مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد ۲، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۲

کنترل کیفی و کالیبراسیون دستگاه‌های دزکالیبراتور RAMS-88 در مراکز پزشکی هسته‌ای در ایران

علی‌اصغر سردارپور[۱]، حسین زمانی زینلی[۲*]، علی‌اکبر میرزایی[۱] و حجت الله فیضی[۲]

[۱]دانشکده علوم پایه، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم، دانشگاه آزاد اسلامی تهران واحد مرکزی، تهران، ایران

[۲]پژوهشکده کشاورزی، پزشکی و صنعتی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، کرج، ایران

[*]کرج، انتهای بلوار مؤذن، مرکز تحقیقات هسته‌ای، پژوهشکده کشاورزی، پزشکی و صنعتی، کد پستی: ۴۳۱۱۱- ۳۱۴۸۶

پست الکترونیکی: hzeinali@nrcam.org

چکیده

در این تحقیق، روش‌های کنترل کیفی و کالیبراسیون دستگاه‌های کالیبراتور دز RAMS-88 ساخته شده در پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای بررسی شده است. این دستگاه‌ها میزان پرتوزایی رادیوداروها و رادیونوکلئیدهای گسیلندهٔ پرتو گاما و بتا را می‌سنجد. آزمایش‌هایی جهت تبیین عملکرد صحیح این دستگاه‌ها با روش‌های استاندارد موجود صورت پذیرفته است. این آزمایش‌ها شامل تست دقت و صحت، خطی بودن پاسخ و حساسیت مکانی هستند. دقت و صحت و خطی بودن پاسخ با استفاده از روش استاندارد IAEA-Tecdoc-602 با دقت خوبی ارزیابی شده است. آزمایش حساسیت مکانی با تغییر ارتفاع چشمه در اتاقک قرارگیری چشمه انجام شده و مشخص شده است که در ارتفاع ۰ تا ٤ سانتی‌متری میزان خطای اندازه‌گیری تقریباً ۵٪ و ارتفاع ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر میزان خطا حداکثر ۳۰٪ است.

کلیدواژگان: پزشکی هسته‌ای، کنترل کیفی، کالیبراتور دز.

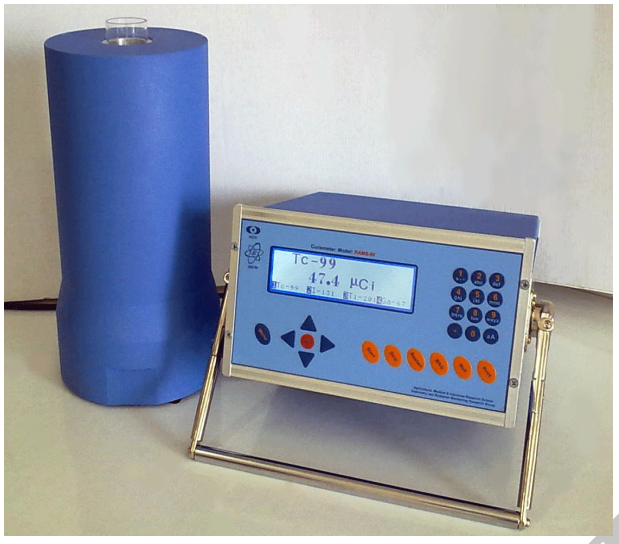
۱. مقدمه

کالیبراتور دز، دستگاهی برای اندازه‌گیری میزان پرتوزایی رادیونوکلئیدها و رادیوداروهای تجویزی توسط پزشک در علم پزشکی هسته‌ای است. همان‌طور که قبلاً محققان مشخص کرده بودند، ٤ درصد دز دریافتی مردم، از پزشکی هسته‌ای است [۱]، لذا دانستن مقدار دقیق دز رادیودارو، اهمیت بسیاری دارد، زیرا زیاد بودن دز باعث به خطر انداختن سلامتی بیمار، و کم بودن دز نسبت به مقدار تجویزی، باعث کاهش کیفیت تصویر برای تشخیص بیماری می‌شود. این موضوع، اجرای برنامهٔ کنترل کیفی و کالیبراسیون برای تصحیح عملکرد دقیق دستگاه کالیبراتور دز را می‌طلبد.

در سال ۱۳۸۸ پژوهشگران پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای- پژوهشکده کشاورزی، پزشکی و صنعتی سازمان انرژی اتمی ایران، موفق به ساخت دستگاه کالیبراتور دز با نام RAMS-88 (شکل ۱) شدند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل (۱): دزکالیبراتور(کوری متر) مدل RAMS-88

این دستگاه، پرتوزایی رادیونوکلئیدهای گسیلندهٔ پرتوهای گاما و بتا با انرژی ۲۰keV تا ۳MeV را اندازه‌گیری می‌کند. کمترین پرتوزایی قابل اندازه‌گیری با دستگاه ۰/۱µCi(و برای برخی از رادیونوکلئیدها ۱ µCi) و بیشترین پرتوزایی قابل اندازه‌گیری ۱۰Ci است.حجم مؤثر آشکارساز آن، ۲ لیتر و فشار گاز داخل آشکارساز، ٤ بار است. ارتفاع آشکارساز ۳۰ cm و قطر آن ۱۷cm و همچنین قطر و ارتفاع چاهک قرارگیری رادیودارو به ترتیب، ٤ و ۱۵سانتی‌متر است. ولتاژ ناحیهٔ کار آشکارساز ٤۰۰ ولت و صفحهٔ نمایش دستگاه LCD گرافیکی با وضوح ٦٤×۲٤۰ پیکسل است. این دستگاه، قابلیت اندازه‌گیری مدهای پرتوزایی و جریانی را دارد. محدودهٔ جریان قابل اندازه‌گیری از ۰/۱µA تا ۱۰fA است. جنس حفاظ و دیوارهٔ این دستگاه از آلومینیوم است. ضخامت دیوارهٔ آلومینیومی چاهک محل قرارگیری رادیونوکلئید ۲mm است. درصد خطاهای آزمایش‌های خطی بودن پاسخ حداکثر ۱/۵٪±، صحت ۵٪± و آزمایش دقت ۲٪± توسط سازندهٔ دستگاه اعلام شده است [۲].

در پی ساخت این دستگاه، کنترل کیفی و کالیبراسیون این دستگاه می‌بایست با دقت بسیار جهت استفاده در مراکز انجام شود. آزمون‌هایی که بیشترین اهمیت را در کنترل کیفی دارند عبارت‌اند از: دقت، صحت و خطی بودن پاسخ. در این تحقیق، برای ۱۰ عدد از این دستگاه‌ها آزمون‌های دقت، صحت و خطی بودن پاسخ مورد بررسی قرار گرفت. در مورد این دستگاه، حساسیت مکانی چشمهٔ درون اتاقک یونش نیز بررسی شد. مسبب خطای آزمون دقت عوامل غیرقابل اندازه‌گیری مانند الکترونیک دستگاه است و به آن، خطاهای تصادفی می‌گویند و در مورد آزمون صحت، خطا ناشی از غیر کالیبره بودن دستگاه بر روی اندازه‌گیری است و به آن، خطاهای سیستمی می‌گویند [۳ و ٤]. آزمون خطی بودن پاسخ، تعیین‌کنندهٔ قابلیت اندازه‌گیری دستگاه در محدوده‌های مختلف پرتوزایی است. به طور معمول، آزمون خطی بودن پاسخ با رادیونوکلئیدی با پرتوزایی بالا و نیمه‌عمر کوتاه مثل ^{99m}Tc انجام می‌شود.

۲. مواد و روش‌ها

چشمه‌های استفاده شده برای کالیبراسیون در این تحقیق عبارت‌اند از ^{137}Cs، ^{133}Ba، ^{57}Co، ^{131}I و ^{99m}Tc که دو چشمهٔ ^{133}Ba و^{137}Cs از North American Scientific Inc آورده شده‌اند. رادیونوکلئیدهای ^{131}I و ^{99m}Tc توسط سازمان انرژی اتمی ایران، در تهران تولید شده‌اند. همچنین چشمه ^{57}Co در بخش شتاب‌دهنده سیکلوترون کرج تولید شده است. خطای اندازه‌گیری پرتوزایی این چشمه‌ها که با دستگاه کالیبره شده توسط آژانس بین‌المللی انرژی اتمی Dose Calibrator PTW Curimentor 3 اندازه‌گیری شده‌اند، کمتر از ۵٪ است. در این تحقیق، چشمه‌های ^{133}Ba،^{137}Cs

Archive of SID

www.SID.ir

استاندارد هستند و پرتوزایی آن‌ها با دقت ٥٪± توسط کمپانی سازنده برآورد شده است. با ۱۰ بار اندازه‌گیری پی در پی، پرتوزایی چشمه و میانگین‌گیری از آن‌ها، مقدار خطای دقت نسبت به یک اندازه‌گیری خاص از رابطهٔ زیر محاسبه می‌گردد. این مقدار خطا نباید از ٥٪ تجاوز کند [۳].

$$\frac{100\left(A_i-\overline{A}\right)}{\overline{A}}\% \qquad (۱)$$

A_i اندازه‌گیری iام و $\bar{A}$ میانگین ۱۰ اندازه‌گیری است.

در آزمایش صحت، خطای میانگین اندازه‌گیری‌ها نسبت به مقدار واقعی پرتوزایی با استفاده از واپاشی رادیوایزوتوپ در روز و ساعت اندازه‌گیری و به دست آوردن مقدار پرتوزایی خالص چشمه کالیبره شده (C) نسبت به مقدار پرتوزایی میانگین اندازه‌گیری شده محاسبه می‌گردد. این مقدار خطا نباید از ۱۰٪ تجاوز کند [۳].

$$\frac{100\left(\overline{A}-C\right)}{C}\% \qquad (۲)$$

برای آزمون‌های دقت و صحت از رادیونوکلئیدهایی با پرتوزایی مشخص که در جدول زیر آورده شده، استفاده می‌شود.

جدول (۱): رادیونوکلئیدهای کالیبره شده برای آزمون دقت و صحت

پرتوزایی	انژری فوتون اصلی	رادیونوکلئید
۱۹۹ Ci	۱۲۲keV	
۱۳۰ Ci	۳٥٦ ،۸۱keV	
۱٦٥ Ci	٦٦۲keV	

پرتوزایی چشمه ^{131}I نیز توسط دستگاه کالیبره شدهٔ *PTW Curiemeter 3* اندازه‌گیری شد و به عنوان یک چشمه اضافه بر رادیونوکلئیدهای داده شده در جدول (۱) برای آزمون صحت در ۷ دز کالیبراتور استفاده شد. آزمایش خطی بودن پاسخ که نشان‌دهندهٔ قابلیت اندازه‌گیری دز کالیبراتور در محدوده‌های مختلف پرتوزایی است با چشمهٔ ^{99m}Tc که دارای نیمه‌عمر کوتاه $6/02h$ در مدت زمان ۲٤ ساعت انجام شد. خطای آزمون خطی بودن پاسخ پس از رسم اندازه‌گیری‌ها بر نمودار خطی ـ لگاریتمی نسبت به منحنی رسم شده، از رابطهٔ زیر محاسبهٔ می‌شود:

$$\frac{100\left(A-X\right)}{X}\% \qquad (۳)$$

X مقدار پرتوزایی از روی منحنی که برآورد ایده‌آل است و A مقدار پرتوزایی اندازه‌گیری شده است که مقدار واقعی اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. مقدار پرتوزایی تکنسیوم برای انجام آزمون خطی بودن پاسخ برای هر دز کالیبراتور با توجه به مکان استفاده (مراکز پزشکی هسته‌ای، مراکز تحقیقاتی و...) متغیّر است و باید بیشتر از بزرگ‌ترین مقدار پرتوزایی تجویزی در مراکز استفاده کنندهٔ دزکالیبراتور باشد [۳].

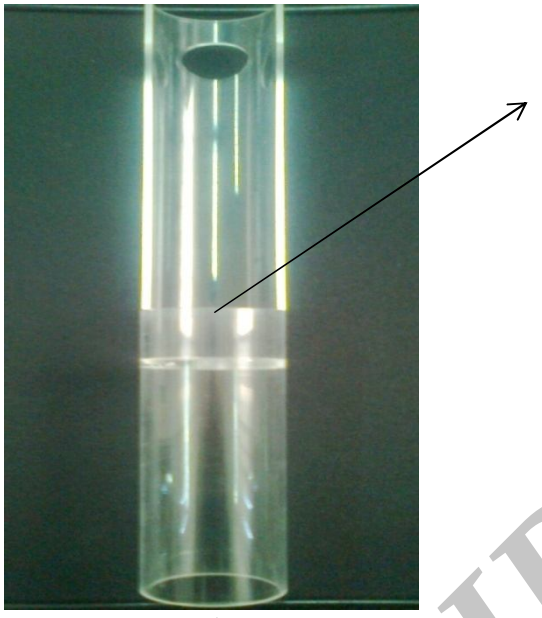
آزمون حساسیت مکانی که از آزمون‌های IAEA TECDOC 602 نیست، معرف پاسخ یک دزکالیبراتور برحسب تغییر موقعیت عمودی و افقی چشمه در حفرهٔ تعبیه شده در اتاقک یونش نوع چاهک است. در اکثر دز کالیبراتورها چشمه در جایی قرار می‌گیرد که بیشترین پاسخ را داشته باشد. اثر تغییر مکان در راستای افقی بر روی پاسخ دز کالیبراتور کم است. با تغییر مکان چشمه از درون چاهک اتاقک یونش و در نقاط مختلف از آشکارساز نتایج اندازه‌گیری تغییر خواهد کرد [٥]. مناطقی وجود دارد که در آن، اندازه‌گیری بیشترین مقدار را دارد. آزمایش حساسیت مکانی در ارتفاع‌های مختلف نسبت به مرکز بیشترین پاسخ (شکل ۱) با چشمه ^{99m}Tc با پرتوزایی $1/05mCi$ انجام شد.

۳. نتایج اندازه‌گیری

تعداد دزکالیبراتور بررسی شده در این تحقیق، ۱۰ عدد است. ۳ سال از عمر دو دستگاه از این ۱۰ دستگاه گذشته و یک دستگاه دیگر دو سال از تاریخ تولید آن می‌گذرد و ۷ دستگاه دیگر به تازگی تولید شده‌اند. در نتایج دقت و صحت برای دو دستگاهی که ۳ سال از تولید آن‌ها گذشته است، خطای بیشتری نسبت به ۸ دستگاه دیگر مشاهده شد. در جدول (۲) و اشکال (۲)، (۳) و (٤) خطاهای آزمون‌های دقت، صحت و خطی بودن پاسخ برای ۱۰ دستگاه نشان داده شده است.

Archive of SID

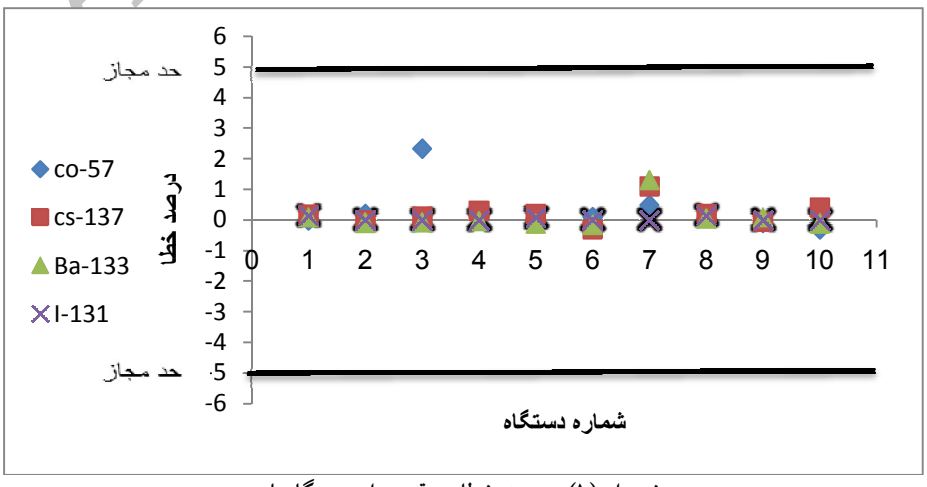
www.SID.ir



شکل (۱): محل قرارگیری چشمه در اتاقک

جدول (۲): نتایج آزمون‌های دقت، صحت و خط بودن پاسخ برای ۱۰ دزکالیبراتور

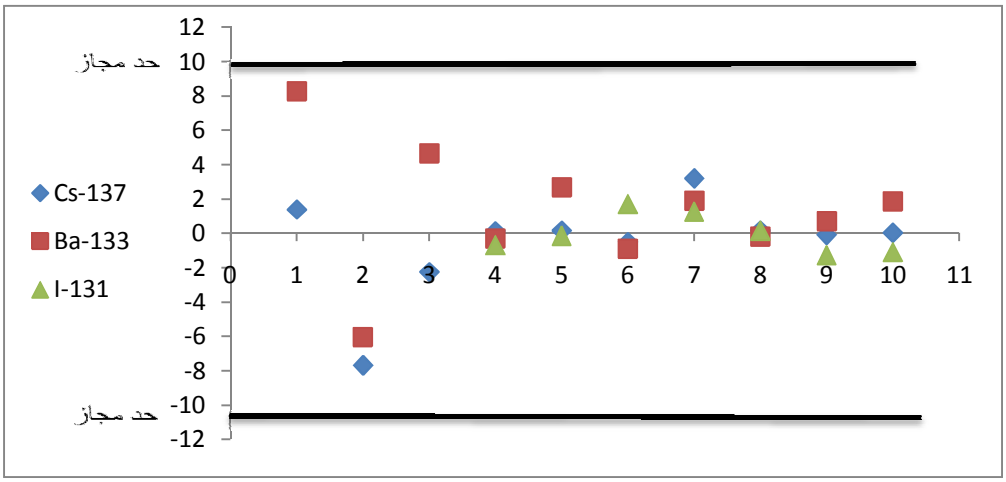
کد دستگاه	Co-57		Cs-137		Ba-133		I-131		Tc-99m
	دقت	صحت	دقت	صحت	دقت	صحت	دقت	صحت	خطی بودن
RAMS-105	-۰/۰۱	-----	۰/۱۷	۱/۳۸	۰/۰۹	۸/۲۶	۰/۱٤	-----	۱/۵
RAMS-108	۰/۲	-----	-۰/۰۲	-۷/۷	-۰/۰۸	-٦/۰٤	۰	-----	۱/۲
RAMS-111	۲/۳۳	-----	۰/۱	-۲/۲٦	-۰/۰۷	٤/٦٥	-----	-----	۰/۷
RAMS-118	۰/۰۹	-----	۰/۳	۰/۱۳	-۰/۰۳	-۰/۳	۰	-۰/۷	۰/۳۲
RAMS-119	۰/۰٦	-----	۰/۲	۰/۱٦	-۰/۱۱	۲/۸۸	۰/۰۸	-۰/۱۵	۱/۱۵
RAMS-120	۰/۱	-----	-۰/۳	-۰/۵	-۰/۱۵	-۰/۹	۰	۱/۷	۰/٦
RAMS-121	۰/۵	-----	۱/۱	۳/۲	۱/۳	۱/۹	۰	۱/۲٦	۰/٤
RAMS-122	۰/۰٦	-----	۰/۲	۰/۱٦	۰/۰۵	-۰/۲	۰/۱۵	۰/۱۵	۳/۵
RAMS-123	-۰/۱	-----	-۰/۰٦	-۰/۱	۰/۰۹	۰/۷	۰	-۱/۲۸	۰/۷۸
RAMS-124	-۰/۳	-----	۰/٤	۰/۰۳	-۰/۱	۱/۸٦	۰	-۱/۱	۰/۸۳



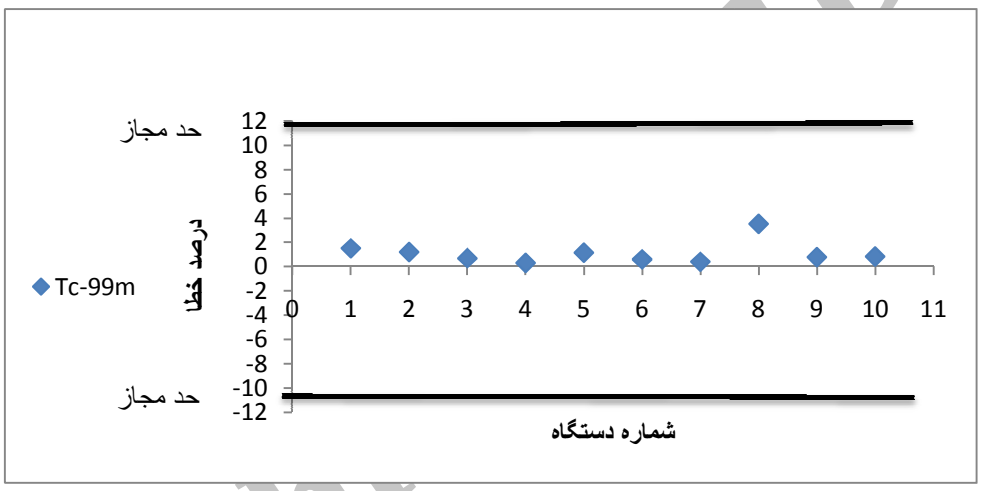
نمودار (۱): درصد خطای دقت برای دستگاه‌ها

Archive of SID

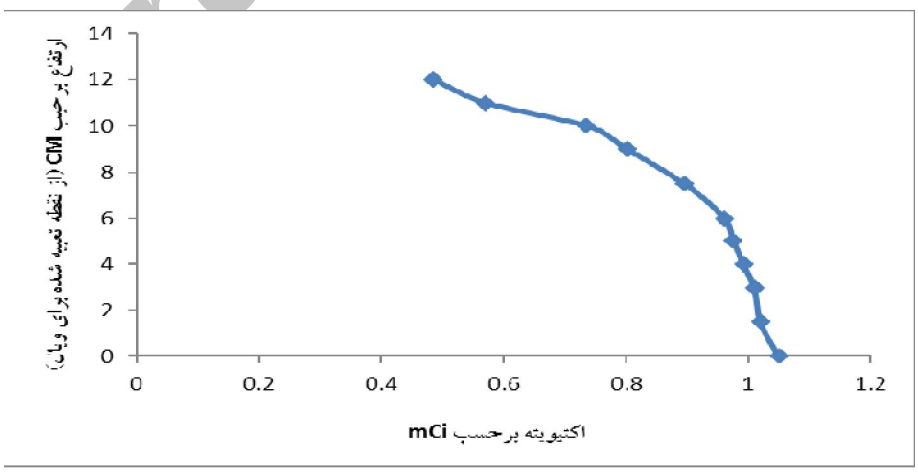
www.SID.ir



نمودار (۲): درصد خطای صحت برای دستگاه‌ها



نمودار (۳): درصد خطای خطی بودن پاسخ برای دستگاه‌ها



نمودار (٤): تغییرات پرتوزایی یک چشمه تکنسیوم به نسبت ارتفاع از نقطه تعبیه شده برای ویال

www.SID.ir

تأثیر تغییرات ارتفاع برای یک چشمهٔ محلول ^{99m}Tc با پرتوزایی $۱/۰۵mCi$ در ارتفاع‌های مختلف نشان داد که در محدودهٔ خاصی بیشترین پاسخ در اندازه‌گیری وجود دارد و خطای مشاهده شده در این محدوده قابل قبول است و در محدوده‌های دیگر، میزان پاسخ در اندازه‌گیری به سرعت کاهش می‌یابد و خطای اندازه‌گیری زیاد می‌شود. در جدول (۳) میزان تأثیر مقادیر اندازه‌گیری شده در ارتفاع‌های مختلف نشان داده شده است.

جدول (۳): داده‌های تأثیر تغییرات ارتفاع بر پاسخ پرتوزایی

در صد خطا	پرتوزایی	ارتفاع (cm)
۰	۱/۰۵	۰
-۲/۸	۱/۰۲	۱/۵
-۳/۸	۱/۰۱	۳
-۵/۵	۰/۹۹۲	٤
-۷/۰٤	۰/۹۷٦	۵
-۸/٤	۰/۹٦۱	٦
-۱٤/٦	۰/۸۹٦	۷/۵
-۲۳/٦	۰/۸۰۲	۹
-۳۰	۰/۷۳۵	۱۰
-٤۵/۷	۰/۵۷	۱۱
-۵۳/۹	۰/٤۸٤	۱۲

٤. بحث و نتیجه‌گیری

آزمایش خطی بودن به بررسی عملکرد دستگاه در محدوده‌های اکتیویتهٔ مختلف می‌پردازد و خطاهای این آزمایش برای مجموعه دستگاه‌های بررسی شده از ۰/۳۲ تا ۳/۵ درصد تغییر می‌کند. نتایج آزمون دقت این دستگاه‌ها با حداقل خطای صفر و حداکثر ۲/۳۳ درصد همراه بود. به طور متوسط، خطای دقت این دستگاه‌ها ۰/۲ درصد با ۲/٦٦ درصد بود. آزمایش حساسیت مکانی این را نشان می‌دهد که در ارتفاع‌های مختلف اتاقک، محل قرارگیری چشمه اندازه‌گیری‌ها تغییر می‌کند و نتایج این آزمایش نشان داد که در فاصلهٔ ۰ تا ٤ سانتی‌متری از محل قرارگیری چشمه یا ویال، حداکثر با ۵ درصد خطا همراه است و از ۵ تا ۱۰ سانتی‌متری، میزان خطا تا ۳۰ درصد افزایش می‌یابد. این نتایج نشان می‌دهند که بهترین اندازه‌گیری در ارتفاع ۰ تا ٤ سانتی‌متر از محل قرارگیری چشمه به دست می‌آید. با توجه به تغییر زاویهٔ فضایی چشمه نسبت به آشکارساز در داخل سوراخ آن، مطلب فوق به راحتی قابل اثبات است. هر چه ارتفاع چشمه نسبت به محل قرارگیری ویال افزایش یابد، زاویهٔ فضایی چشمه کاهش می‌یابد و در نتیجه، اندازهٔجریان یونش کاهش و متناسباً مقدار پرتوزایی اندازه‌گیری شده کاهش می‌یابد.

تشکر و قدردانی

لازم به ذکر است از کلیه کارکنان گروه پژوهشی دزیمتری و مونیتورینگ پرتوها به‌ویژه آقای مهندس سیمین‌فر در اجرای این پروژه تشکر و قدردانی شود.

مراجع

[1] Parker S. Clinical Nuclear Medicine. New York HP Publishing Co., 1996.

[۲] سیمین‌فر و همکاران، گزارش علمی و فنی طراحی و ساخت دستگاه اندازه‌گیری پرتوزایی رادیوایزوتوپ‌ها (کوری متر)، سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشکده تحقیقات کشاورزی پزشکی و صنعتی، شماره NRCAM-89-6-194، تیر ماه ۱۳۸۹.

[3] Quality Control of Nuclear Medicine Instruments. IAEA TECDOC 602, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria , 1991.

[4] Saha.G.B, Physics and Radiobiology of Nuclear Medicine,United State of America,Springer,2006

[5] Zeinali H.Z. , Alirezazadeh N., Atabian F., Investigation On The Performance of Dose Calibrators in Nuclear Medicine Centers in Iran; IRJRR, 2008.

[6] Protocol for Establishing and Maintaining the Calibration of Medical Radionuclide Calibrators and their Quality Control. Measurement Good Practice Guide No. 93, National Physical Laboratory, United Kingdom, 2006.

Archive of SID

www.SID.ir