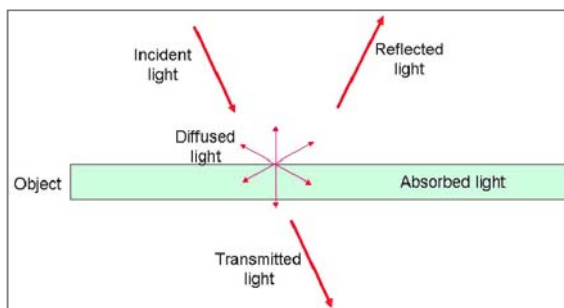


دستگاه طیف سنجی جذب اتمی، مشخصات و کاربردها

یاسین شبان گلی، شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

چکیده

امروزه در آزمایشگاه‌های کنترل کیفیت و پژوهشی در سراسر جهان، آنالیز عنصری مواد و ترکیبات یکی از ملزومات بسیار مهم می‌باشد. سهم درصد عناصر در یک ترکیب، برای تشخیص کیفیت، خلوص مواد و میزان افزودنی‌های احتمالی بسیار حائز اهمیت است. دستگاه‌های مختلفی برای آنالیز عنصری مطرح شده است که هر کدام دارای ویژگی‌ها و عملکردهای متفاوتی هستند. در این بین، دستگاه‌های بر پایه طیف سنجی جذب اتمی یکی از بهترین دستگاه‌ها برای آنالیز عنصری است. این تکنیک قادر است میزان عناصر را با دقت خیلی زیاد اندازه‌گیری کند. با کمک این تکنیک صنایع مختلف مانند محیط زیست، نفت و گاز، مراکز پزشکی، صنایع غذایی و آزمایشگاه‌های آب و فاضلاب روزانه هزاران نمونه را برای تعیین درصد فلزات مختلف آنالیز می‌کنند. شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک نیز به دستگاه جذب اتمی مدل ContrAA 300 کمپانی معتبر Analytik jena تجهیز شده است. برتری ویژه این دستگاه نسبت به دستگاه‌های جذب اتمی معمول، استفاده از منبع تابش پیوسته با تفکیک‌پذیری بسیار زیاد است که باعث تسریع در انجام آزمایش می‌شود و امکان آنالیز چند عنصری را فراهم می‌کند. علاوه بر این به دلیل استفاده از تجهیزات اپتیکی قدرتمند در آن، این دستگاه از حساسیت و دقت بالایی برخوردار است. در این نوشتار ابتدا به خصوصیات دستگاه جذب اتمی شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک پرداخته می‌شود و سپس قابلیت‌ها و کاربردهای آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.



شکل ۱- تصویر شماتیک برهمکنش نور با ماده.

۱- مقدمه

به طور کلی طیف‌سنجی شامل، جذب^۱ و نشر^۲ و پخش^۳ امواج الکترومغناطیسی طی برهمکنش با ماده می‌باشد که در مطالعات کیفی یا کمی ماده و یا فرایندهای فیزیکی کاربرد دارد. همانطور که در شکل ۱ آورده شده است، برهمکنش نور با ماده موجب جذب و تغییر جهت تابش می‌گردد و قسمتی از نور بدون برهمکنش از ماده عبور می‌کند.

طیف سنجی یا اسپکتروسکوپی جذب اتمی بر پایه اصل جذب نور توسط اتم‌های آزاد بنا شده است. طیف جذبی یک عنصر در شکل گازی و اتمی آن، یک سری خطوط باریک کاملاً مشخص است که از جهش‌های الکترونی خارجی‌ترین الکترون‌ها به وجود می‌آیند. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، در فرآیند

- 1- Absorption
- 2- Emission
- 3- Scattering

برای به دست آوردن غلظت عنصر مورد نظر در نمونه با روش طیف سنجی جذب اتمی، نیازمند رابطه‌ای بین میزان نور جذب شده توسط نمونه و غلظت نمونه هستیم که همان قانون بیر لامبرت است. قانون بیر لامبرت بیان می‌کند که نور جذب شده در یک محیط شفاف به شدت نور بستگی ندارد بلکه هر واحد از لایه‌های آن محیط مقدار نور ثابتی را جذب می‌نماید، همچنین بیان می‌کند که نور جذب شده رابطه مستقیم با تعداد اتم‌های جاذب نور در محیط دارد.

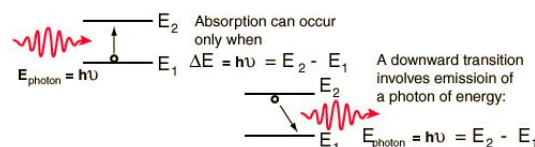
این قانون با رابطه ۱ بیان می‌شود:

$$A = \log \left(\frac{I_0}{I_1} \right) = \alpha lc \quad (1)$$

که در آن I_0 شدت نور اولیه، I_1 شدت نور عبوری و A مقدار جذب ماده، α ضریب جذب، l ضخامت سلول و c غلظت ماده است. در شکل ۳ مؤلفه‌های قانون بیر لامبرت به صورت شماتیک آورده شده است.

این رابطه نشان می‌دهد که جذب A یک محیط به صورت خطی به غلظت اتم‌های جاذب نور محیط وابسته است. ضمناً ضریب جذب اتمی هر محیط نیز با رسم یک منحنی کالیبراسیون شامل مقدار جذب اندازه‌گیری شده در مقابل غلظت‌های مختلف استاندارد، قابل دستیابی است. بدین صورت غلظت نمونه‌های مجهول به راحتی تعیین می‌شود.

جذب، اگر فوتون برخورد کرده به اتم انرژی تحریک لازم را داشته باشد، باعث انتقال الکترون از لایه ظرفیت اتم به یک تراز بالاتر می‌گردد. انرژی تحریک از اختلاف بین سطح انرژی تراز پایه و تراز برانگیخته تعیین می‌شود. فرآیند دیگری که بلافاصله بعد از جذب رخ می‌دهد نشر نام دارد. از آنجایی که تراز برانگیخته ناپایدار است، الکترون تمایل دارد بلافاصله به تراز پایه برگردد که برگشت الکترون از تراز برانگیخته به تراز پایه با آزاد سازی انرژی همراه است. در اتم‌های آزاد، بر خلاف مولکول‌ها که دارای ترازهای انرژی ارتعاشی و چرخشی هستند، فقط جهش‌های الکترونی صورت می‌گیرد. به همین دلیل وقتی انرژی توسط اتم‌ها جذب یا نشر می‌شود، خطوط طیفی مجزا مشاهده می‌گردد. همین پدیده، پایه روش‌های طیف سنجی اتمی است.



شکل ۲- جذب و نشر فوتون در لایه‌های الکترونی.

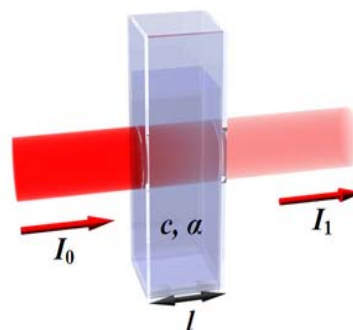
طیف سنجی یا اسپکتروسکوپی جذب اتمی با سه اصل زیر تبیین می‌شود:

- ۱- همه اتم‌ها می‌توانند نور را جذب کنند.
- ۲- طول موج امواج الکترومغناطیسی جذب شده برای هر عنصر با عنصر دیگر متفاوت و مختص همان عنصر می‌باشد. برای مثال در نمونه‌ای با چندین عنصر، فرض کنید مس، سرب، آهن و نیکل موجود باشند، مس تنها نوری را جذب می‌نماید که ویژگی‌های طول موجی مس را دارد.
- ۳- میزان نور جذب شده با غلظت اتم‌های جذب کننده نور رابطه مستقیم دارد، به عبارتی دیگر به میزان عنصر مورد نظر در نمونه بستگی دارد.

هر عنصر، لامپ‌های چند عنصری ارائه شده است که قابلیت کاربرد برای طیف وسیعی از عناصر را دارا می‌باشند. همزمان با توسعه دستگاه‌های جذب اتمی با منبع تابش خطی، بسیاری از دانشمندان امکان استفاده از منابع پیوسته در جذب اتمی را بررسی نمودند. بزرگ‌ترین مشکل در توسعه دستگاهی با منابع پیوسته، تفکیک‌پذیری بالای موردنیاز حداقل ۲ پیکومتری می‌باشد که بسیار فراتر از توان هر طیف سنجی در آن زمان بوده است. علاوه بر این پایداری شدت منابع تابش نیز مشکل بزرگی به شمار می‌رفت. در سال ۱۹۶۶ فاسل^۶ و گروسمن^۷ اولین تحقیقات مشترک خود را در راه بررسی منابع پیوسته در جذب اتمی منتشر کردند. در این تحقیق ۳۲ عنصر با هر دو منبع خطی و پیوسته بررسی شدند و حد تشخیص اندازه‌گیری‌ها برای آنها مقایسه شد. در همان زمان در آلمان تحقیقات درباره دستگاه جذب اتمی با منابع پیوسته توسط تیمی از فیزیکدان‌های متخصص طیف سنجی به رهبری هلموت بکرز^۸ در حال انجام بود. سرانجام این گروه در سال ۱۹۹۶ دستگاه جذب اتمی با منبع پیوسته‌ای را پیشنهاد کردند که کاملاً با دستگاه تجاری منبع خطی، متفاوت بود. پیشنهاد این گروه استفاده از لامپ زنون قوسی به عنوان منبع تابش دستگاه بود. در نهایت در سال ۲۰۰۴، اولین دستگاه تجاری جذب اتمی با منبع پیوسته با نام ContrAA 300 توسط شرکت آلمانی Analytik jena به بازار عرضه گردید. در ادامه نسل‌های مختلف این دستگاه (ContrAA 700 و ContrAA 800) توسط این شرکت تولید و به بازار عرضه شده است.

۲-۲- تکفام ساز

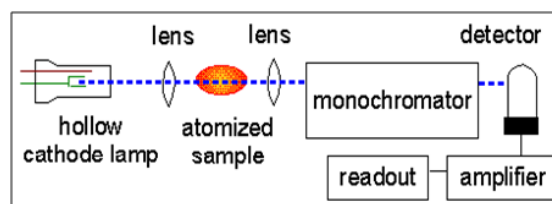
تکفام‌ساز وسیله‌ای است که تابش را به اجزای سازنده آن تفکیک کرده و هر قسمت دلخواهی از طیف را، از



شکل ۳- تصویر شماتیک اثر جذب ماده در هنگام برخورد نور به آن.

۲- اجزاء و قسمت‌های مختلف دستگاه طیف سنج جذب اتمی

اجزاء دستگاه جذب اتمی به‌طور خلاصه شامل منبع تابش، تکفام‌ساز^۱، اتمساز^۲ و آشکارساز^۳ می‌باشد. (شکل ۴)



شکل ۴- طرح شماتیکی اجزاء طیف سنج جذب اتمی.

۱-۲- اجزاء و قسمت‌های مختلف دستگاه طیف سنج جذب اتمی

منبع تابش، طیف خطی تیز و باریک مخصوص عنصر مورد نظر را نشر می‌کند. لامپ‌های کاندی توخالی^۴ و لامپ‌های تخلیه بدون الکتروده^۵ به‌طور عمده برای تأمین تابش اولیه در طیف‌سنجی جذب اتمی به کار می‌روند. این لامپ‌ها برای هر عنصر به صورت جداگانه وجود دارند. در سال‌های اخیر با توجه به وقت‌گیر بودن تعویض لامپ برای

- 1- Monochromator
- 2- Atomizers
- 3- Detector
- 4- Hollow Cathode Lamp
- 5- Electrodeless discharge lamps

6- Fassel
7- Grossman
8- Helmut Beckers

فوتوالکتریک، به جریان الکتریکی تبدیل می‌کند و توانایی آشکارسازی نور مرئی، فرابنفش و فرکانس‌های نزدیک فروسرخ را دارد.

۳- آماده سازی نمونه و کالیبراسیون

فرایند آماده‌سازی به نوع نمونه وابسته است، اما به طور معمول از روش‌های هضم اسیدی-بازی، استفاده می‌شود. همچنین می‌توان از امواج ماکروویو برای آماده سازی نمونه‌ها استفاده نمود. در حین آماده‌سازی محلول‌های استاندارد برای رسم نمودار کالیبراسیون، می‌بایست فرآیند آماده‌سازی نمونه‌ها تا آنجا که ممکن است با یکدیگر همسازگاری داشته باشند.

جهت کالیبراسیون دستگاه، ابتدا چند نمونه استاندارد با غلظت مشخص وارد دستگاه می‌شود. طیف سنج مقدار جذب نمونه‌ها را اندازه‌گیری کرده و نمودار جذب بر حسب غلظت را برای نمونه‌های استاندارد، بر اساس بهترین خط با کمترین مقدار خطا رسم می‌کند. با قرار گرفتن نمونه در دستگاه، حلال تبخیر شده و ذرات جامد عنصر محلول، باقی می‌ماند. این ذرات ذوب و تبخیر شده و به اجزای تشکیل‌دهنده خود تجزیه می‌شوند. سپس با برخورد طول موج موردنظر از منبع تابش، مقدار جذب نمونه اندازه‌گیری می‌شود و با توجه به مقدار جذب از روی نمودار استاندارد، غلظت نمونه بدست می‌آید.

۴- مشخصات دستگاه جذب اتمی شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک مجهز به دستگاه جذب اتمی مدل ContrAA 300 ساخت شرکت analytik jena می‌باشد. (شکل ۵) این دستگاه در مقایسه با دستگاه‌های جذب اتمی کلاسیک دارای مزایای کاربردی ویژه‌ای می‌باشد، از جمله بکارگیری لامپ زنون (Xenone) به عنوان منبع نوری که برای ۶۷ عنصر قابل

باقیمانده آن جدا می‌کند. به عبارتی دیگر یک تکفام‌ساز پرتو چندفام را به پرتو تکفام تبدیل می‌کند. تکفام‌سازها قادرند که دو طول موج با اختلاف ۰/۱ نانومتر را از هم تفکیک نمایند. ابزارهای مختلفی به‌عنوان تکفام‌سازها مورد استفاده قرار می‌گیرند که از آن جمله می‌توان به منشورها و شبکه‌ها اشاره کرد.

۲-۳- اتمساز

یک عنصر برای جذب طول موج‌های مشخصه خود، باید بصورت اتم‌های آزاد درآید که این کار با استفاده از اتمساز انجام می‌شود. این قسمت برای دستگاه جذب اتمی بسیار با اهمیت است؛ زیرا حساسیت اندازه‌گیری مستقیماً با اتمی شدن عنصر در نمونه و کارایی اتمساز متناسب است. از مهمترین اتمسازها، اتمسازهای شعله‌ای هستند که در آنها از سوخت‌هایی همچون گاز طبیعی، پروپان، بوتان، هیدروژن و استیلن و اکسید کننده‌های مختلفی مانند هوا، نیتروژن دی‌اکسید، اکسیژن و ... استفاده می‌شود. بسته به ماده مورد آنالیز، از ترکیب‌های متنوعی از سوخت‌ها و اکسید کننده‌ها استفاده می‌گردد. نوع دیگری از اتمسازهای مورد استفاده در دستگاه جذب اتمی، کوره‌های گرافیتی هستند. علاوه بر این جهت تشخیص عناصری همچون آرسنیک، بیسموت، آنتیموان، سلنیوم، قلع، تلوریم و جیوه با دستگاه جذب اتمی، تکنیک تولید بخار هیدرید با حساسیت بالا و تداخل بسیار کم به کار می‌رود.

۲-۴- آشکارساز

آشکارسازها سیگنال نوری را در یک طول موج ویژه اندازه‌گیری می‌کنند. به این صورت که شدت نور دریافت شده از تکفام‌ساز (مونوکروماتور) را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. رایج‌ترین آن‌ها، دستگاه فوتوتکثیرکننده^۱ است که انرژی تابشی را با بهره‌گیری از پدیده

1- Photomultiplier

در نتیجه میزان خطاهای ناشی از مزاحمت‌ها به حداقل می‌رسد. به طور کلی استفاده از یک تکفام‌ساز با درجه تفکیک بسیار بالا و یک آشکارساز CCD کارآمد سبب شده است که دستگاه ContrAA نسبت به دستگاه‌های مشابه که از منبع نوری خطی استفاده می‌کنند، بسیار دقیق‌تر، حساس‌تر و سریع‌تر عمل نماید. علاوه بر این شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک مجهز به یک دستگاه هضم ماکروویو توانمند است که هضم انواع مختلف نمونه را با کارایی و ایمنی بالا انجام می‌دهد. برای به حداقل رساندن خطاهایی که در هنگام رقیق نمودن دستی نمونه‌ها وجود دارند (از جمله خطای شخص، خطاهای ابزار حجم سنجی و...)، دستگاه اتوسمپلر بر روی دستگاه جذب اتمی نصب شده است.

۵- کاربردهای دستگاه طیف سنجی جذب اتمی

به‌طور کلی در همه مواردی که نیاز به اندازه‌گیری مقادیر عناصر در غلظت‌های بسیار ناچیز باشد، دستگاه‌های بر پایه جذب و نشر اتمی بهترین گزینه هستند. چنانکه درصد عنصر مورد مطالعه در نمونه‌ای بالا باشد، استفاده از دستگاه جذب اتمی توصیه نمی‌شود؛ چون در این حالت نیازمند رقیق‌سازی‌های متعدد هستیم که باعث افزایش خطای اندازه‌گیری خواهد شد.

به طور کلی کاربردهای دستگاه طیف سنجی جذب اتمی را می‌توان به موارد زیر طبقه‌بندی کرد:

- ۱- تعیین مقادیر کم فلزات در مایعات
- ۲- آنالیز آلیاژها و ناخالصی‌های موجود در آنها
- ۳- آنالیز آلاینده‌های محیط زیست (آب، هوا، خاک)
- ۴- آنالیز نمونه‌های خاک و سنگ در زمین شناسی و معادن
- ۵- آنالیز فلزات و شبه فلزات در ترکیبات معدنی طبیعی و سنتزی

استفاده است. مزیت عمده استفاده از لامپ زنون این است که کاربر را از تعویض لامپ برای هر عنصر، بی‌نیاز می‌سازد. این ویژگی صرفه‌جویی قابل توجهی در زمان آنالیز خواهد داشت و باعث راحتی کار با دستگاه خواهد شد. این تکنیک که به تکنیک جذب اتمی تفکیک‌پذیری بالا با منبع نوری پیوسته^۱ معروف است به عنوان پلی بین روش‌های جذب اتمی و نشر اتمی مبتنی بر پلاسما، بهترین خصوصیات هر دو روش همچون دقت بالا و آنالیز چند عنصری را ارائه می‌دهد.



شکل ۵- تصویر دستگاه طیف سنجی جذب اتمی مدل ContrAA 300.

دقت اندازه‌گیری دستگاه به علت بالا بودن نسبت سیگنال به نویز و حد تشخیص به مراتب بهتر از سیستم‌های جذب اتمی خطی معمولی است و علاوه بر کاستن از هزینه لامپ‌های معمولی برای هر عنصر، هزینه کارکرد کم‌تری نسبت به آن‌ها دارد. لامپ زنون مورد استفاده در دستگاه بسیار پایدار و طول عمر بالایی دارد. قدرت تفکیک تکفام‌ساز به کار رفته در این دستگاه تقریباً ۱۰۰ برابر بیشتر از مونوکروماتورهای دستگاه‌های جذب اتمی با منبع خطی است. همچنین بکارگیری آشکارساز CCD^۲ در این دستگاه علاوه بر امکان دستیابی به نتایج دقیق‌تر، بطور خاص قابلیت تصحیح خطای زمینه را برای کاربر با استفاده از منوهای تعبیه شده در نرم‌افزار دستگاه، فراهم می‌نماید و

1- High Resolution-Continuum Source Atomic Absorption Spectroscopy
2- Coupled Charged Detector

۵-۲- اندازه گیری فلزات سنگین در خاک و آب

آلودگی آب و خاک با فلزات سنگین از جمله آهن، روی، منگنز، مس، کبالت، نیکل، کادمیوم، سرب و ...، سبب ایجاد مشکلات جدی زیست محیطی می‌شود، زیرا تجزیه نمی‌شوند. فلزات سنگین در زمان‌های مختلف در خاک و گیاهان انباشته می‌شوند و می‌توانند تأثیر منفی بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاهان (مانند فتوسنتز، تبادل گازی و جذب مواد مغذی)، رشد گیاه و محصول آن داشته باشند. دستگاه طیف سنجی جذب اتمی یکی از تجهیزات آزمایشگاهی است که قابلیت تعیین و اندازه‌گیری فلزات سنگین در نمونه‌های زیست محیطی از جمله آب و خاک را دارد.

۵-۳- آنالیز فلزات در معادن و کانی‌های زمین شناسی

تعیین درصد عناصر در خاک و سنگ معدن، دارای اهمیت بالایی می‌باشد. هر معدنی که در کشور فعالیت می‌کند برای تعیین درصد عناصر موجود در خاک و سنگ منطقه مورد مطالعه، نیازمند دستگاه آنالیز عنصری می‌باشد. دستگاه جذب اتمی به دلیل حساسیت بالا برای عمده عناصر، یکی از گزینه‌های اصلی برای آنالیز عنصری معادن می‌باشد. معادن روی، نیکل، کبالت، آلومینیوم، تیتانیوم، لیتیم، سرب، آهن و ... متقاضی عمده آنالیز با دستگاه جذب اتمی هستند. علاوه بر این یکی از مطالعات اصلی برای ارزیابی بهره‌برداری و استخراج فلزات گرانبها از معادن، تعیین میزان عناصر ارزشمند با استفاده از دستگاه جذب اتمی است.

۶- آنالیز محصولات صنعتی: این گروه شامل مواردی چون آنالیز کودهای کشاورزی، شیشه، سرامیک‌ها، سیمان و مواد خام، مواد آرایشی و دارویی، نیمه هادی‌ها، مواد هسته‌ای، رنگدانه‌ها، کاغذ و منسوجات، صنایع نفت، گاز و پتروشیمی می‌باشد.

۷- شناسایی و اندازه‌گیری عناصر در کاتالیزهای مختلف

۸- بررسی تأثیر نوع و مقدار فلزات در انواع واکنش‌ها

۹- اندازه‌گیری عناصر و اثر آن‌ها در سیستم‌های بیولوژیکی

۱۰- اندازه‌گیری عناصر در نمونه‌های مختلف صنایع غذایی

در ادامه مواردی از قابلیت‌های دستگاه جذب اتمی شعله‌ای ContrAA 300 موجود در آزمایشگاه شیمی و فیزیک و مصالح ساختمانی شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک بیان می‌شود.

۵-۱- اندازه‌گیری عناصر در فولاد، میلگرد و دیگر مصالح فلزی

فولاد دارای انواع مختلف است که هر کدام کاربردهای خاصی دارند. عناصر موجود در ساخت فولاد تعیین کننده نوع و درجه‌بندی فولاد می‌باشد. به جز کربن و آهن که به مقدار بالایی در فولاد حضور دارند برخی عناصر دارای مقادیر بسیار پایین تری هستند. عناصری همچون سیلیسیوم، آلومینیوم، کروم، کبالت، نیکل، منگنز، مولیبدن، قلع، کلسیم، مس و ... با استفاده از دستگاه جذب اتمی قابل اندازه‌گیری می‌باشند. علاوه بر این با استفاده از دستگاه جذب اتمی آنالیز عنصری در دیگر مصالح فلزی امکان پذیر می‌باشد.

۴-۵- آنالیز عنصری مصالح ساختمانی مانند سیمان، سرامیک، کاشی، رنگ و ...

با استفاده از دستگاه جذب اتمی، آنالیز عنصری انواع مصالح ساختمانی مانند سیمان، سرامیک، کاشی، بتن، رنگ و ... امکان پذیر می باشد.

۵-۵- اندازه گیری فلزات در آلیاژهای مختلف

تعیین عناصر فلزی در آلیاژهای مختلف دارای اهمیت بالایی در صنایع می باشد و مقدار درصدهای مختلف این عناصر، خصوصیات ویژه ای را به آلیاژ ساخته شده می دهند. ترکیب درصد آلیاژها با استفاده از دستگاه جذب اتمی قابل اندازه گیری است.

۶-۵- اندازه گیری عناصر فلزی در کودها

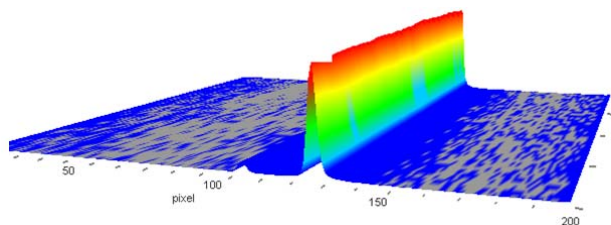
یکی از مواردی که در تغذیه گیاهان اهمیت دارد، تامین عناصر ریزمغذی گیاه با استفاده از افزودنی های کودی می باشد. ریزمغذی ها (یا عناصر کم مقدار) شامل آهن، منگنز، مولیبدن، روی، مس و ... در مقادیر بسیار کم برای رشد گیاه مورد نیاز هستند. با استفاده از دستگاه جذب اتمی می توان تمام عناصر ریزمغذی کودهای شیمیایی و همچنین خاک کشاورزی را آنالیز کرد.

۷-۵- اندازه گیری فلزات سنگین در نفت کوره، بنزین و روغن موتور

همواره یکی از بزرگترین دغدغه های زیست محیطی، آلودگی ترکیبات نفتی با فلزات سنگین می باشد. نفت کوره یا مازوت یکی از برش های نفتی است که از تقطیر نفت خام بدست می آید. آنالیز عناصر فلزی نفت کوره از مراحل مهم در تعیین کیفیت آن است. زیرا وجود فلزات سنگین در سوخت، باعث کاهش نقطه ذوب آن ترکیب و خوردگی قطعات فلزی در تماس با آن می شود. همچنین افزایش مقدار فلزات و عناصر سایشی در روغن موتور، روغن هیدرولیک، روغن دنده و روان کننده ها موجب افزایش

احتمال بروز مشکلات در موتور می شود. نوع فلز سایشی موجود در روغن نشان می دهد که احتمال بروز چه مشکلی در آن روغن بیشتر می باشد. یکی از تمهیداتی که برای کاهش آسیب های ناشی از حضور فلزات سایشی در روغن ها می توان در نظر گرفت، آنالیز دوره ای روان کننده ها توسط دستگاه های آنالیز مناسب مانند دستگاه طیف سنج جذب اتمی می باشد.

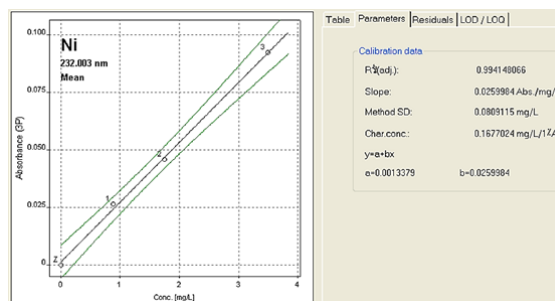
۶- مطالعه موردی



شکل ۶- طیف جذبی سه بعدی نیکل در طول موج ۲۳۲ نانومتر.

در ادامه نتایج مطالعه موردی چند نمونه میلگرد که در شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک به سفارش مشتری انجام شد، آورده شده است. ابتدا مقدار نیم گرم از نمونه های میلگرد خرد شده، توسط مخلوط چند اسید قوی، هضم می گردد و با آب مقطر به حجم مشخص رسانیده می شود. سپس درصد فلزات کروم، منگنز، نیکل و مولیبدن در نمونه ها مورد آنالیز قرار می گیرند. برای هر کدام از فلزات به طور جداگانه استانداردهایی با غلظت مشخص تهیه و میزان جذب آن ها با دستگاه جذب اتمی قرائت و نمودار کالیبراسیون رسم می گردد. سپس میزان جذب نمونه های میلگرد هضم شده بعد از رقیق سازی و افزودن یک سری مواد برای حذف مزاحمت ها، قرائت و با استفاده از نمودار کالیبراسیون رسم شده، غلظت آنها تعیین می گردد. برای نمونه، شکل ۶، طیف جذبی نیکل را در طول موج ۲۳۲ نانومتر به صورت سه بعدی نمایش می دهد.

همچنین شکل ۷ نمودار کالیبراسیون برای محلول‌های استاندارد نیکل را که محدوده خطی خوبی دارد، نشان می‌دهد. با استفاده از این نمودار و قرائت جذب نمونه‌های هضم شده تهیه شده از میلگرد، درصد عنصر نیکل در نمونه‌ها بدست آمد.



شکل ۷- نمودار کالیبراسیون محلول‌های استاندارد نیکل.

همین مراحل برای آنالیز دیگر عناصر نیز انجام شد و در نهایت درصد عناصر کروم، مولیبدن، نیکل و منگنز برای نمونه‌های میلگرد به شرح جدول ۱ بدست آمده است.

جدول ۱- نتایج مربوط به درصد عناصر کروم، مولیبدن، نیکل و منگنز در نمونه‌های میلگرد

شماره نمونه	درصد کروم	درصد مولیبدن	درصد نیکل	درصد منگنز
میلگرد ۱	۰/۱۵۵	<۰/۰۱	۰/۱۹۶	۴/۹۵۰
میلگرد ۲	۰/۰۳۲	<۰/۰۱	۰/۰۸۶	۳/۸۹۴
میلگرد ۳	۰/۰۳۲	<۰/۰۱	۰/۱۴۴	۵/۱۶۱

۷- نتیجه‌گیری:

دستگاه جذب اتمی موجود در شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک دارای قابلیت‌های زیادی است و اکثر تجهیزات و وسایل مورد نیاز برای انجام با کیفیت آزمایش‌ها توسط این دستگاه تهیه شده است. دستگاه جذب اتمی ContrAA 300 اولین نوع از جذب اتمی‌های بر پایه منابع تابش پیوسته است که به صورت تجاری ارائه شده است. این دستگاه نسبت به دستگاه‌های جذب اتمی

معمول دارای قابلیت ویژه‌ای است که باعث افزایش سرعت انجام آزمایش‌ها می‌گردد. علاوه بر این به دلیل استفاده تجهیزات اپتیکی کارآمد و آشکارساز قوی، این دستگاه از حساسیت و دقت بالایی نسبت به دستگاه‌های جذب اتمی معمول برخوردار است. این دستگاه برای تزریق و رقیق‌سازی نمونه‌ها مجهز به اتوسمپلر است که خطاهایی که در هنگام رقیق نمودن دستی نمونه‌ها وجود دارند (از جمله خطای شخص، خطاهای ابزار حجم سنجی و...) به طور کامل حذف می‌شوند. علاوه بر این استفاده از دستگاه هضم ماکروویو موجب می‌شود، هضم نمونه‌ها به طور کامل‌تر و ایمن‌تری صورت بگیرد. به طور کلی کاربردهای این دستگاه خیلی گسترده است و در هر موردی که نیاز به آنالیز عناصر فلزی در نمونه‌ها باشد دستگاه‌های جذب اتمی بدلیل حساسیت و دقت بالا یکی از بهترین گزینه‌ها هستند.

۸- مراجع

- 1- Analytical methods for atomic absorption spectroscopy-Perkin Elmer.
- 2- Flame atomic absorption spectrometry- Agilent Technologies.
- 3- Welz, B., Becker-Ross, H., Florek, S. and Heitmann, U., 2006. High-resolution continuum source AAS: The better way to do atomic absorption spectrometry. John Wiley & Sons.
- 4- James D. Ingle, Stanley R. Crouch., 1988. Spectrochemical Analysis. Prentice Hal.
- 5- Becker-Ross, H.; Florek, S.; Heitmann, U.; Weisse, R.; Fresenius' J. Anal. Chem. 1996, 355, 300.
- 6- Heitmann, U.; Schütz, M.; Becker-Ross, H.; Florek, S.; Spectrochim. Acta, Part B 1996, 51, 1095.
- 7- J. Braz. Chem. Soc., 2014, 5, 799.
- 8- Spectroscopy: Principles and Instrumentation, Mark. F. Vitha, 2018.