

الكيمياء اللاعضوية

(2)

الجزء العملي

١٩٥٨

كلية العلوم

قسم الكيمياء البحتة

السنة الثالثة
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

فصل دراسي أول



الكيمياء اللاعضوية (٢)

القسم العملي





مَنْشُورَاتُ جَامِعَةِ حَلَبٍ
لِلْإِلَهَةِ الْعِلْمِ وَالْحَقِّ

كُلِّيَّةُ الْعِلْمِ
لِلْإِلَهَةِ الْعِلْمِ وَالْحَقِّ

الكيمياء اللاعضوية (2)

الجزء العملي

تأليف

الدكتور

منعم خليلي

مدرس في قسم الكيمياء

الدكتور

اسماعيل الصالح

مدرس في قسم الكيمياء

المشرفة على الأعمال

ريا جمالي

مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية

٢٠١٠ - ٢٠١١

لطلاب السنة الثالثة

كيمياء تطبيقية وكيمياء بحثية



الفهرس

| | |
|----|---|
| ١٣ | المقدمة |
| ١٧ | <p>الفصل الأول</p> <p>الهيدروجين</p> |
| ١٧ | ١-١- مقدمة نظرية |
| ١٨ | ١-٢- تحضير الهيدروجين |
| ٢٠ | ١-٣- استخدامات الهيدروجين |
| ٢١ | القسم العملي |
| ٢١ | ١-٤- المواد والأدوات المستخدمة |
| ٢١ | ١-٥- تحضير الهيدروجين من تأثير الحموض الممددة على المعادن |
| ٢٣ | ١-٦- تحضير الهيدروجين من تأثير قلوي على معدن |
| ٢٦ | ١-٧- تحضير الهيدروجين بتأثير المعادن الشديدة الكهربية على الماء |
| ٢٧ | ١-٨- الخواص الإرجاعية للهيدروجين الذري |
| ٢٩ | <p>الفصل الثاني</p> <p>الأكسجين</p> |
| ٢٩ | ٢-١- مقدمة نظرية |
| ٣٠ | ٢-٢- تحضير الأكسجين |
| ٣١ | ٢-٣- تصنيف الأكاسيد |

| | |
|----|---|
| ٣٣ | ٤ - ٢ - استعمال الأكسجين |
| ٣٣ | القسم العملي |
| ٣٣ | ٥ - ٢ - المواد والأدوات المستخدمة |
| ٣٣ | ٦ - ٢ - تحضير الأكسجين عملياً |
| ٣٦ | ٧ - ٢ - دراسة خواص الأكسجين |
| ٣٩ | ٨ - ٢ - تحديد نسبة الأكسجين في الهواء |
| ٤١ | <p>الفصل الثالث</p> <p>فوق أكسيد الهيدروجين</p> |
| ٤١ | ١ - ٣ - مقدمة نظرية |
| ٤٥ | ٢ - ٣ - تحضير فوق أكسيد الهيدروجين |
| ٤٧ | ٣ - ٣ - استعمالات فوق أكسيد الهيدروجين |
| ٤٧ | القسم العملي |
| ٤٧ | ٤ - ٣ - الأدوات والمواد المستخدمة |
| ٤٨ | ٥ - ٣ - تحضير فوق أكسيد الهيدروجين عملياً |
| ٤٨ | ٦ - ٣ - خواص فوق أكسيد الهيدروجين |
| ٥٢ | ٧ - ٣ - الكشف عن فوق أكسيد الهيدروجين |

| | |
|----|---|
| ٥٥ | الفصل الرابع الكبريت |
| ٥٥ | ١-٤- مقدمة نظرية |
| ٥٦ | ٢-٤- الأشكال التآصلية للكبريت |
| ٥٨ | ٣-٤- مركبات الكبريت |
| ٦١ | القسم العملي |
| ٦١ | ٤-٤- الأتوات والمواد المستخدمة |
| ٦١ | ٥-٤- تحضير اشكال الكبريت |
| ٦٢ | ٦-٤- خواص الكبريت |
| ٦٤ | ٧-٤- دراسة خواص الكبريتيت المرجعة في الأوساط المختلفة |
| ٦٥ | ٨-٤- تحضير غاز ثنائي أكسيد الكبريت ودراسة خواصه |
| ٦٩ | الفصل الخامس الآزوت وعناصر مجموعته |
| ٦٩ | ١-٥- مقدمة نظرية |
| ٧٠ | ٢-٥- تحضير الآزوت |
| ٧٢ | ٣-٥ - أكاسيد الآزوت |

| | |
|----|---|
| ٧٥ | ٤ - ٥. الحموض الأكسجينية للآزوت |
| ٧٦ | ٥ - ٥. حمض الآزوت |
| ٧٩ | القسم العملي |
| ٧٩ | ٦ - ٥. الأدوات والمواد المستخدمة |
| ٨١ | ١ - الأزوت وأكاسيده |
| ٨١ | ٧ - ٥. تحضير الآزوت ودراسة خواصه |
| ٨٢ | ٨ - ٥. تحضير النشادر ودراسة خواصه |
| ٨٤ | ٩ - ٥. تحضير أكاسيد الآزوت ودراسة خواصها |
| ٨٨ | ١٠ - ٥. تحضير حمض الآزوتي وخواص أملاحه |
| ٨٨ | ١١ - ٥. تحضير نترات البوتاسيوم ودراسة خواصه |
| ٩٠ | ٢ - التحطيم الحراري لحمض الآزوت وأملاح |
| ٩٠ | ١ - تفكك حمض الآزوت |
| ٩٠ | ٢ - تفكك نترات الرصاص |
| ٩٠ | ٣ - تفكك نترات الفضة |
| ٩٠ | ٤ - تفكك نترات البوتاسيوم أو الصوديوم |
| ٩١ | ٥ - تفكك نترات الأمونيوم |

| | |
|-----|---|
| ٩٢ | ١٢-٥- كشف النترات |
| ٩٤ | ٣- حمض الآزوت |
| ٩٤ | ١٣-٥- الأدوات والمواد المستخدمة |
| ٩٤ | ١٤-٥- تحضير حمض الآزوت بالإزاحة |
| ٩٥ | ١٥-٥- خواص حمض الآزوت |
| ٩٩ | <p>الفصل السادس</p> <p>مجموعة الهالوجينات</p> |
| ٩٩ | ١-٦- مقدمة نظرية |
| ١٠٤ | القسم العملي |
| ١٠٤ | ٢-٦- الأدوات والمواد المستخدمة |
| ١٠٤ | ٣-٦- تحضير الكلور |
| ١٠٧ | ٤-٦- دراسة خواص الكلور |
| ١٠٩ | ٥-٦- الخواص المؤكسدة لماء الكلور |
| ١١٠ | ٦-٦- تحضير حمض كلور الماء و دراسة خواصه |
| ١١٢ | ٧-٦- خواص حمض كلور الماء |
| ١١٣ | البروم و اليود |
| ١١٣ | ٨-٦- الأدوات والمواد المستخدمة |

| | |
|-----|--|
| ١١٣ | ٩-٦- تحضير البروم |
| ١١٤ | ١٠-٦- خواص البروم |
| ١١٥ | ١١-٦- الخواص المؤكسدة للبروم |
| ١١٧ | ١٢-٦- تحضير اليود ودراسة خواصه |
| ١٢١ | الفصل السابع مجموعة الكربون |
| ١٢١ | ١-٧- مقدمة نظرية |
| ١٢١ | ٢-٧- الأشكال التأصلية للكربون |
| ١٢٣ | ٣-٧- مركبات لعناصر المجموعة الرابعة |
| ١٢٤ | ٤-٧- المركبات الأكسجينية لعناصر المجموعة الرابعة |
| ١٢٥ | ٥-٧- المركبات غير الأكسجينية |
| ١٢٦ | القسم العملي |
| ١٢٦ | ٦-٧- الأدوات والمواد المستخدمة |
| ١٢٦ | ٧-٧- تحضير كلوريد القصديري اللامائي |
| ١٢٧ | ٨-٧- تحضير يوديد القصدير SnI_4 |
| ١٢٨ | ٩-٧- تعيين نسبة اليود في SnI_4 |
| ١٣٠ | ١٠-٧- تفاعلات عناصر المجموعة IV |

| | |
|-----|--|
| ١٣٥ | الفصل الثامن مجموعة البور |
| ١٣٥ | ٨-١- مقدمة نظرية |
| ١٤٠ | القسم العملي |
| ١٤٠ | ٨-٢- الأدوات والمواد المستخدمة |
| ١٤٠ | ٨-٣- خواص الألمنيوم |
| ١٤١ | ٨-٤- خواص المركبات الأكسجينية |
| ١٤٢ | ٨-٥- مركبات الشب |
| ١٤٤ | ٨-٦- تحضير برأكسو بورات الصوديوم |
| ١٤٥ | ٨-٧- تحضير بعض معقدات البور والألمنيوم |
| ١٤٧ | ٨-٨- تحضير تري اكزالاتو الومينات البوتاسيوم ثلاثية الماء |
| ١٤٩ | الملاحق |
| ١٥١ | كمونات المساري القياسية (ϵ°) في الوسط الحمضي |
| ١٦٦ | كمونات المساري القياسية (ϵ°) في الوسط القلوي |
| ١٧٥ | معجم المصطلحات |
| ١٧٥ | معجم المصطلحات مرتبة حسب الأبجدية العربية |
| ١٨٠ | معجم المصطلحات مرتبة حسب الأبجدية الانكليزية |

| | |
|-----|------------------|
| ١٨٧ | المراجع الأجنبية |
| ١٨٨ | المراجع العربية |



المقدمة

تم إعداد هذا الكتاب لكي يسهم في توفير كتب باللغة العربية في مجال العلوم التجريبية التي يعد علم الكيمياء أهمها. وذلك لخدمة الطلاب في الجامعات.

ولا بد من الإشارة إلى أن أهم الأهداف المبتغاة هو أن يساهم هذا الكتاب في تنمية روح الاعتماد على النفس لدى الطالب. ولهذا السبب صمم الكتاب بطريقة تتيح تحقيق هذا الهدف.

لم تعد غاية تدريس العلوم بعامة والكيمياء بخاصة تحصيل المعرفة العلمية فحسب بل تعدته إلى تطوير إمكانيات المتعلم إلى: ماذا يستطيع المتعلم أن يفعله؟ فالاتجاه الجديد ينطلق من ضرورة توظيف هذا العلم في خدمة الفرد والمجتمع. وعلم الكيمياء علم تجريبي يقوم على الملاحظة الواعية الدقيقة ثم التجربة لفهم الظواهر الطبيعية، ومن ثم تسخيرها لما فيه فائدة الإنسان هذا بالإضافة إلى أن علم الكيمياء يعد أساساً لا بد منه لجميع العلوم التطبيقية والتقنية، ومن هنا تأتي أهمية هذا العلم وضرورة فهمه واستيعابه.

يحتوي هذا الكتاب على مجموعة من التجارب تعود الطالب على سلوك المنهج العلمي لتحصيل معلومات صحيحة عن جوانب هذا الكون الواسع الحافل بأنواع الكائنات فيأخذ على نفسه أن يجعل العلم مقترناً بالعمل والنظرية بالتطبيق فلا تكون معرفته مبتورة عن نتائجها التطبيقية، ولا تكون أعماله غير مستندة إلى دعائمها النظرية. يتناول هذا العمل بالبحث المبادئ الأساسية في الكيمياء اللاعضوية وقد كتب لطلاب المستوى الثالث قسم الكيمياء البحتة والتطبيقية في كلية العلوم وهو يتفق في منهجه ومستوى أبحاثه بشكل ملموس مع منهاج الكيمياء في وزارة التعليم العالي كما أنه يؤلف أساساً هاماً لا بد منه لدراسة الكيمياء المتقدمة في المستويات الأعلى في الكليات.

تقع أقسام هذا العمل في ثمانية فصول يشمل الفصل الأول الهيدروجين وتحضيره بطرق مختلفة ومنها تحضيره من تأثير الحموض الممددة على المعادن ومن تأثير قلوي على معدن وبعد تحضيره يدرس الطالب خواصه الكيميائية لاسيما خواصه الإرجاعية.

أما الفصل الثاني فيشمل الأكسجين وتحضيره وذلك من تفكك بعض مركباته ودراسة خواصه الكيميائية لاسيما تفاعلاته مع بعض العناصر وتعيين نسبته في الهواء.

وفي الفصل الثالث دراسة فوق أكسيد الهيدروجين وتحضيره صناعياً ومخبرياً وذلك من تفاعل فوق الأكاسيد مع بعض الحموض الممددة وتفاعلاته مع بعض العناصر ودوره الهام كمركب مؤكسد.

وأما الفصل الرابع فيدرس الكبريت وتفاعلاته مع بعض الحموض والقلويات في مختلف الأوساط وكذلك أكاسيد الكبريت وتحضير البعض منها ودراسة خواصها الكيميائية.

والفصل الخامس يدرس فيه الآزوت وعناصر مجموعته حيث يحضر الآزوت من تفكك بعض المركبات، وكذلك تحضر أكاسيد الآزوت وتدرس خواصها الكيميائية والفيزيائية وكيفية الكشف عن بعض مركبات الآزوت.

ويشمل هذا العمل في الفصل السادس عناصر الهالوجينات ووجودها وكيفية استحصالها ودراسة خواصها الكيميائية وكذلك خواص أكاسيدها والحموض الأكسجينية للهالوجينات ودرس الفصل السابع عنصر الكربون ومجموعته حيث درست تفاعلات وخواص عناصر المجموعة.

أما الفصل الثامن والأخير فيشمل البور ومجموعته لاسيما خواص الألمنيوم والمركبات الأكسجينية ومركبات الشب وتحضير بعض معقدات البور والألمنيوم.

لا ندعي أن هذا العمل قريب من الكمال خال من الهفوات، بالرغم من الجهد الكبير الذي بذل في أثناء إعداده، لذلك فإننا نرحب بحرارة بكل الملاحظات التي يبدئها السادة الزملاء والأخوة القراء لكي تؤخذ بعين الاعتبار في المستقبل.

نرجو أن نكون قد وفقنا بتقديم خدمة علمية لأبنائنا الطلاب ومكتبتنا العربية والله الموفق.





الفصل الأول

الهيدروجين

١-١ - مقدمة نظرية:

الهيدروجين غاز عديم اللون والطعم والرائحة يحترق بلهب أزرق وهو أخف الغازات وكثافته بالنسبة للهواء (0.07) ويتميز جزيء الهيدروجين بحجم صغير وكتلة صغيرة وبثبات كبيرين وقابلية حركة عالية وبسبب قوة الرابطة $H-H$ والتي يعزى إليها الخمول النسبي للهيدروجين الجزيئي يمكن القول بأن الهيدروجين الجزيئي فيه خمول كيميائي وهو ضعيف الانحلال في الماء والمحلات العضوية ودرجة انصهاره ($-259.1^{\circ}C$) ودرجة غليانه ($-252.7^{\circ}C$). يمتاز الهيدروجين عن جميع عناصر الجدول الدوري بإمكانية انتمائه إلى إحدى المجموعتين التاليتين:

أ- مجموعة العناصر القلوية:

يشبه الهيدروجين المعادن القلوية في احتوائه على إلكترون واحد في طبقته السطحية في سلوكه كونه يستطيع فقدان إلكترونه الوحيد متحولاً إلى الشاردة الموجبة H^+ ويسمى بهذه الحالة بالبروتون ويلعب دور الجسم المرجع وبما أن الشاردة H^+ صغيرة الحجم واستقطابها كبير فلا تستطيع تشكيل مركبات ذات رابطة شاردية لأنها تسهم بالإلكترونات الوحيد لتشكيل مركبات ذات روابط مشتركة قطبية مع اللامعادن كما في المركبات $HCl, HF, H_2O, NH_3, H_2S, PH_3$... إلخ كذلك تشكل مركبات ذات رابطة مشتركة صرفة مع أشباه المعادن كما في المركبات: SiH_4, CH_4, C_2H_2 ، GeH_4 ... إلخ حيث يتقارب الهيدروجين مع أشباه المعادن في الكهرسلبية.

ب- مجموعة الهالوجينات:

الهيدروجين يشبه الهالوجينات في سلوكه كونه يستطيع ضم إلكترون واحد إلى ذرته متحولاً إلى الشاردة السالبة H^- برقم أكسدة (-1) ويسمى بهذه الحالة بالهيدريد

وبحالته هذه دور الجسم المؤكسد وبالتالي يستطيع أكسدة العناصر الشديدة الكهراجابية ذات الصفات المرجعة القوية والأقوى من الهيدروجين ذاته مثل Ca , Na , Li التي يشكل معها هيدريدات شاردية صرفة بلورية صلبة تشبه بنيتها بنية كلوريد الصوديوم ومنها LiH , NaH , CaH يوجد الهيدروجين بالطبيعة بشكل ثلاثة نظائر والنظائر بشكل عام تتساوى في العدد الذري وتختلف في العدد الكتلي.

١- البروتسيوم H ويمكن الإشارة إليه بـ 1H وهو نظير مستقر.

٢- الديترسيوم D ويمكن الإشارة إليه بـ 2H وهو نظير مستقر.

٣- التريتيوم T ويمكن الإشارة إليه بـ 3H وهو نظير مشع غير مستقر.

وفق ما تقدم عن نظائر الهيدروجين يمكن أن تتشكل أنواع مختلفة من جزيئات الهيدروجين هي: البروتسيوم H_2 والديترسيوم D_2 والتريتيوم T_2 والبروديترسيوم HD والبروتريتيوم HT والديتراتيوم DT . يحضر الهيدروجين بطريقتين مخبرياً وصناعياً.

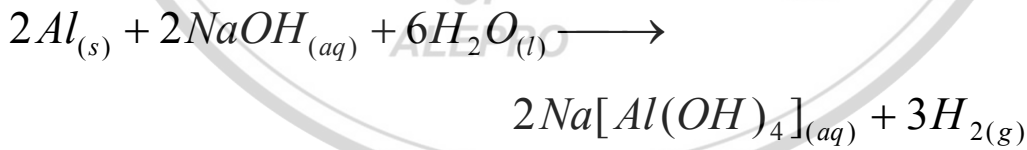
١-٢- تحضير الهيدروجين:

أ- مخبرياً:

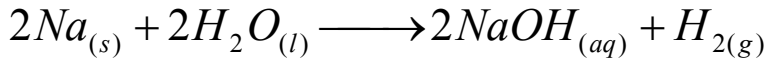
١- بتأثير الحموض الممددة على المعادن: الواقعة فوق الهيدروجين في السلسلة الكهرايميائية:



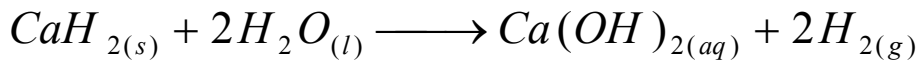
٢- بتأثير القلويات على بعض المعادن:



٣- بتأثير الماء على المعادن الشديدة الكهراجابية:

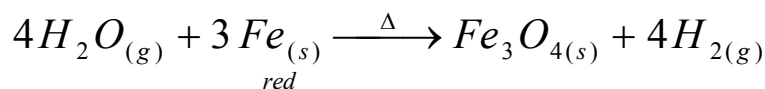


٤- بتأثير الماء على بعض الهيدريدات الملحية مثل هيدريد الكالسيوم:



ب- صناعياً يحضر بطرق كثيرة منها:

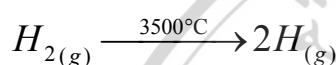
١- إمرار بخار الماء على الحديد المسخن حتى الدرجة الحمراء:



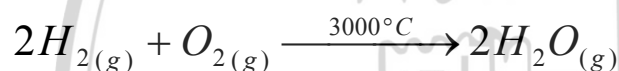
٢- بالتحليل الكهربائي للماء: بوجود آثار من حمض أو هيدروكسيد مناسب:



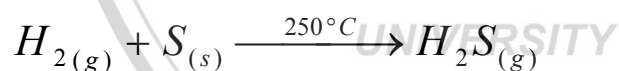
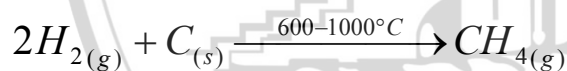
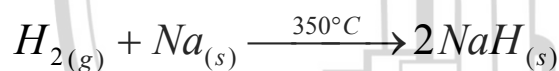
* يتفكك (29%) من الهيدروجين في الدرجة (3500°C) ويعطي الهيدروجين الذري.



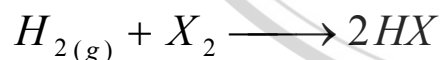
* يحترق مع الأكسجين في الدرجة (2400-3000°C) ومع الهواء في الدرجة (1969°C).



* يتفاعل مع المعادن واللا معادن:



* يتفاعل مع الهالوجينات مشكلاً هاليدات الهيدروجين:



* مع الفلور: يتفاعل الفلور مع الهيدروجين تفاعلاً طبيعياً بالدرجة (-253°C) بشكل طبيعي ويتفاعل بانفجار في الدرجة العادية بالظلام.

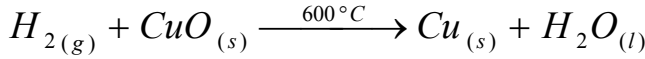
* مع الكلور: يتفاعل ببطء في الدرجة العادية بالظلام وبانفجار في ضوء الشمس.

* مع البروم: يتفاعل في الدرجة (150°C) بوجود البلاطين كوسيط.

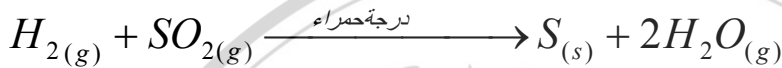
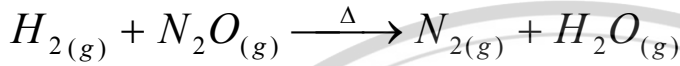
* مع اليود: يتفاعل بصورة غير كاملة.

يظهر الهيدروجين خواص مرجعة ومؤكسدة وفق ما يأتي فالخواص الارجاعية تظهر في:

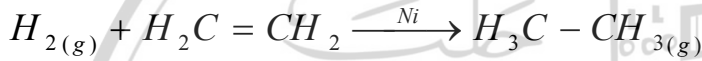
١- إرجاعه للأكاسيد المعدنية الضعيفة الكهربية بالتسخين:



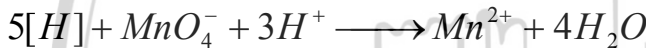
٢- إرجاعه للأكاسيد اللا معدنية:



٣- إرجاعه للمركبات العضوية غير المشبعة:



٤- الخواص الإرجاعية للهيدروجين الذري بوسط حمضي:



وتظهر الخواص الارجاعية عندما يضم إلكترون ويرجع من H_2 إلى H^- وتصبح درجة أكسدته (-1) ويشكل الهيدريدات (H^-) ولا يكون مؤكسداً إلا مع المعادن الشديدة الكهربية والانتقالية وأشباه المعادن مشكلاً مثلاً LiH , NaH , CaH .

٣-١- استخدامات الهيدروجين:

- يستخدم الهيدروجين السائل كوقود لمحركات الصواريخ.
- استحصال بعض المعادن حيث يرجع أكاسيدها مثل W , Mo من أكاسيدها في الدرجة $(1200 - 1300^{\circ}C)$.

- يستخدم في هدرجة الزيوت النباتية السائلة ويحولها إلى شحوم صلبة.

- يستخدم في صناعة غاز النشادر NH_3 بطريقة هابر المستخدم في صناعة HNO_3 والمستخدم بدوره في صناعة الأصبغة والمتفجرات ، كما أن له استخدامات كثيرة ومتعددة.

القسم العملي:

٤-١ - المواد والأدوات المستخدمة:

أنابيب اختبار صغيرة، أنبوب اختبار كبير مجهز بسدادة مطاطية مثقوبة ومجهزة بأنبوب انطلاق زجاجي معكوف بشكل مناسب لانطلاق الغاز، لاقطة، حوض مائي، حوالة، حامل، سكين، ملقط، حامل، قطع صغيرة من الألمنيوم التوتياء والصوديوم والبوتاسيوم، شريط مغنيزيوم، حمض كبريت ممدد (0.25M)، محلول كبريتات النحاس (0.2M)، محلول برمنغنات البوتاسيوم (0.01M)، محلول كلوريد الحديد (0.1M)، كبريتات النحاس اللا مائية - أكسيد النحاس الأسود - أكسيد الرصاص PbO، ورقة ترشيح، ورقة عباد الشمس أحمر وأزرق.

طريقة العمل:

تحذير: ينفجر مزيج الهيدروجين مع الهواء بعنف عند تعرضه إلى شرارة أو لهب، لذا يجب عدم جمع الكميات الأولى من الهيدروجين إلا إذا كانت الغاية هي إيضاح انفجار مزيجه مع الهواء وعندما يحترق الغاز بهدوء ودون حدوث انفجار كان ذلك دليلاً على خلو أنبوب الاختبار من الهواء.

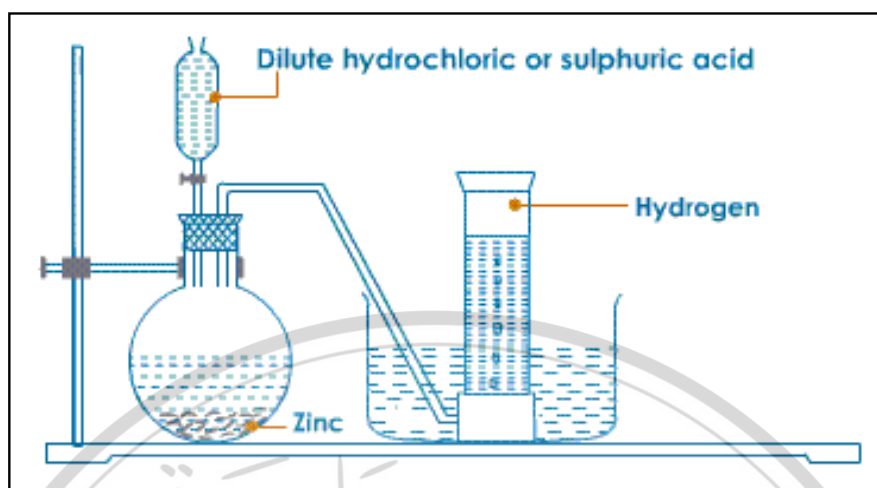
ملاحظة:

١- يفضل تحضير حمض الكبريت الممدد قبل التجربة بمدة مناسبة لكي يبلغ درجة حرارة المحلول درجة حرارة الغرفة.

٢- يفضل استعمال قطع توتياء مشوبة لأنها أكثر فعالية لتحضير الهيدروجين (المعدن المشوب أكثر فعالية في التفاعل مع الحمض).

٥-١ - تحضير الهيدروجين من تأثير الحموض الممددة على المعادن:

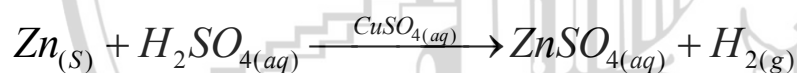
ضع عدة قطع من التوتياء في ارلنماير تفريغ وركب الجهاز في الشكل (١-١) وتأكد من إحكام الجهاز تماماً بواسطة سدادة مطاطية مجهزة بقمع تنقيط وأنبوب انطلاق معكوف.



الشكل (١-١) تحضير الهيدروجين من تأثير حمض على معدن

املاً ثلاثة أنابيب اختبار صغيرة وأنبوبي اختبار كبيرين بالماء العادي مجهزة بسدادات مطاطية.

أضف 3ml من حمض الكبريت الممدد (0.25 M) ودع الحمض ينزل ببطء من قمع التنقيط حتى تتغمر قطع التوتياء الصغيرة، ثم أضف قليلاً من محلول كبريتات النحاس لتسريع التفاعل التالي:



ملاحظة:

١- لا تبدأ بجمع الهيدروجين قبل التأكد من طرد جميع الهواء من الأرلنماير وذلك خشية الانفجار.

٢- بعد التأكد من أن جميع الهواء قد خرج من الأرلنماير نبدأ بجمع الهيدروجين بأنبوب اختبار صغير مملوء بالماء وبعد ملء الأنبوب بالهيدروجين يخرج من الماء بهدوء وفوهته نحو الأسفل لأن الهيدروجين خفيف جداً ثم قرب عود ثقاب مشتعل من فوهة الأنبوب، فإذا حدث صوت فرقعة فهذا دليل على أن الغاز يحوي الهواء.

٣- كرر عملية اختبار الغاز إلى ألا تسمع صوت فرقعة.

أجمع الغاز في تلك الأنابيب المحضرة سابقاً واحفظها جميعاً منكسة ومسدودة بسدادات مطاطية واترك في أحدها قليلاً من الماء.

*** تجرى التجارب المخبرية التالية للهيدروجين الجزيئي:**

١- خذ الأنبوب المسدود والمملوء بالهيدروجين والذي يحوي قليلاً من الماء وخضه جيداً، وأضف إليه قليلاً من محلول عباد الشمس أو ورقة عباد الشمس هل يتغير لون المحلول أو الورقة؟

٢- نكس أنبوباً يحوي الهيدروجين فوق أنبوب فارغ يحوي الهواء، ثم اقلب الأنبوبين واكشف عن الهيدروجين في الأنبوب العلوي ماذا تستنتج من ذلك؟

٣- نكس الأنبوب المتبقي في كأس ماء أو بيشر يحوي ماء واتركه لفترة طويلة هل تلاحظ انحلال الهيدروجين في الماء؟

٤- ضع في أنبوب اختبار 1ml من محلول برمنغنات البوتاسيوم وأضف إليه 3ml حمض الكبريت الممدد وقرقر فيه ولفترة غاز الهيدروجين ماذا تلاحظ؟

٥- مرر الهيدروجين على أنبوب اختبار يحوي محلول كلوريد الحديد الثلاثي ماذا تلاحظ؟

٦-١- تحضير الهيدروجين من تأثير قلوي على معدن:

ضع في أنبوب اختبار 3ml من محلول هيدروكسيد الصوديوم وضع فيه بضع قطع من التوتياء أو الألمنيوم وسد الأنبوب بسداة مجهزة بأنبوب انطلاق الشكل (1-2)، إذا كان التفاعل بطيئاً سرع التفاعل عن طريق تدفئة الأنبوب بلهب ضعيف حيث يتم التفاعل التالي:



انتظر قليلاً، ثم اختبر الغاز المنطلق كما في التجارب السابقة.



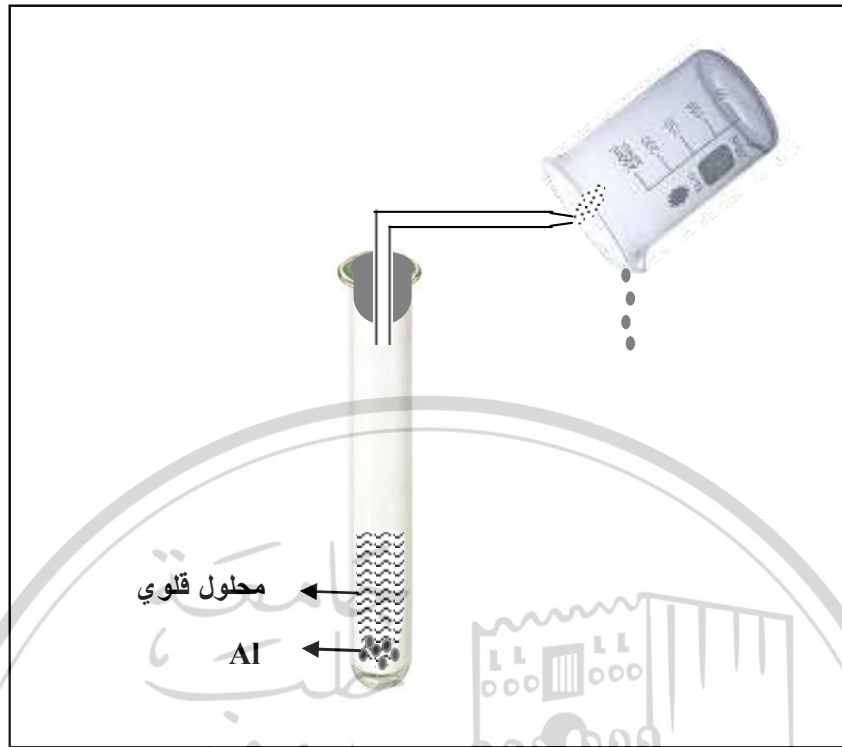
الشكل (١-٢)

تحضير الهيدروجين من تأثير

قلوي على معدن

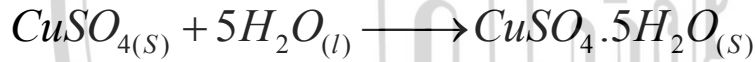
١- بعد التأكد من طرد الهواء قرب عود ثقاب مشتعل من فوهة أنبوب الاختبار ولاحظ لون لهب احتراق الهيدروجين. الآن نكس فوق اللهب ببشر ولاحظ تكاثف قطرات الماء على جدرانه نتيجة تفاعل أو احتراق الهيدروجين مع أكسجين الهواء. اكتب معادلة التفاعل الحاصلة.

٢- نكس ببشر فوق لهب الهيدروجين المحترق لجعل البخار يتكاثف ثم دع قطرات الماء تتساقط على زجاجة ساعة تحوي قليلاً من كبريتات النحاس اللامائية ماذا تلاحظ وما هي بنية المركب الناتج؟ تتشكل كبريتات النحاس المائية ذات اللون الأزرق $(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$ مما يدل على أن السائل المتكاثف هو الماء كما في الشكل (1-3).



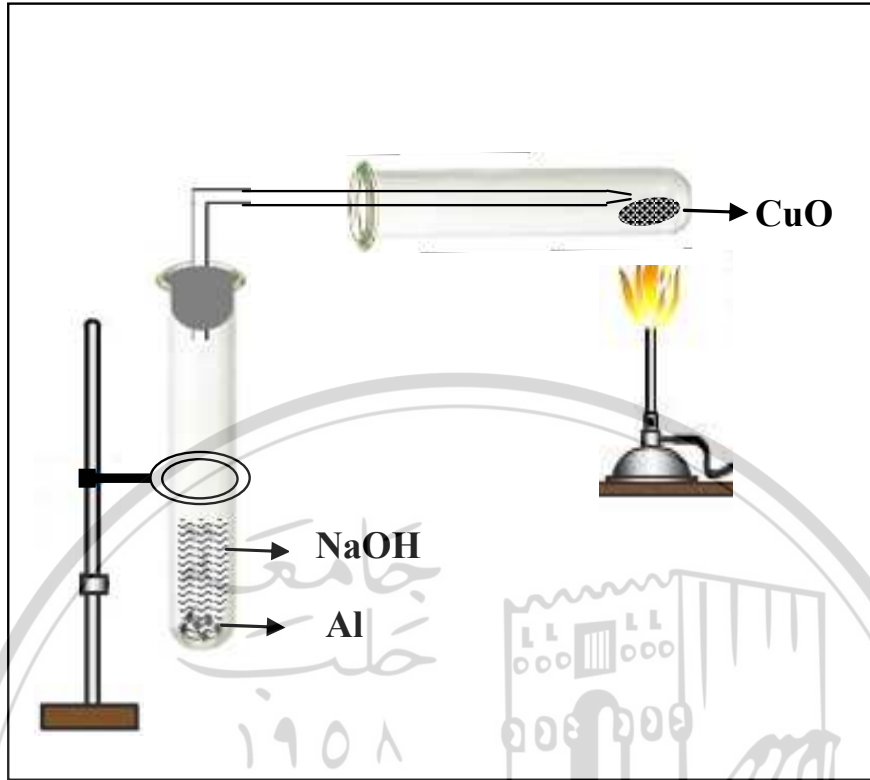
الشكل (١-٣) تحضير الهيدروجين من تأثير قلوي على معدن

وذلك وفق التفاعل التالي:



ملاحظة: يمكن متابعة التجربة (٣) مباشرة دون إطفاء اللهب هذه التجربة لا تخلو من خطورة الانفجار إذا لم تتفد بدقة كبيرة.

٣- انزع السدادة المطاطية لتطفئ اللهب. وضع في أنبوب اختبار قليلاً من أكسيد النحاس أو أكسيد الرصاص، ثم أعد وضع السدادة المطاطية وأدخلها في الأنبوب الحاوي على أكسيد النحاس إلى نهاية الأنبوب تقريباً، ثم سخن أكسيد النحاس واستمر في التسخين إلى أن يتحول اللون الأسود إلى الأحمر ولاحظ تشكل قطرات الماء قرب فوهة الأنبوب الشكل (١-٤). اكتب معادلات الأكسدة والإرجاع للتفاعل الحاصل موضحاً الجسم المؤكسد والجسم المرجع ، ثم اكتب التفاعل الإجمالي بشكليته الشاردي والجزئي.



الشكل (١-٤) إرجاع أكسيد النحاس

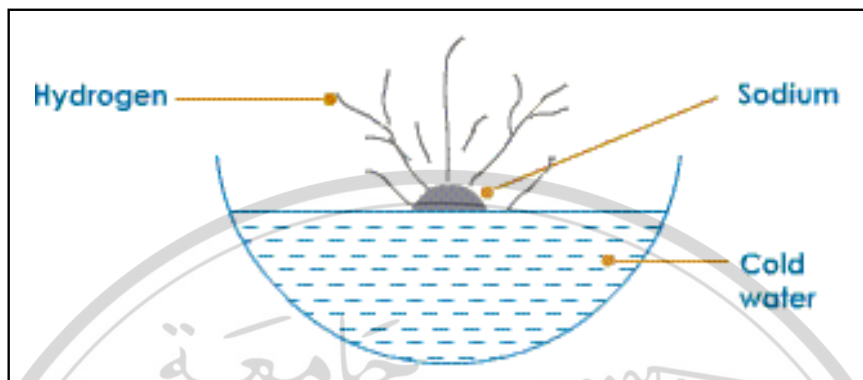


١-٧- تحضير الهيدروجين بتأثير المعادن الشديدة الكهرجائية على الماء:

تستطيع المعادن شديدة الكهرجائية أن تتفاعل مع الماء وتحرر الهيدروجين ويتوقف ذلك على عدة عوامل منها كمون مسرى المعدن القياسي وذوبان الهيدروكسيد الناتج وطبيعة السطح المتعرض ودرجة الحرارة الخ. فالمعادن القلوية والقلوية الترابية تتفاعل بعنف مع الماء، عدا المغنيزيوم فيحتاج إلى التسخين لوجود طبقة واقية على سطحه ويكون تفاعله مع بخار الماء عنيفاً، و الحديد والألمنيوم والتوتياء عند درجات حرارة عالية تستطيع تفكيك بخار الماء وكذلك البيريليوم بالرغم من كمون مسراه المرتفع.

١- خذ قطعة صغيرة من الصوديوم بواسطة الملقط وضعها على ورقة ترشيح، ثم اقطعها بالسكين إلى قطع صغيرة لاحظ بريق سطح معدن الصوديوم

المقطوع حديثاً. خذ قطعة واحدة منها ولفها بورقة ترشيح صغيرة، ثم ارمها في حوض يحوي الماء، كما في الشكل (٥-١) ولاحظ دوران قطعة الصوديوم وتكورها، هل يشتعل الهيدروجين؟ إذا لم يشتعل قرب عود ثقاب مشتعل.



الشكل (٥-١) تحضير الهيدروجين من تأثير الصوديوم على الماء

افحص المحلول المائي بواسطة ورقة عباد شمس حمراء. اكتب معادلات الأكسدة والإرجاع للتفاعل الحاصل مبيناً الجسم المؤكسد والجسم المرجع، ثم اكتب التفاعل الإجمالي بشكليته الشاردي والجزيئي.

٢- اعد التجربة بأخذ قطعة صغيرة جداً من البوتاسيوم وبنفس الطريقة السابقة ولاحظ أن قطعة البوتاسيوم تشتعل دون حاجة لعود ثقاب..... وضح الفروق الظاهرة بينه وبين الصوديوم.

٨-١- الخواص الإرجاعية للهيدروجين الذري:

١- إرجاع الهيدروجين الذري للبرمنغنات:

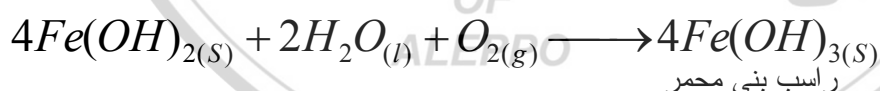
ضع قطعة من التوتياء في أنبوب اختبار، وأضف إليه 2ml من حمض الكبريت الممدد (2M) وعدة قطرات من محلول كبريتات النحاس. ثم أضف إليه مباشرة بضع قطرات من محلول برمنغنات البوتاسيوم، وراقب ما يحدث. ثم علل تغير لون محلول البرمنغنات من البنفسجي إلى عديم اللون؟ أكتب معادلات الأكسدة والإرجاع مبيناً الجسم المؤكسد والجسم المرجع، ثم اكتب التفاعل الإجمالي بشكليته الشاردي والجزيئي.

ملاحظة:

توضح هذه التجربة الفرق بين فعالية الهيدروجين الجزيئي والذري. على الرغم من أن الهيدروجين الجزيئي مرجع جيد إلا أنه لا يستطيع إرجاع محلول برمنغنات البوتاسيوم، ومحلول كلوريد الحديد الثلاثي عندما يكون على شكل جزيئي H_2 ، ولكنه يرجع هذين المحلولين إذا كان ذرياً "H" وهذا موضح في المقدمة النظرية للهيدروجين (دراسة الخواص الكيميائية للهيدروجين).

٢- إرجاع الهيدروجين الذري لكلوريد الحديد:

ضع في أنبوب اختبار 3ml من محلول كلوريد الحديد الثلاثي، وأضف إليه 2ml من محلول حمض كلور الماء الممدد، ثم ضع قطعة من التوتياء، واترك التفاعل لفترة كافية من الزمن ماذا تلاحظ؟ بماذا تعلق تحول لون المحلول من الأصفر إلى الأخضر؟ اكتب معادلات الأكسدة والإرجاع مبيناً الجسم المؤكسد والجسم المرجع، ثم اكتب التفاعل الإجمالي بشكليه الشاردي والجزيئي. لاختبار وجود شاردة الحديدي في المحلول يمكن ترشيح محتويات الأنبوب، وإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم للرشاحة حيث يتشكل راسب أبيض مخضر جيلاتيني من هيدروكسيد الحديد الثنائي ويتحول هذا الراسب بتأثير الهواء إلى هيدروكسيد الحديد الثلاثي الأحمر القرميدي.



أي من التفاعلين السابقين تفاعل أكسدة وإرجاع.

الفصل الثاني

الأكسجين

١-٢- مقدمة نظرية:

ينتمي الأكسجين إلى عناصر المجموعة النموذجية السادسة (VI) بالإضافة إلى كل من (الكبريت S - السيلينيوم Se - التيلوريوم Te - البولونيوم Po) وتركيبه الإلكتروني يأخذ الشكل: $O \equiv 1s^2 2s^2 2p^4$ أي إن طبقة السطحية تحتوي على ستة إلكترونات وكونه يحتوي على إلكترونين فرديين في الطبقة السطحية فإن تكافؤه ثنائي حيث يمكن لذرة الأكسجين أن تضم إلكترونين وتتحول إلى شاردة سالبة O^{2-} (تركيب أقرب غاز حامل وهو النيون Ne) باتحادها مع العناصر الشديدة الكهرجائية وتشكيل أكاسيد مثل (CaO , MgO , Na_2O) أو تسهم بهذين الإلكترونين بتشكيل روابط مشتركة مع اللا معادن مثل:

(N_2O , ClO_2 , NO_2 , SO_2 , CO_2)

- يوجد الأكسجين في القشرة الأرضية بنسبة 50% على شكل أكاسيد وكربونات وكبريتات وفوسفات وسيليكات. وفي الهواء بنسبة 21% من حجم الهواء وفي الماء بنسبة 88.9% من وزن الماء. وفي المركبات العضوية وفي أنسجة النبات والحيوان والإنسان.

- الأكسجين غاز عديم اللون والطعم والرائحة يتميع في الدرجة $(-183^\circ C)$ بلون أزرق فاتح ويتجمد في الدرجة $(-219^\circ C)$ بلون أزرق.

- أثقل من الهواء وكثافته بالنسبة للهواء (1.0539) وقليل الانحلال في الماء (يمكن جمعه بإزاحة الماء).

- شديد الكهرسلبية ويأتي ترتيبه بعد الفلور فهو يتفاعل مع جميع العناصر عدا (Pd , Pb , Ag , Au , Ar , Ne , He)

- يأخذ الأكسجين درجة الأكسدة (-2) في معظم المركبات و (-1) في فوق الأكاسيد مثل H_2O_2 و (-1/2) في الأكاسيد العلوية مثل KO_2 و (-1/3) في الأوزونيدات مثل: KO_3 و (+2) في OF_2 و (+1) في O_2F_2
- لجزيء الأكسجين O_2 خواص بارامغناطيسية لوجود إلكترونين فرديين:

$$\dot{O} = \dot{O} :$$

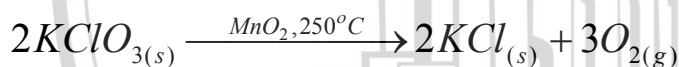
$$k k (\sigma_s)^2 (\sigma_s^*)^2 (\sigma_{px})^2 (\pi_x = \pi_y)^4 (\pi_y^*)^1 (\pi_z^*)^1$$

- تعد تفاعلات الأكسجين مثلاً لتفاعلات الأكسدة الناشئة للحرارة بشكل عام.
- الأكسجين مؤكسد قوي وتتدرج قوته المؤكسدة في المحاليل وفق الترتيب:
(أساس > معتدل > حمض).

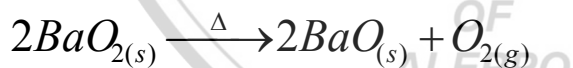
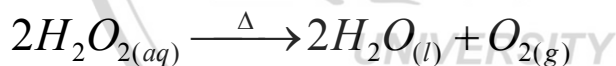
٢-٢- تحضير الأكسجين:

أ- مخبرياً:

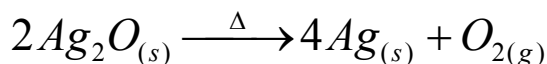
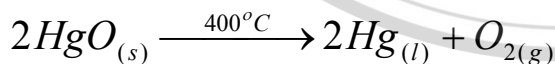
- ١- بالتفكك الحراري للمركبات الغنية بالأكسجين:



- ٢- بالتفكك الحراري لفوق الأكاسيد:



- ٣- بالتفكك الحراري لأكاسيد بعض المعادن الضعيفة:



ب- صناعياً:

- طريقة تيزي دوماتوف - طريقة كاستر - طريقة برنشي - بالتقطير المجزأ للهواء المسال - بالتحلليل الكهربائي للماء.

٣-٢- تصنيف الأكاسيد:

أ- تصنيف الأكاسيد على أساس درجة أكسدة الأكسجين فيها:

١- الأكاسيد العادية: وتكون درجة أكسدة الأكسجين فيها (-2) مثل، CaO , Fe_2O_3 , MgO .

٢- فوق الأكاسيد: وتكون درجة أكسدة الأكسجين فيها (-1) مثل، Na_2O_2 , BaO_2 , H_2O_2 .

٣- الأكاسيد العالية: وتكون درجة أكسدة الأكسجين فيها (-1/2) مثل NaO_2 , KO_2 .

٤- الأوزونيدات: وتكون درجة أكسدة الأكسجين فيها (-1/3) مثل، KO_3

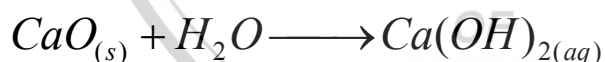
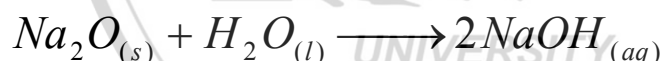
٥- OF_2 , O_2F_2 وتكون درجة أكسدة الأكسجين فيها على التوالي +2 , +1

ب- تصنيف الأكاسيد تبعاً للسلوك الكيميائي:

١- الأكاسيد الأساسية:

تتشكل الأكاسيد الأساسية بتفاعل الأكسجين مع المعادن القلوية والقلوية الترابية وبعض المعادن الانتقالية عند درجات أكسدتها المنخفضة مثل Mn^{2+} , Ni^{2+} وتكون فيها الروابط شاردية حيث تسلك سلوك الأسس عند انحلالها بالماء مثل:

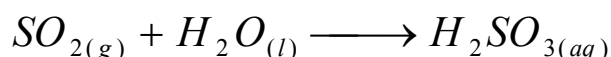
Na_2O , CaO , MgO , MnO , NiO

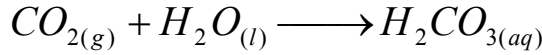
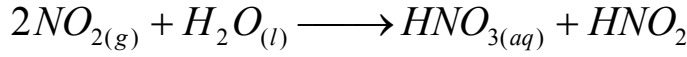


٢- الأكاسيد الحمضية:

هي عبارة عن أكاسيد اللامعادن مثل NO_2 , CO_2 , SO_2 بالإضافة إلى أكاسيد العناصر الانتقالية عند درجة أكسدتها المرتفعة مثل MnO_7 , CrO_3 والمنحل منها في الماء يعطي الحمض الموافق ونذكر على سبيل المثال:

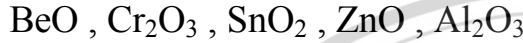
SO_2 , SO_3 , CO_2 , NO_2 , ClO_2 , P_4O_{10}





٣ - الأكاسيد المذبذبة:

تتشكل الأكاسيد المذبذبة باتحاد الأكسجين مع بعض المعادن وأشباه المعادن كالأكاسيد:



حيث تلعب هذه الأكاسيد عند انحلالها بالماء دور الأسس مع الحموض ودور الحموض مع الأسس:

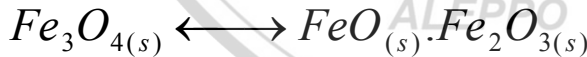
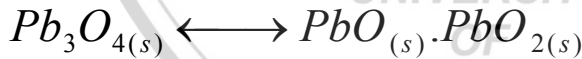


٤ - الأكاسيد الحيدية:

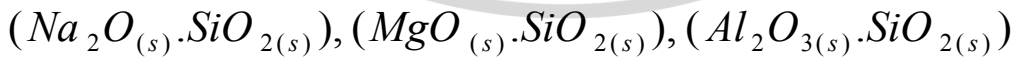
الأكاسيد الحيدية هي الأكاسيد التي لا تتفاعل مع أي من الحمض أو الأسس أو الماء مثل: N_2O, NO, MnO_2, CO

٥ - الأكاسيد المختلطة:

تتألف الأكاسيد المختلطة من أكسيدين لعنصر واحد في درجتين أكسدة مختلفتين:



أو تتألف من أكسيدين لعنصرين مختلفين مثل:



وللأكاسيد المختلطة دور كبير في الصناعة حيث تستخدم في الوساطة.

٤-٢ - استعمال الأكسجين:

يستخدم الأكسجين في قص وصهر المعادن بسبب الحرارة العالية الناتجة من حرقه مع الهيدروجين (2100°C) ومع الأستيلين (2430°C). وفي أجهزة التنفس الاصطناعي حيث يعبأ في اسطوانات خاصة فولاذية في درجة الحرارة العادية تحت ضغط (200 atm).

كما يستخدم الأكسجين السائل مع الهيدروجين السائل كوقود للصواريخ والمركبات الفضائية.

القسم العملي:

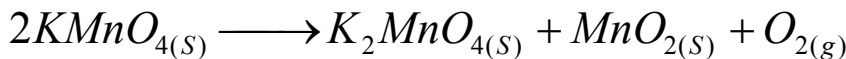
٥-٢ - المواد والأدوات المستخدمة:

حوجة، قمع تنقيط، سدادات مطاطية مثقوبة، وصلات مطاطية، أنابيب انطلاق، أنابيب اختبار مختلفة الحجم، حامل معدني، ملقط، حوض زجاجي، أنابيب مجهزة بسدادات مطاطية، ملعقة احتراق، بلورات برمنغنات البوتاسيوم، مسحوق ثنائي أكسيد المنغنيز، قطعة صوديوم، فحم خشب، أكسيد الزئبق، كلورات البوتاسيوم، قطع فوسفور أحمر، زهر الكبريت، شريط مغنيزيوم، ورق عباد الشمس الأزرق، بيروغالول، فوق أكسيد الهيدروجين 3% ، محلول هيدروكسيد الكالسيوم 0.5N، محلول هيدروكسيد الصوديوم 0.5N، محلول برمنغنات البوتاسيوم.

٦-٢ - تحضير الأكسجين عملياً:

١ - تحضير الأكسجين من تفكك برمنغنات البوتاسيوم:

ضع في أنبوب اختبار جاف ونظيف (1gr) من بلورات برمنغنات البوتاسيوم ثم ثبت الأنبوب على حامل معدني بشكل شاقولي. سخن ثم تأكد من انطلاق الأكسجين بتقريب لهب مشتعل (على وشك الانطفاء). ماذا تلاحظ ؟ وازن معادلة التفاعل التالية بطريقة الأكسدة والإرجاع .

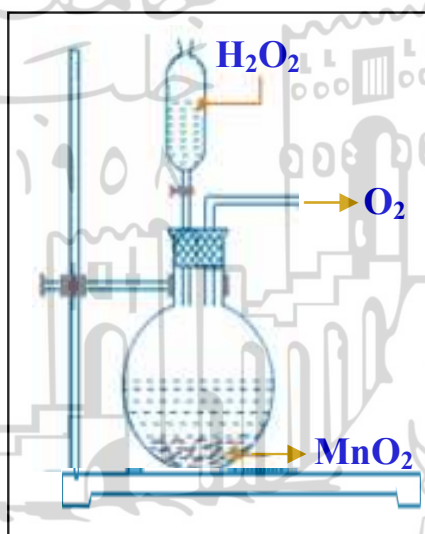


٢- تحضير الأكسجين من تفكك أكسيد الزئبق:

ضع في أنبوب اختبار جاف ونظيف (1gr) من أكسيد الزئبق ثم ثبت الأنبوب على حامل معدني بشكل شاقولي وسخنه على لهب مصباح بنزين قرب من فوهة الأنبوب عود ثقاب على وشك الانطفاء، ماذا تلاحظ؟ اكتب التفاعل الحاصل .

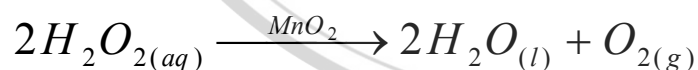
٣- تحضير الأكسجين من تفكك فوق أكسيد الهيدروجين بوجود ثنائي أكسيد المنغنيز:

ضع في حوجة مستديرة القعر (4gr) من ثنائي أكسيد المنغنيز كما في الشكل (٢-١) ثم ثبت الحوجة على حامل معدني ثم أضف إليه (8ml) من فوق أكسيد الهيدروجين، ماذا تلاحظ؟



الشكل (٢-١) تحضير الأكسجين من تفكك فوق أكسيد الهيدروجين

اختبر الغاز المنطلق واكتب معادلة التفاعل وما دور ثنائي أكسيد المنغنيز .



ملاحظة: (١)

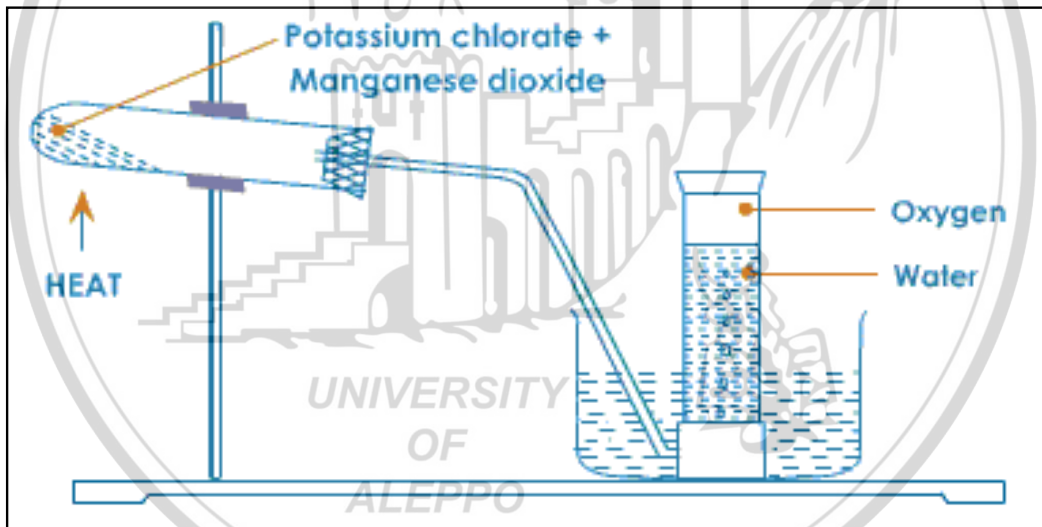
تحذير: إن تفكك كلورات البوتاسيوم بوجود ثنائي أكسيد المنغنيز لا يكون خطراً إذا كان (MnO₂) نقياً وغير مشوب بشوائب مثل الكربون وللتأكد من نقاوة ثنائي أكسيد المنغنيز يؤخذ جزء منه ويخلط مع قليل من كلورات البوتاسيوم ويتم تسخينه في أنبوب

اختبار مفتوح للتأكد من عدم حدوث اشتعال أو انفجار كما يجب الانتباه إلى عدم استخدام مسحوق الكربون عوضاً عن ثنائي أكسيد المنغنيز (كلاهما مسحوق أسود).

٤- تحضير الأكسجين من التفكك الحراري لكlorates البوتاسيوم:

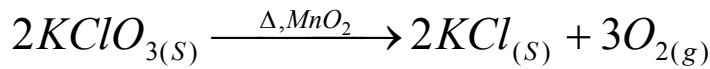
طريقة التحضير:

زن حوالي (12gr) من كلورات البوتاسيوم المسحوقة وحوالي (3gr) من ثنائي أكسيد المنغنيز النقي المسحوق الذي يلعب دور الوسيط ويساعد على تحرير الأكسجين في درجات حرارة قريبة من 250°C يركب الجهاز المستخدم كما هو مبين بالشكل (٢-٢) ثم يوضع المزيج في أنبوب اختبار جاف تماماً ومجهز بسدادة مع أنبوب إنطلاق ثم يثبت الجهاز على حامل بشكل أفقي ومن ثم نبدأ التسخين بشكل بطيء ومتجانس. نغمر نهاية فتحة أنبوب الانطلاق في حوض الماء.



الشكل (٢-٢) تحضير الأكسجين من تفكك كلورات البوتاسيوم

وتكون معادلة التفاعل على الشكل التالي:



ثم يحضر من خمسة إلى ست أنابيب كبيرة مملوءة بالماء ومجهزة بسدادات لجمع الغاز وبعد تهيئة الجهاز سخن على نار هادئة مع التحريك المستمر للهب على جميع أجزاء الأنبوب ثم اجمع الغاز بعد طرد الفقاعات الأولى من الغاز لان أغلبها

هواء، وعندما يتم انطلاق الغاز بشكل مستمر ومنتظم ابدأ بملء أنابيب الاختبار بغاز الأكسجين وسد فوهتها بسدادة داخل الحوض وفي نهاية التحضير تنزع أولاً سدادة أنبوب التسخين أو ترفع نهاية أنبوب الانطلاق إلى خارج الحوض المائي وهذا يمنع رجوع الماء إلى أنبوب التسخين عندما يبرد.

اكتب معادلات التفاعلات الحاصلة ووازنها بطريقة الأكسدة و الإرجاع ؟

ملاحظة: (٢)

بما أن كثافة الأكسجين قريبة جداً من كثافة الهواء وهو عديم اللون لذا لا يمكن جمعه بإزاحة الهواء وإنما يجمع بإزاحة الماء، وإذا لزم تحضيره جافاً يمكن إمراره على كلوريد الكالسيوم أو حمض الكبريت المركز ثم جمعه فوق الزئبق.

٧-٢- دراسة خواص الأكسجين:

١ - اللون والرائحة والذوبان: لاحظ لون الغاز ورائحته حيث أن الغاز المحضر بتلك الطريقة له رائحة لأنه ليس نقياً ويحوي بعض الكلور. بينما ليس للأكسجين النقي رائحة، جرب ذوبانه في الماء؟

٢ - عباد الشمس: أدخل ورقة عباد الشمس المبللة بالماء إلى أنبوب يحوي الأكسجين المجرب ذوبانه في الماء، هل يتغير لون الورقة؟

٣ - دوره في الاحتراق: قرب من أنبوب اختبار يحوي الأكسجين عود ثقاب مشتعل؟ ماذا تلاحظ؟

ملاحظة: (٣)

عند إدخال عود ثقاب مشتعل في الأنبوب الحاوي على الأكسجين يزداد توهجه وهذه الخاصة تميز الأكسجين تقريباً عن معظم الغازات باستثناء الغاز N_2O .

٤ - تأثير الأكسجين على اللا معادن:

أ- تفاعله مع الكربون: خذ قطعة من فحم الخشب وضعها في ملعقة احتراق نظيفة، وسخنها على لهب إلى أن تبدأ بالاحمرار ثم أدخلها في أنبوب اختبار يحوي الأكسجين دون أن تلمس الملعقة الجدران أو القعر .

فيلاحظ ازدياد توهج قطعة فحم الخشب اخرج الملعقة. أضف في الأنبوب قليلاً من الماء ثم خض محتوياته ثم ادخل فيه ورقة عباد الشمس الزرقاء بماذا تعلق تغير لون ورقة عباد الشمس الزرقاء إلى اللون الأحمر؟

أضف قليلاً من هيدروكسيد الكالسيوم إلى محتويات الأنبوب فتلاحظ تعكر الأنبوب لتشكل كربونات الكالسيوم اكتب معادلات التفاعل الحاصلة؟

ب- تفاعله مع الكبريت:

ضع قليلاً من زهر الكبريت في ملعقة احتراق نظيفة، ثم سخنها جيداً حتى يبدأ الكبريت بالاشتعال. ثم أدخلها في أنبوب اختبار يحوي الأكسجين فيلاحظ ازدياد توهج الكبريت المشتعل ويكون لون اللهب أزرق فاتح ويتشكل دخان ضبابي داخل الأنبوب.

اخرج الملعقة ثم حل الناتج بالماء وخضه جيداً وافحصه بورقة عباد الشمس الزرقاء فينقلب لونها إلى الأحمر نتيجة تشكل حمض الكبريتي الناتج من انحلال الغاز بالماء.

خذ قليلاً من هذا المحلول المتشكل وأضف إليه عدة نقاط من محلول برمنغنات البوتاسيوم لاحظ زوال لون البرمنغنات.

اكتب معادلات التفاعلات الحاصلة ووازنها بطريقة الأكسدة والإرجاع.

ج - تفاعله مع الفوسفور الأحمر:

ضع قليلاً من الفوسفور الأحمر على ملعقة احتراق نظيفة ثم سخنها وأدخلها في أنبوب اختبار يحوي الأكسجين فيلاحظ تشكل سحب من الدخان في الأنبوب، اخرج الملعقة ثم خض الأنبوب جيداً واكشف عن الناتج بإضافة ورقة عباد الشمس الأزرق

فينقلب لونها إلى الأحمر نتيجة تشكل حمض الفوسفوراكتب معادلات التفاعلات
الحاصلة.

ملاحظة:(٤)

الفوسفور الأبيض خطر وذلك لأنه يشتعل بسهولة في الهواء يحفظ عادة في
الماء وينبغي قطعه وهو تحت الماء دون أن يلمس بالأصابع، لا ترم قطع الفوسفور
الأصفر في سلة المهملات أو في الحوض، تخلص منها إما بحرقها أو بوضعها في
محلول كبريتات النحاس. يفضل في تجارب الأكسجين استعمال الفوسفور الأحمر لا بد
من الانتباه أيضاً عند اشتعال الصوديوم والمغنيزيوم في الأكسجين.

٥ - تأثير الأكسجين على المعادن:

أ- تفاعله مع الصوديوم:

خذ قطعة صغيرة من الصوديوم وضعها في ملعقة احتراق جافة ونظيفة سخن
القطعة وادخلها في أنبوب يحوي الأكسجين.

اخرج الملعقة ثم حل الناتج في الماء جيداً واكشف عنه بورقة عباد الشمس
الحمراء فينقلب لونها إلى الأزرق ماذا ينتشكل في المحلول؟

ملاحظة:(٥)

يحفظ الصوديوم عادة داخل الكيروسين (زيت الكاز)، وهو يتأثر بسرعة بالهواء
ويغير لونه وينفجر غالباً في الماء لا تلمسه بالأصابع.

ب- تفاعله مع المغنيزيوم:

لف حوالي 10Cm من شريط المغنيزيوم حول القسم السفلي من ملعقة الاحتراق
سخن نهاية شريط المغنيزيوم حتى يشتعل، ثم أدخل الملعقة بهدوء إلى أنبوب يحوي
الأكسجين دون سد جدران الأنبوب. وبعد انتهاء الاشتعال حل الرماد الأبيض المتشكل
ثم اكشف عن الناتج بعباد الشمس الأحمر فينقلب لونه إلى الأزرق. اكتب معادلات
التفاعل الحاصلة.

٨-٢- تحديد نسبة الأكسجين في الهواء:

ضع حوالي (3Cm^3) من هيدروكسيد الصوديوم داخل أنبوب اختبار كبير، ثم امسك الأنبوب بشكل مائل وأضف حوالي (0.5gr) من البيروغالول قرب فوهة الأنبوب، سد الأنبوب بسدادة مطاطية بشكل محكم قبل مزج المادتين، ثم قس بمسطرة طول عمود الهواء في الأنبوب ثم خض الأنبوب لمدة دقيقة حيث يمتص البيروغالول القلوي جميع الأكسجين من الأنبوب نكس الأنبوب في حوض مائي مملوء بشكل جيد بالماء. ارفع السدادة حين يكون مستوى الماء داخله وخارجه واحداً فيدخل كمية إضافية من الماء إلى الأنبوب ليحل محل الأكسجين الممتص أعد السدادة وفوهة الأنبوب تحت سطح الماء وبحيث يكون سطح الماء داخل وخارج الأنبوب واحداً قس مرة ثانية بالمسطرة طول عمود الغاز الباقي في الأنبوب واحسب نسبة الأكسجين حجماً في الهواء.

ملاحظة: (٦)

تحسب النسبة بالشكل التالي:

$$\frac{\text{القياس الأول} - \text{القياس الثاني}}{\text{القياس الأول}} = \frac{\text{طول عمود الأكسجين في الأنبوب}}{\text{طول عمود الهواء في الأنبوب (القياس الأول)}}$$



الفصل الثالث

فوق أكسيد الهيدروجين

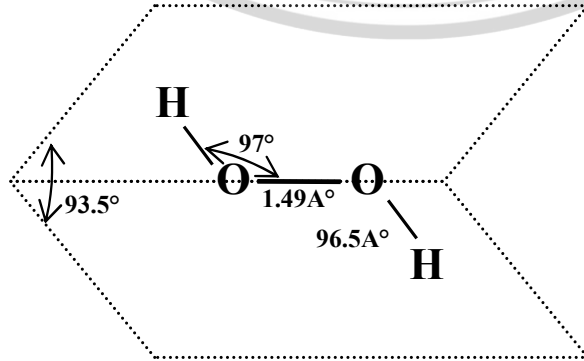
١-٣- مقدمة نظرية:

يوجد فوق أكسيد الهيدروجين في الطبيعة بكميات قليلة وبتراكيز مختلفة حيث يوجد في مياه الأمطار والثلوج، كما ينتج عن المخلفات النباتية والحيوانية كنتاج ثانوي كما يمكن أن يتشكل فوق أكسيد الهيدروجين أثناء الأكسدة الحرة للمواد العضوية واللاعضوية.

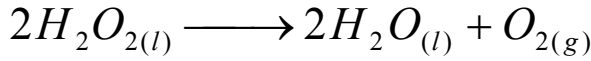
فوق أكسيد الهيدروجين النقي سائل عديم اللون والرائحة والمركز منه لونه أزرق شاحب وكثافته عند الدرجة (20°C) تساوي 1.45gr/Cm³. لا يمكن تحديد درجة غليانه في الضغط الجوي لأنه يتفكك ابتداءً من 90°C ويمكن تقطيره تحت ضغط مخفف وتبلغ درجة غليانه 151.4°C. يتجمد عند (-0.48°C) ويتبلور بالتبريد عند (-2°C). ينحل بالماء ويشكل محلولاً طعمه مر وحاد وينحل كذلك في الإيثير. فوق أكسيد الهيدروجين السائل كالماء ذو طبيعة مشتركة ويشكل روابط هيدروجينية.

يمكن تصنيف أكاسيد الهيدروجين إلى نوعين:

- أ- أكسيد الهيدروجين H₂O وتكون فيه درجة أكسدة الأكسجين (-2).
- ب- فوق أكسيد الهيدروجين H₂O₂ وتكون فيه درجة أكسدة الأكسجين (-1).
- يأخذ فوق أكسيد الهيدروجين البنية الفراغية الموضحة بالشكل الآتي:



يتفكك فوق أكسيد الهيدروجين وفق التفاعل التالي:

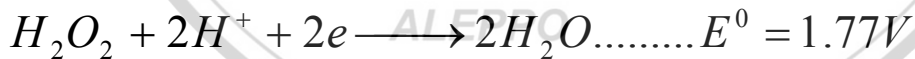


يكون التفكك انفجارياً عندما يكون فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 مركزاً، ويمكن أن يحدث هذا التفكك وساطياً باستخدام مركبات صلبة ناعمة مثل: Pb, PbO, Ag_2O, MnO_2 ويمكن أيضاً أن يحدث التفكك بوجود آثار من قلوي وبما أن فوق أكسيد الهيدروجين سهل التفكك لذا يستعمل عادةً على شكل محاليل ممددة ويعبر عن تركيزه بالقوة الحجمية (أي عدد حجوم O_2 التي يعطيها حجم واحد من فوق أكسيد الهيدروجين في الشرطين النظاميين).

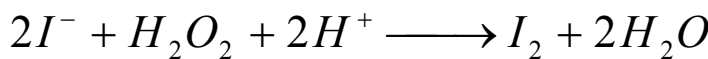
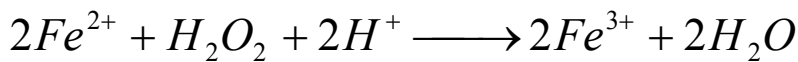
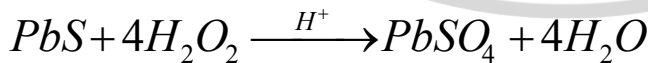
مثال: محلول قوته الحجمية 10 هذا يعني أن كل 1 Cm^3 من H_2O_2 يعطي 10 Cm^3 من O_2 ويمكن أن يعبر عنها أيضاً بالتركيز المئوي.

مثلاً: المحلول 30% من فوق أكسيد الهيدروجين يعني أن كل 100gr من هذا المحلول يحتوي على 30gr من H_2O_2 . يؤثر كل من الضوء والحرارة على تفكك فوق أكسيد الهيدروجين وإن كان ممدداً لذلك يجب حفظه في أوعية من الألمنيوم النقي ذات جدران ملساء أو في زجاجات غامقة اللون في مكان مظلم. يقوم فوق أكسيد الهيدروجين بدور مؤكسد عندما يرجع أكسجينه من درجة الأكسدة (-1) إلى (-2) وذلك في الوسطين الحمضي والقلوي.

١ - في الوسط الحمضي: يكون مؤكسداً وفق التفاعل النصفي:



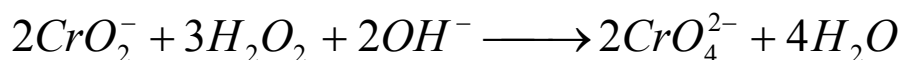
وهذه بعض الأمثلة التي تبين دوره كمؤكسد في الوسط الحمضي:



٢- في الوسط القلوي: يكون مؤكسداً وفق التفاعل التالي:



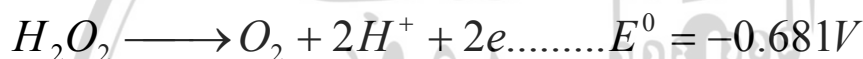
فهو يؤكسد شاردة الكروميت الخضراء CrO_2^- إلى شاردة الكرومات الصفراء CrO_4^{2-} وفق التفاعل:



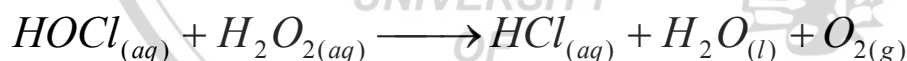
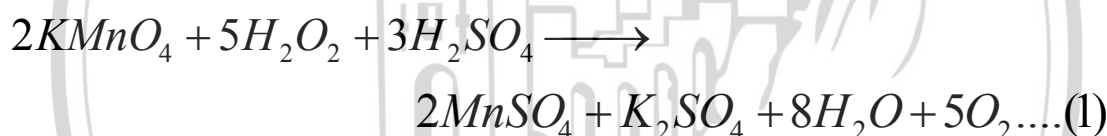
أما في دوره كمرجع فيتأكسد أكسجينه من درجة الأكسدة (-1) إلى (0) أي يصبح حراً O_2 وذلك في الوسطين الحمضي والقلوي.

١- في الوسط الحمضي:

يكون فوق أكسيد الهيدروجين مرجعاً وفق التفاعل النصفى:

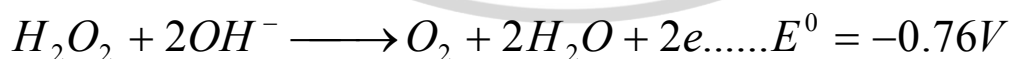


فهو يستطيع بذلك إرجاع كثير من الشوارد كما في التفاعلات التالية:

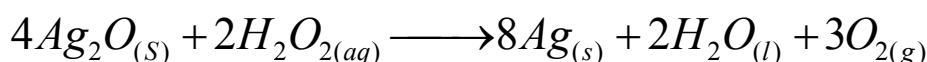
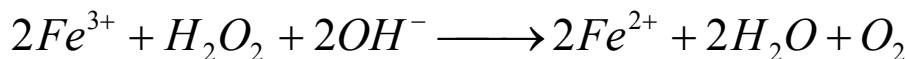


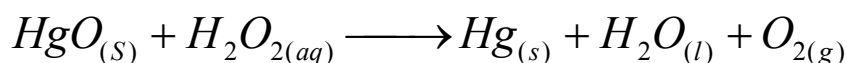
٢- في الوسط القلوي:

يكون فوق أكسيد الهيدروجين مرجعاً وفق التفاعل النصفى:



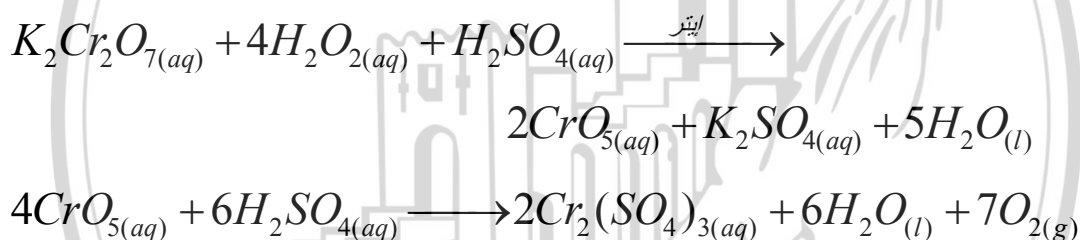
فهو يستطيع بذلك إرجاع كثير من الشوارد نذكر منها التفاعلات التالية:





يستخدم التفاعل (1) تفاعل البرمنغنات مع فوق أكسيد الهيدروجين في وسط حمض الكبريت في تحديد كمية فوق أكسيد الهيدروجين كمياً بالطريقة الحجمية لأن الأكسجين يأتي من فوق أكسيد الهيدروجين وليس من البرمنغنات.

يستخدم التفاعل (2) تفاعل ثنائي الكرومات مع فوق أكسيد الهيدروجين في وسط حمض الكبريت ووجود الإيتر للكشف كيفياً عن فوق أكسيد الهيدروجين حيث ينتج بالبدء فوق أكسيد الكروم CrO_5 غير الثابت وذو لون أزرق والذي يتفكك بسرعة في الوسط الحمضي إلى Cr^{3+} ذي اللون الأخضر لكن فوق أكسيد الكروم ثابت في الإيتر لذا يضاف محلول فوق أكسيد الهيدروجين إلى محلول ممدد ومحمض من ثنائي الكرومات وقليل من الإيتر فيتشكل محلول أزرق ضمن طبقة الإيتر العلوية وهذا دليل على وجود شاردة الكروم السداسي Cr^{6+} أو وجود H_2O_2 وفق التفاعل التالي:

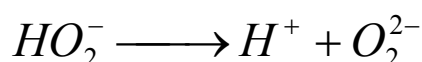


أما صفاته الحمضية فتظهر في تشتده في المحلول على مرحلتين:

١- المرحلة الأولى: يكون فيها التشرّد متوسطاً



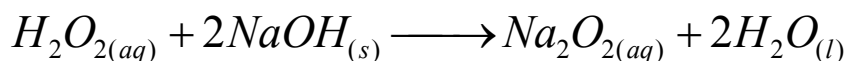
٢- المرحلة الثانية: يكون فيها التشرّد ضعيف جداً وقد لا يحدث عملياً إلا في الأوساط القلوية.



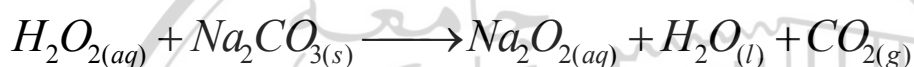
يعود سبب الصفات الحمضية في H_2O_2 إلى وجود الروابط القطبية بين ذرات الهيدروجين والأكسجين لذلك يعطي في المحاليل المائية تحت تأثير جزيئات الماء القطبية شوارد H^+ أو H_3O^+ .

- عندما يكون نقياً يغير لون عباد الشمس من الأزرق إلى الأحمر لكن محاليله لا تتأثر بالمشعرات.

- تعدّ فوق الأكاسيد أملاحاً لـ H_2O_2 الذي يعدّ حمضاً وذلك كونه يشكل فوق الأكاسيد عندما يتفاعل مع الأسس الموافقة:

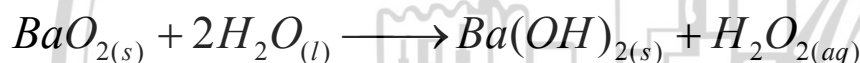


- يؤثر على أملاح الكربونات ويطلق غاز ثنائي أكسيد الكربون:



٢-٣- تحضير فوق أكسيد الهيدروجين:

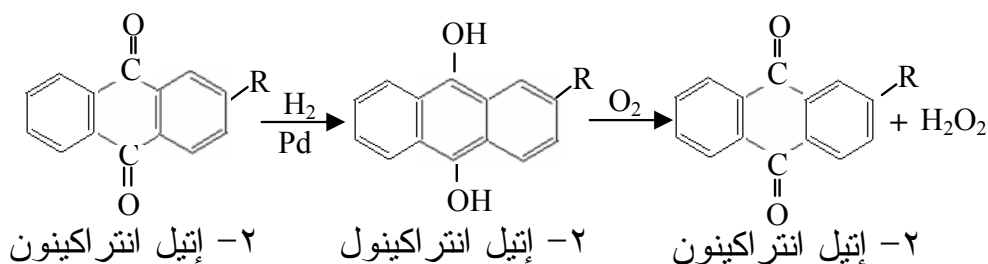
١- مخبرياً: من تفاعل فوق الأكاسيد مع الماء أو مع الحوض الممددة.



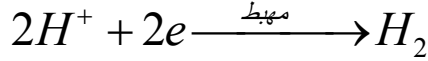
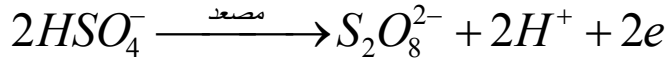
- غالباً ما يستخدم BaO_2 مع حمض الكبريت الممدد لسهولة فصل الراسب $BaSO_4$ من جهة ومن جهة ثانية يكون وسط التفاعل حمضي حيث أن فوق أكسيد الهيدروجين ثابت في الأوساط الحمضية وضعيف الثبات في الأوساط القلوية.

٢- صناعياً:

أ- بالإرجاع الواسطي لـ (٢- إثيل انتراكينون) إلى (٢- إثيل انتراكينول) ثم أكسدة الناتج بالأكسجين فيتشكل المركب الأولي بالإضافة إلى فوق أكسيد الهيدروجين المطلوب ويتم الإرجاع بواسطة الهيدروجين بوجود البلاديوم كوسيط:



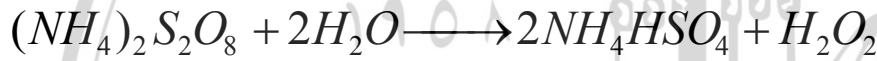
ب- بالتحليل الكهربائي لكبريتات الأمونيوم الهيدروجينية: NH_4HSO_4
كما توضح المعادلتين التاليتين:



أي أن التحليل الكهربائي لكبريتات الأمونيوم الحامضية تؤدي إلى تشكل برأوكسوثنائي كبريتات الأمونيوم.

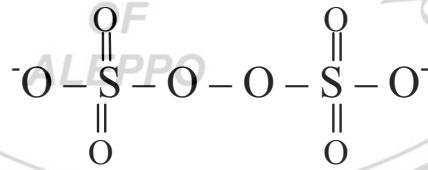


ثم يحلمه برأوكسوثنائي كبريتات الأمونيوم ويقطر الناتج تحت ضغط مخفف فنحصل على H_2O_2 وفق المعادلة التالية:



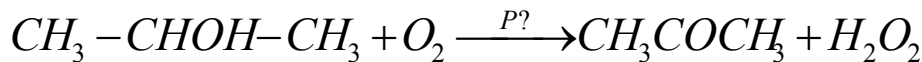
ثم تعاد كبريتات الأمونيوم الحامضية من جديد إلى وعاء التحليل الكهربائي وهكذا.
تعطي طريقة التحليل الكهربائي فوق أكسيد الهيدروجين بتركيز 30% ويزاد تركيزه بالتقطير المجزأ.

ملاحظة: تعطي المركبات الحاوية على $S_2O_8^{2-}$ فوق أكسيد الهيدروجين لأنها تحوي الزمرة $(-O-O-)$ كما يتضح من الصيغة الفراغية التالية:



لذلك فإن الحمض $H_2S_2O_8$ أو أملاحه مثل $K_2S_2O_8$ تعطي بالحلمه H_2O_2 .

ج- بأكسدة إيزو البروبانول بالأكسجين تحت ضغط محدد:



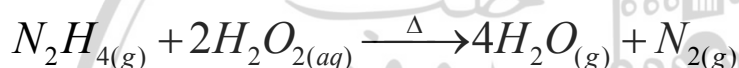
ثم يضاف الماء ويتم التخلص من الاسيتون بالتقطير فيشكل بذلك محلول مخفف من فوق أكسيد الهيدروجين الذي يمكن تركيزه بالتقطير عند ضغط مخفف.

٣-٣- استعمالات فوق أكسيد الهيدروجين:

- ١- كمادة قاصرة للألوان لجميع المنسوجات وفي عجينة الورق والجلد والخشب.
- ٢- كمطهر في المنازل حيث يعطي عند تفككه الأكسجين الذري والماء غير الضارين.

٣- في حرق الكحولات ونواتج البترول.

- ٤- في محركات الصواريخ والقذائف حيث يمزج مع الهيدرازين أو أحد مشتقاته وفق التفاعل:



- ٥- يستعمل محلوله بتركيز 3% في تعقيم ومعالجة الجروح بعد العمليات الجراحية ويستعمل محلوله بالمخابر بتركيز 30% وتستعمل التركيز 30 - 60% صناعياً بتركيب بعض المواد المستخدمة في صناعة أصبغة الشعر بوجود محلول الأمونيا .

القسم العملي:

٣-٤- الأدوات و المواد المستخدمة:

أنابيب اختبار مختلفة، بيشر عدد ٢، زجاجة ساعة، قمع ترشيح، ورقة ترشيح، حمض كبريت ممدد، فوق أكسيد الباريوم، رابع كلور الكربون، فوق أكسيد الهيدروجين (3 % ، 30 %)، ثنائي أكسيد المنغنيز، خلاص الرصاص، كبريتيد الهيدروجين أو كبريتيد الصوديوم، برمنغنات البوتاسيوم، محلول نترات الفضة، هيدروكسيد الباريوم، إيتيل إيتر، ثنائي كرومات البوتاسيوم، محلول كلوريد الكروم الثلاثي، محلول يوديد البوتاسيوم.

٥-٣- تحضير فوق أكسيد الهيدروجين عملياً:

يمكن تحضير فوق أكسيد الهيدروجين من تفاعل فوق أكسيد الباريوم المميّه (BaO₂.8H₂O) مع حمض الكبريت الممدد خذ في بيشر مقدار 10ml من محلول حمض الكبريت الممدد 2N، برد الحمض جيداً في ماء مثلج ثم أضف إليه مقدار 2gr من فوق أكسيد الباريوم مع التحريك المستمر (بواسطة قضيب زجاجي) حتى الحصول على راسب أبيض سميك (ينبغي أن لا يكون المحلول الناتج قلوياً، و إذا لاحظت ذلك أضف زيادة من الحمض)، رشح الراسب عن المحلول (وللتأكد أن الرشاحة تحتوي على فوق أكسيد الهيدروجين يجرى عليها تجربة الكشف عن فوق أكسيد الهيدروجين التي ستمر لاحقاً).
التفاعل الحاصل:



٦-٣- خواص فوق أكسيد الهيدروجين:

أ- التفكك الواسطي لفوق أكسيد الهيدروجين: ضع في أنبوب اختبار 2ml من محلول فوق أكسيد الهيدروجين تركيزه 3% ثم أضف إليه كمية قليلة من مسحوق ثنائي أكسيد المنغنيز (كجسم وسيط)، لاحظ التفاعل واختبر الغاز المنطلق بتقريب عود ثقاب مشتعل (لاحظ ازدياد توهج الشعلة).
اكتب معادلة التفاعل الحاصل:

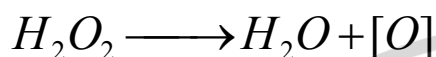


ب- الفعل القاصر لفوق أكسيد الهيدروجين:

أضف محلول فوق أكسيد الهيدروجين إلى ثلاثة أنابيب اختبار صغيرة، أضف إلى الأنبوب الأول قليل من حمض الكبريت حتى الحصول على وسط حمضي وأضف إلى الأنبوب الثاني قليلاً من محلول هيدروكسيد الصوديوم حتى الحصول على وسط قلوي واترك الأنبوب الثالث معتدلاً. ثم أضف إلى كل أنبوب ورقة عباد شمس زرقاء، ثم سخن الأنابيب الثلاثة على حمام مائي. راقب زوال لون الورقة! يلاحظ بعد

فترة من الزمن (عدة دقائق) زوال لون الورقة الموجودة في الوسط القلوي في حين تحتاج الورقة الموجودة في الوسط المعتدل إلى وقت أطول في حين لا تتأثر الورقة الموجودة في الوسط الحمضي إلا بشكل بسيط وبعد مدة زمنية طويلة.

إن سرعة قصر اللون مرتبطة بسرعة تفكك فوق أكسيد الهيدروجين و إطلاقه الأوكسجين الوليد وفق المعادلة التالية:



ماذا تستنتج من التجربة ؟

ج- الخواص المؤكسدة لفوق أكسيد الهيدروجين:

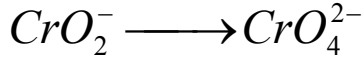
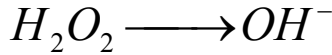
١- تفاعله مع يوديد البوتاسيوم: ضع في أنبوب اختبار 2ml من محلول يوديد البوتاسيوم وأضف إليه ثلاث نقط من محلول حمض الكبريت الممدد، ثم أضف نقطة فنقطة من محلول (H₂O₂) و 2ml من رابع كلور الكربون، وحرك المزيج جيداً بماذا تعلق تغير لون كل من الطبقة المائية والطبقة العضوية؟، أكمل المعادلات الممتلئة للأكسدة والإرجاع للتفاعل الحاصل وحدد الجسم المؤكسد والمرجع ثم أكتب التفاعل الإجمالي.



٢- تفاعله مع كروميت الصوديوم:

ضع في أنبوب اختبار 2ml من محلول نترات الكروم، ثم أضف إليه قطرة فقطرة من هيدروكسيد الصوديوم فيتشكل راسب أخضر من هيدروكسيد الكروم، تابع الإضافة حتى انحلال الراسب فيتشكل محلول أخضر من كروميت الصوديوم NaCrO₂ أضف إلى المحلول السابق 2ml من محلول فوق أكسيد الهيدروجين وسخن الأنبوب بشكل لطيف، كيف تعلق تغير لون المحلول من الأخضر إلى الأصفر

بعد التسخين؟ أكمل التفاعلات الممثلة للتفاعل السابق وحدد الجسم المؤكسد والمرجع ثم اكتب جميع المعادلات الحاصلة في التجربة .



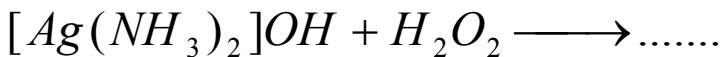
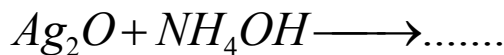
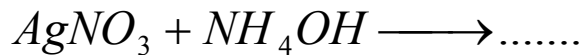
٣- تفاعله مع كبريتيد الرصاص:

ضع في أنبوب اختبار 2ml من محلول نترات الرصاص ثم أضف إليها 2ml من محلول كبريتيد الصوديوم، سخن بلطف، ثم افصل الراسب عن الرشاحة بالإبانة ثم أضف إلى الراسب 2ml من محلول فوق أكسيد الهيدروجين واتركه قليلاً ، ماذا تلاحظ؟ بماذا تعلق تغير لون الراسب من الأسود إلى الأبيض؟ وضح إجابتك بالمعادلات اللازمة، وضح تفاعلات الأكسدة والإرجاع الحاصلة مع الإشارة إلى الجسم المؤكسد والجسم المرجع!

د- الخواص المرجعة لفوق أكسيد الهيدروجين:

١- تفاعله مع المعقد النشاري لهيدروكسيد الفضة: $[Ag(NH_3)_2]OH$

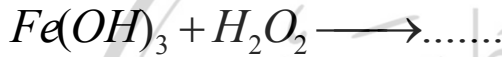
ضع في أنبوب اختبار 2ml من محلول نترات الفضة ثم أضف إليها قطرة فقطرة من محلول هيدروكسيد الأمونيوم فينشك راسب أبيض مسمر من أكسيد الفضة Ag_2O الناتج من تفكك هيدروكسيد الفضة غير الثابت المتشكل في اللحظات الأولى للتفاعل)، تابع إضافة هيدروكسيد الأمونيوم حتى انحلال الراسب (يتشكل معقد هيدروكسيد الفضة النشاري)، أضف إلى المزيج الناتج فوق أكسيد الهيدروجين نقطة فنقطة حتى تحرر معدن الفضة اختبر الغاز المنطلق بواسطة عود ثقاب على وشك الانطفاء. ما هو الغاز المنطلق ؟ أكمل التفاعلات الحاصلة:



وضح بمعادلات الأكسدة والإرجاع دور فوق أكسيد الهيدروجين كمؤكسد.

٢- تفاعله مع هيدروكسيد الحديد: $Fe(OH)_3$

ضع في أنبوب اختبار 2ml من محلول كلوريد الحديد الثلاثي وأضف إليه 1ml من هيدروكسيد الصوديوم ، فيتشكل راسب من هيدروكسيد الحديد الثلاثي، أضف إلى الأنبوب 2ml من محلول فوق أكسيد الهيدروجين، لاحظ تغير لون الراسب، بما تعلق تغير اللون؟ ما هو الغاز المنطلق؟
اكمل المعادلات الحاصلة:



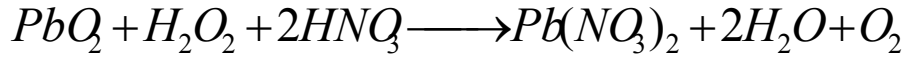
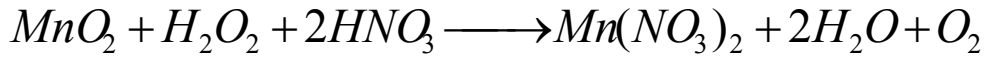
٣- تفاعله مع برمنغنات البوتاسيوم: ضع في أنبوب اختبار 2ml من محلول فوق أكسيد الهيدروجين ثم أضف نفس الكمية من حمض الكبريت الممدد ثم أضف بعد ذلك قطرة فقطرة من محلول برمنغنات البوتاسيوم، ماذا تلاحظ وبم تعلق ذلك؟ أكمل هذه التفاعلات واكتب معادلة التفاعل الإجمالية بالشكل الشاردي والجزئي وحدد الجسم المرجع والمؤكسد.



٤- تفاعله مع كل من ثنائي أكسيد المنغنيز وثنائي أكسيد الرصاص:

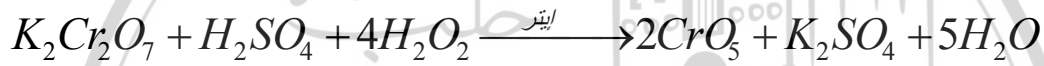
ضع في أنبوب اختبار 1gr من ثنائي أكسيد المنغنيز الأسود MnO_2 وأضف إليه 5ml من حمض الآزوت الممدد و 5ml من فوق أكسيد الهيدروجين، راقب ماذا يحدث، واكشف عن الغاز المنطلق بواسطة عود ثقاب على وشك الانطفاء، ماذا تلاحظ؟ بم تعلق حصول التفاعل السابق؟

أعد نفس التجربة السابقة ولكن باستخدام ثنائي أكسيد الرصاص بدلاً من ثنائي أكسيد المنغنيز، ماذا تلاحظ ؟



٧-٣ - الكشف عن فوق أكسيد الهيدروجين:

ضع في أنبوب اختبار 2ml من محلول فوق أكسيد الهيدروجين وأضف إليه 3ml من حمض الكبريت الممدد، ثم أضف إليه 2ml من إيتيل الايتر وقليلاً من ثنائي كرومات البوتاسيوم، فيتشكل على الفور فوق أكسيد الكروم الذي يلون طبقة الايتر بلون أزرق سماوي، لاحظ انطلاق الغاز، أي الطبقتين تطلقه، راقب (حتى هدوء التفاعل) لون الطبقة السفلية للمحلول، فسر ذلك علماً أنه تحدث التفاعلات التالية:

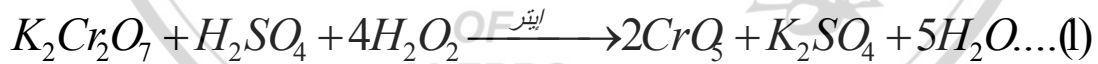


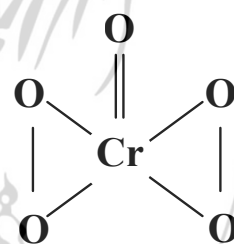
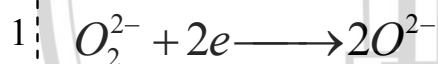
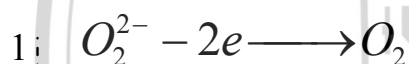
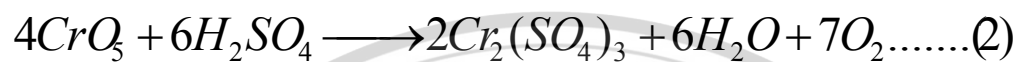
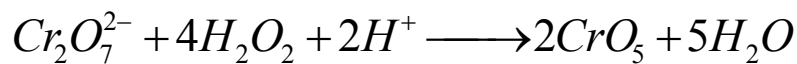
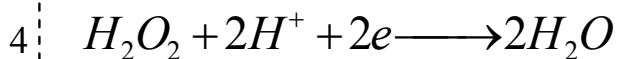
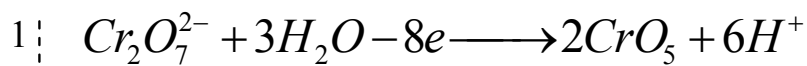
يعد فوق أكسيد الكروم الناتج غير ثابت وسرعان ما يتفكك بتفاعله مع حمض الكبريت محرراً الأكسجين ومشكلاً محلول كبريتات الكروم الأخضر وفق التفاعل التالي:



ملاحظة:

يمكن تعديل المعادلة التالية بطريقة الأكسدة والارجاع وإن كان التفاعل تفاعل استبدال زمر فوق أكسيد.







الفصل الرابع

الكبريت

١-٤- مقدمة نظرية:

الكبريت هو ثاني عنصر من المجموعة السادسة (VI)، ويحتوي على 6 إلكترونات سطحية تكافؤية كالأكسجين ويختلف عنه بوجود طبقة ثانوية 3d تستعمل للتكافؤات الأعلى المختلفة أي $3S^23P^43d^0$ في حين لا يحوي الأكسجين مدارات 2d. يأخذ الكبريت حالات الأكسدة التالية: الحالة (-2) كما في H_2S ، Na_2S . والحالة (0) في زهر الكبريت الحر S والحالة (+2) في $Na_2S_2O_3$. والحالة (+4) في SO_2 ، H_2SO_3 . والحالة (+6) في SO_3 ، H_2SO_4 الخ. يتشكل الكبريت قرب فوهات البراكين عند تفاعل الغازات البركانية H_2S ، SO_2 مع بعضها البعض.



ومن إرجاع الكبريت في الكبريتات بالفحم الناتج من المركبات العضوية.



ويوجد الكبريت أيضاً على شكل كبريتيدات مثل: ZnS ، CuS ، Ag_2S ، PbS ، FeS_2 (البيريت)، $CaFeS_2$ ، HgS .

وفي الجبس $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ، وفي المواد الزلائية الموجودة في النباتات والحيوانات والإنسان حيث يوجد في الشعر والصوف والمواد القرمزية.

الكبريت لا معدن فعال كهرسليبيته تساوي (2.28) وبالتسخين يستطيع أكسدة أكثر العناصر ماعدا الأكسجين والهالوجين.

يتواجد في القشرة الأرضية بنسبة (0.03%) وزناً وله أربعة نظائر طبيعية ثابتة وهي: ^{32}S (95.1%)، ^{33}S (0.74%)، ^{34}S (4.2%)، ^{36}S (0.016%). وقد حضرت نظائر اصطناعية مثل ^{31}S ، ^{37}S . يختلف الكبريت عن الأكسجين بقدرته على تشكيل سلاسل من الشكل S-S-S- حيث تكون طول الرابطة (S-S) 2.05 Å، وتكون ذرة الكبريت ذات تهجين (sp^3) وأكثر السلاسل استقراراً الجزيئة S_8 ، وتوجد أيضاً الحلقات S_4 ، S_6 ، وتوجد سلاسل مفتوحة S_∞ .

يشكل الكبريت روابط هيدروجينية كالتالي ($\text{S} \cdots \text{H} - \text{S}$) ولكن بدرجة أقل من الأكسجين كما في الماء ($\text{O} \cdots \text{H} - \text{O}$).

٢-٤- الأشكال التآصلية للكبريت:

١- الكبريت المعيني (S_α) (Rbambic):

وهو الشكل الثابت للكبريت في الشروط العادية ويمكن الحصول عليه عندما يحل الكبريت في سائل CS_2 ثم يترك المحلول للتبخير فنحصل على بلورات ثمانية الوجوه S_8 حيث يحافظ على شكله البلوري في درجات أخفض من (95.5°C)، ولكنه ينصهر عند الدرجة (112.8°C) ولونه أصفر وكثافته (2.07gr/cm^3) ولا يذوب في الماء وإنما يذوب في محلول CS_2 .

٢- الكبريت وحيد الميل (الموشوري) (S_β) (Monoclinic):

وهو شكل أقل ثباتاً من الشكل المعيني ونحصل عليه من صهر الكبريت ثم نترك المصهور يبرد ببطء فنتشكل إبر بلورية صفراء شاحبة ذات شكل موشوري كثافتها (1.96gr/cm^3) وهي ثمانية الوجوه أيضاً (S_8)، وهي بلورات غير ثابتة تحت الدرجة (95.5°C) وتتحول إلى الشكل المعيني المستقر. وينصهر الكبريت الموشوري عند (119.3°C). إن كلا الشكلين المعيني والموشوري يتألفان من جزيئات حلقيّة ثمانية الذرات S_8 تأخذ الشكل التاجي.

٣- الكبريت البلاستيكي:

ونحصل عليه بتسخين زهر الكبريت إلى الدرجة (200°C) حتى ينصهر ثم نصب المصهور فجأة في ماء بارد فنتشكل كتلة حمراء بنية مطاطية. والكبريت البلاستيكي يتألف من سلاسل طويلة لذرات الكبريت حيث يتحول في درجة حرارة الغرفة تدريجياً إلى الشكل المعيني وتتشكل الحلقات (S₈) من جديد.

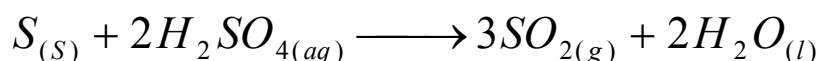
٤- الكبريت عديم الشكل:

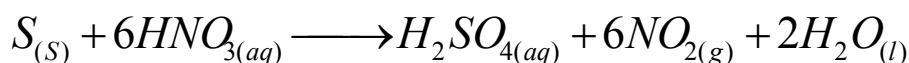
هو ليس له شكل بلوري معين ويتشكل نتيجة التفاعلات الكيميائية من تفاعل محلول HCl مع محلول Na₂S₂O₃.

ينصهر الكبريت المعيني عند الدرجة 112.8°C والموشوري عند الدرجة 119.3°C حيث ينصهران متحولان إلى سائل ، وعند درجة انصهار الكبريت أو في درجات أعلى بقليل يكون مصهور الكبريت أصفر شفاف سهل الحركة ولكنه يتحول بسرعة فوق الدرجة (160°C) إلى اللون البني وتزداد لزوجته بازدياد درجة الحرارة وتبلغ نهايتها العظمى في حوالي الدرجة 200°C ثم تتناقص بازدياد درجة الحرارة وفي درجة غليانه 444.6°C يعود سهل الحركة إلى حد ما ويشبه القطران في الشكل . والسبب في ذلك هو تحطم جزيئات (S₈) الحلقية وتشكيل جزيئات ذات سلاسل طويلة (S_∞) (تتألف من آلاف ذرات الكبريت) أما باستمرار التسخين إلى ما بعد (25°C) تنشطر السلسلة ويصبح السائل من جديد أكثر حرية في الحركة. وبالاستمرار حتى الدرجة 444.6°C يغلي الكبريت وينطلق بخاره الذي يتألف من الجزيئات (S₂، S₄، S₆، S₈)، وإذا وصلت درجة الحرارة إلى أكثر من (1500°C) فنتفكك الجزيئة S₂ إلى ذرات S، حيث تعتبر الجزيئة S₂ باراً مغناطيسية وتشبه في ذلك الجزيئة O₂.

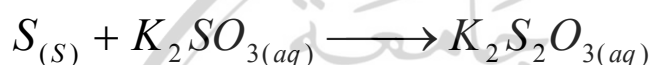
يتفاعل الكبريت مع المعادن واللامعادن بشروط مختلفة ويتفاعل مع الحموض

فمع الحموض المركزة مثل H₂SO₄ ، HNO₃ المركزين يتأكسد الكبريت بسهولة.





أما مع القلويات المركزة والحارة فيتفاعل معها مشكلاً شوارد الكبريتيد S^{2-} والكبريتيت SO_3^{2-} التي تتحد مع الكبريت نفسه مشكلة شوارد متعددة الكبريتيد مثل S_2^{2-} ، S_3^{2-} ، S_4^{2-} ، S_5^{2-} ، وتشكل الشاردة SO_3^{2-} شاردة الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$ وفق ما يأتي:



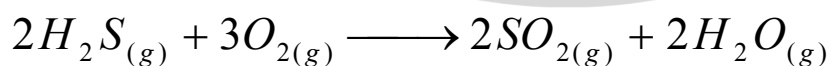
٣-٤- مركبات الكبريت:

١- كبريتيد الهيدروجين H_2S :

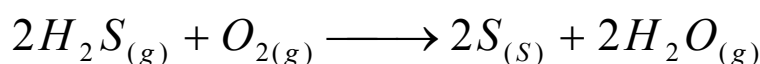
الذي يوجد في بعض المياه الطبيعية وفي المواد العضوية المتفسخة وفي الغاز الطبيعي وينطلق من تقطير الفحم الحجري. ويستحصل مخبرياً بتأثير الحموض الممددة على كبريتيدات المعادن.



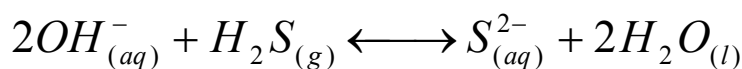
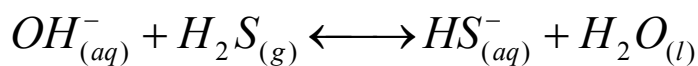
وهو غاز عديم اللون رائحته كريهة وقوية وهو سام جداً يؤدي عصب الشم ويؤدي إلى الوفاة. يغلي عند الدرجة ($-61^\circ C$)، قليل الانحلال بالماء، يشبه الماء في بنيته الجزيئية. يحترق بكمية كبيرة من O_2 و يلهب أزرق مشكلاً SO_2 .



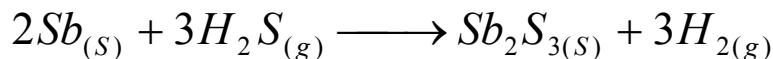
وبكمية قليلة من O_2 يحترق مشكلاً S .



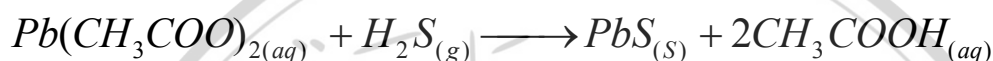
ويتفاعل مع القلويات يشكل نوعين من الأملاح.



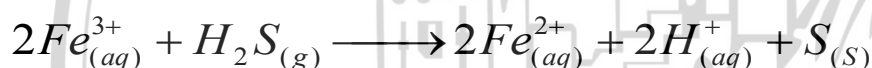
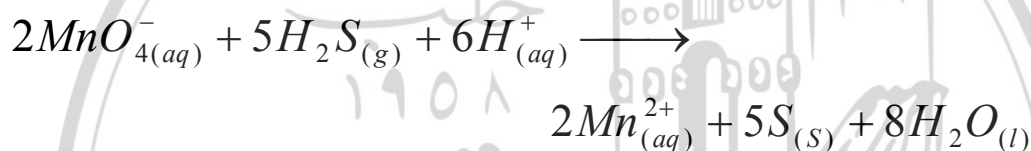
ويتفاعل مع أغلب المعادن عدا (Pt ، Au) ويشكل الكبريتيد.



ومع محاليل الأملاح يتشكل كبريتيد المعدن الذي يستعمل لكشف شوارد المعدن.



وهو مرجع قوي يرجع المؤكسدات مثل Sn^{4+} ، Fe^{3+} ، $Cr_2O_7^{2-}$ ، MnO_4^{-} .

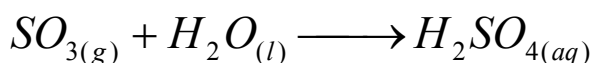


وذو خواص حمضية: حيث يلون ورقة عباد الشمس الزرقاء المبللة بالماء باللون الأحمر مما يدل على أن محلول H_2S حمضي ضعيف.

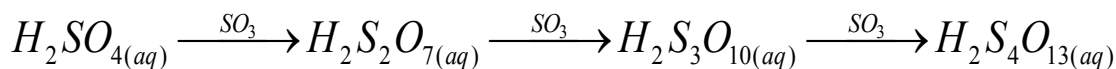
أما الكشف عن H_2S فيكون بتقريب ورقة ترشيح مبللة بمحلول خلات الرصاص من أبخرة H_2S فيتشكل راسب أسود من PbS . ومن مركبات الكبريت أيضاً:

٢- ثنائي أكسيد الكبريت SO_2 : هو غاز سام أبيض ضبابي رائحته خانقة شديد الانحلال بالماء، حيث يعطي مع الماء حمض الكبريتي H_2SO_3 الذي يتأكسد بالهواء معطياً حمض الكبريت H_2SO_4 ، وينحل بالقلويات معطياً أملاح الكبريتيت SO_3^{2-} ، وبزيادة منه تتشكل أملاح الكبريتيت الهيدروجينية HSO_3^{-} .

٣- ثلاثي أكسيد الكبريت SO_3 : فهو مركب غازي أو صلب ينحل بشدة بالماء مشكلاً حمض الكبريت.



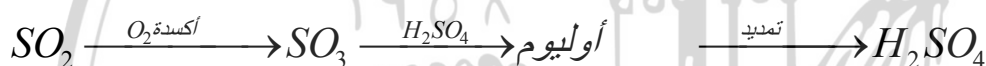
وينحل بـ H_2SO_4 المركز مشكلاً النواتج التالية (حسب مراحل مختلفة):



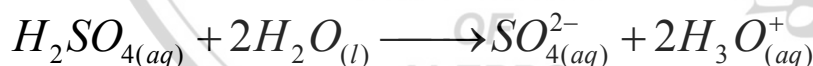
ويحضر بأكسدة SO_2 بالهواء ومن مركبات الكبريت الهامة أيضاً:

٤- حمض الكبريت H_2SO_4 :

وهو سائل لزج عديم اللون روابطه مشتركة ينحل بالماء ليعطي حمض الكبريت الممدد أما المركز يعتبر نازعاً للماء (مجففاً) للمركبات العضوية مثل (الكحولات والسكريات). ويدخل في سلفنة و نترجة بعض المركبات العضوية لتحضير المـ واد المتفجـرة مثـل (النتروغليسـيرين). يستحصل صناعياً بطريقتين: طريقة الغرف الرصاصية وطريقة التماس.



ويتشرد على مرحلتين:



٥- أملاح حمض الكبريت:

الكبريتات المنحلة وأغلبها كبريتات المعادن الشديدة الكهرجائية والكبريتات غير المنحلة مثل ($BaSO_4$, $PbSO_4$, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, $BaSO_4$, $SrSO_4$) وهي الأقل انحلالاً التي تستعمل للكشف عن شوارد SO_4^{2-} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Pb^{2+} إلخ.

القسم العملي:

٤-٤ - الأدوات والمواد المستخدمة:

أنابيب اختبار، أنابيب اختبار كبيرة مع سدادات، بيشر، هاون، زجاجة ساعة، قمع ترشيح، جفنه، حوالة مدورة القعر، ملعقة احتراق، زهر الكبريت، برادة حديد، قشور ألومنيوم، مسحوق توتياء، ثنائي كبريتيد الكربون، خرطة نحاس، شريط مغنيزيوم، شظية خشبية، حمض كبريت مركز، حمض آزوت مركز، حمض كلور الماء الممدد، محلول النشادر المركزة، محلول هيدروكسيد الصوديوم الممدد، محلول هيدروكسيد الصوديوم 30%، محلول برمنغنات البوتاسيوم 0.05 N، محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم 0.5 N، محلول كلوريد الحديد II، محلول كبريتيد الصوديوم، محلول كبريتيت الصوديوم 0.5 N، محلول كلوريد الباريوم، ماء الكلور، ماء البروم.

٤-٥ - تحضير أشكال الكبريت:

1 - تحضير الكبريت المعيني (الكبريت α)

خذ قطعة من الكبريت واسحقها بشكل جيد ثم ضعها في زجاجة صغيرة مجهزة بسدادة تحوي حوالي 15ml من ثنائي كبريتيد الكربون خض الزجاجة بشكل جيد حتى الحصول على محلول مشبع. رش على ورقة ترشيح جافة ويفضل مسك ورقة الترشيح باليد ودع الرشاحة تتجمع على زجاجة ساعة ومن ثم غطها بقمع واتركها ليتبخر ثنائي كبريتيد الكربون ولاحظ البلورات المتشكلة.

2 - تحضير الكبريت الموشوري (الكبريت β)

خذ جفنه خزفية وضع فيها حوالي 5-8gr من زهر الكبريت وسخنها على نار هادئة حتى تمام الانصهار، أوقف التسخين ودعها تبرد ببطء حيث تتشكل قشرة رقيقة على السطح، اسكب الكبريت السائل في بيشر حاوي على ماء بارد اترك الحفنة حتى تبرد ولاحظ البلورات الأبرية المتشكلة، أما في البيشر يتشكل الكبريت عديم الشكل والذي يسمى بالكبريت البلاستيكي.

٦-٤ - خواص الكبريت:

١ - تأثير الحرارة على زهر الكبريت وتحضير الكبريت البلاستيكي:

ضع في أنبوب اختبار حوالي 2gr من زهر الكبريت وسخن على النار بلطف حتى ينصهر الكبريت ويصبح لونه أصفر غامقاً ويسهل حركته (ذو لزوجة منخفضة) وتابع التسخين ولاحظ كيف يصبح لون الكبريت غامقاً وينقلب بسرعة إلى البني فوق الدرجة 159°C حيث تبدأ اللزوجة بالارتفاع وتصبح عند الدرجة 200°C بقيمتها العظمى حيث لا يسيل الكبريت خارجاً عند قلب الأنبوب، وبرفع درجة الحرارة أكثر من 200°C تنخفض اللزوجة مرة أخرى وتعزى هذه التغيرات إلى تفكك الجزيئات الحلقية S_8 وتشكل بوليميرات ذات سلاسل طويلة يختلف طولها مع اختلاف درجة الحرارة وقد تحوي السلسلة الواحدة عندما تبلغ اللزوجة قيمتها العظمى حوالي 5×10^5 ذرة ، يسكب محتوى الأنبوب في بيشر يحوي ماء فنتكون كرات بلاستيكية لدنة على سطح الماء اختبر لدونه الكبريت!؟

ملاحظة:

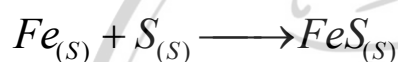
من الصعب تنظيف أنبوب الاختبار الذي أجريت فيه التجربة لذلك يفضل تركه واستعماله مرة ثانية لنفس التجربة أو ننتظفه بحمض الكبريت المركز أو حمض الآزوت المركز.

٢ - تفاعل الكبريت مع المعادن:

تتفاعل أغلب المعادن مع الكبريت بالتسخين فالألومنيوم والكبريت عند تسخينهما معا يتفاعلا بشكل عنيف جداً كما أن التوتياء والكبريت يتحدان معاً مع انتشار لهب. والنحاس والكبريت يتطلب تفاعلها تسخيناً طويلاً. أما الحديد والكبريت فإن تفاعلها يرافقه انتشار حرارة تكفي لتوهج الكتلة المتفاعلة. إذا فالطاقة المتحررة تختلف باختلاف موقع المعدن في سلسلة الكمونات القطبية هذا ما يؤكد تفاعل الصوديوم مع الكبريت عند سحقهما معاً في هاون دون تسخين ويرافق ذلك انفجار كبير.

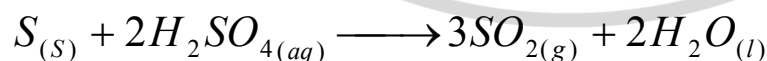
٣- تحضير كبريتيد الحديد:

امزج (1.5gr) من برادة الحديد مع 1gr من زهر الكبريت وضع المزيج في أنبوب للكسر (أنبوب صغير)، وأمسك الأنبوب بواسطة ملقط وجهز هاون وورقة ترشيح مبللة بخلات الرصاص، سخن القسم السفلي من الأنبوب حتى ظهور وهج أحمر أبعد اللهب وعند انتهاء التفاعل ضع الأنبوب في الهاون واكسره بلطف ولاحظ الناتج الذي يكون في الغالب على شكل الأنبوب ، أضف إلى الهاون قليلاً من حمض كلور الماء الممدد فينطلق غاز H_2S ذو الرائحة المميزة ، للكشف عن الغاز الناتج ضع فوق الهاون ورقة ترشيح مبللة بمحلول خلات الرصاص ولاحظ تحول لون الورقة الى الأسود نتيجة تشكل كبريتيد الرصاص.



٤- تفاعل الكبريت مع حمض الكبريت المركز:

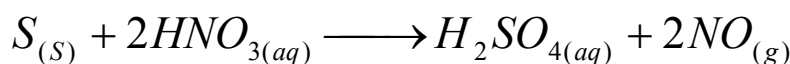
ضع في أنبوب اختبار حوالي 3ml من حمض الكبريت المركز وأضف إليه حوالي نصف غرام من زهر الكبريت وسخن المزيج على النار (ملاحظة يكون تسخين السائل على القسم العلوي منه ويتم ذلك بوضع الأنبوب بشكل مائل) ثم قرب من فوهة الأنبوب ورقة ترشيح مبللة بمحلول حمض وممدد من برمنغنات البوتاسيوم ولاحظ زوال لون البرمنغنات نتيجة انطلاق غاز SO_2 .



٥- تفاعل الكبريت مع حمض الأزوت المركز:

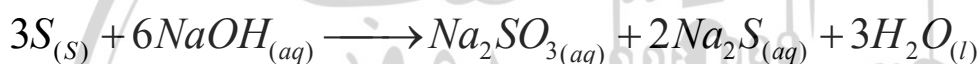
خذ في أنبوب اختبار قليلاً من حمض الأزوت المركز 3ml وأضف إليه حوالي 0.5gr من زهر الكبريت وسخن على نار هادئة وراقب الغاز المنطلق حيث يتشكل

غاز NO العديم اللون والذي يتأكسد في الهواء إلى NO₂ ذي اللون الأحمر النارجي، حيث ينطلق غاز عديم اللون في أسفل الأنبوب NO ويصبح نارنجياً عند فوهة الأنبوب NO₂. يتم الكشف عن نواتج التفاعل الأخرى وهي شاردة الكبريتات بواسطة محلول كلوريد الباريوم، والراسب المتشكل لا ينحل بحمض كلور الماء أو في الأسس



٦- تفاعل زهر الكبريت مع هيدروكسيد الصوديوم:

خذ في أنبوب اختبار قليلاً من محلول هيدروكسيد الصوديوم المركز وأضف إليها قليلاً من زهر الكبريت وسخن المزيج على نار هادئة فيتفاعل الكبريت وتتم عليه أكسدة وإرجاع ذاتي حيث يرجع إلى شاردة الكبريتيد ويتأكسد إلى شاردة الكبريتيت.



يمكن الكشف عن كبريتيد الصوديوم بإضافة محلول خلات الرصاص فيتشكل راسب أسود PbS.

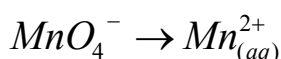
٧- تحضير كبريتيد الهيدروجين:

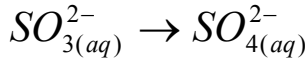
- ضع في أنبوب اختبار عدة قطع من كبريتيد الحديدي وأضف إليها 4 ml من حمض كلور الماء الممدد وأغلق فوهة الأنبوب بسدادة يجتازها أنبوب انطلاق وعندما ينشط التفاعل أشعل الغاز المنطلق؟ اكتب معادلة التفاعل.

- قرب من أنبوب الانطلاق ورقة عباد الشمس الزرقاء المبللة بالماء فسر ملاحظتك ؟ اكتب المعادلات اللازمة للتحضير؟

٧-٤- دراسة خواص الكبريتيت المرجعة في الأوساط المختلفة:

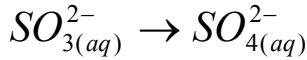
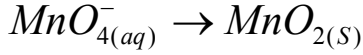
١- ضع في أنبوب اختبار 2ml من محلول برمنغنات البوتاسيوم وأضف إليها حمض الكبريت الممدد ثم أضف محلول كبريتيت الصوديوم نلاحظ زوال لون البرمنغنات لتشكل شاردة المنغنيز الثنائية لاحظ أن:





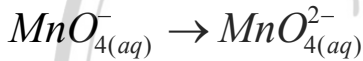
اكتب معادلة التفاعل الحاصلة مشيراً إلى دور الكبريتيت في هذا التفاعل؟

٢- ضع في أنبوب اختبار 2ml من محلول برمنغنات البوتاسيوم وأضف إليه محلول كبريتيت الصوديوم حتى ظهور راسب بني مسود من MnO_2 لاحظ أن:



اكتب معادلة التفاعل الحاصلة مشيراً إلى دور كبريتيت الصوديوم في هذا التفاعل؟

٣- ضع في أنبوب اختبار 2ml من محلول برمنغنات البوتاسيوم وأضف إليه 2ml من محلول هيدروكسيد الصوديوم المركزة ثم أضف ببطء محلول كبريتيت الصوديوم حتى ظهور لون أخضر غامق من منغنات البوتاسيوم. لاحظ أن:



اكتب معادلة التفاعل الحاصلة ووازنها بطريقة الأكسدة والإرجاع مشيراً إلى دور كبريتيت الصوديوم في هذا التفاعل؟

٨-٤- تحضير غاز ثنائي أكسيد الكبريت ودراسة خواصه:

لتحضير غاز SO_2 (غاز سام) ودراسة خواصه تجهز أولاً المحاليل في أنابيب الاختبار الآتية:

- ١ - أنبوب يحوي على 5ml ماء.
- ٢ - أنبوب يحوي على محلول ممدد ومحمض من برمنغنات البوتاسيوم.
- ٣ - أنبوب يحوي على محلول ممدد من برمنغنات البوتاسيوم غير المحمضة.
- ٤ - أنبوب يحوي على محلول ممدد من ثنائي كرومات البوتاسيوم.
- ٥ - أنبوب يحوي على ماء الكلور.
- ٦ - أنبوب يحوي على ماء البروم.

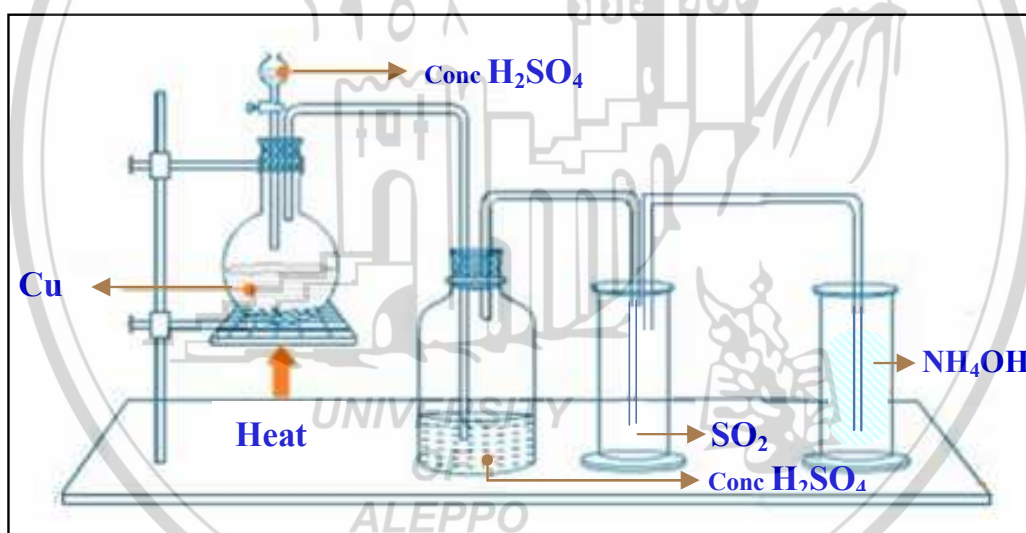
٧ - أنبوب يحوي على محلول كلوريد الحديد الثلاثي.

٨ - أنبوب يحوي على محلول كبريتيد الصوديوم.

٩ - أنبوب يحوي على حمض الآزوت المركز.

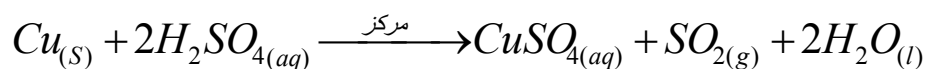
١٠ - أنبوبان فارغان مجهزان بسدادات.

ثم يحضر غاز SO_2 من تأثير حمض الكبريت المركز والساخن على النحاس كما هو مبين بالشكل (١-٤) خذ حوالي 10gr من خراطة النحاس وضعها في حوجلة مدورة القعر ثم أضف إليها حوالي 25ml حمض الكبريت المركز وأغلق الحوجلة بشكل جيد بحيث يخرج منها أنبوب انطلاق للغاز فقط، نلاحظ عدم حدوث التفاعل في الدرجة العادية من الحرارة، سخن الحوجلة بلطف وعندما ينشط التفاعل أبعد اللهب ويتم التحكم بسرعة انطلاق الغاز بواسطة تبعيد وتقريب اللهب.

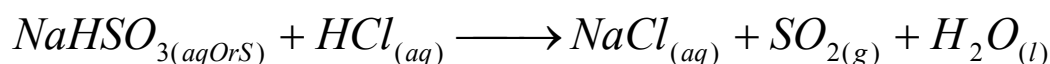
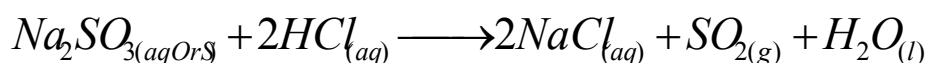


الشكل (١-٤) تحضير غاز ثنائي أكسيد الكبريت

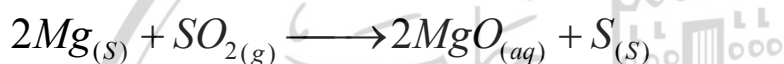
والمعادلة التالية توضح ذلك:



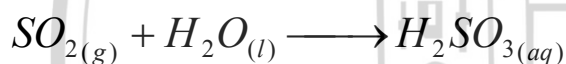
ملاحظة: يمكن تحضير غاز SO_2 من تفاعل حمض كلور الماء مع كبريتيت الصوديوم أو مع كبريتيت الصوديوم الهيدروجينية.



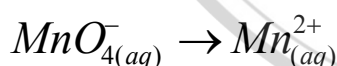
لدراسة خواص ثنائي أكسيد الكبريت المنطلق يتم جمع غاز ثنائي أكسيد الكبريت بإزاحة الهواء لأنه ينحل بشكل جيد في الماء، اجمع الغاز في أنبوبين فارغين بإزاحة الهواء وفوهة الأنبوب للأعلى لأنه أثقل من الهواء ثم أدخل في الأول شظية مشتعلة ولاحظ ازدياد توهج الشظية، وأدخل في الثاني شريطاً مشتعلاً من المغنيزيوم مربوطاً بطرف ملعقة احتراق ولاحظ استمرار اشتعال شريط المغنيزيوم وتشكل الكبريت الحر.



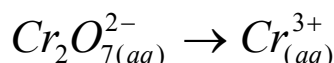
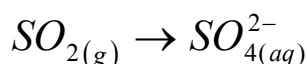
مرر الغاز في الأنبوب الحاوي على الماء ولاحظ انحلاله واكشف عن حموضة المحلول الناتج.



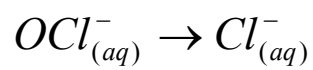
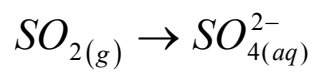
كذلك يمرر الغاز المنطلق في الأنبوب المحضرة سابقاً، لاحظ ماذا يتشكل وما هي الألوان الناتجة، أكمل معادلات الأكسدة والإرجاع الحاصلة في الأنبوب الثاني: في الأنبوب الثالث:



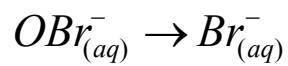
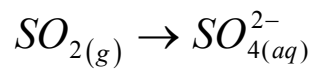
في الأنبوب الرابع:



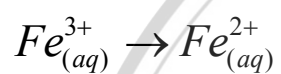
في الأنبوب الخامس:



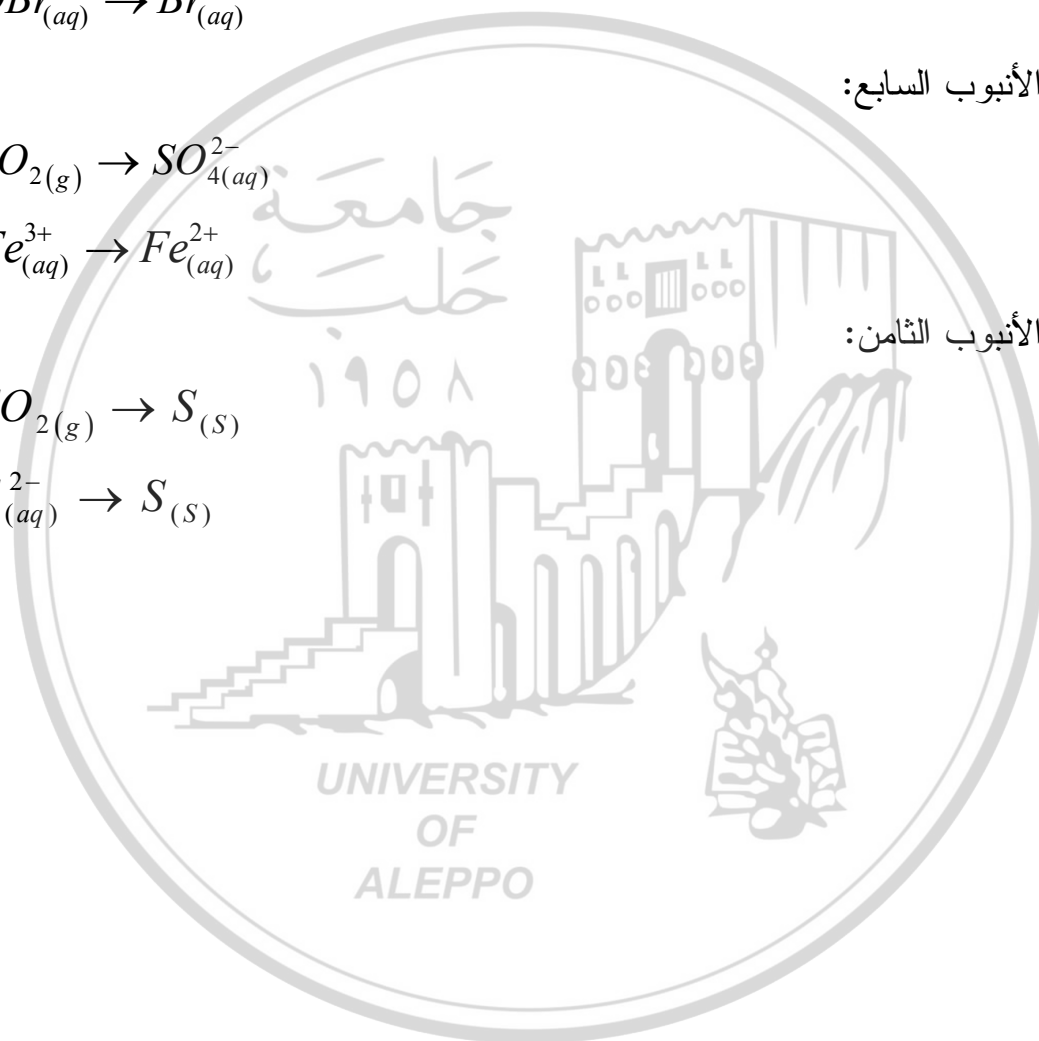
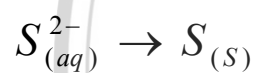
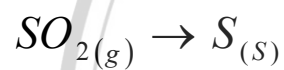
في الأنبوب السادس:



في الأنبوب السابع:



في الأنبوب الثامن:



الفصل الثاني

الآزوت وعناصر مجموعته (V)

١-٥- مقدمة نظرية:

الآزوت هو أول عناصر المجموعة الخامسة (V) المؤلفة من [الآزوت N، الفوسفور P، الزرنيخ As، الأنتيموان Sb، البزموت Bi]. وتركيبه الإلكتروني $1S^2 2S^2 2P^3$ حيث يحوي ثلاثة إلكترونات فردية متوازية في لفها الذاتي متوضعة على المدارات $2P_x^1 2P_y^1 2P_z^1$ الأزوت عنصر لا معدني فعال شديد الكهرسلبية بعد F، O، ويأخذ (كبقية عناصر الدور الثاني) تكافؤاً مشتركاً أعظماً يساوي (4)، ويأخذ الحالات الهجينة SP ، SP^2 ، SP^3 حيث يُشكل في الحالتين الأخيرتين SP ، SP^2 رابطة أو رابطتان من النوع π على التوالي. ويوجد الأزوت في الطبيعة بشكل غاز جزيئي خامل N_2 بسبب وجود الرابطة الثلاثية المتينة ($N \equiv N$) ويأخذ حالات الأكسدة التالية: (من -3 وحتى +5).

يوجد الأزوت في الغلاف الجوي بشكل غاز جزيئي N_2 بنسبة (78%) من حجم الهواء.

وفي القشرة الأرضية بنسبة (0.03%) وزناً حيث يوجد على شكل فلزات مثل: ملح البارود KNO_3 وملح شيلي $NaNO_3$.

و يدخل في تركيب الأنسجة الحيوانية والنباتية بما فيها الحموض الأمينية والبروتينات ويدخل بنسبة (3%) في المواد الزلالية.

وخلال العواصف الرعدية يتحد N_2 مع O_2 ليعطي NO الذي يتأكسد إلى NO_2 الذي ينحل بماء المطر الساقط على التربة فيشكل HNO_3 وحمض الأزوت بدوره يشكل مع شوارد المعادن الموجودة في التربة الأسمدة الآزوتية الطبيعية المفيدة كمخصبات زراعية للتربة.

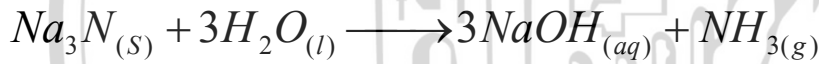
الآزوت غاز عديم اللون والطعم والرائحة وهو خامل لثبات الرابطة ($N \equiv N$). وهو لا معدن شديد الكهروسلبية (3.05) يلي (O، F) وفعال ويشكل مركبات مشتركة وشاردية مع اللامعادن والمعادن. و أخف من الهواء حيث 1 ليتر منه عند الدرجة ($0^\circ C$) والضغط (1جو) يزن (1.2506 gr).

و بالشروط الطبيعية لا يتحد إلا مع Li ويشكل النتريد الشاردي Li_3N نظراً لثباته وخموله الكيميائي.

أما بالشروط المنشطة (تسخين - وسيط - تفريغ كهربائي - إشعاع) فيصبح الآزوت N_2 مؤكسداً لبعض المعادن الكهرجابية، ويشكل نتريدات شاردية مثل Ca_3N_2 ، Mg_3N_2 . ولبعض اللامعادن ويشكل نتريدات مشتركة مثل AlN ، BN ، Si_3N_2 ، NH_3 . أما مع (F،O) فيدخل جسماً مرجعاً.

- تصنف النتريدات إلى حمضية وأساسية ومذبذبة.

* فالنتريدات الأساسية شاردية تتحلل في الماء لتشكل الأيس والنشادر مثل (Na_3N).



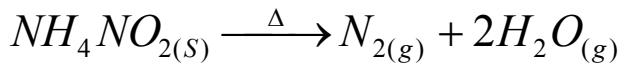
* أما النتريدات الحمضية مشتركة تتحلل في الماء لتشكل الحموض والنشادر مثل (Cl_3N).



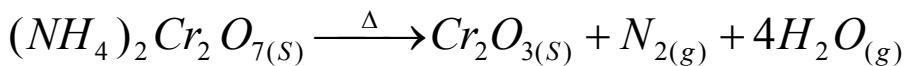
٢-٥- تحضير الآزوت:

١- مخبرياً:

بتسخين نترت الأمونيوم



- بتسخين ثنائي كرومات الأمونيوم (يسمى هذا التفاعل بتفاعل البركان).



٢ - صناعياً:

يستحصل بالتقطير المجزأ للهواء المسال فالآزوت يتبخر أولاً ويكون مشوباً بغاز الأرغون.

ومن مركباته:

* النشادر NH_3 :

النشادر غاز عديم اللون طعمه قلوي ورائحته مخرشة، يتميز بسهولة، درجة غليانه $(-33.4^\circ C)$ ، درجة انصهاره $(-77.7^\circ C)$. و ينحل جيداً في الماء ويتشكل محلول أساسي ضعيف NH_4OH . حرارة تبخره عالية (يستعمل في أجهزة التبريد). والنشادر السائل يشبه الماء في طريقة ارتباط جزيئاته فهي قطبية وتشكل روابط هيدروجينية.

- ينحل النشادر بالماء ويعطي أساساً ضعيف النشادر.



- ويرسب هيدروكسيدات وأكاسيد أملاح المعادن الثقيلة.



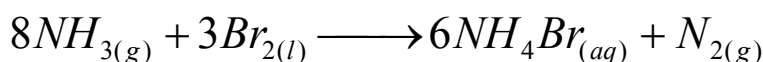
- ويشكل NH_4OH معقدات مع الشوارد الموجبة مثل $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$.

- ويحترق النشادر بـ O_2 مشكلاً ماء و N_2 (إذا كانت كمية O_2 قليلة).

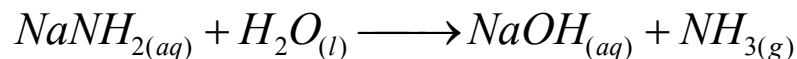
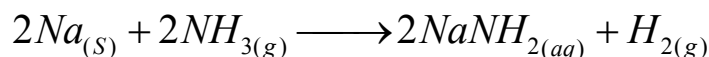
ومشكلاً ماء و NO (إذا كانت كمية O_2 كبيرة) وفق ما يأتي:



- ويتأكسد النشادر بالمؤكسدات القوية إلى N_2 .



- و يتفاعل النشادر مع المعادن بالتسخين ويشكل الأميدات، حيث يتحلله NaNH_2 ويشكل الهيدروكسيد والنشادر.



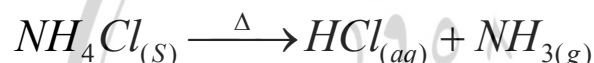
ويتم استحصاله:

أ- مخبرياً :

1- بتسخين NH_4Cl مع Ca(OH)_2 يعطي NH_3 المحلول.

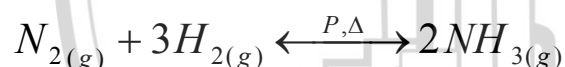


٢- بتسخين NH_4Cl لوحده يعطي NH_3 البخار.



ب- صناعياً:

1- بطريقة هابر: بالاتحاد المباشر بين H_2 و N_2 .



٣-٥ أكاسيد الآزوت:

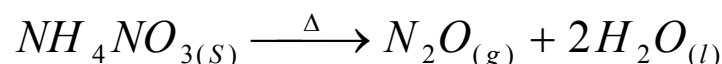
أ-أكسيد الآزوتي N_2O :

١- صفاته:

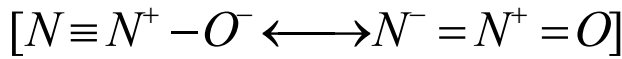
غاز عديم اللون طعمه حلو غير فعال نسبياً يتكاثف إلى سائل عند (0°C) وضغط (30atm) ويغلي عند الدرجة (1.6°C) . يعرف بالغاز الضاحك لذا يستعمل في التخدير في العمليات القصيرة. قليل الانحلال بالماء وبالقلويات ومحلوله معتدل.

٢- تحضيره مخبرياً:

بتسخين نترات الأمونيوم:

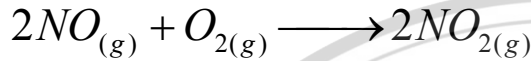


٣- بنيته خطية طنينية كما في الشكل:

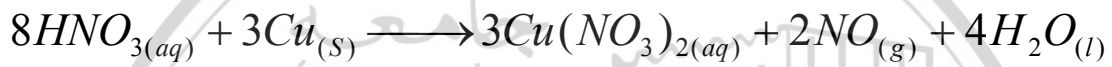


ب- أحادي أكسيد الآزوت NO:

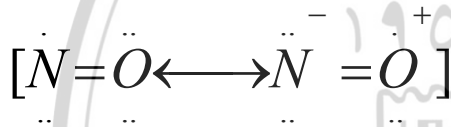
غاز عديم اللون والطعم والرائحة أثقل قليلاً من الهواء وصعب التميع وقليل الانحلال بالماء والقلويات ويتأكسد بالهواء إلى NO₂.



ويحضر مخبرياً: بتفاعل HNO₃ الممدد مع Cu.

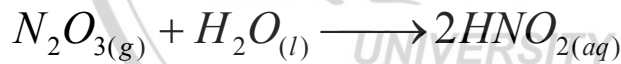


يأخذ بنيته خطية طنينية كما في الشكل:



ج- ثلاثي أكسيد ثنائي الآزوت N₂O₃:

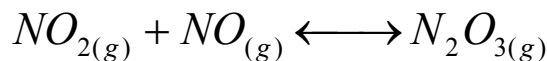
يكون المشوب منه سائلاً أزرق ، أما النقي فيكون صلب عديم اللون ويعتبر بلا ماء حمض الآزوتي فإذا انحل بالماء يشكل حمض الآزوتي.



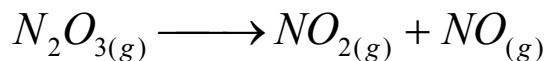
وينحل بالقلويات مشكلاً أملاح النتريت.



أما تحضيره مخبرياً فيحضر بتبريد المزيج NO، NO₂.



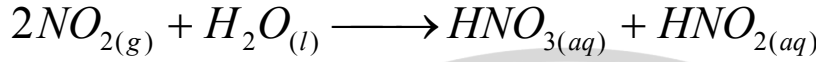
وتفككه عكس تحضيره يعطي NO و NO₂ لأنه تفاعل عكوس.



د- ثنائي أكسيد الآزوت NO₂:

غاز بني نارنجي سام جداً يتكاثف بسهولة بسبب العقم لاحتوائه إلكترون فردي يغلي عند الدرجة (20.7°C)، ويتجمد عند الدرجة (-11.2°C).

جيد الانحلال بالماء مشكلاً حمض الآزوت وحمض الآزوتي (اختلال تناسب).



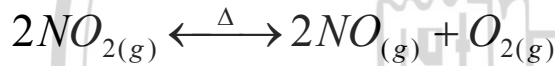
ينحل بالقلويات مشكلاً أملاح النترات والنترينات.



أما تحضيره مخبرياً فيكون بتفاعل حمض الآزوت المركز مع النحاس.

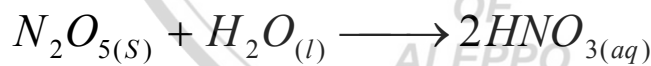


يتفكك إلى NO و O₂.



هـ- خماسي أكسيد ثنائي الآزوت N₂O₅:

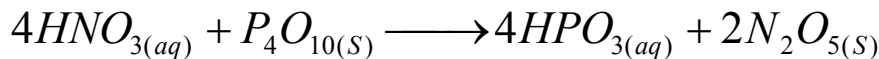
جسم صلب بلوري أبيض يتطاير بسهولة غير ثابت ويتميع بدرجة حرارة الغرفة وينصهر عند الدرجة (32.3°C) ويغلي عند الدرجة (47°C). ينحل بالماء جيداً ويعطي حمض الآزوت.



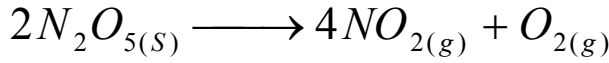
و ينحل جيداً بالقلويات ويعطي أملاح النترات.



يحضر بانتزاع الماء من HNO₃ بواسطة P₄O₁₀.

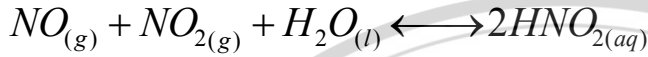


و يتفكك إلى NO₂ و O₂.



٤-٥- الحموض الأكسجينية للآزوت:

-حمض الآزوتي: HNO_2 أو (HONO) حمض غير ثابت يعرف في محاليله فقط وهو كهربيته درجة تشرده في المحلول (0.1N) تساوي (6.5%) يحضر من تفاعل المزيغ الغازي ($NO + NO_2$) مع الماء.



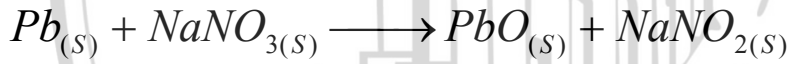
يتفكك إلى HNO_3 و NO والماء.



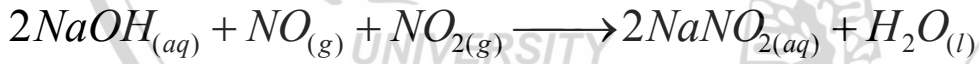
أما النتريتات فهي مركبات بلورية عديمة اللون جميعها منحلّة ما عدا نتريت الفضة وجميعها سامة.

- تحضير $NaNO_2$:

١- مخبرياً: بصهر نترات الصوديوم مع الرصاص.

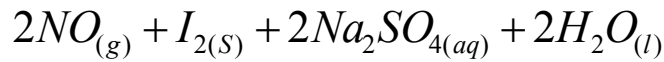
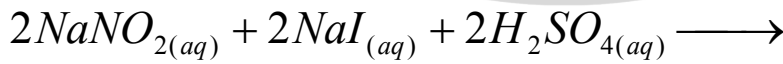


٢- صناعياً: بإشباع $NaOH$ بمزيغ ($NO_2 + NO$).

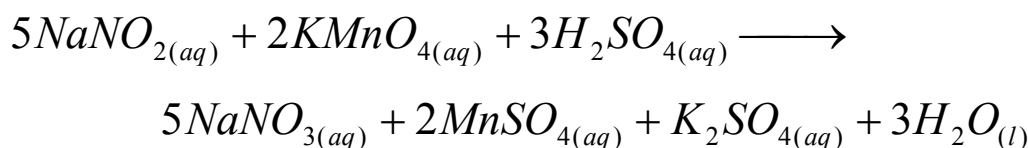


- يستعمل $NaNO_2$: في الاصطناع العضوي وفي إنتاج الأدوية والأصبغة.

- الكشف عن $NaNO_2$: بما أنه سام فلا يسمح بوجوده في ماء الشرب ويكشف عنه في الماء بوجود النشاء و NaI بوسط حمضي (لأنه سام يؤثر على الكلى).



دورها المرجع: مع المؤكسدات القوية كالبرمنغنات.



٥-٥- حمض الآزوت HNO_3 :

- سائل عديم اللون درجة تجمده $(-42^\circ C)$ ، ودرجة غليانه $(86^\circ C)$ ، وكثافته (1.52 gr/cm^3) .

- مؤكسد قوي وتشرده كامل ويؤثر على الجلد فيتآكل ويلونه بلون أصفر.

- يؤلف مع الماء مزيجاً تركيزه (68%) ودرجة غليانه $(120.5^\circ C)$.

- يتلون تدريجياً بتأثير الضوء بلون أصفر ناتج عن تفكك قسم منه وتشكل غاز NO_2 النارجي.

ويكون تأثيره على المعادن كما يلي:

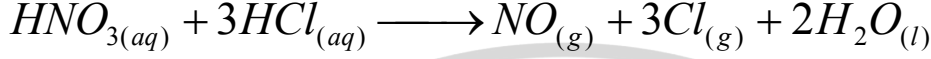
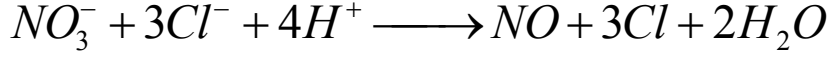
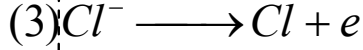
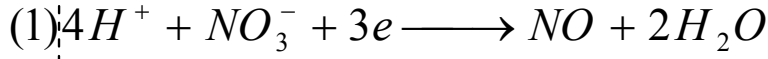
١- المعادن التي لا تحرر H_2 بتفاعلها مع الماء مثل Cu ترجع HNO_3 الممدد والبارد إلى NO وترجع المركز والساخن إلى NO_2 .

٢- المعادن التي تحرر H_2 مثل (Zn, Mn, Mg) ترجع HNO_3 الممدد جداً إلى N_2O وبإضافة H_2SO_4 الممدد يتشكل NH_2OH أو NH_3 .

٣- بعض المعادن مثل (Cr, Fe, Al) تشكل مع HNO_3 طبقة كتيمة واقية من الأكسيد تمنع استمرار التفاعل.

٤- بعض المعادن ضعيفة الكهروكيميائية مثل (Sb, Sn) تشكل فوق الأكاسيد والأكاسيد العالية.

٥- المعادن البلاتينية (Pt, Pd, Ir, Pb, Os, Ru) مع Au لا تتأثر بـ HNO_3 المركز والحر إنما تتأثر بالماء الملكي (ثلاث حجومات HCl مركز + حجم واحد HNO_3 مركز) كما يلي:



فعند التأثير على الذهب يتشكل $AuCl_3$:

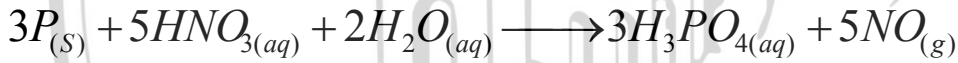


أما تأثيره على اللامعادن : يؤكسدها إلى الحموض الموافقة ويرجع إلى NO.

١- فهو يؤكسد $(S \leftarrow H_2SO_4)$:



٢- ويؤكسد $(P \leftarrow H_3PO_4)$:



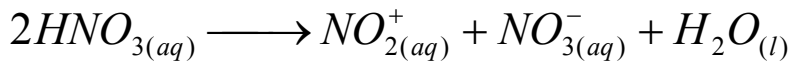
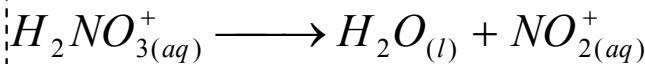
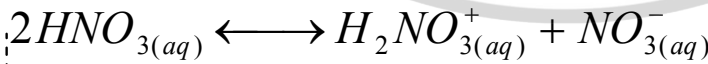
٣- ويؤكسد $(I_2 \leftarrow HIO_3)$:



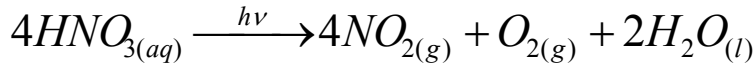
يتشرد وفق ما يلي:

في المرحلة الأولى يعطي جزيء الحمض HNO_3 شاردة H^+ الجزيء آخر فينتج

$H_2NO_3^+$ وفي المرحلة الثانية ينتزع جزيء ماء من الشاردة $H_2NO_3^+$

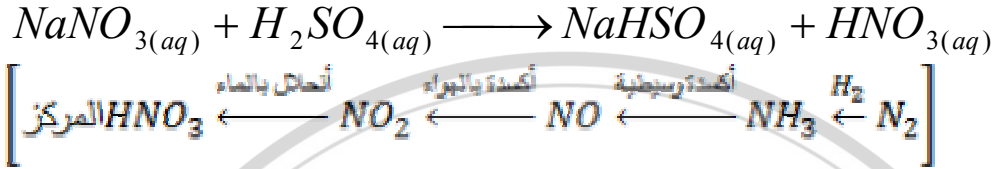


ويتفكك بتأثير الضوء إلى NO_2 و O_2 والماء معطياً للسائل لونه الأصفر.



ويتم تحضيره كما يلي:

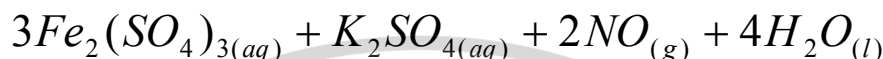
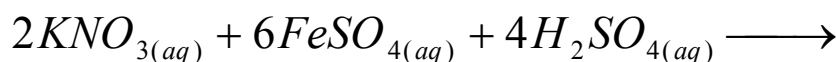
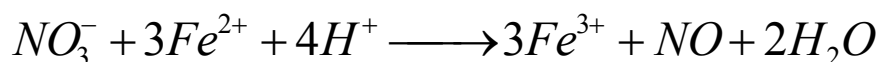
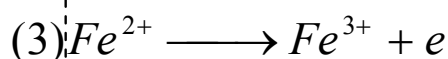
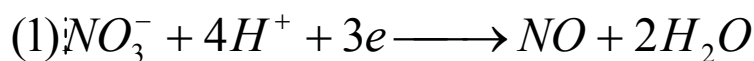
أ- مخبرياً: بتسخين المزيج ($H_2SO_4 + NaNO_3$ المركز).



ب- صناعياً:

أما النترات: فهي مركبات بلورية عديمة اللون تتحل جيداً بالماء وهي مؤكسدات قوية تتفكك مطلقة O_2 وترجع بدورها إلى درجة أكسدة أخفض.

- ١- ويتم تفكك $NH_4NO_3 \leftarrow N_2O +$ بخار الماء.
 - ٢- تتفكك نترات المعادن شديدة الكهربية (عدا Li) بدرجات حرارة منخفضة $\leftarrow O_2 + NO_2$.
 - ٣- تتفكك نترات المعادن شديدة الكهربية (عدا Li) بدرجات حرارة عالية \leftarrow أكاسيد أو فوق أكاسيد بالإضافة إلى $O_2 + NO_2$.
 - ٤- تتفكك نترات المعادن ضعيفة الكهربية مثل (نترات الزئبق) \leftarrow المعدن الحر + $O_2 + NO_2$.
 - ٥- تتفكك جميع النترات الأخرى \leftarrow أكسيد المعدن + $O_2 + NO_2$.
- يتم الكشف عن النترات (NO_3^-) بطريقة الحلقة السمراء من محلولي $FeSO_4$ و H_2SO_4 المركز وفق الآلية الآتية:



ويشكل NO المنطلق مع $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$ معقد الحلقة السمرء:

حيث يخرج جزيء ماء ويحل محله جزيء NO.



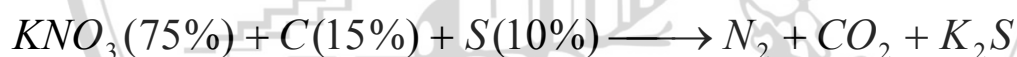
* استعمال النترات:

تستعمل KNO_3 ، $NaNO_3$ ، $Cu(NO_3)_2$ في الأسمدة الأزوتية.

وتستعمل KNO_3 في الطبخ حيث تحفظ لون اللحم الأحمر البني.

وتستعمل $AgNO_3$ (حجر جهنم) في صناعة المرايا والتصوير.

وتستعمل KNO_3 (ملح البارود) في صناعة البارود (متفجرات) وفق المعادلة:



حيث يحترق المزيج مع انفجار.

القسم العملي:

٦-٥- الأدوات والمواد المستخدمة:

حوجلة، حوض زجاجي، أنابيب اختبار كبيرة وأنابيب انطلاق، سدادات ، جفنة

خزفية مسحوق حديد، شريط مغنيزيوم، فوسفور أحمر، كربون، زهر الكبريت،

نترات البوتاسيوم صلب، ثنائي كرومات الأمونيوم صلبة، كلوريد الأمونيوم صلب،

نترات الرصاص صلبة كبريتات الأمونيوم صلبة ، نحاس، نترات الصوديوم صلبة

، قطعة زنك أو ألنيوم، ورق عباد الشمس، نترات الأمونيوم صلبة ، نترات الفضة

صلبة. محلول مشبع من نترات البوتاسيوم أو الصوديوم، حمض الآزوت ممدد، حمض
كبريت مركز، محلول مشبع من كبريتات الحديدي، حمض الآزوت المركز، محلول
الأمونيا المركزة، محلول هيدروكسيد الكالسيوم (0.5 M)، محلول فينول فتالئين،
حمض كلور الماء المركز، ماء البروم، محلول برمنغنات البوتاسيوم (0.05M)،
حمض الآزوت 50%، محلول هيدروكسيد الصوديوم (4M)، محلول يوديد البوتاسيوم
(0.5 M)، محلول ثيو سيانات البوتاسيوم أو الأمونيوم (0.5M) محلول كبريتيت
الصوديوم، محلول كبريتيد الصوديوم.

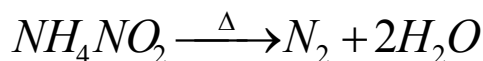


١- الآزوت وأكاسيده:

٧-٥- تحضير الآزوت ودراسة خواصه:

أ- تحضير الآزوت من التفكك الحراري لنتريت الأمونيوم:

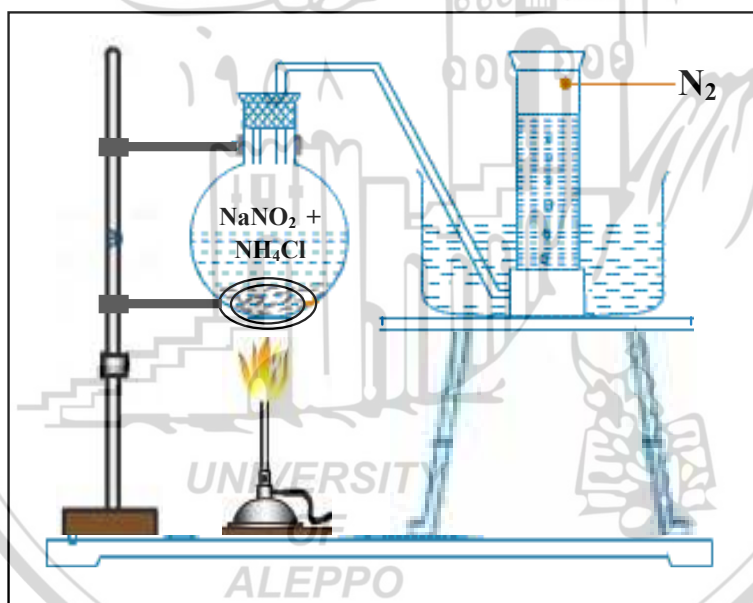
يحضر الآزوت مخبرياً بتحطيم نتريت الأمونيوم حرارياً وفق التفاعل التالي:



ب- تحضير الآزوت من تفاعل نتريت الصوديوم مع كلوريد الأمونيوم:

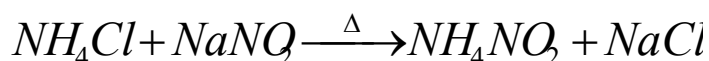
إن الجهاز المستخدم في التحضير مبين في الشكل (١-٥) يسكب في الحوجلة

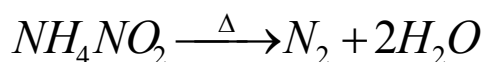
15 ml من محلول مشبع لنتريت الصوديوم و 13 ml من محلول مشبع لكلوريد الأمونيوم.



الشكل (١-٥) تحضير الآزوت

أو 6gr من نتريت الصوديوم و 4.5gr من كلوريد الأمونيوم مع إضافة 50ml من الماء. نسخن الحوجلة الحاوية على المزيج على شبكة معدنية ويبعد اللهب حالما يبدأ التفاعل ويجمع الغاز بازاحة الماء في الحوض الزجاجي ويتم التحضير وفق المعادلتين التاليتين:





ملاحظة:

يمكن استخدام نترت الأمونيوم مباشرة وتسخينها في أنبوب الاختبار إلا أن التجربة خطيرة لما قد يرافقها من انفجارات.

ج - تحضير الآزوت من التفكك الحراري لثنائي كرومات الأمونيوم (تفاعل البركان):

خذ في أنبوب اختبار جاف قليلاً من مسحوق ثنائي كرومات الأمونيوم وسخن على نار هادئة (عند التسخين الشديد يمكن أن يحدث التفكك بشكل عنيف ويتطاير محتوى الأنبوب) بحيث يبقى الأنبوب بشكل عمودي في أثناء التسخين.

هل لنواتج التفكك رائحة مميزة؟ اكتب معادلة التفاعل الحاصلة علماً أن النواتج النهائية للتفكك هي: N_2 و Cr_2O_3 و H_2O بين أن التفاعل السابق هو تفاعل أكسدة وإرجاع.

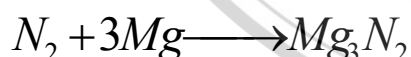
* خواص الآزوت:

١ - لاحظ لون الآزوت ورائحته، وجرب ذوبانه في الماء وتأثيره على محلول عباد الشمس البنفسجي.

٢ - ادخل عود ثقاب مشتعل في أنبوب يحوي الآزوت ماذا يحدث؟

٣ - اشعل شريطاً من المغنيزيوم وادخله في أنبوب يحوي الآزوت ماذا تلاحظ؟

هل يتفاعل الناتج مع الماء وما هي نواتج تفاعله؟ حاول كشفها

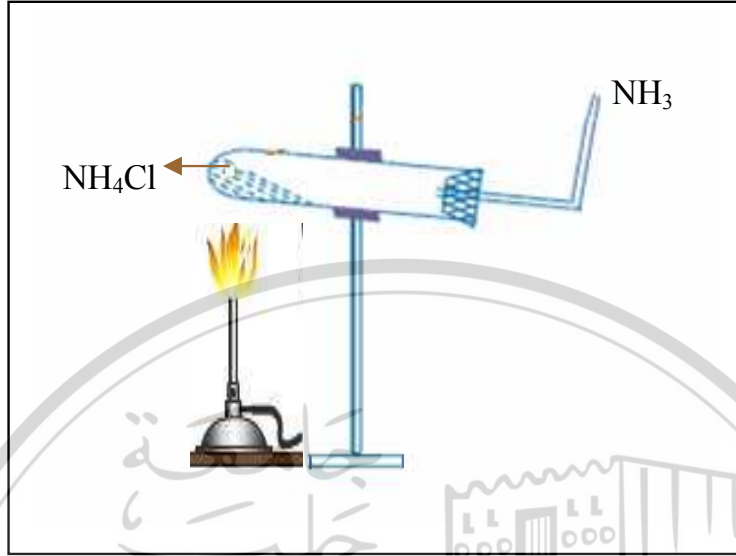


٨-٥ - تحضير النشادر ودراسة خواصه:

* تحضير النشادر:

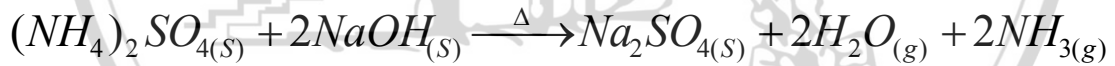
أ - ضع في أنبوب اختبار جاف كما في الشكل (٢-٥) 1 gr من NH_4Cl ثم سخن أنبوب الاختبار على نار مباشرة مع التحريك والحذر من استنشاق الغاز المنطلق،

قرب من فوهة الأنبوب ورقة عباد شمس حمراء مبللة بالماء ماذا تلاحظ؟ اكتب معادلة التفاعل.



الشكل (٥-٢) تحضير غاز النشادر

ب- امزج جيداً 1gr من هيدروكسيد الصوديوم الصلب مع 1.65gr من كبريتات الأمونيوم الصلبة ثم ضع المزيج في أنبوب اختبار كما هو موضح في الشكل (٥-٢) وسخن بهدوء وانتباه ثم قرب ورقة عباد شمس حمراء مبللة بالماء من فوهة أنبوب الانطلاق المؤنف ماذا تلاحظ؟



قرب قضيباً زجاجياً مغموساً في محلول حمض كلور الماء ما هي الأبخرة المتشكلة.

* الخواص المرجعة لمحلول النشادر:

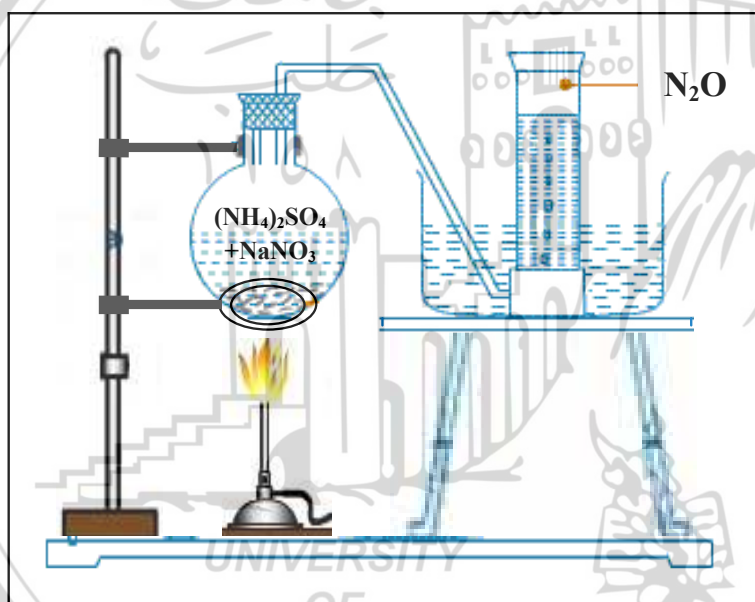
١ - ضع عدة نقاط من محلول برمنغنات البوتاسيوم في أنبوب اختبار ثم أضف إليه 1ml من محلول الأمونيا المركزة سخن المحلول على نار هادئة كيف يتغير لون المحلول اكتب معادلة التفاعل الحاصلة علماً أن شاردة الأمونيوم تتأكسد حتى الأزوت الحر والبرمنغنات ترجع في الوسط القلوي إلى المنغنات $(MnO_4)^{2-}$.

٢ - ضع في أنبوب اختبار 1ml من ماء البروم ثم أضف إليه 0,5 ml من محلول الأمونيا المركزة. كيف يتغير لون ماء البروم؟ اكتب معادلة التفاعل آخذاً بالاعتبار أن محلول الأمونيا يتأكسد حتى الآزوت الحر.

٥-٩ - تحضير أكاسيد الآزوت ودراسة خواصها:

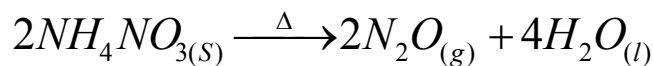
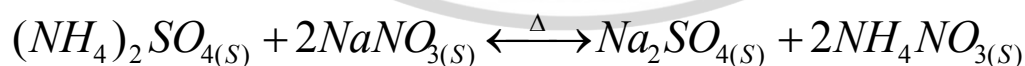
أ - أكسيد الآزوتي N_2O :

خذ كمية 3gr من كبريتات الأمونيوم و 4gr من نترات الصوديوم واخلطها جيداً وضع المزيج في اسطوانة سميكة الجدران وصل إلى حوض زجاجي كما في الشكل (٥-٣).



الشكل (٥-٣) تحضير أكسيد الآزوتي

حيث يحدث التفاعل التالي على مرحلتين:

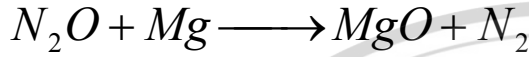


سخن المزيج بلطف واجمع عدة أنابيب من الغاز بإزاحة الماء وأجر التفاعلات التالية:

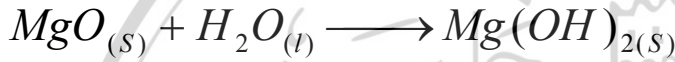
جرب إدخال شظية خشبية متوهجة إلى أنبوب اختبار يحوي N_2O ولاحظ كيف يزيد توهجها وجرب أيضاً في أنابيب أخرى إدخال كل من العناصر التالية:

١- الكبريت ٢- الكربون ٣ - المغنيزيوم المتوهج يزيد التوهج دلالة على تفكك N_2O وتفاعل الأكسجين مع هذه العناصر وتشكيل الأكاسيد والآزوت.

توضيح:



وللكشف عن MgO نضيف ماء إلى أنبوب الاختبار فيتشكل هيدروكسيد المغنيزيوم (راسب أبيض)



للكشف عن غاز CO_2 نضيف ماء لأنبوب الاختبار فيتشكل H_2CO_3 ، ويكون الوسط حمضياً وبورقة عباد الشمس الزرقاء تتحول إلى حمراء يمكن الكشف عن طبيعة هذا الوسط.



للكشف عن SO_2 كذلك يتم وفق ما درس سابقاً في الأكسجين.

ملاحظة:

غاز N_2O عديم اللون وقليل الانحلال بالماء ويتفكك عند الدرجة $500^\circ C$.

ب - أكسيد الآزوت NO :

خذ حوالة مجهزة بسدادة ذات ثقبين أحدهما لانطلاق الغاز متصل بأنبوبة متصلة إلى حوض زجاجي فيه ماء والآخر يدخل منها قمع شوكي وضع فيها 5gr من خراطة النحاس ثم اسكب عبر القمع مقدار 30ml من محلول حمض الآزوت 33% بحيث تنغمر نهاية القمع بالحمض وإذا كان التفاعل يجري ببطء سخن المزيج الموجود

بالحويجة ماذا تفسر تغير لون الغاز في الحويجة؟ اجمع أكسيد الآزوت في خمس أنابيب اختبار بإزاحة الماء.

ملاحظة:

يمكن إجراء تحضير غاز أحادي أكسيد الآزوت في الجهاز المستخدم لتحضير غاز أكسيد الآزوتي N_2O الشكل (٣-٥).

خواص أكسيد الآزوت NO:

١ - قرب شظية متوهجة أو قطعة فوسفور أحمر إلى غاز NO بإدخالها إلى الأنبوب ماذا يحصل؟ اكتب معادلة التفاعل.

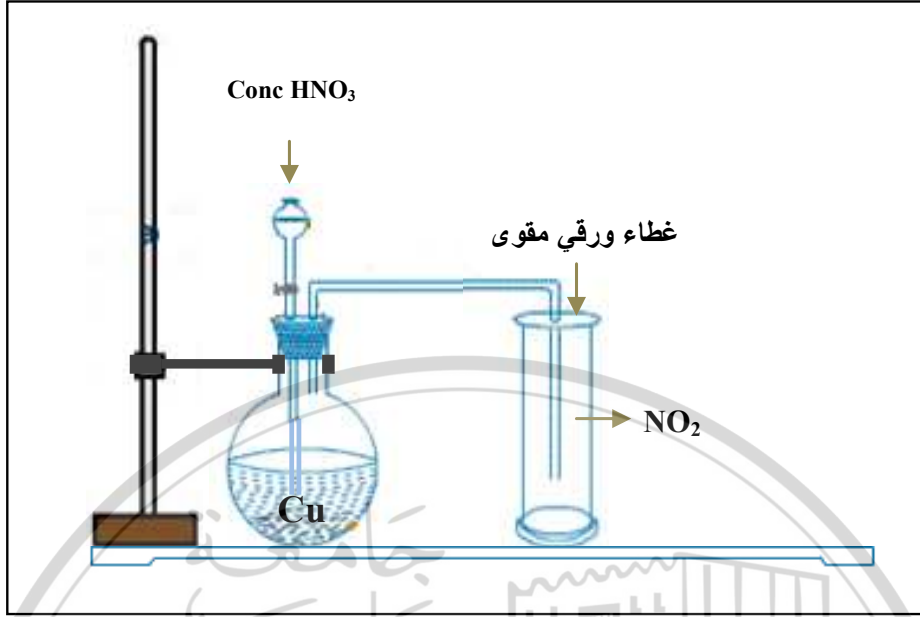
٢ - اشعل شريط مغنيزيوم وأدخله في أنبوب يحوي غاز NO ماذا يحدث؟ اكتب معادلة التفاعل ماذا يحصل عند ملامسة غاز أكسيد الآزوت للهواء؟ اكتب معادلة التفاعل اللازمة.

٣ - مرر غاز NO في أنبوب اختبار يحوي محلولاً مشبعاً محضراً حديثاً من كبريتات الحديدي المحمض بحمض كلور الماء.

كيف يتغير لون المحلول؟ اكتب معادلة التفاعل علماً بأنه يتشكل محلولاً بلون أسمر من الشاردة المعقدة $[Fe(H_2O)_5NO]^{2+}$.

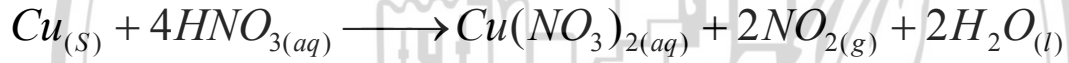
ج - ثنائي أكسيد الآزوت NO_2 :

١ - ضع حوالي 2gr من خرطة النحاس في حويجة مسطحة القعر وأغلقها بسدادة ذات فتحتين إحداها لدخول قمع تنقيط والثانية متصلة بأنبوبة انطلاق وفق الشكل (٤-٥) اسكب في القمع الشوكي مقدار 10ml حمض آزوت كثيف ما هو الغاز المنطلق؟



الشكل (٤-٥) تحضير غاز ثنائي أكسيد الآزوت

حيث توضح المعادلة التالية النواتج:



اكتب معادلة التفاعل واجمع الغاز في ٣ - ٤ أنابيب اختبار - يجمع غاز NO₂ بإزاحة الهواء لأنه أثقل من الهواء، وأجر التجارب التالية عليه.

خواص ثنائي أكسيد الآزوت:

- ١ - لاحظ لون الغاز ورائحته (تحذير الغاز سام جداً)
- ٢ - أدخل إلى أنبوب الاختبار الممتلئ بثنائي أكسيد الآزوت شظية مشتعلة متوهجة ماذا تلاحظ؟
- ٣ - أعد التجربة مع الكبريت والمغنيزيوم المتوهجين ماذا يحصل؟ اكتب معادلات التفاعلات.

١٠-٥- تحضير حمض الآزوتي وخواص أملاحه:

أ- تحضير حمض الآزوتي:

تفاعل نترت البوتاسيوم مع حمض الكبريت:

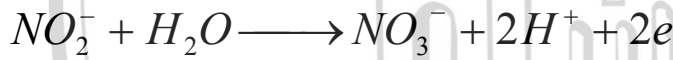
اسكب في أنبوب اختبار 4 - 3 نقاط من محلول مشبع لنترت البوتاسيوم ثم أضف نقطة من محلول حمض الكبريت 2N لاحظ في المحلول ظهور لون أزرق سماوي من بلا ماء حمض الآزوتي N_2O_3 فسر تشكل غازات بنية فوق المحلول اكتب معادلات التفاعلات التالية:

- تفاعل نترت البوتاسيوم مع حمض الكبريت.

- تفكك حمض الآزوتي المتشكل.

- تفكك بلا ماء حمض الآزوتي.

ب- تظهر محاليل حمض الآزوتي HNO_2 أو محاليل النترت في الوسط الحمضي خواص مرجعة ومؤكسدة فمع المؤكسدات القوية يكون التفاعل التالي:

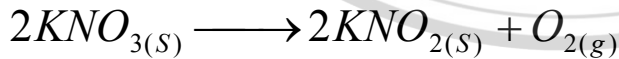


ومع المرجعات وفق التفاعل التالي:

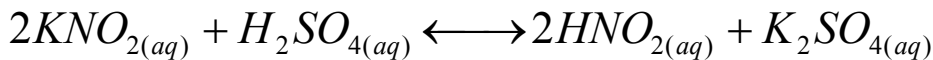


١١-٥- تحضير نترت البوتاسيوم ودراسة خواصه:

اصهر في أنبوب اختبار 1-2gr من نترات البوتاسيوم وسخنها إلى درجة أعلى من درجة الانصهار حتى انتهاء انطلاق فقاعات الأكسجين.

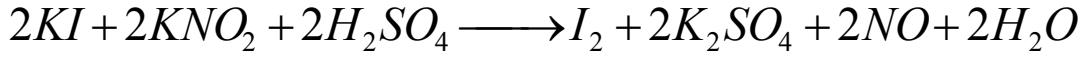


حل الكتلة المنصهرة في الماء ثم أضف 1-2 نقطة من محلول حمض الكبريت الممدد



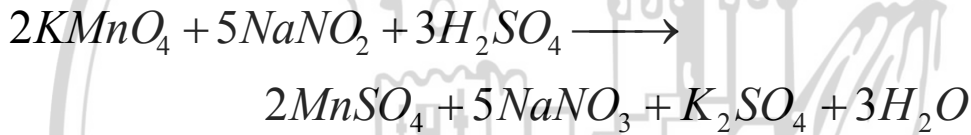
١ - تفاعل نترت البوتاسيوم مع يوديد البوتاسيوم:

ضع في أنبوب اختبار عدة نقاط من محلول يوديد البوتاسيوم وعدة نقاط من محلول حمض الكبريت 2N ثم أضف 2-3 نقطة من محلول نترت البوتاسيوم. لاحظ تغير لون المحلول. ما هو السبب؟ علماً أن معادلة التفاعل هي:



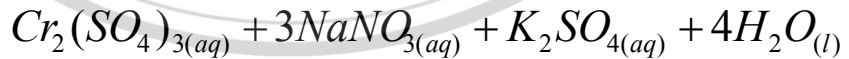
٢ - تفاعل نترت البوتاسيوم مع برمنغنات البوتاسيوم في وسط حمضي:

ضع في أنبوب اختبار عدة نقاط من محلول برمنغنات البوتاسيوم ثم أضف 1-2 نقطة من محلول حمض الكبريت 2N ثم أضف 2-3 نقطة من محلول نترت البوتاسيوم لاحظ تغير لون المحلول ثم بين سبب هذا التغير؟ حيث يتم التفاعل وفق الآتي:



٣ - تفاعل نترت البوتاسيوم مع ثنائي كرومات البوتاسيوم في وسط حمضي:

ضع في أنبوب اختبار 1-2 نقطة من ثنائي كرومات البوتاسيوم و 2-4 نقطة من حمض الكبريت المركز، ثم أضف إلى المحلول المحمض قليلاً من نترت البوتاسيوم أو نترت الصوديوم. لاحظ تغير اللون. بين الصفات المؤكسدة والمرجعة لنترت البوتاسيوم في هذا التفاعل مع كتابة المعادلات الشاردية اللازمة.



٢ - التحطيم الحراري لحمض الآزوت وأملاحه:

١ - تفكك حمض الآزوت:

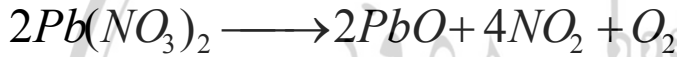
يتفكك حمض الآزوت المركز بالحرارة وفق ما يلي:



خذ 1ml من حمض الآزوت المركز في أنبوب اختبار وسخن حتى انطلاق غاز NO_2 النارنجي وغاز الأكسجين.

٢ - تفكك نترات الرصاص:

خذ في أنبوب اختبار جاف 1-2gr من نترات الرصاص وسخنها حتى انطلاق غاز NO_2 النارنجي وغاز الأكسجين.



ملاحظة:

يمكن أن نكرر التجربة على كل من نترات النحاس $Cu(NO_3)_2$ ونترات الليثيوم $LiNO_3$ فنحصل على نفس النواتج:

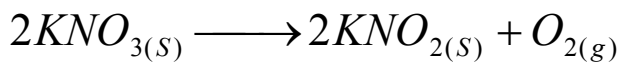
٣ - تفكك نترات الفضة:

خذ بلورات من نترات الفضة في أنبوب اختبار جاف وسخنها على لهب ضعيف حتى نهاية التفكك وانطلاق غاز NO_2 النارنجي وغاز الأكسجين والحصول على مرآة فضية:

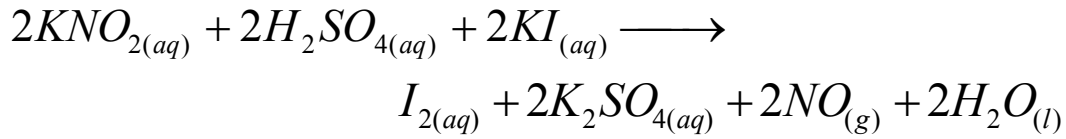


٤ - تفكك نترات البوتاسيوم أو الصوديوم:

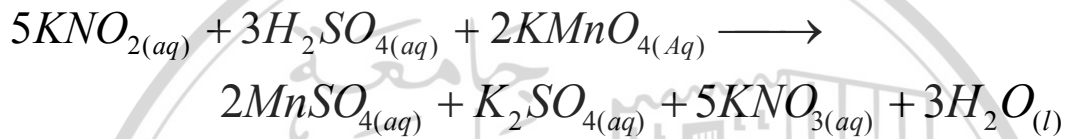
خذ في أنبوب اختبار 2-4gr بلورات من نترات البوتاسيوم وسخن حتى انصهارها وظهور فقاعات غازية ثم انطلقها . يتشكل نترت البوتاسيوم بعد تبريد الأنبوب وإضافة إليه الماء مع التحريك بقضيب زجاجي عندها ينحل الراسب المتشكل:



المحلول المتشكل من نتريت البوتاسيوم يقسم إلى أنبوبين:
 الأنبوب الأول: نضيف إليه قليلاً من يوديد البوتاسيوم المحمض بنقطتين من حمض الكبريت 2N .



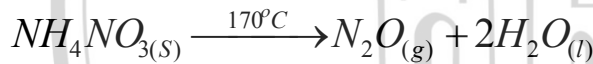
الأنبوب الثاني: نضيف إليه قليلاً من برمنغنات البوتاسيوم المحمضة فيزول لون البرمنغنات.



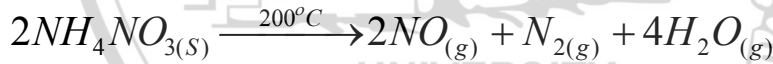
وضح معادلات الأكسدة والإرجاع في كلا الأنبوبين.

٥- تفكك نترات الأمونيوم:

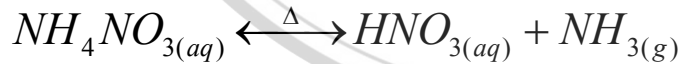
تتفكك نترات الأمونيوم حسب درجة الحرارة ففي الدرجة 170°C تتفكك كالتالي:



وفي الدرجة 200°C تتفكك وفق المعادلة:



وفي درجات الحرارة العالية هناك نواتج مختلفة حسب الشروط المختارة. وفي بداية التسخين تتفكك نترات الأمونيوم وفق ما يلي:



وباستمرار التسخين يتفكك كل من هذين المركبين الناتجين لإعطاء النواتج المختلفة.

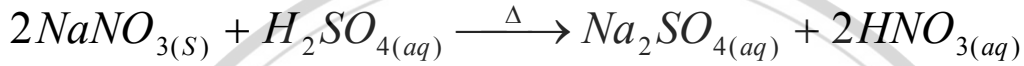
خذ 1g من نترات الأمونيوم الصلبة في أنبوب اختبار جاف وسخنها بلطف حتى انطلاق الغازات ثم قرب عود ثقاب متوهج ماذا يحدث؟ وإذا استمررت في التسخين لنهاية التفاعل ماذا يبقى في الأنبوب؟

١٢-٥- كشف النترات:

١- كشف النترات الصلبة

أ- باستخدام حمض الكبريت المركز:

ضع حوالي 1gr من نترات الصلبة في أنبوب اختبار، ثم اسكب فوقها 2ml من حمض الكبريت المركز وسخن بلطف، أولاً نسخن بلطف القسم العلوي من الأنبوب بحيث يسخن الزجاج. ماذا تلاحظ في الأنبوب؟



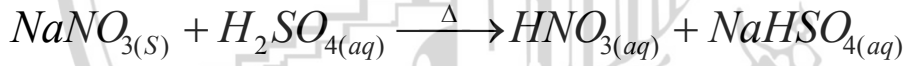
وباستمرار التفاعل يتم الحصول على ما يلي:



ب- باستخدام خراطة النحاس وحمض الكبريت المركز:

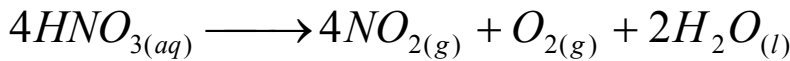
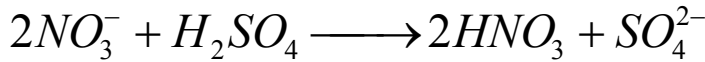
امزج حوالي 0.5gr من النترات الصلبة و 0.5gr من خراطة النحاس في أنبوب اختبار ثم اسكب فوقها 2ml من حمض الكبريت المركز، سخن، ماذا تلاحظ؟

يتم التفاعل على مرحلتين:



ملاحظة:

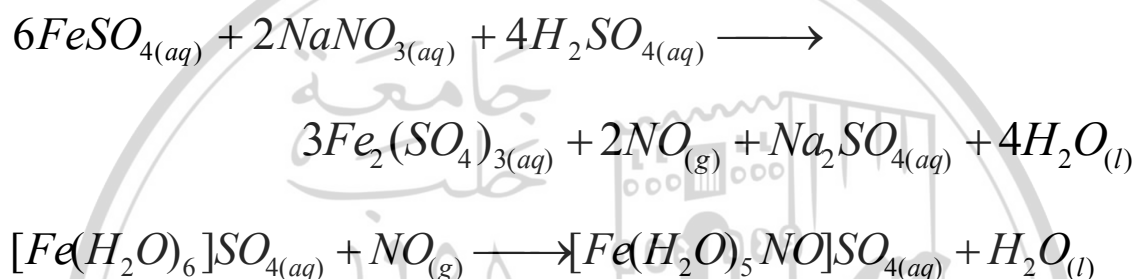
في كشف النترات الصلبة وباستخدام حمض الكبريت المركز يتفاعل حمض الكبريت مع النترات لتشكيل حمض الآزوت. حيث يتفكك قسم صغير من حمض الآزوت المتشكل إلى ثنائي أكسيد الآزوت النارجي اللون.



لا تغلي حمض الكبريت المركز لأنه يشكل أبخرة بيضاء من ثلاثي أكسيد الكبريت.

٢ - كشف النترات في المحلول:

اسكب حوالي 1ml من محلول نترات البوتاسيوم وأضف إليها حوالي 1ml من محلول كبريتات الحديدي أمل الأنبوب واسكب ببطء شديد وعلى جدران الأنبوب حمض الكبريت المركز فنلاحظ تشكل حلقة ذات لون بني مسمر من $[Fe(H_2O)_5NO]^{2+}$ والتي تسمى بالحلقة السمراء والناجمة من تفاعل شاردة الحديدي المميهة $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$ مع NO عند التقاء الطبقة المائية العلوية وطبقة حمض الكبريت المركز السفلية.



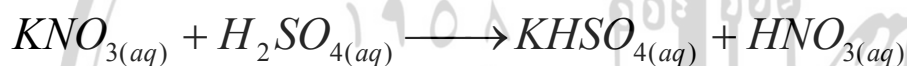
٣- حمض الآزوت:

١٣-٥- الأدوات والمواد المستخدمة:

قمع صغير، معوجة، حوجلة ذات قعر مدور، حاملان معدنيان ولاقطتان، حلقة حاملة، شبكة أسبستوس، حوض مائي كبير، أسطوانة مدرجة 50ml كربون، زهر الكبريت، كبريتيد الصوديوم، نترات البوتاسيوم أو الصوديوم، حمض الكبريت المركز، قمع صغير، محلول محضر حديثاً من كبريتات الحديدي، حمض الآزوت الممدد، محلول ثيوسيانات البوتاسيوم أو الأمونيوم.

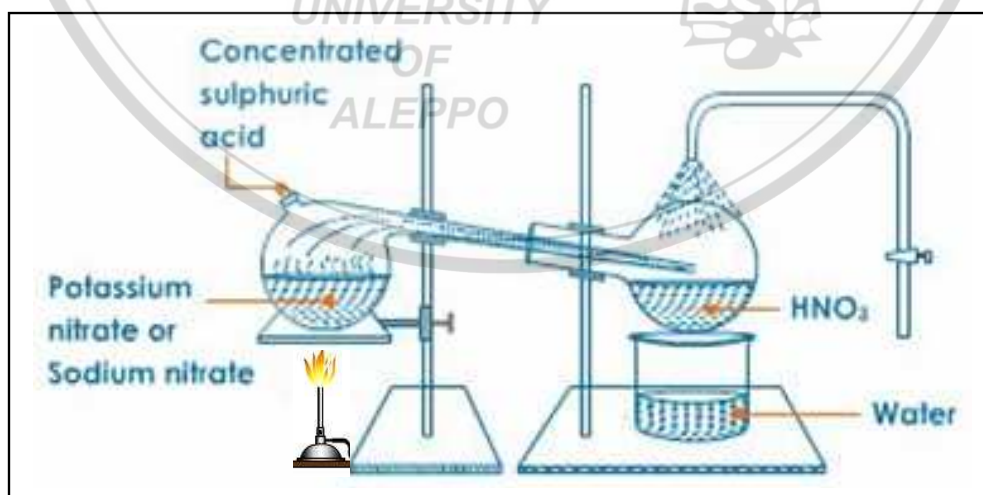
١٤-٥- تحضير حمض الآزوت بالإزاحة:

يتم تحضير حمض الآزوت عادة بمعالجة نترات الصوديوم أو نترات البوتاسيوم مع كمية زائدة من حمض الكبريت المركز وفق التفاعل الآتي:



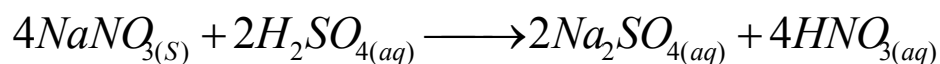
طريقة العمل:

ضع في معوجة ذات سدادة زجاجية 20gr من مسحوق نترات البوتاسيوم، أو نترات الصوديوم، كما في الشكل (٥-٥) ثم اسكب فوقه بواسطة قمع 15ml من حمض الكبريت المركز.



الشكل (٥-٥) تحضير حمض الآزوت

والمعادلة التالية توضح الناتج:



ملاحظة:

لا تستخدم سدادة فلين أو أي أنبوب مطاطي فتتآكل ببخار حمض الآزوت. يتم تسخين المعوجة تسخيناً لطيفاً، ويجب تحريكها باستمرار حتى يبلل الحمض جدران المعوجة من الداخل وإلا تنكسر المعوجة. ضع الحويلة التي سيجتمع فيها حمض الآزوت داخل حوض مثليج. ثم لاحظ في أثناء عملية التسخين كيف أن الأبخرة النارجية NO_2 تملأ المعوجة وبعد ذلك يتجمع في الحويلة سائل عديم اللون هو HNO_3 تابع التسخين لمدة 5-10 دقائق حتى تلاحظ عدم تكاثف الغاز وعدم ظهور كميات جديدة من حمض الآزوت في الحويلة وعندها يمكن معرفة نهاية التفاعل.

ملاحظة:

- حمض الآزوت يغلي في الدرجة $86^\circ C$.
- حمض الآزوت الناتج يعرف بـ حمض الآزوت المدخن . وهو من نوع جيد يحوي 98.6% من HNO_3 وكثافته 1.51.
- كثافة حمض الآزوت المركز العادي التجاري 1.42 يغلي في الدرجة $120.5^\circ C$ ويحوي 32% من H_2O .

١٥-٥- خواص حمض الآزوت:

١- لاحظ لون هذا الحمض ورائحته

٢- خواصه الحمضية:

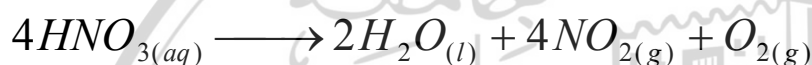
إن حمض الآزوت النقي ليس له خواص حمضية وإنما يسلك سلوك المركبات المشتركة في حين أن حمض الآزوت غير النقي (الممدد) له خواص حمضية واضحة يؤثر على المشعرات ويتفاعل مع الأسس والكربونات.

٣- فعله الإتلافي:

خذ بواسطة قضيب زجاجي قطرة من حمض الآزوت المدخن كثافته 1.51 وضعها عل ورقة عباد شمس زرقاء. تحمر الورقة في البدء ثم يتغير لونها بسرعة إلى الأصفر حيث يتلف الحمض الورقة ويحدث هذا في حالة تعريض حمض الآزوت لقطعة صوف أو خيط أو زهرة أو أحد أظافرك فيصفر لونها .

٤- تفككه بالحرارة:

يتفكك حمض الآزوت المدخن ذو الكثافة 1.51 بسرعة بتسخينه إلى الدرجة مادون الحمراء معطياً الأكسجين الذي يلعب دوراً مؤكسداً.



٥- دوره المؤكسد:

ملاحظة: يجب إجراء تلك التجارب تحت السحابة أو في الهواء الطلق لأن الغاز المنطلق NO_2 هو غاز سام.

أ- تفاعله مع المعادن:

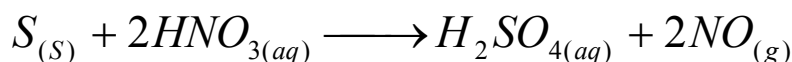
- خذ 1ml من حمض الآزوت المركز ثم أضف إليه بضعة قطع صغيرة من خراطة النحاس. فيلاحظ تلون المحلول الناتج بلون أزرق نتيجة تشكل نترات النحاس $Cu(NO_3)_2$ وانطلاق غاز NO_2 النارنجي.

- أعد التجربة مع معادن أخرى مثل الألمنيوم والقصدير والتوتياء والرصاص ولكن بحذر لأن هذه التفاعلات قد تكون عنيفة (يفضل عدم إجرائها إلا من قبل المشرف).

ب- تفاعله مع الكبريت:

خذ حوالي 1gr من زهر الكبريت في أنبوب اختبار ثم أضف إليه 5ml من حمض الآزوت المركز، وسخن الأنبوب لمدة دقيقة (يمكن تسريع التفاعل بإضافة بضع قطرات من ماء البروم كوسيط). يمكن الكشف عن النواتج H_2SO_4 باستخدام

كلوريد الباريوم حيث يتشكل راسب أبيض من كبريتات الباريوم $BaSO_4$ وأما غاز NO فيمكن أن يتأكسد إلى غاز NO_2 النارجي.



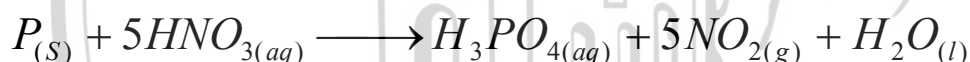
ج- تفاعله مع الكربون:

ضع بضعة قطرات من حمض الآزوت المدخن على زجاجة ساعة(تحت الساحبة) ثم أشعل قطعة فحم واتركها مشتعلة وضعها فوق الحمض فتلاحظ انطلاق غاز NO_2 النارجي وغاز CO.



د- تفاعله مع الفوسفور الأحمر:

ضع 0.5gr من الفوسفور الأحمر في أنبوب اختبار ثم أضف إليها حوالي 5ml من حمض الآزوت المركز وسخن بلطف تحت الساحبة فيلاحظ تشكل حمض الفوسفور H_3PO_4 وانطلاق غاز NO_2 .

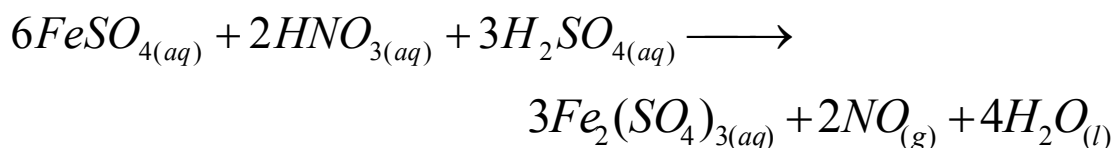


هـ- تفاعله مع كبريتات الحديدي:

ضع حوالي 5ml من محلول كبريتات الحديدي و 5ml من حمض الآزوت الممدد في أنبوب اختبار أمل الأنبوب قليلاً ثم اسكب ببطء وعناية 2ml من حمض الكبريت المركز على جدران الأنبوب الداخلي نلاحظ عند التقاء الطبقتين تشكل حلقة بنية وترتفع تدريجياً في السائل، وإذا هز المزيج بعناية ماذا يحدث؟

* شرح ما يحدث:

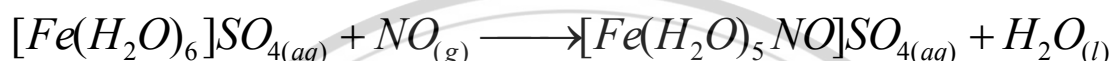
في اختبار الحلقة البنية يؤكسد حمض الآزوت المركز البارد أو حمض الآزوت الممدد الساخن بعض من محلول كبريتات الحديدي إلى كبريتات الحديد بوجود حمض الكبريت المركز.



ثم يتفاعل أحادي أكسيد الآزوت الناتج مع شوارد الحديد الثنائي المميّه

$[Fe(H_2O)_6]^{2+}$ والتي لم تتأكسد بحمض الآزوت فنتشكل الشاردة البنية

$[Fe(H_2O)_5NO]^{2+}$ وهي أساس كشف النترات (بالحلقة البنية أو الحلقة السمراء).



وفي حال تسخين المحلول تتفكك الشاردة البنية فينتطلق NO ويبقى محلول

أصفر من كبريتات الحديد الثلاثي.

ملاحظة:

يجب إضافة حمض الكبريت المركز بهدوء وعلى جدران الأنبوب الداخلية من أجل تشكيل الحلقة السمراء.

لوحظ أن الحلقة البنية تظهر على سطح طبقة حمض الكبريت. والتي يزيد فيها حمض الكبريت (بفعل امتصاصه السريع للماء ونشره للحرارة) تركيز حمض الآزوت المتشكل نتيجة لذلك أو النترات ويسخنها أيضاً.

الفصل السادس

مجموعة الهالوجينات (VII)

١-٦- مقدمة نظرية:

تتألف مجموعة الهالوجينات من العناصر (الفلور، الكلور، البروم، اليود I ، الأستاتين At) وتعني كلمة هالوجينات (مولدة للأملاح). وتأخذ التركيب الإلكتروني السطحي ns^2np^5 (أي تكتسب 1e لتكمل المثلث الإلكتروني لأقرب غاز خامل وتشكيل X^-).

توجد بالحالة الحرة بشكل (F_2 ، Cl_2 ، Br_2 ، I_2) حيث يتناقص ثباتها بشكل عام من الأعلى إلى الأسفل بازدياد العدد الذري، وتتناقص الصفة اللامعدنية وتزداد قتامة الألوان من الأعلى إلى الأسفل حيث F_2 غاز أصفر شاحب، Cl_2 غاز أصفر مخضر، Br_2 سائل بني، I_2 صلب بنفسجي، وتتناقص الخواص المؤكسدة بتناقص الكهرسلبية بالاتجاه $I_2 < Br_2 < Cl_2 < F_2$ وتزداد الخواص المرجعة للشوارد X^- بازدياد الكهرجائية وفق الاتجاه $I^- > Br^- > Cl^-$. لا يملك الفلور F مدارات d وكونه أكثر العناصر كهرسلبية فهو لا يأخذ أعداد أكسدة موجبة لذا يأخذ حالة الأكسدة (-1) في HF والحالة الحرة (0) في F_2 ، أما الكلور Cl فيملك مدارات d فارغة وأقل كهرسلبية من الفلور لذا يأخذ حالات الأكسدة (+1، +3، +4، +5، +6، +7).

وكذلك البروم Br، اليود I_2 يملكان مدارات d فارغة وأقل كهرسلبية من الفلور والكلور لذا يأخذان حالات الأكسدة (+1، +3، +5، +7)، وأمثلة على ذلك ما يأتي: $HOCl$ ، $HClO_2$ ، ClO_2 ، $HOCl_3$ ، Cl_2O_6 ، Cl_2O_7 ، $HOBr$ ، HOI ، I_2O_5 ، BrF_5 ، IF_7 ، BrO_3^- ، IO_3^- . يُعد محلول ($AgNO_3$) أو الشاردة Ag^+ كاشف نوعي للشوارد Cl^- ، Br^- ، I^- . حيث تتشكل الرواسب البيضاء المختلفة في درجة اللون الأبيض للمركبات AgI ، $AgBr$ ، $AgCl$.

تزداد (أنصاف الأقطار الذرية والشاردية ودرجات الانصهار والغليان والكثافة)، وتتناقص (الكهرسلبية وكمونات المسرى وكمونات التشرّد) من الأعلى إلى الأسفل. يوجد الفلور منحلّاً بالمياه على شكل فلزات صخرية [الفلدسبار CaF_2 ، الكريوليت Na_3AlF_6 ، الأباتيت $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot (\text{FeCl})_2]$].

أما الكلور والبروم Br, Cl : فيوجدان منحلّين بالمياه المالحة على شكل أملاح الصوديوم والعناصر القلوية والقلوية الترابية وأهم الفلزات (سيلفين $\text{NaCl} \cdot \text{KCl}$ ، الكارناليت $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

وكذلك اليود يوجد في المركبات العضوية والأعشاب النباتية البحرية على شكل NaIO_3 أو NaIO_4 .

يتم تحضير الفلور بالتحليل الكهربائي لمصهور المزيج $(\text{HF} + \text{KF})$.

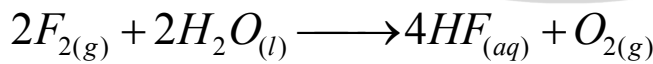
ويتم تحضير الكلور صناعياً بالتحليل الكهربائي لمحاليل مركزة من NaCl .

أما مخبرياً فيحضر بأكسدة Cl^- (في وسط حمضي) بمؤكسدات قوية مثل KMnO_4 ، MnO_2 الخ.

أما البروم واليود فيحضّران بأكسدة Br^- ، I^- بمؤكسد قوي مثل MnO_2 ، وأحياناً يؤكسد Br^- بـ Cl_2 عند تحضير Br_2 من مياه البحار.

وتتميز الخواص الكيميائية للهالوجينات بما يلي:

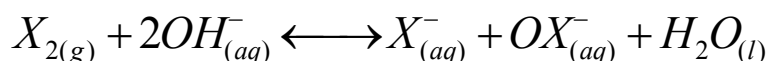
فهي تتحلل جميعها بالماء وتعطي ماء الهالوجين (عدا F_2)، لأن F_2 يؤكسد الماء ويزيح الهيدروجين وينطلق الأوكسجين.



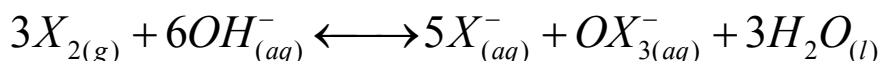
وتتحلل بالمحلات العضوية حيث $(\text{I}_2, \text{Br}_2)$ ينحلان بـ CS_2 و CCl_4 (محلات

غير قطبية) فيتشكل محلولان أصفر وبنفسجي على الترتيب، كذلك ينحل I_2 في الأغوال والأنثيرات (محلات قطبية) فيتشكل محلول بني.

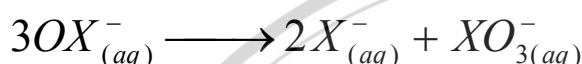
وتتحل بالقلويات ففي القلوي الممدد والبارد يتشكل (OX^-, X^-) .



وفي القلوي المركز والحر يتشكل (XO_3^-, X^-) . أما بالنسبة للبروم واليود فتتشكل على البارد .

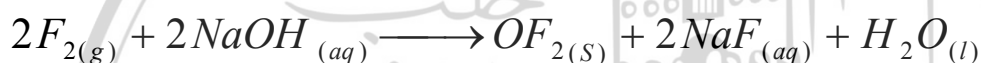


وحيث OX^- تتعرض لاختلال التناسب. $(X^- = Cl, Br, I)$

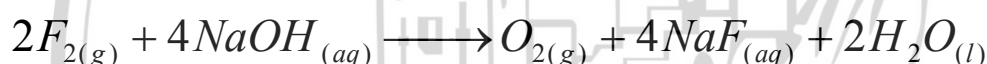


أما بالنسبة إلى: F_2

فمع القلوي الممدد والبارد:



ومع القلوي المركز والحر:



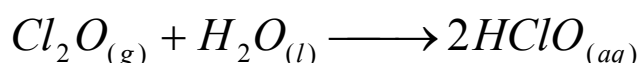
تتفاعل الهالوجينات مع المعادن واللا معادن في شروط مختلفة مشكلة هاليدات المعادن وهاليدات اللامعادن وتتفاعل مع الهيدروجين وتشكل هاليد الهيدروجين ويمكن تحضيرها بطرق مختلفة.

- يشكل الكلور مع الأكسجين أكاسيد مختلفة في درجة أكسدة الكلور وتحضر بطرق مختلفة منها.

* أحادي أكسيد الكلور: Cl_2O الذي يحضر وفق المعادلة

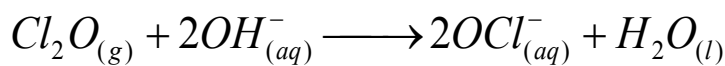


وهو ينحل بالماء:



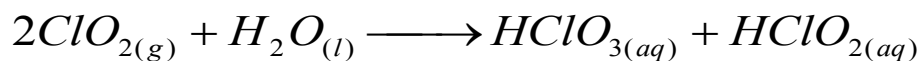
حمض تحت الكلور

وينحل بالقلويات:



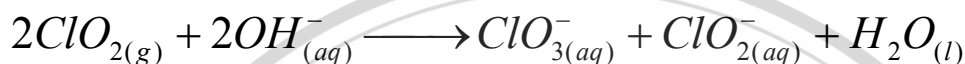
ملح تحت كلوريت

* ثنائي أكسيد الكلور: ClO_2 الذي ينحل بالماء.



حمض الكلوريت حمض الكلورات

وينحل بالقلويات معطياً كلوريت+كلورات (اختلال تناسب).



ملح الكلوريت ملح الكلورات

وكذلك سداسي أكسيد الكلور: Cl_2O_6 الذي ينحل بالماء والقلويات.

وهناك سباعي أكسيد الكلور: Cl_2O_7 الذي يحضر بنزع الماء من $HClO_4$ بـ P_2O_5 .

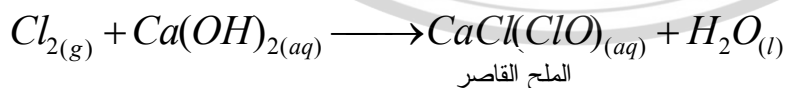
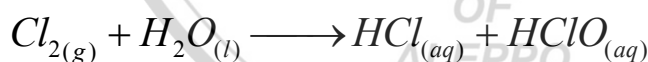
وينحل بالماء ليعطي حمض فوق الكلور $HClO_4$.

أما انحلاله بالقلويات:

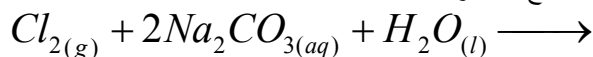


يشكل الكلور حموض اكسجينية وأملاح مختلفة منها:

حمض تحت كلوري $HClO$ وأملاحاً $NaClO$ و $CaClClO$ التي تحضر وفق ما يأتي:



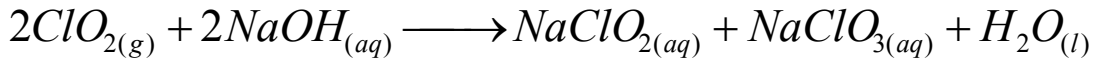
الملح القاصر



ماء جافيل

وحمض الكلوري HClO_2 وأملاحه ClO_2^- مثل NaClO_2

- تحضير NaClO_2 بإمرار ClO_2 على NaOH فيتشكل ملحان (اختلال التناسب).



- بإمرار ClO_2 على Na_2O_2



وأيضاً حمض الكلور HClO_3 وأملاحه (ClO_3^-) ومنها KClO_3 الذي يلعب دور مؤكسد فهو يؤكسد $\text{Cl}^- \leftarrow \text{Cl}_2$ ويؤكسد $\text{SO}_3^{2-} \leftarrow \text{SO}_4^{2-}$ وهو يرجع بدوره إلى Cl^- .

كذلك حمض فوق الكلور HClO_4 وأملاحه (ClO_4^-) فوق الكلورات مثل فوق كلورات البوتاسيوم KClO_4 التي تحترق مع الـ C انفجارياً:



يستعمل المزيج ($\text{C} + \text{KClO}_4$) بتصنيع بارود الصوريخ (مواد متفجرة).

أما البروم فيشكل الأكاسيد التالية:



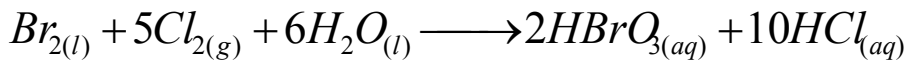
UNIVERSITY
OF
ALEP

وجميعها غير ثابتة وتتفكك.

ويشكل الحموض الأوكسجينية والأملاح التالية:

حمض تحت البروميت: HBrO وحمض البروم HBrO_3 الذي يحضر من

إمرار الكلور على محلول البروم.



وكذلك تنتج برومات الصوديوم NaBrO_3 من تفاعل البروم مع محلول هيدروكسيد الصوديوم.

لم يعرف لليود سوى الأكسيد I_2O_5 الثابت حتى 300°C وهو مسحوق أبيض ناعم.

ويعتبر بلا ماء حمض اليود الخماسي HIO_3 الذي يتفكك في الدرجة $200^\circ C$ إلى I_2O_5 وماء أما المركب K_5IO_6 فهم من املاح الحمض السباعي H_5IO_6 وليس من املاح الأكسيد I_2O_5 .

ومن أملاحه أورتو حمض اليود K_5IO_6 الموافق للحمض H_5IO_6 ويحضر أورتو حمض اليود بأكسدة KIO_3 بـ Cl_2 في وسط قلوي:



* استعمال الهالوجينات:

يستعمل كل من Cl_2 ومشتقاته و $NaOCl$ و $CaOCl_2$ و $NaClO_2$ كمواد مبيضة وقاصرة للألوان في الصناعات النسيجية والمواد اللبيفية، أما اليود فيستعمل في المحاليل الطبية المطهرة ويستخدم الفلور في بعض الصناعات لا سيما التفلون.

القسم العملي:

٢-٦- الأدوات و المواد المستخدمة:

حوجة مجهزة بأنبوب انطلاق، زجاجة غسل عدد اثنان، أنابيب مجهزة بسدادات، أنابيب صغيرة، بروميد الصوديوم الصلب، يوديد البوتاسيوم الصلب، ثنائي أكسيد المنغنيز الصلب، برمغنات البوتاسيوم الصلبة، محلول حمض كلور الماء المركز، محلول كبريتيد الصوديوم 0.5N، محلول يوديد البوتاسيوم 0.5N، محلول ملح مور 0.5N، محلول بروميد الصوديوم 0.5N، ماء الكلور (ماء جافيل)، كلوروفورم، رابع كلور الكربون، ماء البروم، كلوريد الصوديوم، حمض الكبريت الكثيف، محلول ثيوسيانات الأمونيوم 0.5N، محلول كلوريد النحاس 0.5N، محلول هيدروكسيد الصوديوم 0.5N.

٣-٦- تحضير الكلور:

يمكن استحضار الكلور إما:

١- من تأثير حمض كلور الماء المركز على ثنائي أكسيد المنغنيز.

٢- من تأثير حمض كلور الماء المركز على برمنغنات البوتاسيوم الصلبة فنحصل على (كلور نقي).

٣- من تأثير حمض الكبريت قليل التركيز على مزيج من كلور الصوديوم و ثنائي أكسيد المنغنيز (طريقة بيرتوليه).

٤- تحضير الكلور من تفاعل ثنائي كرومات البوتاسيوم مع حمض كلور الماء.

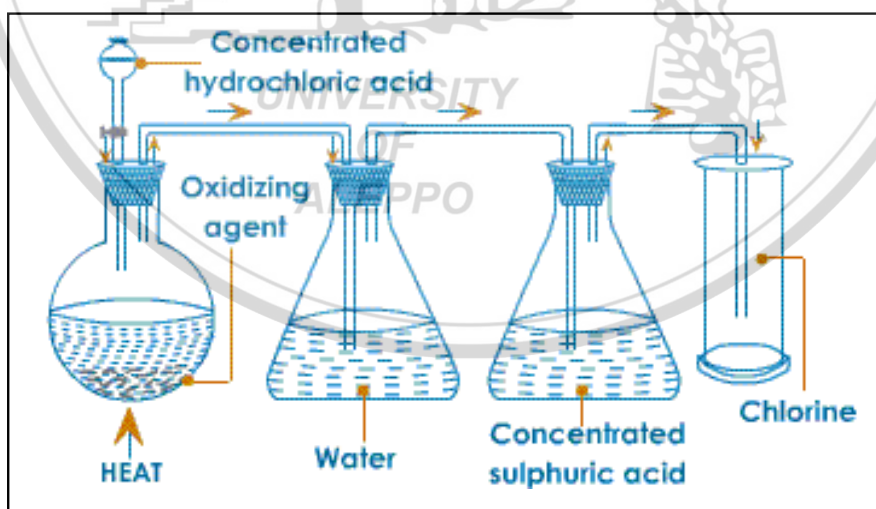
ملاحظة:

أ- الكلور غاز سام، يتم تحضيره تحت الساحة وإذا انتشر في هواء المخبر يرش محلول النشادر (الأمونيا) على الطاولة وعلى أرض المخبر.

ب- إذا استنشق أحد الكلور أثناء العمل فعليه أن يستنشق بخار الكحول من قطعة قطن مبللة فيه.

١- تحضير الكلور باستعمال ثنائي أكسيد المنغنيز:

ضع في حوجة مجهزة بانبوب انطلاق كما في الشكل (١-٦) مقدار (10gr) من ثنائي أكسيد المنغنيز ثم أغلق الحوجة بسدادة ، ثم اسكب الكمية اللازمة من حمض كلور الماء المركز في الحوجة عبر قمع التنقيط بحيث يغطي ثنائي أكسيد المنغنيز،



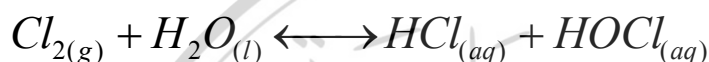
الشكل (١-٦) تحضير الكلور باستعمال ثنائي أكسيد المنغنيز

ملاحظة:

Oxidizing = (MnO₂ , PbO₂ , Pb₃O₄ , KMnO₄ , K₂Cr₂O₇)



سخن الحوجة بلطف ثم اجمع الكلور في خمسة أنابيب كبيرة بإزاحة الهواء وفوهة الأنبوب للأعلى وأغلقها بسدادات. أما الزجاجاة التي توضع بين الحوجة و نهاية أنبوب الانطلاق فتملأ بالماء وعندما ينطلق غاز الكلور يمر على الزجاجاة المملوءة بالماء فيتشكل ماء الكلور وفق المعادلة:



٢ - تحضير الكلور باستعمال برمغنات البوتاسيوم:

ضع حوالي 20gr من برمغنات البوتاسيوم في حوجة وضع حمض كلور الماء المركز في قمع التنقيط. صب الحمض فوق البرمغنات ببطء وبالتدريج، فيلاحظ بدء انطلاق غاز الكلور عندئذ نبدأ بجمع الغاز في خمسة أنابيب كبيرة بإزاحة الهواء.

٣ - تحضير الكلور من تفاعل ثنائي أكسيد المنغنيز مع حمض كلور الماء المركز ثم الكشف عنه:

أضف حوالي (1ml) من محلول حمض كلور الماء المركز إلى أنبوب اختبار يحوي 0.5gr من ثنائي أكسيد المنغنيز. ما لون الغاز المنطلق؟ قرب قضيب زجاجي مبلل بمحلول الأمونيا من فوهة الأنبوب، ماذا يحدث؟ اكتب معادلة التفاعل؟

ملاحظة: إذا لم يحدث التفاعل سخن على لهب لطيف.

٤ - تحضير الكلور من تفاعل ثنائي كرومات البوتاسيوم مع حمض كلور الماء:

ضع في قعر أنبوب اختبار قليلاً من ثنائي كرومات البوتاسيوم المسحوق ثم أضف إليها (2ml) من حمض كلور الماء (37%) يسخن المزيج بلطف. ماذا تلاحظ؟ اكتب معادلة التفاعل؟

٥- تحضير الكلور من تفاعل كلوريد الصوديوم وثنائي أكسيد المنغنيز بوجود حمض الكبريت:

ضع في أنبوب اختبار قليلاً من مزيج كلوريد الصوديوم وثنائي أكسيد المنغنيز وبحذر اسكب فوقه بواسطة ماصة عدة نقاط من محلول حمض الكبريت (96%) يسخن المزيج بلطف. ماذا تلاحظ؟ اكتب معادلة التفاعل؟

٤-٦- دراسة خواص الكلور:

١- اللون والرائحة والذوبان:

الكلور غاز أخضر مصفر ومخرش للجهاز التنفسي وينحل في الماء ويشكل ماء الكلور.

٢- تفاعل الكلور مع المعادن واللامعادن (تجرى تحت السحابة):

تفاعل الكلور مع المعادن:

١- سخن قليلاً من برادة النحاس في ملعقة احتراق و أدخلها في أنبوب مملوء بغاز الكلور. ماذا يتشكل؟ (هل يتشكل CuCl_2).

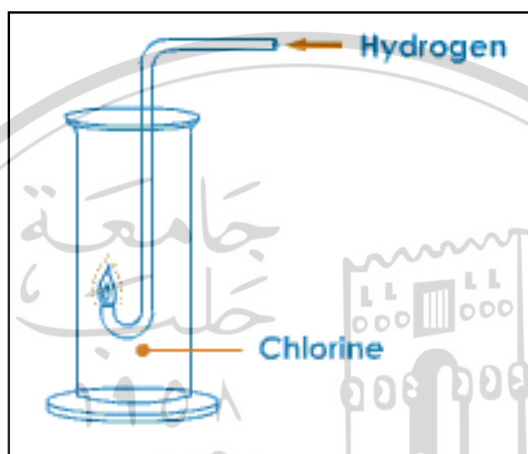
٢- سخن قطعة من الصوديوم في ملعقة احتراق وأدخلها وهي مشتعلة في أنبوب مملوء بغاز الكلور. يلاحظ تشكل دخان أبيض وهذا دليل على تشكل كلوريد الصوديوم NaCl .

تفاعل الكلور مع اللامعادن:

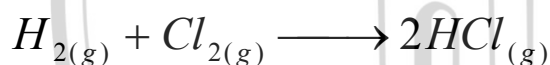
لا يؤثر الكلور مباشرة على الأكسجين والنيتروجين والكربون لكنه يؤثر في بقية اللامعادن. ضع قطعة من الفوسفور الأحمر في ملعقة احتراق وسخنها ثم أدخلها في أنبوب اختبار يحوي غاز الكلور. يشتعل الفوسفور مباشرة بلهب مخضر مشكلاً دخان أبيض من كلوريد الفوسفور الثلاثي والخماسي.

٣- تفاعل الكلور مع الهيدروجين:

اشعل الهيدروجين المنطلق من أنبوب اختبار يحوي حمضاً ممدداً وتوتياء ومحلول كبريتات النحاس ومجهز بسدادة وأنبوب انطلاق مؤنف، أدخل الشعلة في أنبوب يحوي غاز الكلور كما في الشكل (٢-٦) فيستمر الهيدروجين باحتراقه بلهب أبيض ويظهر ضباب من كلوريد الهيدروجين.

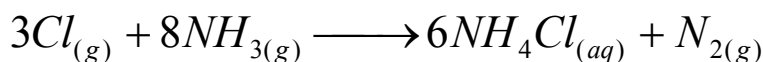
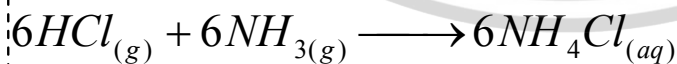


الشكل (٢-٦) تفاعل الكلور مع الهيدروجين

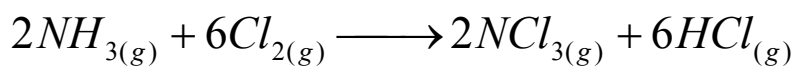


٤- تفاعل الكلور مع النشادر:

أضف بضع نقاط من محلول النشادر المركز إلى أنبوب يحوي الكلور ماذا يحدث؟
ملاحظة: يتفاعل محلول النشادر NH_3 مع غاز الكلور وعند وجود زيادة منه يتشكل كلوريد الأمونيوم والآزوت وفق الآتي.



عند وجود زيادة من الكلور واستعمال محلول النشادر الدافئ يتشكل بصورة رئيسية ثلاثي كلوريد الآزوت المنفجر.



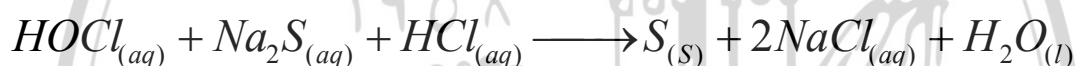
٥- الفعل التخريبي للكلور:

يتميز الكلور بميله الشديد للهيدروجين، فهو يستطيع تخريب بعض المواد العضوية مثل الشمع والبتروول والترينتين وبقية الفحوم الهيدروجينية مشكلاً كلوريد الهيدروجين ومخلفاً الكربون.

ضع شمعة صغيرة على ملعقة احتراق وأشعلها ثم أدخلها في أنبوب يحوي الكلور فتشتعل الشمعة بلهب أحمر ويتسب هباب الكربون مما يدل على تشكل كلوريد الهيدروجين.

٥-٦- الخواص المؤكسدة لماء الكلور:

١- أضف إلى محلول كبريتيد الصوديوم في أنبوب اختبار قليلاً من ماء الكلور:



٢- أضف قليلاً من ماء الكلور إلى الأنابيب الثلاثة الحاوية على التوالي: محلول يوديد البوتاسيوم، محلول ملح مور (محلول شاردة الحديد الثنائي)، محلول بروميد البوتاسيوم، ماذا يتشكل في الأنابيب الثلاثة؟ اكتب معادلات التفاعلات الثلاثة؟ لاحظ إزاحة الكلور للبروم واليود من أملاحهما.

أضف إلى أنبوب ملح مور ثيوسيانات البوتاسيوم ماذا يتشكل؟ اكتب معادلة التفاعل؟ ثم قارن هذا التفاعل مع تفاعل ملح مور وثيوسيانات البوتاسيوم دون إضافة ماء الكلور.

٣- مرر غاز الكلور على محلول هيدروكسيد الصوديوم. ماذا يتشكل بالبرودة والحرارة اكتب معادلات التفاعل؟

٤- ضع في أنبوب اختبار 2ml من ماء الكلور. ثم ادخل ورقة عباد الشمس الزرقاء ماذا تلاحظ؟

٥- ضع في أنبوب اختبار 1ml من حبر أزرق وأضف إليه 3ml من ماء الكلور ماذا يحدث؟

٦- خذ في أنبوب اختبار مقدار 1ml من محلول كلوريد الكروم الثلاثي ثم أضف إليه محلول هيدروكسيد البوتاسيوم أو الصوديوم حتى انحلال الراسب الذي يتشكل في بداية إضافة الهيدروكسيد ثم أضف كمية كافية من ماء الكلور المحضر.

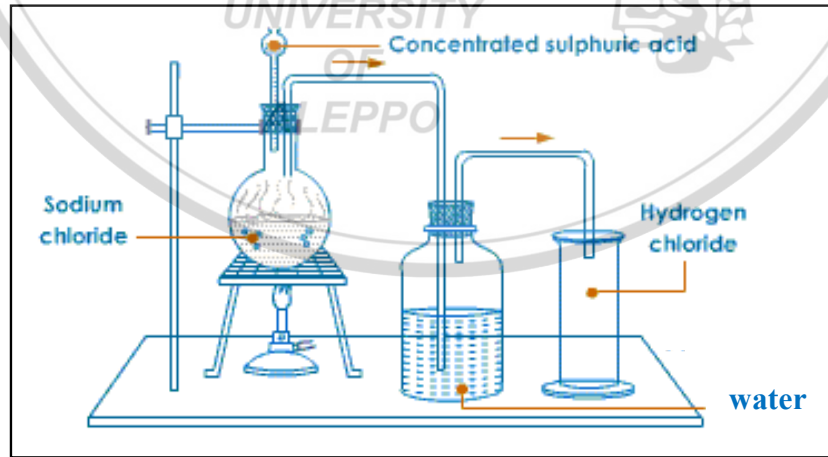
سخن الأنبوب على نار هادئة وراقب تغير الألوان. اكتب معادلات التفاعلات الحاصلة ووازن بتفاعلات الأكسدة والإرجاع. علماً أنه يتم أكسدة شاردة الكروميت (محلول أخضر) إلى شاردة الكرومات (محلول أصفر).

٦-٦- تحضير حمض كلور الماء و دراسة خواصه:

(يفضل إجراء التجربة تحت السحابة):

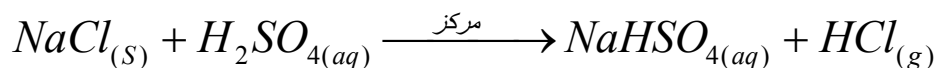
زن حوالي (15gr) من ملح الطعام و أدخله في الحوجلة كما في الشكل (٦-٣) وضع في قمع التنقيط حوالي 40ml من حمض الكبريت المركز 70% حجماً.

ضع في زجاجة الامتصاص مقدار 75ml ماء و أغلقها بسدادة أما نهاية الأنبوب في زجاجة الأمتصاص يجب أن تماس سطح الماء تقريباً. اسكب من قمع التنقيط نصف كمية الحمض و بعد أن يبتل ملح الطعام بالحمض، سخن الحوجلة ثم بعد (15) دقيقة



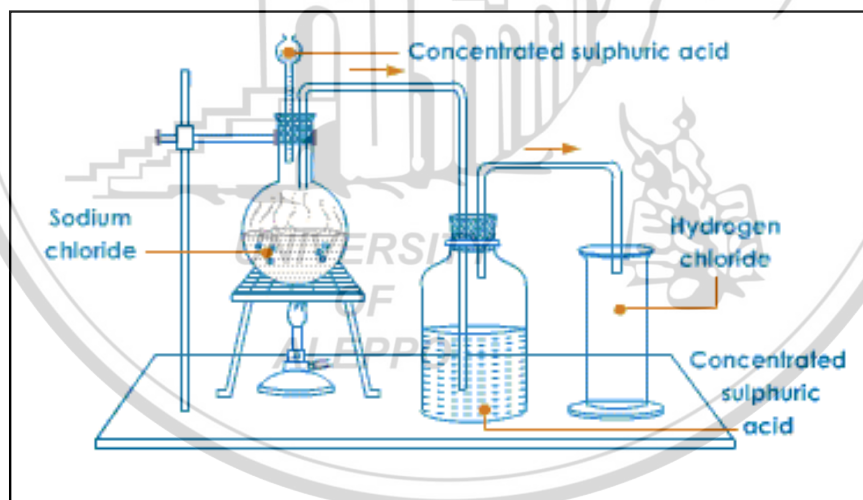
الشكل (٦-٣) تحضير حمض كلور الماء

أضف باقي الحمض مواصلاً التسخين حتى (30) دقيقة تقريباً أوقف التسخين بعدئذ وافصل زجاجة الامتصاص، يتشكل غاز كلوريد الهيدروجين وفق المعادلة التالية:



وفي انحلال غاز كلوريد الهيدروجين في الماء الذي يمر من خلاله يتشكل محلول حمض كلوريد الهيدروجين، وتجنباً لانطلاق غاز HCl في جو المختبر يوضع في الاسطوانة الأخيرة قطع من كربونات الأمونيوم وبضع حبات من هيدروكسيد الصوديوم وكمية قليلة من محلول الأمونيا المركز تكفي لترطيب الكربونات وقطع الهيدروكسيد.

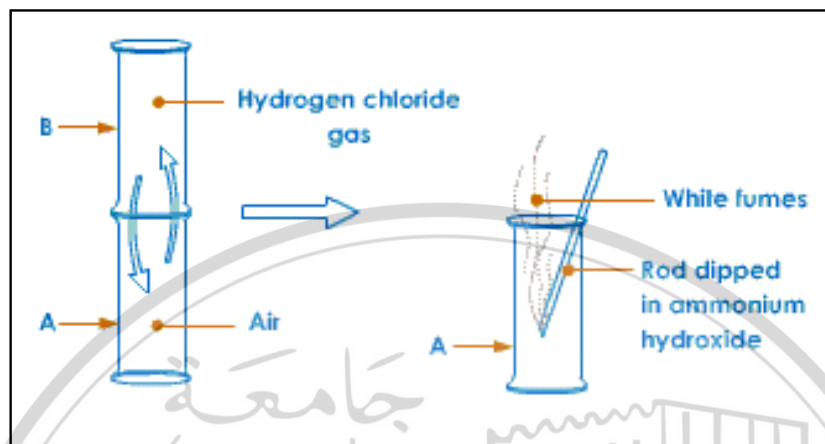
وللحصول على غاز كلوريد الهيدروجين HCl الجاف رتب الجهاز الموضح بالشكل (٦-٤) حيث يستغنى عن الماء بزجاجة الغسل في جهاز تحضير حمض كلوريد الهيدروجين ويستعاض عنها بحمض الكبريت المركز الذي يمتص الرطوبة .



الشكل (٦-٤) تحضير غاز كلوريد الهيدروجين الجاف

إن غاز كلوريد الهيدروجين أثقل من الهواء لذلك يمكن جمعة بإزاحة الهواء ولتجريب ذلك خذ أنبوب ممتلئ بغاز كلوريد الهيدروجين الجاف (B) ونكسه فوق أنبوب آخر مائل ممتلئ في الهواء (A) كما في الشكل (٦-٥) ثم فتش عن غاز

كلوريد الهيدروجين في الأنبوب الأسفل الذي كان ممتلئاً بالهواء بأن تغمس قضيب زجاجي في محلول الأمونيا ثم تدخله في الأنبوب الأسفل ماذا تلاحظ اكتب معادلة التفاعل ؟



الشكل (٥-٦) غاز كلوريد الهيدروجين يزيح الهواء

٦-٧- خواص حمض كلور الماء:

- ١- خذ في أنابيب اختبار قليلاً من حمض كلور الماء الذي حضرته وادرس تأثيره على المشعرات التالية: عباد الشمس، فينول فتالئين، أحمر الميثيل.
- ٢- ادرس تأثير حمض كلور الماء الممدد والمركز على كل من المغنزيوم و الألمنيوم والحديد و النحاس وادرس التفاعلات الحاصلة.
- ٣- خذ قطعة من الطباشير وأضف إليها قليلاً من حمض كلور الماء الممدد. ما الغاز المنطلق؟ اكتب معادلة التفاعل الحاصل؟
- ٤- ضع في أنبوب اختبار 1ml من محلول نترات الفضة وأضف إليه حوالي 2ml من حمض كلور الماء الممدد. ما لون الراسب المتشكل؟ أضف زيادة من محلول النشادر الممدد. هل يذوب الراسب؟ علل ذلك؟

البروم واليود:

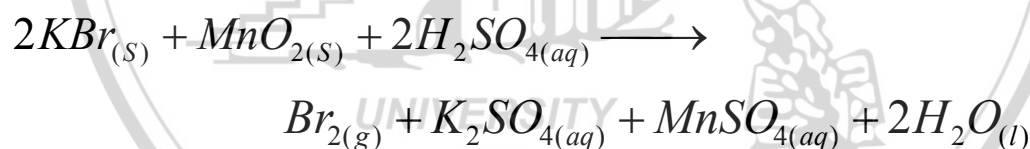
٨-٦- الأدوات والمواد المستخدمة:

معوجة، حوالة، حوض زجاجي، أنابيب اختبار، تلعج، بيشر، بوتقة خزفية، شبكة أسبستوس، مسحوق النحاس، قشور الألمنيوم، الفوسفور الأحمر، يود صلب، ورق عباد الشمس، محلول بروميد الصوديوم أو البوتاسيوم 0.5N، ثنائي أكسيد المنغنيز، حمض الكبريت المركز، حمض الأزوت الممدد، ماء الكلور، ماء البروم، محلول هيدروكسيد الصوديوم الممدد، محلول كبريتيد الهيدروجين H_2S أو Na_2S ، الكلوروفورم، محلول كلور الباريوم، ثنائي كبريتيد الكربون، رباعي كلوريد الكربون، مطبوخ النشاء، محلول كبريتات الحديد (II)

ملاحظة: البروم سائل خطر، فهو يسبب قروحاً على البشرة وبخاره سام للغاية، وهو مؤلم جداً للعينين لذا تجرى تجربة التحضير تحت الساحة.

٩-٦- تحضير البروم:

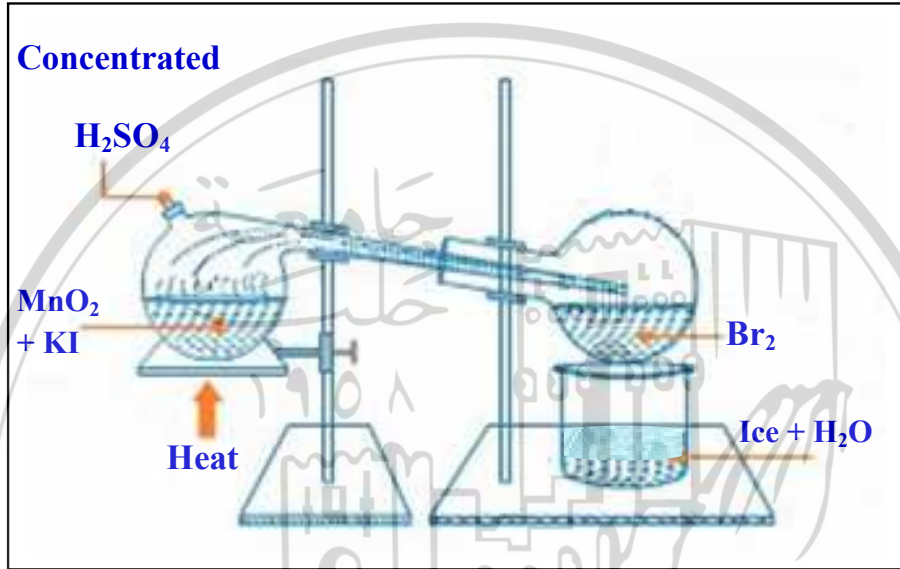
يحضر البروم بأكسدة شوارد البروميد بوجود ثنائي أكسيد المنغنيز وحمض الكبريت المركز وفق التفاعل التالي:



١- امزج في أنبوب اختبار كمية قليلة من بروميد الصوديوم وثنائي أكسيد المنغنيز ثم اسكب فوق المزيج 2 - 3 ml حمض الكبريت المركز. سخن بحذر أنبوب الاختبار ولاحظ انطلاق أبخرة البروم البنية.

٢- خذ 2 ml من محلول بروميد البوتاسيوم وأضف إليه حجماً مساوياً من ماء الكلور، ماذا تلاحظ؟ أضف إلى الناتج 1ml من الكلوروفورم ثم خض الأنبوب ولاحظ لون طبقة الكلوروفورم وأكتب معادلة التفاعل.

٣- يؤخذ في المعوجة حوالي 3gr من بروميد البوتاسيوم و 3gr من ثنائي أكسيد المنغنيز ثم يضاف 8ml من حمض الكبريت المركز إلى 6ml ماء في بيشر ويمزجان جيداً ومن ثم يضاف المزيج إلى المزيج الصلب في المعوجة كما في الشكل (٦-٦) وبعد التسخين اللطيف للمزيج تنطلق أبخرة البروم وتتكاثر في الحوجلة المبردة بالماء والتلج.



الشكل (٦-٦) تحضير البروم

ملاحظة: لا تستعمل سدادة أو وصلة مطاطية في هذا الجهاز وإنما سدادة زجاجية. هل يحدث التفاعل دون تسخين؟ أدفئ المزيج بلطف، ماذا تلاحظ؟ تنطلق أبخرة البروم في الحوجلة المجمدة والمبردة، وتتألف القطارة التي في الحوجلة المستقبلية من سائل البروم الأحمر الغامق وهو أثقل من الماء. الآن خذ الحوجلة المستقبلية وأضف إليها حوالي 10ml من الماء وخضها ثم غطها واطرها تحت الساحبة ليتم استخدامها لاحقاً.

١٠-٦- خواص البروم:

١- اللون والرائحة: ما لون ورائحة البروم (أبخرته سامة للغاية).

٢- ذوبانه في الماء: أضف بضع نقاط من البروم إلى ماء بارد في بيشر، ما لون المحلول الناتج؟ يذوب حوالي 3.6gr من البروم في كل من 100ml ماء في الدرجة 20°C.

٣- فعل البروم القاصر: خذ 3ml من ماء البروم المحضر سابقاً في أنبوب اختبار ثم ضع فيه قطعة نسيج ملونة أو ورقة عباد الشمس، لاحظ زوال لون كل من ورقة عباد الشمس أو القطعة النسيجية! ماذا تستنتج؟

١١-٦- الخواص المؤكسدة للبروم:

١- تفاعل البروم مع حمض الكبريتي:

ضع في أنبوب اختبار 3ml من محلول كبريتيت الصوديوم مع 1 ml من حمض كلور الماء الممدد ثم أضف إليه ماء البروم، لاحظ زوال لون ماء البروم، وللكشف عن المحلول الناتج عن (شاردة البروميد وشاردة الكبريتات) يقسم المحلول الناتج إلى قسمين (أ، ب) يضاف إلى (أ) محلول حمض الأزوت الممدد ومحلول نترات الفضة.

ملاحظة: يمكن أن يتشكل راسب من AgCl بالإضافة إلى AgBr لأن المحلول يحوي Cl⁻ من الحمض المضاف في بداية التجربة.

يضاف إلى (ب) محلول حمض كلور الماء ومحلول كلوريد الباريوم.

ملاحظة: تم تحضير حمض الكبريتي كما يلي:



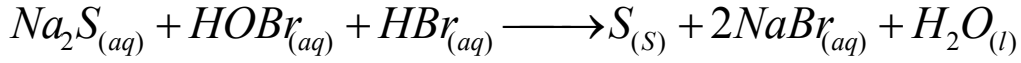
ومن ثم يتم تفاعل حمض الكبريتي مع ماء البروم وفق ما يلي:



٢- تفاعل البروم وماء البروم مع كبريتيد الهيدروجين:

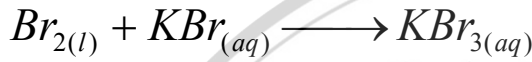
ملاحظة: استخدم كبريتيد الصوديوم عوضاً عن كبريتيد الهيدروجين.

أضف إلى محلول كبريتيد الصوديوم بضع نقاط من ماء البروم نقطة فنقطة وخض المحلول فيلاحظ تشكل عكر أبيض مصفر من الكبريت.



٣- تفاعل البروم أو ماء البروم مع بروميد البوتاسيوم:

أضف بضع نقاط من البروم أو ماء البروم إلى حوالي 5ml من محلول بروميد البوتاسيوم المشبع، ولاحظ ما يحدث اشرح الظاهرة المتشكلة.



٤- تفاعل البروم (ماء البروم) مع الألمنيوم، النحاس، الفوسفور الأحمر:

خذ ثلاثة أنابيب اختبار، وضع في كل منها أربع نقاط من ماء البروم، ضع في الأنبوب الأول عدة قطع من الألمنيوم وإذا لم يلاحظ حدوث التفاعل يسخن المحلول على حمام مائي حتى يتشكل $AlBr_3$ اكتب معادلة التفاعل الحاصل. ضع في الأنبوب الثاني ورقة نحاسية مسخنة (يمكن استخدام مسحوق النحاس الأحمر) وإذا لم يلاحظ حدوث تفاعل تسخن أيضاً على حمام مائي حتى يتشكل $CuBr_2$ لاحظ درجة أكسدة النحاس في المركب السابق واكتب معادلة التفاعل الحاصلة.

ضع في الأنبوب الثالث حوالي 0.5gr من الفوسفور الأحمر خض المحلول بشكل جيد.

ملاحظة: يتشكل في الأنبوب الثالث مزيج من PBr_5 و PBr_3 اللذين يتحلما بالماء لتشكيل H_3PO_3 و HPO_3 على الترتيب ويتشكل أيضاً HBr .

٥- تأثير البروم (ماء البروم) على كبريتات الحديدي:

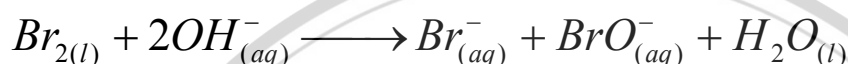
حمّض محلول كبريتات الحديدي بحمض الكبريت الممدد، ثم أضف بضع قطرات من البروم (ماء البروم). لاحظ تغير لون المحلول؟ كيف يتم الكشف في المحلول النهائي عن وجود شاردة الحديد III؟ قم بطريقة الكشف المناسبة واكتب معادلة التفاعل.

٦- تفاعل البروم (ماء البروم) مع هيدروكسيد الصوديوم:

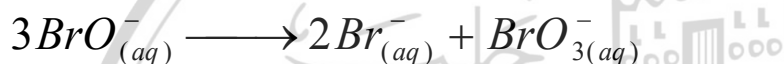
خذ في إنبوب اختبار 2 - 3 ml من ماء البروم ثم أضف إليه محلول هيدروكسيد الصوديوم، بين ماذا يحصل؟

هل اختفى لون ورائحة البروم؟ ! اكتب التفاعلات التي تحدث في درجة حرارة الغرفة وفي درجات أعلى؟

ملاحظة: يتفاعل البروم الحر مع محاليل القلويات المائية الممددة والباردة كما يلي:



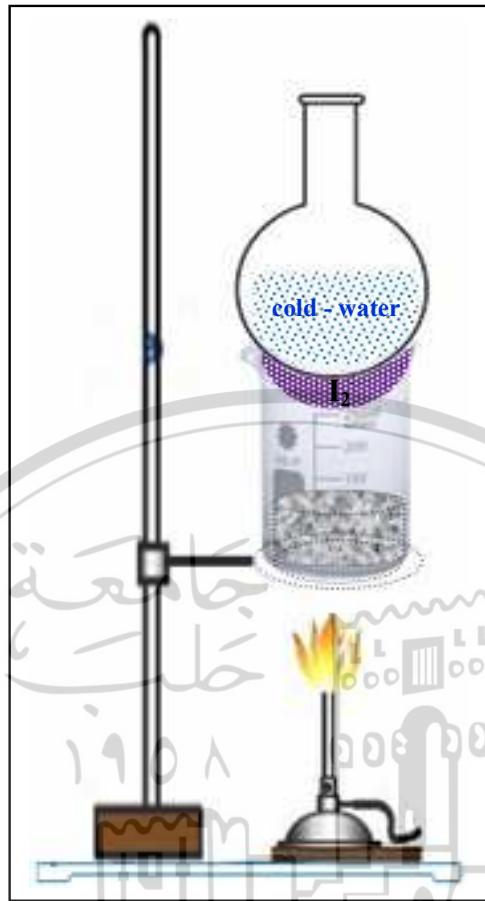
وفي درجات حرارة أعلى من درجة الغرفة تتفكك شوارد تحت البروميد كما يلي:



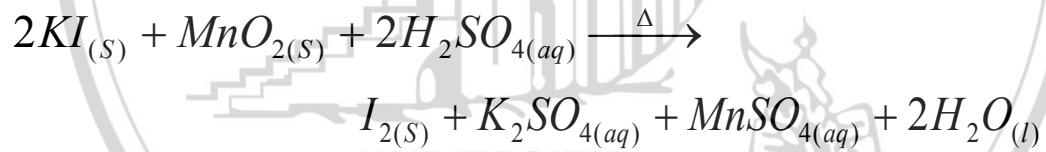
١٢-٦- تحضير اليود ودراسة خواصه:

١- تحضير اليود:

خذ 1gr من يوديد البوتاسيوم و 1gr من ثنائي أكسيد المنغنيز في بيشر واخلط المزيج بقضيب زجاجي ثم أضف 2 - 1 cm³ من حمض الكبريت المركز ثم ضع فوق البيشر حوالة حاوية على ماء بارد، سخن المزيج بلطف كما في الشكل (٦-٧)



الشكل (٦-٧) تصعيد اليود



ولاحظ تشكل بلورات اليود على السطح الخارجي السفلي من الحوجلة، ما لون بلورات اليود المنتشرة؟ اجمع بلورات اليود المنتشرة بحكها بقضيب زجاجي وضعها في زجاجة ذات غطاء زجاجي، قم بحل بعض البلورات المنتشرة من اليود بالماء لدراسة الخواص.

٢- خواص اليود:

١- لاحظ مظهره ورائحته.

٢- تأثير درجة الحرارة: ضع بلورة في أنبوب اختبار جاف، سخن الأنبوب بشكل أفقي ماذا يتشكل على الأقسام الباردة من الأنبوب؟

٣- الذوبان:

أ- ضع أربع بلورات من اليود في أنبوب اختبار وأضف إليها حوالي 10 ml من الماء خض بشكل جيد. لاحظ هل يتمتع اليود بذوبانية جيدة بالماء أم ماذا؟

ب- أضف بضع بلورات من يوديد البوتاسيوم إلى مزيج الماء واليود السابق. هل يتمتع اليود بذوبانية جيدة في محلول يوديد البوتاسيوم، علل إجابتك ؟ (يذوب اليود في محلول يوديد البوتاسيوم المائي نتيجة تشكل الشاردة (I_3^-) ويكون المحلول الناتج نقياً ومن هذا المحلول يمكن بلورة KI_3 .

ج- ضع حوالي 2ml من كل من المذيبات التالية في أنابيب اختبار (كلوروفورم، ثنائي كبريتيد الكربون، ثنائي إيثيل إيثر (تجنب اللهب) أضف بلورة صغيرة من اليود إلى ثنائي كبريتيد الكربون وأضف بلورتين أو ثلاث إلى كل من المذيبات الأخرى. سجل ألوان المحاليل الناتجة. يذوب اليود بسرعة في البنزن والكلوروفورم مشكلاً محاليل أرجوانية وفي ثنائي كبريتيد الكربون مشكلاً محاليل بنفسجية وفي الإيثر والكحول مشكلاً محاليل بنية اللون.

٤- النشاء:

أ- أضف بضع قطرات من محلول النشاء إلى أنبوب اختبار يحوي بضع نقاط من محلول اليود في الماء. دون ملاحظتك!

ب- سخن الناتج بلطف. ماذا يطرأ على اللون؟ برد تحت ماء الصنبور، ماذا يحدث.

ج- يعطي محلول اليود مع النشاء لوناً أزرق غامقاً. يزول هذا اللون عند التسخين ويعود ثانية بالتبريد.



الفصل السابع

مجموعة الكربون

٧-١ - مقدمة نظرية:

تتألف مجموعة الكربون من العناصر: (الكربون C، السيليكون Si، الجرمانيوم Ge، القصدير Sn، الرصاص Pb).

والتركيب الإلكتروني للطبقة السطحية (ns^2np^2) والبتالي يكون تكافؤها رباعياً. ويسلك كل من (C، Si) سلوك اللا معدن، أما Ge فشبه معدن و (Sn، Pb) معدنان. يشكل الكربون مركبات كثيرة وأغلبها عضوية مشتركة ويوجد بحالتي الأكسدة C^{4+} و C^{4-} ، ويشكل سلاسل وحلقات وروابط متعددة.

٧-٢ - الأشكال التآصلية للكربون:

يوجد الكربون بثلاث أشكال بلورية رئيسه الماس والغرافيت والفلورين.

١ - الماس أكثرها كثافة وقساوة وأكثرها ثباتاً، لأن بنيته تتألف من شبكة بلورية ذات تناظر مكعبي تحوي مجموعات رباعية الوجوه فيها كل ذرة كربون محاطة بأربع ذرات كربون أخرى وهذا يفسر عدم ناقليتها للكهرباء وارتفاع درجة الانصهار والغليان بسبب اشتراك جميع الكترونات الكربون السطحية في تشكيل روابط مشتركة بين جميع ذراته لهذا السبب يكون ثابت جداً والأكثر ثباتاً من جميع الأشكال التآصلية الأخرى.

٢ - الغرافيت جسم بلوري هش أسود، بنيته تتألف من طبقات كل طبقة عبارة عن شبكة من المسدسات المنتظمة في كل منها ذرة الكربون مرتبطة بثلاث ذرات كربون بواسطة ($3e$) متواجدة على ثلاث مدارات هجينة sp^2 . أما الإلكترون الرابع فيبقى في مداره الذري P غير الهجين وهو عمودي على مستوى المسدسات حيث تشكل الكترونات P جميعها جملة من الروابط π غير المتمركزة. وهذا ما يفسر تساوي

جميع الروابط C-C وتكون القوى الرابطة بين الطبقات هي قوى فاندر فالس الضعيفة حيث يمكن انزلاق طبقة على أخرى عند احتكاك الغرافيت مما يجعله ليناً دهني الملمس والغرافيت ناقل جيد للكهرباء بشكل موزٍ للطبقات ويعود ذلك لوجود الإلكترونات المشكلة للروابط π غير المتمركزة والتي تتحرك ضمن الطبقة الواحدة تحت تأثير الحقل الكهربائي، أما الناقلية بشكل عمودي على الطبقات فتكون ضعيفة.

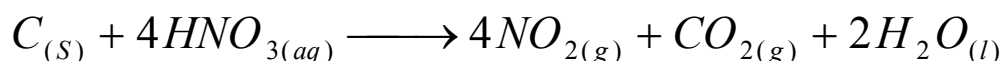
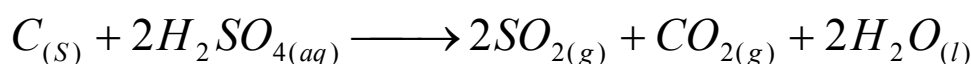
٣- **الفلورين** مادة بلورية كذلك يتألف كل جزيء فيه من ٦٠ إلى ٧٠ ذرة كربون تقريباً متوقعة على شكل كرة القدم أو كرة الركبي وذلك حسب عدد الذرات ففي العدد ٦٠ يكون شكل الجزيء كرة قدم تماماً تتوضع فيه ذرات الكربون في ملتقى أضلاع مسدسات أو خمسمسات وكلما زاد عدد ذرات الكربون في الجزيء يتفلطح شكل الجزيء ليصبح شكله بشكل كرة الركبي، وكل ذرة كربون فيه مرتبطة بثلاث ذرات كربون بواسطة (3e) والتهجين فيه من النوع sp^2 كالغرافيت وهو كذلك ناقل للتيار الكهربائي بفضل الإلكترون الرابع غير المرتبط.

وأيضاً من أشكال الكربون غير البلورية فحم الخشب، فحم الكوك، الفحم الحجري، ويتواجد في الحجر الكلسي والمرمر والرخام $CaCO_3$ ، الماغنيت $MgCO_3$ ، الدولوميت $CaCO_3.MgCO_3$ ، النفط، الكائنات الحية، في الجو بشكل CO_2 . أما السيليكون فيوجد بشكل سيليكات متنوعة.

من خواص الكربون: إرجاعه للأكاسيد حيث يرجعها إلى المعدن الحر وينطلق CO_2 وإرجاعه لبخار الماء:

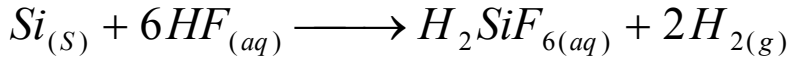


وإرجاعه لـ HNO_3 المركزين، H_2SO_4 .

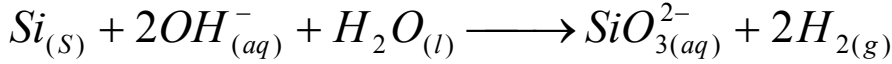


وتفاعله مع الأكسجين والكبريت والفلور والمعادن في شروط مختلفة.

أما السيليكون فيتفاعل مع HF.



ومع X_2 بدرجات حرارة عالية ليعطي SiX_4 ومع المحاليل القلوية مشكلاً محاليل السيليكا.



أما Sn و Pb فيتفاعلان مع الحموض مثلاً بتأثير HCl الممدد عليهما ضعيفاً أما المركز فيؤثر بشدة على Sn، ويبطئ على Pb. وكذلك H_2SO_4 الممدد والبارد لا يؤثر، أما المركز الحار فيؤثر عليهما معاً.

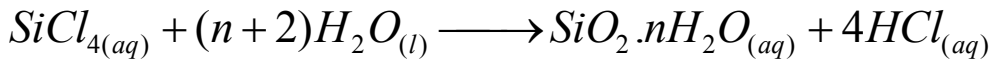


و HNO_3 المركز الساخن يؤثر بشدة على Sn، Pb ويعطي $Pb(NO_3)_2$ ، $SnO_2 \cdot nH_2O$ وينطلق NO_2 . ويتفاعل القصدير مع القلويات بالتسخين ويعطي القصديرات.

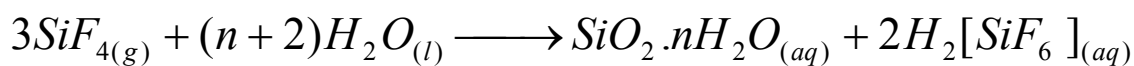


٣-٧- مركبات لعناصر المجموعة الرابعة:

الكربيدات والهيدريدات والهاليدات مثل CF_4 ويستعمل CCl_4 كمذيب على الرغم من أنه غير ثابت في الحلمهة ولكن بسبب عدم وجود مدارات d فارغة وبمقارنة هالوجينات الكربون نجد أنه يزداد عدم ثبات CX_4 بتأثير الحرارة والضوء بازدياد العدد الذري للهالوجين X_2 من الأعلى إلى الأسفل. أما هالوجينات السيليكون SiX_4 فجميعها تتميه (عدا SiF_4) لتعطي السيليكا.



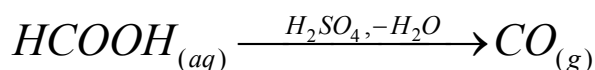
بينما SiF_4 يتحلله ليعطي HF الذي يتفاعل مع SiF_4 ويعطي الحمض السداسي فلورو السيليكون.



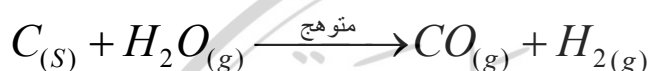
٤-٧- المركبات الأوكسجينية لعناصر المجموعة الرابعة:

- أول أكسيد الكربون CO:

يحضر مخبرياً بتأثير H_2SO_4 المركز (نازع للماء) على حمض النمل.



وصناعياً بطريقة فراش.



ومن تفاعلاته إرجاعه لبعض الأكاسيد إلى المعدن مثل Fe_2O_3 ، MnO_2 ، وبخار الماء.

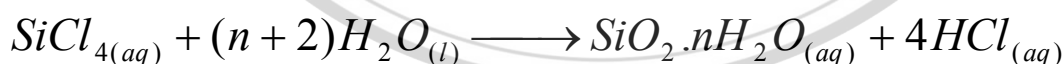
ويتفاعل مع Cl_2 في ضوء الشمس مشكلاً غاز الفوسجين السام جداً $COCl_2$.

- ثنائي أكسيد الكربون CO_2 : وهو أثبت أكاسيد الكربون بالدرجة العادية ينحل في الماء ليعطي حمض الكربون الضعيف، وذلك لضعف انحلاله الشديد في الماء في الشروط العادية.

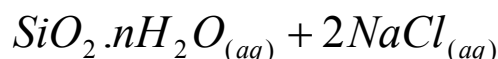
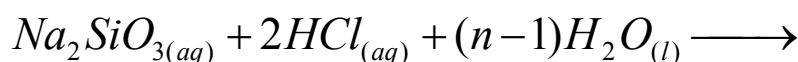
- مركبات السيليكون: الأكسيد SiO_2 الذي ينصهر بصعوبة وبدرجات حرارة عالية ويوجد بثلاثة أشكال بلورية ثلاثية الأبعاد (الكوارتز - الكريستوباليت) وفي جميعها تحاط ذرة (Si) بـ (4) ذرات O مرتبطة بروابط أحادية في رباعي الوجوه.

ومنها السيليكا $SiO_2.nH_2O$ وهي مادة قاسية حبيبية شفافة تحوي (4%) ماء.

تحضر النقية بكميات قليلة بحلمة $SiCl_4$.



وتحضر بكميات كبيرة بتحريض محلول سيليكات معدن قلوي.



وتستخدم كعامل مجفف (حيث يضاف لها COCl_2 اللامائي الأزرق فينقلب إلى الوردي عند الإماهة).

وهناك أنواع مختلفة من السيليكات: وهي الاورتوسيليكات $[\text{SiO}_4]^{4-}$ والبيروسيليكات $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$ والميتاسيليكات $[\text{SiO}_3]_n^{2-}$ يعرف أيضاً الأكاسيد PbO_2 ، SnO_2 ، GeO_2 وجميعها ثابتة ولها بيئة الروتيل وتزداد خواصها الأساسية من (Pb ← Si) حيث SiO_2 حمضي و GeO_2 أقل حمضية لأنه يعطي GeCl_4 مع HCl ، أما SnO_2 فمذبذب وخامل مثل PbO_2 ويعرف أيضاً حالات الأكسدة الثنائية لعناصر المجموعة النموذجية الرابعة.

٥-٧- المركبات غير الأكسجينية:

فبالنسبة إلى C: توجد فقط مركبات مرحلية (الكربينات "CR'R").

وبالنسبة إلى Ge: يوجد GeF_2 ، Ge(OH)_2 ، GeS .

وبالنسبة إلى Sn: يوجد SnCl_2 ، SnF_2 اللذان ينحلان في المحلات المانحة (أسيتون، بيريدين). والشاردة Sn^{2+} تتأكسد في المحلول بالهواء متحولة إلى Sn^{4+} التي تعطي مع القلويات أكسيداً مائياً ينحل بزيادة الكاشف لتعطي القصديرية لذا فهو مذبذب، والقصديرية مرجعة قوية وعند تخزينها يترسب SnO_2 ومن ثم يترسب Sn ببطء مع الزمن. أما أملاح Pb^{2+} فمعروفة كالنترات والخلات وأغلبها قليلة الانحلال مثل PbF_2 ، PbCl_2 وفيها غير المنحلة مثل الكبريتات والكرومات. أما هاليدات Pb^{2+} فهي مائية وبنيتها بلورية معقدة (SnX_2).

القسم العملي:

٦-٧- الأدوات والمواد المستخدمة:

مكثف عكوس، قمع بوخزر، أرلنماير، مضخة تفريغ، صفائح قصدير أو حبيبات، يود، حمض كلور الماء المركز (وزنه النوعي 1.18)، بلا ماء حمض الخل، كلورفورم، رباعي كلور الكربون، محلول يودات البوتاسيوم 0.025 mol/l، حمض الخل الثلجي، كلوريد القصدير اللامائي، محلول هيدروكسيد الصوديوم 4N، أسيتون، أيتز، محلول كلوريد الحديد 0.5N، فري سيانيد البوتاسيوم 0.5N، ثيوسيانات البوتاسيوم 0.5N، محلول كلوريد القصديري 0.5N، رباعي كلوريد السيليكون، كلوريد القصدير IV، حمض كلور الماء 4M، كلوريد الأمونيوم، يوديد القصدير، محلول يوديد البوتاسيوم.

٧-٧- تحضير كلوريد القصديري اللامائي:

أذب 5gr من صفائح القصدير في 20ml من حمض كلور الماء المركز في أرلنماير، سخن بلطف لإتمام التفاعل ثم استمر بالتسخين على حمام مائي، حتى ينقص حجم المحلول إلى النصف تقريباً ويكون كافياً لحدوث التبلور عند التبريد، ترشح البلورت وتجفف في مجفف يحوي كلوريد الكالسيوم. المركب الناتج هو $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

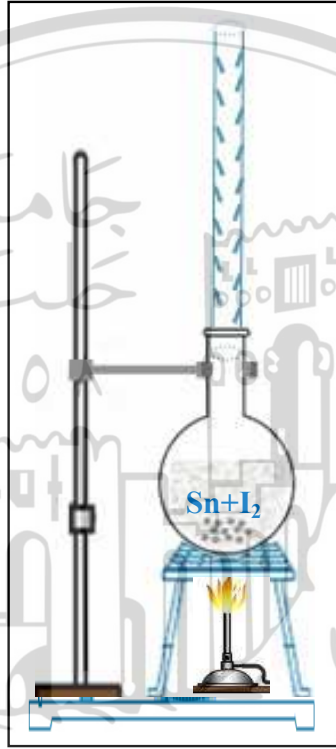
ملاحظة: يمكن الحصول على كلوريد القصدير اللامائي من تفاعل $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ مع مادة سهلة الحلمة مثل بلا ماء حمض الخل.

خذ 5gr من $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ في بيشر وأضف لها بانتباه 10ml من بلا ماء حمض الخل، عندها يترسب الملح اللا مائي ونرشح على قمع بوخزر ثم نغسل بالايتر ويجفف على ورقة الترشيح.

ملاحظة: هذا التفاعل عنيف جداً ويجب إجراؤه تحت الساحبة.

٨-٧- تحضير يوديد القصدير SnI_4

أضف 1.2gr من قطع القصدير و 4.8gr يود و 50ml من حمض الخل الثلجي و 50ml من بلا ماء حمض الخل في حوالة مدورة القعر مجهزة بمكثف. سخن بلطف ثم سخن بشدة حتى الغليان وتابع تقطير المزيج تقطيراً عكوساً حتى يختفي اللون البنفسجي لبخار اليود كما في الشكل (٧-١).



الشكل (٧-١) تحضير رباعي يوديد القصدير

ملاحظة: إذا بقي بعض القصدير أضف بضع بلورات من اليود ثم نعيد التقطير ثانية. برد المزيج في ماء مثلج بعد انتهاء التفاعل ورشح يوديد القصدير البرتقالي اللون على قمع بوخنر وأعد بلورته باستعمال الكلورفورم، زن الناتج وسجل المردود.

إعادة البلورة:

تفيد عملية البلورة في تنقية المواد الصلبة غير النقية، حيث تذاب المادة الصلبة غير النقية في مذيب مسخن ثم يرشح السائل للتخلص من أي مادة عالقة أو بقايا، وعادة يتم إذابة المادة التي يراد بلورتها في أصغر كمية من المذيب الساخن ثم إضافة

زيادة منه تتراوح بين 20-25% وتغسل المواد المتبقية على ورقة الترشيح بقليل من المذيب الساخن. يجمع الناتج المتبلور بترشيحه على قمع بوخنر ثم يغسل بقليل من المذيب البارد.

ملاحظة:

- 1- يكون التبلور جيداً إذا بردت الرشاحة ببطء.
- 2- تسخن المذيبات العضوية على سخانة كهربائية وليس على لهب لأن ذلك يؤدي إلى اشتعالها.

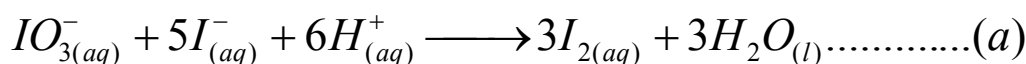
٩-٧- تعيين نسبة اليود في SnI_4

زن بدقة حوالي 0.3gr من يوديد القصدير، وضعها في أرلنماير ثم أضف إليه حوالي 30ml من حمض كلور الماء المركز و 10ml من رباعي كلوريد الكربون. عاير المزيج بإضافة يودات البوتاسيوم 0.025mol/l من السحاحة، فيلاحظ تلون المحلول بشدة بلون اليود الاحمر، تابع الإضافة حتى يصبح المحلول أحمرًا مائلاً إلى البني، سد الأرلنماير ثم خض المزيج تلاحظ تلون طبقة كلور الكربون باللون الأرجواني بسبب انحلال اليود في ذلك المحل، تابع إضافة محلول اليودات نقطة فنقطة فوق المحلول وخضه باستمرار حتى يفقد المذيب (رباعي كلوريد الكربون) لونه الأرجواني وتصبح الطبقة المائية ذات لون أصفر باهت. احسب نسبة اليود في العينة.

ملاحظة: تصبح الطبقة المائية ذات لون أصفر باهت نتيجة أكسدة اليود إلى ICl والذي يتشكل بوجود Cl^- الشرسبة ICl_2^- التي تعطي الطبقة المائية لوناً أصفر باهت.

* تفسير ما يحدث خلال المعايرة وطريقة الحساب:

تتفاعل يودات البوتاسيوم (وهي من المؤكسدات القوية) مع شاردة اليوديد في محلول ضعيف الحموضة لحمض لاعضوي مثل حمض كلور الماء وفق التفاعل التالي:



ولكن بوجود تركيز من حمض كلور الماء (4-6N) وزيادة منه تستمر اليودات في أكسدة I_2 إلى أحادي كلوريد اليود ICl والذي بدوره يشكل بوجود Cl^- الشاردة المعقدة ICl_2^- والتي تلون المحلول المائي بلون أصفر باهت.



ويمكن كتابة التفاعل الكلي بين اليودات واليوديد



يلاحظ من التفاعل (b) أن كل شاردة يودات (KIO_3) تتفاعل مع $2I^-$.

وهو أكثر فائدة من (a) لإمكانية تطبيقه على عدد كبير من المواد مثل الأنتيموان III، الزرنيخ III، اليوديد، ثيوكبريتات، ثيوسيانات وغيرها. يمكن كشف نهاية التفاعل باستعمال رباعي كلور الكربون. في نقطة انتهاء المعايرة يختفي اللون البنفسجي الناتج عن اليود الحر.

إذا تطلبت معايرة X gr من العينة حجماً قدره V ml من محلول يودات البوتاسيوم (0.025 M) فإن كمية اليودات المتفاعلة مع اليوديد هي:

$$X' = \frac{0.025 \times 214 \times V}{1000} \text{ gr} \dots \dots \dots (1)$$

حيث تمثل 214 الكتلة الجزيئية ليودات البوتاسيوم.

وبما أن جزيئة واحدة من KIO_3 تتفاعل مع $2I^-$ فإن كمية اليود في العينة المدروسة تساوي إلى:

$$Y = \frac{X' \times 253.8}{214} \text{ gr} \dots \dots \dots (2)$$

حيث تمثل 253.8 كتلة $2I^-$ وتكون النسبة المئوية لليود في العينة المدروسة مساوية المقدار.

$$Z = 100 \left(\frac{Y}{X} \right) \%$$

١٠-٧- تفاعلات عناصر المجموعة (IV)

توضح هذه التفاعلات مدى فعالية وثبات كل من حالتي الأكسدة +2 و +4 لهذه العناصر.

* التجارب المخبرية:

1- ضع حوالي 0.5gr من كلوريد القصديري اللامائي وأضف إليه الماء نقطة فنقطة، ماذا تلاحظ؟ أضف ببطء وبشكل متقطع حوالي 2ml من هيدروكسيد الصوديوم (4M)، فسر ملاحظاتك.

ملاحظة: يتحلل كلوريد القصديري بوجود زيادة من الماء ويعطي راسباً أبيض من كلوريد القصديري الأساسي Sn(OH)Cl أو H_2O . $[\text{Sn(OH)Cl}]$. وإن حلمة كلوريد القصديري تعطي بالإضافة إلى الراسب عدداً من الشوارد الأساسية أهمها $[\text{Sn}_3(\text{OH})_4]^{2+}$. يتشكل عند إضافة هيدروكسيد الصوديوم إلى محاليل أملاح القصديري راسب من الأكسيد المائي $\text{SnO} \cdot n\text{H}_2\text{O}$. يذوب هذا الأكسيد بزيادة من هيدروكسيد الصوديوم لإعطاء الشاردة $[\text{Sn(OH)}_6]^{4-}$.

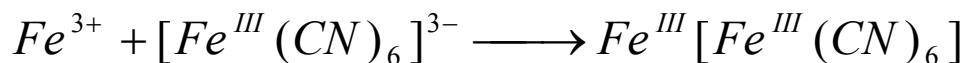
2- خذ حوالي 0.1gr من كلوريد القصديري اللامائي في ثلاثة أنابيب اختبار وأضف إلى الأول الأسيتون، والثاني الايتز، والثالث البيريدين، ماذا يحدث؟

ملاحظة: إن SnCl_2 اللامائي يذوب في المذيبات المانحة (التي تحوي زوجاً الكترونياً غير رابط تقدم هذا الزوج وتشكل رابطة تساندية) مثل الأسيتون والايتر والبيريدين ويشكل المعقدات الضعيفة $\text{SnCl}_2 \cdot \text{L}$ (ترمز L إلى المرتبطة وهي جزيء المذيب). لهذه المعقدات شكل هرمي أو شكل رباعي وجوه يحوي زوجاً الكترونياً غير رابط.

3- ضع في أنبوب اختبار 2ml من محلول كلوريد الحديد الثلاثي (2M) وأضف إليه (2ml) من هكسا سيانو فرات III البوتاسيوم (فري سيانيد البوتاسيوم 0.5M) $[\text{Fe(CN)}_6]^{4-}$. أضف إلى المزيج محلولاً محضراً حديثاً من كلوريد القصديري (1M) لاحظ اللون قبل وبعد إضافة كلوريد القصديري وفسر ما تلاحظ.

ملاحظة:

١- عند إضافة ملح الحديد الثلاثي إلى فري سيانيد البوتاسيوم يحدث التفاعل التالي ويعطي مركباً بنياً.



ولكن عند إضافة كلوريد القصديري يتشكل محلول أو راسب أزرق بروسيا $KFe^{III}[Fe^{II}(CN)_6]$ وذلك لأن الشاردة Sn^{2+} ترجع شاردة الحديد Fe^{3+} إلى Fe^{2+} .

٢- نلاحظ أن اللون الأزرق يتشكل نتيجة أحد التفاعلين التاليين:



أزرق ترونيول فري سيانيد البوتاسيوم



أزرق بروسيا فرو سيانيد البوتاسيوم

وقد تبين أن كلا من هذين المعقدتين لهما نفس الصيغة وهي:

$KFe^{III}[Fe^{II}(CN)_6]$ سواء أكان متشكلاً من التفاعل الأول أم من التفاعل الثاني. وبما أن هذه الصيغة تحوي أملاح الحديد الثنائي والحديد الثلاثي فلا بد للحصول على اللون الأزرق من استعمال أملاح فري سيانيد مع أملاح الحديدي أو فرو سيانيد مع أملاح الحديد الثلاثي.

٣- خذ أنبوبي اختبار وضع في كل منهما 2ml من محلول كلوريد الحديد الثلاثي (2M) وأضف إلى أحدهما عشر نقاط من محلول ثيوسيانات البوتاسيوم (2M) KSCN وأضف إلى الثاني (2ml) من محلول كلوريد القصديري ثم عشرة نقاط من محلول ثيوسيانات البوتاسيوم (2M) فسر ملاحظاتك.

ملاحظة: تعطي محاليل الحديد الثلاثي مع شاردة SCN^- لوناً أحمر شديداً (دموي) نتيجة تشكل $Fe(SCN)_3$ أو $Fe(SCN)_4^-$. أما محاليل الحديد الثنائي فلا تعطي أي لون مع SCN^- إذا كانت نقية وفي حالة أكسدتها جزئياً تعطي محلولاً أحمر خفيفاً. وعند

إضافة أملاح القصديري أرجعت شاردة الحديد Fe^{3+} إلى Fe^{2+} وبالتالي لا يتشكل اللون الأحمر وهذا دليل على أن Sn^{2+} مرجعة.

٤- أضف 4ml من كلوريد القصديري نقطة فأخرى إلى 2ml من محلول كلوريد الزئبق II (0.2M)، فسر ما تلاحظ:

ملاحظة: يلاحظ تشكل راسب أبيض من كلوريد الزئبقي Hg_2Cl_2 ، وبوجود زيادة من كلوريد القصديري وبالتسخين يصبح الراسب رمادي اللون نتيجة تشكل الزئبق الحر.

٥- خذ أربعة أنابيب اختبار وضع في الأول رباعي كلوريد الكربون أضف إليه 5ml من الماء وخض جيداً. هل تحدث حلمة؟

ضع في الثاني 1ml من كلوريد القصدير $SnCl_4$ وأضف إليه بالتدريج الماء، برد إلى الدرجة صفر ما الناتج؟ تتشكل بلورات من $SnCl_4 \cdot 5H_2O$. (يكون كلوريد القصدير IV غير المميّه سائلاً بينما يكون كلوريد القصدير المميّه $SnCl_4 \cdot 4H_2O$ صلب)

ضع في الثالث 1ml من كلوريد القصدير $SnCl_4$ وأضف إليه حوالي 5ml من حمض كلور الماء 4M بالتدريج، ما تأثير حمض كلور الماء على الحلمة.

ضع في الرابع 1ml من كلوريد القصدير $SnCl_4$ وأضف إليه قليلاً من هيدروكسيد الصوديوم 4M ولاحظ ما يحدث ثم أضف زيادة من المحلول القلوي وفسر ملاحظتك.

ملاحظة:

الأنبوب الأول CCl_4 لا يتحلّمه راجع السبب في المقدمة النظرية.

الأنبوب الثاني لا يتحلّمه $SnCl_4$ إلا بوجود كمية كبيرة من الماء للحصول على $SnCl_4 \cdot 5H_2O$.

الأنبوب الثالث في حال وجود HCl لا يتحلّمه $SnCl_4$

الأنبوب الرابع يتشكل أولاً $SnO_2 \cdot nH_2O$ وبزيادة من القلوي يتشكل المركب التالي $Na_2[Sn(OH)_6]$ المعروف بقصديرات الصوديوم.

٦- أذب 2gr من كلوريد الأمونيوم في أقل كمية ممكنة من الماء ثم أضف إليه وبانتباه 1ml من كلوريد القصدير IV ثم برد الناتج في الماء المثلج . لاحظ تشكل بلورات للملح $[(NH_4)_2[SnCl_6]]$!

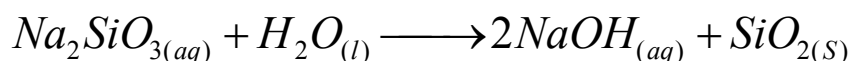
٧- أذب قليلاً من يوديد القصدير (SnI_4) في حوالي 5ml من الأسيتون ثم أقسم المحلول الناتج إلى قسمين، أضف إلى القسم الأول بضع قطرات من الماء، و أضف إلى القسم الثاني كمية مماثلة من محلول مشبع ليوديد البوتاسيوم. فسر ملاحظاتك في كلا الأنبوبين! لاحظ أن الروابط في الهاليدات الرباعية للقصدير تبدي صفات مشتركة لذلك من المتوقع ذوبانها في المحلات العضوية.

ملاحظة: يشكل يوديد القصدير IV مع الأسيتون المعقد $SnI_4(ac)_2$ القليل الثبات، حيث ترمز (ac) إلى جزيئه أسيتون، ويتحلله SnI_4 بسرعة بوجود الماء ليشكل $SnO_2 \cdot nH_2O$ في حين تسهم إضافة محلول يوديد البوتاسيوم في تشكيل المعقد $K_2[SnI_6]$ وهو راسب أسود يتفكك بالماء.

٨- خذ ثلاثة أنابيب اختبار أضف إلى كل منها حوالي 5ml من محلول سيليكات الصوديوم ثم أضف على التوالي محلول نترات الكوبالت، محلول نترات النيكل، محلول كبريتات النحاس، لاحظ ألوان وطبيعة الرواسب المتشكلة في الأنابيب الثلاثة !

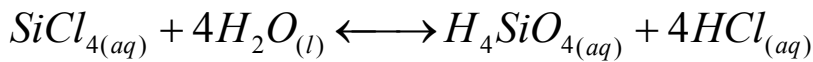
ملاحظة: يتشكل في الأنبوب الأول راسب أزرق هلامي من هيدروكسيد الكوبالت $Co(OH)_2$ ، بينما يتشكل في الأنبوب الثاني راسب أخضر من هيدروكسيد النيكل $Ni(OH)_2$ وفي الأنبوب الثالث راسب أزرق من هيدروكسيد النحاس $Cu(OH)_2$

إن حلمة سيليكات الصوديوم Na_2SiO_3 يضيفي على المحلول صفة قلوية تؤدي إلى تشكل الرواسب السابقة



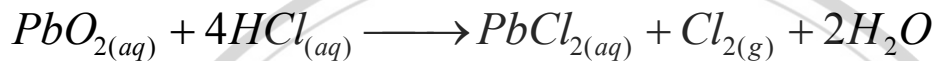
٩- ضع في أنبوبي اختبار حوالي 5 نقاط من رباعي كلوريد السيليكون و أضف إلى الأنبوب الأول قليلاً من الماء وأضف إلى الأنبوب الثاني 5ml من حمض كلور الماء المركز. فسر ما يحدث !

ملاحظة: يتحلله رباعي كلوريد السيليكون بوجود الماء وفق التفاعل التالي:

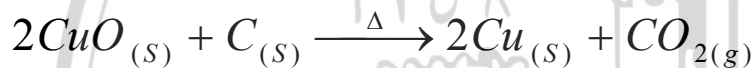


وفي حال وجود كمية من حمض كلور الماء المركز ينزاح التوازن نحو تشكيل $SiCl_4$ أي إن وجود HCl يمنع الحملة!

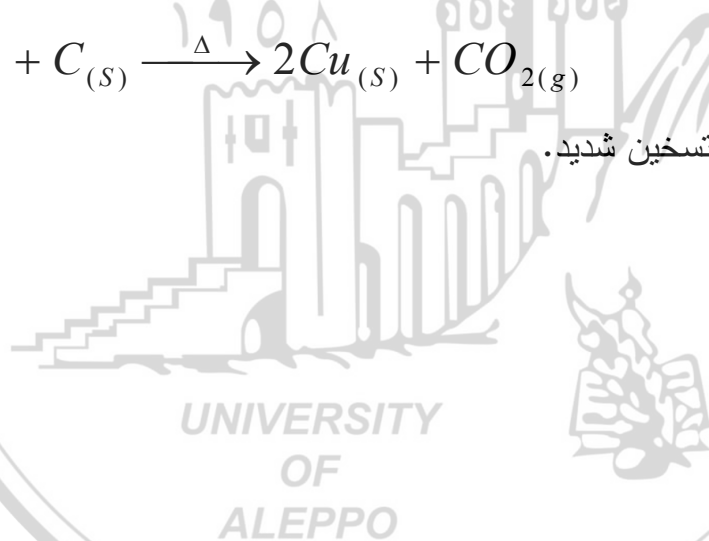
١٠- ضع في أنبوب اختبار قليلاً من PbO_2 و أضف 3ml من حمض كلور الماء المركز وسخنه بلطف. ماهو الغاز المنطلق وما لونه؟



١١- ضع في أنبوب اختبار 0.5gr من أكسيد النحاس CuO مع كمية مماثلة من مسحوق الخشب وسخن المزيج جيداً ولاحظ تحول لون الأكسيد الأسود إلى اللون الأحمر، فسر ما يحدث !



يحتاج التفاعل إلى تسخين شديد.



الفصل الثامن

مجموعة البور

١ - ٨ - مقدمة نظرية:

تتألف مجموعة البور من العناصر: (البور B - الألمنيوم Al - الغاليوم Ga - الإنديوم In - التاليوم Tl)، آخذة التركيب الإلكتروني للطبقة السطحية (ns^2np^1) وبالتالي تكافؤها الرئيس ثلاثي أما بفقد ($3e$) لتشكيل E^{3+} أو بتشكيل (3) روابط مشتركة عند تشكيل (3) مدارات هجينة من النوع sp^2 . أما التكافؤ فيزداد ثبات التكافؤ الأحادي (مفعول الزوج الإلكتروني الخاص) وبالعكس يتناقص ثبات الثلاثي من (B ← Tl) فمثلاً Tl^+ أثبت من Tl^{3+} أما B^{3+} فأثبت من B^+ .

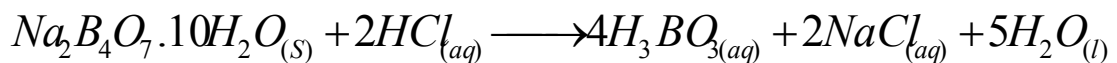
- يكون البور ممياً في بعض المركبات مثل البوراكس $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ وغير ممية في مركبات أخرى مثل $Mg_3(BO_3)_2 \cdot AlBO_3$.
أما الألمنيوم: فيوجد في الخامات الألومينوسيليكاتية التي تشكل معظم الصخور البركانية وأهمها:

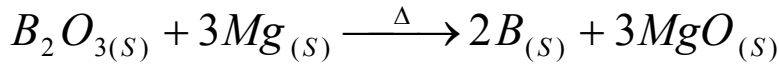
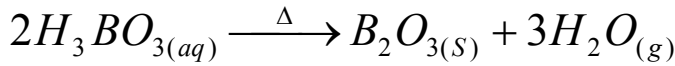
- ١- الفلدسبار $K(AlSiO_8)$ ٢- الميكا $KAl(OH)_2(AlSi_3O_{10})$ ٣- الغضار $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ ٤- البوكسيت $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ يستخدم في تحضير Al
- ٥- الكريوليت $Na_3[AlF_6]$

ويوجد كل من الغاليوم والإنديوم: مع فلزات Al، Zn.

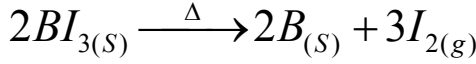
أما التاليوم: فيوجد بشكل كبريتيدات مع As، Sb، Pb.

يتم الحصول على البور من تفاعل البوراكس مع HCl ثم حرق حمض البور الناتج للحصول على أكسيد البور الذي يتم ارجاعه بالمغنيزيوم في الدرجات العالية وفق المعادلات التالية:

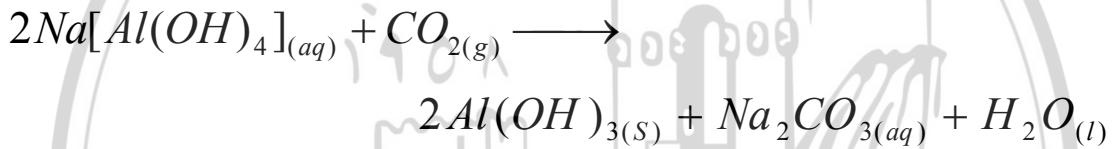




١- تحضير البور البلوري: وذلك بتفكيك BI_3 على سلك من التالوم.



أما الألمنيوم Al فيحضر من البوكسيت $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ حيث ينقى من الشوائب (Fe_2O_3 ، SiO_2) وفق التفاعلات التالية:
يتفاعل البوكسيت مع NaOH فينحل السيليكا والبوكسيت معطياً ألومينات الصوديوم ويفصل أكسيد الحديد بالترشيح ويرسب $Al(OH)_3$ بإمرار تيار من CO_2 على الألومينات المتشكلة.



ثم يفصل الراسب $Al(OH)_3$ بالترشيح عن المحلول الحاوي على السيليكا ويعالج حرارياً لطرد الماء فنحصل على Al_2O_3 النقي.

ثم يحل Al_2O_3 في مصهور الكريوليت $Na_3[AlF_6]$ ويحلل كهربائياً في خلية:

أ- مصعداها: (قضان غرافيتية) يتم عليها أكسدة ($O_2 \leftarrow OH^-$) أو O_2 يتفاعل على المصعد فينطلق CO_2 .

ب- مهبطها: (بطانة غرافيتية) يتم عليها إرجاع ($Al \leftarrow Al^{3+}$) حيث يجمع Al ويخرج من الخلية على شكل مصهور.

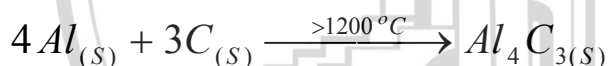
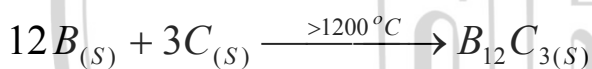
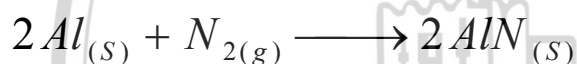
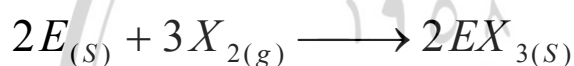
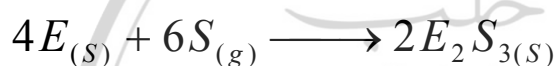
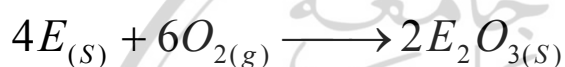
وتتميز الخواص الكيميائية والفيزيائية لكل من البور البلوري والألمنيوم بما يلي:

البور البلوري: مسحوق أسود لامع خامل كيميائياً، أما العديم الشكل فهو فعال ويعطي بالتسخين مع (X_2 ، O_2 ، N_2 ، المعادن) على الترتيب، الهاليدات والأكاسيد والنتريدات والبوريدات. ومع بخار الماء والقلويات والحموض المركزة يعطي حمض البور أو أملاحه.

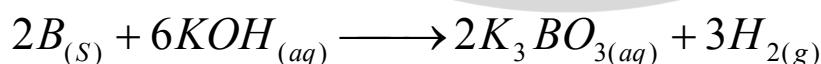
بينما الألمنيوم معدن أبيض فضي خفيف قاسي متين وقابل للتصفيح والسحب يقاوم التآكل لتشكل طبقة كتيمة وقاسية من أكسيده الذي يمنع استمرار التفاعل مع الهواء أو الماء أو الحموض الممددة ولا يؤثر الماء أو بخاره في Al حتى عند درجات الحرارة العالية. أما معادن الغاليوم Ga، الإنديوم In، التاليوم Tl فهي بيضاء لينة فعالة نسبياً.

تتفاعل مع الحموض بسهولة (عدا Tl الذي يتفاعل ببطء مع H_2SO_4 و HCl لأن أملاح Tl الأحادية قليلة الانحلال).

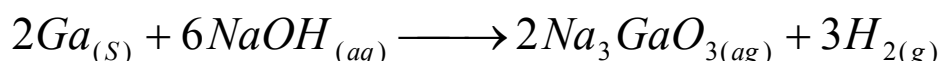
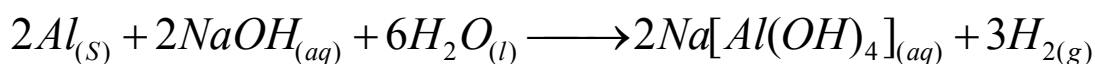
وتتفاعل مع اللا معادن وفق ما يأتي:



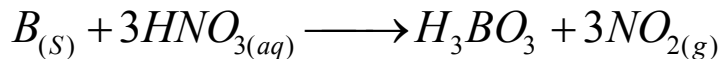
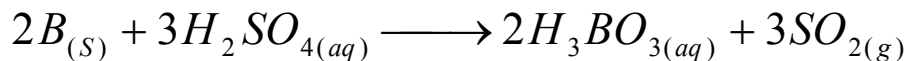
أما مع الماء فيتفاعل البور مع بخاره عند الدرجة الحمراء ليتشكل الأكسيد وينطلق H_2 . بينما مع الألمنيوم لا يتفاعل الماء عند الدرجة الحمراء لوجود طبقة الأكسيد الواقية، أما مسحوق الألمنيوم فيتفاعل بسرعة ويعطي $Al(OH)_3$ وينطلق H_2 ، كذلك لا تتفاعل باقي العناصر مع الماء النقي والخالٍ من O_2 . تتفاعل عناصر مجموعة البور مع القلويات وفق التفاعل التالي:



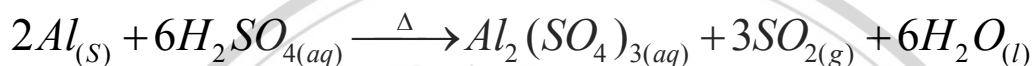
Al، Ga تتفاعل مع المحاليل القلوية.



وتتفاعل مع الحموض المؤكسدة بشروط مختلفة فمع حمض الكبريت يتفاعل البور كالاتي:



ولا يؤثر حمض الكبريت الممدد على الألمنيوم في حين يؤثر المركز الساخن بعنف وفق ما يأتي:



أما باقي عناصر المجموعة فتتفاعل مع الحموض الممددة بالتسخين وتتأثر بالحموض المركزة لتعطي E^{3+} ما عدا Tl فيعطي Tl^+ .

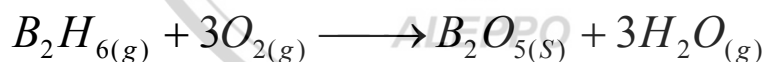
يتميز الألمنيوم بخواص مرجعة حيث يستطيع إرجاع الأكاسيد والكبريتيدات والهاليدات إلى المعدن الحر ناشراً كمية كبيرة من الحرارة ترفع درجة حرارة التفاعل وقد تصل إلى $3500^\circ C$ (تفيد في لحم الفولاذ).

ومن مركبات عناصر المجموعة الثالثة:

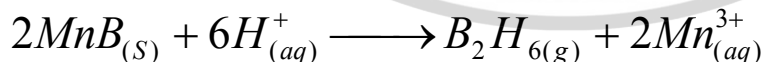
أ- ثنائي البوران: B_2H_6 غاز عديم اللون يتحلله بالماء بشكل تام ومباشر.



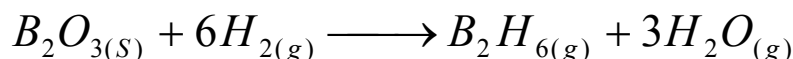
يشتعل تلقائياً في الهواء مع انتشار كمية كبيرة من الحرارة (يستخدم كوقود).



يحضر من حمض ممدد + بوريد معدني.

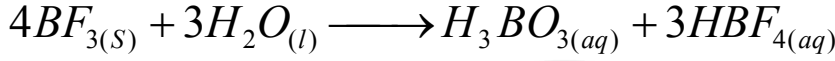
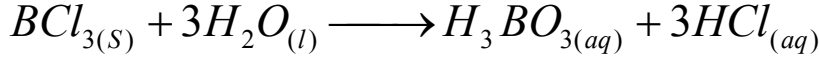


ومن هدرجة أكسيد أو هاليد أو ألكيل البور بـ H_2 بوجود وسيط مناسب.

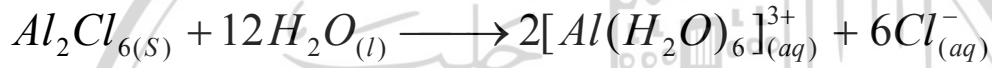


ب- هاليدات البور:

هي مركبات مشتركة طيارة (غازات) (عدا BI_3). ذات بنية مثلثية مستوية وتهجين sp^2 تحضر بالتفاعل المباشر وتتحلله بعنف بشكل كامل بالماء لتعطي حمض البور.



من الهاليدات أيضاً $AlCl_3$ مركب صلب يتصعد بالتسخين يحضر أما بالتفاعل المباشر أو بإمرار غاز HCl على Al بمعزل عن الرطوبة حيث يتفاعل $AlCl_3$ بإضافة الماء ليعطي الكلوريد المميّه وينشر حرارة.



ومنها $AlBr_3$ ، AlI_3 اللذان يشبهان $AlCl_3$.

ج- كبريتات الألمنيوم ومركبات الشب:

تتشكل كبريتات الألمنيوم من تفاعل H_2SO_4 المركز + $Al(OH)_3$ وبالبلورة تتكون بلورات بيضاء من $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ تعطي وسطاً حمضياً بالمحاليل المائية.

أما أملاح الشب الخاصة بالألمنيوم فتتكون من كبريتات الألمنيوم وكبريتات البوتاسيوم أو الأمونيوم ذات الصيغة العامة $EAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ (ثمانية الوجوه) شفافة تستخدم في:

ترسيب الغرويات السالبة وقطع النزيف ولمعالجة المياه الحاوية على معوقات.

القسم العملي:

٢-٨- الأدوات والمواد المستخدمة:

أرلينماير تفريغ، قمع بوخنر، مضخة مائية، بياشر مختلفة، سحاحة، أرلينماير، قطع ألومنيوم، تترابورات الصوديوم عشارية الماء (بوراكس صلب)، فلوريد الأمونيوم الصلب، كلوريد البوتاسيوم، ورق عباد الشمس، مشعر الميثيل البرتقالي، محلول هيدروكسيد الصوديوم (30%)، حمض كلور الماء الممدد و المركز، حمض الكبريت الممدد، حمض الآزوت الممدد والمركز، نترات أو كبريتات الألومنيوم، حمض البور، محلول هيدروكسيد الصوديوم (2M)، حمض كلور الماء (2M)، حمض الكبريت (4M)، محلول الأمونيا المركز، محلول هيدروكسيد البوتاسيوم، تترابورات الصوديوم، محلول فوق أكسيد الهيدرجين (6%)، كحول، إيتير، محلول برمنغنات البوتاسيوم (0.02M)، محلول يوديد البوتاسيوم، محلول كبريتات التيتانيوم IV (1%)، محلول فلوريد الصوديوم، فلورو بورات الأمونيوم، حمض الأوكزاليك ثنائي الماء، حمض الكبريت المركز.

٣-٨- خواص الألومنيوم:

أ - خذ قطعة ألومنيوم وضعها في أنبوب اختبار وأضف إليها ماءً مقطراً. هل يتفاعل مع الماء؟ سخن ولاحظ هل يحدث تفاعل؟ لماذا؟
ب - خذ قطعتي ألومنيوم ونظفهما بواسطة قطعة من ورق الصنفرة ثم اغمسها في محلول كلوريد الزئبقي واتركها عدة دقائق ثم انزع قطعتي الألومنيوم ونشفهما بورقة ترشيح، واترك واحدة عرضة للهواء، وخذ الثانية وضعها في أنبوب اختبار يحوي على الماء وخض جيداً، ماذا تلاحظ في الأنبوب؟ المس القطعة المعرضة للهواء ولاحظ ارتفاع درجة حرارتها علل؟ واكتب معادلة التفاعل.

ج - خذ قطعة ألومنيوم وضعها في أنبوب اختبار وأضف إليها حوالي 3ml حمض كلور الماء الممدد ماذا تلاحظ؟ أدفئ قليلاً ماذا تلاحظ؟ أعد التجربة مع الحمض

المركز ومع حمض الكبريت الممدد والمركز وحمض الآزوت الممدد والمركز وسجل ما تلاحظه واكتب التفاعلات الحاصلة ووازنها بطريقة تفاعلات الأكسدة والإرجاع.

د - جهّز أنبوب اختبار كبير وأغلقه بسدادة مجهزة بأنبوب انطلاق مؤنف الرأس، كما في تجربة الهيدروجين، وضع فيه قطعتي ألومنيوم واسكب فوقها حوالي 5ml من محلول هيدروكسيد الصوديوم (30%) ثم ضع السدادة وانتظر قليلاً إلى أن يشتد التفاعل ما هو الغاز الناتج؟ اكتب التفاعل الحاصل.

٤-٨- خواص المركبات الأكسجينية:

آ - خذ في أنبوب اختبار حوالي 2gr من البوراكس وأضف إليها حوالي 5ml من الماء وخض جيداً ولاحظ انحلال البوراكس في الماء البارد، أدفئ المحلول هل تزداد الانحلالية ما طبيعة الوسط؟ اكتب تفاعل الحملة.

ب - ضع في أنبوب اختبار كمية من الماء وسخنه وأضف إليه البوراكس حتى تحصل على محلول مشبع ثم أضف بحذر وانتباه حوالي نصف حجم المحلول من حمض الكبريت (4M) وبرّد محتويات الأنبوب في ماء بارد، لاحظ لون البلورات المتشكلة. اكتب معادلة التفاعل.

أعد التجربة ولكن استخدم حمض كلور الماء عوضاً عن حمض الكبريت ماذا تلاحظ؟ ج - جرب قابلية انحلال أورثو حمض البور بالماء البارد أولاً ثم بالماء الساخن واكشف عن طبيعة المحلول بواسطة ورقة عباد الشمس.

د - خذ في أنبوب اختبار حوالي 3ml من محلول كبريتات أو نترات الألومنيوم وأضف إليه محلول هيدروكسيد الصوديوم حتى يتشكل راسب. لاحظ لون وشكل الراسب المتشكل.

اقسم الراسب إلى قسمين وأضف إلى القسم الأول حمض الكبريت وأضف إلى القسم الثاني محلول هيدروكسيد الصوديوم. ماذا تستنتج؟ اكتب معادلات التفاعلات الحاصلة.

٥-٨- مركبات الشب:

تتشكل الأملاح المضاعفة مثل ملح مور $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ، و $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$... إلخ عند مزج محلولين مركزيين للملحين المشكلين، ولا تعدُّ أمثال هذه المركبات معقدات لأنه عند حلها نستطيع أن نكشف عن كل الشوارد المشكلة للملح المضاعف. فمثلاً في الملح الثاني نجد الشوارد $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ و $\text{K}(\text{H}_2\text{O})_6^+$ و SO_4^{2-} .

تعدُّ المركبات $M^I M^{III} (\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ حيث M^I يمكن أن تكون NH_4^+ أو K^+ أو Rb^+ أو Cs^+ أو Tl^+ ... إلخ. و M^{III} يمكن أن تكون Al^{3+} أو Cr^{3+} أو Fe^{3+} أو Mn^{3+} ... إلخ ذات أهمية خاصة وهي بلورات مكعبية تختلف نوعاً ما في بنيتها نتيجة لاختلاف حجم الشوارد أحادية الشحنة. وتسمى تبعاً للشاردة الثلاثية فمثلاً $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ يسمى بشب الألمنيوم و $\text{NH}_4\text{Cr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ يسمى بشب الكروم والألمونيوم و $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ يسمى بشب الألمنيوم البوتاسي... إلخ، أملاح الشب قليلة الانحلال عند الدرجات المنخفضة من الحرارة ولكن انحلاليتها تزداد بشكل واضح بازدياد درجة الحرارة. كما يتضح من الجدول التالي الذي يُبين انحلالية شب الألمنيوم والبوتاسيم في الماء (100gr/l).

| t°C | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|------------|-----|-----|------|------|------|------|
| الانحلالية | 7.6 | 9.6 | 11.4 | 16.6 | 23.8 | 36.4 |

تحضير شب الألمنيوم والبوتاسيوم و $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ وشب الألمنيوم والألمونيوم $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

طريقة العمل:

حضر المحاليل التالية:

١- محلول حمض الكبريت (4N) ويتم ذلك بإضافة 25ml حمض كبريت كثيف (96% , d = 1.48) إلى 225ml ماء مع التحريك الجيد، ويجب أن تتم إضافة الحمض

إلى الماء وليس العكس، كما يجب أن تكون إضافة الحمض على الجدار مع التحريك المستمر، دع المحلول يبرد في حرارة الغرفة.

٢- محلول هيدروكسيد الصوديوم (10%) و يتم ذلك بحل 10gr من هيدروكسيد الصوديوم الصلب في 50 ml ماء، ثم أكمل الحجم إلى 100 ml.

٣- محلول الأمونيا (2N) امزج 10 ml من محلول الأمونيا المركز (d = 0.88) مع 80 ml ماء.

٤- محلول هيدروكسيد البوتاسيوم (2N) وذلك بحل 12gr من البوتاس الكاوي الصلب في 50 ml ماء وأكمل الحجم إلى 100 ml.

ضع 1gr من الألمنيوم في بيشر أو أرلينماير سعة 200 ml وأضف إليه حوالي 10ml من الماء الساخن إلى أن يغمر المعدن بالماء، ثم أضف على دفعات 25ml من محلول هيدروكسيد الصوديوم (10%) بمعدل 5ml في كل دفعة، وسخن بلطف حتى انتهاء التفاعل، ثم اغل المحلول لمدة 15-20 دقيقة للتأكد من تمام انحلال الألمنيوم. ثم أضف ماءً ساخناً يعادل ضعف حجم المحلول الساخن ورشح، احفظ الرشاحة الحاوية على ألومينات الصوديوم.

خذ 25ml من محلول هيدروكسيد الصوديوم (10%) وعائره بمحلول حمض الكبريت (4N) الذي حضرته.

لإجراء المعايرة يتبع ما يلي: ضع 25ml من محلول هيدروكسيد الصوديوم في ألينماير سعة 400ml ثم أضف إليها حوالي 100ml ماء وبضع نقاط من مشعر الميتيل البرتقالي وعابر بإضافة محلول حمض الكبريت المحضر سابقاً والموضوع في سحاحة حتى نقطة تحول اللون الأصفر إلى اللون الأحمر الوردي. سجل حجم الحمض اللازم، ثم املاً السحاحة من جديد بالمحلول الحمضي. سخن محلول الألومينات بعد إضافة الماء ليصبح حجمه حوالي 200ml و أضف إليه ببطء من السحاحة محلول حمض الكبريت (4N) الحجم ذاته الذي لازم للمعايرة السابقة، فيتشكل راسب هلامي أبيض من هيدروكسيد الألمنيوم أو الألومينا المميّهة، رشح الراسب و

اغسله مرتين على الأقل بالماء الساخن، اجرف الراسب الأبيض إلى بيكر يحوي على 40ml من محلول حمض الكبريت (4N) المحضر سابقاً وهو في حالة الغليان ثم اغسل الراسب المتبقي على ورقة الترشيح بالمحلول الثاني نفسه.

اغسل الناتج حتى ينحل جميع الراسب واقسم المحلول إلى قسمين متساويين.

آ - لتحضير شب البوتاسيوم أضف إلى أحد القسمين (من المحلول السابق الحمضي) 20 ml من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم (2N) وامزج جيداً.

ب - لتحضير شب الأمونيوم. أضف إلى القسم الثاني 20ml من محلول الأمونيا (2N) وامزج جيداً. إذا تشكل أي راسب أبيض (ألومينا مميّهة) في (آ) أو (ب) حلّه بإضافة نقطة نقطة من محلول حمض الكبريت مع التحريك والتسخين ركز كلا المحلولين الناتجين عن (آ) و (ب) بتسخينهما على حمام مائي يغلي إلى أن يبدأ تشكل البلّورات ثم برد المحلولين ورشح البلّورات المتشكلة. للحصول على بلّورات كبيرة من الشب نركز المحلولين الناتجين عن (آ) و (ب) إلى نصف حجمها بتسخينها على حمام مائي ثم نترك المحلولين للتبلور البطيء للجلسة القادمة.

انزع البلّورات وجففها بورقة ترشيح، اكتب التفاعلات الحاصلة تفصيلاً.

٦-٨- تحضير برأكسو بورات الصوديوم (بربورات):

طريقة العمل:

حل 6gr من نترات البوتاسيوم الصوديوم عشارية الماء $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ في 40 ml من محلول هيدروكسيد الصوديوم (3.3%)، برد المحلول في ماء مثلج و أضف ببطء مع التحريك 40 ml من محلول فوق أوكسيد الهيدرجين (6%) وحرك جيداً حوالي عشرين دقيقة أو إلى أن ينتهي التبلور. رشح على قمع بوخنر موصول بمضخة مائية اغسل أولاً بالكحول ثم بالإيثير، ودع البلّورات تجف في الهواء على ورقة الترشيح.

عمل متمم:

١ - خذ قليلاً من البلورات الناتجة وحلّها في 5ml ماء وأضف إليها حوالي 2ml من محلول حمض الكبريت (2M) وقليلاً من محلول برمنغنات البوتاسيوم (0.02M). ماذا تلاحظ؟

٢ - خذ قليلاً من البلورات الناتجة في أنبوب اختبار وحلّها في 5ml ماء و أضف إليها حوالي 2ml من محلول حمض الكبريت (2M) ثم قليلاً من محلول (10%) يوديد البوتاسيوم. ماذا تلاحظ؟

٣ - أضف قليلاً من بلورات برأكسو بورات الصوديوم إلى 5ml ماء في أنبوب اختبار ثم أضف إليها 4ml من محلول كبريتات التيتانيوم IV (1%) و أتبعها بكمية زائدة من محلول فلوريد الصوديوم. ماذا تلاحظ؟ اكتب معادلات التفاعلات الحاصلة. وماهي الصيغة المنشورة لبرأكسو بورات الصوديوم؟.

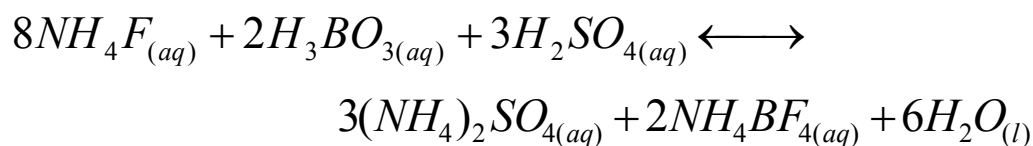
٧-٨- تحضير بعض معقدات البور والألمنيوم:

١- تحضير فلورو بورات الأمونيوم $NH_4 BF_4$:

طريقة العمل:

أضف إلى 50 ml ماء، والموجودة في بيشر ببطء، 30ml من حمض الكبريت الكثيف ($d = 1.84$) وامزج جيداً خلال الإضافة وبعدها ثم أضف 12gr من حمض البوريك الصلب وحرك جيداً إلى أن يبقى قليل من الحمض غير ذوّاب، سخّن قليلاً إذا لزم الأمر، ثم دع الناتج يبرد قليلاً وانتقل للعمل تحت الساحبة.

أضف مع التحريك إلى المحلول الساخن وعلى دفعات صغيرة 30gr من فلوريد الأمونيوم الصلب (إذا تمت الإضافة بكميات قليلة فلا يتصاعد HF ويفقد) عند الانتهاء من إضافة فلوريد الأمونيوم سخّن في حمام مائي لمدة ٣٠ دقيقة إلى أن يتم التفاعل بالكامل:



برّد الناتج بماء الصنبور ومن ثم في الماء المثلج. فيتشكل راسب وفير من البلورات رشح على ورقة ترشيح باستخدام قمع بوخزر وبالتفريغ، بعدئذٍ اضغط على ورقة الترشيح واعصرها قليلاً. انقل الراسب من ورقة الترشيح إلى بيشر وأضف إليه 25 ml أسيتون وحركه جيداً للتخلص من الحمض، أعد الترشيح و جفّف الناتج بتعريضه للجو. يمكن أن يحوي الراسب على كميات قليلة من كبريتات الأمونيوم وبعض فلورو سيليكات الأمونيوم التي تأتي من NH_4F ولهذا لا بد من إعادة التبلور، حلّ الراسب في أقل كمية ممكنة من الماء الساخن وأضف حوالي 2ml من محلول الأمونيا المركزة ($d = 0.88$) واغل المزيج إلى أن ينتهي ترسيب السيليكا وفق التفاعل:



رشح وركز المحلول (الرشاحة) بتسخينه على حمام مائي يغلي، ثم برد في الماء أولاً ومن ثم في ماء مثلج فينتج بلورات إبرية معينة مستقيمة (Orthorhombic) طويلة رشحها واغسلها بالأسيتون وجففها في الهواء.

٢- تحضير فلورو بورات البوتاسيم: $K[BF_4]$

طريقة العمل:

أ - خذ حوالي 5gr من فلورو بورات الأمونيوم التي حضرتها في التجربة السابقة وأذبها في أقل كمية من محلول الأمونيا المركزة تقريباً حوالي 2 ml .

ب - خذ 5gr من كلوريد البوتاسيوم وحلّها في 20 ml من الماء.

ج - رشح محلول فلورو بورات الأمونيوم الناتج عن (أ) فوق محلول كلوريد البوتاسيوم المحضر في (ب) وسخن المزيج الناتج، وإذا تشكّل أي راسب أضف أقل كمية ممكنة من الماء إلى أن يذوب أي راسب يكون قد تشكّل ولتحصل على محلول

رائق تماماً. اترك المحلول يبرد قليلاً ثم برده في ماء مثليج جيداً، رشح البلورات الناتجة. تكون البلورات المتشكلة شفافة ومعينة مستقيمة.

٨-٨- تحضير تري اكزالاتو الومينات البوتاسيم ثلاثية الماء:



طريقة العمل:

زن 1gr من الألمنيوم وضعها في بيشر سعة 200 ml وغطه بـ 10 ml من الماء الساخن، ثم أضف على دفعات 30 ml من محلول (20%) هيدروكسيد البوتاسيوم مع التدفئة، وعند الانتهاء من إضافة كمية هيدروكسيد البوتاسيوم اغل إلى أن يتم انحلال الألمنيوم، ثم رشح للتخلص من الشوائب المرافقة للألمنيوم وأضف 10ml من الماء إلى الرشاحة وسخن المحلول حتى الغليان. زن 14gr حمض الأكزاليك ثنائي الماء ($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) وأضفه على دفعات إلى محلول الألومينات الساخن، إلى أن يتشكل القليل من راسب هلامي من الألومينا المميهة ($Al_2O_3 \cdot nH_2O$) أولاً، اغل إلى أن ينحل الراسب المتشكل وتجنب أي زيادة من الحمض، يجب أن يكون المحلول معتدل تقريباً. رشح المحلول الساخن للتخلص من أي بقايا معدنية شائبة، ثم برد الرشاحة إلى درجة حرارة الغرفة، وأضف إليها 50ml من الكحول الإيثيلي وتابع التبريد على ماء الصنبور، فيتشكل راسب بلوري موشوري عديم اللون. إذا لم يتشكل الراسب وتشكلت طبقتان من السائلين حرك جيداً مع التبريد فيحدث التبلور. رشح واغسل الراسب أولاً بمحلول كحولي مائي (1:1) وأخيراً بالكحول الإيثيلي واترك الراسب ليجف عند درجة حرارة الغرفة في الهواء. اكتب معادلات التفاعلات الحاصلة.



الملاحق

APPENDIXES

UNIVERSITY
OF
ALEPPO

Periodic Table of the Elements

| Periodic Table of the Elements | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------|--|--------------------------------|--|--------------------------------|--|----------------------------------|--|----------------------------------|--|-------------------------------|--|-----------------------------------|--|--------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Hydrogen 1 H 1.0079 | | | | | | | | | | | | | | | | | | Helium 2 He 4.0026 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lithium 3 Li 6.941 | | Beryllium 4 Be 9.0122 | | | | | | | | | | | | | | | | Boron 5 B 10.811 | | Carbon 6 C 12.011 | | Nitrogen 7 N 14.007 | | Oxygen 8 O 15.999 | | Fluorine 9 F 18.998 | | Neon 10 Ne 20.180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sodium 11 Na 22.990 | | Magnesium 12 Mg 24.305 | | | | | | | | | | | | | | | | Aluminum 13 Al 26.982 | | Silicon 14 Si 28.086 | | Phosphorus 15 P 30.974 | | Sulfur 16 S 32.065 | | Chlorine 17 Cl 35.453 | | Argon 18 Ar 39.948 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Potassium 19 K 39.098 | | Calcium 20 Ca 40.078 | | | | | | | | | | | | | | | | Gallium 31 Ga 69.723 | | Germanium 32 Ge 72.641 | | Arsenic 33 As 74.922 | | Selenium 34 Se 78.96 | | Bromine 35 Br 79.904 | | Krypton 36 Kr 83.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rubidium 37 Rb 85.468 | | Strontium 38 Sr 87.62 | | | | | | | | | | | | | | | | Indium 49 In 114.82 | | Tin 50 Sn 118.71 | | Antimony 51 Sb 121.76 | | Tellurium 52 Te 127.60 | | Iodine 53 I 126.90 | | Xenon 54 Xe 131.29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cesium 55 Cs 132.91 | | Barium 56 Ba 137.33 | | | | | | | | | | | | | | | | Thallium 81 Tl 204.38 | | Lead 82 Pb 207.2 | | Bismuth 83 Bi 208.98 | | Polonium 84 Po [209] | | Astatine 85 At [210] | | Radon 86 Rn [222] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Francium 87 Fr [223] | | Radium 88 Ra [226] | | | | | | | | | | | | | | | | Uranium 92 U 238.03 | | Neptunium 93 Np [237] | | Plutonium 94 Pu [244] | | Americium 95 Am [243] | | Curium 96 Cm [247] | | Berkelium 97 Bk [247] | | Californium 98 Cf [251] | | Einsteinium 99 Es [252] | | Fermium 100 Fm [257] | | Mendelevium 101 Md [258] | | Nobelium 102 No [259] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

كمونات المساري القياسية (ε°) في الوسط الحمضي

| Couple | $^\circ$ (Volts) |
|--|------------------|
| $3N_2 + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow 2HN_3$ | -3.09 |
| $Li^+ + e^- \longleftrightarrow Li$ | -3.045 |
| $Cs^+ + e^- \longleftrightarrow Cs$ | -3.02 |
| $Rb^+ + e^- \longleftrightarrow Rb$ | -3 |
| $K^+ + e^- \longleftrightarrow K$ | -2.925 |
| $Ra^{2+} + 2e^- \longleftrightarrow Ra$ | -2.916 |
| $Ba^{2+} + 2e^- \longleftrightarrow Ba$ | -2.906 |
| $Sr^{2+} + 2e^- \longleftrightarrow Sr$ | -2.888 |
| $Ca^{2+} + 2e^- \longleftrightarrow Ca$ | -2.866 |
| $Na^+ + e^- \longleftrightarrow Na$ | -2.714 |
| $La^{3+} + 3e^- \longleftrightarrow La$ | -2.52 |
| $Ce^{3+} + 3e^- \longleftrightarrow Ce$ | -2.483 |
| $Nd^{3+} + 3e^- \longleftrightarrow Nd$ | -2.44 |
| $Sm^{3+} + 3e^- \longleftrightarrow Sm$ | -2.41 |
| $Gd^{3+} + 3e^- \longleftrightarrow Gd$ | -2.40 |

| | |
|---|-------|
| $Mg^{2+} + 2e^{-} \longleftrightarrow Mg$ | -2.37 |
| $Y^{3+} + 3e^{-} \longleftrightarrow Y$ | -2.37 |
| $Am^{3+} + 3e^{-} \longleftrightarrow Am$ | -2.32 |
| $Lu^{3+} + 3e^{-} \longleftrightarrow Lu$ | -2.25 |
| $H_2 + 2e^{-} \longleftrightarrow 2H^{-}$ | -2.25 |
| $H^{+} + e^{-} \longleftrightarrow H_g$ | -2.10 |
| $Sc^{3+} + 3e^{-} \longleftrightarrow Sc$ | -2.08 |
| $Pu^{3+} + 3e^{-} \longleftrightarrow Pu$ | -2.07 |
| $AlF_6^{3-} + 3e^{-} \longleftrightarrow Al + 6F^{-}$ | -2.07 |
| $Th^{4+} + 4e^{-} \longleftrightarrow Th$ | -1.90 |
| $Nb^{3+} + 3e^{-} \longleftrightarrow Nb$ | -1.86 |
| $Be^{2+} + 2e^{-} \longleftrightarrow Be$ | -1.85 |
| $U^{3+} + 3e^{-} \longleftrightarrow U$ | -1.80 |
| $Hf^{4+} + 4e^{-} \longleftrightarrow Hf$ | -1.70 |
| $Ti^{2+} + 2e^{-} \longleftrightarrow Ti$ | -1.63 |
| $Zr^{4+} + 4e^{-} \longleftrightarrow Zr$ | -1.53 |
| $SiF_6^{2-} + 4e^{-} \longleftrightarrow Si + 6F^{-}$ | -1.20 |

| | |
|---|--------|
| $TiF_6^{2-} + 4e^- \longleftrightarrow Ti + 6F^-$ | -1.19 |
| $Mn^{2+} + 2e^- \longleftrightarrow Mn$ | -1.18 |
| $V^{2+} + 2e^- \longleftrightarrow V$ | -1.18 |
| $Nb^{3+} + 3e^- \longleftrightarrow Nb$ | -1.1 |
| $TiO^{2+} + 2H^+ + 4e^- \longleftrightarrow Ti + H_2O$ | -0.89 |
| $H_3BO_3 + 3H^+ + 3e^- \longleftrightarrow B + 3H_2O$ | -0.87 |
| $SiO_2 + 4H^+ + 4e^- \longleftrightarrow Si + 2H_2O$ | -0.86 |
| $Ta_2O_5 + 10H^+ + 10e^- \longleftrightarrow 2Ta + 5H_2O$ | -0.81 |
| $Zn^{2+} + 2e^- \longleftrightarrow Zn$ | -0.763 |
| $Tl + e^- \longleftrightarrow Tl + I^-$ | -0.753 |
| $Cr^{3+} + 3e^- \longleftrightarrow Cr$ | -0.74 |
| $Te^{2+} + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow H_2Te$ | -0.72 |
| $TlBr + e^- \longleftrightarrow Tl + Br^-$ | -0.658 |
| $Nb_2O_5 + 10H^+ + 10e^- \longleftrightarrow 2Nb + 5H_2O$ | -0.65 |
| $U^{4+} + e^- \longleftrightarrow U^{3+}$ | -0.61 |
| $As + 3H^+ + 3e^- \longleftrightarrow AsH_3$ | -0.60 |
| $TlCl + e^- \longleftrightarrow Tl + Cl^-$ | -0.557 |

| | |
|--|---------|
| $Ga^{3+} + 3e^{-} \longleftrightarrow Ga$ | -0.53 |
| $Sb + 3H^{+} + 3e^{-} \longleftrightarrow SbH_3$ | -0.51 |
| $H_3PO_2 + H^{+} + e^{-} \longleftrightarrow P + 2H_2O$ | -0.51 |
| $H_3PO_3 + 2H^{+} + 2e^{-} \longleftrightarrow H_3PO_2 + H_2O$ | -0.50 |
| $Fe^{2+} + 2e^{-} \longleftrightarrow Fe$ | -0.440 |
| $Eu^{3+} + e^{-} \longleftrightarrow Eu^{2+}$ | -0.43 |
| $Cr^{3+} + e^{-} \longleftrightarrow Cr^{2+}$ | -0.41 |
| $Cd^{2+} + 2e^{-} \longleftrightarrow Cd$ | -0.403 |
| $Se + 2H^{+} + 2e^{-} \longleftrightarrow H_2Se$ | -0.40 |
| $Ti^{3+} + e^{-} \longleftrightarrow Ti^{2+}$ | -0.37 |
| $PbI_2 + 2e^{-} \longleftrightarrow Pb + 2I^{-}$ | -0.365 |
| $PbSO_4 + 2e^{-} \longleftrightarrow Pb + SO_4^{2-}$ | -0.3588 |
| $In^{3+} + 3e^{-} \longleftrightarrow In$ | -0.342 |
| $Tl^{+} + e^{-} \longleftrightarrow Tl$ | -0.3336 |
| $2HCNO + 2H^{+} + 2e^{-} \longleftrightarrow C_2N_2 + 2H_2O$ | -0.33 |
| $PtS + 2H^{+} + 2e^{-} \longleftrightarrow Pt + H_2S$ | -0.30 |
| $PbBr_2 + 2e^{-} \longleftrightarrow Pb + 2Br^{-}$ | -0.280 |

| | |
|--|--------|
| $Co^{2+} + 2e^{-} \longleftrightarrow Co$ | -0.277 |
| $H_3PO_4 + 2H^{+} + 2e^{-} \longleftrightarrow H_3PO_3 + H_2O$ | -0.276 |
| $PbCl_2 + 2e^{-} \longleftrightarrow Pb + 2Cl^{-}$ | -0.268 |
| $V^{3+} + e^{-} \longleftrightarrow V^{2+}$ | -0.255 |
| $V(OH)_4 + 4H^{+} + 5e^{-} \longleftrightarrow V + 4H_2O$ | -0.253 |
| $SnF_6^{2-} + 4e^{-} \longleftrightarrow Sn + 6F^{-}$ | -0.25 |
| $Ni^{2+} + 2e^{-} \longleftrightarrow Ni$ | -0.25 |
| $N_2 + 5H^{+} + 4e^{-} \longleftrightarrow N_2H_5^{+}$ | -0.23 |
| $2SO_4^{2-} + 4H^{+} + 2e^{-} \longleftrightarrow S_2O_6^{2-} + 2H_2O$ | -0.22 |
| $Mo^{3+} + 3e^{-} \longleftrightarrow Mo$ | -0.20 |
| $CO_2 + 2H^{+} + 2e^{-} \longleftrightarrow HCOOH_{(aq)}$ | -0.196 |
| $CuI + e^{-} \longleftrightarrow Cu + I^{-}$ | -0.185 |
| $AgI + e^{-} \longleftrightarrow Ag + I^{-}$ | -0.151 |
| $Sn^{2+} + 2e^{-} \longleftrightarrow Sn$ | -0.136 |
| $O_2 + H^{+} + e^{-} \longleftrightarrow HO_2$ | -0.130 |
| $Pb^{2+} + 2e^{-} \longleftrightarrow Pb$ | -0.126 |
| $GeO_2 + 4H^{+} + 4e^{-} \longleftrightarrow Ge + 2H_2O$ | -0.120 |

| | |
|---|--------|
| $WO_3 + 6H^+ + 6e^- \longleftrightarrow W + 3H_2O$ | -0.090 |
| $2H_2SO_3 + H^+ + 2e^- \longleftrightarrow HS_2O_4^- + 2H_2O$ | -0.080 |
| $HgI_4^{2-} + 2e^- \longleftrightarrow Hg + 4I^-$ | -0.040 |
| $2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow H_2$ | 0.00 |
| $Ag(S_2O_3)_2^{3-} + e^- \longleftrightarrow Ag + 2S_2O_3^{2-}$ | +0.001 |
| $CuBr + e^- \longleftrightarrow Br^- + Cu$ | +0.033 |
| $UO_2^{2+} + e^- \longleftrightarrow UO_2^+$ | +0.050 |
| $HCOOH_{(aq)} + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow HCHO_{(aq)} + H_2O$ | +0.056 |
| $P + 3H^+ + 3e^- \longleftrightarrow PH_{3(g)}$ | +0.060 |
| $AgBr + e^- \longleftrightarrow Ag + Br^-$ | +0.095 |
| $TiO^{2+} + 2H^+ + e^- \longleftrightarrow Ti^{3+} + H_2O$ | +0.100 |
| $Si + 4H^+ + 4e^- \longleftrightarrow SiH_4$ | +0.102 |
| $C + 4H^+ + 4e^- \longleftrightarrow CH_4$ | +0.130 |
| $CuCl + e^- \longleftrightarrow CuCl^-$ | +0.137 |
| $S + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow H_2S$ | +0.141 |
| $Np^{4+} + e^- \longleftrightarrow Np^{3+}$ | +0.147 |
| $Sn^{4+} + 2e^- \longleftrightarrow Sn^{2+}$ | +0.150 |

| | |
|--|---------|
| $Sb_2O_3 + 6H^+ + 6e^- \longleftrightarrow 2Sb + 3H_2O$ | + 0.152 |
| $Cu^{2+} + e^- \longleftrightarrow Cu^+$ | + 0.153 |
| $BiOCl + 2H^+ + 3e^- \longleftrightarrow Bi + H_2O + Cl^-$ | + 0.160 |
| $SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- \longleftrightarrow H_2SO_3 + H_2O$ | + 0.170 |
| $HCHO_{(aq)} + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow CH_3OH_{(aq)}$ | + 0.190 |
| $HgBr_4^{2-} + 2e^- \longleftrightarrow Hg + 4Br^-$ | + 0.210 |
| $AgCl + e^- \longleftrightarrow Ag + Cl^-$ | + 0.222 |
| $(CH_3)_2SO_2 + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow (CH_3)_2SO + H_2O$ | + 0.230 |
| $HAsO_2 + 3H^+ + 3e^- \longleftrightarrow As + 2H_2O$ | + 0.247 |
| $ReO_2 + 4H^+ + 4e^- \longleftrightarrow Re + 2H_2O$ | + 0.252 |
| $BiO^+ + 2H^+ + 3e^- \longleftrightarrow Bi + H_2O$ | + 0.320 |
| $UO_2^{2+} + 4H^+ + 2e^- \longleftrightarrow U^{4+} + 2H_2O$ | + 0.334 |
| $Cu^{2+} + 2e^- \longleftrightarrow Cu$ | + 0.337 |
| $AgIO_3 + e^- \longleftrightarrow Ag + IO_3^-$ | + 0.350 |
| $Fe(CN)_6^{3-} + e^- \longleftrightarrow Fe(CN)_6^{4-}$ | + 0.360 |
| $VO^{2+} + 2H^+ + e^- \longleftrightarrow V^{3+} + H_2O$ | + 0.361 |
| $ReO_4^- + 8H^+ + 7e^- \longleftrightarrow Re + 4H_2O$ | + 0.363 |

| | |
|--|----------|
| $C_2N_2 + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow 2HCN_{(aq)}$ | + 0.370 |
| $2H_2SO_3 + 2H^+ + 4e^- \longleftrightarrow S_2O_3^{2-} + 3H_2O$ | + 0.400 |
| $RhCl_6^{3-} + 3e^- \longleftrightarrow Rh + 6Cl^-$ | + 0.440 |
| $Ag_2CrO_4 + 2e^- \longleftrightarrow 2Ag + CrO_4^{2-}$ | + 0.446 |
| $H_2SO_3 + 4H^+ + 4e^- \longleftrightarrow S + 3H_2O$ | + 0.450 |
| $Sb_2O_5 + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow Sb_2O_4 + H_2O$ | + 0.480 |
| $Ag_2MoO_4 + 2e^- \longleftrightarrow 2Ag + MoO_4^{2-}$ | + 0.490 |
| $H_2N_2O_2 + 6H^+ + 4e^- \longleftrightarrow 2NH_3OH^+$ | + 0.496 |
| $ReO_4^- + 4H^+ + 3e^- \longleftrightarrow ReO_2 + 2H_2O$ | + 0.510 |
| $2H_2SO_3 + 4H^+ + 6e^- \longleftrightarrow S_4O_6^{2-} + 6H_2O$ | + 0.510 |
| $C_2H_4 + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow C_2H_6$ | + 0.520 |
| $Cu^+ + e^- \longleftrightarrow Cu$ | + 0.521 |
| $TeO_2^- + 4H^+ + 4e^- \longleftrightarrow Te + 2H_2O$ | + 0.529 |
| $I_2 + 2e^- \longleftrightarrow 2I^-$ | + 0.5355 |
| $I_3^- + 2e^- \longleftrightarrow 3I^-$ | + 0.536 |
| $Cu^{2+} + Cl^- + e^- \longleftrightarrow CuCl$ | + 0.538 |
| $AgBrO_3 + e^- \longleftrightarrow Ag + BrO_3^-$ | + 0.550 |

| | |
|---|---------|
| $TeOOH^+ + 3H^+ + 4e^- \longleftrightarrow Te + 2H_2O$ | + 0.559 |
| $H_3AsO_4 + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow HAsO_2 + 2H_2O$ | + 0.559 |
| $AgNO_2 + e^- \longleftrightarrow Ag + NO_2^-$ | + 0.564 |
| $MnO_4^- + e^- \longleftrightarrow MnO_4^{2-}$ | + 0.564 |
| $S_2O_6^{2-} + 4H^+ + 2e^- \longleftrightarrow 2H_2SO_3$ | + 0.570 |
| $PtBr_4^{2-} + 2e^- \longleftrightarrow Pt + Br_4^-$ | + 0.580 |
| $Sb_2O_5 + 6H^+ + 4e^- \longleftrightarrow 2SbO^+ + 3H_2O$ | + 0.581 |
| $CH_3OH_{(aq)} + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow CH_4 + H_2O$ | + 0.586 |
| $PdBr_4^{2-} + 2e^- \longleftrightarrow Pd + 4Br^-$ | + 0.600 |
| $RuCl_5^{2-} + 3e^- \longleftrightarrow Ru + 5Cl^-$ | + 0.600 |
| $UO_2^+ + 4H^+ + e^- \longleftrightarrow U^{4+} + 2H_2O$ | + 0.620 |
| $PdCl_4^{2-} + 2e^- \longleftrightarrow Pd + 4Cl_2^-$ | + 0.620 |
| $Br^- + Cu^{2+} + e^- \longleftrightarrow CuBr$ | + 0.640 |
| $AgC_2H_3O_2 + e^- \longleftrightarrow Ag + C_2H_3O_2^-$ | + 0.643 |
| $Ag_2SO_4 + 2e^- \longleftrightarrow 2Ag + SO_4^{2-}$ | + 0.653 |
| $Au(CNS)_4^- + 3e^- \longleftrightarrow Au + 4CNS^-$ | + 0.660 |
| $PtCl_6^{2+} + 2e^- \longleftrightarrow PtCl_4^{2-} + 2Cl^-$ | + 0.680 |

| | |
|--|---------|
| $O_2 + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow H_2O_2$ | + 0.682 |
| $HN_3 + 11H^+ + 8e^- \longleftrightarrow 3NH_4^+$ | + 0.690 |
| $Te + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow H_2Te$ | + 0.700 |
| $2NO + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow H_2N_2O_2$ | + 0.710 |
| $H_2O_2 + H^+ + e^- \longleftrightarrow OH + H_2O$ | + 0.720 |
| $PtCl_4^{2-} + 2e^- \longleftrightarrow Pt + 4Cl^-$ | + 0.730 |
| $C_2H_2 + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow C_2H_4$ | + 0.730 |
| $H_2SeO_3 + 4H^+ + 4e^- \longleftrightarrow Se + 3H_2O$ | + 0.740 |
| $NbO_2^+ + 4H^+ + e^- \longleftrightarrow Nb^{4+} + H_2O$ | + 0.750 |
| $(CNS)_2 + 2e^- \longleftrightarrow 2CNS^-$ | + 0.770 |
| $IrCl_6^{3-} + 3e^- \longleftrightarrow Ir + 6Cl^-$ | + 0.770 |
| $Fe^{3+} + e^- \longleftrightarrow Fe^{2+}$ | + 0.771 |
| $Hg_2^{2+} + 2e^- \longleftrightarrow 2Hg$ | + 0.789 |
| $Ag^+ + e^- \longleftrightarrow Ag$ | + 0.799 |
| $2NO_3^- + 4H^+ + 2e^- \longleftrightarrow N_2O_4 + 2H_2O$ | + 0.880 |
| $Rh^{3+} + 3e^- \longleftrightarrow Rh$ | + 0.880 |
| $OsO_4 + 8H^+ + 8e^- \longleftrightarrow Os + 4H_2O$ | + 0.850 |

| | |
|---|---------|
| $2H_2NO_2 + 4H^+ + 4e^- \longleftrightarrow H_2N_2O_2 + H_2O$ | + 0.860 |
| $Cu^{2+} + I^- + e^- \longleftrightarrow CuI$ | + 0.860 |
| $AuBr_4^- + 3e^- \longleftrightarrow Au + 4Br^-$ | + 0.870 |
| $2Hg^{2+} + 2e^- \longleftrightarrow Hg_2^{2+}$ | + 0.920 |
| $NO_3^- + 3H^+ + 2e^- \longleftrightarrow HNO_2 + H_2O$ | + 0.940 |
| $PuO_2^{2+} + e^- \longleftrightarrow PuO_2^+$ | + 0.950 |
| $NO_3^- + 4H^+ + 4e^- \longleftrightarrow NO + 2H_2O$ | + 0.960 |
| $AuBr_2^- + e^- \longleftrightarrow Au + 2Br^-$ | + 0.960 |
| $Pu^{4+} + e^- \longleftrightarrow Pu^{3+}$ | + 0.970 |
| $Pt(OH)_2 + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow Pt + 2H_2O$ | + 0.980 |
| $Pd^{2+} + 2e^- \longleftrightarrow Pd$ | + 0.987 |
| $IrBr_6^{3-} + e^- \longleftrightarrow IrBr_6^{4-}$ | + 0.990 |
| $HNO_2 + H^+ + e^- \longleftrightarrow NO + H_2O$ | + 1.00 |
| $AuCl_4^- + 3e^- \longleftrightarrow Au + 4Cl^-$ | + 1.00 |
| $V(OH)_4^+ + 2H^+ + e^- \longleftrightarrow VO^{2+} + 3H_2O$ | + 1.00 |
| $IrCl_6^{2-} + e^- \longleftrightarrow IrCl_6^{3-}$ | + 1.017 |
| $H_6TeO_6 + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow TeO_2 + 4H_2O$ | + 1.020 |

| | |
|--|---------|
| $N_2O_4 + 4H^+ + 4e^- \longleftrightarrow 2NO + 2H_2O$ | +1.030 |
| $PuO_2^{2+} + 4H^+ + 2e^- \longleftrightarrow Pu^{4+} + 2H_2O$ | +1.040 |
| $2ICl_2^- + 2e^- \longleftrightarrow I_2 + 4Cl^-$ | +1.060 |
| $Br_{2(l)} + 2e^- \longleftrightarrow 2Br^-$ | +1.0652 |
| $N_2O_4 + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow 2HNO_2$ | +1.070 |
| $Cu^{2+} + 2CN^- + e^- \longleftrightarrow Cu(CN)_2^-$ | +1.120 |
| $PuO_2 + 4H^+ + e^- \longleftrightarrow Pu^{4+} + 2H_2O$ | +1.150 |
| $SeO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- \longleftrightarrow H_2SeO_3 + H_2O$ | +1.150 |
| $NpO_2^{2+} + e^- \longleftrightarrow NpO_2^+$ | +1.150 |
| $CCl_4 + 4H^+ + 4e^- \longleftrightarrow 4Cl^- + C + 4H^+$ | +1.180 |
| $CCl_4^- + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow ClO_3 + H_2O$ | +1.190 |
| $2IO_3^- + 12H^+ + 10e^- \longleftrightarrow I_2 + 6H_2O$ | +1.195 |
| $ClO_3^- + 3H^+ + 2e^- \longleftrightarrow HClO_2 + H_2O$ | +1.210 |
| $O_2 + 4H^+ + 4e^- \longleftrightarrow 2H_2O$ | +1.229 |
| $S_2Cl_2 + 2e^- \longleftrightarrow 2S + 2Cl^-$ | +1.230 |
| $MnO_2 + 4H^+ + 2e^- \longleftrightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$ | +1.230 |
| $Tl^{3+} + 2e^- \longleftrightarrow Tl^+$ | +1.250 |

| | |
|--|--------|
| $AmO_2^+ + 4H^+ + e^- \longleftrightarrow Am^{4+} + 2H_2O$ | +1.260 |
| $N_2H_5^+ + 3H^+ + 2e^- \longleftrightarrow 2NH_4^+$ | +1.275 |
| $ClO_2 + H^+ + e^- \longleftrightarrow HClO_2$ | +1.275 |
| $PdCl_6^{2-} + 2e^- \longleftrightarrow PdCl_4^{2-} + 2Cl^-$ | +1.288 |
| $2HNO_2 + 4H^+ + 4e^- \longleftrightarrow N_2O + 3H_2O$ | +1.290 |
| $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longleftrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ | +1.330 |
| $NH_3OH^+ + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow NH_4^+ + H_2O$ | +1.350 |
| $Cl_2 + 2e^- \longleftrightarrow 2Cl^-$ | +1.359 |
| $2NH_3OH^+ + H^+ + 2e^- \longleftrightarrow N_2H_5^+ + 2H_2O$ | +1.420 |
| $Au(OH)_3 + 3H^+ + 3e^- \longleftrightarrow Au + 3H_2O$ | +1.450 |
| $2HIO + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow I_2 + 2H_2O$ | +1.450 |
| $PbO_2 + 4H^+ + 2e^- \longleftrightarrow Pb^{2+} + 2H_2O$ | +1.455 |
| $Au^{3+} + 3e^- \longleftrightarrow Au$ | +1.500 |
| $HO_2 + H^+ + e^- \longleftrightarrow H_2O_2$ | +1.500 |
| $Mn^{3+} + e^- \longleftrightarrow Mn^{2+}$ | +1.510 |
| $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longleftrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ | +1.510 |
| $2BrO_3^- + 12H^+ + 10e^- \longleftrightarrow Br + 6H_2O$ | +1.520 |

| | |
|--|--------|
| $2HBrO + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow Br_2 + 2H_2O$ | +1.590 |
| $Bi_2O_4 + 4H^+ + 2e^- \longleftrightarrow 2BiO^+ + 2H_2O$ | +1.560 |
| $H_5IO_6 + H^+ + 2e^- \longleftrightarrow IO_3^- + 3H_2O$ | +1.600 |
| $Bk^+ + 4e^- \longleftrightarrow Bk$ | +1.600 |
| $Ce^{4+} + 4e^- \longleftrightarrow Ce$ | +1.610 |
| $2HClO + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow Cl_2 + 2H_2O$ | +1.630 |
| $AmO_2^{2+} + 2e^- \longleftrightarrow AmO_2$ | +1.640 |
| $HClO_2 + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow HClO + H_2O$ | +1.640 |
| $Au^+ + e^- \longleftrightarrow Au$ | +1.680 |
| $NiO_2 + 4H^+ + 2e^- \longleftrightarrow Ni^{2+} + 2H_2O$ | +1.680 |
| $PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- \longleftrightarrow PbSO_4 + 2H_2O$ | +1.682 |
| $AmO_2^{2+} + 4H^+ + 3e^- \longleftrightarrow Am^{3+} + 2H_2O$ | +1.690 |
| $MnO_4^- + 4H^+ + 3e^- \longleftrightarrow MnO_2 + 2H_2O$ | +1.690 |
| $AmO_2^+ + 4H^+ + 2e^- \longleftrightarrow Am^{3+} + 2H_2O$ | +1.720 |
| $H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow 2H_2O$ | +1.770 |
| $Co^{3+} + e^- \longleftrightarrow Co^{2+}$ | +1.820 |
| $FeO_4^{2-} + 8H^+ + 3e^- \longleftrightarrow Fe^{3+} + 4H_2O$ | +1.900 |

| | |
|---|--------|
| $HN_3 + 3H^+ + 2e^- \longleftrightarrow NH_4^+ + N_2$ | +1.960 |
| $Ag^{2+} + e^- \longleftrightarrow Ag^+$ | +1.980 |
| $S_2O_8^{2-} + 2e^- \longleftrightarrow 2SO_4^{2-}$ | +2.010 |
| $O_3 + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow O_2 + H_2O$ | +2.070 |
| $F_2O + 2H^+ + 4e^- \longleftrightarrow 2F^- + H_2O$ | +2.100 |
| $Am^{4+} + e^- \longleftrightarrow Am^{3+}$ | +2.180 |
| $O_{(g)} + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow H_2O$ | +2.420 |
| $OH + H^+ + e^- \longleftrightarrow H_2O$ | +2.800 |
| $H_2N_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow N_2 + 2H_2O$ | +2.850 |
| $F_2 + 2e^- \longleftrightarrow 2F^-$ | +2.870 |
| $F_2 + 2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow 2HF_{(aq)}$ | +3.060 |

كمونات المساري القياسية (ε°) في الوسط القلوي

| Couple | ε° (Volts) |
|--|-----------------------------|
| $Ca(OH)_2 + 2e^- \longleftrightarrow Ca + 2OH^-$ | - 3.030 |
| $Sr(OH)_2 \cdot 8H_2O + 2e^- \longleftrightarrow Sr + 2OH^- + 8H_2O$ | - 2.990 |
| $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O + 2e^- \longleftrightarrow Ba + 2OH^- + 8H_2O$ | - 2.970 |
| $H_2O + e^- \longleftrightarrow H_{(g)} + OH^-$ | - 2.930 |
| $La(OH)_3 + 3e^- \longleftrightarrow La + 3OH^-$ | - 2.900 |
| $Lu(OH)_3 + 3e^- \longleftrightarrow Lu + 3OH^-$ | - 2.720 |
| $Mg(OH)_2 + 2e^- \longleftrightarrow Mg + 2OH^-$ | - 2.690 |
| $Be_2O_3^{2-} + 3H_2O + 4e^- \longleftrightarrow 2Be + 6OH^-$ | - 2.620 |
| $Sc(OH)_2 + 3e^- \longleftrightarrow Sc + 3OH^-$ | \approx 2.600 |
| $HfO(OH)_2 + H_2O + 4e^- \longleftrightarrow Hf + 4OH^-$ | - 2.500 |
| $Th(OH)_4 + 4e^- \longleftrightarrow Th + 4OH^-$ | - 2.480 |
| $Pu(OH)_3 + 3e^- \longleftrightarrow Pu + 3OH^-$ | - 2.420 |
| $UO_2 + 2H_2O + 4e^- \longleftrightarrow U + 4OH^-$ | - 2.390 |
| $H_2AlO_3^- + H_2O + 3e^- \longleftrightarrow Al + 4OH^-$ | - 2.350 |
| $H_2ZrO_3 + H_2O + 4e^- \longleftrightarrow Zr + 4OH^-$ | - 2.360 |
| $U(OH)_4 + e^- \longleftrightarrow U(OH)_3 + OH^-$ | - 2.200 |

| | |
|---|--------|
| $U(OH)_3 + 3e^- \longleftrightarrow U + 3OH^-$ | -2.170 |
| $H_2PO_2^- + e^- \longleftrightarrow P + 2OH^-$ | -2.205 |
| $H_2BO_3^- + H_2O + 3e^- \longleftrightarrow B + 4OH^-$ | -1.790 |
| $SiO_3^{2-} + 3H_2O + 4e^- \longleftrightarrow Si + 6OH^-$ | -1.700 |
| $Na_2UO_4 + 4H_2O + 2e^- \longleftrightarrow U(OH)_4 + 2Na^+ + 4OH^-$ | -1.610 |
| $HPO_3^{2-} + 2H_2O + 2e^- \longleftrightarrow H_2PO_2^- + 3OH^-$ | -1.570 |
| $Mn(OH)_2 + 2e^- \longleftrightarrow Mn + 2OH^-$ | -2.550 |
| $MnCO_3 + 2e^- \longleftrightarrow Mn + CO_3^{2-}$ | -1.480 |
| $ZnS + 2e^- \longleftrightarrow Zn + S^{2-}$ | -1.440 |
| $Cr(OH)_3 + 3e^- \longleftrightarrow Cr + 3OH^-$ | -1.300 |
| $Zn(CN)_4^{2-} + 2e^- \longleftrightarrow Zn + 4CN^-$ | -1.260 |
| $Zn(OH)_2 + 2e^- \longleftrightarrow Zn + 2OH^-$ | -1.245 |
| $H_2GaO_3^- + H_2O + 3e^- \longleftrightarrow Ga + 4OH^-$ | -1.220 |
| $ZnO_2^{2-} + 2H_2O + 2e^- \longleftrightarrow Zn + 4OH^-$ | -1.216 |
| $CrO_2^- + 2H_2O + 3e^- \longleftrightarrow Cr + 4OH^-$ | -1.210 |
| $HV_6O_{17}^{3-} + 16H_2O + 30e^- \longleftrightarrow 6V + 33OH^-$ | -1.150 |
| $Te + 2e^- \longleftrightarrow Te^{2-}$ | -1.140 |

| | |
|---|--------|
| $PO_4^{3-} + 2H_2O + 2e^- \longleftrightarrow HPO_3^{2-} + 3OH^-$ | -1.120 |
| $2SO_3^{2-} + 2H_2O + 2e^- \longleftrightarrow S_2O_4^{2-} + 4OH^-$ | -1.120 |
| $ZnCO_3 + 2e^- \longleftrightarrow Zn + CO_3^{2-}$ | -1.060 |
| $WO_4^{2-} + 4H_2O + 6e^- \longleftrightarrow W + 8OH^-$ | -1.050 |
| $MoO_4^{2-} + 4H_2O + 6e^- \longleftrightarrow Mo + 8OH^-$ | -1.050 |
| $Cd(CN)_4^{2-} + 2e^- \longleftrightarrow Cd + 4CN^-$ | -1.030 |
| $Zn(NH_3)_4^{2+} + 2e^- \longleftrightarrow Zn + 4NH_3$ | -1.030 |
| $FeS_{(s)} + 2e^- \longleftrightarrow Fe + S^{2-}$ | -1.010 |
| $In(OH)_3 + 3e^- \longleftrightarrow In + 3OH^-$ | -1.000 |
| $PbS + 2e^- \longleftrightarrow Pb + S^{2-}$ | -0.950 |
| $CNO^- + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow CN^- + 2OH^-$ | -0.970 |
| $Tl_2S + 2e^- \longleftrightarrow 2Tl + S^{2-}$ | -0.960 |
| $Pu(OH)_4 + e^- \longleftrightarrow Pu(OH)_3 + OH^-$ | -0.950 |
| $SnS + 2e^- \longleftrightarrow Sn + S^{2-}$ | -0.940 |
| $SO_4^{2-} + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow SO_3^{2-} + 2OH^-$ | -0.960 |
| $Se + 2e^- \longleftrightarrow Se^{2-}$ | -0.940 |
| $SnS + 2e^- \longleftrightarrow Sn + S^{2-}$ | -0.940 |

| | |
|--|--------|
| $SnS + 2e^- \longleftrightarrow Sn + S^{2-}$ | -0.920 |
| $HSnO_2^- + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow Sn + 3OH^-$ | -0.910 |
| $HGeO_3^- + 2H_2O + 4e^- \longleftrightarrow Ge + 5OH^-$ | -0.900 |
| $Sn(OH)_6^{2-} + 2e^- \longleftrightarrow HSnO_2^- + H_2O + 3OH^-$ | -0.900 |
| $P + 3H_2O + 3e^- \longleftrightarrow PH_3 + 3OH^-$ | -0.890 |
| $Fe(OH)_2 + 2e^- \longleftrightarrow Fe + 2OH^-$ | -0.877 |
| $NiS_{(s)} + 2e^- \longleftrightarrow Ni + S^{2-}$ | -0.830 |
| $2H_2O + 2e^- \longleftrightarrow H_2 + 2OH^-$ | -0.828 |
| $Cd(OH)_2 + 2e^- \longleftrightarrow Cd + 2OH^-$ | -0.809 |
| $FeCO_3 + 2e^- \longleftrightarrow Fe + CO_3^{2-}$ | -0.756 |
| $CdCO_3 + 2e^- \longleftrightarrow Cd + CO_3^{2-}$ | -0.740 |
| $Co(OH)_2 + 2e^- \longleftrightarrow Co + 2OH^-$ | -0.730 |
| $HgS + 2e^- \longleftrightarrow Hg + S^{2-}$ | -0.720 |
| $Ni(OH)_2 + 2e^- \longleftrightarrow Ni + 2OH^-$ | -0.720 |
| $Ag_2S + 2e^- \longleftrightarrow 2Ag + S^{2-}$ | -0.680 |
| $AsO_2^- + 2H_2O + 3e^- \longleftrightarrow As + 4OH^-$ | -0.680 |
| $AsO_4^{3-} + 2H_2O + 2e^- \longleftrightarrow AsO_2^- + 4OH^-$ | -0.670 |

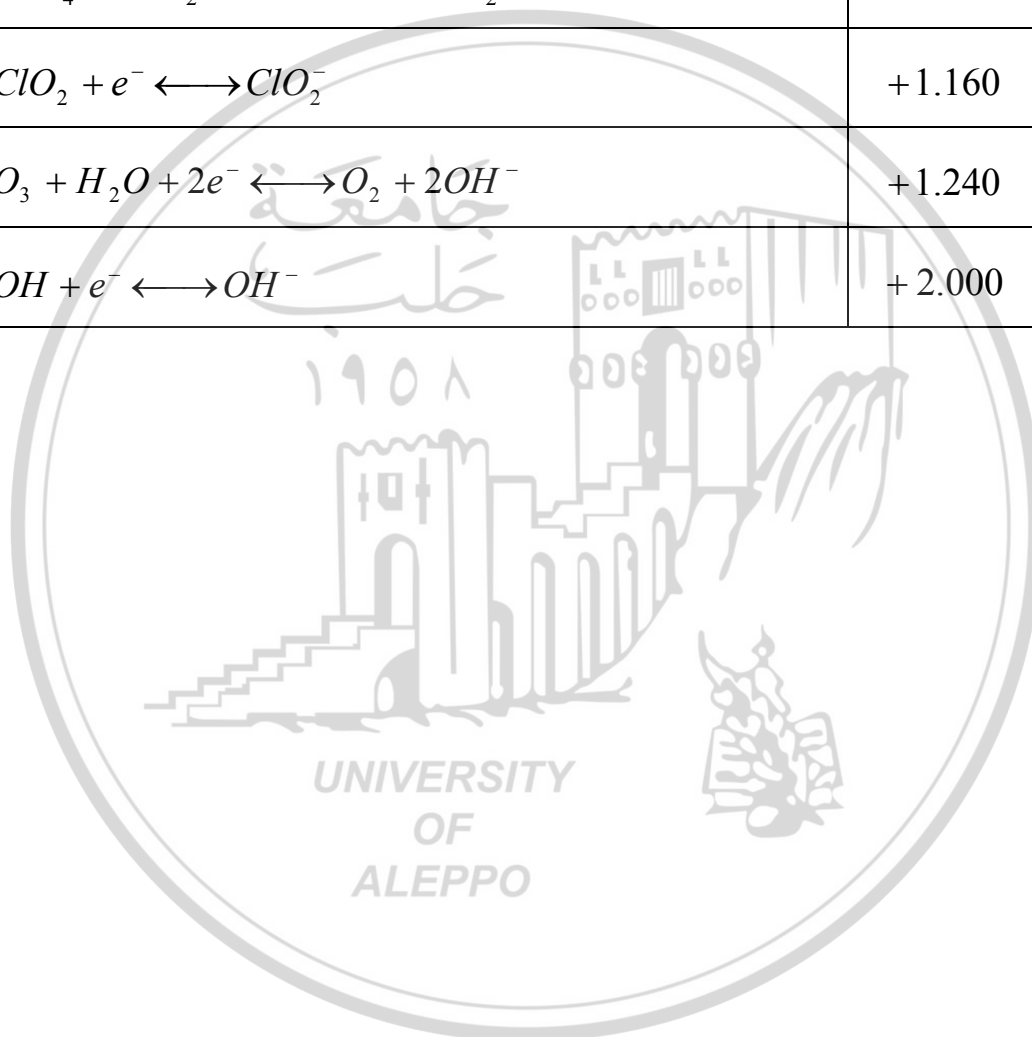
| | |
|---|--------|
| $Fe_2S_3 + 2e^- \longleftrightarrow 2FeS + S^{2-}$ | -0.570 |
| $SbO_2^- + 2H_2O + 3e^- \longleftrightarrow Sb + 4OH^-$ | -0.660 |
| $CoCO_3 + 2e^- \longleftrightarrow Co + CO_3^{2-}$ | -0.640 |
| $Cd(NH_3)_4^{2+} + 2e^- \longleftrightarrow Cd + 4NH_3$ | -0.597 |
| $ReO_4^- + 2H_2O + 3e^- \longleftrightarrow ReO_2 + 4OH^-$ | -0.594 |
| $ReO_4^- + 4H_2O + 7e^- \longleftrightarrow Re + 8OH^-$ | -0.584 |
| $2SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e^- \longleftrightarrow S_2O_3^{2-} + 6OH^-$ | -0.580 |
| $ReO_2 + 2H_2O + 4e^- \longleftrightarrow Re + 4OH^-$ | -0.576 |
| $TeO_3^{2-} + 3H_2O + 4e^- \longleftrightarrow Te + 6OH^-$ | -0.570 |
| $Fe(OH)_3 + e^- \longleftrightarrow Fe(OH)_2 + OH^-$ | -0.560 |
| $O_2 + e^- \longleftrightarrow O_2^-$ | -0.560 |
| $Cu_2S + 2e^- \longleftrightarrow 2Cu + S^{2-}$ | -0.540 |
| $HPbO_2^- + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow Pb + 3OH^-$ | -0.540 |
| $PbCO_3 + 2e^- \longleftrightarrow Pb + CO_3^{2-}$ | -0.506 |
| $S + 2e^- \longleftrightarrow S^{2-}$ | -0.480 |
| $Ni(NH_3)_6^{2+} + 2e^- \longleftrightarrow Ni + 6NH_{3(aq)}$ | -0.470 |
| $NiCO_3 + 2e^- \longleftrightarrow Ni + CO_3^{2-}$ | -0.450 |

| | |
|--|--------|
| $Bi_2O_3 + 3H_2O + 6e^- \longleftrightarrow 2Bi + 6OH^-$ | -0.440 |
| $Cu(CN)_2^- + e^- \longleftrightarrow Cu + 2CN^-$ | -0.430 |
| $Hg(CN)_4^{2-} + 2e^- \longleftrightarrow Hg + 4CN^-$ | -0.370 |
| $SeO_3^{2-} + 3H_2O + 4e^- \longleftrightarrow Se + 6OH^-$ | -0.366 |
| $Cu_2O + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow 2Cu + 2OH^-$ | -0.358 |
| $Tl(OH) + e^- \longleftrightarrow Tl + OH^-$ | -0.344 |
| $Ag(CN)_2^- + e^- \longleftrightarrow Ag + 2CN^-$ | -0.310 |
| $Cu(CNS) + e^- \longleftrightarrow Cu + CNS^-$ | -0.270 |
| $HO_2^- + H_2O + e^- \longleftrightarrow OH + 2OH^-$ | -0.240 |
| $CrO_4^{2-} + 4H_2O + 3e^- \longleftrightarrow Cr(OH)_3 + 5OH^-$ | -0.130 |
| $Cu(NH_3)_2^+ + e^- \longleftrightarrow Cu + 2NH_3$ | -0.120 |
| $2Cu(OH)_2 + 2e^- \longleftrightarrow Cu_2O + 2OH^- + H_2O$ | -0.080 |
| $O_2 + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow O_2^- + OH^-$ | -0.070 |
| $Tl(OH)_3 + 2e^- \longleftrightarrow TlOH + 2OH^-$ | -0.050 |
| $AgCN + e^- \longleftrightarrow Ag + CN^-$ | -0.017 |
| $MnO_2 + 2H_2O + 2e^- \longleftrightarrow Mn(OH)_2 + 2OH^-$ | -0.050 |
| $NO_3^- + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow NO_2^- + 2OH^-$ | +0.010 |

| | |
|---|---------|
| $HOsO_5^- + 4H_2O + 8e^- \longleftrightarrow Os + 9OH^-$ | + 0.020 |
| $Rh_2O_3 + 3H_2O + 6e^- \longleftrightarrow 2Rh + 6OH^-$ | + 0.040 |
| $SeO_4^{2-} + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow SeO_3^{2-} + 2OH^-$ | + 0.050 |
| $Pd(OH)_2 + 2e^- \longleftrightarrow Pd + 2OH^-$ | + 0.070 |
| $S_4O_6^{2-} + 2e^- \longleftrightarrow 2S_2O_3^{2-}$ | + 0.080 |
| $HgO_{(s)} + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow Hg + 2OH^-$ | + 0.098 |
| $N_2H_4 + 4H_2O + 2e^- \longleftrightarrow 2NH_4OH + 2OH^-$ | + 0.100 |
| $Ir_2O_3 + 3H_2O + 6e^- \longleftrightarrow 2Ir + 6OH^-$ | + 0.100 |
| $Co(NH_3)_6^{3+} + e^- \longleftrightarrow Co(NH_3)_6^{2+}$ | + 0.100 |
| $Mn(OH)_3 + e^- \longleftrightarrow Mn(OH)_2 + OH^-$ | + 0.100 |
| $Pt(OH)_2 + 2e^- \longleftrightarrow Pt + 2OH^-$ | + 0.150 |
| $Co(OH)_3 + e^- \longleftrightarrow Co(OH)_2 + OH^-$ | + 0.170 |
| $PbO_2 + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow PbO_{(s)} + 2OH^-$ | + 0.248 |
| $IO_3^- + 3H_2O + 6e^- \longleftrightarrow I^- + 6OH^-$ | + 0.260 |
| $PuO_2(OH)_2 + e^- \longleftrightarrow PuO_2OH + OH^-$ | + 0.260 |
| $Ag(SO_3)_2^{3-} + e^- \longleftrightarrow Ag + 2SO_3^{2-}$ | + 0.300 |
| $ClO_3^- + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow ClO_2^- + 2OH^-$ | + 0.330 |

| | |
|---|---------|
| $Ag_2O + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow 2Ag + 2OH^-$ | + 0.330 |
| $ClO_4^- + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow ClO_3^- + 2OH^-$ | + 0.360 |
| $Ag(NH_3)_2^+ + e^- \longleftrightarrow Ag + 2NH_3$ | + 0.373 |
| $TeO_4^{2-} + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow TeO_3^{2-} + 2OH^-$ | + 0.400 |
| $O_2^- + H_2O + e^- \longleftrightarrow OH^- + HO_2^-$ | + 0.400 |
| $O_2 + 2H_2O + 4e^- \longleftrightarrow 4OH^-$ | + 0.401 |
| $Ag_2CO_3 + 2e^- \longleftrightarrow 2Ag + CO_3^{2-}$ | + 0.470 |
| $NiO_2 + 2H_2O + 2e^- \longleftrightarrow Ni(OH)_2 + 2OH^-$ | + 0.490 |
| $IO^- + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow I^- + 2OH^-$ | + 0.490 |
| $2AgO + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow Ag_2O + 2OH^-$ | + 0.570 |
| $MnO_4^{2-} + 2H_2O + 2e^- \longleftrightarrow MnO_2 + 4OH^-$ | + 0.600 |
| $RuO_4^- + e^- \longleftrightarrow RuO_4^{2-}$ | + 0.600 |
| $BrO_3^- + 3H_2O + 6e^- \longleftrightarrow Br^- + 6OH^-$ | + 0.610 |
| $ClO_2^- + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow ClO^- + 2OH^-$ | + 0.660 |
| $H_3IO_4^{2-} + 2e^- \longleftrightarrow IO_3^- + 3OH^-$ | + 0.700 |
| $2NH_2OH + 2e^- \longleftrightarrow N_2H_4 + 2OH^-$ | + 0.730 |
| $Ag_2O_3 + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow 2AgO + 2OH^-$ | + 0.740 |

| | |
|---|---------|
| $BrO^- + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow Br^- + 2OH^-$ | + 0.760 |
| $HO_2^- + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow 3OH^-$ | + 0.880 |
| $ClO^- + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow Cl^- + 2OH^-$ | + 0.890 |
| $FeO_4^{2-} + 2H_2O + 3e^- \longleftrightarrow FeO_2^- + 4OH^-$ | + 0.900 |
| $ClO_2 + e^- \longleftrightarrow ClO_2^-$ | + 1.160 |
| $O_3 + H_2O + 2e^- \longleftrightarrow O_2 + 2OH^-$ | + 1.240 |
| $OH + e^- \longleftrightarrow OH^-$ | + 2.000 |



معجم المصطلحات

مرتبة حسب الأبجدية العربية

| أ | | ت | |
|---------------|--------------|--------------|-----------------------|
| إبانة ، ترقيد | Decantation | تآصل | Allotropy |
| اتحاد | Combination | تآكل | Corrosion |
| أحادي الميل | Monoclinic | تبالر، تشاكل | Isomorphism |
| احتراق | Combustion | تبلور | Crystallization |
| إبدال | Substitution | تبخر | Vaporization |
| إذابة | Salvation | تحت، هيبو | Hypo – |
| إرجاع | Reduction | تحضير | Preparation |
| أساسي | Base | تحميض | Acidification |
| أساسي | Basic | تحليل | Analysis |
| أساسية | Basicity | تحليل حجمي | Volumetric analysis |
| إسالة | Liquefaction | تحليل كمي | Quantitative analysis |
| استخلاص | Extraction | تركيب | Composition |
| إشباع | Saturation | تركيز | Concentration |

| | | | |
|----------------|---------------|-------------|-------------|
| Precipitation | ترسيب | Synthesis | اصطناع |
| Filtration | ترشيح | Super Oxide | أعلى أكسيد |
| Decantation | ترقيد ، إبانة | Oxidation | أكسدة |
| Clarification | ترويق | Hydration | إماهة |
| Isomorphism | تشاكل ، تبالر | ب | |
| Formation | تشكل | Anhydride | بلا ماء حمض |
| Sublimation | تصعيد | Crystal | بلورة |
| Polymerization | بلمرة | Crystalline | بلوري |
| Volatility | تطاير | Structure | بنية |
| Neutralization | تعديل | Crucible | بوتقة |
| Sterilization | تعقيم | ج | |
| Calibration | تعير | Table | جدول |
| Reaction | تفاعل | Molecule | جزيء |
| Decomposition | تفكك | Mole | جزيء غرامي |
| Distillation | تقطير | Apparatus | جهاز |
| Fractionation | تقطير تجزيئي | Atmosphere | جو |
| Condensation | تكاثف | ح | |

| | | | |
|---------------|----------|-------------|---------|
| Deliquescence | تميع | Hydrolysis | حلمه |
| Activation | تنشيط | Acid | حمض |
| Purification | تنقية | Acidity | حموضة |
| Digestion | تهضيم | خ | |
| Equilib | توازن | Raw | خام |
| | س | Mixture | خليط |
| Liquid | سائل | Alloy | خليطة |
| | ش ١٩٥٨ | ذ | |
| Cation | شارجية | Soluble | ذواب |
| Anion | شارسبة | Dissolution | ذوبان |
| Metalloid | شبه معدن | Solubility | ذوبانية |
| Semiconductor | شبه ناقل | ر | |
| | ص | Precipitate | راسب |
| رشاحه | صناعي | Filtrate | رشاحه |
| رطوبة | صنعي | Moisture | رطوبة |
| | غ | ض | |
| Colloidal | غروي | Pressure | ضغط |

| | | | |
|----------------|-----------|-------------------|---------------|
| Unsaturated | غير مشبع | ع | |
| ف | | Litmus | عباد الشمس |
| Charcoal | فحم خشب | Amorphous | عديم الشكل |
| Mineral | فلز | sample | عينة |
| Cork | فلين | ق | |
| Peroxide | فوق أكسيد | Inflammable | قابل للاشتعال |
| Supersaturated | فوق مشبع | Malleability | قابل للتصفيح |
| ك | | Bleaching | قاصر |
| Reagent | كاشف | Alkali | قلّي، قلّي |
| Caustic | كلوي | Alkaline , alkali | قلوي |
| Density | كثافة | Standard | قياسي |
| Detection | كشف | ل | |
| Electrolyte | كهريليت | Inorganic | لا عضوي |
| م | | Anhydrous | لا مائي |
| Hard water | ماء عسر | Nonmetale | لا معدن |
| Soft water | ماء يسر | م | |
| Absorbent | ماص | Legend | مرتبطة |

| | | | |
|-----------------|-----------------|--------------|-------------|
| Hygroscopic | ماص للرطوبة | Concentrated | مركز |
| Allotrope | متآصل | Mixture | مزيج ، خليط |
| Isomorphous | متبالم | Emulsion | مستحلب |
| Amphoteric | متذبذب | Saturated | مشبع |
| Isomorphous | متشاكل | Indicator | مشعر |
| Volatile | متطاير | Anode | مصعد |
| Fractional | مجزأ | Anodic | مصعدي |
| Solution | محلول | Absolute | مطلق |
| Normal solution | محلول نظامي | Metal | معدن |
| Solute | المذاب ، المنحل | Metallic | معدني |
| Solvent | مذيب | Complex | معقد |

معجم المصطلحات

مرتبة حسب الأبجدية الانكليزية

| B | | A | |
|-------------|--------------|---------------|-------------|
| Base | أساسي | Acid | حمض |
| Basic | أساسي | Acidification | تحميض |
| Basicity | أساسية | Acidity | حموضة |
| Bi – | ثاني (بادئة) | Activate | ينشط |
| C | | Activated | فعال ، منشط |
| Catalyst | وسيط | Activation | تنشيط |
| Catalyze | وسيط | Alkali(n) | قلي، قلي |
| Cathode | مهبط | alkali(adj) | قلوي |
| Cathodic | مهبطي | Alkaline(adj) | قلوي |
| Cation | شارجة | Allotrope | متآصل |
| Caustic | كاوي | Allotropy | تآصل |
| Charcoal | فحم الخشب | Alums | مركبات الشب |
| Combination | اتحاد | Amorphous | عديم الشكل |
| Combine | يتحد | Amphoteric | متذبذب |

| | | | |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|
| Combustion | احتراق | Analysis | تحليل |
| Complex | معقد | Anhydride | بلا ماء حمض |
| Composition | تركيب | Anhydrous | لا مائي |
| Compound | مركب | Apparatus | جهاز |
| Concentrated | مركز | Artificial | صنعي |
| Concentration | تركيز | D | |
| Condensation | تكاثف | Decantation | إيانة |
| Conductivity | ناقلية | Decomposition | تفكك |
| Coordination number | عدد التساند | Distillation | تقطير |
| Coordination | ارتباط تساندي | Dehydrate | ينزع الماء |
| Corrosion | تآكل | Dehydration | نزع الماء |
| Corrosive | مادة أكالة | Density | كثافة |
| Crucible | بوتقة | Detection | كشف |
| Crystal | بلورة | Detergent | منظف |
| Crystalline | بلوري | Di - | ثنائي (بادئة) |
| Crystallization | تبلور | Digestion | تهضيم |

| | | | |
|--------------|---------------|---------------|---------------------|
| E | | Dilute | ممدد |
| Electrode | قطب | Dissolve | يذيب |
| Electrolysis | تحليل كهربائي | Distillation | تقطير |
| Electrolyte | كهرليت | F | |
| Emulsion | مستحلب | Filtrate | رشاحه |
| Equilibrium | توازن | Filtration | ترشيح |
| Extraction | استخلاص | Formula | صيغة |
| G | | Fractional | مجزأ |
| Grease | دهن | Fractionation | تقطير تجزيئي |
| Greasy | دهني | H | |
| I | | Hard water | ماء عسر |
| Indicator | مشرع | Hydrate | هيدرات (مركب مميّه) |
| Industrial | صناعي | Hydration | إماهه |
| Inert | خامل | Hydrogenate | يهدرج |
| Inflammable | قابل للاشتعال | Hydrogenation | هدرجة |
| Inorganic | لا عضوي | Hydrolyse | يحلّمه |

| | | | |
|---------------|----------------|-----------------|-------------|
| Isomorphism | تشاكل ، تبالر | Hydrolysis | حلمه |
| Isomorphous | متبالر | Hygroscopic | ماص للرطوبة |
| Isotope | نظير | Hypo – | تحت (بأدنة) |
| M | | L | |
| Malleability | قابلية التصفيح | Lattice | شبكة |
| Melting point | درجة الانصهار | Liquate | يفصل بالصهر |
| Metal | معدن | Liquefaction | إسالة |
| Metalloid | شبه معدن | Litmus | عباد الشمس |
| Metastable | شبه ثابت | Legend | مرتبطة |
| Metallic | معدني | Liquid | سائل |
| Mineral | فلز | N | |
| Mixture | خليط | Neutral | معتدل |
| Moisture | رطوبة | Neutralization | تعادل |
| Mole | جزيء غرامي | Nomenclature | تسمية |
| Molecule | جزيء | Non - metal | لا معدن |
| O | | Normal solution | محلول نظامي |
| Octahedral | ثمانى وجوه | P | |

| | | | |
|----------------|---------------|----------------|-------------|
| Orbital | مدار | Passivity | السلبية |
| Ore | فلز أو خامات | Peroxide | فوق أكسيد |
| Over potential | كمون إضافي | Phase | طور |
| Oxalic acid | حمض الأكزاليك | Polymer | بوليمير |
| Oxidation | أكسدة | Polymerization | بلمرة |
| Q | | Precipitate | راسب |
| Qualitative | كيفي | Precipitation | ترسيب |
| Quantitative | كمي | Preparation | تحضير |
| R | | Pressure | ضغط |
| Raw | خام | Purification | تنقية |
| Reactant | مادة متفاعلة | Purification | تفكك حراري |
| Reaction | تفاعل | S | |
| Reagent | كاشف | Saturated | مشبع |
| Reduction | إرجاع | Saturation | إشباع |
| Rhombic | معيني | conductor | نصف ناقل |
| Roasting | شي | Semi - metal | شبه معدن |
| T | | Smelting | سبك المعادن |

| | | | |
|----------------|------------|------------------------------|-----------------|
| Temperature | درجة حرارة | Soft water | ماء ييسر |
| Tetrahedral | رباعي وجوه | Solubility | الذوبان |
| Transformation | تحول | Soluble | ذواب |
| V | | Solute | المادة المنحلة |
| Vaporization | تبخر | Solution | محلول |
| Volatile | متطاير | Solvated | مذوب |
| Volatility | تطاير | Salvation | إذابة |
| Volumetric | حجمي | Solvent | مذيب |
| | | Specimen , sample | عينة |
| | | Spectrum | طيف |
| | | Stable | ثابت |
| | | Standard electrode potential | كمون قطبي قياسي |
| | | Sterilization | تعقيم |
| | | Structure | بنية |
| | | Sublimation | تصعيد |
| | | Super Oxide | أعلى أكسيد |

| | | | |
|--|--|----------------|----------|
| | | Supersaturated | فوق مشبع |
| | | Synthesis | اصطناع |
| | | Synthetic | اصطناعي |



المراجع الأجنبية

(References)

- 1- Mandeleberg . J . H, physical chemistry made plain , Macmillan, 1986
- 2- Alexander .J and M.steffel chemist ,Y in the laboratory , 1988
- 3- Glasbrone . S and Lewis D .Elements of physical chemistry, 1990
- 4- Hatch . R - Experimental chemistry New york ,1992
- 5- Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G. “Inorganic Chemistry , 2001
- 6- Kenneth, D. Karlin- Progress in Inorganic Chemistry Volume 51, 2002
- 7- Steudel, R- Elemental Sulfur and Sulfur-Rich Compounds I Vol. 230, 2003
- 8- teudel, R- Elemental Sulfur and Sulfur-Rich Compounds II Vol. 231, 2003
- 9- Rudi van Eldik- Advances in INORGANIC CHEMISTRY, 2004 University of Erlangen-Nu̇rnberg VOLUME 55
- 10- Yves Jean - Molecular Orbitals of Transition Metal Complexes , 2005

المراجع العربية

- ١- د. عبد المعطي محمد ١٩٨٠ تجارب في الكيمياء اللاعضوية منشورات جامعة حلب.
- ٢- د. حجازي رياض د. نصوح علايا محمد ١٩٩٦ الكيمياء اللاعضوية (٢) الجزء العملي.
- ٣- د. حجازي رياض د. كمال محمود د. الجاسم نظم الدين ١٩٩٧ الكيمياء اللاعضوية والعضوية منشورات جامعة حلب.
- ٤- د. الذياب سالم سليم جامعة الملك سعود الرياض ١٩٨٩ منشورات جامعة الملك سعود.
- ٥- د. العويس احمد عبد العزيز الكيمياء العامة العملية.
- ٦- د. أبو غالون عمر د. العمر أحمد ١٩١٠ الكيمياء البنيوية منشورات جامعة حلب.



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الإسلام الكائن
الإسلام الكائن
الإسلام الكائن
رياض حجازي أحمد رجب نظم الدين الجاسم

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الإسلام الكائن
سعد الدين كليب

حقوق الطبع والنشر محفوظة لمديرية الكتب