

کاربرد شیمی تجزیه در مطالعات علوم باستان‌شناختی

مارک پولارد کاترین بت

بن استرن، سوزان یانگ

ترجمه

مسعود باقرزاده کهن

(عضو هیأت علمی دانشگاه هنر اسلامی تهران)

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

مقدمه نویسنده	یازده
مقدمه مترجم	پانزده

بخش اول: نقش شیمی تجزیه در باستان‌شناسی ۱

فصل اول باستان‌شناسی و شیمی تجزیه ۳

۱-۱ تاریخچه شیمی تجزیه در باستان‌شناسی	۶
۲-۱ سؤال‌های اساسی باستان‌شناسی	۱۳
۳-۱ سؤالات مرتبط با فرایند	۳۳

فصل دوم مقدمه‌ای بر شیمی تجزیه ۴۱

۱-۲ شیمی چیست؟	۴۱
۲-۲ شیمی تجزیه	۵۱
۳-۲ ملاحظات خاص در تجزیه آثار باستانی	۵۶

بخش دوم: کاربرد شیمی تجزیه در باستان‌شناسی ۵۹

فصل سوم آنالیز عنصری توسط طیف‌سنجی‌های جذبی و نشری در ناحیه مرئی و مادون قرمز ۶۱

۱-۳ طیف‌سنجی نشری نوری (OES)	۶۲
۲-۳ طیف‌سنجی جذب اتمی (AAS)	۶۳
۳-۳ طیف‌سنجی نشر اتمی پلاسمای جفت‌شده القایی (ICP-AES)	۷۴
۴-۳ مقایسه آنالیز توسط طیف‌سنجی‌های جذبی / نشری	۷۸
۵-۳ گلدان‌های سفالی یونانی و مفرغ‌های اروپایی: کاربردهای باستان‌شناختی طیف‌سنجی‌های جذبی / نشری	۸۰

فصل چهارم آنالیز مولکولی توسط طیف‌سنجی‌های جذبی و رامان ۹۱

۱-۴ اسپکترس فوتمتری فرابنفش و نوری	۹۲
۲-۴ طیف‌سنجی جذبی مادون قرمز	۱۰۱
۳-۴ طیف‌سنجی رامان	۱۰۸
۴-۴ خاک، استخوان و شانه بالنیك - کاربردهای باستان‌شناختی طیف‌سنجی ارتعاشی	۱۱۱

۱۲۱	فصل پنجم روش‌های مبتنی بر اشعه ایکس و میکروآنالیز شعاع الکترونی
۱۲۲	۱-۵ معرفی اشعه ایکس
۱۳۱	۲-۵ طیف‌سنجی فلورسانس اشعه ایکس (XRF)
۱۴۲	۳-۵ میکروسکوپی الکترونی به عنوان ابزار آنالیز
۱۴۸	۴-۵ پراش اشعه ایکس
۱۵۲	۵-۵ دیگر روش‌های مبتنی بر اشعه ایکس
۱۵۴	۶-۵ یک دنیا اقبال: کاربردهای باستان‌شناختی آنالیزهای اشعه ایکس

۱۶۱	فصل ششم آنالیز فعال‌سازی نوترونی
۱۶۲	۱-۶ مقدمه‌ای در مورد ساختار هسته و اصول آنالیز فعال‌سازی نوترونی
۱۶۷	۲-۶ آنالیز فعال‌سازی نوترونی در عمل
۱۷۱	۳-۶ کی‌تری: کاربردهای باستان‌شناختی NAA

۱۷۹	فصل هفتم کروماتوگرافی
۱۸۰	۱-۷ اصول کروماتوگرافی
۱۸۲	۲-۷ کروماتوگرافی ستون مایع سید
۱۸۳	۳-۷ کروماتوگرافی لایه نازک (TLC)
۱۸۶	۴-۷ کروماتوگرافی گازی (GC)
۱۹۰	۵-۷ کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)
۱۹۳	۶-۷ پیام‌آوران چسبناک از گذشته: کاربردهای باستان‌شناختی کروماتوگرافی

۲۰۹	فصل هشتم طیف‌سنجی جرمی
۲۰۹	۱-۸ جداسازی یون‌ها توسط میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی
۲۲۰	۲-۸ ایزوتوپ‌های پایدار سبک (δD , $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, $\delta^{18}O$, $\delta^{34}S$)
۲۲۶	۳-۸ ایزوتوپ‌های سنگین (Sr و Pb): طیف‌سنجی جرمی یونیزاسیون حرارتی (TIMS)
۲۲۸	۴-۸ روش‌های ترکیبی: GC-MS
۲۳۲	۵-۸ باستان‌شناسی ایزوتوبی: کاربرد MS در باستان‌شناسی

۲۵۵	فصل نهم پلاسمای جفت‌شده القایی - طیف‌سنجی جرمی (ICP-MS)
۲۵۵	۱-۹ انواع آنالیزهای ICP
۲۶۱	۲-۹ مقایسه با سایر روش‌ها
۲۶۴	۳-۹ اجرای دستگاهی
۲۷۲	۴-۹ شکافتن موها: کاربردهای باستان‌شناختی ICP-MS

۲۸۱	بخش سوم: بخشی از شیمی پایه برای باستان‌شناسان
-----	---

۲۸۳	فصل دهم اتم‌ها، ایزوتوپ‌ها، اربیتال‌های الکترونی، و جدول تناوبی
۲۸۴	۱-۱۰ کشف ذرات بنیادین

۲۹۶	۲-۱۰ مدل اتمی بور- راترفورد
۳۰۰	۳-۱۰ ایزوتوپ‌های رادیواکتیو و پایدار
۳۱۰	۴-۱۰ اتم کوانتومی
۳۱۶	۵-۱۰ جدول تناوبی

۳۲۷	فصل یازدهم ظرفیت، پیوند و مولکول‌ها
۳۲۷	۱-۱۱ اتم‌ها و مولکول‌ها
۳۳۱	۲-۱۱ پیوند بین اتم‌ها
۳۳۷	۳-۱۱ پیوندهای بین مولکولی
۳۳۱	۴-۱۱ ساختار لای لوئیس و شکل مولکول‌ها
۳۴۴	۵-۱۱ معادله رمود ترکیبات الی
۳۵۲	۶-۱۱ ایزو‌ها

۳۵۹	فصل دوازدهم طیف الکترومغناطیس
۳۶۰	۱-۱۲ امواج الکترومغناطیس
۳۶۴	۲-۱۲ دوگانگی موجی- ذره‌ای
۳۶۷	۳-۱۲ خطوط نشری و معادله ریذبرگ
۳۷۲	۴-۱۲ جذب تابش الکترومغناطیس توسط ماده - آینه پیر
۳۷۵	۵-۱۲ طیف الکترومغناطیس و آنالیزهای اسپکتریمیایی
۳۷۷	۶-۱۲ تابش سینکروترون

۳۸۳	فصل سیزدهم ملاحظات کاربردی در شیمی تجزیه
۳۸۴	۱-۱۳ بعضی از روش‌های پایه در شیمی تجزیه
۳۹۴	۲-۱۳ آماده‌سازی نمونه برای آنالیز عناصر جزئی و ته‌مانده
۴۰۰	۳-۱۳ نمونه‌های استاندارد برای معیارگیری
۴۰۴	۴-۱۳ روش‌های معیارگیری و تخمین خطا
۴۱۷	۵-۱۳ شیوه‌های تضمین کیفیت

۴۲۱	سخن پایانی
-----	------------------

۴۲۷	ضمایم
-----	-------------

۴۲۸	ضمیمه ۱: نمادهای علمی
۴۲۹	ضمیمه ۲: ارقام معتادار
۴۳۰	ضمیمه ۳: هفت واحد اصلی سیستم اندازه‌گیری SI
۴۳۱	ضمیمه ۴: ثابت‌های فیزیکی
۴۳۲	ضمیمه ۵: نمادهای یونانی
۴۳۳	ضمیمه ۶: نمادهای شیمیایی و ایزوتوپ‌های عناصر

ضمیمه ۷: آرایش الکترونی عناصر (تا رادُن، $Z = ۸۶$) ۴۳۸

ضمیمه ۸: روش‌های آماده‌سازی بعضی از نمونه‌های آلی و معدنی معمول به کاررفته در باستان‌شناسی ۴۴۱

ضمیمه ۹: کارکرد کلی ایمن در آزمایشگاه ۴۴۵

فهرست منابع ۴۴۹

www.ketab.ir

مقدمه نویسنده

کتاب پیش‌رو با هدف معرفی کاربردهای شیمی تجزیه در باستان‌شناسی تألیف شده است و مخاطبان آن دانشجویان مقطع تحصیلات تکمیلی باستان‌شناسی هستند که با تمامی زمینه‌های علوم شیمی و فیزیک مورد نیاز آشنا نیستند اما به انجام فرایندهای آنالیزی یا استفاده از نتایج این آنالیزها در مطالعات خود نیاز دارند. مطالب کتاب در سه بخش تنظیم شده است که در بخش اول، هدف معرفی شیمی تجزیه به دانشجویان باستان‌شناسی است: در این بخش برخی از سؤالات باستان‌شناسی که در کشور مطرح شده است با استفاده از شیمی تجزیه - حداقل به صورت ناقص - پاسخ داده شوند ارائه می‌گردد و نیز بخشی از تاریخچه بلند تعاملات باستان‌شناسی و شیمی تجزیه ذکر می‌شود. به علاوه، در این بخش، شیمی در مقام یک شاخه علمی معرفی می‌شود و مقدمه تاریخی کوتاهی از هنر و دانش شیمی تجزیه ارائه می‌گردد.

بخش دوم شامل هفت فصل است که هر کدام تعدادی از روش‌های آنالیزی که در باستان‌شناسی کاربرد دارند معرفی شده و بر اساس اصول علمی که زیربنای آنها را تشکیل می‌دهند (نظیر جذب/نشر نور مرئی، جذب مادون قرمز و غیره) طبقه‌بندی شده‌اند. در هر فصل اصول و دستگاه‌وری روش‌ها با ذکر جزئیاتی توصیف شده و از ریاضیات - هرگاه که به شرح و بسط نکته‌ای کمک می‌کند - استفاده شده است. با این حال، بخش اعظم هر فصل به درود کاربردهای روش مورد نظر در باستان‌شناسی اختصاص یافته است. نگارندگان مدعی نیستند که این کتاب را به طور جامع و کامل بررسی و معرفی کرده‌اند، اما امیدوارند منابع مرتبط کافی را در اختیار خواننده علاقه‌مند قرار داده باشند تا وی قادر شود موضوع مورد علاقه خود را با ژرفای کافی دنبال کند. تلاش شده است با نگاهی انتقادی (بدون وارد شدن به نکات بحث‌انگیز اضافی) به موضوعات نگریسته شود، زیرا نقش یک استاد خوب، ایجاد حس پژوهش مشتاقانه و در عین حال انتقادی است! همچنین نمی‌توان ادعا کرد مطالب این فصول، توصیف جامع و کامل تمامی روش‌های تجزیه‌ای به کاررفته در مسائل جدی مطرح در باستان‌شناسی یا روش‌هایی که در این زمینه قابلیت استفاده دارند را شامل می‌شود. به طور حتم، خوانندگان نکته‌سنج خواهند گفت که برخی کاربردهای مورد علاقه آنان (به عنوان مثال،

NMR، روش‌های حرارتی و غیره) از قلم افتاده است. شاید اگر به بررسی مبسوط چگونگی کاربریست داده‌های شیمیایی در باستان‌شناسی، به ویژه مواردی که در بازبینی مشخص می‌شود کاربردهای نتیجه و ثمری نداشته است، بیشتر می‌پرداختیم مفید می‌بود. بر سر اینکه آیا کاربرد شیمی عالی^۱ در مسائل فرومایه یا بی‌ارزش باستان‌شناسی بدتر است یا پرداختن به مسائل بسیار مهم باستان‌شناسی با شیمی نادرست^۲، بحث‌های زیادی مطرح است. اما، این موضوع خود کتاب مستقلی می‌طلبد!

به منظور اینکه دانشجویان مخاطب کتاب به «فرز آگاه» یا — به عبارت بهتر — به کارآموزان تعلیم‌یافته تبدیل شوند، در بخش پایانی، برخی معلومات پایه‌ای لازم برای آشنایی با اصول و کاربریست^۳، پایه شیمی تجزیه مدرن را تشکیل می‌دهند ارائه شده است. امیدواریم این معلومات پایه به گودای ارائه شده باشند که برای دانشجویان سایر شاخه‌های شیمی کاربردی، نظیر شیمی محیط‌زیست و یا شیمی پلیمری، نیز قابل استفاده باشند و حتی دانشجویان شیمی نیز با مطالعه آنها به کاربریست شیمی باستان‌شناسی علاقه‌مند شوند.

در فصول دهم و یازدهم، ماهی پایهای شیمی، شامل نظریه اتمی و پیوند مولکولی، معرفی می‌شوند چراکه دانستن آنها لازمه فهم مبانی^۴، یف‌سنجی است و مقدمه‌ای برای شیمی آلی محسوب می‌شود. در فصل دوازدهم برخی از اصول فیزیکی شامل حرکت موجی و برهم‌کنش امواج الکترومغناطیسی با اجسام جامد، تشریح می‌شود. فصل سیزدهم مقدمه‌ای است بر مراحل عملی شیمی تجزیه شامل چگونگی تهیه محلول‌های شاهد،^۵ معیارگیری دستگاه‌ها و چگونگی محاسبه متغیرهای مهم نظیر حداقل میزان قابل تشخیص^۶ نمونه آزمایشی، و چگونگی تخمین خطای آزمایش. در این فصل اصول قراردادی تضمین کیفیت و کارکرد این حیطه در آزمایشگاه نیز به اجمال معرفی شده‌اند. بخش اعظم این مطالب در تدریس ریاضی، فیزیک شیمی مرتبط در دوره کارشناسی علوم باستان‌شناسی در دانشگاه برادفورد استفاده شده‌اند تا این دانشجویان با افرادی فزاینده از «مصرف‌کنندگان هوشمند» شیمی تجزیه تبدیل شوند. بسیار مایه مسرت است که می‌بینیم تعدادی از دانشجویان سابق، کتب و مقالات مهم و پرشماری در حوزه شیمی باستان‌شناسی به چاپ رسانده‌اند.

در کتاب حاضر که به کاربریست شیمی تجزیه در باستان‌شناسی می‌پردازد، در بررسی سیر تکامل این شاخه علمی از رویکردی کاملاً تاریخی استفاده شده و هر جا میسر بود به منابع دست‌اول ارجاع

1. superb chemistry

2. bad chemistry

داده شده است. مایه تعجب و تا حدودی ناراحتی است که می‌بینیم به سبب ناآشنایی با منابع دست‌اول، این میزان از اطلاعات کذب و گمراه‌کننده به منابع علمی امروزی راه یافته است. از ریاضیات مرتبط نیز در مواردی که (انتظار می‌رود) به شفافیت موضوع کمک کرده استفاده شده است. این امر نه تنها به شکل‌گیری رویکرد کمی به تحقیق مورد نظر در دانشجویان کمک می‌کند بلکه خواننده را قادر می‌سازد با زیبایی نهانی ساختار علم آشنا شود.

تألیف و آماده‌سازی کتاب حاضر بسیار بیش از حد معمول به درازا کشید. از صبر و حوصله انتشارات دانشگاه کمبریج در طی این مدت سپاسگزاری می‌کنیم. همچنین، قدردان افراد بسیاری (از جمله) می‌روشنگرانی که سابقاً در زمینه موضوعات مرتبط کار کرده‌اند) هستیم که بدون آنها نگارش چنین کتابی نبود. به ویژه، از دکتر جنت مونت‌گومری^۱ که در مقابله کردن قسمت‌هایی از متن کتاب با منابع اصلی و سدا کردن مراجع کمک نمود و نیز دکتر جودی واتسون^۲ که نمودارها و جداول را تهیه کرد قدرانی می‌کنیم. قدر مسلم، مسئولیت تمامی اشتباهات بر عهده نگارندگان است.

1. Janet Montgomery

2. Judy Watson

مقدمه مترجم

ایران به عنوان یکی از مهم‌ترین مراکز تمدن بشری با قدمتی ۷۰۰۰ ساله، بیش از ده هزار محوطه و اثر تاریخی ثبت‌شده (محوطه‌های باستانی اسلامی و پیش از اسلام، بناهای تاریخی، مجموعه بناها و تک‌بناها) در فهرست آثار ملی خود دارد. پژوهش در ساختار شیمیایی و فیزیکی مواد و مصالح سازنده این آثار و اشیاء، سالیانی و تاریخ‌گذاری آنها و انجام تحلیل‌های دقیق و جامع با استفاده از روش‌های علم فیزیک، شیمی، زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، جغرافیا و ریاضیات، که امروزه ذیل عنوان «باستان‌سنجی» قرار می‌شوند، شناخت و درک محققان از فرایندهای شکل‌گیری اثر، و در نتیجه، دقت تحلیل و تفسیر پژوهشگران این عرصه را افزایش می‌دهد و به نتایج و تفسیرهای مرتبط با فرایندهای فرهنگی و اجتماعی منجر به درک‌های هنری و فنی در طول زمان، اعتبار می‌بخشد.

همچنین، کمبود شناخت علمی حاصل از مطالعات آزمایشگاهی و قابل‌تکرار در عرصه باستان‌سنجی آثار تاریخی در ایران سبب شناخت ما امروز در رابطه با بسیاری از یادگارهای هنر ایرانی-اسلامی با تردیدهایی روبرو باشیم؛ برطرف‌نمود این تشویش‌ها با ارجاع به روش‌ها و مطالعات گذشته و تنها به‌صورت تطبیقی و تاریخی متبرهن است. از این‌رو، مطالعات علمی مواد باستانی این قابلیت را دارند که با تقویت دیگر شیوه‌های مصنوعات، مرسوم در حوزه‌های هنر و تاریخ باستان‌شناسی، سبب جذب فراگیران علاقه‌مند و تفسیر صحیح و علوی و تطبیق علوم انسانی و روابط فی‌مابین شوند و بررسی روند علمی و فنی آثار تاریخی را بر اساس داده‌های علمی قابل‌استناد، تقویت نمایند.

امروزه، گستره وسیعی از روش‌های مختلف تجزیه مواد از سوی دانشمندان ابداع شده است و اغلب آنها را می‌توان در مطالعه آثار تاریخی به خدمت گرفت. با توجه به این گستردگی، تسلط محققان حوزه‌های باستان‌سنجی، مرمت و حفاظت آثار تاریخی بر تمامی این روش‌ها عملاً میسر نیست. از سوی دیگر، ماهیت فنی نسبتاً پیچیده روش‌های مذکور و نیز پیشرفت‌های مستمر در زمینه ابداع روش‌های جدید کارآمدتر، آشنایی با علم مواد، علم شیمی و -مهم‌تر از همه- شیمی تجزیه را می‌طلبد و این امر چالش‌های تازه‌ای را فرا روی محققان این عرصه قرار می‌دهد.

با توجه به نیاز مبرم جامعه باستان‌شناسی کشور، دانشگاه هنر اسلامی تبریز در سال ۱۳۹۱ به

تدوین سرفصل و راه‌اندازی دوره کارشناسی ارشد رشته باستان‌سنجی (در دو گرایش مواد آلی و مواد معدنی) اقدام نمود. در این ارتباط و نظر به نبود منبع علمی معتبر به زبان فارسی که دربرگیرنده روش‌های مختلف مورد استفاده در تجزیه و تحلیل مواد موجود در ساختار آثار باستانی باشد، ضرورت ترجمه کتاب کاربرد شیمی تجزیه در مطالعات علوم باستان‌شناختی، که به معرفی شیمی پایه برای اهداف باستان‌شناختی و نیز بحث و بررسی روش‌های مختلف تجزیه مواد به کاررفته در ساخت آثار باستانی می‌پردازد، به شدت احساس می‌شد. در این کتاب طرز کار هر یک از دستگاه‌های تجزیه مواد، بدون پرداختن به جزئیات فنی اضافی، به روشنی تشریح شده و مثال‌هایی از کاربرد روش بر روی اقسام مختلف مواد تاریخی آمده است. در فصول انتهایی نیز پایه‌های شیمی برای دانش‌جویان رشته باستان‌شناسی معرفی شده‌اند که آشنایی با آنها در زمینه درک ساختار مواد و مصالح سازنده آثار و نیز اصول کارکرد دستگاه‌های مورد استفاده در مطالعه آنها، ضروری می‌نماید.

امید است ترجمه فارسی این کتاب منبع اطلاعاتی مناسبی برای مطالعات منشأیابی، ساختارشناسی، فن‌شناسی و تاریخ‌گذاری آثار باستانی کشور باشد و به متخصصان امر در پژوهش‌های کاربردی و اتخاذ روش‌های مناسب در مطالعه این آثار یاری رساند. در خاتمه، شایسته است مراتب امتنان خود را از تمامی همکاران معزز دانشگاهی که نقش توصیه‌ها و راهنمایی‌های آنها در افزایش بار علمی ترجمه حاضر غیرقابل انکار است ابراز دارم. همچنین از ریاست محترم دانشگاه، جناب آقای دکتر کی‌نژاد، و معاونت محترم پژوهش و فناوری و نیز اداره متبوع پژوهش و فناوری که اینجانب را در ترجمه و چاپ کتاب حاضر بی‌دریغ حمایت کردند، همیما نه سپاسگزاری می‌نمایم.

دکتر مسعود باقرزاده کثیری

دانشگاه تهران، اسلامی تبریز