كلية العلوم

القسم : الكيمياء

السنة : الرابعة

المادة : كيمياء لا عضوية٤

المحاضرة : الاولى/عملي/د.باسل

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

2026

11

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

الفصل السادس

الفصيلة السادسة B(VI)

عناصر فصيلة الكروم

6-1- مقدمة:

تضم هذه الفصيلة العناصر التالية: كروم Cr , الموليبدينيوم Mo , التنغستين W. التي تمتلك الصفات التالية:

	$_{24}Cr$	$_{42}Mo$	W
الوزن الذري	52.01	95.95	183.92
الكترونات تكافؤية	$3d^5 4S^1$	$4d^5 5S^1$	$5d^4 6S^2$
نصف القطر الذري	1.27	1.37	1.40
نصف القطر $ə^{+6}$	0.35	0.65	0.65
درجة الانصهار	1890	2620	3380
درجة الغليان	3390	4800	5900

رقم الأكسدة المميز للكروم هو $(3+)$ الموافق لـــ (d^3) ورقم الأكسدة الأعلى المميز لعناصر الفصيلة $6+$ الموافق لـــ (d^6)، كما تتمتع هذه العناصر بأرقام أكسدة أخرى $+5,+4,+2,+1$

الأعداد التساندية المميزة للعناصر الثلاثة هي 4،6. تقل الفعالية الكيميائية لعناصر الفصيلة بالانتقال من $W \leftarrow Mo \leftarrow Cr$ حيث يمكن للكروم إزاحة الهيدروجين من الحموض الممدة H_2SO_4, HCl أما في حال التنغستين فينحل فقط في مزيج ساخن من حمض الآزوت وحمض كلور الماء.

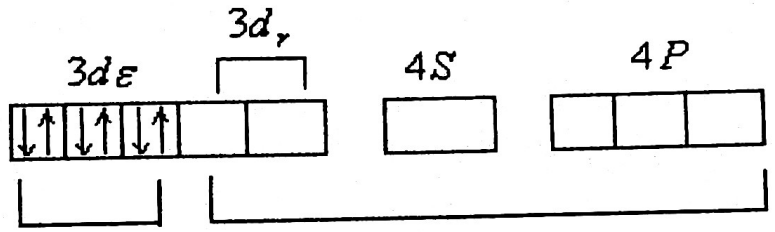
$$\ni + 2HNO_3 + 8HF \rightarrow H_2[\ni F_8] + 2NO + 4H_2O$$

يتفاعل Mo و W بصهرهما مع القلويات بوجود مؤكسدات مشكلين الشاردة المعقدة $\ni O_4^{2-}$

$$\ni + 3NaNO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2 \ni O_4 + 3NaNO_2 + H_2O$$

- المركبات بدرجة الأكسدة (o):

المركبات بدرجة الأكسدة (o) للكروم هي المركبات مع (CO)



$\ni (CO)_6$

$Cr \rightarrow CO$ (π روابط) $(Cr \leftarrow CO$ (б روابط)

- مركبات الكروم II:

المركبات بدرجات الأكسدة (+2) تتميز بعدد تساندي (6) الموافق لتشكيل معقدات مرتفعة اللف الذاتي والتركيب الإلكتروني المميز لها

$(б)^{12}$	$(\pi d)^3$	$(бd)^1$
رابط	غير رابط	مضادة للربط

- هيدروكسيد الكروم II:

يتفاعل مع الحموض وفق التفاعل :

$$Cr(OH)_2 + 2H_3O^+ + 2H_2O \rightarrow [Cr(H_2O)_6]^{2+}$$

يتميز المعقد الناتج بلون أزرق. إلا أن الكروم الثنائي في محلوله يتأكسد بسهولة بالهواء :

$$4[Cr(H_2O)_6]^{2+} + O_2 + 4H^+ \rightarrow 4[Cr(H_2O)_6]^{3+} + 2H_2O$$

وفي حال عدم وجود مؤكسد يُرجع الكروم الثنائي الماء بالتدريج محرراً الهيدروجين.

$$2CrCl_2 + 2H_2O \rightarrow 2Cr(OH)Cl_2 + H_2$$

- **مركبات الكروم III**: تعتبر المركبات بدرجة الأكسدة (3+) الأكثر ثباتاً للكروم وتتميز معقداتها بأعداد تساندية (6)

أ- Cr_2O_3 : مسحوق أخضر غامق، عند صهره مع ثنائي كبريتات البوتاسيوم يشكل كبريتات الكروم :

$$3K_2S_2O_7 \rightarrow 3K_2SO_4 + 3SO_3$$

$$Cr_2O_3 + 3SO_3 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3$$

بالجمع

$$Cr_2O_3 + 3K_2S_2O_7 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 3K_2SO_4$$

بصهر Cr_2O_3 مع القلويات والأكاسيد القلوية الموافقة يتشكل كروميت البوتاسيوم III

$$2KOH + Cr_2O_3 \rightarrow 2KCrO_2 + H_2O$$

ب- هيدروكسيد الكروم III:

الحصول على هيدروكسيد الكروم وتحوله إلى شرجبات $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$ وشرسبات $[Cr(OH)_6]^{3-}$ معقدة يمكن أن يوضّح بالشكل:

$$[Cr(H_2O)_6]^{3+} \underset{H^+}{\overset{OH^-}{\rightleftarrows}} Cr(OH)_3 \underset{H^+}{\overset{OH^-}{\rightleftarrows}} [Cr(OH)_6]^{3-}$$

أيضاً تتشكل معقدات نشادرية للكروم $[Cr(NH_3)_6]^{3+}$ زرقاء سماوية اللون وذلك بتفاعل أملاح الكروم الثلاثية مع محلول النشادر.

$$CrCl_3 + 3(NH_3.H_2O) \rightarrow Cr(OH)_3 + 3NH_4Cl$$

$$Cr(OH)_3 + 6(NH_3.H_2O) \rightarrow [Cr(NH_3)_6](OH)_3 + 6H_2O$$

وهي ثابتة بالحالة الصلبة. أما في المحاليل المائية فتتفكك بالتدريج.

$$[Cr(NH_3)_6]Cl_3 + 3H_2O \rightarrow Cr(OH)_3 + NH_4Cl + 3NH_3$$

- يمكن الحصول على الشر سبات المعقدة للكروم III وهي متنوعة:

$$3KOH + Cr(OH)_3 \rightarrow K_3[Cr(OH)_6]$$

$$3KCl + CrCl_3 \rightarrow K_3[CrCl_6]$$

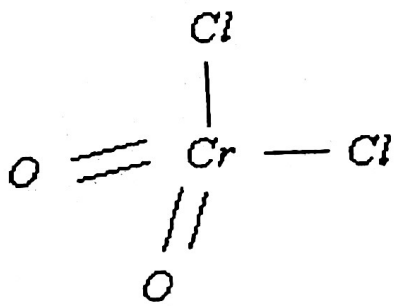
$$3H_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 \rightarrow 2H_3[Cr(SO_4)_3]$$

- مركبات الكروم **VI**: المركبات بدرجات الأكسدة (+6) للكروم والموليبدينيوم والتنغستين تظهر في الهاليدات والهاليدات الأكسيجينية والأكاسيد المعروفة للكروم CrO_3: وأيضاً CrO_2F_2, CrO_2Cl_2 .

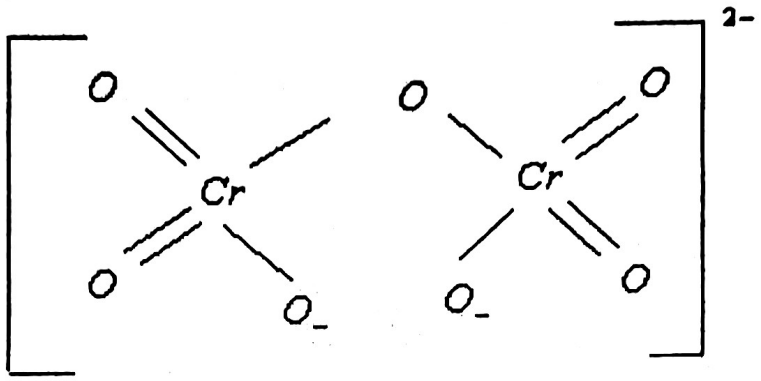
- تفاعل CrO_3 الجاف مع غاز كلوريد الهيدروجين يشكل CrO_2Cl_2 وفق المعادلة :

$$CrO_3 + HCl \rightarrow CrO_2Cl_2 + H_2O$$

وله البنية:



- هناك مركبات أكسجينية أخرى للكروم مثل : $K_2Cr_2O_7$ و $K_2Cr_3O_{10}$ وأيضاً $K_2Cr_4O_{13}$ وكل هذه المركبات تحوي الشاردة CrO_4^{2-} رباعية الوجوه ،و تتمتع الشاردة $Cr_2O_7^{2-}$ بالبنية التالية :



- تنتج هذه الشوارد من تأثير الحموض على الكرومات.

$$2CrO_4^{2-} + 2H^+ \rightarrow Cr_2O_7^{2-} + H_2O$$

$$3Cr_2O_7^{2-} + 2H^+ \rightarrow 2Cr_3O_{10}^{2-} + H_2O$$

عند تحميض الكرومات بحمض الكبريت المركز وبالتبريد تتشكل بلورات حمراء غامقة من CrO_3 .

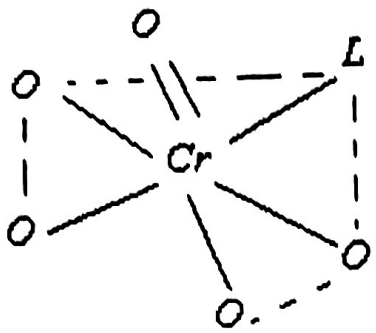
$$K_2CrO_4 + H_2SO_4 \rightarrow CrO_3 + K_2SO_4 + H_2O$$

ويمكن للكرومات أن تتحول إلى ثنائي الكرومات وبالعكس و ذلك حسب الوسط.وفق المعادلة

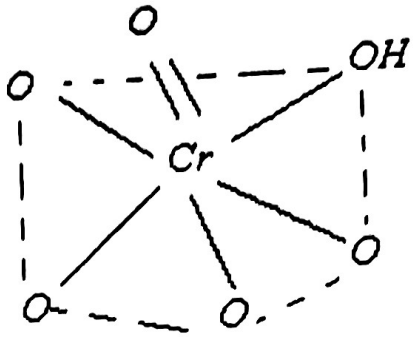
$$2CrO_4^{2-} + 2H^+ \longrightarrow 2HCrO^{4-} \longleftrightarrow Cr_2O_7^{2-} + H_2O$$

$$3Cr_2O_7^{2-} + 2H^+ \rightarrow 2Cr_3O_{10}^{2-} + H_2O$$

- معروف للكروم معقد سماوي $CrO(O_2)_2L$ حيث (L : جزيئة ماء أو ايتر) ومعقد بنفسجي له التركيب $[CrO(O_2)_2OH]^-$ وصيغته المنشورة :



$[CrO(O_2)_2L\ ]$



$[CrO(O_2)_2OH]^-$

حيث يتشكل $CrO(O_2)_2L$ السماوي عند تأثير الماء الأكسجيني على محلول محمض لثنائي الكرومات :

$$Cr_2O_7^{2-} + 4H_2O_2 + 2H^+ \rightarrow 2CrO(O_2)_2 + 2H_2O$$

وهو غير ثابت في المحاليل المائية $CrO(O_2)_2L$ وثابت في المحاليل العضوية (إيتر) حيث يتفكك مطلقاً الأكسجين وشاردة الكروم الثلاثي Cr^{3+}

أما $[CrO(O_2)_2OH]$ فينتج عند تأثير H_2O_2 على ثنائي الكرومات في وسط معتدل:

$$K_2Cr_2O_7 + 6H_2O_2 \rightarrow 2K[CrO(O_2)_2OH] + 5H_2O + O_2$$

إلا أن الملح السابق ينفجر بسهولة.

مركبات الكروم VI: مؤكسدات قوية.

$$Cr_2O_7^{2-} + 3(NH_4)_2S + H_2O \rightarrow 2Cr(OH)_3 + 3S + 6NH_3 + 2OH^-$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 3SO_3^{2-} + 8H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 3SO_4^{2-} + 4H_2O$$

$$2CrO_4^{2-} + 3(NH_4)_2S + 2OH^- + H_2O \rightarrow 2[Cr(OH)_6]^{3-} + 3S + 6NH_3$$

إلا أن الفعالية المؤكسدة للكروم VI تظهر بقوة في الوسط الحمضي.

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

6-2- العمل المخبري :

المواد والأجهزة المطلوبة :

جفن بورسلانية – شبكة اسبستوس – ملعقة حديدية – حوض ماء، كروم ، محلول ثنائي كرومات الأمونيوم، محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم، كلوريد الكروم III، نترات البوتاسيوم، كربونات البوتاسيوم، برا أكسو ثنائي كبريتات البوتاسيوم، إيتر ثنائي الإيتيل، محلول H_2S ، ورق عباد الشمس المعدل، كبريتات الكروم III.

كرومات البوتاسيوم $[0.5N]$، ثنائي كرومات البوتاسيوم $[0.5N]$، حمض الكبريت $2N$، كبريتات الكروم III أو الملح المضاعف للكروم، حمض الآزوت $(\rho = 1.2g/cm^3)$، حمض كلور الماء $(\rho = 1.19g/cm^3(6N)$. الصود الكاوي $2N$، كربونات البوتاسيوم $0.5N$، كبريتيد الأمونيوم $0.5N$، نترات البوتاسيوم $0.5N$، الماء الأكسجيني 3%.

6-2-1- مركبات الكروم II:

- تفاعل الكروم مع الحموض :

آ –خذ أنبوبي اختبار وضع في كل منها 0.1 غ من مسحوق الكروم وصب في الأول حمض كلور الماء المركز وفي الثاني حمض الكبريت الممدد. ثم سخن بلطف ولاحظ التفاعل الشديد للمعدن مع الحموض. ما لون المحلول؟ وهل أملاح الكروم II ملونة؟

ب – في انبوب اختبار آخر حدد انحلالية الكروم في حمض الآزوت المركز واكتب ملاحظاتك؟ من أجل ذلك صب حمض الآزوت في انبوب اختبار على مسحوق الكروم بعد غسله بالماء المقطر عدة مرات، ماذا يحدث في الأنبوب؟

اسكب حمض الآزوت من الأنبوب واغسل المعدن بالماء المقطر ثم أضف حمض كلور الماء $6N$. هل يجري أي تفاعل في هذه الحالة؟ ما تأثير الآزوت على الكروم؟

- تحضير كلوريد الكروم II:

أ - خذ بضع قطع من الكروم في أنبوب اختبار وصب 2-3 مل من حمض كلور الماء 10% وسخن على لهب غاز.

ب - خذ أنبوباً زجاجياً وضع فيه بضع قطع من التوتياء وصب عليها 2-3 مل من كلوريد الكروم II وقليلاً من حمض كلور الماء ، ثم أضف $\frac{1}{2}$ مل من البنزول أو التوليول. أغلق الأنبوب بسدادة يخترقها أنبوب زجاجي إلى حوض فيه ماء حيث تغمر نهايته. كيف يتغير لون المحلول خلال التجربة ولماذا؟ احتفظ بالمحلول للتجارب اللاحقة. اكتب معادلة التفاعل. ما دور البنزول.

- خواص كلوريد الكروم II:

ملاحظة: (يجب إجراء هذه التجارب بسرعة لماذا؟).

أ - صب في أنبوب زجاجي بضع مليمترات من المحلول الذي حصلت عليه واتركه في الهواء، كيف يتغير لون المحلول؟ وما الخواص التي يبديها كلوريد الكروم II ؟

ب - خذ أنبوبي اختبار وضع في الأول 5-7 نقاط من برمنغنات البوتاسيوم وفي الثاني 5-7 نقاط من ثنائي كرومات البوتاسيوم ، ثم أضف بضع نقاط من حمض كلور الماء المركز لكل منها.وفي أنبوب ثالث خذ 5-7 نقاط من ماء اليود.

أضف بالتنقيط بواسطة الماصة محلول كلوريد الكروم II إلى الأنابيب الثلاثة لاحظ ماذا يحدث؟ يزول لون البرمنغنات في الأنبوب الأول ويتحول لون ثنائي الكرومات البرتقالي إلى الأخضر المميز للكروم III وفي الثالث يزول اللون. اكتب معادلات التفاعل الحاصلة.

- تحضير هيدروكسيد وخلات الكروم II :

أ - صب في أنبوب زجاجي 1 مل من محلول مركز لهيدروكسيد الصوديوم (10%) وأضف إليها بالماصة نفس الحجم من محلول كلوريد الكروم II المحضر بالتجربة السابقة. لاحظ تشكل راسب أصفر من هيدروكسيد الكروم II .

اقسم الراسب قسمين وحدد انحلاليته في زيادة من محلول الهيدروكسيد وحمض كلور الماء.

ب - أضف 0.5 مل من محلول كلوريد الكروم II إلى 0.5 مل من خلات الصوديوم. ماذا يحدث؟ يتشكل راسب أحمر، ماهو ؟

6-2-2- مركبات الكروم III

- تحضير أكسيد الكروم Cr_2O_3 و دراسة خواصه:

أ- خذ 2.5 غ من ثنائي كرومات البوتاسيوم واخلطها مع (0.5) غ من الكبريت وضع المزيج في جفنه وسخن على لهب غاز (تجرى تحت الساحبة) :

تفاعل $K_2Cr_2O_7$ مع الكبريت ناشر للحرارة لذلك عند بداية انصهار الكتلة أوقف التسخين وبرد الصهارة. انقل الحفنة إلى كأس ماء حار ثم اغل الماء. رشح الراسب Cr_2O_3 واغسله بالماء ثم جففه.

ب- ضع في جفنه بضع نقط من ثنائي كرومات الأمونيوم ثم سخن الحفنة على لهب غاز. عند بدء حدوث التفكك أوقف التسخين. أدخل سلكاً حديدياً متوهجاً في المسحوق ولاحظ التفاعل العنيف لتفكك ثنائي الكرومات حيث يتشكل Cr_2O_3 ذو اللون الأخضر الغامق.

اكتب معادلة التفاعل آخذاً بعين الاعتبار أنه يتشكل أيضاً الآزوت والماء بالإضافة إلى الأكسيد. قم بالاختبارات التالية:

- هل ينحل الأكسيد بالماء؟

- هل ينحل الأكسيد بالحموض والقلويات ؟ من أجل ذلك أضف حمض كلور الماء المركز إلى قسم من الأكسيد والى القسم الآخر من الأكسيد أضف هيدروكسيد الصوديوم ولاحظ انحلاليته.

- مع أي مواد يجب صهر الأكسيد للحصول على كروميت الصوديوم وكبريتات الكروم III ؟

جـ- دراسة خواص الأكسيد: Cr_2O_3

ضع في جفنه 0.3-0.5 غ من أكسيد الكروم Cr_2O_3 وفي جفنه أخرى نفس المقدار أيضاً من الأكسيد. أضف إلى الجفنة الأولى حجم مساو من $K_2S_2O_7$ وإلى الجفنة الثانية أيضاً حجماً مساوياً من كربونات البوتاسيوم. اصهر المزيج في الجفنتين. ثم برد ناتج الصهر وانقل الناتج إلى أنابيب زجاجية وحلها في كمية قليلة من الماء. لاحظ الألوان في الأنبوبين.

اكتب تفاعلات صهر Cr_2O_3 مع $K_2S_2O_7$ ، حيث يتشكل K_2CrO_4 و SO_2

وتفاعلات صهر Cr_2O_3 مع K_2CO_3 ، حيث يتشكل $KCrO_2$

لاحظ الصفات المذبذبة للأكسيد.

- **تحضير هيدروكسيد الكروم III و دراسة خواصه** : (يمكن استخدام ملح شب الكروم بدلاً من كبريتات الكروم III في التجارب إلا أنه عند وضع المعادلة نضع $Cr_2(SO_4)_3$ بدلاً من الشب) .

أ - خذ أنبوبي اختبار وضع في كل منها 0.5 مل من كلوريد الكروم III وأضف إلى كل منها محلولاً قلوياً $2N$ حيث يتشكل هيدروكسيد الكروم III القليل الانحلال. ثم أضف إلى الأنبوب الأول 0.5 مل من حمض الكبريت الممدد ($2N$) وإلى الأنبوب الآخر محلولاً قلوياً ($2N$) حتى انحلال الراسب.علماً أنه عند تفاعل زيادة من محلول هيدروكسيد الصوديوم مع محلول ملح الكروم III يتشكل معقد كروميت الصوديوم $Na_3[Cr(OH)_6]$، ماذا يسمى ملح البوتاسيوم الموافق؟اقسم المحلول قسمين واحفظهما للتجارب التالية. اكتب معادلات التفاعل:

-الحصول على هيدروكسيد الكروم :

-تفاعل الهيدروكسيد مع الحموض والأسس.

عند أكسدة المحلول يحدث إزاحة تدريجية للمرتبطات $(OH)^-$ في المعقد المائي للكروم بجزيئات الماء إلا أن العدد التساندي لا يتغير.

ماذا نستنتج مما سبق حول خواص هيدروكسيد الكروم ؟

ب ــ ضع في أنبوب اختبار 1 مل من محلول ملح الكروم الثلاثي ثم أضف إليه عدة نقاط من محلول النشادر فيتشكل الراسب الأخضر من $Cr(OH)_3$ ، تابع الإضافة إلى أن يتغير لون المحلول . فسر ذلك .

- الخواص الإرجاعية لأملاح الكروم III:

أ – إرجاع الماء الأكسجيني :

أضف إلى القسم الأول من المحلول الذي حصلت عليه بالتجارب السابقة $K_3[Cr(OH)_6]$ 1 مل من محلول الماء الأكسجيني 3%. سخن المزيج في حوض مائي حتى يتحول اللون الأخضر إلى الأصفر. كيف تستدل على تشكل كرومات البوتاسيوم في المحلول ؟ اكتب معادلة تفاعل أكسدة ل $K_3[Cr(OH)_6]$ إلى K_2CrO_4.

ب –إرجاع ماء البروم :

أضف إلى القسم الثاني من المحلول السابق 0.5 مل من ماء البروم وسخن المزيج حتى يتغير لون المحلول إلى الأصفر ، عند عدم الأكسدة الكاملة للكروميت أضف ماء البروم وسخن من جديد. اكتب معادلات التفاعل بالشكلين الشاردي والجزيئي.

جـ – إرجاع برأكسوثنائي كبريتات الأمونيوم :

أضف إلى 0.5 مل من محلول الكروم III بضع نقاط من محلول حمض الكبريت الممدد ثم برأكسوثنائي كبريتات الأمونيوم حتى تحول اللون الأخضر إلى البرتقالي (يمكن التسخين قليلاً).

د ــ التشابه بالتركيب والاختلاف في الخواص لشوارد الكروم الثلاثي:

خذ أنبوبي اختبار وضع في كل منها بضع بلورات من الملح $CrCl_3.6H_2O$ وأضف إلى كل منها 5-7 نقاط ماء .

سخن محتويات أحد الأنبوبين حتى الغليان ثم قارن لون محتوى الأنبوب البارد ومحتوى الأنبوب الساخن لكلوريد الكروم III.

المحلول الممدد البارد لـ $CrCl_3$ يملك لوناً أزرقاً بنفسجياً وتكون شوارد الكروم الثلاثي بالشكل $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$ سداسية الماء.

أما الآخر فتكون بلون أخضر وتحوي شوارد $[Cr(H_2O)_5Cl]^{2+}$ كل منها يتميز بعدد تساندي (6) .

- حلمهة أملاح الكروم III:

آ - حلمهة كبريتات الكروم: لمعرفة تأثير كبريتات الكروم III على ورق عباد الشمس ضع في أنبوب اختبار 3-5 نقاط من محلول عباد الشمس المعتدل وأضف بضع بلورات من كبريتات الكروم حتى تغير لون عباد الشمس.

اكتب معادلة الحلمهة بالشكل الشاردي والجزيئي. ما المادة الناتجة؟ سمها. كيف يمكن إضعاف حلمهة الملح وكيف يمكن تسريعه.

ب - الحلمهة المشتركة لكبريتات الكروم مع كربونات الصوديوم:

أضف 1 مل من محلول كبريتات الكروم III بالتنقيط إلى 1 مل من محلول كربونات الصوديوم حتى يتشكل راسب $Cr(OH)_3$. لاحظ انطلاق غاز.

لماذا لا يتشكل ملح كربونات الكروم III؟ ما الغاز المنطلق؟ اكتب معادلات التفاعل الشاردية والجزيئية.

ج - حلمهة كروميت البوتاسيوم: خذ في أنبوب اختبار قليلاً من محلول كروميت معدن قلوي (الراسب المتشكل من حل هيدروكسيد الكروم III مع هيدروكسيد البوتاسيوم) ثم سخن بحوض مائي أو على لهب غاز حتى ظهور راسب هو هيدروكسيد الكروم III.

اكتب معادلات التفاعل الشاردية والجزيئية لحلمهة كروميت البوتاسيوم. ما دور التسخين في هذه العملية؟ أي من الأملاح يتحلمه بشكل أقوى (كبريتات الكروم أم كروميت البوتاسيوم) ؟

خذ ملح كروميت الصوديوم وأضف إليه محلولاً مركزاً من كلوريد الأمونيوم بم يرتبط ظهور الراسب ؟ اكتب معادلة التفاعل.

6-2-3- مركبات الكروم VI :

- تحضير أكسيد الكروم VI وخواصه:

-في كأس سعته 50 مل ضع 5غ من ثنائي كرومات البوتاسيوم وحلها في 12-13 مل ماء. خذ بأنبوب مدرج 20 مل حمض كبريت مركز وصبها فوق المزيج مع التحريك بقضيب زجاجي. لاحظ تشكل راسب أحمر غامق من بلورات أكسيد الكروم VI. وبعد التبريد رشح بلورات CrO_3 (قمع بوخنر زجاجي) ثم انقلها إلى أنبوب اختبار. لماذا لا ترشح بلورات CrO_3 بأوراق الترشيح؟ احفظ البلورات للتجارب التالية .

- خذ بطرف الماصة بضع بلورات من CrO_3 وضعها في كأس خزفي أو بوتقة وأضف اليها بحذر بضع نقاط من الكحول الايتيلي. ماذا يحدث؟ اكتب المعادلة. يتأكسد الكحول حتى بلا ماء حمض الخل.

- حل في أنبوب اختبار بعض البلورات من CrO_3 ببضع قطرات من هيدروكسيد البوتاسيوم. لماذا يتغير اللون؟ اكتب المعادلة.

- خذ بضع بلورات من الأكسيد وحلها بالماء. ثم خذ من المحلول الناتج 2-3 مل وأضف إليها بضع نقاط من محلول يوديد البوتاسيوم. ماذا يحدث؟ اترك المزيج في جفنه حتى الجفاف ماذا يبقى بعد تبخر الماء؟

- الكرومات:

أ- تحول الكرومات إلى ثنائي كرومات :

أضف إلى 3-4 نقاط من محلول كرومات البوتاسيوم وبالتنقيط محلول حمض الكبريت $2N$. لاحظ اللون الناتج للمحلول .إلى أي شاردة يعود هذا اللون؟ اكتب معادلة التفاعل.

ب – تحول ثنائي الكرومات للكرومات:

أضف إلى 3-4 نقاط من ثنائي الكرومات و بالتنقيط محلولاً قلوياً حتى تغير اللون. اكتب معادلة التفاعل.

وضح كيفية تغير التوازن التالي :

$$CrO_4^{2-} + 2H^+ \longleftrightarrow Cr_2O_7^{2-} + H_2O$$

– عند إضافة حمض ثم عند إضافة أساس .

– بيّن أي من الشاردتين CrO_4^{2-} أو $Cr_2O_7^{2-}$ موجودة في المحاليل التالية :

محلول PH فيه أقل من 7 $[PH\langle 7]$ ومحلول PH فيه أكبر من 7 $[PH\rangle 7]$.

– تحضير كرومات الباريوم و كرومات الرصاص و كرومات الفضة:

أ – خذ ثلاثة أنابيب وضع في كل منها 5-7 نقاط من محلول كرومات البوتاسيوم أو الصوديوم ثم أضف لها بالتنقيط المحاليل التالية:

- للأول كلوريد الباريوم
- للثاني نترات الرصاص
- للثالث نترات الفضة

لاحظ ألوان الرواسب المتشكلة ثم فسّر لماذا تزداد شدة الألوان أثناء الانتقال من $Ba^{2+} \leftarrow Pb^{2+} \leftarrow Ag^+$ ؟

ب – بنفس الطريقة نجري التجارب السابقة مع ثنائي كرومات البوتاسيوم، ثم قارن ألوان الرواسب المتشكلة مع ألوان الرواسب في التجربة السابقة .ما لون ثنائي كرومات الفضة المتشكلة ؟ كيف يتغير لون البلورات بعد بضع ثوان و لمادا ؟

تتفكك ثنائي كرومات الفضة إلى كرومات الفضة و أكسيد الكروم VI .

- الخواص المؤكسدة للكرومات:

أ - أكسدة كبريتيد الهيدروجين:

أضف 4-5 نقاط من ثنائي كرومات البوتاسيوم المحمض ب 2-3 نقاط من حمض الكبريت $2N$ ثم أضف بالتنقيط محلولاً محضراً حديثاً من H_2S حتى تغير لون المحلول.

لاحظ تعكر المحلول. اكتب معادلات التفاعل. بيّن أي مركب للكروم تشكّل ولماذا تعتّم لون المحلول وإلى أي درجة أكسدة أرجع الكروم VI؟

ب - أكسدة يوديد البوتاسيوم:

أضف 3-4 نقاط من محلول يوديد البوتاسيوم إلى 4-5 نقاط من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم المحمض بحمض الكبريت.

لاحظ تغير اللون. تأكد من تحرر اليود بوساطة إضافة محلول النشاء من أجل ذلك أضف إلى 5-6 نقاط من محلول النشاء نقطة من المحلول السابق.

اكتب معادلة التفاعل.

ج - أكسدة حمض كلور الماء:

أضف 10-12 نقطة من محلول حمض كلور الماء المركز $(\rho = 1.19g/cm^3)$ إلى 2-3 نقطة من ثنائي كرومات البوتاسيوم. سخن المزيج حتى تحول اللون البرتقالي إلى أخضر. لاحظ انطلاق غاز. كيف تغيرت درجة أكسدة الكروم؟ ما الغاز المنطلق؟ اكتب معادلة تفاعل أكسدة حمض كلور الماء بثنائي كرومات البوتاسيوم.

د -خذ أنبوبي اختبار وضع في كل منها بضع قطرات من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم وحمّض المحلول بحمض الكبريت الممدد.

أضف إلى الأول بضع قطرات من كبريتات الحديد II وإلى الثاني نتريت البوتاسيوم أو الصوديوم. سخن الأنبوب الثاني بلطف. اكتب معادلات التفاعل بالشكلين الشاردي والجزيئي.

هـ - أضف محلول كبريتيد الأمونيوم إلى محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم. كيف تثبت بأن الراسب المتشكل هو هيدروكسيد الكروم III.

- تحضير فوق أكسيد الكروم CrO_5 وتفككه:

أضف إلى 2 مل من ثنائي كرومات البوتاسيوم المحمض بـ 1 مل حمض الكبريت $2N$، و 2 مل من الإيتر، ثم أضف 2 مل من الماء الأكسجيني 3% إلى المزيج المحضر. حرك المزيج جيداً بقضيب زجاجي.

لاحظ لون طبقة الإيتير، ثم لاحظ تغير اللون بعد مرور بعض الوقت حيث يتغير اللون وينطلق غاز. اكتب معادلة تفاعل:

1 - الحصول على CrO_5 .

2 - تحول CrO_5 إلى مركب الكروم III في الوسط الحمضي.

$$2CrO_5 + 3H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + \frac{7}{2}O_2 + 3H_2O$$

اكتب الصيغة المنشورة لـ CrO_5

- الخواص المؤكسدة لثنائي كرومات البوتاسيوم :

خد أربعة أنابيب اختبار و ضع في كل منها 1 مل من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم ثم حمض بحمض الكبريت (1 مل لكل أنبوب) ، أضف إلى الأنبوب الأول 1 مل محلول من ملح كبريتات الحديدي و إلى الأنبوب الثاني 1 مل من محلول نتريت الصوديوم ، و إلى الثالث 1 مل من كبريتيت الصوديوم ، و إلى الرابع 1 مل من محلول يوديد البوتاسيوم .

لاحظ تغيّر اللون في كل من الأنابيب الأربعة . اكتب المعادلات الشاردية و الجزيئية الحاصلة.

6-2-4- اصطناع بعض مركبات و معقدات الكروم:

آ – تحضير المعقد ثنائي هيدرات ثنائي أكزالاتو ثنائي آكو كرومات III البوتاسيوم (الشكل المقرون) $Cis\text{-}K[Cr(H_2O)_2(C_2O_4)_2].2H_2O$.

اسحق 2 غ من ثنائي كرومات البوتاسيوم و 6غ من حمض الحمّاض بشكل جيد كلاً على حده ثم امزج المادتين بحذر ، ضع المزيج على شكل كومة في جفنه خزفية أضيف إليها مسبقاً 7 نقاط من الماء ، غط الجفنة بزجاجة ساعة وضعها على سخانة كهربائية ، يتحول المزيج بعد فترة قصيرة إلى سائل لزج غامق بعد حدوث تفاعل نشيط ناشر للحرارة ، و ينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون و بخار الماء .

بعد هدوء التفاعل أضف 15 مل من الإيتانول إلى السائل الحار مع التحريك بمحرك زجاجي حتى التصلب ، اسحق أية كتلة تتشكل ، وإذا ما بقي جزء من المركب الناتج على شكل مادة زيتية تخلص من الإيتانول الطافي ثم أضف كمية أخرى من الإيتانول بمقدار 5 مل . اجمع الناتج بالترشيح و اغسله بالإيتانول و جففه .

ب – تحضير K_3CrO_8 :

بلورات ثمانية الوجوه بنية محمرة. ثابتة بالشروط العادية. تنفجر بالدرجة170 ْم.

اخلط في دورق 60 مل من محلول H_2O_2 (3%) و 5 مل من H_2O_2 (30%) مع 5 مل KOH (50%) وبرد المحلول المحضر في مزيج من الثلج وملح الطعام حتى ظهور كتلة عجينية كثيفة.

أضف إلى الكتلة الناتجة 5 غ مسحوق كرومات البوتاسيوم وضع الحوجلة في مزيج التبريد لمدة ساعتين وانتبه حتى لا ترتفع درجة الحرارة عن (0 ْم)

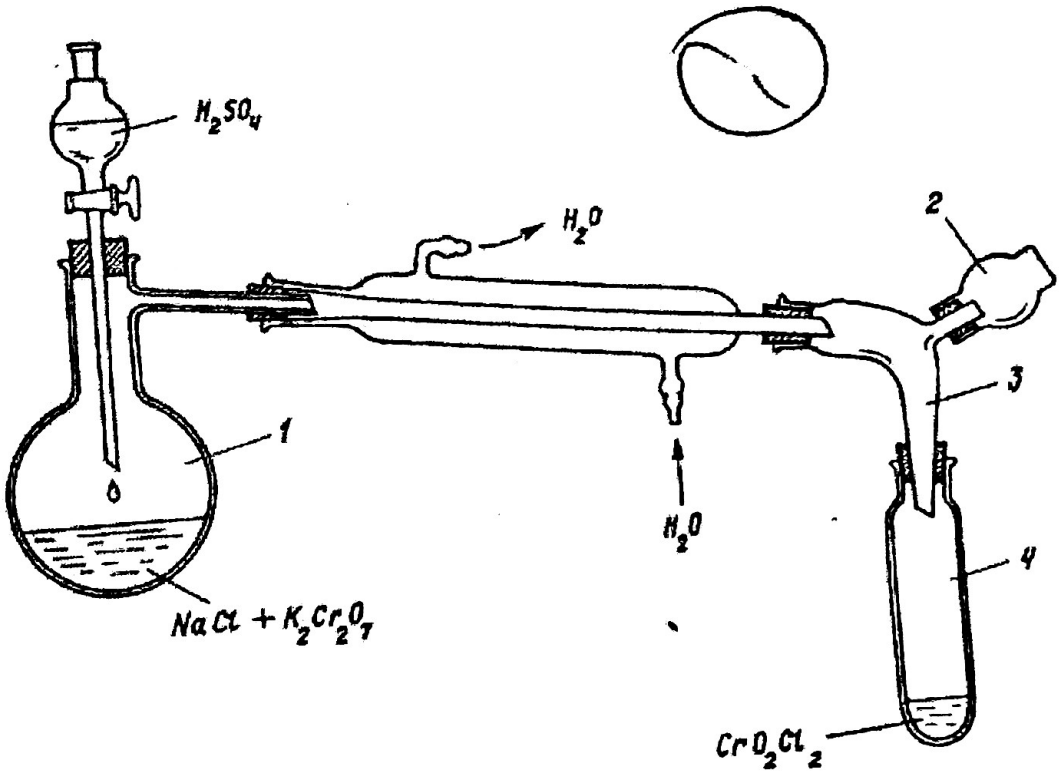
البلورات المترسبة K_3CrO_8 رشحها بوساطة مرشح (قمع) زجاجي واغسلها بالايتانول ومن ثم بثنائي إيتيل الايتر وجففها في مجفف يحوي كلوريد الكالسيوم.

ج – تحضير ثنائي كلور ثنائي أكسيد الكروم (كلوريد الكروميل) CrO_2Cl_2:

سائل أحمر غامق يحدث ضباباً كثيفاً في الهواء. ينحل بالكلوروفورم ورابع كلور الكربون. يتفاعل مع المحاليل العضوية الحارة (اسيتون، كحول) بانفجار يجب حفظه في الظلام في عبوات عاتمة.

* – ضع في جفنه 12.5 غ من كلوريد الصوديوم وجففها عند الدرجة 110–120 م مع 20غ من ثاني كرومات البوتاسيوم. اجمع الجهاز الموضح بالشكل(1) .

جميع أجهزة الشكل يجب أن تكون مصنفرة. املأ الحوجلة رقم (2) كلوريد الكالسيوم اللامائي وصلها كما مبين بالشكل بالقمع رقم (3) ثم صلها بالأنبوب الجاف رقم (4) بعد تجفيف ملح $K_2Cr_2O_7$ و $NaCl$ ضع في الحوجلة رقم (1) أغلق الحوجلة بقمع تنقيط يحوي 22 –24 مل من حمض الكبريت المركز.



شكل (1)

اسكب بحذر وبالتنقيط الحمض على المزيج، عند هدوء التفاعل العنيف بين المزيج وحمض الكبريت ، سخن الحوجلة رقم (1) بلهب غاز حتى التقطير الكامل للسائل

الأحمر الغامق CrO_2Cl_2 (انتبه يعتبر المركب مادة مؤكسدة قوية ويتفاعل مع كثير من المركبات العضوية واللاعضوية بانفجار)

** – خذ في حوجلة جافة 1 غ من كلوريد الصوديوم الجاف و1 غ من ثنائي كرومات البوتاسيوم وأضف إليها بضع قطرات من حمض الكبريت المركز وأغلق الحوجلة التي يخترقها أنبوب زجاجي يدخل طرفه الآخر في حوجلة جافة موضوعة في حوض ماء بارد. سخن بلطف مزيج التفاعل. ماذا تجمع في الحوجلة الفارغة ؟ اكتب معادلة التفاعل.

د – ثنائي كرومات البوتاسيوم: بلورات حمراء برتقالية ابرية، تنحل بالماء بنسبة 11.1% عند الدرجة 20مْ ، و تنحل بنسبة 50.5 %. وعند الدرجة 100مْ .

اسحق جيداً 5 غ من أكسيد الكروم III مع 5 غ من نترات الصوديوم و 10 غ من كربونات الصوديوم وانقلها إلى جفنه. سخن على لهب غاز حتى انصهار المزيج ثم اصهر بقوة لمدة 10–15 دقيقة. برد الجفنة وحل الصهارة في الماء المقطر. رشح المحلول إذا كان ضرورياً.

حمّض المحلول بحمض الكبريت حتى تحول لون الأصفر إلى برتقالي ثم برد على ماء الصنبور حتى ظهور بلورات. رشح البلورات $K_2Cr_2O_7$ بقمع بوخنر وجفف البلورات.

هـ– تحضير ثلاثي اكزالاتوكرومات **III** البوتاسيوم $K_3[Cr(C_2O_4)_3]$:

حل 3 غ اوكزالات البوتاسيوم و 7 غ من حمض الحماض في 100 مل ماء. أضف إلى المحلول السابق 2.5 غ من ثنائي كرومات البوتاسيوم مع التحريك القوي عند انتهاء التفاعل. اترك المحلول حتى يجف و يتبلور. سمّ البلورات المتشكلة وانظر إليها في مكان مضيء (مكان مرور الضوء). اكتب معادلة التفاعل.

و- تحضير سداسي كلورو كرومات III البوتاسيوم $K_3[CrCl_6]$:

اسحق 2 غ من ثنائي كرومات البوتاسيوم وضعها في 4 مل من حمض كلور الماء الساخن ذي التركيز 26 %. سخن المزيج بلطف. اكتب معادلة التفاعل. ماذا يجري عند استمرار التسخين لفترة طويلة؟

رشح المحلول على قمع واتركه إلى الجلسة القادمة. البلورات الناتجة رشحها على مرشح زجاجي. لاحظ شكل البلورات وقارنها مع بلورات ثنائي كرومات البوتاسيوم.

حل كمية غير كبيرة في الماء ووضح ما الشوارد المتواجدة في المحلول؟

ما الخواص التي يمتلكها كلوريد كرومات البوتاسيوم. وإلى أي نوع من المركبات الكيميائية ينتمي؟

6-3- الموليبدنيوم Mo وخواصه:

6-3-1- تحضير حمض الموليبدنيوم وخواصه:

خذ أنبوبي اختبار وضع في كل منها $\frac{1}{2}$ مل من المحلول المشبع لموليبدات الأمونيوم $(NH_4)_2MoO_4$ وصب بحذر وبالتنقيط أحد الحموض المركزة (حمض كلور الماء المركز $\rho = 1.19$ أو حمض الكبريت المركز $\rho = 1.84g/cm^3$ أو الآزوت $\rho = 1.2g/cm^3$) حتى ظهور راسب من حمض الموليبدنيوم. اترك الراسب ليهدأ ثم تخلص من السائل بالترشيح أو الماصة. أضف إلى الراسب في أحد الأنابيب بالتنقيط محلولاً قلوياً وفي الثاني حمض الكبريت المركز. هل ينحل الراسب؟ اكتب معادلة تفاعل:

1- الحصول على حمض الموليبدنيوم

2- تفاعله مع الأسس

3- تفاعله مع الحموض حيث يتشكل $M_0O_2SO_4$

ما صفات هيدروكسيد الموليبدنييوم VI؟

مكتبة A to Z