

التحليل الكيميائي الآلي

طرائق التحليل الطيفي

Optical Spectroscopic Methods

المصادر:

- 1- التحليل الكيميائي الآلي / فاضل جاسم واخرون- جامعة بغداد- كلية العلوم – 1984.
- 2- التحليل الكيميائي الآلي / عبد المحسن الحيدري – جامعة بغداد - كلية التربية ابن الهيثم- 1993 .
- 3- طرق التحليل الآلي / فتحي احمدعبيد – جامعة الموصل – كلية العلوم- 1988.
- 4- اسس الكيمياء التحليلية / مؤيد العباي وثابت سعيد الغبشة- جامعة الموصل – كلية العلوم .
- 5- الكيمياء الكهربائية / عمر عبدالله الهزازي.
- 6- Fundamental of Analytical Chemistry, by Skoog, 1985
- 7- Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry, Frank A. Settle, 1997
Prentice Hall Inc.
- 8- Modern Analytical Chemistry, David Harry, Mc Graq Hill Company, 2000

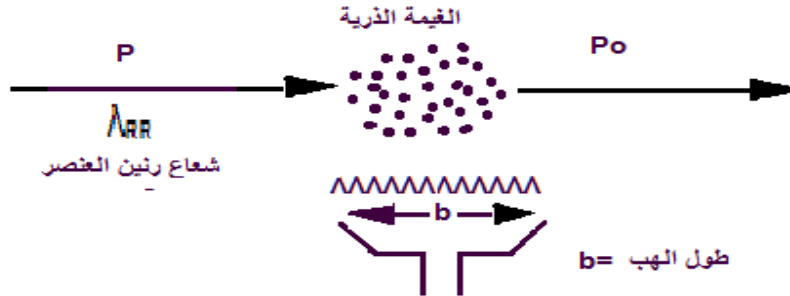
أعداد : أ.م. د. سلام عباس حسن

2015 -2014

Atomic Absorption Spectrophotometry : مطيافية الامتصاص الذري : الفصل الخامس

أو تحاليل الامتصاص الذري A.A.A Atomic Absorption Analysis

الامتصاص الذري :هي طريقة لتقدير العنصر (أو العناصر) وذلك بقياس امتصاص ذرات العنصر الحرة الطليقة والمتعادلة الشحنة لشعاع رنين ذلك العنصر λ_{RR} ، عند مرور الشعاع في الغيمة (البخار) الذرية للفلز ، ويتناسب مقدار الامتصاص A تناسباً طردياً مع تركيز أو عدد ذرات العنصر الطليقة المكونة للغيمة الذرية .

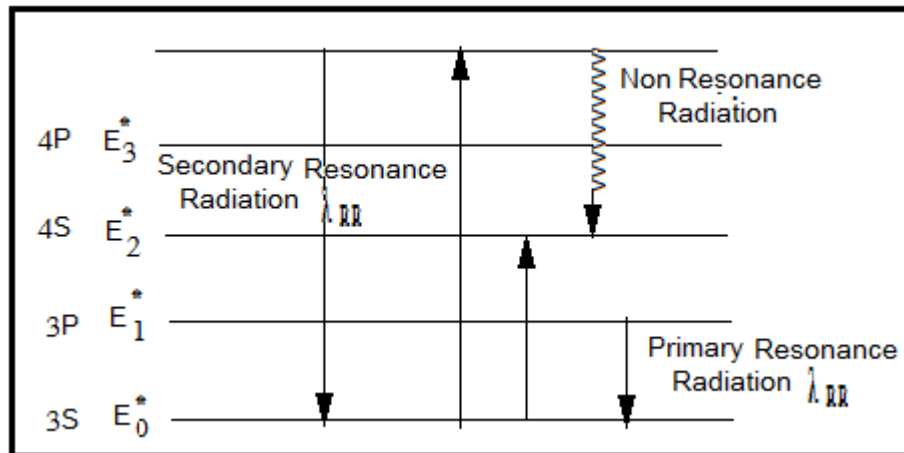


$$\text{Log} \frac{P_0}{P} = A = abC$$

في تحليل الامتصاص الذري يتطلب تكوين غيمة ذرية للفلز تحتوي ذرات طليقة متعادلة الشحنة ويكون لهذه الذرات فقط قابلية امتصاص شعاع رنينها الصادر من مصباح الكاثود المجوف HCL وقياس الامتصاصية.

ما هو الشعاع الرنيني الاولي او الرئيسي وما هو الشعاع الرنيني الثانوي وما هو الشعاع غير الرنيني؟

عندما تكتسب الجزيئة او الذرة طاقة تثار الالكترونات وتنتقل الى مدارات الكترونية اعلى ، عندما يعود الالكترون الى المدار الاصلي يبعث اطلاقاً بشكل شعاع ضوء او فوتونات ويكون شعاع رنيني لانه عاد الى المدار الاصلي E_0 ويكون شعاع رنيني اولي اذا عاد من المدار المثار الاول E_1 وهو اعلى شدة ، وشعاع رنيني ثانوي اذا عاد من اي مدار الكتروني اخر ويكون اقل شدة من الاولي، ويكون الشعاع غير رنيني اذا عاد الالكترون لاي مدار الكتروني غير الاساسي ويكون غير مفيد في التحليل الطيفي.



الترديد :

Nebulization (or Aspiration)

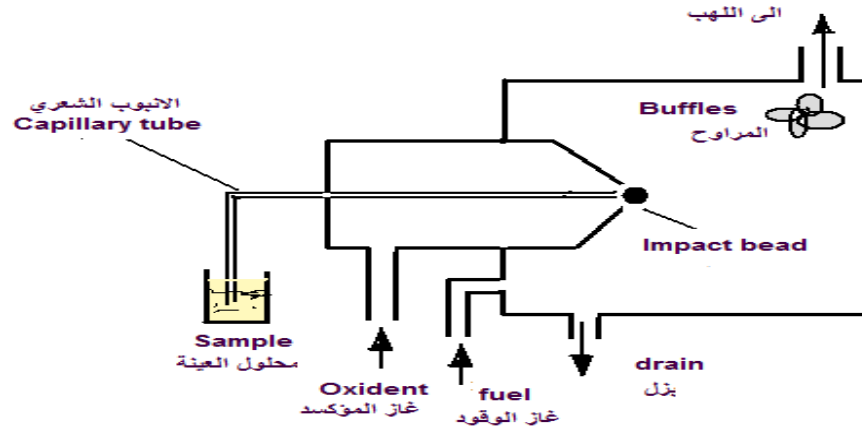
هو عملية تحويل محلول العنصر إلى رذاذ أو قطرات صغيرة جدا باستعمال جهاز المرذاذ Nebulizer عن طريق خلط المحلول مع غاز الوقود وغاز المؤكسد (الهواء مثلا) ويتحول محلول العينة إلى رذاذ يصل إلى اللهب ويحترق مكونا الغيمة الذرية للعنصر ويسمى الرذاذ المتكون من محلول العينة (النموذج) وغاز الوقود والمؤكسد Aerosol أو أحيانا يسمى الضباب Mist , ويوجد نوعان من المرذات :

Pneumatic Nebulizer

أولا: المرذاذ الهوائي (أو الغازي) :

وهو أداة مصنوعة من البلاستيك (الشكل أدناه) ويوجد أنبوب شعري لسحب محلول العينة , كيف ؟ يوجد حول الأنبوب الشعري فراغ يمر منه الغاز المؤكسد مما يسبب تخلخل الضغط فيندفع محلول العينة ويدخل الأنبوب الشعري ويمكن زيادة كفاءة المرذاذ بوضع خرزة (تسمى خرزة الارتطام impact bead) قرب فتحة (أنف) المرذاذ حيث تصطدم القطيرات السريعة وتتفتت بفعل الاصطدام وهذه القطيرات يجب أن يكون قطرها أقل من 10 Mm لأنه عندما تكون أكبر لا تتفكك كليا أي لا يتم ترديدها ولا تدرى إلى العناصر الموجودة في العينة .

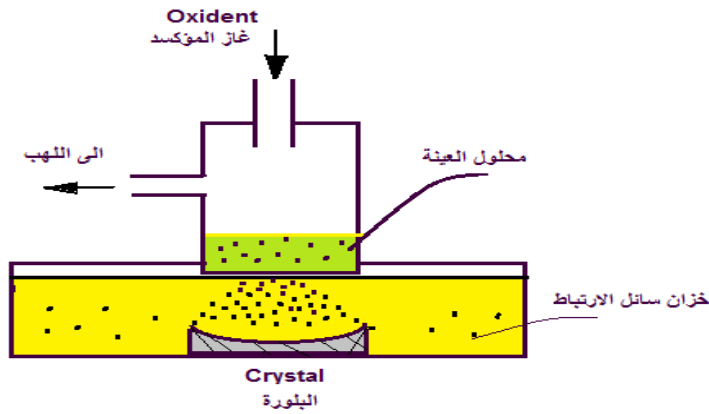
هذه القطيرات الصغيرة تحرف إلى اللهب بواسطة مراوح Baffles , وتكون كفاءة هذا المرذاذ قليلة وتبلغ بين 10-20% حيث يبزل 90% من محلول العينة إلى الخارج عند معدل جريان 3-5 مل. دقيقة¹ و بهمل لان حجم القطيرات كبير , ويكون هذا المرذاذ ملائم لأغراض التحليل اليومي الروتيني ويكون رخيص الثمن .



Ultrasonic Nebulizer

ثانيا : المرذاذ فوق الصوتي:

وتتكون من بلورة مقعرة من زجاج الكوارتز متصلة بخزان سائل الارتباط الذي يحتوي محلول مائي هو سائل الارتباط وهذا الخزان يستند عليه خزان آخر صغير يحتوي حجم صغير من محلول العينة المراد تحليلها، ترتبط بلورة الكوارتز إلى مصدر كهربائي ذو تردد راديوي عالي بحدود 500 KHz . عند مرور التيار في البلورة تهتز بتأثير يدعى تأثير بيزو الكهربائي Piezo electric effect و تهتز البلورة و ترسل ارتجاج قوي إلى محلول سائل الارتباط الذي بدوره يرح محلول العينة بشدة ويحوطه إلى قطيرات صغيرة جدا، وهذه القطيرات تحرف إلى اللهب بواسطة الغاز المؤكسد والوقود (الشكل) وتكون كفاءة المرذاذ فوق الصوتي عالية وبحدود 40 - 50% , وهي أفضل من المرذاذ الهوائي , وتكون غالبية الثمن بسبب غلاء البلورة ولا يفضل هذا المرذاذ للتحليل الروتيني اليومي لأنه يتطلب تبديل محلول العينة (وهو يتطلب وقت وجهد).



ما هي العوامل التي تحدد قطر القطيرات ؟
1- نوع المذيب المستخدم:

المذيبات المائية أصعب تزيذاً من المذيبات العضوية، لان الشد السطحي لمحاليل المذيبات العضوية اقل، وتكسر المحلول إلى قطيرات صغيرة أكثر، والوصول إلى اللهب بشكل قطيرات صغيرة أكثر، ويكون عدد الذرات المتحررة أكثر والحساسية أعلى.

2- معدل (أو سرعة) تزيذ المحلول.

3- سرعة الغاز المؤكسد وغاز الوقود.

هنالك معادلة تجمع هذه العوامل وهي معادلة ساكوياما، والتي تساعد في حساب قطر القطيرة d_0 والذي يدعى معدل ساوتر Sauter mean ويقاس بالمايكرو متر μm

$$d^0 = \frac{565}{v} \left(\frac{\gamma}{\rho} \right)^{0.5} + 597 \left[\frac{\eta}{(\gamma\rho)^{0.5}} \right]^{0.45} \left(\frac{1000 Q_{liq}}{Q_{gas}} \right)^{1.5}$$

حيث يمثل:

v = سرعة الغاز المؤكسد، η = لزوجة المحلول، ρ = كثافة المحلول، γ = التوتر أو الشد السطحي، Q_{Liq} ، Q_{gas} = معدل جريان المحلول والغاز.

Atomization

التذرية :

هي عملية تحويل العنصر أو الفلز إلى ذرات طليقة متعادلة الشحنة لها القابلية على امتصاص شعاع رنينها ولا تمتص شعاع رنين عنصر آخر ولهذا يمكن تحليل عنصر ما بوجود عناصر أخرى في نفس المحلول (خليط) دون أن تتداخل أو تؤثر على نتيجة القياس .
وتكون التذرية نوعان:

Flame Atomization

1- التذرية اللهبية:

Non- Flame Atomization

2- التذرية غير اللهبية

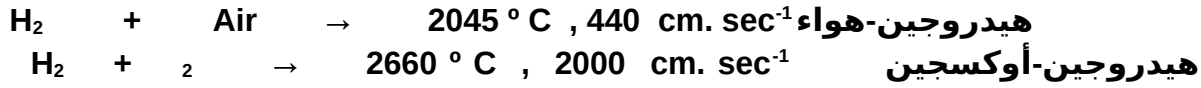
Flame Atomization

1- التذرية اللهبية:

هي عملية تحويل العنصر إلى ذرات حرة طليقة متعادلة الشحنة باستعمال اللهب والذي ينتج من خلط وتفاعل غاز الوقود وغاز المؤكسد، ويستعمل غاز الاستلين غالباً كوقود، ويكون الهواء أو أكسيد النتروز N_2O هو الغاز المؤكسد، ومن أنواع اللهب:

Fuel + Oxidant → Flame

C_2H_2	+	Air	→	2400 ° C	160 cm. sec ⁻¹	هواء-أستلين
C_2H_2	+	O_2	→	3140 ° C	, 1100 cm. sec ⁻¹	أستلين-أوكسجين
C_2H_2	+	N_2O	→	2800 ° C	, 260 cm. sec ⁻¹	أستلين-أوكسيد النتروز
C_3H_8	+	Air	→	1925 ° C	, 45 cm. sec ⁻¹	بروبان-هواء
H_2	+	N_2O	→	2690 ° C	, 390 cm. sec ⁻¹	هيدروجين-أوكسيد النتروز



يستعمل لهب الاستلين-الهواء لتحليل وتقدير 30 عنصر والتي لا تكون أكاسيد منيعة غير منصهرة Refractory Elements , العناصر المنيعة: هي العناصر التي تكون أكاسيد منيعة مقاومة للانصهار عند تسخينها في اللهب الاعتيادي ولهذا يستخدم لتحليلها الأوكسجين او اوكسيد النتروز كغاز مؤكسد ومثالها : Fe , Pb , Mg , Cd , Cr , Co , Cu , Zn , Mn , ويستعمل لهب الاستلين-أوكسيد النتروز لتحليل العناصر المنيعة والتي تكون أكاسيد غير منصهرة باستعمال اللهب الاعتيادي، أي تتطلب درجة حرارة عالية جدا ومثالها: Ta , Al , Be , W , B , Ge , P , Si , V , Ti , ويستعمل لهب الهيدروجين-أوكسيد النتروز N_2O لتحليل العينات العضوية التي تعطي لهب دخاني مثل البنزين، الزايلين و النفط لان نسبة الكربون إلى الأوكسجين تكون عالية.
 كيف نختار مصباح الاحتراق في مطياف الامتصاص الذري:

يتم الاختيار على أساس نوع الغاز المؤكسد ، يوجد لدينا نوعين من المصابيح:
 الأول: يوجد فيه شق في رأس المصباح بطول 10 سم وقطر ضيق جدا مقداره 0.5 ملم .
 الثاني: يوجد فيه شق بطول 5 سم وقطر 0.5 ملم.
 النوع الثاني يستخدم في حالة اللهب الذي تستخدم غازات أوكسيد النتروز N_2O أو الأوكسجين O_2 كمؤكسد لان سرعتها عالية ، ولهذا تخرج بشدة ويحدث تخلخل داخل مصباح الاحتراق وقد يسبب رجوع اللهب أي flash back أو back fire ويتسبب في انفجار المصباح، أما النوع الأول فيستخدم في حالة اللهب الاعتيادي .كلما زادت سرعة الغازات المحترقة زادت خطورة التحليل، مثلا لهب الاستلين-الأوكسجين تكون سرعته عالية جدا لهذا لا يفضل استخدامه بالرغم من إعطائه درجة حرارة $3140^\circ C$.
 كيف نشغل مصباح الاحتراق والحصول على لهب استلين-هواء و استلين-غاز النتروز :

يتم فتح صنبور غاز الهواء ثم صنبور غاز الوقود (الاستلين) ونشعل اللهب بواسطة ولاة كهربائية، ويتكون اللهب الذي يخرج من الشق ، و يكون معدل مرور غاز المؤكسد مثل الهواء بين 4.5 - 5 لتر.دقيقة¹ وغاز الوقود بين 1- 1.5 لتر.دقيقة¹، أما الحصول على لهب استلين-غاز النتروز N_2O يكون كما يلي:

- يشعل اللهب كالمعتاد (يمرر الهواء أولا ثم الاستلين ثانيا ونشعل اللهب).
 - يفتح صنبور غاز النتروز ونحول الصنبور من الهواء إلى N_2O ثم يغلق صنبور الهواء ، إذا لا نعمل هكذا يحدث انفجار.

ولإطفاء وغلق الجهاز :

1- يفتح صنبور الهواء ونغلق بعدها صنبور N_2O .

2- نغلق غاز الاستلين C_2H_2 .

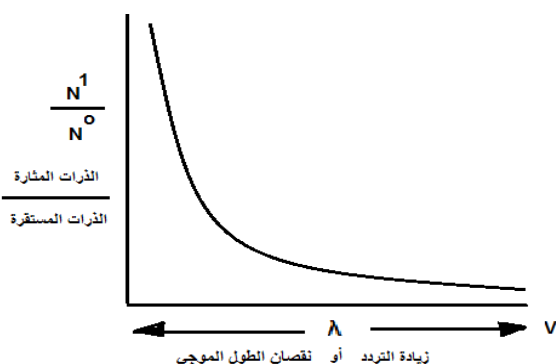
3- بعد فترة دقيقتان، يسد صنبور الهواء.

نتوقف درجة حرارة اللهب على نوع غاز الوقود وغاز المؤكسد ونسبتهما (أي نسبة الأوكسجين إلى الكربون) وعلى حجم العينة المرذة في اللهب ، وان درجة الحرارة تحدد نسبة الذرات المثارة أو المتهيجة N^1 إلى الذرات المستقرة الحرة متعادلة الشحنة N^0 .
 في الامتصاص الذري يجب أن تكون نسبة الذرات المثارة أو المتهيجة N^1 إلى الذرات المستقرة الحرة متعادلة الشحنة N^0 للعنصر قليلة ، ويتم حسابها باستعمال معادلة بولتزمان Boltzman Equation .

$$\frac{N_1}{N_0} = \frac{g_1}{g_0} e^{-\Delta E/KT} = \frac{g_1}{g_0} e^{-hv/KT}$$

g_1, g_0 = الأوزان الإحصائية لذرات الحالة الأساس المستقرة والمتهيجة . (يحسب g بواسطة عدد الحالات التي لها طاقة متساوية عند كل مستوى الكتروني ، وهو احتمالية

بقاء الإلكترون في مستوى محدد من الطاقة ويتم الحصول عليها من حساب ميكانيك الكم ومن العلاقة $g = 2J + 1$, حيث تمثل $J =$ أزواج روسل - ساندر , و $L =$ عدد الأوربتالي الرئيسي ($T =$ درجة الحرارة المطلقة , $K =$ ثابت بولتزمان 1.4×10^{-16} أرك/درجة $E = E_0 - E_1 \Delta$) .
 فرق الطاقة بين الحالة المثارة والمستقرة (طاقة التنشيط الذرات) (N^1 / N^0) صغيرة أو قليلة , بمعنى أي أنه في الامتصاص الذري كلما كانت قيمة الكسر (N^1 / N^0) صغيرة أو قليلة , بمعنى نسبة الذرات المثارة تكون قليلة مقارنة مع الذرات المتعادلة المستقرة التي تمتص شعاع رنين العنصر , يكون التحليل أفضل وأدق ولهذا تفضل طريقة الامتصاص الذري لتحليل العناصر التي تبعث أطيايف ذرية عند أطوال موجية قصيرة , أي ترددات عالية لأن قيمة الكسر صغيرة , ومن هذه العناصر S, P, Te, As, Ce, Ca, Zn , أما العناصر التي تبعث أطيايفها بأطوال موجية طويلة , أي ترددات واطئة تكون قيمة الكسر (N^1 / N^0) كبيرة , أي نسبة الذرات المثارة عالية ولهذا تفضل طريقة الانبعاث الذري لتحليلها (وكما يوضح من الشكل الآتي):



مثلا : الصوديوم 589 nm ، Na في درجة حرارة 3000 م° ، يكون الكسر هو 6×10^{-4}

$$= \frac{1}{1600} = \frac{6}{10000}$$

أي ذرة صوديوم واحدة مثيعة لكل 1600 ذرة في حالة السكون.

والسيزيوم 825 nm ، Cs ، في درجة حرارة 3000 م° ، يكون الكسر هو 7.24×10^{-3}

$$= \frac{1}{137} = \frac{7.24}{1000}$$

أي ذرة سيزيوم واحدة مثيعة لكل 137 ذرة في حالة السكون.

أما الكالسيوم 422 nm ، Ca ، في درجة حرارة 3000 م° يكون الكسر هو 3.7×10^{-5}

$$= \frac{1}{27000} = \frac{3.8}{100000}$$

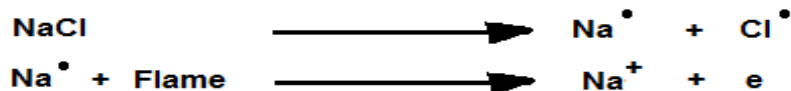
أي ذرة كالسيوم واحدة مثيعة لكل 27000 ذرة في حالة السكون.

والزنك 213 nm ، Zn ، في درجة حرارة 3000 م° ، يكون الكسر هو 5.5×10^{-10}

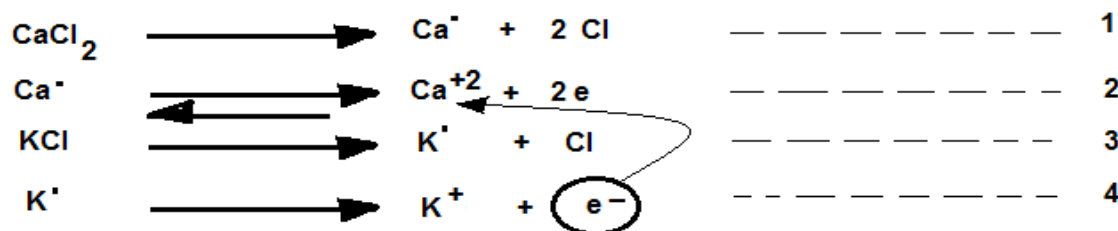
$$= \frac{1}{10^9} = \frac{5.6}{10^{10}}$$

أي الكسر قليل جدا , نستنتج أن طريقة الانبعاث الذري الطيفي تفضل للعناصر التي تبعث أطيايف رنين طويلة مثل الصوديوم 589nm, Na ، السيزيوم 852nm, Cs ، البوتاسيوم 769nm K ، والليثيوم 670nm, Li, و تفضل طريقة الامتصاص الذري الطيفي للفلزات التي تبعث أطيايف رنين قصيرة مثل الزنك Zn ، الكالسيوم Ca ، السيزيوم Ce ، الزرنيخ As ، التريوم Te ، الغسفور P والكبريت S والسبب إن عدد الذرات المتعادلة والمستقرة في

الحالة الأساس N_0 كبير جدا وهي التي تمتص شعاع رنين العنصر وهو أهم مؤثر في طريقة الامتصاص الذري بحيث يكون الامتصاص عالي جدا. ولهذا يجب الحفاظ على درجة حرارة الحرارة (اللهب) للحصول على ذرات متعادلة الشحنة , وإذا كانت درجة الحرارة عالية يحصل تأين للعنصر وتتكون لدينا أيونات بدلا من الذرات المتعادلة :



ولعدم إمكانية الحصول على لهب له درجة حرارة ثابتة يتم إيقاف عملية تأين الذرات بإضافة دائري التأين Ionization Buffer وهو : ملح لمادة أو فلز له جهد تأين أقل من جهد تأين الفلز المطلوب تحليله , مثلا: عند تحليل كلوريد الكالسيوم CaCl_2 نحصل على ذرات Ca و Cl طليقة ومتعادلة الشحنة , وقد يتأين جزء من ذرات Ca إلى أيونات Ca^{+2} , إن تأين الكالسيوم Ca إلى Ca^{+2} غير مرغوب لأنها لا تمتص شعاع الرنين لذلك يضاف دائري تأين مثل كلوريد البوتاسيوم KCl , جهد تأين البوتاسيوم K أقل من جهد تأين الكالسيوم Ca .



إن تأين ذرات البوتاسيوم K إلى أيونات K^+ (المعادلة 4) وفر وأعطى زيادة في عدد الإلكترونات والذي يؤدي إلى وقف عملية تأين ذرات الكالسيوم (المعادلة 2) وقلب اتجاه المعادلة .

ولمعرفة كمية دائري التأين التي يجب إضافتها إلى محلول العينة لإيقاف تأين الفلز المطلوب تحليله , يتم بواسطة معادلة ساها Saha Equation :

$$\text{Log } K_i = - \frac{5040 E_i}{T} + \frac{5}{2} \text{Log } T - 6.49 + \text{Log} \left(\frac{g_{m+} + g_e}{g_m} \right)$$

حيث , K_i = ثابت تأين فلز دائري التأين , E_i = جهد تأين فلز دائري التأين , g_{m+} , g_m , g_e = الأوزان الإحصائية لأيون الفلز , وذرة الفلز و الإلكترون , T = درجة الحرارة المطلقة . ويتم حساب تركيز دائري التأين من العلاقة الآتية :

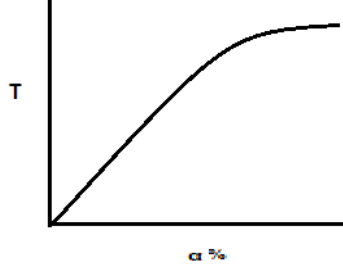
$$K_M C_M = K_{M'} C_{M'}$$

الفلز دائري التأين
metal Ionization buffer

وبعد إيجاد قيمة تركيز دائري التأين C , يضرب التركيز الناتج في 100 لمنع عملية التأين بشكل تام , و يضاف الوزن إلى محلول عينة الفلز المطلوب تحليله . ويمكن الاستفادة من قيمة K_M لحساب درجة تأين الفلز (α) , وان فائدة استخدام α % في درجة حرارة معينة هو لاختيار أفضل درجة حرارة تعطي أعلى نسبة من الذرات المتعادلة الطليقة في الحالة المستقرة, أي أقل تأين للفلز :

$$\alpha \% = \left(\sqrt{\frac{K_i}{P}} \right) \times 100$$

$P =$ التركيز الكلي للبخر الذري في اللهب وهو الضغط الذي تولده الذرات.



Non- Flame Atomization

2- التذرية غير اللهبية:

وتكون بثلاثة أساليب : أ- التذرية الكهروحرارية.
ب- التذرية الباردة
ج- توليد هيدريد العنصر

Electro thermal Atomization (ETA)

أ- التذرية الكهروحرارية:

تتم تذرية العنصر باستخدام تيار كهربائي وباستعمال فرن مصنوع من الكرافيت Graphite furnace وهو أنبوب اسطوانى صغير مفتوح من النهايتين ، وتحقن العينة (حجم صغير 10 مايكرو لتر ML) باستعمال حاقنة دقيقة micro syringe من خلال فتحة أو ثقب في أعلى الأنبوب ويمرر غاز حامل مثل النتروجين أو الاركون لمنع تأكسد الأنبوب (الفرن) أثناء التسخين ، ويسخن الفرن كهربائيا بواسطة قطبين حيث تسخن العينة وبثلاث مراحل هي :

Dry Step

1- مرحلة التحفيف :

يتم تبخير المذيب ، وقد تصل الحرارة إلى 100 ° م إذا كان الماء هو المذيب .

Ash Step

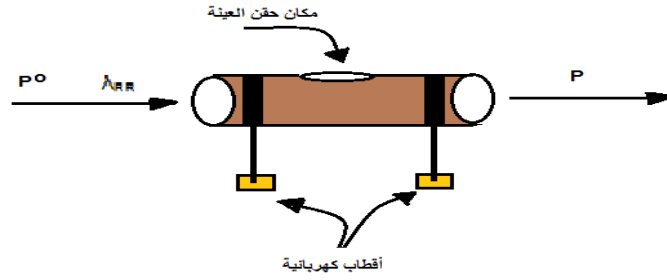
2- مرحلة الترميد :

ويتم فيها إزالة أكبر جزء ممكن من مكونات العينة من مادة المنشأ العضوية أو غير العضوية ، وتتوقف درجة الحرارة على طبيعة منشأ العينة وتتراوح درجة الحرارة بين 150 - 1500 ° م .

Atomies Step

3- مرحلة التذرية :

ويتم هنا تنظيم درجة حرارة الفرن الكرافيتي لتذرية العنصر وتختلف الدرجة فيما إذا كان العنصر سهل أو صعب التطاير ، وتتراوح درجة الحرارة بين 1100 - 3000 ° م وأعلى أحيانا .
وتتحول العينة إلى بخار ذري (غيمة ذرية) ويمرر شعاع رنين العنصر λ_{RR} وبشدة P^0 داخل هذه الغيمة الذرية والموجودة داخل فرن الكرافيت حيث يمتص جزء من الشعاع وعندها يخرج بشدة مقدارها P .



ويتم اختيار الكرافيت لصناعة الأفران (الأنبوب) بسبب الصفات الآتية :

- 1- له درجات انصهار عالية (3500 م°).
 - 2- له توصيل كهربائي عالي .
 - 3- له توصيل حراري عالي .
- أما عيوبه : يتأكسد ويحترق في الهواء ولهذا يتم أحاطته بغاز حامل مثل النتروجين أو الأركون .

ويمكن إجراء مقارنة بين التذرية اللهبية F.A والتذرية الكهروحرارية ETA كما يلي :

التذرية الكهروحرارية ETA

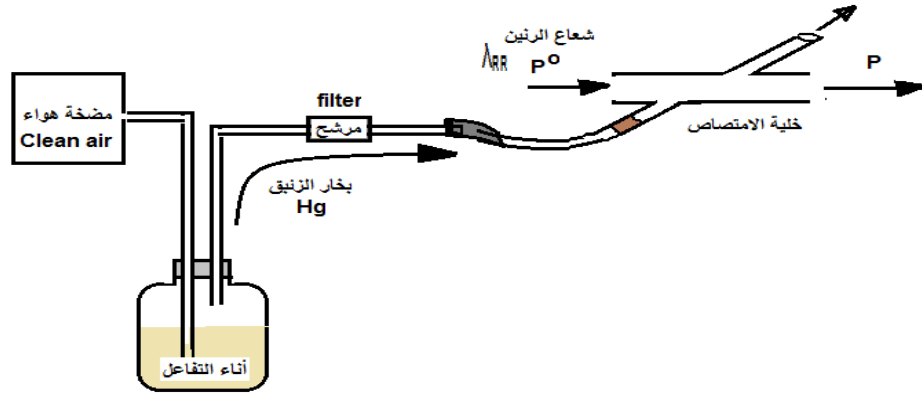
التذرية اللهبية F.A

- 1- الحساسية أقل لان التذرية في جو مفتوح 1 ppm - الحساسية عالية لان تركيز الذرات داخل الفرن يكون عاليا ppb
- 2- تشغيل اللهب يمكن إن يسبب مخاطر وسلامة .
- 3- حجم العينة اللازم للتحليل كبير . تحليل العينات الحياتية
- 4- يجب إزالة مكونات المنشأ وفصلها قبل التحليل 4- يمكن التخلص من مكونات منشأ العينة في مرحلة الترميد ولهذا
- 5- الاستعادة أو التكرارية جيدة جدا . لا توجد عملية فصل .
- 5- الاستعادة أو التكرارية تكون واطئة متجانسة .

Cold Atomization

ب- التذرية الباردة :

وتسمى طريقة البخار البارد , وتستعمل فقط في تقدير الزئبق العضوي واللاعضوي وهي أكثر دقة وحساسية وسهولة من الطرائق الأخرى لتقدير الزئبق حيث تصل الحساسية إلى 0.2 نانوغرام و أدناه مخطط المنظومة أو الأداة المستعملة لانجاز التحليل :

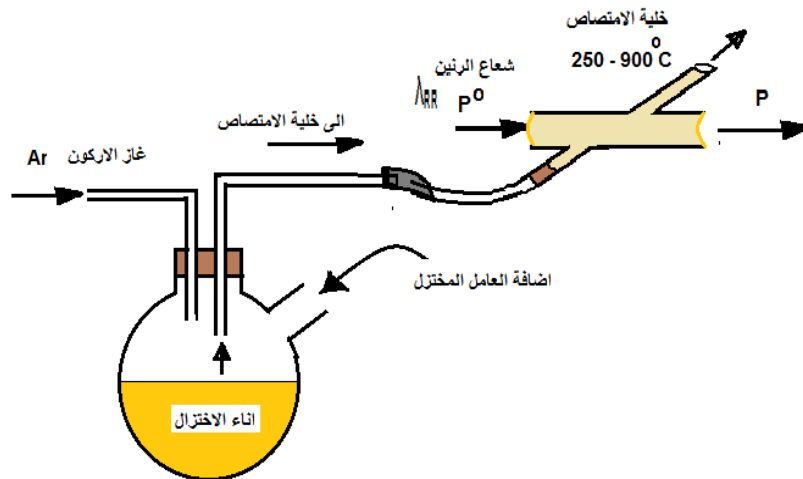
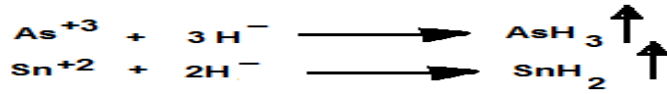


تتضمن الطريقة أكسدة المادة العضوية حيث يتحول الزئبق إلى أيون الزئبق الثنائي Hg^{2+} باستعمال خليط من برمنغنات البوتاسيوم $KMnO_4$ و حامض الكبريتيك المخفف، وتسخن العينة لمدة ساعة بدرجة حرارة $70^\circ C$ حيث نحصل على أيون الزئبق الثنائي Hg^{2+} ، ولاختزال أيون الزئبق الثنائي Hg^{2+} إلى الزئبق Hg يستخدم محلول كلوريد القصديروز $SnCl_2$ في محيط حامضي حيث يتحول أيون الزئبق إلى ذرات زئبق حرة طليقة 0Hg ويمرر تيار من الهواء أو الأركون ليسحب أو يجرف ذرات الزئبق هذه إلى خلية الامتصاص والتي يمر فيها شعاع رنين العنصر λ_{RR} والذي يمتص من قبل الذرات وتقاس الامتصاصية.

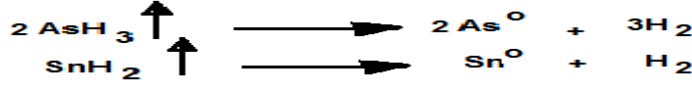
Hydride Generation Method

ج - طريقة توليد هيدريد العنصر :

يوجد عدد من العناصر ومنها $Sb, As, Bi, Ge, Sn, Te, Se, Pb$ وغيرها يمكن تحويلها إلى هيدريدات متطايرة باستعمال مواد مختزلة مثل بورونات الصوديوم $NaBH_4$ في محيط حامضي (1 مولاري حامض الهيدروكلوريك HCl) وتنفصل هذه الهيدريدات من منشأ العينة وتجرف باستعمال غاز حامل مثل الأركون إلى خلية الامتصاص المسخنة إلى درجة حرارة $250 - 900^\circ C$ حيث يمرر شعاع رنين العنصر λ_{RR} ويتم قياس الامتصاصية. (الشكل أدناه مخطط للمنظومة أو الأداة المستعملة).

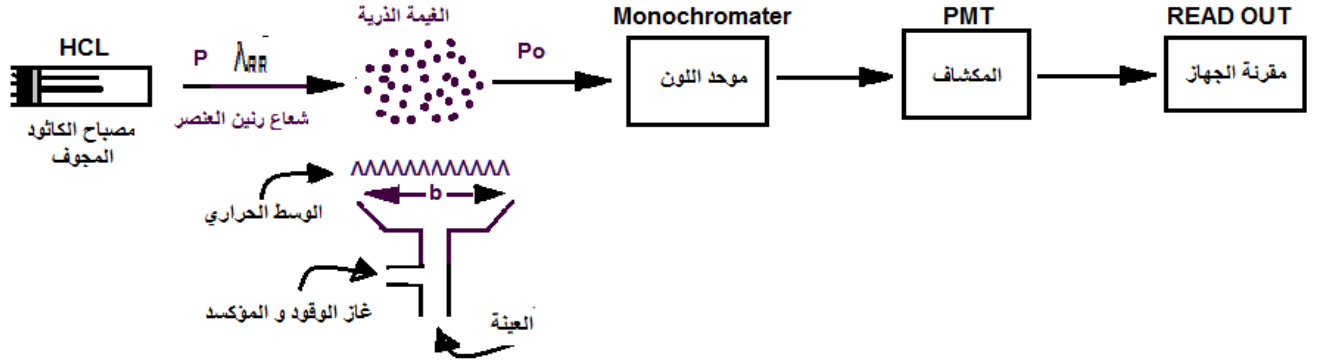


في خلية الامتصاص وبسبب وجود درجة حرارة عالية تتحول الايونات الموجبة لهذه الهيدريدات إلى ذرات حرة طليقة متعادلة لها القابلية على امتصاص شعاع رنينها الذي يمر في خلية الامتصاص.



مطياف الامتصاص الذري: Atomic Absorption Spectrophotometer

يتكون مطياف الامتصاص الذري من المكونات الأساسية الآتية وكما موضح في المخطط أدناه :

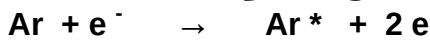


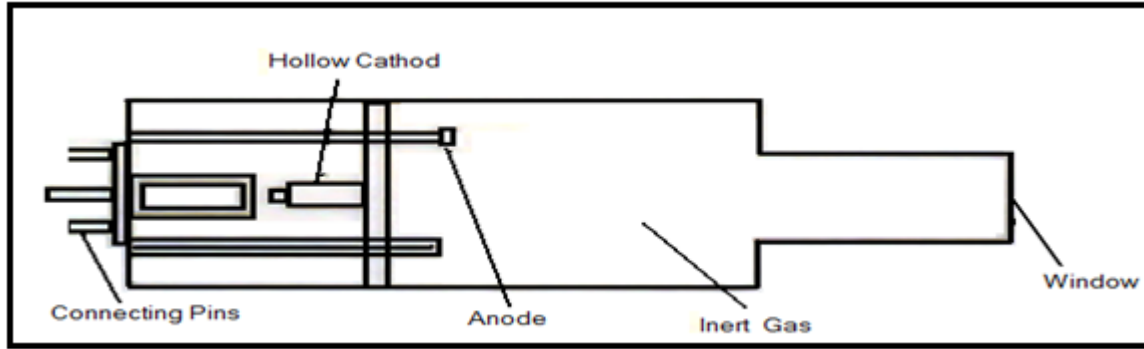
أولاً: مصدر شعاع الرنين: Resonance Radiation Source

يوجد مصدرين رئيسيان وهما :

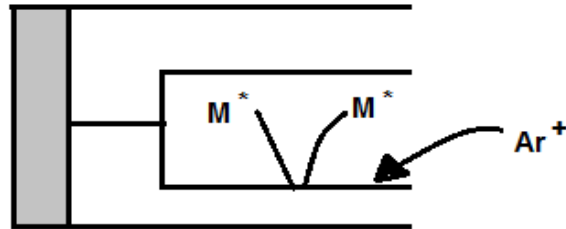
1- مصباح (مهبط) الكاثود المجوف Hollow Cathod Lamp HCL

ويعطي أطيايف خطية للعناصر، ويتكون من أسطوانة (بصلة) زجاجية شفافة مفرغة من الهواء وتحتوي على غاز حامل مثل الأركون Ar أو النيون Ne وأحيانا الزينون Xe عند ضغط واطئ (10 تور) يوجد بداخلها قطب الكاثود وهو بشكل أسطوانة صغيرة بقطر 2 ملم وطول 0.5 سم لكي يتركز التفريغ على مساحة ضيقة ولزيادة شدة شعاع الرنين ، ويصنع من الفلز المطلوب الحصول أو بعث شعاع رنينه، أما القطب الموجب (الأنود) فهو قطعة من فلز التنكستن W ، تكون قرب الكاثود، ويستند كلا القطبين على قاعدة تتصل بالتيار الكهربائي بواسطة 8 دبابيس حيث يمرر تيار يتراوح بين 2-100 ملي أمبير mA و فولتية بين 300-600 فولت حيث يحصل تفريغ كهربائي داخل الكاثود؟ كيف؟ عند خروج الألكترونات من الكاثود تصطدم بذرات الغاز الحامل (الأركون Ar) وتتأين وتعطي أيون أركون موجب Ar^+ وهذه تعجل باتجاه القطب السالب بطاقة عالية وتصطدم بسطح الكاثود لأنه سالب الشحنة وتخرج أو تحرر ذرات الفلز M^* المثارة من سطح الكاثود .





الشكل : مخطط مصباح الكاثود المجوف HCL



عملية خروج ذرات الفلز من سطح الكاثود تسمى الانطلاق أو الرش spatter وهذه الذرات تعطي شعاع رنين العنصر عندما تفقد طاقتها التي اكتسبها بشكل فوتون أو طيف spectrum يرمز له λ_{RR} أي Resonance Radiation وهو الذي يمر في الغيمة الذرية للعنصر ويتم قياس الامتصاصية .

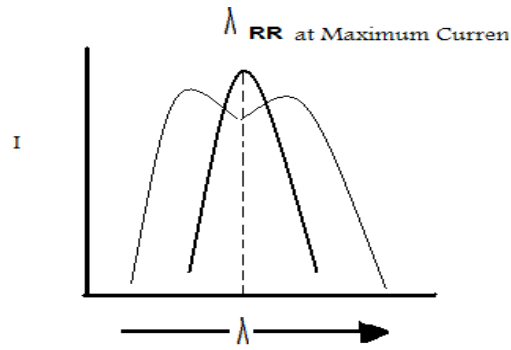
يكون عمر المصباح بحدود 1000 ساعة ويفضل استعمال مصابيح جديدة لأنها تعطي علاقة خطية بين الامتصاصية A والتركيز C لان المصباح القديم يعطي علاقة غير خطية . يصنع مصباح HCL بنوعين:

- 1- منفرد الفلز: أي الكاثود يصنع من فلز واحد.
- 2- متعدد الفلزات: أي الكاثود يصنع من مزيج أو من سبيكة تحتوي مزيج من الفلزات، ويجب اختيار الفلزات بحيث لا تتداخل مع بعضها طيفياً، أي أطوالها الموجية لا تتداخل مثلاً، الزنك 213 nm ، Zn ، الصوديوم 589 nm ، Na ، النيكل 232 nm ، Ni .

اختيار الغاز الخامل داخل المصباح يعتمد على:

- 1- أن يكون جهد تأين الغاز مساو إلى جهد تأين الفلز المراد الحصول على شعاع رنينه .
- 2- أن يكون طول موجة شعاع رنين الفلز متباعدة ومختلفة عن الغاز الخامل لدينا عناصر الرصاص Pb ، الحديد Fe ، النيكل Ni ، يفضل غاز النيون Ne على الأرجون Ar لأنه يعطي λ_{RR} مقارب إلى شعاع رنينها ، أما عناصر الزرنيخ As و الألمنيوم Al يفضل استخدام غاز الأرجون Ar .

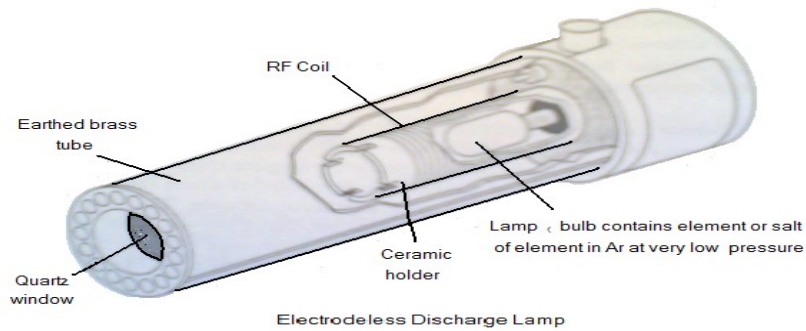
كل عنصر يكون له تيار أعظم Maximum Current يجب تحديده وتمريضه في المصباح مثلاً ، الزنك Zn يجب إمرار تيار لا يزيد عن 10 mA ، بينما النحاس Cu التيار الأعظم له هو 25 mA ، أي لا يزيد عن هذا المقدار، لماذا؟



لو مرر تيار أكثر من هذا التيار الأعظم يحدث ما يعرف بالامتصاص الطيفي الذاتي العكسي Reverse self atomic absorption ، أي أن كميات كبيرة من ذرات الفلز ستصدر من سطح الكاثود وهذه الكميات الكبيرة ستمتص شعاع الرنين الصادر من ذرات العنصر ، أي نفس العنصر يمتص الطيف الصادر من ذراته ، ولهذا تعرض القمة وتنبعج ، لذا يوصى باستخدام 65-75 % من التيار الأعظم له في التحليل لأنه يعطي أفضل نتيجة ويزيد الامتصاصية بنسبة أكثر من 60 % ، ويستعمل التيار الأعظم في تحليل العناصر التي تعطي إشعاع رنين ضعيف مثل الزرنيخ As ، السيلينيوم Se ، التليريوم Te ، الجرمانيوم Ge السيزيوم Cs و الراديوم Rb .

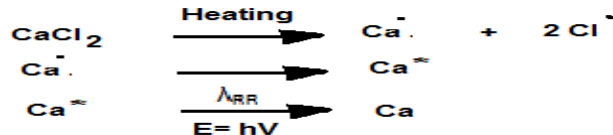
2- مصباح التفريغ الكهربائي عديم الأقطاب: Electrode less Discharge Lamp EDL

وهو اسطوانة خزفية محاطة بملف حث أو سلك نحاس ذو تردد راديوي 245 MHz وقوة 200 واط ، يرتبط بمصدر تيار كهربائي ذو تردد راديوي وتحتوي الاسطوانة الخزفية بداخلها على بصلة زجاجية (كوارتز) ذات طول يتراوح بين 3-8 سم وقطر 1 سم ، تحتوي كمية قليلة من مسحوق فلز العنصر المطلوب الحصول على شعاع رنينه أو احد أملاحه ، وتحتوي البصلة على غاز حامل مثل الاركون Ar أو النيون Ne بضغط 10 تور للحصول على طيف خطي .



الشكل : مخطط مصباح التفريغ الكهربائي عديم الأقطاب EDL

كيف يعمل مصباح EDL : عند تسخين الاسطوانة الخزفية تسخن البصلة التي تحتوي على ملح الفلز ويسخن الفلز نتيجة تسخين الحاوية الخزفية ويتحلل الملح $CaCl_2$ مثلاً إلى Ca و Cl وتخرج ذرات مثارة أو منهيجة بعد أن امتصت طاقة . إن ذرة الكالسيوم Ca تمتص الطاقة وتتهيج إلى Ca^* ، وعندما تعود إلى حالتها الأولى أي فقدانها للطاقة ، تبعث شعاع رنين العنصر λ_{RR} .



تحتوي البصلة على وزن صغير من الزئبق (1 ملغم) مع مسحوق الفلز و فائدته أن بخار الزئبق يمنع ترسب ذرات الفلز على جدار البصلة الزجاجية وبذلك يزيد من كفاءة وعمر استعمال المصباح .

يفضل استعمال مصباح EDL على مصباح HCL لتحليل العناصر ذوات شعاع الرنين الضعيف مثل P, Se, Te, As, S , أو التي تعطي شعاع رنيني في منطقة الخواء Far UV والسبب ان مصباح EDL يعطي شعاع رنين أكثر شدة وحساسية من مصباح HCL والسبب أن الإثارة تحصل في بصلة زجاجية صغيرة . ويتميز مصباح HCL عن مصباح EDL بما يلي :

1- مصباح EDL يعطي شعاع رنين أكثر شدة وأكثر حساسية من مصباح HCL لان العملية تحصل داخل بصلة زجاجية

صغيرة وليس اسطوانة تحتوي الكاثود.

2- مصباح EDL أطول عمرا من مصباح HCL لان ذرات العنصر محصورة وغير معرضة إلى جو الاسطوانة، أي لا

يمكن أن تذهب إلى سطح الاسطوانة.

3- في حالة مصباح EDL ، نحتاج إلى مصدر خاص للطاقة الكهربائية، لهذا يفضل مصباح HCL .

4- مصباح EDL يصنع لعدد محدود من العناصر (17 عنصرا) بينما يصنع مصباح HCL لعدد يبلغ 36 عنصرا أو أكثر.

5- العناصر التي تعطي إشعاعات رنينية في منطقة الخواء من Vacuum UV ، UV ، أي لها طول موجي أقل من

200 nm ، يفضل عند تحليلها استخدام مصباح EDL على مصباح HCL .

6- مصباح EDL أغلى ثمنا من مصباح HCL .

ثانيا - المصدر (أو الوسط) حراري :

ويكون نوعان :

أ- مصدر لهبي

ب- مصدر غير لهبي (وتم التطرق إليهما)

ثالثا - موحّد اللون: Monochromator

ويقع بعد خلية الامتصاص حيث يقوم بعزل الأطياف الدخيلة الأخرى ويمرر فقط شعاع رنين العنصر المراد تحليله λ_{RR} الذي ضعف بعد مروره في العيمة الذرية.

رابعا - المكشاف : Detector

وهو أنبوب المضاعف الضوئي PMT ويسقط عليه الشعاع بعد أن يخرج من موحّد اللون ويقوم بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية تحول إلى مقرنة الجهاز.

المعايرة أو التقييس : Calibration or Standardization

يوجد أسلوبين أو طريقتين للمعايرة أو التقييس تستعمل في التذرية اللهبية و غير اللهبية وهما :

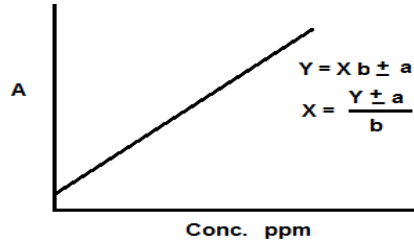
1- المعايرة المباشرة

2- المعايرة غير المباشرة (طريقة لإضافات القياسية)

Direct Calibration

1- المعايرة المباشرة:

يمكن تهيئة منحنى المعايرة من نفس العنصر الموجود في العينة مجهولة التركيز باستعمال محاليل قياسية ذوات تراكيز مختلفة لأحداً ملاح العنصر، مثلاً عند تحليل الرصاص في عينة نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$ ، يتم تحضير محاليل معايرة مائية من نترات الرصاص تحتوي تراكيز معلومة من Pb^{+2} ويتم قياس الامتصاصية لهذه المحاليل ويرسم منحنى المعايرة بين قيم التركيز والامتصاصية المقابلة له، ويحسب التركيز المجهول لايون الرصاص في العينة من رسم المنحنى مباشرة (أو من معادلة الخط المستقيم $Y = Xb + a$) والتي تتم باستعمال الحاسوب ويمثل $Y =$ الامتصاصية، $X =$ التركيز، $b =$ الميل، $a =$ القطع).

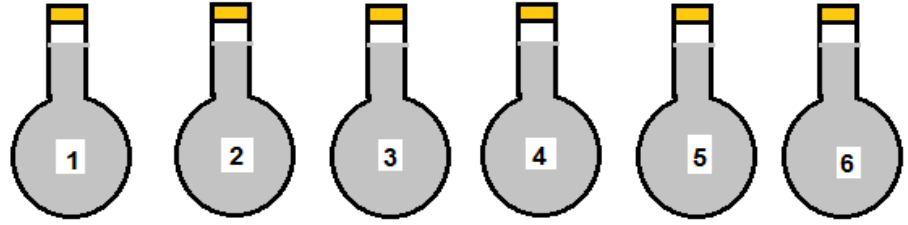


وتستخدم هذه الطريقة عندما يكون العنصر المطلوب تحليله موجود في عينة غير معقدة لا تحتوي على عناصر كثيرة لان العينة المعقدة تعطي خط منحنى معايرة مقوس، أي علاقة غير خطية، ويكون خط المعايرة مستقيم ضمن مدى معين من التركيز ويحضر باستعمال 4 أو 5 محاليل قياسية ويتطلب تصفير الجهاز باستعمال المذيب، وإذا استعمل محلول خلب (بلانك) يتم طرح قيمة الامتصاصية من قيم قراءة امتصاصية العينات، أما في طريقة الكهروحرارية فيتم إعادة حقن العينة مرات عدة للحصول على قراءات متطابقة.

Standard Addition

2- طريقة الإضافات القياسية: Method

تستعمل هذه الطريقة عندما تكون العينة معقدة جداً وتحتوي على عدد كبير من العناصر ومن الصعوبة إزالة تأثير منشأ العينة matrix والتي تسبب تداخلات كيميائية مع العينة تؤثر على نتيجة التحليل، مثلاً: عند تقدير الكالسيوم في عينة أسمنت تحتوي Al_2O_3 $CaSiO_3$ CaO MgO SO_4^{-2} SiO_2 Na_2O Fe_2O_3 ، يحصل تفاعل بين الكالسيوم والسليكا مكوناً $CaSiO_3$ وهي مادة يصعب تذويتها ولهذا تستخدم طريقة الإضافات القياسية لأنها تلغي تداخل العناصر مع العينة وتزيل التداخلات الكيميائية وتجعل الكالسيوم في نفس الظروف التجريبية في المحلول القياسي والمجهول، ولهذا تكون نتيجة التحليل دقيقة. وتتلخص هذه الطريقة في إضافة حجوم مختلفة من محلول قياسي من ايون العنصر المطلوب تحليله إلى جميع الدوايق الحجمية التي تحتوي على حجم ثابت من محلول العينة المجهول. مثلاً تتم تهيئة 5 دوايق حجميه ويضاف لها حجم ثابت (5مل) من محلول عينة الاسمنت ويضاف لها حجوم مختلفة (أي تراكيز مختلفة) من محلول الكالسيوم القياسي ويكمل الحجم إلى العلامة بالماء المقطر وكما يوضح بالمثال التالي:

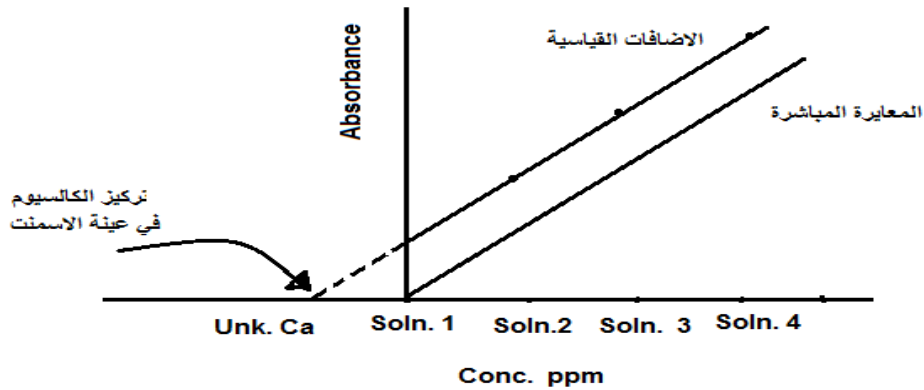


عينة الاسمنت	ملتر	0	5	5	5	5	5
محلول Ca القياسي	ملتر	0	0	0.5	1.0	1.5	2
حامض	ملتر	1	1	1	1	1	1
ماء مقطر لاأيوني	ملتر	9	4.0	3.5	3.0	2.5	2

وبعد ترديد العينات وقياس الامتصاصية نحصل على القراءات الآتية :

رقم المحلول	الامتصاصية	الامتصاصية المصححة
1	-----	-----
2	0.05	-----
3	0.2	0.15
4	0.49	0.44
5	0.80	0.75
6	1.12	1.07

ونرسم قيم الامتصاصية المصححة مقابل تركيز المحلول القياسي المضاف ، نحصل على خط مستقيم يقطع امتداده المحور أو لمحور السيني (أي التركيز) في نقطة تمثل وتساوي تركيز الكالسيوم في عينة الاسمنت المجهولة .



لو أعيدت التجربة والعمل بطريقة المعايرة المباشرة ، يستبدل حجم العينة المجهولة (5مل) في كل محلول بما يساويه من الماء المقطر ويتم قياس الامتصاصية ويرسم منحنى المعايرة بين قيم التركيز والامتصاصية المقابلة على نفس الورقة وهنا نحصل على منحنى المعايرة المباشرة ، ما الفائدة من رسم الخطين معا :
 _ إذا كان الخطان متوازيان (ميل الخطين متساوي) كما في الشكل أدناه، نستنتج أن التداخلات قليلة ومهملة، ويمكن تحليل الكالسيوم بأي من الطريقتين لعدم وجود تداخلات كيميائية وان تصرف وسلوك الكالسيوم متشابه في الطريقتين .
 _ إذا كان الخطان غير متوازيان (ميل الخطين غير متساوي) أي أن تصرف وسلوك الكالسيوم غير متشابه ، لهذا يجب إتباع طريقة الإضافات القياسية لعمل منحنى المعايرة وحساب التركيز .

Atomic Absorption Interferences

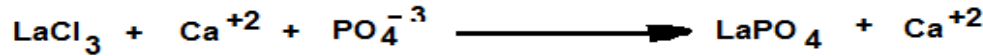
تداخلات الامتصاص الذري:

- تقسم التداخلات التي تحصل عند التحليل بطريقة الامتصاص الذري إلى ثلاث أنواع هي :
- 1- التداخلات الكيميائية: Chemical Interferences
 - 2- التداخلات الفيزيائية: Physical Interferences
 - 3- تداخلات التأين: Ionization Interferences

Chemical Interferences

1- التداخلات الكيميائية:

وهي التداخلات التي تعيق تحول أو تكوين الذرات الطليقة المتعادلة بسبب تفاعل عناصر أخرى موجودة في العينة مع العنصر المطلوب تحليله والذي يؤدي إلى تكوين مركبات منبعا مقاومة للحرارة refractory compounds مع العنصر المراد تقديره، مثلا لتقدير الكالسيوم بوجود الفوسفات التي تتفاعل مع ايون الكالسيوم لتعطي بيرو فوسفات الكالسيوم $Ca_2P_2O_7$, أو عند تقدير المغنسيوم Mg بوجود الألمنيوم يتكون مركب مستقر حراريا هو مركب ألنيوم- مغنسيوم. ويمكن التخلص من هذه التداخلات : أما برفع درجة حرارة اللهب أو إضافة مادة محررة تدعى الكاشف المعتق Releasing agent وهذا الكاشف يتفاعل مع المواد المتداخلة (الفوسفات و الألمنيوم) , ومن الكواشف المعتقة : كلوريد اللانثانوم $LaCl_3$ أو كلوريد السترونتيوم $SrCl_2$ والتي تتفاعل وتعطي معقد مستقر مع الفوسفات وتمنع تفاعله مع الكالسيوم :



Physical Interferences

2- التداخلات الفيزيائية :

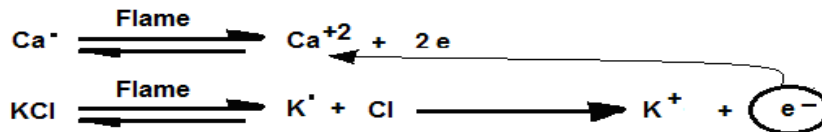
تحصل هذه التداخلات بسبب الاختلاف في الصفات الفيزيائية للمحاليل القياسية ومحاليل العينات المجهولة , مثلا الاختلاف في اللزوجة , نوع المذيب, تركيز الحامض وغيره والتي تؤدي إلى تغير في معدل وكفاءة التبريد والتذرية, حيث يزيد المذيب العضوي من معدل التبريد والتذرية , مثلا محلول كحولي للفضة ومحلول مائي للفضة , تكون تذرية الكحول أفضل من الماء لان قوى فان دير فال اقل مما في الماء فضلا عن سهولة احتراق المذيب العضوي مقارنة مع المحلول المائي الذي يقلل من درجة حرارة اللهب .

يوجد تداخل أو تأثير آخر ينشأ بسبب الأطياف يسمى التداخل الطيفي والذي يحصل بسبب وجود جزينات (أو عناصر) أخرى تمتص الشعاع عند الطول الموجي للعنصر المحلل ويتم التخلص منه وإزالة تأثيره بواسطة طرائق تصحيح الخلفية .

Ionization Interferences

3- تداخلات التأين:

بعض الفلزات تعطي ايونات في اللهب بدلا من الذرات الطليقة المتعادلة التي لها القابلية لامتصاص شعاع رنين العنصر وهذا يؤدي إلى انخفاض حساسية التحليل , ولمنع حدوث التأين يضاف إلى العينة محلول الكتروليتي لفلز سهل التأين مثل KCl ويسمى دارئ أو بفر التأين Ionization buffer .



ويتم حساب تركيز دارئ التأين KCl اللازم باستعمال معادلة ساها ويتم اختيار دارئ تأين له جهد تأين اقل من جهد تأين العنصر المطلوب تحليله لكي يتم الحصول على الالكترونات من دارئ التأين .

أساليب تصحيح الامتصاصية الخلفية :

التداخل الطيفي يحصل عند وجود جزيئات أخرى تمتص شعاع رنين العنصر عند الطول الموجي للعنصر المطلوب تحليله وتسمى امتصاصية الخلفية وتحصل بوجود العوامل الآتية:

- 1- الامتصاصية الجزيئية .
 - 2- بعثرة أو استقطاب جزيئية .
- ولأجل حذف وإزالة هذه العوامل وإزالة تأثيره نستخدم طرائق تصحيح الخلفية وهي:
- أ- طريقة الخطين الطيفيين :

وتتضمن الخطوة الأولى إمرار شعاع رنين العنصر في الغيمة الذرية أو اللهب لذلك العنصر وتسجل الامتصاصية A1 وهذه الامتصاصية تمثل الامتصاصية الذرية مع الامتصاصية الجزيئية، وتتضمن الخطوة الثانية إمرار شعاع رنيني مقارب لشعاع رنين العنصر المراد تحليله في الغيمة الذرية وتقاس الامتصاصية A2 والتي تمثل الامتصاصية الجزيئية فقط، والفرق بين هذه الامتصاصيات يعطي قيمة الامتصاصية الحقيقية.

ب- طريقة الطيف المستمر للهيدروجين: D₂ Lamp Method

هنا يستعمل مصباح الديتريوم D₂ Lamp إضافة إلى مصباح HCL وتتضمن الطريقة إمرار شعاع رنين العنصر المطلوب تحليله λ_{RR} الصادر من مصباح HCL في الغيمة الذرية وتقاس الامتصاصية الذرية والامتصاصية الجزيئية (الخلفية) ويرمز لها A2 , ويمرر في الوقت نفسه الطيف المستمر للهيدروجين (الصادر من مصباح الديتريوم D₂ Lamp) وتقاس الامتصاصية الجزيئية (الخلفية) لان الشعاع ليس رنيني ولهذا يمتص فقط من قبل الجزيئات المبعثرة ويرمز لها A1 . ويتم تصحيح الخلفية من خلال الفرق بين الامتصاصيات الذي يعطي قيمة A .

$$A_{at} = A_2 - A_1$$

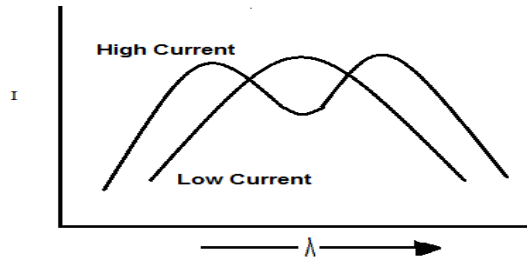
ج - طريقة المصدر (المصباح) الطيفي المنفرد : Self- Reversal Method

أو تسمى طريقة الانعكاس الذاتي وهنا يستعمل فقط مصباح HCL وتتخلص الطريقة من حقيقة انخفاض الامتصاصية عند إمرار تيار عالي في المصباح بسبب الامتصاص الذاتي العكسي وكما يلي :

- أولاً يمرر تيار عالي في المصباح (شدته 500 ملي أمبير) وتسجل قراءة الامتصاصية وهي تمثل امتصاص الطيف من قبل الجسيمات غير الذرية فقط (امتصاصية الخلفية) لأنه شعاع غير رنيني ولا يحصل هنا امتصاص ذري ويرمز له A1

- والخطوة الثانية تتم بإمرار تيار واطئ في المصباح (10 ملي أمبير) حيث يعطي قيمة امتصاصية تمثل الامتصاصية الذرية من قبل الذرات الحرة المتعادلة إضافة إلى الامتصاصية الجزيئية غير الذرية (امتصاصية الخلفية) ويرمز لها A2 . ويتم تصحيح الخلفية من الفرق بين الامتصاصيات :

$$A_{at} = A_2 - A_1$$



Sensitivity

الحساسية :

الحساسية في الامتصاص الذري هي تركيز العنصر مقدرا بعدد الأجزاء بالمليون ppm والذي يعطي امتصاصية تساوي 0.0044

$$\text{Sensitivity} = \frac{0.0044 \times C}{A}$$

من فوائد الحساسية :

- 1- معرفة كفاءة الجهاز من خلال قياس تركيز معلوم ومقارنة النتائج المتوقعة .
- 2- تؤخذ كمقياس لصلاحية الجهاز حيث تقل الحساسية بتقادم الزمن .
- 3- حساب مدى تركيز العينات التي تعطي أقصى امتصاصية, وتكون بين 10 - 100 مرة ضعف الحساسية, مثلا: تركيز الزنك 0.1 ppm الذي يعطي امتصاصية 0.0044 , تكون الحساسية:

$$0.1 \times 10 = 1$$
$$0.1 \times 100 = 10$$

فيكون مدى تركيز الزنك الذي يعطي أعلى حساسية بين 1 - 10 ppm .

Detection Limit

حد الكشف :

حد الكشف التحليلي للعنصر باستخدام طريقة الامتصاص الذري : هو أوطأ تركيز للعنصر والذي يعطي نسبة إشارة S , Signal إلى الضجيج Noise , تساوي 2 ويتم حساب حد الكشف كما يلي :

$$D.L = \frac{2 S C}{\bar{X}}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

C = التركيز , \bar{X} = معدل الامتصاصيات , S = الانحراف المعياري , X = قراءة الامتصاصية . N = عدد القراءات .

تطبيقات تحاليل الامتصاص الذري:

1- الهواء الجوي :

يحتوي الهواء الجوي على أكاسيد المعادن والفلزات واللافلزات وغيرها ويتم تحليل الفلزات بطريقة الامتصاص الذري .

2- الأغذية والمشروبات:

الأغذية واللحوم والفواكه والخضروات يمكن تحليلها بأخذ وزن معين منها وإذابته بحامض ($H_2SO_4 + HNO_3$) أو ($HNO_3 + HClO_4$) وتسخن إلى انتهاء خروج الأبخرة البيضاء أو قبل الجفاف, ثم يخفف بالماء اللابوني إلى العلامة وتقاس الامتصاصية بمطياف الامتصاص الذري , أما المشروبات ومعظمها مائي يتم أولا التخلص من غاز CO_2 ثم التخفيف بالماء وقياس الامتصاصية .

3- النفط ومشتقاته :

يحتوي النفط على عنصر الفناديوم V والنيكل Ni وعناصر أخرى بشكل مركبات عضوية وتعامل بشكل خاص حيث تخفف عينة النفط بمذيب عضوي مثل الصفوة البيضاء white spirit أو الزايلين أو ثنائي كلوريد الايثان ثم يقاس بمطياف الامتصاص الذري .

4- المواد السليكونية :

تذاب المواد السليكونية قبل تدريتها وتفضل الإذابة بالحوامض .

5- التربة والنبات:

يتم تقدير العناصر الغذائية والسامة بواسطة التذرية الكهروحرارية وبطريقة الإضافات القياسية وعند تقدير العناصر المتطايرة يستعمل الطريقة الرطبة أي إضافة الحامض أو بواسطة استخلاص العناصر ذوات الأهمية النباتية .