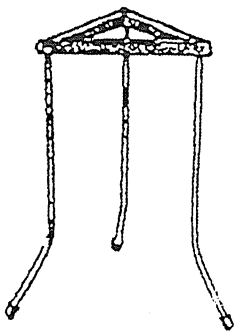
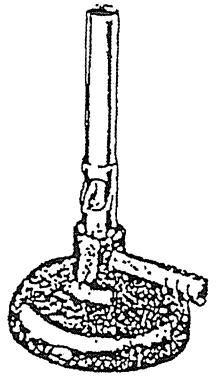
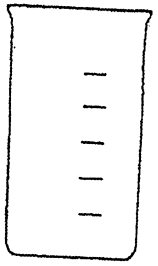
2024/10/16
أول محاضرة

القسم


حامل ذو ثلاثة أرجل
Tripod


موقد بنزن
Burner


كاس
Beaker

# الباب الثاني

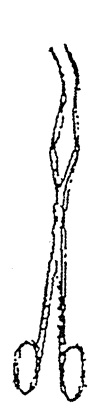
## 2.1 تفاعلات الشق الحمض (الأنيونات):
## (Reactions of Acid Radicals)

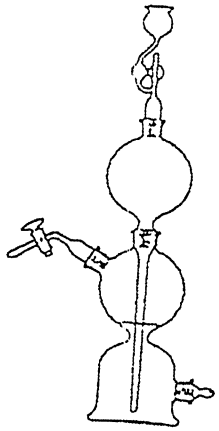
في الصفحات القادمة سنعرض بأسلوب علمي مبسط أهم التفاعلات الأساسية للأنيونات (Common Anion) الأكثر شيوعاً، وسنورد المعادلات الكيميائية المتعلقة بها أسفل كل تفاعل، أما الأيونات الأقل شيوعاً مثل السيانيد والسيانات والثيوسيانات والبرمنجنات والكرومات والسيانوحديدوز والسيانوحديديك، وكذلك أنيونات الأحماض العضوية مثل، الفورمات أو الخلات أو الاكسالات والترتارات والسترات، فسوف لن نتعرض لها في هذا الكتاب.

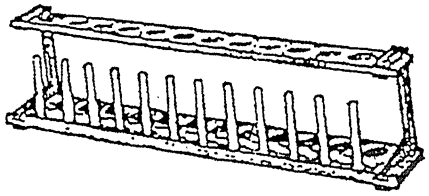
### مخطط الكشف على الشق الحمضي

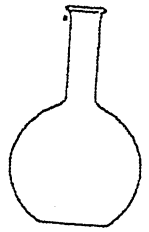
تعتمد الطريقة المتبعة للكشف عن الشق الحمضي، للأملاح الشائعة الاستعمال على تقسيم الأنيونات إلى ثلاث مجموعات، هي:

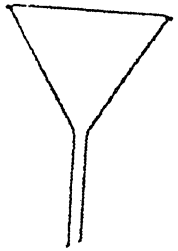
أ - التعرّف على الشق الحمضي من خلال الغازات التي تتصاعد عند معالجة الملح بحمض الهيدروكلوريك المخفف وتشمل هذه المجموعة الأنيونات

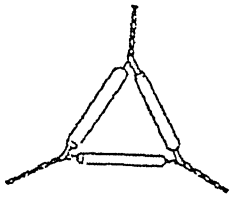

ماسك الجفنة
Tong


جهاز كب
Kipps Apparatus


حامل أنابيب الاختبار
Test Tube Rack


قارورة مسطحة القعر
Flat-Bottom Flask


قمع ترشيح
Filter Funnel


حامل الجفنة مثلث
من أنابيب الطين
Pipe-Clay Triangle

قمع الفصل
Separating
Funnel

الآتية: الكربونات والبيكربونات والنيتريت والكبريتيت والثيوكبريتات والكبريتيد.

ب ـ التعرّف على الشق الحمضي للملح من خلال الغازات المتصاعدة عند معالجته بحمض الكبريتيك المركز، وتشمل هذه المجموعة الأنيونات الآتية: الكلوريد والبروميد واليوديد والنيترات، وتبدأ المجموعتان (أ) و(ب) باختبار أساسي هو التفاعل (رقم 1) ويليه مجموعة التجارب التأكيدية.

جـ ـ التعرّف على الشق الحمضي من خلال تكوين الملح لرواسب ذات خواص مميزة مع بعض الكواشف الهامة مثل نيترات الفضة أو نيترات الباريوم. وتضم هذه المجموعة الأنيونات الآتية: الكبريتات والفوسفات والبورات.

وفي الصفحات التالية سيتم شرح تفاعلات للمجموعة وكل ملح على حدة.

## (أ) مجموعة حمض الهيدروكلوريك المخفف
## DILUTE HYDROCHLORIC ACID GROUP

اجر التفاعلات الآتية وسجّل في تقرير المعمل ملاحظاتك حول كل منها.

### I ـ الكربونات Carbonate ($CO_3^=$)

استخدم كربونات الصوديوم $Na_2CO_3\,10H_2O$، كمثال لمادة مجهولة ثم أجر الكشوفات التالية:

**I ـ حمض الهيدروكلوريك المخفف (Dilute Hydrochloric Acid):**

ضع قليلاً من الملح الصلب (0.5جم) في أنبوبة اختبار ثم أضف قطرات من محلول حمض الهيدروكلوريك المخفف، يتحلل الملح فجأة ويحدث فوران ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون ($CO_2$) الذي يعكر ماء الجير (Lime Water)، استخدم أنبوبة توصيل لإمرار الغاز في ماء الجير.

$$Na_2CO_3 + 2HCL = 2NaCL + H_2O + CO_2\uparrow$$

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O$$

Lime Water — Carbon Dioxide — Calcium Carbonate — Water

وإذا استمر إمرار غاز ثاني أكسيد الكربون في ماء الجير لمدة طويلة، فإن كربونات الكالسيوم المترسبة تتحول إلى بيكربونات الكالسيوم التي تذوب في الماء أي أن الراسب يختفي من المحلول:

$$CaCO_3\downarrow + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2$$

ويمكن إعادة ترسيب كربونات الكالسيوم من المحلول بإضافة كمية أخرى من ماء الجير (هيدروكسيد الكالسيوم) تبعاً للمعادلة:

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2\,CaCO_3\downarrow + 2\,H_2O$$

2 ـ محلول كبريتات المغنسيوم (Magnesium Sulphate Solution) :

إلى محلول الكربونات في الماء أضف بضع قطرات من محلول كبريتات المغنسيوم، يترسب في الحال وعلى البارد راسب أبيض من كربونات المغنسيوم.

$$Mg\,SO_4 + Na_2CO_3 = Mg\,CO_3 \downarrow + Na_2SO_4$$

Magnesium Carbonate

3 ـ محلول كلوريد الزئبقيك (Mercuric Chloride Solution) :

بإضافة قليل من محلول كلوريد الزئبقيك إلى المحلول البارد من كربونات الصوديوم في الماء، يترسب في الحال راسب بني يميل للاحمرار من كربونات الزئبقيك القاعدية.

$$4\,Na_2CO_3 + 4\,HgCl_2 = Hg_4O_3CO_3 \downarrow + 8\,NaCl + 3\,CO_2 \uparrow$$

4 ـ محلول نيترات الفضة (Silver Nitrate Solution) :

أضف قليلاً من محلول نيترات الفضة إلى محلول الكربونات، يتكوّن راسب أبيض من كربونات الفضة ($Ag_2CO_3$) ويتحول الراسب إلى اللون الأصفر بإضافة زيادة من نيترات الفضة ويتحلل جزئياً بالغليان مع الماء، ينتج أكسيد الفضة البني اللون ($Ag_2O$) وغاز ثاني أكسيد الكربون.

$$Ag_2CO_3 = Ag_2O + CO_2 \uparrow$$

5 ـ كشف الفينولفثالين (Phenolphthalein Test) :

أضف قطرة واحدة أو قطرتين على الأكثر من دليل الفينولفثالين إلى محلول الكربونات في الماء يتلون المحلول باللون الأحمر القرنفلي (Pink) المميز. سجّل مشاهداتك واستنتاجاتك في صورة تقرير معملي كالتقرير الموضح في الصفحة التالية..

جدول (1)

تقرير معملي للكشف على الكربونات أو البيكربونات

| | التجربة | المشاهدة | الاستنتاج |
|---|---|---|---|
| 1 | الملح الصلب + حمض الهيدروكلوريك المخفف | يتحلل الملح ويحدث فوران ويتصاعد غاز غير خانق عديم اللون والرائحة ويعكر ماء الجير<br>∴ الغاز هو ثاني اكسيد الكربون | الملح من المجموعة الأولى للشق الحمضي<br>∴ الملح يمكن أن يكون كربونات أو بيكربونات |
| 2 | محلول الملح + محلول كبريتات المغنسيوم | راسب أبيض على البارد<br>راسب بني محمر بعد الغليان | كربونات<br>بيكربونات |
| 3 | محلول الملح + محلول كلوريد الزئبقيك | راسب بني محمر على البارد<br>راسب بني محمر بعد الغليان | كربونات<br>بيكربونات |
| 4 | محلول الملح + محلول نيترات الفضة | راسب أبيض | كربونات |
| 5 | محلول الكربونات + دليل الفينول فثالين | لون أحمر قرنفلي | كربونات |

## II ـ البيكربونات Bicarbonate ($HCO_3^-$)

استخدم بيكربونات الصوديوم النقي ($NaHCO_3$) كمثال لمادة مجهولة ثم أجر الكشوفات التالية:

### 1 ـ حمض الهيدروكلوريك المخفف (Dilute Hydrochloric Acid):

أضف حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى الملح الصلب في أنبوبة اختبار، يتحلّل الملح ويحدث فوران ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يعكر ماء الجير (تماماً مثل ما حدث مع الكربونات).

$$NaHCO_3 + HCl = NaCl + H_2O + CO_2 \uparrow$$

### 2 ـ محلول كبريتات المغنسيوم (Magnesium Sulphate Solution):

بإضافة محلول كبريتات المغنسيوم إلى محلول مائي بارد من بيكربونات الصوديوم لا يتكون راسب، ذلك لأن بيكربونات المغنسيوم تذوب في الماء، ويتكون الراسب فقط بعد الغليان نتيجة لتحليل بيكربونات المغنسيوم إلى الكربونات غير الذائبة (تفرقة بين الكربونات والبيكربونات).

$$2\,NaHCO_4 + MgSO_4 = \underset{\text{Magnesium Bicarbonate}}{Mg(HCO_3)_2} + Na_2SO_4$$

$$Mg(HCO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{Magnesium Carbonate}}{Mg(CO_3)} \downarrow + CO_2 \uparrow + H_2O$$

### 3 ـ محلول كلوريد الزئبقيك (Mercuric Chloride Solution):

لا يتكوّن راسب بإضافة هذا الكاشف إلى المحلول المائي لبيكربونات الصوديوم النقية على البارد، ويظهر راسب بني محمر من كربونات الزئبقيك

### 4 ـ كشف الفينولفثالين (Phenolphthalein Test):

أضف قطرة أو قطرتين على الأكثر من دليل الفينولفثالين على المحلول المائي البارد للبيكربونات، لا يظهر اللون الأحمر القرنفلي كما حدث عند الكشف على الكربونات (تفرقة بين الكربونات والبيكربونات).

**ملحوظة:** نظراً لأن غالبية أملاح البيكربونات تكون متحللة جزئياً تلقائياً إلى الكربونات، فإن الكشوفات أرقام 2، 3، 4 قد تعطي نتائج مشابهة للنتائج المتحصل عليها في حالة الكربونات.

## III - النيتريت ($NO_2^-$) Nitrite

استخدم نيتريت الصوديوم ($NaNO_2$) كمثال لمادة مجهولة ثم أجر الكشوفات التالية:

### 1 - حمض الهيدروكلوريك المخفف (Dilute Hydrochloric Acid):

أضف قليلاً من حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى قليل من الملح الصلب في أنبوبة اختبار وسخن قليلاً إذا لزم الأمر، يتحلّل الملح نتيجة تفاعله مع الحمض وتتصاعد أبخرة بنية اللون من فوق أكسيد النيتروجين ($NO_2$) ويتلون المحلول باللون الأزرق أو الأخضر نتيجة لتكوّن حمض النيتروز ($HNO_2$).

$$NaNO_2 + HCl = HNO_2 + NaCl$$

$$3\,HNO_2 = H_2O + HNO_3 + 2\,NO\uparrow$$

$$2\,NO + O_2 = 2\,NO_2\uparrow$$

Nitric Oxide — Nitrogen Dioxide

### 2 - محلول كبريتات الحديدوز (Ferrous Sulphate Solution):

ضع حوالى 1 سم$^3$ من محلول كبريتات الحديدوز في أنبوبة اختبار ثم أضف إليه بضعة قطرات من حمض الكبريتيك المخفف أو حمض الخليك ثم أضف إليها محلول النتريت، يتلون المحلول باللون الأسمر (البني) نتيجة لتكوّن متراكب كبريتات الحديدوز النيتروزيلي و $Fe(NO)SO_4$.

وهذا الكشف يشابه كشف الحلقة السمراء في حالة النيترات حيث تستخدم حمض الكبريتيك المركز بدلاً من المخفف.

$$2\,NaNO_2 + 2\,HC_2H_3O_2 = 2\,NaC_2H_3O_2 + 2\,HNO_2$$

Acetic acid — Sodium acetate — Nitrous acid

$$3\,HNO_2 = H_2O + HNO_3 + 2\,NO\uparrow$$

$$Fe\,SO_4 + NO = Fe(NO)SO_4$$

Ferrous nitrosyl Sulphate

### 3 - محلول برمنجنات البوتاسيوم المحمض (Acidified Potassium Permanganate):

ضع حوالى 0.5 سم$^3$ من محلول برمنجنات البوتاسيوم في أنبوبة اختبار، ثم حمّضه بإضافة قطرات من حمض الكبريتيك المخفف، وبعد ذلك أضف إليها كمية كافية من محلول النيتريت، يزول لون البرمنجنات (الأرجواني) في الحال نتيجة للفعل الاختزالي للنيتريت.

$$2\,KMnO_3 + 3\,H_2SO_4 + 5\,HNO_2 =$$

Potassium permaganate — Nitrous acid

$$K_2SO_4 + 2\,MnSO_4 + 5\,HNO_3 + 3\,H_2O$$

Manganous sulphate

### 4 - محلول يوديد البوتاسيوم (Potassium Iodide Solution):

أضف محلول النيتريت إلى قليل من محلول يوديد البوتاسيوم في أنبوبة اختبار ثم حمض الخليط بإضافة حمض الكبريتيك أو الخليك، ينطلق اليود بلونه الأحمر المعروف (أو البنفسجي) في المحلول، ويمكن الكشف عليه باللون الأزرق الداكن الذي يكونه مع محلول النشا.

$$2KI + 2\,HNO_2 + 2\,H{\cdot}C_2H_3O_2$$

Potassium iodide — Acetic acid

$$= 2\,KC_2H_3O_2 + I_2 + 2\,NO + 2\,H_2O$$

Iodine

## IV ـ الكبريتيت Sulphite ($SO_3^=$)

استخدم كبريتيت الصوديوم ($Na_2SO_3 \cdot 7\,H_2O$) كمثال لمادة مجهولة ثم أجر الكشوفات التالية:

### 1 ـ حمض الهيدروكلوريك المخفف (Dilute Hydrochloric Acid):

أضف حمض الهيدروكلوريد المخفف إلى الملح الصلب في أنبوبة اختبار سخن الأنبوبة بلطف قليلاً، (وكثيراً إذا لزم الأمر) يتحلل الملح نتيجة لتفاعله مع الحمض ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت ($SO_2$). ويمكن الكشف عن هذا الغاز بالطرق الآتية:

1 ـ رائحته الخانقة المميزة (رائحة الكبريت المحترق).

2 ـ يخضر ورقة مبللة مبللة بمحلول بيكرومات البوتاسيوم المحض نتيجة تكوين أملاح الكروميوم الثلاثي (يمكن تحضير هذه الورقة في الحال بغمس ورقة ترشيح في مخلوط من بيكرومات البوتاسيوم وحمض الكبريتيك المخفف في أنبوبة اختبار).

3 ـ يزيل لون محلول برمنجنات البوتاسيوم المحمض بحمض الكبريتيك المخفف.

$$Na_2SO_3 + 2\,HCl = 2\,NaCl + SO_2 \uparrow + H_2O$$

$$K_2Cr_2O_7 + 3\,H_2SO_3 + H_2SO_4$$

Potassium dichromate — Sulphurous acid

$$= K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 4\,H_2O$$

Chromium Sulphate

### 2 ـ محلول كلوريد الباريوم (Barium Chloride Solution):

أضف 1-2 سم$^3$ من محلول كلوريد الباريوم إلى محلول الكبريتيت في الماء. يتكون راسب أبيض من كبريتيت الباريوم ($BaSO_3$) في الحال، ويذوب هذا الراسب في حمض الهيدروكلوريك المخفف.

$$Na_2SO_3 + BaCl_2 = BaSO_3 \downarrow + 2\,NaCl$$

Barium chloride — Barium sulphite

### 3 ـ محلول نيترات الفضة (Silver Nitrate Solution):

ضع حوالى 2 سم$^3$ من محلول نيترات الفضة في أنبوبة اختبار ثم أضف إليه بضع قطرات من محلول الكبريتيت، يتكوّن أولاً راسب أبيض من كبريتيت الفضة ($Ag_2SO_3$) ثم يذوب هذا الراسب عند إضافة المزيد من محلول الكبريتيت مكوناً متراكب كبريتيت الفضة والصوديوم و $Na[AgSO_3]$. وهذا المتراكب يتحلل بالغليان وينتج راسب أسود (رصاصي) من فلز الفضة.

$$Na_2SO_3 + 2\,AgNO_3 = 2\,NaNO_3 + Ag_2SO_3 \downarrow$$

Sodium sulphite — Silver nitrate — Silver sulphite

$$Ag_2SO_3 \downarrow + Na_2SO_3 = 2\,Na\,[AgSO_3]$$

Sodium argenti - Sulphite complex

$$2\,Na\,[AgSO_3] = Na_2SO_4 + SO_2 \uparrow + 2Ag$$

Metalic Silver

### 4 ـ محلول خلات الرصاص (Lead Acetate Solution):

أضف محلول خلات الرصاص إلى محلول الكبريتيت، يتكون في الحال راسب أبيض من كبريتيت الرصاص ($PbSO_3$). ويذوب هذا الراسب في حمض النيتريك المخفف، وإذا سخن المحلول حتى الغليان لمدة طويلة فإنه ينفصل راسب أبيض من كبريتات الرصاص (تفرقة بين الكبريتيت والثيوكبريتات راسب أسود من كبريتيت الرصاص).

$$Pb(C_2H_3O_2)_2 + Na_2SO_3 = PbSO_3 \downarrow + 2\,NaC_2H_3O_2$$

Lead acetate — Lead sulphite

$$PbSO_3 + \frac{1}{2}\,O_2 = PbSO_4 \downarrow$$

Lead Sulphate

**5 ـ محلول اليود (Iodine Solution):**

أضف محلول اليود قطرة قطرة إلى محلول الكبريتيت في أنبوبة اختبار، يزول لون اليود البنفسجي مباشرة نتيجة للفعل الاختزالي للكبريتيت (تفاعل تأكسد واختزال).

$$H_2SO_3 + I_2 + H_2O = 2\,HI + H_2SO_4$$

Iodine — Hydrogen iodide

**6 ـ محلول برمنجنات البوتاسيوم المحمض:**
**(Acidified Potassium Permanganate)**

حمّض محلول برمنجنات البوتاسيوم أولاً بحمض الكبريتيك المخفف في أنبوبة اختبار ثم اضف هذا الخليط قطرة قطرة، إلى محلول الكبريتيت. يزول لون البرمنجنات في الحال نتيجة للفعل الاختزالي للكبريتيت (تفاعل تأكسد واختزال).

$$2\,kMnO_4 + 5\,H_2SO_3 = K_2SO_4 + 2\,MnSO_4 + 2\,H_2SO_4 + 3\,H_2O$$

Potassium permanganate — Manganous sulphate

**٧ ـ الثيوكبريتات ($S_2O_3^=$) Thiosulphate**

استخدم ثيوكبريتات الصوديوم (ملح الهيبو) $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ كمثال لمادة مجهولة ثم أجر الكشوفات التالية:

**1 ـ حمض الهيدروكلوريك المخفف (Dilute Hydrochloric Acid):**

أضف حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى قليل من الملح الصلب في أنبوبة اختبار وسخن الأنبوبة قليلاً أو أكثر إذا لزم الأمر، يتحلل الملح نتيجة لتفاعله مع الحمض ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت ويصبح المحلول عكراً (لون أبيض أو أصفر) نتيجة لانفصال الكبريت الغروي (تفرقة بينه وبين الكبريتيت)، ويكشف عن تصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت بنفس الطرق المتبعة في حالة الكبريتيت أي برائحته الخانقة أو تحويله لورقة بيكرومات البوتاسيوم المحمضة إلى اللون الأخضر وإزالة لون محلول البرمنجنات المحمض.

$$Na_2S_2O_3 + 2\,HCl = SO_2 \uparrow + H_2O + S \downarrow + 2\,NaCl$$

Sodium thiosulphate — Colloidal sulphur

**2 ـ محلول اليود (Iodine Solution):**

أضف بضع قطرات من محلول اليود إلى محلول الثيوكبريتات في الماء، يزول لون اليود البنفسجي في الحال نتيجة للفعل الاختزالي للثيوكبريتات وتكوين تتراثيونات الصوديوم $Na_2S_4O_6$ عديمة اللون.

$$2\,Na_2S_2O_3 + I_2 = Na_2S_4O_6 + 2\,NaI$$

Sodium Thiosulphate — Iodine — Sodium Tetrathionate

**3 ـ محلول نيترات الفضة (Silver Nitrate Solution):**

أضف من 1-2 سم$^3$ من محلول نيترات الفضة إلى محلول ثيوكبريتات الصوديوم في أنبوبة اختبار يتكون راسب أبيض من ثيوكبريتات الفضة

$Ag_2S_2O_3$ في الحال. ويذوب هذا الراسب في زيادة من الثيوكبريتات مكوناً المتراكب $Na_3[Ag(S_2O_3)_2]$. أما راسب ثيوكبريتات الفضة نفسه فهو غير ثابت ويتفكك تلقائياً في المحلول مع الوقت، ويتغير لونه من اللون الأبيض إلى الأصفر إلى البني وأخيراً إلى اللون الأسود لكبريتيد الفضة ($Ag_2S$).

$$Na_2S_2O_3 + 2\,AgNO_3 = Ag_2S_2O_3 \downarrow + 2\,NaNO_3$$

Sodium Thiosulphate — Silver Thiosulphate

$$Ag_2S_2O_3 + H_2O = Ag_2S + H_2SO_4$$

**4 ـ محلول خلات الرصاص (Lead Acetate Solution):**

أضف محلول ثيوكبريتات الصوديوم إلى محلول خلات الرصاص في أنبوبة اختبار يتكون أولاً راسب أبيض من ثيوكبريتات الرصاص $PbS_2O_3$، ويذوب هذا الراسب في حمض النيتريك المخفف أو في زيادة من الثيوكبريتات، وإذا سخن المحلول الناتج حتى الغليان يتكون راسب أسود من لكبريتيد الرصاص (تفرقة بين الثيوكبريتات والكبريتيت ← راسب أبيض من كبريتات الرصاص).

$$Na_2S_2O_3 + Pb(C_2H_3O_2)_2 = PbS_2O_3 + 2\,Na{\cdot}C_2H_3O_2$$

Lead Thiosulphate

$$PbS_2O_3 + H_2O = PbS \downarrow + H_2SO_4$$

Lead Thiosulphate — Lead Sulphide (black)

## VI ـ الكبريتيد (Sulphide, $S^{=}$)

استخدم كبريتيد الصوديوم $Na_2S \cdot 9\,H_2O$ كمثال لمادة مجهولة ثم أجر التفاعلات التالية:

**1 ـ حمض الهيدروكلوريك المخفف (Dilute Hydrochloric Acid):**

أضف حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى الكبريتيد الصلب، يتصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين ($H_2S$) المعروف برائحته الكريهة (رائحة البيض الفاسد) والذي يسوّد ورقة خلات الرصاص ويصفر ورقة ترشيح مبللة بمحلول أيونات الكادميوم.

$$Na_2S + 2\,HCl = 2\,NaCl + H_2S \uparrow$$

$$Pb(C_2H_3O_2)_2 + H_2S = PbS \downarrow + 2\,HC_2H_3O_2$$

Lead Sulphide (black) — Acetic Acid

$$CdSO_4 + H_2S = CdS \downarrow + H_2SO_4$$

Cadmium Sulphide (yellow)

**2 ـ نيترات الفضة (Silver Nitrate Solution):**

أضف قليلاً من محلول نيترات الفضة إلى محلول الكبريتيد في الماء، يتكون راسب أسود من كبريتيد الفضة ($Ag_2S$)، ويذوب هذا الراسب في حمض النيتريك المخفف.

$$Na_2S + 2\,AgNO_3 = Ag_2S \downarrow + 2\,NaNO_3$$

Silver Sulphide

**3 ـ محلول خلات الرصاص (Lead Acetate Solution):**

بإضافة محلول خلات الرصاص إلى محلول الكبريتيد يتكوّن راسب أسود من

كبريتيد الرصاص (PbS)، ويذوب هذا الراسب في حمض النيتريك المخفف الساخن.

$$Pb(C_2H_3O_2)_2 + H_2S = PbS\downarrow + 2H\cdot C_2H_3O_2$$

Lead Acetate — Lead Sulphide

4 ـ محلول نيتروبروسيد الصوديوم (Sodium Nitroprusside Solution):

بإضافة هذا الكاشف إلى محلول قلوي (هيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد الأمونيوم) من الكبريتيد يتكوّن لون أرجواني مميز (Purple Colour).

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

Sodium Nitroprusside

ملحوظة: يجب أن يكون محلول نيتروبروسيد الصوديوم حديث التحضير (أنظر ملحق الكتاب)...

## (ب) مجموعة حمض الكبريتيك المركز

## CONCENTRATED SULPHURIC ACID GROUP

### VII ـ الكلوريد (Chloride, Cl)

استخدم كلوريد الصوديوم (NaCl) كمثال لمادة مجهولة ثم أجر الكشوفات التالية:

1 ـ حمض الكبريتيك المركز (Concentrated Sulphuric Acid):

أضف 1-2 سم$^3$ من حمض الكبريتيك المركز إلى قليل من كلوريد الصوديوم الصلب في أنبوبة اختبار مصنوعة من زجاج البيركس الذي يتحمل الحرارة وسخن جيداً على لهب موقد بنزن. شاهد تحلل الملح نتيجة تفاعله مع الحمض وتصاعد أبخرة حمض الهيدروكلوريد (HCl) التي يمكن الكشف عليها بواسطة:

1 ـ رائحتها الخانقة النفاذة.

2 ـ تكوين أدخنة بيضاء بالنفخ عند فوهة أنبوبة الاختبار.

3 ـ تكوين سحب بيضاء كثيفة من كلوريد الأمونيوم بتقريب ساق زجاجة مبللة بهيدروكسيد الأمونيوم ($NH_4OH$) من فوهة الأنبوبة.

4 ـ تغير لون ورقة عباد الشمس الحمراء المبللة إلى اللون الأزرق.

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl\uparrow$$

$$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$$

Ammonium Chloride (white fumes)

2 ـ محلول نيترات الفضة (Silver Nitrate Solution):

أضف محلول نيترات الفضة إلى محلول كلوريد الصوديوم في الماء المقطر يتكون راسب أبيض زغبي متجبن من كلوريد الفضة (AgCl) وهذا الراسب

لا يذوب في الماء ولا في حمض النيتريك المخفف. ولكنه يذوب في محلول النشادر (هيدروكسيد الأمونيوم) نتيجة تكوّن متراكب كلوريد الفضة الأميني $[Ag(NH_3)_2]Cl$. ويترسب كلوريد الفضة ثانية من محلول المتراكب الذائب بإضافة حمض النيتريك المخفف:

$$NaCl + AgNO_3 = AgCl \downarrow + NaNO_3$$

Silver Chloride

$$AgCl + 2\,NH_3 = [Ag(NH_3)_2]Cl$$

Silver Amine-Chloride

$$[Ag(NH_3)_2]Cl + 2\,HNO_3 = AgCl \downarrow + 2\,NH_4NO_3$$

3 ـ محلول خلات الرصاص (Lead Acetate Solution):

بإضافة محلول خلات الرصاص إلى محلول كلوريد الصوديوم في الماء المقطر يتكون راسب أبيض من كلوريد الرصاص ($PbCl_2$) على البارد. ويذوب كلوريد الرصاص في الماء الساخن ويترسب ثانية بالتبريد في صورة بلورات إبرية.

$$Pb(C_2H_3O_2)_2 + 2\,NaCl = PbCl_2 + 2\,NaC_2H_3O_2$$

Lead Acetate — Lead Chloride

4 ـ ثاني أكسيد المنجنيز + حمض الكبريتيك المركز ($MnO_2$ + Conc. $H_2SO_4$):

اخلط كميتين متساويتين من ملح كلوريد الصوديوم الصلب وثاني أكسيد المنجنيز ($MnO_2$) وضع الخليط في أنبوبة اختبار (زجاج بيركس). وصب على الخليط باحتراس حمض الكبريتيك المركز وسخن الخليط بلطف على اللهب يتصاعد غاز الكلور ($Cl_2$) / المعادلة (i) الذي يمكن الكشف عنه:

أ ـ برائحة الخانقة.

ب ـ لونه الأخضر المصفر.

جـ ـ قدرته على إزالة لون ورقة عباد الشمس المبللة.

د ـ تحويل لون ورقة يوديد البوتاسيوم مع النشا إلى اللون الأزرق المعادلة (ii).

(i) $MnO_2 + 2\,NaCl + 2\,H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + MnSO_4 + Cl_2\uparrow + 2\,H_2O$

Chlorine gas

(ii) $Cl_2 + 2\,KI \rightarrow 2\,KCl + I_2$

5 ـ كشف كلوريد الكروميل (Chromyl Chloride Test):

بتسخين محلول الكلوريد مع محلول دايكرومات البوتاسيوم وحمض الكبريتيك المركز يتكوّن كلوريد الكروميل ($CrO_2Cl_2$) على هيئة غاز أحمر داكن اللون والذي يمكن تكثيفه على هيئة سائل. وحينما يستقبل الغاز الناتج في محلول هيدروكسيد الصوديوم، فإنه يتمياً بسهولة ليكوّن كرومات الصوديوم ذات اللون الأصفر. ولا يعطى البروميد أو اليوديد أية مركبات متطايرة للكروميوم حينما تسخن مع دايكرومات البوتاسيوم وحمض الكبريتيك المركز، وعلى ذلك يكون وجود الكروميل في الأبخرة المتكثفة دلالة قاطعة على وجود الكلوريد. ويعتبر هذا كشفاً مميزاً للكلوريد دون بقية الهاليدات.

$$4\,NaCl + K_2Cr_2O_7 + 3\,H_2SO_4 =$$

Potassium dichramate

$$2\,CrO_2Cl_2 + 2\,Na_2SO_4 + K_2SO_4 + 3\,H_2O$$

Chromyl Chloride

$$CrO_2Cl_2 + 4\,NaOH = Na_2CrO_4 + 2\,NaCl + 2\,H_2O$$

Chromyl Chloride — Sodium Chromate

## VIII ـ البروميد (Bromide, $Br^-$)

استخدم بروميد البوتاسيوم KBr، كمثال لمادة مجهولة ثم أجري الكشوفات التالية:

### 1 ـ حمض الكبريتيك المركز (Concentrated Sulphuric Acid):

أضف بضع قطرات من حمض الكبريتيك المركز إلى قليل من ملح البروميد الصلب في أنبوبة اختبار تتحمل التسخين، وسخن الأنبوبة بحذر. تتصاعد أبخرة حمراء من البروم ($Br_2$) مع حمض الهيدروبروميك (HBr) ويتحول لون المحلول إلى اللون الأحمر البني ويتكوّن غاز البروم نتيجة لأكسدة حمض الهيدروبروميك بواسطة حمض الكبريتيك المركز.

$$\underset{\text{Potassium Bromide}}{KBr} + H_2SO_4 = KHSO_4 + \underset{\text{Hydrogen Bromide}}{HBr}$$

$$2\,HBr + H_2SO_4 = \underset{\text{Bromine (red)}}{Br_2\uparrow} + SO_2\uparrow + 2\,H_2O$$

### 2 ـ محلول نيترات الفضة ((Silver Nitrate Solution)

حينما يضاف هذا الكاشف إلى محلول البروميد في الماء يتكون راسب أصفر باهت من بروميد الفضة (AgBr) وهذا الراسب شحيح الذوبان في محلول هيدروكسيد الأمونيوم المخفف لكنه يذوب بسهولة في محلول الأمونيا المركزة ولكنه لا يذوب في حمض النيتريك المخفف.

$$AgNO_3 + KBr = AgBr\downarrow + KNO_3$$

$$AgBr + 2\,NH_3 = [Ag(NH_3)_2]\,Br$$

*Silver Amine Bromide*

### 3 ـ محلول خلات الرصاص (Lead Acetate Solution):

بإضافة خلات الرصاص إلى محلول بتكون راسب أبيض من بروميد الرصاص ($PbBr_2$) الذي يذوب في الماء البارد ويذوب بالغليان.

$$2\,KBr + Pb(C_2H_3O_2)_2 = \underset{\text{Lead Bromide}}{PbBr_2} + 2\,KC_2H_3O_2$$

### 4 ـ ماء الكلور (Chlorine Water):

أضف بضع قطرات من ماء الكلور إلى محلول البروميد، فيتحرر غاز البروم بلونه الأحمر البرتقالي المميز في المجلول. أضف بعد ذلك حوالى 2 سم$^3$ من مذيب عضوي مثل الكلوروفورم أو رابع كلوريد الكربون وأغلق فوهة الأنبوبة بأصبعك، ورج المحلول بشدة، ستلاحظ أن البروم يتخلص من المحلول المائي وينتقل كلية إلى الطبقة العضوية.

$$\underset{\text{Chorine}}{Cl_2} + 2\,KBr = 2\,KCl + \underset{\text{Bromine}}{Br_2}$$

**ملحوظة:** إضافة كمية كثيرة من ماء الكلور يفسد الكشف إذ يختفي لون البروم ثانية نظراً لتأكسده بالكلور الزائد وتحوله إلى كلوريد البروم (BrCl) العديم اللون:

$$Br_2 + Cl_2 \longrightarrow 2\,BrCl$$

Bromine chloride (colourless).

### 5 ـ ثاني أكسيد المنجنيز وحمض الكبريتيك المركز ($MnO_2$ + Conc. $H_2SO_4$):

اخلط كميتين متساويتين تقريباً من ملح البروميد الصلب مع مسحوق ثاني أكسيد المنجنيز، ضع الخليط في أنبوبة اختبار تتحمل الحرارة وصب عليه بحمض الكبريتيك المركز وسخن. تلاحظ تصاعد أبخرة بنية حمراء كثيفة من البروم ويمكن الكشف عن البروم بإحدى الطرق الآتية:

أ ـ لونه الأحمر المميز.

ب ـ رائحته القوية المهيجة

جـ ـ تصبغ ورقة النشا باللون الأحمر البرتقالي.

$$2\,KBr + MnO_2 + 3\,H_2SO_4 = Br_2 + 2\,KHSO_4 + MnSO_4 + 2\,H_2O$$

## IX ـ اليوديد (Iodide, $I^-$)

استخدم يوديد البوتاسيوم KI، كمثال لمادة مجهولة ثم اتبع الكشوفات التالية:

### 1 ـ حمض الكبريتيك المركز (Concentrated Sulphuric Acid):

أضف بضع قطرات من حمض الكبريتيك المركز إلى اليوديد الصلب في أنبوبة اختبار وسخن بلطف، تتصاعد أبخرة يوديد الهيدروجين تبعاً للمعادلة:

$$KI + H_2SO_4 \longrightarrow kHSO_4 + HI$$

وتنتج أيضاً أبخرة اليود البنفسجية اللون نتيجة لأكسدة يوديد الهيدروجين بحمض الكبريتيك المركز والذي يختزل بدوره إلى ثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين والكبريت حسب المعادلات الآتية:

$$H_2SO_4 + 2\,HI = I_2 + SO_2 + 2\,H_2O$$

$$H_2SO_4 + 6\,HI = 3\,I_2 + S + 4\,H_2S$$

$$H_2SO_4 + 8\,HI = 4\,I_2 + H_2S + 4\,H_2O$$

يمكن الكشف عن اليود بإحدى الطريقتين الآتيتين:

أ – يزرق ورقة مبللة بمحلول النشا

ب– يكون أدخنة بيضاء من يوديد الهيدروجين بالنفخ عند فوهة أنبوبة الاختبار.

ج– يزول لون اليود البنفسجي بإضافة محلول ثيوكبريتات الصوديوم $Na_2S_2O_3$ نتيجة لاختزال اليود الى أيوديد الصوديوم. $I_2 + 2Na_2S_2O_6 \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2\,Na\,I$

### 2 ـ محلول نيترات الفضة (Silver Nitrate Solution):

بإضافة محلول نيترات الفضة إلى محلول اليوديد في الماء يتكون راسب أصفر من يوديد الفضة (AgI). وهذا الراسب لا يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم أو في حمض النيتريك المخفف ولكنه يذوب بسهولة في محلول ثيوكبريتات الصوديوم.

$$KI + AgNO_3 = AgI\downarrow + KNO_3$$

Potassium iodide — Silver iodide

### 3 ـ محلول خلات الرصاص (Lead Acetate Solution):

بإضافة محلول خلات الرصاص إلى محلول اليوديد في الماء يتكوّن راسب أصفر من يوديد الرصاص ($PbI_2$) يذوب في الماء الساخن ويترسب ثانية بالتبريد.

$$Pb(C_2H_3O_2)_2 + 2\,kI = PbI_2 + 2\,KC_2H_3O_2$$

Lead Iodide

### 4 ـ ماء الكلور (Chlorine Water):

أضف ماء الكلور نقطة نقطة إلى محلول اليوديد، فيتحرر اليود بلونه الأحمر البنفسجي في المحلول. رج المحلول بعد ذلك بشدة مع حوالى 2 سم$^3$ من مذيب عضوي مثل الكلوروفورم أو رابع كلوريد الكربون مثل ما اتبع في حالة البروميد، فستلاحظ أن اليود يستخلص من المحلول المائي وينتقل إلى الطبقة العضوية وتتلون هذه الأخيرة باللون البنفسجي. ويمكن الكشف عن اليود المتحرر في هذا التفاعل بتكوينه لوناً أزرق غامقاً مع النشا.

ملحوظة: إضافة كمية زائدة من ماء الكلور يفسد الكشف نتيجة لأكسدة اليود المتحرر بالكلور الزائد وتحوله إلى مركب كلوريد اليود عديم اللون.

$$2\,KI + Cl_2 = 2\,KCl + I_2$$

$$I_2 + Cl_2 = 2\,I{\cdot}Cl$$

Excess — Iodine Chloride (Colourless)

### 5 ـ محلول كبريتات النحاس (Copper Sulphate Solution):

أضف بضع قطرات من محلول كبريتات النحاس إلى محلول اليود، يتكون راسب بني هو خليط من يوديد النحاسوز ($Cu_2I_2$) الأبيض واليود ($I_2$) الأحمر

أضف بعد ذلك بلورة من ثيوكبريتات الصوديوم إلى المحلول فيزول لون اليود فجأة ويتبقى راسب يوديد النحاسوز الأبيض اللون.

$$2\,CuSO_4 + 4\,KI = Cu_2I_2 + I_2 + 2\,k_2SO_4$$

Copper sulphate — Cuporous Iodide — Iodine

$$I_2 + 2\,Na_2S_2O_3 = Na_2S_4O_6 + 2\,NaI$$

Sodium Thiosulphate — Sodium Tetrathionate

6 - ثاني أكسيد المنجنيز
وحمض الكبريتيك المركز ($MnO_2$ + Conc. $H_2SO_4$):

حينما يعامل خليط من ثاني أكسيد المنجنيز واليوديد الصلب بحمض الكبريتيك المركز ويسخن المحلول، يتحرر اليود في صورة أبخرة كثيفة بنفسجية اللون.

$$2\,KI + MnO_2 + 3\,H_2SO_4 = I_2 + 2\,kHSO_4 + MnSO_4 + 2\,H_2O$$

Potassium iodide — Iodine

X - النيترات (Nitrate, $NO_3^-$)

استخدم نيترات الصوديوم $NaNO_3$، كمثال لمادة مجهولة ثم اتبع الخطو التالية:

1 - حمض الكبريتيك المركز (Concentrated Sulphurie Acid):

سخن في أنبوبة اختبار تتحمل التسخين 1-2 سم$^3$ من حمض الكبريتـ المركز مع قليل من النيترات الصلب، تلاحظ تصاعد أبخرة طفيفة ذات لون محمر من ثاني أكسيد النيتروجين مصاحبة بأبخرة حمض النيتريك الخانقة. وة كثافة الأبخرة البنية الحمراء بإضافة خراطة النحاس على المحلول والتسـ ويكتسب المحلول نفسه اللون الأزرق نتيجة لتكون نيترات النحاسيك.

$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$$

um Nitrate — Nitric Acid

$$4\,HNO_3 = 4\,NO_2 + O_2 \uparrow + 2\,H_2O$$

$$Cu + 4\,HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2\,NO_2 \uparrow + 2\,H_2O$$

er Metal — Nitrogen Dioxide

2 - كشف الحلقة السمراء (The Brown Ring Test):

في أنبوبة اختبار نظيفة اخلط حجمين متساويين من محلول كبريتات الحـ الحديث التحضير مع محلول النيترات، ثم صب باحتراس شديد حوالى 2 من حمض الكبريتيك المركز بحيث تنزل على الجدار الداخلي لأنبوبة الا لتستقر في قاع الأنبوبة، أي أن الحمض المركز سيكون طبقة أسفل الخليط، تشاهد ظهور حلقة سمراء بين سطحي اتصال الطبقتين نتيجة مركب الحلقة السمراء المعروف باسم كبريتات الحديدوز النترو $Fe(NO)SO_4$. برجّ أنبوبة الاختبار تختفي الحلقة وينتشر اللون الأس المحلول، ويزول اللون بالتسخين (قارن تجربة النيتريت).

$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$$

$$6\,FeSO_4 + 2\,HNO_3 + 3\,H_2SO_4 = 3\,Fe_2(SO_4)_3 + 2\,NO + 4\,H_2O$$

$$FeSO_4 + NO = Fe(NO)SO_4$$

Ferrous Nitrosyl Sulphate

### 3 ـ كشف الأمونيا (Amonia Test):

عند غليان محلول النيترات مع برادة الزنك أو التسخين بلطف مع مسحوق الألومنيوم ومحلول هيدروكسيد الصوديوم، يلاحظ تصاعد غاز الأمونيا نتيجة لاختزال النيترات بواسطة الهيدروجين الذري الحديث التولد الناتج في التفاعل ويمكن الكشف عن الأمونيا المتصاعدة بواسطة رائحتها المميزة أو بتكوين سحب بيضاء مع حمض الهيدروكلوريد.

$$Zn + 2\,NaOH = \underset{\text{Sodium Zincate}}{Na_2ZnO_2} + \underset{\text{Nascent Hydrogen}}{H_2\uparrow} \qquad (i)$$

$$NaNO_3 + 4\,H_2 = NH_3\uparrow + NaOH + 2\,H_2O \qquad (ii)$$

(*) بضرب المعادلة (i) × 4 وجمعها مع المعادلة (ii) نحصل على المعادلة (iii)

$$\underset{\text{Zinc Powder}}{NaNO_3 + 4\,Zn} + 7\,NaOH = \underset{\text{Amonia}}{NH_3\uparrow} + 4\,\underset{\text{Sodium Zincate}}{Na_2ZnO_2} + 2\,H_2O \qquad (iii)$$

ويستخدم هذا التفاعل كأساس للتقدير الكمي لأنيون النيترات في المحلول وذلك بامتصاص النشادر الناتجة في حجم معروف من محلول قياسي لحمض الكبريتيك، ثم تعاير الزيادة غير المتفاعلة من الحمض مع محلول قياسي من هيدروكسيد الصوديوم.

### 4 ـ محلول نيترات الفضة (Silver Nitrate Solution):

عند إضافة محلول نيترات الفضة إلى محلول النيترات لا يحدث أي تفاعل ولا يشاهد تكوّن أي راسب (تفرقة بين النيترات والهاليدات مثل الكلوريد والبروميد واليوديد ومن الشقات الحمضية الأخرى التي تتفاعل مع نيترات الفضة).

## جـ ـ مجموعة المتنوعات

## MISCELLANEOUS GROUP

### XI ـ الكبريتات (Sulphate, $SO_4^{=}$)

استخدم كبريتات الصوديوم (ملح جلوبر) $Na_2SO_4 \cdot 10\,H_2O$، كمثال للمادة مجهولة ثم إجر الكشوفات التالية:

### 1 ـ محلول كلوريد الباريوم (Barium Chloride Solution):

بإضافة هذا الكاشف إلى محلول الكبريتات في الماء المحمض بحمض الهيدروكلوريك المخفف يتكون راسب أبيض من كبريتات الباريوم ($BaSO_4$) والذي يذوب هذا الراسب في الأحماض المعدنية المخففة (حمض الهيدروكلوريك أو حمض النتريك أو حمض الكبريتيك).

$$Na_2SO_4 + BaCl_2 = \underset{\text{Barium Sulphate}}{BaSO_4\downarrow} + 2\,NaCl$$

**ملحوظة:** الكربونات والكبريتيت والفوسفات لا تكون رواسب مع كلوريد الباريوم في الوسط الحمضي.

### 2 ـ محلول خلات الرصاص (Lead Acetate Solution):

عند إضافة محلول خلات الرصاص إلى محلول الكبريتات في الماء يتكون راسب أبيض من كبريتات الرصاص ($PbSO_4$). هذا الراسب لا يذوب الأحماض المخففة ولكنه يذوب في محلول مركز من خلّات الأمونيوم وهيدروكسيد الصوديوم.

$$Pb(C_2H_3O_2)_2 + Na_2SO_4 = \underset{\text{Lead Sulphate}}{PbSO_4\downarrow} + 2\,NaC_2H_3O_2$$

3 ـ محلول نيترات الفضة (Silver Nitrate Solution):

حضر أولاً محلولاً مركزاً جداً من الكبريتات وأضف إليه محلول نيترات الفضة، يتكون راسب أبيض من كبريتات الفضة ($Ag_2SO_4$) من المحاليل المركزة ولا يتكون هذا الراسب من المحاليل المخففة.

$$Na_2SO_4 + 2\,AgNO_3 = Ag_2SO_4 \downarrow + 2\,NaNO_3$$

Silver sulphate

XII ـ الفوسفات (الارثوفسفات)

## Phosphate (Orthophosphate) $(PO_4)^{-3}$

استخدم فوسفات ثنائي الصوديوم آحادي الهيدروجين ($Na_2HPO_4 \cdot 12\,H_2O$) كمثال لمادة مجهولة، ثم اجر الكشوفات التالية:

1 ـ محلول نيترات الفضة (Silver Nitrate Solution):

أضف قليلاً من نيترات الفضة إلى محلول الفوسفات، يتكون راسب أصفر من فوسفات الفضة ($Ag_3PO_4$) وهذا الراسب يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم المخفف وكذلك في حمض النيتريك المخفف.

$$2\,Na_2HPO_4 + 3\,AgNO_3 = Ag_3PO_4 \downarrow + 3\,NaNO_3 + NaH_2PO_4$$

Disodium Hydrogen Phosphate — Silver Phosphate — Sodium Dihydrogen Phosphate

2 ـ محلول كلوريد الباريوم (Barium Chloride Solution):

بإضافة محلول كلوريد الباريوم إلى محلول متعادل من الفوسفات، يتكون راسب أبيض من فوسفات الباريوم الثانوية ($BaHPO_4$). ويذوب هذا الراسب في الأحماض المعدنية المخففة وكذلك في حمض الخليك.

$$BaCl_2 + Na_2HPO_4 = BaHPO_4 \downarrow + 2\,NaCl$$

Secondary Barium Phosphate

3 ـ نيترات المغنيسيوم (A) أو خليط الماغنيزيا (B):

[ Magnesium Nitrate (A) or Magnesia Mixture (B)]

يتكوّن كاشف نيترات المغنسيوم (A) من:

(A) $Mg(NO_3)_2$ , $NH_4NO_3$ + little $NH_4OH$

ويتكوّن خليط الماغنيزيا (B) من:

(B) $Mg\,Cl_2$ , $NH_4Cl$ + little $NH_4OH$

عند إضافة محاليل الفوسفات إلى أحد الكاشفين (A) أو (B) يتكون راسب أبيض من فوسفات المغنسيوم والأمونيوم ($Mg(NH_4)PO_4 \cdot 6\,H_2O$)، ويذوب هذا الراسب في حمض الخليك أو في الأحماض المعدنية المخففة ولكنه يذوب بصعوبة (أو لا يذوب) في محاليل هيدروكسيد الأمونيوم المخففة.

$$Na_2HPO_4 + Mg(NO_3)_2 + NH_3 = Mg(NH_4)PO_4 \downarrow + 2\,NaNO_3$$

Magnesium Ammonium Phosthae .

ويمكن كتابة هذه المعادلة بالصورة المبسطة الآتية:

$$PO_4^{3-} + Mg^{2+} + NH_4^+ = Mg(NH_4)PO_4 \downarrow$$

**4 ـ محلول موليبدات الأمونيوم (Ammonium Molybdate Reagent):**

حمّض أولاً محلول الفوسفات بإضافة عدة نقاط من حمض النيتريك المركز ثم أضف بعد ذلك كمية كافية من محلول موليبدات الأمونيوم. فيتكوّن في الحال راسب أصفر من فسفوموليبدات الأمونيوم. ويمكن زيادة معدل الترسيب بالتسخين البسيط.

$$Na_2HPO_4 + 12\,(NH_4)_2MoO_4 + 23\,HNO_3 =$$

Ammon. Molybdate

$$(NH_4)_3\,[P\,Mo_{12}\,O_{40}] \downarrow + 2\,NaNO_3 + 21\,NH_4NO_3 + 12\,H_2O$$

Amm. Phosphomolybdate

**5 ـ محلول كلوريد الحديديك (Ferric Chloride Solution):**

بإضافة قليل من محلول كلوريد الحديديك إلى محلول الفوسفات يتكوّن راسب أصفر خفيف من فوسفات الحديديك ويذوب هذا الراسب في الأحماض المعدنية المخففة ولا يذوب في حمض الخليك المخفف.

$$Na_2HPO_4 + FeCl_3 \longrightarrow FePO_4 + 2\,NaCl + HCl$$

## XIII ـ البورات (Borate)

$BO_3^{---}$ Orthoborate  $B_4O_7^{--}$ Pyroborate  $BO_2^-$ Metaborate

$Na_2B_4O_7 \cdot 10\,H_2O$ Sodium Pyroborate, (Borax) استخدم البوراكس or Perborate، كمثال لمادة مجهولة ثم أجر الكشوفات التالية:

**1 ـ محلول نيترات الفضة (Silver Nitrate Solution):**

أضف محلول نيترات الفضة إلى محلول مركز من البوراكس (استخدم الماء الساخن لإذابة البوراكس ثم برّد المحلول). يتكوّن راسب أبيض من ميتابورات الفضة ($AgBO_2$) جزّىء الراسب إلى جزأين، استخدم الجزء الأول لاختبار الذوبان ستلاحظ أن الراسب يذوب في الأمونيا المخففة أو في حمض النيتريك، سخن الجزء الثاني من الراسب مع الماء حتى الغليان فيتميأ كلية ويكوّن راسب أسود بنيّاً من أكسيد الفضة.

$$Na_2B_4O_7 + 3\,H_2O + 2\,AgNO_3 = 2\,AgBO_2 \downarrow + 3\,H_3BO_3 + 2\,NaNO_3$$

Silver Metaborate
(white)

$$2\,AgBO_2 + 3\,H_2O = Ag_2O \downarrow + 2\,H_2BO_3$$

Silver oxide
(brown)

**2 ـ كشف ورق الكركم (Turmeric Paper Test):**

اغمس قطعة من ورق الكركم في محلول البورات المحمض بحمض الهيدروكلوريك المخفف. ثم جفف الورقة عند 100 درجة مئوية وذلك بلفها حول الجدار الخارجي بالقرب من فوهة أنبوبة اختبار تحتوى على قليل من الماء، سخن الماء في الأنبوبة حتى الغليان، فتجف ورقة الكركم بفعل البخار وتتحوّل إلى اللون البني المحمر. بلّل الورقة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم فيتحول لونه إلى الأزرق أو الأسود المخضر.

3 ـ كشف تأثير الحرارة (كشف خرزة البوراكس) (Glass Bead Test):

بتسخين مسحوق البوراكس ($Na_2B_4O_7 \cdot 10\ H_2O$) على طرف سلك بلاتيني في اللهب، تلاحظ أن المادة تنتفخ كلما فقدت ماء التبلر الخاص بها ثم تنكمش فجأة وتنصهر لتترك على طرف السلك خرزة زجاجية من الملح عديم الماء وتتكوّن هذه الخرزة من خليط من ميتابورات الصوديوم وأنهيدريد البوريك.

$$\underset{\text{Borax}}{Na_2B_4O_7} = \underset{\text{Sodium Metaborate}}{2\ NaBO_2} + \underset{\text{Boric Amhydride}}{B_2O_3}$$

4 ـ حمض الكبريتيك المركز + الكحول الإيثيلي (كشف اللهب) (Flame Test):

ملحوظة: حيث أن الكحول مادة قابلة للاشتعال، تفضل أن يعرض الأستاذ هنا الكشف أمام جميع الطلاب.

أخلط في جفنة من البورسلين حوالى 3-4 جم من البوراكس الصلب مع عدة سنتيمترات مكعبة من حمض الكبريتيك المركز. ثم أضف حوالى 10 سم$^3$ من الكحول الإيثيلي (أو الميثيلي)، قلب الخليط ثم أشعله بعود ثقاب، تلاحظ أن الكحول سوف يشتعل بلهب ذي حافة خضراء نتيجة لتكوين بورات الإيثيل $B(OC_2H_5)_3$ أو بورات الميثيل.

$$H_3BO_3 + \underset{\text{Ethanol}}{3\ C_2H_5OH} = \underset{\text{Ethyl borate ester}}{B(OC_2H_5)_3} + 3\ H_2O$$

5 ـ محلول كلوريد الباريوم (Barium Chloride Solution):

بإضافة محلول كلوريد الباريوم إلى محلول مشبع من البوراكس يتكوّن راسب أبيض من ميتابورات الباريوم $Ba(BO_2)_2$. هذا الراسب يذوب في زيادة من كلوريد الباريوم أو في الأحماض المخففة أو في أملاح الأمونيوم.

$$Na_2B_4O_7 + 3\ H_2O + BaCl_2 = Ba(BO_2)_2 \downarrow + 2H_3BO_3 + 2\ NaCl$$

## المخطط العام للكشف عن الشق الحمضي

## للأملاح غير العضوية البسيطة

باستكمال دراسة التفاعلات الأساسية للأنيونات الشائعة سوف نتطرق إلى الطريقة العامة التي سوف تتبع للكشف عن الشق الحمضي لملح غير عضوي بسيط. وقبل الشروع في إجراء تفاعل كيميائي يجب أولاً اختبار الصفات الفيزيائية للملح المجهول لأن معرفة هذه الصفات يساعد كثيراً في التعرف الكامل والصحيح على المركب، وهذه الصفات الفيزيائية المقصودة هي:

1 ـ الحالة: هل هو مادة صلبة أم سائلة أم غازية.

2 ـ الشكل: هل هو مادة بلورية أم غير بلوري هل يتكون من قطع صغيرة أو مسحوق ناعم.

3 ـ اللون: عديم اللون، أبيض، أزرق... إلخ.

4 ـ الذوبانية: هل يذوب في الماء البارد أم الساخن وما تأثير محلوله المائي على ورقة عباد الشمس، هل له تأثير حمضي (يحمر عباد الشمس) أم قلوي (يزرق عباد الشمس) أو متعادل (لا يؤثر في لون عباد الشمس).

وبعد الانتهاء من هذه الصفات الفيزيائية أبدأ في إجراء الاختبارات الكيميائية حسب ما هو وارد بطريقة الكشف، ورتّب النتائج التي تحصل عليها في صورة جدول كما هو مبين في الجدول رقم (2).