



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۴۳۵۵

تجدیدنظر اول

۱۳۹۷

INSO

14355

1st Revision

2019

Modification of  
ISO/ASTM 51939:2017

دُزسنجی پرتودهی خون -  
آیین کار

Blood irradiation dosimetry-  
Practice

ICS: 11.020.99; 17.240

استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۳۵۵ (تجدیدنظر اول): سال ۱۳۹۷

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: [standard@isiri.gov.ir](mailto:standard@isiri.gov.ir)

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

**Iranian National Standardization Organization (INSO)**

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: [standard@isiri.gov.ir](mailto:standard@isiri.gov.ir)

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده 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.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام میشود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمانهای دولتی و غیردولتی حاصل میشود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذینفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر میشود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی میشود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می‌کند. 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 می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آنها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، 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 for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد  
«دُزسنجی پرتودهی خون-آیین کار»

سمت و/یا محل اشتغال:

اداره کل انتقال خون استان تهران

رئیس:

عباسیان شاهمراد محله، علی  
(کارشناسی ارشد بیوشیمی)

دبیر:

عطائی‌نیا، وحیده  
(کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای)

سازمان انرژی اتمی ایران- پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای-  
پژوهشکده کاربرد پرتوها

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

احمدی‌روشن، مرضیه  
(کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی)

سازمان انرژی اتمی ایران- پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای-  
پژوهشکده کاربرد پرتوها

اشرف، سیده رعنا  
(کارشناسی ارشد مهندسی پرتو پزشکی)

برنجی اردستانی، سمیرا  
(دکتری تخصصی مهندسی علوم و صنایع غذایی)

سازمان انرژی اتمی ایران- پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای-  
پژوهشکده کاربرد پرتوها

بوذرجمهری، فتح‌اله  
(دکتری فیزیک پزشکی)

انجمن فیزیک پزشکی ایران

بهشتی، زهرا سادات  
(کارشناسی ارشد فیزیک هسته‌ای)

شرکت توسعه کاربرد پرتوها

جانعلی‌پور شهرانی، محمدرضا  
(کارشناسی ارشد فیزیک)

پژوهشکده سیستم‌های پیشرفته صنعتی

جزایری قره‌باغ، الهه  
(دکتری فیزیک پزشکی)

دانشگاه علوم پزشکی تهران- دانشکده پیراپزشکی

راستخواه، الهام  
(دکتری بیوفیزیک)

انجمن حفاظت در برابر اشعه ایران

سادات اشکور، سید مجتبی  
(کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای)

سازمان انرژی اتمی ایران

سمیع‌پور، فرهاد  
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

پژوهشکده سیستم‌های پیشرفته صنعتی

**اعضا:**

سیحون، مرضیه

(کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی)

طاهری، مهران

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

عسکری، محمدعلی

(دکتری فیزیک پزشکی)

مصلحی، امیر

(دکتری فیزیک هسته‌ای)

**ویراستار:**

صبور گیلوان، عباس

(کارشناسی مهندسی مکانیک)

**سمت و/یا محل اشتغال:**

سازمان انرژی اتمی ایران - پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای -  
پژوهشکده کاربرد پرتوها

مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور

سازمان انرژی اتمی ایران

سازمان انرژی اتمی ایران - پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای -  
پژوهشکده کاربرد پرتوها

سازمان ملی استاندارد ایران - مرکز اندازه‌شناسی، اوزان و  
مقیاس‌ها

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۲	۲ مراجع الزامی
۳	۳ اصطلاحات و تعاریف
۱۱	۴ اهمیت و کاربرد
۱۲	۵ انواع پرتودهنده‌ها و حالت‌های عملکردی
۱۳	۶ مشخصه‌های چشمه پرتو
۱۳	۶-۱ پرتودهنده‌های گاما
۱۳	۶-۲ مولدهای پرتو ایکس
۱۴	۷ سیستم‌های دُزنسجی
۱۴	۷-۱ توصیف دُزنسج‌ها و سیستم‌های دُزنسجی
۱۶	۷-۲ کالیبراسیون سیستم دُزنسجی روتین
۱۸	۷-۳ کاربردهای دُزنسجی
۱۸	۷-۴ فاکتورهایی اثرگذار بر پاسخ دُزنسج‌ها
۱۸	۸ احراز صلاحیت نصب
۱۸	۸-۱ هدف
۱۹	۸-۲ مستندسازی تجهیزات
۱۹	۸-۳ آزمون تجهیزات و کالیبراسیون
۲۰	۹ احراز صلاحیت عملکردی
۲۰	۹-۱ هدف
۲۰	۹-۲ سیستم‌های دُزنسجی
۲۰	۹-۳ مشخصه‌یابی پرتودهنده
۲۲	۱۰ احراز صلاحیت کارایی
۲۲	۱۰-۱ هدف
۲۲	۱۰-۲ چیدمان بارگذاری محصول
۲۲	۱۰-۳ نگاشت دُز جذبی محصول یا محصول شبیه‌سازی شده
۲۳	۱۰-۴ استقرار پارامترهای عملکردی
۲۴	۱۱ فرآوری روتین محصول
۲۴	۱۱-۱ پارامترهای عملکردی و کنترل
۲۵	۱۱-۲ پایش روتین پرتو فرآوری

صفحه	عنوان
۲۶	۱۱-۳ اثرات محیطی
۲۶	۱۱-۴ خون و اجزای خونی سرد شده یا منجمد
۲۷	۱۱-۵ مخزن‌های کامل بارگذاری نشده
۲۷	۱۲ حفظ صحه‌گذاری
۲۷	۱۳ عدم قطعیت اندازه‌گیری
۲۸	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) مشخصه‌های برخی از دُزسنج‌های روتین
۳۲	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) تضمین کیفیت برای پرتودهی خون
۳۳	پیوست پ (آگاهی‌دهنده) تغییرات اعمال شده در این استاندارد ملی در مقایسه با استاندارد منبع
۳۴	کتاب‌نامه

## پیش‌گفتار

استاندارد «دُزسنجی پرتودهی خون - آیین کار» که نخستین بار در سال ۱۳۹۰ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد پ، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در هفتصد و پنجاه و هشتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۱۳۹۷/۱۰/۱۶ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۳۵۵: سال ۱۳۹۰ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «ترجمه تغییر یافته» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی همراه با اعمال تغییرات با توجه به مقتضیات کشور است:

ISO/ASTM 51939: 2017, Practice for Blood Irradiation Dosimetry



## دُزسنجی پرتودهی خون-آیین کار

هشدار- در این استاندارد تمام موارد ایمنی و بهداشتی درج نشده است. در صورت مواجهه با چنین مواردی، مسئولیت برقراری شرایط بهداشت و ایمنی مناسب و اجرای آن و همچنین در نظر گرفتن محدودیت‌های قانونی، برعهده کاربر این استاندارد است.

### ۱ هدف و دامنه کاربرد<sup>۱</sup>

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، تعیین برنامه‌ای به منظور احراز صلاحیت نصب برای پرتودهنده و روش‌های اجرایی دُزسنجی برای احراز صلاحیت عملکردی و احراز صلاحیت کارایی پرتودهنده است. همچنین در این استاندارد، روش اجرایی برای پرتوآوری روتین فرآورده‌های خون (خون و اجزای خون) نیز ارائه شده است. روش‌های ارائه شده در این استاندارد به منظور حصول اطمینان از دریافت دُزهای جذبی فرآورده‌های خونی قرار گرفته در معرض پرتو گاما یا پرتو ایکس (تابش ترمزی)، در گستره مشخص شده است.

۲-۱ این استاندارد برای دُزسنجی فرآورده‌های خون که توسط مولدهای درون‌کار (مولدهای ایستا-آزاد) با استفاده از رادیونوکلئیدهایی مانند  $^{137}\text{Cs}$  و  $^{60}\text{Co}$  یا تجهیزات مولد پرتو ایکس پرتودهی شده‌اند کاربرد دارد. به‌طور معمول گستره دُز جذبی برای فرآورده‌های خون از ۱۵ Gy تا ۵۰ Gy است.

۳-۱ به‌طور معمول گستره انرژی فوتون پرتو ایکس مورد استفاده برای پرتودهی خون از ۴۰ keV تا ۳۰۰ keV است.

۴-۱ این استاندارد در مورد استفاده از نشانگرهای حساس به پرتو برای نشان‌دادن چشمی و کیفی این‌که محصول، پرتودهی شده است نیز کاربرد دارد (به استاندارد ISO/ASTM 51539 مراجعه شود).

۵-۱ این استاندارد یکی از مجموعه استانداردهای حاوی توصیه‌های لازم برای انجام درست دُزسنجی در پرتوآوری محسوب می‌شود که در عین حال حاوی یک روش برای دستیابی به انطباق با الزامات مندرج در استاندارد ISO/ASTM 52628 برای دُزسنجی فرآورده‌های خون نیز است. مطالعه این استاندارد همراه با استاندارد ISO/ASTM 52628 برای کاربر مفیدتر خواهد بود.

---

۱- توضیحات تکمیلی در خصوص دامنه کاربرد این استاندارد، در بند اهمیت و کاربرد (به بند ۴ مراجعه شود) ارائه شده است.

## ۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

### 2-1 ISO 12749-4, Nuclear energy – Vocabulary – Part 4: Dosimetry for radiation processing

**یادآوری** – استاندارد ملی ایران شماره ۴-۲۲۲۱۲: سال ۱۳۹۷، انرژی هسته‌ای، فناوری‌های هسته‌ای و حفاظت پرتوی-واژگان- قسمت ۴: دُزسنجی در پرتوآوری با استفاده از استاندارد ISO 12749-4: 2015، تدوین شده است.

### 2-2 ISO/IEC 17025, General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories

**یادآوری** – استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۰۲۵: سال ۱۳۸۶، الزامات عمومی برای احراز صلاحیت آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون با استفاده از استاندارد ISO 17025:2005 تدوین شده است.

### 2-3 ISO/ASTM 51026, Practice for Using the Fricke Dosimetry System

**یادآوری** – استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۷۵۱: سال ۱۳۹۶، سیستم دُزسنجی فریک-آیین کار، با استفاده از استاندارد ISO/ASTM 51026: 2015، تدوین شده است.

### 2-4 ISO/ASTM 51261, Practice for Calibration of Routine Dosimetry Systems for Radiation Processing

**یادآوری** – استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۴۵۵: سال ۱۳۹۶، کالیبراسیون سیستم‌های دُزسنجی روزمره برای پرتوآوری-آیین کار، با استفاده از استاندارد ISO/ASTM 51261: 2013، تدوین شده است.

### 2-5 ISO/ASTM 51275, Practice for Use of a Radiochromic Film Dosimetry System

### 2-6 ISO/ASTM 51310, Practice for Use of a Radiochromic Optical Waveguide Dosimetry System

### 2-7 ISO/ASTM 51607, Practice for Use of the Alanine-EPR Dosimetry System

### 2-8 ISO/ASTM 51539, Guide for the Use of Radiation-Sensitive Indicators

### 2-9 ISO/ASTM 51707, Guide for Estimating Uncertainties in Dosimetry for Radiation Processing

**یادآوری** – استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۶۴۳: سال ۱۳۹۶، تخمین عدم قطعیت اندازه‌گیری در دُزسنجی برای پرتو فرآوری- راه‌نما، با استفاده از استاندارد ISO/ASTM 51707: 2015، تدوین شده است.

**2-10** ISO/ASTM 51956, Practice for Use of Thermoluminescence-Dosimetry Systems (TLD Systems) for Radiation

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۱۸۶: سال ۱۳۹۶، کاربرد سیستم دُزسنجی ترمولومینسانس (سیستم TLD) برای پرتوآوری- آیین کار با استفاده از استاندارد ISO/ASTM 51956: 2013 تدوین شده است

**2-11** ISO/ASTM 52116, Practice for Dosimetry for a Self-Contained Dry- Storage Gamma-Ray Irradiator

**2-12** ISO/ASTM 52701, Guide for Performance Characterization of Dosimeters and Dosimetry Systems for Use in Radiation Processing

**2-13** ASTM E170, Terminology Relating to Radiation Measurements and Dosimetry

**2-14** ICRU 80, Dosimetry Systems for Use in Radiation Processing

**2-15** ICRU 85a, Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation

**2-16** JCGM 100:2008 GUM 1995, with minor corrections, Evaluation of measurement data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement

**2-17** JCGM 200: 2008, VIM, International vocabulary of metrology – Basis and general concepts and associated terms

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۴۷۲۳: سال ۱۳۹۰، واژه‌نامه اندازه‌شناسی- مفاهیم پایه و عمومی و اصلاحات مربوط با استفاده از استاندارد ISO/IEC GUIDE 99: 2007 تدوین شده است.

**2-18** Guidelines on the Use of Irradiated Blood Components (2013), Prepared by the BCSH Blood Transfusion Task Force

**2-19** Recommendations Regarding License Amendments and Procedures for Gamma Irradiation of Blood Products, (1993) US Food and Drug Administration

**2-20** Guidance for Industry, Gamma Irradiation of Blood and blood Components: A Pilot Program for Licensing (2000) US Food and Drug Administration

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ذکر شده در استانداردهای ISO 12749-4، ASTM E170، VIM و سند ICRU 85a، اصطلاحات با تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۱-۳

### دُز جذبی

#### absorbed dose

$D$

خارج قسمت  $d\bar{E}$  به  $dm$ ، که در آن  $d\bar{E}$  متوسط انرژی منتقل شده از پرتوهای یون‌ساز به جرم  $dm$  از ماده است (به سند ICRU 85a مراجعه شود).

$$D = d\bar{E}/dm \quad (۱)$$

یادآوری - یکای دُز جذبی در سیستم بین‌المللی یکاها (SI)، گری (Gy) است. یک گری برابر با جذب یک ژول بر یک کیلوگرم از ماده مشخص است ( $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$ ).

۲-۳

### آهنگ دُز جذبی

#### absorbed-dose rate

$\dot{D}$

خارج قسمت  $dD$  بر  $dt$ ، که در آن  $dD$  افزایش دُز جذبی در بازه زمانی  $dt$  است.

$$\dot{D} = dD/dt \quad (۲)$$

یادآوری - یکای آهنگ دُز جذبی در سیستم بین‌المللی یکاها (SI)،  $\text{Gy}\cdot\text{s}^{-1}$  است. با این حال، آهنگ دُز جذبی اغلب به صورت مقدار میانگین آن در بازه زمانی طولانی‌تر بیان می‌شود، برای مثال با یکاهای  $\text{Gy}\cdot\text{min}^{-1}$  یا  $\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ .

۳-۳

### نگاشت دُز جذبی

#### absorbed-dose mapping

اندازه‌گیری دُز جذبی در داخل محصول پرتودهی شده برای به‌دست آوردن توزیع یک بعدی، دو بعدی یا سه بعدی دُز جذبی و سپس ارائه نقشه‌ای از مقادیر دُز جذبی است. یادآوری - برای مخزن خون<sup>۱</sup>، این نگاشت دُز با استفاده از دُزسنج‌های قرار گرفته در مکان‌های معینی در داخل مخزن به‌دست می‌آید.

۴-۳

### اکتیویته

#### activity

$A$

اکتیویته مقداری از ماده پرتوزای موجود در یک تراز معین انرژی در یک زمان معین که عبارت است از خارج قسمت  $-dN/dt$  بر  $dt$ ، که در آن  $dN$  متوسط تغییرات در تعداد هسته‌های از آن تراز انرژی به دلیل گذار خودبه‌خودی هسته‌ای، در بازه زمانی  $dt$  است (به مدرک ICRU 85a مراجعه شود).

$$A = -dN/dt \quad (۳)$$

یادآوری ۱- یکای اکتیویته در سیستم بین‌المللی یکاها (SI)،  $s^{-1}$  است.

یادآوری ۲- نام ویژه یکای اکتیویته، بکرل (Bq) است که:  $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$

یادآوری ۳- یکای پیشین اکتیویته کوری (Ci) بود که: (دقیقاً)  $1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$  است.

یادآوری ۴- تراز معین انرژی، تراز زمینه نوکلئید است، مگر این که به شکل دیگری بیان شده باشد.

یادآوری ۵- اکتیویته مقداری رادیونوکلئید در یک تراز انرژی خاص برابر با حاصل ضرب ثابت واپاشی،  $\lambda$ ، برای آن تراز و تعداد هسته‌ها در آن تراز است ( $A=N\lambda$ ).

۵-۳

### آزمایشگاه تأیید صلاحیت شده

#### approved laboratory

آزمایشگاهی که به صورت رسمی و مطابق با استاندارد ISO/IEC 17025 اعتباردهی شده است، یا دارای سیستم کیفیت، مطابق با الزامات مندرج در استاندارد ISO/IEC 17025 است.

یادآوری- به منظور حصول اطمینان از قابلیت ردیابی به استاندارد ملی یا بین‌المللی، مرکز ملی اندازه‌شناسی یا آزمایشگاه کالیبراسیون اعتباردهی شده با استاندارد ISO/IEC 17025، باید مورد استفاده قرار گیرد. گواهی‌نامه کالیبراسیون تهیه شده در آزمایشگاهی که رسماً شناخته نشده یا به طور رسمی تأیید صلاحیت نشده است، الزاماً از دید قابلیت ردیابی به یک استاندارد ملی یا بین‌المللی نیز قابل تأیید نخواهد بود.

۶-۳

### تابش ترمزی

#### bremsstrahlung

تابش الکترومغناطیسی با طیف گسترده گسیل شده هنگامی که ذره باردار پُرانرژی تحت تأثیر یک میدان الکتریکی یا مغناطیسی قوی مانند میدان مجاور هسته اتم قرار می‌گیرد.

**یادآوری ۱-** در پرتوآوری، فوتون‌های تابش ترمزی دارای انرژی کافی برای یون‌سازی از طریق شتاب منفی یا انحراف الکترون‌های پُرانرژی در یک ماده هدف تولید می‌شوند. هنگامی که یک الکترون از نزدیک هسته اتم عبور می‌کند، میدان کولنی قوی باعث می‌شود که الکترون‌ها از مسیر حرکت اولیه خود منحرف شوند. این برهم‌کنش، منجر به از دست رفتن انرژی جنبشی از طریق گسیل تابش الکترومغناطیسی می‌شود. از آن‌جا که چنین برخوردهایی کنترل شده نیستند، در این فرایند یک توزیع پیوسته از انرژی فوتونی تولید می‌شود که تا حداکثر انرژی جنبشی الکترون‌های برخوردی بسط می‌یابد.

**یادآوری ۲-** انرژی الکترون، ترکیب و ضخامت هدف و زاویه گسیل نسبت به الکترون برخوردی عوامل مؤثر در تعیین طیف تابش ترمزی هستند.

۷-۳

### کالیبراسیون

#### calibration

مجموعه عملیاتی که در شرایط مشخص، بین مقادیر کمی نشان داده شده توسط دستگاه یا سیستم اندازه‌گیری یا مقادیر ارائه شده توسط سنج ماده یا ماده مرجع را با مقادیر متناظر دریافت شده از استانداردها ارتباط برقرار می‌کند.

**یادآوری-** شرایط محیطی و پرتودهی موجود حین پرتودهی و شرایط انبارش و اندازه‌گیری دُزسنج‌های مورد استفاده برای تولید منحنی کالیبراسیون، شرایط کالیبراسیون را تشکیل می‌دهند.

۸-۳

### دُزسنج

#### dosimeter

وسیله‌ای که در صورت مواجهه با پرتو، تغییری قابل سنجش به‌طور کمی نشان می‌دهد که با استفاده از روش‌های اجرایی و دستگاه‌های اندازه‌گیری مناسب می‌تواند با دُز جذبی در یک ماده معین مرتبط شود.

۹-۳

### بهر دُزسنج

#### dosimeter batch

تعدادی از دُزسنج‌های ساخته شده از جرم مشخصی از ماده با ترکیب یکنواخت که در شرایط کنترل شده، ثابت و دارای کد شناسائی واحد در یک نوبت تولید شده‌اند.

۱۰-۳

### سیستم دُزسنجی

#### **dosimetry system**

یک سیستم که برای اندازه‌گیری دُز جذبی مورد استفاده قرار می‌گیرد و شامل دُزسنج‌ها، دستگاه‌های اندازه‌گیری و استانداردهای مرجع مرتبط با آن‌ها و روش‌های به‌کارگیری این سیستم است.

۱۱-۳

### احراز صلاحیت نصب

#### **installation qualification**

##### **IQ**

فرایند دستیابی و مستندسازی شواهدی مبنی بر این‌که تجهیزات مطابق با ویژگی‌های مورد نظر تهیه و نصب شده‌اند.

۱۲-۳

### صفحه چرخان تجهیز پرتودهی

#### **irradiator turntable**

وسیله‌ای که برای چرخاندن نمونه حین فرآیند پرتودهی به‌منظور بهبود یکنواختی دُز دریافتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**یادآوری** - صفحه چرخان تجهیز پرتودهی اغلب به‌عنوان صفحه چرخان بیان می‌شود. برخی از تجهیز پرتودهی با هندسه خاص برای مثال (پرتودهنده‌ها) با آرایه دایره‌ای شکل از چشمه‌های پرتو زا در اطراف محصول، ممکن است نیاز به صفحه چرخان نداشته باشند.

۱۳-۳

### منحنی‌های هم‌دُز

#### **isodose curves**

خطوط یا سطوح دُز جذبی ثابت در یک ماده معین است.

۱۴-۳

### سیستم مدیریت اندازه‌گیری

#### measurement management system

مجموعه ارکان مرتبط و مؤثر لازم برای دستیابی به تأیید اندازه‌شناختی و کنترل مستمر فرآیندهای اندازه‌گیری است.

۱۵-۳

### احراز صلاحیت عملکردی

#### operational qualification

OQ

فرآیند دستیابی و مستندسازی شواهد لازم مبنی بر این که در صورت استفاده مطابق باروش‌های عملکردی مرتبط، تجهیزات نصب‌شده در محدوده‌های از پیش تعیین شده کار می‌کند.

۱۶-۳

### احراز صلاحیت کارایی

#### performance qualification

PQ

فرآیند تهیه و مستندسازی شواهدی مبنی بر این که تجهیزات نصب شده مطابق با روش‌های اجرایی عملکردی، به‌طور مداوم مطابق با ضوابط از پیش تعیین شده کار کرده و در نتیجه محصول به‌دست آمده با مشخصه‌های مورد نظر مطابقت دارد.

۱۷-۳

### نشانگر حساس به پرتو

#### radiation-sensitive indicator

موادی مانند بر چسب‌های پوشش‌داده شده یا اشباع شده، جوهر، پوشش یا سایر موادی که می‌تواند بر روی محموله‌های مورد پرتو دهی چسبانده یا چاپ شوند و هنگام قرارگیری در معرض پرتوهای یون‌ساز، تغییری قابل رؤیت از خود نشان دهند.  
یادآوری- نشانگرهای حساس به پرتو، اغلب نشانگر نامیده می‌شوند.



۱۸-۳

سیستم دُزسنجی مرجع استاندارد

**reference standard dosimetry system**

سیستم دُزسنجی معمولاً دارای بالاترین کیفیت اندازه‌شناختی قابل دسترس در یک سازمان یا یک محل مشخص که اندازه‌گیری‌های انجام شده از آن استنتاج شده‌اند.

۱۹-۳

سیستم دُزسنجی روتین

**routine dosimetry system**

یک سیستم دُزسنجی که با یک سیستم دُزسنجی استاندارد مرجع کالیبره می‌شود و برای اندازه‌گیری‌های روتین دُز جذبی شامل نگاشت دُز و پایش فرآیند کاربرد دارد.

۲۰-۳

محصول شبیه‌سازی شده

**simulated product**

ماده با ویژگی‌های جذب و پراکندگی مشابه با یک محصول، یک ماده یا یک ترکیب که مورد پرتودهی قرار می‌گیرد.

یادآوری ۱- محصول شبیه‌سازی شده که در خلال مشخصه‌یابی فرآیند پرتودهی به‌عنوان جایگزین برای محصول، ماده یا ترکیب مورد پرتودهی واقعی، به‌کار می‌رود.

یادآوری ۲- هنگام به‌کارگیری در تولید روتین برای جبران عدم وجود محصول، محصول شبیه‌سازی شده گاهی به‌عنوان دامی جبرانی بیان می‌شود.

یادآوری ۳- هنگام استفاده برای نگاشت دُز جذبی، محصول شبیه‌سازی شده گاهی به‌عنوان ماده فانتوم بیان می‌شود.

۲۱-۳

تنظیمات زمان‌سنج

**timer setting**

یک بازه زمانی تعریف شده که در حین آن، محصول در معرض پرتوهای یون‌ساز قرار می‌گیرد.

۲۲-۳

سیستم دُزسنجی استاندارد گذار

**transfer standard dosimetry system**

یک سیستم دزسنجی است که به‌عنوان یک واسطه برای کالیبراسیون سایر سیستم‌های دُزسنجی به‌کار می‌رود.

۲۳-۳

دُز گذار

**transit dose**

دُز جذبی تحویلی به محصول (یا دُزسنج) هنگامی که بین موقعیت بدون پرتودهی<sup>۱</sup> و موقعیت پرتودهی جابه‌جا می‌شود یا در مورد چشمه‌های متحرک هنگامی که چشمه به‌طرف موقعیت پرتودهی حرکت می‌کند یا از آن دور می‌شود.

۲۴-۳

صحه‌گذاری

**validation**

یک روش اجرایی مستندسازی شده است که برای دستیابی، ثبت و تفسیر نتایج برای تعیین این که یک فرآیند به‌طور پایدار، مورد یک روند پرتوآوری با ویژگی‌های از پیش تعیین شده قرار گرفته، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲۵-۳

پرتو ایکس

**X-radiation**

**X-ray**

پرتو الکترومغناطیسی یون‌ساز شامل پرتوهای تابش ترمزی و تابش مشخصه، که هنگام انتقال الکترون‌های اتم به حالت‌های مقیدتر گسیل می‌شوند.

یادآوری - در کاربردهای پرتوآوری (مانند پرتودهی فراورده‌های خون)، پرتو ایکس عمده، تابش ترمزی است.

۲۶-۳

مولد پرتو ایکس

مبدل پرتو ایکس

### **X-ray Generation**

### **X-ray converter**

یک وسیله برای تولید پرتو ایکس (تابش ترمزی) از باریکه الکترونی که از یک هدف، تمهیدات لازم برای انتقال گرمای هدف و یک ساختار پشتیبانی تشکیل شده است.

۲۷-۳

فرآورده‌های خونی (خون و اجزای خونی)

### **blood product**

خون کامل، گلبول‌های قرمز، سلول‌های منجمد، پلاکت تغلیظ شده، پلاکت‌های آفرزیس<sup>۱</sup>، گرانولوسیت<sup>۲</sup> تغلیظ‌شده و پلاسمای تازه یا منجمد  
یادآوری - سیستم‌های بسته برای خون و اجزای خونی معمولاً «کیسه» نامیده می‌شوند.

۲۸-۳

مخزن

### **canister**

یک مخزن که برای جا دادن فرآورده‌های خونی یا محصول معادل خون حین فرآیند پرتودهی به کار می‌رود.

## **۴ اهمیت و کاربرد**

۴-۱ خون و اجزای خونی برای دریافت دُزهای جذبی تعیین‌شده، پرتودهی می‌شوند تا لنفوسیت‌های زنده، غیرفعال شده و از بیماری پیوند علیه میزبان (GVHD)<sup>۳</sup> ناشی از انتقال خون در بیماران مشخص از نظر نقص ایمنی و دریافت‌کنندگان محصولات اهدایی مرتبط جلوگیری کند (به منابع [۱] و [۲] کتاب‌نامه مراجعه شود).  
۴-۲ اطمینان از این‌که خون و اجزای خونی به‌طور مناسب پرتودهی شده‌اند، برای سلامتی بیماران اهمیت حیاتی دارد. این موضوع باید توسط اندازه‌گیری‌های صحیح دُز جذبی در محصول یا محصول شبیه‌سازی‌شده، نشان داده شود.

---

1- Apheresis platelets

2- Granulocyte

3 -Graft-versus-host disease

۳-۴ خون و اجزای خونی معمولاً با استفاده از پرتو گامای چشمه‌های  $^{60}\text{Co}$  یا  $^{137}\text{Cs}$  یا پرتو ایکس تولید شده توسط تجهیزات مولد پرتو ایکس، پرتو دهی می‌شوند.

۴-۴ ویژگی‌های پرتو دهی خون شامل یک حد کمتر دُز جذبی است و ممکن است شامل حد بالاتر یا دُز مرکز هدف باشد. برای یک کاربرد مشخص، هر کدام از این مقادیر ممکن است توسط قوانین مقرر شده بر اساس داده‌های علمی در دسترس، تعیین شود (به زیربندهای ۲-۱۸ تا ۲-۲۰ مراجعه شود).

۴-۵ به‌عنوان قسمتی از آزمون پذیرش تجهیزات مولد پرتو برای پرتو دهی هر فرآورده خونی، آهنگ دُز جذبی در یک موقعیت مرجع داخل مخزن با استفاده از سیستم دُزسنجی استاندارد مرجع اندازه‌گیری می‌شود. این اندازه‌گیری استاندارد مرجع برای برقراری پارامترهای عملکردی به‌منظور تحویل یک دُز مشخص به خون و اجزای خونی به‌کار می‌رود.

۴-۶ برای تعیین توزیع دُز جذبی، اندازه‌گیری‌های دُز جذبی در داخل حجم خون یا در داخل حجم معادل خون انجام می‌شوند. چنین اندازه‌گیری‌هایی اغلب با استفاده از فرآورده شبیه‌سازی شده انجام می‌شوند (برای مثال در مورد انرژی‌های فوتون  $^{137}\text{Cs}$ ، پلی‌استایرن به‌عنوان معادل خون در نظر گرفته می‌شود).

۴-۷ دُزسنجی قسمتی از سیستم مدیریت اندازه‌گیری است که برای حصول اطمینان از این‌که فرآیند پرتو دهی، مشخصه‌های از پیش تعیین‌شده را برآورده می‌کند، به‌کار می‌رود (به استاندارد ISO/ASTM 52628 مراجعه شود).

۴-۸ خون و اجزای خونی معمولاً در شرایط سرد یا منجمد پرتو دهی می‌شوند. برای حصول اطمینان از این‌که دُزسنج‌ها و نشانگرهای حساس به پرتو در چنین شرایط دمایی قابل استفاده می‌باشند، مراقبت‌های لازم باید به‌عمل آید.

۴-۹ مستندسازی مناسب و نگهداری سوابق، از اجزای مهم پرتو فرآوری هستند. الزامات مستندسازی و نگهداری سوابق ممکن است توسط مرجع قانونی و ذی‌صلاح<sup>۱</sup> مشخص شوند یا در خط مشی کیفیت سازمان مربوطه ارائه شوند.

۴-۱۰ پاسخ بیشتر دُزسنج‌ها در انرژی‌های کمتر از ۱۰۰ keV، وابستگی قابل ملاحظه‌ای به انرژی دارند. بنابراین هنگام اندازه‌گیری دُز جذبی در آن گستره انرژی باید مراقبت‌های لازم صورت پذیرد.

## ۵ انواع پرتو دهنده‌ها و حالت‌های عملکردی

۵-۱ در پرتو دهنده‌های درون‌کار، نمونه‌ها در معرض پرتوهای گامای چشمه‌های  $^{60}\text{Co}$  یا  $^{137}\text{Cs}$  (به منبع [۳] کتاب‌نامه و استاندارد ISO/ASTM 52116 مراجعه شود)، یا پرتو ایکس کم‌انرژی (تابش ترمزی) حاصل از تیوب پرتو ایکس، قرار می‌گیرند. در این پرتو دهنده‌ها، مطابق با الزامات ایمنی، منبع پرتو در یک حفاظ سربی یا سایر

۱- مرجع قانونی و ذی‌صلاح در حال حاضر، سازمان انرژی اتمی ایران است.

مواد مناسب با عدد اتمی بالا محصور شده است. مولدهای پرتو ایکس کم‌انرژی (تابش ترمزی) موجود در بازار نسبت به مولدهای چشمه‌های گسیلنده گاما نیاز به حفاظ کمتری دارند. مولدهای حاوی رادیونوکلئیدها معمولاً برای حرکت مخزن از موقعیت بارگذاری/تخلیه به موقعیت پرتو دهی، دارای یک ساز کار ویژه هستند.

۱-۱-۵ برخی روش‌های رایج به کار رفته برای بهبود یکنواختی دُز جذبی در فرآورده‌های خونی شامل چرخاندن مخزن نگهدارنده فرآورده‌های خونی در جلوی منبع پرتوی یا چندین منبع پرتو دهی از جهت‌های مختلف است.

## ۶ مشخصه‌های چشمه پرتو

### ۱-۶ پرتودهنده‌های گاما

۱-۱-۶ چشمه پرتوی گامای استفاده شده در پرتودهنده‌های موردنظر در این استاندارد شامل رادیونوکلئیدهای بسته  $^{60}\text{Co}$  یا  $^{137}\text{Cs}$  هستند که معمولاً از میله‌های خطی چیده‌شده در یک یا چند آرایه صفحه‌ای یا حلقوی تشکیل شده است.

۲-۱-۶  $^{60}\text{Co}$  فوتون‌های با انرژی‌های تقریبی  $1.17\text{ MeV}$  و  $1.33\text{ MeV}$  به نسبت‌های تقریباً مساوی گسیل می‌کند.  $^{137}\text{Cs}$  فوتون‌هایی با انرژی تقریبی  $0.662\text{ MeV}$  گسیل می‌کند.

۳-۱-۶ نیمه‌عمر واپاشی رادیواکتیو<sup>۱</sup>، برای  $^{60}\text{Co}$  برابر با  $(\pm 0.25) 1925.20$  روز و برای  $^{137}\text{Cs}$  برابر با  $(\pm 9.5) 11018.3$  روز است (به منبع [۴] کتاب‌نامه مراجعه شود).

۴-۱-۶ برای چشمه‌های گاما، تنها تغییر در خروجی چشمه، کاهش شناخته شده در اکتیویته به دلیل واپاشی رادیواکتیو است. کاهش خروجی چشمه و میزان افزایش مورد نیاز در زمان پرتو دهی به‌منظور اعمال همان دُز، می‌تواند محاسبه شود (به زیربند ۱۰-۴-۲ مراجعه شود) یا از جداول تهیه شده توسط تولید کننده پرتودهنده به‌دست آید.

### ۲-۶ مولدهای پرتو ایکس

۱-۲-۶ مولدهای پرتو ایکس کم‌انرژی از تیوب‌های پرتو ایکس، استفاده می‌کنند که شامل یک منبع الکترون (معمولاً فیلامان گرم، فیلامان گسیلنده الکترون‌ها)، یک میدان الکترواستاتیکی برای شتاب دادن این الکترون‌ها و یک مبدل برای تولید پرتو ایکس است.

۲-۲-۶ پرتودهنده پرتو ایکس (تابش ترمزی)، پرتوی الکترومغناطیسی با طول موج کوتاه مشابه با پرتو گاما ناشی از چشمه‌های رادیواکتیو، گسیل می‌کند. علی‌الرغم این‌که معمولاً اثرات آن‌ها بر روی مواد پرتو دهی شده

۱- این اطلاعات در آخرین به‌روز رسانی سند منتشر شده توسط مؤسسه ملی استانداردها و تکنولوژی آمریکا، ارائه شده است.

مشابه است، این نوع پرتوها از لحاظ طیف انرژی (به زیربند ۶-۲-۳ مراجعه شود)، توزیع زاویه‌ای و آهنگ‌های دُز متفاوت هستند. مشخصه‌های فیزیکی میدان پرتو ایکس (تابش ترمزی) بستگی به طراحی تیوب پرتو ایکس دارد.

۶-۲-۳ مولدهای پرتو ایکس کم‌انرژی در دسترس فعلی، پرتو ایکس با حداکثر انرژی ۱۶۰ keV تولید می‌کنند. طیف انرژی پرتو ایکس از حداکثر انرژی تا تقریباً ۳۰ keV گسترده می‌شود.

۶-۲-۴ اندازه و شکل مخزن مورد نیاز برای دستیابی به سطح مطلوب یکنواختی دُز در داخل مخزن خون تحت تأثیر انرژی پرتو ایکس قرار دارد. برای کاهش بخش‌های کم‌انرژی طیف، به‌منظور بهبود یکنواختی دُز داخل مخزن، فیلترهایی به کار می‌روند. این فیلترها ممکن است قسمتی از تیوب پرتو ایکس را تشکیل دهند یا ممکن است ماده افزوده شده به پرتودهنده یا مخزن باشد. بازتاب‌دهنده‌ها نیز برای بهبود یکنواختی دُز ممکن است به کار روند.

۶-۲-۵ آهنگ دُز جذبی و زمان پرتودهی توسط جریان تیوب تعیین می‌شوند.

## ۷ سیستم‌های دُزسنجی

### ۷-۱ توصیف دُزسنج‌ها و سیستم‌های دُزسنجی

طبقه‌بندی دُزسنج‌ها و سیستم‌های دُزسنجی براساس خواص ذاتی اندازه‌شناختی دُزسنج و حوزه کاربرد سیستم دُزسنجی صورت می‌گیرد (به استاندارد ISO/ASTM 52628 مراجعه شود). این طبقه‌بندی‌ها بر انتخاب و کالیبراسیون سیستم‌های دُزسنجی اثر می‌گذارند.

#### ۷-۱-۱ طبقه‌بندی دُزسنج‌ها

طبقه‌بندی دُزسنج‌ها بر اساس خواص ذاتی اندازه‌شناختی آن‌ها است. روش اندازه‌گیری ممکن است در طبقه‌بندی مهم باشد، اما این طبقه‌بندی، ملاحظات تجهیزات واقعی مورد استفاده یا کیفیت تولید (تولید کننده) دُزسنج را شامل نمی‌شود.

#### ۷-۱-۱-۱ دُزسنج نوع ۱

برای این‌که یک دُزسنج به‌عنوان دُزسنج نوع ۱ طبقه‌بندی شود، به‌منظور در نظر گرفتن اثر کمیت‌های تأثیرگذارمانند دما و آهنگ دُز، باید امکان اعمال ضرایب صحیح غیروابسته به پاسخ آن راداشته باشد. برای فهرست دُزسنج‌های نوع ۱ به استاندارد ISO/ASTM 52628 مراجعه کنید.

## ۲-۱-۱-۷ دُزسنج نوع ۲

طبقه‌بندی دُزسنج به‌عنوان دُزسنج نوع ۲ براساس پیچیدگی برهم‌کنش میان کمیت‌های تأثیرگذار مانند دما و آهنگ دُز است که اعمال فاکتورهای تصحیح‌غیروابسته به پاسخ دُزسنج را غیرعملیاتی می‌کند. برای فهرست دُزسنج‌های نوع ۲ به استاندارد ISO/ASTM 52628 مراجعه شود.

## ۲-۱-۷ طبقه‌بندی سیستم‌های دُزسنج

### ۱-۲-۱-۷ سیستم‌های دُزسنج مرجع استاندارد شده

**الف-** طبقه‌بندی یک سیستم دُزسنجی به‌عنوان سیستم دُزسنج مرجع استاندارد شده بر اساس کاربردهای آن است. سیستم‌های دُزسنج مرجع استاندارد شده به‌عنوان ابزار استاندارد برای کالیبره کردن سایر سیستم‌های دُزسنج که برای اندازه‌گیری‌های روتین مورد استفاده قرار می‌گیرند، به‌کار می‌روند. همچنین از سیستم‌های دُزسنج مرجع استاندارد شده برای تأیید آهنگ دُز جذبی در یک موقعیت مرجع در داخل پرتودهنده استفاده می‌شود. عدم قطعیت سیستم دُزسنج مرجع استاندارد شده، بر عدم قطعیت سیستم کالیبره شده و در نتیجه بر عدم قطعیت مقدار دُز جذبی محصول مورد پرتودهی، تأثیر خواهد داشت.

**ب-** سیستم‌های دُزسنج مرجع استاندارد شده می‌تواند به‌صورت سیستم‌هایی باشند که در یک محل مشخص نگهداری می‌شوند، یا به‌صورت سیستم‌های دُزسنج استاندارد قابل انتقال در آزمایشگاه استاندارد ملی یا سایر آزمایشگاه‌های تأیید صلاحیت‌شده، مورد استفاده قرار گیرند. سیستم دُزسنج استاندارد قابل انتقال، سیستمی است که، به سامانه پرتودهی خون فرستاده می‌شوند و پس از پرتوگیری برای اندازه‌گیری به آزمایشگاه صادرکننده برگردانده می‌شوند. این الزام که دُزسنج‌ها بدون افزایش بی‌جهت عدم قطعیت اندازه‌گیری انتقال یابند، نوع دُزسنج مورد استفاده را محدود می‌کند. به‌طور معمول برای این منظور سیستم‌های دُزسنجی آلانین/EPR و فریک استفاده می‌شوند.

**پ-** دُزسنج مورد استفاده در سیستم‌های دُزسنجی استاندارد مرجع معمولاً دُزسنج نوع ۱ است. گستره عدم قطعیت قابل دستیابی در اندازه‌گیری‌های انجام شده با استفاده از سیستم دُزسنجی استاندارد مرجع، معمولاً از مرتبه ۳٪ است (با سطح اطمینان ۹۵٪).

**ت-** مثال‌هایی از سیستم‌های دُزسنجی مرجع استاندارد شده در جدول ۱ ارائه شده است.

### ۲-۲-۱-۷ سیستم‌های دُزسنجی روتین

**الف-** طبقه‌بندی یک سیستم دُزسنجی به‌عنوان سیستم دُزسنجی روتین، براساس کاربرد آن است که اندازه‌گیری‌های روتین دُز جذبی شامل نگاشت دُز و پایش فرآیند است.

**ب-** دُزسنج مورد استفاده در یک سیستم دُزسنجی روتین معمولاً دُزسنج نوع ۲ است، هرچند ممکن است استثناهایی مثل استفاده از دُزسنج‌های نوع ۱ آلانین وجود داشته باشد. عدم قطعیت گسترده قابل دستیابی

اندازه‌گیری‌های انجام شده با استفاده از سیستم دُزسنجی روتین، معمولاً از مرتبه % ۶ است (با سطح اطمینان % ۹۵).

پ- مثال‌هایی از سیستم‌های دُزسنجی روتین در جدول ۲ ارائه شده است که این سیستم‌ها با جزئیات بیشتری در پیوست الف شرح داده شده است.

#### ۷-۲ کالیبراسیون سیستم دُزسنجی روتین

۷-۲-۱ سیستم‌های دُزسنجی شامل دُزسنج‌ها، دستگاه‌های اندازه‌گیری و استانداردهای مرجع مرتبط با آن‌ها و روش‌های اجرایی برای به‌کارگیری سیستم هستند. پیش از استفاده، سیستم‌های دُزسنجی روتین باید مطابق با روش‌های اجرایی مستندسازی شده که جزئیات فرآیند کالیبراسیون را توضیح می‌دهد، کالیبره شوند. منحنی کالیبراسیون باید گستره دُز مناسب برای پرتودهی خون ۱۵ Gy تا ۵۰ Gy را پوشش دهد. همه تجهیزات دُزسنجی نیازمند کالیبراسیون قابل‌ردیابی به استانداردهای مناسب یا بررسی‌های عملکردی برای تصدیق عملکرد آن‌ها هستند (برای کسب اطلاعات بیشتر به استاندارد ملی یا بین‌المللی مربوط به سیستم دُزسنجی مورد استفاده مراجعه شود). به‌طور مشابه سیستم دُزسنجی برای هر بهر دُزسنج مورد استفاده در پرتودهی خون باید کالیبره شود. در صورت الزام توسط قانون یا خط مشی، اثبات قابل ردیابی بودن اندازه‌گیری‌های دُز به استانداردهای ملی یا بین‌المللی شناخته‌شده، ضروری است.

۷-۲-۲ پرتودهی دُزسنج‌های کالیبراسیون یکی از اجزای مهم کالیبراسیون سیستم دُزسنجی است. این دُزسنج‌ها باید در موقعیت مرجع داخل مخزن، جایی که آهنگ دُز با استفاده از دُزسنج‌های استاندارد مرجع یا انتقالی تعیین شده است، پرتودهی شوند که دُزسنج انتقالی توسط آزمایشگاه تأیید صلاحیت‌شده صادر و تحلیل می‌شود. برای این منظور، در پرتودهنده‌های گاما، رایج‌ترین سیستم‌های دُزسنج استاندارد گذار مورد استفاده فریک یا آلانین-EPR است. برای پرتودهنده‌های پرتو ایکس کم‌انرژی، اتافک‌های یونش یا سیستم دُزسنجی آلانین-EPR ممکن است به‌عنوان سیستم‌های دُزسنج استاندارد گذار استفاده شوند به شرط این که برای انرژی مناسب کالیبره شده باشند (به منابع [۵] و [۸] کتاب‌نامه مراجعه شود).

۷-۲-۳ به‌طور جایگزین، دُزسنج‌ها ممکن است مطابق با استاندارد ISO/ASTM 51261 کالیبره شوند.



جدول ۱- مثال هایی از سیستم های دزسنج مرجع استاندارد شده

دزسنج	سیستم خوانش گر	گستره مفید دز جذبی (Gy)	مرجع
آلانین	طیف سنج EPR	۱ تا ۱۰ <sup>۵</sup>	ISO/ASTM 51607
فریک	طیف نورسنج UV	۲۰ تا ۴۰۰	ISO/ASTM 51026
اتاقک یونش	الکترومتر	به راحتی برای گستره دز پرتو دهی خون می تواند به کار رود	به منبع [۵] کتاب نامه مراجعه شود

جدول ۲- مثال هایی از سیستم های دزسنج روتین

دزسنج	سیستم خوانش گر	گستره مفید دز جذبی (Gy)	مرجع
TLD (برای مثال LiF)	خوانش گر ترمولومینسانس	۱۰ <sup>-۴</sup> تا ۱۰ <sup>۲</sup>	ISO/ASTM 51956
نیمه هادی MOSFET	خوانش گر الکترونیکی	۱ تا ۲۰۰	به منابع [۶] و [۷] کتاب نامه مراجعه شود
فیلم رادیو کرومیک	طیف نورسنج UV/visible، چگالی سنج عبوری/انعکاسی	۱۰ تا ۱۰ <sup>۵</sup>	ISO/ASTM 51275
آلانین	طیف سنج EPR	۱ تا ۱۰ <sup>۵</sup>	ISO/ASTM 51607
موج بر نوری رادیو کرومیک	وسایل نورسنجی با استفاده از نورسنجی طول موج دو گانه	۱ تا ۱۰ <sup>۴</sup>	ISO/ASTM 51310
اتاقک یونش	الکترومتر	به راحتی برای گستره دز پرتو دهی خون می تواند به کار رود	به منبع [۵] کتاب نامه مراجعه شود

۴-۲-۷ به منظور حصول اطمینان از باقی ماندن درستی اندازه‌گیری‌های دُز جذبی در محدوده مورد نیاز باید کالیبراسیون سیستم‌های دُزسنجی روتین در بازه‌های زمانی منظم، تکرار شود.

### ۳-۷ کاربردهای دُزسنجی

کاربردهای متعددی از سیستم‌های دُزسنجی در پرتودهی خون وجود دارد که می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

۱-۳-۷ سیستم دُزسنجی استاندارد انتقالی یا مرجع برای تعیین آهنگ دُز جذبی مرجع داخل مخزن استفاده می‌شود (برای جزئیات بیشتر به زیربند ۹-۳-۱ مراجعه شود)

۲-۳-۷ سیستم دُزسنجی روتین برای استقرار توزیع دُز جذبی (نگاشت) داخل مخزن به کار می‌رود (برای جزئیات بیشتر به زیربند ۹-۳-۲ مراجعه شود)

۳-۳-۷ سیستم دُزسنجی روتین برای پایش پرتوآوری روتین به کار می‌رود (برای جزئیات بیشتر به زیربندهای ۱۰-۳-۳ و ۱۱-۲ مراجعه شود)

### ۴-۷ فاکتورهایی اثرگذار بر پاسخ دُزسنج‌ها

۱-۴-۷ فاکتورهایی که بر پاسخ دُزسنج‌ها اثر می‌گذارند (عموماً به‌عنوان «کمیت‌های اثرگذار» بیان می‌شوند) شامل شرایط محیطی و تغییرات چنین شرایطی در پرتودهنده باید شناخته شده و اثر آن‌ها در نظر گرفته شود (به استانداردهای ISO/ASTM 52628، ISO/ASTM 52701 و استاندارد خاص سیستم دُزسنجی مراجعه شود).

۲-۴-۷ گستره ممکن انرژی فوتون برای کاربردهای پرتودهی خون از ۴۰ keV تا ۱٫۳۳ MeV است. به دلیل این که پاسخ بسیاری از دُزسنج‌های روتین به انرژی فوتون بستگی دارد، برای کالیبره کردن سیستم دُزسنجی در گستره‌های مناسب انرژی باید دقت شود.

## ۸ احراز صلاحیت نصب

### ۱-۸ هدف

هدف از برنامه احراز صلاحیت نصب، به دست آوردن و مستند کردن شواهدی است که پرتودهنده و دستگاه‌های اندازه‌گیری، مطابق با ویژگی‌های خود تحویل داده و نصب شده‌اند. احراز صلاحیت نصب شامل مستندسازی تجهیزات پرتودهنده و دستگاه‌های اندازه‌گیری، پیاده‌سازی آزمون، روش‌های اجرایی عملکرد و کالیبراسیون برای کاربرد آن‌ها و تصدیق نصب تجهیزات پرتودهنده و دستگاه‌های اندازه‌گیری مطابق با ویژگی‌های آن است. یادآوری - در جدول ب-۱ پیوست ب، برخی از مراحل توصیه شده در زمینه‌های احراز صلاحیت نصب، احراز صلاحیت عملکردی، احراز صلاحیت کارایی و پرتوآوری روتین را ارائه شده است. مراحل توصیه شده در جدول ب-۱ پیوست ب جامع نیستند.

## ۲-۸ مستندسازی تجهیزات

یک برنامه احراز صلاحیت نصب را که شامل توصیف‌هایی از ابزار و تجهیزات و دستگاه‌های اندازه‌گیری نصب‌شده در سامانه پرتودهی خون باشد، مقرر و مستند کنید. این مستندسازی به‌مدت عمر پرتودهنده باید نگهداری شود و حداقل شامل موارد زیر باشد:

۱-۲-۸ توصیفی از ویژگی‌های پرتودهنده، مشخصه‌ها و پارامترها شامل هر اصلاح انجام شده هنگام نصب و پس از آن؛

۲-۲-۸ توصیفی از مکان پرتودهنده داخل سایت کاربر شامل ارتباط آن با هر وسیله تهیه‌شده برای تفکیک محصولات پرتودهی شده از پرتودهی نشده؛

۳-۲-۸ دستورالعمل‌های عملکرد و روش‌های اجرایی استاندارد عملکرد برای پرتودهنده و دستگاه‌های اندازه‌گیری مرتبط؛

۴-۲-۸ توصیف ساخت و عملکرد سیستم کنترل و جابه‌جایی محصول؛

۵-۲-۸ روش‌های اجرایی و مستندات اخذ پروانه و ایمنی شامل موارد الزام شده توسط مراجع ذی‌صلاح قانونی و ایمنی و سلامت شغلی؛

۶-۲-۸ توصیفی از برنامه کالیبراسیون برای حصول اطمینان از این‌که همه تجهیزات فرآیند که ممکن است بر تحویل دُز جذبی اثرگذار باشند، به‌طور دوره‌ای کالیبره می‌شوند (برای مثال مکانیسم راه‌اندازی مجدد زمان‌سنج روی یک پرتودهنده گاما)؛

۷-۲-۸ توصیف‌ها، روش‌های اجرایی عملکردی و روش‌های اجرایی کالیبراسیون برای سیستم‌ها یا دستگاه‌های اندازه‌گیری مرتبط (مانند آن‌هایی که برای دُزسنجی استفاده می‌شوند).

## ۳-۸ آزمون تجهیزات و کالیبراسیون

همه دستگاه‌ها و تجهیزات فرآیند که ممکن است بر دُز جذبی اثرگذار باشند را به‌منظور تصدیق عملکرد رضایت‌بخش پرتودهنده مطابق با ویژگی‌های طراحی، مورد آزمون قرار دهید.

۱-۳-۸ یک برنامه مستندسازی شده کالیبراسیون را به‌کار گیرید تا اطمینان حاصل کنید که همه دستگاه‌ها و تجهیزات فرآیند که امکان تأثیر بر تحویل دُز جذبی را دارند، به‌طور دوره‌ای کالیبره می‌شوند.

۲-۳-۸ در صورت ایجاد هر اصلاح یا تغییری در تجهیزات پرتودهنده یا دستگاه‌های اندازه‌گیری در هنگام مراحل احراز صلاحیت نصب، باید آن‌ها را دوباره مورد آزمون قرار دهید.

## ۹ احراز صلاحیت عملکردی

### ۱-۹ هدف

هدف از احراز صلاحیت عملکردی پرتودهنده، استقرار داده‌های مبنا<sup>۱</sup> برای ارزیابی اثربخشی پرتودهنده، قابلیت پیش‌بینی و تجدیدپذیری در گستره شرایط عملکرد برای پارامترهای کلیدی فرآیند مؤثر بر دُز جذبی در فرآورده‌های خونی است. به‌عنوان بخشی از این فرآیند، دُزسنجی را می‌توان برای موارد زیر انجام داد:

الف- استقرار روابط بین دُز جذبی برای هندسه تجدیدپذیر و برای پارامترهای عملکردی پرتودهنده؛

ب- اندازه‌گیری دُز جذبی در ماده معادل خون یا سایر مواد مرجع؛

پ- اندازه‌گیری آهنگ دُز جذبی در یک موقعیت مرجع داخل مخزن پُر شده با خون یا محصول شبیه‌سازی‌شده.

۱-۱-۹ در برخی موارد احراز صلاحیت عملکردی ممکن است پیش از انتقال پرتودهنده به سایت مشتری شروع شود. به‌عنوان بخشی از معیارهای «ترخیص برای انتقال»، تولید‌کننده پرتودهنده ممکن است نگرانی دُز جذبی را برای استقرار داده‌های مبنا انجام دهد. پس از این‌که پرتودهنده در سایت کاربر نصب شد، احراز صلاحیت عملکردی به‌عنوان بخشی از طرح تضمین کیفیت کاربر انجام می‌شود (به استاندارد ISO/ASTM 52116 مراجعه شود).

### ۲-۹ سیستم‌های دُزسنجی

سیستم‌های دُزسنجی روتین را مطابق با زیربند ۷-۲، کالیبره کنید.

### ۳-۹ مشخصه‌یابی پرتودهنده

دُز جذبی دریافت‌شده توسط هر قسمتی از فرآورده‌های خونی به پارامترهای پرتودهنده (مانند اکتیویته چشمه در زمان پرتودهی، هندسه چشمه، فاصله چشمه تا محصول و هندسه پرتودهی) و پارامترهای فرآیند (مانند زمان پرتودهی، ترکیب محصول و چگالی و چیدمان بارگذاری محصول داخل مخزن) بستگی دارد.

### ۱-۳-۹ آهنگ دُز جذبی

سیستم دُزسنجی استاندارد مرجع یا انتقالی قابل ردیابی به استانداردهای شناخته‌شده ملی یا بین‌المللی، باید برای اندازه‌گیری آهنگ دُز جذبی داخل فرآورده‌های خونی یا محصول شبیه‌سازی‌شده در یک موقعیت مرجع (مانند مرکز حجم محصول یا محصول شبیه‌سازی‌شده) هنگامی که محصول شبیه‌سازی‌شده تقریباً تمام حجم پرتودهی را پُر می‌کند، استفاده شود. آهنگ دُز جذبی در موقعیت مرجع باید رابطه تجدیدپذیر و مستندسازی‌شده با آهنگ دُز جذبی در مکان‌های دُز بیشینه و دُز کمینه داخل حجم محصول یا محصول

شبیه‌سازی شده داشته باشد. این اندازه‌گیری آهنگ دُز جذبی در موقعیت مرجع باید برای استقرار پارامترهای عملکردی (مانند تنظیمات زمان‌سنج) لازم برای تحویل گستره مشخص دُز جذبی به کار رود. **یادآوری** - اگر شرایط پرتودهی با شرایط هنگام اندازه‌گیری‌های آهنگ دُز مرجع متفاوت باشد، این نتایج ممکن است کاربرد نداشته باشند.

۱-۳-۹-۱ بیشتر تولیدکنندگان پرتودهنده‌های خون، پس از نصب (یا در مورد برخی دستگاه‌ها پیش از انتقال) پرتودهنده از سیستم دُزسنجی استاندارد مرجع برای اندازه‌گیری آهنگ دُز جذبی در یک موقعیت مرجع داخل محصول شبیه‌سازی شده استفاده می‌کنند.

**یادآوری** - برای دُزسنجی استاندارد مرجع، دُز جذبی و آهنگ دُز جذبی به صورت دُز جذبی و آهنگ دُز جذبی آب، بیان می‌شوند.

۲-۳-۹-۱ اندازه‌گیری آهنگ دُز جذبی در موقعیت مرجع باید به‌طور دوره‌ای (برای مثال سالیانه) و پیرو هر تغییری در چشمه، هندسه پرتودهی یا سایر پارامترهای پرتودهنده که می‌توانند بر آهنگ دُز جذبی اثرگذار باشند، تکرار شود.

**یادآوری** - تا حد ممکن، اندازه‌گیری‌های بعدی آهنگ دُز در شرایط مشابه باید انجام شود تا امکان مقایسه مستقیم بین نتایج آزمون فراهم شود. این نتایج باید با نتایج اندازه‌گیری‌های پیشین توافق داشته باشند، واپاشی چشمه (در صورت کاربرد) یا سایر فاکتورهای شناخته‌شده که می‌توانند بر دُز اثرگذار باشند، در نظر گرفته می‌شوند. اختلاف‌های غیرقابل توضیح که خارج از حد عدم قطعیت ترکیبی برای دو روش اجرایی هستند باید بررسی شوند، زیرا می‌توانند مشکلات دُزسنجی یا عملکرد پرتودهنده را نشان دهند.

### ۲-۳-۹ نگاشت دُز

به‌طور ایده‌آل، پرتوآوری برای پرتودهی یکنواخت خون در تمام حجم پرتودهی شده طراحی می‌شود، در واقعیت، تغییر حتمی در دُز جذبی سراسر محصول وجود خواهد داشت. فرآیند مشخصه‌یابی پرتودهنده شامل نگاشت توزیع دُز جذبی برای خون یا محصول شبیه‌سازی شده و شناسایی بزرگی‌ها و مکان‌های دُز بیشینه و دُز کمینه داخل مخزن برای مجموعه مشخصی از پارامترهای عملکردی (برای مثال تنظیمات زمان‌سنج، چیدمان بارگذاری محصول) است.

۱-۲-۳-۹ نگاشت توزیع دُز جذبی باید با قرار دادن دُزسنج‌ها در تمام محصول واقعی یا شبیه‌سازی شده انجام شود. الگوهایی برای جاگذاری باید به کار برده شوند که بتوانند مکان‌های دُز بیشینه و دُز کمینه را شناسایی کنند. معمولاً فرآورده‌های خونی، نسبتاً به چشمه پرتوی نزدیک هستند که منجر به گرادیان‌های قابل توجه دُز جذبی در نواحی مرزی حجم خون یا اجزای خونی می‌شود. بنابراین انتخاب دُزسنج با تفکیک فضایی کافی برای آشکار کردن این گرادیان‌ها مهم است. (برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد نگاشت دُز به زیربند ۱۰-۳ مراجعه شود).

**یادآوری ۱** - در مورد پرتودهی‌های ایستا (مانند هنگامی که محصول در مرکز آرایه حلقوی چشمه قرار می‌گیرد)، نگاشت دُز باید در سه بُعد انجام شود.

یادآوری ۲- داده‌های دُزسنجی پرتودهنده‌های از پیش مشخصه‌یابی شده با همان طراحی یا محاسبات تئوری می‌توانند اطلاعات مفیدی را برای تعیین تعداد و مکان‌های مجموعه‌های دُزسنج مورد نیاز، برای این فرآیند مشخصه‌یابی را فراهم کنند.

۲-۲-۳-۹ اطلاعات نگاشت دُز ممکن است به‌صورت جدول مقادیر دُز در مکان‌های خاص یا به‌عنوان منحنی‌های هم‌دُز تهیه شوند.

۳-۲-۳-۹ تغییرات در سیستم جابه‌جایی و کنترل محصول (برای مثال صفحه چرخان تجهیز پرتودهی) یا مشخصه‌های چشمه پرتو مستلزم نگاشت دُز جذبی جدیدی است.

### ۳-۳-۹ دُز گذار

دُز گذار و ارتباط آن با دُز جذبی کل باید مدنظر قرار گیرد.

۱-۳-۳-۹ دُزسنجی انجام شده در همان سطح دُز مورد استفاده برای پرتودهی خون، شامل سهم دُز گذار است. بنابراین معمولاً اندازه‌گیری دُز گذار به‌صورت مجزا لازم نیست.

## ۱۰ احراز صلاحیت کارایی

### ۱-۱۰ هدف

منظور از احراز صلاحیت کارایی اطمینان از امکان برآورده شدن الزامات دُز جذبی برای فرآورده‌های خونی، توسط روش اجرایی انتخاب شده پرتودهی است. معمولاً مراجع قانونی و ذی‌صلاح، دُزهای جذبی بیشینه و کمینه برای فرآیند را مشخص می‌کند. استقرار پارامترهای فرآیند برای برآورده کردن این الزامات دُز جذبی توسط نگاشت دُز جذبی مخزن پُر شده با فرآورده‌های خونی (یا محصول شبیه‌سازی‌شده) در یک چیدمان بارگذاری مشخص انجام می‌شود.

### ۲-۱۰ چیدمان بارگذاری محصول

چیدمان بارگذاری داخل مخزن‌های پرتودهی باید برای هر نوع فرآورده خونی مقرر شود. مستندسازی برای این چیدمان بارگذاری باید شامل ویژگی‌های پارامترهای اثرگذار بر توزیع دُز جذبی باشد. برای پرتودهی خون این پارامترها می‌توانند شامل حجم فرآورده خونی و اندازه و شکل کیسه خون یا اجزای خونی باشد. مخزن نباید بیشتر از بیشینه حجم طراحی شده‌اش بارگذاری شود.

### ۳-۱۰ نگاشت دُز جذبی محصول یا محصول شبیه‌سازی‌شده

برای فرآورده خونی یک دُز کمینه برای دستیابی به اثر مطلوب و یک دُز بیشینه قابل تحمل برای خون بدون کاهش غیرقابل قبول در کیفیت وجود دارد. هر دوی این حدود معمولاً توسط مراجع قانونی و ذی‌صلاح مرتبط

معین می‌شوند. مکان‌های نواحی دُز بیشینه و کمینه را برای چیدمان انتخاب شده بارگذاری محصول از داده‌های نگاهت دُز مقرر کنید.

۱-۳-۱۰ نتایج نگاهت دُز جذبی برای تعیین میزان یکنواختی دُز به کار می‌روند. در برخی موارد می‌توان، پارامترهای فرآیند یا پرتودهنده برای بهبود یکنواختی دُز (برای مثال کاهش حجم خون برای مستثنی کردن آن از نواحی با آهنگ‌های دُز بالا یا پایین) را تغییر داد.

۱-۳-۲ در صورت وقوع هر تغییری در هندسه پرتودهی یا حالت عملکرد که می‌تواند بر بزرگی یا مکان کران‌های دُز جذبی اثرگذار باشند، نگاهت دُز جذبی را تا اندازه لازم برای استقرار اثر، تکرار کنید. به‌علاوه، آهنگ دُز مقرر شده باید تصدیق شود.

### ۱-۳-۳ موقعیت پایش روتین

اگر پایش روتین هنگام فرآیند لازم باشد، یک موقعیت پایش روتین برای چیدمان بارگذاری انتخاب شده شناسایی کنید که می‌تواند برای مثال مکان دُز بیشینه یا دُز کمینه یا یک موقعیت جایگزین درون یا روی مخزن باشد. دُزسنج‌ها یا نشانگرها باید در این موقعیت(ها) هنگام فرآوری روتین جاگذاری شوند، بنابراین قابلیت دسترسی باید مدنظر قرار گیرد. هنگام نگاهت دُز، دُزسنج‌ها باید در این مکان قرارداد شوند تا رابطه بین دُز در این مکان و دُز بیشینه و دُز کمینه مقرر شود. این رابطه باید تجدیدپذیر بوده و به‌عنوان الزامات کنترل فرآیند مستندسازی شود.

### ۱-۴-۴ استقرار پارامترهای عملکردی

برای اطمینان از این‌که دُز جذبی در محدوده مشخص شده است، مقادیر پارامترهای عملکردی برای چیدمان انتخاب شده بارگذاری محصول و خصوصیات دُز باید مقرر شوند. این مقادیر بر اساس نتایج نگاهت دُز جذبی توصیف شده در زیربند ۱-۳-۳ به همراه نتایج اندازه‌گیری‌های استاندارد مرجع یا انتقالی آهنگ دُز جذبی در یک موقعیت مرجع مقرر می‌شوند (به زیربند ۱-۳-۹ مراجعه شود). برای بیشتر سامانه‌های پرتودهی گاما، دُز جذبی با تنظیم یک پارامتر عملکردی منفرد مانند تنظیمات زمان‌سنج، کنترل می‌شود. مقادیری که برای پارامترهای عملکردی مقرر می‌شوند، باید به توزیع دُز جذبی در محدوده مشخص شده تمام حجم پرتودهی منجر شود.

### ۱-۴-۱ محاسبات تنظیمات زمان‌سنج

مقدار زمان ( $t$ ) مورد نیاز برای تحویل دُز مطلوب،  $D$ ، به موقعیت مرجع طبق فرمول (۴) به‌دست می‌آید:

$$t = \frac{D}{DR} \quad (۴)$$

که در آن:

$DR$  آهنگ دُز جذبی فعلی در موقعیت مرجع است.

## ۱۰-۴-۲ تنظیم برای واپاشی رادیواکتیو

یک محاسبه مهم در استفاده از چشمه‌های گاما، تصحیح واپاشی رادیواکتیو است. برای یک چشمه رادیونوکلئید خالص، کاهش نمایی اکتیویته  $A$ ، طبق فرمول (۵) محاسبه می‌شود:

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad (۵)$$

که در آن:

$A_t$  اکتیویته چشمه در زمان  $t$ ؛

$A_0$  اکتیویته معلوم در زمانی پیشین ( $t=0$ )؛

$\lambda$  ثابت واپاشی برای رادیونوکلئید موردنظر است.

۱۰-۴-۲-۱ با استفاده از مقادیر نیمه‌عمرهای ارائه شده در زیربند ۶-۱-۳، مقادیر  $\lambda$  برای  $^{60}\text{Co}$  و  $^{137}\text{Cs}$  برابر هستند با:

$$\lambda = 3,600,39 \times 10^{-4} \quad \text{برای } ^{60}\text{Co} \quad (۶)$$

$$\lambda = 6,290,87 \times 10^{-5} \quad \text{برای } ^{137}\text{Cs} \quad (۷)$$

۱۰-۴-۲-۲ در عمل، آهنگ دُز جذبی به‌جای اکتیویته در فرمول (۵) می‌تواند جایگزین شود. آهنگ دُز جذبی مقرر شده هنگام احراز صلاحیت عملکردی یا هنگام مشخصه‌یابی بعدی پرتودهنده با سیستم دُزسنجی استاندارد مرجع یا انتقالی (به زیربند ۹-۳-۱ مراجعه شود)، مقدار آن را در  $t=0$  فراهم می‌کند. آهنگ دُز جذبی در  $t$  روز بعد، از فرمول (۵) با استفاده از مقدار  $\lambda$  برای رادیونوکلئید مناسب از فرمول (۶) یا فرمول (۷) می‌تواند محاسبه شود.

۱۰-۴-۲-۳ معمولاً برای پرتودهنده‌ها با چشمه رادیونوکلئید  $^{137}\text{Cs}$ ، برای جبران کاهش اکتیویته به‌دلیل واپاشی رادیواکتیو و ادامه تحویل دُز در محدوده مشخص شده، تنظیمات زمان‌سنج تقریباً ۱٪ در هر شش ماه افزایش داده می‌شود. معمولاً برای پرتودهنده‌ها با چشمه رادیونوکلئید  $^{60}\text{Co}$  تنظیمات زمان‌سنج تقریباً ۱٪ در هر ماه افزایش داده می‌شود.

## ۱۱ فرآوری روتین محصول

### ۱۱-۱ پارامترهای عملکردی و کنترل

پیش از پرتودهی روتین فرآورده خونی، پارامترهای عملکردی را همان‌طور که در هنگام احراز صلاحیت کارایی استقرار یافته (در صورت لزوم با در نظر گرفتن واپاشی چشمه)، تنظیم کنید. همه پارامترهای عملکردی مهم که می‌توانند بر توزیع دُز جذبی اثرگذار باشند، باید هنگام فرآوری روتین کنترل و پایش شوند. این پارامترها برای پرتودهنده‌های گاما شامل بارگذاری محصول، تنظیمات زمان‌سنج و چرخش صفحه چرخان و برای پرتودهنده‌های پرتو ایکس شامل بارگذاری محصول، جریان و ولتاژ تیوب و چرخش مخزن در صورت کاربرد



است. پارامترهای فرآیند را کنترل، پایش و مستندسازی کنید تا اطمینان حاصل شود که محصول در تطابق با ویژگی‌های آن فرآوری می‌شود. در صورت انحراف پارامترهای عملکردی از حدود تعیین شده فرآیند، اقدامات مناسب را اتخاذ کنید.

#### ۱۱-۲ پایش روتین پرتو فرآوری

اندازه‌گیری‌های روتین دُز جذبی فرآورده خونی به حصول اطمینان از تیمار محصول در گستره دُز تعیین شده برای فرآوری، کمک خواهد کرد. ممکن است دُز جذبی در یک موقعیت پایش روتین اندازه‌گیری شود (به زیربند ۱۰-۳-۳ مراجعه شود). نشانگرهای حساس به پرتو برای پایش پرتو فرآوری ممکن است به کار روند (به استاندارد ISO/ASTM 51539 مراجعه شود). به منظور آشکارسازی هر مورد غیرعادی هنگام پرتو دهی، بیش از یک موقعیت پایش روتین ممکن است به کار رود.

#### ۱۱-۲-۱ پایش فرآیند با استفاده از دُزسنج‌ها

پایش روتین فرآیند با استفاده از سیستم دُزسنجی روتین ممکن است، انجام شود. دُزسنجی روتین بخشی از فرآیند تصدیق برای برقراری تحت کنترل بودن پرتو فرآوری است. **یادآوری** - توزیع دُز جذبی داخل مخزن از آخرین نگاهت دُز معلوم است. با این وجود، به کارگیری تعداد کافی دُزسنج که به صورت هوشمندانه قرار داده شده‌اند، برای تأیید تطابق دُز جذبی تحویلی با ویژگی‌ها استفاده می‌شود. در عملکرد روتین پرتو دهنده خون، اندازه‌گیری‌های دُز جذبی انجام شده در محصول در بازه‌های زمانی منظم، سوابق کنترل کیفی مستقل فرآیند را برای کاربر و مراجع قانونی و ذی‌صلاح فراهم می‌کند. هنگامی که دُز کمینه توسط مراجع قانونی و ذی‌صلاح تعیین شده باشد، توانایی اندازه‌گیری دُز جذبی با کنترل آماری مناسب، لازمه مهم «عملیات خوب ساخت» (GMPs)<sup>۱</sup> است.

#### ۱۱-۲-۱-۱ مکان(های) دُزسنج

هنگام به کارگیری، یک یا تعداد بیشتری دُزسنج را روی کیسه خون یا کیسه اجزای خون در مکان‌های از پایش تعیین شده دُز بیشینه و دُز کمینه یا در یک موقعیت پایش روتین قرار دهید (به زیربندهای ۱۰-۳-۳ و ۱۱-۲ مراجعه شود). تحت شرایط از پایش تعریف شده عملکرد، دُز جذبی در موقعیت پایش روتین رابطه کمی و تجدیدپذیر با دُز بیشینه و دُز کمینه دارد (به زیربند ۱۰-۳-۳ مراجعه شود).

#### ۱۱-۲-۱-۲ فرکانس جاگذاری دُزسنج

به منظور تصدیق این که دُز جذبی دریافتی محصول در حدود مشخص شده قرار می‌گیرد، تعداد کافی کیسه برای جاگذاری مجموعه‌های دُزسنج بر روی آن‌ها باید انتخاب شوند. ممکن است مرجع قانونی و ذی‌صلاح مرتبط این فرکانس را تعیین کند.

۱۱-۲-۲ پایش فرآیند می تواند با استفاده از نشانگرهای حساس به پرتوپایش روتین فرآیند برای دستیابی به نشانه چشمی و کیفی از این که محصول پرتودهی شده است انجام شود.

یادآوری - استفاده از نشانگرهای حساس به پرتو، جایگزینی برای استفاده از دُزسنجها نیست. نشانگرها نمی توانند دُز را اندازه گیری کنند، ولیکن فقط به صورت کیفی نشان می دهند که کیسه خون پرتودهی شده است.

#### ۱۱-۲-۲-۱ مکان نشانگر حساس به پرتو

هنگام استفاده، یک یا تعداد بیشتری نشانگر را روی فرآورده خونی در مکان(های) از پایش تعیین شده قابل دسترس، قرار دهید.

#### ۱۱-۲-۲-۲ فرکانس جای گذاری نشانگر حساس به پرتو

تعداد کافی کیسه برای جای گذاری نشانگرها روی آنها باید انتخاب شوند تا قرارگیری محصول در معرض پرتوهای یون ساز تصدیق شود. این فرکانس توسط مرجع قانونی و ذیصلاح مرتبط، ممکن است تعیین شده باشد.

#### ۱۱-۳ اثرات محیطی

در صورت وجود هر تغییری در محیط (برای مثال دما یا رطوبت) دُزسنج یا نشانگر حساس به پرتو هنگام پرتوفراوری یا نگهداری پیش یا پس از پرتودهی، پاسخ دُزسنج و نشانگر ممکن است تحت تأثیر واقع شود. اگر تغییری رخ دهد، در صورت امکان پاسخ دُزسنج را برای چنین اثری تصحیح کنید. پاسخ نشانگر حساس به پرتو نمی تواند برای چنین شرایطی تصحیح شود و بنابراین باید هنگام استفاده از نشانگرها در آن شرایط دقت شود. همچنین باید در کنترل، جابه جایی و نگهداری دُزسنجها و نشانگرها پیش و پس از پرتودهی دقت شود (به استانداردهای ISO/ASTM 52701 و ISO/ASTM 51539 و برای هر نوع سیستم دزسنجی به استاندارد مربوطه در زیربندهای ۲-۳ تا ۲-۱۲ مراجع الزامی مراجعه شود).

#### ۱۱-۴ خون و اجزای خونی سرد شده یا منجمد

دُز جذبی، تابعی از دمای فرآورده خونی، در هنگام پرتودهی نیست. با این حال، پاسخ دُزسنج و نشانگر حساس به پرتو ممکن است تابعی از دما باشد. اطلاعات نگاشت دُز برای محصول شبیه سازی شده (ارائه کننده هندسه محصول واقعی) در دمای محیط را می توان برای محصول سرد شده یا منجمد به کار برد. در صورت انجام دُزسنجی روتین با محصول سرد شده، دمای دُزسنج را هنگام پرتودهی خون و اجزای خونی سرد شده یا منجمد تعیین کنید و در صورت کاربرد، تصحیح دمایی مناسب را به کار برید.

## ۱۱-۵ مخزن‌های کامل بارگذاری نشده

پرتودهی ممکن است با محصول کمتری از آنچه برای نگاشت دُز هنگام فرآیند احراز صلاحیت کارایی انجام شده است، صورت گیرد (به زیربند ۱۰-۳ مراجعه شود). برای مخزن‌های کامل بارگذاری نشده، دُز بیشینه دریافت شده محصول ممکن است از دُز بیشینه اندازه‌گیری شده در مخزن کامل بارگذاری شده بزرگ‌تر باشد. بنابراین برای حصول اطمینان از این‌که هنگام پرتودهی روتین، دُز بیشینه از مقدار مجاز قانونی (در صورت کاربرد) فراتر نمی‌رود، باید دقت شود. تغییرات توزیع دُز جذبی ناشی از مخزن‌های کامل بارگذاری نشده را می‌توان با استفاده از محصول شبیه‌سازی شده که در مکان‌های مناسب داخل مخزن قرار داده شده است، به حداقل رساند.

## ۱۲ حفظ صحت‌گذاری

بررسی‌های مکانیکی و الکترونیکی کل پرتودهنده باید به‌صورت دوره‌ای برای تضمین کارکرد پایدار پرتودهنده مطابق ویژگی‌های آن انجام شود. همچنین نگاشت دُز جذبی پرتودهنده به‌طور معمول، باید در چرخه سالیانه انجام شود و هنگام وجود تغییراتی در پرتودهنده که می‌تواند بر توزیع دُز در فرآورده خونی اثرگذار باشد، باید تکرار شود.

## ۱۳ عدم قطعیت اندازه‌گیری

۱۳-۱ همه اندازه‌گیری‌های دُز، لازم است که با تخمین عدم قطعیت همراه باشند. روش‌های اجرایی مناسب در استانداردهای ISO/ASTM 51707 و ISO/ASTM 51261 ارائه شده‌اند (همچنین به استاندارد GUM مراجعه شود).

۱۳-۲ همه مؤلفه‌های عدم قطعیت اندازه‌گیری شامل آن‌هایی که ناشی از کالیبراسیون، تغییرپذیری دُزسنج، تجدیدپذیری دستگاه و اثر کمیت‌های تأثیرگذار هستند، باید در تخمین گنجانده شوند. آنالیز کمی مؤلفه‌های عدم قطعیت به‌طور کامل، به‌عنوان یک بیان عدم قطعیت، مورد مراجعه قرار گرفته و اغلب به‌صورت جدول ارائه می‌شود. به‌طور معمول، بیان عدم قطعیت همه مؤلفه‌های مهم عدم قطعیت به‌همراه روش‌های تخمین آن‌ها، توزیع‌های آماری و بزرگی آن‌ها را مشخص می‌کند.

## پیوست الف

### (آگاهی‌دهنده)

#### مشخصه‌های برخی از دُزسنج‌های روتین

##### الف-۱ سیستم دُزسنجی ترمولومینسانس (TLD)

الف-۱-۱ برای اطلاعات بیشتر در مورد این سیستم دُزسنجی به استاندارد ISO/ASTM 51956 مراجعه شود.

گستره قابل کاربرد دُز: از  $10^{-4}$  Gy تا  $10^3$  Gy

گستره قابل کاربرد آهنگ دُز: از  $10^{-2}$  Gy/s تا  $10^{10}$  Gy/s

کاربرد: الکترون‌ها/پرتو گاما/پرتو ایکس (تابش ترمزی)

مشخصه‌های فیزیکی TLD: پس از پرتو دهی، هنگامی که ماده کریستالی تحت برنامه گرمادهی کنترل شده دقیق قرار می‌گیرد، الکترون‌ها و حفره‌های آزاد شده از ترازهای گیرانداز با گسیل نور مشخصه بازترکیب می‌شوند. رایج‌ترین مواد به‌کار گرفته شده برای دُزسنج ترمولومینسانس  $LiF$ ،  $CaF_2$ ،  $CaSO_4$  و  $Li_2Bi_4O_7$  هستند. این دُزسنج کوچک بوده و مواد به‌شکل پودر، قرص، کریستال‌های تک یا در تیوب‌ها یا حباب‌های شیشه‌ای بسته یا معلق در پلاستیک استفاده می‌شوند.

مشخصه‌های دستگاهی: خوانش گر چرخه گرمایی ترمولومینسانس.

فاکتورهای محیطی:

- دما: عموماً حساس نیست، اگرچه بسته به ماده تغییر می‌کند.
- رطوبت: عموماً حساس نیست، اگرچه بسته به ماده تغییر می‌کند.
- نور محیط: بسته به ماده تغییر می‌کند.
- زمان: TLDها عموماً پس از پرتو دهی محوشدگی دارند. زمان خوانش پس از پرتو دهی باید کنترل شود.
- وابستگی انرژی: به تغییرات انرژی پرتو ایکس حساس است.

##### الف-۲ دُزسنج MOSFET

الف-۲-۱ برای اطلاعات بیشتر در مورد این سیستم دُزسنجی به منابع [۶] و [۷] کتاب‌نامه مراجعه شود.

گستره قابل کاربرد دُز: از ۱ Gy تا ۲۰۰ Gy

گستره قابل کاربرد آهنگ دُز: از  $10^{-2}$  Gy/s تا  $10^8$  Gy/s

کاربرد: الکترون‌ها/پرتو گاما (تابش ترمزی)

مشخصه‌های فیزیکی دُزسنج: این دُزسنج‌ها شامل تراشه‌های نیمه‌هادی هستند که مشخصه‌های الکتریکی آن‌ها به‌طور دائمی با پرتو دهی تغییر می‌کند. اثر الکتریکی به‌صورت الکترونیکی اندازه‌گیری می‌شود و با دُز جذبی در

گستره دُز مشخص شده رابطه خطی دارد. دُزسنج کوچک بوده و به شکل مجموعه ترانزیستوری بسته با پین‌هایی به منظور ایجاد ارتباط الکتریکی برای خوانش ارائه می‌شود. دُزسنج اطلاعات دُز را نگهداری می‌کند. مشخصه‌های دستگاهی: دستگاه، یک سنجش‌گر الکترونیکی است که تغییر در ولتاژ دُزسنج را اندازه‌گیری کرده و به طور مستقیم به دُز جذبی تبدیل می‌کند. معمولاً از یک چاپگر استفاده می‌شود که اطلاعات دُز جذبی و زمان و تاریخ را چاپ می‌کند. به کارگیری خوانش‌گر به مهارت خاصی نیاز ندارد. فاکتورهای محیطی:

- دما: حساس نیست.
- رطوبت: حساس نیست.
- نور محیط: حساس نیست.
- زمان: خوانش دُزسنج با زمان پس از پرتودهی ممکن است تغییر کند.
- وابستگی انرژی: حساس به تغییر در انرژی پرتو ایکس

### الف-۳ سیستم دُزسنجی فیلم رادیوکرومیک

الف-۳-۱ برای اطلاعات بیشتر در مورد این سیستم دُزسنجی به استاندارد ISO/ASTM 51275 و مدرک ICRU 80 مراجعه شود.

گستره قابل کاربرد دُز: از ۱ Gy تا  $10^5$  Gy  
گستره قابل کاربرد آهنگ دُز:  $10^{13}$  Gy/s <  
کاربرد: الکترون‌ها/پرتو گاما/پرتو ایکس (تابش ترمزی)  
مشخصه‌های فیزیکی: این دُزسنج‌ها حاوی رنگ‌هایی هستند که با پرتودهی تغییر رنگ می‌دهند. ضخامت فیلم از چند میکرومتر تا حدود ۱ mm تغییر می‌کند.  
مشخصه‌های دستگاهی: طیف‌سنج نوری VIS/UV (طول موج‌های مختلف)  
فاکتورهای محیطی:

- دما: این دُزسنج بسته به نوع فیلم، وابستگی مثبت به دمای پرتودهی دارد و باید از دماهای بالای  $^{\circ}\text{C}$  ۶۰ محافظت شود.
- رطوبت: برخی به رطوبت حساس هستند (ممکن است در پوشش‌های پلاستیکی مقاوم در برابر آب، بسته شوند)
- نور محیط: این دُزسنج‌ها به شرایط نوری محیط حساس هستند، مخصوصاً نور محیط با طول‌موج‌های کمتر از ۳۷۰ nm.
- وابستگی انرژی: به تغییرات انرژی پرتو ایکس حساس است.

#### الف-۴ سیستم دُزسنجی آلانین/EPR

الف-۴-۱ برای اطلاعات بیشتر در مورد این سیستم دُزسنجی به استاندارد ISO/ASTM 51607 و مدرک ICRU 80 مراجعه شود.

گستره قابل کاربرد دُز: از ۱ Gy تا  $10^5$  Gy

گستره قابل کاربرد آهنگ دُز:  $10^1$  Gy/s <

کاربرد: الکترون‌ها/پرتو گاما/پرتو ایکس (تابش ترمزی)

مشخصه‌های فیزیکی: این دُزسنج به شکل قرص، میله‌های کوچک یا طناب‌های با قطر ۳ mm تا ۵ mm و طول‌های مختلف و عمدتاً حاوی آلانین- $\alpha$  و مقدار کمی پارافین یا سایر مواد چسبنده استفاده می‌شود.

مشخصه‌های دستگاهی: طیف سنج EPR

فاکتورهای محیطی:

- دما: ضریب دمای پرتودهی با میزان ترکیب آلانین تغییر می‌کند.
- رطوبت: تا حدی به رطوبت حساس است. ممکن است لازم باشد شرایط خاصی از پیش برآورده شود.
- نور محیط: عموماً به نور UV حساس نیست.
- وابستگی انرژی: به تغییرات انرژی پرتو ایکس حساس است.

#### الف-۵ سیستم دُزسنجی موج‌بر نوری رادیوکرومیک<sup>۱</sup>

الف-۵-۱ برای اطلاعات بیشتر در مورد این سیستم دُزسنجی به استاندارد ISO/ASTM 51310 مراجعه شود.

گستره قابل کاربرد دُز: از ۱ Gy تا  $10^4$  Gy

گستره قابل کاربرد آهنگ دُز:  $10^3$  Gy/s <

کاربرد: پرتو گاما/پرتو ایکس (تابش ترمزی)

مشخصه‌های فیزیکی: این دُزسنج‌ها متشکل از رنگ‌های (HHEVC)<sup>۲</sup> داخل موج‌بر نوری پلاستیکی قابل انعطاف (معمولاً با قطر ۳ mm و طول ۵ cm) بسته شده در هر دو سر توسط مهره‌های شیشه‌ای یا پلاستیکی یا میله‌های کوچک هستند.

مشخصه‌های دستگاهی: ابزارهای نورسنج با استفاده از نورسنجی طول موج دوتایی

فاکتورهای محیطی:

- دما: این دُزسنج می‌تواند در دماهای پرتودهی از  $78^\circ\text{C}$  تا  $60^\circ\text{C}$  استفاده شود.
- رطوبت: غیرقابل کاربرد

---

1- Radiochromic optical waveguide dosimetry system

2- Hexa (hydroxyethyl) aminotriphenylacetonitrile

- نور محیط: این دُزسنج‌ها به شرایط نوری محیط حساس هستند، مخصوصاً نور محیط با طول‌موج‌های کمتر از ۳۷۰ nm.
- وابستگی انرژی: به تغییرات انرژی پرتو ایکس حساس است.

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

تضمین کیفیت برای پرتوهای خون

جدول ب-۱- مراحل توصیه شده تضمین کیفیت برای پرتوهای خون

بند مربوط	زمان انجام	روش اجرایی
۸	توسط تولید کننده پیش و پس از نصب انجام مستمر	احراز صلاحیت نصب: آزمون مکانیکی و نرم‌افزاری استقرار و نگهداری مستندات سامانه
۹	طبق نصب و پس از هر تغییری	احراز صلاحیت عملکردی: اندازه‌گیری آهنگ دُز جذبی در یک موقعیت مرجع نگاشت دُز جذبی مخزن پُر شده با محصول شبیه‌سازی شده انجام کالیبراسیون سیستم دُزسنج روتین
۱۰	پیش از شروع فرآوری روتین. در بازه‌های زمانی منظم تکرار می‌شود.	احراز صلاحیت کارایی: برای هر محصول، یک چیدمان بارگذاری تعریف کنید (برای مثال جهت‌گیری محصول، بیشینه تعداد واحدهای پرتوهای شده در یک زمان) پارامترهای عملکردی را برای دستیابی به گستره مشخص شده دُز مقرر کنید. روش‌های اجرائی عملکردی استاندارد حاکم بر چیدمان بارگذاری، استفاده از نشانگرهای حساس به پرتو و سیستم‌های دُزسنجی روتین را فراهم کنید. تصدیق آهنگ دُز با استفاده از دُزسنج‌های استاندارد گذار
۱۱	روزانه و پس از هر بار روشن شدن، قطع برق (برای مثال نقص برقی) یا وقفه در استفاده مستمر طبق پروتکل برنامه؛ معمولاً رو یا داخل هر کیسه خون یا مخزن در بازه‌های زمانی مشخص شده پیش و پس از هر پرتوهای	فرآوری روتین محصول: بررسی تنظیمات زمان‌سنج، صحت زمان‌سنج، چرخش صفحه چرخان و سایر پارامترهای فرآوری در صورت کاربرد استفاده از نشانگرهای حساس به پرتو استفاده از سیستم دُزسنج روتین بررسی موقعیت و چرخش مخزن در صورت کاربرد
۱۲	در بازه‌های زمانی مشخص شده	حفظ صحت‌گذاری: بررسی‌های مکانیکی و الکترونیکی نگاشت دُز جذبی



پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

تغییرات اعمال شده در این استاندارد ملی نسبت به استاندارد منبع

پ-۱ کلیات

تغییرات اعمال شده در متن استاندارد منبع در زیربندهای زیر ارائه شده است.

پ-۱-۱ بخش‌های جایگزین شده

- زیربند ۱-۶ منبع، با «هشدار» جایگزین شده است.

- در زیربند ۱-۶-۳ منبع، عبارت «سند منتشر شده توسط مؤسسه ملی استانداردها و تکنولوژی»، با عبارت «مدارک معتبر» جایگزین شده است.

پ-۱-۲ بخش‌های اضافه شده

- پیوست آگاهی‌دهنده پ اضافه شده است.

پ-۱-۳ بخش‌های حذف شده

- بند ۱۴ منبع، حذف شده است.

## کتابنامه

- [1] *Irradiation of Blood Components*, Baldwin M. L., Jeffries L. C., ed., AABB publication ISBN No. 1 -56395-012-X, 8101 Glenbrook Road, Bethesda, Maryland, USA, 1992.
- [2] Masterson, M. E., Febo, R., “*Transfusion Blood Irradiation: Clinical Rationale and Dosimetric Considerations*,” Med. Phys. , 19 (3), May/ June 1992.
- [3] ANSI N43.7 “Safe Design and Use of Self-Contained Dry Storage Gamma Irradiators,” Health Physics Society, 2007.
- [4] Unterweger, M. P., Hoppes, D. D., Schima, F. J., and Coursey, J. S., “*Radionuclide Half-Life Measurements*,” National Institute of Standards and Technology, available online at <http://physics.nist.gov/Halflife>(refer to website for up-to-date radionuclide half-lives).
- [5] Mehta, K., Parker, A., “*Characterization and dosimetry of a practical X-ray alternative to self-shielded gamma irradiators*,” Rad. Phys. Chem. , 80, 2011 , pp. 107-113.
- [6] Hartshorn, A., Mackay, G., Spender, M., Thomson, I., *Absorbed Dose Mapping in Self-Shielded Irradiators Using Direct Reading MOSFET Dosimeters*, presented at the Health Physics Society Annual Meeting, July, 1995. Available from Best Medical Canada, Ottawa.
- [7] Hartshorn, A., Mackay, G., Spender, M., and Thomson, I., *Improved Quality Practices for Blood Irradiation Dosimetry Procedures*, presented at the AABB Annual Meeting, Nov. 1995. Available from Best Medical Canada, Ottawa.
- [8] Khoury, H., J., da Silva Jr., E. J., Mehta, K., de Barros, V. S., Asfora, V. K., Guzzo, P. I., and Parker, A. G., “*Alanine-EPR as a Transfer Standard Dosimetry System for Low Energy X Radiation*,” Rad. Phys. Chem. 116, 2015. pp. 147-150.