

جامعة حريري

كلية الهندسة - السنة الأولى - الفصل الدراسي الأول

كيمياء عامة (د. عمر قبله + د. إسراء)

المجموعات (A, B, C, D, E, F, G and H)

محاضرة (13)

التحليل النوعي Qualitative analysis

يعتبر التحليل النوعي (أو الكيفي) من أقدم طرق الكيمياء التحليلية للتعرف على ماهية المواد، وله أهمية كبيرة في التعرف على كيمياء المعادن والتفاعلات والعمليات الكيميائية المختلفة. تعتمد التجارب المتبعة للتعرف على عينات المواد على بعض الملاحظات المشاهدة مثل:

i- تصاعد غاز.

ii- تكون راسب.

iii- تغير في اللون.

و ينقسم التحليل النوعي إلى قسمين هما التحليل النوعي للمركبات العضوية والتحليل النوعي للمركبات غير العضوية.

وتصنف المركبات غير العضوية في التحليل النوعي إلى:

أ- شقوق حمضية وهي الأيونات التي تحمل شحنات سالبة.

ب- شقوق قاعدية وهي الأيونات التي تحمل شحنات موجبة.

ويشتمل كل نوع على عدد من المجموعات اعتمادا على التفاعلات مع الكواشف المختلفة.

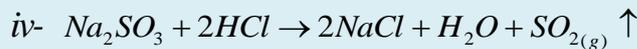
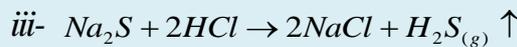
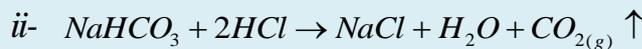
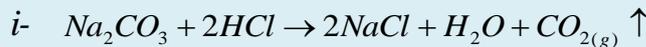
❖ أولا: الشقوق الحمضية

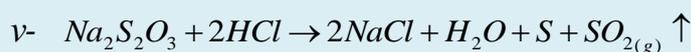
تنقسم الشقوق الحمضية إلى ثلاث مجموعات:

1- المجموعة الأولى و الكاشف الرئيسي لها هو حمض الهيدروكلوريك المخفف وتشمل:

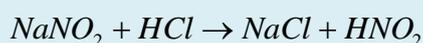
(الكربونات CO_3^{2-}) (البيكربونات HCO_3^-)، (الكبريتيت SO_3^{2-})، (الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$)، (الكبريتيد S^{2-}) (النيتريت NO_2^-).

عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى كمية قليلة من الملح الصلب أو محلوله المائي يشاهد تصاعد غاز اعتمادا على نوع الأيون موضوع الاختبار. ولذلك يتم التعرف على كل أيون وفقا لخواص الغاز المتصاعد. يحدث ذلك كما في المعادلات ادناه:





* معظم الغازات التي تحررها هذه الشقوق عديمة اللون باستثناء أيون النتريت الذي يستدل عليه بمشاهدة غاز ملون. فعندما تتفاعل أملاح النتريت مع حمض الهيدروكلوريك ينتج حمض النتروز (HNO_2) الذي يتحول بسرعة إلى حمض النتريك (HNO_3) وأول أكسيد النتروجين (NO) الذي يتأكسد بأوكسجين الهواء الجوي ليعطي الأوكسيد (NO_2) ذو اللون البني.



* يتم التعرف على نوع الغاز المتصاعد ومن ثم استنتاج نوع الشق الحمضي وفقا للجدول أدناه:

الغاز	اللون	الرائحة	المشاهدة	الإستنتاج
غاز ثاني أكسيد الكربون	عديم اللون	عديم الرائحة	يتصاعد بفران و يعكر ماء الجير	الشق كربونات CO_3^{2-} أو بيكربونات HCO_3^- . $CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$
غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2	عديم اللون	رائحته نفاذة	يغير لون ورقة مبللة بثاني كرومات البوتاسيوم من البرتقالي إلى الأخضر	الشق كبريتيت SO_3^{2-} أو ثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$ $K_2Cr_2O_7 + 3SO_2 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$
غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S	عديم اللون	له رائحة البيض الفاسد	يغير لون ورقة مبللة بخلات الرصاص إلى اللون الأسود	الشق كبريتيد S^{2-} $H_2S + Pb(CH_3COO)_2 \rightarrow PbS + 2CH_3COOH$
غاز ثاني أكسيد النتروجين NO_2	بني اللون	رائحته خانقة	تظهر الأبخرة عند فوهة أنبوية الإختبار	الشق نتريت NO_2^- $3HNO_3 \rightarrow HNO_3 + 2NO + H_2O$ $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$

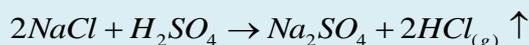
* بناء على الإختبارات اعلاه يتم اجراء تجارب أخرى تأكيدية للتعرف بدقة على الشق المحدد.

2- المجموعة الثانية وكاشفها الرئيسي هو حمض الكبريتيك المركز وتشمل:

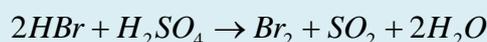
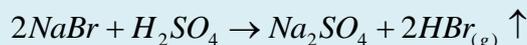
الكلوريدات Cl^- ، البروميديات Br^- ، اليوديدات I^- ، النترات NO_3^-

عند إضافة حمض الكبريتيك المركز إلى كمية قليلة من الملح الصلب أو محلوله المائي يتصاعد غاز غير ملون في حالة الكلوريد فقط بينما يكون الغاز المتصاعد ملونا في الأيونات الثلاثة الأخرى. ويتم التعرف على كل شق حسب رائحة ولون وتفاعلات الغاز المتصاعد.

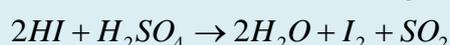
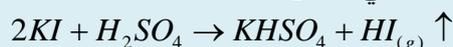
يتفاعل الكلوريد مع حمض الكبريتيك المركز ليحرر غاز كلوريد الهيدروجين (HCl) عديم اللون والذي يكون سحب بيضاء عند امراره على ساق زجاجية مبللة بمحلول هيدروكسيد الأمونيوم.



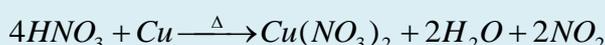
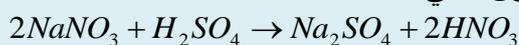
البروميديات تحرر خليط أبخرة بنية اللون (Br₂ و HBr)



بينما ينتج اليوديد أبخرة ذات لون بنفسجي غامق



أما شق النترات فيتفاعل مع حمض الكبريتيك المركز في وجود برادة النحاس مع التسخين الشديد يتصاعد غاز ثاني اكسيد النتروجين ذو اللون البني.



يتم التأكد من كل غاز وبالتالي الشق المعين وفق الجدول التالي:

الغاز	اللون	الرائحة	المشاهدة	الإستنتاج
كلوريد الهيدروجين	عديم اللون	خائق الرائحة حاد ولاسع	يعطي سحب بيضاء مع هيدروكسيد الأمونيوم ويغير لون ورقة عباد الشمس الأحمر	الشق كلوريد والغاز كلوريد الهيدروجين $NH_4OH + HCl \rightarrow NH_4Cl + H_2O$
ابخرة البروم و بروميد الهيدروجين	ابخرة بنية	خائق الرائحة	خليط أبخرة بنية اللون	الشق بروميد $H_2SO_4 + 2Br^- \rightarrow 2HBr + SO_4^{2-}$ $2HBr + H_2SO_4 \rightarrow Br_2 + SO_2 + 2H_2O$
ابخرة اليود ويوديد الهيدروجين	بنفسجي	خائق الرائحة	أبخرة بنفسجية	الشق يوديد $H_2SO_4 + 2I^- \rightarrow 2HI + SO_4^{2-}$ $2HI + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + SO_2 + 2H_2O$
غاز ثاني اوكسيد النيتروجين	بني اللون	رائحة خانقة	تظهر الأبخرة البنية بعد تسخين محتويات الأنبوبة في وجود برادة النحاس	الشق نترات NO ₃ ⁻ $2NaNO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2HNO_3$ $4HNO_3 + Cu \xrightarrow{\Delta} Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$

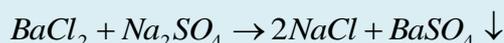
3- المجموعة الثالثة وتعرف بالمجموعة العامة: وتشمل (الكبريتات SO₄²⁻)، (الفوسفات PO₄³⁻)، و (البورات B₄O₇²⁻).

إذا لم تحرر المادة غازا عند اضافة حمض الهيدروكلوريك أو حمض الكبريتيك المركز فذلك يعني ان الشق الحمضي ليس من المجموعتين الاولى و الثانية. وعليه تجرى على العينة اختبارات المجموعة الثالثة التي يتم الكشف عليها باستخدام عدد من الكواشف مثل كلوريد الباريوم ونترات الفضة حيث تعطي

الكبريتات مع كلوريد الباريوم راسب أبيض هو كبريتات الباريوم بينما تتفاعل أيونات الفوسفات والبورات مع نترات الفضة ويتم التمييز بينهما باختبارات أخرى .

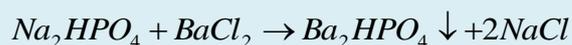
• كبريتات الفضة والزنابق والنحاس شحيحة الذوبان في الماء بينما كبريتات الباريوم والاسترانسيوم والرصاص عديمة الذوبان في الماء.

• عند إضافة محلول كلوريد الباريوم لمحلول العينة ينفصل راسب ابيض لا يذوب في الأحماض المعدنية وحامض الخليك هو كبريتات الباريوم.



• أملاح الفوسفات لاتذوب في الماء عدا فوسفات الصوديوم والبوتاسيوم والأمونيوم

• عند إضافة كلوريد الباريوم لمحلول يحتوي على أيونات الفوسفات يتكون راسب أبيض هو يذوب في الأحماض المعدنية مثل حمض الهيدروكلوريك المخفف وحمض النتريك المخفف هو فوسفات الباريوم أحادية الهيدروجين.



** يمكنك الوقوف على الإختبارات التأكيدية المختلفة في التطبيق العملي بالمختبر (عملي التحليل النوعي).

❖ الشقوق القاعدية

تنقسم الشقوق القاعدية إلى ستة مجموعات لكل مجموعة منها كاشف محدد يعرف بالكاشف الرئيسي الذي على ضوء نواتجه تحدد المجموعة التي ينتمي إليها الشق القاعدي (الكاتيون). بعدها تجرى اختبارات اخرى للتعرف على كل أيون وتمييزه عن بقية ايونات المجموعة.

1- تضم هذه المجموعة أيونات الفضة (I) والزنابق (I) والرصاص (II) ($Ag^+ Hg^+ Pb^{2+}$) التي تترسب من المحلول المائي على هيئة كلوريدات عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف ككاشف رئيسي.

2- المجموعة الثانية و تضم أيونات (الزرنينخ As^{3+}, As^{5+} ، والأنتيمون Sb^{3+}, Sb^{5+} ، القصدير Sn^{2+}, Sn^{4+} ، النحاس Cu^{2+} ، الكادميوم Cd^{2+} ، البزموت Bi^{3+} ، الزنابق Hg^{2+} ، الرصاص Pb^{2+}).

و تنقسم المجموعة الثانية إلى مجموعتين فرعيتين A و B. وتترسب جميعها على هيئة كبريتيدات عند إضافة محلول كبريتيد الهيدروجين في وجود حمض الهيدروكلوريك.

3- الكاشف الرئيسي لأيونات المجموعة الثالثة هو هيدروكسيد الأمونيوم في وجود كلوريد الأمونيوم. وتضم المجموعة أربعة أيونات هي Fe^{3+} ، Fe^{2+} ، Al^{3+} ، Cr^{3+} . وتترسب جميعها في صورة هيدروكسيديات ($Cr(OH)_3$ ، $Al(OH)_3$ ، $Fe(OH)_3$ ، $Fe(OH)_2$).

4- المجموعة الرابعة تضم الأيونات Zn^{2+} ، Co^{2+} ، Ni^{2+} ، Mn^{2+} والتي يتم الكشف عنها أيضا بإضافة محلول كبريتيد الهيدروجين (H_2S) ككاشف رئيسي لتترسب في صورة كبريتيدات ولكن في وسط قاعدي هو هيدروكسيد الأمونيوم.

5- تضم المجموعة الخامسة الأيونات (Sr^{2+} ، Ba^{2+} ، Ca^{2+}) والكاشف الرئيسي هو كربونات الأمونيوم حيث يتم ترسيبها على شكل كربونات ($SrCO_3$ ، $BaCO_3$ ، $CaCO_3$) في وسط قاعدي يتكون من هيدروكسيد الأمونيوم وكلوريد الأمونيوم (محلول منظم).

6- أما المجموعة السادسة فليس لأيوناتها كاشف موحد ولذلك يتم الكشف عن كل أيون لوحده. وتضم أيونات NH_4^+ و K^+ ، Na^+ ، Mg^{2+} .

جدول يوضح الكشف الأولي عن الشقوق القاعدية في المركبات غير العضوية:

المجموعة	المادة المضافة	الأيون	الراسب
الأولى	حمض الهيدروكلوريك المخفف	الفضة Ag^+ الزئبقوز Hg_2^{2+} الرصاص Pb^{2+}	راسب أبيض من كلوريد الفضة $AgCl$ وكلوريد الزئبق (II) Hg_2Cl_2 وكلوريد الرصاص $PbCl_2$
الثانية (أ)	حمض الهيدروكلوريك المخفف ثم غاز كبريتيد الهيدروجين	النحاسيك Cu^{2+} الكاديوم Cd^{2+} البيزموث Bi^{3+} الزئبقيك Hg^{2+}	راسب أسود من كبريتيد النحاس CuS راسب اسود من كبريتيد الزئبق HgS راسب اصفر من كبريتيد الكاديوم CdS راسب بني من كبريتيد البيزموث Bi_2S_3 رواسب الكبريتيد أعلاه لانتدوب في كبريتيد الأمونيوم الأصفر
الثانية (ب)	حمض الهيدروكلوريك المخفف وغاز كبريتيد الهيدروجين. و تتميز في أن رواسب المجموعة (أ) لاتنوب في كبريتيد الأمونيوم أما رواسب المجموعة (ب) فتنوب في كبريتيد الأمونيوم الأصفر	الزرنبخ As^{3+} القصدير (II) Sn^{2+} القصدير (III) Sn^{4+} الأنثيمون Sb^{3+}	راسب اصفر من كبريتيد الزرنبخ As_2S_3 راسب بني غامق من كبريتيد القصدير (II) SnS راسب أصفر مغبر من كبريتيد القصدير (II) SnS_2 راسب برتقالي من كبريتيد الأنثيمون SbS_3

رواسب الكبريتيد أعلاه تذوب في كبريتي الأمونيوم الأصفر.			
راسب أخضر شاحب من هيدروكسيد الحديد $Fe(OH)_2$ (II)	الحديد (II) Fe^{2+}	محلول كلوريد الأمونيوم $+ NH_4Cl$ محلول هيدروكسيد الأمونيوم NH_4OH	الثالثة
راسب بني غامق من هيدروكسيد الحديد $Fe(OH)_3$ (III)	الحديد (III) Fe^{3+} الألمنيوم Al^{3+}		
راسب أبيض لزج من هيدروكسيد الألمنيوم $Al(OH)_3$	الكروم Cr^{3+}		
راسب أخضر من هيدروكسيد الكروم $Cr(OH)_3$			
راسب أخضر من كبريتيد النيكل NiS راسب بنفسجي من كبريتيد الكوبالت CoS راسب أصفر من كبريتيد المنجنيز MnS راسب أصفر من كبريتيد الزنك ZnS	النيكل Ni^{2+} الكوبالت Co^{2+} المنجنيز Mn^{2+} الزنك Zn^{2+}	محلول كلوريد الأمونيوم $+ NH_4Cl$ محلول هيدروكسيد الأمونيوم NH_4OH $+ H_2S$ كبريتيد الهيدروجين	الرابعة
راسب أبيض من كربونات كل من $SrCO_3$ $BaCO_3$ $CaCO_3$	الكالسيوم Ca^{2+} الباريوم Ba^{2+} الإسترونشيوم Sr^{2+}	محلول كلوريد الأمونيوم + محلول هيدروكسيد الأمونيوم + كربونات الأمونيوم $(NH_4)_2CO_3$	الخامسة
	الماغنيسيوم Mg^{2+} الأمونيوم NH_4^+ البوتاسيوم K^+ و الصوديوم Na^+	لها كواشف مختلفة	السادسة