



ISLN

Quarterly, 2018

Volume 2, Number 2

Pages 65 – 73

Print ISSN: 2538-4910

Online ISSN: 2588-641X

# Continuum Source Atomic Absorption Spectroscopy, A Revolution in Spectroscopy

Hossein Khani\*

## Abstract

Today, the use of atomic absorption spectroscopy is common in many quality control laboratories around the world. With aid of this technique every day, thousands of samples are analyzed to measure the concentration of metals ions in various industries such as Environment, oil and gas, research laboratories, research and development centers, medical centers, food industry and water and sewage laboratories. The contrAA 800 series from analytik jena is the first and only atomic absorption spectrometer in the world with flame and furnace atomizer, which has a continuous light source lamp for analyzing all 67 elements of the periodic table that can be measured by atomic absorption. This technique, known as the High Resolution-Continuum Source Atomic Absorption Spectroscopy (HR-CS-AAS), is currently only available to analytik jena and has no rivals around the world. In this paper, the method of atomic absorption is briefly described. In the following, two methods of using linear source and continuous source are introduced. Also advantages of using a continuous source system including high resolution, two or more elemental analysis, as well as measuring several species of anions (in addition to metals) is described.

## Key Words

Spectroscopy,

Continuum source atomic absorption spectroscopy,

Analytic jena company,

Three-dimensional spectrum,

Xenon lamp

(\*) Responsible for Arman Afarin Azma device applications.

E-mail: [application@3a-co.net](mailto:application@3a-co.net)

Tel: 09183444035



شاعا  
فصلنامه علمی  
سال دوم، شماره ۲  
صفحات ۶۵ - ۷۳، ۱۳۹۷  
شاپای چاپی: ۴۹۱۰-۲۵۳۸  
شاپای الکترونیکی: ۶۴۱۸-۲۵۸۸

## دستگاه جذب اتمی با منبع نور پیوسته (تک لامپی)، انقلابی در اسپکتروسکوپی

حسین خانی\*

امروزه استفاده از روش طیف سنجی جذب اتمی جز لاینفک بسیاری از آزمایشگاه‌های کنترل کیفیت در سراسر دنیا به شمار می‌رود. با کمک این تکنیک صنایع مختلف مانند محیط زیست، نفت و گاز، آزمایشگاه‌های پژوهشی، مراکز تحقیق و توسعه، مراکز پزشکی، صنایع غذایی و آزمایشگاه‌های آب و فاضلاب روزانه هزاران نمونه را برای اندازه‌گیری غلظت فلزات مختلف آنالیز می‌کنند. دستگاه‌های سری contrAA® 800 از کمپانی analytic jena نخستین و تنها دستگاه جذب اتمی با اتمایزر شعله و کوره در جهان می‌باشد که از یک لامپ با منبع نوری پیوسته برای آنالیز همه ۶۷ عنصر جدول تناوبی که با روش جذب اتمی قابل اندازه‌گیری هستند، استفاده می‌نماید. این تکنیک که به تکنیک جذب اتمی رزولوشن بالا با منبع نوری پیوسته (HR-CS-AAS) معروف است، در حال حاضر تنها در اختیار کمپانی analytic jena بوده و هیچ رقیبی در سراسر دنیا ندارد. در این مقاله در ابتدا به اختصار روش جذب اتمی معرفی شده و در ادامه دو روش استفاده از منبع خطی و منبع پیوسته معرفی شده است. همچنین مزایای استفاده از سیستم منبع پیوسته شامل رزولوشن بالا، آنالیز ۲ یا چند عنصری و نیز اندازه‌گیری چندین گونه از آنیون‌ها (علاوه بر فلزات) شرح داده شده است.

### چکیده



حسین خانی

### واژگان کلیدی

HSE،

اسپکتروسکوپی،

روش جذب اتمی با منبع پیوسته،

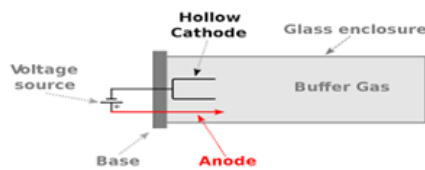
کمپانی analytic jena،

طیف سه بعدی،

لامپ زنون

(\* مسئول اپلیکیشن‌های دستگاهی شرکت آرمان آفرین آزما  
ایمیل: application@3a-co.net  
تلفن: ۰۹۱۸۳۴۴۴۰۳۵

لامپ‌های کاتدی توخالی و لامپ‌های تخلیه بدون الکتروود به طور عمده برای تامین تابش اولیه در طیف سنجی جذب اتمی به کار می‌روند. رایج‌ترین منبع برای اندازه‌گیری هر عنصر لامپ کاتدی توخالی (HCL) است. این لامپ از یک استوانه شیشه‌ای، یک آند و یک کاتد تشکیل شده است. کاتد به شکل یک سیلندر از عنصر مورد نظر ساخته شده یا از آن پر شده که قطر آن ۳-۵ mm است. آند به شکل یک سیم باریک و معمولاً از جنس تنگستن، نیکل، تیتانیم و یا زیرکونیوم است. الکتروودها بوسیله‌ی پتانسیلی در حدود ۲۰۰ تا ۴۰۰ ولت انرژی داده می‌شوند و در جریان‌هایی تا حدود 100 mA کار می‌کنند. گاز نادر که اساساً شامل نئون یا آرگون است به یون‌های مثبت، یونیده شده و یون‌ها پس از شتاب گرفتن به دیواره داخلی کاتد استوانه‌ای برخورد می‌کنند. اگر پتانسیل به اندازه کافی بزرگ باشد این یون‌های نئون و یا آرگون انرژی جنبشی کافی برای کندن تعدادی از اتم‌های فلزی را از سطح کاتد پیدا می‌کند و سپس اتم‌های کنده شده بوسیله این یون‌ها برانگیخته می‌شوند. پیکربندی استوانه‌ای کاتد باعث می‌شود تا تابش را در یک ناحیه محدود از لوله متمرکز سازد، این طرح همچنین احتمال اینکه رسوب دادن مجدد اتم‌های فلزی، روی کاتد را نسبت به رسوب دادن روی دیواره‌های شیشه‌ای را افزایش می‌دهد (شکل ۲).



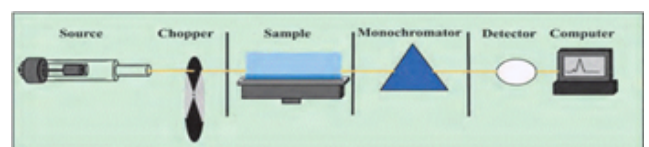
شکل ۲: شمایی از قسمت‌های تشکیل دهنده لامپ کاتدی توخالی

در میان منابع تابش خطی، لامپ‌های تخلیه بدون الکتروود بیش‌ترین تابش و باریک‌ترین پهنای خطوط نشری را دارند. این لامپ‌ها هم در جذب اتمی و هم در فلورسانس اتمی به کار رفته و شدت تابش آن‌ها می‌تواند چندین برابر لامپ‌های کاتد توخالی باشد [۲]. البته به علت گرانی استفاده از این منابع در جذب اتمی کمتر از لامپ‌های کاتدی توخالی است.

طیف‌سنجی (اسپکتروسکوپی) مطالعه ماده و خواص آن، با بررسی نور، صوت و ذرات گسیل شده، جذب شده یا پراکنده شده از ماده مورد نظر است. طیف‌سنجی به عنوان مطالعه برهم‌کنش بین نور و ماده نیز تعریف می‌شود. از لحاظ تاریخی طیف‌سنجی به شاخه‌ای از علم بر می‌گردد که برای مطالعات نظری در ساختار ماده و آنالیزهای کیفی و کمی از نور مرئی استفاده می‌شد. در حال حاضر طیف سنجی به عنوان یک روش جدید نه فقط برای نور مرئی بلکه برای بسیاری از تابش‌ها با طول موجهای متفاوت به کار برده می‌شود. طیف سنجی جذب اتمی (Atomic Absorption Spectroscopy (AAS یکی از روشهای طیف سنجی است که به وسیله آن می‌توان با دقت بالایی غلظت عناصر فلزی موجود در یک نمونه را تعیین نمود [۱].

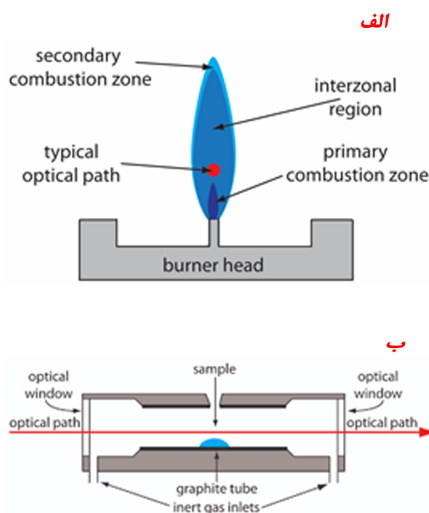
طیف جذبی یک عنصر در شکل گازی و اتمی آن دارای یک سری خطوط باریک کاملاً مشخص است که از جهش‌های الکترونی بیرونی‌ترین الکترون‌ها به وجود می‌آیند. الکترون‌های لایه ظرفیت اتم، تابش الکترومغناطیس در گستره فوق بنفش و مرئی را جذب یا نشر می‌کند. در اتم‌های آزاد، برخلاف مولکول‌ها که دارای ترازهای انرژی ارتعاشی و چرخشی است، فقط جهش‌های الکترونی صورت می‌گیرد. به همین دلیل وقتی که انرژی توسط اتم‌ها جذب یا نشر می‌شود، خطوط طیفی مجزا مشاهده می‌شود، که اساس روش‌های طیف سنجی اتمی است.

اساس کار دستگاه بر اصولی شامل توانایی همه اتم‌ها در جذب نور، اختصاصی بودن طول موج جذب شده توسط عناصر مختلف و وابستگی میزان نور جذب شده به غلظت اتم‌های آزاد هر عنصر استوار است. دستگاه طیف سنج جذب اتمی (شکل ۱) شامل اجزای زیر می‌باشد: منبع اولیه تابش، یک طول موج‌گزین برای تولید تابش تکفام، یک وسیله برای افشاندن محلول به درون شعله و تولید بخار اتمی، یک آشکارساز و وسیله‌ای برای خواندن داده‌ها.



شکل ۱: اجزای تشکیل دهنده دستگاه جذب اتمی.

فرآیند اتم‌سازی به معنای انبوه‌های تولید شده در طیف سنجی جذب اتمی، بسیار مهم است زیرا آنالیز با دستگاه جذب اتمی به طور کلی وابسته به وجود اتم‌های آزاد و ترکیب نشده است که نور را در طول موج خاصی جذب خواهند نمود. لذا نکته کلیدی برای موفقیت در کار یک دستگاه طیف سنج جذب اتمی تولید اتم‌های آزاد در حالت پایه و قرار دادن آن‌ها در مقابل نوری با طول موج خاص عنصر مطلوب است. منبع انرژی برای تولید انبوه اتم‌های آزاد یک عنصر گرم‌است. بنابراین برای ایجاد اتم‌های آزاد ضروری است که مولکول‌ها شکسته شوند. برای آنالیز محلول‌ها، از شعله به عنوان منبع گرما استفاده می‌شود و نمونه برای تبدیل به اتم‌های آزاد در دمای زیاد گرم می‌شود. این روش را روش اتم‌سازی شعله‌ای می‌گویند (شکل ۳- الف). در روش غیرشعله‌ای کوره گرافیتی برای اتم‌سازی محلول‌ها، محلول‌های آبی و نمونه‌های جامد مورد استفاده قرار می‌گیرد. (شکل ۳- ب). از روش‌های اتم‌سازی شیمیایی (روش هیدرید و بخار سرد) برای برخی عناصر خاص مانند آرسنیک و جیوه نیز استفاده می‌شود [۳].



شکل ۳: اجزای سازنده اتم‌ساز شعله‌ای (الف) و اتم‌ساز کوره گرافیتی (ب).

#### ۱.۴ اتم‌ساز شعله‌ای

در حالت شعله، تمام یا قسمتی از محلول یک نمونه به صورت مه رقیقی به داخل شعله‌ای که در مسیر تابش از منبع قرار دارد، افشاند می‌شود (مه‌پاشی). محلول نمونه به صورت قطره‌های ریز به درون

این قسمت از دستگاه، پرتو چند فام را به پرتو تکفام تبدیل می‌کند. در واقع دستگاه باید قادر به ایجاد یک پهنای نوار باریک باشد تا خط انتخاب شده برای اندازه‌گیری را از خطوط طیفی دیگری که ممکن است مزاحمت ایجاد کنند یا حساسیت را کاهش دهند، جدا سازد. انتخاب‌گرهای طول موج به دو دسته صافی‌ها و تکفام‌سازها تقسیم می‌شوند. صافی‌ها خود به دو دسته صافی‌های تداخلی و صافی‌های جذبی طبقه‌بندی می‌شوند. صافی‌ها وسایل ساده و نسبتاً ارزانی هستند و کاربردهای زیادی در دستگاه‌های جذب اتمی دارند.

تکفام‌ساز وسیله‌ای است که تابش را به اجزا سازنده آن تفکیک کرده و هر قسمت دلخواهی از طیف را از باقیمانده آن جدا می‌کند. قطعات یک تکفام‌ساز عبارتند از:

۱. یک شکاف ورودی،
۲. یک عدسی محدب یا آینه که یک پرتو موازی از تابش تولید می‌نماید،
۳. یک قطعه اپتیکی مانند منشور که تابش را به طول موج‌های تفکیک شده تبدیل می‌کند،
۴. یک عنصر جمع‌کننده که تصویر پرتو را روی سطح تختی جمع می‌کند که صفحه جمع‌کننده نام دارد،
۵. یک منفذ خروجی در صفحه جمع‌کننده که باند طیفی دلخواه را جدا می‌نماید.

در تکفام‌ساز منشوری، نوری که از درون یک شکاف ورودی وارد می‌شود توسط یک عدسی موازی شده و سپس با زاویه‌ای به سطح منشور برخورد می‌کند. برای نور در هر دو سطح منشور شکست اتفاق می‌افتد و پس از آن بر روی سطحی که کمی خمیده است و حاوی شکاف خروجی است متمرکز می‌شود. با چرخاندن منشور می‌توان از شکاف تابش با طول موج‌های مورد نظر داشت. تکفام‌سازهای منشوری، برای پراکنده کردن تابش فرابنفش، مرئی و مادون قرمز مورد استفاده قرار می‌گیرند [۲].

ملموسی افزایش یافته و اثر تداخلی ماتریس و اثر باقی مانده‌ها بسیار کاهش می‌یابد. پس از آنالیز عنصر، بخار آنالیت به کمک گاز هلیوم و یا آرگون از تیوپ خارج می‌شود و مقدار جذب با استفاده از سیستم‌های ثبات خروجی ثبت می‌گردد. دقت تکنیک طیف سنجی جذب اتمی با کوره گرافیتی به مکانیزم اتم‌سازی آن بستگی دارد و سطح اتم‌سازی به عواملی از قبیل طبیعت شیمیائی آنالیت عنصر مورد نظر، دمای اتم‌سازی، آنالیت باقیمانده در لوله، گونه‌های گاز داخل لوله و خود کوره گرافیتی وابسته است.

### ۳.۴ اتم‌سازهای شیمیایی

جهت تشخیص آرسنیک، بیسموت، آنتیموان، سلنیوم، قلع، تلوریم و در نهایت جیوه با دستگاه جذب اتمی، تکنیک تولید بخار هیدرید یا Hydride Vapor Generator، حساسیت بالا و تداخل بسیار کم را تضمین می‌نماید. به وسیله تکنیک طیف سنجی جذب اتمی با بخار هیدرید، آنالیت ابتدا با استفاده از سدیم بورو هیدرید به حالت هیدرید فرار نوع عنصر و یا حالت فلزی در جیوه در می‌آید، سپس بخارات هیدرید با استفاده از گاز حامل به سمت اتم‌ساز جهت آنالیز با طیف سنج جذب اتمی هدایت می‌شود. اتم‌ساز یک لوله T شکل باریک از جنس کوارتز می‌باشد که بخار تولید شده را برای مدتی در مقابل طیف نور نگه می‌دارد. از روش بخار سرد یا Cold Vapor فقط برای اندازه‌گیری جیوه استفاده می‌شود [۴].

### ۵ آشکارساز

متداول‌ترین آشکارساز (Detector) در طیف سنجی جذب اتمی، فتومولتی پلایرها (شکل ۴) می‌باشند. فتومولتی پلایر (لوله‌های تکثیر کننده نور) از یک سری الکتروود تشکیل شده که پتانسیل هر یک دارای بار مثبت بیش‌تری نسبت به الکتروود قبلی می‌باشد. وقتی که یک فوتون به اولین سطح نشر کننده ضربه می‌زند یک الکترون کنده شده و به طرف دینود بعدی حرکت می‌کند که در این فرایند شتاب یافته و با رسیدن به دینود بعدی چندین الکترون آزاد می‌کند که آن‌ها نیز به نوبه خود به طرف دینود بعدی حرکت و باعث آزاد شدن الکترون‌های بیش‌تری می‌شود. این فرایند از میان هر دینود ادامه یافته و جریانی از الکترون‌ها به آخرین مرحله تجمع می‌رسد و بدین ترتیب یک فوتون باعث تولید جریان الکتریکی قابل ملاحظه می‌شود. فتومولتی پلایرها

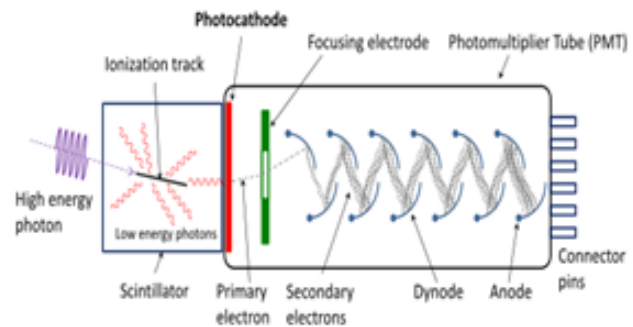
شعله پاشیده و به علت گرمای زیاد شعله، حلال موجود در محلول با سرعت زیاد تبخیر می‌شود. ذرات جامد مواد حل شده که پس از تبخیر حلال باقی می‌مانند، ذوب شده و به مایع تبدیل می‌شوند، سپس به حالت گازی درآمده و در پایان به اتم تفکیک می‌شوند. در این منطقه است که فرایندهای تحریک و جذب نیز شروع می‌شوند و قسمتی از تابش لامپ که از درون شعله می‌گذرد، توسط اتم‌های نمونه جذب می‌گردد. سوخت‌های به کار رفته برای تولید شعله عبارتند از گاز طبیعی، پروپان، بوتان، هیدروژن و استیلن که پر مصرف‌ترین آن استیلن می‌باشد. اکسنده‌های معمولی عبارتند از هوا، هوای غنی شده با اکسیژن، اکسیژن و نیتروژن اکسید. شعله هوا-استیلن در گستره وسیعی به کار برده می‌شود و حدود ۳۰ عنصر با این شعله اندازه‌گیری می‌شوند. شعله نیتروژن اکسید-استیلن بالاترین دما را در طیف بینی جذب اتمی تولید می‌کند. این شعله به طور موثری برای تجزیه عناصری مانند آلومینیوم، تیتانیوم و وانادیوم که تشکیل مولکول‌های اکسیدی خیلی پایدار می‌دهند و به سختی در دماهای معمولی به اتم تبدیل می‌شوند، به کار برده می‌شود.

### ۲.۴ اتم‌ساز کوره گرافیتی

روش طیف سنجی جذب اتمی با کوره گرافیتی در جذب اتمی، در زمینه آنالیز شیمیائی برای تکنیک‌های متداول جهت تشخیص مقادیر بسیار کم از فلزات سنگین در بسیاری از نمونه‌ها کاربردهای فراوانی پیدا کرده است. در روش طیف سنجی کوره گرافیتی (GFAAS) به جای شعله یک لوله گرافیتی که با استفاده از نیروی الکتریسیته گرم می‌شود، استفاده می‌گردد. نمونه مستقیماً در داخل تیوپ تزریق می‌شود (از ۵ تا ۱۰۰ میکرولیتر). جایی که بعد از آن با استفاده از یک سری برنامه دمائی در گام‌های مختلف حلال آن خشک می‌شود و ماتریس اصلی ترکیب، جدا می‌شود. در نهایت اتم‌های آزاد آنالیت در حالت گازی درون تیوپ گرافیتی با نیروی قوی جریان الکتریکی به سرعت گرم شده (در دمای بین ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ درجه سانتیگراد) و تقریباً تمامی آنالیت به اتم تبدیل می‌گردد. در تمام مدت پرتوهای نور از داخل لوله عبور می‌نماید و در همین حین اتم‌های آزاد در داخل لوله تشکیل می‌شوند و برای مدت / ۵ ثانیه در لوله باقی می‌مانند. دقت جواب‌دهی تکنیک کوره گرافیتی جذب اتمی بسیار وابسته به ثبات دمائی لوله است. نتیجه این که حساسیت و حد تشخیص به طور



برای کارکرد درست به ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ ولت اختلاف پتانسیل اعمالی احتیاج دارند [۲].



شکل ۴: قسمت‌های مختلف سازنده آشکارسازهای فتومولتی پلایر.

## ۶ تاریخچه استفاده از منابع پیوسته در جذب اتمی

اولین آزمایش جذب اتمی با منبع پیوسته در سال ۱۸۱۴ توسط فراون هافر انجام پذیرفت. وی با دستگاه الکتروسکوپ ابداعی خود وجود ۵۷۴ خط طیفی در نور خورشید را مشاهده کرد. بعدها در سال ۱۸۵۹ کیرشهف و بوزن نشان دادند این خطوط طیف‌های اتمی هستند. تا حدود یک قرن بعد به علت محدودیت‌های دستگاهی استفاده از منابع پیوسته قابل انجام نبود. تا اینکه در سال ۱۹۵۲ ایده اولیه طیف سنجی جذب اتمی شعله توسط آلن والش مطرح شد. اولین کاربرد کوره گرافیتی در جذب اتمی نیز در سال ۱۹۶۱ توسط بوریس لووف مطرح گردید و در سال ۱۹۶۲ اولین طیف سنج جذب اتمی تجاری مبتنی بر شعله به بازار عرضه گردید. از آن زمان به بعد طیف سنجی جذب اتمی با منبع خطی و مزایای آن شامل سادگی، قیمت مناسب، هزینه آنالیز و نگهداری نسبتاً پایین، تداخلات طیفی پایین، یکی از روش رایج آنالیز عنصری در آزمایشگاه‌ها می‌باشد [۵].

هم‌زمان با توسعه تجاری دستگاه‌های جذب اتمی تجاری با منبع خطی، بسیاری از دانشمندان به ویژه در ایالات متحده، امکان استفاده از منابع پیوسته در جذب اتمی را بررسی می‌کردند. به عنوان مثال در سال ۱۹۶۲ ویلیام گروسمن از دانشگاه کورنل یک سخنرانی با عنوان "استفاده از منابع پیوسته به جای لامپ‌های کاتدی توخالی در جذب اتمی" ارائه کرد [۶]. بزرگترین مشکل در توسعه دستگاهی منابع پیوسته رزولوشن بالای مورد نیاز حداقل ۲ پیکومتری بود که بسیار فراتر از توان هر طیف سنجی در آن زمان بود. به علاوه پایداری

منابع تابش نیز مشکل بزرگی به شمار می‌رفت. در سال ۱۹۶۶ فاسل و گروسمن 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 و حد تشخیص اندازه‌گیری‌ها برای آن‌ها مقایسه شده است [۷-۱۰]. در اواسط دهه ۷۰ میلادی کلیهر از دانشگاه ویلانوا و اوهاور از دانشگاه مریلند تحقیقات دامنه‌داری را برای دستگاهوری طیف سنج‌های جذب اتمی با منبع پیوسته انجام دادند. جیمز هارنلی به مدت ۲۰ سال به بررسی منابع تابش مختلف، آشکارسازهای مختلف، مونوکروماتورها و پلی‌کروماتورها برای حصول بهترین نتایج پرداخت [۱۱-۱۴]. و در نهایت در سال ۱۹۸۹ آقای گری هیفته در طول تحقیقات خود به این نتیجه رسید که روش جذب اتمی برای رقابت با سایر روش‌های آزمایشگاهی نیازمند رویکردها و دستگاه‌های جدید است!

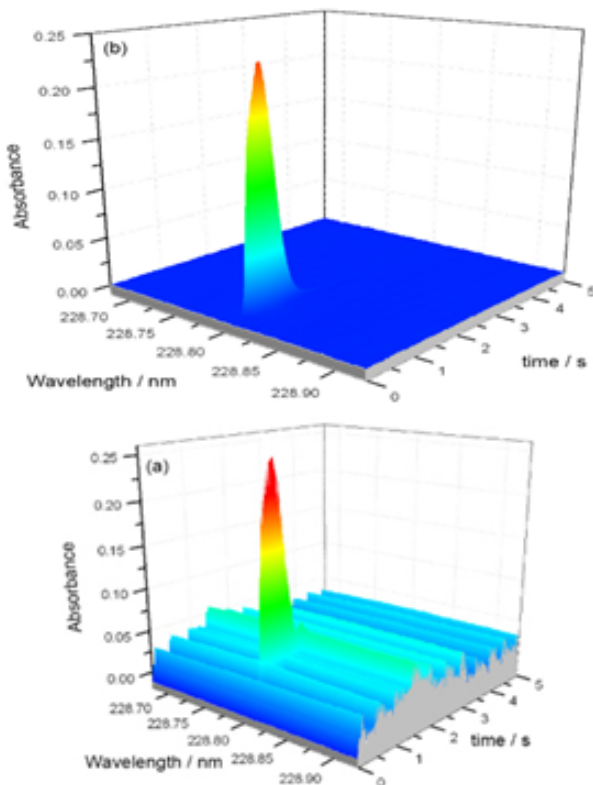
در همین زمان‌ها تحقیقات درباره دستگاه جذب اتمی با منابع پیوسته در آلمان توسط تیمی از فیزیکدان‌های متخصص طیف سنجی به رهبری هلموت بکرز در حال انجام بود. سرانجام این گروه در سال ۱۹۹۶ دستگاه جذب اتمی منبع پیوسته‌ای را پیشنهاد کردند که کاملاً با دستگاه تجاری منبع خطی متفاوت بود. بر اساس پیشنهاد این گروه لامپ زنون قوسی به عنوان منبع تابش، یک دابل مونوکروماتور با منشور و اشل گریتنینگ برای دستیابی رزولوشن بالا و یک آشکار ساز تزویج بار (CCD) اجزای تشکیل دهنده دستگاه بودند. در نهایت در سال ۲۰۰۴، اولین دستگاه تجاری جذب اتمی با منبع پیوسته با نام contrAA 300 توسط کمپانی آلمانی analytic jena به بازار عرضه گردید [۱۵، ۱۶]. در ادامه نسل‌های مختلف این دستگاه (contrAA 700 و contrAA 800) توسط این کمپانی تولید و به بازار عرضه گردید.



شکل ۵: نمایی از دستگاه جذب اتمی با منبع پیوسته سری contrAA ساخت کمپانی analytic jena آلمان



به علاوه، سیستم بهینه شده خشک کردن نمونه در اتمایزر، باعث می‌شود که اندازه‌گیری‌ها موثر و دقیق بوده و برای بسیاری از کاربردها رقیق سازی نمونه لازم نباشد. نتیجه این تکنولوژی به حداقل رساندن مراحل آماده سازی نمونه می‌باشد. دتکتور CCD به کار رفته در دستگاه con- trAA® 800 توانایی نشان دادن طیف‌ها به صورت سه بعدی را دارد و نیازی به هیچ‌گونه سیستم تصحیح زمینه (لامپ دوتریوم، روش زیمان و ...) ندارد (شکل ۷) و در نتیجه میزان خطاهای ناشی از مزاحمت‌ها به حداقل مقدار می‌رسد.



شکل ۷: تصحیح زمینه توسط دستگاه جذب اتمی برای عنصر کادمیوم در خط طیفی 228/802 nm در حالت (a): بدون تصحیح زمینه و (b) با تصحیح زمینه خودکار توسط دستگاه جذب اتمی منبع پیوسته.

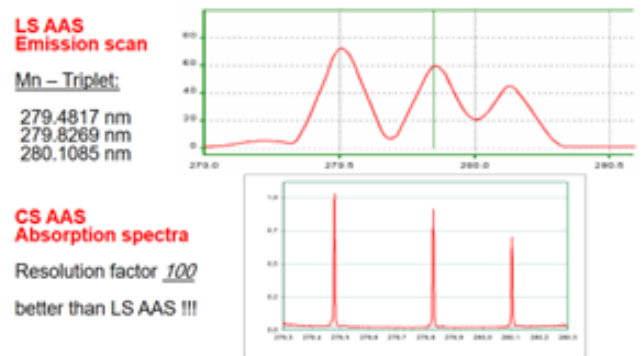
مشخصات فنی این دستگاه به شرح زیر می‌باشد:

۱. مونوکروماتور: دابل اشل (Double Echele) با رزولوشن بالا و تصحیح دومرحله ای طول موج؛
۲. درجه تفکیک مونوکروماتور: ۲ پیکومتر؛
۳. محدوده طول موج: ۱۸۰ تا ۹۰۰ نانومتر؛
۴. رزولوشن: ۱۴۵۰۰۰ : ۱؛

## ۷ مزایای دستگاه نسل جدید contrAA® 800

این تکنیک که به تکنیک جذب اتمی رزولوشن بالا یا منبع نوری پیوسته (HR-CS-AAS) معروف است، در حال حاضر تنها در اختیار کمپانی analytic jena بوده و هیچ رقیبی در سراسر دنیا ندارد. به عنوان پلی بین روش‌های جذب اتمی و نشر اتمی مبتنی بر پلاسما، contrAA® 800 بهترین خصوصیات هر دو روش شامل آنالیز سریع چند عنصری، قیمت مناسب و راه‌اندازی راحت را ارائه می‌دهد. دقت اندازه‌گیری و حد تشخیص دستگاه contrAA® 800 به علت بالا بودن نسبت سیگنال به نویز به مراتب بهتر از سیستم‌های جذب اتمی خطی معمولی بوده و علاوه بر کاستن از هزینه لامپ‌های معمولی برای هر عنصر (خرید یک لامپ به جای ۶۷ لامپ مجزا)، هزینه کارکرد کم‌تری نسبت به آن‌ها دارد. لامپ زنون مورد استفاده در دستگاه بسیار پایدار بوده و طول عمر حدود ۲۰۰۰-۳۰۰۰ ساعت دارد و برای همه عناصر قابل اندازه‌گیری توسط دستگاه (حتی شماری از نافلزات) به خوبی پاسخ‌گو است. قدرت تفکیک مونوکروماتور به کار رفته در این دستگاه حدوداً ۱۰۰ برابر بیشتر از مونوکروماتورهای دستگاه‌های جذب اتمی با منبع خطی است. برای درک بهتر این تفاوت، خطوط سه تایی عنصر منگنز و میزان تفکیک آن‌ها، توسط مونوکروماتورهای منبع خطی و دستگاه contrAA® 800 در شکل ۶ نمایش داده شده است.

### • Monochromator resolution LS AAS vers. HR-CS AAS

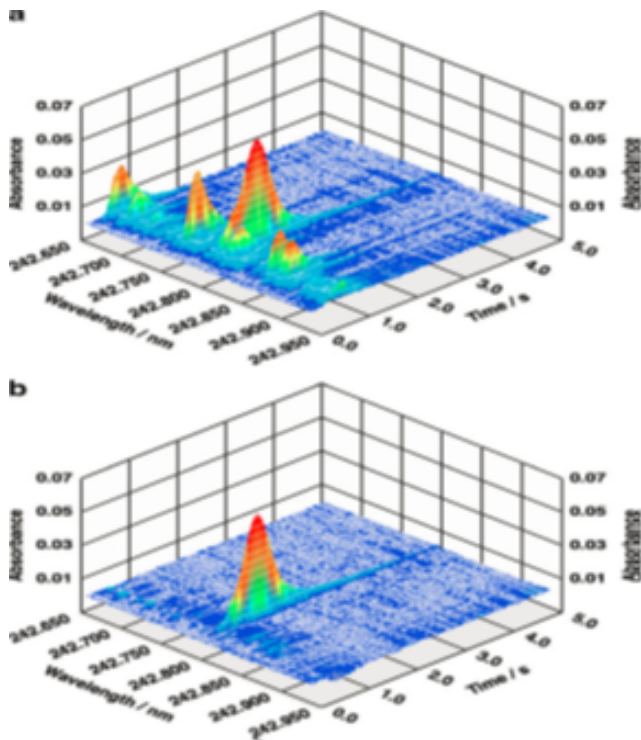


شکل ۶: مقایسه قدرت تفکیک مونوکروماتورهای جذب اتمی منابع خطی (بالا) و پیوسته (پایین).

به وضوح مشخص است که قدرت تفکیک در دستگاه جذب اتمی منبع پیوسته بسیار بالاتر است. تکنولوژی به کار رفته در این سیستم اجازه می‌دهد که هم به صورت دستی و هم به صورت خودکار، دامنه‌های غلظتی مختلف نمونه به راحتی توسط دستگاه قابل اندازه‌گیری باشند.



سادگی، عدم تداخل و پایداری جذب اتمی را با سرعت، انعطاف و غنی بودن فناوری ICP (پلاسمای جفتشده القایی) ادغام کرده و توانسته است انقلابی را در سیستم‌های جذب اتمی که در طول ۴ دهه گذشته تغییرات چندانی نداشته اند ایجاد نماید. با توجه به قابلیت‌های منحصر به فرد **contrAA® 800**، این دستگاه به راحتی می‌تواند نیازهای صنایع مختلف از جمله نفت و گاز، داروسازی، آب و فاضلاب، واحدهای تحقیقاتی آکادمیک، محیط زیست، واحدهای تحقیق و توسعه و صنایع شیمیایی را برآورده کند. استفاده از قابلیت‌های این دستگاه توسط محققان سراسر دنیا در حال افزایش است. از جمله رزانو و همکاری‌ها با استفاده از این دستگاه اقدام به اندازه‌گیری طلا در بافت مغزی موش‌ها کردند [۱۷]. با استفاده از طیف‌های سه بعدی ارائه شده توسط دستگاه **contrAA**، مزاحمت‌های مواد مختلف از جمله PO کاملاً حذف شده و طیف عنصر طلای عاری از هرگونه مزاحمت را برای اندازه‌گیری مقادیر بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ پیکوگرم به کار گرفتند (شکل ۸).



شکل ۸: طیف سه بعدی زمان و طول موج در برابر جذب مقادیر حدود ۱۵۰ پیکوگرم از عنصر طلا در بافت مغزی موش قبل (a) و بعد (b) از تصحیح زمینه توسط دستگاه جذب اتمی منبع پیوسته.

همچنین با استفاده از سیستم مونوکروماتور با رزولوشن بالا و دتکتور قدرتمند دستگاه، تعدادی از محققین اقدام به اندازه‌گیری

۵. اپتیک: ۱۰ سال ضمانت کلیه قطعات اپتیکی؛

۶. منبع نوری: Xenon short-arc lamp برای کل ناحیه جذب اتمی، بدون نیاز به از پیش گرم کردن؛

۷. دتکتور: CCD array با بهره کوانتومی بالا و دامنه خطی اندازه‌گیری order ۵؛

۸. تصحیح زمینه: تصحیح زمینه طیفی هم‌زمان بدون از دست دادن زمان اندازه‌گیری با قابلیت تصحیح همه مزاحمت‌های طیفی؛

۹. **Spray Chamber**: PPS با کند کننده جریان برای حلال‌های آلی و آبی؛

۱۰. کنترل جریان گازها: تمام اتوماتیک قابل کنترل با کامپیوتر، روشن و خاموش کردن اتوماتیک مشعل و اضافه کردن اتوماتیک اکسیدانت کمکی برای حلال‌های آلی اشتعال‌پذیر؛

۱۱. خصوصیات ایمنی دستگاه: دارای سنسور کنترل سر مشعل، کنترل فشار گازهای ورودی، درپوش آزاد کننده فشار در **Spray Chamber**، خاموش کننده جریان گاز در صورت بروز خطا در مشعل؛

۱۲. جیوه به روش هیدرید: اندازه‌گیری جیوه به روش‌های **Batch** و **Flow injection**، سل گرم کننده الکتروترمال، واحد تولید آمالگام و قابلیت انجام با **Autosampler**؛

۱۳. تزریق جریان (**Flow injection**): زمان بندی دقیق، کنترل کامپیوتری و حجم تزریق بسیار پایین (۱۵۰ میکرولیتر)؛

۱۴. کوره گرافیتی: کنترل با کامپیوتر، توزیع یکنواخت گرما در لوله برای به حداقل رساندن مزاحمت‌ها، کوره با دمای ۳۰۰۰ درجه سانتیگراد قابل برنامه‌ریزی، **Autosampler** با حجم تزریق ۱-۵۰۰ میکرولیتر.

استفاده از یک مونوکروماتور با درجه تفکیک بسیار بالا و یک دتکتور CCD کارآمد سبب شده است که دستگاه **contrAA®** نسبت به هم‌تایان خود که از منبع نور خطی استفاده می‌کنند بسیار دقیق‌تر، حساس‌تر و سریع‌تر عمل نماید. در واقع فناوری **HR-CS AAS**

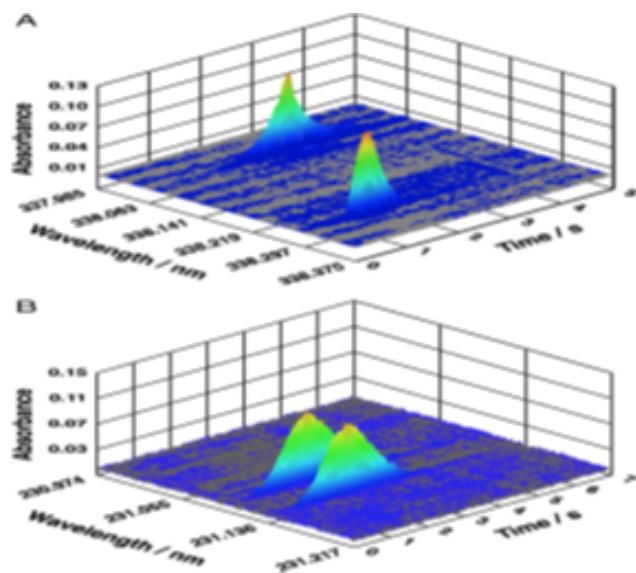


توجه به صرفه اقتصادی بالای این نسل از دستگاه‌های جذب اتمی، روز به روز بر تعداد مراکز آزمایشگاهی که از آن‌ها استفاده کنند، افزوده خواهد شد.

## مراجع

- [۱] مبانی طیف سنجی مولکولی، سی ان نبول، ترجمه: دکتر رضا اسلامپور، دکتر مسعود حسن پور.
- [۲] اصول تجزیه دستگاهی، جلد دوم، اسکوک، هالر، نیمین. ویرایش پنجم، جلد دوم.
- [3] Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS), www.standardbase.com /tech /FinalHUTechAAS.pdf.
- [4] Spectroscopy: Principles and Instrumentation, Mark. F. Vitha, 2018.
- [5] J. Braz. Chem. Soc., Vol. 25, No. 5, 799-821, 2014.
- [6] Gibson, J. H.; Grossmann, W. E.; Cooke, W. D.; Appl. Spectrosc. 1962, 16, 47.
- [7] Frank, C. W.; Schrenk, W. G.; Meloan, C. E.; Anal. Chem. 1967, 39, 534.
- [8] McGee, W. W.; Winefordner, J. D.; Anal. Chim. Acta 1967, 37, 429.
- [9] De Galan, L.; McGee, W. W.; Winefordner, J. D.; Anal. Chim. Acta 1967, 37, 436.
- [10] Nitis, G. J, Svoboda, V, Winefordner, J. D., Spectrochim. Acta. Part B, 1972, 27, 345.
- [11] Elser, R. C.; Winefordner, J. D.; Anal. Chem. 1972, 44, 698.
- [12] Veillon, C.; Merchant, P.; Appl. Spectrosc. 1973, 27, 361.
- [13] Keliher, P. N.; Wohlers, C. C.; Anal. Chem. 1974, 46, 682.
- [14] Zander, A. T.; O'Haver, T. C.; Keliher, P. N.; Anal. Chem. 1976, 48, 1166.
- [15] Becker-Ross, H.; Florek, S.; Heitmann, U.; Weisse, R.; Fresenius' J. Anal. Chem. 1996, 355, 300.
- [16] Heitmann, U.; Schütz, M.; Becker-Ross, H.; Florek, S.; Spectrochim. Acta, Part B 1996, 51, 1095
- [17] Resano M, Mozas E, Crespo C, Briceño J, Del Campo J., J. Anal. Atomic. Spectrom. 2010, 25, 1864.
- [18] de Oliveira S.R, Raposo Jr, J.L Gomes Neto J., Spectrochim. Acta, Part B., 2009, 64, 593.
- [19] Resano M, Rello L, Florez M, Belarra M.A., Spectrochim. Acta, Part B., 2011, 66, 321.
- [20] Gleisner H, Welz B, Einax J.W., Spectrochim. Acta, Part B., 2010, 65, 864.
- [21] Limburg T, Einax J.W., Microchem. J., 2013, 107, 31.
- [22] Baumbach G, Limburg T, Einax J.W., Microchem. J., 2013, 106, 295.

هم‌زمان عناصر مختلف به روش جذب اتمی نموده اند [۱۸، ۱۹]. به عنوان مثال می‌توان اندازه‌گیری هم‌زمان نیکل و نقره یا نیکل و کبالت [۱۸] اشاره نمود (شکل ۹). اندازه‌گیری نافلزاتی مانند فلئور [۲۰]، برم [۲۱] و سولفور [۲۲] هم و با استفاده از شدت بالای لامپ زنون به کار رفته در دستگاه در طول موج‌های بین ۱۸۵ تا ۱۹۰ نانومتر مقدور شده است.



شکل ۹: اندازه‌گیری هم‌زمان ۴۰۰ پیکوگرم از نقره و ۴۰ نانوگرم از نیکل در طول موج‌های به ترتیب ۳۳۸/۲۸۹ و ۳۳۸/۰۵۹ نانومتر (A) و ۱ نانوگرم از نیکل و ۴۰۰ نانوگرم از کبالت در طول موج‌های به ترتیب ۲۳۱/۰۹۶ و ۲۳۱/۱۳۶ نانومتر (B).

## ۸ نتیجه‌گیری

از سال ۱۹۶۲ که اولین دستگاه تجاری جذب اتمی به بازار عرضه شد، قابلیت‌های فراوان این روش در آنالیز فلزات مورد توجه شیمیست‌ها قرار گرفته و به سرعت کاربردهای آن رو به افزایش گذاشت. با این حال استفاده از دستگاه‌های با منبع خطی و لزوم استفاده از یک لامپ کاتدی توخالی برای هر عنصر و نیاز به روش‌های تصحیح زمینه، از محدودیت‌های این روش محسوب می‌شود. پس از عرضه دستگاه جذب اتمی منبع پیوسته سری contraAA توسط کمپانی آلمانی ana-lytic jena، انقلابی در روش جذب اتمی رخ داده و همه این معایب و محدودیت‌ها برطرف شده است. استفاده از تنها یک لامپ برای همه عناصر، تفکیک بالای مونوکروماتور دستگاه و ارائه طیف‌های سه بعدی که نیاز به هر روش تصحیح زمینه اضافی را برطرف می‌کند، نوید بخش آینده‌ای روشن برای این دستگاه می‌باشند. به نظر می‌رسد با

