



سیستم مدیریت ایزو
www.isomanagement.ir

تماس تلفنی جهت دریافت مشاوره:

۱. مشاور دفتر تهران (آقای محسن ممیز)

☎ ۰۹۱۲ ۹۶۳ ۹۳۳۶

۲. مشاور دفتر اصفهان (سرکار خانم لیلا ممیز)

☎ ۰۹۱۳ ۳۲۲ ۸۲۵۹

مجموعه سیستم مدیریت ایزو با هدف بهبود مستمر عملکرد خود و افزایش رضایت مشتریان سعی بر آن داشته، کلیه استانداردهای ملی و بین المللی را در فضای مجازی نشر داده و اطلاع رسانی کند، که تمام مردم ایران از حقوق اولیه شهروندی خود آگاهی لازم را کسب نمایند و از طرف دیگر کلیه مراکز و کارخانه جات بتوانند به راحتی به استانداردهای مورد نیاز دسترسی داشته باشند.

این موسسه اعلام می دارد در کلیه گرایشهای سیستم های بین المللی ISO پیشگام بوده و کلیه مشاوره های ایزو به صورت رایگان و صدور گواهینامه ها تحت اعتبارات بین المللی سازمان جهانی IAF و تامین صلاحیت ایران می باشد.

هم اکنون سیستم خود را با معیارهای جهانی سازگار کنید...





سیستم مدیریت ایزو
www.isomanagement.ir

تماس تلفنی جهت دریافت مشاوره:

۱. مشاور دفتر تهران (آقای محسن ممیز)

☎ ۰۹۱۲ ۹۶۳ ۹۳۳۶

۲. مشاور دفتر اصفهان (سرکار خانم لیلا ممیز)

☎ ۰۹۱۳ ۳۲۲ ۸۲۵۹

مجموعه سیستم مدیریت ایزو با هدف بهبود مستمر عملکرد خود و افزایش رضایت مشتریان سعی بر آن داشته، کلیه استانداردهای ملی و بین المللی را در فضای مجازی نشر داده و اطلاع رسانی کند، که تمام مردم ایران از حقوق اولیه شهروندی خود آگاهی لازم را کسب نمایند و از طرف دیگر کلیه مراکز و کارخانه جات بتوانند به راحتی به استانداردهای مورد نیاز دسترسی داشته باشند.

این موسسه اعلام می دارد در کلیه گرایشهای سیستم های بین المللی ISO پیشگام بوده و کلیه مشاوره های ایزو به صورت رایگان و صدور گواهینامه ها تحت اعتبارات بین المللی سازمان جهانی IAF و تامین صلاحیت ایران می باشد.

هم اکنون سیستم خود را با معیارهای جهانی سازگار کنید...





جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۵۴۴۲-۲

چاپ اول

۱۳۹۷

INSO
15442-2
1st Edition
2019

Identical with
ISO 13165-2:
2014

کیفیت آب - رادیم-۲۲۶ -
قسمت ۲: روش آزمون با استفاده از
ایمنومتری

Water quality — Radium-226 —
Part 2: Test method using emanometry

ICS: 13.060.60; 17.240

استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۵۴۴۲ (چاپ اول): سال ۱۳۹۷

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج - شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: 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

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، صاحب‌نظران 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، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، 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)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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 استانداردهای کالاها 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

«کیفیت آب — رادیم-۲۲۶ — قسمت ۲: روش آزمون با استفاده از ایمنومتری»

رئیس:

وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی — مرکز سلامت محیط
کار

خیری، اقدس
(کارشناسی مهندسی بهداشت محیط)

دبیر:

مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور

اسماعیلی قشلاقی، محمدتقی
(کارشناسی ارشد شیمی)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای — پژوهشکده فیزیک و شتابگرها

اکبری، زهرا
(کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای)

پژوهشکده سیستم‌های پیشرفته صنعتی

پورفرخ، امین
(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

پورفرضی، هادی
(کارشناسی زمین‌شناسی)

مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور

تواناراد، مسعود
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

نیروگاه اتمی بوشهر

دهقان، مرتضی
(کارشناسی ارشد فیزیک)

سازمان انرژی اتمی ایران

سجادی، سیدعباس
(کارشناسی ارشد فیزیک)

پژوهشکده سیستم‌های پیشرفته صنعتی

سمیع‌پور، فرهاد
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور — مرکز
پژوهش‌های کاربردی

شفیعی کیسمی، امیر
(کارشناسی ارشد شیمی کاربردی)

پژوهشکده سیستم‌های پیشرفته صنعتی

عربلو، رضا
(کارشناسی فیزیک)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

وزارت جهادکشاورزی- دفتر امور آب و خاک کشاورزی

قربانی، کریم
(دکتری مهندسی آب)

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

کریم‌نژاد، سوزان
(کارشناسی زمین‌شناسی)

شرکت آب و فاضلاب استان تهران

مقدم، نیما
(کارشناسی مهندسی شیمی)

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور- مرکز
پژوهش‌های کاربردی

نجفی اصلی پاشاکی، شبنم
(دکتری شیمی تجزیه)

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور- مرکز
پژوهش‌های کاربردی

ویسه، سمیه
(دکتری شیمی تجزیه)

ویراستار:

اداره کل استاندارد استان تهران

سروری، فریده
(کارشناسی ارشد میکروبیولوژی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
ط	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها
۲	۱-۳ اصطلاحات و تعاریف
۳	۲-۳ نمادها
۴	۴ اصول آزمون
۵	۵ واکنش‌گرها و تجهیزات
۵	۱-۵ واکنش‌گرها
۵	۲-۵ تجهیزات
۶	۶ نمونه‌برداری و انبارش
۶	۱-۶ نمونه‌برداری
۶	۲-۶ نگهداری نمونه
۶	۷ روش‌های اجرای آزمون
۶	۱-۷ آماده‌سازی نمونه
۷	۲-۷ شرایط اندازه‌گیری
۷	۳-۷ روش اجرایی شمارش
۸	۸ تضمین کیفیت و برنامه کنترل کیفی
۸	۱-۸ کلیات
۸	۲-۸ پارامترهای تأثیرگذار
۹	۳-۸ تصدیق و کالیبراسیون دستگاه اندازه‌گیری
۹	۴-۸ روش تصدیق
۹	۵-۸ کفایت توانایی آزمون‌گر
۱۰	۹ بیان نتایج
۱۰	۱-۹ غلظت پرتوزایی ^{226}Ra محلول در آب
۱۰	۲-۹ عدم قطعیت استاندارد غلظت پرتوزایی
۱۱	۳-۹ حدود بازه اطمینان
۱۲	۴-۹ مثال

صفحه

عنوان

۱۲	گزارش آزمون	۱۰
۱۳	پیوست الف (آگاهی دهنده) زنجیره واپاشی اورانیوم-۲۳۸ و توریم-۲۳۲	
۱۵	پیوست ب (آگاهی دهنده) بابلر	
۱۶	پیوست پ (آگاهی دهنده) سل شیشه‌ای سنتیلاسیون	
۱۷	کتاب‌نامه	

پیش‌گفتار

استاندارد «کیفیت آب- رادیم-۲۲۶- قسمت ۲: روش آزمون با استفاده از ایمنومتری» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی شماره ۵ تهیه و تدوین شده، در پانزدهمین کمیته ملی استاندارد آب و آبفا مورخ ۱۳۹۷/۱۱/۲۸ 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 یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO 13165-2: 2014, Water quality — Radium-226 — Part 2: Test method using emanometry.

مقدمه

پرتوزایی موجود در محیط زیست، ناشی از چندین رُخداد طبیعی و همچنین منابع مصنوعی می‌باشد. بنابراین منابع آبی (آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی و آب دریا) هم می‌توانند حاوی رادیونوکلئیدهای^۱ طبیعی، مصنوعی و یا هر دو باشند.

الف- رادیونوکلئیدهای طبیعی شامل پتاسیم-۴۰ و رادیونوکلئیدهایی که از زنجیره واپاشی توریم و اورانیوم نشأت می‌گیرند، به‌ویژه رادیم-۲۲۶، رادیم-۲۲۸، اورانیوم-۲۳۴، اورانیوم-۲۳۸ و سرب-۲۱۰ می‌توانند در اثر عوامل طبیعی (جداشدن از خاک و یا شسته شدن توسط آب باران) در آب یافت شوند و یا می‌توانند حاصل از رهاسازی مواد پرتوزا ناشی از فرآیندهای تکنولوژیکی (مانند معدن و فرآوری شن‌های معدنی و یا تولید و مصرف کودهای فسفاته) باشند که در آن‌ها مواد پرتوزای طبیعی وجود دارد.

ب- رادیونوکلئیدهای مصنوعی مانند عناصر با عدد اتمی بیشتر از اورانیوم (آمرسیوم، پلوتونیم، نپتونیم، کوریم)، تریتم، کربن-۱۴، استرانسیوم-۹۰ و برخی رادیونوکلئیدهای گسیل‌کننده گاما، به دلیل رهاسازی‌های مجاز به محیط زیست می‌توانند با مقادیر کم، در پساب‌های رها شده از تأسیسات چرخه سوخت هسته‌ای، در آب‌های طبیعی یافت شوند. همچنین این عناصر به دلیل استفاده به شکل باز^۲ در کاربردهای پزشکی یا صنعتی به محیط رهاسازی می‌شوند. این عناصر در نتیجه ریزش‌های جوی ناشی از انفجارات هسته‌ای یا سوانحی مانند آنچه که در چرنوبیل یا فوکوشیما روی داد، در آب نیز یافت می‌شوند.

بنابراین ممکن است آب آشامیدنی حاوی غلظت پرتوزایی از رادیونوکلئیدهایی باشد که می‌تواند خطری برای سلامتی انسان باشد. به‌منظور ارزیابی کیفیت آب آشامیدنی (شامل آب‌های معدنی و آب چشمه‌ها) برحسب مقدار رادیونوکلئیدها و تهیه راهنمایی جهت کاهش خطرات سلامتی به وسیله به‌کارگیری اقداماتی جهت کاهش غلظت‌های پرتوزایی رادیونوکلئیدها، مقدار پرتوزایی منابع آب (زیرزمینی، دریا، دریاچه، رودخانه) و آب‌های آشامیدنی با توجه به توصیه‌های سازمان بهداشت جهانی (WHO)^۳ پایش می‌شود.

برای تعیین غلظت‌های پرتوزایی رادیم-۲۲۶ در نمونه‌های آب به وسیله آزمایشگاه‌هایی که چنین اندازه‌گیری‌هایی را برای مرجع قانونی و ذی‌صلاح کشور^۴ انجام می‌دهند، نیاز به روش‌های آزمون استاندارد است. به‌منظور اندازه‌گیری رادیونوکلئیدها در نمونه‌های آب آشامیدنی، ممکن است آزمایشگاه‌ها مجبور به دریافت برخی اعتبارنامه‌های خاص باشند.

1- Radionuclides

2- Unsealed form

3- World Health Organization

۴- مرجع قانونی و ذی‌صلاح در خصوص اندازه‌گیری پرتوزایی در آب، در حال حاضر مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور، سازمان انرژی اتمی ایران است.

غلظت پرتوزایی رادیم-۲۲۶ می تواند به طور گسترده ای براساس ویژگی های زمین شناختی و آب و هوایی و در گستره ای از 0.001 Bq/l در آب های سطحی تا 50 Bq/l در آب های زیرزمینی طبیعی تغییر کند. حد توصیه شده^۱ برای رادیم-۲۲۶ در آب آشامیدنی توسط WHO، 1 Bq/l است (به منبع [۱۱] کتاب نامه مراجعه شود).

یادآوری- حد توصیه شده، غلظتی از پرتوزایی رادیم-۲۲۶ (گرد شده به نزدیک ترین مرتبه بزرگی) با جذب 2 l.d^{-1} آب آشامیدنی برای مدت زمان یک سال است، به طوری که دز 0.1 mSv.y^{-1} برای عموم مردم را ایجاد می کند، این میزان دز مؤثر که سطح بسیار پایینی از خطر را ایجاد می کند، قادر نخواهد بود، اثرات مخربی بر روی سلامتی انسان بر جای گذارد.

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی شماره ۱۵۴۴۲ است که برای اندازه گیری غلظت پرتوزایی رادیم-۲۲۶ در نمونه های آب، تدوین شده است.

سایر قسمت های این استاندارد به شرح زیر است:

- قسمت ۱: روش آزمون با استفاده از شمارش سنتیلاسیون مایع؛
- قسمت ۳: روش آزمون با استفاده از هم رسوبی و طیفسنجی پرتو-گاما.

کیفیت آب - رادیم-۲۲۶ - قسمت ۲: روش آزمون با استفاده از ایمنومتری

هشدار- کاربران این استاندارد، بهتر است با فعالیت‌های معمول آزمایشگاهی آشنایی داشته باشند. این استاندارد همه موارد ایمنی را پوشش نمی‌دهد. مسئولیت برقراری موارد ایمنی، رعایت اصول بهداشتی و در نظر گرفتن محدودیت‌های قانونی، قبل از استفاده از این استاندارد، برعهده کاربر می‌باشد.

مهم- کاملاً ضروری است که آزمون‌های صورت گرفته بر طبق این استاندارد، به وسیله کارکنان صلاحیت‌دار انجام پذیرد.

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین غلظت پرتوزایی رادیم-۲۲۶ (^{226}Ra) در همه انواع آب‌ها، با استفاده از روش ایمنومتری^۱ است.

این استاندارد برای تعیین غلظت پرتوزایی محلول، معلق و کل ^{226}Ra در همه انواع آب‌ها با غلظت پرتوزایی ^{226}Ra محلول بیشتر از 0.2 Bq/l ، کاربرد دارد.

در آب‌های حاوی غلظت پرتوزایی بالای توریم-۲۲۸ (^{228}Th)، تداخل محصولات واپاشی رادون-۲۲۰ (^{220}Rn)، می‌تواند باعث برآورد بالاتر سطوح اندازه‌گیری شود (به شکل ۲ مراجعه شود).

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 5667-3, Water quality – Sampling – Part3: Preservation and handling of water samples

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۸۶: سال ۱۳۸۶، آب - حفاظت و جابه‌جایی نمونه‌های آب - آیین کار، با استفاده از استاندارد ISO 5667-3: 2003 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/IEC 17025: 2005 تدوین شده است.

2-3 ISO 80000-10, Quantities and units – Part 10: Atomic and Nuclear physics

یادآوری - مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۹۸۱۹، با استفاده از برخی قسمت‌های مجموعه استاندارد ISO 80000 تدوین شده‌اند.

۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها

۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ISO 80000-10، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌روند:

۱-۱-۳

استاندارد اندازه‌گیری مرجع

reference measurement standard

استاندارد اندازه‌گیری است که به منظور کالیبراسیون سایر استانداردهای اندازه‌گیری برای کمیت‌هایی از نوع مشخص در یک سازمان یا مکان مشخص در نظر گرفته می‌شود.

۲-۱-۳

استاندارد اندازه‌گیری کاری

working measurement standard

استاندارد اندازه‌گیری است که به طور معمول برای کالیبراسیون یا تصدیق دستگاه‌ها یا سیستم‌های اندازه‌گیری استفاده می‌شود.

یادآوری - استاندارد اندازه‌گیری کاری می‌تواند محلولی با غلظت پرتوزایی مشخص باشد که با رقیق‌سازی یا انحلال مقداری از استاندارد مرجع تهیه شده باشد.

۲-۳ نمادها

در این استاندارد علاوه بر نمادها و کوتاه‌نوشت‌های تعریف شده در استاندارد ISO 80000-10، نمادهای زیر نیز به کار می‌رود:

غلظت پرتوزایی ^{226}Ra در آب، برحسب بکرل بر لیتر (Bq/l)	C_A
آستانه تصمیم، برحسب بکرل بر لیتر (Bq/l)	C_A^*
حد آشکارسازی، برحسب بکرل بر لیتر (Bq/l)	$C_A^\#$
حد پایین و بالای بازه اطمینان، برحسب بکرل بر لیتر (Bq/l)	C_A^{\triangleright} و C_A^{\triangleleft}
ضریب تصحیح رشد ^{222}Rn در بابلر، بدون بُعد	f_a
ضریب تصحیح برای واپاشی ^{222}Rn در حجم آشکارسازی، بدون بُعد	f_d
تعداد چرخه شمارش	n
تعداد گسیلنده آلفا موجود در سل به ازای هر بکرل رادون بعد از دوره‌ی زمان انتظار بین پُر کردن و شمارش کردن سل (در زمان انتظار ۳ h برای ۱ Bq از رادون، n_α تقریباً ۳ می‌باشد)	n_α
تعداد شمارش زمینه	N_0
تعداد شمارش کلی	N
زمان شمارش (مشترک برای N و N_0)، برحسب ثانیه (s)	t_c
زمان اختلاف مراحل در روش اجرایی اندازه‌گیری ($i = 0.1, 2$)	t_i
عدم قطعیت بسط یافته که با فرمول $U = ku(c_A)$ محاسبه شده و با در نظر گرفتن $k = 2$	U
عدم قطعیت استاندارد مربوط به نتیجه اندازه‌گیری	$u(c_A)$
حجم نمونه مورد آزمون، برحسب لیتر (l)	V
بازده کلی شامل بازده آزادسازی و شمارش سیستم برای یک شمارش انجام شده در حالت تعادل پرتوزایی بین ^{222}Rn و محصولات با نیمه‌عمر کوتاه حاصل از واپاشی آن، بر حسب پالس بر ثانیه بر بکرل	ε
ثابت واپاشی ^{222}Rn ، برحسب عکس ثانیه (s^{-1})	λ

۴ اصول آزمون

این روش آزمون، بر پایه انتشار^۱ و شمارش سنتیلاسیون ^{222}Rn است. ^{222}Rn یکی از دختران تولید شده از ^{226}Ra در محلول است و به حالت گازی می‌باشد (به منبع [۶] کتاب‌نامه مراجعه شود).

اندازه‌گیری غلظت پرتوزایی ^{226}Ra در آب از طریق دو مرحله جداگانه زیر انجام می‌شود. اندازه‌گیری نمونه مورد آزمون بعد از آماده‌سازی نمونه انجام می‌شود.

آماده‌سازی شامل:

الف- انحلال، زمانی که رادیم به صورت کل یا ذره‌ای باید اندازه‌گیری شود؛

ب- فیلتر کردن، زمانی که رادیم محلول باید اندازه‌گیری شود.

به‌دنبال آن، پیش‌تغلیظ نمونه، در صورت لزوم و تجمیع محصولات واپاشی بدون جداسازی اولیه انجام می‌شود.

نمونه مورد آزمون بعد از فیلتر کردن و اسیدی کردن، برای رشد ^{222}Rn به درون بابلر^۲ قرار داده شده (به شکل ب-۱ پیوست ب مراجعه شود) و نگهداری می‌شود.

بعد از دوره رشد مناسب، گاز رادون درون محلول به وسیله شستشو با گاز عاری از رادون، جدا شده و به سل سنتیلاسیون که سطح داخلی آن با سولفید روی فعال شده با نقره، $\text{ZnS}(\text{Ag})$ پوشیده شده است، منتقل می‌شود (به شکل پ-۱ پیوست پ مراجعه شود) (به منبع [۸] کتاب‌نامه مراجعه شود).

ذرات آلفای تولید شده از واپاشی ^{222}Rn و محصولات واپاشی آن با نیمه‌عمر کوتاه (^{218}Po و ^{214}Po) انرژی خود را به محیط سنتیلاسیون منتقل می‌کنند. هنگامی که الکترون‌ها در محیط سنتیلاسیون از حالت برانگیخته به حالت پایه خود برمی‌گردند، از لایه $\text{ZnS}(\text{Ag})$ فوتون گسیل کرده که با فتومولتی پلایر (PMT)^۳ آشکارسازی می‌شود. فتومولتی پلایر فوتون‌ها را به پالس الکتریکی قابل شمارش تبدیل می‌کند. شمارش پالس، نسبت مستقیم با غلظت پرتوزایی رادون و محصولات واپاشی موجود در سل سنتیلاسیون دارد.

غلظت پرتوزایی ^{226}Ra محلول با در نظر گرفتن حالت پایدار مشخص بین ^{226}Ra و ^{222}Rn بعد از انتقال ^{222}Rn درون یک سل سنتیلاسیون، محاسبه می‌شود.

با توجه به قدرت بالای انتشار، رادون می‌تواند از ذرات معلق موجود در آب خارج شود. بنابراین برای انجام آزمون آب خام، توصیه می‌شود که ذرات به حالت محلول درآیند (به منبع [۷] کتاب‌نامه مراجعه شود).

1- Emanation
2- Bubbler
3- Photomultiplier

۵ واکنش‌گرها و تجهیزات

۱-۵ واکنش‌گرها

فقط از واکنش‌گرها با درجه آنالیزی شناخته شده و آب مقطر یا آب دمین^۱ یا آب با خلوص معادل و عاری از پرتوژی نامطلوب، استفاده شود، مگر آن که غیر از آن، تعیین شده باشد.

۱-۱-۵ محلول نیتریک اسید غلیظ (HNO_3)

۲-۱-۵ محلول نیتریک اسید رقیق شده، با غلظت کمتر یا مساوی با 100 g/l و عاری از پرتوژی آلفا.

۳-۱-۵ محلول مرجع ^{226}Ra

۴-۱-۵ فیلتر سلولزی استر، با تخلخل $0.45 \mu\text{m}$.

۵-۱-۵ محلول هیدروکلریک اسید، در صورت نیاز به انحلال ذرات حاوی ^{226}Ra .

۲-۵ تجهیزات

از تجهیزات معمول آزمایشگاهی، به‌ویژه از تجهیزات زیر استفاده شود:

۱-۲-۵ هات پلیت (هیتر)

۲-۲-۵ سوزن‌ها، با طول تقریبی 30 mm و قطر تقریبی 1.5 mm .

۳-۲-۵ بابلر، با حجم حداقل 125 ml با دو شیر سوزنی از جنس (پلی) تترافلورواتیلن (به شکل ب-۱ پیوست ب مراجعه شود).

۴-۲-۵ مجموعه کامل آشکارساز سنتیلاسیون حالت جامد مخصوص، مجهز به یک فتومولتی پلایر.

۵-۲-۵ فشارسنج، برای اندازه‌گیری فشار.

۶-۲-۵ سل سنتیلاسیون شیشه‌ای ته‌صاف، با حجم 250 ml تا 500 ml .

سطح داخلی سل به غیر از سطح زیرین آن، با سولفید روی فعال شده با نقره $\text{ZnS}(\text{Ag})$ پوشانده شده است. سطح خارجی آن نیز با مواد محافظ در برابر ورود نور پوشانده شده است، به غیر از سطح صاف زیر آن که پنجره اندازه‌گیری را تشکیل می‌دهد (به شکل پ-۱ پیوست پ مراجعه شود).

1- Demineralized water

۷-۲-۵ پمپ خلأ، جهت دستیابی به کاهش فشار تا Pa ۳۰۰.

۸-۲-۵ چشمه با پرتوزایی ثابت آلفا، مانند ^{239}Pu .

۶ نمونه برداری و انبارش

۱-۶ نمونه برداری

شرایط نمونه برداری باید مطابق با استاندارد ISO 5667-3 باشد.

مهم است که نمونه دریافتی آزمایشگاه حین انتقال یا انبارش، آسیب دیده یا تغییر یافته نباشد.

۲-۶ انبارش نمونه

در صورت نیاز، نمونه آب (از ۱/۵ l تا ۱/۱۰ l) باید مطابق با استاندارد ISO 5667-3 نگهداری شود.

هنگامی که پیش تغلیظ مورد نظر است، pH نمونه را با HNO_3 بین ۱ تا ۳ تنظیم کنید. در صورت لزوم، فیلتر کردن نمونه را بلافاصله پس از زمان جمع آوری و قبل از اسیدی کردن نمونه، انجام دهید.

اسیدی کردن نمونه آب، از دست رفتن مواد پرتوزای محلول را از طریق بر جذب^۱ به حداقل می‌رساند. اگر لازم باشد نمونه فیلتر شود، اسیدی کردن نمونه را بعد از فیلتر کردن انجام دهید، در غیر این صورت، ممکن است مواد پرتوزای بر جذب شده به ذرات مواد، واجذب^۲ شوند.

۷ روش‌های اجرای آزمون

۱-۷ آماده سازی نمونه

هنگامی که رادیم محلول و ذرات معلق رادیم باید جداگانه اندازه گیری شوند، نمونه آب با استفاده از فیلتر با قطر منافذ $0.45 \mu\text{m}$ ، فیلتر شود.

حجم اولیه نمونه معمولاً بین ۱/۵ l تا ۱/۱۰ l است.

برای ۱/۵ l، ۵ ml محلول نیتریک اسید (مطابق زیر بند ۵-۱-۱) را به نمونه (خام یا فیلتر شده) اضافه کنید. محلول را با تبخیر کردن، بدون جوشاندن، تا حجم در حدود ۲۵ ml تغلیظ کنید. جهت تغلیظ نمونه می‌توان از روش‌های جایگزین دیگری مانند هم‌رسوبی با سولفات و سپس انحلال با EDTA^۳ استفاده کرد. در این مورد، اگر بازیابی کامل ^{226}Ra تضمین شده نباشد، توصیه می‌شود که بازده شیمیایی، تعیین و برای آن تصحیح انجام شود.

1- Adsorption

2- Desorption

3- Ethylene Diamine Tetra Acetic

یادآوری - کسری از ذرات ^{226}Ra با استفاده از کلریدریک اسید یا نیتریک اسید حل می‌شوند.

بعد از خنک کردن، محلول را به داخل بابلر ریخته و دیواره‌های داخلی ظرف را چندبار با استفاده از نیتریک اسید رقیق شده (مطابق زیربند ۵-۱-۲) آبکشی کنید. سپس محلول‌ها را به درون بابلر منتقل کنید. حجم کل نباید از ۵۰ ml بیشتر شود.

^{222}Rn اولیه حل شده در آب را به‌وسیله اولین مرحله حباب‌سازی، به شرح زیر حذف کنید:

الف - شیرها را باز کنید.

ب - گازی که عاری از رادون است را با استفاده از حباب‌ساز هوای ریز به مدت حداقل ۲۰ min درون نمونه آب اسپری کنید.

پ - شیرها را ببندید.

زمان و تاریخ را تحت عنوان t_0 یادداشت کنید.

اجازه دهید که گاز ^{222}Rn به مدت حداقل ۵ d در بابلر جمع شود (در صورت نیاز فوری به نتایج، حداقل زمان ۲ d است و حداقل غلظت پرتوزایی ۲ Bq/l است).

تشکیل رسوب در بابلر در طول دوره رشد ^{222}Rn نشان می‌دهد که بازیابی ^{222}Rn ممکن است ناقص باشد و لازم است مرحله فیلتر کردن نمونه به روش اجرایی آماده‌سازی نمونه اضافه شود.

۲-۷ شرایط اندازه‌گیری

به دلیل فرآیند گاززدایی، فقط رادیونوکلیدهای گازی گسیلنده آلفا^۱، ^{219}Rn (اکتین^۲) و ^{220}Rn (ثور^۳)، امکان تداخل دارند. انتظار می‌رود تداخل ناشی از این رادیونوکلیدها در آب‌های غیرآلوده به پسماندهای صنعتی مانند خروجی‌های تأسیسات فرآوری اورانیم، بسیار نادر باشد. چون نیمه‌عمر این رادیونوکلیدها کوتاه (کمتر از ۱ min) است، تنها محصولات واپاشی گسیلنده آلفای آن‌ها، می‌تواند تداخل ایجاد کند.

۳-۷ روش اجرایی شمارش

به‌طور موازی، سل سنتیلاسیون را مطابق مراحل زیر آماده کنید:

الف - با استفاده از پمپ خلأ و برای خارج کردن هوای داخل سل سنتیلاسیون، خلأیی در حدود چند کیلوپاسکال ایجاد کنید.

ب - سل را با گازی عاری از رادون تا فشار اتمسفر، پُر کنید.

1- Alpha-emitting
2- Actinon
3- Thoron

پ- تابش زمینه سل را با استفاده از شمارش پالس‌های الکتريکي PMT در مدت زمانی مشابه زمان شمارش نمونه، اندازه‌گیری کنید.

ت- برای خارج کردن مجدد هوای سل سنتیلاسیون با استفاده از پمپ خلأ، خلأیی در حدود چند کیلوپاسکال ایجاد کنید.

بابلر را به (شیر ۲) سل سنتیلاسیون وصل کنید. برای انتقال رادون، شیر ۱ را باز کنید و شیر ۲ را زمانی باز کنید که دیگر حباب بیشتری تولید نمی‌شود. حباب‌سازی باید خیلی آرام باشد (حباب‌های ریز). زمانی که فشارها به حالت تعادل رسیدند، انتقال کامل شده است (زمان حدود ۲۰ min).

تاریخ و زمان را تحت عنوان t_1 یادداشت کنید.

شیرها را ببندید و سل را کنار بگذارید.

برای شمارش بهینه، اجازه دهید ^{222}Rn و محصولات واپاشی با نیمه‌عمر کوتاه آن (^{218}Po , ^{214}Po) در سل سنتیلاسیون به حالت تعادل برسد. تعادل پرتوزایی ۳ h پس از ورود گاز رادون به داخل سل سنتیلاسیون، ایجاد می‌شود.

سل سنتیلاسیون را بر روی فتوکاتد^۱ آشکارساز قرار دهید و برای حداقل ۱ h شمارش کنید یا با تکرار شمارش‌ها مطمئن شوید که به حالت تعادل رسیده است. زمان شروع شمارش t_2 است.

درنهایت بلافاصله پس از شمارش و با استفاده از گاز عاری از رادون، داخل سل سنتیلاسیون را برای جلوگیری از تجمع بیشتر $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ ، شستشو دهید.

۸ تضمین کیفیت و برنامه کنترل کیفی

۸-۱ کلیات

اقدامات کنترل کیفی باید مطابق با الزامات استاندارد ISO/IEC 17025 باشد.

۸-۲ پارامترهای تأثیرگذار

برای به حداقل رساندن اثرات پارامترهای تأثیرگذار که می‌توانند نتایج اندازه‌گیری را تحت تأثیر قرار دهند، باید اقدامات ویژه‌ای انجام شود:

- اندازه‌گیری نشت ^{222}Rn از بابلر و سل سنتیلاسیون. باید از سیستم بابلر و سل سنتیلاسیون گازبندی شده^۲ استفاده شود.

1-Photocathode
2- Gas-tight

تغییرات زمانی گسترده‌ای از غلظت پرتوزایی رادون در فضای آزمایشگاه می‌تواند مشاهده شود. به‌منظور پایش پیوسته غلظت پرتوزایی ^{222}Rn در آزمایشگاه، توصیه می‌شود از دستگاه اندازه‌گیری رادون استفاده شود، زیرا حتی در اتاق‌هایی با تهویه مطبوع، در شرایط آب و هوایی خاص، تغییرات قابل توجهی امکان‌پذیر است (به منابع [۲] و [۳] کتاب‌نامه مراجعه شود).

برای حفظ دما و رطوبت نسبی ثابت، تجدید مستمر هوا از طریق سیستم تهویه مطبوع پیشنهاد می‌شود. به‌منظور کاهش انتشار رادون از مواد موجود در دیوار، پیشنهاد می‌شود دیوارهای آزمایشگاه با مواد مناسب (به‌عنوان مثال رنگ اپوکسی) رنگ‌آمیزی شود (به منبع [۱۰] کتاب‌نامه مراجعه شود).

۸-۳ تصدیق و کالیبراسیون دستگاه اندازه‌گیری

پارامترهای اصلی دستگاه اندازه‌گیری (تنظیمات ولتاژ بالای PMT، بازده شمارش، آهنگ شمارش زمینه) باید با یک برنامه تضمین کیفیت استقرار یافته در آزمایشگاه و پیروی از دستورالعمل‌های سازنده، به صورت دوره‌ای بررسی شود.

اطمینان حاصل کنید که تمام زنجیره داده‌های به‌دست آمده، به درستی تنظیم شده است. برای کنترل زنجیره داده‌های به‌دست آمده، از چشمه ثابت گسیلنده آلفا (مانند ^{239}Pu)، برای مشخص شدن مقدار مورد انتظار، استفاده کنید.

از واپاشی یک اتم ^{222}Rn و محصولات آن یعنی ^{218}Po و ^{214}Po سه ذره آلفا حاصل و در نهایت به ^{210}Pb رسیده که اصطلاح «بازده» استفاده شده ۳ برابر بازده آشکارسازی است.

بازده کل در طول زمان می‌تواند تغییر کند و باید در فواصل زمانی با گاززدایی ^{222}Rn از محلول استاندارد ^{226}Ra با پرتوزایی مشخص (در داخل بابلر)، مطابق با همان روش اجرایی استفاده شده در آزمون، تعیین شود.

۸-۴ روش تصدیق

تصدیق دوره‌ای درستی روش باید به وسیله موارد زیر اجرا شود:

الف- شرکت در مقایسه‌های بین آزمایشگاهی؛ و

ب- آنالیز مواد مرجع.

۸-۵ کفایت توانایی آزمون‌گر

اگر یک آزمون‌گر قبلاً از این روش آزمون استفاده نکرده باشد، با تکرار اندازه‌گیری بر روی مواد مرجع یا اسپایک شده، باید آزمون دقت و آریبی را انجام دهد. حدود پذیرش باید توسط آزمایشگاه تعریف شده باشد. آزمون‌گر باید به‌طور معمول با دوره زمانی تعریف شده توسط آزمایشگاه، آزمون مشابهی را با این روش انجام دهد. حدود پذیرش باید مشخص شده باشد.

۹ بیان نتایج

۱-۹ غلظت پرتوزایی ^{226}Ra محلول در آب

غلظت پرتوزایی ^{226}Ra محلول در آب، c_A ، طبق فرمول (۱) به دست می آید:

$$c_A = \frac{(\bar{N} - \bar{N}_0)}{t_c \varepsilon n_\alpha(t) V f_a f_d} = (\bar{N} - \bar{N}_0) \omega \quad (1)$$

که در آن:

$$\begin{aligned} \bar{N} &= \frac{\sum_{j=1}^n N_j}{n} \\ \bar{N}_0 &= \frac{\sum_{j=1}^n N_{0j}}{n} \\ \omega &= \frac{1}{t_c \varepsilon n_\alpha(t) V f_a f_d} \end{aligned} \quad (2)$$

که در آن:

$$f_a = 1 - \exp[-\lambda(t_1 - t_0)] \quad (3)$$

$$f_d = 1 - \exp[-\lambda(t_2 - t_1)] \quad (4)$$

در زمان تعادل پرتوزایی بین رادون و محصولات واپاشی آن، $n_\alpha(t) \approx 3$ و فرمول (۱) می تواند ساده شود.

۲-۹ عدم قطعیت استاندارد غلظت پرتوزایی

۱-۲-۹ کلیات

عدم قطعیت استاندارد c_A ، از فرمول (۵) به دست می آید:

$$u(c_A) = \sqrt{(\bar{N} + \bar{N}_0) \frac{\omega^2}{n} + c_A^2 u_{\text{rel}}^2(\omega)} \quad (5)$$

عدم قطعیت استاندارد نسبی ω ، با استفاده از فرمول (۶) محاسبه می شود:

$$u_{\text{rel}}^2(\omega) = u_{\text{rel}}^2(\varepsilon) + u_{\text{rel}}^2(V) \quad (6)$$

که در آن از عدم قطعیت زمان شمارش، ثابت واپاشی و تعداد ذرات گسیلنده آلفا، صرف نظر شده است.

محاسبه حدود مشخص شده (به منبع [۴] کتابنامه مراجعه شود) نیازمند محاسبه $\tilde{u}(\tilde{c}_A)$ است، به طور مثال

عدم قطعیت استاندارد c_A ، به عنوان تابعی از مقدار واقعی آن، طبق فرمول (۷) محاسبه می شود:

$$\tilde{u}(\tilde{c}_A) = \sqrt{\left(\frac{\tilde{c}_A}{\omega} + 2\bar{N}_0\right) \frac{\omega^2}{n} + \tilde{c}_A^2 u_{\text{rel}}^2(\omega)} \quad (7)$$

۲-۲-۹ آستانه تصمیم

آستانه تصمیم، c_A^* ، با قراردادن $\tilde{c}_A = 0$ در فرمول (۷) به دست می آید (به منبع [۴] کتابنامه مراجعه شود).
که به فرمول (۸) تبدیل می شود:

$$c_A^* = k_{1-\alpha} \tilde{u}(0) = k_{1-\alpha} \omega \sqrt{\frac{2\bar{N}_0}{n}} \quad (8)$$

که در آن به صورت پیش فرض، $\alpha = 0.05$ با $k_{1-\alpha} = 1.65$ در نظر گرفته می شود.

۳-۲-۹ حد تشخیص

حد تشخیص، $C_A^\#$ ، از فرمول (۹) محاسبه می شود (به منبع [۴] کتابنامه مراجعه شود):

$$C_A^\# = c_A^* + k_{1-\beta} \tilde{u}(c_A^\#) = c_A^* + k_{1-\beta} \sqrt{\left(\frac{c_A^\#}{\omega} + 2\bar{N}_0\right) \frac{\omega^2}{n} + c_A^{\#2} u_{\text{rel}}^2(\omega)} \quad (9)$$

که در آن به صورت پیش فرض $\beta = 0.05$ با $k_{1-\beta} = 1.65$ در نظر گرفته می شود.

حد تشخیص را می توان با حل فرمول (۹) برای $C_A^\#$ یا ساده تر از آن با تکرار با شروع تقریبی $2c_A^* = C_A^\#$ طبق قسمت راست فرمول (۹) با $k_{1-\alpha} = k_{1-\beta} = k$ محاسبه کرد؛

$$C_A^\# = \frac{2c_A^* + k^2(\omega/n)}{1 - k^2 u_{\text{rel}}^2(\omega)} \quad (10)$$

که در آن به صورت پیش فرض $\alpha = \beta = 0.05$ با $k_{1-\alpha} = k_{1-\beta} = 1.65$ در نظر گرفته می شود.

۳-۹ حدود بازه اطمینان

پایین ترین بازه اطمینان، c_A^{\triangleleft} ، و بالاترین بازه اطمینان، c_A^{\triangleright} ، با استفاده از فرمول های (۱۱) و (۱۲) محاسبه می شوند (به منبع [۴] کتابنامه مراجعه شود):

$$c_A^{\triangleleft} = c_A - k_p u(c_A); p = \omega(1 - \gamma/2) \quad (11)$$

$$c_A^{\triangleright} = c_A + k_p u(c_A); q = 1 - \frac{\omega\gamma}{2} \quad (12)$$

که در $\omega = \Phi[y/u(y)]$ ، Φ تابع توزیع نرمال استاندارد شده است.

اگر $c_A \geq 4u(c_A)$ باشد، ω برابر واحد است. بنابراین:

$$c_A^{\triangleleft\triangleright} = c_A \pm k_{1-\gamma/2} u(c_A) \quad (13)$$

که در آن به صورت پیش فرض $\gamma = 0.05$ با $k_{1-\gamma/2} = 1.96$ در نظر گرفته می شود.

۴-۹ مثال

برای نگهداری به مدت ۵ d و ۱۹ h و زمان واپاشی ۳ h و ۳۰ min و زمان شمارش ۱ h.

$$\begin{array}{llll}
 f_a = 0.65 & f_d = 0.974 & V = 0.501 \pm 0.011 & \varepsilon = 0.60 \pm 0.03 \\
 N = 1849 \text{ pulses} & N_0 = 262 \text{ pulses} & t_c = 3600 \text{ s} & n = 1 \\
 c_A = 0.77 \text{ Bq.l}^{-1} & u(c_A) = 0.47 \text{ Bq.l}^{-1} & c_A^* = 0.18 \text{ Bq.l}^{-1} & c_A^\# = 0.38 \text{ Bq.l}^{-1}
 \end{array}$$

۱۰ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید مطابق با الزامات استاندارد ISO/IEC 17025 باشد و باید حداقل شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- روش آزمون استفاده شده، همراه با ارجاع به این استاندارد؛

ب- مرجعی برای اندازه‌گیری و ارزیابی انجام شده؛

پ- اطلاعات شناسایی نمونه؛

ت- تاریخ اندازه‌گیری؛

ث- یک‌پارچگی که نتایج برحسب آن‌ها بیان می‌شوند؛

ج- نتیجه آزمون، $c_A \pm u(c_A)$ یا $c_A \pm U$ ، با مقدار k مربوطه و تاریخ مرجع.

اطلاعات تکمیلی زیر نیز می‌تواند در گزارش آزمون اعلام شود:

چ- احتمالات α ، β و $(1-\gamma)$ ؛

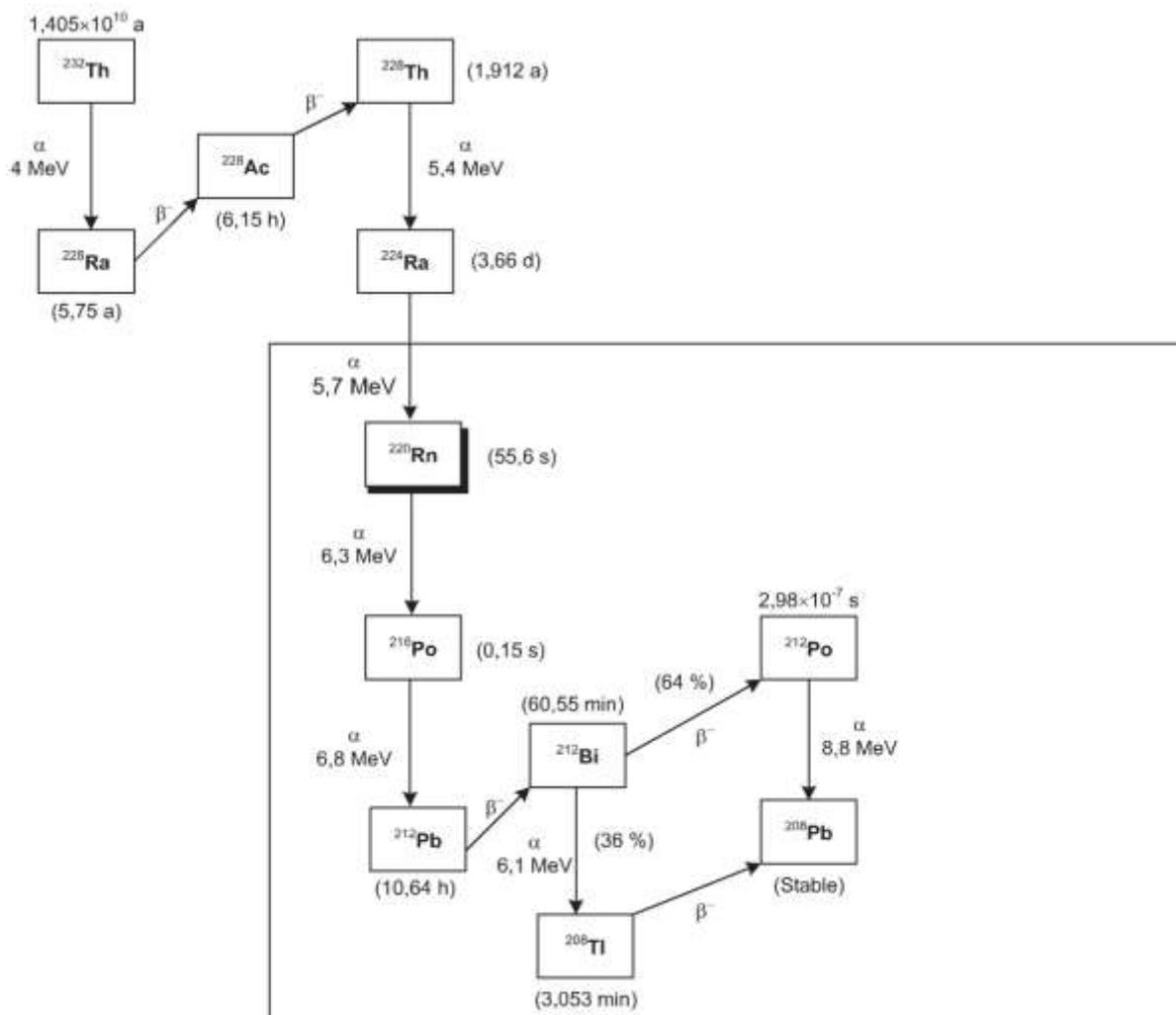
ح- آستانه تصمیم و حد آشکارسازی؛ با توجه به درخواست مشتری روش‌های مختلفی برای ارائه نتایج وجود دارد:

- هنگامی که غلظت پرتوزایی ^{226}Ra با آستانه تصمیم مقایسه می‌شود (به منبع [۴] کتاب‌نامه مراجعه شود)، چنان‌چه نتیجه اندازه‌گیری کمتر از آستانه تصمیم باشد، باید نتیجه به صورت $c_A^* \leq$ بیان شود؛

- هنگامی که غلظت پرتوزایی ^{226}Ra با حد آشکارسازی مقایسه می‌شود، در صورتی که نتیجه اندازه‌گیری کمتر از حد آشکارسازی باشد، نتیجه می‌تواند به صورت $c_A^\# \leq$ بیان شود. اگر حد آشکارسازی از مقدار توصیه‌شده بیشتر باشد، در گزارش آزمون باید مستند شود که روش به‌کاربرده شده برای اندازه‌گیری، مناسب نیست.

خ- هرگونه اطلاعات مرتبط که احتمالاً بر روی نتایج تأثیرگذار است، ذکر شود.

گزارش آزمون می‌تواند با ارائه هرگونه اطلاعات مفید مطابق با استاندارد ISO/IEC 17025 تکمیل شود.

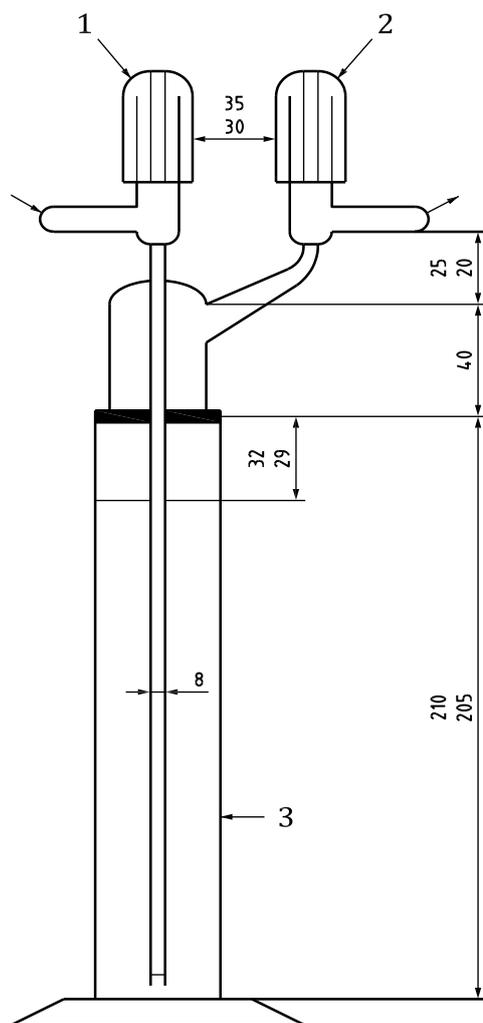


شکل الف-۲- توریم-۲۳۲ و زنجیره واپاشی آن (به منبع [۹] کتابنامه مراجعه شود)

پیوست ب
(آگاهی دهنده)

بابر

ابعاد بر حسب میلی متر



راهنما:

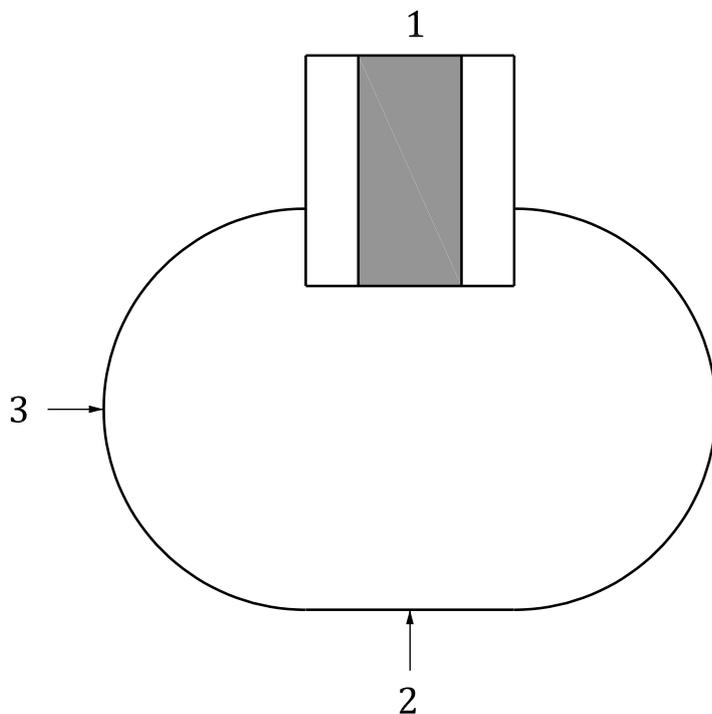
- | | |
|--------------------------|---|
| ۱ شیر | 1 |
| ۲ شیر | 2 |
| لوله با درجه بندی ۱۰۰ ml | 3 |

شکل ب-۱- بابر

پیوست پ

(آگاهی دهنده)

سل شیشه‌ای سنتیلاسیون



راهنما:

- 1 حجم ۲۵۰ ml یا ۵۰۰ ml
- 2 پنجره اندازه‌گیری در تماس با فتومولتی‌پلایر
- 3 دیواره خطی

شکل پ-۱- سل سنتیلاسیون شیشه‌ای پوشانده شده با سولفید روی فعال شده با نقره

کتابنامه

- [1] ISO 10703, Water quality — Determination of the activity concentration of radionuclides Method by high resolution gamma-ray spectrometry
 - [2] ISO 11665-1, Measurement of radioactivity in the environment — Air: radon-222 — Part 1: Origins of radon and its short-lived decay products and associated measurement methods
 - [3] ISO 11665-5, Measurement of radioactivity in the environment — Air: radon-222 — Part 5: Continuous measurement method of the activity concentration
 - [4] ISO 11929, Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation — Fundamentals and application
- یادآوری- مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۱۲۸۵، با استفاده از برخی قسمت‌های مجموعه استاندارد ISO 11929 تدوین شده‌اند.
- [5] EAL-G12:1995, Traceability of measuring and test equipment to national standards
 - [6] ASTM D3454, Standard test method for radium-226 in water
 - [7] NF M 60-790-4, Énergie nucléaire — Mesure de la radioactivité dans l'environnement-Sol — Partie 4: méthode pour une mise en solution des échantillons de sol
 - [8] Lucas H.F. Improved low-level alpha-scintillation counter for radon. Rev. Sci. Instrum. 1957, 28 pp. 680–683
 - [9] Laboratoire National Henri Becquerel. Nuclear data base: Decay data evaluation project. Available (viewed 2013-01-22) at: http://www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEP_data.html
 - [10] QUANLU G., & HENGDE W. Sources and protection measures for indoor radon. Radiat. Prot. Dosimetry. 1998, 76 pp. 261–266
 - [11] WHO. Guidelines for drinking-water quality, 4th edition. Geneva: World Health Organization, 2011. 541 p. Available (viewed 2012-12-10) at: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_chapters/en/index.html