



روش‌های آنالیز دستگاہی

(کارشناسی ارشد زمین‌شناسی)

دکتر محمود پایه‌قدر دکتر سیدجواد مقدسی

سرشناسه	: پایه قدر، محمود، ۱۳۳۹-
عنوان و نام پدید آور	: روش های آنالیز دستگاهی (کارشناسی ارشد زمین شناسی)/ محمود پایه قدر، سیدجواد مقدسی.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: دوازده، ۲۷۹ص.
فروست	: دانشگاه پیام نور؛ ۲۴۰۷. گروه زمین شناسی؛ ۱/۱۲۵
شابک	: 978 - 964 - 14 - 0454 - 5
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: ژئوشیمی تجزیه - آموزش برنامه ای
موضوع	: Analytical geochemistry - Programmed instruction
شماره افزوده	: مقدسی، سیدجواد، ۱۳۴۴-
شناسه افزوده	: دانشگاه پیام نور
شماره ای	: Payam Noor University
رده بندی کنگره	: QE۵۱۶۳/پ۲۹ ۱۳۹۶
رده بندی دیسی	: ۵۰۲۶۹۲۹



دانشگاه پیام نور

روش های آنالیز دستگاهی

مولفان: دکتر محمود پایه قدر، دکتر سیدجواد مقدسی

ویراستار علمی: دکتر علی محمد محمودی

تهیه و تولید: دفتر تدوین و تولید کتاب و مجرای آموزشی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه پیام نور

شمارگان: ۱۰۰ نسخه

نوبت و تاریخ چاپ: چاپ اول فروردین ۱۳۹۷

شابک: ۵ - ۰۴۵۴ - ۱۴ - ۹۶۴ - ۹۷۸

ISBN: 978 - 964 - 14 - 0454 - 5

فروش این کتاب فقط از طریق نمایندگی های دانشگاه پیام نور مجاز می باشد و فروش

آن در سایر مراکز فروش کتاب موجب تعقیب قانونی فروشنده خواهد گردید

(کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر محفوظ و متعلق به دانشگاه پیام نور است. تولید، کپی یا خلاصه برداری، نشر و ترجمه، چاپ، افست، توزیع گسترده، تهیه CD و ... این اثر یا بخشی از آن اعم از متن، طرح پشت و روی جلد و ... بدون اخذ مجوز کتبی از معاونت فناوری و پژوهش دانشگاه خلاف مقررات و تعرض به حقوق مادی و معنوی دانشگاه است. متخلفین وفق قانون حمایت از مولفان و مصنفان و هنرمندان دارای مسئولیت حقوقی و کیفری بوده و تحت پیگرد قرار می گیرند.)

قیمت: ۱۴۰۰۰۰ ریال

آدرس فروشگاه مرکزی چاپ و انتشارات دانشگاه پیام نور: تهران، خیابان شهید رجایی،

نرسیده به تقاطع آزادگان، جنب ورزشگاه یادآوران. تلفن: ۵۵۰۰۹۸۳۸ - ۵۵۵۰۲۱۰۴

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	یازده
فصل اول. کلیات شیمی تجزیه دست می.....	۱
هدف کلی.....	۱
هدف‌های یادگیری.....	۱
مقدمه.....	۲
۱-۱ مروری بر طیف‌بینی تجزیه‌ای.....	۴
۲-۱ تابش الکترومغناطیس.....	۵
۱-۲-۱ خواص موجی تابش الکترومغناطیس.....	۶
۲-۲-۱ خاصیت ذره‌ای تابش الکترومغناطیس.....	۸
۳-۱ طبقه‌بندی روش‌های طیف‌بینی.....	۹
۴-۱ اجزاء یک طیف‌سنج.....	۱۱
۱-۴-۱ منبع تابش الکترومغناطیس.....	۱۱
۲-۴-۱ تک‌فام‌ساز.....	۱۲
۳-۴-۱ جایگاه نمونه.....	۱۳
۴-۴-۱ آشکارساز.....	۱۵
۵-۴-۱ پردازشگر علامت.....	۱۹
۵-۱ جنبه‌های کمی اندازه‌گیری‌های طیف‌بینی.....	۱۹
خلاصه فصل اول.....	۲۱
خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول.....	۲۱
فصل دوم. روش‌های نمونه‌برداری زمین‌شناختی.....	۲۵
هدف کلی.....	۲۵

۲۵	هدف های یادگیری
۲۶	مقدمه
۲۷	۱-۲ مراحل یک تجزیه شیمیایی
۲۷	۲-۲ نمونه برداری
۳۰	۱-۲-۲ روش های نمونه برداری
۳۲	۲-۲-۲ تعداد نمونه
۳۵	۳-۲-۲ نمونه برداری معدنی
۳۷	۴-۲-۲ نمونه برداری زیست محیطی
۳۹	۴-۲-۲ نمونه برداری از رسوب های آبراهه ای
۴۰	۵-۲-۲ نمونه برداری از خاک ها
۴۲	۶-۲-۲ نمونه برداری از آب ها
۴۵	۷-۲-۲ نمونه برداری از هوا
۴۶	۳-۲ آماده سازی نمونه
۴۹	۴-۲ تجزیه شیمیایی
۴۹	۱-۴-۲ تجزیه شیمیایی
۵۰	۲-۴-۲ صحت تجزیه شیمیایی
۵۰	۳-۴-۲ حد تشخیص
۵۲	۵-۲ آماده سازی نمونه های جامد برای تجزیه
۵۲	۱-۵-۲ نمونه های معدنی
۵۶	۲-۵-۲ نمونه های آلی
۵۶	۱-۲-۵-۲ استخراج
۶۰	۶-۲ آماده سازی نمونه های مایع برای تجزیه
۶۰	۱-۶-۲ مایعات، آب های طبیعی و پساب ها
۶۳	۲-۶-۲ مواد آلی
۶۳	خلاصه فصل دوم
۶۵	خود آزمایی چهار گزینه ای فصل دوم
۶۷	فصل سوم. طیف نورسنجی فرابنفش - مرئی
۶۷	هدف کلی
۶۷	هدف های یادگیری
۶۷	مقدمه
۶۸	۱-۳ طیف های فرابنفش - مرئی
۶۹	۲-۳ تأثیر ساختار شیمیایی بر جذب
۷۱	۳-۳ شناسایی کیفی
۷۱	۴-۳ طیف بینی جذبی کمی
۷۱	۱-۴-۳ روش های رنگ سنجی چشمی
۷۲	۲-۴-۳ روش های نورسنجی

۷۵	۵-۳ کاربردهایی از طیف نورسنجی
۷۷	۱-۵-۳ اندازه گیری آلومینیوم
۷۸	۲-۵-۳ اندازه گیری کلرید (Cl^-) و کلر (Cl_2)
۷۸	۳-۵-۳ اندازه گیری کروم
۷۹	۴-۵-۳ اندازه گیری مس
۸۱	۵-۵-۳ اندازه گیری سرب
۸۱	۶-۵-۳ اندازه گیری منگنز
۸۳	۷-۵-۳ اندازه گیری جیوه
۸۴	۸-۵-۳ اندازه گیری نیکل
۸۵	۹-۵-۳ اندازه گیری نیتروژن
۸۷	۱۰-۵-۳ اندازه گیری فسفر
۸۸	۱۱-۵-۳ اندازه گیری سیلیسیوم
۸۸	۱۲-۵-۳ اندازه گیری نالیوم
۸۹	۱۳-۵-۳ اندازه گیری اورانیوم
۹۰	۱۴-۵-۳ اندازه گیری ربرکیم
۹۱	۱۵-۵-۳ تجزیه کمی مخلوط ها
۹۳	۶-۳ دستگاهوری در طیف بینی فرا قرمز - مای
۹۴	۱-۶-۳ اجزاء یک طیف نورسنج
۹۵	۲-۶-۳ پیکربندی رنگ سنج ها و طیف نورسنج ها
۹۷	خلاصه فصل سوم
۹۸	خود آزمایی چهار گزینه ای فصل سوم
۹۹	خود آزمایی تشریحی فصل سوم
۱۰۱	فصل چهارم. طیف بینی اتمی
۱۰۱	هدف کلی
۱۰۱	هدف های یادگیری
۱۰۱	مقدمه
۱۰۳	۱-۴ انواع طیف بینی اتمی
۱۰۶	۱-۱-۴ اجزاء اصلی یک طیف سنج اتمی
۱۱۲	۲-۱-۴ عناصر مورد تجزیه با طیف بینی اتمی
۱۱۲	۳-۱-۴ مراحل و فرایندهای تشکیل اتم
۱۱۵	۴-۱-۴ مقایسه حساسیت طیف بینی نشری و جذبی
۱۱۶	۲-۴ طیف بینی جذب اتمی
۱۱۶	۱-۲-۴ منابع تابش در طیف بینی جذب اتمی
۱۱۸	۲-۲-۴ اتم سازها در طیف بینی جذب اتمی
۱۲۰	۳-۲-۴ سیستم آشکارسازی تابش

۱۲۱	۴-۲-۴ دستگاهوری طیفسنجی جذب اتمی
۱۲۲	۴-۲-۵ طیفبینی جذب اتمی ویژه
۱۲۴	۴-۳ طیفبینی نشر اتمی
۱۲۶	۴-۳-۱ طیفبینی نشر شعله‌ای
۱۲۷	۴-۳-۲ طیفبینی نشری غیرشعله‌ای
۱۲۸	۴-۳-۱-۲ طیفبینی قوس و جرقه الکتریکی
۱۳۲	۴-۳-۲-۲ طیفبینی پلاسمایی
۱۴۰	۴-۴ حد تشخیص روش‌های طیفبینی اتمی
۱۴۱	۴-۵ طیفبینی فلونورسانس اتمی
۱۴۲	۴-۵-۱ انواع فلونورسانس اتمی
۱۴۳	۴-۵-۲ دستگاهوری فلونورسانس اتمی
۱۴۸	خلاصه فصل چهارم
۱۴۹	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم
۱۵۱	فصل پنجم. طیف‌بینی پرتو ایکس و ریزکاوا الکترونی
۱۵۱	هدف کلی
۱۵۱	هدف‌های یادگیری
۱۵۱	مقدمه
۱۵۲	۵-۱ اصول بنیادی
۱۵۸	۵-۲ روش‌های طیف‌بینی پرتو ایکس
۱۵۹	۵-۲-۱ جذب پرتو ایکس
۱۶۰	۵-۲-۲ فلونورسانس پرتو ایکس
۱۶۸	۵-۲-۳ طیف‌بینی پراش پرتو ایکس
۱۷۶	۵-۳ کاربردهایی از طیف‌بینی پرتو ایکس
۱۸۱	۵-۴ طیف‌بینی ریزکاوا الکترونی
۱۸۲	۵-۴-۱ روش کارکرد تجزیه ریزکاوا الکترونی
۱۸۳	۵-۴-۲ دستگاهوری EMPA
۱۸۴	۵-۴-۳ کاربردهای EMPA
۱۸۷	۵-۵ میکروسکوپ الکترونی بومشی
۱۹۱	۵-۶ برخی از مزایای EMPA و SEM
۱۹۲	خلاصه فصل پنجم
۱۹۲	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل پنجم
۱۹۵	فصل ششم. روش‌های تجزیه پرتوشیمیایی
۱۹۵	هدف کلی
۱۹۵	هدف‌های یادگیری
۱۹۵	مقدمه

۱۹۹	۱-۶ روش‌های تجزیه پرتوشیمیایی
۲۰۰	۲-۶ تجزیه فعال‌سازی نوترونی
۲۰۳	۱-۲-۶ انواع روش‌های فعال‌سازی نوترونی
۲۰۸	۲-۲-۶ کاربردهایی از روش‌های تجزیه فعال‌سازی نوترونی
۲۰۹	۳-۲-۶ حساسیت‌های NAA
۲۱۰	۴-۲-۶ محاسبات در روش‌های تجزیه فعال‌سازی نوترونی
۲۱۱	۳-۶ روش‌های تجزیه پرتوسنجی
۲۱۲	۱-۳-۶ آشکارسازی تابش‌های پرتوزا
۲۱۳	۲-۳-۶ طیف‌سنج‌های پرتو گاما
۲۱۴	۳-۳-۶ جزیه کیفی و کمی با طیف‌سنجی گاما
۲۱۵	۴-۶ روش‌های ایزوتوپی
۲۱۷	۵-۶ سنسجری پرتوسنجی
۲۲۰	خلاصه فصل هشتم
۲۲۰	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هشتم
۲۲۳	فصل هفتم. طیف‌سنجی جرمی
۲۲۳	هدف کلی
۲۲۳	هدف‌های یادگیری
۲۲۳	مقدمه
۲۲۵	۱-۷ دستگاهوری طیف‌سنج جرمی
۲۲۷	۱-۱-۷ طیف‌سنجی جرمی اتمی
۲۲۹	۲-۱-۷ تجزیه‌گر جرمی چهارقطبی
۲۳۰	۳-۱-۷ تجزیه‌گر زمان پرواز
۲۳۱	۴-۱-۷ تجزیه‌گر تمرکز دوگانه
۲۳۲	۲-۷ طیف‌سنجی جرمی متصل به پلاسمای جفت‌شده القایی (ICP-MS)
۲۳۳	۱-۲-۷ کاربردهایی از روش ICP-MS
۲۳۵	۳-۷ کاربردهایی از طیف‌سنجی جرمی
۲۳۸	خلاصه فصل هفتم
۲۳۹	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هفتم
۲۴۱	فصل هشتم. روش‌های کروماتوگرافی
۲۴۱	هدف کلی
۲۴۱	هدف‌های یادگیری
۲۴۱	مقدمه
۲۴۲	۱-۸ انواع کروماتوگرافی
۲۴۵	۲-۸ کروماتوگرافی گازی

۲۴۷	 ۱-۲-۸ دستگاہوری کروماتوگرافی گازی
۲۵۲	 ۲-۲-۸ کاربردهایی از کروماتوگرافی گازی
۲۵۳	 ۳-۸ کروماتوگرافی مایع
۲۵۵	 ۴-۸ کروماتوگرافی مایع با عملکرد زیاد (HPLC)
۲۵۶	 ۱-۴-۸ دستگاہوری HPLC
۲۵۸	 ۲-۴-۸ آشکارسازهای HPLC
۲۶۲	 ۵-۸ سایر روش‌های کروماتوگرافی
۲۶۲	 ۱-۵-۸ کروماتوگرافی کاغذی
۲۶۴	 ۲-۵-۸ کروماتوگرافی لایه نازک (TLC)
۲۶۴	 ۳-۵-۸ کروماتوگرافی یونی
۲۶۹	 ۴-۹ کروماتوگرافی تبادل یونی
۲۷۲	 ۵- کاربردهایی از کروماتوگرافی یونی
۲۷۴	 خلاصه فصل هشتم
۲۷۴	 خودآزمایی چند رکنی از فصل هشتم
۲۷۷	 منابع

پیشگفتار

خداوند والا را سپاس که به فرصت داد با تألیف این کتاب، خدمت کوچکی به جامعه علمی کشور به‌ویژه دانش‌جویان عزیز و بزرگوار انجام دهیم.

کتاب حاضر برای دانش‌ویان زمین‌شناسی، به‌ویژه گرایش زمین‌شیمی، مطابق سرفصل‌های اعلام‌شده از طرف شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، در هشت فصل، تألیف شده است. در فصل اول، کلیاتی کوتاه و روان دربارهٔ شیمی تجزیه و اهمیت آن نوشته شده است. مراحل مختلف برای یک تجزیه شیمیایی دقیق و صحیح، به‌ویژه با توجه به نه‌برداری از مواد مختلف زیست‌محیطی در این فصل شرح داده شده است. در فصل دوم، مقدمه‌ای کلی دربارهٔ روش‌های تجزیهٔ دستگاهی، روش‌های طیف‌بینی، طیف الکترومغناطیس و برهم‌کنش آن با ماده و دستگاهوری کلی روش‌های طیف‌بینی توضیح داده شده است. در فصل‌های سوم تا هشتم، به‌ترتیب، روش‌های طیف‌بینی فرابنفش - مرئی - اتی، پرتو ایکس و ریزکاوا الکترونی، روش‌های تجزیهٔ شیمیایی پرتوزا، طیف‌سنجی جرمی و روش‌های کروماتوگرافی بررسی شده است. در این فصل‌ها، تلاش شده است اصول، دستگاهوری و کاربردهای هریک از این روش‌های تجزیهٔ دستگاهی با نظم مناسبی ارائه شود.

به‌منظور خودآموزبودن این کتاب، تلاش کرده‌ایم مطالب، به‌طور بسیار روان، نوشته شوند و از مثال‌های هدف‌دار، برای درک بهتر دانشجویان گرامی، استفاده شود. هرچند از دیدگاه خود، کتابی بی‌عیب تألیف کرده‌ایم، ولی به‌یقین ایرادهایی دارد.

بنابراین خواهشمند است با ارسال نظرات ارزشمند خود به یکی از پست‌های
الکترونیکی (mpayehghadr@pnu.ac.ir یا sjmoghad@pnu.ac.ir) ما را در رفع این
اشکالات در چاپ‌های بعدی یاری کنید.

محمود پایه‌قدر

سیدجواد مقدسی

پاییز ۱۳۹۶

www.ketab.ir