

۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

اندازه گیری میزان اورانیوم موجود در نمونه خاک نیروگاه بوشهر، با استفاده از روش پلاسمای جفت شده القایی

شریفیان دوایی، محمد حسین^(۱) - عباسی، محمدرضا*^(۲) - الله یاری زاده، قاسم^(۳)

۱ و ۲ دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی هسته ای

چکیده:

در این پژوهش با استفاده از روش پلاسمای جفت شده القایی مقدار اورانیوم موجود در نمونه خاک نیروگاه بوشهر مورد بررسی قرار گرفته است. نمونه خاک ها از بلوکهای مختلف واحد نیروگاهی بوشهر بودند که با نام بلوکهای ساختمانی، نام گذاری گردیدند. به عبارت دیگر بلوکهای 5B, 10A, 9A و 6C مورد بررسی قرار گرفتند. سه برنامه‌ی انحلالی اسیدی به منظور مقایسه از نظر نوع و ماهیت انحلال اسیدی در اندازه‌گیری، استفاده شده اند. برای تحلیل بهتر نتایج، شناسایی دقیقی از عناصر حل شده همراه نمونه، و عناصری که اثرات تداخلی بر روی طول موج مورد اندازه‌گیری دارند، ارائه شده است برای حصول اطمینان به داده‌ها لذا از دستگاه‌ها و روشهای دیگری نیز برای همین اندازه‌گیری استفاده گردید که نتایج مذکور را تصدیق می‌گرداند.

کلمات کلیدی: آنالیز عنصری، روش پلاسمای جفت شده القایی، طیف سنجی نشری، تداخل طول موجی

مقدمه:

دستگاه ICP^۱ یا پلاسمای جفت شده القایی، یک سیستم آنالیز عنصری است که از نوع طیف سنجی نشری^۲ بوده و اتم سازی^۳ در آن به کمک پلاسمای تولید شده توسط یک گاز بی اثر که عمدتاً آرگون است، صورت می‌پذیرد [۱]. منبع انرژی در این روش آنالیز پلاسمای بوده، در واقع به مجموعه‌ای از الکترون‌ها و یون‌های مثبت گازی (بی اثر) که دارای انرژی و دمای بالا هستند پلاسمای گفته می‌شود، البته با وجود بالا بودن غلظت این دو جزء بار کلی پلاسمای تقریباً صفر است. روش پلاسمای جفت شده القایی متداول ترین روش برای ایجاد پلاسمای می‌باشد. در این روش از امواج با طول موج میکرونی برای تولید پلاسمای استفاده می‌شود. اساس روش‌های طیف سنجی نوری، بر برانگیختگی اتم و رابطه آن با جذب یا نشر پرتو الکترومغناطیس استوار است. این نشر پرتو که ناشی از تغییر انرژی ترازهای بیرونی اتم می‌باشد، برای

^۱ Inductively Coupled Plasma
^۲ Emission
^۳ Atomization

۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

هر اتم مقدار مشخصی بوده و بنابراین می‌توان با مطالعه طیف مربوط به این جذب یا نشر، اتم مورد نظر را شناسایی کرد [۲].

مراحل آنالیز نمونه در سیستم پلاسمای جفت شده القایی

اجزای اصلی این دستگاه و مراحل آنالیز نمونه در روش پلاسمای جفت شده القایی بصورت ذیل می‌باشند

۱- آماده سازی نمونه^۴: برخی نمونه‌ها نیاز به تهیه به روش‌های خاصی دارند. از جمله انحلال توسط اسید، انحلال توسط گرما، انحلال توسط امواج مایکروویو و ... [۳]. برای آنالیز نمونه‌های جامد در روش ICP معمولاً آنها را به صورت محلول در می‌آوریم. در این پژوهش از روش انحلال توسط امواج مایکروویو استفاده گردید. انحلال توسط امواج مایکروویو در شرایط کنترل شده دمایی و فشاری و درون یک محفظه تحت فشار صورت می‌گیرد.

۲- تبدیل مایع به غبار: در این حالت مایع به گردی از گاز و غبار^۵ خود تبدیل می‌شود. برای ورود نمونه به صورت محلول از سیستم مه‌پاش استفاده می‌کنیم. این مجموعه خود از سه قسمت اصلی پمپ پرستالتیک، مه‌پاش و محفظه پاش تشکیل شده‌است. وظیفه پمپ، مکش نمونه محلول به داخل شلنگ و پمپاژ آن به سمت مه‌پاش می‌باشد [۴]. تزریق مستقیم مایع به درون پلاسمای باعث خاموش شدن پلاسمای می‌شود یا موجب می‌شود که اتم‌ها بصورت مناسبی حل نشوند که این سبب کاهش کارایی در برانگیختگی و نشر خواهد شد. از این رو برای محلول‌ها از یک مه‌پاش برای تبدیل جریان مایع به غبار شامل ذرات با قطر ۱ تا ۱۰ میکرومتر استفاده می‌شود. غبار تولید شده توسط مه‌پاش به درون محفظه پاشش می‌شود [۵].

۳- تبخیر: آب خارج شده و بخش‌های جامد و مایع باقیمانده به گاز تبدیل می‌شود.

۴- اتم سازی^۶: پیوندهای فاز گازی شکسته شده و فقط اتم‌ها حضور دارند. دمای زیاد پلاسمای و محیط شیمیایی خنثی در این مرحله اهمیت زیادی دارند. به منظور آنالیز نمونه در این روش ابتدا پلاسمای در مشعلی از جنس کوارتز تشکیل شده و بوسیله زوج القایی در یک میدان مغناطیس فرکانس رادیویی تقویت می‌شود، سپس نمونه به داخل پلاسمای مه‌پاشی شده

^۴ Sample preparation

^۵ Aerosol

^۶ Atomization

۱۶ و ۱۷ شهریور ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

و در دمای بالای پلاسما، تبخیر، اتمی و یونیزه می‌شود. اسپری نمونه حل شده در معرض بمباران اتمی قرار گرفته و در درجه حرارت‌های متغیر یونیزه شده و اتمهای آزاد و یونها بصورت الکترونی برانگیخته می‌شوند. در نهایت تشعشع طول موجهای متغیر (که شدت آن متناسب با کوانتوم هر عنصر است)، یک آنالیز کمی و کیفی عنصری را فراهم می‌کند [۴]. درون مشعل پلاسما، جرقه تولید شده به کمک سیم پیچ تسلا سبب یونیزه شدن گاز آرگون شده و یونها و الکترون‌های حاصل از یونیزاسیون با میدان مغناطیسی تولید شده توسط سیم پیچ القایی برهمکنش داده و در نهایت سبب ایجاد جریان الکترون و یونها (پلاسما) در مسیرهای مدور و مشخصی در سیستم می‌شوند دمای پلاسما بسیار بالا و در حد 10^6 K و چگالی جریان الکترون در حد 10^{14} تا 10^{16} (یک بر سانتیمتر مکعب) است [۱]. ناحیه شفاف پلاسما، ناحیه ای در ارتفاع ۱۰ تا ۳۰ میلیمتری از بالای سیم پیچ است، ولی محدوده بررسی عمدتاً ارتفاع ۱۵ تا ۲۰ میلیمتر است، چرا که در این محدوده اتم‌ها بهترین میزان یونیزاسیون را دارند.

۵- برانگیختگی و نشر: اتم‌ها از تصادمات ایجاد شده انرژی گرفته و نوری با طول موج مشخص منتشر می‌کنند. در اثر تحریک الکترون‌های لایه ی ظرفیت اتم‌ها، طیف نوری برای هر اتم ساطع می‌گردد. سپس این مجموعه طیف نوری از طریق یک لنز به سمت آشکارساز متمرکز می‌گردد.

۶- تجزیه و تشخیص نور: پرتو منتشر شده توسط توری پراش^۷ و منشور^۸ تجزیه شده و توسط آشکارساز از لحاظ کمی اندازه‌گیری می‌شوند. در آشکارساز این طیف‌ها به پالس الکتریکی تبدیل و به روی نموداری برحسب شدت نشر و طول موج بر روی مانیتور نمایش داده می‌شوند. طول موج‌های ابزارها هستند که ناحیه محدودی از طیف نور را در اختیار می‌گذارند. در این ابزار تابش به طول موجهای تشکیل دهنده خود تفکیک و قسمتی از این طول موجها انتخاب و از بقیه جدا می‌شوند [۷و۶]. وظیفه آشکارساز آنالیز طول موج‌های مورد نظر می‌باشد. بدین صورت که آشکارساز طیف‌های نور تابیده شده را به پالس الکتریکی تبدیل و به صورت نموداری برحسب شدت نشر و طول موج بر روی مانیتور نمایش می‌دهد. [۸]

^۷ Grating
^۸ Prism

۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

در یک سیستم آنالیز همزمان با آشکارسازی نقطه‌ای، نور بدست آمده از مشعل پلاسما، توسط دریچه‌ای بر روی یک توری پراش مقعر هدایت شده و بازتاب امواج با طول موج های گوناگون در زاویه‌های مختلف، به آشکارسازهای فوتون افزای ثابت که بر روی دایره ای موسوم به دایره رولند^۹ قرار دارند، می‌رسد.

نتایج :

نمونه های مجهول مورد اندازه گیری در این پژوهش، نمونه خاکهای بلوکهای مختلف واحد نیروگاهی بوشهر بودند که با نام بلوکهای ساختمانی، نام گذاری گردیدند. به عبارت دیگر بلوکهای 9A, 10A, 5B و 6C مورد بررسی قرار گرفتند. با مطالعات انجام شده، سه برنامه‌ی انحلالی اسیدی به منظور مقایسه از نظر نوع و ماهیت انحلال اسیدی در اندازه‌گیری، استفاده شدند که به شرح زیر می‌باشند:

انحلال اسیدی شماره ۱ (۶۲۲) : در این برنامه، از ۶ میلی لیتر هیدروکلریک اسید، ۲ میلی لیتر نیتریک اسید و ۲ میلی لیتر هیدروفلوئوریک اسید استفاده شد.

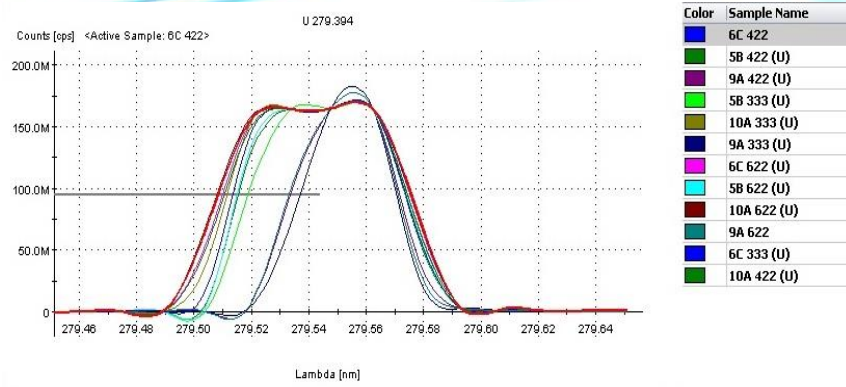
انحلال اسیدی شماره ۲ (۳۳۳) : در این برنامه، از ۳ میلی لیتر فسفریک اسید، ۳ میلی لیتر سولفوریک اسید و ۳ میلی لیتر هیدروفلوئوریک اسید استفاده شد.

انحلال اسیدی شماره ۳ (۴۲۲) : در این برنامه، از ۴ میلی لیتر نیتریک اسید، ۲ میلی لیتر هیدروژن پروکسید و ۲ میلی لیتر هیدروفلوئوریک اسید استفاده گردید.

نتایج حاصل از اندازه گیری توسط جداول و نمودارهای زیر ارائه می گردند

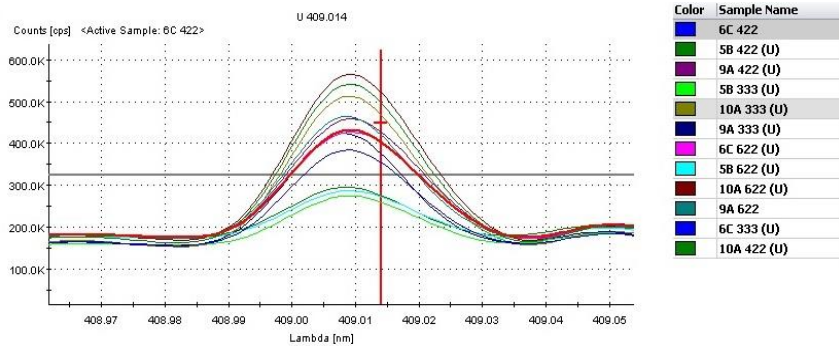
^۹ Roland Circle

۱۶ و ۵ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد



شکل شماره (۱): طیف نشری اندازه گیری شده طول موج ۲۷۹ اورانیوم برای نمونه های مجهول با نوع انحلالهای متفاوت

این شکل به خوبی تداخل حاصل از طیف های نشری دو عنصر مختلف را نشان می دهد. تداخل ها بسته به نوع طیف های حاصل، می توانند سازنده یا مخرب باشند.



شکل شماره (۲): طیف نشری اندازه گیری شده طول موج ۴۰۹ اورانیوم برای نمونه های مجهول با نوع انحلالهای متفاوت

شکل فوق طیف بسیار مناسبی از عنصر مورد اندازه گیری به ما می دهد. همانطور که مشاهده می شود، قله نقطه مورد اندازه گیری ما، مستقل از نقاط اطراف می باشد و با میزان اندازه گیری زمینه، اختلاف مناسبی دارد. همانطور که انتظار می رود، در نمونه های با میزان مختلف عنصر مورد اندازه گیری، قله در نقطه مورد نظر بالاتر می رود. با استفاده از اطلاعات جدول شماره ۱ به خوبی می توان اطلاعات شکلهای بدست آمده را تجزیه و تحلیل کرد.

جدول شماره (۱): عناصری که ممکن است در اندازه گیری ما ایجاد تداخل نمایند

عناصر نامطلوب	طول موج اورانیوم
Gd II, W I, Tm II, Mn I, Mg II, Es II, Ta I	۲۷۹/۳۹۴

۱۶ و ۱۷ شهریور ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

Kr II, Ac II, Tc I, Am II, Yb I, Gd I, V I, Os I, Sm II, Co I ۴۰۹/۰۱۴

هر کدام از عناصر ذکر شده می‌توانند بسته به میزانی که در نمونه موجود باشند، بر روی نتیجه تاثیرگذار باشند. لذا برای تحلیل صحیح، باید شناخت کاملی از نمونه مورد اندازه‌گیری و عناصر همراه نمونه و میزان نسبی این عناصر داشته باشیم. جداول ۲ و ۳، مقادیر اندازه‌گیری شده از عنصر مورد نظر ما یعنی اورانیم را نشان می‌دهد.

جدول شماره (۲): مقادیر اندازه‌گیری شده ۲ طیف نشری مختلف اورانیم در نمونه خاکهای دو بلوک 9A و 10A توسط دستگاه ICP-OES

شماره	10A422	10A333	10A622	9A422	9A333	9A622	نام نمونه	جدول
مقادیر	۱۳/۶۷۱	۱۲/۴۲۱	۱۴/۸۵۲	۱۰/۹۸۵	۸/۹۶۷	۱۰/۷۴۳	مقدار در طیف نشری ۴۰۹/۰۱۴ (Mg/l)	(۳):
گیری طیف مختلف	۳۵۸/۵۴۵	۳۵۲/۰۴۴	۳۴۰/۱۸۰	۱۵۹/۵۰۸	۱۳۰/۰۶۶	۱۵۷/۱۰۱	مقدار در طیف نشری ۲۷۹/۳۹۴ (Mg/l)	اندازه شده ۲ نشری

اورانیم در نمونه خاکهای دو بلوک 5B و 6C توسط دستگاه ICP-OES

شماره	6C422	6C333	6C622	5B422	5B333	5B622	نام نمونه	از
مقادیر	۹/۸۸۳	۷/۸۴۵	۹/۷۸۴	۴/۷۴۰	۴/۰۳۵	۴/۴۸۷	مقدار در طیف نشری ۴۰۹/۰۱۴ (Mg/l)	
گیری طیف مختلف	۳۳۷/۴۴۵	۳۴۸/۹۲۳	۳۴۶/۳۳۸	۳۳۳/۵۹۷	۳۰۲/۰۰۶	۳۳۷/۴۸۸	مقدار در طیف نشری ۲۷۹/۳۹۴ (Mg/l)	

آنجایی که هدف، اندازه‌گیری میزان اورانیم است، نکته قابل توجه، اختلاف بسیار زیاد بین دو طیف تابشی مورد مطالعه است. از آنجایی که در نمونه خاک ما قطعاً منیزیم وجود خواهد داشت و به البته میزان این عنصر، به مراتب بیشتر از اورانیم خواهد بود، می‌توان اختلاف به وجود آمده را توجیه کرد و نتیجه گرفت که مقدار ذکر شده برای این طول موج، حاصل از اندازه‌گیری منیزیم و طیف تابشی آن می‌باشد. شکل شماره (۱) هم این تداخل را به خوبی نشان می‌دهد.

بحث و نتیجه گیری :

برای تحلیل بهتر نتایج، باید شناسایی دقیقی از عناصر حل شده همراه نمونه، و عناصری که اثرات تداخلی بر روی طول موج مورد اندازه‌گیری دارند داشته باشیم. شکل شماره (۱) به خوبی روشن کننده این نوع اثرات تداخلی می‌باشد که در آن طول موج ۲۷۹ U با Mg^{2+} ، تداخل طیف نشری دارند و از آنجایی که در نمونه ما قطعاً Mg^{2+} وجود دارد و مقدار آن قابل توجه است، لذا این داده نمی‌تواند برای ما قابل استناد باشد. در جدول (۱)، عناصری که احتمال تداخل طول موجی در هر طول موج خواص اورانیم را دارد بیان گردیده و هر عنصر می‌تواند با توجه به مقدارش در نتیجه‌گیری ما تاثیرگذار

۱۶ و ۱۷ شهریور ماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

باشد. لذا طول موج $409/014$ که کمترین عنصر نامطلوب اثرگذار بر روی طیف نشری اش در محیط مورد آزمایش ما را وجود دارد، به عنوان نتیجه اصلی انتخاب می گردد. در داده های آزمایشگاهی، استفاده از فقط یک روش برای نتیجه گیری قابلیت اطمینان بالایی ندارد، لذا در این پژوهش، از دستگاه ها و روشهای دیگری نیز برای همین اندازه گیری استفاده گردید که نتایج مذکور را تصدیق می گرداند. می توان با استفاده از این نوع اندازه گیری، میتوان مقدار آلودگی مناطق مختلف را با هم مقایسه کرد و دز تابشی به افراد مختلف را محاسبه نمود.

مراجع :

- [1] Xiandeng. Hou, Bradley T. Jones, 'Inductively Coupled Plasma/Optical Emission Spectrometry', Encyclopedia of Analytical Chemistry, John Wiley & Sons Ltd, 9468–9485 (2000).
- [۲] گلستانی فرد. ف ، بهره ور.م.ع ، صلاحی.ا ، "روش های شناسایی و آنالیز مواد"، چاپ اول ۱۳۸۳، دانشگاه علم و صنعت ایران
- [3] T. J. MANNING, W. R. GROW, 'Inductively Coupled Plasma -Atomic Emission Spectrometry', The Chemical Educator, Springer-Verlag, New York, (2000).
- [4] F. M. Dunnivant, J. W. Ginsbach, 'Inductively Coupled Plasma -Atomic Emission Spectrometry' , AnInternet eTextbook, Whitman College :Chemistry Department, (2004)
- [5] <http://www.cheminject.com>
- [6] C.B. Boss, K.J. Fredeen, Concept, 'Instrumentation and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry', 2nd edition, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, (1997).
- [7] Steve J. Hill, 'Inductively Coupled Plasma Spectrometry and its Applications', 2nd edition, Blackwell Publishing Ltd, (2007).
- [8] G.F. Knoll, 'Radiation Detection and Measurement', 3rd edition, John Wiley & Sons, (1999).