

رادیوسیما تجزیہ ای

مؤلف

ای. کاہن

مترجم

سید جواد احمدی (عضویت علمی و استاد سم ما)

سودہ السادات سجادی (عضویت علمی)

سیماء طار نصرتی

محمد قنادی مراغه (عضویت علمی و استاد رادیوسی)

B. Kahn، بی. کاهن ۲۰۰۷-

م. سیدجواد احمدی، سوده السادات سجادی، سیما عطار نصرتی، محمد قنادی مراغه.

رادیوشیمی تجزیه‌ای / [تألیف بی. کاهن]

مترجمان: سیدجواد احمدی، سوده السادات سجادی، سیما عطار نصرتی، محمد قنادی مراغه.

تهران: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، ۱۳۹۴.

[۱۶] ۶۶۴ ص: مصور، جدول، نمودار.

ISBN: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۱۴-۰۹-۵

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیبا

عنوان اصلی: رادیوشیمی تجزیه‌ای

رده‌بندی کنگ: ۱۳۹۴ ۱۳۹۴/۲ QD۶۰۵

رده‌بندی دیوی: ۵۴۳/۶۳

شماره‌ی کتابشناسی ملی: ۳۶۸۰۹۰

نام کتاب: رادیوشیمی تجزیه‌ای

مترجمین: سیدجواد احمدی، سوده السادات سجادی، سیما عطار نصرتی، محمد قنادی مراغه.

ویراستار علمی: سعید علمدار میلانی

ویراستار فنی و ادبی: مهدیه السادات عامل ابراهیمی

ویرایش صفحه‌بندی: شادی معماری آذر

ناظر فنی: فریبا علی اکبری

حروفچینی: مریم رحیمی

تهیه و تنظیم جلد: مهرک الهامی

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

چاپ: ۱۳۹۴

نوبت چاپ: اول

قیمت: ۲۵۰۰۰۰ ریال

چاپ و صحافی: پیام رسان فردا، تلفن: ۸۸۷۲۸۰۰۲

ناشر: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۱۴-۰۹-۵



پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

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

سال‌هاست که انسان با تفکر در طبیعت و مشاهده‌ی پدیده‌های بی‌شماری که در سیاره‌ی زیبای ما وجود دارد تلاش کرده است که با جستجوی در تاریخ زندگی گذشتگان از اسرار این جهان هستی پدید برآورد کند. بشر تا به امروز با پرواز به اوج آسمان‌ها و با ورود به فضای بی‌کران و کشتن شناخت‌ها از یک‌سو و از سوی دیگر ورود به دنیای اتم‌ها و مولکول‌ها سعی کرده که برای به‌فالات ذهن کنج‌ها و خود پاسخ قانع‌کننده‌ای بیابد. اکنون دانشمندان با مشاهده‌ی تغییرات مواد مختلف در پیرامون خود سعی می‌کنند که با کمک علم شیمی به سؤالات بی‌جواب درس در رابطه با اسرار مواد و تغییرات آن‌ها پاسخ دهند.

شیمی در طول تاریخ طولانی و تکاملی نام دوران‌های گوناگونی را پشت‌سر گذاشته که می‌توان آن را به سه بخش عمده تقسیم کرد: دوران باستان که هنوز شیمی به صورت یک علم مشخص در نیامده بود، دوران کیمیاگری از آن‌ها پیدایش مسیحیت تا سال‌های ۱۷۰۰ میلادی و دوران شیمی جدید.

امروزه، در دوران شیمی جدید با گسترش علم و فناوری در جهان، استفاده از روش‌های نوین به منظور تجزیه و شناسایی مواد، امری اجتناب‌ناپذیر و ضروری است. رادیوشیمی تجزیه‌ای که نخستین بار از طریق ماری کوری به‌کار گرفته شد و با همکاری دیگر محققین و دانشمندان هم‌چون ارنست رادرفورد و فردریک سودی توسعه یافت، از جمله‌ی این روش‌ها است.

رادیوشیمی تجزیه‌ای که بر پایه‌ی جداسازی شیمیایی و تعیین مقدار رادیونوکلیدها استوار است، می‌تواند به منزله‌ی یک رشته‌ی تخصصی علم هسته‌ای و رادیوشیمی به‌کار آید.

با توجه به پیشرفت روز افزون علم و فناوری هسته‌ای در کشور عزیزمان ایران، نیاز به کتاب‌های تخصصی در حوزه‌ی علوم هسته‌ای، به صورت تألیف یا ترجمه‌ی متون علمی معتبر، به منظور آشنایی دانش‌پژوهان ضروری به نظر می‌رسد. کتاب حاضر که ترجمه کتاب "Radioanalytical Chemistry" اثر پروفیسور برنند کاهن است، برای تدریس رادیوشیمی تجزیه‌ای برای دانشجویان و پژوهش‌گران رشته‌های مهندسی هسته‌ای، شیمی، فیزیک هسته‌ای و محیط زیست و همچنین به منظور استفاده‌ی کارشناسان آزمایشگاه مفید واقع می‌شود.

مسلماً، ترجمه‌ی این کتاب عاری از نقص نیست و پیشنهادات ارزنده‌ی همکاران، دانشمندان و دانش‌پژوهان عزیز را با منت فراوان پذیرا هستیم و امیدواریم که بتوانیم در صورت توفیق مجدداً چاپ از این رهنمودها استفاده کنیم. هم‌چنین مترجمین برخورد لازم می‌دانند از همه‌ی همکاران و عزیزانی که در چاپ این کتاب یاری‌رسان بوده‌اند، قدردانی کنند.

سید جواد احمدی

سوده السادات سجادی

سماعطار نصرقی

محمدرضا مراد

تیرماه ۹۴

۱	مقدمه
۱	۱.۱ زمینه
۴	۲.۱ منابع اطلاعاتی رادیوشیمی تجزیه‌ای
۸	۳.۱ مبانی برنامه‌ی رادیوشیمی تجزیه‌ای
۸	۴.۱ کاربرد این کتاب

۱۱	اصول آشکارسازی تابش
۱۱	۱.۲ مقدمه
۱۲	۲.۲ واپاشی پرتوزا و انواع تابش
۱۳	۱.۲.۲ واپاشی آلفایی
۱۴	۲.۲.۲ واپاشی بتا و گیراندازی الکترون
۱۵	۳.۲.۲ گسیل پرتو گاما و الکترون تبدیل
۱۷	۴.۲.۲ واپاشی از طریق شکافت خودبه‌خود
۱۸	۵.۲.۲ واپاشی پرتوزا
۲۲	۳.۲ تولید رادیونوکلیدها از طریق واکنش‌های هسته‌ای
۲۲	۱.۳.۲ شرط انرژی برای واکنش‌های هسته‌ای
۲۴	۲.۳.۲ تولید رادیونوکلیدها
۲۵	۳.۳.۲ چشمه‌های نوترون
۲۶	۴.۳.۲ شکافت هسته‌ای
۲۷	۴.۲ اصول آشکارسازی تابش
۲۸	۱.۴.۲ ذرات آلفا و تشکیل یون
۳۰	۲.۴.۲ ذرات بتا و تشکیل یون
۳۳	۳.۴.۲ تابش ترمزی و چرنکوف
۳۴	۴.۴.۲ برهم‌کنش‌های پرتو گاما
۴۱	۵.۲ آشکارسازها

۴۱	۱.۵.۲ آشکارسازهای گازی
۴۵	۲.۵.۲ آشکارسازهای حالت جامد
۴۶	۳.۵.۲ آشکارسازهای سوسوزن
۴۹	۴.۵.۲ طیف‌سنج‌های سیلیسیم و ژرمانیم
۵۲	۵.۵.۲ سایر طیف‌سنج‌ها

۳

۵۵	اصول شیمی تجزیه
۵۵	۱.۳ مقدمه
۵۷	۲.۳ جداسازی رسوبی
۵۷	۱.۲.۳ اصول
۵۹	۲.۲.۳ روش کار
۶۲	۳.۳ جداسازی تبادل یونی
۶۲	۱.۳.۳ اصول
۶۵	۲.۳.۳ عملکرد
۷۰	۴.۳ استخراج مایع - مایع
۷۰	۱.۴.۳ اصول
۷۱	۲.۴.۳ عملکرد
۷۸	۵.۳ استخراج فاز جامد
۷۹	۶.۳ جداسازی‌های گازی
۷۹	۱.۶.۳ تقطیر و تبخیر
۸۴	۲.۶.۳ جداسازی گازها
۸۵	۷.۳ جداسازی از طریق نهشت الکتریکی

۴

۹۱	اصول و روش‌های رادیوشیمی تجزیه‌ای
۹۱	۱.۴ مقدمه
۹۳	۲.۴ اثرات در تولید رادیونوکلیدها
۹۵	۳.۴ رفتار غلظت - پایین پیش‌بینی شده
۹۷	۴.۴ اتلاف نمونه به واسطه‌ی رفتار رادیوکلوییدی

۹۸	۵.۴ نگهداری نمونه
۹۹	۶.۴ انحلال جامدات
۱۰۰	۶.۴ ۱ انحلال اسیدی
۱۰۱	۶.۴ ۲ ذوب
۱۰۳	۷.۴ افزایش حامل یا ردیاب
۱۰۳	۷.۴ ۱ روش رقیق سازی ایزوتوپی
۱۰۴	۷.۴ ۲ افزایش حامل
۱۰۶	۷.۴ ۳ افزایش ردیاب
۱۰۷	۸.۴ خالص سازی نمونه
۱۰۸	۹.۴ آماده سازی چشمانداز
	۵
۱۱۱	جمع آوری و آماده سازی نمونه
۱۱۱	۱.۵ مقدمه
۱۱۲	۲.۵ اطلاعات نمونه
۱۱۵	۳.۵ نمونه های جوی
۱۱۶	۳.۵ ۱ رادیونوکلیدهای ذره ای
۱۱۸	۳.۵ ۲ رادیونوکلیدهای گازی
۱۲۲	۴.۵ آب
۱۲۳	۴.۵ ۱ جمع آوری نمونه ی ربایشی
۱۲۳	۴.۵ ۲ نمونه گیر آب سطحی پیوسته
۱۲۴	۴.۵ ۳ جمع کننده های آب باران
۱۲۵	۴.۵ ۴ جمع آوری آب زیرزمینی
۱۲۶	۵.۵ شیر
۱۲۷	۶.۵ گیاهان و محصولات کشاورزی
۱۲۸	۷.۵ گوشت و گونه های آبی
۱۲۹	۸.۵ خاک و رسوب
۱۲۹	۸.۵ ۱ خاک
۱۳۰	۸.۵ ۲ رسوب

- ۹.۵ نمونه‌های عیارسنجی زیستی..... ۱۳۱
- ۱۰.۵ کنترل کیفی در جمع‌آوری نمونه..... ۱۳۲

۶

- رادیوشیمی تجزیه‌ای کاربردی..... ۱۳۵
- ۱.۶ مقدمه..... ۱۳۵
- ۲.۶ آمایش نخستین نمونه..... ۱۳۸
- ۱.۲.۶ جمع‌آوری آب و هوا..... ۱۳۹
- ۲.۲.۶ جمع‌آوری رادیونوکلیدهای گازی..... ۱۴۰
- ۳.۲.۶ آب..... ۱۴۲
- ۴.۲.۶ شیر..... ۱۴۳
- ۵.۲.۶ گیاهان و محصولات کشاورزی..... ۱۴۴
- ۶.۲.۶ گوشت و ماهی..... ۱۴۴
- ۷.۲.۶ خاک و نهشته..... ۱۴۵
- ۸.۲.۶ نمونه‌های عیارسنجی زیستی..... ۱۴۵
- ۹.۲.۶ لکه‌ها..... ۱۴۶
- ۳.۶ حامل‌ها و ردیاب‌ها..... ۱۴۶
- ۱.۳.۶ حامل‌ها..... ۱۴۷
- ۲.۳.۶ ردیاب‌ها..... ۱۴۸
- ۴.۶ جداسازی و خالص‌سازی رادیونوکلید..... ۱۴۹
- ۱.۴.۶ رادیونوکلیدهای با طول عمر بالا..... ۱۵۰
- ۲.۴.۶ رادیونوکلیدهای با نیم - عمر متوسط..... ۱۶۶
- ۳.۴.۶ رادیونوکلیدهای با طول عمر کوتاه..... ۱۷۱
- ۴.۴.۶ رادیونوکلیدهای با طول عمر بسیار کوتاه و طول عمر بسیار بالا..... ۱۷۲
- ۵.۶ روش‌های استاندارد..... ۱۷۳
- ۶.۶ توسعه و تفسیر روش‌ها..... ۱۷۴

۷

- آماده‌سازی برای اندازه‌گیری نمونه..... ۱۷۷

۱۷۷	۱.۷ مقدمه
۱۷۸	۲.۷ شمارش ذرات آلفا و بتا با یک آشکارساز تناسبی گازی
۱۷۸	۱.۲.۷ آماده سازی چشمه
۱۷۹	۲.۲.۷ دیگر روش های تعیین بازده
۱۷۹	۲.۲.۷ شکل چشمه
۱۸۴	۲.۲.۷ شمارش کل
۱۸۵	۳.۷ شمارش ذرات آلفا و بتا با آشکارساز سوسوزن مایع
۱۸۵	۱.۳.۷ تهیه چشمه
۱۸۷	۲.۳.۷ ذرات
۱۸۷	۳.۳.۷ ذرات آلفا
۱۸۸	۴.۳.۷ کاربردهای خاص
۱۹۰	۴.۷ شمارش ذرات آلفا با آشکارساز سیلیسیم و طیف سنج
۱۹۱	۱.۴.۷ افزایش ردیاب
۱۹۱	۲.۴.۷ تهیه چشمه
۱۹۲	۵.۷ شمارش پرتوهای گاما با آشکارساز ژرمانیوم
۱۹۲	۱.۵.۷ آماده سازی چشمه
۱۹۳	۲.۵.۷ اندازه گیری مستقیم
۱۹۳	۳.۵.۷ کالیبراسیون

۸

۱۹۵	اندازه گیری های تابش کاربردی
۱۹۵	۱.۸ مقدمه
۱۹۶	۲.۸ پارامترهای عملیاتی متعارف
۱۹۶	۱.۲.۸ بازده شمارش
۲۰۸	۲.۲.۸ زمینه تابش
۲۱۴	۳.۸ آشکارسازها
۲۱۴	۱.۳.۸ آشکارسازهای گازی
۲۲۰	۲.۳.۸ شمارش گرهای سوسوزن مایع
۲۲۷	۳.۳.۸ طیف سنج های ذره ی آلفا

۲۷۳.....	محاسبه‌ی داده، تجزیه و تحلیل و گزارش‌دهی
۲۷۳.....	۱.۱۰ مقدمه
۲۷۴.....	۲.۱۰ محاسبه‌ی فعالیت
۲۷۷.....	۳.۱۰ عدم قطعیت اندازه‌گیری
۲۷۸.....	۱.۳.۱۰ ارزیابی و انتشار عدم قطعیت
۲۸۳.....	۲.۳.۱۰ عدم قطعیت بسط‌یافته
۲۸۴.....	۳.۳.۱۰ کاربرد رادایوشیمی تجزیه‌ای
۲۸۶.....	۴.۳.۱۰ آماری شمارش
۲۸۸.....	۵.۳.۱۰ توزیع پواسون
۲۹۰.....	۶.۳.۱۰ آزمون آماری برای توزیع پواسون
۲۹۱.....	۷.۳.۱۰ طیف‌سنجی
۲۹۲.....	۸.۳.۱۰ دیگر مؤلفه‌های عدم قطعیت
۲۹۴.....	۴.۱۰ آشکارسازی رادیونوکلید
۲۹۵.....	۱.۴.۱۰ مقدار بحرانی و حداقل فعالیت قابل آشکارسازی (MDA)
۲۹۶.....	۲.۴.۱۰ محاسبه‌ی مقدار بحرانی و حداقل فعالیت قابل آشکارسازی
۲۹۹.....	۵.۱۰ محاسبات برای کنترل کیفیت
۳۰۰.....	۱.۵.۱۰ محاسبات کنترل کیفیت دستگاه اندازه‌گیری
۳۰۳.....	۲.۵.۱۰ محاسبات کنترل کیفیت تجزیه‌ای
۳۰۶.....	۳.۵.۱۰ محاسبات کنترل کیفیت آزمایش روش تجزیه‌ای
۳۰۸.....	۶.۱۰ بازبینی داده‌ها
۳۱۲.....	۷.۱۰ نمایش داده‌ها

۳۱۷.....	تضمین کیفیت
۳۱۷.....	۱.۱۱ مقدمه
۳۲۰.....	۲.۱۱ طرح تضمین کیفیت
۳۲۱.....	۱.۲.۱۱ سازمان‌دهی

۳۲۲.....	۱۱.۲.۲ آموزش پرسنل.....
۳۲۲.....	۱۱.۲.۳ روش کارهای آزمایشگاه.....
۳۲۴.....	۱۱.۲.۴ تهیه اسناد کنترل.....
۳۲۴.....	۱۱.۲.۵ زنجیره‌ی نگهداری و کار با نمونه.....
۳۲۷.....	۱۱.۲.۶ گواهی‌نامه‌های استانداردها.....
۳۲۹.....	۱۱.۲.۷ سوابق تجزیه‌ای.....
۳۳۰.....	۱۱.۲.۸ کار استاندارد.....
۳۳۱.....	۱۱.۲.۹ نمونه‌های کنترل کیفیت.....
۳۳۲.....	۱۱.۲.۱۰ مدارک کنترل دستگاه.....
۳۳۴.....	۱۱.۲.۱۱ اثبات کالیبری.....
۳۴۰.....	۱۱.۲.۱۲ مستندسازی رزبان اطلاعات.....
۳۴۱.....	۱۱.۲.۱۳ گزارش‌های بازرسی.....
۳۴۲.....	۱۱.۲.۱۴ خط‌مشی‌های نگهداری مدارک.....
۳۴۳.....	۱۱.۳.۱ تضمین کیفیت در فعالیت‌های جمع‌آوری اطلاعات.....
۳۴۳.....	۱۱.۳.۲ فرایند اهداف کیفیت اطلاعات.....
۳۴۴.....	۱۱.۳.۳ طرح پروژه‌ی تضمین کیفیت.....
۳۴۵.....	۱۱.۳.۴ مثالی از طراحی جمع‌آوری ناقص داده‌ها؛ کانال.....
۳۴۷.....	۱۱.۴.۱ هزینه و بهره‌مندی تضمین کیفیت.....

۱۲

۳۵۱.....	ویژگی‌های روش‌ها.....
۳۵۱.....	۱۲.۱ مقدمه.....
۳۵۳.....	۱۲.۲ منشا مشکلات در آزمایشگاه.....
۳۵۴.....	۱۲.۲.۱ فاصله‌های زمانی تغییر.....
۳۵۵.....	۱۲.۲.۲ تغییرپذیری نمونه.....
۳۵۶.....	۱۲.۲.۳ ناپایداری روش.....
۳۵۷.....	۱۲.۲.۴ رفتار تجزیه‌گر.....
۳۵۷.....	۱۲.۲.۵ فشار ضرب‌العجل.....

۳۵۸.....	۶.۲. اعتبار نمونه‌ی کنترل کیفیت
۳۵۹.....	۷.۲. نیازهای تعامل سرپرستی
۳۶۰.....	۳. پاسخ مشکل
۳۶۰.....	۱.۳. ثبات و پایداری نمونه
۳۶۱.....	۲.۳. نگه‌داری نمونه
۳۶۲.....	۳.۳. آماده‌سازی نمونه
۳۶۴.....	۴.۳. تجزیه‌ی رادیوشیمیایی
۳۶۶.....	۵.۳. نمونه‌ی -۱۰۰ برای اندازه‌گیری رادیونوکلید
۳۶۸.....	۶.۳. اندازه‌گیری‌های رادیونوکلید
۳۷۱.....	۷.۳. کاربرد نرم‌افزار کامپیوتری
۳۷۲.....	۸.۳. تحلیل عدم قطعیت
۳۷۳.....	۴.۱. سازمان‌دهی پاسخ

۱۳

۳۷۵.....	اصول طراحی و مدیریت آزمایشگاه
۳۷۵.....	۱. مقدمه
۳۷۶.....	۲. عناصر طراحی و عملیاتی آزمایشگاه رادیوشیمی تجزیه‌ای
۳۸۳.....	۳. دریافت نمونه و آمایش اولیه
۳۸۵.....	۴. آزمایشگاه رادیوشیمی تجزیه‌ای
۳۸۶.....	۱.۴. کف‌ها و دیوارها
۳۸۷.....	۲.۴. جریان هوا
۳۹۰.....	۳.۴. مایعات
۳۹۱.....	۴.۴. پس‌ماند پرتوزای جامد
۳۹۲.....	۵.۴. نمونه‌های پس‌ماند و دفع پس‌ماند
۳۹۳.....	۵.۱. اتاق شمارش
۳۹۷.....	۶.۱. انبار
۳۹۸.....	۷. عناصر مدیریت تأسیسات
۳۹۹.....	۱.۷. کارکنان تجزیه‌ای و فنی

۴۰۱	۲.۷.۱۳ کارکنان پشتیبانی
۴۰۲	۳.۷.۱۳ تعمیر و نگهداری تجهیزات
۴۰۳	۴.۷.۱۳ ایمنی آزمایشگاه
۴۰۴	۵.۷.۱۳ ایمنی داده‌ها
۴۰۶	۶.۷.۱۳ پشتیبانی اضطراری آزمایشگاه
۴۰۷	۸.۱۳ مقررات کنترل‌کننده و الزامات مجازکننده
۴۰۸	۱.۸.۱۳ طرحی و تغییر آزمایشگاه
۴۰۸	۲.۸.۱۳ بوزهای عملیاتی
۴۱۰	۳.۸.۱۳ از رده خارج‌سازی آزمایشگاه
۴۱۱	۹.۱۳ خدمات آزمایشگاه
۴۱۱	۱.۹.۱۳ طرح تجارت و سرمایه‌داری
۴۱۲	۲.۹.۱۳ تعیین هزینه‌های تجزیه‌ای
۴۱۴	۳.۹.۱۳ حداقل غلظت یا فعالیت قابل آلوده‌سازی
۴۱۴	۴.۹.۱۳ زمان برگشت
۴۱۶	۵.۹.۱۳ درستی

۱۴

۴۱۹	ایمنی آزمایشگاه
۴۱۹	۱.۱۴ مقدمه
۴۲۰	۲.۱۴ سیستم‌های مدیریت ایمنی و سلامت
۴۲۲	۳.۱۴ طرح‌ها و کارمندان بهداشت شیمیایی و ایمنی پرتو
۴۲۳	۱.۳.۱۴ طرح‌ها و کارمندان ایمنی شیمیایی
۴۲۴	۲.۳.۱۴ کارمندان و طرح‌های ایمنی پرتو
۴۲۶	۳.۳.۱۴ مسئولیت متخصص رادیوشیمی تجزیه‌ای
۴۲۶	۴.۱۴ خطرات در محل کار
۴۲۶	۱.۴.۱۴ خطرهای معمولی و پیشگیری‌ها
۴۲۸	۲.۴.۱۴ طراحی و نگهداری
۴۲۸	۳.۴.۱۴ کار با ظروف شیشه‌ای و مواد شیمیایی

۴۳۰.....	۴.۴.۱۴ تجهیزات حفاظت فردی
۴۳۲.....	۵.۴.۱۴ تجهیزات ایمنی
۴۳۴.....	۶.۴.۱۴ مایعات قابل اشتعال و قابل احتراق
۴۳۵.....	۷.۴.۱۴ کپسول های گاز فشرده
۴۳۶.....	۸.۴.۱۴ خطرهای الکتریکی
۴۳۷.....	۹.۴.۱۴ فعالیت های بدون مراقب
۴۳۸.....	۱۰.۴.۱۴ کنترل
۴۴۱.....	۵.۱۴ واکنش سطاری
۴۴۲.....	۱.۵.۱۴ پیشگیری از آتش سوزی
۴۴۲.....	۲.۵.۱۴ برنامه ریزی شرایط اضطراری
۴۴۳.....	۳.۵.۱۴ ایمنی شخص
۴۴۴.....	۶.۱۴ تجهیزات و واکنش به حادثه
۴۴۴.....	۱.۶.۱۴ کپسول های آتش نشانی
۴۴۷.....	۲.۶.۱۴ محل های شستشوی چشم و دوش های شستشو
۴۴۸.....	۳.۶.۱۴ پروتکل های حادثه
۴۴۹.....	۷.۱۴ ایمنی محیطی
۴۵۰.....	۸.۱۴ محیط وابسته به تنظیم مقررات
۴۵۲.....	۹.۱۴ راهنمایی در دسترس

۱۵

۴۵۵.....	سیستم های تجزیه ای میدانی و آزمایشگاهی خودکار رادیونوکلید
۴۵۵.....	۱.۱۵ مقدمه
۴۵۷.....	۱.۱.۱۵ کنترل سیستم خودکار و داده گردانی
۴۵۸.....	۲.۱.۱۵ داده های طیفی و دیگر انواع داده ها
۴۵۹.....	۳.۱.۱۵ فرمان و کنترل
۴۶۰.....	۴.۱.۱۵ قطعیت و تأیید داده ها
۴۶۱.....	۲.۱۵ مقایسه ای سیستم های خودکار و دستی : نظارت فوری رادیونوکلید آبروسل
۴۶۲.....	۱.۲.۱۵ تجزیه ای صافی هوای سستی

۴۶۳.....	۲.۲.۱۵ خودکارسازی تجزیه‌ی طیفی
۴۶۴.....	۳.۲.۱۵ سیستم نمونه‌بردار/ تجزیه‌گر فوری
۴۶۶.....	۳.۱۵ بحث و مثال‌های سیستم آزمایشگاهی خودکار
۴۶۷.....	۱.۳.۱۵ شیوه‌های خودکارسازی کلی
۴۶۷.....	۲.۳.۱۵ تعویض‌کننده‌های خودکار نمونه برای شمارش رادیونوکلیدها
۴۶۸.....	۳.۳.۱۵ سیستم آزمایشگاهی خودکار جداسازی ستونی رادیونوکلید
۴۶۹.....	۴.۳.۱۵ جداسازی خودکار ^{99}Tc و اندازه‌گیری از طریق تجزیه با تزریق جریان
۴۷۲.....	۴.۱۵ مثال بی‌ا سیستم میدانی خودکار
۴۷۲.....	۱.۴.۱۵ دستگاه‌های سنجش آبروسل: تجزیه‌گر نمونه‌ی آبروسل رادیونوکلید
۴۷۶.....	۲.۴.۱۵ دستگاه‌ها: سنجش باز: نمونه‌گیر/ تجزیه‌گر بی‌درنگ ^{135}Xe , ^{133}Xe
۴۸۲.....	۳.۴.۱۵ تریتیم در آب
۴۸۵.....	۵.۱۵ خلاصه‌ی فصل

۱۶

۴۸۷.....	شیمی فرااکتییدها
۴۸۷.....	۱.۱۶ مقدمه
۴۹۱.....	۱.۱.۱۶ عناصر و بحث فرااکتییدها
۴۹۳.....	۲.۱.۱۶ نام‌گذاری عناصر ۱۰۴ تا ۱۰۹
۴۹۶.....	۳.۱.۱۶ عناصر فرامایتیزیم (Mt)
۴۹۸.....	۴.۱.۱۶ چالش‌های بغرنج در مطالعه‌ی خواص شیمیایی فرااکتییدها
۵۰۰.....	۲.۱۶ شیوه‌های تجزیه‌ی پرتویی
۵۰۰.....	۱.۲.۱۶ شیمی فاز گازی
۵۰۵.....	۲.۲.۱۶ شیمی محلول
۵۰۶.....	۳.۲.۱۶ ارتباط و موارد استفاده در سایر زمینه‌ها
۵۰۷.....	۳.۱۶ نتایج مطالعه‌های تجربی فرااکتییدها
۵۰۷.....	۱.۳.۱۶ شیمی عناصر ۱۰۴ (Rf) و ۱۰۵ (Db)
۵۱۱.....	۲.۳.۱۶ شیمی عنصر ۱۰۶ (Sg)
۵۱۵.....	۳.۳.۱۶ شیمی عنصر ۱۰۷ (Bh)

۵۱۶.....	۱۶. ۳. ۴ شیمی عنصر ۱۰۸ (Hs).....
۵۱۹.....	۱۶. ۴ آینه.....
۵۱۹.....	۱۶. ۴. ۱ چشم اندازهای مطالعات شیمیایی (۱۰۹) Mt تا عنصر ۱۱۲.....
۵۲۲.....	۱۶. ۴. ۲ عناصر فوق سنگین.....

۱۷

۵۲۳.....	تجزیه‌ی طیف‌سنجی جرمی رادیونوکلید.....
۵۲۳.....	۱۷. ۱ مقدمه.....
۵۲۵.....	۱۷. ۲ دستگاه‌ها و روش‌ها..... تجزیه‌ای.....
۵۲۶.....	۱۷. ۲. ۱ آماده‌سازی و وارد کردن نمونه.....
۵۲۸.....	۱۷. ۲. ۲ چشمه‌ی یون.....
۵۳۵.....	۱۷. ۲. ۳ تجزیه‌گرهای جرمی.....
۵۴۸.....	۱۷. ۲. ۴ آشکارساز یون.....
۵۵۲.....	۱۷. ۲. ۵ خلأ.....
۵۵۲.....	۱۷. ۲. ۶ به‌دست‌آوری داده‌ها و کنترل تجهیزات.....
۵۵۳.....	۱۷. ۳ روش‌شناسی اندازه‌گیری.....
۵۵۳.....	۱۷. ۳. ۱ انحراف جرم.....
۵۵۵.....	۱۷. ۳. ۲ دقت و صحت.....
۵۵۶.....	۱۷. ۳. ۳ رقیق‌سازی ایزوتوپی یا تجزیه‌ی ردیابی‌شده.....
۵۵۸.....	۱۷. ۴ طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت‌شده‌ی القایی.....
۵۵۹.....	۱۷. ۴. ۱ انواع دستگاه‌ها.....
۵۶۰.....	۱۷. ۴. ۲ پلاسمای جفت‌شده‌ی القایی و ارتباط آن با خلأ.....
۵۶۲.....	۱۷. ۴. ۳ عملکرد تجزیه‌ای.....
۵۶۵.....	۱۷. ۴. ۴ تداخل ایزوباری.....
۵۶۷.....	۱۷. ۴. ۵ محفظه‌های برخورد/واکنش.....
۵۶۸.....	۱۷. ۵ طیف‌سنجی جرمی یونش گرمایی.....
۵۷۱.....	۱۷. ۵. ۱ تجهیزات.....
۵۷۴.....	۱۷. ۵. ۲ آماده‌سازی نمونه.....

۵۷۴.....	۱۷. ۳.۵ عملکرد و کاربرد.....
۵۷۵.....	۱۷. ۶ طیف‌سنجی جرمی شتاب‌دهنده.....
۵۷۶.....	۱۷. ۱.۶ تجهیزات.....
۵۷۹.....	۱۷. ۲.۶ آماده‌سازی نمونه.....
۵۷۹.....	۱۷. ۳.۶ عملکرد و کاربردها.....
۵۸۱.....	۱۷. ۷ دیگر طیف‌سنج‌های جرمی.....
۵۸۱.....	۱۷. ۱.۷ طیف‌سنج جرمی یونش ثانویه.....
۵۸۴.....	۱۷. ۲.۷ طیف‌سنج جرمی سایش لیزر.....
۵۸۶.....	۱۷. ۳.۷ طیف‌سنج جرمی تخلیه‌ی افروزشی.....
۵۸۸.....	۱۷. ۴.۷ طیف‌سنج جرمی لاسر تشدیدي.....
۵۸۹.....	۱۷. ۸ کاربردها.....
۵۹۱.....	۱۷. ۱.۸ اورانیم.....
۵۹۲.....	۱۷. ۲.۸ سایر اکتینیدها.....
۵۹۴.....	۱۷. ۳.۸ محصول‌های شکافت.....
۵۹۵.....	۱۷. ۴.۸ محصول‌های فعال‌سازی.....
۵۹۶.....	۱۷. ۹ پیشرفت‌های دستگاهی.....
۵۹۹.....	مراجع.....