

روش های آنالیز هسته ای

گروه آموزشی پدین

فرید اصغری زاده

مؤلف: فرید اصغری زاده، ۱۳۴۰

روش‌های آنالیز هسته‌ای / [گردآوری و تدوین: فرید اصغری زاده]:

تهران: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، ۱۳۹۴.

۳۱۸ ص.: مصور، جدول، نمودار.

ISBN: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۱۴-۱۳-۲

فهرست‌نویسی بر اساس اطلاعات فیا

عنوان اصلی: روش‌های آنالیز هسته‌ای

۱. شمارگرهای هسته‌ای ۲. تشعشع ۳. اندازه‌گیری

پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

رده‌بندی کنگ: ۱۳۹۴ ۶ الف ۸ ش / QC۷۸۷

رده‌بندی دیویی: ۳۹/۷۷

شماره‌ی کتابشناسی: ۳۹۰۰۰۱

نام کتاب: روش‌های آنالیز هسته‌ای

مؤلف: فرید اصغری زاده

ویراستار ادبی و فنی: مهدیه‌السادات عباسی، سمیرا نصیری

ویرایش صفحه‌بندی: شادی معماری آذر

ناظر فنی: فریبا علی‌اکبری

حروفچینی: مریم رحیمی

تهیه و تنظیم جلد: شیرین کشوردوست

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

چاپ: ۱۳۹۴

نوبت چاپ: اول

قیمت: ۱۵۰۰۰۰ ریال

چاپ و صحافی: پیام رسان فردا، تلفن: ۸۷۲۸۰۰۲

ناشر: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۱۴-۱۳-۲

کلیه حقوق چاپ و انتشار این اثر متعلق به پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای است.



پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

پیش‌گفتار

اهمیت آشکارسازی و اندازه‌گیری‌های هسته‌ای در حوزه‌های مختلف علوم و فنون هسته‌ای بر هیچ‌کس پوشیده نیست؛ اما مسئله‌ی مهم در این زمینه، کارگیری روش‌های بهینه، کم‌هزینه و دقیق است، به طوری که در کنار آن‌ها تجهیزات مورد نیاز هم در دسترس باشند. در این کتاب روش‌های عملی و کاربردی اندازه‌گیری‌های هسته‌ای براساس مطالعات، تجربیات و یافته‌های نگارنده، در طول بیش از دو دهه کار و فعالیت در آزمایشگاه‌های سازمان انرژی اتمی ایران، زیر نظر استاد فرزانه جناب آقای دکتر محمد منادی مراغه‌ای ارائه شده است. البته بیش‌ترین تأکید در روش‌های ارائه‌شده در این کتاب در خصوص اندازه‌گیری و آنالیز نمونه‌های محیطی است. هرچند که در کنار آن روش فعال‌سازی با نوترون-تسلیابی با استفاده از رادیوکربن و هم‌چنین روش‌های اندازه‌گیری ترکیبات اورانیم در چرخه‌ی سوخت نیز بیان شده است.

دقت شده است که در این کتاب به موضوع نحوه‌ی محاسبات و ارزیابی عدم قطعیت‌ها در شمارش و به طور کلی مبحث تضمین کیفیت در ارزیابی نتایج اندازه‌گیری در حد بضاعت نگارنده اشاره شود.

پرواضح است که هر اثر تألیفی خالی از نقص نیست. انتظار می‌رود اساتید بزرگوار پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای و سایر پژوهشگاه‌ها و دانشگاه‌های کشور، اینجانب را از ارایه‌ی نظریات خود بی‌نصیب نگذارند تا در چاپ بعدی کتاب در نظر گرفته‌شده و اصلاحات لازم انجام شود.

از همکاری‌هایی که در گردآوری و تدوین فصل‌های مختلف این کتاب با اینجانب همکاری داشته‌اند صمیمانه تشکر می‌کنم.

هم‌چنین حمایت‌های علمی، معنوی و نظریات عالمانه‌ی استاد بزرگوار جناب آقای دکتر محمد تنادی مراغه، بزرگ‌ترین عامل و پشتیبان این حقیر برای گردآوری و تدوین این کتاب بود است. این کتاب را به ایشان تقدیم می‌دارم.

فریداصغری زاده

عضویت علمی

مرداد ۱۳۹۴

فهرست

۱	طیف‌نگاری پرتوهای گاما.....
۱-۱	مقدمه.....
۲	۲-۱ نمونه‌های قابل اندازه‌گیری با دستگاه طیف‌نگاری هسته‌ای.....
۳	۳-۱ رادیونوکلیدهای قابل آشکارسازی با طیف‌نگاری گاما.....
۴	۴-۱ مراحل شمارش و آنالیز نمونه در طیف‌نگاری گاما.....
۴	۵-۱ انتخاب آشکارساز.....
۴	۱-۵-۱ آشکارسازهای ژرمانیم با خلوص بالا.....
۶	۲-۵-۱ آشکارساز سوسوزن.....
۷	۶-۱ انواع سیستم‌های طیف‌نگاری پرتوهای گاما.....
۷	۱-۶-۱ دستگاه طیف‌نگاری پرتوهای گاما با قدرت رزگویی بالا.....
۸	۲-۶-۱ دستگاه طیف‌نگاری پرتوهای گاما با بازده زیاد.....
۸	۷-۱ آنالیز طیف گاما.....
۹	۱-۷-۱ تعیین مشخصات ناحیه‌ها.....
۱۰	۲-۷-۱ شمارش مجموع.....
۱۱	۳-۷-۱ شمارش زمینه.....
۱۱	۴-۷-۱ شمارش خالص.....
۱۱	۵-۷-۱ خطا در شمارش.....
۱۲	۶-۷-۱ شمارش زمینه‌ی طبیعی در طیف‌نگاری پرتوهای گاما.....
۱۳	۷-۷-۱ جدّ آشکارسازی.....
۱۳	۸-۷-۱ حداقل پرتو زایی قابل آشکارسازی.....
۱۳	۹-۷-۱ کاهش اثر کمپتون.....
۱۴	۱۰-۷-۱ تست آشکارساز.....
۱۵	۸-۱ کالیبراسیون.....

۱۵	۱-۸-۱ کالیبراسیون انرژی.....
۱۵	۲-۸-۱ کالیبراسیون بازده.....
۱۶	۳-۸-۱ کالیبراسیون عرض پیک.....
۱۷	۹-۱ واکنش ها در حفاظ سربی.....
۱۸	۱-۹-۱ واکنش فوتوالکتریک.....
۱۸	۲-۹-۱ پراکندگی کامپتون در اثر واکنش در حفاظ سربی.....
۱۸	۳-۹-۱ تولید زوج در اثر واکنش در حفاظ.....
۱۹	۴-۹-۱ پرتوهای ترمزی.....
۲۰	۱۰-۱ محاسبه مجموع شمارش فتوپیک.....
۲۲	۱۱-۱ محاسبه پرتو رایی.....
۲۲	۱-۱۱-۱ روش مطهر.....
۲۳	۲-۱۱-۱ روش مقایسه ای.....
۲۴	۳-۱۱-۱ تصحیح زمان مرگ اسکار.....
۲۵	۱۲-۱ آماده سازی نمونه ها در طیف نگاری پرتوهای گاما.....
۲۶	۱۳-۱ کنترل کیفیت / تضمین کیفیت.....
۲۷	۱۴-۱ اصلاح اثرات شمارش زمینه.....
۳۱	۱۵-۱ محاسبه عدم قطعیت پرتوایی اندازه گیری شده ی اصل و محاسبه ی سطح زیر پیک خالص.....
۳۲	۱۶-۱ کاربرد روش طیف نگاری گاما در اندازه گیری های محیطی.....
۳۲	۱-۱۶-۱ ویژگی های مهم کاربردها در پایش های محیطی.....
۳۴	۱۷-۱ تصحیح خود جذبی در طیف نگاری گاما.....
۳۵	۱۸-۱ طیف نگاری پرتوهای گامای بشکه های پسماند پرتوزا.....
۳۷	مراجع.....

۳۹	طیف نگاری ذرات آلفا.....
۳۹	۱-۲ مقدمه.....
۴۰	۲-۲ اصول روش.....
۴۲	۳-۲ آماده سازی نمونه در طیف نگاری ذرات آلفا.....

۴۲	۱-۳-۲ پیش آماده سازی نمونه.....
۴۵	۲-۳-۲ روش های جداسازی رادیوشیمیایی.....
۴۶	۳-۳-۲ روش های نشان دادن نمونه روی صفحه ی شمارش.....
۴۸	۱-۳-۳-۲ روش لایه نشانی الکتریکی.....
۵۰	۴-۲ شمارش.....
۵۰	۱-۴-۲ اثر شکل هندسی نمونه.....
۵۱	۲-۴-۲ آشکارسازهای ذرات آلفا.....
۵۲	۳-۴-۲ تجهیزات طیف نگاری آلفا.....
۵۲	۴-۴-۲ کالیبراسیون دستگاه طیف نگاری آلفا.....
۵۲	۵-۴-۲ بهینه کردن روش شمارش.....
۵۳	۵-۲ کنترل کیفیت و تعیین کیفیت در طیف نگاری آلفا.....
۵۴	مراجع.....

۳

۵۵	شمارش سوسوزن مایع.....
۵۵	۱-۳ مقدمه.....
۵۶	۲-۳ اصول روش.....
۵۷	۳-۳ کوکتل ماده ی سوسوزن.....
۵۷	۴-۳ اثر خاموشی.....
۵۸	۵-۳ فرایند شمارش سوسوزن مایع.....
۶۱	۶-۳ شمارش به روش هم فرودی.....
۶۱	۷-۳ مواد سوسوزن های غیر مایع.....
۶۲	۸-۳ اثر زمینه در شمارش سوسوزن مایع سطح پایین.....
۶۳	۱-۸-۳ روش های کاهش زمینه.....
۶۳	۹-۳ آماده سازی نمونه در روش شمارش سوسوزن مایع.....
۶۴	۱۰-۳ شمارش ذرات آلفا با شمارش گر سوسوزن مایع.....
۶۵	۱۱-۳ شمارش فوتون چرنکوف.....
۶۶	۱۲-۳ خاموشی در شمارش سوسوزن مایع.....

۶۸	۱۳-۳ شمارش سوسوزن مایع محیطی
۶۹	۱-۱۳-۳ کاربردهای روش شمارش سوسوزن مایع
۷۰	۱۴-۳ ویژگی‌های فنی دستگاه‌های مدرن شمارش سوسوزن سطح پایین
۷۰	۱-۱۴-۳ حفاظ درجه‌بندی شده و غیرفعال
۷۱	۲-۱۴-۳ آشکارسازهای حفاظ فعال
۷۲	۳-۱۴-۳ تحلیل شکل پالس
۷۴	۴-۱۴-۳ مقایسه‌ی دامنه‌ی پالس
۷۴	۵-۱۴-۳ شمارش سوسوزن مایع با تجزیه‌ی زمانی
۷۴	۱۵-۳ زمان شمارش و حداقل حد آشکارسازی در شمارش سوسوزن مایع
۷۶	مراجع

۴

۷۷	آنالیز به روش فعال‌سازی نوترونی
۷۷	۱-۴ مقدمه
۷۸	۲-۴ اصول روش
۷۹	۳-۴ واکنش در روش
۸۰	۴-۴ چشمه‌ی نوترونی
۸۱	۵-۴ دستگاه طیف‌نگاری پرتوهای گاما
۸۱	۶-۴ انواع مختلف روش‌های آنالیز از طریق فعال‌سازی با نوترون
۸۱	۱-۶-۴ آنالیز دستگاهی فعال‌سازی با نوترون (INAA)
۸۲	۲-۶-۴ آنالیز فعال‌سازی نوترون به روش رادیوشیمیایی (RNAA)
۸۲	۳-۶-۴ آنالیز فعال‌سازی با نوترون فوق‌حرارتی (ENAA)
۸۲	۴-۶-۴ آنالیز فعال‌سازی با نوترون به روش گامای آبی (PGNAA)
۸۳	۵-۶-۴ آنالیز به روش فعال‌سازی نوترونی با استفاده از پرتوهای گامای تأخیری
۸۴	۱-۵-۶-۴ آنالیز به روش فعال‌سازی نوترونی دستگاهی و رادیوشیمیایی
۸۴	۲-۵-۶-۴ آنالیز از طریق فعال‌سازی تناوبی با نوترون (CNAA)
۸۵	۷-۴ ویژگی‌ها و توانایی‌های روش
۸۵	۸-۴ حساسیت روش

۸۵	۹-۴ واکنش گرهای شیمیایی لازم
۸۶	۱۰-۴ تهیه نمونه
۸۷	۱-۱۰-۴ ظروف پرتودهی
۹۳	۱۱-۴ محاسبات کمی
۹۴	۱۲-۴ دقت روش
۹۴	۱۳-۴ کاربردهای آنالیز به روش فعال سازی با نوترون
۹۴	۱-۱۳-۴ جامدات
۹۴	۲-۱۳-۴ مایعات
۹۵	۳-۱۳-۴ گازها
۹۵	۴-۱۳-۴ ذرات معطر و ذرات امحامل در مایعات
۹۵	۱۴-۴ حساسیت روش
۹۶	۱۵-۴ حد آشکارسازی
۹۶	۱۶-۴ محاسبه عدم قطعیت در شمارش
۹۷	۱۷-۴ محاسبه حد آشکارسازی
۹۹	مراجع

۵

۱۰۱	روش سالیابی با رادیوکرین
۱۰۱	۱-۵ مقدمه
۱۰۲	۲-۵ اصول و تئوری روش
۱۰۴	۳-۵ مراحل روش
۱۰۵	۴-۵ دستگاه ستر بزین
۱۰۶	۱-۴-۵ قسمت های مختلف دستگاه
۱۰۷	۲-۴-۵ واکنش های انجام شده
۱۰۸	۳-۴-۵ مشخصات تولیدی دستگاه ستر بزین
۱۰۸	۵-۵ شمارش کریل ۱۴ در بزین
۱۰۹	۶-۵ مرحله ی پیش آماده سازی
۱۰۹	۷-۵ مرحله ی جداسازی شیمیایی

۱۰۹	۵-۷-۱ تولید دی اکسید کربن
۱۰۹	۵-۷-۲ تبدیل دی اکسید کربن به بنزن
۱۱۰	۵-۸-۸ شمارش
۱۱۰	۵-۸-۱ نمونه‌ی استاندارد مدرن
۱۱۱	۵-۹ خطاها و اعتبارسنجی روش سالیابی با رادیوکربن
۱۱۳	مراجع

۶

۱۱۵	اندازه‌گیری پرتوزایی در خاک
۱۱۵	۶-۱ مقدمه
۱۱۵	۶-۲ کاربردهای اندازه‌گیری پرتوزایی خاک
۱۱۶	۶-۳ مراحل نمونه‌برداری
۱۱۶	۶-۳-۱ انتخاب عمق نمونه‌برداری
۱۱۶	۶-۳-۲ تعیین مختصات جغرافیایی
۱۱۹	۶-۳-۳ تعیین نقاط و ناحیه‌های نمونه‌برداری
۱۱۹	۶-۳-۴ انتخاب ابزار و وسایل میدانی
۱۱۹	۶-۴ پیش آماده‌سازی نمونه‌ها
۱۲۰	۶-۵ آماده‌سازی نمونه‌ها
۱۲۰	۶-۵-۱ تجهیزات لازم
۱۲۱	۶-۵-۲ روش کار
۱۲۲	۶-۵-۳ محاسبه‌ی وزن مرطوب نمونه‌ی خاک مرکب
۱۲۳	۶-۵-۴ محاسبه‌ی وزن خشک نمونه‌ی خاک مرکب
۱۲۳	۶-۵-۵ محاسبه‌ی چگالی نمونه‌ی خاک
۱۲۳	۶-۶ روش‌های اندازه‌گیری پرتوزایی خاک
۱۲۴	۶-۶-۱ روش طیف‌نگاری پرتوهای گاما
۱۲۴	۶-۶-۲ طیف‌نگاری ذرات آلفا
۱۲۴	۶-۶-۳ شمارش بتا
۱۲۴	۶-۶-۴ طیف‌نگاری جرمی

۱۲۵	۵-۶-۶ اندازه‌گیری پرتوزایی آلفا و بتای کل
۱۲۶	۷-۶ مستندات
۱۲۷	۸-۶ روش اندازه‌گیری پرتوزایی آلفا و بتای کل در نمونه‌های خاک
۱۲۷	۱-۸-۶ روش نمونه‌برداری و آماده‌سازی
۱۲۸	۲-۸-۶ نمونه‌سازی
۱۲۹	۳-۸-۶ شمارش و آنالیز
۱۳۰	۴-۸-۶ کالیبراسیون
۱۳۱	۱-۴-۸-۶ کالیبراسیون شمارش بتا
۱۳۱	۲-۴-۸-۶ کالیبراسیون شمارش آلفا
۱۳۲	۳-۴-۸-۶ منحنی کالیبراسیون
۱۳۲	۴-۴-۸-۶ تعیین اثر زمینه
۱۳۲	۵-۴-۸-۶ اندازه‌گیری
۱۳۳	۵-۸-۶ بیان نتایج
۱۳۳	۱-۵-۸-۶ محاسبه پرتوزایی آلفا در واحد جرم
۱۳۳	۲-۵-۸-۶ محاسبه پرتوزایی بتا در واحد جرم
۱۳۴	۳-۵-۸-۶ عدم قطعیت استاندارد
۱۳۴	۱-۳-۵-۸-۶ عدم قطعیت استاندارد محاسبه پرتوزایی آلفا در واحد جرم
۱۳۴	۲-۳-۵-۸-۶ عدم قطعیت استاندارد محاسبه پرتوزایی بتا در واحد جرم
۱۳۵	۳-۳-۵-۸-۶ عدم قطعیت استاندارد نسبی تداخل آلفا و بتا
۱۳۵	۶-۸-۶ حد آشکارسازی
۱۳۵	۱-۶-۸-۶ حد آشکارسازی پرتوزایی آلفا در واحد جرم
۱۳۶	۲-۶-۸-۶ حد آشکارسازی پرتوزایی بتا در واحد جرم
۱۳۶	۷-۸-۶ تنظیمات شمارش‌گر سوسوزن مایع در تعیین پرتوزایی کلی آلفا و بتا
۱۳۶	۹-۶ تعیین پرتوزایی در خاک به روش طیف‌نگاری پرتوهای گاما
۱۳۸	۱-۹-۶ آماده‌سازی نمونه‌های تحت شمارش
۱۳۹	۲-۹-۶ اندازه‌گیری نمونه‌ها
۱۳۹	۳-۹-۶ کالیبراسیون بازده
۱۳۹	۴-۹-۶ محاسبات و آنالیز

۱۴۰ ۵-۹-۶ تضمین کیفیت

۱۴۱ مراجع

۷

۱۴۵ اندازه گیری پرتوزایی در آب

۱۴۵ ۱-۷ مقدمه

۱۴۶ ۲-۷ روش غربالگری آب آشامیدنی

۱۴۸ ۳-۷ سطح مایع راهنما برای رادیونوکلیدهای موجود در آب آشامیدنی

۱۵۱ ۴-۷ ارزیابی آب آشامیدنی از طریق تعیین پرتوزایی کلی

۱۵۳ ۵-۷ استفاده از الکس اند هگبری پرتوزایی کلی برای غربال کردن

۱۵۳ ۶-۷ روش اندازه گیری پرتوزایی کلی ذرات آلفا و بتا در نمونه های آب

۱۵۳ ۱-۶-۷ روش نمونه برداری

۱۵۴ ۲-۶-۷ نمونه برداری از منابع نامین آب آشامیدنی

۱۵۴ ۳-۶-۷ روش نمونه سازی

۱۵۵ ۴-۶-۷ نمونه های استاندارد و شاهد

۱۵۵ ۵-۶-۷ شمارش و اندازه گیری

۱۵۵ ۶-۶-۷ زمان شمارش

۱۵۷ ۷-۶-۷ تعیین آهنگ شمارش زمینه

۱۵۷ ۸-۶-۷ تعیین بازده شمارش

۱۵۷ ۹-۶-۷ تعیین PSA مناسب برای تفکیک طیف آلفا و بتا

۱۵۸ ۱۰-۶-۷ مستندات

۱۵۹ مراجع

۸

۱۶۳ تعیین پرتوزایی رادیم-۲۲۲ و رادن-۲۲۲ در آب

۱۶۳ ۱-۸ مقدمه

۱۶۴ ۲-۸ روش تعیین پرتوزایی رادیم-۲۲۶

۱۶۴ ۱-۲-۸ نمونه برداری و پیش آماده سازی

۱۶۴	۸-۲-۱ نمونه برداری
۱۶۴	۸-۲-۱-۲ آماده سازی نمونه
۱۶۶	۸-۲-۲ تهیه و شمارش نمونه ی استاندارد
۱۶۶	۸-۲-۳ شمارش نمونه ها
۱۶۷	۸-۲-۴ محاسبه ی غلظت رادیم -۲۲۶
۱۶۸	۸-۳ روش تعیین پرتوزایی رادن -۲۲۲ (^{222}Rn) در آب
۱۶۹	۸-۳-۱ اندازه گیری رادن در آب آشامیدنی
۱۷۱	۸-۳-۲ شمارش نمونه ها
۱۷۲	۸-۳-۲-۱ کا راس
۱۷۲	۸-۳-۲-۲ شمارش زمینه
۱۷۲	۸-۳-۲-۳ محاسبات غلظت راد -۲۲۲
۱۷۴	مراجع

۹

۱۷۷	اندازه گیری استرانسیم - ۹۰ در نمونه های
۱۷۷	۹-۱ مقدمه
۱۷۸	۹-۲ روش های مرسوم جداسازی رادیوشیمیایی استرانسیم - ۹۰
۱۷۸	۹-۳ تعیین پرتوزایی استرانسیم - ۹۰ در خاک
۱۷۹	۹-۴ جداسازی شیمیایی
۱۸۰	۹-۵ آشکارسازی
۱۸۰	۹-۶ روش واجذب استرانسیم
۱۸۱	۹-۷ روش واجذب استرانسیم از نمونه های خاک
۱۸۱	۹-۷-۱ آماده سازی آزمون های جزئی
۱۸۱	۹-۷-۲ واکنش گرهای شیمیایی لازم
۱۸۱	۹-۷-۳ تجهیزات
۱۸۱	۹-۷-۴ روش فروشویی و تبخیر
۱۸۲	۹-۷-۵ جداسازی شیمیایی
۱۸۳	۹-۷-۵-۱ روش رسوب دهی استرانسیم

۱۸۳	۱-۵-۷-۹ واکنش گرهای شیمیایی لازم
۱۸۴	۲-۱-۵-۷-۹ تجهیزات
۱۸۴	۳-۱-۵-۷-۹ روش کار
۱۸۶	۶-۷-۹ خالص سازی استرانسیم
۱۸۷	۷-۷-۹ شمارش
۱۸۷	۱-۷-۷-۹ آماده سازی نمونه برای اندازه گیری با شمارش گر تناسبی
۱۸۷	۲-۷-۷-۹ آماده سازی چشمه برای اندازه گیری با دستگاه شمارش گر موسوزن مایع
۱۸۷	۸-۷-۹ استخراج ایتريم
۱۸۸	۹-۷-۹ شمارش
۱۸۸	۱-۹-۷-۹ آماده سازی نمونه برای اندازه گیری با شمارش گر تناسبی
۱۸۸	۲-۹-۷-۹ آماده سازی نمونه برای اندازه گیری با شمارش گر موسوزن مایع
۱۸۹	۱۰-۷-۹ تعیین بازده جداسازی شیمیایی
۱۹۰	۸-۹ جداسازی استرانسیم - روش استخراج حلال آلی
۱۹۰	۱-۸-۹ اصول روش
۱۹۱	۲-۸-۹ واکنش گرهای شیمیایی لازم
۱۹۱	۳-۸-۹ تجهیزات
۱۹۲	۴-۸-۹ روش کار
۱۹۲	۱-۴-۸-۹ جداسازی شیمیایی ایتريم
۱۹۴	۵-۸-۹ شمارش
۱۹۴	۱-۵-۸-۹ آماده سازی نمونه برای اندازه گیری با شمارش گر تناسبی
۱۹۴	۲-۵-۸-۹ آماده سازی نمونه برای اندازه گیری با شمارش گر موسوزن مایع
۱۹۴	۶-۸-۹ تعیین بازده جداسازی شیمیایی
۱۹۵	۹-۹ جداسازی کروماتوگرافی استرانسیم با استفاده از رزین کراون اتر
۱۹۵	۱-۹-۹ اصول روش
۱۹۶	۲-۹-۹ واکنش گرهای شیمیایی لازم
۱۹۶	۳-۹-۹ تجهیزات
۱۹۷	۴-۹-۹ روش کار
۱۹۷	۱-۴-۹-۹ جداسازی شیمیایی استرانسیم

۱۹۸	۵-۹-۹ شمارش.....
۱۹۸	۱-۵-۹-۹ آماده‌سازی نمونه برای اندازه‌گیری با شمارش گر تناسبی.....
۱۹۹	۲-۵-۹-۹ آماده‌سازی نمونه برای اندازه‌گیری با شمارش گر سوسوزن مایع.....
۱۹۹	۶-۹-۹ تعیین بازده جداسازی شیمیایی.....
۲۰۰	۱۰-۹ شرایط اندازه‌گیری.....
۲۰۱	۱۱-۹ کالیبراسیون.....
۲۰۱	۱۲-۹ شمارش با دستگاه سوسوزن مایع.....
۲۰۳	۱۳-۹ محاسبه‌ی پرتو زایی به ازای واحد جرم.....
۲۰۴	۱۴-۹ محاسبه: عدم قطعیت استاندارد.....
۲۰۵	مراجع.....

۱۰

۲۰۹	اندازه‌گیری میزان غلظت تریتیم در نمونه‌های محیطی.....
۲۰۹	۱-۱۰ مقدمه.....
۲۰۹	۲-۱۰ تولید تریتیم در محیط.....
۲۱۰	۳-۱۰ مشخصات تریتیم.....
۲۱۱	۴-۱۰ اندازه‌گیری تریتیم.....
۲۱۲	۱-۴-۱۰ روش اندازه‌گیری تریتیم در آب.....
۲۱۲	۱-۱-۴-۱۰ واکنش گرهای شیمیایی لازم.....
۲۱۲	۲-۴-۱۰ جداسازی شیمیایی تریتیم در آب.....
۲۱۳	۳-۴-۱۰ آماده‌سازی نمونه‌ها برای شمارش.....
۲۱۴	۴-۴-۱۰ شمارش نمونه‌ها.....
۲۱۴	۵-۴-۱۰ محاسبه‌ی بازده شمارش.....
۲۱۴	۶-۴-۱۰ محاسبه‌ی پرتو زایی تریتیم در نمونه.....
۲۱۵	۵-۱۰ روش اندازه‌گیری تریتیم در هوا.....
۲۱۶	۱-۵-۱۰ روش آزمایشگاهی.....
۲۱۸	۲-۵-۱۰ آماده‌سازی نمونه‌ی استاندارد.....
۲۱۹	۳-۵-۱۰ تهیه‌ی نمونه‌ی شمارش زمینه.....

۲۱۹..... ۱۰-۴- شمارش نمونه‌ها.

۲۲۱..... مراجع

۱۱

۲۲۳..... روش سالیابی با سرب - ۱۲۰

۲۲۳..... ۱-۱۱ مقدمه

۲۲۴..... ۲-۱۱ اصول روش

۲۲۶..... ۳-۱۱ آنالیز داده‌های به دست آمده از اندازه‌گیری سرب - ۲۱۰

۲۲۶..... ۳-۱۱ مدل رگرسیون شیب

۲۲۷..... ۴-۱۱ روش اندازه‌گیری محلول

۲۲۸..... ۵-۱۱ دستورالعمل

۲۳۰..... ۶-۱۱ محاسبات پرتوزا

۲۳۲..... مراجع

۱۲

۲۳۳..... روش اندازه‌گیری پولونیم - ۲۱۰ در نمونه‌های راز

۲۳۳..... ۱-۱۲ مقدمه

۲۳۴..... ۲-۱۲ دستورالعمل جداسازی پولونیم - ۲۱۰ از نمونه‌های ادرار

۲۳۶..... ۳-۱۲ محاسبات پرتوایی پولونیم - ۲۱۰

۲۳۷..... مراجع

۱۳

۲۳۹..... تعیین میزان غلظت پلوتونیم - ۲۳۹ در نمونه‌های محیطی

۲۳۹..... ۱-۱۳ مقدمه

۲۳۹..... ۲-۱۳ اندازه‌گیری پلوتونیم - ۲۳۹ در آب و مواد بیولوژیکی

۲۴۰..... ۱-۲-۱۳ واکنش‌گرهای شیمیایی لازم

۲۴۰..... ۲-۲-۱۳ جداسازی شیمیایی پلوتونیم - ۲۳۹ در آب و مواد بیولوژیکی

۲۴۱..... ۳-۲-۱۳ روش آزمایش

۲۴۴	 محاسبه‌ی غلظت پلوتونیم -۲۳۹ در محلول
۲۴۵	 اندازه‌گیری پلوتونیم -۲۳۹ در خاک، رسوبات، گیاهان و مواد غذایی
۲۴۵	 واکنش گرهای شیمیایی لازم
۲۴۶	 جداسازی شیمیایی پلوتونیم -۲۳۹ از خاک، رسوبات، گیاهان و مواد غذایی
۲۴۶	 نمونه‌های گیاه
۲۴۶	 نمونه‌های خاک و رسوبات
۲۴۷	 نمونه‌های مواد غذایی
۲۴۸	 جداسازی و شمارش
۲۴۹	 محاسبه‌ی غلظت پلوتونیم -۲۳۹ در خاک، رسوبات، گیاهان و مواد غذایی
۲۵۰	 محاسبه‌ی بازده تابش‌شیمیایی و بازده شمارش
۲۵۰	 محاسبه‌ی عدم قطعیت در شمارش
۲۵۱	 محاسبه‌ی عدم قطعیت کل در شمارش پلوتونیم -۲۳۹
۲۵۲	 مراجع

۱۴

۲۵۵	 اندازه‌گیری اورانیم -۲۳۲، نپتونیم -۲۳۷ و رادیوایزوآپ‌های پلوتونیم در ترکیبات اورانیم
۲۵۵	 مقدمه
۲۵۵	 روش اندازه‌گیری اورانیم -۲۳۲ در ترکیبات اورانیم
۲۵۶	 اصول روش
۲۵۶	 واکنش گرهای شیمیایی لازم
۲۵۷	 تجهیزات به‌کار رفته در این روش
۲۵۸	 آماده‌سازی نمونه‌ی آزمونه
۲۵۸	 روش کار
۲۵۸	 استخراج
۲۵۹	 آماده‌سازی نمونه‌ی تحت اندازه‌گیری
۲۵۹	 اندازه‌گیری
۲۶۰	 گزارش نتایج
۲۶۰	 دقت روش

۲۶۱	۱۴-۲-۱۱ گزارش آزمایش
۲۶۱	۱۴-۳-۱ روش های اندازه گیری تیتولیم -۲۳۷ در ترکیبات اورانیم
۲۶۱	۱۴-۳-۱ اصول روش
۲۶۱	۱۴-۳-۲ واکنش گرهای شیمیایی لازم
۲۶۳	۱۴-۳-۳ تهیه محلول های مرجع
۲۶۳	۱۴-۳-۴ تجهیزات به کار رفته در این روش
۲۶۳	۱۴-۳-۵ آماده سازی نمونه ی آزمونه
۲۶۴	۱۴-۳-۶ روش کار
۲۶۴	۱۴-۳-۷ استخراج
۲۶۵	۱۴-۳-۸ آماده سازی نمونه تحت اندازه گیری
۲۶۵	۱۴-۳-۹ اندازه گیری
۲۶۵	۱۴-۳-۱۰ گزارش نتایج
۲۶۷	۱۴-۳-۱۱ دقت و انحراف نتایج آماری از سطح مرجع
۲۶۷	۱۴-۳-۱۲ گزارش آزمایش
۲۶۷	۱۴-۴-۱ روش اندازه گیری رادیوایزوتوپ های پرتونیم در ترکیبات اورانیم
۲۶۸	۱۴-۴-۱ اصول روش
۲۶۸	۱۴-۴-۲ واکنش گرهای شیمیایی لازم
۲۶۹	۱۴-۴-۳ تجهیزات به کار رفته در این روش
۲۶۹	۱۴-۴-۴ آماده سازی نمونه ی آزمونه
۲۶۹	۱۴-۴-۵ روش کار
۲۷۰	۱۴-۴-۶ استخراج
۲۷۰	۱۴-۴-۷ آماده سازی نمونه ی تحت اندازه گیری
۲۷۱	۱۴-۴-۸ اندازه گیری
۲۷۱	۱۴-۴-۹ گزارش نتایج
۲۷۲	۱۴-۴-۱۰ دقت و انحراف نتایج آماری از سطح مرجع
۲۷۲	۱۴-۴-۱۱ گزارش آزمایش
۲۷۳	مراجع

۲۷۵	تضمین کیفیت در آنالیز هسته‌ای
۲۷۵	۱-۱۵ مقدمه
۲۷۵	۲-۱۵ برنامه‌ی تضمین کیفیت در آزمایشگاه‌های آنالیز هسته‌ای
۲۷۷	۳-۱۵ تعریف کمیت‌های آماری
۲۷۷	۱-۳-۱۵ آستانه‌ی تصمیم
۲۷۷	۲-۳-۱۵ حد آشکارسازی
۲۷۸	۳-۳-۱۵ حداقل پرتوایی قابل آشکارسازی
۲۷۹	۱-۳-۳-۱۵ حد بحرانی
۲۸۱	۴-۱۵ واریانس محاسبه‌ی سطح L_c در یک انرژی در طیف‌نگاری گاما
۲۸۳	۱-۴-۱۵ حد بالا L_U
۲۸۴	۲-۴-۱۵ حد آشکارسازی L_D
۲۸۶	۵-۱۵ حداقل پرتوایی قابل آشکارسازی در طیف‌نگاری آلفا
۲۹۰	۶-۱۵ حداقل حد آشکارسازی در شمارش سوختن مایع
۲۹۲	مراجع