محاضرات كيمياء تحليلية عملي
مرحلة اولى

اعداد
م. م نور مازن ابراهيم

طرق التحليل الكيميائى

تعتبر الكيمياء التحليلية أحد فروع علم الكيمياء الهامة التي تبحث في التعرف على التركيب الكيميائي للمواد الطبيعية والصناعية وفصلها ومعرفة مكوناتها وتقديرها تقديراً كمياً .
كلاسيكيا تصنف طرق الكيمياء التحليلية إلى قسمين رئيسين :

طرق التحليل الوصفي Qualitative Analysis :

هو مجموعة العمليات التي يتم فيها الكشف عن تركيب المواد أو المركبات أو العناصر الداخلة في تركيب مادة معينة أو خليط من المواد . العمليات التي تتبع في التحليل الوصفي قد تكون سهلة مثل التعرف علي الأيونات غير العضوية الشائعة وقد تكون معقدة مثل التحليل النوعي للسبائك .

في التحليل الوصفي نجد الإجابة علي السؤال ماهي مكونات العينة المحللة وهو تحليل يمكن من معرفة العناصر الكيميائية المكونة للمادة تحت الإختيار أو معرفة الأيونات أو المجموعات الذرية التي تدخل في تركيبها.

يستخدم الدارس في التحليل الوصفي حاسة الإبصار للإستدلال علي تصاعد الغازات أو تكوين الرواسب أو تغير ألوان المحاليل .

تابع التحليل الكيميائي

طرق التحليل الكمي Quantitative Analysis :

يعني التحليل الكمي للمواد بتقدير كمية (مقدار) المادة كوحدة واحدة عند وجودها في أي من الحالات الثلاث (سائل , غاز , صلب) أو تقدير نسبة وجود بعض أو كل العناصر الداخلة في تركيب المركب الكيميائي أو الخليط.

ويمكن تقسيم طرق التحليل الكمي إلى ثلاثة أقسام رئيسية وذلك اعتماداً على الوسيلة المستخدمة لإجراء التحليل:

طرق التحليل الحجمي : يهدف التحليل الحجمي إلى تعيين الحجم من محلول معلوم التركيز (محلول قياسي) الذي يتفاعل كمياً مع حجم معين من المحلول مجهول التركيز والمطلوب تعيينه.

التحليل الوزني : يعرف التحليل الوزني بانه تلك العمليات التي تتضمن فصل المكون المطلوب تقديره في أنقى صورة ممكنة (غير قابلة للذوبان) يسهل وزنها ويمكن حساب مقدار المكون (أو الشق أو العنصر) بعد ذلك بطريقة الحساب الكيميائي.

طرق التحليل بإستخدام الأجهزة (التحليل الآلي) :

تعتمد هذه الطرق على بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية في أغراض التحليل الكيميائي ولذلك فإنها تستخدم بعض الأجهزة لقياس خصائص محددة للمواد المطلوب تحليلها شريطة أن يتناسب مقدار الخاصية تناسباً طردياً مع مقدار المادة تحت الاختيار.

أسس التحليل الوصفي غير العضوي للمركبات ومخاليطها

أولاً : الكشف عن الأملاح البسيطة :

من المعلوم أن تفاعل الحامض مع القاعدة ينتج عنه ملح وماء أي أن الملح ناتج لتفاعل حمض مع قاعدة بعد إند ماج أيوني الهيدروجين H^+ (من الحمض) والهيدروكسيد OH^- (من القاعدة) :

مثال عام:

$$HA + BOH \rightarrow B^+A^- + H_2O$$

قاعدة حامض — ماء ملح

مثال خاص:

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

لذلك فإن الملح يتكون من شقين أساسيين :

شق مصدره الحمض يطلق عليه الشق الحمضي Acidic radical

شق مصدره القاعدة يطلق عليه الشق القاعدي Basic radical

مثال :

$$BA \rightarrow B^+ + A^-$$

ملح — شق قاعدي كاتيون — شق حمضي أنيون

$$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$$

الكشف عن الشقوق الحمضية:

تنقسم الشقوق الحمضية الشائعة إلى ثلاثة مجموعات تضم كل منها عدد من الشقوق الحمضية التي تتفق فيما بينها في أنه يتفاعل كل شق منها مع كاشف معين يعرف باسم كاشف المجموعة Group Reagent : أدناه توضيح لذلك :

مجموعة حمض الهيدروكلوريك المخفف:

تضم هذه المجموعة الشقوق الحمضية التالية :

العنوان

كربونات	CO_3^{--}	ثنائي	$Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2 \uparrow$
بيكربونات	HCO_3^-	أحادي	$NaHCO_3 + HCl \rightarrow NaCl + H_2O + CO_2 \uparrow$
الكبريتيد	S^{--}	ثنائي	$FeS + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2S \uparrow$
الكبريتيت	SO_3^{--}	ثنائي	$Na_2SO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2O + SO_2 \uparrow$
الثيوكبريتات	$S_2O_3^{--}$	ثنائي	$Na_2S_3O_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2O + SO_2 \uparrow + S \downarrow$
النيتريت	NO_2^-	أحادي	$NaNO_2 + HCl \rightarrow NaCl + HNO_2$ $3HNO_2 \rightarrow HNO_3 + 2NO + H_2O$ $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2 \uparrow$
السيانيد	CN^-	أحادي	$KCN + HCl \rightarrow KCl + HCN$
السيانات	CNO^-	أحادي	$NaCNO + HCl \rightarrow KCl + HCNOHCNO + H_2O + HCl \rightarrow CO_2 + NH_4Cl$

مجموعة حمض الكبريتيك المركز :

الكلوريد	Cl -	أحادي	$2NaCl + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2HCl$
البروميد	Br	أحادي	$2KBr+3H_2SO_4 \rightarrow 2KHSO_4+2H_2O+SO_2+Br_2\uparrow$
اليوديد	I	أحادي	$2KI+3H_2SO_4 \rightarrow 2KHSO_4+2H_2O+SO_2+I_2\uparrow$
النترات	NO3-	أحادي	$4KNO_3+4H_2SO_4 \rightarrow 4KHSO_4+2H_2O+4NO_2\uparrow+O_2$

المجموعة العامة

شقوق هذه المجموعة لا تتأثر بالأحماض بصورة مرئية وتشتمل على الكبريتات والبورات والفوسفات ثم الزرنيخات ولا تتأثر هذه الشقوق بحمض الهيدروكلوريك المخفف أو الكبريتيك المركز لتعطي غازات مميزة ولهذا السبب يجب الكشف عنها في المحاليل ويكشف عنها بواسطة محلول كلوريد الباريوم

الكبريتات	SO4--	ثنائي	$K_2SO_4+BaCl_2 \rightarrow BaSO_4\downarrow+2KCl$
الفوسفات	PO43-	ثلاثي	$2Na_3PO_4+3BaCl_2 \rightarrow Ba_3(PO_4)_2\downarrow+6NaCl$
البورات	$B_4O_7^{--}$	ثنائي	$Na_2B_4O_7+3H_2O+2AgNO_3 \rightarrow 2AgBO_2\downarrow+2H_3BO_3+2NaNO_3$
الزرنيخات	AsO_4^{3}	ثلاثي	$Na_3AsO_4+3AgNO_3 \rightarrow Ag_3AsO_4\downarrow+3NaNO_3$

مميزات التفاعلات الكيميائية في التحليل الوصفي

ملحوظة :**ملحوظة :**

التحليل الوصفي يعتمد على التفاعل الكيميائي والذي يمكن تصنيفه للاتي :

1/ تفاعلات مميزة :هي التي تميز المكون الموجود وتحت أي الظروف كان .

2 / تفاعلات إنتقائية :هي التي يعطي فيها الكاشف نتيجة إيجابية مع المكون المطلوب فقط .

طريقة الكشف عن شقوق مجموعة حمض الهيدروكلوريك المخفف

الكربونات CO_3^{-2} والبيكربونات HCO_3^- :

جميع الكربونات لاتذوب في الماء عدا كربونات فلزات المجموعة الاولي في الجدوا الدوري والامونيوم . أما البيكربونات فجميعها تذوب في الماء ك

الكشف الرئيس :

عند إضافة قليل من حمض الهيدروكلوريك المخف لعبن الملح الصلب يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون العديم اللون بفوران كيميائيا يعكر ماء الجير .

التجارب المميزة :

للتميز بين شقي الكربونات والبيكربونات :

أ / إضافة قليل من محلول كبريتات الماغنيسيو م لمحلول الكربونات أ والبيكربونات :

يتكون راسب أبيض في حالة الكربونات وبالتسخين في حالة البيكربونات .

ب / عند إضافة قليل من محلول كلوريد الزئبق(II) لمحلول من الكربونات أو البيكربونات يتكوين راسب بني أحمر من كربونات الزئبق علي البارد في حالة الكربونات وبالتسخين في حالة البيكربونات :

$$Na_2CO_3+HgCl_2 \rightarrow HgCO_3+2NaCl$$

$$2NaHCO_3+HgCl_2 \rightarrow HgCO_3+2NaCl+H_2O+CO_2$$

تابع الكشف عن شقوق المجموعة الأولي

شق الكبريتيد S^{-2} :

الكشف الرئيس :

عند إضافة قليل من حمض الهيدروكلوريك المخفف لقليل من عينة الملح الصلب يتصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين العديم اللون وذو رائحة تشبه رائحة البيض الفاسد كيميائيا يغير لون ورقة مبللة بخلات الرصاص للون الأسود .

التجارب المميزة :

أ / عند إضافة قليل من محلول خلات الرصاص لمحلول العينة يتكون راسب أسود من كبريتيد الرصاص PbS .

ب / الكبريتيد : يعطي محلول الكبريتيد مع مركب نتروبروسيد الصوديوم محلولاً بنفسجياً غامق اللون نتيجة لتكوين المركب :

$$Na_2S+Na_2[Fe(CN)_5NO]\rightarrow Na_4[Fe(CN)_5NOS]$$

تابع الكشف عن شقوق المجموعة الأولي

الكبريتيت SO_3^{-2}:

الكشف الرئيس :

عند إضافة قليل من حمض الهيدروكلوريك المخفف لقليل من عينة الملح الصلب يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت العديم اللون ذو الرائحة الخانقة والذي يخفي لون ورقة مبللة بواسطة بيرمنجنات البوتاسيوم المحمضة كما يحول لون ورقة مبللة بواسطة بيكرومات البوتاسيوم المحمضة للون الاخضر .

التجارب المميزة :

أ / عند إضافة قليل من محلول كلوريد الباريوم لمحلول العينة يتكون راسب أبيض .يذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف .

ب / محلول الكبريتيت : يحول المحلول المحمض من بيكرومات البوتاسيوم إلى اللون الأخضر (لاختزال الكروم من +6 إلى +3) :

$$3K_2SO_3 + K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow 4K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 4H_2O$$

تابع الكشف عن شقوق المجموعة الأولي

الثيوكبريتات $S_2O_3^{-2}$:

الكشف الرئيس :

عند إضافة قليل من حمض الهيدروكلوريك المخفف لقليل من عينة الملح الصلب يلاحظ ظهور عوالق صفراء بجانب تصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت العديم اللون ذو الرائحة الخانقة والذي يخفي لون ورقة مبللة بواسطة بيرمنجنات البوتاسيوم المحمضة كما يحول لون ورقة مبللة بواسطة بيكرومات البوتاسيوم المحمضة للون الاخضر .

التجارب المميزة :

أ / عند إضافة نقاط من محلول اليود لمحلول من الثيوكبريتات ينزاح لون اليود .

ب / عند إضافة محلول من ثيو كبريتات الصوديوم لمحلول من كلوريد الحديد ( ) III يتكون لون بنفسجي مع كلوريد الحديد(III) لتكوين المتراكب $Na[Fe(S_2O_3)_2]$ ويختفي بعد فترة :

$$2NaS_2O_3+2FeCl_3 \rightarrow Na_2S_4O_6+2FeCl_2+2NaCl$$

تابع الكشف عن شقوق المجموعة الأولي

النتريت NO_2^- :

الكشف الرئيس :

عند إضافة قليل من حمض الهيدروكلوريك المخفف لقليل من عينة الملح الصلب يتصاعد غاز ثاني أكسيد النتروجين ذو اللون البني .

التجارب المميزة :

أ / عند إضافة نقاط من محلول بيرمنجنات البوتاسيوم المحمضة لمحلول النتريت ينزاح لون البيرمنجنات .

ب / محلول النتريت يتخذ المحلول لوناً بنياً بإضافة محلول كبريتات الحديد(II) وبضع قطرات من حمض الكبريتيك المركز :

$$2NaNO_2+H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4+2HNO_2$$

$$3HNO_2 \rightarrow HNO_3+H_2O+2NO$$

$$FeSO_4+NO \rightarrow FeSO_4.NO$$

تابع الكشف عن شقوق المجموعة الأولي

السيانيد CN^-:

السيانيدات سامة جدا ومميتة ويجب الحذر الشديد عند التعامل معها .

الكشف الرئيس :

عند تسخين السيانيد مع حمض الهيدروكلوريك المخفف يتصاعد غاز HCN الذي يكشف عنه بواسطة محلول من كبريتيد الأمونيوم الأصفر مع تحميض الناتج ثم إضافة محلول كلوريد الحديد (III) من يتكون معقد أحمر اللون.

التجارب المميزة :

السيانيد CN^- عند إضافة قليل من هيدروكسيد الصوديوم لمحلول من كبريتات الحديد(II) والتسخين للغليان ثم إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى أن يصبح حمضياً وإضافة قليل من كلوريد الحديد(III) فإنه يظهر لون أزرق يسمى بالأزرق البروسي وقد يحدث راسب أزرق إذا كان المحلول مركزاً $KFe[Fe(CN)_6]$:

$$FeSO_4+2NaOH+6KCN+FeCl_3 \rightarrow KFe[Fe(CN)_6]+3KCl+Na_2SO_4+2KOH$$

السيانات CNO^- أما : مع حمض الهيدروكلوريك المخفف يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون محلول السيانات لايتكون راسب مع كلوريد الباريوم(خلافاً للكربونات) .

الكشف عن شقوق المجموعة الثانية
مجموعة حمض الكبريتيك المركز

- تضم هذه المجموعة الشقوق
- الكلوريد Cl^- :
- الكشف الرئيس :
- عند إضافة قليل من حمض الكبريتيك المركز إلي قليل من عينة الكلوريد الصلب يتصاعد غاز كلوريد الهيدروجين العديم اللون ذو رائحة خانقة . كيميائيا يعطي سحب بيضاء مع هيدروكسيد الامونيوم كما يغير تباع الشمس الأزرق للون الاحمر .
- التجارب المميزة :
- أ / عند إضافة قليل من محلول خلات الرصاص لمحلول عينة الكلوريد يتكون راسب أبيض من كلوريد الرصاص والذي يذوب في الماء الساخن ويرجع مرة أخري بالتبريد .
- ب / عند إضافة محلول نترات الفضة لمحلول الكلوريد : يتكون راسب أبيض من كلوريد الفضة والذي يتحول إلى اللون البنفسجي لتعرضه للضوء:
- $NaCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3$ ق التالية :

- البروهيد Br^- :
- الكشف الرئيس :
- عند إضافة قليل من حمض الكبريتيك المركز إلي قليل من عينة البروميد الصلب تتصاعد أبخرة البروم ذات اللون البني ويتلون الناتج باللون الأحمر البني . أبخرة البروم تغير لون ورقة مبللة بالنشاء للون البرتقالي .
- التجارب المميزة :
- أ / عند إضافة قليل من محلول نترات الفضة لمحلول عينة البروميد يتكون راسب أبيض مصفر من بروميد الفضة AgBr .
- ب / إذا رجّ محلول ملح البروميد مع ماء الكلور في وجود قليل من الكلوروفورم تتلون طبقة الكلوروفورم السفلية بلون أصفر نتيجة لإنطلاق البروم الذي يذوب في طبقة الكلوروفورم:
- $2KBr + Cl_2 \rightarrow 2KCl + Br_2\uparrow$
- اليوديد I^- :
- الكشف الرئيس :
- عند إضافة قليل من حمض الكبريتيك المركز إلي قليل من عينة اليوديد الصلب تتصاعد أبخرة اليود ذات اللون البنفسجي والتي تغير لون ورقة مبللة بالنشاء للون الأزرق .
- التجارب المميزة :
- أ / عند إضافة قليل من محلول نترات الفضة لمحلول عينة اليوديد يتكون راسب أصفر من يوديدالفضة AgI .
- إذا رجّ محلول ملح اليوديد مع ماء الكلور في وجود قليل من الكلوروفورم تتلون طبقة الكلوروفورم باللون البنفسجي نتيجة لإنطلاق اليود وذوبانه في الكلوروفورم: $2KI + Cl_2 \rightarrow 2KCl + I_2\uparrow$

تابع الكشف عن شقوق المجموعة الثانية .

- النترات NO_3^- :
- الكشف الرئيس :
- عند إضافة قليل من حمض الكبريتيك المركز لعينة الملح الصلب علي البارد لايتصاعد غاز ، بإضافة برادة نحاس مع التسخين يتصاعد غاز ثاني أكسيد النتروجين ذو اللون البني كشف الحلقة السمراء :
- يجري كشف الحلقة السمراء بإضافة 1سم من محلول الملح وكمية زائدة من كبريتات الحديد(II) حديثة التحضير في أنبوبة إختبار ثم يسكب علي الخليط حوالي 1 $سم^3$ من حمض الكبريتيك المركز (بإحتراس على جدران الأنبوبة) تتكون حلقة سمراء بنية على سطح الانفصال بين الحمض والمحلول
- $2KNO_3+6FeSO_4+4H_2SO_4 \rightarrow 3Fe(SO_4)_3+K_2SO_4+4H_2O+2NO$
- $FeSO_4+NO \rightarrow FeSO_4.NO$

الكشف عن شقوق المجموعة العامة (المجموعة الثالثة) .

- هذه المجموعة لا تتاثر شقوقها بصورة مرئية بالأحماض ويكشف عنها بواسطة محلول كلوريد الباريوم وهو الكاشف الرئيس لشقوقها ويضاف لمحلول العينة . أدناه توضيح لطريقة الكشف لشقوق هذه المجموعة التي تضم الشقوق التالية :.
- الكبريتات SO_4^{-2} :
- الكشف الرئيس :
- عند إضافة قليل من محلول كلوريد الباريوم لقليل من محلول العينة يتكون راسب أبيض من كبريتات الباريوم لايذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف .
- التجارب المميزة :
- أ / عند إضافة قليل من محلول خلات الرصاص لقليل من محلول العينة يتكون راسب أبيض من كبريتات الرصاص $PbSO_4$.
- ب / عند إضافة قليل من محلول خلات الرصاص إلى محلول الكبريتات يتكون راسب أبيض من كبريتات الرصاص $PbSO_4$ يذوب في محلول مركز جداً من خلات الأمونيوم لتكوين خلات الرصاص:
- $Na_2SO_4+Pb(CH_3COO)_2 \rightarrow PbSO_4+2NaAc$

تابع الكشف عن شقوق المجموعة العامة .

- الفوسفات PO_4^{-3} :
- الكشف الرئيس :
- عند إضافة قليل من محلول كلوريد الباريوم لقليل من محلول العينة يتكون راسب أبيض من فوسفات الباريوم يذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف ولا يذوب في مزيد من الكاشف .
- .التجارب المميزة :
- أ / عند إضافة قليل من محلول نترات الفضة لقليل من محلول الفوسفات يتكون راسب أصفر من فوسفات الفضة Ag_3PO_4 :
- ب / عند إضافة مخلوط المغنيسيا (كلوريد المغنيسيوم وهيدروكسيد الأمونيوم وكلوريدالأمونيوم) إلى محلول الفوسفات يتكون راسب أبيض من فوسفات المغنيسيوم والامونيوم يذوب في حمض الخليك والأحماض المعدنية:
- $Na_2HPO_4+MgSO_4+NH_3 \rightarrow Mg(NH_4)PO_4+Na_2SO_4$

تابع الكشف عن شقوق المجموعة العامة .

- الكشف الرئيس :
- البورات : $B_4O_7^{-2}$
- عند إضافة قليل من محلول كلوريد الباريوم لقليل من محلول العينة يتكون راسب أبيض من بورات الباريوم يذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف كما يذوب في مزيد من الكاشف(للتميز عن الكبريتات والفوسفات) .
- .التجارب المميزة :
- أ / عند إضافة قليل من محلول نترات الفضة لقليل من محلول العينة يتكون راسب أبيض من بورات الفضة
- ب / كشف اللهب : يوضع قليل من المادة الصلبة في جفنه ثم يضاف إليها بضع قطرات من حمض الكبريتيك المركز ثم يضع سنتمترات من الكحول الايثيلي , يقلب المخلوط جيداً بقضيب زجاجي ثم يشعل الكحول فيظهر لهب ذو حافة خضراء لتكوين أبخرة بورات الايثيل $B(OC_2H_5)_3$ شديدة الاشتعال.
- الزرنيخات : يتكون راسب اصفر من كبريتيد الزرنيخ عند إضافة كبريتيد الهيدروجين وحمض الهيدروكلوريك المركز إلى محلول الملح :
- $2H_3AsO_4+5H_2S \rightarrow As_2S_5+8H_2O$

الإتزان الكيميائى Chemical Equilibrium

- مقدمة :
- معظم التفاعلات الكيميائية المتبعة في التحليل الوصفي أو النوعي أيونية وتحدث في المحاليل المائية وهي سريعة وإكتمالها يعتمد علي طبيعة المواد المتفاعلة والظروف الخارجية .
- يعتمد التحليل الوصفي من الناحية النظرية علي أن جميع التفاعلات العكسية تسير بإتجاهين متضادين حتي تصل لحالة الإتزان تحت نفس الظروف الفيزيائية . يشار بالرمز للتفاعلات المتزنة :
- $NH_3 + H_2O$ $OH^- + NH_4^+$
- في هذا التفاعل تصبح النواتج والمتفاعلات موجودة بإستمرار في الخليطحتي يصبح معدل سير التفاعل الامامي مساوي لمعدل سير التفاعل الإنعكاسي . هناك عوامل تؤثر في معدل سير التفاعل الكيميائي منها :
- أ / درجة الحرارة :
- بصورة عامة تزداد سعة التفاعل الكيميائي بإزدياد درجة الحرارة . نلاحظ ان إرتفاع درجة الحرارة يزيد من سرعة التفاعلات الماصة للحرارة بينما يقلل من التفاعلات الطاردة للحرارة .
- ب / التغير في تركيز المواد المتفاعلة :
- الزيادة في تركيز المواد المتفاعلة تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي .
- ج / المواد الحفازه :
- العامل الحفاز عبارة عن مادة تضاف الي مواد متفاعلة فتحدث تغير في معدل سير التفاعل بينما تبقي هي دون أن يطرأ عليها تغير عند إنتهاء التفاعل .

تابع الإتزان الكيميائي

- قانون فعل الكتلة (Law of Mass Action):
- ينص قانون فعل الكتلة على أن " معدل سرعة التفاعل الكيميائي تتناسب تناسبا طردياً مع حاصل ضرب تراكيز المواد الداخلة في التفاعل كل مرفوع لقوة تساوي عدد الجزيئات أو الايونات الظاهرة في المعادلة المتزنة .
- في التفاعل :
- $aA + bB \leftrightarrows cC + dD$
- سرعة التفاعل الطردي (من الشمال إلى اليمين) تمثل بالمعادلة :
- $R_f = K_1 [A]^a [B]^b$
- سرعة التفاعل العكسي (من اليمين إلى الشمال) تمثل بالمعادلة :
- $R_b = K_2 [C]^c [D]^d$
- K_1 , K_2 هما ثابتي السرعة للتفاعل الطردي والعكسي على التوالي , القوس المربع [ ] يمثل الكتلة الفعالة.

- عند بلوغ حالة الإتزان تتساوى سرعتي التفاعل الطردي والتفاعل العكسي :
- $K_1 [A]^a [B]^b = K_2 [C]^c [D]^d$
- أي أن :
- $K_1 = [C]^c [D]^d$
- $K_2 [A]^a [B]^b$
- $K_c = [C]^c [D]^d$
- $[A]^a [B]^b$
- يسمى الثابت K_c بثابت الإتزان للتفاعل والمعادلة الأخيرة هي النص الرياضي لقانون فعل الكتلة.

تابع الإتزان الكيميائي

- المواد شحيحة الذوبان :
- حاصل الإذابة (solubility product) :
- عند إذابة ملح شحيح الذوبان مثل AgCl في الماء تحدث حالة الإتزان الآتية في المحلول :
- $AgCl\ (solid) \leftrightarrows Ag^{+} + Cl^{-}$
- وبتطبيق قانون فعل الكتلة :
- $[Ag^{+}]\ [Cl^{-}]$
- $[AgCl]$
- ولكن تركيز كلوريد الفضة الصلب [AgCl] يعتبر مقدار ثابت حيث ان حالة الإتزان لا تعتمد على كمية كلوريد الفضة الصلب في المحلول ويكون : $K_{sp} = [Ag^{+}]\ [Cl^{-}]$
- ويسمى الثابت K_{sp} بحاصل الإذابة. تنص المعادلة الأخيرة انه في محلول مشبع لكلوريد الفضة يكون حاصل ضرب التركيز المولي لأيونات الفضة وأيونات الكلوريد مساوياً مقداراً ثابتاً.
- إذا كان جزيء المادة الشحيحة الذوبان يعطي أكثر من أيون من نفس النوع فإن تركيز هذا الأيون يرفع إلى أس مساوٍ لعدد الأيونات :
- $Ag_2S\ (solid) \leftrightarrows 2Ag^{+} + S^{--}$ $K_{sp} = [Ag^{+}]^{2}[S^{--}]^{1}$
- في حالة المركب :
- $Mx\ Ay\ (solid) \leftrightarrows x\ M^{++} + y\ A^{-}$
- $K_{sp} = [M^{++}]^{x}[A^{-}]^{y}$
- هذه المعادلة هي النص الرياضي لحاصل الإذابة.

تابع الإتزان الكيميائي

- تتمثل أهمية حاصل الإذابة في أنه مقياس لمدي ذوبانية المركبات الكيميائية كما يستفاد منه في التحليل الوصفي عن طريق ترسيب شقوق المجموعات المختلفة.حاصل الإذابة :
- الأمثلة التالية توضح التعبير رياضيا لحساب حاصل الإذابة K_{sp}
- في حالة كلوريد الفضة :
- $AgCl \leftrightarrows Ag^{+} + Cl^{-}$
- $S \quad S \quad S$
- $[Ag^{+}] = S \, , \, [Cl^{-}] = S$
- $K_{sp} = [Ag^{+}]\,[Cl^{-}] = S \times S = S^{2}$

تابع حسابات حاصل الإذابة

- في حالة كبريتيات الباريوم :
- $BaSO_4 \leftrightarrows Ba^{++} + SO_4^{--}$
- S S S
- $K_{sp} = [Ba^{++}]\,[SO_4^{--}] = S \times S = S^2$

في حالة فلوريد الكالسيوم :

- $CaF_2 \leftrightarrows Ca^{++} + 2F^-$
- S S 2S
- $K_{sp} = [Ca^{++}]\,[F^-]^2 = S \times (2S)^2 = 4S^3$

تابع حاصل الإذابة

- قاعدة هامة :
- * إذا كان حاصل ضرب التركيز المولاري للأيونات [ ] [ ] أقل من قيمة حاصل الإذابة Ksp لا يحدث ترسيب ويسمي المحلول بالمحلول غير المشبع .
- * إذا كان حاصل ضرب التركيز المولاري للأيونات [ ] [ ] أكبر من قيمة حاصل الإذابة Ksp يحدث ترسيب ويسمي المحلول بالمحلول فوق المشبع .
- * إذا كان حاصل ضرب التركيز المولاري للأيونات [ ] [ ] يساوي قيمة حاصل الإذابة Ksp لا يحدث ترسيب ويسمي المحلول بالمحلول المشبع .
- العوامل التي تؤثر علي قيمة ثابت حاصل الإذابة Ksp :
- أ / تاثير الأيون المشترك .
- ب / درجة الحرارة .
- ج / الرقم الهيدروجيني .
- د / طبيعة المذيب .

الإلكتروليتات

- الالكتروليتات واللاإلكتروليتات :
- المركبات الايونية تتأين في الوسط المائي لكاتيونات وآنيونات وتسمي بذلك إلكتروليتات
- وهي نوعان :
- أ / الإلكتروليتات القوية هي التي تتاين بدرجة كبيرة جدا ولها درجة توصيل عالية .من أمثلتها الأحماض الغير عضوية مثل حمض الهيدروكلوريك HCl والقواعد القوية مثل هيدروكسيد NaOH .
- ب / الالكتروليتات الضعيفة هي التي تتأين بدرجة صغيرة في محاليلها ومن أمثلتهاالأحماض الضعيفة مثل حمض الخليك , H_2S , والقلويات الضعيفة NH_4OH
- تأين الأحماض عديدة القاعدية:
- حمض الخليك HAc هو حمض أحادي القاعدية
- H_2S هو حمض ثنائي القاعدية
- في حالة الأحماض عديدة القاعدية يحدث التأين على خطوات . فمثلاً يتأين H_2S على خطوتين :
- $H_2S \leftrightarrows H^+ + HS^-$
- $HS^- \leftrightarrows H^+ + S^{--}$
- في جميع الأحماض عديدة القاعدية تقل درجة التأين في كل خطوة عن الخطوة السابقة ويكون هناك ثابت تأين لكل خطوة

تأثير الأيون المشترك

- تأثير الأيون المشترك:
- جزيئات الأحماض الضعيفة او القواعد الضعيفة تكون في حالة إتزان مع ايوناتها في المحاليل .
- يقل تأين الحمض أو القاعدة الضعيفة بإضافة الكتروليت قوي له أيون مشترك.
- بالنسبة لحمض الخليك :
- $HAc \leftrightarrows H^+ + Ac^-$
-
- $[HAc] \qquad [H^+]\ [Ac^-]$
-
- ثابت التأين K_a له قيمة ثابتة إذا زاد تركيز أحد الأيونات في المحلول فإنه لحفظ الإتزان يجب أن يقل تركيز الأيون الآخر ويكون ذلك بعكس تأين الحمض , فإذا أضيف حمض قوي مثل HCl إلى حمض الخليك يزداد تركيز أيون الهيدروجين وهو ايون مشترك وبالتالي يكون :

-
- $$\frac{[H^+]\ [Ac^-]}{[HAc]}$$
- ولحفظ الإتزان (لتبقى قيمة K_a مساوية لمقدار ثابت) فإن التفاعل يسري ناحية اليسار أي يقل تأين الحمض فيقل تركيز Ac^- عما كانت عليه في بادئ الأمر
-
- $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$
- $HAc \leftrightarrows H^+ + Ac^-$
- تأثير أيون مشترك
-

تابع تأثير الأيون المشترك

- مثال آخر :
-
- $NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$
- $NH_4OH \leftrightarrows NH_4^+ + OH^-$
- تأثير أيون مشترك
-
- عليه نلاحظ أن تاثير الأيون المشترك يحدث عموما عند إضافة محلول إلكتروليت قوي لمحلول أي إلكتروليت ضعيف يحتوي أيون مشترك .

تطبيقات حاصل الإذابة والأيون المشترك في فصل المجموعات التحليلية(التحليل الوصفي):

تطبيقات حاصل الإذابة والأيون المشترك في فصل المجموعات التحليلية(التحليل الوصفي):

- لحاصل الإذابة أهمية كبيرة في الكيمياء التحليلية فهو يستخدم في التحليل الكيفي لفصل أيونات المعادن عن بعضها :
- ترسيب كبريتيدات المجموعة الثالثة والرابعة:
- تترسب كبريتيدات المجموعة الثانية (Sb , Cu ,Bi,Cd , Hg^{++} , Sb , As) في وجود حمض الهديروكلوريك المخفف بينما تترسب كبريتيدات المجموعة الرابعة (Zn,Mn,Co,Ni) فقط في وجود قاعدة (هيدروكسيد الأمونيوم).
عند إمرار غاز H_2S في محاليل الأملاح المختلفة فإن ترسيب الكبريتيد يحدث فقط عندما يزيد حاصل ضرب تركيز الأيونات $[S^{--}]$ $[M^{++}]$ عن حاصل إذابة الكبريتيد K_{SP}.حاصل إذابة المجموعة الثانية صغير بينما حاصل الإذابة لكبريتيدات المجموعة الرابعة كبير.
- $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$
- $H_2S \leftrightarrows 2H^+ + S^{--}$

- وجود الحمض يقلل من تأين H_2S بفعل الأيون المشترك بحيث يبقى عديد قليل من أيونات S^{--}في المحلول وبذلك تكفي لترسيب كبريتيدات المجموعة الثانية فقط ذات حاصل الإذابة الصغير ولاتترسب كبريتيدات المجموعة الرابعة ذات حاصل الإذابة الكبير.
في وجود هيدروكسيد الأمونيوم فإن أيونات الهيدروكسيل تتحد مع أيونات الهيدروجين الناتجة من تأين H_2S ويزداد تركيز S^{--}في المحلول وبذلك تكفي لترسيب كبريتيدات المجموعة الرابعة ذات حاصل الإذابة الكبير.

تابع تطبيقات حاصل الإذابة

- ترسيب هيدروكسيدات المجموعة الثالثة:
-
- حاصل الإذابة لهيدروكسيدات المجموعة الثالثة (Fe,Al,Cr) صغير بينما حاصل الإذابة لهيدروكسيدات المجموعة الرابعة (Zn,Mn,Co,Ni) كبير, هيدروكسيد الأمونيوم قاعدة ضعيفة , وجود كلوريد الامونيوم قوي التأين يقلل من تأين NH_4OH بفعل الأيون المشترك:
-
- $NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$
- $NH_4OH \leftrightarrows NH_4^+ + OH^-$

- وبذلك ينقص تركيز أيونات الهيدروكسيل في المحلول ويكفي فقط لترسيب هيدروكسيدات المجموعة الثالثة ذات حاصل الإذابة الصغير بينما لاتكفي لترسيب هيدروكسيدات المجموعة الرابعة ذات حاصل الإذابة الكبير

(الأس الهيدروجيني) (pH) :

- (الأس الهيدروجيني) (pH) :
- هو مقياس لحمضية أو قاعدية محلول ما و pH المحلول هي الطريقة الملائمة للتعبير عن تركيز أيونات الهيدرونيوم $[H_3O^+]$ في المحلول لتجنب استعمال الأسس السالبة الكبيرة , وتعرف pH المحلول رياضيا كما يلي :
- $pH = -\log [H_3O^+]$
- إن المعدل الإعتيادي المهم لمعظم التجارب هي من صفر(بناءاً على 1 مولاري لمحلول أيونات $[H_3O^+]$) إلى 14 (بناءاً على 1 مولاري لمحلول أيونات OH^-) وللإختصار يكتب :
- $H = -\log [H^+]$
- نفس الشيء :$OH = -\log [OH^-]$
- ولأن :
- $K_w = [OH^-]\,[H^+] = 10^{-14}$
- $pH + pOH = 14$:.
- وعلى ذلك فالمحلول متعادل $pH = 7$
- وقاعدي $pH > 7$
- وحامضي $pH < 7$

المحلول المنظم

- المحلول المنظم هو محلول يقاوم التغيير في الرقم الهيدروجيني عند إضافة كمية صغيرة من حمض قوي أو قاعدة قوية , الرقم الهيدروجيني للماء النقي 7 , عند إضافة 1 سم^3 من محلول (0.1) عياري من حمض الهيدروكلوريك إلى لتر من الماء يصبح الرقم الهيدروجيني للمحلول 4 أي أن الرقم الهيدروجيني متغير من 7 إلى 4 ولذلك فإن الماء لايعتبر محلول منظم.
- يتكون المحلول المنظم من حمض ضعيف واحد أملاحه مثل حمض الخليك وخلات الصوديوم , أو من قاعدة ضعيفة وأحد أملاحها مثل هيدروكسيد الامونيوم وكلوريد الامونيوم.
- نفرض محلول منظم مكون من حمض خليك وخلات الصوديوم :
- $CH_3COOH \leftrightarrows CH_3COO^- + H^+$
-
- $CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$
-
- عند إضافة كمية قليلة من أيونات الهيدروجين إلى هذا المحلول تتحد ايونات الهيدروجين المضافة مع أيونات الخلات مكونةً جزيئات غير متأينة من حمض الخليك (فعل الأيون المشترك) ويبقى الرقم الهيدروجيني ثابتاً
-
- $H^+ + CH_3COO^- \leftrightarrows CH_3COOH$

تابع المحلول المنظم

- وبالمثل عند إضافة كمية قليلة من أيونات الهيدروكسيل تتحد هذه الأيونات مع أيونات الهيدروجين الناتجة من حمض الخليك مكونة جزيئات ماء غير متأينة ويختل التوزان ويتأين جزء من حمض الخليك معطياً أيونات هيدروجين بدلاً من تلك التي تحولت إلى ماء وتكون النتيجة بقاء الرقم الهيدروجيني ثابتاً.
- لحساب الرقم الهيدروجيني لمحلول منظم من حمض الخليك وخلات الصوديوم نفرض ان تركيز الحمض C_aوتركيز الملح C_sمول في اللتر.
- يتأين حمض الخليك حسب المعادلة :
- $CH_3COOH \leftrightarrows CH_3COO^- + H^+$
- (1)
- $K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{C_a}$
- تتأين خلات الصوديوم (تأين تام) حسب المعادلة :
- $CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$
- $pH = pK_a + \log [salt]$

تميؤ الأملاح (Hydrolysis of Salts) :

- التميؤ هو عبارة عن تفاعل الانيون أو الكاتيون الناتج من الملح مع الماء لينتج عنه حمض او قاعدة.
- تقسم الأملاح حسب قوة الحمض أو القاعدة المشتق منهم الملح إلى :
- ملح مشتق من حمض قوي وقاعدة ضعيفة مثل NH_4Cl ويكون محلوله في الماء حمضياً.
- ملح مشتق من حمض ضعيف وقاعدة قوية مثل CH_3COONa ويكون محلوله في الماء قلوياً.
- ملح مشتق من حمض ضعيف وقاعدة ضعيفة مثل خلات الامونيوم $CH_3COONH_4^+$ ويكون محلوله في الماء متعادلاً تقريباً.
- ملح مشتق من حمض قوي وقاعدة قوية مثل NaCl ويكون محلوله في الماء متعادلاً.

الكشف عن الشقوق القاعدية

- تقسم الفلزات الشائعة لتسهيل الكشف عليها إلى ست مجموعات تحليلية ويعتمد هذا التقسيم على إختلاف ذوبان أملاح هذه الفلزات في الماء فمثلاً لا تذوب كلوريدات المجموعة الأولى في الماء وبذلك يسهل ترسيبها وفصلها عن المجموعات الأخرى على هيئة كلوريدات وكذلك تترسب المجموعة الثانية على هيئة كبريتيدات في وسط حمضي والمجموعة الثالثة على هيئة هيدروكسيدات والمجموعة الرابعة على هيئة كبريتيدات في وسط قلوي والمجموعة الخامسة على هيئة كربونات, أما المجموعة السادسة فليس لها كاشف معين ويمكن الكشف على كل فرد من أفرادها على إنفراد .
- يسمى المحلول أو المحاليل التي تستعمل في ترسيب أفراد المجموعة الواحدة بكاشف المجموعة , فمثلاً تترسب كلوريدات المجموعة الأولى بواسطة حمض الهيدروكلوريك المخفف ويشترط عند إختيار كاشف معين لكاتيون معين أن تكون قيمة حاصل الإذابة KSP للملح الناتج من إتحاد الكاتيون مع الكاشف صغيرة جدا أي يكون شحيح الزوبان في الماء . الجدول التالي يوضح تقسيم الفلزات الشائعة إلى المجموعات التحليلية الستة :

المجموعة	كاشف المجموعة	الشقوق القاعدية	صورة الترسيب
الأولى	Dil. HCl	زئبق (I) Hg_2^{++} أو Hg^{+} رصاص Pb^{2+} فضة Ag^{+}	كلوريدات
الثانية	Dil. HCl + H_2S	أ - زئبق (II) Hg^{2+} نحاس (II) Cu^{2+} بزموث (III) Bi^{3+} كادميوم Cd^{2+} ب – زرنيخ $As^{3+,5+}$ انتمون $Sb^{3+,\ 5+}$ قصدير $Sn^{2+,\ 4+}$	كبريتيدات
الثالثة	NH_4Cl+NH_4OH	حديد $Fe^{2+,\ Fe\ 3+}$ كروم Cr^{3+} الومنيوم Al^{3+}	هيدروكسيدات
الرابعة	NH_4Cl+NH_4OH $+H_2S$	خار صين Zn^{2+} منجنيز Mn^{2+} نيكل Ni^{2+} كوبالت Co^{2+}	كبريتيدات
الخامسة	NH_4Cl+NH_4OH $+(NH_4)_2CO_3$	كالسيوم Ca^{2+} باريوم Ba^{2+} استرنشيوم Sr^{2+}	كربونات
السادسة	ليس لها كاشف معين	امونيوم NH_4^{+} مغنيسيوم Mg^{2+} بوتاسيوم K^{+} صوديوم Na^{+}	

إعداد المحلول

- **إعداد المحلول للتحليل :**
-
- يكشف عن الشق القاعدي في المحلول وذلك لأن هذه الفلزات لا تتفاعل إلا اذا كانت على هيئة أيونات ولذلك يذاب الملح أولاً في الماء المقطرالبارد أو الساخن ثم يبرد بعد ذلك وإذا لم يذب فتجرى المحاولة في أحد المذيبات الآتية:
- حمض الهيدروكلوريك المخفف بارد ثم ساخن
- حمض الهيدروكلوريك المركز بارد ثم ساخن
- حمض نتريك مخفف بارد ثم ساخن
- حمض نتريك مركز بارد ثم ساخن
- الماء الملكى ويتكون من حمض الهيدروكلوريك والنتريك المركزين بنسبة (3 : 1) للحجوم
- الإذابة بالصهر
-

الكشف عن شق الأمونيوم

- **الكشف عن شق الأمونيوم قبل البدء في التحليل التسلسلي**
-
- يجب الاحتفاظ بجزء من الصلب للكشف عن شق الامونيوم في المجموعة السادسة وذلك بتسخين الملح مع هيدروكسيد الصوديوم ثم الكشف عن النشادر المتصاعد :
- $NH_4Cl+NaOH \rightarrow NaCl + H_2O + NH_3$
- أ) الرائحة المميزة
- ب) ورقة تباع الشمس الحمراء تصبح زرقاء
- ج) الورقة المبللة بنترات الزئبق (II) تصبح سوداء نتيجة لتكون المخلوط ($Hg+Hg(NH_2)NO_3$)
- د) تكوين سحب بيضاء من كلوريد الامونيوم عند تعريض ساق مبللة بحمض الهيدروكلوريك المركز:
- $NH_3+HCl \rightarrow NH_4Cl\downarrow$

- ولتأكيد وجود شق الامونيوم :
- محلول الملح + محلول نسلر $K_2[Hg\ I_4]$ يتكون راسب بني مصفر:
- $NH_4^+ + 2\ K_2HgI_4 \rightarrow Hg_2NH_2I_3 + 4KI + HI + H^+$
-
- محلول الملح + محلول كوبالتى نتريت الصوديوم يتكون راسب أصفر:
- $3NH_4^+ + Na_3[Co(NO_2)_6] \rightarrow (NH_4)_3[Co(NO_2)_6] + 3Na^+$
-

بعض الإحتياطات

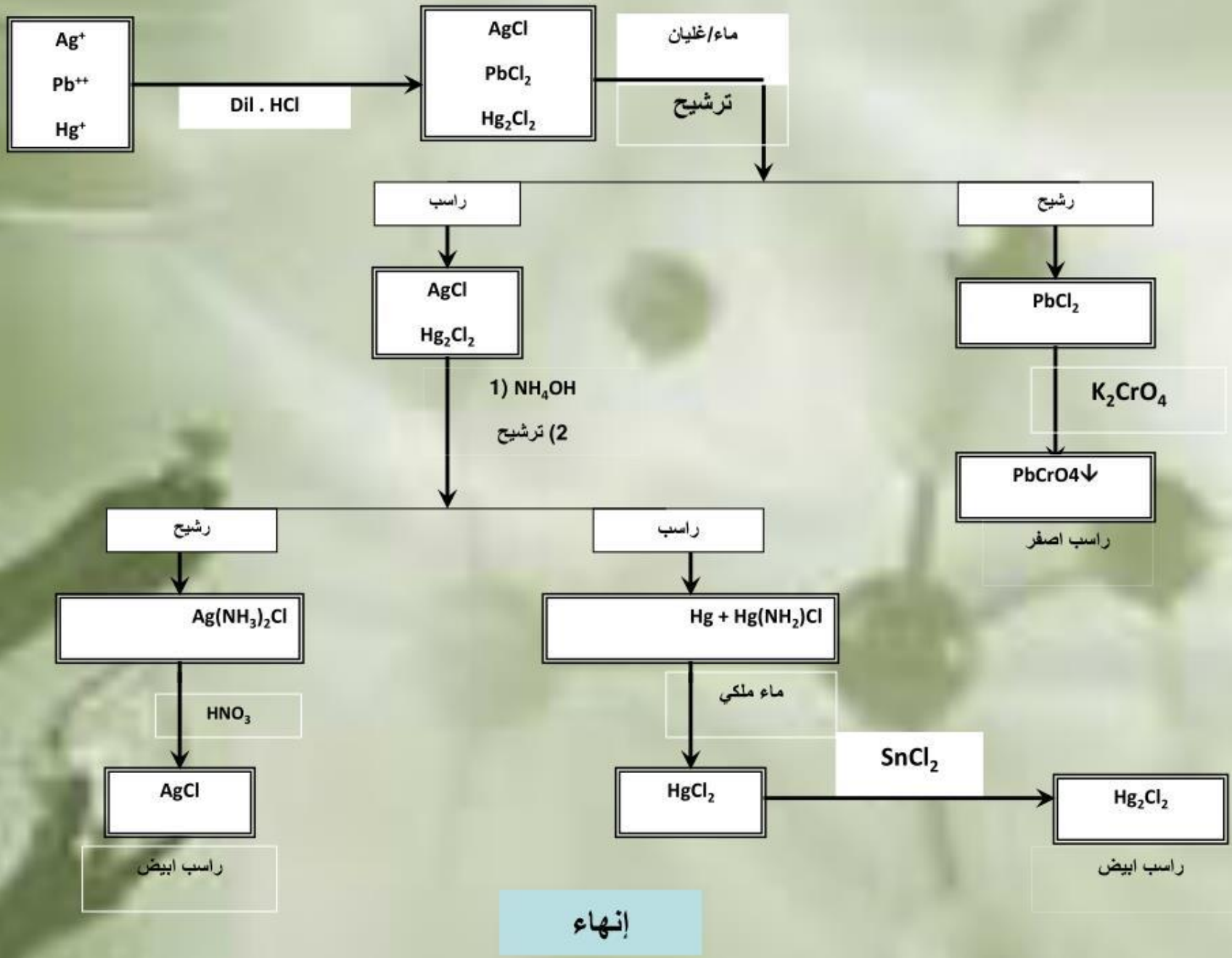
- <u>الكشف عن شق الأمونيوم قبل البدء فى التحليل التسلسلى</u>
- يجب الاحتفاظ بجزء من الصلب للكشف عن شق الامونيوم في المجموعة السادسة وذلك بتسخين الملح مع هيدروكسيد الصوديوم ثم الكشف عن النشادر المتصاعد :
- $NH_4Cl+NaOH \rightarrow NaCl + H_2O + NH_3$
- أ) الرائحة المميزة
- ب) ورقة تباع الشمس الحمراء تصبح زرقاء
- ج) الورقة المبللة بنترات الزئبق (II) تصبح سوداء نتيجة لتكون المخلوط ($Hg+Hg(NH_2)NO_3$)
- د) تكوين سحب بيضاء من كلوريد الامونيوم عند تعريض ساق مبللة بحمض الهيدروكلوريك المركز:
- $NH_3+HCl \rightarrow NH_4Cl\downarrow$
- ولتأكيد وجود شق الامونيوم :
- محلول الملح + محلول نسلر $K_2[Hg\ I_4]$ يتكون راسب بني مصفر:
- $NH_4^+ + 2\ K_2HgI_4 \rightarrow Hg_2NH_2I_3 + 4KI + HI + H^+$
- محلول الملح + محلول كوبالتى نتريت الصوديوم يتكون راسب أصفر:
- $3NH_4^+ + Na_3[Co(NO_2)_6] \rightarrow (NH_4)_3[Co(NO_2)_6] + 3Na^+$
-

الكشف عن أيونات الفلزات

- **الكشف عن شق الأمونيوم قبل البدء في التحليل التسلسلي**
-
- يجب الاحتفاظ بجزء من الصلب للكشف عن شق الامونيوم في المجموعة السادسة وذلك بتسخين الملح مع هيدروكسيد الصوديوم ثم الكشف عن النشادر المتصاعد :
- $NH_4Cl+NaOH \rightarrow NaCl + H_2O + NH_3$
- أ) الرائحة المميزة
- ب) ورقة تباع الشمس الحمراء تصبح زرقاء
- ج) الورقة المبللة بنترات الزئبق (II) تصبح سوداء نتيجة لتكون المخلوط ($Hg+Hg(NH_2)NO_3$)
- د) تكوين سحب بيضاء من كلوريد الامونيوم عند تعريض ساق مبللة بحمض الهيدروكلوريك المركز:
- $NH_3+HCl \rightarrow NH_4Cl\downarrow$
- ولتأكيد وجود شق الامونيوم :
- محلول الملح + محلول نسلر $K_2[Hg\ I_4]$ يتكون راسب بني مصفر:
- $NH_4^+ + 2\ K_2HgI_4 \rightarrow Hg_2NH_2I_3 + 4KI + HI + H^+$
-
- محلول الملح + محلول كوبالتى نتريت الصوديوم يتكون راسب أصفر:
- $3NH_4^+ + Na_3[Co(NO_2)_6] \rightarrow (NH_4)_3[Co(NO_2)_6] + 3Na^+$
-

الكشف عن شقوق المجموعة الأولي القاعدية

- **المجموعة الأولى Group (I)**
-
- تعرف بمجموعة حمض الهيدروكلوريك وتقسم إلى أيونات الفضة Ag^{+} والرصاص Pb^{++}والزئبق Hg_2^{++} (I) وهذه الأيونات تترسب على هيئة كلوريدات لأن كلوريداتها شحيحة الذوبان في الماء ولكي نتمكن من فصل مكونات هذه المجموعة عن بعضها البعض يلزم أولاً فصلها عن بقية فلزات المجموعات التالية وذلك بترسيبها على هيئة كلوريد. فإذا أضيف حمض هيدروكلوريك مخفف أو كلوريد قابل للذوبان إلى محلول يحتوي أيونات هذه المجموعة ,حدث راسب أبيض من كلوريدات أفراد هذه المجموعة. ويمكن ان يفصل أفراد هذه المجموعة كل عن الآخر بعد ترسيبها على هيئة كلوريد يأن يؤخذ في الإعتبار الحقائق التالية:
- قابلية ذوبان كلوريد الرصاص في الماء المغلي : يمكن بذلك فصل الرصاص عن الفضة والزئبق.
- قابلية ذوبان كلوريد الفضة في محلول النشادر نتيجة لتكوين متراكب صيغته $[Ag(NH_3)_2]Cl$ ويمكن بذلك فصل الفضة عن الزئبق.
- $AgCl + 2NH_3 \rightarrow [Ag(NH_3)_2]Cl]$
- يتحول كلوريد الزئبق (I) بتأثير النشادر إلى مخلوط ذو لون اسود وهذا التحول نتيجة لتكوين امينوكلوريد الزئبق (II) وينفصل الزئبق على هيئة مسحوق دقيق أسود اللون تبعاً للمعادلة:
-
- $Hg_2Cl_2 + 2NH_4OH \rightarrow Hg + Hg(NH_2)Cl + NH_4Cl + 2H_2O$
-
-
-


Ag^+
Pb^{++}
Hg^+
Dil . HCl
AgCl
$PbCl_2$
Hg_2Cl_2
ماء/غليان
ترشيح
راسب
رشيح
AgCl
Hg_2Cl_2
$PbCl_2$
1) NH_4OH
2) ترشيح
K_2CrO_4
PbCrO4↓
راسب اصفر
رشيح
راسب
$Ag(NH_3)_2Cl$
$Hg + Hg(NH_2)Cl$
HNO_3
ماء ملكي
$SnCl_2$
AgCl
$HgCl_2$
Hg_2Cl_2
راسب ابيض
راسب ابيض
إنهاء

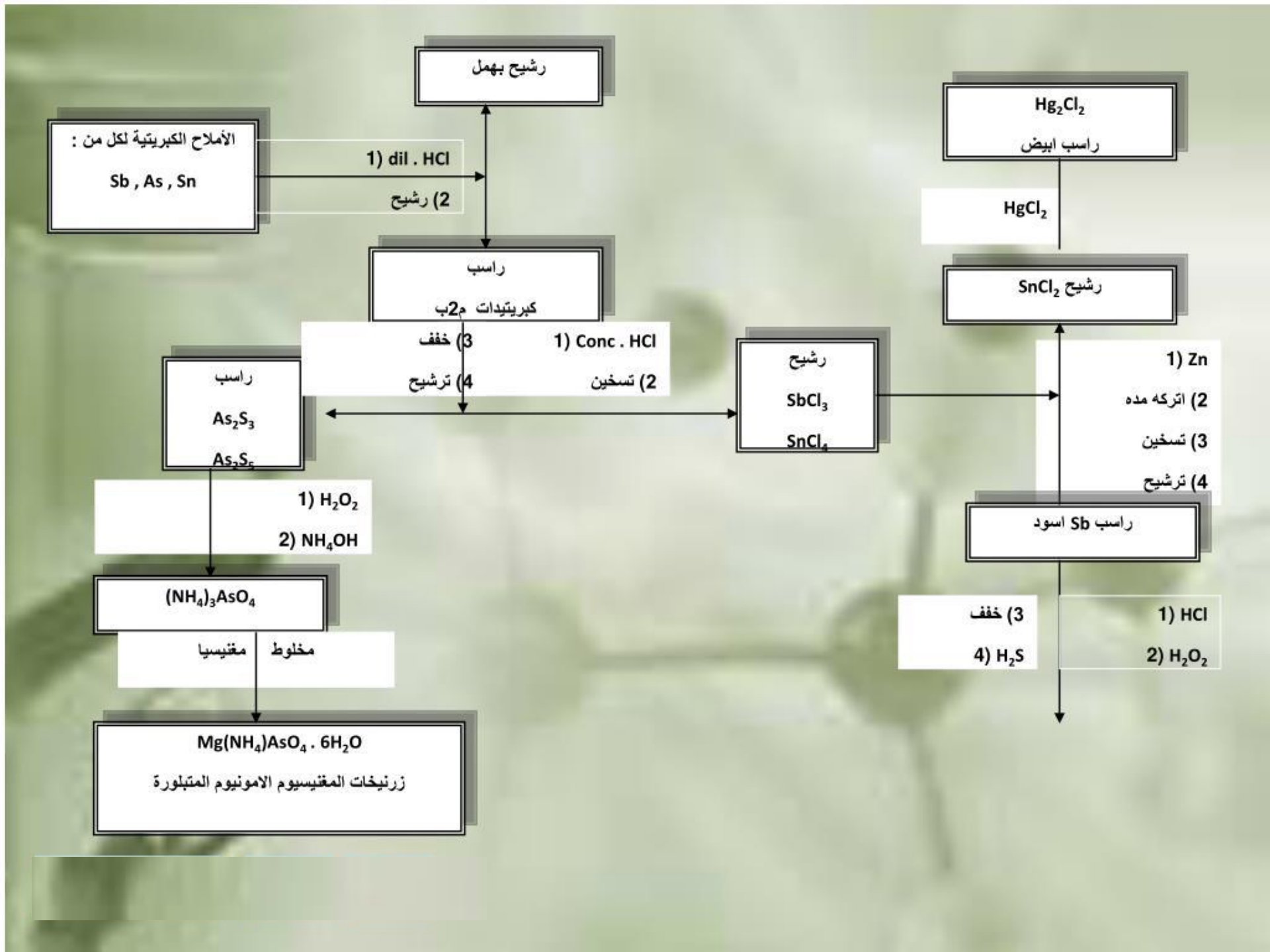
المجموعة الثانية(II) Group

- تضم هذه المجموعة عناصر تترسب على هيئة كبريتيدات بواسطة غاز H_2S الذي يمرر في المحلول المحتوي على أملاح هذه العناصر المحمضة بحمض الهيدروكلوريك المخفف وهذه العناصر هي الزئبق (Hg^{++}) (II) , البزموث (Bi^{3+}) ,النحاس (Cu^{++}) , الكادميوم (Cd^{++}) , الانتمون ($Sb^{3+,5+}$) القصدير ($Sn^{2+,4+}$) , الزرنيخ ($As^{3+,5+}$) ومن ثم فإن كاشف المجموعة هو dil HCl + H_2S gas
- **تقسيم المجموعة إلى مجموعتين فرعيتين:**
- تنقسم هذه المجموعة إلى قسمين تبعاً لذوبان الكبريتيدات في كبريتيد الامونيوم الأصفر $(NH_4)_2S$ وذلك لأن عناصر القسمين يختلفان من حيث خواصهما الفلزية أو القاعدية و الحمضية.
-
- **المجموعة الثانية (أ)** : أو مجموعة النحاس وتحتوي على مركبات الزئبق (II) والبزموث والنحاس والكادميوم (والرصاص حالة هروبه من المجموعة الأولى):
- Pb^{++} , Cd^{++} , Cu^{++} , Bi^{3+} , Hg^{++}
- وهي عناصر فلزية وكبريتيدات هذه الفلزات لا تذوب في كبريتيد الامونيوم الاصفر الساخن الا أن النحاس قد يذوب جزئياً حال وجود قليل من حمض الهيدروكلوريك ولذلك يلزم غسل الراسب غسلاً جيداً بالماء بعد ترشيحه لتخليصه من آثار الحمض.
-
- **المجموعة الثانية (ب)** : أو مجموعة الزرنيخ وتحتوي على الزرنيخ والأنتمون والقصدير وهي عناصر لافلزية وكبريتيدات هذه العناصر تذوب في كبريتيد الامونيوم الاصفر الساخن.

تابع المجموعة الثانية

- الفصل بين أفراد مجموعة النحاس (الثانية أ) :
- يحتوي الراسب المتخلف بعد معالجته بمحلول ساخن من كبريتيد الامونيوم الأصفر على :
- PbS , HgS , Bi_2S_3 , CuS ,CdS
- يعتمد الفصل بينهم على الحقائق الآتية :
- ذوبان كبريتيدات المجموعة الثانية (أ) فيما عدا كبريتيد الزئبق (II) في حمض النتريك المخفف:
- $Bi_2S_3 + 8HNO_3 \rightarrow 2Bi(NO_3)_3 + 2NO + 3S + 4H_2O$
- عدم ذوبان كبريتات الرصاص يعطي الفرصة لفصل الرصاص على هيئة الكبريتات بإضافة حمض الكبريتيك المخفف للرشيح بعد المعالجة بحمض النتريك المخفف:
- $Pb(NO_3)_2 + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4\downarrow + 2HNO_3$
- عدم ذوبان هيدروكسيد البزموث $Bi(OH)_3$ في زيادة من هيدروكسيد الأمونيوم بينما يذوب كل من هيدروكسيدي النحاس والكادميوم لتكوين أملاح متراكبة ذائبة :
- $Bi_2(SO_4)_3 + 6NH_3 + 6H_2O \rightarrow 2Bi(OH)_3\downarrow + 3(NH_4)_2SO_4$

- ذائب $CuSO_4 + 4NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_4]SO_4$
- ذائب $CdSO_4 + 4NH_3 \rightarrow [Cd(NH_3)_4]SO_4$
- لذلك فإنه من الممكن فصل البزموث عن النحاس والكادميوم.
- يمكن لقصيدريت الصوديوم Na_2SnO_2 إختزال هيدروكسيد البزموث إلى البزموث الفلزي (Bi) :
- $2Bi(OH)_3 + 3Na_2SnO_2 \rightarrow 2Bi\downarrow + 3Na_2SnO_3 + 3H_2O$
- ينحل متراكب النحاس النشادري بواسطة حمض الخليك HAc إلى كبريتات النحاس $CuSO_4$ وخلات الأمونيوم NH_4Ac وعند إضافة حديدو سيانيد البوتاسيوم يتكون راسب بني محمر يؤكد وجود النحاس:
- $Cu(NH_3)_4SO_4 + 4HAc \rightarrow CuSO_4 + 4NH_4Ac$
- $2CuSO_4 + K_4[Fe(CN)_6] \rightarrow Cu_2[Fe(CN)_6]\downarrow + 2K_2SO_4$
- في حالة عدم وجود النحاس فإنه يمكن التحقق من وجود الكادميوم وذلك بإمرار غاز H_2S في محلول المتراكب النشادري يتكون راسب اصفر من كبريتيد الكادميوم
- $Cd(NH_3)_4SO_4 + H_2S \rightarrow CdS + (NH_4)_2SO_4 + NH_3$
- عند وجود النحاس فيجب إضافة كمية وفيرة من سيانيد البوتاسيوم قبل إمرار غاز H_2S وذلك لمنع ترسيب كبريتيد النحاس (حيث يتكون متراكب سيانيدي لكل من النحاس والكادميوم ويكون متراكب النحاس أضعف في تفككه) :
-
- $K_3[Cu(CN)_4] \leftrightarrows 3K^+ + Cu(CN)_4^{---} \leftrightarrows 3K^+ + Cu^+ + 4CN^-$
-
- $K_2[Cd(CN)_4] \leftrightarrows 2K^+ + Cd(CN)_4^{--} \leftrightarrows 2K^+ + Cd^{++} + 4CN^-$
-


رشيح بهمل
الأملاح الكبريتية لكل من :
Sb , As , Sn
1) dil . HCl
2) رشيح
راسب
كبريتيدات م2ب
1) Conc . HCl
2) تسخين
3) خفف
4) ترشيح
راسب
As_2S_3
As_2S_5
رشيح
$SbCl_3$
$SnCl_4$
Hg_2Cl_2
راسب ابيض
$HgCl_2$
رشيح $SnCl_2$
1) Zn
2) اتركه مده
3) تسخين
4) ترشيح
راسب Sb اسود
1) HCl
2) H_2O_2
3) خفف
4) H_2S
1) H_2O_2
2) NH_4OH
$(NH_4)_3AsO_4$
مخلوط
مغنيسيا
$Mg(NH_4)AsO_4 . 6H_2O$
زرنيخات المغنيسيوم الامونيوم المتبلورة

تابع شقوق المجموعة الثانية

- **الفصل بين أفراد المجموعة الثانية (ب) :**
- **يعتمد الفصل بين أفراد المجموعة الثانية (ب) على الحقائق التالية :**
  - **تترسب الكبريتيدات مرة أخرى عند معالجة الرشيح (الناتج من إذابة كبريتيدات المجموعة الثانية في كبريتيد الامونيوم الأصفر الساخن) بحمض هيدروكلوريك مخفف**
  - **عدم ذوبان كبريتيد الزرنيخ في حمض الهيدروكلوريك المركز بينما يذوب كل من كبريتيد الأنتيمون والقصدير , لذلك يمكن الفصل بين الزرنيخ في الراسب والأنتيمون والقصدير في الرشيح:**
- $Sb_2S_3 + 6HCl \rightarrow 2SbCl_3 + 3H_2S$
- $SnS_2 + 4HCl \rightarrow SnCl_4 + 2H_2S$
  - **يمكن تحويل كبريتيد الزرنيخ بواسطة فوق أكسيد الهيدروجين النشادري إلى زرنيخات أمونيوم :**
- $As_2S_5+16NH_3+20H_2O_2 \rightarrow 2(NH_4)_3AsO_4+5(NH_4)_2SO_4+12H_2O$
- $As_2S_3+12NH_3+14H_2O_2 \rightarrow 2(NH_4)_3AsO_4+3(NH_4)_2SO_4+8H_2O$
  - **يمكن التحقق من وجود الزرنيخات بترسيبها في صورة الملح المتبلور من زرنيخات المغنيسيوم والأمونيوم وذلك بإضافة مخلوط المغنيسيا.**
  - **يمكن إختزال الأنتمون إلى الحالة الفلزية بواسطة الخارصين الفلزي (أو الحديد) حيث يمكن فصله و إذابته في مخلوط من $HCl + H_2O_2$ وترسيبه بعد ذلك في صورة الكبريتيد البرتقالي Sb_2S_3**

شقوق المجموعة الثالثة

- **المجموعة الثالثة Group (III)**
- تشتمل المجموعة الثالثة على كاتيونات الحديد Fe^{2+} (II), الحديد Fe^{3+} (III) , الكروم Cr^{3+} (III) والالمنيوم Al^{3+} وتترسب أفراد هذه المجموعة على هيئة الهيدروكسيد بواسطة كاشف المجموعة الذي يتكون من كلوريد الأمونيوم وهيدروكسيد الأمونيوم ($NH_4Cl + NH_4OH$) ومما هو جدير بالذكر فإن أفراد هذه المجموعة لا تترسب بأي من كاشفي المجموعة (I) , (II) والسبب في وجود كلوريد الامونيوم هو الحد من تأين هيدروكسيد الأمونيوم بفعل الأيون المشترك (NH_4^+) فيتوفر في المحلول قدر من أيونات الهيدروكسيد (OH^-) لمجرد أن يفي بترسيب هيدروكسيدات أفراد هذه المجموعة ويمنع بذلك ترسيب هيدروكسيدات كل من المنجنيز , الخارصين , الكوبلت والنيكل (المجموعة الرابعة) والماغنيسيوم (المجموعة السادسة) :
- $NH_4OH \leftrightarrows NH_4^+ + OH^-$
- $NH_4Cl \leftrightarrows NH_4^+ + Cl^-$
- يحتوي الراسب على هيدروكسيد الحديد $Fe(OH)_3$ (III) (بني محمر) وهيدروكسيد الالمنيوم $Al(OH)_3$ (أبيض جلاتيني) و هيدروكسيد الكروم $Cr(OH)_3$ (III)(أخضر مائل للزرقة) وجزءاً صغيراً من ثاني أكسيد المنجنيز المماه
- $MnO_2 . x\ H_2O$ (يرجع وجود ثاني أكسيد المنجنيز إلى أكسدة بعض من هيدروكسيد المنجنيز $Mn(OH)_2$ الذي قد يتكون بواسطة حمض النتريك المستخدم لأكسدة الحديد (II) إلى حديد (III) قبل البدء في عملية الترسيب).

- يعتمد فصل أفراد المجموعة من بعضها على الحقائق الآتية :
- عند معالجة الراسب بهيدروكسيد الصوديوم وفوق أكسيد الهيدروجين والغليان فإن راسب هيدروكسيد الالمنيوم يذوب مكوناً الومنيات الصوديوم $NaAlO_2$ كما يذوب هيدروكسيد الكروم (III) مكوناً كرومات الصوديوم Na_2CrO_4 بينما يظل كل من هيدروكسيد الحديد (III) وثاني اكسيد المنجنيز دون ذوبان :
- $Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow NaAlO_2 + 2H_2O$
- $2Cr(OH)_3 + 3H_2O_2 + 4NaOH \rightarrow 2Na_2CrO_4 + 8H_2O$
-
- يمكن فصل الكروم من الرشيح الناتج (بعد المعالجة بهيدروكسيد الصوديوم وفوق أكسيد الهيدروجين) في صورة كرومات الرصاص غير القابلة للذوبان وذلك بإضافة خلات الرصاص وحمض الخليك , ويمكن ترسيب الالمنيوم مرة أخرى بعد ذلك بغليان المحلول المتبقي بعد إضافة كلوريد الامونيوم:
- $NaAlO_2 + NH_4Cl + H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + NaCl + NH_3$
-
- عند معالجة الراسب المتخلف بحمض الهيدروكلوريك المخفف فإنه يمكن استخلاص الحديد في صورة كلوريد الحديد (III) الذائب بينما يبقى ثاني أكسيد المنجنيز دون ذوبان ويمكن التأكد من وجود الحديد بالكشف عن أيونات الحديد (III) التي تكون لوناً أحمراً دموياً مع ثيوسيانات البوتاسيوم :
- $Fe^{+++} + 6CNS^- \rightarrow [Fe(CNS)_6$

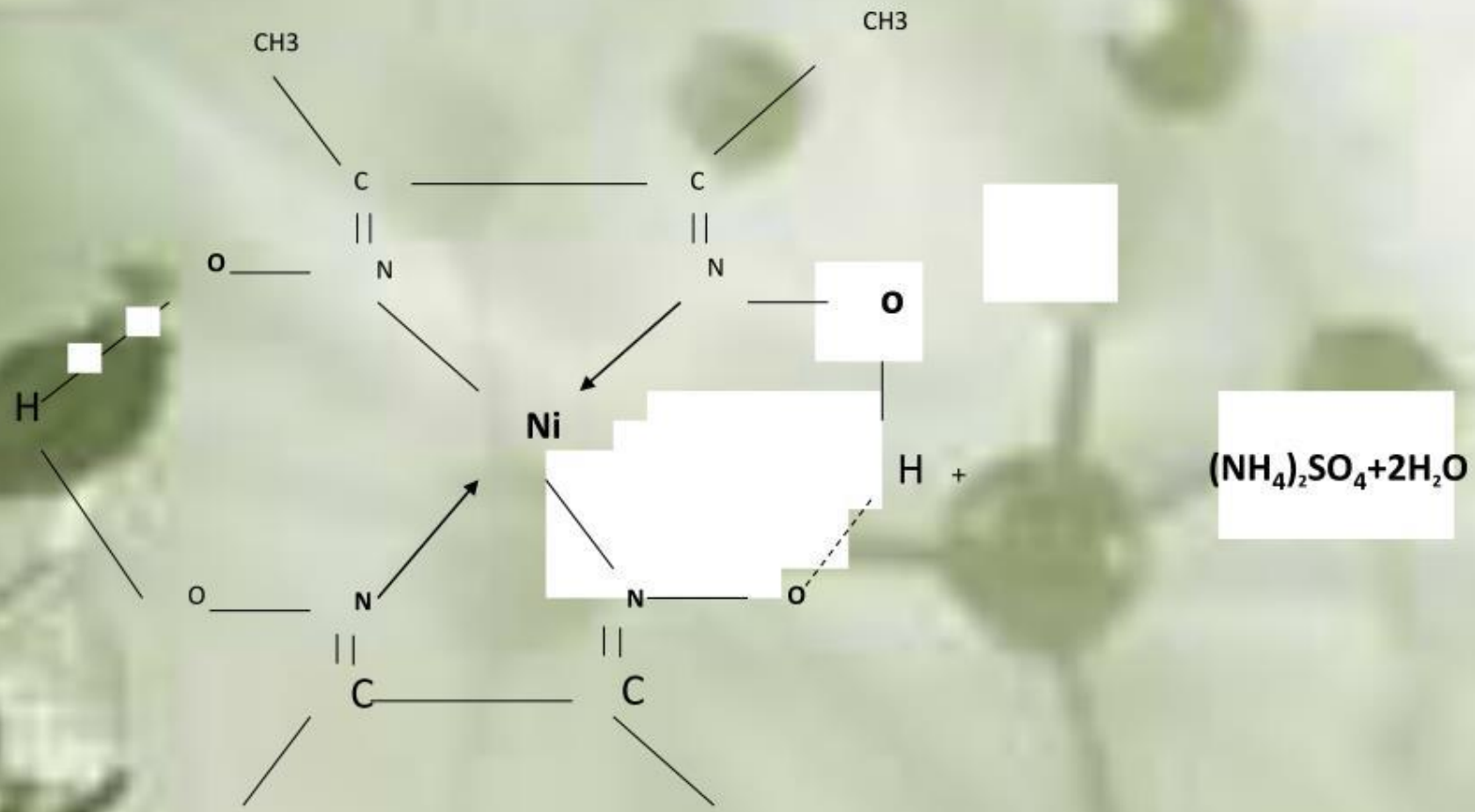
شقوق المجموعة الرابعة

- **المجموعة الرابعة Group (IV)**
- تشتمل هذه المجموعة على كاتيونات المنجنيز Mn^{2+} , الخارصين Zn^{2+} , الكوبلت Co^{2+}والنيكل Ni^{2+} ويتم ترسيبهم في صورة الكبريتيد بواسطة عامل مرسب يتكون من كلوريد أمونيوم وهيدروكسيد أمونيوم و H_2S وبفضل وجود هيدروكسيد الامونيوم فإن تركيز أيون الكبريتيد يزداد نتيجة لازدياد تأين H_2S وبذلك يتم ترسيب كبريتيدات المجموعة الرابعة :
- اسود $Co^{++} + S^{--} \leftrightarrows CoS$
- اسود $Ni^{++} + S^{--} \leftrightarrows NiS$
- ابيض هلامي $Zn^{++} + S^{--} \leftrightarrows ZnS$
- لون البشرة $Mn^{++} + S^{--} \leftrightarrows MnS$
- ويجدر ان نشير ان لوجود كلوريد الامونيوم أهمية خاصة ألا وهي منع ترسيب هيدروكسيدات المجموعة عند إضافة هيدروكسيد الامونيوم.

$CH_3—C = N - OH$

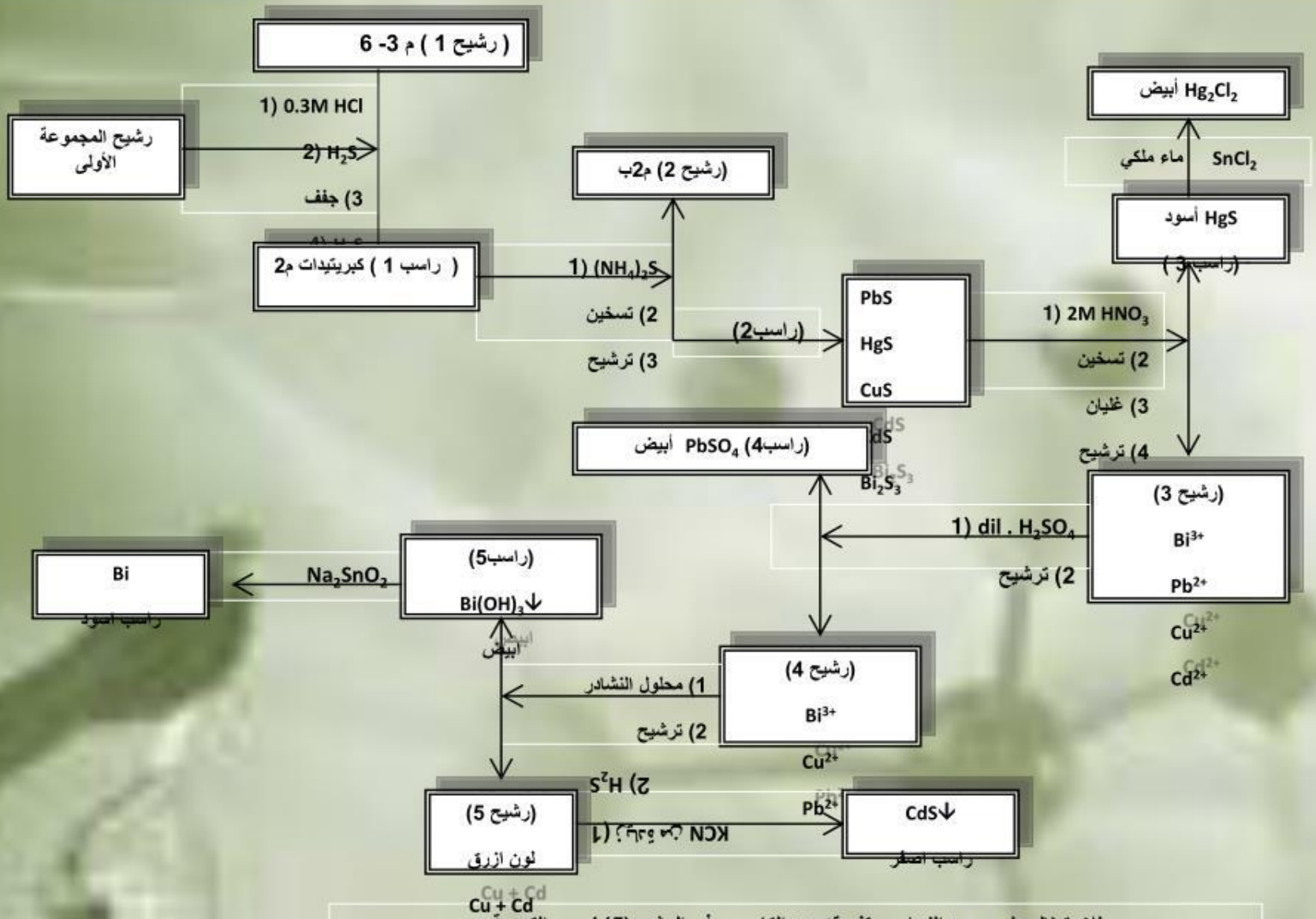
$+2NiSO_4 + 2NH_4OH$ →

$CH_3—C = N - OH$



$(NH_4)_2SO_4+2H_2O$

- يذوب كل من كبريتيدي الخارصين والمنجنيز بسهولة في حمض الهيدروكلوريك المخفف بينما لا يذوب كل من كبريتيدي الكوبلت والنيكل:
- $MnS + 2HCl \rightarrow MnCl_2 + H_2S$
- $ZnS + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2S$
- يمكن لراسب كبريتيدي الكوبلت والنيكل الذوبان في الماء الملكى أو خليط من هيبوكلوريت الصوديوم وحمض الهيدروكلوريك المخفف يمكن بعد ذلك الكشف عن أيوني Co^{++} , Ni^{++} كما يلي :
- (ا) تكوين راسب أحمر من ثنائي ميثيل جلايكوزيم النيكل في وسط قلوي ضعيف (NH_4OH)
- تعتمد عمليات الفصل بين افراد المجموعة الرابعة على الحقائق الآتية :



وللاستدلال على وجود النحاس وتفريقه عن الكادميوم فى الرشيح(5) نجرى التجربة :

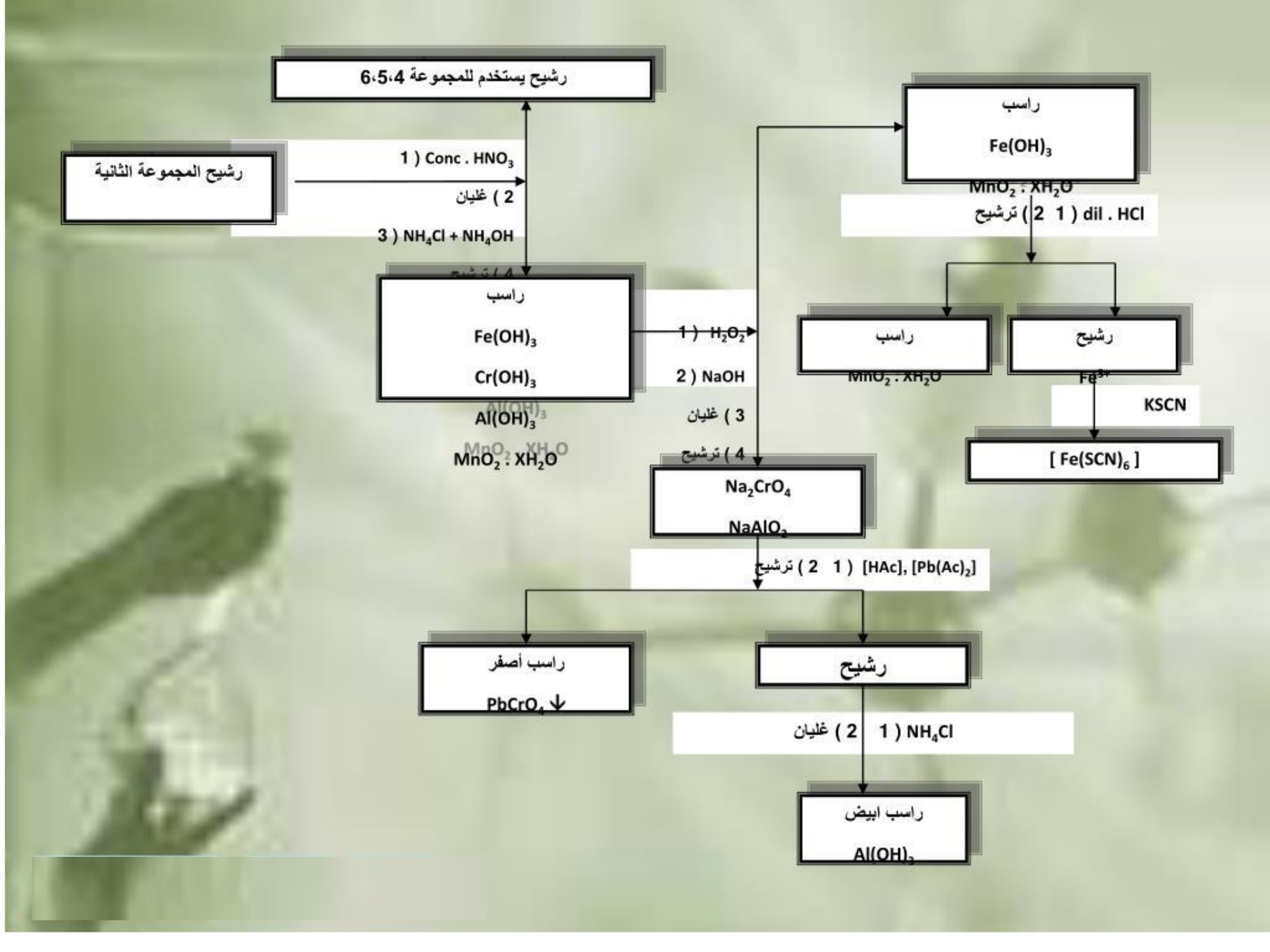
$Cu(NH_3)_4SO_4$ ← $Cd(NH_3)_4SO_4$

$Cu_2[Fe(CN)_6]$ راسب بني محمر يؤكد وجود النحاس

إنهاء

تابع الكشف عن شقوق المجموعة الرابعة

- أو بصورة مختصرة :
- **NH4OH**
- $Ni(DMG)2+2H^+$ (ب) $Ni^{2+}+2(DMG)$ تكوين المتراكب أزرق اللون $[Co(CNS)_4]^{--}$بإضافة ثايوسيانات الامونيوم الصلب والكحول الأميلي.
-
- لفصل الخارصين عن المنجنيز تضاف وفرة من هيدروكسيد الصوديوم فيتكون راسب هيدروكسيد الخارصين الذي يذوب في وفرة من القاعدة لتكوين خارصينات الصوديوم بينما يتكون راسب هيدروكسيد المنجنيز الذي لا يتأثر بزيادة القاعدة:
- $MnCl_2 + 2NaOH \rightarrow Mn(OH)_2 + 2NaCl$
- $ZnCl_2 + 4NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + 2H_2O + 2NaCl$
-
- وللكشف عن الخارصين في الرشيح يعاد ترسيبه على هيئة ZnS
- يمكن بمعالجة راسب هيدروكسيد المنجنيز يفوق اكسيد الهيدروجين لتحويله إلى صورة أقل ذوباناً وهي خليط من هيدروكسيد المنجنيز (II) وثاني اكسيد المنجنيز وعند معالجة الأخير بحمض النتريك في وجود فوق اكسيد الهيدروجين يختزل المنجنيز إلى حالة التكافؤ (+2).
- يمكن التحقق من وجود المنجنيز (II) بعد ذلك بمعالجة المحلول بيزموتات الصوديوم وحمض النتريك فيتكون لون أحمروردي نتيجة لتحول أيون المنجنيز (II) إلى البرمنجنات (MnO_4^-) :
- $2Mn^{++} + 5BiO_3^- + 14H^+ \leftrightarrows 2MnO_4^- + 5Bi^{+++} + 7H_2O$
-


رشيح يستخدم للمجموعة 6،5،4
رشيح المجموعة الثانية
1) Conc . HNO_3
2) غليان
3) $NH_4Cl + NH_4OH$
4) ترشيح
راسب
$Fe(OH)_3$
$Cr(OH)_3$
$Al(OH)_3$
$MnO_2 . XH_2O$
1) H_2O_2
2) NaOH
3) غليان
4) ترشيح
راسب
$Fe(OH)_3$
$MnO_2 . XH_2O$
1) dil . HCl
2) ترشيح
راسب
$MnO_2 . XH_2O$
رشيح
Fe^{3+}
KSCN
$[Fe(SCN)_6]$
Na_2CrO_4
$NaAlO_2$
1) $[HAc], [Pb(Ac)_2]$ 2) ترشيح
راسب أصفر
$PbCrO_4 \downarrow$
رشيح
1) NH_4Cl 2) غليان
راسب ابيض
$Al(OH)_3$

المجموعة الخامسة

- **المجموعة الخامسة Group (V)**
-
- اذا نظرنا إلى المجموعات السابقة لوجدنا أنه بالرغم من أن العناصر المكونة تستجيب إلى مرسب واحد مثل dil HCl في المجموعة الأولى dil HCl + H_2S في المجموعة الثانية وهكذا ... إلا أن الخواص العامة لأفراد المجموعة تختلف فيما بينها إلى حد يجعل فصل أحد العناصر عن الأخرى من الأمور البسيطة وذلك لأن عناصر المجموعة التحليلية الواحدة تنتمي إلى مجاميع مختلفة في الترتيب الدوري مما يضفي عليها صفات كيميائية مختلفة وهذا بدوره يجعل مهمة فصلها من السهولة بمكان.ولكن أفراد المجموعة الخامسة التحليلية تنتمي إلى مجموعة واحدة في الجدول الدوري ,هي المجموعة الثانية (الفلزات القلوية الأرضية) وتخضع لترسيبها كاشف واحد هو كربونات الامونيوم$(NH_4)_2CO_3$ وذلك يجعل فصلها أمراً غير سهل (Ca^{++} , Sr^{++} , Ba^{++}).
-

- ترسيب أفراد المجموعة:
- يتم ترسيب افراد المجموعة وذلك بعد تركيز المحلول وإضافة الكاشف وهو : قليل من كلوريد الامونيوم وهيدروكسيد الامونيوم ثم محلولاً دافئاً من كربونات الامونيوم :
- $NH_4Cl + NH_4OH + warm(NH_4)_2CO_3$
-
- ويجدر ملاحظة الأمرين التاليين بخصوص الكاشف :
- لوجود كلوريد الامونيوم أهمية في منع ترسيب كربونات الماغنيسيوم في المجموعة السادسة.
- تسخين محلول كربونات الامونيوم له فائدتان:
- تكوين راسب الكربونات في صورة محببة يسهل بها الترشيح والغسيل.
- تحويل ما قد يوجد من بيكربونات إلى كربونات (الأولى قابلة للذوبان في الماء).
-

تابع المجموعة الخامسة

- الفصل بين أفراد المجموعة:
- يعتمد الفصل بين أفراد هذه المجموعة على الحقائق التالية :
- تذوب الكربونات الثلاثة في حمض الخليك مكونة الخلات المناظرة:
- $BaCO_3 + 2CH_3COOH \rightarrow Ba(CH_3COO^-)_2 + CO_2 + H_2O$
-
- لا تذوب كرومات الباريوم $BaCrO_4$ في محلول من حمض الخليك بينما تذوب كل من كرومات الاسترنشيوم $SrCrO_4$ وكرومات الكالسيوم $CaCrO_4$ لذلك من الممكن فصل الباريوم عن الكالسيوم والاسترونشيوم في صورة الكرومات من محلول حمض الخليك.
-
- يترسب ملح كرومات الاسترنشيوم عند معادلة الحمض بواسطة هيدروكسيد الامونيوم حيث ان وجود الحمض يقلل من تركيز أيون الكرومات بتحويله إلى بيكرومات بينما يحدث العكس تماماً في وجود القاعدة:
- $2CrO_4^{--} + 2H^+ \leftrightarrows 2HCrO_4^- \leftrightarrows Cr_2O_7^{--} + H_2O$
-

- $Cr_2O_7^{--} + 2OH^- \rightarrow 2CrO_4^{--} + H_2O$
-
- يمكن ترسيب الكالسيوم في صورة اكسالات كالسيوم من محلول لهيدروكسيد الامونيوم:
- $Ca^{++} + C_2O_4^{--} \leftrightarrows CaC_2O_4$
-
- تعطي الفزات الثلاثة ألواناً متباينة لاختبار كشف اللهب :
- الكالسيــوم (أحمر طوبي)
- الاسترنشيوم (أحمر قرمزي)
- الباريوم (أخضر تفاحي)

المجموعة السادسة

- **المجموعة السادسة Group (VI)**
-
- تتكون هذه المجموعة من كاتيونات لا تترسب بأي من الكواشف التي سبق استخدامها في ترسيب المجموعات السابقة, وبالرغم من أن المغنيسيوم ينتمي إلى نفس المجموعة في الترتيب الدوري التي تنتمي إليها عناصر المجموعة الخامسة (أي المجموعة الثانية في الترتيب الدوري) إلا انه لا يترسب على هيئة كربونات في المجموعة الخامسة التحليلية حال وجود وفرة من كلوريد الامونيوم.
-
- 1/ الكشف عن الامونيوم NH_4^+ :
-
- يجب الكشف عن شق الامونيوم (كما سبق ذكره) قبل الكشف عن المجموعة الأولى حيث أننا نضيف إلى المخلوط كمية من أملاح الامونيوم أثناء ترسيب المجموعات.
- يكشف عن الامونيوم بإضافة محلول قلوي كاو إلى ملح الامونيوم عندئذٍ تنفصل القاعدة التي تنحل بالتسخين ويتصاعد غاز النشادر وهذا الأخير يمكن معرفته بتأثيره على ورق تباع الشمس الحمراء وتلوينه لورقة مبللة بنترات الزئبق (II) باللون الأسود

- $NH_4X + NaOH \rightarrow NH_4OH + NaX$
- $\downarrow\uparrow$
- $NH_3 + H_2O$
- 2/ الكشف عن المغنيسيوم Mg^{++}:
- يمكن ترسيب المغنيسيوم على هيئة متبلورة من فوسفات المغنيسيوم والامونيوم وذلك بإضافة فوسفات الصوديوم Na_2HPO_4 في وجود هيدروكسيد الامونيوم:

تابع المجموعة السادسة

- $Mg^{++} + NH_4OH + HPO_4^{--} \leftrightarrows MgNH_4PO_4\downarrow + H_2O$
-
- 3/ الكشف عن البوتاسيوم K^+:
- يمكن ترسيب البوتاسيوم في صورة الملح المتراكب أصفر اللون وذلك عند إضافة كوبلتي نتريت الصوديوم إلى المحلول الخالي من أيونات الامونيوم :
-
- $3KCl + Na_3[Co(NO_2)_6] \rightarrow$
- $K_3[Co(NO_2)_6] + 3NaCl$
- ويضفى البوتاسيوم لونا بنفسجيا على اللهب.
- 4 / الكشف عن الصوديوم Na^+ :
- يمكن التحقق من وجود الصوديوم (بعد التخلص التام من آثار الباريوم Ba^{++} والكالسيوم Ca^{++} في رشيح المجموعة الخامسة) وذلك بإضافة محلول مشبع من خلات الزنك واليورانيل حيث يترسب الملح الثلاثي :

- $Na^{+} + Zn^{++} + 3\ UO_2^{++} + 9AC^{-} + 6H_2O \rightarrow NaZn(UO_2)_3(AC)_9.6H_2O$
- ويضفي الصوديوم لوناً ذهبياً لاختبار كشف اللهب.