



## کالیبراسیون هندسی آشکارساز گایگر مولر MX168 به منظور اندازه گیری پرتوزایی بتا

### در نمونه های اسمیر با استفاده از کد MCNPX2.6

غلامزاده، زهره - کاردان، محمدرضا\* - باورنگین، الهام - جزءوزیری، عطیه

سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، پژوهشکده راکتور

#### چکیده:

جهت بررسی میزان آلودگی بر روی سطوح در تاسیسات هسته‌ای به ویژه راکتور، از سطوح به وسیله اسمیر نمونه برداری می‌گردد. با اندازه‌گیری پرتوزایی موجود بر روی اسمیر، میزان آلودگی سطح نمونه برداری شده محاسبه می‌گردد. از جمله آشکارسازها برای این منظور آشکارساز گایگر مولر است. در این تحقیق به منظور کالیبراسیون هندسی، شمارنده گایگر مولر MX168 به همراه حفاظ آن شبیه سازی گردید. چشمه بتازای کلر-۳۶ برای اندازه‌گیری تجربی پاسخ آشکارساز مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از شبیه‌سازی و اندازه‌گیری برای تحلیل دقت پاسخ آشکارساز برای یک نمونه اسمیر صورت گرفت که مبین وجود همخوانی قابل قبولی بین شبیه سازی و اندازه گیری می‌باشد.

کلمات کلیدی: شمارنده گایگر مولر، پاسخ آشکارساز، شبیه سازی با استفاده از کد MCNPX2.6.0

Geometric calibration of geiger Muller detector (MX168) in order to measurement of beta emission of smear samples using MCNPX2.6 code

Gholamzadeh, Zohreh- Kardan, Mohammad Reza\* - Bavarnegin, Elham- Jozevaziri, Atieh

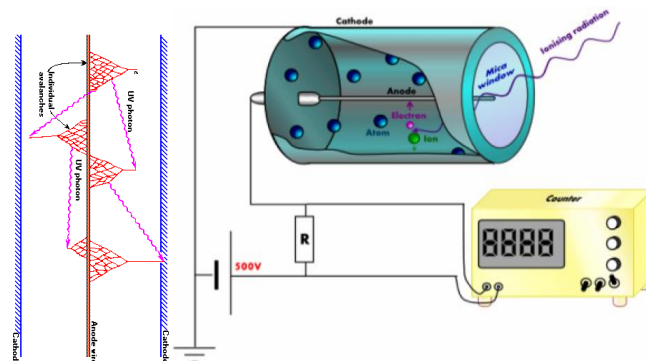
Atomic energy organization of Iran, nuclear science and technology research institute, reactor school

#### Abstract

In order to investigate the level of radioactive contamination on surfaces in nuclear facilities, especially in reactor, smear samples are taken from the surfaces. By measurement of activity of smear, the radioactive contamination of the surface can be calculated. Geiger Muller detectors can be used for this purpose. In this study, a Geiger Muller and its shield were simulated. Cl-36 beta emitter was used for measurement of experimental detector response. The results show a good agreement between experimental and simulation.

Keywords: Geiger Muller counter, detector response, MCNPX2.6 code

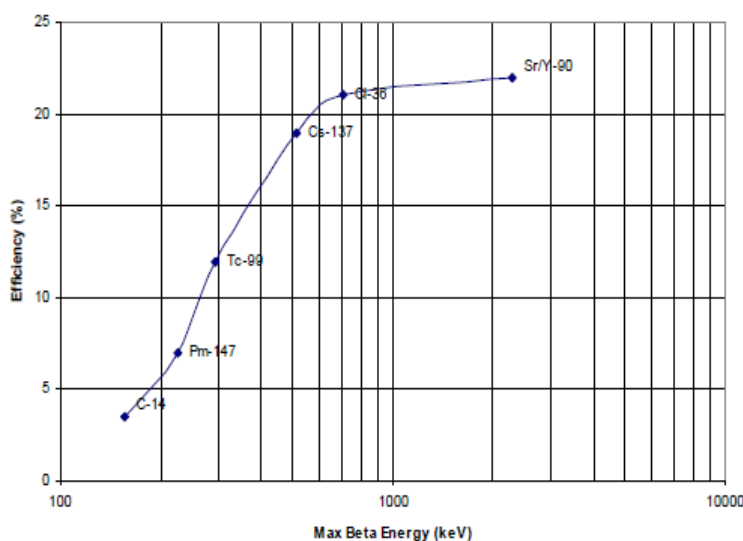
شمارنده های گایگر مولر با مدل های مختلف به منظور مونیتورینگ آلودگی محیطی استفاده می شوند [۱-۳]. در شکل ۱ اصول آشکارساز گایگر نشان داده شده است. با ورود ذره به آشکارساز بر اثر یونش و برانگیزش بهمنی از الکترونها شکل می گیرد که توسط آند جمع آوری شده و ثبت می گردند. لذا هر پالس ثبت شده نشان از ورود یک ذره به آشکارساز است. در نتیجه بازده آشکارساز برای ذره ورودی ۱۰۰٪ است. درحالیکه پاسخ آشکارساز به تعداد ذرات وارد شده به آشکارساز بستگی دارد و لذا باید منحنی پاسخ آشکارساز بر حسب انرژی ذرات بتا با اندازه گیری های تجربی محاسبه گردد. پاسخ آشکارساز در واقع نسبت ذرات ورودی به آشکارساز به تعداد کل ذرات ساطع شده از چشمه در واحد زمان است. طبیعی است که با افزایش فاصله چشمه از پنجره آشکارساز گایگر، پاسخ آشکارساز کاهش می یابد [۴].



شکل ۱- اصول عملکرد آشکارساز گایگر در شمارش ذرات بتا [۵].

طبق اندازه گیری های انجام شده و گزارش شده در مورد یک گایگر پنکیک منحنی های پاسخ آشکارساز بر حسب انرژی ذرات بتا در شکل ۲ ارائه شده است. رسم چنین منحنی هایی به منظور اندازه گیری میزان آلودگی مجهول

لازم می باشد.



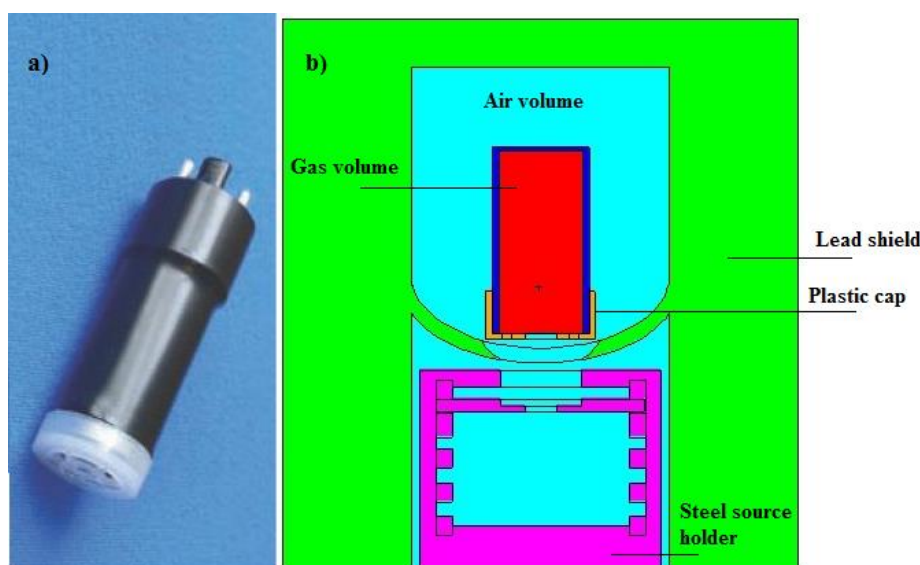
شکل ۲-

منحنی پاسخ آشکارساز گایگر مولر پنکیک محاسبه شده بر حسب انرژی بیشینه ذره

بتا [۶].

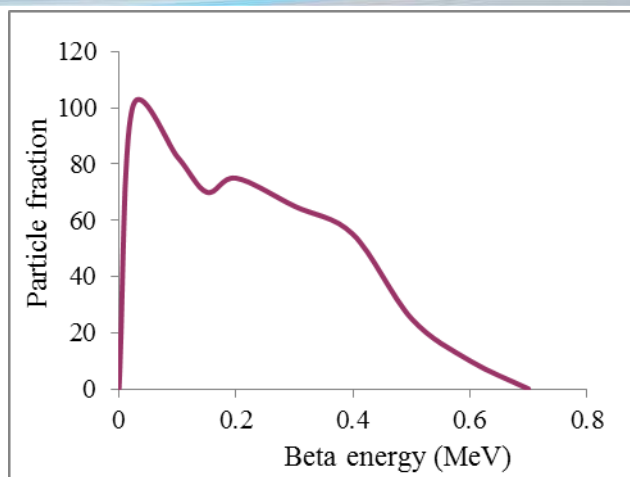
### روش کار :

آشکارساز گایگرمولر MX168 دارای پنجره میکا با ضخامت  $2/5 \text{ mg/cm}^2$  است که جنس کاتد آن استیل ۴۴۶ است و گاز نئون به علاوه هالوژن در حجم حساس آن پر شده است. ولتاژ کاری پیشنهاد شده دستگاه ۴۵۰ ولت است. ماکزیمم زمینه توسط شرکت سازنده به ازای حفاظ ۵ cm سرب + ۰/۳ cm آلومینیوم ۳۰ cpm گزارش شده است. همچنین ماکزیمم زمان مرده این آشکارساز توسط شرکت سازنده ۱۲۰  $\mu\text{s}$  گزارش شده است. این آشکارساز توسط مخزن سربی حفاظ شده است و یک کلیماتور سربی نیز از ورود ذرات به آشکارساز به غیر از پنجره ممانعت می کند (شکل ۳a).

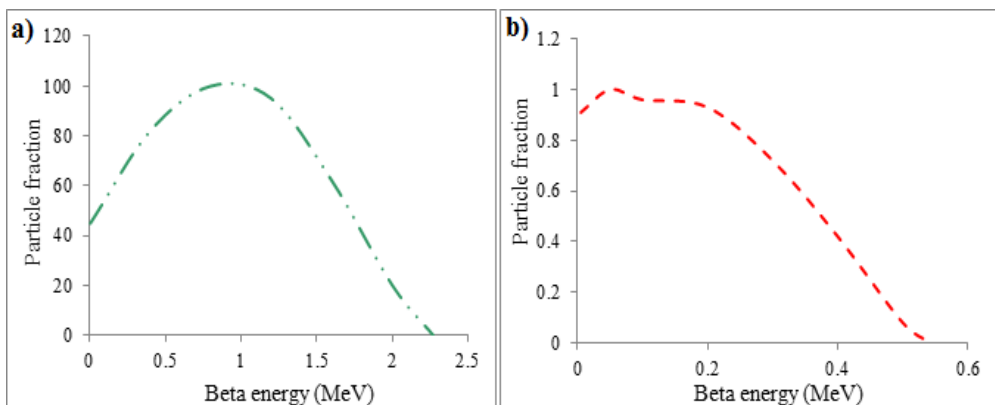


شکل ۳- شماتیک شمارنده ذرات بتا در آزمایشگاه که در محفظه سربی (رنگ سبز) قرار گرفته است.

آشکارساز گایگر توسط کد MCNPX با جزئیات حفاظ اطراف آن شبیه سازی گردید (شکل ۱b) و محاسبات پاسخ دکتور با فرض چشمه تک انرژی و نیز چشمه بتا دارای طیف انرژی محاسبه گردید. همچنین پاسخ دکتور با توجه به نسبت ذرات الکترون ورودی به ذرات کل چشمه با استفاده از چشمه کلر-۳۶ اندازه گیری شد و با مقدار محاسبه شده مقایسه گردید. برای محاسبه پاسخ از تالی F4 استفاده شد. طیف بتای چشمه های کلر-۳۶، ایتريوم-۹۰ و استرانسیوم-۹۰ در شکل های ۴ و ۵ نشان داده شده است.



شکل ۴- طیف بتای چشمه کبر-۳۶ [۷].



شکل ۵- طیف بتای چشمه (a) ایتریوم-۹۰ (b) استرانسیوم-۹۰ [۸].

### نتایج :

برای محاسبه پاسخ آشکارساز در مورد چشمه کبر-۳۶، شمارش توسط چشمه با قطر ۲/۵ cm انجام شد. با فرض زمان مرده  $120 \mu s$  (به دلیل عدم وجود دو چشمه قادر به اندازه گیری نبودیم) تصحیح شمارش مطابق جدول ۳ انجام شد.

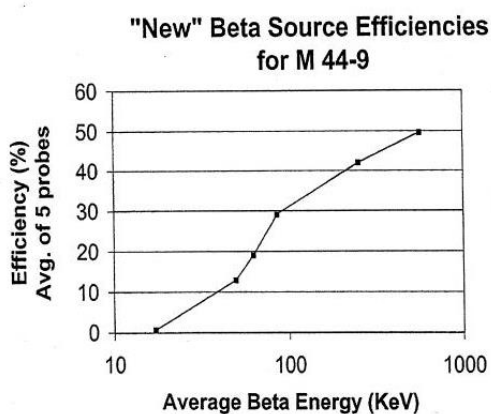
جدول ۳- تصحیح شمارش بتا ثابت شده توسط آشکارساز موجود در آزمایشگاه مونیتورینگ ضمن استفاده

از چشمه کبر در فاصله ۳ cm از پنجره

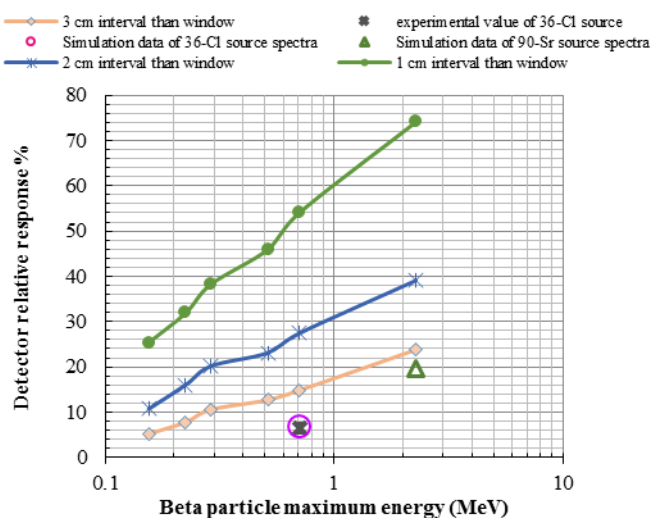
خطای شمارش (cpm)	شمارش تصحیح شده (cpm)	شمارش چشمه (cpm)	شمارش زمینه (cpm)
۱۰۳	۱۰۹۶۱	۱۰۷۲۶	۲۹
۱۰۳	۱۰۹۰۸	۱۰۶۷۶	۲۷
۱۰۳	۱۱۰۰۵	۱۰۷۶۸	۲۶
۱۰۳	۱۱۰۰۰	۱۰۷۶۴	۲۴
۱۰۳	۱۰۸۸۸	۱۰۶۵۶	۲۲

لذا شمارش خالص میانگین گیری شده ۱۰۹۲۷ می باشد. پاسخ این آشکارساز برای این چشمه استاندارد ۶/۵٪ است. پاسخ آشکارساز در حالت شبیه سازی ۶/۹۵٪ است که اختلاف نسبی این دو عدد حدود ۷٪ است. شمارش در طبقه دوم محفظه آشکارساز مجدداً تکرار شد. در این طبقه، فاصله چشمه از پنجره آشکارساز ۴/۲۱ cm است. لذا شمارش خالص میانگین گیری شده ۳۱۲۶ می باشد. پاسخ این آشکارساز برای این چشمه استاندارد ۱/۱/۸۶٪ است. مقدار شبیه سازی شده در طبقه دوم ۱/۶۵٪ است که با مقدار تجربی اختلاف نسبی ۱۱٪ دارد. در مطالعه انجام شده توسط سایر محققان اختلاف نسبی بین پاسخ آشکارساز گایگر مولر اندازه گیری شده برای چشمه کلر-۳۶ و مقدار حاصل از شبیه سازی حدود ۶/۶٪ است [۹]. در شکل ۶ مشاهده می شود رفتار منحنی بدست آمده در این کار با منحنی گزارش شده در مرجع ۱۰ مطابقت دارد. نقاط منحنی مربوط به پاسخ آشکارساز در انرژی ماکزیمم است. در واقع این منحنی بیانگر ارتباط پاسخ آشکارساز به انرژی ذره بتا است. بدیهی است اعمال طیف ذره بتا باعث کاهش پاسخ آشکارساز خواهد شد و از آنجائیکه طیف استرانسیوم-۹۰ پرنرژی تر است پاسخ آشکارساز شبیه سازی شده در حالت اعمال طیف و نیز انرژی بیشینه ذره بتا به هم نزدیک تر است.

a)



b)



شکل ۶- a) منحنی رسم شده پاسخ یک شمارنده گایگر برای انرژی میانگین بتا [۱۰] b) پاسخ شمارنده گایگر برحسب انرژی ذره بتا برای پنجره با قطر ۲/۵ سانتی متر و ضخامت ۸۹۰  $\mu\text{m}$

منحنی های بررسی شده قبلی نشان می دهد در صورتیکه نوع آلودگی نامشخص باشد، پاسخ آشکارساز می تواند تا ۴ برابر خطا داشته باشد یعنی بدون شناخت نوع آلودگی، اعمال پاسخ درست که منجر به تعیین اکتیویته تقریباً دقیق از میزان آلودگی گردد امکان پذیر نیست. از آنجائیکه نمونه اسمیر راکتور می تواند حاوی ایزوتوپ های استرانسیوم-۹۰ و ایتریوم-۹۰ باشد و همچنین در طی زمانهای مختلف مصرف سوخت فراوانی این دو ایزوتوپ تقریباً یکسان است، چشمه ترکیبی استرانسیوم/ایتریوم-۹۰ توسط کد MCNPX در طبقه





اول شمارنده گایگر مولر شبیه سازی شد. محاسبات نشان داد پاسخ آشکارساز برای چشمه ترکیبی با فراوانی یکسان  $8/53\%$  است. درحالیکه پاسخ آشکارساز برای چشمه ایتريوم- $90$  حدود  $18\%$  است. این مسئله به خوبی نشان می دهد که شناسایی نوع آلودگی و درصد فراوانی ایزوتوپ های محتمل در نمونه اسمیر برای محاسبه دقیق پاسخ آشکارساز و در نتیجه تخمین میزان آلودگی بسیار مهم است.

### بحث و نتیجه گیری :

نتایج حاصل از این کار نشان داد استفاده از روش شبیه سازی می تواند به طور موثری در پیش بینی پاسخ آشکارساز گایگر مولر برای نمونه های اسمیر مختلف که از بخش های مختلف آلودگی راکتور نمونه برداری شده است موثر واقع شود. اعتبار سنجی انجام شده در این کار نشان داد پاسخ محاسبه شده توسط روش شبیه سازی با دقت قابل قبولی با داده های اندازه گیری همخوانی دارد. اهمیت استفاده از روش شبیه سازی به موازات کالیبراسیون تجربی زمانی است که برای یک نمونه اسمیر آلوده با عناصر خاص، چشمه استاندارد مشابه به منظور کالیبراسیون موجود نمی باشد. در این حالت روش شبیه سازی می تواند با دقت قابل قبولی پاسخ آشکارساز را برای نمونه اسمیر تخمین بزند. همچنین با توجه به کمبود و گران بودن چشمه های استاندارد از این روش می توان برای کالیبراسیون هندسی و حتی کالیبراسیون انرژی برای سایر آشکارسازها استفاده کرد.

### مراجع :

1. I. Meric, G.A. Johanse, M.B. Holstad, R.P. Gardner, Monte Carlo modelling of gamma-ray stopping efficiencies of Geiger-M $\ddot{u}$ ller counters, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 636 (2011) 61-66
2. Ilker Meri, Geir A. Johanse, Marie B. Holstad, Kyoung O. Lee, Adan F. Calderon, Jiaxin Wang, Robin P. Gardner A single scatter electron Monte Carlo approach for simulating gamma-ray stopping efficiencies of Geiger-M $\ddot{u}$ ller counters, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 654 (2011) 279-287
3. W. L. Dunn, R. P. Gardner, Determination of gamma-ray intrinsic detection efficiencies for cylindrical Geiger-M $\ddot{u}$ ller tubes by monte carlo methods, nuclear instrument and methods 103 (1972) 373-384
4. Ian Rittersdorf, Lab-4 Geiger-M $\ddot{u}$ ller counting, Nuclear Engineering & Radiological Sciences, 2007
5. Amir H. Golnabi, Geiger-Muller Counters, ENGG168 conference, 2009.
6. Paul R. Steinmeyer, Health Physicist, G-M pancake Detectors, Everything You've Wanted to Know
7. H. W. Fulbright and J. C. D. Milton, The Beta-Spectrum of Cl $^{36}$ , Phys. Rev. 82, 274, 1951.
8. Robert J. Budnitz. strontium-90 and strontium -89: a review on measurement techniques. In environmental media. Lawrence Berkeley



9. Selena Gruji, Ivana ĐorCevi, Miodrag Milo sevi , Uranija Kozmidis-Luburi Monte Carlo simulation of GM probe and NaI detector efficiency for surface activity measurements, Radiation Measurements 58 (2013) 45-51
10. [http://www.qsl.net/k0ff/index\\_files/44-9-BetaCurve.JPG](http://www.qsl.net/k0ff/index_files/44-9-BetaCurve.JPG)