



كلية العلوم

القسم :الكيمياء

السنة : الرابعة

المادة : كيمياء لا عضوية٤

المحاضرة : الثالثة / عملي / د.باسل

{{ مكتبة A to Z }}

مكتبة A to Z : Facebook Group

2026

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

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



الفصل الثامن

عناصر الفصيلة الثامنة B (VIII)

زمرة الحديد

8-1- مقدمة نظرية :

تضم الفصيلة الثامنة تسعة عناصر انتقالية يمكن تقسيمها إلى ثلاث فئات ، كل فئة . تحوي ثلاثة عناصر تدعى بالثلاثيات ، الثلاثية الأولى تضم الحديد Fe و الكوبالت Co و النيكل Ni ، تقع هذه الثلاثية في الدور الرابع . تضم الثلاثية الثانية العناصر : الروتينيوم Ru و الروديوم Rh و البلاديوم Pd ، تقع هذه الثلاثية في الدور الخامس . تضم الثلاثية الثالثة العناصر : الأوسميوم Os و الإيريديوم Ir و البلاتين Pt ، تقع هذه الثلاثية في الدور السادس .. تعرف الثلاثية الأولى بزمرة الحديد ، أما العناصر الستة الأخرى فتعرف بزمرة المعادن البلاتينية .

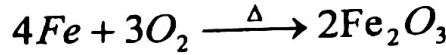
8-2- الحديد

- وجوده في الطبيعة: يعتبر الحديد من العناصر الواسعة الانتشار في الطبيعة، حيث يأتي في المرتبة الرابعة بعد الألمنيوم وتبلغ نسبته في القشرة الأرضية 4.2 % وزناً ومن أهم خاماته الحديد البني (الليمونيت) $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ والحديد الأحمر (الهيماتيت) Fe_2O_3 والحديد المغناطيسي (الماغنتيت) Fe_3O_4 والسيدريت $FeCO_3$ وغيرها.

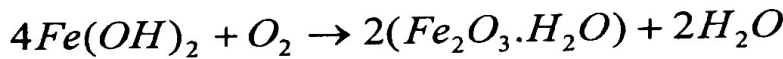
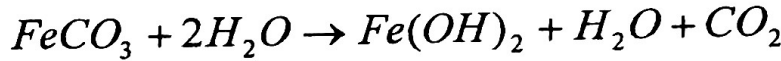
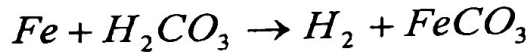
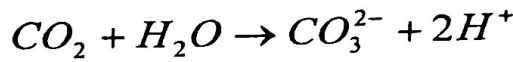
ويوجد الحديد في المواد الطبيعية. ويصادف من وقت لآخر حديد فطري من أصل أرضي أو كوني (النيازك). ويحتوي حديد النيازك عادة على شوائب كثيرة من الكوبالت والنيكل. ويعتبر الحديد أحد مكونات الهيموغلوبين.

- الخواص الكيميائية للحديد:

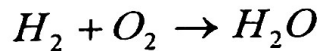
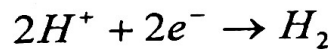
الحديد معدن ذو نشاط كيميائي متوسط فهو يصبح سلبياً في الهواء الجاف في الشروط الطبيعية لكنه يتأكسد بسهولة بالتسخين مشكلاً أكسيد الحديد (III) وفق المعادلة:



كما يتأكسد الحديد بسهولة كبيرة في الهواء الرطب ويتغطى بطبقة من الصدأ تكون غير متماسكة ويمكن إزالتها أو تقشيرها وهكذا فإن السطح الجديد يتعرض بصورة أكبر للتفاعلات، وعملية صدأ الحديد ما هي إلا حالة خاصة من حالات التآكل ولها أهمية كبيرة :

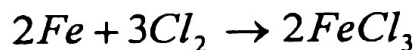


ويمكن تقديم تفسير مبسط لهذه العملية التالية كما يلي:

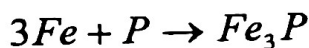
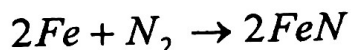
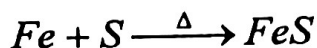
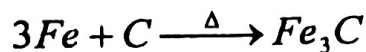


ولمنع هذه العملية يجب تجنب وجود الماء والأكسجين والشوائب وعملياً يتم ذلك بتغطية الحديد بطبقة من الزنك أو الرصاص الأحمر أو بمعاملته بحمض الفوسفور حيث تتكون طبقة واقية من فوسفات الحديد.

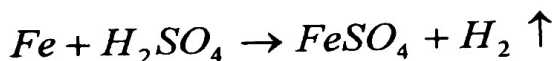
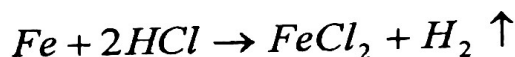
يتفاعل بسهولة مع الكلور مشكلاً كلوريد الحديد (III)



ويتفاعل الحديد مع جميع اللامعادن بالتسخين لاسيما عندما يكون على شكل حبيبات دقيقة.

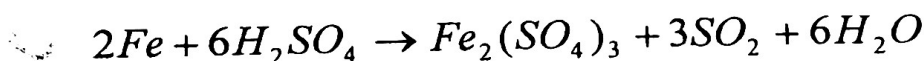
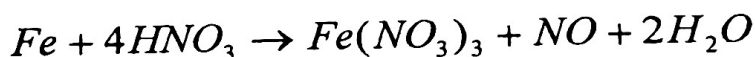


يتفاعل الحديد بسهولة مع الحموض الممدة وبغياب الأكسجين مكوناً مركبات الحديد (II):



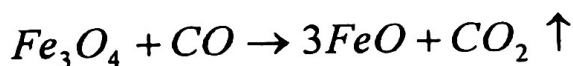
ويصبح الحديد عديم الفعالية مع HNO_3 و H_2SO_4 المركزين وبدرجة الحرارة العادية.

لكن بالتسخين يتأكسد الحديد بوساطة هذين الحمضين ويتحول إلى الحديد الثلاثي:

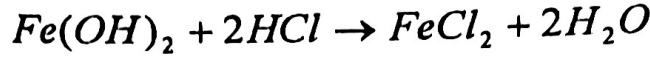


8-2-1- مركبات الحديد (II):

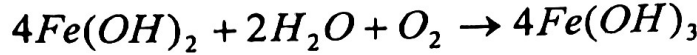
- أكسيد الحديد (II) FeO : مادة بلورية سوداء اللون لا تذوب في الماء والمحاليل القلوية وبلوراته ذات بنية مشابهة لبنية $NaCl$. ويتمتع هذا الأكسيد بخواص أساسية لذلك فهو يتفاعل مع الحموض ويحضر بالتسخين الشديد لأوكزالات الحديدي متبوعاً بالتبريد الشديد لمنع التأكسد والإرجاع الذاتي. ويحضر أيضاً عن طريق الإرجاع الجزئي لـ Fe_3O_4 بأول أكسيد الكربون:



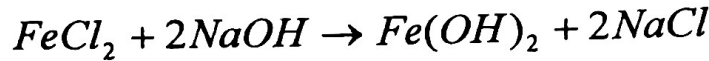
هيدروكسيد الحديد (II) $Fe(OH)_2$: راسب أبيض مصفر يتمتع بخواص أساسية واضحة وذلك من خلال تفاعله مع الحموض.



يتأكسد بسهولة بأكسجين الهواء متحولاً إلى $Fe(OH)_3$ ذو اللون البني.



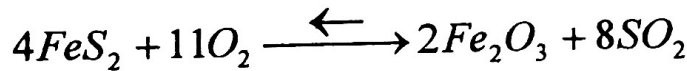
ويحضر هيدروكسيد الحديد (II) من تأثير المحاليل القلوية مثل هيدوكسيد الصوديوم على أملاح الحديد الثنائي:



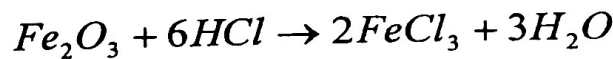
8-2-2- مركبات الحديد (III):

- أكسيد الحديد (III) Fe_2O_3 :

هو مسحوق أحمر غامق اللون له ثلاثة أشكال بلورية ويشبه Al_2O_3 من حيث البنية. وهو قليل الذوبان في الماء ، يتم الحصول عليه وفق المعادلة:

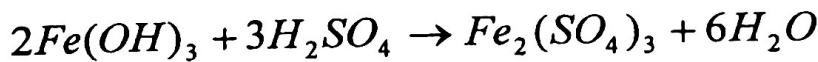


يتمتع Fe_2O_3 بخواص أساسية لذلك فهو يتفاعل مع الحموض:

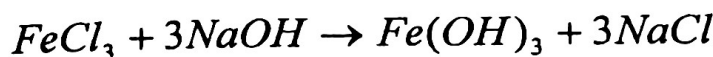


- هيدروكسيد الحديد (III) $Fe(OH)_3$:

يتمتع بخواص أساسية ضعيفة وهو غير ذواب في الماء ولكنه يشكل داخل الماء محلولاً غروباً يتفاعل مع الحموض:

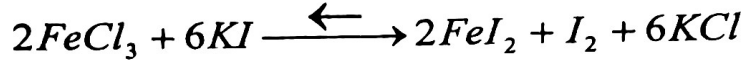


يحضر هيدروكسيد الحديد (III): من تأثير المحاليل القلوية على أملاح الحديد الثلاثي:





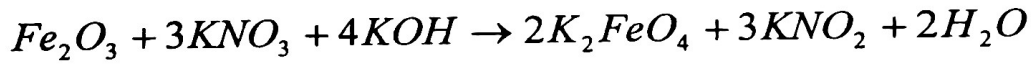
وبالنظر إلى الفعل المؤكسد للحديد (III) فإن يوديدده وسيانيدده غير ثابتين وتحدث عملية أكسدة وإرجاع عندما يراد الحصول عليهما في المحاليل بواسطة تفاعلات التبادل:



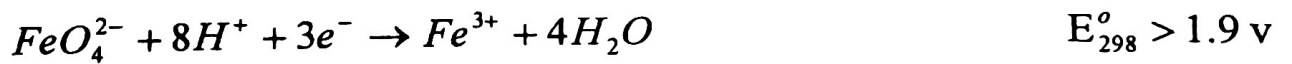
ولهذا السبب لا يمكن ترسيب Fe_2S_3 من محاليل أملاح الحديد الثلاثي (III) فعند إضافة H_2S أو أي كبريتيد آخر إلى محلول أملاح الحديد الثلاثي يتكون راسب يتألف من FeS وكبريت غروي.

8-2-3- مركبات الحديد (VI):

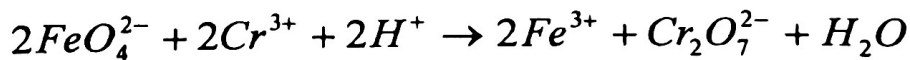
يأخذ الحديد درجة الأكسدة +6 في الأيونات رباعية السطوح مثل FeO_4^{2-} ، وتتكون مشتقات هذه الأيونات بأكسدة ذرات الحديد أو مركباته (في درجات الأكسدة المنخفضة) في وسط شديد القلوية وأثناء التسخين:



والأكسوحديدات VI مواد بلورية لونها أحمر عادة. وبنيتها مماثلة لبنية الأكسوكرومات (VI) والأكسوكبريتات (VI) الموافقة وتشكل معها محاليل صلبة. وعلى غرار الأكسوكرومات والأكسوكبريتات، فإن أكسوحديدات (VI) المعادن القلوية والكالسيوم ذوابة في الماء، أما أكسوحديدات (VI) الباريوم والسترونسيوم فغير ذوابة. تتفكك الأكسوحديدات في المحاليل وعند التسخين الخفيف مطلقة الأكسجين، وهي مؤكسدات قوية وتتفوق في هذا المجال على الأكسومغنات.



فهي مثلاً تؤكسد الكروم (III) إلى الكروم (VI):

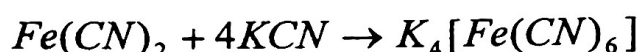
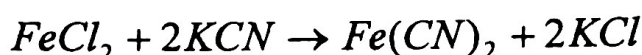


- معقدات الحديد:

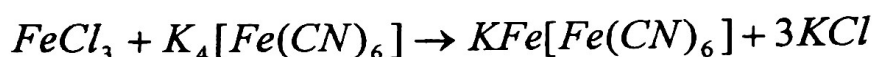
يبيد الحديد (II) و (III) ميلاً نحو تشكيل المعقدات، ومن المعقدات الأكثر ثباتاً وأهمية سداسي سيانوفرات (II) البوتاسيوم وسداسي سيانوفرات (III) البوتاسيوم.

سداسي سيانوفرات (II) البوتاسيوم (فروسيانيد البوتاسيوم) $K_4[Fe(CN)_6]$:

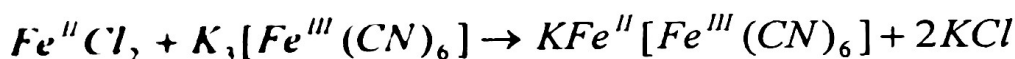
ملح أحمر دموي. وهو يتشكل من تأثير زيادة من سيانيد البوتاسيوم على محلول الحديد الثنائي:



من أهم استعمالات فروسيانيد البوتاسيوم هو الكشف عن شوارد الحديد الثلاثي حيث يتشكل ملح أزرق اللون يدعى أزرق بروسيا:



أما سداسي سيانوفرات (III) البوتاسيوم (فري سيانيد البوتاسيوم) $K_3[Fe(CN)_6]$ الملح الأحمر الدموي، فإنه يتفاعل مع شوارد الحديد الثنائي مشكلاً ملحاً أزرق غامقاً يدعى أزرق تورنبول:



وتمتص هاليدات الحديد الثنائي اللامائية الأمونيا مكونة سلسلة من المعقدات مثل $[Fe(NH_3)_6]^{2+}$

4-2-8- العمل المخبري:

- المواد اللازمة:

حمض الآزوت الممدد و المركز - صفيحة حديد - سلفوسيانييد البوتاسيوم - سداسي سيانوفرات II البوتاسيوم - ملح مور - سداسي سيانوفرات III البوتاسيوم - حمض كلور الماء الممدد - حمض كبريت ممدد و مركز - برادة حديد - مسمار حديد - برداغ - كبريتات النحاس - هيدروكسيد الصوديوم - كبريتيد أمونيوم - كربونات

الصوديوم - برمنغنات البوتاسيوم 0.1N - ثاني كرومات البوتاسيوم 0.1N - ماء
أكسجيني 3% - كلوريد الحديد III - يوديد البوتاسيوم - محلول كبريتيت الصوديوم
- محلول كبريتيد الهيدروجين - محلول كلوريد القصديري - حمض الحمض -
أسيتون - حمضات البوتاسيوم - كبريتات الحديد - كلوريد الباريوم - أوكزالات
البوتاسيوم - معدن التوتياء - محلول كلوريد الزئبق - أورتو حمض الفوسفور
الممدد 2N - ماء البروم .

ملاحظة:

عند تفاعل سداسي سيانوفرات III البوتاسيوم $K_3[Fe(CN)_6]$ و $K_4[Fe(CN)_6]$ مع الحموض يتشكل HCN السام جداً لذلك يجب الحذر من سقوط الحموض في محاليل هذه المركبات.

- الكشف عن الحديد الثلاثي:

نقط بوساطة قطارة 3 قطرات من حمض الآزوت الممدد فوق صفيحة من معدن الحديد وبعد دقيقتين فقط ، أضف قطرتين من حمض الآزوت المركز على الصفيحة ، ثم انتظر قليلاً وانقل هذا المحلول إلى أنبوبي اختبار صغيرين، نقط في الأنبوب الأول قطرتين من سلفوسيانيد البوتاسيوم $KSCN$ أو الأمونيوم، وفي الأنبوب الثاني قطرتين من سداسي سيانوفرات (II) البوتاسيوم $K_4[Fe(CN)_6]$ ، يتلون المحلول في الأنبوب الأول باللون الأحمر الغامق وفي الأنبوب الثاني باللون الأزرق. اكتب معادلات التفاعل الحاصلة في كلا الأنبوبين.

- تأثير سداسي سيانوفرات (III) البوتاسيوم على شاردتي الحديد الثنائي و الثلاثي:

خذ أنبوبي اختبار ، ضع في الأنبوب الأول 1 مل من محلول كبريتات الحديدي و في الأنبوب الثاني ضع 1 مل من محلول كلوريد الحديد ثم أضف إلى كل من الأنبوبين 1 مل من محلول سداسي سيانوفرات (III) البوتاسيوم . لاحظ تشكل راسب أزرق تورنبول في الأنبوب الأول. اكتب لون واسم الناتج في الأنبوب الثاني ثم اكتب معادلات التفاعلات الحاصلة مبيناً العدد التساندي لكل معقد.

- تأثير سداسي سيانوفرات (II) البوتاسيوم على شاردي الحديد الثلاثي و الثاني:

خذ أنبوبي اختبار ، ضع في الأنبوب الأول 1 مل من محلول كلوريد الحديد و في الأنبوب الثاني 1 مل من محلول كبريتات الحديدي ، أضف إلى كل من الأنبوبين 1 مل من محلول سداسي سيانوفرات (II) البوتاسيوم (فرو سيانيد البوتاسيوم) . لاحظ تشكّل راسب أزرق بروسيا في الأنبوب الأول ، سم المعقد المتشكل في الأنبوب الثاني و اذكر لونه . اكتب معادلات التفاعل الحاصلة بالشكلين الشاردي و الجزيئي .

- تأثير تيوسينات البوتاسيوم أو الأمونيوم على شارتي الحديد الثلاثي و الثاني :

خذ أنبوبي اختبار وضع في الأنبوب الأول 1 مل من محلول كلوريد الحديد و في الأنبوب الثاني ضع 1 مل من محلول كبريتات الحديدي ، أضف إلى كل من الأنبوبين 1 مل من محلول تيوسينات البوتاسيوم أو الأمونيوم . ما لون كل من المحلولين الناتجين . اكتب معادلات التفاعلات الحاصلة بالشكلين الشاردي و الجزيئي .

- تأثير الحموض على الحديد:

-خذ ثلاثة أنابيب وضع في الأول 2 مل من حمض كلور الماء المدد وفي الثاني 2 مل من حمض الكبريت المدد وفي الثالث 2 مل من حمض الآزوت المدد. ثم أضف إلى كل من الأنابيب الثلاثة قليلاً من برادة الحديد (قطعة صغيرة من الحديد) لاحظ ماذا يحدث؟ أضف إلى كل من الأنابيب السابقة نصف مل من محلول تيوسينات البوتاسيوم حدد في أي الأنابيب السابقة يتشكل الحديد الثلاثي، اكتب معادلات التفاعل الحاصلة.

- ضع في أنبوب اختبار 1 مل من حمض الكبريت المركز وقليلاً من مسحوق الحديد، هل يحدث تفاعل ؟ ثم سخن محتويات الأنبوب بلطف، فسر الظاهرة الحاصلة، ثم اكتب معادلة التفاعل الحاصلة.

- املاً أنبوب اختبار إلى ثلثه بحمض الآزوت المركز وضع فيه مسمار حديد بعد تنظيفه جيداً بورق مصنفّر (برداغ) تأكد من أن التفاعل يتوقف بسرعة. أخرج المسمار من حمض الآزوت واغسله جيداً بالماء ثم ضعه في أنبوب اختبار مملوء إلى ثلثه بمحلول كبريتات النحاس، هل يجري التفاعل؟

- تحضير هيدروكسيد الحديد (II) ودراسة خواصه:

خذ أنبوبي اختبار وضع في كل منهما 1-2 مل من محلول كبريتات الحديدي المحضر حديثاً أو من محلول ملح مور، ثم أضف إلى كل منهما بضع قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم. ما لون الراسب المتشكل ثم أضف إلى الأنبوب الأول قليلاً من حمض كلور الماء، أما محتويات الأنبوب الثاني فحركها بمخلط زجاجي حتى تغيّر اللون. سجل ملاحظاتك واكتب معادلات التفاعل.

- تحضير أملاح الحديد (II) الضعيفة الانحلال:

أ - تحضير كبريتيد الحديد (II):

خذ أنبوبي اختبار وضع في كل منهما 1-2 مل من محلول كبريتات الحديد (II) المحضر حديثاً وأضف إلى الأنبوب الأول كبريتيد الأمونيوم، ومرر في الأنبوب الثاني تياراً من غاز كبريت الهيدروجين (H_2S) لاحظ تشكل رواسب في كلا الأنبوبين ثم أضف إلى كل من الأنبوبين 1 مل من حمض كلور الماء . سجل ملاحظاتك واكتب معادلات التفاعل الحاصلة.

ب - تحضير كربونات وهيدروكربونات الحديد (II):

خذ أنبوب اختبار وضع فيه 1-2 مل من محلول كبريتات الحديد (II) المحضر حديثاً، ثم أضف إليه 0.5 مل من محلول كربونات الصوديوم. لاحظ تشكل راسب أبيض من كربونات الحديد (II). اقسّم الراسب قسمين. مرر في القسم الأول غاز ثاني أكسيد الكربون حتى انحلال الراسب، سخن المحلول الناتج حتى الغليان ثم لاحظ تشكل الراسب من جديد. أما القسم الثاني من الراسب فاتركه معرضاً للهواء لفترة زمنية معينة، ثم لاحظ لونه. فسر ماذا يحدث؟ ثم اكتب معادلات التفاعلات الحاصلة.

- الخواص الإرجاعية لمركبات الحديد (II):

أ- إرجاع برمنغنات البوتاسيوم :

خذ أنبوب اختبار وضع فيه 1 مل من محلول أحد أملاح الحديد (II) المحضر حديثاً وحمضه بحمض الكبريت الممدد، ثم أضف إليه 3-5 نقاط من محلول برمنغنات البوتاسيوم. سجل ملاحظاتك واكتب معادلة التفاعل الحاصلة ثم وازنها بطريقة أنصاف التفاعل .

ب- إرجاع ثنائي كرومات البوتاسيوم :

خذ أنبوب اختبار وضع فيه حوالي 1 مل من محلول أحد أملاح الحديد (II) المحضر حديثاً، وحمضه بحمض الكبريت الممدد، ثم أضف إليه عدة نقاط من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم. ماذا يحدث ثم اكتب معادلة التفاعل.

ج - إرجاع الماء الأكسجيني :

خذ أنبوب اختبار وضع فيه 1 مل من محلول أحد أملاح الحديد (II)، وأضف إليه عدة نقاط من محلول حمض الكبريت الممدد ثم أضف إليه عدة نقاط من محلول الماء الأكسجيني 3%، ماذا يحدث؟ أضف إلى الأنبوب 2 نقطة من محلول تيوسيانات البوتاسيوم أو الأمونيوم، سجل ملاحظاتك واكتب معادلات التفاعل.

- تحضير هيدروكسيد الحديد (III) ودراسة خواصه:

- خذ أنبوب اختبار وضع فيه 1 مل من محلول كلوريد الحديد (III) وأضف إليه 0.5 مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم الممدد لاحظ تشكل راسب، سجل لونه، أضف إليه 1 مل من حمض الكبريت لاحظ انحلاله واكتب معادلة التفاعل.

- الخواص المؤكسدة لمركبات الحديد (III):

أ- ضع في أنبوب اختبار 2 مل من كلوريد الحديد (III) وأضف إليه 1 مل من محلول يوديد البوتاسيوم (0.1N) سمّ وحدد لون المركب الناتج واكتب معادلة التفاعل.

ب- خذ أنبوب اختبار وضع فيه 2 مل من محلول $FeCl_3$ ثم أضف إليه قليلاً من محلول كبريتيت الصوديوم Na_2SO_3 . سجل ملاحظاتك ، كيف يتم الكشف عن شوارد الحديد (II) في المحلول اكتب معادلات التفاعل.

ج - ضع في أنبوب اختبار 2 مل من محلول $FeCl_3$ وأضف إليه 1 مل من محلول H_2S في الماء. سجل ملاحظاتك واكتب معادلة التفاعل.

د - أضف إلى 1 مل من محلول $FeCl_3$ عدة قطرات من محلول كلوريد القصديري $SnCl_2$ ماذا تلاحظ؟ اكتب معادلة التفاعل.

- حلمة أملاح الحديد (II) وأملاح الحديد (III):

أ- خذ أنبوب اختبار وضع فيه 2-3 مل ماء وحل فيها قليلاً من ملح كلوريد الحديد (II)، حدّد PH المحلول بوساطة ورقة عباد الشمس، ثم أضف له 3-5 نقاط من محلول حمض كلور الماء المركز فيتحول لون المحلول إلى اللون الأصفر بسبب الحلمة الضعيفة.

ب- خذ أنبوب اختبار وضع فيه 5-10 نقاط من محلول $FeCl_3$ ، أضف إليه 5 مل ماء ثم سخنه حتى الغليان، لاحظ تلون المحلول باللون البني المحمر بسبب الحلمة القوية. فسر هذه الظاهرة.

ج - خذ أنبوب اختبار وضع فيه 0.5 مل من محلول كلور الحديد (III) وأضف إليه نفس الكمية من محلول كربونات الصوديوم، لاحظ تشكل راسب بني وانطلاق غاز، ما المواد المتشكلة؟ اكتب معادلة تشكل كربونات الحديد (III) ثم معادلة الحلمة الكاملة لهذا الملح .

- اصطناع بعض معقدات الحديد:

- تحضير معقد ثلاثي هيدرات ثلاثي أوكزالاتوفرات (III) البوتاسيوم
$$K_3[Fe(C_2O_4)_3].3H_2O$$