INSO
19046-1
1st. Edition
2015

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱-۱۹۰۴۶
چاپ اول
۱۳۹۳

وسایل حفاظت در برابر پرتو ایکس تشخیصی پزشکی – قسمت ۱: تعیین خصوصیات تضعیف مواد

Protective devices against diagnostic medical X-radiation – Part 1: Determination of attenuation properties of materials

ICS: 11.040.50

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۰۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه-بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« وسایل حفاظت در برابر تابش پرتو ایکس تشخیصی پزشکی –
قسمت ۱: تعیین خصوصیات تضعیف مواد »

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
پایدار، رضا (دکتری فیزیک پزشکی)	دفتر حفاظت در برابر پرتو اشعه کشور - سازمان انرژی اتمی
دبیر:	
حمید بهنام، غزال (فوق لیسانس مهندسی پرتو پزشکی)	سازمان ملی استاندارد ایران
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
پاک‌قلب، محسن (فوق لیسانس مهندسی پرتو پزشکی)	مرکز تصویربرداری بیمارستان لقمان
خادم شریعت، هاجر (فوق لیسانس فیزیک پزشکی)	مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور -سازمان انرژی اتمی
زرین مهر، حسن (فوق لیسانس مهندسی پزشکی)	شرکت رمزآسا
سرزعیم، علیرضا (دکتری رادیولوژی)	مرکز تصویربرداری پزشکی زعیم
صیادی، سعید (فوق لیسانس مهندسی برق-الکترونیک)	مدیر عامل - شرکت بهساز طب
طیب زاده، مجتبی (فوق لیسانس فیزیک پزشکی)	پژوهشگاه استاندارد – گروه پژوهشی مهندسی پزشکی
عبدی، جواد (دکتری مهندسی برق- کنترل)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج - عضو هئیت علمی
فرجی، رحیم (فوق لیسانس شیمی)	پژوهشگاه استاندارد – گروه پژوهشی مهندسی پزشکی
فسائی، بهزاد (فوق لیسانس فیزیک پزشکی)	دفتر حفاظت در برابر پرتو اشعه کشور - سازمان انرژی اتمی
مداحی، محسن (فوق لیسانس مهندسی انرژی)	آزمایشگاه همکار آروین آزمای سرمد

مزینانی، روح ا... شرکت مادرتخصصی دارویی و تجهیزات پزشکی کشور
(فوق لیسانس فیزیک پزشکی)

معصومی پور، معصومه دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی ایران
(فوق لیسانس مهندسی پرتو پزشکی)

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد	ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ج
پیش‌گفتار	و
مقدمه	ز
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات وتعاریف	۲
۴ روش‌های تعیین نسبت تضعیف	۲
۵ تعیین خصوصیات تضعیف	۱۲
۶ اظهار انطباق	۱۵
پیوست الف (اطلاعاتی)- جداول آهنگ تضعیف، فاکتورهای انباشت و اولین لایه های نیم-مقدار	۱۷
پیوست ب-کتاب‌نامه (اطلاعاتی)	۲۲

پیش‌گفتار

استاندارد « وسایل حفاظت در برابر پرتو ایکس تشخیصی پزشکی - قسمت ۱: تعیین خصوصیات تضعیف مواد» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد تهیه و تدوین شد و در پانصد و دومین اجلاسیه کمیته ملی مهندسی پزشکی مورخ ۱۳۹۳/۱۲/۲۰ تصویب شد. اینک این استاندارد به اسناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدید نظر خواهد شد و هرگونه پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منبع و مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

IEC61331-1: 2014, Protective devices against diagnostic medical X-radiation – Part 1: Determination of attenuation properties of materials.

وسایل حفاظت در برابر پرتو ایکس تشخیصی پزشکی –

قسمت ۱ : تعیین خصوصیات تضعیف مواد

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین ویژگی‌های مواد ورقه ای شکل[1] مورد استفاده در ساخت وسایل حفاظت در برابر پرتو ایکس تابش یافته با ولتاژهای تیوب مولد اشعه تا ۴۰۰ kV و اشعه گامای تابش یافته توسط رادیو نوکلییدهای با انرژی‌های فوتون تا ۱٫۳ Mev می‌باشد.

این استاندارد برای وسایل حفاظتی که قبل از استفاده و بعداز اتمام دوره استفاده، برای بررسی خصوصیات تضعیف بررسی می شوند، کاربرد ندارد.

در این استاندارد روش هائی برای تعیین و نشان دادن خصوصیات تضعیف مواد، مشخص شده است.

خواص تضعیف مواد با عبارات زیر بیان می‌شوند:

- نسبت تضعیف
- فاکتور انباشت[2]
- معادل تضعیف

در صورت مناسبت، به همراه موارد بالا، همگنی و جرم در واحد سطح نیز بیان می‌شود.

روش‌های بیان مقادیر خصوصیات تضعیف، مطابق با الزامات این استاندارد نیز منظور شده است.

موارد زیر در دامنه کاربرد این استاندارد قرار ندارند:

- روش‌های بررسی دوره‌ای وسایل حفاظتی، به ویژه پوشش های حفاظتی،
- روش‌های تعیین تضعیف توسط لایه های قرار گرفته در مسیر باریکه تابش، و
- روش‌های تعیین تضعیف برای اهداف حفاظت در برابر تابش های یون ساز ایجاد شده توسط دیوارها و سایر قسمت های یک تاسیسات نصب.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر، بطور کامل یا بخشی از آنها، حاوی الزاماتی است که در متن این استاندارد به آنها ارجاع شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شوند. در مورد مراجع دارای تاریخ چاپ و یا تجدید نظر، تنها نسخه ذکر شده کاربرد دارد. در مورد مراجع بدون تاریخ چاپ و یا تجدید نظر، آخرین چاپ و تجدید نظر آن مدارک الزامی ارجاع داده شده، کاربرد دارد.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

1- Materials in Sheet form
2- Build-up factor

۲-۱- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۳۳۶۸ (سال ۱۳۹۴) : تجهیزات الکتریکی پزشکی- قسمت ۱ : الزامات عمومی برای ایمنی پایه و عملکرد ضروری

۲-۲- استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۱-۳۳۶۸ (سال ۱۳۸۹) : تجهیزات الکتریکی پزشکی- قسمت۱-۳- الزامات عمومی برای ایمنی پایه و عملکرد ضروری- استاندارد تکمیلی- حفاظت در برابر تابش در تجهیزات اشعه ایکس تشخیصی

2-3 IEC 60601-1-3:2008/AMD1:2013

2-4 IEC/TR 60788:2004, Medical electrical equipment – Glossary of defined terms[1]

2-5 Monographie BIPM-5:2013, Table of Radionuclides[2]

2-6 NISTIR 5632:2004, Tables of X-Ray Mass Attenuation Coefficients and Mass Energy-Absorption Coefficients (version 1.4) [on-line, cited 2014-01-30] Available at http://www.nist.gov/pml/data/xraycoef/][3]

۳ اصطلاحات وتعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استانداردهای ملی ایران به شماره ۳۳۶۸-۱(۱۳۹۱) و ۳۳۶۸-۱-۳(۱۳۸۹) و استانداردهای بین المللیIEC/TR 60788:2004، IEC 60601-1:2005/AMD، IEC 60601-1-3:2008/AMD1:2013 ، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز کاربرد دارد:

۳-۱

نسبت تضعیف

نسبت مقدار یک کمیت تابش معین در مرکز یک باریکه تابش معین از یک کیفیت تابش معین، بدون ماده تضعیف کننده در مسیر تابش، به مقدار مذکور در همان موقعیت و تحت همان شرایط با حضور ماده تضعیف کننده در مسیر باریکه را نسبت تضعیف می‌گویند.

۴ روش‌های تعیین نسبت تضعیف

۴-۱ شرح کلی

به منظور تعیین نسبت تضعیف F، در این استاندارد چهار شرایط مختلف شرح داده شده است:

F_N نسبت تضعیف اندازه گیری شده در شرایط باریکه نازک (۴-۲)

F_B نسبت تضعیف اندازه گیری شده در شرایط باریکه پهن (۴-۳)

F_{IB} نسبت تضعیف اندازه گیری شده در شرایط باریکه پهن معکوس (۴-۴)

$F_{N,R}$ نسبت تضعیف محاسبه شده برای رادیو نوکلویید تابش کننده فوتون، R (۴-۵)

۱- استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۴۸ نسخه ۱۳۸۳ با مرجع IEC60788-1 : 1984 موجود است و تا تدوین مجدد آن از مرجع بین المللی IEC60788-1: 2006همراه با این استاندارد استفاده شود.

2- Bureau International de Poids et Mesures, Pavillon de Breteeuil, F-92310 Sèvres, ISBN 92-822-2204-7 (set).

3- National Institute of Standards and Technology (NIST), U.S.Department of Commerce.

۴-۲ شرایط باریکه نازک

۴-۲-۱ شرح کلی

برای یک ماده آزمون (یا جسم آزمون)، نسبت تضعیف F_N مطابق با چیدمان شرایط باریکه نازک ارائه شده در شکل ۱ باید اندازه گیری شود. این چیدمان به منظور اندازه گیری مقدار تضعیف باریکه پرتو ایکس که تنها ناشی از فوتون های اولیه می باشد، طراحی شده است. احتمال رسیدن فوتون‌های ثانویه از جسم آزمون مانند فوتون‌های فلورسانس یا فوتون‌های پراکنده (اثر کامپتون) به آشکارساز تابش، در این چیدمان به حداقل ممکن کاهش یافته است. شکاف دیافراگم باید طوری باز شود که کوچک ترین باریکه دربرگیرنده آشکارساز تابش، ایجاد شود. یک دیافراگم دیگر (شماره ۵ در شکل ۱) جهت حفاظت آشکارساز تابش در برابر تابش پراکنده تولید شده از جسم آزمون، باید مورد استفاده قرار گیرد. فاصله a از جسم آزمون تا نقطه مرجع از آشکارساز تابش بر روی محور باریکه باید حداقل ده برابر قطر آشکارساز تابش (d)، یا ده برابر قطر باریکه تابش (t)، در فاصله سطح انتهایی جسم آزمون (هرکدام که بزرگتر است)باشد، یا به عبارت دیگر رابطه $a \geq 10 \ \max(d,t)$ باید بر قرار باشد. حداقل فاصله دیواره یا کف زمین از آشکارساز (موقعیت۶ در شکل۱) در راستای باریکه، باید ۷۰۰ mm باشد.

۴-۲-۲ اندازه‌گیری آهنگ[1] کِرمای هوا

آهنگ کرمای هوا باید در سه وضعیت مختلف توسط یک آشکارساز تابش در وضعیت مشابه اندازه گیری شود، که درآن:

$\dot{K}_0$ آهنگ کرمای هوا بدون جسم آزمون در مسیر تابش باریکه است.

$\dot{K}_1$ آهنگ کرمای هوا با جسم آزمون در مسیر تابش باریکه است.

$\dot{K}_B$ آهنگ کرمای هوا است، وقتی که جسم آزمون در مسیر باریکه با یک ورقه از ماده دارای نسبت تضعیف بزرگتر از 10^5 و شکل مشابه جایگزین شده باشد.

از یک آهنگ دوز ثابت باریکه اولیه یکسان، باید برای هر سه اندازه‌گیری استفاده شود. اگرمیانگین آهنگ دوز باریکه اولیه در حین اندازه‌گیری، بیش از ٪۰٫۲ تغییر کند، به منظور نرمالیزه کردن سه اندازه‌گیری و یکسان نمودن آهنگ دوز اولیه، باید از یک وسیله پایش استفاده شود.

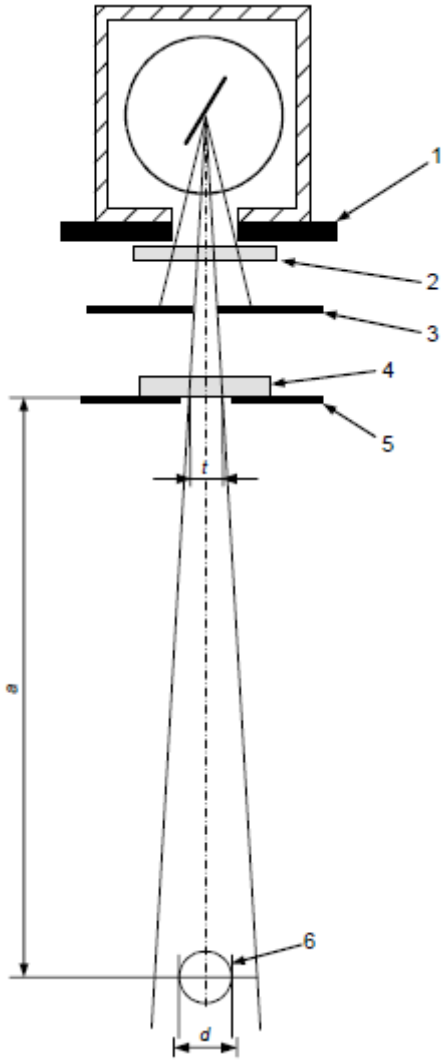
۴-۲-۳ کیفیت‌های تابش و آشکارساز تابش

کیفیت‌های تابش برای اندازه‌گیری‌ها باید از جدول ۱ انتخاب شوند. آشکارساز تابش باید برحسب کرمای هوا کالیبره شود. نسبت $\dot{K}_0$ به $\dot{K}_1$ با عدم قطعیت نسبی استاندارد حداکثر برابر با ٪ ۲، باید بدست آید.

یادآوری- پاسخ کرمای هوای آشکارساز تابش می تواند مثلا با رسم منحنی کیفیت باریکه نازک و پاسخ به عنوان توابعی از لایه های نیم- مقدار از Al یا Cu اندازه گیری شوند. از جدول الف-۴ و الف-۵ این استاندارد می‌توان برای یافتن مقدار

1-Rate

تقریبی لایه نیم مقدار Al و Cu در باریکه تضعیف نشده و تضعیف شده استفاده کرد. پاسخ کرمای هوا در باریکه واقعی می‌تواند از روی این منحنی ها مورد ارزیابی قرار گیرد.



راهنما:

۱ دیافراگم
۲ فیلتر[1] باریکه
۳ دیافراگم محدود کننده باریکه
۴ جسم آزمون
۵ دیافراگم
۶ آشکارساز تابش
شرایط: $a \geq 10 \max(d,t)$

شکل ۱ – شرایط باریکه نازک

1- Filtration

۴-۲-۴ شرایط سیگنال به نویز

شرط زیر باید برقرار شود:

$$\dot{K}_1 \geq 10\,\dot{K}_B$$

۴-۲-۵ ارزیابی نسبت تضعیف

نسبت تضعیف F_N باید بصورت زیر محاسبه شود:

$$F_N = \frac{\dot{K}_0 - \dot{K}_B}{\dot{K}_1 - \dot{K}_B}$$

۴-۳ شرایط باریکه پهن

۴-۳-۱ شرح کلی

نسبت تضعیف F_B برای یک ماده آزمون (یا جسم آزمون) مطابق با چیدمان شرایط باریکه پهن، همان گونه که در شکل ۲ نشان داده شده است، باید اندازه‌گیری شود. این چیدمان به منظور اندازه گیری تضعیف باریکه پرتو ایکس با لحاظ نمودن فوتون های ثانویه تابش یافته از جسم در آشکارسازی تضعیف طراحی شده است. حداکثر احتمال رسیدن فوتون‌های ثانویه مانند فوتون‌های فلورسانس یا فوتون‌های ناشی از پراکندگی کامپتون از جسم آزمون به آشکارساز تابش، فراهم شده است. فاصله a از نقطه کانونی تا سطح خارجی تابش از جسم آزمون باید حداقل سه برابر قطر شکاف دیافراگم (d) باشد؛ به عبارت دیگر $a \geq ۳\ d$. قطر شکاف (d) باید حداقل ۱۰ برابر بزرگتر از فاصله نقطه مرجع آشکارساز تابش از سطح جسم آزمون (b) باشد، به عبارت دیگر $d \geq ۳\ b$. به منظور به حداقل رساندن تضعیف فوتون‌های ثانویه توسط حجم هوای بین نقطه مرجع آشکارساز تابش و نقطه انتشار فوتون‌های ثانویه از جسم آزمون، (b) باید تا حد ممکن کوچک انتخاب شود. فاصله بین دیواره خارجی اتاقک آزمون[1] و سطح جسم آزمون نباید از ۱۰mm بیشتر باشد. حداقل فاصله دیوار یا کف اتاقک آزمون از آشکارساز (وضعیت ۶ در شکل۲) در راستای باریکه باید ۷۰۰mm باشد.

۴-۳-۲ اندازه‌گیری آهنگ کِرمای هوا

آهنگ کرمای هوا باید در سه شرایط مختلف توسط یک آشکارساز تابش یکسان در شرایط مشابه اندازه گیری شود، که در آن:

$\dot{K}_0$ آهنگ کرمای هوا بدون جسم آزمون در مسیر تابش باریکه است.

$\dot{K}_1$ آهنگ کرمای هوا با جسم آزمون در مسیر تابش باریکه است.

$\dot{K}_B$ آهنگ کرمای هوا است وقتی که جسم آزمون در مسیر باریکه با یک ورقه از ماده دارای نسبت تضعیف بزرگتر از $۱۰^۵$ و شکل مشابه جایگزین شده باشد.

از یک آهنگ دوز ثابت باریکه اولیه یکسان باید برای هر سه اندازه گیری استفاده شود. اگرمیانگین آهنگ دوز

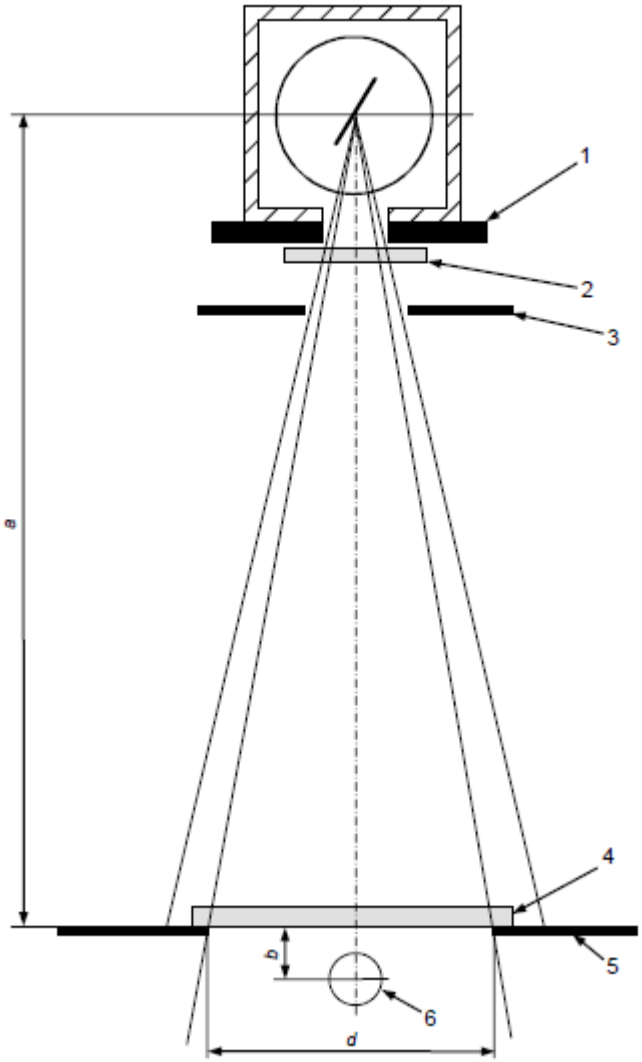
1-Chamber

باریکه اولیه در حین اندازه گیری، بیش از ٪۰٫۲ تغییر کند، به منظور نرمالیزه کردن سه اندازه‌گیری و یکسان نمودن آهنگ دوز اولیه، از یک وسیله پایش باید استفاده شود. آهنگ دوز باریکه اولیه در هر نقطه در سطح شکاف دیافراگم، نباید بیشتر از ٪ ۲ تغییر کند.

۴-۳-۳ کیفیت تابش و آشکارساز تابش

کیفیت‌های تابش برای اندازه‌گیری‌ها باید از جدول ۱ انتخاب شوند. آشکارساز باید بر حسب کرمای هوا کالیبره شود. نسبت $\dot{K}_0$ به $\dot{K}_1$ با حد اکثرعدم قطعیت نسبی استاندارد برابر با ٪۲ ، باید بدست آید. وابستگی پاسخ آشکارساز تابش نسبت به جهت برخورد بر روی یک نیم کره، باید بسیار اندک باشد. توصیه می‌شود که از اتاقک یونیزاسیون کروی استفاده شود.

یادآوری- پاسخ کرمای هوای آشکارساز تابش می تواند مثلا با رسم منحنی کیفیت باریکه نازک و پاسخ به عنوان توابعی از لایه های نیم- مقدار از Al یا Cu اندازه گیری شوند. از جدول الف-۴ و الف-۵ این استاندارد می توان برای یافتن مقدار تقریبی لایه نیم مقدار Al و Cu در باریکه تضعیف نشده و تضعیف شده استفاده کرد. پاسخ کرمای هوا در باریکه واقعی می تواند از روی این منحنی ها مورد ارزیابی قرار گیرد.



راهنما:

۱ دیافراگم
۲ فیلتر باریکه
۳ دیافراگم
۴ جسم آزمون
۵ دیافراگم محدود کننده
۶ آشکارساز تابش
شرایط : $a \geq 3\,d$ و $d \geq 10\,b$

شکل ۲ – وضعیت باریکه پهن

۴-۳-۴ شرایط تبدیل سیگنال به نویز

شرط زیر باید برقرار شود:

$$\dot{K}_1 \geq 10\,\dot{K}_B$$

۴-۳-۵ ارزیابی نسبت تضعیف

نسبت تضعیف F_B باید به‌صورت زیر محاسبه شود:

$$F_B = \frac{\dot{K}_0 - \dot{K}_B}{\dot{K}_1 - \dot{K}_B}$$

۴-۴ شرایط باریکه پهن معکوس

۴-۴-۱ شرح کلی

هندسه باریکه پهن معکوس در شکل ۳، یک روش جایگزین برای اندازه‌گیری نسبت تضعیف F_B می‌باشد. به منظور ایجاد تمایز بین روش شرایط باریکه پهن و شرایط باریکه پهن معکوس، این نسبت تضعیف بصورت F_{IB} در نظر گرفته می‌شود. بر خلاف روش شرح داده شده در بند ۴-۲، که یک باریکه پهن به یک سطح وسیعی از جسم آزمون برخورد می‌کند و یک آشکارساز تابش کوچک در نزدیکی پشت جسم آزمون استفاده می شود، روش باریکه پهن معکوس بوسیله برخورد یک باریکه نازک به یک سطح کوچک از جسم آزمون و قرارگرفتن یک صفحه آشکارساز تابشی تخت با سطح بزرگ، بلافاصله در پشت جسم آزمون توصیف می‌شود. به همین منظور باید یک اتاقک یونیزاسیون مورد استفاده قرار گیرد. سهولت استفاده، پایین بودن میزان عدم قطعیت در اندازه‌گیری‌ها و همچنین نیاز به فضای کم (میدان های تابشی کوچک) و ورقه های کوچک مواد از مزایای این روش می‌باشند. برای تعیین خصوصیات تضعیف مواد مورد استفاده در پوشش های حفاظتی و وسایل حفاظت از غدد جنسی در برابر پرتو ایکس تشخیصی پزشکی که در استاندارد ملی شماره ۱-۱۹۰۴۶ شرح داده شده، از این روش باید استفاده شود. روش شرح داده شده در این استاندارد نباید برای کیفیت تابش با تیوب اشعه ایکس که ولتاژ آن بیشتر از ۱۵۰kV است، مورد استفاده قرار گیرد. فاصله a از نقطه کانونی تا سطح ورودی دیافراگم باید حداقل پنج برابر قطر شکاف دیافراگم (d) باشد به عبارت دیگر $a \geq 5d$. جسم آزمون می‌تواند به سطح خروجی دیافراگم اندازه گیری ثابت شود. فاصله (b) بین سطح خروجی تابش از جسم آزمون و اتاقک یونیزاسیون تخت، در نزدیکترین جای ممکن باید انتخاب شود. شرط $10b \leq D-d$ باید برقرار شود. فاصله b نباید بیشتر از mm ۵ باشد. حداقل فاصله از دیوار یا کف زمین از آشکارساز (وضعیت ۶ در شکل۳) در راستای باریکه باید mm ۷۰۰ باشد.

۴-۴-۲ اندازه‌گیری آهنگ کِرمای هوا

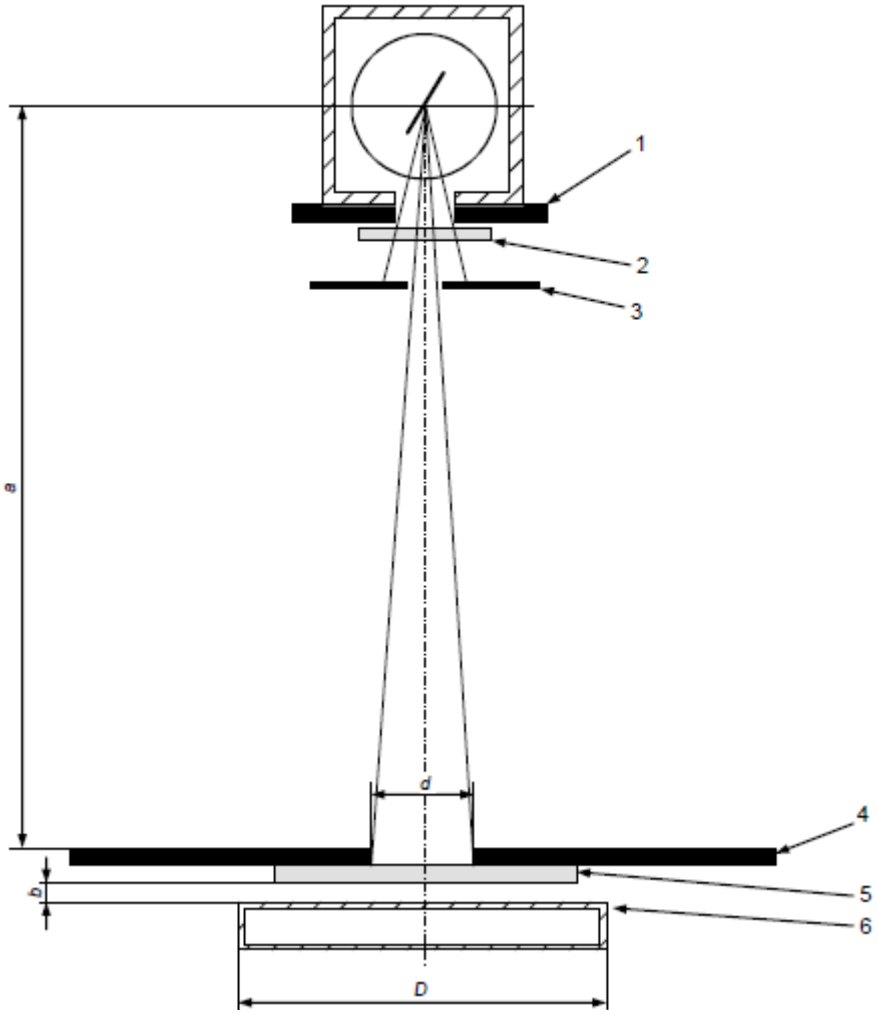
آهنگ کرمای هوا باید در سه وضعیت مختلف توسط یک آشکارساز تابش یکسان در وضعیت مشابه اندازه گیری شود، که در آن:

$\dot{K}_0$ آهنگ کرمای هوا بدون جسم آزمون درمسیر تابش باریکه است.

$\dot{K}_1$ آهنگ کرمای هوا با جسم آزمون درمسیر تابش باریکه است.

$\dot{K}_B$ آهنگ کرمای هوا است وقتی که جسم آزمون در مسیر باریکه با یک ورقه از ماده دارای نسبت تضعیف بزرگتر از 10^5 و شکل مشابه جایگزین شده باشد.

از یک آهنگ دوز ثابت باریکه اولیه یکسان باید برای هر سه اندازه گیری استفاده شود. اگرمیانگین آهنگ دوز باریکه اولیه در حین اندازه گیری، بیش از ٪۰٫۲ تغییر کند، به منظور نرمالیزه کردن سه اندازه‌گیری و یکسان نمودن آهنگ دوز اولیه، از یک وسیله پایش باید استفاده شود.



راهنما:

۱ دیافراگم
۲ فیلتر باریکه
۳ دیافراگم
۴ دیافراگم اندازه‌گیری
۵ جسم آزمون
۶ اتاقک اندازه‌گیری تخت
شرایط : $5\ d \leq a$ و $10\ b \leq D-d$

شکل ۳ – وضعیت باریکه پهن معکوس

۴-۴-۳ کیفیت‌های تابش و آشکارساز تابش

کیفیت‌های تابش برای اندازه‌گیری‌ها باید از جدول ۱ انتخاب شوند. اتاقک یونیزاسیون که برای اندازه‌گیری استفاده می‌شود، باید در شرایط کرمای هوا، تحت وضعیت تابش‌دهی مشابه، کالیبره شود. نسبت $\dot{K}_0$ به $\dot{K}_1$ با عدم قطعیت نسبی استاندارد حداکثر برابر با ٪ ۲ ، باید بدست آید.

یادآوری- پاسخ کرمای هوای آشکارساز تابش می تواند مثلا با رسم منحنی کیفیت باریکه نازک و پاسخ به عنوان توابعی از لایه های نیم- مقدار از Al یا Cu اندازه گیری شوند. از جدول الف-۴ و الف-۵ این استاندارد می توان برای یافتن مقدار تقریبی لایه نیم مقدار Al و Cu در باریکه تضعیف نشده و تضعیف شده استفاده کرد. پاسخ کرمای هوا در باریکه واقعی می تواند از روی این منحنی ها مورد ارزیابی قرار گیرد.

۴-۴-۳ شرایط تبدیل سیگنال به نویز

شرط زیر باید برقرار شود:

$$\dot{K}_1 \geq 10\,\dot{K}_B$$

۴-۴-۵ ارزیابی نسبت تضعیف

نسبت تضعیف F_{IB} باید بصورت زیر محاسبه شود:

$$F_{IB} = \frac{\dot{K}_0 - \dot{K}_B}{\dot{K}_1 - \dot{K}_B}$$

۴-۵ محاسبه نسبت تضعیف برای انتشار فوتون رادیو نوکلئید ها

۴-۵-۱ معادله

نسبت تضعیف $F_{N.R}$ برای یک ماده ارائه شده برای آزمون جهت حفاظت در برابر انتشار فوتون رادیونوکلیید R ، باید مطابق با معادله زیر محاسبه شود:

$$F_{N,R} = \frac{\sum_i \left(\frac{\mu_{en}(E_i)}{\rho}\right)_{air} p(E_i)E_i}{\sum_i \left(\frac{\mu_{en}(E_i)}{\rho}\right)_{air} p(E_i)E_i e^{-\left(\frac{\mu(E_i)}{\rho}\right)_m d\rho}} \quad , \quad E_i \geq 20\ \text{keV}$$

که در آن:

E_i : انرژی فوتون i- اُم منتشر شده در هر واپاشی است؛

$p(E_i)$: احتمال گسیل فوتون در هر رویداد واپاشی برای فوتون‌های با انرژی E_i است؛

$\left(\frac{\mu_{en}(E_i)}{\rho}\right)_{air}$: ضریب جذب جرمی انرژی هوا برای فوتون‌های با انرژی E_i است؛

$\left(\frac{\mu(E_i)}{\rho}\right)_m$: ضریب تضعیف جرم ماده آزمون برای فوتون‌های با انرژی E_i است.

d : ضخامت ماده آزمون است.

ρ : چگالی ماده آزمون است.

۴-۵-۲ داده‌های واپاشی

انرژی‌های فوتون E_i و احتمال انتشار فوتون $p(E_i)$ ، باید از مونوگرافی5-BIPM[1]: جدول رادیونوکلییدها بدست آید.

۴-۵-۳ ضریب تضعیف جرمی و ضریب جذب انرژی جرمی

ضریب تضعیف جرمی و ضریب جذب انرژی جرمی باید از جداول ضریب تضعیف جرمی اشعه ایکس و ضریب جذب انرژی جرمی مندرج در NISTIR[2]5632 بدست آید.

۴-۵-۴ ارزیابی ضرایب تضعیف جرم ماده آزمون

ضریب تضعیف جرمی ماده آزمون که در بند ۴-۵-۱ استفاده شده، باید با بوسیله مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده F_N مطابق با بند ۴-۲ با محاسبه مقادیر $F_{N,C}$ مطابق با فرایند شرح داده شده در ادامه تعیین شود. مجموعه کیفیت‌های تابش استاندارد از جدول ۱ و ۲ باید بگونه‌ای انتخاب شود که بطور تقریبی دامنه انرژی فوتون‌های منتشر شده از رادیونوکلییید را پوشش دهد. اندازه‌گیری‌ها برای کیفیت تابش گاما که در جدول ۲ فهرست شده‌اند، باید با شرایط مشابه شرایط باریکه نازک که در شکل ۱ نشان داده شده است، انجام شود. به این منظور، توزیع شار فوتون با توجه به انرژی‌های فوتون کیفیت تابش استاندارد باید شناسایی شود. مقدار F_N از طیف شار فوتون باید مطابق با فرمول زیر ارزیابی شود:

$$F_{N,C} = \frac{\sum_i \left(\frac{\mu_{en}(E_i)}{\rho}\right)_{air} \phi(E_i)E_i}{\sum_i \left(\frac{\mu_{en}(E_i)}{\rho}\right)_{air} \phi(E_i)E_i e^{-\left(\frac{\mu(E_i)}{\rho}\right)_m d\rho}}$$

که در آن:

E_i : انرژی مشخصه کانال i شامل کلیه فوتون‌ها با انرژی‌های بین $E_i + \frac{\Delta}{2}$ و $E_i - \frac{\Delta}{2}$ ؛

$\phi(E_i)$: تعداد فوتون‌های موجود در کانال i است؛

و سایر نمادها دارای معنی مشابه ذکر شده در معادله بند۴-۵-۱ می باشند؛

شرط $|1 - F_N / F_{N,C}| \geq ۰٫۲$ باید برای مجموعه کیفیت‌های انتخاب شده ، برقرار شود.

1-Bureau International Poids et Mesures (دفتر بین المللی اوزان و اندازه گیری)

2- National Institute of Standards and Technology Internal Report

جدول ۱- کیفیت‌های تابش استاندارد برای باریکه های پرتو ایکس

ولتاژ تیوب (نامی) kV	فیلتراسیون کلی (نامی)		1st HVL (نامی)		آهنگ کرمای هوا ۱۰ mA در ۱m (به‌طور تقریبی) mGy/s
	mm Al	mm Cu	mm Al	mm Cu	
30	2,5		0,99		0,1
40	2,5		1,44		0,2
50	2,5		1,81		0,3
60	2,5		2,14		0,4
70	2,5		2,44		0,5
80	2,5		2,77		0,6
90	2,5		3,10		0,8
100	2,5		3,44		0,9
110	2,5		3,79		1,0
120	2,5		4,13		1,2
130	2,5		4,48		1,4
140	2,5		4,82		1,6
150	2,5		5,17		2
200		1,2	14,6	1,63	1
250		1,8	16,8	2,53	1,5
300		2,5	18,6	3,37	2
400		3,5	20,8	4,51	3

ولتاژ تیوب اشعه ایکس نباید بیشتر از ٪ ۲ یا ۲kV با مقادیر نامی تفاوت داشته باشند(هر کدام که کمتر باشد). فیلتر آلومینیومی باید با خلوص ٪۹۹٫۹ یا بالاتر و چگالی $2{,}70\ g\ cm^{-3}$ باشد. فیلتر مسی باید با خلوص ٪۹۹٫۹ یا بالاتر و چگالی $8{,}90\ g\ cm^{-3}$ باشد. ضخامت فیلترهای آلومینیومی و مسی نباید بیشتر از ۰٫۱mm با مقادیر نامی تفاوت داشته باشد. اولین لایه‌های نیم–مقدار از Al و Cu و آهنگ کرمای هوای تقریبی، تنها برای اطلاع بیشتر داده می‌شوند.

جدول۲ –کیفیت‌های تابش استاندارد گاما مطابق با استاندارد ISO 4037-1

منابع گاما	کد ISO 4037	انرژی تابش keV	نیمه عمر days	ثابت آهنگ کرمای هوای منبع خالص $\mu Gy\ h^{-1}\ m^2\ MBq^{-1}$
Cs-137	S-Cs	661,6	11 050	0,079
Co-60	S-Co	1 173,3; 1 332,5	1 925,5	0,31

۵ تعیین خصوصیات تضعیف

۵-۱ نسبت تضعیف

۵-۱-۱ روش تعیین

نسبت‌های تضعیف F_N ، F_B ، F_{IB} و $F_{N,R}$ به ترتیب باید مطابق با بندهای ۴-۲ ، ۴-۳ ، ۴-۴ و ۴-۵ تعیین شوند.

۵-۱-۲ نشانه گذاری

نسبت‌های تضعیف F_N ، F_B ، F_{IB} و $F_{N,R}$ ، باید با توجه به روش تعیین آن (باریکه نازک، باریکه پهن، باریکه پهن معکوس یا محاسبه‌ای) و کیفیت تابش از نظر کد باریکه، ولتاژ تیوب اشعه ایکس و لایه نیم – مقدار یا کد رادیونوکلیید، با مقادیر عددی نشان داده شوند (به بند ۶ مراجعه شود).

۵-۲ فاکتور انباشت

۵-۲-۱ تعیین

فاکتور انباشت B باید مطابق با معادله‌های زیر تعیین شود:

$$B = \frac{F_N}{F_B} \text{ or } B = \frac{F_N}{F_{IB}}$$

با توجه به روش مورد استفاده قرار گرفته برای اندازه‌گیری باریکه پهن، که در آن F_N ، F_B و F_{IB} به ترتیب ارقام بدست آمده از اندازه‌گیری‌ها مطابق با بندهای ۴-۲ ، ۴-۳ و ۴-۴ در نظرگرفته می‌شوند. F_N و F_B یا F_Nو F_{IB} به ترتیب باید در شرایط باریکه اشعه ایکس مشابه نیز تعیین شوند.

۵-۲-۲ نشانه گذاری

فاکتور انباشت باید به همراه کیفیت تابش از نظر کد باریکه، ولتاژ تیوب پرتو ایکس و لایه نیم – مقدار با مقادیر عددی نشان داده شوند (به بند ۶ مراجعه شود).

۵-۳ معادل تضعیف

۵-۳-۱ تعیین

معادل های تضعیف δ_N ، δ_B ، δ_{IB} و $\delta_{N.R}$ باید با اندازه‌گیری F_N ، F_B و F_{IB} به ترتیب مطابق با بندهای ۴-۲ ، ۴-۳ و ۴-۴ یا محاسبه $F_{N.R}$ مطابق با بند ۴-۵، برای ماده تحت آزمون و مقایسه با ضخامت یک لایه ماده مرجع، در حدود رواداری بدست آمده برای F_N ، F_B ، F_{IB} و $F_{N.R}$ به ترتیب تعیین شوند.

اندازه‌گیری‌های مربوط به ماده و ماده مرجع باید در شرایط باریکه پرتو ایکس مشابه انجام شوند.

۵-۳-۲ نشانه گذاری

معادل تضعیف باید با توجه به روش مورد استفاده در تعیین آن (باریکه نازک، باریکه پهن، باریکه پهن معکوس یا محاسبه‌شده)، نماد شیمیایی یا سایر روش های شناسایی ماده مرجع و کیفیت تابش از نظر کد باریکه، ولتاژ تیوب اشعه ایکس و لایه نیم– مقدار یا کد رادیونوکلیید، با ضخامت ماده مرجع بر حسب میلی‌متر نشان داده شوند (به بند ۶ مراجعه شود).

۵-۴ معادل سرب

۵-۴-۱ تعیین

معادل سرب باید به عنوان معادل تضعیف اما با لایه (های) سربی به عنوان ماده مرجع تعیین شود.

یادآوری- مقادیر معادل سرب از یک ماده آزمون را می توان با درون‌یابی ضخامت‌های مختلف صفحات سرب در محدوده مورد نظر بدست آورد.

۵-۴-۲ مشخصات

معادل تضعیف باید با ضخامت ماده مرجع بر حسب میلی‌متر به همراه نشانه شیمیایی برای سرب و با توجه به روش مورد استفاده در تعیین (باریکه نازک، باریکه پهن، باریکه پهن معکوس یا محاسبه‌ای) و کیفیت تابش از نظر کد باریکه ،ولتاژتیوب اشعه ایکس و لایه نیم– مقدار یا کد رادیونوکلیید نشان داده شوند (به بند ۶ مراجعه شود).

۵-۵ رده معادل سرب برای یک محدوده مشخص از کیفیت‌های تابش

۵-۵-۱ مواد

برای برخی مواد که برای لباس‌های حفاظتی و پوشش‌های حفاظتی بیمار در برابر پرتو ایکس تشخیصی پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند، مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۰۴۶، لازم است تعریف مقدار معادل سرب برای یک محدوده مشخص از کیفیت‌های تابش تعریف شود. شرایط لازم برای تعیین این مقادیر در بند های زیر شرح داده شده است.

۵-۵-۲ ضخامت‌های استاندارد

مقدار معادل سرب یک ماده باید برای یکی از کلاس‌های ضخامت سرب که در زیر آمده است، تعیین شوند:

۰٫۲۵ mm ، ۰٫۳۵ mm ، ۰٫۵ mm و ۱ mm .

۵-۵-۳ شرایط تعیین رده معادل سرب

اگر حداقل یکی از دو شرط زیر برای یک محدوده مشخص از کیفیت تابش انتخاب شده از کل محدوده ۳۰kV- ۱۵۰kV برآورده شود، رده معادل سرب باید به آن ماده نسبت داده شود (به جدول ۱ مراجعه شود):

۱) آهنگ تضعیف F_{IB} یک ماده برای یک کیفیت تابش ویژه بزرگتر از ۲۵۰ باشد.

۲) معادل سرب δ_{IB} ، بوسیله تعریف تعیین شده در روش پرتو پهن معکوس مطابق با بند ۴-۴، برابر یا بزرگتر از ضخامت استاندارد سرب مشخص شده در بند ۵-۵-۲ باشد. برای تعیین معادل سرب در محاسبات، عدم قطعیت استاندارد به میزان ٪۷ باید در نظر گرفته شود.

بنابراین اگر t_{Pb} ضخامت سرب استاندارد و δ_{IB} معادل سرب ماده آزمون باشد، این شرط می‌تواند بصورت

زیر نوشته شود:

$$\delta_{IB} \geq ۰/۹۳\, t_{Pb}$$

۵-۵-۴ نشانه گذاری

محدوده معادل سرب باید با ضخامت استاندارد سرب بر حسب میلی‌متر به همراه نماد شیمیایی سرب با مشخصات محدوده ولتاژتیوب اشعه ایکس، بر حسب کیلو ولت نشان داده شود(به بند ۶ مراجعه شود).

۵-۶ همگنی

۵-۶-۱ روش تعیین

همگنی یک ماده محافظ باید از مقادیر اندازه گیری شده F_N بدست آمده از سطح ماده آزمون، تحت شرایط بند ۴-۲ و مقادیر متناظر معادل تضعیف $\delta_{N.i}$ ، تعیین شود.

مقادیر $\delta_{N.i}$ باید:

- برای ۵ تا ۱۰ مکان تعیین شده، یا

- بطور متوالی در راستا های تعیین شده بر روی کل سطح جسم آزمون تعیین شود.

بزرگترین انحراف هر یک از مقادیر معادل تضعیف $\delta_{N.i}$، از مقدار میانگین معادل تضعیف $\overline{\delta}_N$، به عنوان انحراف همگنی V برای آن ماده محافظ باید منظور گردد:

$$\overline{\delta}_N = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \delta_{N,i}$$

$$V = \left|\overline{\delta}_N - \delta_{N,i}\right|_{max}$$

۵-۶-۲ نشانه گذاری

ناهمگنی باید به همراه معادل تضعیف در رواداری واحدهای مشابه مشخص شود، بعنوان مثال:

Pb ۰/۲ mm ± ۳ mm ، باریکه نازک ، ۱۰۰ kV ، Al HVL= ۳/۴۴mm (به بند ۶ مراجعه شود).

۶ اظهار انطباق

چنانچه ویژگی‌های تضعیف مشخص شده با این استاندارد مطابقت داشته باشد، باید بصورت زیر اظهار شود، بعنوان مثال:

- آهنگ تضعیف ۲×۱۰^{۲} : ۲۰۰ kV ، Cu HVL= ۱/۶۴mm باریکه نازک، استاندارد ملی ایران شماره

۱-۱۹۰۴۶ (سال ۱۳۹۳)

- آهنگ تضعیف ۲۰ : Cs-137 باریکه نازک ، استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۰۴۶ (سال ۱۳۹۳)

- آهنگ تضعیف ۱۵ : محاسبه شده Ir-192 ، استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۰۴۶ (سال ۱۳۹۳)

- فاکتور انباشت ۱٫۴ : ۱۵۰ kV ، Al HVL= ۵٫۱۷mm ، استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۰۴۶ (سال ۱۳۹۳)

- معادل تضعیف ۲mm Fe : ۱۰۰ kV ، Al HVL= ۳٫۴۴mm باریکه نازک ، استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۰۴۶ (سال ۱۳۹۳)

- معادل تضعیف ۲mm± ۰٫۱ mm Fe : ۱۰۰ kV ، Al HVL= ۳٫۴۴mm باریکه نازک ، استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۰۴۶ (سال ۱۳۹۳)

- معادل سرب ۱mm Pb : ۳۰۰ kV ، Cu HVL= ۳٫۳۷mm باریکه نازک ، استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۰۴۶ (سال ۱۳۹۳)

- معادل سرب ۱mm Pb : ۳۰۰ kV ، Al HVL= ۳٫۳۷mm باریکه پهن ، استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۰۴۶ (سال ۱۳۹۳)

- معادل سرب ۰٫۲۵mm Pb : ۶۰-۱۲۰kV باریکه پهن معکوس، استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۰۴۶ (سال ۱۳۹۳)

پیوست‌الف

(اطلاعاتی)

جداول آهنگ تضعیف، فاکتورهای انباشت و اولین لایه های نیم-مقدار

در جداول الف-۱ تا الف-۵ مقادیر محاسبه شده آهنگ تضعیف، فاکتورهای انباشت و اولین لایه نیم-مقدار کیفیت تابش با لایه های اضافه شده از ماده سربی مرجع مندرج در جدول۱ آمده است. محاسبات بر اساس اندازه‌گیری طیف شار فوتون اولیه در PTB[1] در براونشوایگ[2] آلمان می‌باشد. این مقادیر بعنوان راهنمایی برای تصدیق نتایج آزمون های انجام شده توسط آزمایشگاه‌ها بکار گرفته می‌شوند. مقادیر واقعی اندازه‌گیری شده نتایج این آزمایشگاه‌های آزمون ممکن است بعلت تفاوت‌های طیف شار فوتون و آشکارسازهای تابش مورد استفاده در اندازه گیری‌ها، چنددرصدی با این مقادیر متفاوت باشند.

1- Physikalisch-Technische Bundesanstalt
2- Braunschweig

جدول الف-۱ - آهنگ تضعیف F_N برای ضخامت های سرب ۰/۱۲۵ mm تا ۲ mm محاسبه شده

برای کیفیت تابش مندرج در جدول ۱ ، مطابق با فرمول داده شده در بند ۴-۵-۴

mm Pb	30 kV	40 kV	50 kV	60 kV	70 kV	80 kV	90 kV	100 kV	110 kV	120 kV	130 kV	140 kV	150 kV
0	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
0,125	8,65E+02	7,84E+01	2,70E+01	1,49E+01	1,01E+01	7,41E+00	5,88E+00	5,06E+00	4,53E+00	4,14E+00	3,83E+00	3,57E+00	3,36E+00
0,25	1,64E+05	1,50E+03	1,98E+02	6,63E+01	3,31E+01	1,97E+01	1,37E+01	1,11E+01	9,67E+00	8,67E+00	7,87E+00	7,19E+00	6,61E+00
0,35		1,24E+04	7,78E+02	1,79E+02	7,12E+01	3,68E+01	2,33E+01	1,84E+01	1,59E+01	1,42E+01	1,28E+01	1,16E+01	1,05E+01
0,5			5,08E+03	6,74E+02	1,95E+02	8,29E+01	4,64E+01	3,54E+01	3,04E+01	2,71E+01	2,44E+01	2,20E+01	1,96E+01
1				3,14E+04	3,34E+03	7,89E+02	3,04E+02	2,10E+02	1,78E+02	1,61E+02	1,47E+02	1,32E+02	1,14E+02
1,5					4,09E+04	5,53E+03	1,48E+03	9,42E+02	7,82E+02	7,10E+02	6,58E+02	5,97E+02	5,15E+02
2						3,35E+04	6,24E+03	3,72E+03	3,03E+03	2,75E+03	2,57E+03	2,37E+03	2,04E+03

جدول الف-۲ – فاکتور انباشت (B) اندازه‌گیری شده برای کیفیت‌های تابش مطابق با فرمول داده شده در بند ۵-۲-۱ برای ضخامت‌های سرب ۰٫۲۵ mm ، ۰٫۳۵ mm و ۰٫۵۰ mm

mm Pb	50 kV	60 kV	70 kV	80 kV	90 kV	100kV	110 kV	120 kV	130 kV	140 kV	150 kV
0,25	1,29	1,26	1,23	1,20	1,19	1,21	1,23	1,25	1,27	1,28	1,28
0,35	1,37	1,31	1,27	1,24	1,22	1,24	1,27	1,30	1,32	1,33	1,33
0,50	1,47	1,35	1,32	1,28	1,26	1,29	1,33	1,38	1,41	1,43	1,44

یادآوری- این مقادیر ازنسبت اندازه‌گیری شده $B = \frac{F_N}{F_{IB}}$ به دست آمده است (به بند ۵-۲-۱ مراجعه شود).

جدول الف-۳ – آهنگ تضعیف F_N برای ضخامت‌های سرب از ۰٫۲۵ mm تا ۷ mm . محاسبه شده برای کیفیت‌های تابش مندرج در جدول ۱ و مطابق با فرمول مندرج در بند ۴-۵-۴

mm Pb	200 kV	250 kV	300 kV	400 kV	662 keV	1 325 keV
0	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
0,125	1,62E+00	1,44E+00	1,32E+00	1,20E+00	1,02E+00	1,01E+00
0,25	2,49E+00	1,97E+00	1,68E+00	1,41E+00	1,03E+00	1,02E+00
0,35	3,41E+00	2,48E+00	1,99E+00	1,58E+00	1,04E+00	1,02E+00
0,5	5,27E+00	3,38E+00	2,51E+00	1,85E+00	1,06E+00	1,03E+00
1	1,81E+01	7,95E+00	4,78E+00	2,84E+00	1,13E+00	1,07E+00
1,5	5,11E+01	1,61E+01	8,12E+00	4,06E+00	1,21E+00	1,10E+00
2	1,30E+02	3,02E+01	1,30E+01	5,57E+00	1,28E+00	1,14E+00
2,5	3,11E+02	5,37E+01	2,00E+01	7,46E+00	1,37E+00	1,18E+00
3	7,06E+02	9,26E+01	3,01E+01	9,79E+00	1,46E+00	1,22E+00
3,5	1,55E+03	1,56E+02	4,44E+01	1,27E+01	1,55E+00	1,26E+00
4	3,31E+03	2,57E+02	6,44E+01	1,63E+01	1,65E+00	1,31E+00
4,5	6,94E+03	4,17E+02	9,23E+01	2,06E+01	1,75E+00	1,35E+00
5	1,43E+04	6,71E+02	1,31E+02	2,60E+01	1,87E+00	1,40E+00
5,5	2,91E+04	1,07E+03	1,85E+02	3,26E+01	1,99E+00	1,44E+00
6	5,84E+04	1,68E+03	2,58E+02	4,06E+01	2,12E+00	1,49E+00
6,5	1,16E+05	2,63E+03	3,58E+02	5,03E+01	2,25E+00	1,54E+00
7	2,30E+05	4,09E+03	4,95E+02	6,22E+01	2,40E+00	1,59E+00

جدول الف-۴ –اولین لایه‌های نیم-مقدار Al بر حسب میلی‌متر برای کیفیت تابش مندرج در جدول ۱، بعنوان تابعی از فیلترهای سرب اضافه شده برای ضخامت‌های مختلف در محدوده ۰/۱۲۵ mm تا ۲ mm

mm Pb	30 kV	40 kV	50 kV	60 kV	70 kV	80 kV	90 kV	100 kV	110 kV	120 kV	130 kV	140 kV	150 kV
0	1,0	1,4	1,8	2,1	2,4	2,8	3,1	3,4	3,8	4,1	4,5	4,8	5,2
0,125	1,8	3,0	4,2	5,3	6,3	7,2	7,9	8,4	8,9	9,2	9,6	10,0	10,3
0,25	2,0	3,5	5,1	6,4	7,6	8,6	9,4	9,9	10,2	10,5	10,8	11,1	11,5
0,35	2,0	3,7	5,4	6,9	8,2	9,3	10,1	10,5	10,7	11,0	11,3	11,6	12,0
0,5	2,1	3,9	5,8	7,4	8,8	9,9	10,7	11,1	11,3	11,5	11,7	12,1	12,5
1	2,4	4,2	6,3	8,1	9,7	10,9	11,8	12,1	12,2	12,3	12,5	12,8	13,3
1,5	2,5	4,4	6,5	8,4	10,1	11,3	12,4	12,6	12,7	12,7	12,8	13,1	13,6
2	2,6	4,5	6,6	8,6	10,3	11,6	12,7	12,9	12,9	13,0	13,0	13,2	13,8

جدول الف-۵ –اولین لایه‌های نیم-مقدار Cu برحسب میلی‌متربرای کیفیت‌های تابش مندرج در جدول ۱، به-عنوان تابعی از فیلترهای سرب اضافه شده برای ضخامت‌های مختلف در محدوده ۰٫۱۲۵ mm تا ۴ mm

mm Pb	200 kV	250 kV	300 kV	400 kV
0	1,6	2,5	3,4	4,5
0,125	1,8	2,8	3,7	4,9
0,25	2,0	3,1	4,0	5,1
0,35	2,2	3,3	4,2	5,3
0,5	2,4	3,6	4,5	5,5
1	3,0	4,2	5,0	6,0
1,5	3,4	4,6	5,3	6,3
2	3,7	4,9	5,5	6,5
2,5	3,9	5,0	5,7	6,6
3	4,1	5,1	5,8	6,7
3,5	4,2	5,2	5,9	6,8
4	4,3	5,3	5,9	6,9

پیوست ب
(اطلاعاتی)
کتاب‌نامه

[۱] استاندارد ملی ایران ۶۷۹۱-۱ : پرتوهای ایکس و گامای مرجع برای سنجه بندی دوزیمترها و دستگاه های سنجش نرخ دوز و تعیین پاسخ آن‌ها بر حسب انرژی فوتون- قسمت اول : ویژگی‌های پرتوها و روش-های تولید آن‌ها.

[2] IEC 61331-3, Protective devices against diagnostic medical X-radiation – Part 3: Protective clothing and protective devices for gonads.