## ***الجلســـة الرابعـــة***

# التحليـــل الكيفي العـــام

# General Qualitative Analysis

- **هدف التجربة :**

تهدف هذه التجربة إلى دراسة الخواص التحليلية لبعض من الشوارد الموجبة و الشوارد السالبة الأكثر أهمية في مجال الكيمياء اللاعضوية .

- **مقدمة نظرية :**

يعتبر التحليل الكيميائي من أهم الوسائل التي تحدد هوية العناصر الكيميائية الموجودة في عينة ما و يدعى بالتحليل الكيفي ( Qualitative Analysis)

- **مبدأ التجربة :**

هناك طرائق متعددة لتحديد وجود شاردة ما أو عدم وجودها ، ومن أبسطها تلك التي تعتمد على إضافة كاشف كيميائي إلى الشاردة مباشرة لتحديد هويتها أو لتحديد وجودها أو عدم وجودها .

فعند إضافة كاشف كيميائي إلى شاردة ما يعطي هذا الكاشف نتيجة مميزة لتلك الشاردة،هذه النتيجة يمكن أن تكون بعدة أشكال إما على شكل راسب يظهر بلون معين أو إعطاء لون جديد للمحلول يميزه أو انطلاق رائحة مميزة .

يعتمد التحليل الكيفي في محاليل الأملاح المختلطة (التي هي عن شوارد موجبة مرتبطة بشوارد سالبة ) على مبدأ ترسيب مجموعة من الشوارد الموجبة و السالبة على شكل مجموعات وفق سلوكها مع الكواشف الكيميائية ، بحيث يتم عزل تلك الرواسب و تمييزها عن بعضها بألوان مميزة لكل منها أو بقدرة انحلالها بكواشف كيميائية لاحقة أو إعادة ترسيبها بحيث يتم تمييز كل شاردة موجبة أو سالبة على حدى و بحيث تصنف ضمن ما يعرف بالفئات الكيميائية .

من المفيد جداً معرفة الأملاح اللاعضوية الشائعة وقدرة انحلالها في الماء للتمييز بين تلك الأملاح بسهولة كخطوة أولى في عمليات الكشف الكيفي عن الشوارد الموجبة والسالبة .

***تصنف الأملاح اللاعضوية منحيث انحلالها في الماء إلى ثلاث زمر :***

- المركبات المنحلة في الماء ، والتي ينحل منها أكثر من (10g/L)من الماء
- المركبات متوسطة الانحلال ، والتي ينحل منها أقل من( 10g) وأكثر من(1g) في الليتر
- المركبات ضعيفة الانحلال ، والتي ينحل منها أقل من (1g/L)
- ***ونُنَكِّر بأن :***

1 - أملاح النترات كلها منحلة بالماء .

2 - أملاح الخلات كلها منحلة بالماء .

3 - أملاح المعادن القلوية كلها منحلة بالماء ماعدا الأملاح المعقدة منها .

4 - أملاح الأمونيوم كلها منحلة بالماء .

5 - جميع أملاح الحموض الهالوجينية ( $Cl^-$ , $Br^-$ , $I^-$ ) منحلة في الماء ماعدا أملاح شوارد الرصاص $Pb^{+2}$ والفضة $Ag^{+1}$ والزئبقي $Hg^{+2}$ فهي غير منحلة .

6 - جميع أملاح حمض الكبريت منحلة في الماء ماعدا الأملاح : كبريتات الباريوم والرصاص والسترانسيوم فهي غير منحلة ، أما أملاح كبريتات الكالسيوم والفضة والزئبقي فهي متوسطة الانحلال .

7 - جميع أملاح الكربونات والفوسفات ضعيفة الانحلال في الماء .

8 - جميع أملاح حمض كبريت الماء $H_2S$ ضعيفة الانحلال .

# التحليـــل الكيفـي للشوارد الموجبـــة

## Cations Qualitative Analysis

- **مبدأ التجربة :**

تشكل الشوارد الموجبة عادة الشق الموجب للأملاح ، وهي تضم غالبا" عناصر فصائل المعادن النموذجية (IIIA,IIA,IA ) ، ومن الفصيلة الأولى للمعادن الانتقالية (IB) وحتى الفصيلة الثامنة للمعادن الانتقالية(VIIIB) في الجدول الدوري .

تعتبر الشوارد الموجبة التالية الأكثر أهمية و الأكثر مصادفة في الطبيعة :
الفضة $Ag^{+}$، الرصاص$Pb^{+2}$، الزئبقي(الزئبق الأحادي )$Hg_2^{+2}$، النحاس $Cu^{+2}$،الزئبق$Hg^{+2}$، الكادميوم $Cd^{+2}$، البزموت$Bi^{+3}$، الزرنيخ ($As^{+3}$,$As^{+5}$)، الأنتموان($Sb^{+3}$, $Sb^{+5}$)، القصدير($Sn^{+2}$,$Sn^{+4}$)، الحديد ($Fe^{+2}$,$Fe^{+3}$)، الكروم$Cr^{+3}$،الألمنيوم$Al^{+3}$، الزنك$Zn^{+2}$، المنغنيز$Mn^{+2}$، النيكل$Ni^{+2}$، الكوبالت$Co^{+2}$،الكالسيوم $Ca^{+2}$، الباريوم$Ba^{+2}$، السترونسيوم$Sr^{+2}$،المغنيزيوم$Mg^{+2}$، الأمونيوم $NH_4^{+}$، الصوديوم $Na^{+}$، البوتاسيوم$K^{+}$.
إن السلوك الكيميائي المتماثل مع كاشف كيميائي معين لمجموعة من هذه الشوارد أدى لتصنيفها إلى مايسمى بالفئات الكيميائية .
وهذا يعني أنه لا يمكن فصل شرجبة واحدة من مزيج يحوي جميع الشوارد الموجبة الأخرى بإضافة كاشف معين ولكن من الممكن فصل عدة شوارد موجبة معا إذا كانت تترسب بهذا الكاشف و هي شوارد الفئة الواحدة.

- ***المخطط العام للتحليل الكيفي للشوارد الموجبة :***

1. **الفئة الأولى :**

و تحوي شوارد الفضة $Ag^{+1}$ , و الرصاص$Pb^{+2}$ , و الزئبقي $Hg_2^{+2}$.
كاشفها هو حمض كلور الماءو الذي يشكل رواسب مع تلك الشوارد، حيث تترسب كاتيونات ( شرجبات ) هذه الفئة على شكل كلوريد المعدن .و يمكن التمييز بين رواسب الفئة الأولى بالمخطط التالي :

| الشاردة الموجبة | $Ag^{+1}$ | $Pb^{+2}$ | $Hg_2^{+2}$ |
|---|---|---|---|
| الرواسب | AgCl | $PbCl_2$ | $Hg_2Cl_2$ |
| ألوان الرواسب | أبيض | أبيض | أبيض |
| خواص الرواسب | ينحل بكاشف ميلر | ينحل بالماء المغلي | يشكل معقد أسود غير منحل مع كاشف ميلر |

---

-كاشف ميلر : هو عبارة عن هدروكسيد الأمونيوم بتركيز معين .
- الماء الملكي هو مزيج حمضي مؤلف من حمض كلور الماء وحمض الآزوت بنسبة35:65 ، ويدعى الماء الملكي لأنه يحل المعادن قليلة النشاط الكيميائي كالذهب والبلاتين .

## 2. *الفئة الثانية :*

**<u>وتتألف من فصيلتين</u>** :

1 - فصيلة النحاس : وتحوي شوارد النحاس $Cu^{+2}$ , و الزئبق $Hg^{+2}$ , و الكادميوم $Cd^{+2}$ , و البزموت $Bi^{+3}$ .

2 - فصيلة الزرنيخ : تحوي شوارد الزرنيخ ($As^{+3}$, $As^{+5}$), و الأنتموان ($Sb^{+3}$,$Sb^{+5}$ ) و القصدير($Sn^{+2}$,$Sn^{+4}$), و كاشف هذه الفئة حمض كبريت الهيدروجن $H_2S$ ( غاز ) و ذلك في وسط حمضي تعادل حموضته 0.3 نظامي ، يتم ترسيبكاتيونات هذه الفئة على شكل كبريتيد المعدن بوسط حمضي . يستخدم محلول تيوأسيت أميد $CH_3$-CS-$NH_2$ بوسط حار كمصدر لتحرير شوارد الكبريت $S^{--}$ في المحلول وذلك لانطلاق غاز $H_2S$ الذي يتفكك بالمحلول مطلقا $S^{--}$.

$$CH_3CSNH_2 + H_2O \rightarrow CH_3CONH_2 + H_2S$$

ويمكن التمييز بين كباريت هذه الفئة بألوانها المميزة .

**<u>فصيلة النحاس</u>** :

| الشرجبة | $Cu^{+2}$ | $Hg^{+2}$ | $Cd^{+2}$ | $Bi^{+3}$ |
|---|---|---|---|---|
| الرواسب | Cus | HgS | Cds | $Bi_2S_3$ |
| ألوان الرواسب | أسود | أسود | أصفر | بني مسود |
| خواص الرواسب | كلها تذوب في محلول HNO3 ماعدا HgS الذي لا ينحل إلا في الماء الملكي مع التسخين | | | |

**<u>فصيلة الزرنيخ :</u>**

| الشرجبة | $As^{+5}$,$As^{+3}$ | $Sb^{+5}$,$Sb^{+3}$ | $Sn^{+4}$,$Sn^{+2}$ |
|---|---|---|---|
| الرواسب | $AS_2S_3$ | $Sb_2S_3$ | SnS |
| ألوان الرواسب | أصفر | برتقالي | أصفر |
| خواص الرواسب | كلها تذوب في محلول NaoH | | |

## 3. *الفئة الثالثة :*

وتحوي شوارد الحديد $Fe^{+3}$ و الحديدي $Fe^{+2}$ والكروم $Cr^{+3}$ و الألمنيوم $Al^{+3}$.. كاشفها وسط قلوي وهو مزيج هيدروكسيد الأمونيوم $NH_4OH$( محلول النشادر ) وكلور الأمونيوم $NH_4CL$، حيث تترسب كاتيونات هذه الفئة على شكل هيدروكسيد المعدن.

| الشرجبة | $Fe^{+2}$ | $Fe^{+3}$ | $Cr^{+3}$ | $Al^{+3}$ |
|---|---|---|---|---|
| الرواسب | Fe(OH)2 | Fe(OH)3 | Cr(OH )3 | Al(OH)3 |
| ألوان الرواسب | أخضر | أحمر آجري | أخضر | أبيض جيلاتيني |

### 4. *الفئة الرابعة* :

وتحوي شوارد الزنك $Zn^{+2}$ و المنغنيز $Mn^{+2}$ و النيكل $Ni^{+2}$ و الكوبالت $Co^{+2}$ . كاشفها حمض كبريت الهيدروجين $H_2S$ في وسط موقي( قلوي ضعيف ) بوجود هيدروكسيد الأمونيوم و كلور الأمونيوم ، حيث تترسب كاتيونات هذه الفئة على شكل كبريتيد المعدن.

رواسب الفئة الرابعة :

| الشرجبة | $Zn^{+2}$ | $Mn^{+2}$ | $Ni^{+2}$ | $Co^{+2}$ |
|---|---|---|---|---|
| الرواسب | ZnS | MnS | NiS | CoS |
| ألوان الرواسب | أبيض | زهر فاتح | أسود | أسود |

### 5. *الفئة الخامسة :*

وتحوي شوارد الكالسيوم $Ca^{+2}$ و الباريوم $Ba^{+2}$ و السترونسيوم $Sr^{+2}$ . كاشفها هو محلول كربونات الأمونيوم $(NH_4)_2CO_3$في وسط معتدل أو ضعيف القلوية بوجود المزيج$(NH_4CL+NH_4OH)$

تتميز شوارد الفئة الخامسة :

| الشرجبة | $Ca^{+2}$ | $Ba^{+2}$ | $Sr^{+2}$ |
|---|---|---|---|
| الرواسب | $CaCO_3$ | $BaCO_3$ | $SrCo_3$ |
| ألوان الرواسب | أبيض | أبيض | أبيض |
| لون اللهب عند كشف الشرجبة | أحمر برتقالي | أخضر مصفر | أحمر قرمزي |

### 6. *الفئة السادسة :*

و تحوي شوارد المغنيزيوم $Mg^{+2}$، الأمونيوم $NH_4^+$، الصوديوم $Na^+$، البوتاسيوم $K^+$.

لاتترسب شوارد هذه الفئة عدا المغنيزيوم الذي يترسب بكاشف خاص ذلك أن بقية الشوارد تنتمي إلى المعادن القلوية كالصوديوم و البوتاسيوم فأملاحها منحلة لا تترسب.

لايوجد تفاعل ترسيب مشترك بين كاتيونات هذه الفئة .

تتميز شوارد الفئة السادسة :

| الشرجبة | $Mg^{+2}$ | $NH_4^+$ | $Na^+$ | $K^+$ |
|---|---|---|---|---|
| الكشف | ترسيب ثاني فوسفات المغنيزيوم | انطلاق غاز النشادر | لهب بلون أصفر برتقالي | لهب بلون بنفسجي |

**يعتمد مخطط التحليل السابق على أن كل كاشف لفئة معينة يرسب شوارد تلك الفئة و الفئات التي تسبقها ، و لكنه لا يرسب أي من شوارد الفئة التي تليها ، لذا من الضروري جدا مراعاة الترتيب في الكشف عن عناصر الفئات التي ذكرت . القاعدة المتبعة في الكشف الكيفي هي أن كاشف كل فئة يكشف ما قبلها و لا يكشف ما بعدها .**

- **العمل المخبري :**

- يجهز حمام مائي للاستخدام ، و تؤخذ مجموعة من الأنابيب عددها يساوي عدد الشوارد الموجبة المتوفرة في المخبر و ذلك بأخذ شاردة من كل فئة أو فصيلة يمكن تمييزها و يمكن أخذ محاليل الشوارد التالية :

$Na^{+}$ $Ca^{+2}$ $Zn^{+2}$ $AL^{+3}$ $Sn^{+2}$ $Hg^{+2}$ $Ag^{+1}$

ترقم الأنابيب و يوضع في كل منها 1مل من محلول الشرجبة الموافقة .

- يضاف إلى كل أنبوب 1مل حمض كلور الماء ا نظامي وتحدد طبيعة الرواسب المتشكلة في الأنابيب ، ثم يضاف إلى الأنبوب الذي تشكل فيه راسب محلول مركز NH4OH، لاحظ النتيجة و سجلها في جدول التنائج .
- يتم التأكد من حموضة الوسط في كل أنبوب اختبار لم يتشكل فيه راسب باستخدام ورقة عباد الشمس يضاف إلى تلك الأنابيب قطرتين من محلول تيو الأسيت أميد و تسخن على الحمام المائي بالدرجة90 م و خلال دقائق قليلة ، ثم يلاحظ تشكل رواسب في أنابيب معينة . تحدد طبيعة الرواسب المتشكلة من خلال أ لوانها الواضحة . تعالج الرواسب بمحلول حمض الآزوت هل تنحل و لماذا ؟
- الراسب الذي لا ينحل يعالج بمحلول هيدروكسيد الصوديوم ،هل ينحل الراسب ؟ لاحظ النتيجة وسجلها في جدول النتائج .
- تسخن محتويات الأنابيب المتبقية التي لم يتشكل فيها راسب لطرد بقايا$H_2S$ و يستدل على ذلك بانقطاع الرائحة المنطلقة ، يضاف كمية قليلة من كلور الأمونيوم الصلب و يحرك الأنبوب حتى تمام انحلال الكمية المضافة ، و يضاف محلول هيدروكسيد الأمونيوم قطرة فقطرة حتى القلوية ، يحدد لون الراسب المتشكل و طبيعته وإلى أية فئة تنتمي الشاردة الموجبة التي تشكل هذا الراسب ،لاحظ النتيجة و سجلها في جدول النتائج .
- تؤخذ الأنابيب المتبقية ويتم التأكد من أنها قلوية باستخدام ورقة عباد الشمس ، ويضاف قطرات من محلول ثيوالأسيت أميد و تسخن الأنابيب في الحمام المائي و يلاحظ ألوان الرواسب المتشكلة و تحدد طبيعتها وإلى أية فئة تنتمي الشاردة الموجبة التي تشكل هذا الراسب لاحظ النتيجة و سجلها في جدول النتائج .
- يضاف 1مل من محلول كربونات الأمونيوم إلى الأنابيب التي لم يتشكل فيها راسب ، و يلاحظ تشكل راسب بكمية وافرة ،يحدد لون الراسب و طبيعته وإلى أية فئة تنتمي الشرجبة التي تشكل هذا الراسب ، لاحظ النتيجة و سجلها في جدول النتائج .
- تؤخذ ورقة الترشيح وتبلل بمحلول شوارد الصوديوم المتبقية ، تعرض عدة مرات للهب مصباح بنزن و يلاحظ لون اللهب الحاصل سجل الألوان الناتجة في جدول النتائج .
- هل يمكن إجراء الاختبارات السابقة بشكل عشوائي في عمليات التحليل ؟ و لماذا ؟

- ***التقرير المخبري :***

يجب ترتيب النتائج في الجدول التالي حيث توضع الإشارة (+) للدلالة على تشكل الراسب مع تسجيل لون الراسب و إشارة (--) لنفي تشكل الراسب .
علل النتائج الإيجابية

| الشاردة / الكاشف | $Ag^{+1}$ | $Hg^{+2}$ | $Sn^{+2}$ | $AL^{+3}$ | $Zn^{+2}$ | $Ca^{+2}$ | $Na^{+}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hclالممدد | | | | | | | |
| H2sفي وسط حمضي | | | | | | | |
| $NH_4OH+NH_4CL$ | | | | | | | |
| $H_2S$في وسط قلوي | | | | | | | |
| $(NH4)_2CO3$في وسط قلوي ضعيف | | | | | | | |
| كشف اللهب | | | | | | | |

**<u>فعليا تُدرس الشوارد التالية :</u>**

$Pb^{+2}$ ,$Sn^{+2}$ , $Ba^{+2}$

| الشاردة / الكاشف | $Pb^{+2}$ | $Sn^{+2}$ | $Ba^{+2}$ |
|---|---|---|---|
| Hclالممدد | | | |
| H2sفي وسط حمضي | | | |
| $NH_4OH+NH_4CL$ | | | |
| $(NH4)_2CO3$في وسط قلوي ضعيف | | | |