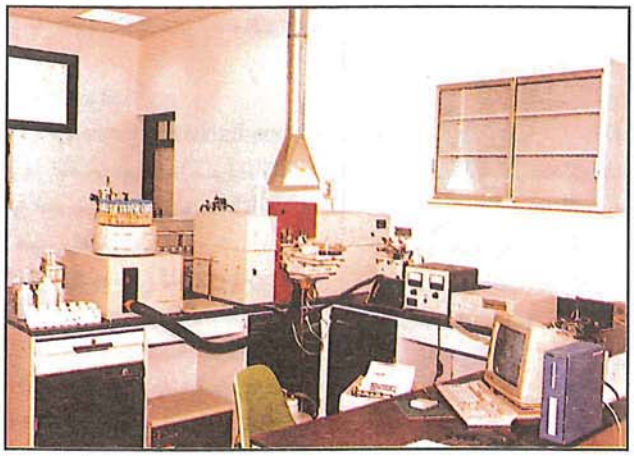
كيف تعمل الأشياء

الامتصاص الذري

Atomic Absorption

د. عدلي فضل العطار



يعد جهاز التحليل الطيفي للإمتصاص الذري (Atomic Absorption) ـ الذي تم اكتشافه عام ١٩٥٠م بوساطة العالم الاسترالي ألن والش (Alan Walsh) ـ من أهم وأدق أجهزة التحليل الكيميائي حيث تتراوح درجة حساسيته بين جزء من مليون إلى جزء من بليون (١٠-٦جرام ـ ١٠-٩جرام) ، كما يمكن بوساطته تحليل عنصر ما في وجود عناصر أخرى دون الحاجة إلى عملية الفصل التي تعد ضرورية في أجهزة التحليل الأخرى ، ولذا يستخدم الجهاز لتحليل العناصر في مختلف أنواع العلوم التطبيقية .

يوجد نوعان من أجهزة الامتصاص الذري أحدهما يعمل بإستخدام اللهب (Flame Atomic Absorption) ، والآخر عديم اللهب (Non-flame Atomic Absorption) . وسيتناول هذا العدد بمشيئة الله النوع الأول .

يعمل جهاز الامتصاص الذري باللهب بإستخدام عدة أنواع من اللهب طبقاً لدرجة الحرارة المطلوبة للتحليل ، ويوضح الجدول (١) أعلى درجات حرارة يمكن الحصول عليها من مخاليط لهب مختلفة

مبدأ عمل الجهاز

يعتمد مبدأ عمل الجهاز على تحويل ذرات العنصر أو المادة المراد دراستها من الحالة المستقرة ـ أدنى طاقة (Ground state) ـ إلى ذرات حرة (Free Atoms) في الحالة الغازية بتمرير محلولها على اللهب . وعند تسليط حزمة من أشعة نفس العنصر المراد دراسته على هذه الذرات المستقرة والموجودة في اللهب يتم امتصاص جزء منها بوساطة هذه الذرات المستقرة ، وتتناسب كمية الأشعة الممتصة طردياً مع تركيز المادة في المحلول المراد تقديره .

ويتوقف نجاح الامتصاص الذري على كفاءة إنتاج الذرات الحرة في حالتها غير المتأينة وغير المتحدة . ومن أمثلة ذلك تبخر محلول كلوريد البوتاسيوم عند تعرضه لحرارة عالية تتراوح بين ٢٠٠٠°م إلى ٣٠٠٠°م تاركاً وراءه جسيمات صلبة من المركب المذاب التي بدورها تنصهر وتتبخر وتتفكك لتنتج بخاراً مكوناً من خليط من الذرات الحرة .

مخلوط اللهب	درجة الحرارة (°م)
هواء ـ بروبان	١٩٢٥
هواء ـ هيدروجين	٢٠٥٠
هواء ـ استيلين	٢٢٠٠
أكسيد النيتروجين ـ استيلين	٣٠٠٠

● جدول (١) أعلى درجات حرارة لمخاليط لهب مختلفة .

تطبيقات الجهاز

يستخدم جهاز الامتصاص الذري باللهب في معرفة وتقدير الأيونات الفلزية في العديد من المجالات المختلفة مثل تحليل المياه ، والعينات الحيوية والطبية ، والتربة ، والأسمدة ، والسبائك والخامات المعدنية ، ومنتوجات البترول ، والأدوية ، حيث يمكن تقدير مايقارب من ٧٠ عنصراً ، شكل (١) ، بحساسية ودقة عالية بإستخدام مخاليط لهب مختلفة .

أجزاء الجهاز

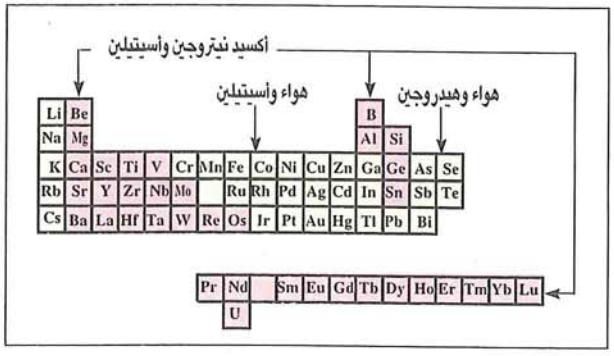
يتألف جهاز الامتصاص الذري ، شكل (٢) من ثلاثة أجزاء رئيسة هي :ـ

● مصدر ضوئي

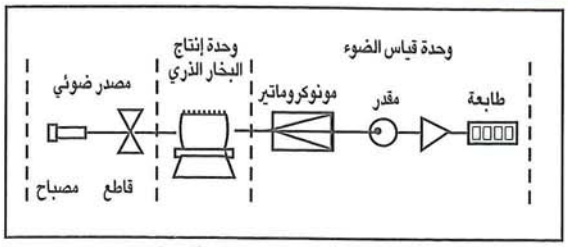
يستخدم المصدر الضوئي (Light Source) كمصدر خطي لاصدار الأشعة حيث يعطي شعاعاً حاداً ومميزاً لكل عنصر من عناصر المادة التي يتم تحليلها . ويأتي المصدر الضوئي إما على شكل مصباح ذو مهبط مجوف وإما على شكل مصباح عديم الأقطاب .

يعد المصباح ذو المهبط المجوف (Hollow Cathode Lamp) من أهم مصادر الأشعة المستخدمة ويتكون ، شكل (٣) ، من أنبوبة زجاجية مفرغة تملأ بغاز خامل مثل النيون أو الأرجون تحت ضغط منخفض، وتحتوي الأنبوبة بداخلها على مهبط يتراوح قطره ما بين ٢ إلى ٥ ملم مصنوع من المعدن المراد تقديره ، كما يوجد بداخلها مصعد مصنوع من سلك معدني من التنجستين .

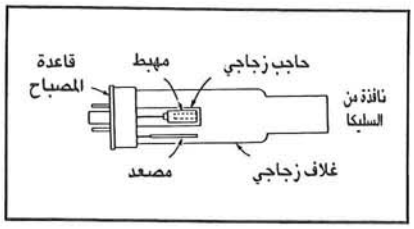
وعندما يحدث فرق جهد كبير بين المصعد والمهبط (٣٠٠ فولت) ، وتيار يتراوح



● شكل (١) العناصر التي يمكن تقديرها بالامتصاص الذري.



● شكل (٢) رسم تخطيطي للجهاز



● شكل (٣) مصباح المهبط المجوف .

بين ٤ إلى ٥٠ ميكرو أمبير (تبعاً لنوع الفلز المستخدم) فإن الغاز الخامل يتأين عند المصعد ، وتتجه أيونات الغاز الموجبة نحو المهبط بسرعة مصطدمة بسطحه فتنثر منه بعض الذرات في جو المصباح . وتصبح هذه الذرات مثارة وتبث طيفاً خطياً ـ خاصاً بالفلز الذي صنع منه المهبط ـ يمتص بصورة جزئية أو كلية عند توجيهه إلى السحابة الذرية للعنصر ذاته .

ولذا فإنه يلزم مصباح خاص لكل فلز حيث أن الأشعة المنبعثة من الفلز لا يمكن أن تُمتص إلا من قبل الفلز نفسه . ومن ثم يضفي استخدام المصباح ذو المهبط المجوف ميزة انتقائية لطريقة التحليل بالإمتصاص الذري وذلك لعدم وجود تداخلات طيفية في الأشعة المنبعثة .

● وحدة إنتاج البخار الذري

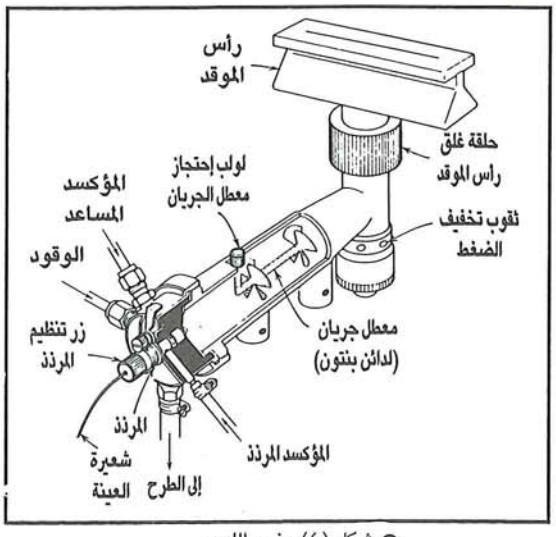
تتألف وحدة إنتاج البخار الذري ـ المذرر (Atomizer) ، بصفة عامة من جزئين هما البخاخ أو المرذاذ (Nebulizer) ، والموقد (Burner) . يصنع البخاخ من مواد مقاومة للصدأ حتى لا يتأثر بالأحماض أو المواد العضوية، ويعمل على تحويل محلول العينة إلى قطرات صغيرة (رذاذ) بأحجام متساوية وبمعدل ثابت . ويوضح الشكل (٤) رسماً تخطيطياً للأجزاء المكونة للمذرر الذي يعمل باللهب ، وفيه يتم إدخال غاز الاحتراق (Fuel) والغاز المؤكسد المساعد على الاحتراق ورذاذ العينة إلى غرفة المزج من خلال عدد من الحواجز للتأكد من تمام المزج وفصل القطرات الكبيرة والتخلص منها ، ومن ثم تدخل بقية العينة (١٠٪ تقريباً) إلى موقد ذو فوهة على شكل شق ضيق بطول ٥سم أو ١٠سم ـــ حسب نوع حسب نوع اللهب المستخدم ـــ للحصول على لهب بشكل شريط (Ribbon) .

ويتم بخ العينة في غرفة المزج بوساطة نفاثة صغيرة هوائية (Air Jet) حيث تصطدم العينة بالحواجز التي تعيق مرور القطرات الكبيرة لضمان وصول رذاذ العينة إلى فوهة الموقد بصورة أكثر تجانساً مما يزيد من إمكانية تكرار النتائج التحليلية . كما يوجد في قاعدة الموقد ، شكل (٤) ، ثقوب صغيرة ضيقة لمنع إحتمال خطر إنفجار غرفة المزج عند رجوع اللهب إليها .

● وحدة قياس الضوء

تتألف وحدة قياس الضوء (Specific Light Measurements) من ثلاثة أجزاء هي :ـ

* **موّحِد طول الموجة (Monochromator) :** يتحكم في قياس الخط الطيفي المطلوب ويمتاز بقوة فصل في حدود ٠,١ إلى ١ نانوميتر ، ويمكن بوساطته اختيار خط الامتصاص الأكثر شدة لإعطاء حساسية قصوى ، إلا أنه يمكن إستخدام الخطوط الطيفية الضعيفة عند تحليل العينات عالية التركيز .



● شكل (٤) مذرر اللهب

* **مقدِّر (Detector) :** ويتكون في أغلب الأحيان من خلية ضوئية مضاعفة . كما يستعان بمكبر لتكبير استجابة المقدر .
* **المسجل والطابعة :** ويستخدمان في تسجيل وطباعة استجابة المقدر في صورة رقمية .

كيفية عمل الجهاز

يمكن تعيين عنصر ما في عينة صلبة أو سائلة بإستخدام جهاز الامتصاص الذري من خلال عدة خطوات هي كما يلي :ـ

١ـ أخذ وزنة مضبوطة من العينة (واحد جرام) ، وإذابتها في عدة ملليلترات من حامض النيتريك (Nitric Acid) ، ثم تخفيف محلول العينة بالماء المقطر حتى يصل حجمه إلى ١٠٠ مل .

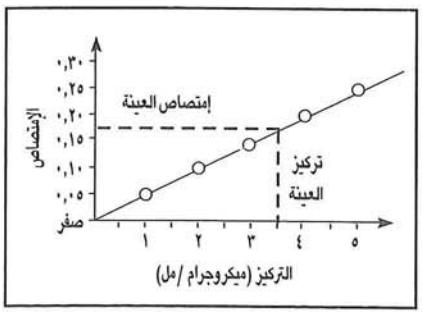
٢ـ يوضع مصباح المهبط للعنصر المطلوب تعيينه في مكانه المناسب وتضبط المحاذاة الضوئية للمصباح بحيث يمر الشعاع فوق حافة الموقد بإرتفاع يتراوح من ١سم إلى ٢سم .

٣ـ تحضر ستة محاليل قياسية (١٠٠مل) للعنصر بتراكيز مختلفة هي صفر ، ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ميكروجرام/مل .

٤ـ ضبط قراءة امتصاص الجهاز بحيث تكون صفراً عند استخدام المحلول القياسي الأول الخالي من تركيز العنصر (صفر) .

٥ـ قياس درجة امتصاص المحاليل القياسية للعنصر بالترتيب ورسم المنحنى المعياري لإمتصاص العنصر (Calibration Curve) ، شكل (٥) .

٦ـ قياس درجة امتصاص العنصر المجهول ، وبإستخدام المنحنى المعياري يمكن الحصول على درجة تركيز العنصر بالمحلول (ميكروجرام/مل) .



● شكل (٥) مثال لمنحنى معياري لأحد العناصر