جامعة الملك سعود
King Saud University

كلية العلوم

قسم الكيمياء

مذكرة

٢٥١ كيم و٢٥٣ كيم

كيمياء تحليلية (عملي)

إعداد وتنسيق

المحاضر/إبراهيم بن سليمان العاصم

المحاضر/أحمد أمين جمعة

المعيد/عبد الناصر محمود كرامي

كلية العلوم - قسم الكيمياء

الفهرس

الصفات العامة للشقوق الحمضية (الأنيونات المدروسة ١٦ أنيون)							
م	المجموعة	الكاشف(المرسّب)	الوسط	الأنيونات المختزلة	الأنيونات المتطايرة	الأنيونات المحتوية على الكبريت	ملاحظات
	المجموعة الأولى (I)	تترسب على هيئة أملاح باريوم	متعادل أو قاعدي (راسب أبيض)				
١	كبريتات (SO_4^{-2})					√	
٢	كبريتيت (SO_3^{-2})		متعادل أو قاعدي	√	√	√	متطابقان في الصفات
٣	ثيوكبريتات ($S_2O_4^{-2}$)			√	√	√	كبريتيت + ثيوكبريتات
٤	كربونات (CO_3^{-2})	كلوريد الباريوم **($BaCl_2$)**			√		
٥	فوسفات (PO_4^{-3})						
٦	بورات ($B_4O_7^{-2}$)						
٧	كرومات (CrO_4^{-2})						محلولها ملون (أصفر)
٨	أوكسالات ($C_2O_4^{-2}$)			√			
	المجموعة الثانية (II)	تترسب على هيئة أملاح الفضة					
١	كلوريد (Cl^-)		متعادل أو قاعدي في وسط حمضي من **HNO_3**				
٢	بروميد (Br^-)	نترات الفضة **($AgNO_3$)**		√			متطابقان في الصفات
٣	يوديد (I^-)			√			بروميد + يوديد
٤	كبريتيد (S^{-2})	يشترط بقاء الراسب بعد التحميض		√	√	√	متطابقان في الصفات
٥	ثيوسيانات (SCN^-)			√	√	√	بروميد + يوديد
	المجموعة الثالثة (III)	ليس لها مرسب					
١	نتريت (NO_2^-)			√	√		
٢	نترات (NO_3^-)						
٣	خلات (CH_3COO^-) مادة عضوية						

قاعدة احتمال الأنيون:

١) **الحالة الأولى:**

إذا كان المحلول المجهول يحتوي على أنيون واحد فقط من الأنيونات المدروسة فيتم احتمال هذا الأنيون بالنظر إلى توفر جميع صفاته السلبية والايجابية (لاحظ أن هناك أنيونات متطابقة في الصفات) ويتم استبعاد الأنيون إذا تخلفت إحدى هذه الصفات.

٢) **الحالة الثانية:**

إذا كان المحلول المجهول يحتوي على أكثر من أنيون من الأنيونات المدروسة فيتم احتمال هذا الأنيون بالنظر إلى توفر جميع صفاته الايجابية فقط ويتم استبعاد الأنيون إذا تخلفت إحدى هذه الصفات الايجابية.

ملاحظات عامة:

١- تم تقسيم الأنيونات إلى ثلاث مجموعات حسب الكاشف الذي يرسب انيونات كل مجموعة من محلولها الذائبة فيه؛ أو حسب قيمة حاصل الاذابة **(Ksp)** لأملاح هذه الأنيونات.

٢- إذا كان الوسط حمضياً (مفاعلتها مع **HCl** أو **H_2SO_4**) نستبعد وجود الأنيونات المتطايرة لأنها تتفكك وتتحول إلى غاز أو راسب فتنفصل عن المحلول.

٣- إذا كان المحلول المجهول عديم اللون نستبعد وجود أنيون الكرومات **(CrO_4^{-2})** لأن محلولها ملون.

٤- يقصد (بالأنيونات المختزلة) تلك الأنيونات التي تتفاعل مع العامل المؤكسد **$KMnO_4$** (لونه بنفسجي) وتحول لون **$KMnO_4$** البنفسجي إلى لون آخر.

٥- يقصد (بالأنيونات المتطايرة) تلك الأنيونات التي تتفكك (على هيئة غاز أو راسب) وتنفصل عن المحلول عند إضافة حمض قوي (مثل **HCl** أو **H_2SO_4**) إلى محلول هذه الأنيونات (راجع ملاحظة رقم ٢ أعلاه).

مثال:

$$CO_3^{2-} + H_2SO_4 \rightarrow CO_2\uparrow + SO_4^{2-} + H_2O$$

٦- طريقة الكشف عن المحلول المجهول كما يلي:

رقم المجهول/.....

لون المحلول/ .....

حموضة المحلول/.....

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	ترسيب المجموعة الأولى		
٢	ترسيب المجموعة الثانية		
٣	الكشف عن الأنيونات المختزلة		
٤	الكشف عن الأنيونات المتطايرة		
٥	الكشف عن الأنيونات الكبريتية		

- الأنيونات المحتملة على ضوء التجارب السابقة هي؛(تطبيق قاعدة الاحتمال).

١-..... **و ٢**-..... **و ٣**-.....

و ٤- .....**و ٥**-.....

ثم نجري التجارب التأكيدية لهذه الأنيونات المحتملة حسب ترتيبها في المجموعات.

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	الكشف عن:.....		
٢	الكشف عن:.....		
٣	الكشف عن:.....		
٤	الكشف عن:.....		

[التجارب العامة]

(الكشف عن مخلوط مجهول من الأنيونات ويرمز لها بـ Y)

الملاحظات العامة:

١- **الحالة:**إما **صلبة** أو **سائلة** ومعظمها أنيونات سائلة.

٢- **اللون:**إذا كان عديم اللون نستبعد الكرومات CrO_4^{-2}.

٣- **تأثير ورقة تباع الشمس:**إذا كان الوسط حمضياً نستبعد الأنيونات المتطايرة [SO_3^{-2} ، CO_3^{-2} ، NO_2^-، SCN^-، S^{--} ، $S_2O_3^{-2}$].

١-الكشف عن عناصر المجموعة الأولى :

نأخذ ١مل من المجهول ثم نضيف ١٠قطرات **(1mL)** من محلول هيدروكسيد الأمونيوم NH_4OH **(7)**، وبعد التأكد من قاعدية الوسط نضيف **(1mL)** من كلوريد الباريوم **BaCl2 (13)**، فإذا تكون راسب أبيض دلنا هذا على وجود أحد أنيونات الأولى .

٢-الكشف عن عناصر المجموعة الثانية :

نأخذ ١مل من المجهول ثم نضيف **(1mL)** من نترات الفضة $AgNO_3$ **(51)**، فإن تكون راسب دل هذا على احتمال وجود أحد أنيونات المجموعة الثانية، وللتأكد نضيف **(2mL)** من حمض النتريك المخفف HNO_3 **(40)**، فإن لم يذب الراسب في الحمض دل ذلك على وجود أنيونات هذه المجموعة.

٣- الكشف عن الأنيونات المختزلة :

نأخذ ١مل من المجهول ثم نضيف **(1mL)** من حمض الكبريتيك H_2SO_4 **(62)**، ,ونتأكد من أن الوسط أصبح حامضياً **(استعمل ورقة تباع الشمس الزرقاء)**، ثم نضيف قطرتين من برمنجات البوتاسيوم **(49)** فإذا اختلفى لونها البنفسجي دل ذلك على وجود أحد الأنيونات المختزلة.

٤-الكشف عن عناصر الأنيونات المتطايرة :

نأخذ ١مل من المجهول ثم نضيف عبر جدار الأنبوب ١٠قطرات (**1mL**) من حمض الكبريتيك **H_2SO_4 (62)**، فإذا تكون راسب أو ظهرت فقاقيع (فوران) دل هذا على وجود أنيون متطاير.

٥-الكشف عن الأنيونات الحاوية على كبريت :

نأخذ ١مل من المجهول ثم نضيف (**1mL**) من محلول هيدروكسيد الصوديوم **NaOH (58)**، لجعل الوسط قاعدياً، ثم نضيف (**1mL**) برمنجات البوتاسيوم **$KMnO_4$ (49)** ثم نسخن في حمام مائي لمدة دقيقة، وبعدها نبرد المحلول ونضيف (**3mL**) من حمض الهيدروكلوريك **HCl (30)** ثم نضيف فوق ثاني أكسيد الهيدروجين **H_2O_2 (31)** حتى يزول لون البرمنجنات وأخيراً نضيف (**1mL**) كلوريد الباريوم **$BaCl_2$ (13)** فإن تكون راسب أبيض من كبريتات الباريوم دل هذا على وجود أحد الأنيونات الحاوية على الكبريت.

ملاحظة(١): إذا كان لون برمنجنات البوتاسيوم قد زال قبل إضافة **H_2O_2** فلا حاجة إلى إضافة **H_2O_2** بل يضاف **$BaCl_2$** مباشرة.

ملاحظة(٢): في حال التحليل لمخلوط مجهول من الأنيونات وكانت النتيجة احتوائه على أنيونات من المجموعة الأولى والثانية فإننا نستبعد وجود أنيون من المجموعة الثالثة(وذلك عند ترسيب المجموعتين الأولى والثانية وكان المحلول لا يحتوي إلا على أنيونين فقط).

الكشف المميز (التأكيدي)

أولاً: الكشف عن أنيونات المجموعة الأولى:

١) الكبريتات [SO_4^{-2}]:

خذ (1mL) من المجهول ثم أضف (1mL) كلوريد الباريوم $BaCl_2$ (13)، فيتكون راسب أبيض ثم نضيف (1mL) من حمض الهيدروكلوريك HCl (30) (لاحظ أن الوسط حمضي)، نلاحظ عدم ذوبان الراسب وهذا يدل على وجود الكبريتات.

٢) الكبريتيت [SO_3^{-2}]:

أضيف إلى (1mL) من المجهول (1mL) من نترات الاسترانشيوم المشبّع (60)، فإذا تكون راسب أبيض دل على وجود الكبريتيت.

٣) ثيوكبريتات [$S_2O_3^{-2}$]:

نضيف إلى (1mL) من المجهول (1mL) من حمض الهيدروكلوريك HCl (30) حتى يصبح المحلول حمضياً(**ورقة تباع الشمس الزرقاء**)، ثم نسخن على حمام مائي فإذا ظهرت عكارة أو راسب أصفر دل ذلك على وجود الثيوكبريتات.

٤) الفوسفات[PO_4^{-3}]:

نضيف إلى (1mL) من المجهول (1mL) من حمض النتريك المركز HNO_3 (39) (كن حذراً والاضافة في خزانة الغازات). ثم نضيف نترات الأمونيوم NH_4NO_3 (9) و(2mL) من مولبيدات الأمونيوم(8) (رج العبوة جيداً)، ثم نسخن فإذا ظهر راسب أصفر دل ذلك على وجود الفوسفات.

٥) الكربونات [CO_3^{-2}]:

انقل (3 mL) من المجهول إلى أنبوبة اختبار متصلة بأنبوبة اختبار أخرى بها ماء الجير [هيدروكسيد الكالسيوم]، ثم أضف إلى المجهول (1mL) من حمض الهيدروكلوريك HCl (30) ، فيتصاعد CO_2 ويعكر ماء الجير نتيجة لتكون كربونات الكالسيوم.

ملاحظة: في الكشف عن الكربونات CO_3^{2-}.

[وصّل الأنبوبة بسرعة مع الرج الشديد حتى تظهر العكارة في الأنبوبة التي تحتوي ماء الجير].

(٣) مل من المحلول المجهول

+

(١) مل من مل من **(30)HCl**

(٢) مل من

ماء الجير

الشكل(١) طريقة إجراء الكشف عن الكربونات (CO_3^{2-})

٦) **البورات [$B_4O_7^{-2}$]:**

انقل **(1mL)** من المجهول إلى أنبوبة اختبار، ثم نضيف قطرتين من دليل **[ph.ph] (78)** فيتلون المحلول باللون الوردي، ثُم نضيف الجليسرين **(74)**، فإذا اختفى اللون الوردي دل ذلك على وجود البورات.

٧) **الأكسالات [$C_2O_4^{-2}$]:**

نأخذ **(1mL)** من المجهول، ثم نضيف قطرات من حمض الخل **(1)** حتى يصبح الوسط حامضياً ، ثم نضيف **(1mL)** مل من نترات الكالسيوم **(17)**، ثم نسخن فإذا تكون راسب أبيض دل ذلك على وجود الأكسالات.

٨) **الكرومات [CrO^{-4}]:**

تعرف من لون محلولها الأصفر.

ثانياً: الكشف عن أنيونات المجموعة الثانية:

١) **الكلوريد [Cl^-]:**

نضيف إلى **(1mL)** من المجهول **(1mL)** من نترات الفضة $AgNO_3$ **(51)**، ثم نضيف **(1mL)** من حمض النتريك HNO_3 **(40)** فيتكون راسب أبيض يقسم الراسب إلى قسمين **جزء (أ)** يتحول إلى اللون البنفسجي عند تعرضه لضوء الشمس **وجزء آخر(ب)** يذوب بإضافة هيدروكسيد الأمونيوم NH_4OH **(7)**.

٢) **البروميد واليوديد [Br^- ، I^-]:**

خذ **(2mL)** من المجهول وأضف إليه **(1mL)** من حمض الهيدروكلوريك **HCl (30)** حتى يصبح المحلول حمضياً، ثم نضيف **(2mL)** من رابع كلوريد الكربون **(20)**، ثم نضيف **(1mL)** من ماء الكلور**(21)**، [حديث التحضير أصفر اللون(داخل غرفة الغازات)] **(21)**، ثم نغلق الأنبوبة بغطاء مناسب ونرج بقوة فإذا ظهر لون بنفسجي في الطبقة العضوية **[الطبقة السفلى]** دل ذلك على وجود اليوديد، وأما إذا كان لون الطبقة العضوية برتقالي دل ذلك على وجود البروميد.

٣) **الكبريتيد[S^{-2}]:**

نضيف قطرات من محلول الأمونيا **(7)** إلى **(1mL)** من المجهول حتى يصبح قاعدياً، ثم نضيف **(2mL)** من محلول نترات رباعي أمين الزنك **(63)** فإذا تكون راسب أبيض دل ذلك على وجود الكبريتيد.

٤) **الثيوسيانات [SCN^-]:**

نأخذ **(1mL)** من المجهول ونضيف عليه قطرات من حمض الهيدروكلوريك **HCl (30)** حتى يصبح المحلول حمضياً، ثم نضيف **(1mL)** من محلول كلوريد الحديد**(III) (26)** فإذا تلون المحلول باللون الأحمر الدموي دل ذلك على وجود الثيوسيانات،

ثالثاً: الكشف عن أنيونات المجموعة الثالثة:

١) **النتريت [NO_2^-]:**

نأخذ (**1mL**) من المجهول، ثم نضيف (**1mL**) من كبريتات الحديدوز حديثة التحضير (يفضل إذابة قليل من الملح الصلب في الكمية المأخوذة من المجهول) ثم نحمض بحمض الخل فيتكون لون بني غامق.

٢) **النترات [NO_3^-]:**

نأخذ (**1mL**) من المجهول، ثم نضيف كمية من كبريتات الحديدوز بجعل الأنبوبة بشكل مائل، ثم نضيف بحذر حمض الكبريتيك المركز حتى يصبح طول الطبقة (**2mL**)، مع مراعاة عدم السماح للمحلول بالامتزاج بالحامض، فتتكون طبقة رقيقة بنية تدل على وجود النترات.

٣) **الخلات [$CH3COO^-$]:**

أ) **اختبار الرائحة:** نأخذ (**1mL**) من المجهول، ثم نضيف (**1mL**) من حمض الكبريتيك، ثم نضيف (**2mL**) من محلول كبريتات النحاسيك، ثم نسخن المحلول حتى الغليان فإذا ظهرت رائحة الخل دل ذلك على وجود الخلات.

ب) **اختبار خلات الحديد القاعدية.**

رقم المجهول/ (.....)

لون المحلول/ (.....) ونستبعد أو لا نستبعد الكرومات

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	الكشف عن المجموعة الأولى		
٢	الكشف عن المجموعة الثانية		
٣	الكشف عن الأنيونات المختزلة		
٤	الكشف عن الأنيونات المتطايرة		
٥	الكشف عن الأنيونات الكبريتية		

ملاحظة:

استنتاج الأنيونات المحتملة (اتبع القاعدة المناسبة في الاحتمال ص ٦).

.....

.....

الكشف التأكيدي عن الأنيونات المحتملة للمجهول رقم ..... : (راجع ص ٧ – ١١).

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	الكشف عن:.....		
٢	الكشف عن:.....		
٣	الكشف عن:.....		
٤	الكشف عن:.....		
٥	الكشف عن:.....		

رقم المجهول/ (.....)

لون المحلول/ (.....) ونستبعد أو لا نستبعد الكرومات

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	الكشف عن المجموعة الأولى		
٢	الكشف عن المجموعة الثانية		
٣	الكشف عن الأنيونات المختزلة		
٤	الكشف عن الأنيونات المتطايرة		
٥	الكشف عن الأنيونات الكبريتية		

ملاحظة:

استنتاج الأنيونات المحتملة (اتبع القاعدة المناسبة في الاحتمال ص ٦).

.....

.....

الكشف التأكيدي عن الأنيونات المحتملة للمجهول رقم ..... : (راجع ص ٧ – ١١).

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	الكشف عن:.....		
٢	الكشف عن:.....		
٣	الكشف عن:.....		
٤	الكشف عن:.....		
٥	الكشف عن:.....		

رقم المجهول/ (.....)

لون المحلول/ (.....) ونستبعد أو لا نستبعد الكرومات

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	الكشف عن المجموعة الأولى		
٢	الكشف عن المجموعة الثانية		
٣	الكشف عن الأنيونات المختزلة		
٤	الكشف عن الأنيونات المتطايرة		
٥	الكشف عن الأنيونات الكبريتية		

ملاحظة:

استنتاج الأنيونات المحتملة (اتبع القاعدة المناسبة في الاحتمال ص ٦).

.....

.....

الكشف التأكيدي عن الأنيونات المحتملة للمجهول رقم ..... : (راجع ص ٧ – ١١).

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	الكشف عن:.....		
٢	الكشف عن:.....		
٣	الكشف عن:.....		
٤	الكشف عن:.....		
٥	الكشف عن:.....		

رقم المجهول/ (.....)

لون المحلول/ (.....) ونستبعد أو لا نستبعد الكرومات

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	الكشف عن المجموعة الأولى		
٢	الكشف عن المجموعة الثانية		
٣	الكشف عن الأنيونات المختزلة		
٤	الكشف عن الأنيونات المتطايرة		
٥	الكشف عن الأنيونات الكبريتية		

ملاحظة:

استنتاج الأنيونات المحتملة (اتبع القاعدة المناسبة في الاحتمال ص ٦).

.....

.....

الكشف التأكيدي عن الأنيونات المحتملة للمجهول رقم ..... : (راجع ص ٧ – ١١).

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	الكشف عن:.....		
٢	الكشف عن:.....		
٣	الكشف عن:.....		
٤	الكشف عن:.....		
٥	الكشف عن:.....		

رقم المجهول/ (.....)

لون المحلول/ (.....) ونستبعد أو لا نستبعد الكرومات

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	الكشف عن المجموعة الأولى		
٢	الكشف عن المجموعة الثانية		
٣	الكشف عن الأنيونات المختزلة		
٤	الكشف عن الأنيونات المتطايرة		
٥	الكشف عن الأنيونات الكبريتية		

ملاحظة:

استنتاج الأنيونات المحتملة (اتبع القاعدة المناسبة في الاحتمال ص ٦).

.....

.....

الكشف التأكيدي عن الأنيونات المحتملة للمجهول رقم ..... : (راجع ص ٧ – ١١).

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	الكشف عن:.....		
٢	الكشف عن:.....		
٣	الكشف عن:.....		
٤	الكشف عن:.....		
٥	الكشف عن:.....		

طريقة تحليل مجهول بسيط من الكاتيونات

سوف يتم تقسيم الكاتيونات (تحمل شحنة موجبة) للكشف عنها إلى ست مجموعات ويرمز لها**(X):**

المجموعة الأولى

وتشتمل على ثلاثة كاتيونات هي:

الرصاص pb^{++}، الزئبق **(I)** Hg_2^{++}، الفضة Ag^{+} .

ترسب كاتيونات المجموعة **الأولى** على هيئة **كلوريدات** بواسطة حمض الهيدروكلوريك المخفف.

مرسب المجموعة الأولى هو **حمض الهيدروكلوريك المخفف** ***HCl*** .

$$pb^{++} + 2Cl^{-} \Longleftrightarrow pbCl_2 \downarrow$$

راسب أبيض

طريقة التجربة: (ترسيب المجموعة) خذا **(1mL)** من المحلول المجهول وأضف عليه بضع قطرات من حمض الهيدروكلوريك المخفف **(30)** فإذا تكون **راسب أبيض** دل على وجود المجموعة الأولى.

<u>الكشف عن الرصاص:</u> (الكشف التأكيدي) خذ ١مل من المجهول وأضف عليه بضع قطرات من حمض الخل المخفف (1) ثم ١مل من كرومات البوتاسيوم (43) يتكون **راسب أصفر** من كرومات الرصاص.

$$pb^{++} + CrO_4^{-2} \Longleftrightarrow pbCrO_4 \downarrow$$

راسب أصفر (كرومات الرصاص)

المجموعة الثانية

ترسب كاتيونات المجموعة **الثانية** على **هيئة كبريتيدات(Salfite) في وسط حمضي**، وكاتيونات المجموعة تقسم إلى قسمين:

أ) [لا تذوب في **KOH**] وتشمل كاتيونات.

الزئبق Hg^{++}، الرصاص pb^{++}، البزموت Bi^{+++}، النحاس Cu^{++} [محلول ملون باللون الأزرق] ، الكادميوم Cd^{++}.

ب) [تذوب في **KOH**] وتشمل كاتيونات.

الزرنيخ As^{+++}، الأنتيمون Sb^{+++}، القصدير Sn^{++}.

* يمكن فصل المجموعة الثانية (أ) من الثانية (ب) بإضافة محلول هيدروكسيد البوتاسيوم حيث أن راسب الثانية (أ) لا يذوب في الوسط القاعدي بينما يذوب راسب الثانية (ب).

** تم تكرار كاتيون الرصاص في المجموعة الثانية بسبب عدم اكتمال ترسيبه في المجموعة الأولى.

- **مرسب المجموعة الثانية** هو **غاز كبريتيد الهيدروجين** H_2S [رائحة البيض الفاسد] في **وسط حمضي** والذي يمكن تحضيره من تسخين الثيو أسيتاميد.

$$CH_3\text{-}CS\text{-}NH_2 + H_2O \xrightleftharpoons{\Delta} CH_3\text{-}CO\text{-}NH_2 + H_2S$$

طريقة التجربة: (ترسيب المجموعة) بعد استبعاد المجموعة الأولى، خذ **(1mL)** من المجهول وأضف بضع قطرات من حمض الهيدروكلوريك المخفف **(30)** ثم أضف **(1mL)** من الثيوأسيتاميد **(64)** وسخن في حمام مائي (في غرفة الغازات) فإذا تكون **راسب أسود أو بني مسود** دل ذلك على وجود أحد كاتيونات المجموعة الثانية.

<u>الكشف عن الزئبق (II):</u> (الكشف التأكيدي) خذ **(1mL)** من المجهول وأضف عليه **(1mL)** من كلوريد القصدير **(II)(59)** [حديث التحضير] فإذا تكون راسب أبيض أو رمادي دل على وجود الزئبق **(II).**

المجموعة الثالثة

ترسب كاتيونات المجموعة **الثالثة** على **هيئة هيدروكسيدات (ملونة) في وسط قاعدي**، وكاتيونات المجموعة هي:

الألومنيوم Al^{+++}، الحديد Fe^{+++}، الكروم Cr^{+++}.

أبيض جلاتيني أحمر بني أخضر مزرق

- **مرسب المجموعة الثالثة هو كلوريد الأمونيوم المخفف و هيدروكسيد الأمونيوم.**

$$Al^{+++} + NH_4OH \rightleftharpoons Al(OH)_3\downarrow + NH_4^+$$

طريقة التجربة: (ترسيب المجموعة) بعد استبعاد المجموعة الأولى والثانية، خذ **(1mL)** من المجهول وأضف **(1mL)** من كلوريد الأمونيوم المخفف **(5)** ثم **(2mL)**من هيدروكسيد الأمونيوم **(7)** المخفف مع الرج بشدة، فإذا تكون راسب أبيض جلاتيني دل ذلك على وجود أحد كاتيونات المجموعة الثالثة.

الكشف عن الألومنيوم (II): (الكشف التأكيدي) خذ **(1mL)**من المجهول وأضف عليه بضع قطرات من صبغة الألومنيون **(3)** ثم **(1mL)** من هيدروكسيد الأمونيوم **(7)**، فإذا تكون راسب لونه أحمر زاهي من هيدروكسيد الألومنيوم ممتز بصبغة على سطحه دل على وجوده.

انتبه: مرسب المجموعة الثالثة قد يرسب كاتيونات الأولى والثانية لذلك يأخذ ترسيب المجموعات بالترتيب.

المجموعة الرابعة

ترسب كاتيونات المجموعة **الرابعة** على **هيئة كبريتيدات في وسط قاعدي**، وكاتيونات المجموعة هي: الكوبالت Co^{++}، النيكل Ni^{++}، المنجنيز Mn^{++}، الزنك Zn^{++} يسمى بالتوتياء أو الخارصين

- **مرسب المجموعة الرابعة** هو **الثيو أسيتاميد**.

$$CH_3\text{-}CS\text{-}NH_2 + H_2O \xrightleftharpoons{\Delta} CH_3\text{-}CO\text{-}NH_2 + H_2S$$

طريقة التجربة: (ترسيب المجموعة) بعد استبعاد عناصر المجموعات الثلاث السابقة، خذ **(1mL)** من المجهول ثم أضف قطرات من محلول هيدروكسيد الأمونيوم **(7)** وأضف **(1mL)** من محلول الثيوأسيتاميد **(64)** وسخن في الحمام المائي (في غرفة الغازات) فإذا تكون راسب أبيض دل على وجود أحد كاتيوناتها.

الكشف عن الزنك: (الكشف التأكيدي) نفس التجربة السابقة (وهي أن تجري ترسيب للمجموعة).

المجموعة الخامسة

ترسب كاتيونات المجموعة الرابعة على **هيئة فوسفات في وسط قاعدي**، وكاتيونات المجموعة هي: الكالسيوم Ca^{++}، الاسترانشيوم Sr^{++}، الباريوم Ba^{++}، المغنسيوم Mg^{++} .

- **مرسب المجموعة الخامسة هو فوسفات الأمونيوم الهيدروجينية.**

$$3Ba^{++} + 2(NH_4)_2HPO_4 \rightleftharpoons Ba_3(PO_4)_2\downarrow + 4NH^+_4$$

طريقة التجربة: (ترسيب المجموعة) بعد استبعاد عناصر المجموعات الأربعة السابقة، خذ **(1mL)** من المجهول ثم أضف قطرات من محلول (الأمونيا) هيدروكسيد الأمونيوم **(7)** وأضف **(1mL)** من فوسفات الأمونيوم الهيدروجينية **(11)** فإذا تكون راسب أبيض دل على وجود أحد كاتيوناتها وليكن الباريوم،

الكشف عن الباريوم: (الكشف التأكيدي).

١. في تجربة كشف اللهب يعطي لون أخضر تفاحي.
٢. خذ **(1mL)** من المجهول ثم أضف ١مل من كرومات البوتاسيوم **(43)** يعطي راسب أصفر من كرومات الباريوم.

المجموعة السادسة

(ليس لها مرسّب)، وكاتيونات هذه المجموعة هي:

الصوديوم Na^+، البوتاسيوم K^+، الأمونيوم NH_4^+.

طريقة التجربة: بعد استبعاد عناصر المجموعات الخمسة السابقة، يمكن التعرف على العنصر بتجربة كشف اللهب.

الصوديوم لون **اللهب أصفر ذهبي** والبوتاسيوم لون **اللهب بنفسجي**.

ملاحظات:

١- في كل كشف يؤخذ محلول جديد من نفس المجهول.
٢- كشف اللهب يجري على المحلول المجهول في خزانة الغازات.
٣- تكتب جميع النتائج السلبية والايجابية في الجدول.
٤- لا بد من الترتيب في الكشف فيبدأ بالأولى ثم الثانية ثم الثالثة وهكذا، حتى يكشف الكاتيون ومن ثم تعمل التجربة التأكيدية ويقفل الجدول.
٥- لا بد من معرفة:
   أ- مرسب كل مجموعة.
   ب- الوسط الذي ترسب فيه.
   ت- الهيئة الكيميائية (الشكل) الذي ترسب عليه كاتيونات كل مجموعة (كلوريدات أو هيدروكسيدات.....الخ).
   ث- ومعرفة الكاتيون الذي اخترته وصيغته في كل مجموعة.
   ج- محاليل الكاتيونات:

(Cu^{2+} ، Cr^{3+} ، Fe^{3+} ، Co^{2+} ، Ni^{2+}) ملونة.

رقم المجهول/ (.....)

ملاحظة: تجري تجارب الكشف عن المجهول في الكاتيونات بالترتيب.

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	المجموعة الأولى		
٢	المجموعة الثانية		
٣	المجموعة الثالثة		
٤	المجموعة الرابعة		
٥	المجموعة الخامسة		
٦	التأكيدية		

رقم المجهول/ (.....)

ملاحظة: تجري تجارب الكشف عن المجهول في الكاتيونات بالترتيب.

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	المجموعة الأولى		
٢	المجموعة الثانية		
٣	المجموعة الثالثة		
٤	المجموعة الرابعة		
٥	المجموعة الخامسة		
٦	التأكيدية		

رقم المجهول/ (.....)

ملاحظة: تجري تجارب الكشف عن المجهول في الكاتيونات بالترتيب.

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	المجموعة الأولى		
٢	المجموعة الثانية		
٣	المجموعة الثالثة		
٤	المجموعة الرابعة		
٥	المجموعة الخامسة		
٦	التأكيدية		

مراجعة عامة لكشف الأنيونات والكاتيونات:

أولاً: الأنيونات:

رقم المجهول/ (.....)

لون المحلول/ (.....) ونستبعد أو لا نستبعد الكرومات

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	الكشف عن المجموعة الأولى		
٢	الكشف عن المجموعة الثانية		
٣	الكشف عن الأنيونات المختزلة		
٤	الكشف عن الأنيونات المتطايرة		
٥	الكشف عن الأنيونات الكبريتية		

ملاحظة:

استنتاج الأنيونات المحتملة (اتبع القاعدة المناسبة في الاحتمال ص ٦).

.....

.....

الكشف التأكيدي عن الأنيونات المحتملة للمجهول رقم ..... : (راجع ص ٧ – ١١).

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	الكشف عن:.....		
٢	الكشف عن:.....		
٣	الكشف عن:.....		
٤	الكشف عن:.....		
٥	الكشف عن:.....		

رقم المجهول/ (.....)

لون المحلول/ (.....) ونستبعد أو لا نستبعد الكرومات

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	الكشف عن المجموعة الأولى		
٢	الكشف عن المجموعة الثانية		
٣	الكشف عن الأنيونات المختزلة		
٤	الكشف عن الأنيونات المتطايرة		
٥	الكشف عن الأنيونات الكبريتية		

ملاحظة:

استنتاج الأنيونات المحتملة (اتبع القاعدة المناسبة في الاحتمال ص ٦).

.....

.....

الكشف التأكيدي عن الأنيونات المحتملة للمجهول رقم ..... : (راجع ص ٧ – ١١).

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	الكشف عن:.....		
٢	الكشف عن:.....		
٣	الكشف عن:.....		
٤	الكشف عن:.....		
٥	الكشف عن:.....		

رقم المجهول/ (.....)

لون المحلول/ (.....) ونستبعد أو لا نستبعد الكرومات

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	الكشف عن المجموعة الأولى		
٢	الكشف عن المجموعة الثانية		
٣	الكشف عن الأنيونات المختزلة		
٤	الكشف عن الأنيونات المتطايرة		
٥	الكشف عن الأنيونات الكبريتية		

ملاحظة:

استنتاج الأنيونات المحتملة (اتبع القاعدة المناسبة في الاحتمال ص ٦).

.....

.....

الكشف التأكيدي عن الأنيونات المحتملة للمجهول رقم ..... : (راجع ص ٧ – ١١).

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	الكشف عن:.....		
٢	الكشف عن:.....		
٣	الكشف عن:.....		
٤	الكشف عن:.....		
٥	الكشف عن:.....		

ثانياً: الكاتيونات:

رقم المجهول/ (.....)

ملاحظة: تجري تجارب الكشف عن المجهول في الكاتيونات بالترتيب.

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	المجموعة الأولى		
٢	المجموعة الثانية		
٣	المجموعة الثالثة		
٤	المجموعة الرابعة		
٥	المجموعة الخامسة		
٦	التأكيدية		

رقم المجهول/ (.....)

ملاحظة: تجري تجارب الكشف عن المجهول في الكاتيونات بالترتيب.

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	المجموعة الأولى		
٢	المجموعة الثانية		
٣	المجموعة الثالثة		
٤	المجموعة الرابعة		
٥	المجموعة الخامسة		
٦	التأكيدية		

رقم المجهول/ (.....)

ملاحظة: تجري تجارب الكشف عن المجهول في الكاتيونات بالترتيب.

م	التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
١	المجموعة الأولى		
٢	المجموعة الثانية		
٣	المجموعة الثالثة		
٤	المجموعة الرابعة		
٥	المجموعة الخامسة		
٦	التأكيدية		

التحليل الكمي الحجمي(معايرات التعادل)

مفهوم مبسط:

***المحلول القياسي (standard solution):** هو المحلول معلوم التركيز بشكل دقيق.

***المحلول مجهول التركيز (unknown solution):** هو المحلول المطلوب تعيين تركيزه.

***عملية المعايرة (Titration):** إجراء التفاعل بين محلولين (القياسي والمجهول) بهدف معرفة تركيز المجهول.

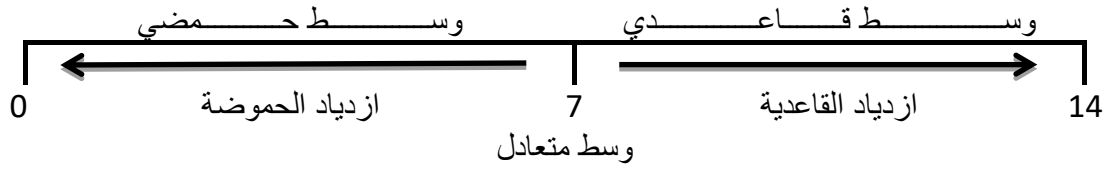
***نقطة النهاية (End point):** هي النقطة التي يتم عندها التفاعل وينتهي وتعرف بتغير مفاجئ في لون المحلول.

***الدليل الأدلة (Indicator):**ه ي مواد (أصباغ) عضوية ضعيفة يتأثر لونها بحموضة الوسط أي بقيمة P^H (أو هي مواد عضوية لون جزيئاتها يختلف عن لون أيوناتها).

*من الأدلة المستخدمة في معايرات التعادل ما يلي:

الدليل	صيغته المختصرة	لونه في الوسط الحامضي	لونه في الوسط القاعدي	مدى الدليل
فينول فيثالين (حمض عضوي) ***Phenol phethalein***	***Ph.Ph***	عديم اللون	أحمر وردي	8.3 - 10
الميثيل البرتقالي (قاعدة عضوية) ***Methyl Orange***	***M.O***	أحمر برتقالي	أصفر	3.1 – 4.4

*الأس الهيدروجيني يعرف بالتركيز المولاري $\mathbf{P^H = -\log[H^+]}$



***تركيز المحلول:** نسبة المذاب إلى المذيب في المحلول.

من طرق التعبير عن التركيز:

***المولارية (الجزيئية):**عدد مولات المذاب في لتر واحد من المحلول ($\frac{\text{مول}}{\text{ليتر}}$) أو مولار (Molar).

القوانين المتعلقة بها:

١. المولارية = $\frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول بالليتر}}$ $\frac{\text{مول}}{\text{ليتر}}$ $M = \frac{mol}{l}$

٢. عدد المولات = $\frac{\text{وزن المادة بالجرام}}{\text{الوزن الجزيئي}}$

٣. عدد المولات = المولارية × حجم المحلول باليتر

٤. وزن المذاب بالجرامات = المولارية × الوزن الجزيئي × حجم المحلول باليتر

***قوة المحلول (التركيز بـ** جرام/ليتر**):**عدد جرامات المذاب في لتر واحد من المحلول.

١. قوة المحلول = المولارية × الوزن الجزيئي

***المولالية (التركيز بـ mol/kg):**عدد مولات المادة المذابة في كيلو جرام من المذيب.

$$M = \frac{n}{m} \qquad 1Kg = 1000g$$

المول: عدد أفوجادرو من الذرات أو الجزيئات ...الخ

***النسبة المئوية الوزنية =** $\frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100$.

***طرق حساب مولارية المحلول المجول وقوته.**

كيفية تجهيز أدوات المعايرة:

١. نغسل جميع الأدوات (كأسين، سحاحة، ماصة، دورق، قمع) بالماء العادي ثم بالماء المقطر.
٢. تغسل كل أداة من الأدوات السابقة بقليل من المحلول المراد نقله بواسطتها ويستثنى من ذلك الدورق فلا يغسل إلا بالماء العادي ثم المقطر فقط.
٣. نملأ السحاحة بأحد المحلولين (حسب خطوات العمل) بواسطة القمع ويلاحظ ما يلي:
   أ- يزال القمع مباشرة بعد ملء السحاحة.
   ب- يتم التأكد من امتلاء الجزء الواقع تحت الصنبور بالمحلول وذلك بفتحه قليلاً وطرد الهواء.
   ت- تضبط القراءة الابتدائية وتسجل في الجدول.
٤. يتم وضع حجم معين (غالباً ١٠ مل) بالماصة من المحلول الآخر (حسب خطوات العمل) في الدورق المخروطي ثم تضاف قطرتان من الدليل المناسب. ويفضل وضع ورقة بيضاء تحت الدورق لتمييز اللون.
٥. تبدأ المعايرة بإضافة ما في السحاحة إلى الدورق المخروطي حتى يتغير لون الدليل ولابد من التحريك أثناء المعايرة. ثم نسجل القراءة النهائية في الجدول ويحسب الحجم (القراءة النهائية _ القراءة البدائية).
٦. يتم التخلص من محتويات الدورق بعد تغير اللون وتسجل القراءة النهائية ويغسل بالماء ثم تعاد فقرة ٤،٥.
٧. تعاد الفقرة ٤،٥،٦ ثلاث مرات. ثم يحسب متوسط الحجم.

* حساب المولارية والقوة للمحلول المجهول بالقانون عند إجراء المعايرة بين حمض وقاعدة التالي:

قانون المعايرة:

الحمض	$\frac{M.V}{n} = \frac{'M.'V}{'n}$	القاعدة

*حيث الحجم = V المولارية = M عدد المولات في المعادلة الموزونة n $'n$.

قوة المحلول = المولارية × الوزن الجزيئي (جرام/ليتر)

$$S = M \times M_{wt} \quad g/l$$

* قانون التخفيف: $M.V = 'M.'V$ بعد التخفيف قبل التخفيف

التجربة الأولى : معايرات التعادل

١- تعيين مولارية وقوة محلول هيدروكسيد الصوديم **(NaOH)** باستخدام محلول حمض الهيدروكلوريك **(HCl)** تركيزه **M= 0.1** :

٢- معادلة التفاعل:

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

الدليل المناسب للتجربة:

M.O أو **Ph.Ph** [كلا الدليلين يصلح لإجراء المعايرة].

٣- خطوات العمل:

١) اغسل جميع أدواتك بالماء ثم بالمحلول المراد استخدامه ما عدا الدورق فيغسل بالماء فقط.

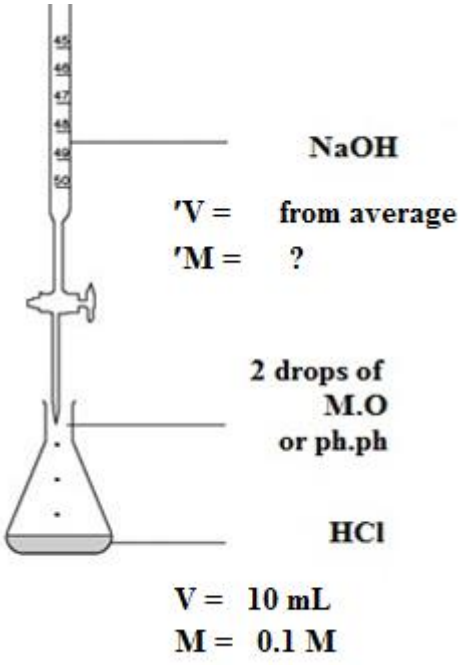
٢) املأ السحاحة بمحلول **NaOH** **M=?**.

٣) خذ بالماصة **(10)** من محلول **HCl** مولاريته **(0.1M)** ثم ضع قطرتين من دليل **M.O** أو دليل **Ph.Ph** (أكتب لون المحلول بعد إضافة الدليل).

٤) عاير بإضافة **NaOH** من السحاحة إلى الدورق وعندما يتغير اللون بشكل مفاجيء أحسب الحجم المستهلك من السحاحة.

٥) أعد الخطوات (٣،٤) وسجل نتائجك العملية بالجدول.

٦) أحسب متوسط الحجم المستهلك من محلول **NaOH**.



٤- جدول الحجوم للتجربة:

القراءة	القراءة البدائية	القراءة النهائية	الحجم *(V)*	المتوسط *mL*
١				*(V_a)*
٢				
٣				

٥- حساب مولارية **(mol/L)** هيدروكسيد الصوديوم **(NaOH)**:أكتب القانون ثم طبق القانون.

$n = (\quad)$ $\qquad$ $'n = (\quad)$

الحمض $\qquad \frac{'M.'V}{'n} = \frac{M.V}{n}$ $\qquad$ القاعدة

.....

.....

.....

.....

٦- حساب قوة محلول هيدروكسيد الصوديوم **(NaOH)**:أحسب الوزن الجزيئي لـ **NaOH** ثم أكتب القانون ثم طبق القانون.

الأوزان الذرية : **(Na = 23 , O = 16 , H = 1).**

Molar mass =

Strength = Molarity × Molar mass $\qquad$ ***(g/l)***

$S = M \times M_{wt}$ $\qquad$ ***(g/l)***

S = ...× .....

.....

.....

.....

.....

التجربة الثانية : معايرات المخاليط

أ- تعيين مولارية وقوة كل من محلول كربونات الصوديوم **(Na_2CO_3)** ، هيدروكسيد الصوديوم (في مخلوط منهما) باستخدام محلول حمض الهيدروكلوريك **HCl** معلوم التركيز (نظرياً).

ب- تعيين مولارية وقوة كل من محلول كربونات الصوديوم **(Na_2CO_3)** ، بيكربونات الصوديوم **($NaHCO_3$)** (في مخلوط منهما) باستخدام محلول حمض الهيدروكلوريك **HCl** معلوم التركيز **(0.1Molar)** (عملياً).

يتم إجراء التجربة للفقرة (ب) عملياً بشكل أوسع وبالتفصيل:

١- **معادلات التفاعل:** يتم التفاعل بين كربونات الصوديوم **(Na_2CO_3)**، و حمض الهيدروكلوريك **(HCl)** على خطوتين:

1- $Na_2CO_3 + HCl \longrightarrow NaHCO_3 + NaCl$ **PH=8.3**

2- $Na_2HCO_3 + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O + CO_2$ **PH=3.8**

3- $Na_2CO_3 + 2\,HCl \longrightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2$ **PH= 3.8**

- باستخدام دليل **Ph.Ph** : فإن معادلة التفاعل.
- $Na_2CO_3 + HCl \longrightarrow NaHCO_3 + NaCl$

- باستخدام دليل **M.O** : فإن معادلة التفاعل.
- $Na_2CO_3 + 2\,HCl \longrightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2$

جدول الحجوم : حجوم حمض الهيدرو كلوريك **(HCl)** النازل من السحاحة:

الدليل	القراءة	القراءة البدائية	القراءة النهائية	الحجم (V)	الحجم المتوسط mL
Ph.Ph	١				(V_{a1})
	٢				
	٣				
M.O	١				(V_{a2})
	٢				
	٣				

ملاحظة هامة: بداية القراءة لـ **M.O** هي نهاية **Ph.Ph** والعكس صحيح:

٢- خطوات العمل:

١) اغسل أدواتك بالماء ثم بالمحلول المراد استخدامه ما عدا الدورق المخروطي يغسل بالماء.

٢) خذ **(10mL)** من المخلوط في دورق مخروطي وأضف قطرتين من دليل **Ph.Ph** (لون المحلول سيصبح وردي).

٣) عاير بإضافة **HCl** إلى الدورق حتى يتغير لون الدليل ثم سجل قراء السحاحة في الجدول.

٤) أضف قطرات من دليل **M.O** (سيتغير لون الدليل إلى الأصفر) وأكمل المعاير بإضافة **HCl** إلى الدورق حتى يتغير لون الدليل ثم سجل قراءة السحاحة في الجدول.

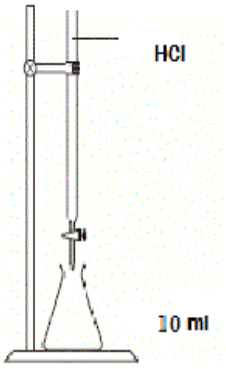
٥) أعد الخطوات السابقة للقراءة.

٦) أحسب مولارية كربونات الصوديوم **(Na_2CO_3)**.

٧) أكتب القانون ثم طبق القانون حسب المعطيات السابقة.

$n = (\quad)$ $\qquad$ $'n = (\quad)$

القاعدة $\frac{M.V}{n} = \frac{'M.'V}{'n}$ الحمض



مخلوط من $NaHCO_3 + Na_2CO_3$

.....

.....

- حساب قوة محلول كربونات الصوديوم **(Na_2CO_3)**:

الأوزان الذرية : **(Na = 23 , O = 16 , C = 12)**

أحسب الوزن الجزيئي (الكتلة الجزيئية لكربونات الصوديوم) ثم أكتب قانون القوة ثم عوض بالقانون حسب المعطيات.

Molar mass of **(Na_2CO_3)**= ***(3×16) + (1 ×12) +(2×23) =106 g/l***

Strength = Molarity × Molar mass ***(g/l)***

$S = M \times M_{wt}$ ***g/l***

S = M.× 106 = ***(g/l)***

.....

.....

ثانياً: حساب مولارية بيكربونات الصوديوم **($NaHCO_3$)**.

$n = (\quad)$ $\qquad$ $'n = (\quad)$

القاعدة $\dfrac{M.V}{n} = \dfrac{'M.'V}{'n}$ الحمض

القاعدة $\dfrac{M \times (Va1 - Va2)}{n} = \dfrac{'M \times 10}{'n}$ الحمض

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- حساب قوة محلول بيكربونات الصوديوم **($NaHCO_3$).**

الأوزان الذرية : **(Na = 23 , O = 16 , C**

Molar mass of **($NaHCO_3$)** ***= (3×16) + (1 ×12) +(1×1)+ (1×23) =84 g/l***

Strength = Molarity × Molar mass ***(g/l)***

$S = M \times M_{wt}$ ***g/l***

S = M.× 84 = ***(g/l)***

.....

.....

.....

.....

.....

- ملخص حجوم حمض الهيدروكلوريك **(HCl)** المكافئة لكل من هيدروكسيد الصوديوم **(NaOH)**، كربونات الصوديوم **(Na_2CO_3)**، بيكربونات الصوديوم **($NaHCO_3$)** كلاً على حده، أو لمخاليطها في حالة كل دليل.

المادة / الدليل	هيدروكسيدالصوديوم (NaOH)	كربونات الصوديوم (Na_2CO_3)	بيكربونات الصوديوم ($NaHCO_3$)
Ph.Ph	كل التفاعل	0.5 التفاعل يتم	لا يستشعر التفاعل (لا يظهر لون واضح)
M.O	كل التفاعل	كل التفاعل	كل التفاعل

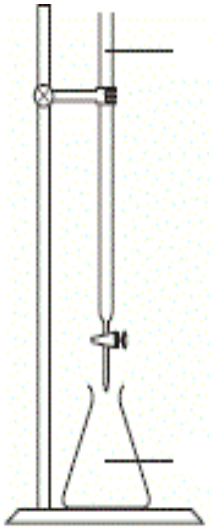
س) ماذا تستنتج من الجدول السابق؟

.....

.....

.....

.....



إما NaOH

أو Na_2CO_3 نصف الحجم+ دليل *Ph.Ph*

أو $NaHCO_3$

أو(مخلوط منهما)

التجربة الثالثة : معايرات الترسيب

أ) طريقة موهر(طريقة الراسب الملون): تعيين مولارية وقوة محلول نترات الفضة **(AgNO3)** باستخدام محلول قياسي من ملح الطعام **(NaCl)** تركيزه **M=0.01**:

١- معادلة التفاعل:

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

راسب أبيض

٢- معادلة تفاعل الدليل:

$$2AgNO_3 + \underline{K_2CrO_4} \longrightarrow \underline{Ag_2CrO_4} \downarrow + 2KNO_3$$

راسب أحمر أو برتقالي كرومات البوتاسيوم(أصفر اللون)

٣- خطوات العمل:

١) اغسل جميع أدواتك بالماء كم تعلمت ثم بالمحلول المراد استخدامه ما عدا الدورق المخروطي يغسل بالماء فقط.

٢) املأ السحاحة بمحلول $AgNO_3$ (نترات الفضة).

٣) خذ بالماصة **(10)** من محلول **NaCl** مولاريته **(0.01M)** وضعها في الدورق المخروطي.

٤) أضف **(1mL)** من K_2CrO_4 (كرومات البوتاسيوم صفراء اللون) استخدم السحاحة الأتوماتيكية إلى الدورق المخروطي.

٥) نعاير بإضافة $AgNO_3$ من السحاحة إلى الدورق وعندما يتغير اللون إلى أحمر خفيف أو برتقالي خفيف نكون قد وصلنا إلى نقطة التكافؤ سجل الحجم المستهلك من السحاحة.

٦) أعد الخطوات (٣، ٤،٥) وسجل نتائجك العملية بالجدول.

٧) أحسب متوسط الحجم المستهلك من محلول $AgNO_3$ (نترات الفضة).

جدول الحجوم للتجربة:

القراءة	القراءة البدائية	القراءة النهائية	الحجم $(V\ mL)$	المتوسط mL
١				(V_a)
٢				
٣				

- حساب **مولارية نترات الفضة ($AgNO_3$)** أكتب القانون ثم طبق القانون.

$n = (\quad)$ $\qquad$ $'n = (\quad)$

$$\frac{M.V}{n} = \frac{'M.'V}{'n}$$

.....

.....

.....

.....

٥- حساب **قوة محلول نترات الفضة ($AgNO_3$) :**

الأوزان الذرية : **(Ag = 108 , O = 16 , N = 14)**

أحسب الكتلة الجزيئية (الكتلة المولية أو الوزن الجزيئي) = **Molar mass**

ثم أكتب قانون القوة ثم عوض بالقانون.

Molar mass of **($AgNO_3$)** ***= (1×108) + (1 ×14) +(3×16) =170 g/l***

Strength = Molarity × Molar mass ***(g/l)***

$S = M \times M_{wt}$ ***g/l***

S = M.× 170 = ***(g/l)***

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ب) طريقة فاجان (طريقة أدلة الامتزاز):

من الأدلة المستخدمة: دليل الفلورسين ، دليل الأيوسين

ملاحظة: عند نقطة النهاية يتلون الراسب بلون مميز حسب الدليل المستخدم بسب امتزاز الدليل على سطح الراسب.

ج) طريقة فولهارد: تعيين مولارية وقوة محلول ثيوسيانات البوتاسيوم **(KSCN)** باستخدام محلول من نترات الفضة **($AgNO_3$)** تركيزه **M=0.01**:

١- **معادلة التفاعل:**

$$AgNO_3 + KSCN \longrightarrow AgSCN \downarrow + KNO_3$$

راسب أبيض

٢- **معادلة تفاعل الدليل:** الدليل المستخدم هو نترات الحديد **(III) $Fe(NO_3)_3$**

$$Fe^{+3} + SCN^- \longrightarrow [FeSCN]^{+2} \downarrow$$

لون أحمر دموي

المركب الذي يتكون عند نقطة النهاية هو **2+ [FeSCN]** وعند ظهوره نكون قد وصلنا إلى نقطة النهاية.

٣- **خطوات العمل:**

١) اغسل جميع أدواتك بالماء ثم بالمحلول المراد استخدامه ما عدا الدورق المخروطي بالماء.

٢) املأ السحاحة بمحلول **KSCN** (ثيوسيانات البوتاسيوم).

٣) انقل بالماصة **(10mL)** من محلول **$AgNO_3$** (استخدم السحاحة الأتوماتيكية)، مولاريته **(0.05M)** وضعها في الدورق المخروطي.

٤) أضف **(3mL)** من **HNO_3** (استخدم السحاحة الأتوماتيكية).

٥) أضف **(1mL)** من دليل **$Fe(NO_3)_3$** (استخدم السحاحة الأتوماتيكية).

٦) عاير بإضافة **(KSCN)** من السحاحة إلى محتويات الدورق المخروطي وعندما يتغير اللون إلى أحمر الدموي الخفيف نكون قد وصلنا إلى نقطة التكافؤ سجل الحجم المستهلك.

٧) أعد الخطوات (ج، د، هـ، و) وسجل نتائجك العملية بالجدول.

٨) أحسب متوسط الحجم المستهلك من محلول **(KSCN)** ثيوسيانات البوتاسيوم.

٤- جدول الحجوم للتجربة:

القراءة	القراءة البدائية	القراءة النهائية	الحجم $(V\ mL)$	المتوسط mL
١				(V_a)
٢				
٣				

٥- حساب مولارية ثيوسيانات البوتاسيوم **(KSCN)** :

.....

.....

.....

.....

.....

٦- حساب قوة محلول ثيوسيانات البوتاسيوم **(KSCN)** :

.....

.....

.....

.....

.....

فائدة إضافة حمض النتريك **(HNO_3)**:

.....

.....

التجربة الرابعة : معايرات الأكسدة والاختزال

١- **مفهوم الأكسدة:** فقد الكترون أو أكثر

٢- **مفهوم الاختزال:** اكتساب الكترون أو أكثر، وهما عمليتان متلازمتان.

أ) تعيين مولارية وقوة محلول الحديد الثنائي **($FeSO_4$)** على هيئة ملح موهر باستخدام محلول برمنجنات البوتاسيوم **($KMnO_4$)** معلوم تركيزه **M=0.02**:

١- صيغة ملح موهر **$(NH_4)_2SO_4FeSO_4.6H_2O$**

الأوزان الذرية : **(N = 14, H = 1 , S = 32 , O=16, Fe=56).**

الوزن الجزيئي لملح موهر = **392 g/mole** ثابت في الهواء الجوي.

٢- نستخدم برمنجنات البوتاسيوم **($KMnO_4$)** دليلاً ذاتياً في هذه المعايرة:

٣- **خطوات العمل:**

١) اغسل جميع أدواتك بالماء ثم بالمحلول المراد استخدامه ما عدا الدورق المخروطي يغسل بالماء فقط.

٢) املأ السحاحة بمحلول **$KMnO_4$** (برمنجنات البوتاسيوم).

٣) انقل بالماصة **(10mL)** من محلول **$FeSO_4$** (استخدم السحاحة الأتوماتيكية) إلى الدورق المخروطي.

٤) أضف **(10mL)** من **H_2SO_4** (استخدم السحاحة الأتوماتيكية) إلى الدورق المخروطي.

٥) عاير بإضافة **($KMnO_4$)** من السحاحة إلى محتويات الدورق المخروطي فيظهر لك في البداية لون مخضر خفيف استمر في المعايرة حتى ظهور اللون الوردي الخفيف أو البنفسجي الخفيف.

٦) أعد الخطوات (ج، د، ن) وسجل نتائجك العملية بالجدول.

٧) أحسب متوسط الحجم المستهلك من محلول **($KMnO_4$)** برمنجنات البوتاسيوم.

٤- جدول الحجوم للتجربة:

القراءة	القراءة البدائية	القراءة النهائية	الحجم ***(V mL)***	المتوسط ***mL***
١				***(V_a)***
٢				
٣				

٥- معادلة التفاعل(كل النواتج عديمة اللون):

$$2KMnO_4 + 10\ FeSO_4 + 8\ H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5\ Fe_2(SO_4)_3 + 8\ H_2O$$

بيئة التفاعل عامل مختزل عامل مؤكسد

٦- حساب مولارية محلول الحديد الثنائي **(Fe^{+2}):**

$n = (\quad)$ $\qquad$ $'n = (\quad)$

$$\frac{M.V}{n} = \frac{'M.'V}{'n}$$

.....

.....

.....

.....

.....

٧- حساب قوة محلول الحديد الثنائي **(Fe^{+2})** على هيئة ملح موهر:

.....

.....

.....

.....

.....

ب) تعيين مولارية وقوة محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم **($K_2Cr_2O_7$)** باستخدام محلول الحديد الثنائي **(Fe_{+2})** السابق معلوم استخدمه في الفقرة (أ):

* مولارية محلول الحديد الثنائي **(Fe^{+2})** من الفقرة السابقة وهي **M** = $[Fe^{+2}]$

١- معادلة التفاعل:

$$\underset{\text{عديم اللون}}{6Fe^{+2}} + \underset{\text{برتقالي}}{Cr_2O_7^{-2}} + 14\,H^+ \longrightarrow \underset{\text{عديم اللون}}{6Fe^{+3}} + \underset{\text{أخضر}}{2Cr^{+3}} + 7\,H_2O$$

ملاحظة: يتم التوقف عند إضافة ظهور اللون البنفسجي ولا يتم التوقف عند ظهر اللون الأخضر.

٢- خطوات العمل:

١) اغسل جميع أدواتك بالماء ثم بالمحلول المراد استخدامه ما عدا الدورق المخروطي يغسل بالماء فقط.

٢) املأ السحاحة بمحلول **$K_2Cr_2O_7$** (كرومات البوتاسيوم).

٣) انقل بالماصة **(10mL)** من محلول **$FeSO_4$** (استخدم السحاحة الأتوماتيكية) إلى الدورق المخروطي.

٤) أضف **(3mL)** من حمض الفوسفور **H_3PO_4** (استخدم السحاحة الأتوماتيكية) إلى الدورق المخروطي.

٥) أضف قطرتين فقط من دليل **Dipheanylamine.**

٦) عاير بإضافة **($K_2Cr_2O_7$)** من السحاحة إلى محتويات الدورق المخروطي ,وعند نقطة النهاية يظهر لون بنفسجي ولا يتم التوقف عند ظهور اللون المخضر سجل الحجم المستهلك من محلول **($K_2Cr_2O_7$)** كرومات البوتاسيوم.

٧) أعد الخطوات (ج، د، ن) وسجل نتائجك العملية بالجدول.

٨) أحسب متوسط الحجم المستهلك من محلول **($K_2Cr_2O_7$)** كرومات البوتاسيوم.

٣- جدول الحجوم للتجربة:

القراءة	القراءة البدائية	القراءة النهائية	الحجم ***(V mL)***	المتوسط ***mL***
١				***(V_a)***
٢				
٣				

٤- حساب مولارية محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم **($K_2Cr_2O_7$)** :

$n = (\quad)$ $\qquad$ $'n = (\quad)$

$$\frac{M.V}{n} = \frac{'M.'V}{'n}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

٥- حساب قوة محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم **($K_2Cr_2O_7$) :**

٦- الأوزان الذرية : **(K= 39, Cr = 52 , O=16)**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

فائدة إضافة حمض الفوسفور **(H_3PO_4)** في هذه المعايرة:

.....

.....

التجربة الخامسة : تفاعلات الأكسدة باستخدام اليود (I_2) :

هناك قسمان لتفاعلات الأكسدة باستخدام اليود:

١- **الطريقة المباشرة:** يتفاعل اليود كعامل مؤكسد مع عامل مختزل مثل ثيوكبريتات الصوديوم ($Na_2S_2O_3$) تفاعلاً مباشراً.

٢- **الطريقة غير المباشرة:** يتفاعل فيها اليود العامل المختزل مثل ثيوكبريتات الصوديوم ($Na_2S_2O_3$) مع اليود (I_2) المنطلق من تفاعل مادة مؤكسدة مثل ثنائي كرومات البوتاسيوم ($K_2C_2rO_7$)مع محلول يوديد البوتاسيوم (KI).

أ) تعيين مولارية وقوة محلول اليود (I_2) باستخدام محلول ثيوكبريتات الصوديوم ($Na_2S_2O_3$)

معلوم تركيزه M= 0.1M :

١- معادلة التفاعل:

$$I_2 + 2Na_2S_2O_3 \longrightarrow 2NaI + Na_2S_2O_3$$

(عامل مؤكسد ضعيف) (عامل مختزل) عديم اللون عديم اللون عديم اللون

٢- خطوات العمل:

١) اغسل جميع أدواتك بالماء ثم بالمحلول المراد استخدامه ما عدا الدورق المخروطي يغسل بالماء فقط.

٢) املأ السحاحة بمحلول اليود (I_2).

٣) انقل بالماصة (10mL) من محلول $Na_2S_2O_3$ (إلى الدورق المخروطي).

٤) أضف إلى الدورق أيضاً خمس قطرات من دليل النشا (Starch).

٥) عاير بإضافة اليود (I_2) من السحاحة إلى محتويات الدورق المخروطي ,وعند ظهور لون كحلي نكون قد وصلنا إلى نقطة النهاية، سجل الحجم المستهلك من محلول اليود.

٦) أعد الخطوات (٣، ٤، ٥) وسجل نتائجك العملية بالجدول.

٧) أحسب متوسط الحجم المستهلك من محلول اليود (I_2) .

٣- جدول الحجوم للتجربة:

اعمل حجمين بإضافة النشا وحجم بدون إضافة النشا.

القراءة	القراءة البدائية	القراءة النهائية	الحجم *(V mL)*	المتوسط *mL*
١				*(V_a)*
٢				
٣				

٤- حساب مولارية محلول اليود **(I_2):**

$n = (\quad)$ $\qquad$ $'n = (\quad)$

$$\frac{M.V}{n} = \frac{'M.'V}{'n}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

٥- حساب قوة محلول اليود **(I_2):** $\qquad$ الوزن الذري لليود : **(I= 127)**

أحسب الوزن الجزيئي لليود ثم طبق قانون القوة.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ب) تعيين مولارية وقوة محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم (K_2CrO_7) باستخدام محلول ثيوكبريتات الصوديوم ($Na_2S_2O_3$) معلوم التركيز :

١- معادلة التفاعل:

$$K_2Cr_2O_7 + 7\,H_2SO_4 + 6\,KI \longrightarrow 4K_2SO_4 + 7H2O + Cr_2(SO_4)_3 + 3\,I_2$$

بني اللون أخضر تركوازي عديم اللون أصفر (عامل مختزل) عامل مؤكسد (برتقالي اللون)

1 mole ($K_2Cr_2O_7$) ⟶ يطلق 3 mole (I2)

واليود المنطلق يتم اختزاله باستخدام ثيوكبريتات الصوديوم ($Na_2S_2O_3$) طبقاً للتفاعل التالي:

$$I2 + 2Na_2S_2O_3 \longrightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$$

1 mole (I_2) ⟶ يطلق 2 mole ($Na_2S_2O_3$)

∴كل (١مول) من ($K_2Cr_2O_7$) سيطلق كمية من اليود (٣ مول) تحتاج إلى كمية من ثيو كبريتات الصوديوم (Na2S2O3) قدرها (٢×٣) = ٦ مول.

فكأن النسبة بين : ($K_2Cr_2O_7$) : ($Na_2S_2O_3$)

هي 1 mole : 6 mole

ملاحظة: $Na_2S_2O_3$ لا يتفاعل مع $K_2Cr_2O_7$ مباشرة بل يتفاعل مع اليود المنطلق من KI عند إضافة $K_2Cr_2O_7$ إلى KI .

٢- جدول الحجوم للتجربة:

القراءة	القراءة البدائية	القراءة النهائية	الحجم ***(V mL)***	المتوسط ***mL***
١				***(V_a)***
٢				
٣				

٣- حساب مولارية محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم **($K_2Cr_2O_7$)** :

$n = (\quad)$ $\qquad$ $'n = (\quad)$

$$\frac{M.V}{n} = \frac{'M.'V}{'n}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

٤- حساب قوة محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم **(K_2CrO_7) :**

٥- الأوزان الذرية : **(K= 39, Cr = 52 , O=16)**

أحسب الوزن الجزيئي لـ كرومات البوتاسيوم**(K_2CrO_7)** ثم طبق قانون القوة.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

التجربة السادسة : عسر الماء

* **مفهوم الماء العسر:** هو الماء الذي لا يكون رغوة مع الصابون وسببه وجود أملاح ذائبة فيه بنسب عالية.

١- سبب عسر الماء الرئيسي : وجود أملاح الكالسيوم والماغنسيوم الذائبة فيه.

٢- أنواع العسر :

أ- عسر مؤقت (يمكن التخلص منه بالغليان).

سببه وجود أملاح البيكربونات.

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

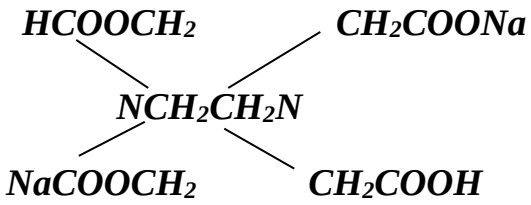
ب- عسر دائم (لا يمكن التخلص منه بالغليان) وإنما يعالج كيميائياً.

سببه وجود أملاح الكلوريد والكبريتات.

٣- العسر الكلي للماء = العسر الدائم + العسر المؤقت.

٤- يتم قياس العسر بواحدة **(mg/l = ppm)**.

٥- تعيين العسر الكلي لماء الصنبور في المختبر : يستخدم المركب **(EDAT)**.



Ethylene Diamine Tetra Acetic acid disodium salt (EDAT).

خطوات العمل:

١) اغسل جميع أدواتك بالماء ثم بالمحلول المراد استخدامه ما عدا الدورق المخروطي يغسل بالماء فقط.

٢) املأ السحاحة بمحلول اليود (***EDAT***).

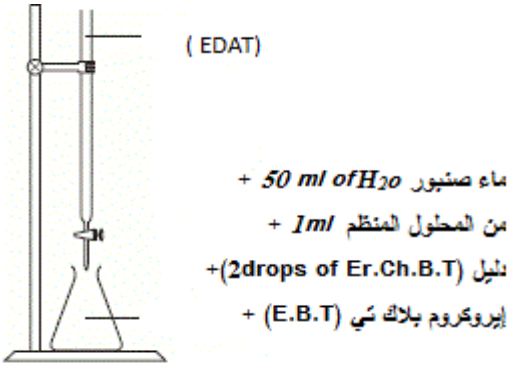
٣) انقل بمخبار مدرج **(50 mL)** من ماء الصنبور **H_2O** (إلى الدورق المخروطي).

٤) أضف إلى الدورق **(1mL)** من إيروكروم بلاك تي.

٥) عاير بإضافة (***EDAT***) من السحاحة إلى محتويات الدورق المخروطي، وعندما يتغير اللون من الأحمر إلى العنابي ثم إلى الأزرق النيلي نكون قد وصلنا إلى نقطة النهاية، سجل حجم (***EDAT***).

٦) أعد الخطوات (٣، ٤، ٥) وسجل نتائجك العملية بالجدول.

٧) أحسب عسر ماء الصنبور.



- عند نقطة النهاية يتغير لون المحلول من الأحمر إلى العنابي ثم الأزرق النيلي.

جدول الحجوم للتجربة:

القراءة	القراءة البدائية	القراءة النهائية	الحجم ***(V mL)***	المتوسط ***mL***
١				***(V_a)***
٢				
٣				

- طريقة حساب العسر الكلي للماء باستخدام محلول ***(EDAT).***

1 mg من المعدن ⟶ يتفاعل مع كل ١ مل من ***(EDAT)*** ***(0.01M)***

m mg من المعدن ⟶ يتفاعل مع = ***(V mL)*** مل من متوسط الحجم

من الكالسيوم أو الماغنسيوم

بما أنه تم معايرة ***50 mL*** من الماء

m mg من المعدن ⟶ ***50 mL H_2O***

عدد ***mg*** ***ḿ*** من المعدن ⟶ ***1000 mL H2O***

ḿ ***(1L)***

$$\text{العسر الكلي} = \frac{V \times 1000}{50} \quad (mg/L = ppm)$$

ملاحظة: إذا لا بد من معرفة النسبة بين كل ***1 mL*** من ***(EDAT)*** والمعدن ولا بد من معرفة كمية الماء التي تمت معايرتها ومن ثم نحسب كم ***mg/l.***

س) عند معايرة (*10mL*) من الماء العادي مع محلول (*EDAT*) احتجنا إلى (*20 mL*) من (*EDAT*) للوصول إلى نقطة النهاية ، فإذا علمت أن كل (*1mL*) من (*EDAT*) يتفاعل مع (*3 mg*) من المعدن ، فما هو العسر الكلي للماء؟

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

مع تمنياتنا للجميع بالتوفيق والنجاح

*****