترون می‌یابد در انرژی‌هائی که در آزمایشگاه دارزبری قابل دسترسی است مشاهده گردد . دلیل اصلی برای به انجام رسیدن چنین واکنشی انرژی آستانه کم نوترون و بار الکتریکی موثر زیاد برای شکسته شدن این هسته است .

درحقیقت انرژی آستانه پائین شکست ^{9}Be که برابر با ۱/۶۶۵ MeV می‌باشد باین معنی است که احتمال شکسته شدن آن تقریبا " ۲۰ مرتبه بیشتر از شکست ^{7}Li بر اثر برانگیزندگی با ^{120}Sn می‌باشد . لذا بدلیل همین احتمال زیاد است که به مطالعه واکنش شکست الاستیک ^{9}Be ---- $^{8}Be+n$ دراین بررسی پرداخته شده است .

برای اینکه این واکنش مورد آزمایش و بررسی قرار گیرد روش جدیدی برای آشکارسازی ^{8}Be بکار گرفته شده و آشکارسازهای ویژه‌ای نیز برای آشکارسازی نوترون طراحی و ساخته شده است (۲) .

درشکل ۱ وسایل آزمایش نشان داده شده است . تمام آشکارسازهای نوترون و ^{8}Be هریک بطورجداگانه طراحی و ساخته شده و سپس در مقابل باریکه پرتو ^{9}Be با انرژی ۹۰ MeV مورد آزمایش قرارگرفته‌اند . آزمایش‌های انجام شده نشان داده‌اند که همگی

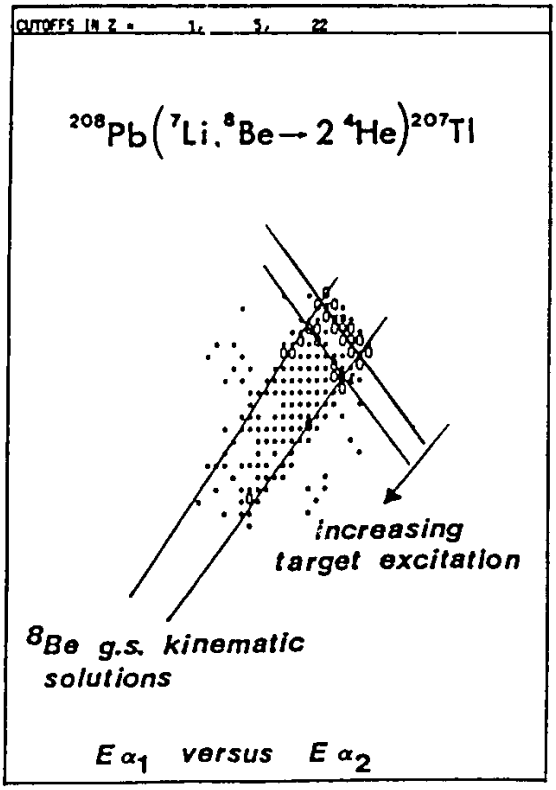


شکل ۲ : آشکارساز تلسکوپی ($E_{res}, \Delta E_B, \Delta E_A$) که برای آشکار–سازی ذرات بریلیم ^{8}Be پس از شکست ^{9}Be بکاربرده شده است .

این آشکارسازهای بخوبی عمل می‌کنند و دراندازه – گیریهائی که درتابستان ۱۹۸۷ انجام خواهدگردید ، بکارگرفته خواهند شد . طرح و توسعه آشکارساز ^{8}Be بویژه بسیار تازگی دارد و بهمین دلیل در زیر با تفصیل بیشتری شرح داده میشود .

پس از شکست هسته ^{9}Be ، هسته پرتاب شده ^{8}Be در اثر واپاشی به دو هسته آلفا ($^4_2$He) تبدیل میشود . چون مقدار (Q Value) واکنش از 92 keV تجاوز نمی‌کند ، هسته‌های آلفا با زاویه جدائی بسیار کوچکی (کمتر از ۲ درجه) تابیده می‌شوند . آشکار – سازی این دو ذره آلفا بروش همزمانی بدلیل کوچک بودن زاویه جدائی در آزمایشگاه بسیار مشکل است ، بخصوص اگر بازدهی زیاد برای آشکارسازی مورد نظر باشد . برای حل این مشکل آشکارسازی مرکب از سه آشکارساز(Ion Implanted Strip Detector) مطابق شکل ۲ ساخته شد .

بدلیل مشخصات ویژه این آشکارساز از جمله جدائی بسیار کم نوارها (Strips) از یکدیگر (0.1 mm) می‌توان به بازدهی بسیار زیادی برای آشکارسازی دو ذره آلفا که از ^{8}Be بطور همزمان ساطع می‌شوند دست یافت . بازدهی آشکارساز بطور نسبتا " پیچیده‌ای در طول آشکارساز تغییر می‌کند ، بهمین دلیل برنامه کامپیوتری بر اساس شبیه‌سازی مونت‌کارلو (Monte Carlo Simulation) نوشته شده است ، تا نسبت به کار این آشکارساز شناخت بیشتری بدست آید . نمونه‌ای از نتیجه محاسباتی که با وسیله این برنامه کامپیوتری انجام شده است در شکل ۳ نشان داده شده است . این نتایج مربوط به آشکارساز ^{8}Be به ابعاد ۲۰ mm × ۲۰ mm است . در فاصله ۵۰ میلی‌متری از هدف و در داخل اطاقک واکنش (شکل ۱) این آشکار ساز بازدهی معادل ۴۵ درصد خواهد داشت . در



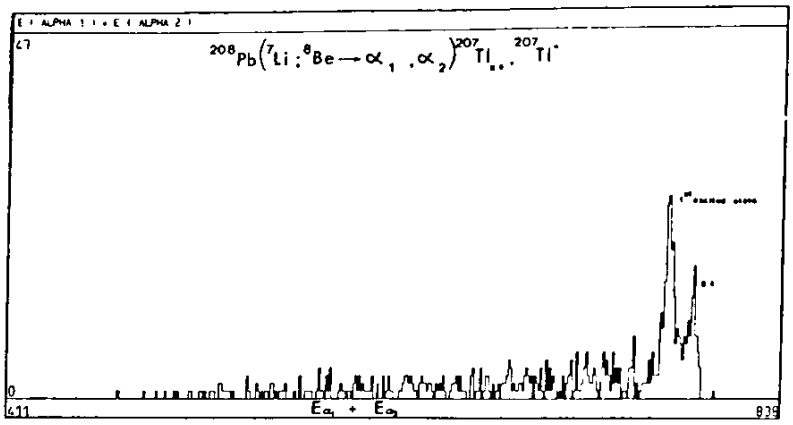
شکل ۳ : نمودار راندمان آشکارساز ^{8}Be که بوسیله روش شبیه‌سازی مونت‌کارلوجهت محاسبه راندمان آشکارساز ^{8}Be انجام شده است . مشخصات هندسی آشکارساز و فاصله آن از هدف در پائین شکل نوشته شده است .

صورتیکه در فاصله ۱۰۰ میلی‌متری این بازدهی به ۳۰ درصد کاهش می‌یابد . بازدهی آشکارساز ^{8}Be که در بالا شرح داده شد حدود ۱۰ مرتبه بهتر از آنست که در گذشته به آن دست یافته شده است .

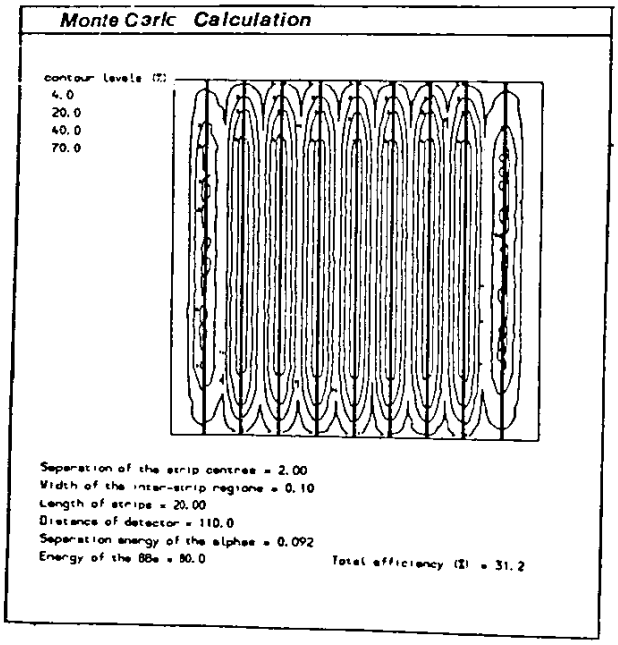
آشکارساز ^{8}Be درفوریه ۱۹۸۵ در آزمایشگاه دارزبری با استفاده از دو واکنش برداشت پروتون (Proton Peakup) :

^{208}Pb (^{7}Li , ^{8}Be) ^{207}Tl
^{12}C (^{7}Li , ^{8}Be) ^{11}B

مورد آزمایش قرار گرفت . برخی از نتایج حاصل از این آزمایش در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده‌اند . شکل ۴ طیف دو بعدی انرژی ذره α_1 ($E\alpha_1$) را برحسب انرژی ذره α_2 ($E\alpha_2$) نشان میدهد ، در حالیکه در شکل ۵ طیف مجموع انرژی هردو ذره نشان داده شده است . چنین بنظر می‌رسد که آشکارساز ^{8}Be با بازدهی بالائی که از قبل پیش‌بینی شده بود عمل نموده است .



شکل ۴: نمودار B بعدی انرژی ذرات α_1 $(E\alpha_1)$
برحسب انرژی α_2 $(E\alpha_2)$ پس ازشکست هسته ^{8}Be.



شکل ۵: بیناب مجموع انرژی‌های β ذره α_1 ، α_2 و β قله‌ای (Peak) که در حدود کانالهای ۸۰۰ و ۷۸۰ مشاهده میشوند بترتیب مربوط به هسته بریلیم درحالت پایدار و تهیج شده در تراز اول انرژی می‌باشند.

REFERENCES:

1. A.C. Shotter et al, Direct Coulomb Breakup of ^{7}Li, Physical Review Letters 53, 1539, (1984).
2. J. Rahighi, High Resoultion Neutron Spectrometer Development and 14 MeV Neutron Scattering by ^{209}Bi, Ph.D thesis, Edinburgh University, also available at ENTC (1985).

A STUDY OF BREAKUP FOR NEUTRON RICH PROJECTILES*

J. Rahighi
Esfahan Nuclear Technology Center
Atomic Energy Organization of Iran
Esfahan, Iran

ABSTRACT

A brief account of the direct coulomb break-up of neutron rich nuclei is given. Experimental equipment and techniques have been developed to enable the study of the break-up reaction (^{9}Be ---- $^{4}He+^{4}He+n$) at 90 MeV energy. In particular a highly efficient ^{8}Be detector has been developed and specially designed neutron detectors have been constructed.

---

* This is a translation of the above article Published in Appendix to the Daresbury Annual Report 1985/1986, by Edinburgh University, Scotland, UK. Written by E. Macdonald, A.C. Shotter, D. Branford, J. Rahighi*, T. Davidson and I. Yorkson.