

الكيمياء العامة و الالعضوية

(القسم العملي)

منشورات جامعة البعث
كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية

الكيمياء العامة واللاعضوية (القسم العملي)

الدكتور ممدوح غدير

أستاذ مساعد
في قسم العلوم الأساسية

المهندسة خالدة المصري

مشرفة على الأعمال
في قسم العلوم الأساسية

مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية
2014-2015 م

لطلاب السنة الأولى
هندسة بتروولية+ غذائية+ غزل ونسيج

اللجنة العلمية

كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية
كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية
كلية العلوم

1- أ. د. عصام أشقر
2- أ. د. سهيل عيد
3- د. علي سليمان

المدقق اللغوي

د. سامي منصور

الصفحة	الموضوع
11	المقدمة
قسم الكيمياء العامة	
الفصل الأول	
أهم قواعد الأمن والسلامة في المخابر الكيميائية	
13	1-1- القواعد العامة للعمل والأمن المخبري
15	1-2- مصادر الخطر في المخابر الكيميائية
15	1-3- الإسعافات الأولية في المخابر الكيميائية
16	1-4- التعامل مع المواد الكيميائية وطرائق تخزينها
18	1-5- طفايات الحريق
19	1-6- عمليات التسخين والتبريد المخبرية
19	1-6-1- التسخين
20	1-6-2- التبريد
الفصل الثاني	
الأجهزة والأدوات الزجاجية المستخدمة في المخابر الكيميائية	
21	2-1- الأدوات الزجاجية
27	2-2- تنظيف الأدوات الزجاجية
27	2-3- أخطاء القياس
الفصل الثالث	
عمليات القياس والدقة للأدوات المستخدمة في المخبر	
29	3-1- مقدمة
29	3-2- القياسات وفق النظام الدولي للوحدات
30	3-3- دقة القياس وصواب القياس
32	3-4- الأرقام المعنوية

الفصل الرابع

تصنيف المواد وطرائق فصل مكونات الخليط

- 39 1-4- تصنيف المواد
39 2-4- المواد النقية
40 3-4- فصل مكونات الخليط
40 1-3-4- التصعد (التسامي)
41 2-3-4- الترشيح
41 3-3-4- التقطير
42 4-3-4- الاستخلاص
43 5-3-4- التجفيف
43 6-3-4- الترسيب
43 7-3-4- التبخير
43 8-3-4- الكروماتوغرافيا

الفصل الخامس

تحديد بعض خواص المواد تجريبياً

- 53 1-5- درجة انصهار مادة صلبة
53 2-5- درجة غليان مادة سائلة
54 3-5- تحديد الصيغة الأولية لمركب ما
54 1-3-5- مقدمة
54 2-3-5- تحديد الصيغة الأولية لمركب أكسيد المغنزيوم
57 4-5- قياس كثافة جسم صلب
59 5-5- قياس كثافة سائل
59 6-5- قياس اللزوجة لسائل ما
59 1-6-5- مقدمة
61 2-6-5- قياس اللزوجة مخبرياً باستخدام مقياس اللزوجة (الملزاج)

الفصل السادس

الأكسدة والإرجاع

- 63 1-6- مقدمة
- 63 2-6- رقم الأكسدة
- 64 3-6- المردود الكمي لتفاعل الأكسدة والإرجاع

الفصل السابع

المعايرة الحجمية

- 67 1-7- مبدأ المعايرة الحجمية
- 67 2-7- تصنيف التفاعلات الحاصلة في المعايرات الحجمية
- 67 3-7- الشروط الواجب توفرها في المعايرة الحجمية
- 68 4-7- مفهوم درجة الـ pH
- 70 5-7- المحاليل الموقية
- 72 6-7- مواصفات المادة المعيارية الأولية
- 73 7-7- التركيز
- 73 1-7-7- التركيز المولاري (المولارية)
- 73 2-7-7- التركيز الغرامي
- 73 3-7-7- النسبة المئوية الوزنية
- 73 4-7-7- النسبة المئوية الحجمية
- 74 5-7-7- النظامية
- 74 6-7-7- تحضير بعض المحاليل النظامية
- 75 7-7-7- النظامية في تفاعلات الأكسدة والإرجاع
- 76 8-7-7- الكسر المولي
- 77 8-7- المعايرة
- 79 9-7- الأدوات المخبرية الزجاجية اللازمة للمعايرة الحجمية
- 79 10-7- ضبط (تعبير) المحاليل
- 82 11-7- معايرة حمض قوي بأساس قوي

- 84 -12-7 معايرة حمض ضعيف بأساس قوي
- 85 -13-7 معايرة أساس ضعيف بحمض قوي
- 85 -14-7 معايرة ملح ثنائي الوظيفة الأساسية بحمض قوي
- 86 -15-7 معايرة الترسيب
- 88 -16-7 ثابت جداء الذوبانية - التوازن الشاردي غير المتجانس
- 90 -1-16-7 العوامل المؤثرة في انحلال الكهرلبيات

الفصل الثامن

سرعة التفاعل الكيميائي والعوامل المؤثرة عليها

- 93 -1-8 سرعة التفاعل الكيميائي
- 93 -2-8 تأثير التركيز على سرعة التفاعل
- 94 -3-8 تأثير درجة الحرارة على سرعة التفاعل

قسم الكيمياء اللاعضوية

الفصل التاسع

- 95 -1-9 تجارب عملية على بعض عناصر المجموعة الرئيسية الأولى IA
- 95 -1-1-9 الهيدروجين
- 97 -2-1-9 العناصر القلوية
- 97 -3-1-9 الكشف عن العناصر القلوية
- 98 -2-9 تجارب عملية على بعض عناصر المجموعة الرئيسية الثانية IIA
- 101 -1-2-9 الكشف عن العناصر القلوية الترابية
- 101 -3-9 تجارب عملية على بعض عناصر المجموعة الرئيسية الثالثة IIIA
- 104 -4-9 تجارب عملية على بعض عناصر المجموعة الرئيسية الرابعة IVA
- 109 -5-9 تجارب عملية على بعض عناصر المجموعة الرئيسية الخامسة VA
- 115 -6-9 تجارب عملية على بعض عناصر المجموعة الرئيسية السادسة VIA
- 116 -1-6-9 الحصول على الأكسجين
- 116 -2-6-9 خواص الأكسجين

117	9-6-3- الماء الأكسجيني
117	9-6-4- الحصول على الماء الأكسجيني
118	9-6-5- خواص الماء الأكسجيني
120	9-6-6- الكشف عن الماء الأكسجيني
120	9-6-7- تفاعلات شاردة الكبريتيد S^{-2}
122	9-6-8- تفاعلات الشاردين SO_3^{-2} و $S_2O_3^{-2}$
124	9-6-9- بعض تفاعلات مركبات Se و Te (مطلوبة نظرياً فقط)
126	9-7-7- تجارب عملية على بعض عناصر المجموعة الرئيسية السابعة VIIA
128	9-7-1- تأثير المؤكسدات القوية على الهالوجينات
130	9-7-2- تفاعلات بعض أملاح الحموض الأوكسجينية للهالوجينات
133	9-8-8- دراسة عملية على بعض العناصر الانتقالية ومركباتها
134	9-8-1- المنغنيز من المجموعة الانتقالية السابعة
135	9-8-2- الحديد من المجموعة الانتقالية الثامنة
136	9-8-3- عناصر المجموعة الانتقالية الأولى
139	9-8-4- التوتياء من المجموعة الانتقالية الثانية
141	9-9-9- طرائق كشف و فصل الشرجبات و الشرسبات في الكيمياء
141	9-9-1- مقدمة
141	9-9-2- التحليل الكيميائي الكيفي للمركبات اللاعضوية
141	9-9-2-1- الكشف عن الشوارد السالبة (الشرسبات)
147	9-9-2-2- الكشف عن الشوارد الموجبة (الشرجبات)
165	الجدول (1) بعض أزواج الأكسدة والإرجاع وكموناتها المعيارية
166	الجدول (2) الجدول الدوري للعناصر
167	الجدول (3) جدول الكتل الذرية النسبية للعناصر
168	الجدول (4) كهر سلبيات العناصر تبعاً إلى Pauling
169	الجدول (5) بعض المعادن وأهم خاماتها وطرائق تحضيرها مع استعمالاتها المختلفة

170	الجدول (6) بعض المواد الكيميائية و أنواع المخاطر الناتجة عنها
171	الجدول (7) كثافة بعض العناصر
171	الجدول (8) جدول الحموض المركزة التجارية
172	ملحق (1) تحضير بعض الحموض والأسس الشائعة الاستخدام
173	ملحق (2) تحضير بعض الأملاح المستخدمة بشكل واسع
177	ملحق (3) تحضير بعض الكواشف الهامة
180	المراجع العلمية العربية
181	المراجع العلمية الأجنبية
182	بعض الأشكال التي توضح بعض العمليات المخبرية
187	المصطلحات العلمية

المقدمة

يتضمن الكتاب (عملي الكيمياء العامة واللاعضوية) قسمين: القسم الأول

قسم الكيمياء العامة ويشمل الفصول التالية بالترتيب:

- الفصل الأول: تضمن أهم قواعد الأمن والسلامة في المخابر الكيميائية، مع ذكر مصادر الخطر التي يمكن أن يتعرض لها الطلاب أثناء تأديتهم للتجارب المطلوبة، ثم الإسعافات الأولية الضرورية وكيفية إجراؤها في المخابر الكيميائية عند حدوث أي طارئ، بعدها تم التطرق إلى كيفية التعامل مع المواد الكيميائية وطرائق تخزينها، التعرف إلى طفايات الحريق وأنواعها.

- الفصلين الثاني والثالث: الأجهزة والأدوات الزجاجية المستخدمة في المخابر الكيميائية مع دقة استخدامها و طرائق تنظيفها المختلفة، ثم بيان الطرائق الصحيحة في قراءة حجوم السوائل المتطلبة أثناء إجراء التفاعلات الكيميائية وأخطاء القياس.

- الفصل الرابع تضمن تصنيف المواد وطرائق فصل مكونات الخليط بالطرائق المعروفة مثل التصعد - الترشيح - التقطير - الاستخلاص - الترسيب وغيرها.

- الفصل الخامس: تحديد بعض الخواص الفيزيائية للمواد تجريبياً مثل درجة الانصهار والغلجان - كثافة جسم صلب وسائل - تحديد اللزوجة مخبرياً.

- الفصل السادس: الأكسدة والإرجاع - رقم الأكسدة - ثم حساب المردود الكمي لتفاعل الأكسدة والإرجاع.

- الفصل السابع: المعايرة الحجمية وتصنيف التفاعلات الحاصلة في المعايرات الحجمية - مفهوم الـ pH وحسابه للحموض والأسس وللمحاليل الموقية - معايرة الحموض والأسس القوية و الضعيفة والأملاح.

- الفصل الثامن : التعرف إلى سرعة التفاعل الكيميائي والعوامل المؤثرة عليها. أما القسم الثاني: تجارب في الكيمياء اللاعضوية، ويتألف من الفصل التاسع، الذي يهتم بدراسة عناصر المجموعات الرئيسية في الجدول الدوري، وطرق الحصول

عليها في المخبر ودراسة أهم تفاعلاتها ومركباتها أيضاً. و اختيار بعض العناصر الانتقالية الواسعة الاستعمال ودراسة أهم تفاعلاتها وتفاعلات مركباتها أيضاً. بالإضافة إلى كشف وفصل الشرجبات والشرسبات في الكيمياء، مع بيان أهمية التحليل الكيميائي وأنواعه، ولكثرة الشرجبات والشرسبات المطلوب الكشف عنها كان هناك إمكانية لإجراء الكثير من التجارب العملية التي تساهم في زيادة خبرة الطالب والاعتماد على نفسه بإجراء تفاعل كيميائي بسهولة.

كما يحتوي الكتاب في نهايته على بعض الجداول التوضيحية مثل: كمونات المساري لبعض أزواج الأكسدة والإرجاع، الجدول الدوري للعناصر، الكتل الذرية والكهرسليات للعناصر أيضاً وبعض الملاحق التي تبين طرائق تحضير أهم الحموض والأسس والأملاح بتراكيز مختلفة والكواشف الهامة في الكيمياء، وجدول يبين أهم المعادن وخاماتها وطرائق تحضيرها مع استعمالاتها المفيدة وهذا يسهل على الطالب سرعة الوصول لها. وهناك جدول يوضح مخاطر بعض المواد الكيميائية.

نرجو أن نكون قد نجحنا في إعداد هذا الكتاب ليكون عوناً للطالب بإجراء التجارب في المخبر بشكل صحيح ويسر، والتعرف على العناصر والمواد الكيميائية وطرائق تخزينها وتفاعلاتها. وأن يكون له مرجعاً مفيداً خلال دراسته المستقبلية. نأمل من الجميع بأن لا يبخلوا علينا بأي ملاحظة أو نقد بناء.

المؤلفان

والله ولي التوفيق.

قسم الكيمياء العامة

الفصل الأول

أهم قواعد الأمن والسلامة في المخابر الكيميائية

يكون المختبر الكيميائي مكان عمل خطر بالنسبة للشخص الذي لا يعرف قواعد العمل والسلامة في المختبرات الكيميائية، لذلك ينبغي على الطالب قبل البدء في العمل بإجراء التجارب في المختبر الكيميائي التعرف على أهم قواعد العمل في المختبر والتقيد بها، ذلك لضمان نجاح التجارب الكيميائية وأيضاً الحرص على سلامة المختبر وعلى العاملين به وعلى الطلاب خاصة، ولا بد أن نبين لطلابنا الأعضاء أهم قواعد العمل والأمن في المخابر الكيميائية والتي يجب قراءتها بعمق والتقيد والالتزام بها وهي:

1-1- القواعد العامة للعمل والأمن المخبري:

- 1- الحضور إلى المخبر في الموعد المحدد للجلسة العملية دون أي تأخير. وعند دخول الطالب المخبر فهو مسؤول عن سلامته وسلامة جميع من يعمل معه.
- 2- ارتداء الرداء الأبيض لحماية جسم الطالب وملابسه من المواد الكيميائية .
- 3- على الطالب تحضير التجربة واستيعابها بشكل جيد قبل الدخول إلى المخبر كي يتمكن من معرفة هدف التجربة ومراحل العمل .
- 4- الالتزام بالتجارب المقررة من قبل المشرف وعدم العبث و الإسراف في استهلاك المواد الكيميائية والماء المقطر والكهرباء .
- 5- عدم الأكل والشرب داخل المخبر .
- 6- يمنع انتقال الطلاب أثناء الجلسة العملية من الأماكن المخصصة لهم إلى أماكن أخرى إلا عند الضرورة .
- 7- عدم ترك مصابيح الغاز بعد استعمالها مشتعلة .
- 8- فتح صنبور الماء قبل وبعد طرح محاليل المواد الكيميائية في الأحواض.
- 9- يُمنع منعاً باتاً إلقاء أوراق الترشيح أو أوراق عباد الشمس، وأعواد الثقاب والأنابيب المكسورة و الأجسام الصلبة الأخرى في المغسلة أو على الأرض.

- 10- عدم نقل قوارير المحاليل الكيميائية من أمكنتها و التقيد بأخذ الكميات المطلوبة بدقة وعدم إعادة الكمية الزائدة إلى القارورة.
- 11- عدم وضع الملابس والمحافظ الخاصة بالطلاب والطالبات على طاولة العمل أثناء القيام بالتجربة.
- 12- تجنب استعمال العدسات اللاصقة أثناء العمل في المختبر.
- 13- عدم اللمس المباشر أو شم أو تذوق المواد الكيميائية، لأن معظمها ضار وسام.
- 14- يُحظر سحب المواد الكيميائية بالماصة عن طريق الفم، بل تستخدم الماصة المطاطية أو الأوتوماتيكية.
- 15- يُحظر استنشاق أبخرة المواد الكيميائية، والمذيبات العضوية سريعة التبخر لأن أكثرها سام ومسبب لأمراض السرطان.
- 16- إبعاد المواد القابلة للاشتعال أو القابلة للانفجار عن مصادر الحرارة.
- 17- لا توجه فوهة أنبوب الاختبار نحو زميلك أو الآخرين ولا حتى باتجاهك أثناء التسخين.
- 18- لا تسخن المواد الكيميائية في المقياس المدرج أو الأوعية الزجاجية التي لا تتحمل الحرارة، بل في الكأس الزجاجي أو الأوعية المخصصة للتسخين.
- 19- أعد زجاجات المواد الكيميائية و الكواشف إلى أماكنها بعد استخدامها لها.
- 20- لا تبدل سدادات الزجاجات بعضها ببعض كي لا تتلوث المواد الكيميائية فتسبب أخطاراً وأخطاء في نتائج التجربة.
- 21- يجب إجراء التفاعلات التي ينتج عنها أبخرة أو دخان أو غازات ضارة أو كريهة الرائحة ضمن ساحة الغازات Hood.
- 22- عند إجراء تمديد للحمض المركز، يضاف الحمض إلى الماء ببطء ومع التحريك وليس العكس.
- 23- استخدام أدوات الحماية الشخصية في أي تجربة تتطلب ذلك مثل: النظارات الواقية للعيون، القفازات المطاطية الواقية لليدين، القناع الواقي للوجه والرقبة والأذنين والمعطف المخبري.
- 24- استخدام الملاقط لإمسك الأدوات الساخنة.

- 25- التعامل برفق وحذر مع الأدوات الزجاجية واستخدام الغليسرين أو مادة شمعية (Silicon Grease) على الوصلات المصنفة لتسهيل تركيبها وفصلها عن بعضها البعض. وإدخال ميزان الحرارة (الترمومتر) أو الأنابيب الزجاجية في تقب السدادة المطاطية بهدوء وبعد تبليل فوهتها بالغليسرين أو الماء.
- 26- عدم وضع أي جسم غريب داخل عبوة الكيماويات (فقط الملعقة)، وعدم إرجاع الكيماويات الزائدة عن حاجتك إلى العبوة .
- 27- في حال وقوع أي خطر أو تلف أو عطل تراه في مرافق و تجهيزات وأدوات المخبر بادر مباشرة إلى إخبار المشرف على الجلسة.
- 28- يجب غسل الأدوات المستخدمة بعد نهاية التجربة وتسليمها إلى المشرف على المختبر. وغسل اليدين جيداً بالماء والصابون.
- 29- على الطالب أن يقدم في نهاية الجلسة العملية تقريراً مفصلاً يتضمن كيفية إجراء التجارب، والتفاعلات التي تمت، ثم كتابة النتائج والحسابات اللازمة وشرحها ثم تسليمه إلى المشرف المسؤول.

1-2 - مصادر الخطر في المخابر الكيميائية:

- 1- المواد الكيميائية السامة.
 - 2- المواد الكيميائية القابلة للاشتعال.
 - 3- المواد الكيميائية المنفجرة.
 - 4- الأدوات الزجاجية.
- وإذا لم يتم التعامل مع المواد الكيميائية بشكل صحيح من خلال استخدامها أو نقلها أو تخزينها فإنها قد تنفجر أو تشتعل، وتسبب حروقاً للجلد وحساسية للعينين، ويمكن أن تسبب إصابات أو مشاكل صحية كالغثيان، الدوار أو الصداع وغيره، وقد تسبب أضراراً في بعض أعضاء الجسم مثل الرئتين، الكبد والكلى والمعدة... وغيرها، وفي بعض الأحيان قد تؤدي إلى الوفاة.

1-3- الإسعافات الأولية في المخابر الكيميائية:

- 1- الإسعافات الأولية للإصابات الناتجة عن حروق الأحماض:
- غسل المنطقة المصابة بكمية كبيرة من الماء ثم بمحلول NaHCO_3 ثم بالماء.
- 2- الإسعافات الأولية للإصابات الناتجة عن حروق القلويات:

- غسل المنطقة المصابة بكمية وافرة من الماء.
- شطف المنطقة المصابة بمحلول NH_4Cl تركيز 5% ، ثم بعدها بالماء.
- 3- في حالة الحروق الناتجة عن اللهب (حرارة مرتفعة) تغسل المنطقة المصابة بمحلول $KMnO_4$ تركيزه 5%، إذا كانت الحرارة غير مرتفعة يغسل المكان المصاب بالكحول ثم يدهن بالجلسيرين.
- 4- عند إصابة العين بمادة قلوية تغسل بكميات كبيرة من الماء ثم بمحلول حمض البوريك H_3BO_3 2% أما في حالة الحمض فتغسل بمحلول مشبع من البوراكس أو محلول بيكربونات الصوديوم 5% ثم يعرض المصاب على الطبيب فوراً.
- 5- عند التعرض لأبخرة البروم أو غاز H_2S أو أكاسيد الآزوت يجب استنشاق النشادر بوساطة قطعة قطن مبللة بمحلول النشادر المخفف.
- 6- عندما يسقط على الجلد الفينول أو غيره من المواد المهيجة يُغسل الجزء المصاب بمحلول عضوي كالكحول و البنزن وغيرها.
- 7- إذا حدث تسمم بسبب سوائل بترولية أو حموض أو سوائل تنظيف فلا تجعله يتقيأ لأنه أشد خطورة عليه، فقط اسقه حليباً أو ماءً وانقله إلى المستشفى فوراً.
- ويجب أن تتوفر في صيدلية الإسعافات الأولية في المخبر المواد التالية:
- قطن طبي - لفافات شاش- لاصق جروح- كحول ممدد- ماء أكسجيني ممدد
- لتنظيف وتعقيم الجروح- محلول النشادر لحالات الإغماء- صبغة اليود للتعقيم
- والحروق- محلول البوريك لغسل العيون- زيت الخروع وزيت الزيتون لحالات الحروق وتعرض العين لمادة حمضية أو قلوية- الفازلين لحالات الحروق.
- 1-4- التعامل مع المواد الكيميائية وطرائق تخزينها:**
- اقرأ التعليمات والإرشادات الموجودة على العبوات وتقيدها بها.
- كن حذراً عند تعاملك مع المعادن القلوية مثل الليثيوم، الصوديوم والبوتاسيوم لشدة تفاعلها مع الماء وانطلاق غاز الهيدروجين مع إطلاق كمية كبيرة من الحرارة كافية لإشعال الغاز.
- احفظ الصوديوم، والبوتاسيوم والكالسيوم مخموراً ضمن سوائل الكيروسين أو زيت البرافين.
- ابعد المذيبات العضوية عن اللهب لأنها سريعة الاشتعال، ويجب حفظها في

ثلاجة المواد الكيميائية عند درجات حرارة منخفضة. ولا يجوز تخزين كميات كبيرة منها في المخابر.

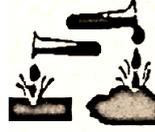
- تخزين الحموض القوية مثل حمض الكبريت وحمض كلور الماء وحمض الهيدروفلوريك وحمض البيركلوريك وغيرها، يجب أن توضع على الأرض في صناديق خشبية مدفونة داخل رمل ناعم يمنع اهتزاز الزجاجات الحاوية لها أو احتكاكها.

- وهناك مواد كيميائية تتصهر في درجة حرارة الجو مثل: كبريتات الصوديوم، نترات الكالسيوم، نترات الزئبق (I وII)، نترات التوتياء، كلوريد المنغنيز (II)، نترات الحديد (II)، كبريتيد الصوديوم وغيرها ، وبالتالي يجب تخزينها في مكان بارد وجاف.

- أيضاً، بعض الكيماويات التي تتميع أو تفقد ماء تبلورها نذكر منها: مركبات الألمنيوم مثل: الكلوريد والنترات. ومركبات الحديد مثل: الكلوريد والنترات ونترات الصوديوم ونترات المغنزيوم وكربونات الصوديوم. ومركبات النحاس كما في الكلوريد والنترات وغيرها، ويجب أن تكون عبواتها محكمة الإغلاق ومخزنة في مكان جاف.

- أيضاً، هناك كيماويات سواء جافة أو سائلة تتأثر بالحرارة والضوء والرطوبة، مما يؤدي إلى تغير لونها أو تحولها إلى مادة أخرى مثل: مركبات الزئبق (هاليدات- نترات- كبريتات) وكلوريد الألمنيوم وهيبوكلوريت الكالسيوم وأكسيد الكالسيوم . ومركبات النحاس كما في الأكاسيد والهاليدات وفوق أكسيد الصوديوم وحمض الفوسفور اللامائي وكربونات الأمونيوم و كبريتيد الصوديوم .

وفي ما يلي نورد أهم الرموز الخاصة التي يجب على الكيميائي التعرف إليها ليستعمل الكيماويات بأمان، للحفاظ على سلامته وسلامة العاملين معه في المخبر:



المواد الآكلة



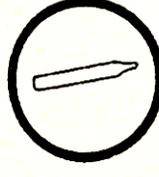
المواد السامة التراكمية



المواد ذات العدوى البيولوجية



المواد السامة



الغازات المضغوطة



المواد الخطرة (تحذير)



المواد القابلة للانفجار



المواد القابلة للاشتعال والاحتراق



المواد المؤكسدة



المواد ذات التفاعلات الخطرة

1-5- طفايات الحريق:

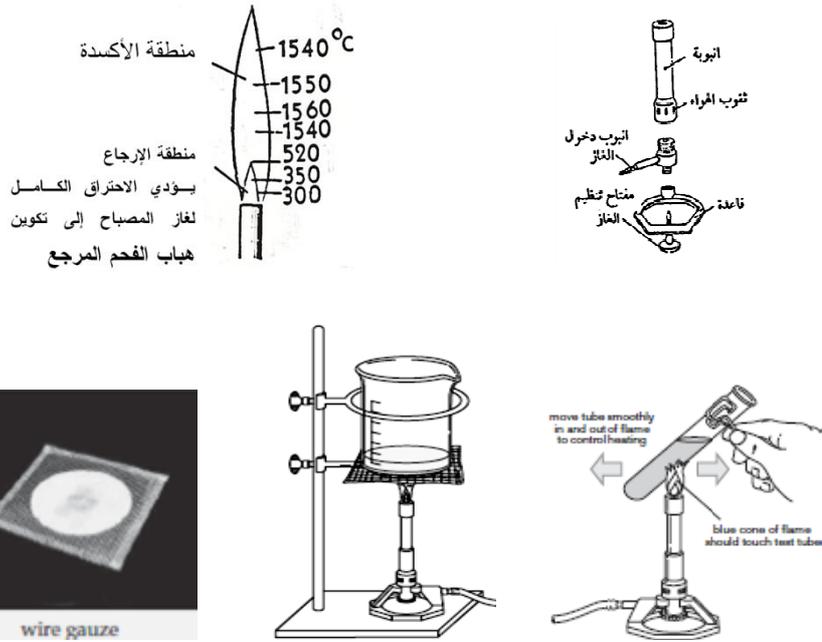
هناك عدة أنواع من طفايات الحريق، ومن الأنواع الموصى باستخدامها في المخابر التعليمية، مايلي:

1- طفاية البودرة المتعددة الأغراض: تستخدم هذه الطفاية بشكل عام لإخماد الحرائق المختلفة، ما عدا حرائق المعادن القابلة للاشتعال، وتترك مخلفات من البودرة ذات الأصل الحمضي قد تؤدي إلى تلف الأجهزة.

2- طفاية البودرة الجافة (ثاني أكسيد الكربون): تستخدم هذه الطفاية لإخماد حرائق المعادن القابلة للاشتعال، وتمتاز بسرعة إخمادها للمعادن المشتعلة، حيث تكون طبقة سميكة من البودرة فوق سطح المعدن المشتعل فتخمده، وهذا النوع يؤدي إلى الاختناق إذا كان المكان مغلقاً.

1-6-6- عمليات التسخين والتبريد المخبرية:

1-6-1- التسخين: يتم بطريق مباشر بوساطة مصباح بونزين (Bunsen burner)، حيث تتم عملية الاحتراق من خلال امتزاج غاز الأكسجين مع غاز البوتان القابل للاحتراق بشكل كامل وتكون العملية ناشرة للحرارة بشكل كبير ولإشعال المصباح افتح أسطوانة الغاز، قرب عود ثقاب مشتعل من فوهة الأنبوب أدر الأنبوبة بحيث تسمح للهواء بالدخول و استمر في تنظيم كمية الهواء حتى تحصل على لهب بشكل مخروطي، يجب وضع شبكة معدنية (Wire gauze) أثناء التسخين وذلك لتنظيم عملية التسخين، يبين الشكل (1-1) مصباح الغاز المخبري والأجزاء الرئيسية له وللشعلة مع عملية التسخين:



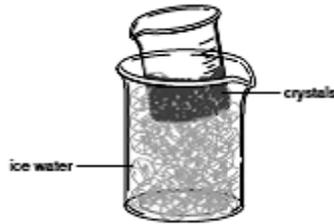
الشكل (1-1) مصباح الغاز المخبري، والأجزاء الرئيسية له مع عملية التسخين

وهناك التسخين غير المباشر يتم باستخدام حمام مائي أو رملي أو زيتي أو سخانات كهربائية من أجل المحاليل القابلة للاشتعال، وهي غير ملوثة للبيئة وعملية.

1-6-2- التبريد : هناك وسائل متعددة للتبريد مثل: الهواء للتبريد حتى الدرجة 25°C باستخدام مراوح أو بالضغط، الجليد المجروش من أجل التبريد إلى الدرجة صفر مئوية، للحصول على درجة أقل من الصفر يُضاف الملح إلى الجليد المجروش بنسبة (3:1) فتحصل على درجة حرارة (-20°C)، ويمكن الحصول على درجات حرارة أقل من الصفر أيضاً باستخدام كلوريد الأمونيوم، ومن أجل درجات حرارة منخفضة جداً يستخدم الثلج الجاف (CO_2) مع مذيب عضوي، أو الآزوت السائل، كما يبينه الجدول التالي:

كمية المادة المبردة %	كمية الثلج الجاف CO_2 %	درجة التبريد التي يمكن الوصول إليها $^{\circ}\text{C}$
NH_4Cl 19g	81g	-15.8
NaCl 23.5g	76.5g	-21.2
$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 59g	41g	54.9
$\text{HCl}(36\% \text{m/m})$ 25g	75g	-86.0

يمكن إجراء التبريد وفقاً للشكل التالي:

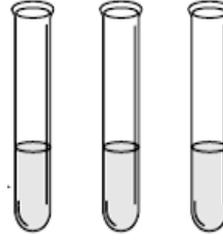
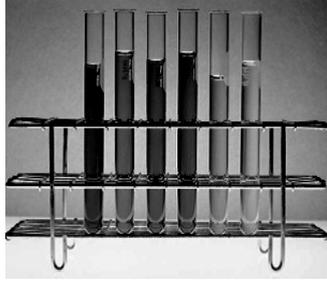


الفصل الثاني

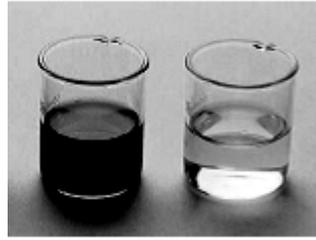
الأجهزة والأدوات الزجاجية المستخدمة في المخابر الكيميائية

1-2- الأدوات الزجاجية: تستخدم في المخابر الكيميائية أدوات وأوعية زجاجية مختلفة حسب نوع التجربة نذكر أهمها:

1- أنابيب الاختبار (Test Tubes): وهي من أبسط الأدوات الزجاجية المستخدمة في المختبرات الكيميائية، ويوجد منها عدة أنواع، وقياسات مختلفة.



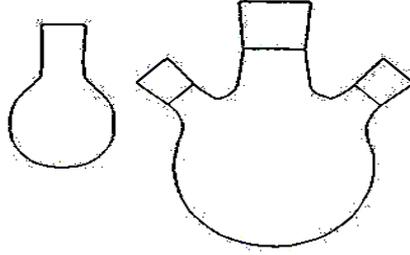
2- الكأس الزجاجي (Beaker): الكأس الزجاجي أسطواني الشكل له ميزابة تساعد على سكب السائل، متوفر بقياسات مختلفة. تستخدم لتحضير المحاليل وتسخين السوائل والترسيب.



3- الأريلينماير (Conical Flask): وعاء زجاجي مخروطي الشكل ذو فتحة ضيقة بالأعلى، متوفر بقياسات مختلفة. تستخدم في المعايرات والتسخين واستقبال الرشاحات خلال عمليات الترشيح.

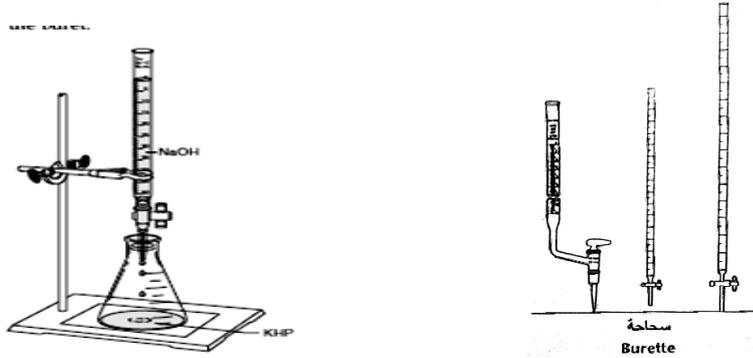


4- **الدورق المخروطي (Flask):** وهي عبارة عن وعاء زجاجي كروي الشكل وينتهي بعنق واحد أو اثنين أو ثلاثة . متوفر بحجوم مختلفة، ويستخدم في إجراء التفاعلات وفي عمليات الاستخلاص والتقطير.



دورق Flask

5- **السحاحة (Burette):** تتألف السحاحة من أنبوب زجاجي طويل ومدرج بدقة، وينتهي بصنبور للتحكم بانسياب السائل، متوفرة بحجوم مختلفة، وتستخدم لسكب السوائل في المعايرات الحجمية.



سحاحة مع حامل معدني

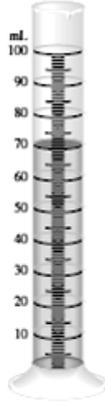
6- **الماصة (Pipette):** يوجد نوعان من الماصات، النوع الأول الماصة المدرجة وهي عبارة عن أنبوب زجاجي مدرج ينتهي بفتحة ضيقة، النوع الثاني الماصة الحجمية العيارية وهي عبارة عن أنبوب زجاجي يحتوي على انتفاخ في الوسط وله علامة واحدة في الأعلى، وكل من النوعين متوفر بحجوم مختلفة، وتستخدم الماصات لأخذ حجم معين من السوائل بدقة.



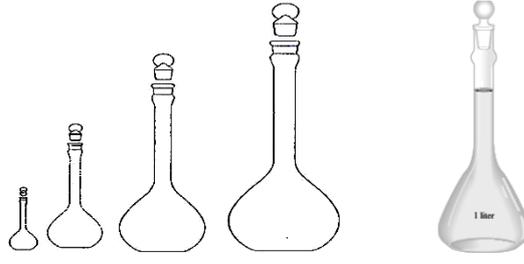
pipets



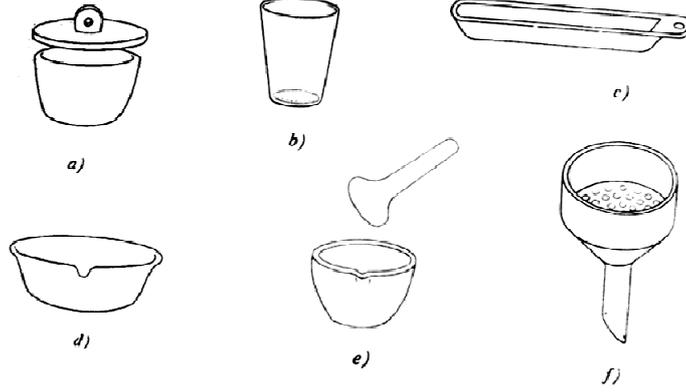
7- الأسطوانة المدرجة (Graduated Cylinder): وهي عبارة عن وعاء زجاجي أسطواني مدرج الشكل، ومجهز بقاعدة مسطحة لحفظ التوازن، وقد يحتوي بالأعلى على ميزابة تساعد على تسهيل عملية سكب السائل.



8- الدورق الحجمي (Volumetric Flask): وهو عبارة عن دورق زجاجي له شكل الإجاصة ذو قعر مسطح وينتهي بعنق طويل حددت عليه دائرة تشير إلى المستوى المطلوب تعبئته بالسائل. متوفر بحجوم وأشكال مختلفة، ويستخدم لتحضير المحاليل العيارية:

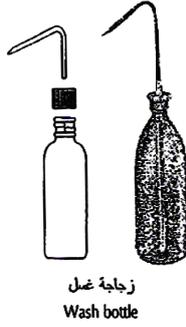


9- الأواني الخزفية: مثل الجففات وتكون بحجوم مختلفة، وهي مقاومة لدرجات الحرارة العالية، مصنوعة من الخزف، وتوجد بأشكال متعددة:



a) بوتقة مع غطاء، b) كأس، c) ملعقة خزفية لأخذ كميات محددة من مادة صلبة،
d) صحن تبخير، e) هاون، f) قمع بوختر

10- زجاجات الغسل: وهي عبارة عن عبوات بلاستيكية مجهزة بغطاء تخترقه أنبوبة بلاستيكية مع طرف رفيع. تستخدم في إزالة الرواسب المتبقية في الواني الزجاجية وغيرها:



11- زجاجات المشعر(المشعر): وهي عبارة عن عبوات زجاجية مختلفة الأشكال تحفظ فيها محاليل الكواشف (المشعرات):



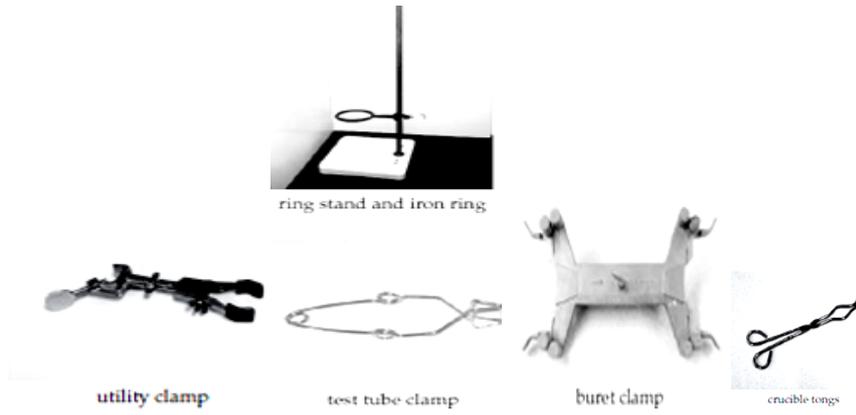
زجاجات indicator

عند العمل بالأدوات الزجاجية يجب استخدام سدادات من الفلين أو المطاط وعدم استخدام سدادات زجاجية في محاليل هيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم أو محلول فهلنج المحتوي على الصودا الكاوية. أيضاً، تغطي السدادات الزجاجية في غير المحاليل السابقة بطبقة رقيقة من الفازلين أو زيت السيليكون مرة كل شهر. وعدم استخدام الأواني الزجاجية السميكة عند تخفيف الحموض المركزة أو القلويات المركزة حيث تنتشر حرارة عالية تتسبب في كسرها، ويمكن استخدام كأس أو ورق زجاجي رقيق الجدار وتركه حتى يبرد.

ويجب وضع بعض المحاليل مثل: حمض الآزوت المركز، و محلول نترات الفضة وماء الكلور في زجاجات ملونة حتى لا تتأثر بالضوء.

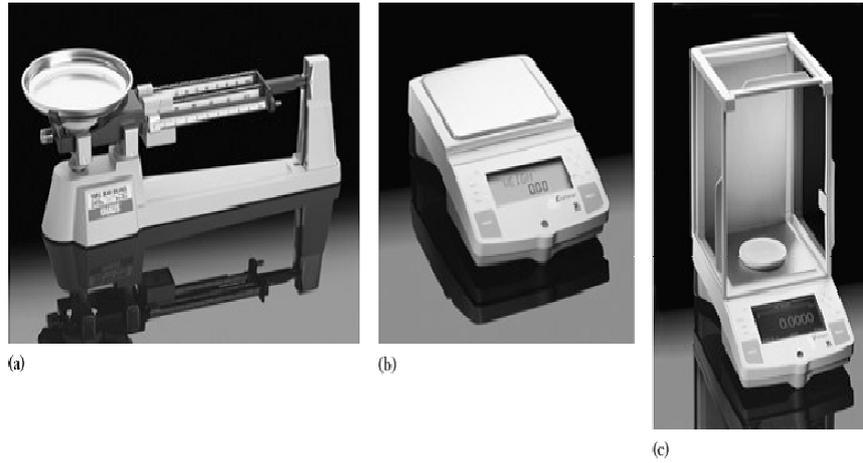
ويجب التمرن على ثني الزجاج وقطعه، وثقب الفلين وتركيب الأجهزة الخاصة بالتجارب الكيميائية وذلك بمساعدة المشرف على الجلسة العملية.

12- تثبيت الأدوات الزجاجية: يتم تثبيت الأدوات الزجاجية باستخدام حوامل معدنية ذات قاعدة مستوية وقوية بالإضافة إلى ملاقط مصنوعة من الحديد أو من الألمنيوم تقوم بتثبيت الأدوات الزجاجية على الحوامل، يبين الشكل قاعدة مع بعض الملاقط المتنوعة:



من الأعلى قاعدة حديد مع حلقة حديدية، من اليسار إلى اليمين ملقط تثبيت- ملقط تثبيت أنبوب اختبار- ملقط تثبيت سحاحة - ملقط بوتقة.

13- الموازين Balances: تكتسب الموازين أهمية كبيرة في المخابر من أجل إجراء التجارب الكيميائية بشكل دقيق، هناك عدة نماذج للموازين حسب الدقة المطلوبة في عملية الوزن، يبين الشكل (1-2) عدة نماذج للموازين مع دقتها:



الشكل (1-2) عدة نماذج من الموازين (a) دقة $\pm 0,01$ (b) $\pm 0,001$ (c) $\pm 0,0001$

14- موازين الحرارة Thermometers: وهي عبارة عن أدوات تستخدم لقياس درجة حرارة مادة ما أو درجة حرارة محلول ما، وهي مصنوعة من الزجاج، وهي نوعان: الأول ميزان الحرارة الزئبقي، وميزان الحرارة الكحولي.



2-2- تنظيف الأدوات الزجاجية:

تُنظف الأدوات الزجاجية بعدة طرائق نذكر منها:

- غسل الأدوات الزجاجية بالماء والصابون بشكل جيد مع فرشاة خاصة، وفي حال لم تُزل الرواسب المتبقية نتيجة التجارب الكيميائية يمكن التنظيف بحمض أو أساس أو مادة مؤكسدة مثل المزيغ الكرومي الذي يُحضر كما يلي: إذابة 60 gr من كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 في 100 Cm^3 من الماء ثم يضاف إليها ببطء وحرر شديدين ومع التبريد للحوجة 60 Cm^3 من حمض الكبريت المركز، حيث توضع الأدوات الزجاجية ضمن المحلول المحضر لمدة تزيد عن 12 ساعة ثم تُغسل بعدها بالماء وتجفف. يمكن استخدام المزيغ الكرومي لأكثر من مرة، وعندما يتغير لونه البرتقالي إلى الأخضر الغامق عندها يفقد المزيغ فعاليته في التنظيف. وهو أفضل من استخدام مزيغ فوق منغنيات البوتاسيوم في تنظيف الأدوات الزجاجية لأن الأخير لا يُستعمل لأكثر من مرة. أيضاً، هناك طرائق تنظيف أخرى باستخدام المحلات العضوية مثل الأسيتون، الكلوروفورم وغيره. بعدها، تُجفف الأواني الزجاجية إما بوساطة تيار من الهواء الساخن بعد غسلها بكمية من الأسيتون أو الإيتانول، أو ضمن مجفف درجة حرارته 105°C تقريباً. ويمكن تركها في أماكنها المناسبة حتى تجف لحين حاجتها مرة ثانية.

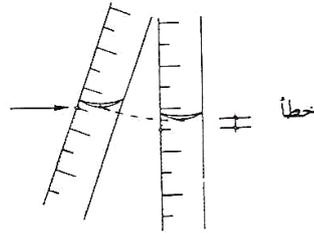
2-3- أخطاء القياس:

إن سطوح السوائل في الأوعية الزجاجية تكون مقعرة (نحو الأسفل) أو محدبة (نحو الأعلى). ويمكن تجنب خطأ القياس بالنسبة للسوية المقعرة إذا تمت القراءة في أدنى نقطة من سوية السطح وأما بالنسبة للسطح المحدب فيجب قراءة القيمة في أعلى نقطة من السطح. وإذا كان السائل ملوناً أو غير شفاف أو من

النوع الذي يبيل سطح الزجاج، فيجب القراءة من أعلى نقطة من التقعر. توضح الأشكال التالية الحالات الثلاث المشار إليها:



- خطأ الميلان: يجب أن يكون جهاز القياس عند قراءة القيمة العددية في وضعية شاقولية.



- خطأ سطح المقطع: يجب أن يتلاءم الوعاء مع الحجم المطلوب قياسه بغية المحافظة على دقة القياس.

الفصل الثالث

عمليات القياس والدقة للأدوات المستخدمة في المخبر

3-1- مقدمة Introduction: إن عمليات القياسات التحليلية في المخابر (أوزان، أحجام، تراكيز...) لا يمكن أن تكون دقيقة 100% بل يكون هناك مقدار أو ما يسمى مقدار عدم الثقة *Uncertainly*، وهو انحراف القيمة الناتجة عن القيمة الحقيقية، وقد تختلف الأسباب التي تؤدي إلى ارتكاب الأخطاء في التحليل الكمي، فمنها ما يعود إلى الخطأ البشري أو نوعية الجهاز المستخدم في القياس وتأثير وتغير الشروط الخارجية على معطيات أجهزة القياس... الخ.

وتقسم الأخطاء حسب طبيعة نشوئها إلى أخطاء دورية وعرضية و فادحة. الأخطاء الدورية وهي تنجم عن أسباب دائمة وتكرر في جميع المشاهدات والتجارب، فمثلاً تنشأ نتيجة عدم الدقة في تدريج الأواني الحجمية أو تقدير الوزنات والسجلات، وللأخطاء الدورية إشارة واحدة بمعنى أن النتائج التي نحصل عليها في جميع القياسات تكون منحرفة عن القيمة الحقيقية إلى جهة واحدة. أما الأخطاء العرضية فتكون مرتبطة بعوامل مختلفة لا يمكن حصرها أو تفاديها ويختلف تأثيرها من حالة إلى أخرى. أما الأخطاء الفادحة فتنشأ أثناء الحسابات غير الصحيحة وعند الإخلال بشروط الطريقة التحليلية وما شابه ذلك.

3-2- القياسات وفق النظام الدولي للوحدات:

في عام 1960 تم تبني النظام الدولي للوحدات والذي يرمز له اختصاراً *SI*، ويُعبر عن جميع الكميات المقاسة في الجملة الدولية *SI* بالوحدات الأساسية التالية:

- **الطول:** الوحدة الأساسية له هي المتر *m*، ولقياس أطوال أكبر يستخدم الكيلو متر *Km*:
 $1\text{Km} = 10^3\text{m} = 1000\text{m}$

وفي المخبر يستخدم أطوال هي أجزاء من المتر مثل الـ *cm* والميليلتر *mm*:

$$1\text{cm} = 0,01\text{m}$$

$$1\text{mm} = 10^{-3}\text{m} = 0,001\text{m}$$

وعلى المستوى المخبري فيستخدم الميكرومتر μm أو النانومتر *nm* أو البيكومتر:

$$1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m} , 1\text{nm} = 10^{-9}\text{m} , 1\text{pm} = 10^{-12}\text{m}$$

بالنسبة للمساحة (*SI*) المشتقة هي المتر المربع (m^2) والوحدات الأصغر منه:

$$1\text{Cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2 \quad , \quad 1\text{mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$$

أما الحجم فوحداته في الجمل الدولية (SI) هي المتر المكعب (m^3) لكنها غير عملية لاستخدامها في المخبر، لذلك نستخدم الـ Cm^3 , dm^3 :

$$1\text{Cm}^3 = 10^{-6}\text{m}^3$$

$$1\text{dm}^3 = 10^{-3}\text{m}^3$$

والليتر هو ليس من وحدات الـ SI إلا أنها سهلة وعملية لذلك تستخدم حتى الآن:
 $1\text{L} = 1000\text{mL} = 1\text{dm}^3 = 1000 \text{ Cm}^3$

- **الكتلة:** تقاس في الجمل (SI) بـ Kg والذي يساوي وزن 9,8N على سطح الكرة الأرضية:

$$1\text{Kg} = 10^3\text{g} = 1000 \text{ g}$$

وللكميات الأصغر:

$$1 \text{ mg} = 10^{-3} \text{ g}$$

- **الزمن:** وحدة القياس الأساسية هي الثانية S، ولقياس فترات زمنية أقصر نستخدم الميللي ثانية، الميكرو ثانية، النانو ثانية ...، أما عند قياس زمن طويل فنستخدم وحدات لا تنتمي إلى الجمل (SI) مثل: الدقيقة (min)، والساعة (h)، واليوم (d)، والسنة (y).

- **درجة الحرارة:** الوحدة الأساسية لقياسها في الجمل (SI) هي الكالفن (K). أما في المختبر فنستخدم الدرجة المئوية الأكثر شيوعاً ويرمز لها C.

$$K = C + 273,15$$

الفارق بين المقياسين هو موقع نقطة الصفر.

مثال: الماء يتجمد عند 273,15K وفق مقياس كالفن.

3-3- دقة القياس precision وصواب القياس Accuracy:

تعطي عملية القياس نتائج غير دقيقة (أخطاء)، تنتج من أجهزة القياس نفسها أو من نقص خبرة المجرب باستخدام أجهزة القياس بشكل صحيح.

أما عملية التعداد فتعطي نتائج دقيقة. فمثلاً يمكننا تعداد 15 طالباً في مخبر وذلك بدقة كاملة. عند إجراء مجموعة من القياسات فإن دقة القياس تشير إلى أي درجة

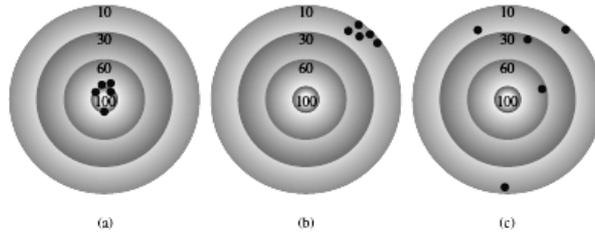
تتقارب هذه القياسات من بعضها البعض ويعبر عن الدقة بالانحراف المعياري Standard deviation. فإذا كانت القيمة المقاسة هي الكتلة فإن أدق تعبير عن هذا المقدار هو القول بأن الكتلة تساوي القيمة المتوسطة للوزن (الكتل) مضافاً إليها أو مطروحاً منها الانحراف المعياري. وتعطى العلاقة الرياضية بشكل عام بالشكل التالي:

$$\text{الانحراف المعياري} = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_{\text{mean}})^2}{n-1}}$$

أما صواب القياس فيشير إلى أي درجة يكون متوسط القياسات قريباً من القيمة الحقيقية أو الأكثر احتمالاً ويعبر عن الصواب بالخطأ المطلق Absolute Error والذي يعطى بالعلاقة الرياضية التالية:

$$\text{الخطأ المطلق} = \text{القيمة التجريبية المقاسة} - \text{القيمة الحقيقية}$$

إذاً الخطأ المطلق يساوي القيمة المقاسة تجريبياً مطروحاً منها القيمة الحقيقية، يبين الشكل (1-3) التالي الصواب والدقة خلال إجراء عدة قياسات لكمية ما:



الشكل (1-3) الصواب والدقة خلال إجراء عدة قياسات لكمية ما

حيث تمثل الدائرة الصغيرة في المنتصف القيمة الحقيقية للكمية المقاسة (الوزن مثلاً)، وتمثل الدائرة الثانية مقدار الابتعاد عن القيمة الحقيقية للكمية، أما الدائرة الثالثة الكبيرة فتمثل الابتعاد بشكل أكبر عن القيمة الحقيقية للكمية المقاسة (للوزن مثلاً). تمثل الدوائر الصغيرة السوداء القيم المقاسة للوزن مثلاً، بينما عددها يمثل عدد مرات إجراء القياس، ففي الحالة a نلاحظ أن جميع القيم تقع ضمن الدائرة الأولى أي قريبة جداً من القيمة الحقيقية وبالتالي الصواب جيد، والدقة جيدة حيث أن جميع القيم متقاربة.

بينما في الحالة b نلاحظ أن القيم المقاسة بعيدة عن القيمة الحقيقية وبالتالي القيمة المتوسطة بعيدة عن القيمة الحقيقية وهذا يؤدي إلى أن الصواب سيء، لكن رغم ذلك نرى أن القيم متقاربة و بالتالي الدقة جيدة.

وفي الحالة c نرى أن الدوائر متباعدة لكن بشكل منتظم تقريباً، وبالتالي القيمة المتوسطة قريبة إلى حد ما من القيمة الحقيقية والصواب مقبول، أما بالنسبة للدقة فهي سيئة لتباعد القيم المقاسة عن بعضها البعض.

3-4- الأرقام المعنوية Significant figures

لتحديد أو التعبير عن مقدار كمية ما (القياس)، فإننا نلجأ إلى الأرقام لنعبر عن هذه الكمية. لكن عدد خانات Digits الأرقام المعبرة عن نتيجة القياس، تختلف باختلاف الجهاز المستخدم، وطريقة العمل. وعندما نكتب نتيجة قياس لكمية ما، فيفترض دوماً أن الرقم الأخير Last digit من اليمين هو رقم غير مؤكد. يطلق تعبير الأرقام المعنوية على عدد خانات الرقم المعبر عن نتيجة الكمية المقاسة بما فيها الخانات غير المؤكدة، وكلما كان عدد الأرقام المعنوية أكبر كلما كانت عملية القياس أدق وأصح.

مثال: إذا وزن جسم ما على ميزان (كتب عليه $s.d \pm 0.01g$)، ووُجد أن قيمة الوزن هي $6.05g$ فإن عدد الأرقام المعنوية هي ثلاثة، اثنان منها موثوق بهما وهما 6 و 0 أما الثالث 5 فهو غير موثوق به، لأن الحساسية للجهاز $\pm 0.01g$ ، وبناءً عليه فإن وزن الجسم هو بين $6.06g$ و $6.04g$ ولا يكتب وزنه بالشكل $6.05g$ لأننا غير متأكدين ولا واثقين من الخانة الرابعة لأن حساسية الجهاز المستخدم ثلاث أرقام معنوية فقط. وكلما كان عدد الأرقام المعنوية كبيراً كلما كانت دقة القياس مرتفعة. أما الأصفار فلها وضع خاص لأن لها وظيفتين في الوقت نفسه: فهي أحياناً تشكل جزءاً من القيمة المقاسة وأحياناً أخرى تستخدم لتحديد موقع الفاصلة العشرية:

- الأصفار الواقعة بين عددين معنويين غير معدومين هي معنوية، مثال: للعدد 3205 أربعة أرقام معنوية، وللعدد 50.002 خمسة.
- الصفر الموجود أمام الفاصلة العشرية، ليس رقماً معنوياً ولكنه يفيد في تسهيل القراءة فقط، مثل: 0.325 هنا ثلاثة أرقام معنوية.

- الأصفار التي ينتهي بها العدد تكون أرقام معنوية إذا كانت على يمين الفاصلة العشرية. للعدد 0.5000 أربعة أرقام معنوية.
- الأصفار التي تنتهي بها الأعداد مثل: 500 يمكن أن تكتب 5×10^2 ، العدد 5 معنوي، أما 10^2 ليس معنوياً.
- يعرف مفهوم الأرقام المعنوية لعمليات القياس فقط. أما من أجل الكميات، مثل: عدد أضلاع المربع 4 و عدد طلاب صف ما 50 طالباً ، والكيلو متر يساوي 1000m ، فالأرقام 4 و 50 و 1000 ليست أرقاماً معنوية لكن كل عدد منها يوافق قيمة صحيحة.

القسم العملي

- تجربة 3-1: قياس كتلة جسم صلب وحساب الانحراف المعياري**
- قياس كتلة (وزن) جسم صلب لثلاثة أو أربعة أرقام معنوية (حسب الميزان المتوفر)، وحساب الانحراف المعياري لوزن الجسم.
- خطوات العمل:**

- 1- اضبط الميزان على الصفر بوساطة زر التصفير.
- 2- ضع الجسم الصلب على كفة الميزان، وسجل قيمة الوزن.
- 3- كرر عملية التصفير والوزن للجسم خمس مرات، وسجل في كل مرة الوزن الظاهر على شاشة الميزان.

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 = \dots g$$

- 4- احسب القيمة المتوسطة لوزن الجسم X_{mean} من العلاقة:

$$X_{mean} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5}{5}$$

- 5- احسب انحراف الأوزان الخمسة عن متوسط قيمة الوزن من العلاقة التالية:

$$(X_i - X_{mean})$$

- 6- قم بتربيع جميع قيم الانحراف عن متوسط الوزن من العلاقة:

$$(X_i - X_{mean})^2$$

- 7- اجمع الآن مربعات الانحراف عن القيمة المتوسطة للوزن باستخدام العلاقة:

$$\sum (X_i - X_{mean})^2 = (X_1 - X_{mean})^2 + (X_2 - X_{mean})^2 + (X_3 - X_{mean})^2 + (X_4 - X_{mean})^2 + (X_5 - X_{mean})^2$$

8- احسب الانحراف المعياري لوزن الجسم من العلاقة التالية:

$$\text{الانحراف المعياري} = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_{\text{mean}})^2}{n-1}}$$

حيث تمثل n عدد مرات الوزن، وفي التجربة n=5.

يمكن إجمال نتائج التجربة في الجدول التالي:

	وزن الجسم الظاهر على الشاشة $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 = \dots g$
	القيمة المتوسطة لوزن الجسم $X_{\text{mean}} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5}{5}$
	انحراف الأوزان الخمسة عن متوسط قيمة الوزن $(X_i - X_{\text{mean}})$
	تربيع قيم الانحراف عن متوسط قيمة الوزن $(X_i - X_{\text{mean}})^2$
	مربع الانحراف عن القيمة المتوسطة للوزن $\sum(X_i - X_{\text{mean}})^2$
	$S.d = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_{\text{mean}})^2}{n-1}}$

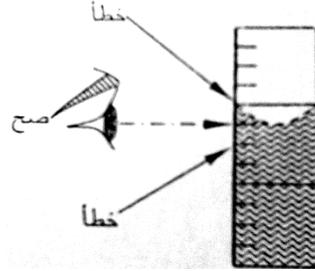
تجربة 3-2: قياس الأحجام، ومقارنة الأدوات المستخدمة

مقدمة: هناك العديد من الأدوات الزجاجية التي تستخدم لقياس أحجام المواد السائلة، لكن دقة هذه الأدوات المستخدمة مختلفة ومن الأدوات التي ذكرناها وتستخدم في قياس الأحجام هي الاسطوانة المدرجة، السحاحة، والماصة. سندرس ونحدد أياً من هذه الأدوات أدق في قياس حجوم السوائل، وذلك عن طريق أخذ حجم معين من السائل بأداتين من هذه الأدوات، ثم حساب حجم السائل المأخوذ

عن طريق وزنه بوساطة ميزان الكتروني حساس ذي دقة عالية، مع العلم أن كثافة السائل يجب أن تكون معلومة. وبالتالي من قانون الكثافة يمكن حساب الحجم بدقة. أي نعتبر هنا أن الميزان هو جهاز دقيق وحساس لذلك فقيمة الحجم الناتج حسابياً، عن طريق معرفة وزن الجسم وكثافته هو الأدق، وسنقارن الأحجام المأخوذة بالأدوات الزجاجية بالنسبة له.

$$d = \frac{m(g)}{V(mL)} \quad \text{تعطى الكثافة بالعلاقة التالية:}$$

إن أغلب السوائل عند وضعها ضمن أنبوب ضيق نوع ما، فإن سطح السائل لا يكون بشكل مستو بل يأخذ شكلاً مقعراً، وبالتالي يجب الانتباه عند أخذ القراءة لحجم السائل من السحاحة أو الماصة أو الأسطوانة المدرجة إلى أن تكون الأداة موضوعة على أرضية أفقية، ثم أخذ القراءة بالنظر إلى التدريجة بشكل مستقيم ومباشر وليس بشكل مائل أي لا ينظر إلى التدريج من الأعلى أو من الأسفل. ويوضح الشكل التالي الوضع الصحيح لأخذ قراءة الحجم من الاسطوانة المدرجة:



المطلوب: تحديد دقة الاسطوانة المدرجة والسحاحة لقياس حجم معين من الماء المقطر. وذلك بحساب النسبة المئوية للخطأ في قياس الحجم.

1- تحديد دقة الاسطوانة المدرجة:

استخدم اسطوانة مدرجة 100mL.

- ضع كأساً زجاجياً Beaker فارغاً على الميزان الالكتروني ثم اضغط زر التصفير tare.

- اسكب في الاسطوانة المدرجة ماءً مقطراً حتى التدريجة 10mL وبالتالي يكون الحجم المأخوذ من الماء هو $V_1 = 10mL$.

- اسكب الماء من الاسطوانة المدرجة إلى الكأس، ثم ضعه على الميزان وسجل قيمة الوزن $m(g)$ والذي يمثل وزن الماء فقط.

- احسب حجم الماء من جديد باستخدام علاقة الكثافة مع العلم أن كثافة الماء المقطر تساوي 1.0036g/mL ، فيكون لدينا $V_2(mL)$.

- احسب الفرق بين الوزنين $\Delta V = (V_1 - V_2) mL$

- احسب النسبة المئوية للخطأ %E بقياس حجم الماء بواسطة الاسطوانة المدرجة من العلاقة التالية:

$$E\% = \frac{\Delta V}{V_1} \times 100 \quad 1$$

2- تحديد دقة السحاحة:

- ضع كأساً زجاجياً Beaker فارغاً على الميزان الالكتروني ثم اضغط زر التصفير tare.

- املاً السحاحة بالماء المقطر حتى التدرج 0mL، مع مراعاة عدم وجود فقاعات ضمنها.

- اسكب الماء من السحاحة إلى الكأس حتى التدرج 10mL الموجودة على السحاحة وبالتالي يكون الحجم المأخوذ من الماء هو $V_1 = 10mL$ ثم نضعه على الميزان وسجل قيمة الوزن $m(g)$ والذي يمثل وزن الماء فقط.

- احسب حجم الماء من جديد باستخدام علاقة الكثافة مع العلم أن كثافة الماء المقطر تساوي 1.0036g/mL ، فيكون لدينا $V_2(mL)$.

- احسب الفرق بين الوزنين $\Delta V = (V_1 - V_2) mL$.

- احسب النسبة المئوية للخطأ %E من العلاقة 1.

بالنتيجة الأداة التي تعطي نسبة مئوية للخطأ أقل تكون هي الأدق.

1- تحديد دقة الاسطوانة المدرجة:

	حجم الماء المأخوذ بالاسطوانة المدرجة V_1 mL
	وزن الماء $m(g)$
	حجم الماء من علاقة الكثافة v_2 mL
	الفرق بين الحجمين $\Delta V = (V_1 - V_2)$ mL
	النسبة المئوية للخطأ $E \% = \frac{\Delta V}{V_1} \times 100$

2- تحديد دقة السحاحة:

	حجم الماء المأخوذ من السحاحة V_1 mL
	وزن الماء $m(g)$
	حجم الماء من علاقة الكثافة v_2 mL
	الفرق بين الحجمين $\Delta V = (V_1 - V_2)$ mL
	النسبة المئوية للخطأ $E \% = \frac{\Delta V}{V_1} \times 100$

الفصل الرابع

تصنيف المواد، وطرائق فصل مكونات الخليط

1-4- تصنيف المواد :Classification of Matters

تتواجد جميع المواد في الطبيعة على ثلاث حالات هي الحالة الصلبة والسائلة والغازية، ويمكن أن تتواجد المادة الواحدة في الحالات الثلاث، لكن تُصنف المواد في مجموعتين رئيسيتين هما المواد النقية Pure substances، والمزائج (الخلائط) Mixtures:

2-4- المواد النقية Pure substances

-العناصر Elements: وهي المواد التي لا يمكن تجزئتها إلى أجزاء أبسط بالطرائق الكيميائية، وتتواجد العناصر في الطبيعة بالحالات الثلاث، ومثال العناصر الصلبة: الحديد Fe، والنحاس Cu، والذهب Au، والكروم Cr، والكالسيوم Ca، والصوديوم Na، والفضة Ag. أما العناصر السائلة منها البروم Br والزئبق Hg. والعناصر الغازية مثل الأكسجين و الكلور والهيدروجين والآزوت وغيرها. يبين الشكل التالي بعض العناصر:



من اليسار إلى اليمين: صوديوم، مغنزيوم، ألمنيوم، سيليكون، فوسفور، كبريت، كلور وأرغون.

- المركبات Compounds: وهي المواد التي تتألف من اتحاد عنصرين أو أكثر، وبالتالي يمكن تجزئتها إلى أجزاء أبسط بالطرائق الكيميائية، وتتواجد المركبات في الطبيعة بالحالات الثلاثة، المركبات الصلبة، مثل: كلوريد الصوديوم، هيدروكسيد الصوديوم، كبريتات الصوديوم وغيرها. أما المركبات السائلة مثل: الكحول الايتيلي، والكحول الميثيلي، البنزن، رباعي كلور الكربون، الماء. أما المركبات الغازية فمنها: الأمونيا، ثاني أكسيد الكربون، ثاني أكسيد الآزوت، كبريتيد الهيدروجين.

- المزائج (الخلايط) Mixtures:

أ- المزائج المتجانسة: وهي تتألف من مادتين نقيتين أو أكثر وتتميز بأن جميع مكوناتها لها نفس التركيب الكيميائي و نفس الخواص الفيزيائية، ويطلق عليها عادة المحاليل، وتصنف إلى عدة أصناف:

1- محاليل مؤلفة من مواد صلبة منحلة في مادة سائلة مثال المحلول المائي لكبريتات النحاس في الماء، محلول ملح الطعام في الماء، محلول السكر في الماء.

2- محاليل مؤلفة من مواد سائلة منحلة في مادة غازية مثل: المحلول المائي للكحول الايتيلي منحل في الماء، محلول الأستون في الماء.

3- محاليل مؤلفة من مواد غازية منحلة في مادة غازية مثل: الهواء يتألف من 80% من الأزوت وحوالي 20% من الأكسجين.

4- محاليل مؤلفة من مواد صلبة منحلة في مواد صلبة أخرى، مثل: السبائك (الخلايط) المعدنية Alloys ، كما في الستانلس ستيل Stainless steel الذي يتألف من حوالي 67% من الحديد و11% من الكروم و8% من النيكل و2% من المنغنيز والباقي مغنزيوم وفاناديوم وكربون. وأيضاً الذهب الموجود في الأسواق هو عبارة عن سبيكة تتألف من الذهب والنحاس، أو الذهب والفضة.

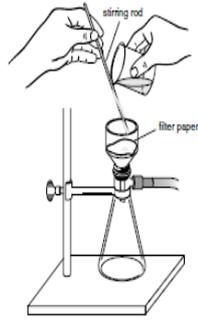
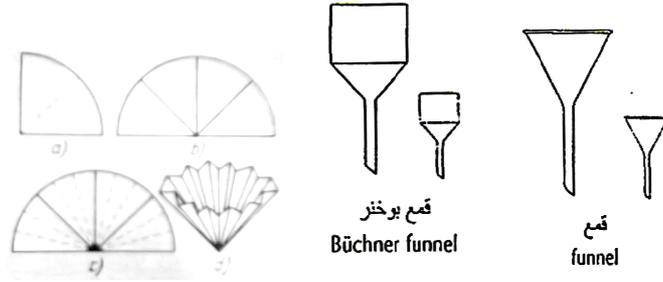
ب- المزائج غير المتجانسة: وهي تتألف من مادتين نقيتين أو أكثر وتنصف باختلاف التركيب في مكوناتها وليس لها نفس التركيب الكيميائي ولا نفس الخواص الفيزيائية، مثل ملح الطعام والملح، أو برادة الحديد مع برادة النحاس.

4-3- فصل مكونات الخليط:

إن عملية فصل مكونات المزائج هي عبارة عن الحصول على كل مكون من مكونات المزيج على حدة، ويتم ذلك بالاعتماد على اختلاف الخواص الفيزيائية والكيميائية لمختلف مكونات المزيج النقية. ومن أهم طرائق الفصل نذكر:

4-3-1- **التصعد (التسامي):** وهو الانتقال من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة، واختلاف درجات الانصهار والغليان والتجمد. وكذلك قابلية التفاعل لمركب ما مع مركب معين أو مع عنصر معين من مكونات المزيج وعدم تفاعله مع بقية المكونات.

4-3-2- الترشيح: وهو فصل راسب عن السائل، هناك الترشيح العادي حيث يتم عند الضغط الجوي النظامي باستخدام قمع عادي وورق ترشيح ويدعى السائل بعد فصله بالرشاحة، والترشيح في ضغوط منخفضة (قمع بوخنر) يتم الترشيح هنا بصورة أسرع، ويتم ثني ورقة الترشيح لعدة مرات حتى نحصل على الشكل المبين أدناه:

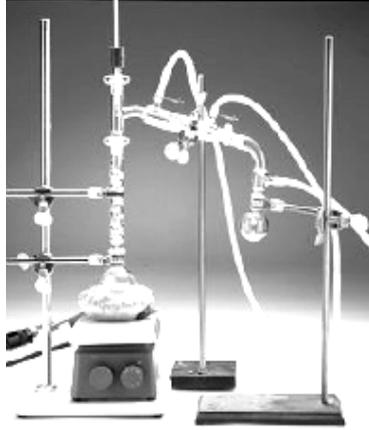


الترشيح عند ضغط منخفض

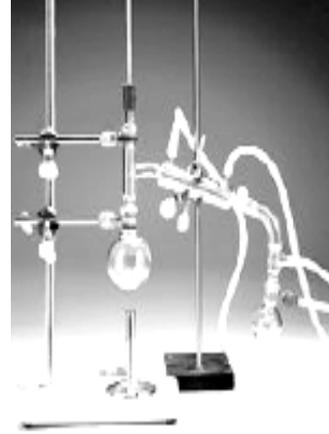


الترشيح عند ضغط عادي

4-3-3- التقطير: فصل السوائل عن بعضها بعضاً باختلاف درجات غليانها، وذلك في الضغوط العادية أو المنخفضة. وتتفصل المواد بشكل جيد كلما ازداد الفرق في درجات غليانها. وتتم عملية التقطير في أجهزة تقطير بسيطة أو في أبراج تقطير (تقطير مجزأ)، كما يوضحه الشكل التالي:



جهاز تقطير مجزأ



جهاز تقطير عادي

4-3-4- الاستخلاص: وهو عملية فصل انتقائية لمكون أو أكثر من مزيج مواد صلبة أو سائلة باستخدام مذيبات عضوية أو غير عضوية (المستخلص). ويسمى استخلاص المواد الصلبة بوساطة السوائل بعملية الذوبان الانتقائي. وفي اغلب الأحيان يطبق الاستخلاص من السوائل حيث يكون الماء مكوناً واحداً منها.

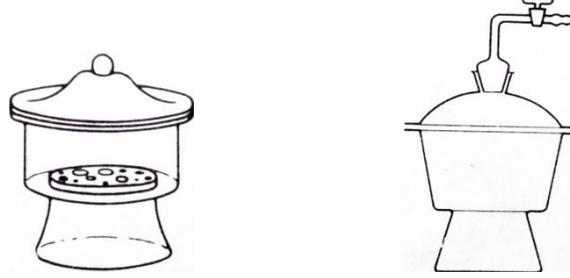
وتعتمد عملية الاستخلاص على الفرق بين ذوبانية المواد في سائلين لا يمتزجان مع بعضهما بعضاً، مثلاً يستخلص بسهولة كل من اليود والبروم المتكونين نتيجة التفاعل المناسب في طور مائي بوساطة الكلوروفورم وثنائي كبريتيد الكربون CS_2 ورابع كلور الكربون CCl_4 حيث يكون ذوبان Br_2 و I_2 أفضل بكثير من ذوبانهما في الماء. وتجري عملية الاستخلاص حسب قوانين الانتشار والتوزع التوازني. ينص قانون التوزع على الآتي: إذا كان C_1 تركيز المادة في المذيب 1 و C_2 تركيزها في المذيب 2 فنتحقق العلاقة التالية:

$$\frac{C_1}{C_2} = K \quad (P,T) = \text{Cont.}$$

يجب أن تكون المستخلصات ذات انتقائية جيدة وتختلف في الكثافة عن المذيب الأصلي ولزوجتها منخفضة وخاملة كيميائياً وغير متطايرة، وغير سامة وغير منفجرة ورخيصة الثمن ومتوفرة وضعيفة التأكسد. فمنها ما هو أخف من الماء مثل: البنزن و التولوين، الايترات والكحولات وغيرها. ومنها ما هو أثقل من الماء

مثل: الكلوروفورم وثنائي كبريتيد الكربون ورابع كلور الكربون. ويمكن جعل الاستخلاص أكثر فعالية باستخدام مزيج من عدة مذيبات.

4-3-5- التجفيف: هو فصل الرطوبة عن المادة وذلك باستخدام مواد التجفيف مثل: كلوريد الكالسيوم، السيليكا جيل، حمض الكبريت المركز، NaOH , KOH , CaO , وغيرها أو عن طريق تعريض المادة للهواء أو بوضعها في مجفف في درجات حرارة مناسبة. كما يبينه الشكل التالي:



4-3-6- الترسيب: وهي من أكثر الطرائق انتشاراً في فصل العناصر ومركباتها. وهو عبارة عن ترسب المواد غير المنحلة بفعل الجاذبية إلى قاع الوعاء.

4-3-7- التبخير: هو فصل مزيج متجانس مثل: فصل الملح من محلول ملح الطعام وذلك عن طريق تبخير الماء بوساطة التسخين في بوتقة (صحن) خزفية كما في الشكل:

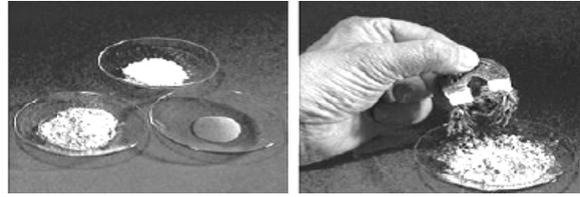


evaporating dish

4-3-8- الكروماتوغرافيا: وهي من أكثر الطرائق الكيميائية الفيزيائية استخداماً في فصل المواد العضوية واللاعضوية المتشابهة في تركيبها وخواصها.

ويعتمد فصل المواد بالكروماتوغرافيا على توزيعها بين طورين أحدهما ثابت (ساكن) والآخر يتحرك على طول الطور الأول. ويتم الفصل عندما يظهر الطور الساكن قدرة امتزاز (امتصاص) مختلفة بالنسبة إلى شوارد وجزيئات المزيج المراد فصله. وللكروماتوغرافيا صفتان هامتان هما أن السطح الفاصل بين الأطوار كبير جداً فيها وهي ذات فعالية شديدة في فصلها لمواد بالمقارنة مع الطرائق الأخرى. وتصنف الكروماتوغرافيا حسب آلية الفعل إلى كروماتوغرافيا توزع، امتزائية، تبادل شاردين ترسيبية وغيرها. أو كروماتوغرافيا حسب الطور المشترك (سائلة أو غازية) وغيرها.

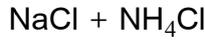
ويمكن فصل مزيج مواد صلبة عن بعضها البعض مثل: برادة الحديد عن الكبريت باستخدام المغناطيس وهذا ما يسمى بالفصل المغناطيسي، كما يوضحه الشكل التالي:



فصل برادة الحديد عن الكبريت

القسم العملي

تجربة 4-1- فصل مكونات مزيج من كلوريد الصوديوم وكلوريد الأمونيوم



المطلوب فصل مكونات مزيج من ملحين (كلوريد الصوديوم وكلوريد الأمونيوم) بشكل مستقل، وتحديد النسبة المئوية لكل مركب في المزيج، وذلك بالاعتماد على خاصية التسامي التي يتمتع بها ملح كلوريد الأمونيوم التي لا يملكها ملح كلوريد الصوديوم حيث يترسب على غطاء وعاء التسخين كلوريد الأمونيوم بينما يبقى كلوريد الصوديوم في قعر الوعاء، وبالتالي نكون قد فصلنا مركبات المزيج عن بعضها بعضاً.

خطوات العمل:

1- صفر الميزان بضغط زر التصفير tare .

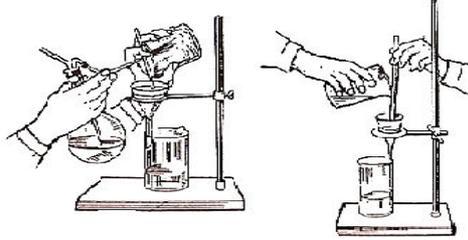
- 2- زن البوتقة الجافة والنظيفة على الميزان وسجل الوزن $m_1(g)$.
- 3- أعد تصفير الميزان ثم زن غطاء البوتقة النظيف والجاف، سجل الوزن $m_2(g)$
- 4- ضع قليلاً من المزيج في البوتقة، ثم ضع البوتقة على الشبك لتسخينه.
- 5- سخن البوتقة حتى يتوقف انبلاق الأبخرة (لمدة سبع دقائق)، ثم أبعده البوتقة والغطاء عن اللهب، واتركهما حتى يبردا.
- 6- زن البوتقة بما تحتويه على الميزان الإلكتروني وسجل الوزن $m_1'(g)$.
- 7- زن الغطاء بما يحتويه على الميزان الإلكتروني وسجل الوزن $m_2'(g)$.
- 8- احسب وزن ملح كلوريد الصوديوم من العلاقة $m_{Na} = m_1' - m_1(g)$.
- 9- احسب وزن ملح كلوريد الأمونيوم من العلاقة $m_{Am} = m_2' - m_2(g)$.
- 10- احسب وزن المزيج الكلي من العلاقة: $m_{Mix} = m_{Na} + m_{Am} (g)$.
- 11- احسب النسبة المئوية لملاح كلوريد الصوديوم في المزيج من العلاقة:
- $$NaCl\% = \frac{m_{Na}}{m_{Mix}} \cdot 100$$
- 12- احسب النسبة المئوية لملاح كلوريد الأمونيوم في المزيج من العلاقة:

$$NH_4Cl \% = \frac{m_{Am}}{m_{Mix}} \times 100$$

رتب نتائجك في الجدول التالي ثم أجز الحسابات المطلوبة:

	وزن البوتقة الجافة والنظيفة والفارغة $m_1(g)$
	وزن غطاء البوتقة النظيف والجاف $m_2(g)$
	وزن البوتقة بما تحتويه بعد نهاية التجربة $m_1'(g)$
	وزن الغطاء بما يحتويه بعد نهاية التجربة $m_2'(g)$
	وزن ملح كلوريد الصوديوم $m_{Na} = m_1' - m_1(g)$
	وزن ملح كلوريد الأمونيوم $m_{Am} = m_2' - m_2(g)$
	وزن المزيج الكلي $m_{Mix} = m_{Na} + m_{Am} (g)$
	النسبة المئوية لملاح كلوريد الصوديوم في المزيج $NaCl\% = \frac{m_{Na}}{m_{Mix}} \cdot 100$
	النسبة المئوية لملاح كلوريد الأمونيوم في المزيج $NH_4Cl\% = \frac{m_{Am}}{m_{Mix}} \cdot 100$

تجربة 4-2- تخليص الماء من المواد الصلبة المعلقة: خذ كمية مناسبة من ماء مشوب (عكر) واسكبه بهدوء في قمع ترشيح يحتوي على ورقة ترشيح، استقبل الرشاحة في بيشر زجاجي نظيف التي هي عبارة عن ماء نظيف، وتبقى الشوائب على ورقة الترشيح، كما في الشكل التالي:



تجربة 4-3- تنقية الأملاح من خلال إعادة بلورتها، مثل: ملح الطعام و كربونات الصوديوم وغيرها. حيث يتم وضع كمية محددة من ملح الطعام مثلاً في كمية كافية من الماء الساخن (درجة حرارته 80°C). رشح المحلول وهو ساخن للتخلص من الشوائب غير المنحلة بواسطة قمع الترشيح في التجربة 4-3 السابقة، برد الرشاحة حتى ظهور بلورات الملح النقية. في حال لم تظهر البلورات ماذا يمكنك أن تفعل، اشرح ذلك؟ رشح الرشاحة الحاوية على بلورات الملح النقية للحصول على الملح النقي على ورقة الترشيح.

تجربة 4-4- الحصول على راسب بواسطة تفاعل كيميائي وعملية فصله بالترشيح العادي:

- المواد والأدوات المستخدمة:

محلول كلوريد الحديد FeCl_3 بتركيز 0.3N، محلول NH_4OH المركز، محلول نترات الفضة AgNO_3 ، حمض الآزوت، بيشر زجاجي، أرلنماير، قمع زجاجي، ورق ترشيح، اسطوانة مدرجة.

- طريقة العمل: خذ 20mL من محلول كلوريد الحديد ثم أكمل الحجم حتى 50mL بالماء المقطر، ضع المزيج في بيشر سعة 250mL وسخن حتى الدرجة 70°C ، أضف إلى المزيج 30-40mL من محلول NH_4OH مع التحريك ببطء،

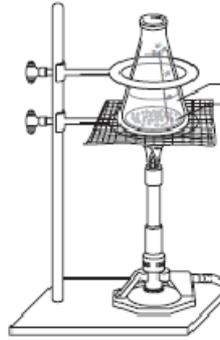
حتى تحصل على راسب بني من هيدروكسيد الحديد $Fe(OH)_3$ نتيجة التفاعل الحاصل. قم بعملية ترشيح الراسب كما في التجربة السابقة، مع غسيل الراسب لعدة مرات بالماء الساخن ثم الماء البارد، لماذا؟
 أيضاً، خذ حجم صغير من الرشاحة وأضف إليها قطرات من $AgNO_3$ ، ماذا تلاحظ، اشرح ذلك، مع كتابة تفاعل كيميائي إن لزم؟
 اترك الراسب على ورقة الترشيح حتى يجف، ثم أوزنه، واحسب مردود التفاعل من العلاقة:

$$\text{المردود} = \frac{\text{القيمة العملية للراسب}}{\text{القيمة النظرية للراسب}} \times 100$$

- اكتب التفاعل الكيميائي الحاصل.

تجربة 4-5- عملية فصل سائلين ممتزجين مثل الكحول الايتيلي و التولوين، يتم وضع السائلين في جهاز التقطير الموضح أعلاه، ونبدأ التسخين بواسطة الكهرباء وبشكل هادئ حيث يبدأ التقطير للسائل الذي يملك درجة غليان أخفض، حيث يتبخر أولاً ومن ثم يتكاثف عبر المبرد ويتم استقباله في بيشر أو أرلينة ثم يليه السائل الآخر، باستخدام جهاز التقطير البسيط في الفقرة (4-4-3).

تجربة 4-6- إذا كان لدينا محلول مائي لملح الطعام فيمكن فصله إلى مكوناته بعملية التبخير، وذلك بتعريضه للحرارة فيتبخر الماء، ويبقى ملح الطعام في قعر الوعاء على شكل مادة صلبة، بذلك نكون فصلنا الخليط إلى مكوناته، كما في الجهاز المبين في الشكل التالي:



جهاز تبخير بسيط

تجربة 4-7- استخلاص الكافيين من أوراق الشاي، أو استخلاص الزيوت العطرية والطبية من النباتات التي توضع في وعاء اسطواني مفتوح من الأعلى في جهاز الاستخلاص، كما هو موضح في الشكل التالي:



أو استخلاص الزيت من مزيج يحوي الماء والزيت، حيث يتم الفصل بواسطة قمع الفصل المبين في الشكل التالي:



تجربة 4-8- قياس ثابت توزع مادة بين طورين:

المواد الكيميائية: محاليل مشبعة من اليود I_2 في محلول رباعي كلور الكربون

1- محلول I_2 20mL + 200mL ماء

2- محلول I_2 10mL + 200mL ماء + 10mL محلول CCl_4

3- محلول I_2 15mL + 200mL ماء + 5mL محلول CCl_4

4- مطبوخ النشاء: سخن 1g من النشاء في 50mL ماء حتى يذوب تماماً.

5- محلول 0,01m من ثيو كبريتات الصوديوم $Na_2S_2O_3$.

6- حمام مائي درجة حرارته $25^\circ C$.

7- موازين حرارة عدد 3 لقياس درجة حرارة المحاليل.

8- سحاحة 50mL مع حاملها للمعايرة.

9- أرلينة عدد 3 للمعايرة + بيشر عدد 3 + زجاجة ماء مقطر

طريقة العمل:

- حضر المحاليل 1 و 2 و 3 في ثلاث أرلينات

- رج المحاليل مع المحافظة على الدرجة 25°C لمدة ساعة ضمن حمام مائي، ثم دعها حتى تنفصل إلى طورين، الماء/ اليود، ورباعي كلور الكربون/ اليود.

- عاير 5mL من طور CCl_4 من أسفل الأرلينة (اليود) بمحلول 0.01m من $Na_2S_2O_3$ و مشعر النشاء إلى أن ينعدم اللون الأزرق لمعقد النشاء/اليود. سجل حجم محلول $Na_2S_2O_3$ المستهلك.

- عاير 50mL من طبقة الماء العليا بمحلول 0,01m من $Na_2S_2O_3$ و مشعر النشاء إلى أن ينعدم اللون الأزرق لمعقد النشاء/اليود. سجل حجم محلول $Na_2S_2O_3$ المستهلك.

حجم محلول $Na_2S_2O_3$ mL			
3	2	1	
V_3	V_2	V_1	5mL من طبقة CCl_4
V_3'	V_2'	V_1'	50mL من طبقة الماء

- احسب على أساس النتائج معامل توزع اليود بين CCl_4 و الماء لكل مزيج، باستخدام علاقة التوزع:

$$\frac{I_2(CCl_4)}{I_2(H_2O)} = K \quad , \quad T = 298K$$

- هل يختلف معامل التوزع بين المحاليل 1 و 2 و 3 . فسر ذلك.

- اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع لتفاعل $Na_2S_2O_3$ و I_2 .

تجربة 4-9- استخلاص الكوبالت والنيكل في مزيج من محاليلهما:

المواد والأدوات المستخدمة:

1- محلول $FeCl_3$

2- كيتون ميتيل إيزو بوتيل

3- حمض كلور الماء المركز HCl

4- نترات الكوبالت (II) $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ تركيزه 0.1

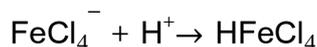
5- ثيوسيانات الأمونيوم NH_4SCN (ملح صلب)

6- محلول مركز من كبريتات النيكل NiSO_4 ، قمع فصل مع حامل مناسب له.

طريقة العمل:

1- ضع في قمع الفصل 5mL من محلول FeCl_3 وأضف إليه نفس الحجم من الكيتون، رج القمع جيداً. يتشكل طورين، طور مائي يبقى لونه أصفر و طور عضوي عديم اللون بسبب وجود شوارد $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{+3}$ الغير منحلة في الطور العضوي.

2- أضف إلى نفس الحجم من محلول FeCl_3 حجم مماثل من HCl ، رج القمع جيداً. يتشكل HFeCl_4 الذي يذوب في الطور العضوي ذو اللون الأصفر، بينما الطور المائي يبقى عديم اللون. حيث يتم التفاعل التالي:

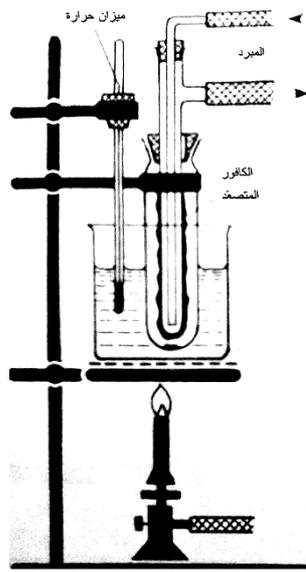


3- خذ 5mL من محلول الكوبالت مع حجم مماثل من الكيتون، يلاحظ أن الطور المائي يحافظ على لونه الأحمر، أضف قليلاً من ملح NH_4SCN الصلب ورج المزيج من جديد، يذوب معقد الكوبالت المتكون بلون أزرق في الطور العضوي، ويحافظ الطور المائي على لون وردي واضح بسبب الكوبالت، افصل الطور العضوي عن الطور المائي (الوردي) واستخلص الكوبالت من جديد بقليل من الكيتون حتى ينعدم اللون الوردي. يجب إعادة عملية الاستخلاص لأكثر من مرة.

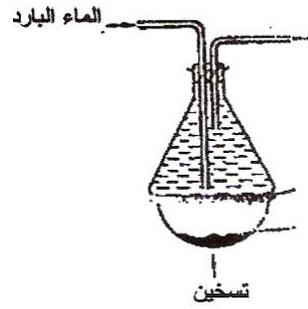
4- أضف إلى محلول الكوبالت الممدد قليلاً من محلول النيكل المركز إلى أن يصبح الناتج عديم اللون حتى رمادياً. ثم أضف الكيتون إلى المحلول وبعد ذلك أضف كمية كافية من NH_4SCN ورج الناتج، فيتلون الطور العضوي باللون الأزرق القاتم والطور المائي فيعطي لون النيكل الأخضر من جديد، إن عملية الفصل غير كافية لأن القليل من النيكل يذوب في الكيتون.

5- يعود اللون الوردي لمركبات الكوبالت Co^{+2} إلى الشاردة $[Co(H_2O)_6]^{+2}$. إذا أضيف الملح NH_4SCN إلى Co^{+2} يظهر تبعاً للتركيز لون أحمر أو بنفسجي أو أزرق. وعند مزجه ورجه بالكيتون ينتقل $Co(SCN)_2$ ذو اللون الأزرق إلى الطور العضوي. هذا التفاعل خاص بالكوبالت ولكنه حساس لأن وجود القليل من شوارد الحديد Fe^{+3} يعطي الراسب الأحمر $Fe(SCN)_3$ الذي يغلب لون اللون الأزرق للمركب $Co(SCN)_2$.

تجربة 4-10- تنقية بعض المواد بواسطة التصعد، مثل اليود أو الكافور وغيرهما.
يمكن تنقية اليود أو الكافور بواسطة عملية التصعد، كما هو موضح في الشكل التالي:



تنقية الكافور



تنقية اليود

ابدأ التسخين ببطء لحمام الزيت إلى الدرجة $140-150^{\circ}C$ ، تنطلق أبخرة بيضاء في حالة الكافور وأبخرة بنفسجية في حالة اليود، ثم تبدأ بالتكاثف على شكل بلورات نقية بيضاء أو بنفسجية. أبعاد المصدر الحراري حتى انتهاء انطلاق و تكاثف الأبخرة على سطح المبرد.

الفصل الخامس

تحديد بعض خواص المواد تجريبياً

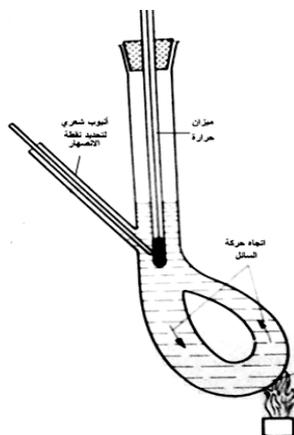
5-1- درجة انصهار مادة صلبة:

تعرف درجة انصهار مادة ما بأنها الدرجة التي تبدأ عندها المادة بالذوبان، أي عملية تحول المادة الصلبة إلى سائل، حيث تتحطم بنية المادة الصلبة نتيجة زيادة حركة جسيمات المادة الصلبة الاهتزازية مع زيادة درجة الحرارة ويبدأ عندها تشكل السائل. وعند الانصهار تكون المادة في حالة توازن بين الطورين الصلب والسائل.

هناك عدة طرائق لقياس درجة الانصهار:

طريقة كتلة الألمنيوم أو النحاس، وطريقة الأنابيب الشعرية .

سوف نستخدم طريقة الأنابيب الشعرية كما يوضحه الجهاز التالي:



5-2- درجة غليان مادة سائلة:

تعرف درجة غليان سائل ما بأنها درجة الحرارة التي يتساوى عندها ضغط بخار السائل مع الضغط الجوي. ولا يحدث الغليان عندما يكون ضغط بخار السائل أقل من الضغط الجوي، لأن فقاعات البخار المتشكلة ضمن السائل، والتي يكون ضغطها مساوياً لضغط بخار السائل، تتحطم فور تشكلها تحت تأثير الضغط الجوي.

ويمكن تعريف درجة الغليان النظامية بأنها درجة الحرارة التي يغلي عندها السائل عند الضغط الجوي النظامي أي (1atm) فمثلاً تساوي 65°C للميثانول. وبما أن

الضغط الجوي يتغير مع الارتفاع أو الانخفاض عن سطح البحر، فإن درجة الغليان تتغير أيضاً: فدرجة غليان الماء تساوي 100°C عند مستوى سطح البحر حيث يكون الضغط 1atm (101.324Kpa) وتكون 95°C على ارتفاع 1600m عن سطح البحر حيث يبلغ الضغط (84Kpa).

- **طرائق قياس درجة الغليان:** هناك عدة طرائق لقياس درجة غليان السائل:

1- قياس درجة حرارة التبخر في حالة التوازن

2- قياس درجة حرارة الغليان باستخدام الأنبوب الشعري

3- قياس درجة الغليان باستخدام جهاز التقطير

تجربة 5-1- خذ كمية من الماء المقطر ثم سخن ببطء وحدد درجة غليان الماء بوساطة جهاز التقطير البسيط. ماذا تستنتج؟

5-3- تحديد الصيغة الأولية لمركب ما:

5-3-1- مقدمة: تصنف المواد إلى عناصر ومركبات حيث أن العنصر هو المادة التي لا يمكن تحطيمها والحصول على مواد أبسط منها بالطرائق الكيميائية، بينما المركبات هي المواد التي يمكن تحطيمها والحصول على مواد أبسط منها بالطرائق الكيميائية. وتتحد العناصر مع بعضها البعض لتشكل المركبات، لكن هذا الاتحاد لا يكون بشكل عشوائي، بل بشكل منتظم ووفق ترتيب معين، أو الأصح وفق نسب محددة من العناصر المتفاعلة. والوحدة الأساسية للمركب هي الجزيء (Molecule) وتختلف المركبات عن بعضها البعض بنسبة العناصر المكونة للجزيء و بنوعية العناصر الداخلة في تركيبها. وكما يرمز للعناصر برموز خاصة (أحرف لاتينية) فإن الجزيء من المادة يكتب بنفس رموز العناصر المكونة له ولكن بإضافة أرقام تشير إلى عدد ذرات كل عنصر موجود في الجزيء. لمعرفة هذه النسب أو عدد ذرات كل عنصر من العناصر المؤلفة للمركبات يلجأ إلى إجراء بعض التجارب لتحديد عدد ذرات كل عنصر:

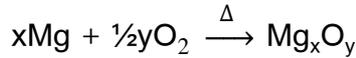
5-3-2- تحديد الصيغة الأولية لمركب أكسيد المغنزيوم:

تجربة 5-2- يتم ذلك بوساطة تفاعل أكسدة أي التفاعل مع الأكسجين، ويطلق عليه عادة اسم الاحتراق، ويعرف بأنه تفاعل العنصر أو المادة الكيميائية مع الأكسجين. ولمعرفة عدد ذرات الأكسجين وعدد ذرات المغنزيوم الموجودة في

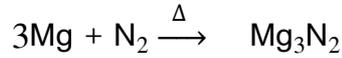
مركب أكسيد المغنزيوم، يحترق عنصر المغنزيوم بوجود أكسجين الهواء بتسليط النار عليه ليعطي أكسيد المغنزيوم ذا الصيغة التالية: Mg_xO_y . لكن الهواء يتألف من 80% تقريباً من غاز الأزوت وحوالي 20% من الأكسجين، وبالتالي عند إجراء عملية الحرق للمغنزيوم سيتفاعل قسم من الأزوت الموجود في الهواء وبالتالي فإن أكسيد المغنزيوم الناتج يحتوي على نتريد المغنزيوم. ولتحويل نتريد المغنزيوم إلى أكسيد المغنزيوم نفاعله مع الماء المقطر وبوجود الحرارة (التسخين).

معادلات التفاعل الحاصلة:

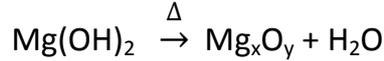
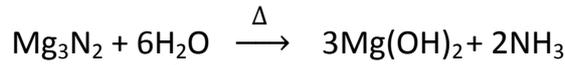
معادلة احتراق المغنزيوم مع الأكسجين:



معادلة تفاعل المغنزيوم مع الأزوت:



معادلات تحويل نتريد المغنزيوم إلى أكسيد المغنزيوم:



المطلوب: إيجاد الصيغة المقترحة الأولية البسيطة لأكسيد المغنزيوم الناتج، ثم حساب النسب المئوية للعناصر المكونة له.

خطوات العمل:

- 1- زن بوتقة فارغة مع غطائها، وسجل الوزن بدقة أربعة أرقام معنوية $m_1 = g$
- 2- زن قطعة من شريط معدن المغنزيوم وليكن وزنها تقريباً $m_2 = 0.4 \pm 0.05g$ ، ثم اجعلها بشكل كروي وضعها في البوتقة.
- 3- غط البوتقة بالغطاء ثم ضعها بما تحتويه على الحامل المعدني، وابدأ التسخين على لهب مصباح بنزن، مع رفع الغطاء بين الحين والآخر للسماح بدخول الهواء، حتى انطلاق البخار الأبيض وتحول المغنزيوم إلى رماد، كما في الشكل التالي:



- 4- أبعاد اللهب، ودع البوتقة تبرد حتى درجة حرارة الغرفة.
- 5- المحتويات الموجودة في البوتقة (أكسيد المغنزيوم و نتريد المغنزيوم).
- 6- أضف 1mL من الماء المقطر إلى البوتقة، ثم سخن بلطف حتى الجفاف.
- 7- ابعده اللهب، ودع البوتقة تبرد حتى درجة حرارة الغرفة.
- 8- زن البوتقة بما تحتويه $m_3 = 0.00g$.
- 9- احسب وزن أكسيد المغنزيوم الناتج بطرح وزن البوتقة الفارغة من البوتقة الحاوية على الأكسيد الناتج $m_4 = m_3 - m_1 = 0.00g$
- 10- احسب وزن الأكسجين الموجود في أكسيد المغنزيوم (وزن الأكسيد الناتج - وزن المغنزيوم)، وهو مساوٍ إلى $m_5 = m_4 - m_2 = 0.00g$
- 11- احسب عدد ذرات المغنزيوم الموجودة في الأكسيد الناتج من العلاقة التالية:
- $$\text{عدد ذرات المغنزيوم Mg} = \frac{\text{وزنه } m_2}{\text{وزن ذرة غرامية } 24.3g} \text{ (ذرة)}$$
- 12- احسب عدد ذرات الأكسجين الموجودة في الأكسيد الناتج من العلاقة التالية:
- $$\text{عدد ذرات الأكسجين O} = \frac{\text{وزنه } m_2}{\text{وزن ذرة غرامية } 16g} \text{ (ذرة)}$$
- 13- احسب النسبة الذرية (Mg:O).
- 14- صحح النسبة إلى أقرب رقم صحيح.
- 15- اكتب الصيغة البسيطة للأكسيد الناتج Mg_xO_y .
- 16- احسب النسبة المئوية للأكسجين في المركب:
- $$\text{النسبة المئوية للأكسجين } O\% = \frac{\text{وزنه } m_5(g)}{\text{وزن الأكسيد } m_4(g)} \times 100$$
- 17- احسب النسبة المئوية للمغنزيوم في المركب:

$$100 \times \frac{\text{وزنه } m_2(g)}{\text{وزن الأكسيد } m_4(g)} = \text{Mg\%}$$

سجل نتائجك ضمن الجدول التالي:

	وزن البوتقة فارغة مع غطائها $m_1 = g$
	وزن قطعة المغنزيوم $m_2 = 0.4 \pm 0.05g$
	وزن البوتقة مع الأكسيد الناتج $m_3 = 0.00g$.
	وزن أكسيد المغنزيوم $m_4 = m_3 - m_1 = 0.00g$
	وزن الأكسجين المتفاعل $m_5 = m_4 - m_2 = 0.00g$
	عدد ذرات المغنزيوم
	عدد ذرات الأكسجين
	النسبة الذرية Mg:O
	تصحيح النسبة الذرية إلى أبسط عدد صحيح X:Y
	الصيغة الأولية لأكسيد المغنزيوم الناتج
	النسبة المئوية الوزنية للأكسجين في الأكسيد الناتج $100 \times \frac{\text{وزنه } m_5(g)}{\text{وزن الأكسيد } m_4(g)} = \text{O\%}$
	النسبة المئوية الوزنية للمغنزيوم في الأكسيد الناتج $100 \times \frac{\text{وزنه } m_2(g)}{\text{وزن الأكسيد } m_4(g)} = \text{Mg\%}$

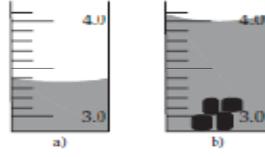
5-4- قياس كثافة جسم صلب:

تجربة 5-3- إن طريقة دورق الكثافة من أسهل الطرائق والأكثر استخداماً. تعتمد هذه الطريقة على إيجاد حجم الماء المزاح نتيجة غمر وزن معين من الجسم الصلب داخل السائل.

طريقة العمل:

خذ اسطوانة مدرجة حجمها 50mL وضع فيها 25mL ماء، سجل حجم الماء بدقة، احضر الجسم الصلب المراد تحديد كثافته، زنه بدقة $\pm 10mg$ ثم ضعه في الاسطوانة المدرجة بهدوء، حدد الحجم الزائد للماء في الاسطوانة، اعد التجربة

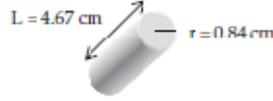
لأكثر من مرة وخذ المتوسط، احسب حجم الجسم الصلب عن طريق طرح الحجم الأول (حجم الماء) من الحجم الثاني (حجم الماء والجسم الصلب)، كما هو موضح في الشكل التالي:



حيث يمثل الشكل a) حجم السائل قبل غمر الجسم الصلب فيه، والشكل b) فيمثل الحجم الزائد للماء بعد غمر الجسم الصلب في الاسطوانة.

$$d = \frac{m}{V} \left(\frac{g}{cm^3} \right)$$

إذا كان للجسم الصلب شكل هندسي منتظم ومحدد البعاد فيمكن تحديد حجمه بسهولة تبعاً لشكله وباستخدام القوانين المناسبة، كما في الأمثلة التالية:
- لدينا جسم من الألمنيوم وزنه 29.7g ويملك الشكل التالي مع أبعاده:



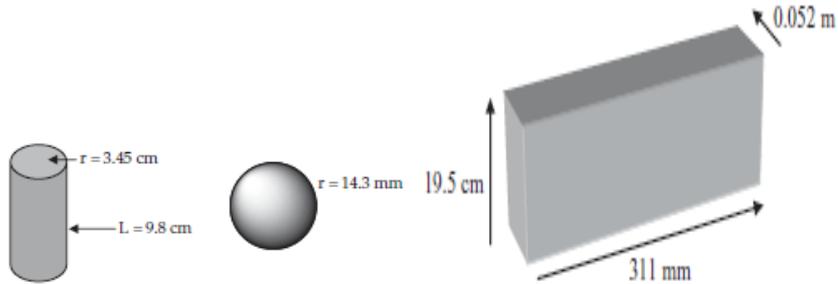
المطلوب حساب حجمه من العلاقة: $V = \pi r^2 L$

$$V = (3.14) \times (0.84 cm)^2 \times (4.76 cm)$$

$$V = 11 cm^3$$

$$d = \frac{m}{V} = \frac{29.7}{11} = 2.7 g/cm^3$$

- قم بتحديد كثافة الأجسام الصلبة التالية وفق أشكالها والمعطيات الموجودة عليها:



يبين الجدول (1-5) كثافة بعض المعادن (يؤخذ وزن 13-15g من المعدن):

الجدول (1-5) كثافة بعض المعادن

المعدن	كثافة المعدن g/mL
Al	2.70
Cu	8.92
Pb	11.3
Mg	1.74
Zn	7.14
Fe	7.86

5-5- قياس كثافة سائل:

تجربة 5-4- يتم قياس كثافة سائل بوساطة دورق الكثافة (البليكنومتر) الموضحة في الشكل:



وهو دورق ذا حجم محدد ومعلوم، زنه فارغاً، ثم املاه بالماء أو السائل المراد قياس كثافته وجففه جيداً من السائل المنسكب عليه، وزنه مع السائل، فيكون وزن الماء هو الفرق بين وزنه مع السائل ووزنه فارغاً، احسب كثافة الماء أو السائل من علاقة الكثافة كما في التجربة (5-3).

5-6- قياس اللزوجة لسائل ما:

5-6-1- مقدمة: تعرف اللزوجة بأنها المقاومة التي يبديها السائل لجريانه (سريانه) عن انتقال طبقة منه فوق طبقة أخرى بسبب وجود التجاذب بين الجزيئات. إن ممانعة هذا الجريان تنتج عن قوة الاحتكاك بين الطبقات وتتناسب هذه القوة طردياً مع تدرج السرعة النسبية لانتقال إحدى الطبقات بالنسبة إلى طبقة أخرى ومع مساحة الطبقتين، ويمكن التعبير عنها بالعلاقة التالية:

$$F \propto S \frac{dv}{dx} \quad (1)$$

حيث أن \propto تتناسب مع:

$$\frac{dv}{dx} \text{ تدرج السرعة باتجاه الجريان}$$

S مساحة سطح التماس بين الشرائح المتحركة للسائل

نحول التناسب إلى مساواة فنجد أن:

$$F = \eta S \frac{dv}{dx} \quad (2)$$

η هو ثابت تناسب ويدعى معامل اللزوجة

ويعبر عن معامل اللزوجة بالبواز Poise نسبة للعالم Poiseuille

$$1\text{Poise} = 1\text{g/cm.sec}$$

يمكن قياس اللزوجة بطريقتين:

- طريقة أوستفالد (الأنبوب الشعري)

- طريقة الكرة الساقطة نموذج هوبلر

من الناحية التطبيقية لا يمكن قياس اللزوجة من خلال المعادلة السابقة ولكن العالم Poiseuille قام بدراسة بعض المفاهيم لسائل يجري بشكل حر في أنبوب زجاجي أو تحت قوة معينة فلاحظ أن بعض جزيئات السائل التي تتحرك عشوائياً تنتقل من طبقتها المركزية إلى طبقة أخرى أكثر هدوءاً فتزيد من طاقتها الحركية كما وتنتقل بعض جزيئات السائل من الطبقات الهادئة نسبياً إلى الطبقة المركزية الخاضعة إلى القوة الدافعة لتعمل على تبطينها. وبالتالي تظهر قوتان:

قوة مسرعة في الطبقة الهادئة وقوة مبطنة في الطبقة المركزية، عند تساوي هاتين القوتين نحصل على مقاومة السائل للجريان الأعظمية وتعبر عن اللزوجة، تبعاً للعلاقة التالية:

$$\eta = \frac{\pi R^4 \Delta P}{8VL} t = K.d.t \quad (3)$$

حيث أن: t الزمن اللازم لممرور الحجم V من السائل عبر فتحة أنبوب شعري قطره R و طوله L تحت ضغط ثابت ΔP ، وبما أن السائل يتحرك ضمن الأنبوب الشعري تحت تأثير وزن الذاتي، لذلك من الأنسب استبدال النسبة $\Delta P/V$ بالكثافة d ، فتصبح العلاقة 3 كما يلي:

$$\eta = \frac{\pi R^4}{8L} d t$$

$$\eta = K \cdot d \cdot t$$

تنخفض لزوجة السائل مع ارتفاع درجة الحرارة بسبب تناقص شدة قوى التجاذب بين جزيئات السائل.

5-6-2- قياس اللزوجة مخبرياً باستخدام مقياس اوستفالد:

تجربة 5-5- تعتبر هذه الطريقة أكثر الطرائق شيوعاً واستعمالاً في المخابر، حيث تقدر لزوجة سائل بالنسبة للزوجة سائل آخر لزوجته معروفة كالماء، وتسمى عندئذ اللزوجة النسبية، والفكرة في التجربة هي قياس الزمن الذي يستغرقه مرور حجم معين من سائل معروف اللزوجة خلال أنبوب شعري تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية، والزمن الذي يستغرقه مرور نفس الحجم من سائل مجهول اللزوجة خلال نفس الأنبوب، والنسبة بين الزمنين هي اللزوجة النسبية أي:

$$\eta_1 = K \cdot d_1 \cdot t_1 \quad \text{سائل ما}$$

$$\eta_2 = K \cdot d_2 \cdot t_2 \quad \text{الماء}$$

$$\frac{d_1 \cdot t_1}{d_2 \cdot t_2} = \frac{\text{زمن السائل.كثافته}}{\text{زمن الماء.كثافته}} = \frac{\eta_1}{\eta_2} = \eta_r$$

حيث إن: η_r اللزوجة النسبية، K ثابت الجهاز

- الأدوات والمواد الكيميائية:

مقياس لزوجة - بعض السوائل مثل الماء والكحول والبنزن وزيت- ماصة - اسطوانة مدرجة - ساعة منبه.

- خطوات العمل:

1- حدد كثافة السوائل المعطاة كما مر في تجربة قياس الكثافة.

2- ضع كمية معلومة 10-15mL من الماء في الجهاز (الملزاج) الشعري المبين في الشكل التالي:



الشكل (1-5) مقياس اللزوجة بطريقة اوستفالد

3- عين زمن مرور الماء بين العلامتين a و b على ساق مقياس اللزوجة وليكن t_1 .

4- اغسل مقياس اللزوجة جيداً بالسائل المعطى لك.

5- ضع كمية معلومة 10-15mL من السائل في مقياس اللزوجة.

6- عين مرور السائل بين العلامتين a و b وليكن t_2 .

7- كرر الخطوات 4 و 5 و 6 إذا كان لديك سائل آخر.

8- احسب اللزوجة النسبية (بالنسبة للماء) لكل سائل معطى من العلاقة التالية:

$$\frac{d_1 \cdot t_1}{d_2 \cdot t_2} = \frac{\text{زمن السائل. كثافته}}{\text{زمن الماء. كثافته}} = \frac{\eta_1}{\eta_2} = \eta_r$$

9- احسب من العلاقة السابقة اللزوجة المطلقة للسائل:

اللزوجة المطلقة لسائل = اللزوجة النسبية . اللزوجة المطلقة للماء (تحت نفس الشروط).

$$\eta_2 = \eta_r \cdot \eta_1$$

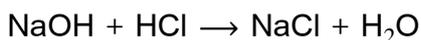
الفصل السادس

الأكسدة والإرجاع

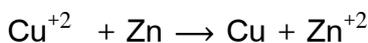
6-1- مقدمة Introduction:

تقسم التفاعلات الكيميائية عامة إلى قسمين:

القسم الأول: تفاعلات لا يرافقها انتقال كلي أو جزئي للإلكترونات بين الذرات أو الشوارد (الأيونات) المتفاعلة، بالتالي لا يحدث تغير في أرقام أكسدة المواد المتفاعلة، كما في التفاعل التالي:



القسم الثاني: تفاعلات يرافقها انتقال كلي أو جزئي للإلكترونات بين الذرات أو الشوارد (الأيونات) المتفاعلة، وبالتالي يحدث تغير في أرقام أكسدة المواد المتفاعلة، وتعرف بتفاعلات الأكسدة والإرجاع (الاختزال)، تبعاً للتفاعل التالي:



6-2- رقم الأكسدة Oxidation number: ويعني الشحنة الظاهرية للذرة أو

الشاردة، وهي ناتجة عن انتقال كامل للإلكترونات في المركبات الشاردية، وعن انزياح الزوج الإلكتروني نحو الذرة الأكثر كهربية في المركبات المشتركة.

- يُعد رقم أكسدة العناصر الحرة مساوياً إلى الصفر وذلك سواء كانت بشكل ذرة أو بشكل جزيء مثل: $\text{Na}, \text{Al}, \text{H}_2, \text{O}_2$ وغيرها.

- يُعد رقم أكسدة الشوارد البسيطة مساوياً للشحنة الظاهرية التي تحملها هذه الشوارد. مثل Li^{+1} هو +1 و Mg^{+2} هو +2 و Al^{+3} هو +3 .

- يُعد المجموع الجبري لأرقام الأكسدة لجميع ذرات جزيء معتدل KMnO_4 مساوٍ للصفر.

- يُعد المجموع الجبري لأرقام الأكسدة لجميع شوارد معقدة مساوياً للشحنة الظاهرية لهذه الشاردة، ويساوي -1 في MnO_4^- .

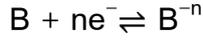
- يُعد رقم أكسدة الهيدروجين عادةً +1 باستثناء هيدريدات المعادن القلوية والقلوية الترابية حيث تكون درجة أكسدته -1 كما في NaH .

- يُعد رقم أكسدة الأكسجين عادة 2-، أما في فوق الأكاسيد فتكون 1- كما في H_2O_2 ، بينما يساوي $1/2-$ في الأكاسيد العلوية، ويأخذ 2+ في المركب OF_2 .
- يأخذ رقم الأكسدة قيمة موجبة أو سالبة أو صفراً، وذلك على عكس التكافؤ الذي يعبر عنه بعدد مجرد.

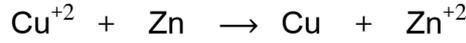
- تُعرف الأكسدة بأنها إعطاء إلكترون أو أكثر وبالتالي زيادة في عدد الأكسدة، وتسمى المادة التي تمت عليها عملية الأكسدة بالعامل المرجع:



- يُعرف الإرجاع بأنه أخذ إلكترون أو أكثر وبالتالي نقصان في عدد الأكسدة، وتسمى المادة التي تمت عليها عملية الإرجاع بالعامل المؤكسد:



- كل تفاعل أكسدة يرافقه تفاعل إرجاع والعكس صحيح.
مثال:



عامل مؤكسد عامل مرجع عامل مرجع عامل مؤكسد
إن تحول Cu^{+2} إلى Cu هو عملية إرجاع، أما تحول Zn إلى Zn^{+2} فهو عملية أكسدة. تتم تفاعلات الأكسدة والإرجاع في الأوساط الحمضية أو القلوية. يمكن وزن تفاعلات الأكسدة والإرجاع بطريقتين:

1- طريقة تغيير عدد الأكسدة

2- طريقة نصف التفاعل (طريقة الأيون- إلكترون).

القسم العملي

تجربة 6-1- المردود الكمي لتفاعل الأكسدة والإرجاع

(تفاعل التوتياء مع محلول كبريتات النحاس)

في تجربتنا هذه سنحدد كمية النحاس (تركيزه) في محلول كبريتات النحاس، وذلك بإجراء تفاعل أكسدة وإرجاع بتفاعله مع معدن التوتياء.

يتفاعل معدن النحاس مع كبريتات النحاس فيزيح النحاس من المركب ويحل محله، وبالتالي سيصبح لدينا نحاس حر سيترسب على شكل بودرة بنية اللون، تحدث عملية أكسدة على التوتياء الحر (تغير رقم الأكسدة من الصفر إلى 2+)، وعملية

إرجاع على النحاس الموجود في كبريتات النحاس (تغير رقم الأكسدة من +2 إلى الصفر).

الأدوات والأجهزة اللازمة:

- كأس زجاجي سعة 250mL - اسطوانة مدرجة
- محلول كبريتات النحاس - محلول حمض كلور الماء المركز
- معدن التوتياء
- ورق ترشيح - قمع زجاجي
- دورق الكثافة (بيكنومتر)
- ميزان - فرن للتجفيف - أسيتون - ماء مقطر

طريقة العمل:

- 1- خذ كأساً زجاجياً سعة 250mL وضعه على الميزان ثم اضغط زر التصفير.
- 2- خذ بوساطة اسطوانة مدرجة حجم $V=20\text{mL}$ من محلول كبريتات النحاس مجهول التركيز وضعها في الكأس الزجاجي.
- 3- ضع الكأس الزجاجي بما يحتويه على الميزان وسجل وزن محلول كبريتات النحاس $m(\text{g})$.
- 4- أضف كمية زائدة من قطع معدن التوتياء (لماذا؟) حوالي 1g إلى الكأس ورج على فترات حتى اختفاء اللون الأزرق تماماً من المحلول.
- 5- أضف حوالي 15mL من محلول حمض الكلور المركز HCl تركيزه 6M إلى الكأس (لماذا؟) وحرك لفترة من الزمن حتى انتهاء انطلاق فقاعات غاز الهيدروجين.
- 6- زن ورقة ترشيح على الميزان وسجل وزنها $m_1(\text{g})$ ، رشح على ورقة الترشيح في قمع زجاجي، ثم اجمع النحاس المترسب عليها، اغسله بالماء المقطر مرة ثم اغسله بالأسيتون (لماذا؟).
- 7- جفف النحاس المترسب بالفرن عند الدرجة 100°C لمدة عشر دقائق، ثم اتركه يبرد.
- 8- زن ورقة الترشيح الحاوية على النحاس وسجل قيمة الوزن $m_2(\text{g})$.
- 9- احسب وزن النحاس المترسب من فرق وزني ورق الترشيح من العلاقة:

$$m_{Cu} = m_2 - m_{1(g)}$$

10- احسب كثافة محلول كبريتات النحاس من العلاقة: $d = \frac{m}{V}$ g/mL

11- احسب التركيز المولاري لكبريتات النحاس $M(\text{mol/L})$ إذا علمت أن الوزن الذري للنحاس 63.5g ، و الوزن الذري للكبريت 32g، والوزن الذري للأكسجين 16g، مع العلم أن التركيز المولاري يعطى بالعلاقة التالية:

$$M(\text{mol/L}) = \frac{\text{وزن كبريتات النحاس}}{\text{الوزن الجزيئي لكبريتات النحاس}} = \frac{\text{عدد مولات كبريتات النحاس}}{\text{حجم محلول كبريتات النحاس}} = \frac{\text{حجم محلول كبريتات النحاس}}{\text{حجم محلول كبريتات النحاس}}$$

12- احسب النسبة المئوية للنحاس في محلول كبريتات النحاس من العلاقة التالية:

$$\%W_{Cu} = \frac{m_{Cu}}{m} \times 100$$

13- اكتب معادلات التفاعل الحاصلة.

سجل نتائجك في الجدول التالي:

	وزن محلول كبريتات النحاس $m(\text{g})$
	حجم محلول كبريتات النحاس $v=20\text{mL}$
	وزن ورقة الترشيح الفارغة $m_1(\text{g})$
	وزن ورقة الترشيح مع النحاس $m_2(\text{g})$
	وزن النحاس المترسب $m_{Cu} = m_2 - m_{1(g)}$
	كثافة محلول كبريتات النحاس g/mL
	التركيز المولاري لكبريتات النحاس $M(\text{mol/L})$
	النسبة المئوية للنحاس Cu%
	معادلة التفاعل لكبريتات النحاس مع التوتياء
	معادلة تفاعل HCl مع Zn

الفصل السابع

المعايرة الحجمية

7-1- مبدأ المعايرة الحجمية Volumetric Titration:

تعتمد المعايرة الحجمية على تحديد الحجم اللازم من محلول قياسي معلوم التركيز، للوصول إلى التفاعل التام مع حجم معين من محلول مادة مجهول التركيز، أي للوصول إلى نقطة التكافؤ.

تكمن الصعوبة العملية في المعايرة الحجمية في تحديد النقطة التي ينتهي عندها التفاعل بدقة، والتي هي عبارة عن تغير كيميائي أو فيزيائي مفاجئ يحدث للمحلول المجهول التركيز في تلك النقطة. لذلك لتحديد نقطة نهاية المعايرة يستعان بأدلة (مشعرات) مناسبة (Indicator) والتي تضاف بكميات صغيرة جداً إلى المحلول مجهول التركيز تساهم في توضيح و تحديد التغير المفاجئ عند نقطة نهاية المعايرة.

7-2- تصنيف التفاعلات الحاصلة في المعايرات الحجمية:

1- تفاعلات التعادل (Neutralization Reactions): وتشمل تفاعلات الحموض مع القلويات أو بين أحدهما مع ملح للآخر.

2- تفاعلات الترسيب (Precipitation Reactions): وتشمل التفاعلات التي يتم فيها ترسيب شاردة معينة على شكل ملح صلب قليل الذوبان.

3- تفاعلات تشكيل المعقدات (Complex- metric Reactions): وتشمل التفاعلات التي يتم تشكيل معقد بين المحلول المشعر ومحلول الشاردة المحددة على شكل مركب معقد، وتستخدم غالباً لتحديد شوارد المعادن.

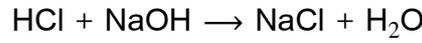
4- تفاعلات الأكسدة والإرجاع (Oxidation- Reduction reactions): وتشمل التفاعلات التي يتم فيها انتقال للإلكترونات، وبالتالي تغير في أرقام الأكسدة للمشعر والمجهول.

7-3- الشروط الواجب توفرها في المعايرة الحجمية:

يجب توفر عدد من الشروط الأساسية في عملية المعايرة الحجمية، لإعطاء نتائج دقيقة وصحيحة، نذكر منها التالي:

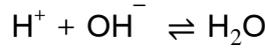
- 1- استخدام أدوات نظيفة، وذات دقة جيدة.
- 2- اخذ عينات متجانسة قدر الإمكان.
- 3- استخدام محاليل قياسية مناسبة، تركيزها محدد بدقة، وأن لا يؤدي إلى حدوث تفاعلات جانبية وثنوي تؤدي إلى حدوث أخطاء في تحديد نقطة نهاية المعايرة وبالتالي إلى خطأ في تحديد كمية و تركيز المادة المجهولة.
- 4- تحديد نقطة نهاية المعايرة بدقة، باستخدام مشعر مناسب.
- 5- اختيار شروط مناسبة للتفاعل بين محلول المشعر والمحلول المجهول (درجة الحرارة، درجة حموضة وسط التفاعل، تركيز المواد، استخدام وسيط)، بحيث تساهم هذه الشروط في حصول تفاعل تام وسريع.
- 7-4 مفهوم درجة الـ pH (pH Concept):

إن ناتج تفاعل التعديل (تفاعل الحمض مع الأساس) هو ملح وماء:



ماء ملح أساس حمض

ويعتبر الماء الناتج مركباً ضعيف التفكك يتفكك جزئياً بشكل عكوس ويمكن أن يمثل تفاعل التعديل اتحاد أيونات H^+ التي تعطي الصفة الحمضية للمحلول مع أيونات OH^- التي تعطي المحلول الصفة القلوية، لتشكيل الماء ضعيف التفكك:



ويعبر عن حموضة المحاليل المائية بالأس الهيدروجيني الـ pH للمحلول والذي يعطى بالعلاقة التالية:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

حيث $[\text{H}^+]$ تعبر عن تركيز أيونات الهيدروجين في المحلول مقدراً بالمولارية MoLarity (mol/L). وتتغير قيمة الـ pH للمحلول تبعاً لتغير تركيز أيونات H^+ وأيونات OH^- وتقع بين القيمتين (0-14)، ونقول عن المحاليل أنها حمضية عندما تكون $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$ أي $\text{pH} < 7$. ونقول عن المحاليل أنها قلوية عندما تكون $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$ أي $\text{pH} > 7$. بينما يكون المحلول معتدلاً عندما $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ أي $\text{pH} = 7$. نلاحظ خلال تفاعلات التعديل أن قيمة درجة الـ pH وسط التفاعل ستتغير، ولكشف نقطة نهاية المعايرة نستخدم كواشف (أدلة)،

وهي إما حموض أو قواعد ضعيفة يتغير لونها ضمن مجال محدود من درجات الـ pH، نتيجة لتغير في بنيتها، ويدعى هذا المجال بمجال الدليل. والميزة الأخرى للدليل أن تغير لونه ليس له علاقة مطلقاً بنوعية الحمض أو الأساس. ويمكن تحديد قيمة درجة الـ pH المحلول بواسطة جهاز قياس درجة الـ pH الشائع الاستخدام في المخبر الموضح في الشكل (1-7):



الشكل (1-7) جهاز قياس الـ pH

يبين الجدول الخواص الحمضية - القلوية لبعض أنواع محاليل الأملاح الهامة:

Type of Salt	Examples	Ions That Undergo Hydrolysis	pH of Solution
Cation from strong base; anion from strong acid	NaCl, KI, KNO ₃ , RbBr, BaCl ₂	None	≈ 7
Cation from strong base; anion from weak acid	CH ₃ COONa, KNO ₂	Anion	> 7
Cation from weak base; anion from strong acid	NH ₄ Cl, NH ₄ NO ₃	Cation	< 7
Cation from weak base; anion from weak acid	NH ₄ NO ₂ , CH ₃ COONH ₄ , NH ₄ CN	Anion and cation	< 7 if $K_b < K_a$ ≈ 7 if $K_b ≈ K_a$ > 7 if $K_b > K_a$
Small, highly charged cation; anion from strong acid	AlCl ₃ , Fe(NO ₃) ₃	Hydrated cation	< 7

تجربة (1-7) تحديد قيمة درجة الـ pH لعدد من الحموض والأسس بتراكيز مختلفة:

- محلول حمض كلور الماء 0.1M HCl

- محلول حمض الخل 0.1M CH₃COOH

- محلول هيدروكسيد الصوديوم 0.1M NaOH

- محلول هيدروكسيد الأمونيوم 0.1M NH₄OH

طريقة العمل: شغل جهاز الـ pH، خذ بيشر وضع المحلول المراد تحديد درجة الـ pH له، اغمر قطب الجهاز في المحلول ببطء بعد غسله بالماء المقطر وتجفيفه، اقرأ قيمة درجة الـ pH من الجهاز، كرر العملية عدة مرات لجميع المحاليل ثم رتب نتائجك في جدول كالآتي:

المحلول	الـ pH نظرياً	فينول فتالئين	أحمر الميثيل	برتقالي الميثيل
HCl				
NaOH				
CH ₃ COOH				
NH ₄ OH				

تجربة (2-7) تحديد قيمة درجة الـ pH لمحاليل حمض الخل بتركيز مختلفة، ثم احسب تراكيز [H₃⁺O] ودرجة التشرذ α ، تبعاً للعلاقات التالية:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3^+\text{O}]$$

$$C[\text{CH}_3\text{COOH}] = C_0 - C[\text{H}^+]$$

$$\alpha[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{C[\text{H}^+]}{C_0}$$

كرر عملية القياس كما في التجربة السابقة ورتب النتائج في الجدول التالي:

CH ₃ COOH	0.01n	0.03n	0.05n	0.1n
pH				
C[H ₃ ⁺ O]				
C ₀ [CH ₃ COOH]				
α [CH ₃ COOH]				

5-7 - المحاليل الموقية Buffer Solutions:

وهي عبارة عن مزائج لحوض ضعيفة مع أملاحها أو أسس ضعيفة مع أملاحها وتتصف بأنها تقاوم التغيرات في درجة الـ pH الناتجة عن إضافة كميات صغيرة من الحمض أو الأساس، كما أن درجة الـ pH لها لا تتغير كثيراً بالتمديد وتبلغ مدى مقاومتها لمثل هذه التغيرات في درجة الـ pH عندما يكون تركيز كل من الحمض الضعيف والملح كبيراً، والنسبة بين تركيزيهما تساوي الواحد. يوضح الجدول (1-7) بعض المحاليل الموقية ومجال درجة الـ pH:

مجال الـ pH	المحلول الموقى
2.6-7.6	- حمض الستريك- فوسفات الصوديوم أحادية الهيدروجين
3.7-5.6	- خلات الصوديوم - حمض الخل
4.1-5.9	- بيثالات البوتاسيوم-هيدروكسيد الصوديوم
8.0-10.2	- حمض البوريك - هيدروكسيد الصوديوم

تجربة (7-3): تحديد الـ pH بواسطة جهاز الـ pH لبعض المحاليل الموقية:

- حضر المحاليل التالية:

1- محلول 0.1m من حمض الخل.

2- محلول 0.1m من خلات الصوديوم، هل المحلول حمضي أم قلوي، علل؟

3- محلول مولي من حمض الخل ومحلول مولي من خلات الصوديوم.

4- محلول حجمه 1L يحوي 0.1m من حمض الخل مع 0.1m من خلات الصوديوم (محلول موقى).

5 - محلول 0.1m من هيدروكسيد الأمونيوم و 0.1m من كلوريد الأمونيوم بحجمين متساويين من كل منهما (محلول موقى).

6- خذ من المحلول 100mL (في 4.5) وأضف إليه 3mL من محلول لحمض كلور الماء (0.1m) وأعد قياس قيمة الـ pH. ثم احسب تغير pH بعد إضافة الحمض إذا علمت أن ثابت حمض الخل 4.77.

7- تابع إضافة HCl حتى تتساوى تقريباً قيمة pH الوسط في كل الأنابيب السابقة وحدد حجم الحمض المستهلك.

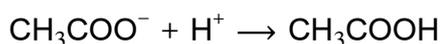
8- خذ من المحلول 100mL (في 4 و 5) وأضف إليه 3mL من محلول لهيدروكسيد الصوديوم (0.1m) وأعد قياس قيمة الـ pH. ثم احسب تغير pH بعد إضافة الهيدروكسيد.

رتب نتائجك في جدول مناسب.

يمكن حساب تغير الـ pH من العلاقة التالية:

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]} \quad 1$$

$$[CH_3COOH] = [CH_3COO^-] = 1 \quad \text{قبل إضافة HCl}$$



التركيز قبل إضافة حمض كلور الماء 1 1
 التركيز بعد إضافة حمض كلور الماء 1+3x0.001 1-3x0.001
 محلول 1M من HCl يحتوي في كل mL على 0.001mol من HCl، وتمت
 إضافة 3mL لذلك 3x0.001 . نعوض في العلاقة 1 :

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

$$\text{pH} = 4.77 + \log \frac{1 - 0.003}{1 + 0.003} = 4.77 - 0.0026 = 4.767$$

وبنفس الطريقة يمكن حساب pH عند إضافة NaOH :



التركيز قبل إضافة هيدروكسيد الصوديوم 1 1
 التركيز بعد إضافة هيدروكسيد الصوديوم 1+3x0.001 1-3x0.001
 نعوض في العلاقة 1:

$$\text{pH} = 4.77 + \log \frac{1 + 0.003}{1 - 0.003} = 4.77 + 0.0026 = 4.7726$$

6-7- مواصفات المادة المعيارية الأولية:

لتحديد وضبط التركيز بدقة M mol/L للمادة في المحاليل مجهولة التركيز،

تستخدم مواد معينة يطلق عليها المواد المعيارية الأولية، ومن صفاتها:

- 1- أن تكون ذات وزن جزيئي كبير.
- 2- أن تكون نقية.
- 3- أن تكون ثابتة كيميائياً ولا تتأثر بالعوامل الجوية من الرطوبة والحرارة.
- 4- أن يكون التفاعل بين المادة المعيارية والمادة المجهولة سريعاً وثابتاً.
- 5- أن يكون التغير في الخواص الفيزيائية أو الكيميائية لوسط التفاعل واضحاً وسريعاً وثابتاً.

يعرف المحلول المعياري بأنه محلول المشعر المعلوم التركيز، يُحضر إما بإذابة وزن محدد من مادة أولية نقية يحتوي على مركب المشعر في حجم معين، أو تحضير محلول ذي تركيز تقريبي بوساطة مادة غير أولية لمركب المشعر ومن ثم

يتم إيجاد التركيز الحقيقي عن طريق معايرته بوساطة محلول قياسي لمادة أخرى أولية.

7-7-7 التركيز Concentration :

يعرف التركيز بشكل عام بأنه عبارة عن نسبة كمية مادة إلى كمية مادة أخرى، ويعبر عنه بعدة طرائق، نذكر منها ما يلي:

7-7-7-1 التركيز المولاري (المولارية) MoLarity:

يعرف التركيز المولاري بأنه عدد المولات (الجزئيات الغرامية) من المادة المذابة والموجودة في ليتر واحد من المحلول، ووحدته moL/L ، ويرمز له بـ M ، ويعبر عنه بالعلاقة التالية:

$$\text{MoLarity} = M(\text{moL/L}) = \frac{n(\text{moL})}{V(\text{mL})} \times 1000$$

مثال (7-1): $1M$ من حمض كلور الماء، هذا يعني أن اللتر الواحد من المحلول يحتوي على مول من الحمض.

7-7-7-2 التركيز الغرامي:

يعرف بأنه عدد الغرامات من المادة المنحلة والموجودة في ليتر واحد من المحلول، ووحدته g/L ، ويرمز له بـ C ، ويعبر عنه بالعلاقة التالية:

$$C (\text{g/L}) = \frac{\text{كتلة المادة المنحلة}}{\text{حجم المحلول}}$$

7-7-7-3 النسبة المئوية الوزنية:

تعرف بأنها عدد الغرامات من المادة المنحلة والموجودة في 100g من المحلول، ويرمز له بـ $W\%$ ، ويعبر عنها بالعلاقة التالية:

$$\%W = \frac{\text{كتلة المادة المنحلة}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100$$

7-7-7-4 النسبة المئوية الحجمية:

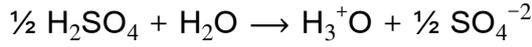
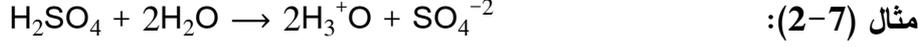
تعرف بأنها عدد الميلي لترات (حجم) من المادة الموجودة في 100mL من المحلول، ويرمز له بـ $V\%$ ، وتستخدم للتعبير عن تراكيز المواد السائلة المنحلة في مواد سائلة أخرى. ويعبر عنها بالعلاقة التالية:

$$\%V = \frac{\text{حجم المادة المنحلة}}{\text{حجم المزيج}} \times 100$$

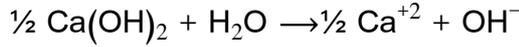
7-7-5- Normality النظامية:

تعرّف النظامية بأنها عدد المكافئات الغرامية من المادة المذابة في ليتر من المحلول ويُرمز لها بـ N.

أما نظامية الحمض فتُعرف بأنها كمية الحمض التي تعطي مولاً واحداً من البروتونات في ليتر محلول، ونظامية الأساس بأنها كمية الأساس التي تعطي مولاً واحداً من OH⁻ في ليتر محلول.



$$1\text{N} - (\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{\frac{1}{2} \text{mol H}^+}{1\text{L}} = \frac{98}{2} \frac{\text{g}}{\text{L}} = 49\text{g/L}$$



$$1\text{N} - [\frac{1}{2}\text{Ca(OH)}_2] = \frac{\frac{1}{2}\text{mol OH}^-}{1\text{L}} = \frac{74}{2} \frac{\text{g}}{\text{L}} = 37\text{g/L}$$

وعليه يمكن تعريف النظامية كما يلي:

$$N = \frac{\text{Eq}}{\text{L}} = \frac{\text{mEq}}{\text{mL}} = \frac{\text{عدد الأوزان المكافئة للمذاب}}{\text{ليتر محلول}}$$

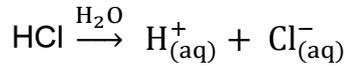
يُحدد الوزن المكافئ للمادة المذابة من نسبة الوزن الجزيئي إلى عدد المتبادلات في الجزيئة (حمض، أساس...):

$$E = \frac{M_w \text{ g/mol}}{n \text{ eq/mol}}$$

7-7-6- تحضير بعض المحاليل النظامية:

مثال (4-7): تحضير 1L من حمض كلور الماء بنظامية 0.1n مع العلم أن

كثافته $\rho = 1.18\text{g/mL}$ ونسبته المئوية 36.23%.



1mol

36.5

$$1\text{n- HCl} = 1\text{mol HCl/L}$$

$$0.1n\text{-HCl} = 0.1 \text{ mol HCl/L} \cong 3.65 \text{ g HCl/L}$$

كتلة 1 ليتر من HCl تساوي: 1180g

كمية الحمض في 1 ليتر من HCl :

$$1180 \cdot \frac{36.23}{100} = 427.514\text{g}$$

حجم HCl الذي يحتوي على 3.641g من HCl :

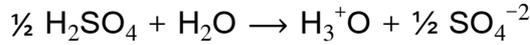
$$1000 \text{ mL HCl} \cong 427.514\text{g}$$

$$X \qquad \qquad \qquad 3.65\text{g}$$

$$\Rightarrow X = 8.53\text{mL}$$

نأخذ 8.53mL من HCl في حوالة عيارية (1000mL) ونكمل الحجم حتى 1 ليتر من الماء المقطر فنحصل على المحلول المطلوب.

مثال (5-7): تحضير 100mL من حمض الكبريت بنظامية 2n، مع العلم أن كثافته 1.175g/mL ونسبته المئوية الوزنية 24.58% .



$$1n \quad 49\text{g/ L} \qquad \qquad \qquad 1\text{mol/L}$$

$$2n \quad 98 \text{ g/ L} \qquad \qquad \qquad 2\text{mol/L}$$

$$2n \quad 9.8\text{g}/100\text{mL} \qquad \qquad \qquad 0.2\text{mol}/100\text{mL}$$

كتلة 1ليتر من H₂SO₄ تساوي 1175g

كمية الحمض في 1 ليتر من H₂SO₄ :

$$1175 \times \frac{24.58}{100} = 288.815\text{g}$$

حجم H₂SO₄ الذي يحوي على 9.8g :

$$1000 \text{ mL H}_2\text{SO}_4 \cong 288.815\text{g}$$

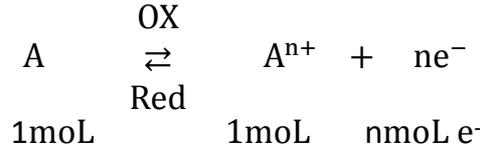
$$X \qquad \qquad \qquad 9.8\text{g}$$

$$\Rightarrow X = 37.93\text{mL}$$

نأخذ 37.93mL من H₂SO₄ في حوالة عيارية (100mL) ونكمل الحجم حتى 100mL من الماء المقطر فنحصل على المحلول المطلوب.

7-7-7 - النظامية في تفاعلات الأكسدة والإرجاع:

ليكن لدينا المادة A تخضع لتفاعل أكسدة وإرجاع كما يلي:



النظامية في تفاعلات الأكسدة والإرجاع = $\frac{\text{الوزن المكافئ لمادة مؤكسدة أو مرجعة}}{\text{حجم المحلول باللتر}}$

يعرف المحلول النظامي للمادة A:

$$1n - A = \frac{1\text{mol e}^-}{1\ell \text{ محلول}} = \frac{\text{mol A} / n \text{ mol e}^-}{1\ell \text{ محلول}}$$

مثال (6-7):

- نظامية محلول KMnO_4 تبعاً للتفاعل التالي:



$$\begin{aligned} 1n - \text{KMnO}_4 &= \frac{1\text{mol e}^-}{1\ell \text{ محلول}} = \frac{1\text{mol KMnO}_4 / 5 \text{ mol e}^-}{1\ell \text{ محلول}} = \frac{158 / 5 \text{ mol e}^-}{1\ell \text{ محلول}} = \\ &= 31.6\text{g/L} \end{aligned}$$

7-7-8 - الكسر المولي Mole Fraction:

الكسر المولي هو عدد مولات المركب إلى العدد الكلي لمولات جميع المواد المكونة للمحلول.

فإذا كان لدينا محلول مكون من المواد A, B, C فإن الكسر المولي للمادة A هو:

$$X_A = \frac{n_A}{n_t} \quad \text{أو} \quad X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B + n_C}$$

n_t عدد المولات الكلي

$$\sum_{i=1}^k X_i = 1, \quad 1 = \text{مجموع الكسور المولية}$$

7-8- المعايرة Titration:

المعايرة هي العملية التي يتم بواسطتها تقدير كمية المادة (تركيزها) عن طريق قياس حجم محلول معروف التركيز لمادة أخرى تتفاعل معها. حيث يُضاف المحلول المعروف التركيز من السحاحة إلى المحلول المجهول التركيز الذي غالباً ما يوضع في دورق المعايرة (الأرلنماير) ويضاف المشعر المناسب إلى أن نصل إلى النقطة التي يكون عندها التفاعل تاماً، أي يحصل تغير فيزيائي أو كيميائي على المشعر أو المحلول، مما يدل على نهاية المعايرة. ويجب اختيار المشعر المناسب بحيث تكون نهاية المعايرة أقرب ما يمكن إلى نقطة التكافؤ. وبقياس حجم المحلول العياري (معلوم التركيز) يمكن تقدير تركيز المحلول المجهول، نطبق قانون المعايرة الحجمية الذي أوجده العالم مور Mohr's والذي ينص على أنه: عند نقطة التكافؤ تتساوى عدد المكافئات الغرامية للمواد المتفاعلة:

$$neq_1 = neq_{21}$$

ولأن عدد المكافئات الموجودة في المحلول المعلوم الحجم يساوي إلى جداء حجمه L في تركيزه بوحدة eq/L أي:

$$n_{eq} = N (eq/L) \times V_L$$

يكون إذاً عند نقطة التكافؤ للمادتين المتفاعلتين:

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$Eq/L \quad L \quad eq/L \quad L$$

لكن عملياً يتم أخذ الحجم بوحدة mL لذا نكتب:

$$N_1 \times V_1 \times 10^{-3} = N_2 \times V_2 \times 10^{-3}$$

$$eq/L \quad L \quad mL \quad eq/L \quad L \quad mL$$

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2 \quad \text{أي:}$$

$$eq/ \quad mL \quad eq/ \quad mL$$

N_1, N_2 - هما تركيز المحلولين المتفاعلين بوحدة النظامية

V_1, V_2 - هما حجم المحلولين المتفاعلين عند نقطة نهاية المعايرة

وهي علاقة عامة تستخدم في كافة أنواع المعايرة

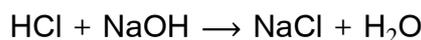
يستفاد من قانون مور أيضاً في تمديد المحاليل العيارية فيكون أحد الطرفين لتركيز المحلول وحجمه قبل التمديد والطرف الآخر لتركيز المحلول وحجمه بعد التمديد:

عدد المولات قبل التمديد = عدد المولات بعد التمديد

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

بعد التمديد قبل التمديد

تجربة (7-4): لدى معايرة 10mL من محلول HCl مجهول المولارية ، تم استهلاك 5mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH معروف المولارية $M = 0.5 \text{ mol/L}$ المطلوب حساب تركيز محلول الحمض HCl بالمولارية.
الحل: نكتب معادلة التفاعل :



يلاحظ من التفاعل أن مولاً واحداً من الحمض يتفاعل مع مولاً واحداً من الأساس، وبالتالي فإن عدد مولات الحمض يساوي عدد مولات الأساس وبالتالي يكون:

عدد مولات الحمض = عدد مولات الأساس

$$\text{Molarity} = M(\text{mol/L}) = \frac{n(\text{mol})}{V(\text{mL})} \times 1000 \quad \text{من تعريف المولارية:}$$

بإعادة ترتيب العلاقة بالنسبة للحمض نجد:

$$M_1 \times V_1 = \text{mL الحمض} \cdot \text{مولارية الحمض} \cdot \text{عدد مولات الحمض}$$

وكذلك بالنسبة للأساس نجد:

$$M_2 \cdot V_2 = \text{mL الأساس} \cdot \text{مولارية الأساس} \cdot \text{عدد مولات الأساس}$$

وبالتالي تصبح العلاقة:

عدد مولات الحمض = عدد مولات الأساس

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

للأساس للحمض

وبتعويض المقادير المعلومة من المثال نجد:

$$M_1 \times 10 = 0.5 \times 5 \Rightarrow M_1 = 0.25M$$

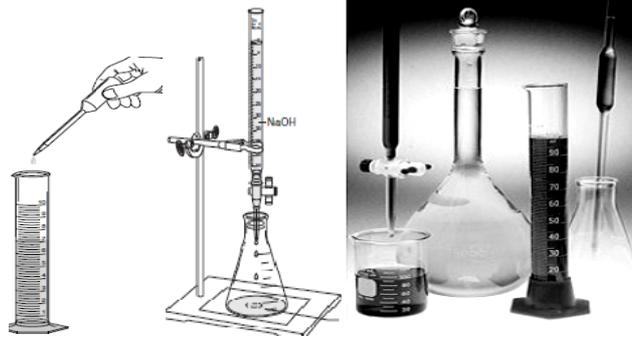
مثال (7-7): عند معايرة حمض الكبريت بمحلول هيدروكسيد الصوديوم نلاحظ

أن: عدد مولات الحمض = $\frac{1}{2}$ عدد مولات الأساس

وهذا يعني أنه ليس من الضرورة أن يكون عدد مولات المواد المتفاعلة متساوياً.

7-9- الأدوات المخبرية الزجاجية اللازمة للمعايرة الحجمية:

تحتاج المعايرة الحجمية بالإضافة إلى الميزان التحليلي إلى ماصات عيارية بحجوم مختلفة وماصات تدريجية وسحاحات و أرلينات، وحوامل ودوارق حجمية مختلفة الحجم واسطوانة مدرجة، كما في الشكل (7-2) التالي:



الشكل (7-2) الأدوات الزجاجية اللازمة في التحليل الحجمي

بالنسبة إلى الماصة لا يجوز نفخ آخر قطرة من نهايتها لأنها لا تدخل في الحجم المقاس، أي يجب أن تبقى آخر قطرة في الماصة.

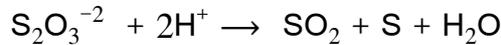
وتحتوي بعض السحاحات من النوع الجيد على أنبوب شعري لونه أزرق يسهل على المرء القراءة الدقيقة، ويمكن قياس حجوم من مرتبة 0.1mL بدقة ويجب من أجل القراءة أن نثبت النظر بشكل عمودي على السطح السائل.

7-10- ضبط (تعيير) المحاليل:

يجب قبل استخدام المحاليل في المعايرة، تعييرها أي تحديد تركيز المحلول بدقة باستخدام محلول عياري أولي.

تجربة (7-5): تحضير محلول 0.01m (0.01n) من $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ثم ضبط نظاميته.

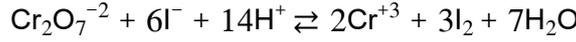
يجب ضبط نظامية المحلول لأنه يتفكك مع الزمن بسبب CO_2 في الهواء، الذي



تبلغ الكتلة المولية له : 248.17g ولتحضير محلول 0.1m نوزن 25g من الملح وتذاب في المحلول ويكمل الحجم إلى 10mL، وهو تقريبي ولهذا يجب ضبط

موليته أو نظاميته. يتم ذلك بوساطة عدة طرائق هنا تستخدم طريقة ثاني الكرومات:

يُضاف إلى المحلول عدة قطرات من الكلوروفورم أو 0.1g من كربونات الصوديوم لكل ليتر لتأمين قيمة pH=9-10 حيث تكون فعالية البكتريا قليلة في هذا المجال. يأكسد محلول $K_2Cr_2O_7$ المزيد من شوارد I^- الناتجة من محلول KI في وسط حمضي (إضافة بضع قطرات من $HCl + NaHCO_3$ للتفاعل مع بروتونات HCl معطياً H_2CO_3 الذي يحرر الكربون). يجب ترك الأريلينة لمدة 5-10 دقائق ليكتمل التفاعل التالي:



294.189

3x253.8

49.03

126.9

$$1n - K_2Cr_2O_7 = \frac{1}{6} \frac{\text{mol } K_2Cr_2O_7}{L} = 49.03 \text{g/L}$$

$$\Rightarrow 0.1n = 4.09 \text{ mg/mL}$$

$$\Rightarrow 1\text{mL}(0.1n - K_2Cr_2O_7) = 4.903K_2Cr_2O_7 = 12.69 \text{ mg } I_2$$

لإجراء التفاعل: يُؤخذ 100mL ماء مقطر حديث ومغلي في دورق 500mL، يضاف إليه 3g من KI، و 2g من $NaHCO_3$. مزج المواد حتى الذوبان. ثم إضافة 6mL من HCl المركز مع رج الدورق جيداً. أضف 25mL من محلول 0,1n $K_2Cr_2O_7$ بوساطة الماصة. رج المواد مع ترك الدورق لمدة عشر دقائق كي يتحرر اليود. أضف بعد انتهاء التفاعل ما تبقى من الماء المقطر والمغلي إلى المحلول.

عاير اليود المتحرر بمحلول $Na_2S_2O_3$ بعد إضافة 2-3mL من مطبوخ النشاء حتى ينعدم اللون الأزرق.

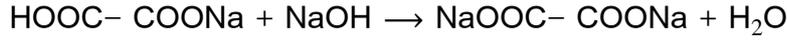
1mL من (0.1n $K_2Cr_2O_7$) يتفاعل مع 12.69mg من اليود ، و 1mL من (0.1n $Na_2S_2O_3$)، هذا يعني أن المحاليل النظامية تتفاعل بنسبة حجمية 1:1 . لذلك لو كانت نظامية محلول $Na_2S_2O_3$ ، 0.1n تماماً لكان الاستهلاك النظري من المحلول لمعايرة اليود $V_1\text{mL}$ (25mL) ولكن القيمة الفعلية تختلف قليلاً ولتكن $V_2\text{mL}$ من محلول $Na_2S_2O_3$ ولهذا يكون:

$$0,1n = V_1 \text{mL}$$

$$V = V_2 \text{mL}$$

$$V = \frac{V_2}{V_1} \times 0.1n = \text{نظامية المحلول}$$

تجربة (6-7): تعيير محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH باستخدام محلول عياري أولي من محلول حمض الحماض المحضر بدقة بتركيز (0.05mol/L). إن حمض الحماض ثنائي الوظيفة الحمضية $K_1 = 5.9 \times 10^{-2}$ و $K_2 = 6.4 \times 10^{-5}$ ، وظيفته الثانية ضعيفة التشرذ، عند المعايرة تحصل التفاعلات التالية:



أي عند نقطة التكافؤ الثانية تحصل حلمهة للملح الناتج وتكون قيمة الـ pH الوسط تقريباً 9 وبالتالي المشعر الأفضل هو فينول فتالئين (8.2-9.8).

المحاليل اللازمة:

- محلول عياري من حمض الحماض تركيزه 0.05 mol/L (0.1eq/l)

- محلول 0, mol/L من هيدروكسيد الصوديوم

- مشعر فينول فتالئين (1% إيتانولي)

يتم ملء السحاحة بهيدروكسيد الصوديوم، خذ بالماصة حجم 10mL من محلول حمض الحماض وضعها في الأرنماير. ثم ابدأ المعايرة، مع تكرارها لعدة مرات. خذ الحجم الوسطي من محلول هيدروكسيد الصوديوم. يمكن حساب تركيز هيدروكسيد الصوديوم كما يلي:

$$n_{\text{Oxa}} = 2\text{eq/mol} \quad \text{لأن} \quad N_{\text{Oxa}} \text{ eq/l} = \frac{M_{\text{Oxa mol/l}}}{2}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{NaOH}}^{\text{Oxa}} \cdot N_{\text{NaOH}} &= V_{\text{Oxa}} \cdot N_{\text{Oxa}} \\ \Rightarrow N_{\text{NaOH}} &= \frac{V_{\text{Oxa}} \cdot N_{\text{Oxa}}}{V_{\text{NaOH}}^{\text{Oxa}}} = \frac{10 \times 0.2}{V_{\text{NaOH}}^{\text{Oxa}}} = \frac{2}{V_{\text{NaOH}}^{\text{Oxa}}} \end{aligned}$$

وهو التركيز الدقيق لمحلول هيدروكسيد الصوديوم.

7-11 - معايرة حمض قوي بأساس قوي:

تجربة (7-7): معايرة حمض كلور الماء بمحلول هيدروكسيد الصوديوم:

عند معايرة HCl مجهول التركيز، بإضافة حجوم متزايدة من NaOH معلوم التركيز، وبوجود الفينول فتالئين كدليل (Indicator)، تتفاعل الكميات المضافة بشكل متتال من الهيدروكسيد مع كميات مماثلة من الحمض الموجود في وعاء التفاعل، وتبقى كمية من الحمض وبالتالي الوسط يبقى حمضياً ويكون المحلول عديم اللون، وبمتابعة إضافة NaOH حتى الوصول إلى تفاعل كامل كمية الحمض الموجود، وبالتالي لا وجود للحمض في المحلول إذ أصبح المحلول معتدلاً. وعند إضافة نقطة إضافية واحدة من NaOH إلى وسط التفاعل سيصبح الوسط قلويًا وبالتالي ينقلب لون المحلول إلى زهري (لون المشعر في الوسط القلوي) ومنه نستدل على انتهاء المعايرة وتفاعل كامل كمية الحمض مع الحجم المضاف من NaOH. نقرأ الحجم من السحاحة ونسجله ثم نحسب تركيز الحمض.

خطوات العمل:

- املأ السحاحة بهيدروكسيد الصوديوم معلوم التركيز حتى الإشارة الدالة على الصفر.
- خذ بواسطة الماصة 10mL من محلول HCl مجهول التركيز وضعها في الأرنماير سعة 250mL
- أضف ثلاث قطرات من مشعر فينول فتالئين إلى الأرنماير (ما لون المحلول).
- عاير بإضافة NaOH من السحاحة على شكل نقط متتالية.
- أوقف إضافة NaOH من السحاحة فور ظهور اللون الوردي وثباته، سجل الحجم المستهلك من الأساس. احسب تركيز الحمض HCl المجهول وسجل نتائجك في الجدول التالي:

	معادلة تفاعل HCl مع NaOH
	حجم محلول HCl مجهول التركيز V_A mL
	حجم محلول NaOH مجهول التركيز V_B mL
	تركيز NaOH المولاري هو M_B mol/L
	عدد مولات الأساس m_B mol
	عدد مولات الحمض m_A mol
	التركيز المولاري للحمض M_A mol/L

الحسابات:

$$V_{NaOH}^{HCl} \cdot N_{NaOH} = V_{HCl} \cdot N_{HCl}$$

$$\Rightarrow N_{HCl} = \frac{V_{NaOH}^{HCl} \cdot N_{NaOH}}{V_{HCl}} = \frac{V_{NaOH}^{HCl} \cdot N_{NaOH}}{10}$$

بتعويض نظامية NaOH الدقيقة من التجربة السابقة:

$$N_{HCl} = \frac{2 \cdot V_{NaOH}^{HCl}}{10 \cdot V_{NaOH}^{Oxa}} = 0,2 \frac{V_{NaOH}^{HCl}}{V_{NaOH}^{Oxa}}$$

$$n_{NaOH} = 1 \text{ eq/l لأن } N_{NaOH} \text{ eq/l} = M_{NaOH} \text{ mol/L}$$

$$n_{HCl} = 1 \text{ eq/l لأن } N_{HCl} \text{ eq/l} = M_{HCl} \text{ mol/L}$$

تجربة (7-8): تحضير 1L من هيدروكسيد الصوديوم 1n-NaOH:

خذ 45-50g من هيدروكسيد الصوديوم واغسلها قليلاً فوق قمع ترشيح خزفي للتخلص من بقايا Na_2CO_3 . بعد ذلك أذبها في ليتر ماء مقطر. لتحديد نظامية هذا المحلول عاير بالضبط 40mL منه بمحلول 1n-HCl والمشعر ميتيل البرتقالي حتى ظهور اللون الأحمر المصفر. فإذا استهلكت المعايرة 1n-HCl X mL فيكون عامل محلول هيدروكسيد الصوديوم:

$$f = \frac{X \text{ mL-1n-HCl}}{40 \text{ mL-1n-NaOH}}$$

تعاد التجربة لأكثر من مرة وتؤخذ القيمة الوسطى لعامل هيدروكسيد الصوديوم. بفرض أن نظامية هذا المحلول هي 1,10n فيتم تحضير 1n-NaOH تبعاً للعلاقة:

$$n_1 \cdot v_1 = n_2 \cdot v_2$$

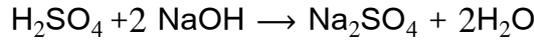
$$1.10 \times v_1 = 1000 \times 1$$

$$\Rightarrow v_1 = 909.09\text{mL}$$

نأخذ 909.09mL من NaOH 1.10n- في حوالة عيارية سعتها ليتر ونضيف ماء مقطر حتى يصبح حجم المحلول 1L فنحصل على 1n-NaOH.

تجربة (7-9): معايرة حمض الكبريت بمحلول هيدروكسيد الصوديوم:

كرر الخطوات في التجربة السابقة، وباستخدام مشعر احمر الميتيل الذي يغير لونه في المجال pH= 4.4- 6.2 من احمر في المجال الحمضي إلى أصفر في المجال القلوي. خذ 10mL من الحمض مجهول التركيز وعابره بمحلول 0.1n من هيدروكسيد الصوديوم، أعد التجربة عدة مرات. سجل متوسط حجم NaOH المستهلكة بفرض الحجم المستهلك 25mL. معادلة التفاعل الحاصل والحسابات اللازمة:



$$98.04 \quad 2 \times 40$$

$$49.02 \quad 40$$

معامل المعايرة:

$$1\text{mL } 0.1\text{n- NaOH} = 4\text{mg NaOH}/1\text{mL}$$

$$= 4.902 \text{ mg H}_2\text{SO}_4$$

$$n_1 \cdot v_1 = n_2 \cdot v_2$$

$$2 \times n_1 \times 10 = 0.1 \times 25 \Rightarrow n_1 = \frac{0.1 \times 25}{20} = 0.125\text{n}$$

ويمكن حساب تركيزه الغرامي:

$$1\text{n- H}_2\text{SO}_4 = \frac{1}{2} \text{ mol/L} = 49.02 \text{ g/L}$$

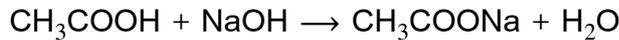
$$0.125\text{n} \quad 6.15 \text{ g/L}$$

7-12 - معايرة حمض ضعيف بأساس قوي:

مثال (7-8): معايرة محلول حمض الخل CH_3COOH ضعيف التشرذ بمحلول

هيدروكسيد الصوديوم NaOH معروف التركيز وبوجود مشعر فينول فتالئين،

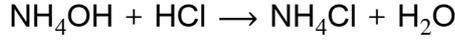
حيث يتم التفاعل التالي:



كرر نفس الخطوات في المعايرات السابقة و احسب نظامية الحمض وتركيزه الغرامي.

7-13 - معايرة أساس ضعيف بحمض قوي:

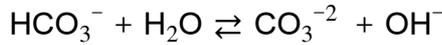
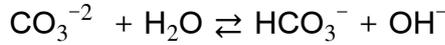
مثال (7-9): معايرة محلول هيدروكسيد الأمونيوم NH_4OH بمحلول حمض كلور الماء معروف التركيز بوجود مشعر برتقالي الميثيل، كما في التفاعل التالي:



احسب نظامية الأساس وتركيزه الغرامي.

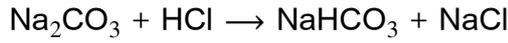
7-14 - معايرة ملح ثنائي الوظيفة الأساسية بحمض قوي:

تجربة (7-10): معايرة محلول كربونات الصوديوم بمحلول حمض كلور الماء. كربونات الصوديوم ملح يتشكل من حمض ضعيف و أساس قوي، وله وظيفة قلوية تبعاً للتفاعلين التاليين:



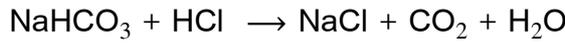
يمكن معايرته على أنه أساس ثنائي الوظيفة، حيث تتم المعايرة على مرحلتين:

المرحلة الأولى يتشكل بيكربونات الصوديوم كما في التفاعل:



يتحلمه لإعطاء وسط معتدل مما يعني أن مشعر فينول فتالئين هو المناسب لتحديد نهاية معايرة الوظيفة الأولى.

أما المرحلة الثانية يتشكل حمض الكربون والذي بدوره يتفكك بسهولة:



يكون الوسط حمضياً قليلاً بسبب وجود جزيئات H_2CO_3 غير متفككة وبالتالي فإن مشعر برتقالي الميثيل سيكون المناسب لتحديد نقطة نهاية معايرة الوظيفة الثانية.

- طريقة العمل:

- املاً السحاحة بمحلول HCl 0.1 mol/L .

- خذ بوساطة الماصة 10 mL من محلول Na_2CO_3 مجهول التركيز وأفرغه ضمن الأرنماير.

- أضف قطرتين من مشعر فينول فتالئين فيتلون المحلول باللون الأحمر.

- عاير بإضافة HCl من السحاحة على شكل نقاط متتالية مع تحريك المحلول حتى زوال لون المحلول وسجل قراءة الحجم من السحاحة و هو الحجم اللازم لمعايرة الوظيفة الأولى V_{HCl}^{phph} .

- أضف قطرتين من مشعر برتقالي الميثيل فيتلون المحلول باللون الأصفر.
- تابع إضافة HCl من السحاحة حتى تغير اللون إلى الأحمر البرتقالي من جديد، سجل قراءة الحجم الإجمالي من السحاحة وهو الحجم اللازم لمعايرة كلتا الوظيفتين V_{HCl}^{MO} .

$$V_{HCl}^{MO} = 2 V_{HCl}^{phph} \quad \text{الحسابات:}$$

$$N_{HCl} = 1 \text{ eq/ molL} \quad \text{بتطبيق قانون مور:}$$

$$N_{HCl} \text{ eq/l} = M_{HCl} \text{ mol/L}$$

$$N_{HCl} \cdot V_{HCl}^{Na_2CO_3} = N_{Na_2CO_3} \cdot V_{Na_2CO_3}$$

$$n = 2 \times 1 \text{ eq/ molL} \quad \text{حساب التركيز الحجمي M:}$$

$$M_{Na_2CO_3} = \frac{N_{Na_2CO_3}}{n} = \frac{N_{Na_2CO_3}}{2}$$

الوزن المكافئ لكاربونات الصوديوم:

$$E_{Na_2CO_3} = \frac{M_w}{n} = \frac{106}{2} = \frac{53g}{eq}$$

$$C = M \times M_w = N \times E \text{ g/L}$$

وبالتالي نحصل على التركيز الوزني:

$$\Rightarrow C_{Na_2CO_3} = 106 \times M_{Na_2CO_3}$$

$$\Rightarrow C_{Na_2CO_3} = 53 \times M_{Na_2CO_3} \text{ g/L}$$

15-7 - معايرة الترسيب Precipitation Titration

من الممكن الاستفادة من التفاعلات التي يصحبها تكوّن راسب كأساس للمعايرة إذا توفرت فيها الشروط المطلوبة وأهمها توفر طريقة لمعرفة نقطة التكافؤ بالإضافة إلى وصول الجملة إلى حالة التوازن بسرعة بعد كل إضافة من المشعر أي أن يكون جداء الذوبانية للراسب المتكون صغيراً بقدر الإمكان. معظم تفاعلات الترسيب بطيئة إلا أنه يمكن التغلب على ذلك في بعض الحالات عن طريق إضافة بعض المذيبات العضوية مثل الإيثانول حيث أن ذلك يساعد على تخفيض ذوبانية

الراسب. أهم الطرائق وأكثرها استعمالاً هي معايرة الهاليدات بواسطة الفضة Ag(I) ومعايرة الكبريتات بواسطة الباريوم.

تجربة (7-11): معايرة الكلوريد Cl^- تبعاً لطريقة مور Mohr's تُستخدم هذه الطريقة لمعايرة شوارد الكلوريد و البروميد بواسطة محلول عياري من نترات الفضة مع استعمال شاردة الكرومات كمشعر. المواد اللازمة:

- محلول كلوريد Cl^- تركيزه 0.1N

- محلول نترات الفضة $AgNO_3$ تركيزه 0.1N

- محلول كرومات البوتاسيوم تركيزه 5% (كمشعر) طريقة العمل:

خذ 25mL من محلول الكلوريد الممدد، ثم أضف إليه 1mL من محلول K_2CrO_4 ومن عاير بمحلول نترات الفضة 0.1N حتى يظهر اللون الأحمر الآجري للمركب Ag_2CrO_4 .

في بداية المعايرة فإن أي إضافة من محلول نترات الفضة على محلول الكلوريد الذي يحتوي على محلول الكرومات ستؤدي إلى ترسب كلوريد الفضة ذو اللون الأبيض أولاً وذلك لأن جداء ثابت ذوبانه أقل من جداء ذوبانية كرومات الفضة $K_{sp} = 4 \times 10^{-12}$. يمكن حساب تركيز الشوارد CrO_4^{2-} كي يترسب Ag_2CrO_4 بعد ان تكون جميع شوارد Cl^- قد ترسبت تقريباً على نحو $AgCl$.

$$K_{sp}(Ag_2CrO_4) = [Ag^+]^2 \cdot [CrO_4^{2-}] = 4 \times 10^{-12}$$

$$\Rightarrow [CrO_4^{2-}] = \frac{4 \times 10^{-12}}{Ag^{+2}} \quad (1)$$

لكن تركيز $[Ag^+]$ عند نقطة التكافؤ يرتبط مع جداء ذوبانية $AgCl$ وعلى أساسه يحسب:

$$K_{sp}(AgCl) = [Ag^+] \cdot [Cl^-] = 1.6 \times 10^{-10}$$

$$[Ag^+] = [Cl^-] = 1.26 \times 10^{-5} \quad \text{وبالتالي:}$$

نعوض في العلاقة (1):

$$[\text{CrO}_4^{-2}] = \frac{4 \times 10^{-12}}{\text{Ag}^{+2}} = \frac{4 \times 10^{-12}}{[1.26 \times 10^{-5}]^2} = 2.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

وهو تركيز الكرومات اللازم كي يبدأ تشكل الراسب Ag_2CrO_4 في اللحظة التي يصبح عندها تركيز الكلوريد $[\text{Cl}^-]$ مساوياً 10^{-5} mol/L (نقطة التكافؤ). لأنه إذا كان أعلى من ذلك فإن كرومات الفضة سوف تترسب قبل نقطة التكافؤ.

وبفرض أن حجم المحلول المعايير 50mL يجب أن يحتوي على:

$$\frac{50\text{mL}}{1000\text{mL}} \times 2.85 \times 10^{-2} \text{ K}_2\text{CrO}_4 = 0.242\text{g}$$

(مع العلم أن $1\text{mol K}_2\text{CrO}_4 = 194.2\text{g}$)

وبما أن تركيز محلول K_2CrO_4 5% فيمكن حساب الحجم الذي يحتوي على 0.276g منه كما يلي:

كل 100g محلول يوجد فيه 5g من K_2CrO_4 وعلى أساس أن حجم الـ 100g من المحلول يساوي تقريباً 100mL، نحصل على حجم المحلول:

$$\frac{0.242}{5} \times 100 = 4.85\text{mL}$$

ملاحظات مهمة على طريقة مور:

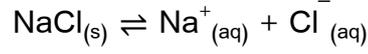
- تركيز المشعر مهم جداً في هذه الطريقة لأن كرومات الفضة يجب أن تترسب بالضبط عند نقطة التكافؤ حيث يوجد محلول مشبع من كلوريد الفضة.
- حمضية المحلول مهمة جداً في هذه الطريقة وذلك لأنه في الوسط الحمضي تتحول الكرومات إلى ثاني الكرومات $\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$.
- قلوية المحلول يمكن أن تؤدي إلى ترسب الفضة على هيئة أكسيد أو هيدروكسيد AgOH أو Ag_2O . لذا فإن هذه الطريقة يجب أن تجرى في محلول متعادل أو قريب من المتعادل أي $\text{pH} = 7-10$.

7-16 - ثابت جداء الذوبانية - التوازن الشاردي غير المتجانس:

يُعرف ثابت جداء الذوبانية بأنه مقياس لمدى ذوبانية المواد الكيميائية، ويمكن الاستفادة منه في بيان الأسس النظرية لعملية الترسيب ومتى تبدأ، حيث تترسب المادة المذابة من المحلول أو تذوب المواد وتنتقل إلى المحلول.

فعند إضافة كهليلت قوي مثل: NaCl إلى الماء فإن المحلول الناتج وبعد فترة من الزمن وباستمرار إضافة الملح يصبح مشبعاً بذلك الملح أي لا تذوب أي كمية من الملح وتُعرف عندئذٍ بمرحلة التشبع. وبالتالي تحدث ذوبانية سريعة جداً حيث

تذوب الكميات المضافة وتعود لتترسب مرة أخرى وبسرعة كبيرة وتعرف هذه المرحلة التي يبدأ عندها الترسيب بمرحلة ما فوق التشبع والمحلول الناتج بالمحلول فوق المشبع، ويكون حالة توازن بين الملح مع محلوله المشبع، يمكن التعبير عنها كما يلي:



نطبق قانون فعل الكتلة لحساب ثابت التوازن K :

$$K = \frac{[\text{Na}^+].[\text{Cl}^-]}{[\text{NaCl}]}$$

إن تركيز الشوارد Na^+ و Cl^- في المحلول صغير جداً مقارنة بتركيز الراسب NaCl لذلك يعتبر تركيز NaCl ثابتاً:

$$K [\text{NaCl}] = [\text{Na}^+].[\text{Cl}^-]$$

حيث أن $K [\text{NaCl}]$ هو مقدار ثابت، لذلك يُرمز له بـ K_{sp} ويسمى ثابت جداء الذوبانية ويُعرف بأنه جداء تراكيز شوارد الملح عندما يكون المحلول في حالة

$$K_{sp} = [\text{Na}^+].[\text{Cl}^-] \quad \text{مشبعة بالملح:}$$

ونميز الحالات الثلاث التالية:

1- إذا كان $K_{sp} = [\text{Na}^+].[\text{Cl}^-]$ يصبح المحلول مشبعاً وأي زيادة عن ذلك يصبح المحلول فوق مشبع، وبعدها يبدأ تشكل الراسب.

2- إذا كان $K_{sp} < [\text{Na}^+].[\text{Cl}^-]$ يبدأ عندها الترسيب ويصبح المحلول فوق مشبع.

3- $K_{sp} > [\text{Na}^+].[\text{Cl}^-]$ يؤدي إلى انحلال الراسب، والمحلول يكون تحت مشبع.

يوضح الجدول (1-7) ثوابت جداء الذوبانية لبعض المواد في الدرجة 25°C :

Compound	K_{sp}	Compound	K_{sp}
Aluminum hydroxide [Al(OH) ₃]	1.8×10^{-33}	Lead(II) chromate (PbCrO ₄)	2.0×10^{-14}
Barium carbonate (BaCO ₃)	8.1×10^{-9}	Lead(II) fluoride (PbF ₂)	4.1×10^{-8}
Barium fluoride (BaF ₂)	1.7×10^{-6}	Lead(II) iodide (PbI ₂)	1.4×10^{-8}
Barium sulfate (BaSO ₄)	1.1×10^{-10}	Lead(II) sulfide (PbS)	3.4×10^{-28}
Bismuth sulfide (Bi ₂ S ₃)	1.6×10^{-72}	Magnesium carbonate (MgCO ₃)	4.0×10^{-5}
Cadmium sulfide (CdS)	8.0×10^{-28}	Magnesium hydroxide [Mg(OH) ₂]	1.2×10^{-11}
Calcium carbonate (CaCO ₃)	8.7×10^{-9}	Manganese(II) sulfide (MnS)	3.0×10^{-14}
Calcium fluoride (CaF ₂)	4.0×10^{-11}	Mercury(I) chloride (Hg ₂ Cl ₂)	3.5×10^{-18}
Calcium hydroxide [Ca(OH) ₂]	8.0×10^{-6}	Mercury(II) sulfide (HgS)	4.0×10^{-54}
Calcium phosphate [Ca ₃ (PO ₄) ₂]	1.2×10^{-26}	Nickel(II) sulfide (NiS)	1.4×10^{-24}
Chromium(III) hydroxide [Cr(OH) ₃]	3.0×10^{-29}	Silver bromide (AgBr)	7.7×10^{-13}
Cobalt(II) sulfide (CoS)	4.0×10^{-21}	Silver carbonate (Ag ₂ CO ₃)	8.1×10^{-12}
Copper(I) bromide (CuBr)	4.2×10^{-8}	Silver chloride (AgCl)	1.6×10^{-10}
Copper(I) iodide (CuI)	5.1×10^{-12}	Silver iodide (AgI)	8.3×10^{-17}
Copper(II) hydroxide [Cu(OH) ₂]	2.2×10^{-20}	Silver sulfate (Ag ₂ SO ₄)	1.4×10^{-5}
Copper(II) sulfide (CuS)	6.0×10^{-37}	Silver sulfide (Ag ₂ S)	6.0×10^{-51}
Iron(II) hydroxide [Fe(OH) ₂]	1.6×10^{-14}	Strontium carbonate (SrCO ₃)	1.6×10^{-9}
Iron(III) hydroxide [Fe(OH) ₃]	1.1×10^{-36}	Strontium sulfate (SrSO ₄)	3.8×10^{-7}
Iron(II) sulfide (FeS)	6.0×10^{-19}	Tin(II) sulfide (SnS)	1.0×10^{-26}
Lead(II) carbonate (PbCO ₃)	3.3×10^{-14}	Zinc hydroxide [Zn(OH) ₂]	1.8×10^{-14}
Lead(II) chloride (PbCl ₂)	2.4×10^{-4}	Zinc sulfide (ZnS)	3.0×10^{-23}

7-16-1-العوامل المؤثرة في انحلال الكهليليتات:

1- تأثير الشاردة المشتركة: وتعرف بأنها إحدى الشوارد الداخلة في تركيب الراسب، ووجد أن ذوبان الرواسب ينقص بوجود تراكيز محددة من الشاردة المشتركة، ويؤدي زيادة المادة المرسبة بشكل ملموس إلى ظهور أثر الشاردة المشتركة إلا أن استخدام زيادة أكثر من 50% يؤدي إلى ذوبان الراسب.

مثال (7-10) : احسب تركيز شاردة الكلوريد المتبقي في المحلول عند إضافة

20mL من نترات الفضة AgNO₃ الذي تركيزه 0.4M إلى 20mL من محلول

NaCl الذي تركيزه 0.2M، مع العلم أن: $K_{sp}(AgCl) = 1.6 \times 10^{-10}$

$$20 \times 0.2 = 40 \times [Ag^+] \Rightarrow [Ag^+] = 1.0 \times 10^{-1} M$$

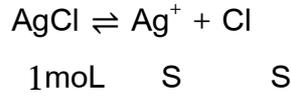
$$K_{sp}(AgCl) = [Ag^+] \cdot [Cl^-] = 1.6 \times 10^{-10}$$

$$= 1.0 \times 10^{-1} \cdot [Cl^-] = 1.6 \times 10^{-10}$$

$$\Rightarrow [Cl^-] = 1.6 \times 10^{-9} M$$

يمكن إهمال $[Ag^+]$ الناتجة عن ذوبان الراسب بسبب وجود زيادة من شاردة الفضة في المحلول، وبالتالي فإن تركيز شاردة الكلور يمكن اعتباره مقياساً لذوبان راسب AgCl بوجود الشاردة المشتركة، أي ذوبان الراسب يساوي 1.0×10^{-9} .

حساب ذوبان AgCl بدون وجود الشاردة المشتركة:



$$K_{sp}(AgCl) = [Ag^+] \cdot [Cl^-] = 1.6 \times 10^{-10}$$

$$= S \times S = 1.6 \times 10^{-10}$$

$$S^2 = 1.6 \times 10^{-10} = \sqrt{1.6 \times 10^{-10}} = 1.0 \times 10^{-5}$$

وبالتالي ذوبان الراسب بوجود الشاردة المشتركة يبلغ 1.0×10^{-9} وهو أقل من عدم وجودها 1.0×10^{-5} .

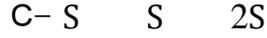
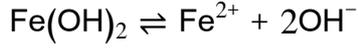
2- درجة الحرارة: تزداد ذوبانية معظم الكهليليات الضعيفة مع زيادة درجة الحرارة.

3- طبيعة الوسط: الكهليليات ذوات الصفات القلوية تذوب جيداً في الأوساط الحامضية مثل هيدروكسيد الحديد $Fe(OH)_3$ ينحل بسهولة في حمض كلور الماء، والعكس صحيح حيث أن الكهليليات ذوات الصفات الحامضية تذوب جيداً في الأوساط القلوية. أما الكهليليات المترددة فتذوب في الأوساط الحامضية والقلوية مثل هيدروكسيد الألمنيوم.

تجربة (7-12): ضع في أنبوبي اختبار 2mL من محلول نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$ ، ثم أضف إلى الأنبوب الأول 1mL من محلول يوديد البوتاسيوم KI، وإلى الأنبوب الثاني 1mL من محلول كلوريد البوتاسيوم KCl. ماذا يحدث، اكتب التفاعلات الحاصلة ومعادلة التوازن للراسب المتشكل و لونه. قارن بين انحلالية كل من الراسبين المتشكلين بالاعتماد على الجدول (7-1)، ماذا تستنتج؟

تجربة (7-13): لدينا ملح ضعيف الانحلال من $Fe(OH)_2$ في حالة توازن مع محلوله المائي

المشبع، كما في التفاعل الآتي:



يمكن حساب الانحلالية لهيدروكسيد الحديد S، بعد تحديد تركيز شاردة الهيدروكسيل OH⁻ في المحلول المشبع من هيدروكسيد الحديد بواسطة محلول عياري من حمض كلور الماء 0.1 N بوجود مشعر فينول فتالئين.

طريقة المعايرة:

- (1) ضع في السحاحة محلول حمض كلور الماء العياري 0.1 N .
 - (2) خذ بواسطة الماصة 20 mL من المحلول المشبع لهيدروكسيد الحديد وضعه في الأرنماير.
 - (3) أضف إلى الأرنماير قطرتين من مشعر فينول فتالئين (لونه وردي).
 - (4) ابدأ بالمعايرة بسكب الحمض من السحاحة، حتى لحظة انعدام لون المشعر، مما يدل على انتهاء المعايرة.
 - (5) حدد الحجم المستهلك من حمض كلور الماء اللازم لمعايرة هيدروكسيد الحديد وليكن V₁.
 - (6) أعد المعايرة ثلاث مرات وحسب متوسط الحجم المستهلك.
- احسب عيارية الهيدروكسيد، بتطبيق قانون مور في المعايرة:

$$N_1 X V_1 = N_2 X V_2$$

الحمض الأساس

حيث إن: N₁ عيارية الأساس المجهول، V₁ حجم الأساس ويساوي 20mL، N₂ عيارية الحمض 0.1N، V₂ حجم الحمض المستهلك.
لحساب ثابت جداء الذوبانية لهيدروكسيد الحديد (II):

$$K_{sp}[\text{Fe(OH)}_2] = [\text{Fe}^{+2}] \cdot [\text{OH}^-]^2$$

$$K_{sp}[\text{Fe(OH)}_2] = S \cdot (2S)^2 = 4S^3$$

يمكن حساب الانحلالية S من العلاقة التالية: $S = \frac{[\text{OH}^-]}{2} = \frac{N}{2} \text{ mol/L}$

الفصل الثامن

سرعة التفاعل الكيميائي والعوامل المؤثرة عليها

8-1- سرعة التفاعل الكيميائي Rate of Chemical Reaction:

تتم جميع التفاعلات الكيميائية بسرعة محددة يمكن حسابها عادة من تغير تركيز إحدى المواد المشتركة في التفاعل في واحدة الزمن. ويعبر عن تراكيز المواد بـ mol/L والزمن بالثواني أو الدقائق أو الساعات.

ويؤثر على سرعة التفاعل عدة عوامل منها:

طبيعة المواد المتفاعلة وتراكيزها - درجة الحرارة - الحافز - الضغط (في تفاعلات الغازات) وغيرها. في الكيمياء التحليلية يكون العامل المهم هو تأثير تراكيز المواد المتفاعلة على سرعة التفاعل.

القسم العملي:

8-2- تأثير التركيز على سرعة التفاعل:

تجربة (8-1):

المواد اللازمة:

- محلول ثيوكبريتات الصوديوم $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0,1N)

- محلول حمض كلور الماء 0,2N

- طريقة العمل:

خذ خمسة أنابيب اختبار وضع فيها المحاليل كما في الجدول التالي:

رقم الأنبوب	1	2	3	4	5
V($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1N	1	2	3	4	5
V(H_2O) mL	9	8	7	6	5

أضف إلى كل أنبوب 2mL من HCl الممدد وسجل الزمن اللازم لظهور العكر في المحلول (شغل الميقاتية فور الانتهاء من الإضافة)، ظهور العكر يعود إلى الكبريت المترسب تبعاً للتفاعل التالي:



الزمن الذي يحتاجه التفاعل لظهور العكر هو زمن التفاعل t . ارسم المنحني البياني بين التركيز و مقلوب الزمن ($1/t$) الذي يمثل سرعة التفاعل.
8-3- تأثير درجة الحرارة على سرعة التفاعل:

تجربة (8-2):

خذ أنبوبي اختبار وضع في كل منهما 4mL من محلول 0.1N ثيوكبريتات الصوديوم ثم أكمل الحجم حتى 10mL بالماء المقطر، وفي أنبوبيين آخرين 2mL من محلول 0.2N HCl، سخن الأنابيب في حمام مائي حتى الدرجة 25°C ، ثم أضف محتويات الأنبوبيين من HCl إلى أنبوبي محلول ثيوكبريتات الصوديوم وسجل زمن ظهور العكر كما في التجربة السابقة، كرر التجربة عند الدرجة 35°C و 45°C . ارسم المنحني البياني بين درجة الحرارة T وبين مقلوب الزمن ($1/t$) الذي يمثل سرعة التفاعل. ماذا تستنتج؟

قسم الكيمياء اللاعضوية

الفصل التاسع

9-1- تجارب على بعض عناصر المجموعة الرئيسية الأولى IA

9-1-1- الهيدروجين: يملك الهيدروجين أبسط بنية الكترونية $1S^1$. ويأخذ درجات الأكسدة (-1، 0، +1) ويوجد بشكل جزيء ثنائي الذرة H_2 وهو غاز عديم اللون والرائحة والطعم، ولا يذوب في الماء وله قدرة جيدة على الإرجاع. يُستحصل الهيدروجين مخبرياً بطرائق عديدة أهمها:

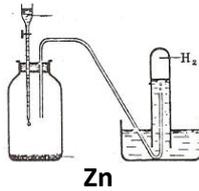
a- من تأثير الحموض الممددة في المعادن: تعتمد هذه الطريقة على إرجاع البروتون H^+ إلى H_2 ، بوساطة تفاعل الحموض التي تقع فوق الهيدروجين في السلسلة الكهركيميائية مع بعض المعادن وينطلق نتيجة التفاعل الهيدروجين، ولا تُستعمل المعادن القلوية والقلوية الترابية عادة، إذ إن تفاعلها يكون عنيفاً مما يجعل من الصعب استعمالها مخبرياً. وأكثر المعادن المستخدمة للحصول على الهيدروجين هما التوتياء والحديد.

b- تأثير هيدروكسيد الصوديوم على التوتياء أو الألمنيوم.

- التجارب العملية:

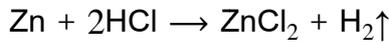
تجربة (9-1): أ- خذ بضع قطع من التوتياء و أضف إليها قطرة بعد قطرة من حمض كلور الماء الممدد HCl، كما هو موضح في الشكل (9-1):

حمض



الشكل (9-1) جهاز الحصول على الهيدروجين مخبرياً

فيحدث انطلاق غاز يتم جمعه في أنابيب اختبار، قرّب من فوهة الأنبوب عود ثقاب مشتعل، ماذا تلاحظ؟



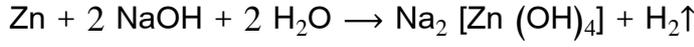
اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعل السابق.

ب- أعد التجربة باستخدام قطع من الحديد، اكتب التفاعل الحاصل.

ج- هل يمكن استخدام حمض الأزوت في أ و ب؟ علل إجابتك.

تجربة (9-2):

ضع في أنبوب اختبار قليلاً من مسحوق الزنك وأضف إليه محلول هيدروكسيد الصوديوم وسخن قليلاً فينطلق الهيدروجين تبعاً للتفاعل التالي:



أعد التجربة بإضافة محلول NaOH إلى معدن الألمنيوم مع كتابة معادلة التفاعل.

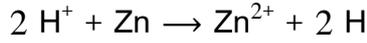
تجربة (9-3): (استخدم النظارات المخبرية)

املاً أنبوباً مخبرياً كبيراً حتى منتصفه بالماء ومن ثم أرسق فيه قطعة صغيرة جداً من معدن الصوديوم. قرب عود ثقاب مشتعل من فوهة الأنبوب، ماذا تلاحظ؟ اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية الحاصلة، وإذا وضعت ورقة عباد الشمس في المحلول الناتج ماذا يحدث؟ علل ذلك.

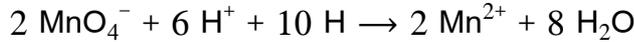
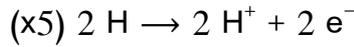
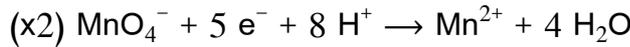
- أهم خواص الهيدروجين: خذ الأنبوب المحتوي على غاز الهيدروجين والمحتوي قليل من الماء ورجه جيداً واختبر المحلول بورقة عباد الشمس، هل يتغير لونه؟

تجربة (9-4): الهيدروجين مادة مرجعة:

أضف إلى 5mL من محلول برمنغنات البوتاسيوم (KMnO_4) الممدد قليلاً من مسحوق التوتياء Zn وبعد ذلك أضف 1mL من حمض الكبريت الممدد، يلاحظ انعدام لون الشاردة MnO_4^- البنفسجية لأنها ترجع إلى Mn^{2+} . تتكون ذرات الهيدروجين تبعاً للتفاعل التالي:



ثم تقوم ذرات الهيدروجين لحظة تشكلها في إرجاع البرمنغنات في الوسط الحامضي كما يلي:



بالاعتماد على قيم كمونات المساري التالية:

$$E^\circ (2\text{H}^+/\text{H}_2) = 0 \text{ volt}$$

$$E^{\circ} (\text{Cl}_2/2\text{Cl}^{-}) = +1.36 \text{ volt}$$

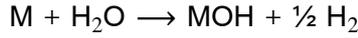
$$E^{\circ} (\text{MnO}_4^{-}/\text{Mn}^{2+}) = +1.51 \text{ volt}$$

هل يمكن إجراء التفاعل في وسط HCl عوضاً عن H₂SO₄؟ ثم اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للمسرئين MnO₄⁻/Mn²⁺ و Cl₂/2Cl⁻.

9-1-2- العناصر القلوية:

الليثيوم Li والصوديوم Na والبوتاسيوم K، الروبيديوم Rb والسيزيوم Cs والفرانسيوم Fr. تحتوي هذه العناصر في طبقتها الخارجية على إلكترون واحد تتخلى عنه بسهولة (طاقة تشردها منخفضة) لهذا فهي عناصر شديدة الكهرجائية، وتملك فعالية عالية، وتأخذ درجة الأكسدة (+1) في مركباتها التي تكون الرابطة فيها شاردية. تزداد الصفات القلوية لهيدروكسيدات المجموعة الأولى من LiOH حتى CsOH، وذلك بسبب ازدياد حجم الشاردة الموجبة وبالتالي يزداد البعد بين الشاردة وذرة الأكسجين من مجموعة OH.

- تتفاعل جميع العناصر القلوية IA مع الماء وتزداد شدة التفاعل بالانتقال من الليثيوم إلى السيزيوم حيث يكون بطيئاً مع الليثيوم ويصبح عنيفاً مع السيزيوم وفي جميع التفاعلات يكون الناتج هو الهيدروجين والهيدروكسيد الموافق، تبعاً للتفاعل التالي:



- الكشف عن الصوديوم Na والبوتاسيوم K كيميائياً: راجع التجربتين (9-176) و (9-177) على التوالي.

9-1-3- الكشف عن العناصر القلوية:

يمكن الكشف عن المعادن القلوية بوساطة تلون لهب مصباح بونزين:

تجربة (9-5):

خذ سلكاً من البلاتين واغمره في محاليل Li, Na, K (كلوريدات أو غيرها) أو في الأملاح الصلبة للعناصر السابقة، وقربه من لهب المصباح ولاحظ تلون اللهب من أجل كل محلول. تأكد أن الصوديوم يعطي اللون الأصفر، والبنفسجي في حالة البوتاسيوم، والليثيوم اللون الأحمر. علل الظاهرة.

يمكن شرح الظاهرة كما يلي: يسبب التسخين تحريض الإلكترونات الموجودة في الطبقة السطحية مما يؤدي إلى انتقالها إلى سوية طاقة أعلى، وعند عودة الإلكترون

إلى سويته الأساسية (قبل تحريضه) يعطي الطاقة التي سببت انتقاله إلى السوية الأعلى على شكل طاقة ضوئية ذات طول موجة معينة. إن الشوارد K^+ و Na^+ لا تحتوي على إلكترون تكافئي لكنها تحصل على هذا الإلكترون من لهب مصباح بونزين ومن ثم تعطي الذرات Na و K إلكترون التكافؤ من جديد. يمكن باستخدام مقياس الطيف للهب تحديد الخطوط الطيفية وطول الموجة التي تسببها العناصر القلوية والمبينة في الجدول (9-1):

الجدول (9-1) الخطوط الطيفية للعناصر القلوية في مقياس الطيف

مركب العنصر	لون اللهب العام	الخطوط الطيفية الخاصة في وحدة (nm)
Li	أحمر	670,8 (red) ; 610,3 (orange)
Na	أصفر	589,3 (yellow)
K	بنفسجي	788,2 (red) ; 404,4 (violent)
Rb	بنفسجي	780 (red) ; 421 (violent)
Cs	أزرق	458(blue)

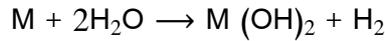
9-2- تجارب على بعض عناصر المجموعة الرئيسية الثانية IIA:

تسمى العناصر القلوية الترابية وتشمل: البيريليوم Be والمغنزيوم Mg والكالسيوم Ca والسترانسيوم Sr والباريوم Ba والراديوم Ra . تحتوي في طبقتها السطحية على إلكترونين تتخلى عنهما بسهولة لتعطي الشاردة M^{2+} ، وبالتالي فهي عناصر ذات كهرجابية عالية لكنها أقل من كهرجابية العناصر القلوية، وهي أقل فعالية من العناصر القلوية. عناصر المجموعتين لها القدرة على الإرجاع وبالتالي فهي تتأكسد.

- التجارب العملية:

تجربة (9-6): التفاعل مع الماء : تتفاعل العناصر $M = Ca , Sr , Ba$ من

المعادن القلوية الترابية بسهولة مع الماء وفق التفاعل:



بينما لا يتفاعل البيريليوم مع الماء حتى في حالة التسخين إلى الدرجة الحمراء أما المغنزيوم المسخن فيتفاعل مع بخار الماء و يشكل أكسيد المعدن.

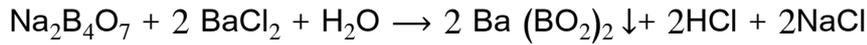
تجربة (7-9):

a - املاً أنبوباً مخبرياً كبيراً حتى منتصفه بالماء ومن ثم ألق فيه قطعة صغيرة من المغنيزيوم بالصوديوم Mg والكالسيوم Ca كل على حدة، هل يتم التفاعل في درجة الحرارة العادية، أم بالتسخين؟ اكتب التفاعلات الحاصلة، وما هو الغاز المنطلق؟

c - من خلال التفاعلين السابقين، قارن بين فعالية عناصر المجموعتين IA و IIA
تجربة (8-9): (مطلوبة نظرياً فقط).

تتفاعل العناصر القلوية والقلوية الترابية (ما عدا Be) مع الهيدروجين لتعطي الهيدريدات. اكتب التفاعل الكيميائي الحاصل موضحاً دور العناصر القلوية والقلوية الترابية في التفاعل.

تجربة (9-9): a - أضف إلى 2mL من محلول $BaCl_2$ عدة قطرات من محلول رباعي بورات الصوديوم $Na_2B_4O_7 \cdot 10 H_2O$. لاحظ تشكل راسب أبيض تبعاً للتفاعل التالي:



هذا الراسب يذوب في الأحماض الممددة ومحلول NH_4OH الممدد.

b - قارن التفاعل السابق عند إضافة $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ على كل من محلول $CaCl_2$ ومحلول $SrCl_2$. ماذا تلاحظ؟ عبّر عن ذلك بالتفاعلات الكيميائية المناسبة
تجربة (9-10):

a - خذ ثلاثة أنابيب وضع في كل منها 2mL من محاليل $CaCl_2$ و $SrCl_2$ و $BaCl_2$ أضف إلى كل أنبوب عدة قطرات من محلول الأمونيا NH_4OH ، وضّح ماذا يحدث؟ علل ذلك؟

b - أعد التجربة السابقة في (a) بإضافة عدة قطرات من محلول أوكسالات الأمونيا $(NH_4)_2C_2O_4$ ، لاحظ تشكل الراسب في كل منها، اكتب التفاعلات الكيميائية، ثم قارن انحلالية الراسب لكل تفاعل في الحموض المعدنية، وحمض الخل، والماء أيضاً.

تجربة (9-11): أضف إلى 2mL من كل من المحاليل التالية:

a - محلول $MgCl_2$ ، b - محلول $CaCl_2$ ، c - محلول $BaCl_2$

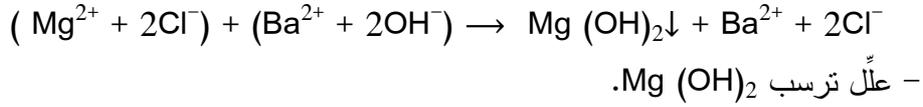
عدة قطرات من حمض الكبريت الممدد. ماذا تلاحظ؟ اكتب معادلات التفاعل بأشكالها الشاردية، وناقش إمكانية انحلال المركبات ($Me = Mg^{2+}, Ca^{2+}, Ba^{2+}$) $MeSO_4$ في الماء وقارن بينها.

تجربة (9-12): أضف إلى 2mL من كل من المحاليل التالية:

a - محلول $CaCl_2$ ، b - محلول $SrCl_2$ ، c - محلول $BaCl_2$

قطرة بعد قطرة من محلول Na_2CO_3 ، في كل حالة تترسب كربونات المعدن القلوي الترابي ($MeCO_3$). اكتب معادلات التفاعل بشكل شاردي.

تجربة (9-13): أذب قليلاً من $Ba(OH)_2$ في 5mL من الماء المقطر، رشح المحلول العكر، وأضف إلى الرشاحة قطرة بعد قطرة من محلول $MgCl_2$ المركز، وفق التفاعل التالي:



تجربة (9-14): ضع في أنبوبي اختبار 2mL من محلول كلوريد المغنيزيوم (0.5N) ثم أضف على كل منهما عدة قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم (0.1N)، ما الراسب المتشكل في كلا الأنبوبين؟ وما لونه وشكله؟ ثم أضف إلى أحد الأنبوبين عدة قطرات من محلول HCl (2N) وإلى الآخر زيادة من محلول $NaOH$ (0.5N) ماذا يحدث للراسب في الحالتين، اكتب التفاعلات الحاصلة.

تجربة (9-15): حل قليلاً من الجبس $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ في كمية قليلة من الماء المقطر. رشح المحلول العكر وخذ الرشاحة وأضف إليها قطرة بعد قطرة من محلول $BaCl_2$ المركز. اكتب معادلة التفاعل بالشكل الشاردي، وعلّل ترسب كبريتات الباريوم.

تجربة (9-16): (طريقة تشكل $CaCO_3$ و $CaHCO_3$)

عند النفخ في محلول $Ca(OH)_2$ المشبع لمدة كافية يتشكل عكر في المحلول، وبمتابعة النفخ يذوب الراسب، وعند تسخين المحلول الناتج نتيجة ذوبان الراسب يظهر العكر (الراسب) من جديد. اكتب التفاعلات الكيميائية الحاصلة. موضحاً سبب ذوبان الراسب وظهوره بالتسخين.

9-2-1- الكشف عن المعادن القلوية الترابية بواسطة تلون لهب مصباح بونزين:
أعد التجربة (9-5) باستخدام محاليل لـ Ca , Sr , Ba، ولاحظ تلون لهب مصباح بونزين بالنسبة لـ Ca بلون قرميدي، ولـ Sr بلون أحمر، ولـ Ba بلون أخضر. أيضاً يمكن تحديد الخطوط الطيفية وطول الموجة التي تسببها هذه العناصر بواسطة مقياس الطيف كما يوضحه الجدول (9-2):

الجدول (9-2) الخطوط الطيفية للعناصر القلوية الترابية في مقياس الطيف

مركب العنصر	لون اللهب العام	الخطوط الطيفية الخاصة في وحدة (nm)
Ca	قرميدي	622 (red) ; 553,3 (green)
Sr	أحمر	604,4 (orange) ; 460,7 (blue)
Ba	أخضر	524,2 (green) ; 553,3 (green)

يبين الجدول (9-3) بعض المعادن القلوية والقلوية الترابية وأهم خاماتها وطرائق تحضيرها واستعمالاتها:

الجدول (9-3) بعض المعادن القلوية و القلوية الترابية وأهم خاماتها

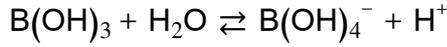
المعدن	خامته	تحضيره	تأثير الماء	تأثير الهواء	الاستعمال
Na	NaCl	التحليل الكهربائي لمصهور NaCl	يتشكل الهيدروكسيد وينطلق H ₂	يحترق ويتشكل الأكسيد	في التفاعلات الكيميائية
Ca	CaCO ₃	التحليل الكهربائي لمصهور CaCl ₂	-	-	-
Mg	MgCO ₃	-	مع الماء الساخن	-	في السبائك الخفيفة

9-3- تجارب على بعض عناصر المجموعة الرئيسية الثالثة IIIA:

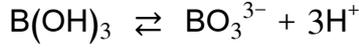
- تضم المجموعة الرئيسية الثالثة (IIIA) البور B والألمنيوم Al والغالسيوم Ga والإندسيوم In والتاليوم Tl. تحوي في طبقتها السطحية ثلاثة إلكترونات وبالتالي تأخذ التكافؤ الثلاثي في مركباتها. البور لا يشكل الشاردة M³⁺ (طاقة تأينه عالية) وبالتالي مركباته ذات طبيعة مشتركة.

- يزداد التكافؤ الأحادي ثباتاً عند التاليوم أي Tl¹⁺ أكثر ثباتاً من Tl³⁺.

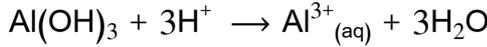
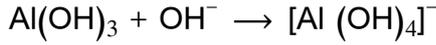
- تزداد الصفات القلوية لمركبات المجموعة عند الانتقال نحو أسفل المجموعة، فليس للبور هيدروكسيد $B(OH)_3$ وإنما هناك حمض البور H_3BO_3 (حمض ضعيف) ويتفاعل مع الماء كما يلي:



كما وينتشر هيدروكسيد البور كما يلي:



أما هيدروكسيد الألمنيوم والغالسيوم فكل منهما متردد في خواصه أي يتفاعل مع كل من الحموض والأسس تبعاً للتفاعلين التاليين:

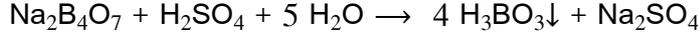


أما هيدروكسيد $In(OH)_3$ وهيدروكسيد $Tl(OH)_3$ فهما قلويان. بالمقارنة مع هيدروكسيدات العناصر القلوية والقلوية الترابية.

التجارب العملية:

تجربة (9-17):

a- ضع في أنبوب اختبار 3mL من محلول رباعي بورات الصوديوم (البوراكس) $Na_2B_4O_7$ المشبع والساخن وأضف إليها عدة قطرات من حمض الكبريت المركز أو حمض كلور الماء المركز، لاحظ ظهور بلورات من حمض البور، تبعاً للتفاعل التالي:



b- أعد التجربة السابقة بالتفاعل مع حمض كلور الماء المركز. اكتب التفاعل الحاصل.

c- اكتب المعادلات بالشكل الشاردي في كل من a , b.

تجربة (9-18):

a- أذب قليلاً من حمض البور في كمية مناسبة من الماء المقطر ثم سخن. اقسّم المحلول إلى قسمين:

- القسم الأول اختبره بورقة عباد الشمس. ماذا تلاحظ؟

- القسم الثاني أضف إليه قطعة من شريط المغنيزيوم ثم سخن، اكتب معادلة التفاعل.

تجربة (9-19):

ضع كمية قليلة من حمض البور H_3BO_3 في جفنة بورسلان وسخنها على مصباح بونزين خذ أرلينماير وضع فيه ماء بارداً وأمسكه فوق فوهة الجفنة، لماذا ظهرت قطرات

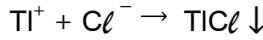
الماء على السطح الخارجي للأرلينماير.
تابع تسخين الجفنة بشدة إلى أن يتوقف بخار الماء عن الانطلاق لاحظ تشكل كتلة بلورية
من بلا ماء حمض البور B_2O_3 ، اكتب معادلة التفاعل الحاصل.

تجربة (9-20):

ضع في أنبوب اختبار قليلاً من محلول البوراكس $Na_2B_4O_7$ وأضف إليها قطرتين من
محلول عباد الشمس المعتدل، حدد تفاعل الوسط في المحلول. اكتب معادلة تفاعل حلمهة
 $Na_2B_4O_7$ مبيناً مرحلتي تفاعل الحلمهة.

تجربة (9-21):

أضف إلى 2mL من محلول مائي لنترات أو كبريتات التاليوم ($TlNO_3$ أو Tl_2SO_4)
عدة قطرات من حمض كلور الماء الممدد.



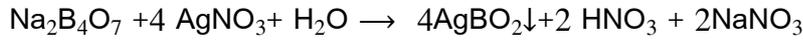
راسب أبيض اللون

- ماذا تلاحظ إذا سخنت هذا الراسب.

أعد التجربة بإضافة حمض يود الماء HI إلى Tl^+ . اكتب معادلة التفاعل. سخن الراسب
النتاج (TlI) وقارن قابلية انحلاله في الماء الساخن مع قابلية انحلال $TlCl$.

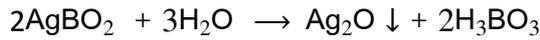
تجربة (9-22):

ضع في أنبوب اختبار 3mL من محلول رباعي بورات الصوديوم (البوراكس)
 $Na_2B_4O_7$ المركز وأضف إليها عدة قطرات من محلول نترات الفضة $AgNO_3$. لاحظ
ظهور راسب أبيض من ميتا بورات الفضة تبعاً للتفاعل التالي:



a- اختبر ذوبانية الراسب في محلول NH_4OH الممدد وفي CH_3COOH الممدد .

b- إن الراسب $AgBO_2$ يتحلّمه بالغلجان مع الماء بشكل تام ويتحول إلى راسب بني من
أكسيد الفضة كما في التفاعل التالي :

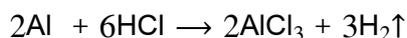


تجربة (9-23):

يمكن استبدال $AgNO_3$ في التجربة السابقة بمحاليل $CaCl_2$ ، $SrCl_2$ ، $BaCl_2$ حيث تتم
تفاعلات مماثلة كما في التجربة (9-9).

تجربة (9-24):

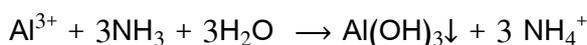
a- أضف عدة قطرات من محلول HCl الممدد إلى قطعة صغيرة من الألمنيوم في أنبوب اختبار، فيذوب Al وينطلق الهيدروجين. كما في التفاعل التالي:



b- أضف عدة قطرات من محلول NaOH المركز إلى قطعة صغيرة من Al يذوب الألمنيوم وينطلق غاز، اكتب معادلة التفاعل الحاصل.

تجربة (9-25):

ضع في أنبوب اختبار 2mL من محلول كبريتات الألمنيوم وأضف ببطء عدة قطرات من محلول النشادر الممدد حتى لحظة تشكل راسب أبيض جلاتيني من هيدروكسيد الألمنيوم تبعاً للتفاعل التالي:



a- أضف للراسب كمية زائدة من NH_4OH . هل ينحل الراسب؟ وضح ذلك بتفاعل.
b- في حال انحلال الراسب. ما المتوقع إذا أضيف قليل من الحمض وبيطء إلى المحلول؟

تجربة (9-26): ضع في أنبوب اختبار 1mL من محلول كبريتات الألمنيوم $Al_2(SO_4)_3$ وأضف إليه حجماً مماثلاً من محلول هيدرو فوسفات الصوديوم Na_2HPO_4 . حرك المزيج حتى تحصل على راسب أبيض جلاتيني، يذوب في الأحماض القوية ويمكن أن يذوب أيضاً في محلول NaOH، كما في التفاعل التالي:



ملاحظة: لا يذوب الراسب في حمض الخل CH_3COOH (وهذا خلاف فوسفات عناصر المجموعة IIA التي تذوب فيه)، وبذلك يفيد هذا التفاعل للمقارنة.

9-4- تجارب على بعض عناصر المجموعة الرئيسية الرابعة IVA:

تتألف المجموعة الرئيسية الرابعة من العناصر التالية:
الكربون C والسيليكون Si والجرمانيوم Ge والقصدير Sn والرصاص Pb.
تحوي في طبقتها الإلكترونية السطحية أربعة إلكترونات تكافئية ns^2np^2 وبالتالي التكافؤ السائد هو الرباعي. الكربون لا معدن، السيليكون والجرمانيوم أشباه معادن أما القصدير والرصاص معدنان. وتزداد الصفة الشاردية عند الانتقال من أعلى إلى أسفل المجموعة، فمعظم مركبات الكربون ذات طبيعة مشتركة (صعوبة

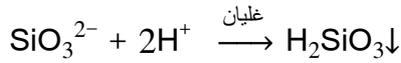
خسارة الإلكترونات التكافئية). ويزداد استقرار التكافؤ الأخفض (الثنائي) بازدياد العدد الذري للعنصر حيث نجد أن مركبات الرصاص الثنائية التكافؤ هي الثابتة، لكن بالنسبة للقصدير فالتكافؤ +4 مستقر أكثر من التكافؤ +2.

تتميز أملاح السيليكات بأنها غير ذوابة في الماء باستثناء السيليكات القلوية، ويمكن ترسيبها عند مزج محلول سيليكات الصوديوم مع محاليل أملاح المعادن. من مركبات السيليكون الهامة سيليكات الصوديوم Na_2SiO_3 .

تجربة (9-27):

a- بلل ورقة عباد الشمس بمحلول Na_2SiO_3 ماذا تلاحظ.

b- أضف إلى 2mL من محلول سيليكات الصوديوم عدة قطرات من HCl المخفف لاحظ تشكل راسب جلاتيني مع التسخين تبعاً للتفاعل التالي:



ميثا حمض السيليسيك

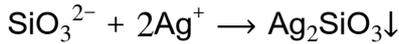
الراسب المحضر حديثاً يذوب في الماء والحموض المخففة.

c- أعد التجربة بإضافة محلول NH_4OH ماذا تلاحظ؟ عبر عن ذلك بتفاعل كيميائي.

تجربة (9-28):

خذ ثلاثة أنابيب وضع في كل منها 3mL من محلول سيليكات الصوديوم (التجاري 30% محلول زجاج - مائع يخفف مع خمس أمثال من الماء) ثم أضف إلى الأنبوب:

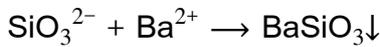
- الأول: عدة قطرات من محلول نترات الفضة، فيتشكل راسب كما في التفاعل:



راسب أصفر

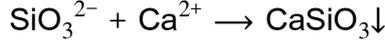
يذوب في الأحماض الممددة والأمونيا

- الثاني: قليلاً من محلول كلوريد الباريوم BaCl_2 ينتج راسب وفق التفاعل التالي:



راسب أبيض يذوب في HNO_3 الممدد

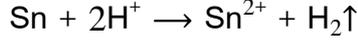
- الثالث: عدة قطرات من محلول كلوريد الكالسيوم CaCl_2 ، فيتم التفاعل:



راسب أبيض

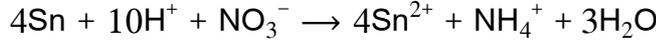
تجربة (9-29): خذ أربعة أنابيب وضع في كل منها كمية قليلة من القصدير

- أضف إلى الأنبوب الأول عدة قطرات من HCl الممدد، يذوب القصدير ببطء ويتشكل كلوريد القصدير (II) وينطلق الهيدروجين، كما في التفاعل التالي:

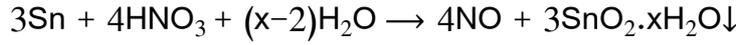


استبدل حمض كلور الماء بحمض الكبريت في التجربة السابقة، ماذا تلاحظ؟

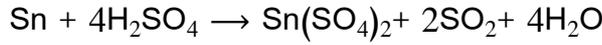
- أضف إلى الأنبوب الثاني عدة قطرات من HNO_3 الممدد، يذوب القصدير ببطء بدون انطلاق أي غاز، حيث تتشكل شاردة القصدير (II) و NH_4^+ ، كما في التفاعل التالي:



- أضف عدة قطرات من HNO_3 الكثيف إلى الأنبوب الثالث فيحدث تفاعل شديد، ويتشكل راسب أبيض صلب من أكسيد القصدير (IV) المميه $\text{SnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ الذي يُعرف في بعض الأحيان بميتا حمض القصديريك H_2SnO_3 :

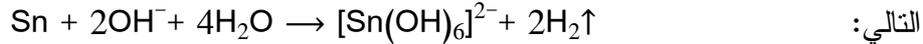


- أضف إلى الأنبوب الرابع عدة قطرات من حمض الكبريت المركز، تتشكل شوارد Sn^{2+} وينطلق غاز SO_2 ، كما في التفاعل التالي:



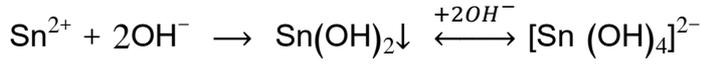
بشكل عام مركبات القصدير الثنائي تكون عديمة اللون.

تجربة (9-30): خذ في أنبوب اختبار قطعة صغيرة من القصدير، أضف إليه وبيبطء عدة قطرات من محلول قلوي مركز، فيذوب القصدير كما في التفاعل

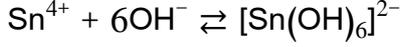


التالي:

تجربة (9-31): أضف إلى 2mL محلول SnCl_2 عدة قطرات من هيدروكسيد الصوديوم الممددة يتشكل راسب أبيض يذوب زيادة من هيدروكسيد الصوديوم. كما في التفاعل التالي:

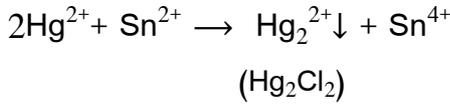


أما مع محلول الأمونيا يتشكل الراسب $\text{Sn}(\text{OH})_2$ لا يذوب بزيادة من الأمونيا. شوارد القصدير الثنائية هي عوامل مرجعة قوية، ومركبات Sn^{4+} تكون أكثر ثباتاً. وفي المحاليل القلوية يمكن أن توجد بالشكل $[\text{Sn}(\text{OH})_6]^{2-}$:



في المحاليل الحمضية ينزاح التوازن نحو اليسار، أما في المحاليل القلوية المعتدلة ينزاح التوازن نحو اليمين.

تجربة (9-32): سخن قليلاً من خلات الزئبق (II) $\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ في 2mL من حمض كلور الماء الممدد ومن ثم رشح المحلول، أضف للمحلول عدة قطرات من محلول SnCl_2 فيترسب كلوريد الزئبق (I) كما في التفاعل التالي:

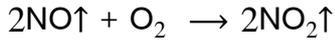
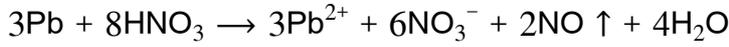


وبإضافة المزيد من محلول SnCl_2 تُرجع شاردة الزئبق Hg_2^{2+} إلى زئبق Hg :

$$\text{Hg}_2^{2+} + \text{Sn}^{2+} \rightarrow 2\text{Hg} \downarrow + \text{Sn}^{4+}$$

راسب رمادي اللون

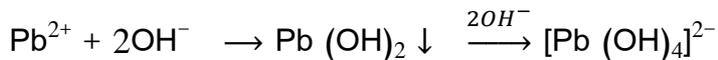
تجربة (9-33): أضف إلى كمية قليلة من مسحوق الرصاص عدة قطرات من حمض الآزوت المعتدل التركيز فيذوب الرصاص بسرعة وينطلق NO الذي يتحول إلى NO_2 بتأثير الهواء، تبعاً للتفاعل التالي:



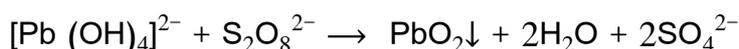
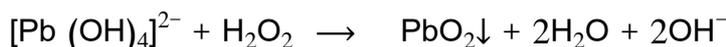
- أما في حالة حمض الآزوت المركز فلا يذوب الرصاص بسبب تشكل طبقة رقيقة من نترات الرصاص على سطح المعدن تمنع من استمرار التفاعل.

- مع الأحماض الممددة مثل HCl و H_2SO_4 فيتأثر معدن الرصاص بشكل قليل ويتشكل كل من كلوريد الرصاص PbCl_2 وكبريتات الرصاص PbSO_4 غير المنحلة على سطح المعدن.

تجربة (9-34): أضف إلى 3mL من محلول خلات الرصاص $Pb(CH_3COO)_2$ المائي عدة قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم الممدد، فيتشكل راسب أبيض يذوب في زيادة من الهيدروكسيد، تبعاً للتفاعل التالي:



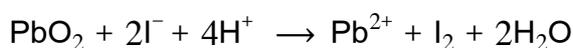
إن إضافة قليل من محلول H_2O_2 أو محلول $(NH_4)_2 S_2O_8$ إلى محلول $[Pb(OH)_4]^{2-}$ يتشكل راسب أسود من PbO_2 حيث تأكسد الرصاص الثنائي Pb^{2+} إلى Pb^{4+} ، كما في التفاعلات التالية:



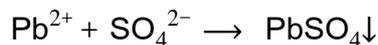
تجربة (9-35): أضف إلى محلول خلات الرصاص $Pb(CH_3COO)_2$ عدة قطرات من ماء البروم. ماذا تلاحظ؟ اكتب التفاعل الكيميائي الحاصل. ثم ناقش التفاعل على أساس كمونات المساري التالية:



تجربة (9-36): أضف إلى كمية قليلة جداً من PbO_2 عدة قطرات من حمض الكبريت الممدد و 3mL بنزين و 1mL محلول KI في الماء، رج أنبوب الاختبار فيتحرر اليود وينحل في طور البنزين بلون بنفسجي، كما يوضحه التفاعل التالي:



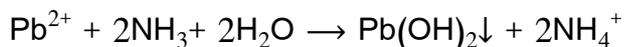
تجربة (9-37): أضف إلى 3mL من محلول خلات الرصاص عدة قطرات من حمض الكبريت الممدد، يتشكل راسب عديم اللون، وقابل للانحلال في محلول هيدروكسيد الصوديوم الممدد:



تجربة (9-38): أضف إلى كمية قليلة جداً من Pb_3O_4 ذي اللون الأحمر عدة قطرات من حمض الآزوت الممدد، تحصل على راسب من PbO_2 ذي اللون البني، رشح وافصل الراسب عن المحلول أضف إلى الرشاحة قليلاً من حمض كلور الماء الممدد فيترسب كلوريد الرصاص $PbCl_2$ الذي يذوب بالتسخين، تبعاً للتفاعل التالي:



تجربة (9-39): خذ في أنبوب 3mL من محلول نترات الرصاص، أضف إليه عدة قطرات من محلول الأمونيا يتشكل راسب أبيض لا يذوب في زيادة من الأمونيا، كمل في التفاعل التالي:



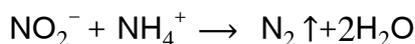
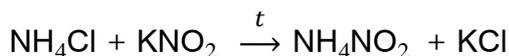
(قارن مع التجربة 9-34).

9-5- تجارب على بعض عناصر المجموعة الرئيسية الخامسة VA:

تضم هذه المجموعة العناصر التالية: الأزوت N والفسفور P والزرنيخ As والأنتيموان Sb والبيزموت Bi. تحوي الطبقة السطحية لعناصر هذه المجموعة خمسة إلكترونات ns^2np^3 وبالتالي تحتاج إلى ثلاثة إلكترونات لاكتمال مئمتها الإلكتروني الخارجي أثناء تفاعلاتها الكيميائية فيمكن أن تأخذ أرقام الأكسدة من -3 إلى +5. الأزوت والفسفور لا معادن والزرنيخ والأنتيموان أشباه معادن بينما تظهر الخواص المعدنية في البيزموت. أكاسيد الأزوت والفسفور حامضية وروابطها مشتركة أما أكاسيد الزرنيخ مثل: As_2O_3 يملك خواص حمضية، والأكسيد Sb_2O_3 يملك خواص مترددة، بينما البيزموت العنصر الوحيد الذي يتصف بخواص معدنية واضحة ويشكل الأكسيد Bi_2O_3 ذا الوظيفة القلوية. الأزوت عنصر كهرسليبي فهو يأتي بعد الفلور والأكسجين في الكهرسلبية. لمركبات الأزوت مثل NH_3 صفات قلوية في المحلول، أما PH_3 فأقل قلوية بينما AsH_3 أو SbH_3 لا يملك أي منها أية صفات قلوية.

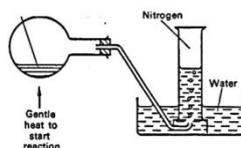
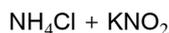
تجربة (9-40): (تحضير الأزوت مخبرياً)

أذب 2g من نترات البوتاسيوم في كمية مناسبة من الماء وضعها في حوجلة، وأضف إليها زيادة من NH_4Cl الصلب، سخن المزيج حتى الغليان فينطلق الأزوت تبعاً للتفاعلات التالية:



اختبر الغاز المنطلق بتقريب عود ثقاب من فوهة أنبوب الاختبار.

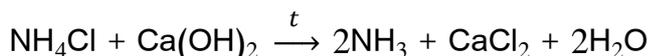
يوضح الشكل (9-2) جهاز الحصول على الأزوت في المخبر:



الشكل (9-2) جهاز الحصول على الآزوت من تفاعل $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KNO}_2$

تجربة (9-41): تحضير النشادر مخبرياً

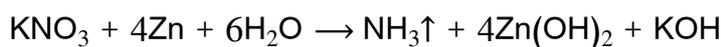
أضف إلى 3mL من محلول كلوريد الأمونيوم الممدد عدة قطرات من محلول قلوي مثل هيدروكسيد الكالسيوم أو هيدروكسيد الصوديوم، سخن المزيج فينطلق غاز النشادر، كما في التفاعل التالي:



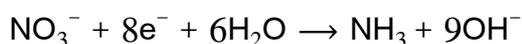
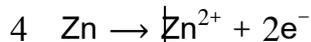
يمكن الكشف عن الغاز كما في التجربة (9-42).

تجربة (9-42): إرجاع النترات بمسحوق التوتياء في وسط قلوي:

1) أضف القليل من نترات البوتاسيوم الصلبة إلى ما يعادل نفس الكمية من مسحوق التوتياء وبعد ذلك أضف 3mL من محلول NaOH الممدد، ثم سخن بحذر. بعد فترة سينطلق غاز النشادر، تبعاً للتفاعل التالي:

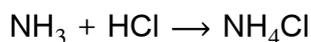


أما تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعل فهي:



(a) اختبر بحذر الغاز المنطلق من خلال رائحته الواخزة، أو بواسطة تقريب ورقة عباد الشمس مبللة بالماء من فوهة الأنبوب، ماذا تلاحظ؟

(b) بلل قضيباً زجاجياً بمحلول HCl المركز وضعه ضمن أنبوب التفاعل، فتنشكّل أبخرة بيضاء من NH_4Cl تبعاً للتفاعل التالي:



(2) أعد التجربة بعد استبدال نترات البوتاسيوم بنترات البوتاسيوم KNO_2 ، اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعل.

تجربة (9-43):

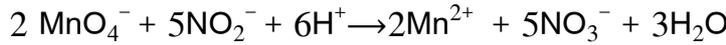
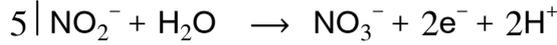
أضف إلى 2mL من محلول KI كمية مكافئة من NaNO_2 وحمض بقليل من حمض الخل الممدد أو حمض الكبريت الممدد، تحصل على محلول بني اللون ناتج عن ترسب اليود، كما في التفاعل التالي:



(a) اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعل المذكور؟
(b) أضف إلى المحلول البني اللون قليلاً من رباعي كلور الكربون CCl_4 ، الذي ينحل فيه اليود بشكل أفضل وبلون بنفسجي ويؤدي بالتالي إلى فصله عن الكلور المائي أو بإضافة محلول النشاء إلى اليود المتشكل فينتلون باللون الأزرق.

تجربة (9-44):

(a) أضف إلى 2mL من محلول برمنغنات البوتاسيوم KMnO_4 عدة قطرات من محلول نترات الصوديوم NaNO_2 ومن ثم حمض بكمية الكبريت الممدد، فيؤدي إلى زوال لون البرمنغنات تبعاً لتفاعلات الأكسدة والإرجاع التالية:



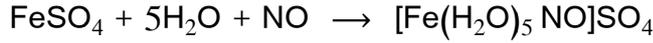
(b) أعد التجربة في (a) باستخدام محلول ثاني كرومات البوتاسيوم بحضور حمض الكبريت الممدد، لاحظ تغير اللون، اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعل الحاصل.

تجربة (9-45): الكشف عن شاردة النترات NO_3^- (تجربة الحلقة السمراء)

أضف 2mL من محلول مشبع حديث التحضير من كبريتات الحديد (II) FeSO_4 إلى 4mL من محلول شاردة النترات NO_3^- (مثل حمض الآزوت الممدد أو KNO_3) ثم أضف قطرة بعد قطرة من حمض الكبريت المركز ببطء وحذر على جدار الأنبوب بشكل مائل فتتكون حلقة سمراء عند السطح الفاصل بين السائلين، إذا رج المحلول تزول الحلقة ويتغير لون المحلول، تبعاً للتفاعلات التالية:

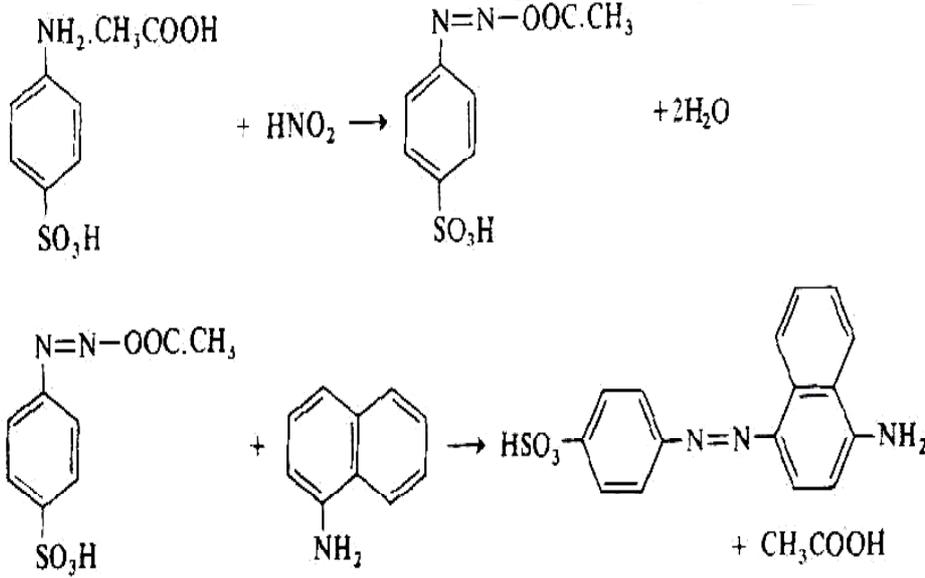


لكن NO يتفاعل مع الجزء الفائض من FeSO_4 مشكلاً نتروزو كبريتات الحديدي
ذا اللون البني (الحلقة السمراء):



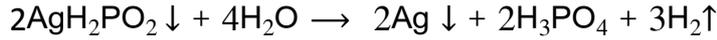
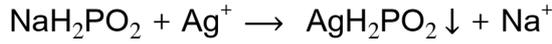
تجربة (9-46): اختبار Griess-Ilosvay للكشف عن شاردة النتريت NO_2^-

يتوقف الاختبار على التفاعل بين حمض السلفونيليك بوساطة حمض النتروز،
متتابعاً بتفاعل تزاوج مع α - نفتيل أمين لتتشكل صبغة أزرق الحمراء، كما توضحها
التفاعلات التالية:

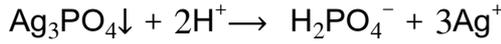
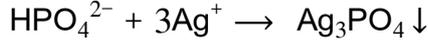


خذ عدة قطرات من محلول حمض النتريك NO_2^- وامزجه مع قطرة من مشعر
حمض السلفونيليك، ثم قطرة من مشعر α - نفتيل أمين فيتشكل اللون الأحمر.
ملاحظة: (التجربة مطلوبة نظرياً فقط)

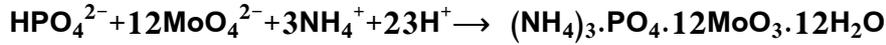
تجربة (9-47): أضف إلى 2mL من محلول نترات الفضة AgNO_3 عدة قطرات
من حمض الأزوت الممدد بعد ذلك أضف للمزيج كمية قليلة من محلول هيبو
فوسفيت الصوديوم NaH_2PO_2 يتشكل راسب من هيبو فوسفيت الفضة
 AgH_2PO_2 ، والذي بدوره يُرجع إلى الفضة ببطء في درجة حرارة الغرفة
وبسرعة بالتسخين مترافقاً مع انطلاق الهيدروجين، تبعاً للتفاعلين التاليين:



تجربة (9-48): (a) أضف إلى 2mL من محلول ممدد لهيدرو فوسفات الصوديوم Na_2HPO_4 عدة قطرات من محلول نترات الفضة AgNO_3 ، فتحصل على راسب أصفر من فوسفات الفضة الذي يذوب في حمض الآزوت، كما في التفاعل التالي:

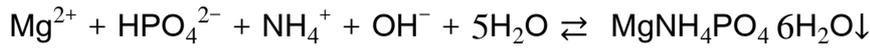


(b) أضف إلى 2mL من محلول ممدد لهيدرو فوسفات الصوديوم Na_2HPO_4 3mL من محلول موليبيدات الأمونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ ، ثم عدة قطرات من حمض الآزوت المركز بعد التسخين تحصل على راسب أصفر، تبعاً للتفاعل التالي:

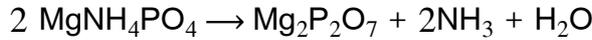


موليبيدات فوسفات-الأمونيوم

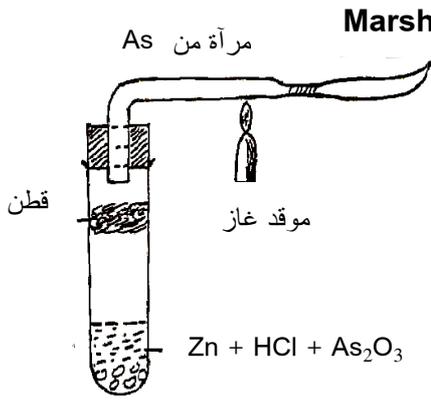
(c) أضف إلى 3mL من محلول MgCl_2 الممدد قطرات من محلول النشادر الممدد، فنحصل على راسب من هيدروكسيد المغنزيوم $\text{Mg}(\text{OH})_2$. أضف إليه كمية قليلة جداً من كلوريد الأمونيوم الصلب (NH_4Cl) حتى يذوب $\text{Mg}(\text{OH})_2$ نحصل على خليط سائل يدعى خليط المغنيزيا. أضف إلى هذا الخليط كمية قليلة من محلول Na_2HPO_4 فيترسب $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ الأبيض اللون الذي ينحل في حمض الخل والحموض المعدنية ولا يذوب في محلول النشادر الممدد، كما للتفاعل التالي:



أضف للراسب MgNH_4PO_4 بعد فصله بالترشيح وغسله قطرة واحدة من محلول AgNO_3 . ماذا تلاحظ إذا سخن الراسب MgNH_4PO_4 في مجال $1000-1100^\circ\text{C}$ نحصل على ثنائي فوسفات المغنزيوم:



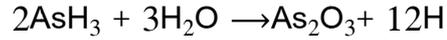
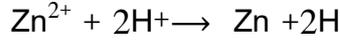
تستخدم هذه الطريقة في التحليل الكمي للفوسفات عن طريق وزن $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$.



تجربة (9-49) : الكشف عن الزرنيخ تبعاً إلى Marsh

تتم بخلط كميات متساوية من الأكسيد As_2O_3 مع مسحوق التوتياء وحجم 4mL من HCl الممدد،

تبعاً للشكل (9-3) ، والتفاعلات التالية :



يتفكك AsH_3 بالتسخين ليعطي الهيدروجين

ومرآة من الزرنيخ As والتي تدل على وجوده .

الشكل (9-3) الكشف عن As تبعاً إلى Marsh

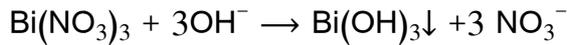
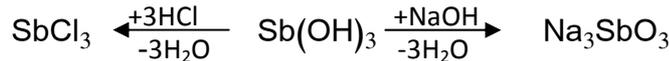
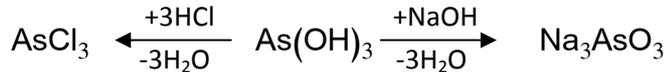
تجربة (9-50): خذ ثلاثة أنابيب وضع في كل منها 2mL من المحاليل التالية:

a (كلوريد الزرنيخ (III) $AsCl_3$)

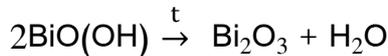
b (كلوريد الأنتيمون (III) $SbCl_3$)

c (نترات البزموت (III) $Bi(NO_3)_3$)

أضف إلى كل منها قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم الممدد، تتشكل رواسب تذوب في زيادة من NaOH (كما في a , b) لأن صفات هيدروكسيداتنا مترددة، أما في حالة البزموت لا يذوب الهيدروكسيد في زيادة من القلوي لأن صفاته القلوية أقوى مما هي عليه في الزرنيخ الأنتيمون، كما في التفاعلات التالية:

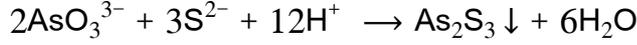


هيدروكسيد البزموتيل

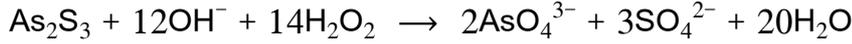


تجربة (9-51):

أضف إلى 2mL من محلول زرنخييت الصوديوم AsO_3Na_3 محلول H_2S بوجود حمض فيترسب ثلاثي كبريتيد ثنائي الزرنخ As_2S_3 بلون أصفر كما في التفاعل التالي:



يذوب الراسب في محلول الأمونيا والماء الأكسجيني، وفي حمض الآزوت المركز والساخن ولا يذوب في حمض كلور الماء المركز تبعاً للتفاعلات التالية:



تجربة (9-52):

أضف إلى 2mL من محلول زرنخييت الصوديوم AsO_3Na_3 محلول اليود في يوريد البوتاسيوم تلاحظ زوال لون اليود، كما في التفاعل التالي:



9-6- تجارب على بعض عناصر المجموعة الرئيسية السادسة VIA:

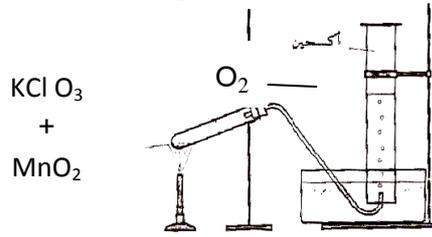
تضم هذه المجموعة عناصر الأكسجين O والكبريت S والسيلينيوم Se والتيلوريوم Te والبولونيوم Po. البنية الإلكترونية لعناصر هذه المجموعة هي من الشكل nS^2nP^4 ، بالتالي فإن كل عنصر يلزمه إلكترونان لإكمال مداره الخارجي إلى ثمانية إلكترونات. ويكون عدد الأكسدة فيها (-2). يمكن أن يكون لهذه العناصر عدد أكسدة موجب قد يصل إلى (+4) و (+6) كما هو الحال في أكاسيد هذه العناصر. الأكسجين فعال في درجات الحرارة العالية، فهو يتحد مع جميع العناصر ما عدا الغازات النادرة و المعادن الثمينة. يتفاعل مع المعادن واللامعادن ليشكل الأكاسيد بأنواعها المختلفة (الأساسية، الحامضية، المترددة). لا يكون للأكسجين عدد أكسدة موجب إلا عندما يتحد مع الفلور، إذ إن شدة كهرسلبية الفلور تمكنه من التغلب على طاقة ارتباط إلكترونات ذرة الأكسجين الخارجية فيسحب هذه الإلكترونات نحوه.

تزداد الصفات المعدنية لهذه المجموعة من الأكسجين إلى البولونيوم، وبشكل عام الأكسجين والكبريت لا معادن، السيلينيوم والتيلوريوم أشباه معادن، أما البولونيوم فهو عنصر مشع ويتمتع بخواص معدنية .

9-6-1- الحصول على الأكسجين: يتم الحصول على الأكسجين مخبرياً من التفكك الحراري للمركبات الغنية به مثل : كلورات البوتاسيوم $KClO_3$ ، والأكاسيد مثل HgO والبرمنغنات والنترات وغيرها، كما في التفاعل التالي :



تجربة (9-53): سخن في أنبوب اختبار 6gr من كلورات البوتاسيوم الصلبة والناعمة مع 3 gr من ثنائي أكسيد المنغنيز بعد مزجهم بشكل جيد، اختبر الغاز الناتج بوساطة عود الثقاب. كما يوضحه الشكل (9-4):



الشكل (9-4) تحضير الأكسجين من تفكك كلورات البوتاسيوم

يمكن استخدام برمنغنات البوتاسيوم في الحصول على أكسجين نقي. عبّر عن ذلك بالتفاعل الكيميائي المناسب.

9-6-2- خواص الأكسجين: إن أهم خاصية للأكسجين هي قدرته على الأكسدة، إذ يتحد مع معظم العناصر في الدرجات العالية من الحرارة مشكلاً الأكاسيد، ولا يتفاعل مع اليود والبروم والذهب والبلاتين بشكل مباشر. من أهم تفاعلاته:

1- أنبوب يحتوي على غاز الأكسجين مع القليل من الماء بعد رجه بشكل جيد، بوساطة ورقة عباد الشمس، ماذا تلاحظ؟

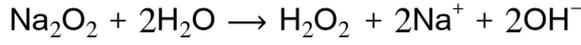
2- سخن قطعة صغيرة من فحم الخشب بوساطة ملقط حتى الاحمرار على لهب مصباح الغاز ثم ادخلها في أنبوب يحتوي على الأكسجين، لاحظ شدة الاحتراق،

بعد انتهاء التفاعل أضف كمية من الماء، ثم امتحن تغير لون ورق عباد الشمس، اكتب التفاعل الكيميائي المناسب.

9-6-3 - الماء الأكسجيني: يعتبر من أهم مركبات فوق الأكسيد حيث رقم أكسدة الأكسجين (-1) وهو سائل يغلي في الدرجة 150.2°C في الطور النقي لونه أزرق فاتح، وهو مذيب شاردني مثل: الماء كثافته 1.45 g/cm^3 . يتفكك بسهولة في الدرجة العادية بوجود الضوء، يحفظ في أوعية زجاجية ملونة، يوجد بتراكيز متعددة % 10 , % 20 , % 30 , % 90، يسبب حروقاً شديدة إذا لامس الجلد، يملك خواص مؤكسدة وخواص مرجعة في الأوساط الحامضية والقلوية.

9-6-4 - الحصول على الماء الأكسجيني: يتم الحصول على الماء الأكسجيني في المخبر بطرائق عدة نذكر أهمها:

- تفاعل فوق أكسيد الباريوم مع حمض الكبريت الممدد، حيث يتشكل H_2O_2 وكبريتات الباريوم كراسب يفصل في الترشيح.
- أو بإضافة فوق أكسيد الصوديوم بكميات قليلة إلى الماء المتلج، وفق التفاعل التالي:



ونتيجة الحرارة الناتجة عن التفاعل، فإن جزءاً من الماء الأكسجيني يتفكك كما في

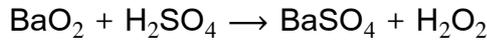


التفاعل:

أما صناعياً فيمكن الحصول على الماء الأكسجيني بطرائق التحليل الكهربائي.

تجربة (9-54):

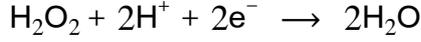
خذ 5g من فوق أكسيد الباريوم في بيشر وأضف لها كمية قليلة من الماء مع التحريك، ثم أضف إليه 20 mL من حمض الكبريت الممدد (2N) والمبرد بشكل جيد على دفعات ومع التحريك المستمر وعند انتهاء إضافة الحمض اترك الناتج لبضعة دقائق حتى يستقر الراسب، افصل الراسب بالترشيح فتحصل على الرشاحة المحتوية على الماء الأكسجيني. تبعاً للتفاعل التالي:



9-6-5- خواص الماء الأكسجيني:

1- الخواص المؤكسدة:

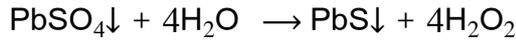
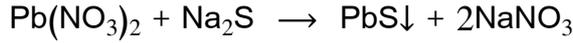
a- في الوسط الحمضي: يكون الماء الأكسجيني مؤكسداً وفق التفاعل النصفى التالي:



تجربة (9-55): ضع في أنبوب اختبار حوالي 2 mL من محلول يوديد البوتاسيوم KI مع حمض الكبريت الممدد ثم أضف بعد ذلك نفس الحجم عدة قطرات من محلول الماء الأكسجيني 3%. ماذا تلاحظ؟ اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية ثم معادلة التفاعل الجزيئية .

تجربة (9-56):

ضع في أنبوب اختبار 2mL من محلول نترات الرصاص $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ثم أضف إليها نفس الحجم من محلول Na_2S فينتشك راسب PbS ، افصل الراسب بالترشيح، ثم أضف إلى الراسب 2mL من محلول H_2O_2 ، فنتم التفاعلات الكيميائية التالية:

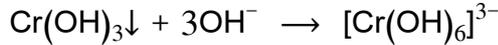
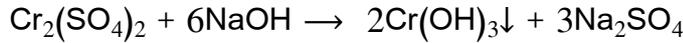


b - في الوسط القلوي: يكون مؤكسداً تبعاً للتفاعل النصفى التالي :



تجربة (9-57):

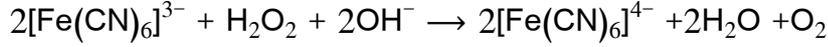
ضع في أنبوب اختبار 2mL من محلول كبريتات الكروم (III) الممدد ثم أضف نفس الكمية من محلول النشادر فتحصل على راسب من $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ، أضف للراسب كمية كافية من هيدروكسيد الصوديوم الممدد NaOH فيذوب الراسب مشكلاً محلولاً بلون أخضر من $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$ ، تبعاً للتفاعلات التالية:



هكسا هيدروكسو كرومات (III)

تجربة (9-60):

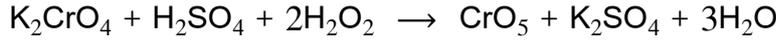
أضف إلى 3mL محلول $K_3[Fe(CN)_6]$ كمية كافية من محلول الماء الأكسجيني المركز مع قطرات من محلول قلوي، فينطلق الأكسجين ويُرجع الماء الأكسجيني أيون هكساسيانوفرات (III) إلى أيون هكساسيانوفرات (II)، تبعاً للتفاعل التالي:



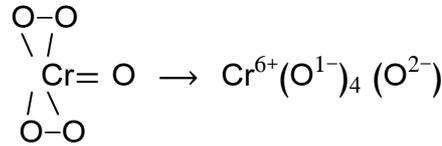
9-6-6-الكشف عن الماء الأكسجيني:

تجربة (9-61):

خذ 2mL من محلول 3% H_2O_2 مع 1mL من H_2SO_4 الممدد و 1mL ابتر في أنبوب اختبار، رج الأنبوب بحذر واتركه ليهدأ، فتنشكّل طبقتان. أضف عدة نقاط من محلول كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 الممدد فيتشكل فوق أكسيد الكروم CrO_5 الذي ينحل في الإيتر بصورة جيدة ويأخذ اللون الأزرق الفاتح. يتميز H_2O_2 في إحداث هذا التفاعل، و CrO_5 غير ثابت وسرعان ما يتفكك بتفاعله مع H_2SO_4 محرراً الأكسجين ومشكلاً محلول كبريتات الكروم الأخضر، وبالرغم من ذلك فإن CrO_5 أكثر ثباتاً في طبقة من الإيتر، التفاعلات الحاصلة:



فوق أكسيد الكروم البنية الجزئية التالية:



يمكن بهذا الاختبار كشف 0.1 mg من H_2O_2 .

9-6-7- تفاعلات شاردة الكبريتيد S^{2-} : يختلف تأثير الحموض في كبريتيدات

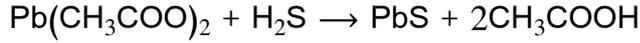
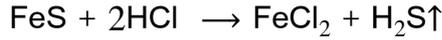
المعادن تبعاً لطبيعة هذه الكبريتيدات، كبريتيدات الحديد (II) والتوتياء والصوديوم تتحلل في الحموض الممددة بينما كبريتيد الزئبق لا ينحل في الحموض المركزة.

تجربة (9-62): أضف 3mL من حمض كلور الماء الممدد إلى قليل من كبريتيد

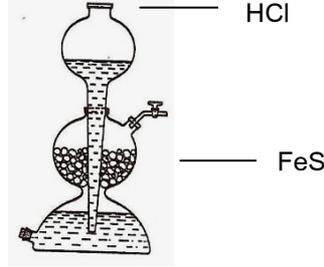
الحديد FeS . ضع فوق فوهة الأنبوب ورقة مبللة بمحلول خلات الرصاص

$Pb(CH_3COO)_2$. ماذا تلاحظ؟

يمكن توضيح التفاعلات الكيميائية الحاصلة كما يلي:



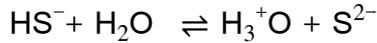
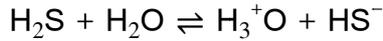
يُستحصل غاز H_2S بواسطة جهاز Kipp الموضح في الشكل (5-9) :



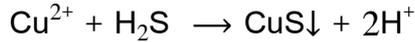
الشكل (5-9) جهاز Kipp لتحضير غاز H_2S

تجربة (9-63):

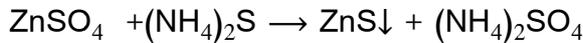
(a) امتحن عينة من محلول H_2S في الماء بورقة زرقاء من عباد الشمس. يدل تحول اللون من الأزرق إلى الأحمر على أن للمحلول صفات حمضية ضعيفة يعبر عنها كالتالي:



(b) أضف 2mL من محلول H_2S إلى 2mL من محلول كبريتات النحاس (II) نحصل على راسب أسود من كبريتيد النحاس كما في التفاعل التالي:



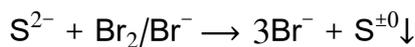
(c) أعد التجربة بإضافة 2mL من محلول كبريتيد الأمونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ عوضاً عن H_2S إلى 2mL من محلول كبريتات التوتياء وفي هذه الحالة يترسب ZnS تبعاً للتفاعل الآتي :



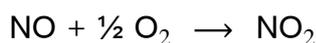
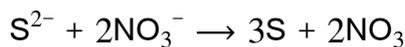
تجربة (9-64):

(a) أضف إلى 3mL من محلول H_2S في الماء 1mL من ماء البروم (Br_2/KBr)

نلاحظ أن لون البروم يزول والسائل يصبح حليبياً بسبب ترسيب الكبريت تبعاً لمعادلة الأكسدة و الإرجاع التالية:



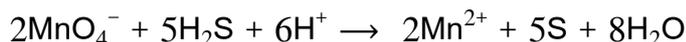
(b) أضف إلى 3mL من محلول H₂S ما يعادل 1mL من حمض الآزوت المركز. هنا أيضاً يتكون الكبريت ويصبح المحلول حليبياً. استنتج معادلة التفاعل علماً أن S²⁻ يتأكسد إلى S وأن الآزوت في NO₃⁻ يرجع إلى NO وأن NO يتأكسد على الهواء إلى NO₂:



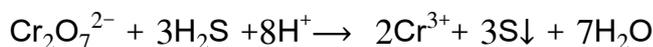
عبر عن التفاعل السابق بمعادلتى أكسدة وإرجاع.

تجربة (9-65):

(a) أضف 2mL من محلول H₂S إلى نفس الكمية من محلول برمنغنات البوتاسيوم المحمضة بقليل من حمض الكبريت الممدد، فيزول لون البرمنغنات ويطرسب الكبريت، تبعاً للتفاعل التالي:



(b) أعد التجربة السابقة باستخدام محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم K₂Cr₂O₇ المحمضة بقليل من حمض الكبريت الممدد ، فيتحول لون الكرومات البرتقالي إلى الأخضر ويطرسب الكبريت، كما في التفاعل التالي:

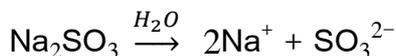


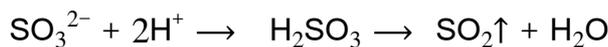
استنتج تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعلين في a , b .

9-6-8- تفاعلات الشاردين SO₃²⁻ و S₂O₃²⁻:

تجربة (9-66):

أضف إلى 2mL من محلول كبريتيت الصوديوم الممدد Na₂SO₃ عدة قطرات من حمض كلور الماء الممدد أو حمض الكبريت الممدد، ينطلق غاز SO₂ ذو الرائحة الخانقة:





بلل ورقة عباد الشمس وقربها من فوهة أنبوب اختبار التفاعل، ماذا تلاحظ؟

تجربة (9-67):

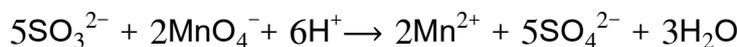
أضف إلى 2mL من محلول كبريتيت الصوديوم الممدد Na_2SO_3 عدة قطرات من محلول ماء اليود I_2/I^- (محلول اليود في يوديد البوتاسيوم) ، فينعدم لون اليود تبعاً للتفاعل التالي :



اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعل؟

تجربة (9-68):

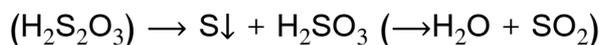
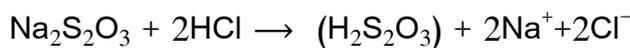
أضف إلى 2mL من محلول برمنغنات البوتاسيوم KMnO_4 عدة قطرات من حمض الكبريت الممدد ، ثم أضف للمزيج 2mL من محلول Na_2SO_3 . تلاحظ انعدام لون البرمنغنات حيث يتم التفاعل التالي:



اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعل السابق؟

تجربة (9-69):

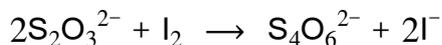
أضف إلى 2mL من محلول ثيو كبريتات الصوديوم $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ قليلاً من حمض كلور الماء الممدد . تلاحظ تعكر المحلول بسبب تحرر الكبريت الناتج عن ثيو حمض الكبريت غير المستقر ، تبعاً للتفاعل التالي :



اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعل السابق.

تجربة (9-70):

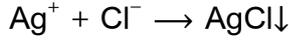
أضف إلى 2mL من محلول يوديد البوتاسيوم قطرة بعد قطرة من محلول ثيو كبريتات الصوديوم الممددة فإن لون اليود يزول، كما في التفاعل التالي:



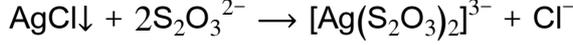
المطلوب اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعل السابق.

تجربة (9-71):

أضف إلى 2mL من محلول KCl عدة قطرات من محلول نترات الفضة AgNO_3 ، فينتج راسب أصفر من بروميد الفضة:



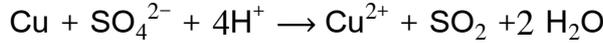
أضف فوق الراسب عدة قطرات من محلول $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ فيذوب الراسب ليتشكل معقد مثنى ثيو كبريتات فضات (I)، تبعاً للتفاعل التالي:



هذا التفاعل يستعمله المصور عندما يتم تثبيت صور الفيلم السلبية بعد إعدادها.

تجربة (9-72):

أضف إلى قليل من النحاس عدة قطرات من حمض الكبريت المركز سخن ببطء حتى يتم التفاعل وتأكد من رائحة SO_2 (انتبه الرائحة الخائقة؟)، كما في التفاعل التالي:

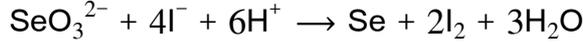


المطلوب اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعل السابق.

9-6-9- بعض تفاعلات مركبات **Se** و **Te** (مطلوبة نظرياً فقط):

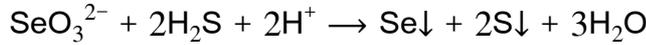
تجربة (9-73):

(a) أضف إلى 2mL من محلول Na_2SeO_3 ما يعادل 1mL من حمض كلور الماء المركز ومن ثم عدة قطرات من محلول KI فيترسب كل من **Se** و I_2 تبعاً للتفاعل التالي:



يُزال اليود بإضافة محلول ثيو كبريتات الصوديوم $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ويتبقى السيلينيوم كراسب بني محمر.

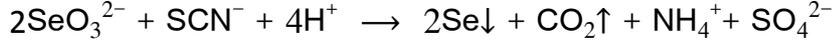
(b) أعد التجربة في a مستخدماً محلول H_2S بدلاً من محلول KI، فينتج راسب أصفر من **Se** و S على البارد، وبالتسخين يصبح لونه أحمر، كما في التفاعل التالي:



يذوب الراسب بسرعة في محلول كبريتيد الأمونيوم.

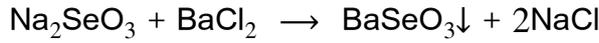
تجربة (9-74):

امزج 1mL من محلول Na_2SeO_3 مع 2mL محلول KSCN و 2mL من حمض كلور الماء المركز، بعد غلي المزيج لعدة ثواني يتشكل راسب بلون أحمر، تبعاً للتفاعل التالي:

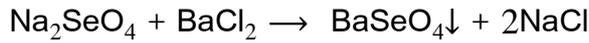


تجربة (9-75):

(a) أضف إلى 2mL من محلول Na_2SeO_3 ما يعادل 1mL من محلول كلوريد الباريوم BaCl_2 ، فيتشكل راسب أبيض من سيلينيت الباريوم BaSeO_3 ، يذوب الراسب في الحموض المعدنية الممددة، كما في التفاعل التالي:



(b) أضف إلى 2mL من محلول Na_2SeO_4 ما يعادل 1mL من محلول كلوريد الباريوم BaCl_2 ، فيتشكل راسب أبيض من سيلينات الباريوم BaSeO_4 ، لا يذوب الراسب في الحموض المعدنية الممددة، كما في التفاعل التالي:



يذوب الراسب في حمض كلور الماء المركز عند الغليان، فينتطلق غاز الكلور:



تجربة (9-76):

(a) أضف إلى 2mL من محلول Na_2SeO_3 ما يعادل 1mL من محلول كبريتات النحاس CuSO_4 ، فيتشكل راسب أبيض من سيلينيت النحاس CuSeO_3 ، لا يذوب الراسب في حمض الخل الممدد. اكتب التفاعل الحاصل.

(b) أضف إلى 2mL من محلول Na_2SeO_4 ما يعادل 1mL من محلول كبريتات النحاس CuSO_4 ، لا يتشكل راسب (لا يتم تفاعل).

تجربة (9-77):

أضف إلى 2mL من محلول Na_2TeO_4 ما يعادل 1mL من محلول كلوريد الباريوم BaCl_2 فيتشكل راسب أبيض من تيلورات الباريوم BaTeO_4 ، يذوب الراسب في حمض كلور الماء الممدد وفي حمض الخل الممدد أيضاً.

9-7- تجارب على بعض عناصر المجموعة الرئيسية السابعة VIIA:

تضم هذه المجموعة العناصر: الفلور F والكلور Cl والبروم Br واليود I والأستاتين At. ويطلق على هذه العناصر اسم الهالوجينات وهي لا معادن، تحوي في طبقتها الخارجية سبعة إلكترونات تكافئية من الشكل ns^2np^5 وبالتالي تسعى في تفاعلاتها الكيميائية لإكمال تركيبها الإلكتروني الخارجي إلى ثمانية إلكترونات (بنية غاز حامل) وذلك باكتسابها إلكترونًا، وتشكيل الشاردة X^- أو بمشاركتها بإلكترون عند ارتباطها مع نفسها لتشكيل الجزيء X_2 أو مع غيرها مثل المركب HX. الفلور أقوىها كهرسلبية و يتميز بفعاليتها الكبيرة بسبب صغر نصف قطر ذرته بالنسبة لعدد بروتونات نواته. يوافق ذلك بنية ذات ثمانية إلكترونات وبالتالي سوية طاقة مستقرة وهذا ما يجعل الفلور مادة مؤكسدة قوية.

- الهالوجينات فعالة جداً من الناحية الكيميائية فتتحد مع الهيدروجين مشكلة هاليدات الهيدروجين، وتتناقص شدة التفاعل هذه كلما اتجهنا من الفلور إلى اليود، ويحدث الأمر نفسه عند تفاعلها مع الماء.

- أهم خواص الهالوجينات دورها كعوامل مؤكسدة قوية كما هو موضح من قيم كمونات مساريها المعيارية التالية:

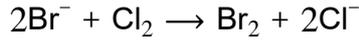


- نلاحظ أن الفعل المؤكسد يتناقص بازدياد العدد الذري، فالفلور هو أقوى المؤكسدات، وإن كل عنصر يؤكسد العنصر الذي يليه فالكلور يزيح البروم من أملاحه وهكذا.

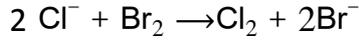
للتجارب العملية:

تجربة (9-78): أكسدة البروميد بوساطة الكلور

(a) أضف إلى 2mL من بروميد البوتاسيوم KBr قطرة بعد قطرة من ماء الكلور فينتكون عنصر البروم، الذي يمكن فصله عن الماء بوساطة كمية قليلة من رباعي كلور الكربون CCl_4 ، حيث ينحل البروم فيه بلون أصفر - بني:



(b) أعد التجربة في a بإضافة ماء البروم إلى 2mL من محلول كلوريد البوتاسيوم، لا يتغير لون البروم في هذه الحالة والتفاعل التالي لا يحدث :



علل ذلك؟

تجربة (9-79): أكسدة اليوديد بواسطة الكلور والبروم

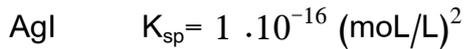
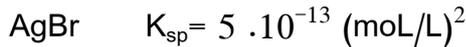
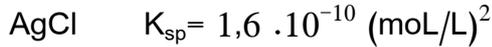
(a) أضف ماء الكلور إلى 2mL من محلول يوديد البوتاسيوم يتحرر اليود الذي يمكن استخلاصه بـ 1mL رباعي كلور الكربون حيث يظهر اليود في الطور العضوي بلون بنفسجي.

(b) أعد التجربة a مستخدماً ماء البروم عوضاً عن ماء الكلور. ماذا تلاحظ؟ اكتب التفاعلات الكيميائية الحاصلة في كل من a و b.

تجربة (9-80): خذ ثلاثة أنابيب اختبار وضع في الأول 2mL من محلول كلوريد الصوديوم وفي الثاني 2mL من محلول بروميد البوتاسيوم وفي الثالث 2mL من محلول يوديد البوتاسيوم.

(c) أضف إلى كل أنبوب عدة قطرات من حمض الآزوت الممدد ومن ثم عدة قطرات من نترات الفضة (10% AgNO_3).

فيتشكل في الأول راسب أبيض من كلوريد الفضة وفي الثاني راسب أصفر باهت من بروميد الفضة وفي الثالث راسب أصفر (شبيه بالجبنة)، استناداً إلى قيم جداء الذوبانية K_{sp} ، انظر أياً من الرواسب السابقة يترسب أولاً:



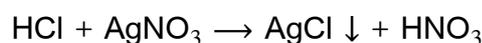
(d) اختبر ذوبانية كل راسب من الرواسب الثلاثة السابقة في محاليل النشادر الممددة والمركزة وفي محلول كربونات الأمونيوم المركزة وفي محلول سيانيد البوتاسيوم كما هو موضح في الجدول التالي:

المحل	AgCl	AgBr	AgI
محلول النشادر المركز NH ₄ OH	+	+	-
محلول كربونات الأمونيوم (NH ₄) ₂ CO ₃	+	-	-
محلول سيانيد البوتاسيوم KCN	+	+	+
حيث + قابل للذوبان - غير قابل للذوبان			

(e) اكتب تفاعل ذوبان كل راسب في المحل المذكور في الجدول.

تجربة (9-81):

أضف إلى 2mL من حمض كلور الماء الممدد قطرة واحدة من نترات الفضة يتشكل راسب أبيض من كلوريد الفضة، تبعاً للتفاعل التالي:



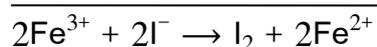
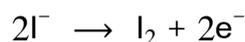
9-7-1- تأثير المؤكسدات القوية على الهالوجينات :

- يمكن لحمض الكبريت المركز أن يؤكسد كل من البروميدي واليودي إلى البروم واليود في مركباتهما راجع التجربة (10-13) والتجربة (10-14).

- أيضاً يؤكسد نترات الصوديوم اليودي إلى اليود الحر في مركباته بوجود حمض الكبريت الممدد أو حمض الخل الممدد، راجع التجربة (10-15).

تجربة (9-82):

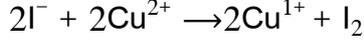
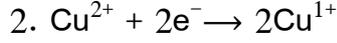
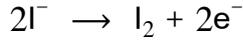
أضف إلى 2mL من محلول يوديدي الصوديوم NaI عدة قطرات من حمض الكبريت الممدد بعدها نضيف 2mL من محلول كلوريد الحديد (III) FeCl₃ فيتحرر اليود تبعاً لتفاعلات الأكسدة والإرجاع التالية :



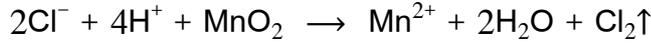
لا ترجع شوارد الحديد Fe³⁺ شوارد البروميدي Br⁻، ولهذا يمكن الكشف عن شوارد اليوديدي I⁻ بوجود شوارد البروميدي.

تجربة (9-83):

أضف إلى 2mL من محلول KI قليلاً من محلول كبريتات النحاس CuSO_4 .
يتحرر اليود والنحاس يرجع إلى Cu^{1+} كما في التفاعلات:



تجربة (9-84): (a) ضع في أنبوب اختبار 2mL من محلول كلوريد الصوديوم و1mL من محلول حمض الكبريت المركز ثم أضف قطعة صغيرة من ثنائي أكسيد المنغنيز MnO_2 (تجرى التجربة تحت الساحة) سخن بلطف تلاحظ انطلاق غاز الكلور الذي يتميز برائحته الواخزة تبعاً للتفاعل التالي:

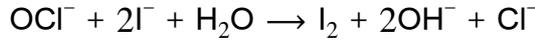


أصفر مخضر

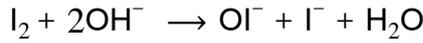
(b) يمكن إعادة التجربة السابقة باستبدال الكلوريد Cl^- بكل من Br^- و I^- حيث تنطلق أبخرة Br_2 و I_2 ، اكتب معادلات التفاعل.

تجربة (9-85):

أضف إلى 2mL من محلول يوديد البوتاسيوم KI قطرات من محلول هيبوكلوريت الصوديوم NaOCl في وسط قلوي ضعيف فينتشكل اليود تبعاً للتفاعل:

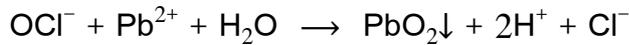


وبإضافة قلوي للمحلول يختفي لون اليود بسبب تشكل الشوارد OI^- و I^- :



تجربة (9-86):

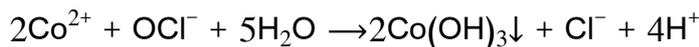
أعد التجربة السابقة باستخدام محلول نترات الرصاص بدلاً من محلول KI وبالغليان يترسب ثاني أكسيد الرصاص PbO_2 بلون بني كما في التفاعل التالي:



تجربة (9-87):

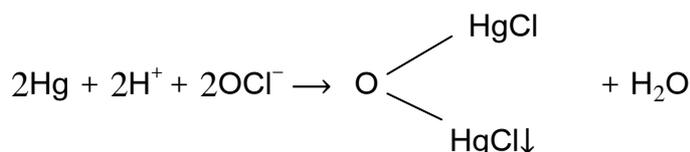
أضف إلى 2mL من محلول هيبوكلوريت الصوديوم NaOCl عدة قطرات من محلول نترات الكوبالت $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ فينتج راسب أسود من هيدروكسيد الكوبالت

تبعاً للتفاعل:

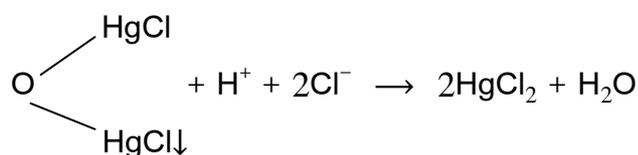


تجربة (9-88):

امزج 2mL من محلول هيبوكلوريت الصوديوم NaOCl مع قليل من حمض الكبريت الممدد ثم أضف للمزيج قليلاً من سائل الزئبق Hg فتحصل على راسب بني من كلوريد الزئبق (II) $(\text{HgCl})_2\text{O}$ ، كما في التفاعل التالي:



يذوب الراسب في حمض كلور الماء الممدد لينتج كلوريد الزئبق (II)، تبعاً للتفاعل التالي:



9-7-2- تفاعلات بعض أملاح الحموض الأوكسجينية للهالوجينات:

لا يُعرف للفلور حموض أكسجينية، أما البقية فلها حموض من الشكل HOX و HOX_3 ، وهناك حموض من الشكل HXO_2 (حيث إن $\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}$)، وحموض من الشكل HXO_4 ($\text{X} = \text{Cl}, \text{I}$).

تجربة (9-89): إرجاع الكلورات ClO_3^- بـ Fe^{2+} و HCl

أضف إلى 2mL من محلول كلورات البوتاسيوم KClO_3 عدة قطرات من محلول حمض كلور الماء المركز HCl، ينطلق غاز الكلور Cl_2 الذي يلون ورقة يوديد البوتاسيوم مع النشاء بلون أزرق لأنه يحرر اليود، تبعاً للتفاعل التالي:

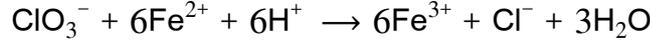
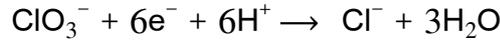
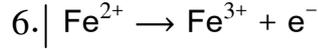


اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعل السابق.

تجربة (9-90):

أضف إلى 2mL من محلول كلورات البوتاسيوم KClO_3 قطرة من حمض

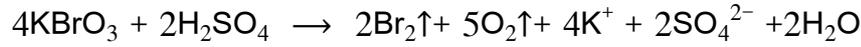
الكبريت الممدد ثم عدة قطرات من محلول كبريتات الحديد (II) وبالغليان ترجع الكلورات إلى الكلوريد تبعاً لتفاعلات الأكسدة والإرجاع التالية:



يكشف عن الكلوريد بواسطة محلول نترات الفضة لأن الكلورات لا تشكل مع نترات الفضة أي راسب.

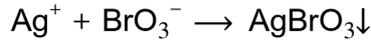
تجربة (9-91): إرجاع البرومات بحمض الكبريت :

أضف 2mL من حمض الكبريت المركز إلى 0,5g من برومات البوتاسيوم فينطلق البروم الحر والأكسجين على البارد تبعاً للتفاعل التالي:



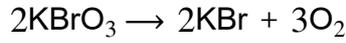
تجربة (9-92):

أضف إلى 2mL من محلول البرومات KBrO_3 عدة قطرات من AgNO_3 فيترسب راسب أبيض من برومات الفضة الذي يذوب في الماء الساخن ومحلول النشادر كما في التفاعل التالي:



تجربة (9-93):

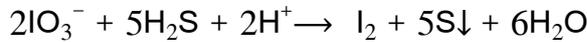
سخن قليلاً من مسحوق KBrO_3 في أنبوب اختبار حتى يتصاعد الأكسجين وتحصل على KBr .



اكتشف البروميديد Br^{-} بعد إذابة KBr في الماء بواسطة Ag^{+} .

تجربة (9-94): إرجاع اليودات بواسطة H_2S :

(a) أضف إلى 2mL من محلول يودات البوتاسيوم KIO_3 قطرات من حمض الكلور الممدد ثم أضف للمزيج محلول H_2S فيتحرر اليود الذي يمكن الكشف عنه بواسطة محلول النشاء، كما في التفاعل التالي:



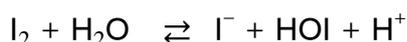
وبزيادة من محلول H_2S يرجع اليود إلى اليوديديد I^{-} :



(b) أعد التجربة في a مستخدماً محلول برومات البوتاسيوم KBrO_3 ، ماذا تلاحظ؟
تجربة (9-95):

أضف إلى 2mL من محلول KIO_3 عدة قطرات من محلول AgNO_3 فتحصل على راسب أبيض اللون من AgIO_3 . عبر عن ذلك بمعادلة كيميائية شارديية .

تجربة (9-96) ذوبان البروم والكلور واليود في المحاليل المائية:
تذوب هذه العناصر في الماء وتخضع للتفاعلات التوازنية التالية :

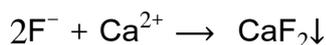


التفاعلات السابقة هي عبارة عن تفاعلات أكسدة وإرجاع ذاتية أي أن الهالوجين يتأكسد ويرجع في آن واحد . في الوسط القلوي تتزاح هذه التفاعلات نحو اليمين وبالتالي يذوب الهالوجين في وسط قلوي بشكل جيد كما في التفاعلات التالية:



تجربة (9-97):

إن تفاعلات الفلور خطيرة جداً بسبب فعالية الفلور العالية مع جميع العناصر والمركبات. أضف إلى 2mL من محلول فلوريد الصوديوم NaF ببطء عدة قطرات من محلول كلوريد البوتاسيوم CaCl_2 فتحصل على راسب أبيض من CaF_2 ، كما في التفاعل التالي:



تجربة (9-98):

(a) إن إضافة عدة قطرات من حمض الخل إلى محلول اليوديد والبروميدي ومن ثم عدة قطرات من H_2O_2 يتحرر اليود. رشح وافصل اليود عن البروميدي Br^- الذي لا يزال في الرشاحة. احتفظ بمحلول البروميدي. أضف إلى اليود المتكون محلول النشاء تحصل على لون أزرق.

(b) يتم الكشف عن البروميدي بواسطة نترات الفضة، حيث يترسب AgBr الذي يذوب في محلول النشادر المركز. ويمكن أكسدة البروميدي بواسطة ماء الكلور كما هو موضح في التجربة (9-78).

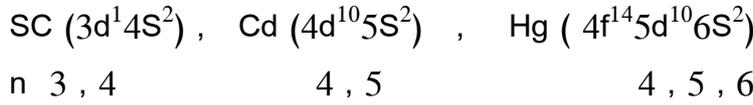
9-8- دراسة عملية على بعض العناصر الانتقالية ومركباتها:

يحتوي الجدول الدوري على مجموعات العناصر الرئيسية، أو ما يعرف بعناصر S أو SP حيث تتمركز الكترولونات التكافؤ لهذه العناصر في مدار الكترولوني واحد أي أنها تملك عدداً كوانتياً رئيسياً واحداً مثال:



n= 4 العدد الكوانتي الرئيسي 2

أما في مجموعات العناصر الانتقالية فهي من نوع d و f أحياناً مع الكترولونات S. ولذلك يمكن أن تتوضع الكترولونات تكافؤ العناصر الانتقالية على أكثر من مدار الكترولوني كما في الأمثلة التالية:



وينتج عن توزيع الإلكترونات التكافئية على السويات المتعددة s , d , f الصفات التالية للعناصر الانتقالية:

(a) الصفات الفلزية: وتعود إلى ميل العناصر الانتقالية إلى إعطاء الكترولوناتها الخارجية.

(b) أعداد الأكسدة المتعددة: بما أن الكترولونات التكافؤ موزعة على أكثر من سوية وبالتالي يكون لها أعداد كوانتية رئيسية متعددة، لذلك يمكن أن يكون للعنصر الواحد في مركباته أرقام أكسدة متعددة.

(c) ليس من الضرورة أن يتطابق رقم أكسدة العنصر مع رقم مجموعته، مثال: $Fe [Ar] (3d^5 4S^2)$ ، من أعداد أكسدة الحديد +2 و +3 وهي لا تطابق رقم مجموعة الحديد (الانتقالية الثامنة).

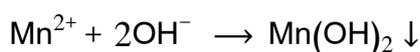
9-8-1- المنغنيز من المجموعة الانتقالية السابعة:

للمنغنيز البنية الإلكترونية $Mn [Ar] (3d^5 4s^2)$

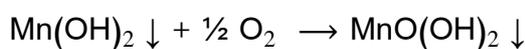
وبالتالي يملك أرقام الأكسدة من -3 إلى +7 بما فيها الصفر أيضاً. وللمركبات التي تملك التكافؤات +4 ، +7 لها صفات مؤكسدة التي ترجع حتى +2.

تجربة (9-99):

خذ في أنبوب اختبار 2mL من محلول $MnCl_2$ وأضف إليه عدة قطرات من هيدروكسيد الصوديوم الممدد، فينتج راسب قليل أبيض من هيدروكسيد المنغنيز $Mn(OH)_2$:



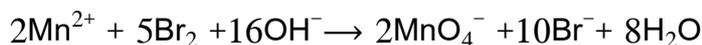
لا يذوب الراسب في زيادة من المشعر، لكنه يتأكسد بسرعة عند تعرضه للهواء، ليصبح لونه بنياً و الناتج أكسيد المنغنيز المميّه $MnO(OH)_2$:



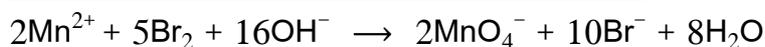
أيضاً بتأثير الماء الأكسجيني يتغير $Mn(OH)_2$ إلى $MnO(OH)_2$

تجربة (9-100):

أضف إلى خليط من 5mL ماء البروم (Br_2 / KBr) و 1mL هيدروكسيد الصوديوم الممدد مع بضع قطرات من محلول كبريتات النحاس ($CuSO_4$) وبضع قطرات من محلول كبريتات المنغنيز ($MnSO_4$). سخن الخليط تحصل على لون بنفسجي MnO_4^{-} . تبعاً للتفاعل التالي :

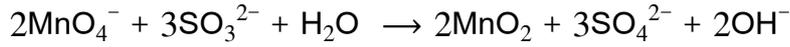


تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعل السابق هي :



تجربة (9-101): أضف إلى 2mL من محلول برمنغنات البوتاسيوم عدة قطرات من محلول NaOH الممدد وكذلك من محلول كبريتات الصوديوم Na_2SO_3

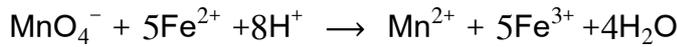
فتلاحظ انعدام لون البرمنغنات وترسب MnO_2 ذي اللون البني، وفق التفاعل التالي:



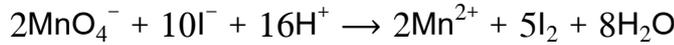
اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعل السابق.

تجربة (9-102): أضف إلى 2mL من محلول برمنغنات البوتاسيوم عدة قطرات من محلول حمض الكبريت الممدد ومن ثم وزع المحلول الناتج على أنبوبي اختبار.

(a) أضف إلى الأنبوب الأول 1mL من محلول $FeSO_4$ فيؤدي إلى انعدام لون البرمنغنات تبعاً للتفاعل التالي:

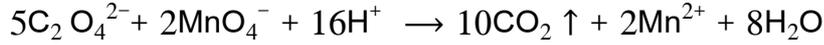


(b) أضف إلى الأنبوب الثاني قطرة بعد قطرة من محلول يوديد البوتاسيوم KI . نحصل على اللون البني المميز لليود كما في التفاعل التالي:



اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعلين السابقين.

تجربة (9-103): أضف إلى 2mL من محلول أوكسالات الصوديوم $Na_2C_2O_4$ نفس الكمية من محلول برمنغنات البوتاسيوم $KMnO_4$ مع قليل من حمض الكبريت ثم سخن المزيج إلى الدرجة $60-70^\circ C$ ، فيزول لون برمنغنات البوتاسيوم وينطلق غاز CO_2 الذي يكشف عنه بإمرار بمحلول $Ca(OH)_2$ فيؤدي إلى تعكره، وهذا التفاعل يستخدم بشكل خاص لاختبار الأوكسالات، تبعاً للتفاعل التالي:

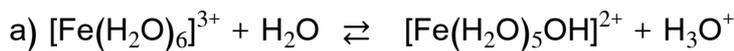


في البداية يتم التفاعل ببطء ولكن الشوارد Mn^{2+} الناتجة تسرع التفاعل.

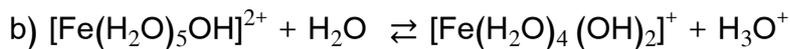
- اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعل المذكور.

9-8-2- الحديد من المجموعة الانتقالية الثامنة : له البنية الإلكترونية $Fe (3d^6 4s^2)$ نصادف في معظم مركباته درجات الأكسدة 2,3+ .

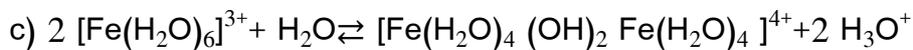
تجربة (9-104): اختبر محلول $FeCl_3$ المائي بورقة عباد الشمس وماذا تستنتج؟ تحاط الشاردة Fe^{3+} في الماء بستة جزيئات ماء $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$. والمعقد عبارة عن حمض موجب الشحنة (كاتيوني) ويخضع في الماء لتفاعل حمض مع أساس:



حمض أساس أساس حمض



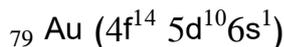
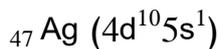
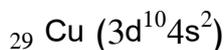
حمض أساس أساس حمض



حمض أساس أساس حمض

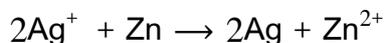
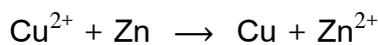
وتشير التفاعلات a , b , c إلى الوظيفة الحمضية للشاردة $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ حيث تبلغ درجة حموضة الماء (PH) عندما يذاب فيه كلوريد الحديد FeCl_3 من 2-3. لهذا إذا أُضيفت شوارد OH^- إلى المحلول المائي للمركب FeCl_3 فلا يتم التفاعل بين OH^- و Fe^{3+} ، بل بين OH^- والشوارد H_3O^+ الناتجة عن $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ وفي النهاية يترسب الهيدروكسيد المائي $\text{Fe}(\text{OH})_{3\text{aq}}$.

9-8-3 - عناصر المجموعة الانتقالية الأولى: وتضم النحاس والفضة والذهب:



لهذه العناصر أرقام أكسدة متعددة في مركباتها (+1 ، +2 ، +3) علماً أن النحاس يفضل رقم الأكسدة (+2) والفضة رقم الأكسدة (+1) والذهب رقم الأكسدة (+3). تتميز مركبات هذه العناصر بسهولة إرجاعها بحيث تعود العناصر إلى حالتها الأساسية: Au , Ag , Cu لذلك نقول بأنها عناصر ذات كهرجابية قليلة. أي لا تنتقل إلى الحالة الشاردية الموجبة الشحنة.

تجربة (9-105): (a) أضف إلى 1mL من محلول CuSO_4 وكذلك محلول AgNO_3 قطعة صغيرة من التوتياء. في كلا الحالتين يترسب كل من النحاس والفضة على معدن التوتياء:



(b) أضف قطعة من النحاس Cu إلى محلول ZnSO_4 . ماذا تلاحظ ؟ اكتب معادلة التفاعل.

تجربة (9-106):

أضف إلى 1mL من محلول CuSO_4 قطرة بعد قطرة من محلول يوديد البوتاسيوم
 $2\text{Cu}^{2+} + 4\text{I}^- \rightarrow 2\text{CuI} \downarrow + \text{I}_2$. CuI راسب أبيض من CuI
يبدو الراسب بني اللون بسبب تحرر اليود I_2 صنف هذا التفاعل.

تجربة (9-107):

(a) أضف إلى 1mL من محلول AgNO_3 عدة قطرات من محلول H_2S المشبع
 $2\text{Ag}^+ + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{Ag}_2\text{S} \downarrow$ فتحصل على راسب أسود اللون:
إن الراسب قليل الذوبان في HNO_3 المركز ولا يذوب في محلول النشادر ويذوب
قليلاً في محلول السيانيد CN^- المركز.

(b) أضف إلى 1mL من محلول CuSO_4 (بعد إضافة قطرات من HNO_3 الممدد
أو غيره محلول H_2S المشبع فتحصل على راسب أسود من CuS و Cu_2S .
الراسب غير قابل للذوبان في HCl الممدد . لكنه يذوب في HNO_3 20% بعد
التسخين .

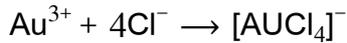
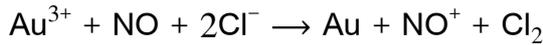
تجربة (9-108):

يذيب الماء الملكي كلاً من الفضة و الذهب وغيرهما من المواد، يمكن تفسير ذلك
كما يلي: الماء الملكي هو خليط من 3 حجوم حمض كلور الماء المركز مع حجم
واحد من حمض الآزوت المركز:

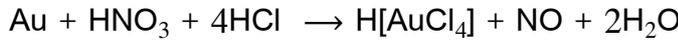


الخليط من Cl_2 وكلوريد النتروزيل NO^+Cl^- هو الذي يذيب الذهب تبعاً للآلية

التالية :

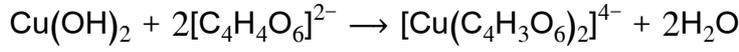


خلاصة التفاعل:

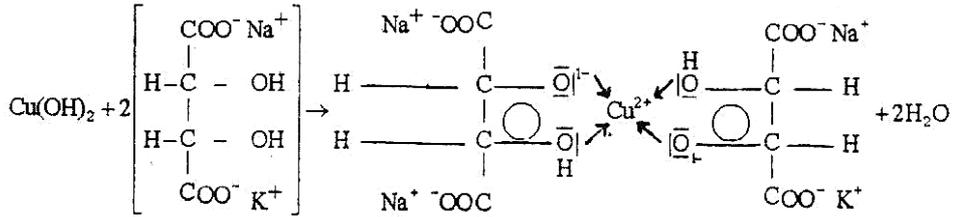


هذه التجربة مطلوبة بشكل نظري فقط.

تجربة (9-109): ضع في أنبوب اختبار 2mL من محلول CuSO_4 وأضف إليها كمية كافية من محلول NaOH الممددة حتى يترسب هيدروكسيد النحاس Cu(OH)_2 ذو اللون الأزرق الفاتح، ثم أضف إلى الراسب قليلاً من محلول طرترات الصوديوم والبوتاسيوم $\text{KNa.C}_4\text{H}_4\text{O}_6.4\text{H}_2\text{O}$ فيذوب الراسب وينتج محلول لونه أزرق غامق، تبعاً للتفاعل التالي:



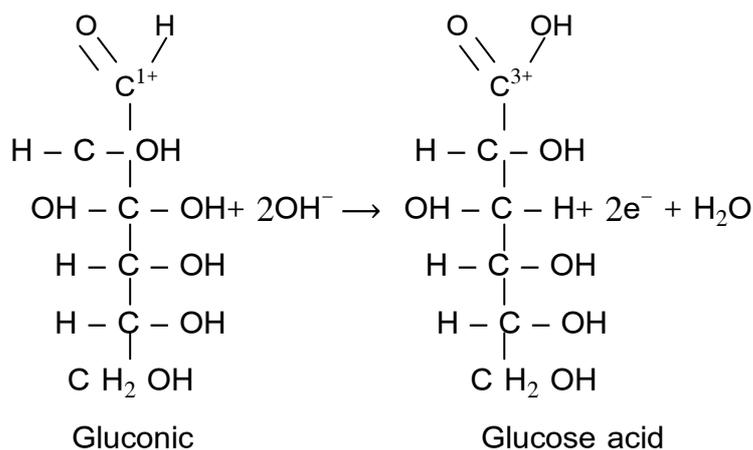
محلول فهلنغ



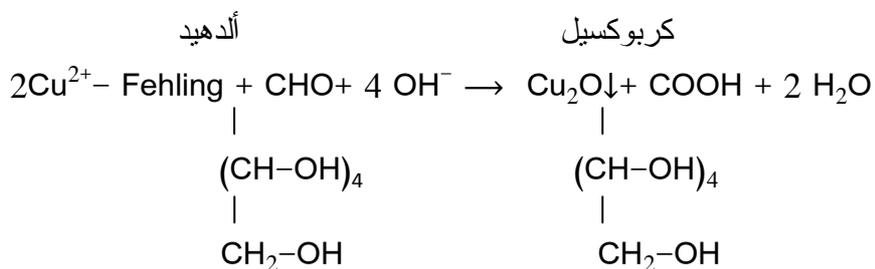
المحلول القلوي من ملح النحاس (II) المحتوي حمض الطرطريك يُعرف عادة بمحلول فهلنغ والذي يحتوي شاردة المعقد $[\text{Cu(C}_4\text{H}_2\text{O}_6)_2]^{2-}$. وعند معالجة المحلول القلوي.

(محلول فهلنغ) مع عوامل إرجاع مثل : الهيدروكسيل أمين، الهيدرازين، الغلوكوز والأسيت ألدهيد فإنه يتشكل راسب أصفر من هيدروكسيد النحاس (I) من المحلول الساخن، ويتحول إلى أكسيد النحاس (I) Cu_2O ذي اللون الأحمر عند الغليان، كما في التجربة التالية:

تجربة (9-110): أضف إلى 2mL من محلول مشعر فهلنغ عدة قطرات من محلول سكر العنب (الجليكوز) ثم سخن المزيج، فتحصل على راسب قرميدي من أكسيد النحاس (I) Cu_2O ، أي أن شاردة النحاس Cu^{2+} تُرجع إلى Cu^{1+} وتتأكسد مجموعة الألاهيد CHO- إلى المجموعة الكربوكسيل COOH- تبعاً للتفاعل التالي:



وبجمع المعادلتين نحصل على المعادلة الإجمالية التالية:



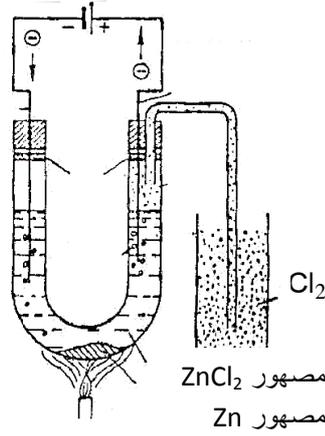
تجربة (9-111):

أعد التجربة السابقة بإضافة كمية قليلة من الهيدرازين إلى محلول فهلنغ مع التسخين فيترسب أيضاً الأكسيد Cu_2O ويتأكسد الهيدرازين إلى الآزوت، كما في التفاعل:



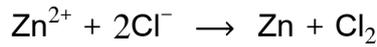
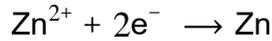
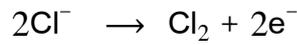
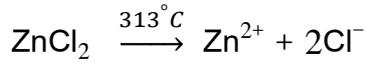
9-8-4 - التوتياء من المجموعة الانتقالية الثانية:

للتوتياء البنية الإلكترونية التالية: $\text{Zn} (3d^{10}4s^2)$ يخضع التوتياء لتفاعلات تبادل للإلكترونات في الطبقة $4s^2$ ، وهو مستقر جداً في المركبات Zn^{2+} . يُحضّر التوتياء من التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد التوتياء ZnCl_2 تبعاً لجهاز التحليل الكهربائي المبين في الشكل (9-6):



الشكل (6-9) جهاز التحليل الكهركيميائي لمصهور $ZnCl_2$

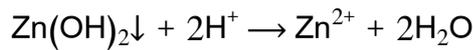
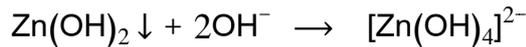
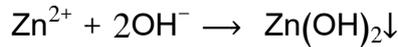
التفاعلات الكيميائية الحاصلة ضمن الجهاز هي:



التفاعل الكلي:

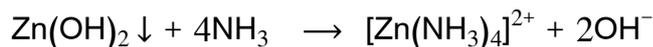
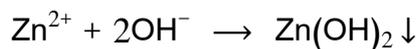
تجربة (9-112):

أضف إلى 2mL من محلول كبريتات التوتياء $ZnSO_4$ عدة قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم الممدد فيتشكل راسب أبيض من هيدروكسيد التوتياء الذي يذوب في زيادة من الهيدروكسيد ويزوب في الحموض أيضاً كما في التفاعلات التالية:



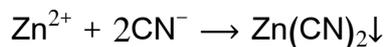
تجربة (9-113):

أضف إلى 2mL من محلول كبريتات التوتياء $ZnSO_4$ عدة قطرات من محلول هيدروكسيد الأمونيوم الممدد فيتشكل راسب أبيض من هيدروكسيد التوتياء الذي يذوب في زيادة من الهيدروكسيد كما في التفاعلين التاليين:



تجربة (9-114):

أضف إلى 2mL من محلول كبريتات التوتياء ZnSO_4 عدة قطرات من محلول KCN فينشك راسب أبيض من $\text{Zn}(\text{CN})_2$ الذي يذوب في زيادة من محلول KCN:



وبإضافة محلول H_2S إلى المعقد $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$ لا يترسب ZnS .

9-9- طرائق كشف وفصل الشرجبات والشرسبات في الكيمياء

9-9-1- مقدمة: يُعد التحليل الكيميائي أحد فروع الكيمياء الذي ساهم في تطوير مختلف المجالات العلمية منها: مجال الطب ومجال الصناعات المختلفة ومجال الزراعة وفي مجال استخلاص المعادن من خاماتها. وللتحليل الكيميائي أنواع:

- **التحليل الكيميائي الكيفي: Qualitative analysis** وبواسطته يمكن التعرف على نوع العناصر التي تدخل في تركيب المركب الكيميائي، ويختص بالمركبات العضوية لمعرفة نوع العناصر وكذلك المجموعات الوظيفية في المركب، وبالمركبات غير العضوية للتعرف على الشوارد الموجبة (الشرجبات) والشوارد السالبة (الشرسبات) .

- **التحليل الكيميائي الكمي: Quantitative analysis** ويهدف إلى تحديد النسبة المئوية لكل عنصر في المركب الكيميائي وهناك أنواع متعددة منه : التحليل الكمي الوزني والتحليل الكمي الحجمي والتحليل الكمي اللوني والتحليل الكروماتوغرافيا، وعمليات التحليل الكيفي دائماً تسبق عمليات التحليل الكمي .

9-9-2- التحليل الكيميائي الكيفي للمركبات اللاعضوية:

ويشمل الكشف عن مختلف الشوارد الموجبة والسالبة التي تدخل في تركيب المادة.

9-9-2-1- الكشف عن الشوارد السالبة (الشرسبات):

قبل التعرف على الشوارد السالبة للملح لا بد من دراسة قابلية ذوبان الأملاح في

الماء:

1- جميع كربونات العناصر لا تذوب في الماء (ما عدا كربونات العناصر Na ، K و NH₄).

2- أملاح البيكربونات لجميع العناصر تذوب في الماء.

3- كبريتيدات جميع المعادن لا تذوب في الماء البارد ما عدا كبريتيد كل من: Na , Mg , Ca , Ba, K والألمونيوم .

4- ثيوكبريتات جميع المعادن لا تذوب في الماء عدا ثيو كبريتات Na و K والألمونيوم.

5- نترات جميع المعادن وكذلك خلات المعادن تذوب في الماء عدا خلات الفضة فهي قليلة الذوبان في الماء .

6- هاليدات جميع المعادن تذوب في الماء عدا كلوريد أو بروميد أو يوديد الرصاص والفضة والزئبق وهاليدات المعادن التي لا تذوب في الماء لا تذوب أيضاً في الحموض الممددة أما PbCl₂ / PbBr₂ / PbI₂ فتذوب في الماء الساخن.

7- كبريتات جميع المعادن تذوب في الماء عدا BaSO₄ و PbSO₄ أما CaSO₄ و Ag₂SO₄ فهي ضعيفة الذوبان في الماء . تقسم الشوارد السالبة (الشرسبات) إلى ثلاث مجموعات:

A- مجموعة شرسبات حمض كلور الماء الممدد .

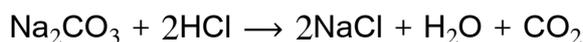
B- مجموعة شرسبات حمض الكبريت المركز الساخن .

C- مجموعة الشرسبات التي لا تتفاعل مع HCl المدد ولا تتفاعل مع H₂SO₄ المركز الساخن .

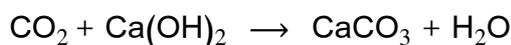
A- وتشمل الكربونات CO₃²⁻ والبيكربونات HCO₃⁻ والكبريتيت SO₃²⁻ والثيوكبريتات S₂O₃²⁻ والكبريتيد S²⁻ والنترت NO₂⁻.

تجربة (9-115):

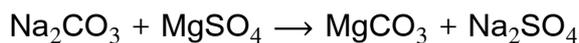
a- أضف إلى كمية قليلة من ملح كربونات الصوديوم كمية مناسبة من حمض كلور الماء الممدد فيحدث فوران وينطلق غاز CO₂ كما في التفاعل التالي:



b- أعد التجربة كما في (أ) مستخدماً ملح بيكربونات الصوديوم فينطلق أيضاً غاز CO₂، اكتب التفاعل الحاصل. يمكن الكشف عن CO₂ بإمراره عبر محلول Ca(OH)₂ لفترة قصيرة فيتعكر المحلول تبعاً للتفاعل التالي :



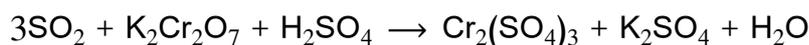
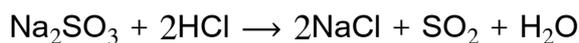
تجربة (9-116): a- أضف إلى 5mL من محلول كربونات الصوديوم كمية مكافئة من محلول كبريتات المغنيزيوم MgSO₄ يتكون راسب أبيض من كربونات المغنيزيوم، كما في التفاعل التالي :



b- أعد التجربة (أ) باستخدام محلول بيكربونات الصوديوم فلا يتشكل راسب عندها إلا بعد التسخين، علل ذلك ؟ ثم اكتب التفاعل الكيميائي الحادث.

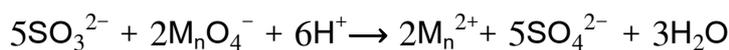
تجربة (9-117):

أضف إلى كمية قليلة من ملح كبريتيت الصوديوم الممددة عدة قطرات من HCl الممدد، يتصاعد غاز ذو رائحة خانقة SO₂، يكشف عنه بورقة مبللة بمحلول ثنائي كرومات البوتاسيوم المحمض حيث تتلون باللون الأخضر تبعاً للتفاعلين التاليين :



تجربة (9-118):

أضف إلى 2 mL من محلول برمنغنات البوتاسيوم KMnO₄ قطرة أو قطرتين من حمض الكبريت الممدد . ثم أضف للمزيج 2mL من محلول Na₂SO₃، فيزول لون البرمنغنات البنفسجي بسبب التفاعل التالي:



- اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعل السابق؟

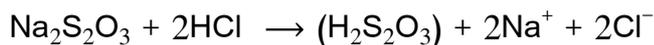
تجربة (9-119):

أضف إلى 2mL من محلول Na₂SO₃ عدة قطرات من محلول اليود في KI، ماذا تلاحظ ؟ عبر عن التفاعل بتفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية.

تجربة (9-120):

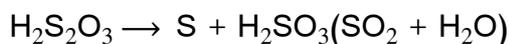
أضف إلى 2mL من محلول ثيو كبريتات الصوديوم Na₂S₂O₃ قليلاً من HCl

الممدد، يتصاعد غاز SO₂ وراسب أصغر من الكبريت، تبعاً للتفاعل التالي:



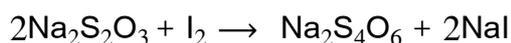
حمض ثيو الكبريت

يتفكك حمض ثيو الكبريت وفق التفاعل:



تجربة (9-121):

أضف إلى 2mL من محلول يوديد البوتاسيوم KI قطرات من محلول Na₂S₂O₃ فإن لون اليود يزول تبعاً للتفاعل التالي:

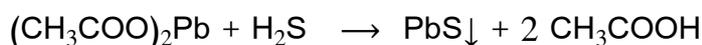
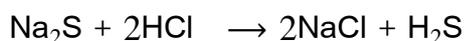


رباعي ثيونات الصوديوم

وضّح تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعل السابق؟

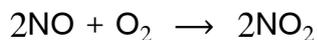
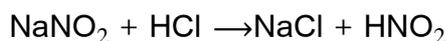
تجربة (9-122):

أضف كمية من HCl الممدد إلى قليل من ملح كبريتيد الصوديوم Na₂S، يتصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين ذو الرائحة الكريهة، ويتم الكشف عنه بوساطة ورقة مبللة بمحلول خلات الرصاص فوق فوهة الأنبوب فيتشكل راسب أسود على الورقة من PbS وفق التفاعلين التاليين:



تجربة (9-123):

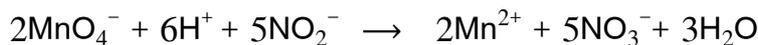
أضف بحدز إلى قليل من ملح نترات الصوديوم NaNO₂، عدة قطرات من HCl الممدد فينطلق غاز أول أكسيد الآزوت NO العديم اللون والذي يتحول إلى اللون البني بسبب تأكسده إلى NO₂ تبعاً للتفاعلات التالية:



تجربة (9-124):

أضف إلى 2mL من محلول ممدد من نترات الصوديوم NaNO₂ عدة قطرات من

محلول برمنغنات البوتاسيوم KMnO_4 ثم قليلاً من حمض الكبريت الممدد. فيزول لون البرمنغنات حيث يتم التفاعل التالي:



اشتق تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعل السابق .

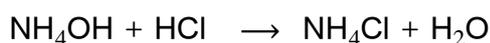
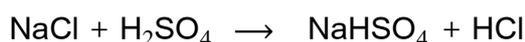
تجربة (9-125):

أعد التجربة السابقة باستخدام محلول KI بوجود حمض الكبريت الممدد، فيصبح لون المحلول بنياً بسبب تشكل اليود، اكتب التفاعل الحاصل.

B^- تضم هذه المجموعة شرسبات الكلوريد Cl^- والبروميد Br^- واليوديد I^- والنترات NO_3^- . يعتبر حمض الكبريت المركز أثبت من الأحماض التي اشتقت منها هذه الشرسبات، فيطرد هذه الأحماض على شكل غازات .

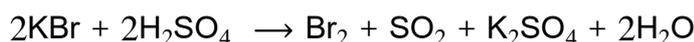
تجربة (9-126):

أضف إلى كمية قليلة من ملح الطعام NaCl الصلب قطرات من حمض الكبريت المركز فينتقل غاز HCl ، يمكن الكشف عنه بوساطة ساق زجاجية مبللة بمحلول النشادر فتتشكل سحب بيض من كلوريد الأمونيوم NH_4Cl ، تبعاً للتفاعلين الآتيين:



تجربة (9-127):

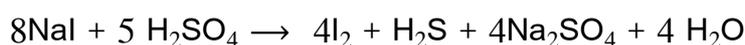
أضف إلى كمية قليلة من KBr الصلب، قطرات من H_2SO_4 المركز يتشكل في البداية محلول بني - أحمر، بعدها أبخرة بنية - محمرة من غاز البروم Br_2 الذي يلون ورقة مبللة بالنشاء باللون الأصفر كما في التفاعل التالي:



- اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعل السابق.

تجربة (9-128):

أعد التجربة (9-127) باستخدام ملح NaI ، فيتشكل راسب بني من I_2 وعندما يسخن يعطي أبخرة بنفسجية و يمكن الكشف عن اليود I_2 بأنه يلون ورقة مبللة بالنشاء باللون الأزرق، كما في التفاعل التالي:



اكتب تفاعلات الأكسدة و الإرجاع النصفية للتفاعل المذكور.

تجربة (9-129):

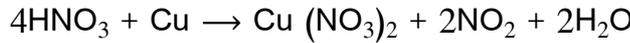
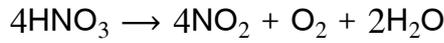
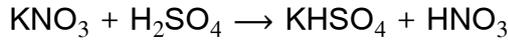
(a) أضف إلى 2 mL من محلول NaI ما يعادل 1 mL من محلول NaNO_2 ثم قطرة أو قطرتين من H_2SO_4 الممدد، فيتكون اليود مباشرة تبعاً للتفاعل التالي:

$$2\text{NaI} + 2\text{NaNO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{NO} + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$$

(b) أعد التجربة باستبدال اليوديد بالبروميد (KBr). ماذا تلاحظ؟

تجربة (9-130):

أضف إلى قليل من الملح KNO_3 الصلب، قطرات من H_2SO_4 المركز ينطلق أبخرة من HNO_3 الذي يتفكك معطياً أبخرة بنية من NO_2 والتي تزداد بوجود خراطة النحاس:



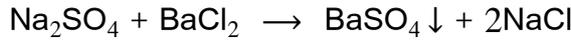
تجربة (9-131): تجربة الحلقة السمراء الكشف عن النترات NO_3^- .

(راجع التجربة 9-45)

C- تشمل هذه المجموعة شرسبات الكبريتات SO_4^{2-} وأنيونات الفوسفات PO_4^{3-} ، وهي لا تتفاعل مع HCl أو H_2SO_4 وإنما تتفاعل مع كلوريد الباريوم BaCl_2 .

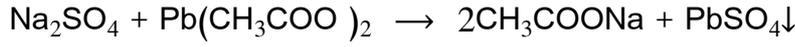
تجربة (9-132):

أضف إلى 3 mL محلول Na_2SO_4 بنفس الكمية من محلول BaCl_2 فيتشكل راسب أبيض من كبريتات الباريوم لا يذوب في الحموض الممددة تبعاً للتفاعل التالي:



تجربة (9-133):

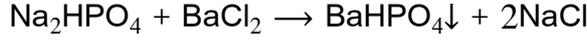
أضف 3 mL من محلول خلات الرصاص إلى 2 mL من محلول كبريتات الصوديوم فيتكون راسب أبيض من كبريتات الرصاص، وفق التفاعل التالي:



وهو راسب عديم الانحلال، لكنه قابل للانحلال في هيدروكسيد الصوديوم الممدد.

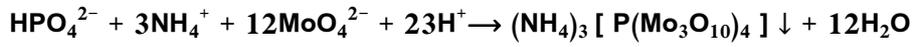
تجربة (9-134):

أضف إلى 3mL من محلول هيدروجين فوسفات ثنائي الصوديوم Na_2HPO_4 ، 1mL من محلول كلوريد الباريوم فيتشكل راسب أبيض من فوسفات الباريوم القابل للذوبان في الأحماض الممددة، كما في التفاعل التالي:



تجربة (9-135):

أضف إلى 0.5 mL من محلول Na_2HPO_4 قطرات من محلول مولبيدات الأمونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ ثم عدة قطرات من حمض الأزوت المركز، يتكون راسب أصفر اللون من فوسفو مولبيدات الأمونيوم بعد التسخين تبعاً للتفاعل التالي:



يذوب الراسب في محلول الأمونيا وفي محلول هيدروكسيد الصوديوم.

9-9-2-2- الكشف عن الشوارد الموجبة (الشرحيات):

يعتبر الكشف عن الشوارد الموجبة أكثر تعقيداً من الكشف عن الشوارد السالبة وذلك بسبب كثرة الشوارد الموجبة وشدة التداخل بينها وأيضاً إمكانية وجود الشاردة الموجبة الواحدة في أكثر من حالة تأكسد. تقسم الشوارد الموجبة التي ستدرس إلى الكلوريدات، الكبريتيدات، الهيدروكسيدات والكربونات .

تصنف الشوارد الموجبة (الشرحيات) في ست مجموعات، لكل مجموعة مشعر عام يمكنه ترسيب شوارد فئته وشوارد الفئات التي تسبقها أو شوارد الفئات التي تليها فلا يراسب أي منها.

1- الفئة الأولى: تحتوي الشوارد Ag^+ ، Hg_2^{+2} ، Pb^{2+} تترسب على شكل كلوريدات، مشعرها HCl.

2- الفئة الثانية: و تشمل مجموعتين:

أ) مجموعة النحاس: Hg^{2+} ، Pb^{2+} ، Bi^{3+} ، Cd^{2+} ، Cu^{2+} .

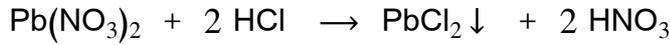
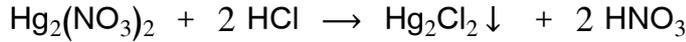
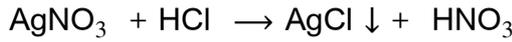
ب) مجموعة الزرنيخ: Sn^{2+} ، Sn^{4+} ، Sb^{3+} ، Sb^{5+} ، As^{3+} ، As^{5+} .

- مشعرها العام غاز H_2S في وسط حمضي .
- 3- الفئة الثالثة : تتألف من : Al^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Cr^{3+} مشعرها + NH_4OH NH_4Cl في وسط قلوي، وتترسب على شكل هيدروكسيدات .
- 4- الفئة الرابعة: Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} مشعرها Na_2S في وسط قلوي ضعيف
- 5- الفئة الخامسة : Sr^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} مشعرها $(NH_4)_2CO_3$ في وسط معتدل
- 6- الفئة السادسة : Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , NH_4^+ ليس لها مشعر عام .

التجارب العملية :

1- شوارد الفئة الأولى:

تجربة (9-136): خذ ثلاثة أنابيب وضع 2mL من محلول $AgNO_3$ في الأول، ومحلول $Hg_2(NO_3)_2$ في الثاني، ومحلول $Pb(NO_3)_2$ في الثالث، ثم أضف إلى كل منها عدة قطرات من حمض كلور الماء الممدد فتتشكل رواسب بيضاء اللون، كما في التفاعلات التالية :



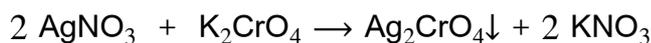
- الراسب $AgCl$ لا ينحل في الحموض الممددة لكنه ينحل في NH_4OH حيث يتشكل المعقد $[Ag(NH_3)_2]Cl$

- أما الراسب Hg_2Cl_2 لا يذوب في NH_4OH لكنه يسود بسبب تحرر الزئبق ذي اللون الأسود أثناء التفاعل .

- بينما الراسب $PbCl_2$ يذوب في NH_4OH ليتشكل الهيدروكسيد $Pb(OH)_2$ ، ويزوب في الماء الساخن .

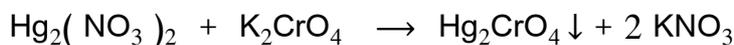
تجربة (9-137) : خذ ثلاثة أنابيب و ضع في كل منها 2 mL من محاليل $AgNO_3$, $Hg(NO_3)_2$, $Pb(NO_3)_2$ أضف إلى كل من هذه الأنابيب 2 mL من هيدروكسيد الصوديوم. ماذا تلاحظ ؟ اكتب التفاعلات الكيميائية الحاصلة .

تجربة (9-138) : أعد التجربة السابقة بإضافة 2mL من كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 إلى الأنابيب الثلاثة السابقة ، فتم التفاعلات التالية :



أحمر - آجري

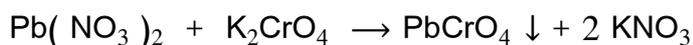
يذوب في HNO_3 الممدد وفي NH_4OH



راسب بني

يتحول بالتسخين إلى راسب أحمر لا ينحل

في القلويات ولا في HNO_3 الممدد

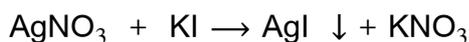


راسب أصفر

يذوب في القلويات القوية ، و بشكل أقل من HNO_3 الممدد

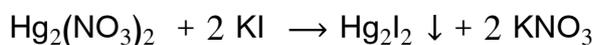
تجربة (9-139):

أعد التجربة (9-137) مرة ثانية بإضافة عدة قطرات من محلول KI إلى محاليل $AgNO_3$ ، $Hg(NO_3)_2$ ، $Pb(NO_3)_2$ فتتشكل الرواسب وتتم التفاعلات التالية :



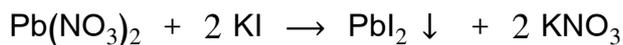
راسب أصفر

لا يذوب في NH_4OH



راسب أخضر

ينحل في زيادة من KI

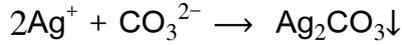


راسب أصفر

يذوب في الماء الساخن بوجود حمض الخل

تجربة (9-140) :

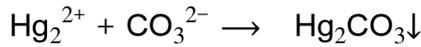
خذ ثلاثة أنابيب وضع 2 mL من محاليل AgNO_3 في الأول، $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ في الثاني ومحلول $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ في الثالث، ثم أضف إلى كل منها عدة قطرات من محلول كربونات الصوديوم الممدد Na_2CO_3 ، فتتم التفاعلات كما يلي :



راسب أبيض مصفر



راسب بني يذوب في محلول HNO_3 و NH_4OH



راسب أصفر

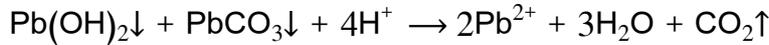


راسب رمادي مسود



راسب أبيض

بالتسخين للراسب ليس هناك أي تغير ملموس يحدث (بخلاف Ag^+ و Hg_2^{2+})، و يذوب الراسب في حمض الآزوت الممدد وحتى في حمض الخل، كما في التفاعل التالي :



تجربة (9-141) :

الكشف عن مزيج يحوي الشرجبات (Pb^{2+} , Hg_2^{2+} , Ag^+) يتم الكشف وفق المراحل التالية:

1- إضافة المشعر العام HCl إلى المزيج مع التحريك حتى يتم الترسيب بزيادة إضافة HCl إلى المزيج . يفصل الراسب المحتوي على PbCl_2 , Hg_2Cl_2 , AgCl يتم غسله بماء بارد لعدة مرات ثم بالماء المغلي (2 - 3 mL منه) فيذوب PbCl_2 ، رشح الراسب المتبقي فيمكن أن يكون Hg_2Cl_2 أو AgCl أو أحدهما (راسب 2). والرشاحة تحتوي PbCl_2 أضف إليها K_2CrO_4 فإذا تشكل

راسب أصفر فهذا دليل على وجود Pb^{2+} .

2- معالجة الراسب (2) لفصل شوارد Hg_2^{2+} , Ag^+ :

اغسل الراسب (2) بالماء الحار حتى لا تعطي الرشاحة أي راسب مع محلول K_2CrO_4 وبالتالي يتم التأكد من خلو الراسب من شوارد Pb^{2+} بشكل تام. أضف الراسب المتبقي محلول NH_4OH فيذوب $AgCl$ ، و ثم لتحصل على راسب (3) إذا كان أسود فهذا دليل على وجود $Hg_2^{2+} [(Hg NH_2)Cl + Mg]$ والرشاحة قد تحوي على Ag لتشكل $[Ag (NH_3)]^+$ وللتأكد من وجود Ag^+ في الرشاحة يضاف إلى قسم منها محلول KI فإن تشكل راسب أصفر من AgI فهذا يدل على وجود Ag^+ في المحلول الأساسي .

2- شوارد الفئة الثانية:

يُشكل H_2S في وسط حامضي مع الشوارد Pb^{2+} , Bi^{3+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} الكبريتيدات ويُعد الكشف بوساطة H_2S من العمليات التحليلية الهامة بهدف فصل الشرجبات عن بعضها البعض. ويتوقف ترسب الكبريتيدات على العوامل التالية :

- ذوبانية الكبريتيد المترسب .

- تركيز الشوارد المترسبة .

- تركيز شوارد الهيدروجين في المحلول .

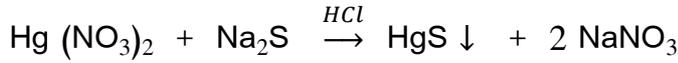
- درجة إشباع المحلول بـ H_2S .

- الكشف عن شاردة الزئبق Hg^{2+} :

التجارب العملية :

تجربة (9-142) :

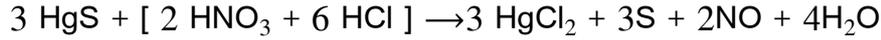
خذ 2mL من محلول نترات الزئبق في أنبوب اختبار ثم أضف إليها 1 mL من HCl الممدد ثم 2 mL من محلول Na_2S ، بعد التسخين للدرجة $70^\circ C$ ولمدة ثلاث دقائق، فيتشكل راسب أسود من كبريتيد الزئبق تبعاً للتفاعل التالي :



لا ينحل الراسب في الحموض المعدنية الممددة

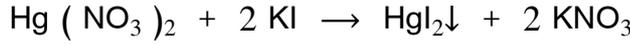
ولا في محاليل القلويات الممددة

لكنه ينحل في الماء الملكي، كما في التفاعل التالي:



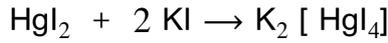
تجربة (9-143):

ضع في أنبوب اختبار 2mL من محلول نترات الزئبق ثم أضف إليها عدة قطرات من محلول يوديد البوتاسيوم KI يتشكل راسب أحمر من يوديد الزئبق وفق التفاعل التالي :

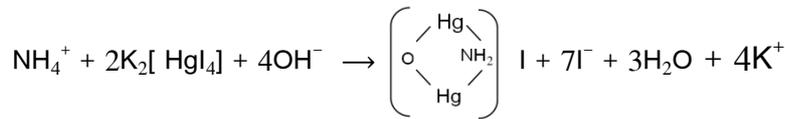


راسب أحمر

ينحل في زيادة من المشعر مشكلاً المعقد $[\text{HgI}_4]^{2-}$



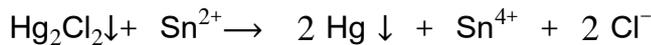
وبإضافة محلول NH_4OH مع قليل من قلوي مركز يتشكل راسب بني محمر:



يستخدم التفاعل للكشف عن NH_4^+ في الماء (مشعر نسلر) وللكشف عن شوارد Hg^{2+} .

تجربة (9-144):

أضف إلى 1mL من محلول $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ كمية مماثلة من محلول SnCl_2 محضر حديثاً، يتشكل أولاً راسب أبيض من Hg_2Cl_2 وبزيادة من SnCl_2 يتحول لون الراسب إلى الرمادي بسبب إرجاعه إلى الزئبق، كما تبينه التفاعلات التالية :

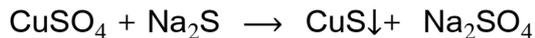


- الكشف عن شاردة Cu^{2+} :

تجربة (9-145):

ضع في أنبوب اختبار 3mL من محلول كبريتات النحاس CuSO_4 الأزرق اللون و 2 mL من HCl الممدد، ثم أضف للمزيج 2 mL من محلول Na_2S سخن

للدرجة 70°C لعدة دقائق فيتشكل راسب أسود من CuS، تبعاً للتفاعل التالي:

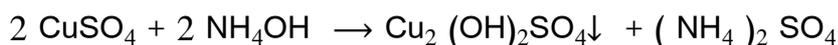


لا يذوب الراسب في H₂SO₄ الممدد عند الغليان، لكنه ينحل في HNO₃ الممدد الساخن، وفق التفاعل التالي :



تجربة (9-146) :

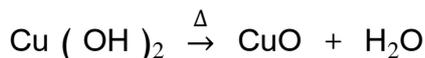
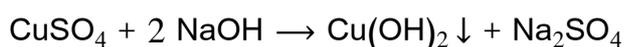
أضف عدة قطرات من NH₄OH الممدد إلى 3 mL من محلول CuSO₄، يتشكل راسب أزرق مخضر، كما في التفاعل التالي :



ينحل الراسب في زيادة الأمونيا ليتشكل المعقد أزرق اللون [Cu (NH₃)₄]²⁺.

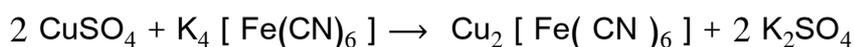
تجربة (9-147) :

أعد التجربة السابقة بإضافة محلول NaOH الممدد ، يتشكل راسب أزرق من الهيدروكسيد الذي يتحول بالتسخين على أكسيد النحاس الأسود :



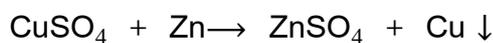
تجربة (9-148) :

ضع 2 mL من محلول CuSO₄ في أنبوب اختبار وأضف إليها عدة قطرات من محلول فروسيانيد البوتاسيوم، فيتشكل راسب أحمر من فروسيانيد النحاس Cu₂[Fe (CN)₆]، كما في التفاعل التالي :



تجربة (9-149) :

ضع قطعة من التوتياء أو الألمنيوم أو الحديد .. في محلول CuSO₄، فيترسب النحاس على قطعة المعدن تبعاً للتفاعل التالي :



- وضح نوع التفاعل الحاصل ؟

- الكشف عن شاردة الكاديوم Cd^{2+} :

تجربة (9-150) :

أضف إلى 4mL من محلول $CdSO_4$ و 2mL من HCl الممدد و 10 mL من الماء، ثم أضف عدة قطرات من محلول H_2S فيتشكل راسب أسود من CdS ، اكتب معادلة التفاعل الحاصل.

تجربة (9-151) :

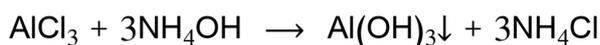
خذ أنبوبي اختبار وضع في كل أنبوب 2 mL من محلول $CdSO_4$ ، أضف للأنبوب الأول عدة قطرات من محلول $NaOH$ ، وللأنبوب الثاني عدة قطرات من محلول NH_4OH ، ماذا يحدث ؟ أضف للأنبوبين زيادة من محلول $NaOH$ وزيادة من محلول NH_4OH ، اكتب ملاحظتك ، ثم اكتب التفاعلات الكيميائية الحاصلة .

3 - شوارد (شرجبات) الفئة الثالثة :

تضم Fe^{2+} ، Fe^{3+} ، Al^{3+} ، Cr^{3+} مشعرها العام $NH_4Cl + NH_4OH$ في الوسط القلوي، تترسب شوارد هذه الفئة على شكل هيدروكسيدات ولها خواص قلوية ضعيفة .

تجربة (9-152) :

أضف إلى 2mL من محلول كلوريد الألمنيوم عدة قطرات من NH_4Cl ثم قطرة بعد قطرة من محلول هيدروكسيد الأمونيوم NH_4OH ثم التسخين للمزيج يتشكل راسب أبيض هلامي من هيدروكسيد الألمنيوم يذوب قليلاً في زيادة من المشعر، وتتناقص الذوبانية بحضور أملاح الأمونيوم :

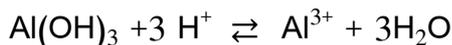
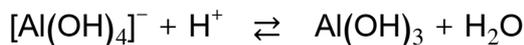
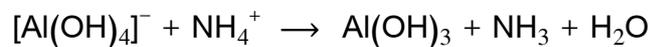
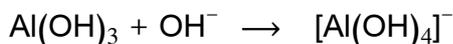
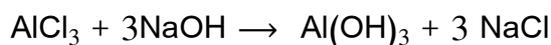


راسب يذوب في الحموض و القلويات القوية

تجربة (9-153) :

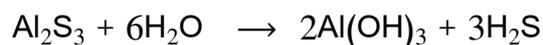
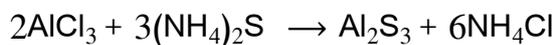
أضف إلى 2mL من محلول كلوريد الألمنيوم عدة قطرات من $NaOH$ يتشكل راسب أبيض هلامي من هيدروكسيد الألمنيوم يذوب الراسب في زيادة من المشعر مشكلاً الألومينات ويكون التفاعل في اتجاه واحد، وإن أي إضافة من مشعر يقلل من تركيز أيون الهيدروكسيل يؤدي إلى اتجاه التفاعل نحو اليسار، مثل كلوريد

الألمونيوم حيث تتشكل الأمونيا كأساس ضعيف يتم التخلص منه كغاز النشادر، أو بإضافة زيادة من حمض تؤدي إلى انحلال الراسب ، كما توضحه التفاعلات التالية:



تجربة (9-154) :

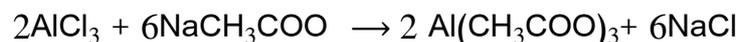
إن إضافة عدة قطرات من محلول كبريتيد الأمونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ إلى كمية قليلة من محلول AlCl_3 يتشكل راسب من هيدروكسيد الألمنيوم بسبب حلمة كبريتيد الألمنيوم المتشكل في البداية ، كما في التفاعلين التاليين :



وبنفس الطريقة يتفاعل كلوريد الألمنيوم مع كربونات الصوديوم ليتشكل الهيدروكسيد لأن كربونات الألمنيوم تتحلله بسرعة، اكتب التفاعل الحاصل .

تجربة (9-155) :

أضف إلى 3mL من محلول AlCl_3 كمية كافية من خلات الصوديوم، سخن المزيج حتى الغليان يتشكل راسب أبيض من خلات الألمنيوم القلوية تبعاً للتفاعل التالي :



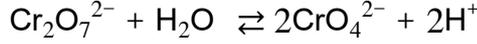
تجربة (9-156) :

خذ في أنبوب اختبار 2mL من محلول AlCl_3 ثم أضف إليه عدة قطرات من محلول هيدروفوسفات الصوديوم Na_2HPO_4 فيتشكل راسب أبيض جيلاتيني من فوسفات الألمنيوم الذي ينحل في الحموض القوية وفي محلول NaOH ولا ينحل في حمض الخل (بعكس فوسفات العناصر القلوية الترابية)، كما في التفاعل التالي:



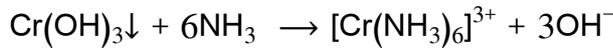
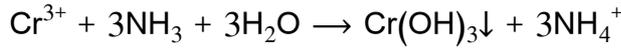
- تفاعلات الكروم ومركباته :

تعتبر أملاح الكروم ثابتة حيث تُشتق إما من أكسيد الكروم Cr_2O_3 أو من حمض الكروم H_2CrO_4 . تحتوي محاليل أملاح أكاسيد الكروم من شوارد ثلاثية التكافؤ Cr^{3+} . تتحول الشاردة Cr^{3+} إلى الشاردة Cr^{6+} كما في CrO_4^{2-} (لون أصفر) بتأثير المؤكسدات المختلفة لتتحول إلى الشاردة $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (لون برتقالي) وذلك في الوسط الحمضي :



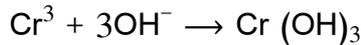
تجربة (9-157) :

ضع في أنبوب اختبار 2mL من محلول كلوريد الكروم (III) ثم أضف إليه 2mL من محلول هيدروكسيد الأمونيوم فيتشكل راسب جيلاتيني أخضر- رمادي إلى أزرق-رمادي من هيدروكسيد الكروم (III)، ينحل قليلاً بزيادة من الأمونيا ليشكل محلولاً بنفسجياً يحوي معقداً سداسياً أمين كرومات (III) $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ ، وبالغليان يترسب المعقد على شكل هيدروكسيد الكروم (III)، ولإتمام عملية الترسيب للهيدروكسيد من الضروري استمرار عملية الغليان وإضافة زيادة من محلول الأمونيا، كما هو موضح في التفاعلات التالية :



تجربة (9-158) :

أضف بضع قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم الممدد إلى 2ML من محلول كلوريد الكروم CrCl_3 (III)، يتشكل راسب من هيدروكسيد الكروم (III)، بزيادة من NaOH فينحل الراسب بسرعة مكوناً هيدروكسيد كرومات (III) (أيون الكروميت) وهو محلول لونه أخضر، كما في التفاعلات التالية :



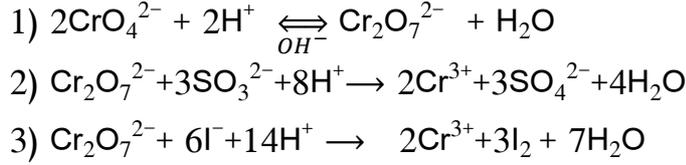
تجربة (9-159) :

خذ أنبوبي اختبار وضع في كل منهما 2ML من محلول CrCl_3 ، أضف إلى الأول محلول كربونات الصوديوم، وإلى الثاني محلول كبريتيد الأمونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ، ماذا

تلاحظ؟ اكتب التفاعلات الكيميائية الحاصلة ؟

تجربة (9-160) :

خذ أنبوبي اختبار وضع في كل أنبوب 2mL من محلول K_2CrO_4 الممدد. ثم أضف للأنبوبين حمض الكبريت الممدد H_2SO_4 حتى يصبح اللون برتقالياً بعدها أضف للأنبوب الأول عدة قطرات من محلول كبريتيت الصوديوم Na_2SO_3 وأضف للأنبوب الثاني عدة قطرات من محلول يوديد البوتاسيوم KI ، فنتم التفاعلات التالية :



اكتب تفاعلات الأكسدة والإرجاع النصفية للتفاعلين 2,3 .

- الكشف عن شاردي Fe^{2+} و Fe^{3+} :

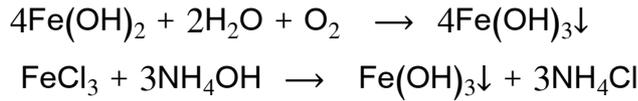
تجربة (9-161) :

ضع في أنبوبي اختبار 2mL من محلولي $FeCl_2$ و $FeCl_3$ ، أضف إلى كل منهما عدة قطرات من محلول هيدروكسيد الأمونيوم فيتشكل الهيدروكسيد الموافق :

$$FeCl_2 + 2NH_4OH \rightarrow Fe(OH)_2\downarrow + 2NH_4Cl$$

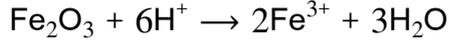
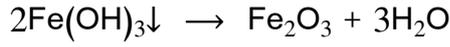
راسب أخضر - داكن

لا يذوب في زيادة من المشعر لكنه يذوب في الحموض ويتأكسد بسرعة في الهواء إلى الهيدروكسيد الثلاثي ذي اللون البني المحمر تبعاً للتفاعل :



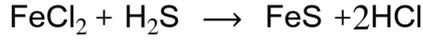
راسب جيلا تيني بني - محمر

لا يذوب في زيادة من المشعر لكنه يذوب في الحموض وبالتسخين الشديد يتحول إلى الأكسيد Fe_2O_3 الذي ينحل في حمض كلور الماء الكثيف والساخن :



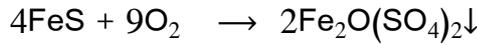
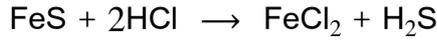
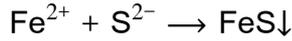
تجربة (9-162) :

خذ في أنبوبي اختبار 2mL من محلولي FeCl_2 و FeCl_3 يمرر في الأنبوبين كمية كافية من غاز H_2S (أو محلول غاز H_2S)، مع محلول Fe^{2+} لا يتم الترسب لـ FeS إلا في الوسط القلوي ، أما مع Fe^{3+} فترجع الشاردة إلى Fe^{2+} مع ترسب الكبريت S، كما توضحه التفاعلات التالية :

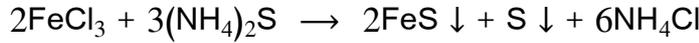


تجربة (9-163) :

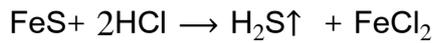
أعد التجربة السابقة باستخدام كبريتيد الأمونيوم بدلاً من H_2S ، مع Fe^{2+} يترسب FeS الذي ينحل بسرعة في الحموض مع انطلاق غاز H_2S ، ويتحول الراسب إلى لون بني عند تعرضه للهواء نتيجة تأكسده إلى كبريتات الحديد (III) القلوية تبعاً للتفاعلات التالية :



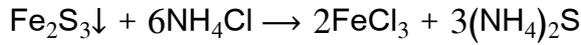
أما مع Fe^{3+} فيتشكل راسب أسود مؤلف من FeS و S :



يذوب FeS في HCl مع ظهور لون الكبريت الأبيض :



وفي الوسط القلوي يتشكل الراسب Fe_2S_3 ذو اللون الأسود :

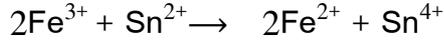


وعند إضافة HCl ترجع Fe (III) إلى Fe (II) والكبريت :



تجربة (9-164) :

أضف إلى 2mL من محلول $FeCl_3$ عدة قطرات من محلول $SnCl_2$ تلاحظ انعدام لون شاردة Fe^{3+} ، وفق التفاعل التالي :



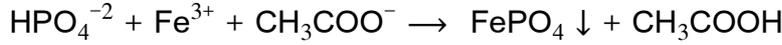
ناقش التفاعل اعتماداً على قيم كموني الأكسدة والإرجاع للمسرئين التاليين :

$$E^\circ (Fe^{2+}/Fe^{3+}) = +0.77V$$

$$E^\circ (Sn^{2+}/Sn^{4+}) = +0.15V$$

تجربة (9-165) :

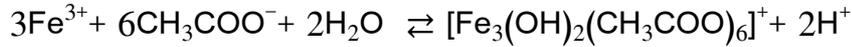
أضف إلى 2mL من محلول $FeCl_3$ نفس الكمية من محلول هيدرو فوسفات الصوديوم Na_2HPO_4 مع قليل من حمض الخل، فيترسب فوسفات الحديد (III) $FePO_4$ بلون أصفر شفاف، وفق التفاعل التالي :



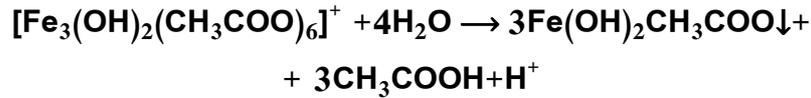
راسب ينحل في الحموض المعدنية ولا ينحل في حمض الخل الممدد لا يتم الترسيب بشكل تام في التفاعل السابق بسبب الحمض الحر الناتج، ويمكن جعل الترسيب كاملاً بإضافة ملح لحمض ضعيف مثل خلات الأمونيوم .

تجربة (9-166) :

أضف إلى 2mL من محلول $FeCl_3$ عدة قطرات من محلول خلات الصوديوم فينتج محلول بني محمر تبعاً لتشكل المعقد كما في التفاعل التالي :



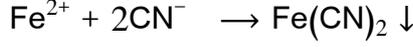
وبزيادة كمية المشعر CH_3COONa والذي يقوم بدور المحلول الموقفي يجعل التفاعل يتم بشكل تام أي باتجاه اليمين، أيضاً تمديد المحلول وغليانه يؤدي إلى تشكل راسب من خلات الحديد (III) ذي اللون البني المحمر تبعاً للتفاعل التالي :



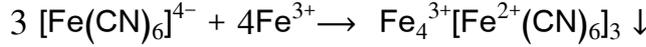
والزيادة من أيون الخلات يلعب مرة أخرى دور محلول موقفي ويصبح التفاعل تاماً أيضاً .

تجربة (9-167) :

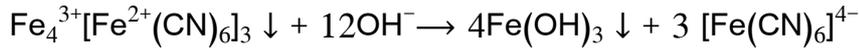
خذ في أنبوب اختبار 2mL من محلول FeCl_2 وأضف إليه عدة قطرات من محلول سيانيد البوتاسيوم KCN (سام جداً)، تحصل على راسب بني مصفر من سيانيد الحديد (II) وبزيادة من KCN يذوب الراسب معطياً محلولاً معقداً بلون أصفر - باهت، كما في التفاعلين التاليين:



أضف إلى المحلول المعقد عدة قطرات من محلول كلوريد الحديد (III) تحصل على راسب أزرق اللون يدعى برلين (Prussium blue):



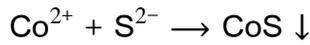
راسب أزرق لا ينحل في الحمض الممددة لكنه يتفكك في حمض كلور الماء المركز، وبوجود هيدروكسيد الصوديوم يتحول لون الراسب إلى الأحمر وفق التفاعل التالي :



- شوارد (شرجبات) الفئة الرابعة : تضم الشرجبات Zn^{2+} ، Mn^{2+} ، Co^{2+} ، Ni^{2+} المشعر العام لها غاز H_2S أو أملاحه مثل Na_2S في وسط قلوي ضعيف.

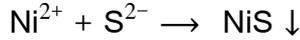
تجربة (9-168) :

ضع في ثلاثة أنابيب 2mL من محاليل MnCl_2 ، NiCl_2 ، CoCl_2 ثم أضف إلى كل أنبوب عدة قطرات من محلول كبريتيد الأمونيوم في وسط قلوي أو معتدل فنتشكل رواسب تبعاً للتفاعلات التالية :



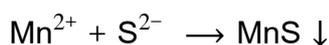
راسب أسود

لا يذوب في HCl الممدد أو حمض الخل لكنه يذوب في HNO_3 الساخن والمركز



راسب أسود

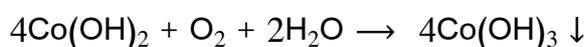
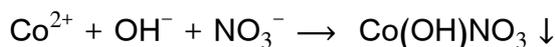
لا يذوب في HCl الممدد و البارد ولا في حمض الخل



راسب وردي

يذوب بسرعة في الحموض المعدنية وفي حمض الخل

تجربة (9-169) : ضع في أنبوب اختبار 2mL من محلول نترات الكوبالت $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ ، ثم أضف إليه عدة قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم فينتج على البارد راسب من الملح القلوي $\text{Co}(\text{OH})\text{NO}_3$ يتحول بالتسخين وبزيادة من الهيدروكسيد إلى راسب وردي من هيدروكسيد الكوبالت (II) الذي يتحول ببطء بوجود الهواء إلى هيدروكسيد الكوبالت (III) ذي اللون البني - المسود، كما توضحه التفاعلات التالية:

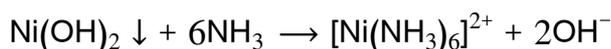
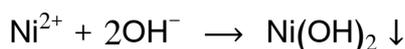


راسب بني مسود

يذوب بسرعة في الأمونيا وأملاح الأمونيا المركزة

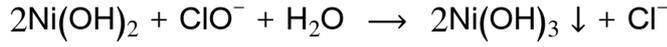
تجربة (9-170) :

أضف إلى 2mL من محلول NiCl_2 عدة قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم، فينتج راسب من هيدروكسيد النيكل (II) ذو لون أخضر ينحل بزيادة من الهيدروكسيد، وبوجود الأمونيا وأملاح الأمونيوم القلوية يذوب الراسب ليتشكل المعقد $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ بلون أزرق غامق، تبعاً للتفاعلات التالية :



أزرق غامق

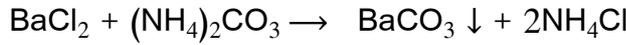
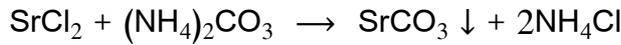
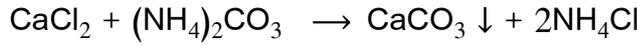
يتأكسد $\text{Ni}(\text{OH})_2$ إلى $\text{Ni}(\text{OH})_3$ ذي اللون الأسود بتأثير محلول هيبوكلوريت الصوديوم :



- شوارد (شرجبات) الفئة الخامسة: تتألف من شوارد Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} المشعر العام لها $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ بوجود محلول $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$.

تجربة (9-171) :

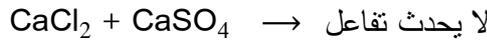
خذ 2mL من محاليل CaCl_2 , SrCl_2 , BaCl_2 في ثلاثة أنابيب اختبار، ثم أضف إليها محلول NH_4OH حتى قيمة $\text{PH} = 9$ وبعد ذلك أضف قليلاً من الملح الصلب NH_4Cl ، ثم سخن المحلول حتى الغليان أضف عندها 2mL من محلول كربونات الأمونيوم إلى الأنابيب الثلاثة فيتشكل في كل منها راسب أبيض من كربونات الشاردة الموافقة، كما في التفاعلات التالية :



تذوب الرواسب السابقة في الحموض المعدنية وفي حمض الخل .

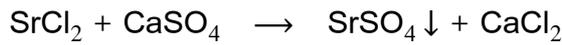
تجربة (9-172) :

خذ 2mL من محلول CaCl_2 في أنبوب اختبار وأضف إليه عدة قطرات من محلول CaSO_4 ، لا يحدث تفاعل ولا يتشكل راسب .



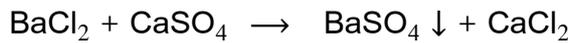
تجربة (9-173) :

أعد التجربة السابقة باستخدام SrCl_2 بدلاً من CaCl_2 فيتشكل راسب أبيض من SrSO_4 حيث يتشكل الراسب ببطء بالبرودة وبسرعة أكبر بالغليان، ينحل في HCl بالتسخين :



تجربة (9-174) :

أعد التجربة السابقة أيضاً باستخدام BaCl_2 بدلاً من SrCl_2 يتشكل مباشرة راسب من BaSO_4 ، لا ينحل في الحموض تبعاً للتفاعل التالي :



- شوارد (شرجبات) الفئة السادسة: تضم الصوديوم Na^+ والبوتاسيوم K^+ والمغنزيوم Mg^{2+} والأمونيوم NH_4^+ . ليس لشوارد هذه المجموعة مشعر عام كما في المجموعات السابقة وإنما لكل شاردة تفاعلها الخاص. كما أن هذه الشوارد وأملاحها تلون لهب مصباح بونزين بألوان خاصة، فمثلاً : الصوديوم ومركباته تعطي لوناً أصفر للهب بونزين. أما البوتاسيوم ومركباته فتعطي لوناً بنفسجياً . أيضاً يمكن الكشف عنها ببعض التفاعلات المميزة لكل شاردة، كما يلي:

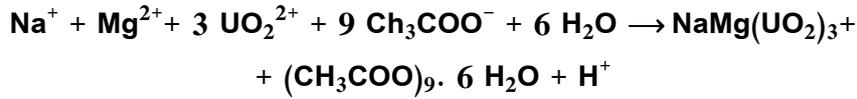
تجربة (9-175) :

أضف إلى 2 mL من محلول MgCl_2 عدة قطرات من محلول هيدرو فوسفات الصوديوم الحامضية Na_2HPO_4 فيتشكل راسب أبيض كالشمع. وفقاً للتفاعل :

$$\text{Mg}^{2+} + \text{HPO}_4^{2-} \rightarrow \text{MgHPO}_4 \downarrow$$

تجربة (9-176) :

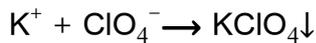
الكشف عن الصوديوم: خذ 2 mL من محلول NaCl ثم أضف إليه قليلاً من حمض الخل حتى يصبح المحلول حامضياً، ثم أضف إليه عدة قطرات من محلول أورانيل خلات المغنزيوم فيتشكل راسب بلوري أصفر من أورانيل خلات الصوديوم والمغنزيوم $\text{NaMg}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_9 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ وإن إضافة ما يعادل ثلث حجم المحلول من الكحول يساهم في عملية تشكيل الراسب :



بعد تجفيف الراسب يمكن فحصه تحت المجهر وملاحظة شكل البلورات .

تجربة (9-177) : (الكشف عن البوتاسيوم K)

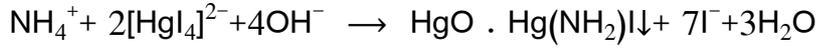
أضف إلى 2mL من محلول KCl عدة قطرات من محلول حمض فوق الكلور HClO_4 فيتشكل راسب أبيض بلوري من فوق كلورات البوتاسيوم KClO_4 :



يذوب الراسب في الماء بشكل ضئيل (3.2g/L في الدرجة 0°C)، وعملياً لا يذوب في الكحول ذي النقاوة العالية . ولا يتأثر التفاعل بوجود أملاح الأمونيوم.

تجربة (9-178) : (الكشف عن الأمونيوم NH_4^+)

أضف إلى 3mL من محلول مشعر نسلر $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ عدة قطرات من محلول النشادر فتحصل على راسب بني أو بني مصفر ويتوقف ذلك على كمية الأمونيا أو شوارد الأمونيوم في المحلول، تبعاً للتفاعل التالي:



ويمكن أن يوجد الراسب بصيغ أخرى مثل: I_2 و $3\text{HgO} \cdot \text{Hg}(\text{NH}_3)_2$ و $\text{NH}_2 \cdot \text{Hg}_2\text{I}_3$

والتفاعل دقيق جداً ويُستخدم للكشف عن وجود آثار من الأمونيا في مياه الشرب .

الجدول (1) بعض أزواج الأكسدة والإرجاع وكموناتها المعيارية

الحالة المرجعة	⇌	الحالة المتأكسدة	+Ze ⁻	الكمون القياسي E°(V)
Li	⇌	Li ⁺	+e ⁻	-3,04
K	⇌	K ⁺	+e ⁻	-2,92
Ca	⇌	Ca ²⁺	+2e ⁻	-2,87
Na	⇌	Na ⁺	+e ⁻	-2,71
Al	⇌	Al ³⁺	+3e ⁻	-1,68
Mn	⇌	Mn ²⁺	+2e ⁻	-1,19
Zn	⇌	Zn ²⁺	+2e ⁻	-0,76
S ²⁻	⇌	S	+2e ⁻	-0,48
Fe	⇌	Fe ²⁺	+2e ⁻	-0,41
Cd	⇌	Cd ²⁺	+2e ⁻	-0,40
Sn	⇌	Sn ²⁺	+2e ⁻	-0,14
Pb	⇌	Pb ²⁺	+2e ⁻	-0,13
H ₂ + 2H ₂ O	⇌	2H ₃ O ⁺	+2e ⁻	0
Sn ²⁺	⇌	Sn ⁴⁺	+2e ⁻	+0,15
Cu	⇌	Cu ²⁺	+2e ⁻	+0,34
2I ⁻	⇌	I ₂	+2e ⁻	+0,54
Fe ²⁺	⇌	Fe ³⁺	+e ⁻	+0,77
Ag	⇌	Ag ⁺	+e ⁻	+0,80
NO + 6H ₂ O	⇌	NO ₃ ⁻ + 4H ₃ O ⁺	+3e ⁻	+0,96
2Br ⁻	⇌	Br ₂	+2e ⁻	+1,07
6H ₂ O	⇌	O ₂ + 4H ₃ O ⁺	+4e ⁻	+1,23
2Cr ³⁺ + 21H ₂ O	⇌	Cr ₂ O ₇ ²⁻ + 14H ₃ O ⁺	+6e ⁻	+1,33
2Cl ⁻	⇌	Cl ₂	+2e ⁻	+1,36
Pb ²⁺ + 6H ₂ O	⇌	PbO ₂ + 4H ₃ O ⁺	+2e ⁻	+1,46
Au	⇌	Au ³⁺	+3e ⁻	+1,5
Mn ²⁺ + 12H ₂ O	⇌	MnO ₄ ⁻ + 8H ₃ O ⁺	+5e ⁻	+1,51
2F ⁻	⇌	F ₂	+2e ⁻	+2,87

الجدول (2) الجدول الدوري للعناصر

s orbital block		GROUPS																		p orbital block		
IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIIIB	VIII	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	IX	X	XI	XII		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)					
$1s^1$ H	$2s^1$ Li	$2s^2$ Be	$3s^1$ Na	$3s^2$ Mg	$3d^1$ Sc	$3d^2$ Ti	$3d^3$ V	$3d^4$ Cr	$3d^5$ Mn	$3d^6$ Fe	$3d^7$ Co	$3d^8$ Ni	$3d^9$ Cu	$3d^{10}$ Zn	$3d^{10} 4s^1$ Ga	$3d^{10} 4s^2$ Ge	$3d^{10} 4s^2 4p^1$ As	$3d^{10} 4s^2 4p^2$ Se	$3d^{10} 4s^2 4p^3$ Br	$3d^{10} 4s^2 4p^4$ Kr	$1s^2$ He	
$n=1$	$n=2$	$n=2$	$n=3$	$n=3$	$n=3$	$n=3$	$n=3$	$n=3$	$n=3$	$n=3$	$n=3$	$n=3$	$n=3$	$n=3$	$n=4$	$n=4$	$n=4$	$n=4$	$n=4$	$n=4$	$n=1$	
			$n=4$	$n=4$	$n=4$	$n=4$	$n=4$	$n=4$	$n=4$	$n=4$	$n=4$	$n=4$	$n=4$	$n=4$	$n=5$	$n=5$	$n=5$	$n=5$	$n=5$	$n=5$	$n=18$	
			$n=5$	$n=5$	$n=5$	$n=5$	$n=5$	$n=5$	$n=5$	$n=5$	$n=5$	$n=5$	$n=5$	$n=5$	$n=6$	$n=6$	$n=6$	$n=6$	$n=6$	$n=6$	$n=18$	
			$n=6$	$n=6$	$n=6$	$n=6$	$n=6$	$n=6$	$n=6$	$n=6$	$n=6$	$n=6$	$n=6$	$n=6$	$n=7$	$n=7$	$n=7$	$n=7$	$n=7$	$n=7$	$n=18$	
			$n=7$	$n=7$	$n=7$	$n=7$	$n=7$	$n=7$	$n=7$	$n=7$	$n=7$	$n=7$	$n=7$	$n=7$	$n=8$	$n=8$	$n=8$	$n=8$	$n=8$	$n=8$	$n=18$	
																					$n=18$	
																						$n=18$
																						$n=18$
																						$n=18$
																						$n=18$

LANTHANIDE SERIES ($n=6$)

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

f subshell being filled

ACTINIDE SERIES ($n=7$)

Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
----	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

f subshell being filled

الجدول (3) جدول الكتل الذرية النسبية للعناصر

Table of Relative Atomic Masses

Based on the Assigned Relative Atomic Mass of $^{12}\text{C} = 12$, the following values apply to elements as they exist in materials of terrestrial origin and to certain artificial elements.

Atomic Number	Name	Symbol	A_r	Atomic Number	Name	Symbol	A_r
89	Actinium	Ac	(227)	80	Mercury	Hg	200.6
13	Aluminium	Al	26.98	42	Molybdenum	Mo	95.9
95	Americium	Am	(243)	60	Neodymium	Nd	144.2
51	Antimony	Sb	121.8	10	Neon	Ne	20.18
18	Argon	Ar	39.95	93	Neptunium	Np	(237)
33	Arsenic	As	74.92	28	Nickel	Ni	58.70
85	Astatine	At	(210)	41	Niobium	Nb	92.91
56	Barium	Ba	137.3	7	Nitrogen	N	14.01
97	Berkelium	Bk	(247)	102	Nobelium	No	(259)
4	Beryllium	Be	9.012	76	Osmium	Os	190.2
83	Bismuth	Bi	209.0	8	Oxygen	O	16.00
5	Boron	B	10.81	46	Palladium	Pd	106.4
35	Bromine	Br	79.90	15	Phosphorus	P	30.97
48	Cadmium	Cd	112.4	78	Platinum	Pt	195.1
55	Caesium	Cs	132.9	94	Plutonium	Pu	(244)
20	Calcium	Ca	40.08	84	Polonium	Po	(209)
98	Californium	Cf	(251)	19	Potassium	K	39.10
6	Carbon	C	12.01	59	Praseodymium	Pr	140.9
58	Cerium	Ce	140.1	61	Promethium	Pm	(145)
17	Chlorine	Cl	35.45	91	Protactinium	Pa	231.0
24	Chromium	Cr	52.00	88	Radium	Ra	226.0
27	Cobalt	Co	58.93	86	Radon	Rn	(222)
29	Copper	Cu	63.55	75	Rhenium	Re	186.2
96	Curium	Cm	(247)	45	Rhodium	Rh	102.9
66	Dysprosium	Dy	162.5	37	Rubidium	Rb	85.47
99	Einsteinium	Es	(254)	44	Ruthenium	Ru	101.1
68	Erbium	Er	167.3	62	Samarium	Sm	150.4
63	Europium	Eu	152.0	21	Scandium	Sc	44.96
100	Fermium	Fm	(257)	34	Selenium	Se	78.9
9	Fluorine	F	19.00	14	Silicon	Si	28.09
87	Francium	Fr	(223)	47	Silver	Ag	107.9
64	Gadolinium	Gd	157.3	11	Sodium	Na	22.99
31	Gallium	Ga	69.72	38	Strontium	Sr	87.62
32	Germanium	Ge	72.6	16	Sulphur	S	32.06
79	Gold	Au	197.0	73	Tantalum	Ta	180.9
72	Hafnium	Hf	178.5	43	Technetium	Tc	(97)
2	Helium	He	4.003	52	Tellurium	Te	127.6
67	Holmium	Ho	164.9	65	Terbium	Tb	158.9
1	Hydrogen	H	1.008	81	Thallium	Tl	204.4
49	Indium	In	114.8	90	Thorium	Th	232.0
53	Iodine	I	126.9	69	Thulium	Tm	168.9
77	Iridium	Ir	192.2	50	Tin	Sn	118.7
26	Iron	Fe	55.85	22	Titanium	Ti	47.9
36	Krypton	Kr	83.80	74	Tungsten	W	183.8
57	Lanthanum	La	138.9	92	Uranium	U	238.0
103	Lawrencium	Lr	(260)	23	Vanadium	V	50.94
82	Lead	Pb	207.2	34	Xenon	Xe	131.3
3	Lithium	Li	6.94	70	Ytterbium	Yb	173.0
71	Lutetium	Lu	175.0	39	Yttrium	Y	88.91
12	Magnesium	Mg	24.30	30	Zinc	Zn	65.38
25	Manganese	Mn	54.94	40	Zirconium	Zr	91.22
101	Mendelevium	Md	(258)				

الجدول (4) كهرسلبيات العناصر

Increasing electronegativity



1A	H 2.1	2A											3A	4A	5A	6A	7A	8A								
	Li 1.0	Be 1.5	B 2.0	C 2.5	N 3.0	O 3.5	F 4.0		Na 0.9	Mg 1.2	3B	4B	5B	6B	7B	8B	1B	2B	Al 1.5	Si 1.8	P 2.1	S 2.5	Cl 3.0			
	K 0.8	Ca 1.0	Sc 1.3	Ti 1.5	V 1.6	Cr 1.6	Mn 1.5	Fe 1.8	Co 1.9	Ni 1.9	Cu 1.9	Zn 1.6	Ga 1.6	Ge 1.8	As 2.0	Se 2.4	Br 2.8	Kr 3.0								
	Rb 0.8	Sr 1.0	Y 1.2	Zr 1.4	Nb 1.6	Mo 1.8	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.2	Pd 2.2	Ag 1.9	Cd 1.7	In 1.7	Sn 1.8	Sb 1.9	Te 2.1	I 2.5	Xe 2.6								
	Cs 0.7	Ba 0.9	La-Lu 1.0-1.2	Hf 1.3	Ta 1.5	W 1.7	Re 1.9	Os 2.2	Ir 2.2	Pt 2.2	Au 2.4	Hg 1.9	Tl 1.8	Pb 1.9	Bi 1.9	Po 2.0	At 2.2									
	Fr 0.7	Ra 0.9																								

Increasing electronegativity

الجدول (5) بعض المعادن وأهم خاماتها وطرائق تحضيرها مع استعمالاتها المختلفة

المعدن	خامته	تحضيره	تأثير الماء	تأثير الهواء	الاستعمال
Al	Al ₂ O ₃ بوكسيت	التحليل الكهربائي لمصهور البوكسيت	يتشكل الأكسيد المعدني ينطلق غاز H ₂	-	في الصناعات المختلفة
Zn	ZnS	إرجاع الأكسيد بالكربون	-	-	مادة طلاء
Fe	هيماتيت Fe ₂ O ₃	إرجاع الأكسيد بالكربون	-	-	صناعة الصلب
Sn	كاسيتيريت SnO	إرجاع الأكسيد بالكربون	-	-	ألواح التصدير
Pb	جالينا PbS	طرائق كيميائية	لا يتأثر	تتشكل الأكاسيد بالتسخين	البطارية الرصاصة وقطع الأجهزة الكهربائية
Cu	بيريت النحاس CuFeS	طرائق كيميائية	لا يتأثر	تتشكل الأكاسيد بالتسخين	قطع الأجهزة الكهربائية
Hg	HgS	تسخين	لا يتأثر	تتشكل الأكاسيد بالتسخين	الترمومترات

يوضح الجدول (6) تصنيف بعض المواد الكيميائية المتوفرة في المختبرات الكيميائية ونوع المخاطر التي تنتج عنها:

الجدول (6) بعض المواد الكيميائية وأنواع المخاطر الناتجة عنها

نوع الخطر	العنصر والرمز الكيميائي
مشتعلة	Ca, Mg, Al, Zn
مشتعلة	NH ₄ NO ₃ , CaC ₂
مشتعلة-مهيجة	NaNO ₃ , (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈
مشتعلة-مهيجة	KMnO ₄ , KClO ₃
مشتعلة-سامة	KNO ₃ , CS ₂ , C ₆ H ₆
مشتعلة-حارقة	AgNO ₃
مشتعل-حارق	Na
حارقة-كاوية	NaOH, KOH, CaO, AlCl ₃ الحموض ، H ₂ O ₂ و Br ₂
سامة	Hg, HgO, HgCl ₂ , HCHO, CCl ₄ , KF ، الكحولات و C ₆ H ₅ OH,
ضارة و مهيجة	Na ₂ CO ₃ , NaNO ₃ , NaSCN, NiCl ₂ NH ₄ Cl, BaCl ₂ , Ba(OH) ₂ , K ₂ CrO ₄ PbO ₂ , K ₂ Cr ₂ O ₇ , CaCl ₂ , Pb(NO ₃) ₂ , FeCl ₃ , Zn(NO ₃) ₂ , MnO ₂ , PbO, Fe(NO ₃) ₃ Cu(NO ₃) ₂ ، اليود الصلب ، Pb(CH ₃ COO) ₂ , FeSO ₄ , HOC ₆ H ₄ COOH, (NH ₄) ₂ C ₂ O ₄

الجدول (7) كثافات بعض العناصر

Substance	Density (g/cm ³)	Substance	Density (g/cm ³)
hydrogen (gas)	0.000089	sand*	2.32
carbon dioxide (gas)	0.0019	aluminum	2.70
cork*	0.21	iron	7.86
oak wood*	0.71	copper	8.92
ethyl alcohol	0.789	silver	10.50
water	1.00	lead	11.34
magnesium	1.74	mercury	13.59
table salt	2.16	gold	19.30

الجدول (8) الحموض المركزة التجارية

النظامية التقريبية (N)	النسبة المئوية الوزنية (%)	الكتلة النوعية g/mL	الحمض
12	38	1.19	حمض كلور الماء
36	96	1.84	حمض الكبريت
16	70	1.42	حمض الأزوت
45	85	1.69	حمض الفوسفور
9	60	1.54	حمض فوق الكلور
17	99.5	1.54	حمض الخل الثلجي

ملحق 1- تحضير بعض الحموض والأسس الشائعة الاستخدام:

1- حمض الكبريت المركز :

التجاري منه سائل له قوام زيتي وذو كثافة عالية $d=1.84 \text{ g/Cm}^3$ وتركيزه 98%، لتحضير 1L من H_2SO_4 تركيز (1N) يؤخذ 55.4 mL من الحمض المركز وأضفها إلى 800 mL من الماء ببطء وحذر شديدين ومع التحريك الجيد، دع المزيج ليبرد، ثم أكمل الحجم إلى 1 lit . (يجب ارتداء القفازات و النظارات الواقية للوجه والعينين) .

2- حمض كلور الماء المركز :

التجاري منه ، سائل يشبه الماء مع رائحة غاز HCl المميزة ، يملك كثافة 1.19 g/cm^3 وتركيزه 36.5 % HCl ، لتحضير 1 Lit من HCl تركيزه (2N) يؤخذ 170 mL من الحمض وتضاف إلى كمية مناسبة من الماء مع التحريك ثم يكمل الحجم إلى 1 Lit .

3- حمض الآزوت المركز :

التجاري، يشبه الماء كسائل، كثافته 1.42 g/cm^3 وتركيزه 69.5% ولتحضير (2N) منه، خذ 128 mL من الحمض المركز وأضفها بحذر إلى 500mL من الماء مع التحريك ثم أكمل الحجم إلى 1 Lit .

4- حمض الخل :

المركز أو ما يسمى بحمض الخل الثلجي ، يتميز برائحته القوية يملك كثافة 1.06 g/cm^3 و تركيزه 99.5 % من الحمض، لتحضير (2N) منه يؤخذ 114 mL من حمض الخل الثلجي وتضاف إلى الماء ثم يمدد إلى 1 Lit .

5- هيدروكسيد الصوديوم :

لتحضير (1N) منه يؤخذ 40 g من هيدروكسيد الصوديوم الصلب ، وتحل في الماء بحذر (انتشار حرارة) بعد الذوبان بشكل كامل وترك المزيج ليبرد يمدد الحجم إلى 1Lit

6- هيدروكسيد الأمونيوم :

المركز، سائل يشبه الماء مع رائحة واخزة بسبب تبخر غاز النشادر، كثافته 0.90 g/cm^3 وتركيزه % 58.6 من النشادر، لتحضير محلول (2N) منه يؤخذ 134 mL من محلول الأمونيا المركز وتمدد مع الماء إلى 1Lit .

7- هيدروكسيد البوتاسيوم :

لتحضير (1N) منه يؤخذ 56 g من هيدروكسيد البوتاسيوم الصلب وتضاف إليها 50 mL ماء ثم التحريك حتى ذوبان كامل الهيدروكسيد تحرك المحلول حتى يبرد ثم يمدد حتى 1Lit .

8- هيدروكسيد الكالسيوم :

نذيب 200 gr من Ca (OH)_2 في 1 Lit من الماء المقطر ثم نرشح المحلول الناتج .

10- هيدروكسيد الباريوم : $\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

امزج 5gr من الهيدروكسيد في 100mL ماء، دعه يرقد لمدة ٢٤ ساعة . استخدم المحلول الصافي منه .

ملحق 2- تحضير بعض الأملاح المستخدمة بشكل واسع :

1- كربونات الأمونيوم :

لتحضير (1N) منه يُحل 96.1 gr في كمية قليلة من الماء ثم يمدد الحجم حتى 1 ليتر .

2- كلوريد الأمونيوم :

لتحضير (1N) منه يُحل 53.5 gr في كمية قليلة من الماء ويمدد حتى 1 ليتر . أما المحلول المشبع منه فيحضر كما يلي: أضف 10mL من الماء إلى 4gr من كلوريد الأمونيوم، سخن المزيج على حمام مائي، دعه يرقد واستخدم المحلول الصافي البارد منه

3- نترات الأمونيوم :

لتحضير (1N) منه يُحل 80 gr في كمية قليلة من الماء ثم يمدد الحجم حتى

الليتر.

4- أكسالات الأمونيوم :

لتحضير (0.1 N) منه يذاب 14.2 gr من الملح في الماء ثم أكمل الحجم إلى

الليتر .

5- برأ وكسي كبريتات الأمونيوم :

لتحضير 1N منه أذب 22.8 gr في كمية قليلة من الماء، وأكمل الحجم إلى

100mL .

لتحضير 0.1N منه أذب 22.8 gr في كمية قليلة من الماء، وأكمل الحجم حتى

الليتر .

6- كبريتات الأمونيوم :

لتحضير 1N منه أذب 132 gr في كمية قليلة من الماء، وأكمل الحجم حتى

1 ليتر

7- كلوريد الباريوم : $BaCl_2 \cdot 2H_2O$

لتحضير (0.25N) منه ، خذ 61.1 gr من الملح، وحله في كمية مناسبة من

الماء ثم أكمل الحجم إلى الليتر.

8- نترات الباريوم :

لتحضير (0.25N) منه ، خذ 65.3 gr من الملح، وحله في كمية مناسبة من الماء

ثم أكمل الحجم إلى الليتر.

9- نترات الكالسيوم المشبعة : $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$

امزج 80 gr منه مع 20 mL من الماء ، سخن المزيج على حمام مائي حتى تمام

الذوبان، واتركه ليبرد .

10- كبريتات الكالسيوم المشبعة : $CaSO_4 \cdot H_2O$

اخلط 0.35 gr من الملح في 100mL من الماء، دع المزيج يهدأ لمدة 24 ساعة

واستخدم المحلول النقي منه للاختبار .

11- ثيوكبريتات الصوديوم : $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$

لتحضير 0.5N منه، أذب 124.1 gr في كمية قليلة من الماء ثم أكمل الحجم إلى

الليتر .

12- كلوريد السترونسيوم : $SrCl_2 \cdot 6H_2O$

لتحضير 0.25N منه، يذاب 66.7 gr من الملح في قليل من الماء ثم يمدد الحجم إلى 1 ليتر .

13- نترات السترونسيوم : $Sr(NO_3)_2$

لتحضير 0.25N منه، يذاب 52.9 gr من الملح في الماء ثم يمدد الحجم إلى 1 ليتر .

14- كلوريد الكروم (III) : $CrCl_3 \cdot 6H_2O$

لتحضير (0,33N) منه، أذب 88,8 gr في قليل من الماء ثم أكمل الحجم إلى 1 ليتر .

15- كبريتات الكروم (III) : $Cr_2(SO_4)_3 \cdot 15H_2O$

لتحضير (0,167 N) منه، حل 110,4gr من الملح في كمية مناسبة من الماء ثم أكمل الحجم بالماء حتى 1 ليتر .

16- كرومات البوتاسيوم : K_2CrO_4

لتحضير (0,1N) منه، أذب 19,4gr من الملح في الماء ثم أكمل الحجم إلى ليتر .

17- ثاني كرومات البوتاسيوم : $K_2Cr_2O_7$

لتحضير (0,1N) منه، أذب 29,4 gr من الملح في الماء ثم أكمل الحجم إلى ليتر .

18- خلاص الرصاص : $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$

لتحضير (0,25 N) منه، أذب 95 gr من الملح مع التحريك في مزيج من 500 mL ماء و 10 mL حمض خل ثلجي، ثم أكمل الحجم بالماء حتى 1 ليتر .

19- نترات الرصاص : $Pb(NO_3)_2$

لتحضير محلول تركيزه (0,25 N) ، حل 82,8 gr من الملح في الماء ثم أكمل الحجم إلى 1 ليتر .

20- نترات الكوبالت (II) : $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$

لتحضير (0,5 N) منه، حل 146 gr من الملح في الماء ثم أكمل الحجم إلى 1 ليتر .

- 21- كبريتات النحاس : $CuSO_4 \cdot 5H_2O$**
لتحضير محلول تركيزه (0,25 N) ، حل 62,42 gr من الملح في الماء ثم أكمل الحجم إلى 1 ليتر .
- 22- سيليكات الصوديوم : Na_2SiO_3**
لتحضير (1N) منه، خذ 200 mL من محلول الزجاج المائع التجاري (30%) ثم أكمل الحجم إلى 1 ليتر .
- 23- رباعي بورات الصوديوم (البوراكس) : $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$**
لتحضير (0,1N) منه، أذب 38,1 gr من الملح في الماء ثم أكمل الحجم إلى 1ليتر .
- 24- برمنغنات البوتاسيوم : $KMnO_4$**
لتحضير (0,02 N) منه، أذب 3,16 gr من الملح في الماء، ثم أكمل الحجم إلى 1ليتر .
- 25- نترات البوتاسيوم KNO_2**
لتحضير (0,1N) منه، أذب 0,9 gr من الملح في الماء ثم أكمل الحجم إلى 1ليتر .
- 26- برومات البوتاسيوم : $KBrO_3$**
لتحضير (0,1N) منه، أذب 16,7 gr من الملح في الماء ثم أكمل الحجم إلى 1ليتر .
- 27- يودات البوتاسيوم KIO_3**
لتحضير (0,1N) منه ، أذب 21,4 gr من الملح في 500 mL من الماء الساخن، دعه ليبرد ، ثم أكمل الحجم إلى 1 ليتر .
- 28- مزيج المغنيزيا : (لتحضير 0,5 من المغنزيوم)**
أذب 102 gr من $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ، و 107 gr من NH_4Cl في الماء ثم مدد الحجم بالماء حتى 500 mL، ثم أضف 50 mL من الأمونيا المركزة بعدها أكمل الحجم بالماء إلى 1 ليتر .
- 29- كلوريد المنغنيز (II) : $MnCl_2 \cdot 4H_2O$**

لتحضير محلول (0,25 N)، حل 49,5 gr من الملح في الماء ثم أكمل إلى 1 ليتر

30- كلوريد الزئبق (II) : $HgCl_2$

لتحضير (0,05 N) منه، أذب 13,9 gr في الماء ثم أكمل الحجم إلى 1 ليتر

31- نترات الفضة : $AgNO_3$

لتحضير (0,1 N) منه، أذب 16,99 gr من الملح في الماء، وأكمل الحجم بالماء حتى 1 ليتر، احتفظ بالمحلول في زجاجة ملونة .

ولتحضير محلول تركيزه 20% ، حل 2gr من الملح في الماء ثم أكمل الحجم بالماء إلى 10 mL .

32- كبريتيد الصوديوم : Na_2S

لتحضير محلول تركيزه (2N) من الملح، خذ 16 gr من NaOH الصلب في بيشر وأضف إليه الصلب في بيشر وأضف إليه 20 mL ماء، حرك جيداً حتى تمام ذوبان الهيدروكسيد ، غط البيشر بوساطة زجاجة ساعة، أكمل الحجم بالماء حتى 100 mL ، خذ من المحلول 50 mL ومرر فيه غاز H_2S حتى الإشباع بعدها أضف محلول NaOH المتبقي إلى المحلول الأخير المشبع بـ H_2S فتحصل على المحلول المطلوب .

33- تحضير أوراق عباد الشمس :

(a) أذب 5gr من عباد الشمس التجاري في 30mL ماء مقطر ثم أضف إليه عدة قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم الممدد ، ثم اغمر أوراق الترشيح في المحلول وجففها .

(b) أذب 5gr من عباد الشمس التجاري في 30mL ماء مقطر ثم أضف إليه عدة قطرات من محلول حمض الكبريت الممدد ، ثم اغمر أوراق الترشيح في المحلول وجففها .

ملحق 3- تحضير بعض الكواشف الهامة :

1- ماء الكلور: يمرر غاز الكلور Cl_2 في الماء حتى درجة الإشباع في درجة حرارة الغرفة، بعدها يحفظ المحلول الناتج في زجاجات بنية اللون .

2- ماء البروم: خلط 35 gr من البروم السائل (1 Lit cm^3) في ليتر من الماء المقطر (يتم داخل ساحة غازات). انتبه للزيادة غير المنحلة من البروم . يُحفظ المحلول لمدة أسبوع .

3- محلول النشاء: تخلط 2 gr من النشاء مع كمية قليلة من الماء مع تحريك الجيد فتحصل على عجينة رخوة، نضع هذه العجينة في 150 cm^3 من الماء الغالي مع استمرار

الغليان لمدة من 5-10 دقائق تترك المحلول ليبرد ثم نفصل المحلول الرائق (يحضر عند الحاجة).

4- محلول نسلر Nessler :

أ - نذيب 10 gr من KI في 10 mL ماء .

ب- نحل 6 gr من HgCl_2 (II) في 100 mL ماء .

ج - نذيب 45 gr من KI في الماء ثم نكمل الحجم حتى 80 mL .

نضيف المحلول (ب) إلى المحلول (أ) قطرة بعد قطرة حتى يتشكل راسب، بعدها نضيف القسم (ج) مع التحريك، ثم نمدد المحلول بالماء المقطر حتى 200 mL، يترك المزيج لمدة 24 ساعة، ثم يرشح المحلول و يحفظ في زجاجات ملونة .

5- محلول فهلنغ Fehlinge"s :

أ - نذيب 34.64 من كبريتات النحاس في 500 cm^3 من الماء المقطر .

ب- نذيب 173 gr من ملح طرطرات الصوديوم و البوتاسيوم مع 52 gr من NaOH في 500 cm^3 من الماء المقطر. عند الحاجة لمحلول فهلنغ يخلط حجمان متساويان من (أ) و (ب) .

6- محلول اليود: نحل 12.7 gr من اليود I_2 ، و 25 gr من KI في كمية قليلة من الماء ثم نكمل الحجم إلى 1 Lit فنحصل على محلول تركيزه 0.05 N

7- صبغة عباد الشمس :

نضع 100 gr من بلورات عباد الشمس في 500 cm^3 من الماء الساخن نستمر في الغليان مع التحريك حتى ذوبان البلورات، نترك المحلول 24 ساعة، ثم نرشح المحلول الرائق ونضيف إليه 300 cm^3 من الكحول الإيثيلي النقي .

- 8- محلول الفينول فتالئين: نحل 0.5 gr من الفينول فتالئين في 150 cm^3 من الكحول الإيثيلي النقي ثم نمدد المحلول بالماء المقطر إلى 250 cm^3 .
- 9- الماء الأكسجيني: لتحضير محلول ماء أكسجيني تركيزه (10%)، خذ 30 mL من محلول ماء أكسجيني مركز (تركيزه 30%) ثم أضف إليه 60 mL ماء مع التحريك الجيد.
- 10- محلول تولن: خذ 2mL من محلول نترات الفضة (تركيزه 5%) ويضاف إليها قطرتان من محلول هيدروكسيد الصوديوم (تركيزه 10%). يتكون في البداية راسب بني من أكسيد الفضة يذوب بإضافة قطرات من محلول هيدروكسيد الأمونيوم (تركيزه 2%) وبالتالي يتكون المحلول المطلوب.
- 11- تحضير المشعر أورانييل أسيتات المغنزيوم : $\text{Mg}^{2+}\text{UO}_2^{2+}(\text{CH}_3\text{COO}^-)_4$
أذب 1g من خلاات الأورانييل $2 \text{ H}_2\text{O} \cdot (\text{CH}_3\text{COO})_2 \text{ UO}_2$ في 6 g من حمض الخل الثلجي و 100 mL ماء (محلول a) ثم أذب 33 g من خلاات المغنزيوم $\text{Mg}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ في 10 g من حمض الخل و 100 mL ماء (محلول b). امزج المحلولين a , b وتركهم لمدة 24 ساعة بعدها يتم الترشيح.

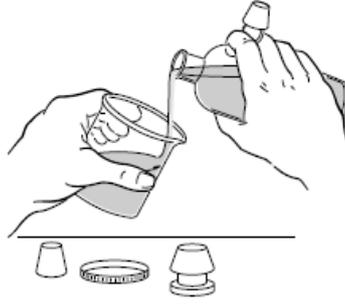
المراجع العربية

- 1- د. غدير ممدوح، الكيمياء اللاعضوية - الجزء العملي- منشورات جامعة البعث ، 2012/2011 .
- 2- د. أبو دان محمود، الكيمياء العامة و اللاعضوية - منشورات جامعة حلب، 1990.
- 3- د. محمد نصوح عليا، د. حسنة المنديل، د. ماهر كرمان، الكيمياء العامة واللاعضوية، منشورات جامعة حلب 1999-2000 .
- 4- د. العويس احمد عبد العزيز، أ. د. الخويطر سليمان بن حماد ، د. الواصل عبد العزيز إبراهيم، أ. د. السحيباني عبد العزيز بن عبد الله، الكيمياء العامة- دار الخريجي للنشر والتوزيع ، الرياض ١٤٢٥هـ.
- 5- د. إبراهيم زامل الزامل، د. محمد عبد العزيز الحجاجي، د. سعد عبد العزيز الطمرة، د. محمود محمد بانة، الكيمياء التحليلية - التحليل الحجمي والوزني- جامعة الملك سعود- الرياض ١٩٨٨ م.

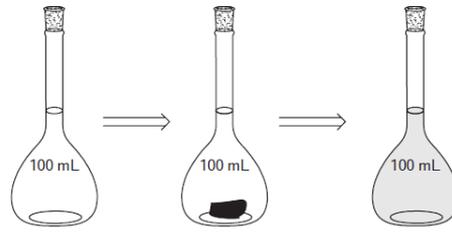
المراجع الأجنبية

- 1- VOGEL'S – Qualitative Inorganic Analysis – Revised by G.Svehla ; Sixth Ed., Longman Scientific & technical co published in the US with John Wiley & Sons, Inc., New York 1990 .
- 2- Inorganic Chemistry, by James E. House, Elsevier– AP, 2008.
- 3– Experiments in General Chemistry, by: V. Williamson, I. peck, Brook /col, 2009, USA.
- 4– Àltalános és szervetlen Preparatív Kémiai Gyakorlatok, by: H. György, Kis JÚia, Budapest, 1983 .
- 5– Experiments in General Chemistry, by: B. Stanton, L. Zhu, C.H.Atwood, Second Ed., Brook /col, 2011, USA.
- 6– General Chemistry (principles and Modern Applications), by L. Gelmini, R.W.Hilts, R.K.Wismer, eight ed., Prentice. Hall, Inc. 2002.
- 7– General, Organic, and Biological Chemistry, John Wiley & Sons, Nc, 2007.

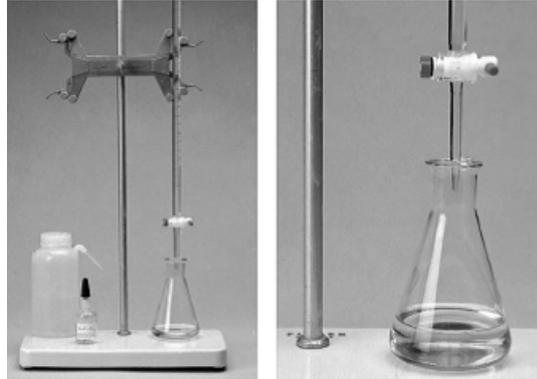
نبيين ما يلي بعض الأشكال التي توضح بعض العمليات المخبرية:



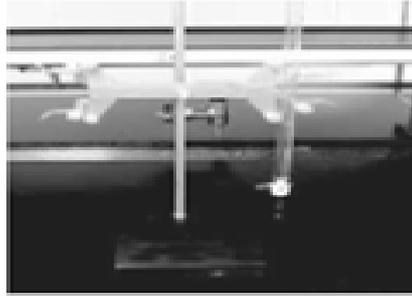
سكب المحاليل



تحضير 100mL محلول بإذابة مادة صلبة ما

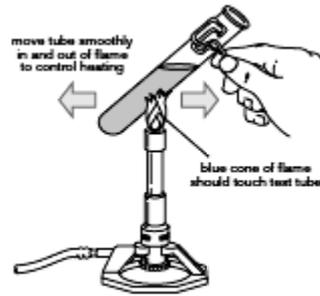


معايرة حمض بأساس

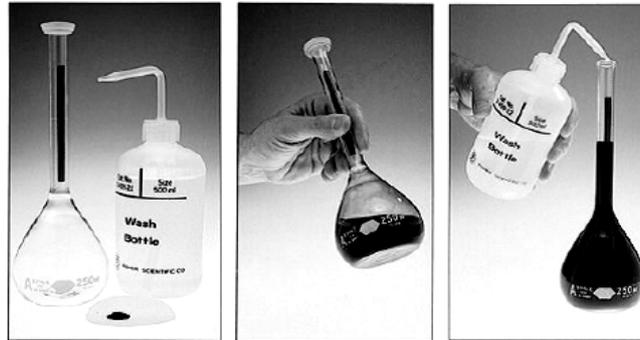


buret

عملية تثبيت السحاحة على حامل معدني



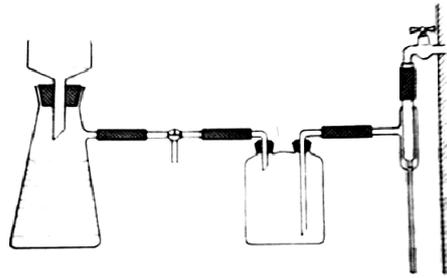
عملية تسخين أنبوب اختبار بواسطة مصباح بونزين



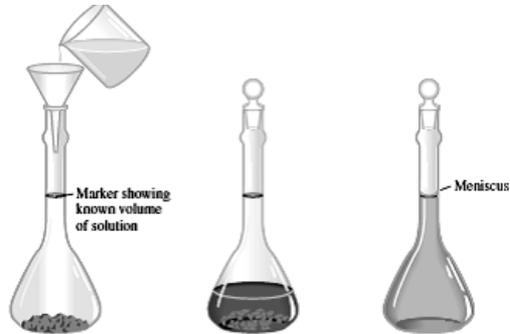
تحضير 0.01m من محلول $KMnO_4$



تفكك HgO بالحرارة إلى الزئبق والأكسجين، تتكاثف أبخرة الزئبق على الجزء
البارد من الأنبوب



عملية تجفيف تحت ضغط منخفض



تحضير محلول معروف المولارية

المصطلحات العلمية

عربي - إنكليزي

Acid – base dissociation constant	ثابت تشرد الحمض – الأساس
Acid – base reactions	تفاعلات حمض – أساس
Acid – base Titration	معايرة حمض – أساس
Acetic acid	حمض الخل
Ag	
Silver Bromide	بروميد الفضة
Silver Chloride	كلوريد الفضة
Silver iodide	يوديد الفضة
Silver nitrate	نترات الفضة
Alkaline	قلوي
Aluminum	الألمنيوم
Aluminum Chloride	كلوريد الألمنيوم
Aluminum hydroxide	هيدروكسيد الألمنيوم
Aluminum ion reaction	تفاعلات شاردة الألمنيوم
Aluminate ion as	أيون الألومينات
Aluminum Oxide	أكسيد الألمنيوم
Aluminum sulphide	كبريتيد الألمنيوم
Aluminum sulfate	كبريتات الألمنيوم
Ammonium ion	شاردة الأمونيوم
Ammonium chloride	كلوريد الأمونيوم
Ammonium moLybdate	موليبدات الأمونيوم
Ammonium hydroxide	هيدروكسيد الأمونيوم
Antimony (III) chloride	كلوريد الأنتيموان (III)
Antimony (III) hydroxide	هيدروكسيد الأنتيموان (III)

Arsenic	الزرنيخ
Arsenic acid (III)	حمض الزرنيخ (III)
Arsenic chloride	كلوريد الزرنيخ
Arsine	الأرزين
Atomic weights	الأوزان الذرية
Barium chloride	كلوريد الباريوم
Barium hydroxide	هيدروكسيد الباريوم
Barium ion reaction	تفاعلات شاردة الباريوم
Barium sulfate	كبريتات الباريوم
Base dissociation constant	ثابت تشرذ الأساس
Bicarbonate ion	شاردة البيكربونات
Bismuth hydroxide (III)	هيدروكسيد البزموت (III)
Boiling point	درجة الغليان
Borate salt	ملح البورات
Boric acid	حمض البور
Boron	البور
Borax	بوراكس
Bromine	البروم
Bromine water	ماء البروم
Bromides	البرومات
Bronsted – acids – Bases	أحماض وأسس برونستد
Buffer solutions	المحاليل الموقية
Bunsen burner	مصباح بونزين
Cadmium sulfate	كبريتات الكاديوم
Calcium	الكالسيوم
Calcium chloride	كلوريد الكالسيوم

Calcium Carbonate	كربونات الكالسيوم
Calcium bicarbonate	بيكربونات الكالسيوم
Calcium hydroxide	هيدروكسيد الكالسيوم
Calcium Sulfate	كبريتات الكالسيوم
Carbon tetrachloride	رباعي كلور الكربون
Carbon	الكربون
Carbon dioxide	ثاني أكسيد الكربون
Carbonate test	اختبار الكربونات
Chlorine reactions	تفاعلات الكلور
Chromate (III) ion	أيون الكرومات (III)
Chromatography	الكروماتوغرافيا
Chromium Chloride	كلوريد الكروم
Chromium hydroxide (III)	هيدروكسيد الكروم (III)
Chromium (III) ion	شاردة الكروم (III)
Chromium (III) Oxide	أكسيد الكروم (III)
Chromium peroxide	خماسي أكسيد الكروم
Chromite ion (III)	شاردة الكروميت (III)
Cobalt (II) ion	شاردة الكوبالت (II)
Cobalt (II) chloride	كلوريد الكوبالت (II)
Cobalt (II) nitrate	نترات الكوبالت (II)
Cobalt hydroxide (II)	هيدروكسيد الكوبالت (II)
Cobalt hydroxide (III)	هيدروكسيد الكوبالت (III)
Condensation	تكاثف
Cooper	النحاس
Cooper (II) ion	أيون النحاس (II)
Cooper Ferro cyanide	فروسيانيد النحاس

Cooper (I) oxide	أكسيد النحاس (I)
Cooper (II) hydroxide	هيدروكسيد النحاس (II)
Cooper (II) sulfate	كبريتات النحاس (II)
Cryolite	كريوليت
Crystallization	بلورة
Decanting	الإبانة
Density	كثافة
Dichromate ion	شاردة ثاني الكرومات
Dilute	ممدد
Disolve	يحل (يذيب)
Disproportionation	أكسدة وإرجاع ذاتي
Dissociation constant of water , acids and bases	ثابت تشرذ الماء والأحماض والأسس
Distillation	التقطير
Distribution coefficient	ثابت التوزع
$E^{\circ} (\text{Br}_2 / 2\text{Br}^-)$	كمون المسرى $(\text{Br}_2/2\text{Br}^-)$
$E^{\circ} (\text{Cl}_2 / 2\text{Cl}^-)$	كمون المسرى $(\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-)$
$E^{\circ} (2\text{H}^+ / \text{H}_2)$	كمون المسرى $(2\text{H}^+/\text{H}_2)$
$E^{\circ} (\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+})$	كمون المسرى $(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+})$
$E^{\circ} (\text{Pb}^{4+} / \text{Pb}^{2+})$	كمون المسرى $(\text{Pb}^{4+} / \text{Pb}^{2+})$
Equivalence Concentration	التركيز المكافئ
Equivalence point	نقطة التكافؤ
Extraction	الاستخلاص
Fehling reagent	مشعر فهلنغ
Filtrate	رشاحة
Filtration	ترشيح

Fluorine	الفلور
Freezing point	نقطة التجمد
Germanium	جرمانيوم
Gluconic acid	حمض الغلوكونيك
Glucose	الجليكوز
Gold	الذهب
Gold ion (III)	شاردة الذهب (III)
Gold tetrachloride	أيون - رباعي كلوريد الذهب
Griess - Losvay	اختبار الكشف عن شاردة النتريت
Halogens	الهالوجينات
Hg	
Mercury reaction	تفاعلات الزئبق
Mercury (II) ion	أيون الزئبق (II)
Mercury (II) acetate	أسيتات الزئبق (II)
Mercury (I) chloride	كلوريد الزئبق (I)
Mercury (I) carbonate	كربونات الزئبق (I)
Mercury (I) chromate	كرومات (I)
Mercury (I) iodide	يوديد الزئبق (I)
Mercury (II) iodide	يوديد الزئبق (II)
Mercury (I) nitrate	نترات الزئبق (I)
Mercury (II) nitrate	نترات الزئبق (II)
Mercury sulphide	كبريتيد الزئبق
Hy	
Hydrogen	الهيدروجين
- preparation	تحضير الهيدروجين
- properties	خواصه

Hydrogen chloride	كلوريد الهيدروجين
Hydrogen iodide	يوديد الهيدروجين
Hydrogen peroxide	فوق أكسيد الهيدروجين
Hydrogen sulphide reactions	كبريتيد الهيدروجين وتفاعلاته
hydrolysis	الحممة
Hypo Bromide acid	حمض هيبو البروميد
Hypo iodide acid	حمض هيبو اليوديد
Indicators	مشعرات
Iodine	اليود
Ion product of water	حاصل ضرب شوارد الماء
Iron (II) ion	شاردة الحديد (II)
Iron (III) ion	شاردة الحديد (III)
Iron (II) chloride	كلوريد الحديد (II)
Iron (III) chloride	كلوريد الحديد (III)
hexa ferrate (II) ion	أيون هيكسا فرات (II)
hexa ferrate (III) ion	أيون هيكسا فرات (III)
Iron oxide	أكسيد الحديد
Iron (II) hydroxide	هيدروكسيد الحديد (II)
Iron (III) hydroxide	هيدروكسيد الحديد (III)
Iron phosphate	فوسفات الحديد
Iron (II) sulfate	كبريتات الحديد (II)
K	البوتاسيوم
Potassium ion	شاردة البوتاسيوم
Potassium Bromide	بروميد البوتاسيوم
Potassium Bromate	برومات البوتاسيوم
Potassium cyanide	سيانيد البوتاسيوم

Potassium chlorate	كلورات البوتاسيوم
Potassium chromate	كرومات البوتاسيوم
Potassium dichromate	ثاني كرومات البوتاسيوم
Potassium tetra Iodomercurate (II)	بوتاسيوم رباعي يود زئبقات (II)
Potassium iodide	يوديد البوتاسيوم
Potassium iodate	يودات البوتاسيوم
Potassium nitrate	نتريت البوتاسيوم
Potassium nitrate	نترات البوتاسيوم
Potassium permanganate	برمنغنات البوتاسيوم
Mg	مغنزيوم
Magnesium (II) ion	أيون المغنزيوم (II)
Magnesium chloride	كلوريد المغنزيوم
Magnesium hydroxide	هيدروكسيد المغنزيوم
Magnesium sulfate	كبريتات المغنزيوم
Marsh test (As)	اختبار مارش (زرنخ)
Manganese (II) ion	شاردة المنغنيز (II)
Manganese chloride	كلوريد المنغنيز
Manganese dioxide	ثاني أكسيد المنغنيز
Manganese hydroxide	هيدروكسيد المنغنيز
Manganese sulfate	كبريتات المنغنيز
Melting point	نقطة الغليان
Meta silicic acid	حمض ميتا السيليك
MoLarity	المولارية
MoLality	المولالية
MoLe	المول
Na	الصوديوم

Sodium Aluminate	ألومينات الصوديوم
Sodium carbonate	كربونات الصوديوم
Sodium chloride	كلوريد الصوديوم
Sodium chlorite	كلوريت الصوديوم
Sodium iodide	يوديد الصوديوم
Sodium nitrate	نترات الصوديوم
Sodium oxalate	أوكسالات الصوديوم
Sodium oxide	أكسيد الصوديوم
Sodium peroxide	بيروكسيد الصوديوم
Sodium silicate	سيليكات الصوديوم
Sodium sulfate	كبريتات الصوديوم
Sodium sulfide	كبريتيد الصوديوم
Sodium sulfite	كبريتيت الصوديوم
Sodium tetra borate	رباعي بورات الصوديوم
Sodium tetra thionate	رباعي ثيونات الصوديوم
Sodium thiosulfate	ثيو كبريتات الصوديوم
Nessler reagent	مشعر نسلر
Neutral	معتدل
Ni	النيكل
Nickel (II) ion	شاردة النيكل (II)
Nickelate (II) hexamine ion	شاردة سداسي أمين نيكلات (II)
Nickel (II) chloride	كلوريد النيكل (II)
Nickel (II) hydroxide	هيدروكسيد النيكل (II)
Nickel (III) hydroxide	هيدروكسيد النيكل (III)
Nitrate ion	شاردة النترات
Nitrite ion	شاردة النتريت

Nitrogen	الآزوت
Nitrogen acid	حمض الآزوت
Nitrogen compounds	مركبات الآزوت
Normal solutions	محاليل نظامية
Normality	النظامية
Normality of Redox Reactions	النظامية في تفاعلات الأكسدة و والإرجاع
Oxalic acid	حمض الحماض
Oxidation	أكسدة
Oxygen	الأكسجين
Pb	
Lead	الرصاص
Lead acetate	خلات الرصاص
Lead (II) bromide	بروميد الرصاص (II)
Lead (II) chloride	كلوريد الرصاص (II)
Lead chromate	كرومات الرصاص
Lead (II) dioxide	ثاني أكسيد الرصاص (II)
Lead hydroxide	هيدروكسيد الرصاص
Lead iodide	يوديد الرصاص
Lead (II) ion	شاردة الرصاص (II)
Lead nitrate	نترات الرصاص
Lead sulfate	كبريتات الرصاص
Lead sulphide	كبريتيد الرصاص
Phosphate ion	شاردة الفوسفات
- disodium hydrogen	فوسفات هيدروجين ثنائية الصوديوم

Phase	طور
PPm	جزء من المليون
Precipitation	ترسيب
Prussium blue	أزرق برلين
purification	تنقية
Qualitative analysis	التحليل الكيفي
Quantitative analysis	التحليل الكمي
Rate of reaction	سرعة التفاعل
Redox reactions	تفاعلات الأكسدة والإرجاع
Reagent	مشعر
Sample	عينة
Sedimentation	الترسيب
Selenium compounds	السيلينيوم
Separatory funnel	قمع فصل
Silicate ion	شاردة السيليكات
Silicon dioxide	ثاني أكسيد السيليكون
Sodium	الصوديوم
Solubility Product Constant	جاء ثابت الذوبانية
Solvent	محل (مذيب)
Soxhlet	جهاز الاستخلاص
Sublimation	تصعد (تسامي)
Sulfate ion	شاردة الكبريتات
Sulphide ion	شاردة الكبريتيد
Sulfite ion	شاردة الكبريتيت
Sulphur	الكبريت
Sulfuric acid	حمض الكبريت

T	
Thiosulfate acid	ثيو حمض الكبريت
Tellurium compounds	مركبات التيلوريوم
Thiosulfate	ثيو حمض الكبريت
Thiosulfate ion	شاردة الثيو كبريتات
Tin	القصدير
Tin (II)	شاردة القصدير (II)
Tin (IV)	شاردة القصدير (IV)
Tin chloride	كلوريد القصدير
Tin (II) hydroxide	هيدروكسيد القصدير (II)
Tin sulfate	كبريتات القصدير
Uranyl ion	شاردة اليورانيل
Uranyl acetate	أسيتات اليورانيل
Vapour Pressure	ضغط البخار
Viscosity	لزوجة
Volume	حجم
Volumetric analysis	تحليل حجمي
Water glass	الماء الزجاجي
Zinc	التوتياء
Zinc (II) ion	شاردة التوتياء (II)
Zinc chloride	كلوريد التوتياء
Zinc cyanide	سيانيد التوتياء
Zinc hydroxide	هيدروكسيد التوتياء
Zinc sulfate	كبريتات التوتياء