



## کالیبراسیون سیستم کره های بانر با استفاده از چشمه های Am-Be و $^{252}\text{Cf}$

فریبا بیگلر<sup>۱</sup>، سعید حمیدی<sup>۱\*</sup>، رحیم خباز<sup>۲</sup>، علی اکبر کاظمی موحد<sup>۳</sup>، مریم خدام<sup>۱</sup>

۱ دانشگاه اراک - دانشکده علوم - گروه فیزیک

۲ دانشگاه گلستان - دانشکده علوم - گروه فیزیک

۳ سازمان انرژی اتمی - حفاظت در برابر اشعه

### چکیده

سیستم طیف سنجی کره های بانر بیش از ۴۰ سال است که در زمینه طیف سنجی و دزیمتری مورد استفاده است. هدف از این کار تعیین فاکتور کالیبراسیون سیستم کره های بانر (BSS) به همراه سوسوزن لیتیوم شیشه ای مدل GS ۲۰ موجود در دانشگاه اراک می باشد است. پاسخ تئوری مربوط به این سیستم از طریق کد شبیه سازی MCNPX به منظور یافتن ماتریس پاسخ و نیز بررسی رفتار سیستم مقابل چشمه های Am-Be و  $^{252}\text{Cf}$  انجام شده است. کالیبراسیون سیستم BSS توسط دو چشمه ی Am-Be و  $^{252}\text{Cf}$  موجود در سازمان انرژی اتمی بررسی شده است.

واژه های کلیدی: کره های بانر، کالیبراسیون، تابع پاسخ، مخروط سایه

### مقدمه

سیستم (BSS) مجموعه ای از کره های پلی اتیلنی با شعاع های مختلف به همراه یک آشکارساز نوترون حرارتی که در مرکز کره ها قرار می گیرد است. استفاده از کره های پلی اتیلنی به منظور کاهش دادن انرژی نوترون ها و رساندن انرژی آنها به انرژی نوترون حرارتی است بر اساس کروی بودن کره ها پاسخ BSS همسانگرد می باشد [۱]. موارد مختلفی برای آشکارسازی نوترون حرارتی در سیستم BSS مورد استفاده قرار می گیرد مانند

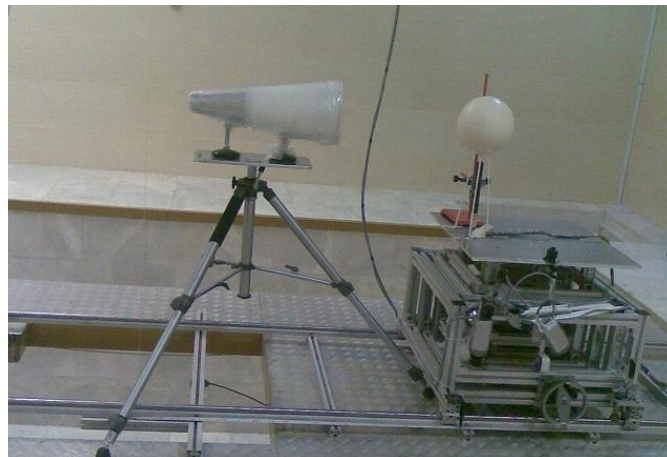
سوسوزن

LiI(Eu) [۲و۳] و فعالسازی پولک مانند طلا Au و ایندیوم [۴]In و آشکارساز  $\text{BF}_3$  از فاکتور کالیبراسیون به منظور تصحیح شمارش های هر کره قبل از انجام بازیابی استفاده می شود فاکتور کالیبراسیون BSS از طریق معادله ی (۱) بدست می آید. در این معادله  $C_i$  داده های تجربی اندازه گیری شده در محیط بدون پراکندگی بر حسب شمارش بر ثانیه  $\Phi_{\text{ref}}$  شار مربوط به چشمه ی نوترون در نقطه ی اندازه گیری،  $R_{ij}$  تابع پاسخ هر کره در مقابل چشمه های تک انرژی نوترون است که به صورت تابع گسسته و از طریق کدهای شبیه سازی

مانند MCNPX بدست می‌آید و  $\Phi_j$  طیف گسسته چشمه Am-Be و  $^{252}\text{Cf}$  استخراج شده از مرجع معتبر ISO8529 می‌باشد .

$$f_i = \frac{c_i}{\varphi_{\text{ref}} \sum_{j=1}^N R_{ij} \varphi_j \Delta E_j} \quad (1)$$

سیستم BSS مورد استفاده در این کار شامل ۵ کره ی پلی اتیلنی با چگالی  $0.95 \text{ gr/cm}^3$  به همراه آشکارساز لیتیوم شیشه‌ای مدل GS20 با ارتفاع ۲۴ میلی‌متر و ضخامت ۵ میلی‌متر می‌باشد که از طریق برهمکنش  $^6\text{Li}(n,\alpha)^3\text{H}$  نوترون‌های حرارتی آشکارسازی می‌شوند.



شکل ۱: نحوه ی چیدمان مخروط سایه و کره ی ۸ اینچ مقابل چشمه

### فرایند کالیبراسیون سیستم BSS

فرایند کالیبراسیون وقتی قابل قبول است که قرائت‌های دستگاه نسبت به تمام اثرات موثر تصحیح شود که شامل پراکندگی از هوا، دیوارها، سقف و زمین اتاق کالیبراسیون می‌باشد. روش‌های زیادی برای اندازه‌گیری تصحیحات پراکندگی برای کالیبراسیون مناسب دستگاه طیف سنج نوترون وجود دارد یکی از این روش‌ها، روش مخروط سایه می‌باشد. این روش براساس اندازه‌گیری پراکندگی از هوا و دیواره‌ها توسط سیستم به صورت تجربی است. در این روش نوترون‌هایی که در راستای مستقیم از چشمه به آشکار ساز میرسند از طریق مخروط سایه حذف می‌شوند. در روش دوم که روش نیمه تجربی نامیده می‌شود، فرض براین است که بخشی از قرائت دستگاه که ناشی از نوترون‌های پراکنده می‌باشد را می‌توان از طریق محاسبه ی انحراف قرائت‌ها از قانون



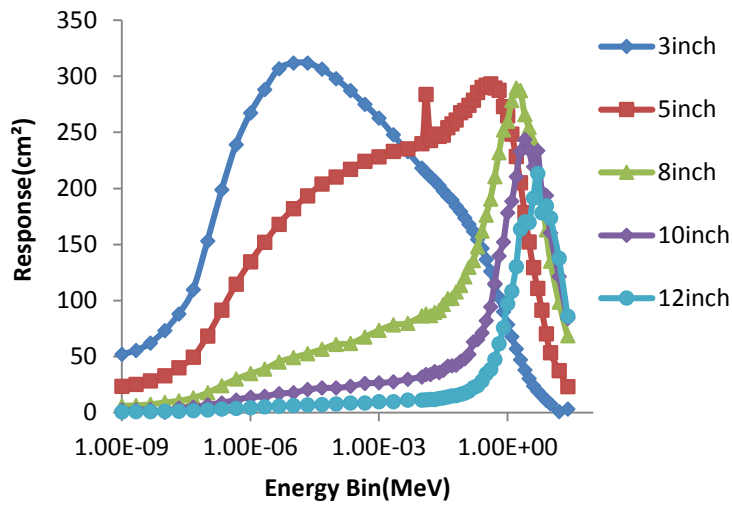
وارون مربعی بدست آورد اندازه گیری ها در روش مخروط سایه در فاصله ی ۱۱۵cm و در روش نیمه تجربی در چند فاصله ی مختلف بین ۷۰cm تا ۲۰۰cm از چشمه انجام شده است

### محاسبات شبیه سازی سیستم BSS

جهت یافتن ماتریس پاسخ، کره ها در مقابل پرتوهای نوترونی موازی با محور استوانه ای آشکارساز پرتودهی می شوند. پرتوهای نوترونی موازی، چشمه های تک انرژی و تک سوی نوترونی هم اندازه با سطح مقطع هر کره از محدوده ی انرژی نوترون های حرارتی تا ۲۵،۱MeV می باشند. جهت بررسی پاسخ، سیستم در مقابل چشمه های  $^{252}\text{Cf}$  و  $\text{Am-Be}$  قرار داده شده است. تمام سطح مقطع مواد مورد استفاده در شبیه سازی از کتابخانه ی ENDF/B-VI استخراج شده است. به منظور بررسی رفتار سیستم در مقابل پراکندگی نوترون از برهمکنش  $S(\alpha,\beta)$  برای پلی اتیلن در دمای ۳۰۰ درجه ی کلوین استفاده شده است. خروجی برنامه محاسبه ی شار نوترون شمارش شده توسط سوسوزن لیتیوم شیشه ای بر اساس شمارش تعداد برهمکنش  ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$  به ازای نوترون فرودی می باشد

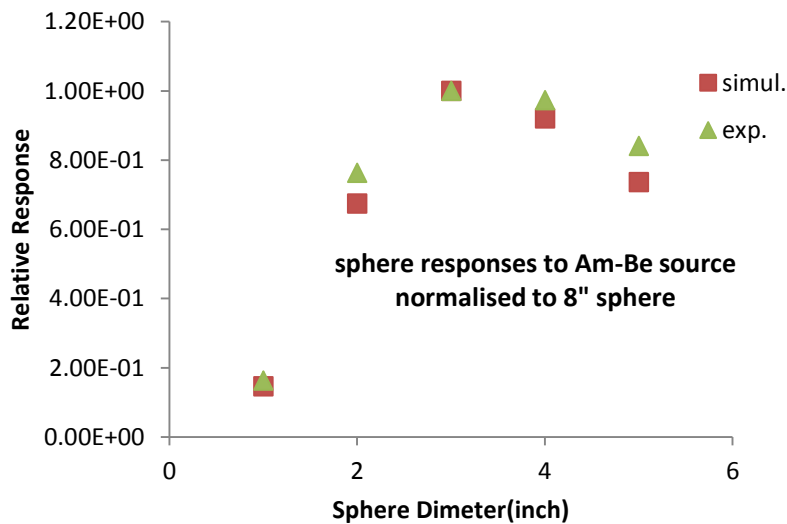
### نتایج شبیه سازی و اندازه گیری های تجربی

ماتریس پاسخ بدست آمده سیستم BSS که مجموعه ای از توابع پاسخ تمام کره ها برای چشمه های تک انرژی نوترون در شکل (۲) بر اساس شمارش برحسب سانتی متر مربع نشان داده شده است.



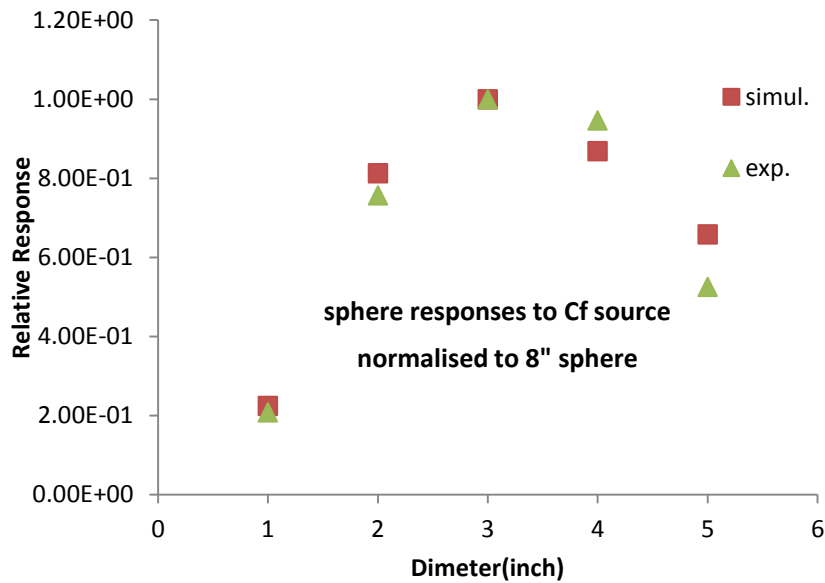
شکل (۲): ماتریس پاسخ سیستم BSS برحسب شمارش برحسب سانتی مترمربع

مقایسه نتایج شبیه سازی و نتایج تجربی بر اساس مقایسه داده ها برحسب بهنجار شدن نسبت به پاسخ کره ی ۸ اینچی به دست آمده و برای دو چشمه به صورت مجزا در شکل (۳) و (۴) نشان داده است .



شکل (۳): مقایسه داده های تجربی و شبیه سازی سیستم BSS در مقابل چشمه ی Am-Be بر حسب پاسخ

کره‌ها بهنجار شده به پاسخ کره ی ۸ اینچی



شکل (۴): مقایسه داده های تجربی و شبیه سازی سیستم BSS در مقابل چشمه ی Cf بر حسب پاسخ کره ها بهنجار شده به پاسخ کره ی ۸ اینچی

نتایج شبیه سازی توافق بسیار خوبی را با نتایج تجربی نشان می دهد بر این اساس می توان از این دو چشمه در کالیبراسیون سیستم BSS استفاده کرد. فاکتور کالیبراسیون از طریق داده های تجربی و نتایج شبیه سازی بدست آمده از طریق کد MCNPX در جداول (۱) و (۲) نشان داده شده است

جدول (۱): جدول کالیبراسیون سیستم BSS توسط چشمه Am-Be

قطر کره ها (اینچ)	$C_i(1/s)$	$\Delta C_i$	$R_i^{Am-Be}$	$f_i$
۳	۵۲/۰۹	۰/۲	۰/۳۹۲	۱/۲۴
۵	۹۱/۱۱۵	۰/۲	۰/۹۰۱	۰/۹۴۵
۸	۶۱/۹۹	۰/۰۸۶	۰/۶۷۸	۰/۸۴۲
۱۰	۶۰/۲۸	۰/۰۸۶	۰/۴۴۰	۱/۲۷
۱۲	۴۹/۷۱	۰/۰۸۶	۰/۲۷۱	۱/۷۱

جدول (۲) : جدول کالیبراسیون سیستم BSS توسط چشمه  $^{252}\text{Cf}$

قطر کره‌ها (اینچ)	$C_i$ (1/s)	$\Delta C_i$	$R_i^{\text{Am-Be}}$	$f_i$
۳	۶۰/۹۵	۰/۲	۱/۱۴	۰/۳۱۷
۵	۱۱۳/۶۵	۰/۲	۱/۵۴	۰/۴۳۶
۸	۹۵/۴۶	۰/۰۸۶	۰/۸۰۴	۰/۷۰۲
۱۰	۹۰/۳۰	۰/۰۸۶	۰/۴۵۲	۱/۱۸
۱۲	۵۰/۱۵	۰/۰۸۶	۰/۲۴۹	۱/۱۹

### نتیجه گیری

با توجه به مطابق بودن پاسخ تجربی و شبیه سازی چشمه های مورد استفاده این چشمه ها قابل استفاده در فرایند کالیبراسیون بوده و از این اعداد بدست آمده در جدول فاکتور کالیبراسیون در تصحیح قرائت کره ها در مقابل چشمه ی مجهول می توان استفاده کرد .

### مراجع

- Brooks, F.D. and Klein, H., "Neutron spectrometry-historical review and present status", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A ۴۷۶, p. ۱-۱۱ (۲۰۰۲).
- Bramblett, R.L., Ewing, R.I. and Bonner, T.W., "A new type of neutron spectrometer", Nuclear Instruments and Methods, ۹ p. ۱-۱۲ (۱۹۶۰).
- Gallego, E., Lorente, A. and Vega-Carrillo, H.R., "Characteristics of the neutron field of the facility at DIN-UPM", Radiation Protection Dosimetry ۱۱۰, p. ۷۳-۷۹ (۲۰۰۴).
- Thomas, D.J., Bardell, A.G. and Macaulay, E.M., "Characterisation of a gold foil-based Bonner sphere set and measurements of neutron spectra at a medical accelerator", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, ۴۷۶, p. ۳۱-۳۵ (۲۰۰۲).