

طیف سنجی نشری ICP

اسکب راهنمای عملی

مؤلف

یوآخیم فوگت

مترجم

محمود فیروز زارع

J. Nolte, یواخیم، نولته.

م. محمود فیروززارع.

طیف‌سنجی نشری ICP یک راهنمای عملی / [تالیف یواخیم نولته]:

مترجم محمود فیروززارع

تهران: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، ۱۳۹۲.

۳۳۶ ص.: مصور، جدول، نمودار.

ISBN: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۱۴-۰۱-۹

درست‌نویسی بر اساس اطلاعات فیبا

عنوان اصلی:

۱. راهنمای عملی اسپکترومتری نشری پلاسمای جفت‌شده القایی (ICP-OES) ۲. طیف‌سنجی نشری اتمی پلاسمای

جفت‌شده القایی

پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

رده بندی کنگره: ۵۷۱.۱۳۹۰۱/۱۳۹۰ ن

رده بندی دیویی: ۵۷۱.۱۵۲

شماره کتابشناسی ملی: ۳۱۰۰۸۷

نام کتاب: طیف‌سنجی نشری ICP یک راهنمای عملی

مترجم: محمود فیروززارع

ویراستار: علیرضا درودی

ناظر فنی: فریبا علی اکبری

ویرایش صفحه بندی: شادی معماری‌آذر

نمونه خوان: مهدیه‌السادات عامل ابراهیمی

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

چاپ: ۱۳۹۲

نوبت چاپ: اول

قیمت: ۱۳۰۰۰۰ ریال

چاپ و صحافی: پیام رسان فردا، تلفن: ۸۸۷۲۸۰۰۲

ناشر: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۱۴-۰۱-۹

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



پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

پیش گفتار

از زمانی که استنلی گرینفیلد^۱ و همکارانش در آلبرایت - ویلسون^۲ و ولمر فاسیل^۳ و همکارانش ریچارد ونت^۴، جرج دیکنسون^۵ و دیک نایزلی^۶ در دانشگاه ایالتی آیووا^۷ طیف تجزیه‌ای پلاسمای جفت شده القایی را در دهه ۱۹۶۰ ابداع کردند، مدت زیادی گذشته است. آنها تقریباً به مدت یک دهه تلاش همه‌جانبه‌ای انجام دادند تا طیف‌سنجی ICP را به تولیدکنندگان مردم و کاربرانی معرفی کنند که قابلیت استفاده از آن را داشتند. افراد دیگری مانند پل بومنز^۸ از آینده‌ون^۹ و جکس روبن^{۱۰} و جان میشل مرمت^{۱۱} در لیون^{۱۲} به یک انجمن در حال توسعه از پژوهش‌گرانی پیوستند که مشغول جمع‌آوری شواهد قانع‌کننده‌ای از خواص طیف‌بینی نشری ICP بودند. خوشبختانه، کوشش آنها در اواسط دهه ۱۹۷۰ به ثمر نشست و در دهه ۱۹۸۰ شکوفا شد. امروزه طیف‌سنجی نشری ICP طیف‌سنجی جرمی روش‌های اصلی و پایه‌ای در آزمایشگاه شیمی تجزیه، تأسیسات و پایگاه‌های صحرایی محسوب می‌شوند. تعداد دستگاه‌ها، کاربران و کاربردها روبه رشد است و فراگیری این روش طیف‌بینی در فزاینده‌تری به اثبات رسیده است. منبع ICP، ستاره بسیار درخشانی در شیمی تجزیه قرار گرفته و به تدریج به یک روش تجزیه‌ای فوق حساس، عاری از ماتریس و فوق‌ریز در دهه‌های آینده طیف‌بینی می‌شود که ICP به ایفای این نقش ادامه دهد.

با وجود ده‌ها هزار دستگاه ICP که در آزمایشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و برای مقاصد آموزشی و پژوهشی، برای کاربردهای معمول محیطی، برای تحقیقات پایه و زیست‌پوی و گونه‌یابی در تغذیه انسانی و جرم‌شناسی محیطی وجود دارند، یک رساله عملی مردم‌پسند تا زمینه‌های اساسی، طراحی

¹ Stanley Greenfield

² Albright & Wilson

³ Velmer Fassel

⁴ Richard Went

⁵ George Dickinson

⁶ Dick Knisely

⁷ Iowa State University

⁸ Paul Boumans

⁹ Eindhoven

¹⁰ Jacques Robin

¹¹ Jean-Michel Mermet

¹² Lyon

و عملیات، جنبه‌های نرم‌افزاری و کاربردهای این دستگاه را نشان دهد. درباره طیف‌سنجی ICP بسیار نوشته شده است و اکنون فصل‌ها، رساله‌ها و متون بسیار خوبی وجود دارند که برای قرارگرفتن در مکان‌های نمایان قفسه‌های کتابخانه ICP با یکدیگر رقابت می‌کنند؛ این کتاب یک منبع بی‌نظیر است، زیرا بر آن است تا خودآموزی برای نوآموزان باشد.

یوآخیم نولته^۱ تجارب عملی گران‌بهایی در ICP دارد. دکتر نولته بیش از یک دهه به‌عنوان شیمی‌دان کاربردی ICP در پرکین‌المر در آپرلینگن^۲ آلمان کار کرد و در آنجا به تدارک خدمات پشتیبانی مشتریان، توسعه روش‌های ICP و هدایت دوره‌های آموزشی پرداخت. اخیراً، وی توسط تشکیلات اقتصادی تجاری خودش با نام پشتیبانی تجزیه‌ای^۳ خدمات مشورتی و برنامه‌های آموزشی را ادامه می‌دهد. این تجربه با سامانه‌های نشری ICP قدیمی و فعلی وی را بر آن داشت تا راهنمایی عملی که برای نظری را با کاربردهای هر روزه ICP پیوند می‌دهد، به رشته تحریر درآورد.

دانش تخصصی ارائه‌شده در این کتاب، در هشت بخش با لهجه‌ای محاوره‌ای و بدون پرداختن به معادلات زیاد و بسط نظری مفصل، نمایان شده و برای مبتدیان ICP بسیار مناسب است. این کتاب از لحاظ کیفی مباحث مربوط به سامانه توسعه روش، تجزیه روزمره، رفع اشکال و نگهداری و مثال‌های کاربردی مختصری را توضیح می‌دهد. تجهیزات کلی و ملاحظات آماده‌سازی محل استقرار دستگاه نیز به‌طور اجمال تشریح می‌شود. پنجره‌های حاوی اطلاعات مفید که در میان متن پخش شده‌اند، نکات عملی را برای کاربران جدید، سوالات متداول را با جواب‌های منطقی و نظریه تکمیلی آمیخته با عمل نشان می‌دهند. مطالب بسیار مناسب به‌طور مناسب و مستند تشریح می‌شوند و منبع مفیدی برای همه علاقه‌مندان به استفاده از طیف‌سنجی نشری ICP می‌باشند.

رامون. م. بارنیس

مؤسسه تحقیقاتی شیمی تجزیه دانشگاه

آمرست، ماساچوست

۲۸ اکتبر ۲۰۰۲

^۱ Joachim Nölte

^۲ Überlingen

^۳ Analytik Support

مقدمه ترجمه

دستگاه ICP یکی از بهترین و پرکاربردترین دستگاه‌های تجزیه‌ای است که حدود ۵۰ سال پیش ابداع گردید و امروزه به‌طور گسترده‌ای در اندازه‌گیری دقیق، سریع و آسان اغلب عناصر جدول تناوبی در محیط‌های مایع و جامدات امکان‌پذیر و شرایط خاص در نمونه‌های جامد و حتی در موارد نادری در نمونه‌های گازی مورد استفاده قرار می‌گیرد که البته برای به‌دست آوردن جواب‌های صحیح و عاری از خطا ضروری است که کاربر این دستگاه از نکات کلیدی در زمینه تئوری و اپراتوری دستگاه و همچنین، آماده‌سازی نمونه‌های مختلف بر پایه اصول علمی و تجارب ارزشمند کاربران مجرب این دستگاه آگاهی کافی داشته و آن‌ها را در مسیر استفاده از دستگاه به‌کار بندد. این کتاب که در پاسخ به این ضرورت روزافزون توسط نویسنده‌ای مجرب و کارآزموده به رشته تحریر درآمده است مجموعه‌ای از اصول نظری لازم با بیانی ساده و همراه با نکات عملی کاربردی در زمینه استفاده از دستگاه و طرح مسائل اساسی روزمره و پاسخی روشن و کاربردی با شیوه محاوره‌ای و ساده تلفیق شده است و برای همه کاربران در سطوح مختلف مختلف قابل درک و استفاده است به‌طوری‌که می‌تواند توسط طیف وسیعی از اساتید، دانشجویان و متخصصان دستگاهی در رشته‌های شیمی و سایر علوم مرتبط و حتی کاربرانی که آگاهی چندانی از علم شیمی نداشته و صرفاً دستگاه ICP را برای رفع نیازهای تجزیه‌ای خود در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌دهند به‌کار برده شود و حتی قابلیت آن‌را دارد تا به‌عنوان یکی از متون دانشگاهی تدریس شود. لذا امید است که این ترجمه، کمکی هرچند ناچیز در راه ارتقاء سطح علمی پژوهشگران داخل و بالا بردن دقت و کیفیت اندازه‌گیری عناصر باشد. در اینجا ذکر چند نکته ضروری به‌نظر می‌رسد:

۱. در ترجمه این کتاب سعی شده است نهایت امانت‌داری رعایت شده و تمام مطالب بدون تغییر و کم و کاست در متن ترجمه آورده شود و نیز حتی‌الامکان از واژه‌های کاملاً فارسی استفاده شود

ولی به هر حال در ترجمه کتب علمی برخی اوقات به دلیل نبودن واژه‌های معادل برای برخی از اصطلاحات علمی و برای جلوگیری از انتقال غلط مفاهیم علمی، استفاده از واژه‌های لاتین اجتناب ناپذیر است.

۲. با وجود آنکه تلاش زیادی شده است که متن ترجمه شده عاری از اشتباه باشد ولی این انتظار شاید توقع به جایی نباشد و به هر حال میرا بودن از تمام اشکالات دور از واقعیت است. لذا از تمامی خوانندگان و صاحب نظران تقاضا می شود اینجانب را از تذکرات و راهنمایی‌های مفید آگاه سازند.

۳. پدید آمدن این اثر از اولین مراحل ترجمه تا ویرایش و چاپ نهایی بدون عنایات خداوند متعال و یاری برخی عزیزان امکان پذیر نبود. لذا پس از حمد و سپاس خداوند متعال، لازم است از کمک این عزیزان بزرگوار و سپاس‌گزاری شود. ابتدا از پدر و مادر که همیشه دعای خیرشان بدرقه همه تلاش‌های من بوده است و از صبر و متانت و تشویق‌های همسرم و نیز مشارکت عملی وی در انجام برخی امور از جمله ویرایش ادبی و نگارشی متن اصلی ترجمه و همچنین کمک‌های فکری فرزندانم و به خصوص در طراحی جلد کتاب قدردانی می‌نمایم. همچنین از خانم محبوبه فیروززارع که زحمات تایپ اولیه کتاب را با صبر و حوصله زیاد به عهده داشته است و نیز از همه دوستان و همکارانی که در مقاطع مختلف با همکاری‌ها، تشویق‌ها و کمک‌های فکری خود، اینجانب را یاری نموده‌اند سپاس‌گزاری می‌شود و باز خداوند بزرگ برای همگان آرزوی توفیق روزافزون دارم.

«پروردگارا بر دانش ما بیفزای و ما را از شایستگی‌های غرار ده»

محمود فیروززارع

اسفند ۱۳۹۲

«ICP را فراموش کنید» این تعبیری بود که یک کاربر کاملاً ناامید در پایان یک روز کاری در گزارش آزمایشگاه خود نوشت. در یک طیف‌سنج نشری ICP تازه خریداری شده نوشته بود، زیرا در آن روز چیزی جز یک سیگنال پهن و پخش شده، یک مشعل ذوب شده و کشف این موضوع به دست نیامده بود که این پیک طیفی شامل ذرات زیاده در واقع متشکل از دو پیک است که کاملاً همدیگر را پوشانیده‌اند. نمونه‌های زیادی روزی نیز آزمایشگاه منتظر بودند تا به وسیله این دستگاه شگفت‌انگیز جدید که ICP نام داشت، تجربه شوند و تعیین اجزای سازنده آنها فقط با یک‌بار اندازه‌گیری میسر نبود. خوب، البته یک دستگاه ICP دیگر بود که می‌توانست به جای آن استفاده شود. این دستگاه قدرت تفکیک بسیار بالاتری داشت، ولی متأسفانه بعد از کالیبراسیون آن قدر انحراف پیدا می‌کرد که دوباره لازم بود فوراً کالیبره شود. دستگاه‌های ICP موجود در بازار در وضعیتی بودند که امروزه از آنها به‌عنوان نمونه آزمایشی می‌توان استفاده کرد، البته دانش چگونه کارکردن با دستگاه و درک این فن‌آوری جدید نیز پایین بود. اگر کسی این انحراف وجود داشت که بتوان از او سؤال کرد یا کمک خواست یا حتی اگر امکان یاری جستن از کسی نبود فراهم بود، وضعیت بهتر می‌شد ولی متأسفانه هیچکس و هیچ‌چیز وجود نداشت. البته به هر حال یک شیمی‌دان باید به یاد داشته باشد که هرگز با وجود همه ناملازمات، تسلیم نشود و از اشتباهات گذشته عبرت بگیرد. مؤلف با فراگیری هرچه بیشتر دانش نظری و انجام سری به‌سری آزمایش‌های عملی درس و خطا سیر آموزشی خود را طی نمود و در نتیجه تجارب زیادی اندوخت و کار خود را با توسعه روش‌ها¹ و آموزش و مشاوره دادن به کاربران طیف‌سنج نشری ICP در آزمایشگاه‌های عملی سازندگان اصلی این دستگاه‌های تجزیه‌ای ادامه داد. در اینجا مؤلف نیز دو سال از وقت خود را به‌عنوان ارزیاب داخلی در زمینه توسعه دستگاه‌های جدید و مراقبت از تجهیزات سخت‌افزاری برای انواع کاربردها

¹Method development

سپری کرد. سرانجام وی به عنوان مشاور آزاد برای چند کمپانی کار کرد و بینش دقیقی را در آزمایشگاه‌های روزمره به دست آورد.

اغلب، هم در کارهای روزمره و هم در ضمن توسعه روش، مشکلات قدیمی یکسانی نمایان می‌شد و موضوعات زیادی برای کاربران جدید این روش مبهم به نظر می‌رسید. در نتیجه، این مسائل مرکز توجه دوره‌های آموزشی یک‌هفته‌ای بود که تقریباً هر ماه توسط مؤلف ارائه می‌شد. در طی این دوره‌ها معلوم شد که سؤالات مشابهی پرسیده می‌شود؛ بنابراین، این سؤالات منبع فهرست FAQ¹ (سؤالات متداول) شد و در دوره‌های آموزشی گنجانده شد. در این کتاب برخی از FAQ های منتخب را در پنجره‌های علامت‌دار خواهید یافت، ولی به هر حال تکراری‌ترین سؤالی که پرسیده می‌شد این بود: «آیا یک راهنمای عملی برای ICP-OES² مخصوص کاربر وجود دارد؟» ولی همیشه جواب این پرسش منفی بود. سپس با گذشت زمان، اندیشه نوشتن کتاب، خود را نمایان ساخت؛ کتابی که بتواند دهه تجربه اندوخته شده از آزمایش و تعلیم بود. بنابراین چیزی که در ابتدا یک خیال مبهم بود سرانجام در شکل فعلی جامه عمل پوشید.

خواننده عزیز، من امیدوارم که این کتاب پاسخ هر سؤالی که ممکن است درباره ICP-OES در کار جاری آزمایشگاهی‌تان پیش بیاید بیاورد و اگر بعد از خواندن این کتاب جمله‌ای را که در شروع این مقدمه بود، در گزارش رزومه آزمایشگاهی‌تان ننوشتید و آن را به عنوان یک افسوس عمیق به طور نهانی نجوا نکردید و در عوض کتاب صحیح (و نه نتایج غیر صحیح) بسیار زیادی را از طیف‌سنج نشری ICP خود به دست آوردید، نگاه مطالب این صفحات برای شما ارزشمند خواهد بود و تلاش مؤلفین به خوبی پاداش داده خواهد شد.

یوآخیم نولته

نوامبر ۲۰۰۲

¹Frequently asked questions

فهرست

۱

مرور کلی

- ۱-۱. ICP-OES طیف‌سنجی ۲
- ۲-۱. طیف‌سنجی نشری نوری پلاسمای جفت شده القایی - نامی که تبیین کننده این روش است ۳
- ۳-۱. قلمرو کاربرد ICP ۶
- ۴-۱. روش‌های مرتبط به تئریه عنصری ۷
- ۵-۱. اصطلاحات ۱۰

۲

پلاسما

- ۱-۲. پلاسمای طیف‌سنجی ۱۴
- ۱-۱-۲. گاز عمل کننده ۱۵
- ۲-۱-۲. مشعل پلاسما ۱۷
- ۳-۱-۲. اشتعال پلاسما ۲۱
- ۲-۲. تحریک به نشر تابش الکترومغناطیس (نور) ۲۱
- ۱-۲-۲. خطوط نشری ۲۲
- ۲-۲-۲. انرژی و دما ۲۵
- ۳-۲-۲. خواص طیف‌بینی ICP ۲۹
- ۴-۲-۲. چشم‌اندازهای پلاسما ۳۸
- ۱-۴-۲-۲. چشم‌انداز جانبی و محوری ۳۸
- ۳-۲. مولد فرکانس رادیویی ۴۳
- ۴-۲. سامانه ورود نمونه ۴۷
- ۱-۴-۲. مه‌پاش ۴۹
- ۱-۱-۴-۲. مه‌پاش بادی ۵۰
- ۲-۱-۴-۲. مه‌پاش فراصوتی ۵۶
- ۲-۴-۲. محفظه مه‌پاش ۵۹

۵۹.....	۱-۲-۴-۲. وظایف محفظه مه پاش.....
۶۲.....	۲-۲-۴-۲. جنس مه پاش.....
۶۴.....	۳-۲-۴-۲. انواع متعارف محفظه های مه پاش.....
۶۶.....	۴-۲-۴-۲. پساب های محفظه مه پاش.....
۶۷.....	۳-۴-۲. پمپ.....
۷۱.....	۴-۲. سایر روش های ورود نمونه.....
۷۲.....	۱-۲-۴-۲. روش های ویژه برای نمونه های مایع.....
۷۲.....	۱-۲-۴-۲. نمونه های گازی.....
۷۴.....	۳-۴-۴-۲. نمونه گیری.....

۳

نورشناخت و آشکارساز طیفسنج

۷۷.....	۱-۳. اصول نورشناخت.....
۷۸.....	۱-۱-۳. تفکیک پذیری.....
۹۰.....	۳-۱-۳. چیدمان های نوری.....
۹۶.....	۴-۱-۳. انتقال نور از پلاسما به نورشناخت.....
۱۰۲.....	۲-۳. آشکارسازها.....
۱۰۳.....	۱-۲-۳. لوله فوتون افزا (PMT).....
۱۰۴.....	۲-۲-۳. آشکارسازهای حالت جامد.....
۱۱۶.....	۳-۳. انواع چیدمان در طیفسنج نشری.....
۱۱۷.....	۱-۳-۳. تک رنگ سازها.....
۱۱۷.....	۲-۳-۳. چند رنگ سازها.....
۱۱۸.....	۳-۳-۳. طیفسنج های آرایه ای.....

۴

توسعه روش

۱۲۲.....	۱-۴. انتخاب طول موج.....
۱۲۲.....	۱-۱-۴. محدوده کاری.....
۱۲۳.....	۱-۱-۴. غلظت معادل با زمینه (BEC).....
۱۲۵.....	۲-۱-۴. راهایی از مزاحمت طیفی.....

۱۲۹	۱-۲-۱-۴. تولید طیف برای تخمین زمینه
۱۳۶	۲-۲-۱-۴. تولید طیف برای تشخیص خطوط مزاحم ماتریس
۱۴۱	۳-۲-۱-۴. ارزیابی طیف‌ها
۱۴۴	۲-۴. روش‌های پردازش و تصحیح
۱۴۵	۱-۱-۲-۴. محاسبه ارتفاع پیک
۱۴۷	۲-۱-۲-۴. محاسبه سطح پیک یا سطح جزئی پیک
۱۵۰	۲-۱-۲-۴. الیبرایون موقعیت پیک
۱۵۲	۲-۲-۴. تصحیح زمینه
۱۵۶	۱-۲-۲-۴. موقعیت‌های نقاط تصحیح زمینه
۱۵۹	۲-۲-۲-۴. تصحیح نقاط تصحیح زمینه
۱۶۳	۳-۲-۴. تصحیح مرز متغیر
۱۶۴	۱-۳-۲-۴. تصحیح درون عنصر
۱۶۶	۲-۳-۲-۴. تصحیح با به کار بردن رگرسیون چند متغیره
۱۷۸	۳-۳-۲-۴. رگرسیون چند متغیره در رگرسیون عنصری
۱۷۸	۳-۴. مزاحمت غیر طیفی
۱۷۹	۱-۳-۴. تصحیح مزاحمت غیر طیفی
۱۸۰	۱-۱-۳-۴. انطباق‌سازی ماتریس
۱۸۱	۲-۱-۳-۴. استاندارد داخلی
۱۸۴	۳-۱-۳-۴. کالیبراسیون با افزایش آنالیت (افزایش استاندارد)
۱۸۵	۴-۱-۳-۴. سایر اندازه‌گیری‌ها برای خنثی کردن مزاحمت غیر طیفی
۱۸۶	۴-۴. بهینه‌سازی
۱۸۷	۱-۴-۴. اهداف بهینه‌سازی
۱۸۹	۲-۴-۴. عوامل بهینه‌سازی
۱۸۹	۳-۴-۴. الگوریتم‌های بهینه‌سازی
۱۹۲	۵-۴. معیارسازی
۱۹۳	۱-۵-۴. صحت و ویژگی
۱۹۴	۲-۵-۴. تکرارپذیری
۱۹۶	۳-۵-۴. حد تشخیص
۲۰۰	۴-۵-۴. محدوده کاری
۲۰۳	۵-۵-۴. استحکام

تجزیه روزمره

۲۰۷.....	۱-۵. آماده سازی
۲۰۷.....	۱-۱-۵. آماده سازی نمونه
۲۰۷.....	۱-۵. ۲. مدت زمان گرم شدن
۲۰۸.....	۱-۵. ۱. زمان های تأخیر و شستشو
۲۱۰.....	۲-۵. ۲. کالیراسیون
۲۱۱.....	۱-۵. ۱. مول های کالیراسیون
۲۱۱.....	۲-۵. ۲. تعداد محلول های کالیراسیون
۲۱۳.....	۲-۵. ۲-۱. غلظت ها در مول های کالیراسیون
۲۱۴.....	۲-۵. ۳-۱. محلول های کالیراسیون چند عنصری
۲۱۵.....	۲-۵. ۴-۱. کالیراسیون تصفیه
۲۱۶.....	۲-۵. ۵-۱. پایداری محلول های کالیراسیون
۲۱۶.....	۲-۵. ۲. توابع کالیراسیون
۲۱۸.....	۲-۵. ۱-۲. کالیراسیون خارجی
۲۱۸.....	۲-۵. ۲-۲. کالیراسیون به وسیله افزایش آنالیت (استاندارد)
۲۲۰.....	۲-۵. ۳-۲. بررسی داده های کالیراسیون
۲۲۳.....	۳-۵. ۳. تضمین کیفیت
۲۲۵.....	۴-۵. ۴. نرم افزار و پردازش داده ها

رفع اشکال و نگهداری

کاربردها

۲۳۹.....	۱-۷. ۱. نکات کلی
۲۴۳.....	۳-۷. ۳. کاربردهای برگزیده
۲۴۵.....	۳-۷. ۱. محیط
۲۴۶.....	۳-۷. ۱-۱. آب آشامیدنی، زیرزمینی و سطحی

۲۴۸	 ۲-۱-۳-۷. عصاره‌ها، پساب‌ها
۲۴۹	 ۳-۱-۳-۷. لیجن‌ها
۲۵۰	 ۴-۱-۳-۷. نمونه‌های خاک، ته‌نشست‌ها
۲۵۰	 ۵-۱-۳-۷. ذرات گردوغبار، خاکسترهای بادی
۲۵۱	 ۲-۳-۷. نمونه‌های زیستی
۲۵۲	 ۲-۳-۷. نمونه‌های گیاهی و جانوری
۲۵۲	 ۲-۲-۳-۷. مواد بالینی و جرم‌شناسی
۲۵۳	 ۲-۳-۷. غذای خوراک‌های جانوری
۲۵۵	 ۳-۳-۷. مواد زمین‌شناسی
۲۵۷	 ۴-۳-۷. فن استخراج و ذوب فلزات
۲۵۷	 ۱-۴-۳-۷. ماتریس‌های فلزات
۲۵۸	 ۲-۴-۳-۷. فلزات غیر آهنی
۲۶۰	 ۳-۴-۳-۷. فلزات نجیب
۲۶۱	 ۴-۴-۳-۷. آلیاژهای مخصوص
۲۶۲	 ۵-۳-۷. علوم مواد
۲۶۲	 ۱-۵-۳-۷. نیمه‌هادی‌ها
۲۶۳	 ۲-۵-۳-۷. سرامیک‌ها
۲۶۴	 ۶-۳-۷. کاربردهای صنعتی
۲۶۴	 ۱-۶-۳-۷. مواد شیمیایی صنعتی و کودها
۲۶۵	 ۲-۶-۳-۷. حمام‌های روی‌اندودکاری/آبکاری
۲۶۶	 ۳-۶-۳-۷. شوراب‌ها و نمک‌ها
۲۶۶	 ۴-۶-۳-۷. ماتریس سیمان، گچ، کلسیم
۲۶۶	 ۵-۶-۳-۷. شیشه
۲۶۶	 ۶-۶-۳-۷. سایر کاربردهای صنعتی
۲۶۷	 ۷-۳-۷. حلال‌های آلی
۲۷۲	 ۱-۷-۳-۷. فلزات سایشی و آلودگی در روغن
۲۷۲	 ۲-۷-۳-۷. افزودنی‌ها
۲۷۳	 ۳-۷-۳-۷. قیر
۲۷۴	 ۴-۷-۳-۷. روغن‌های خوراکی

تهیه تجهیزات و آماده‌سازی آزمایشگاه

- ۸-۱. مناسب‌ترین تکنیک طیف‌سنجی کدام است؟ ۲۷۵
- ۸-۲. مناسب‌ترین طیف‌سنج نشری ICP کدام است؟ ۲۷۸
- ۸-۳. آماده‌سازی آزمایشگاه ۲۸۲

۲۸۵

مراجعه

www.ketab.ir

فهرست علائم اختصاری، سرنام‌ها و نمادها

طیف‌سنجی جذب اتمی	AA
غلظت معادل با زمینه	BEC
سرعت نور یا غلظت	c
دستگاه جفت کننده بار	CCD
دستگاه تزریق بار	CID
شمارش در ثانیه	cps
دستگاه شمارش بار	CTD
فاصله بین ده شیار در یک شبکه	d
انرژی	E
تبخیر نور کوریلوتریکی	ETV
تجزیه تزریق جرمی	FIA
پهنای کامل در نصف ارتفاع	FWHH
ثابت پلانک	h
پلی‌اتیلن با دانسیته بالا	HD-PE
شدت	I
پلاسمای جفت شده القایی	ICP
تصحیح بین عنصری	IEC
ثابت	k
طیف‌سنجی به وسیله پلاسمای القاشده توسط لیزر	LIPS
مگاهرتز (میلیون سیکل در ثانیه)	MHz
طیف‌سنجی جرمی	MS
مناسب‌سازی طیفی برای چندجزء	MSF
مرتبه نوری	n
طیف‌سنجی نشری نوری	OES
پلی‌اتراکتون	PEEK
آرایه فوتودودی	PDA
پرفلوئوروالکوکسی	PFA

لوله فوتون افزا	PMT
پلی پروپیلن	PP
قسمت در بلیون، به عبارت بهتر $\mu\text{g/kg}$ یا $\mu\text{g/L}$	ppb
قسمت در میلیون، به عبارت بهتر mg/kg یا mg/L	ppm
پلی تترافلوئورو اتیلن	PTFE
پلی وینیل کلراید	PVC
تفکیک پذیری	r
قدرت تفکیک	R
انحراف استاندارد نسبی	RSD
حراف استاندارد	s
آشکارساز مبتنی بر جفت کننده بار مقطع	SCD
ماده استاندارد مرجع	SRM
مِه پاش فراصوتی	USN
فرابنفش	UV
عرض یک شکاف	w
وضعیت هندسی	x
تعداد کل شیارهای پرتو دیده	Z
زاویه تابش	α
زاویه انعکاس	β
تغییر	δ
تفاضل	Δ
طول موج	λ
فرکانس	ν
زاویه درخشندگی	θ