

www.exam-eg.com

جابر بن حيان

في الكيمياء

للمصف الثالث الثانوي

التحليل

الكيمياء

الباب

الثاني

إعداد الأستاذ

سعيد

الباب الثاني التحليل الكيميائي

أولاً : مصطلحات علمية

المصطلح العلمي	التعريف
١- التحليل الكيميائي	أحد فروع علم الكيمياء الرامية الذي ساهم بدور كبير في تقدم هذا العلم كما لعب دوراً كبيراً في تطور المجالات العلمية المختلفة مثل الطب والزراعة والصناعات الغذائية والبيئية .
٢- التحليل الكيفي	<ul style="list-style-type: none"> • تحليل كيميائي يهدف إلى التعرف على مكونات المادة سواء كانت نقية (مختاراً بيطاً) أو مخلوطاً من عدة مواد . • سلسلة من التفاعلات المختارة المناسبة تجري للكشف عن نوع المكونات الأساسية لمادة على أساس التغيرات الحادثة في هذه التفاعلات .
٣- التحليل الكمي	تحليل كيميائي يستخدم في تقدير نسبة أو تركيز أو كمية كل مكون من مكونات المادة .
٤- تحليل المركبات العضوية	تحليل يتم فيه الكشف عن العناصر والمجموعات الوظيفية الموجودة بغرض التعرف على المركب .
٥- تحليل المركبات غير العضوية	تحليل يتم فيه التعرف على الأيونات التي يتكون منها المركب ويشمل الكشف عن الكاتيونات (الشق القاعدي) والانيونات (الشق الحامضي) .
٦- الحمض الدُّقْل شباتاً	الحمض الدُّقْل تطايراً والدُّعْل في درجة الغليان والذي يقوم بطرد الحمض الدُّعْل تطايراً والدُّقْل في درجة الغليان من أملاحه .
٧- التجربة الأساسية	التجربة التي تستخدم في الكشف عن جميع الكاتيونات أو الكشف عن جميع الأنيونات نفس المجموعة التحليلية .
٨- التجربة التأكيدية	تجربة تستخدم للتأكد من صحة التجربة الأساسية في الكشف عن الشق القاعدي أو الحامضي للملح .

المصطلح العلمي	التعريف
١٠ تجربة الحلقة البنائية	التجربة التأكيدية المستخدمة للتعرف على أيون الفترات
١١ المجموعات التحليلية للشقوق القاعدية	مجموعات الشقوق القاعدية وهي ستة مجموعات للشقوق القاعدية تقسم على أساس اختلاف درجة ذوبان أملاحها في الماء .
١٢ المجموعة التحليلية الأولى	مجموعة تحليلية ترسب كاتيوناتها على هيئة كلوريدات ومن أمثلتها: الفضة (I)، الزئبق (I) والرصاص (II)
١٣ المجموعة التحليلية الثانية	مجموعة تحليلية ترسب كاتيوناتها على هيئة كبريتيدات في الوسط الحمضي ومن أمثلتها: النحاس (II)
١٤ المجموعة التحليلية الثالثة	مجموعة تحليلية ترسب كاتيوناتها على هيئة هيدروكسيدات ومن أمثلتها: الألومنيوم والحديد (II) والحديد (III)
١٥ المجموعة التحليلية الخامسة	مجموعة تحليلية ترسب كاتيوناتها على هيئة كربونات ومن أمثلتها: الكالسيوم .
١٦ الكشف الجاف	الكشف عن كاتيونات الكالسيوم بواسطة لهب بزن غير المضيء .
١٧ المول	كمية المادة التي تحتوي على عدد أفوجادرو 6.02×10^{23} من الجسيمات (جزيئات أو ذرات أو أيونات أو وحدات صيغة أو إلكترونات .
١٨ الكتلة المولية	مجموع الكتل الذرية للعناصر الداخلة في تركيب الجزيء أو وحدة الصيغة مقدرة بوحدة الجرام .
١٩ التحليل الكمي الجبني	تحليل كيميائي يعتمد على قياس مجموع المواد المراد تقديرها .
٢٠ المحلول القياسي	محلول معلوم الحجم والتركيز يستخدم لتعيين تركيز محلول آخر مجهول التركيز .

المصطلح العلمي	التعريف																				
(٢٢) المعايرة	<ul style="list-style-type: none"> عملية تعيين تركيز محض أو (قاعدة) بمعلومية الحجم اللازم منه للتعاادل مع قاعدة أو (محض) معلوم الحجم والتركيز. إضافة حجم معلوم من مادة معلومة التركيز إلى محلول مادة أخرى معلومة الحجم ومجهولة التركيز لمعرفة تركيزها. 																				
(٢٣) تفاعلات التعادل	التفاعلات التي تستخدم في تقدير الأحماض والقلويات (القواعد).																				
(٢٤) تفاعلات المؤكسدة والاختزال	التفاعلات التي تستخدم في تقدير المواد المؤكسدة والمختزلة.																				
(٢٥) تفاعلات الترسيب	التفاعلات التي تستخدم في تقدير المواد التي تعطى نواتج شحيحة الذوبان في الماء.																				
(٢٦) نقطة التعادل	النقطة التي يتم عندها تمام (انتهاء) تفاعل التعادل بين الحمض والقاعدة.																				
(٢٧) الأدلة	مواد كيميائية يتغير لونها بتغير وسط التفاعل وتستخدم للتعرف على نقطة تمام (انتهاء) التفاعل ومعرفة نوع الوسط.																				
	<table border="1"> <tr> <th>الدليل</th><th>اللون في الوسط الحامضي</th><th>الوسط القاعدي</th><th>المتعاادل</th></tr> <tr> <td>الميثيل البرتقالي</td><td>أحمر</td><td>أصفر</td><td>برتقالي</td></tr> <tr> <td>الفينولفثالين</td><td>عديم اللون</td><td>أحمر</td><td>عديم اللون</td></tr> <tr> <td>عباد الشمس</td><td>أحمر</td><td>أزرق</td><td>أرجواني</td></tr> <tr> <td>أزرق برونشيمول</td><td>أصفر</td><td>أزرق</td><td>أخضر فاتح</td></tr> </table>	الدليل	اللون في الوسط الحامضي	الوسط القاعدي	المتعاادل	الميثيل البرتقالي	أحمر	أصفر	برتقالي	الفينولفثالين	عديم اللون	أحمر	عديم اللون	عباد الشمس	أحمر	أزرق	أرجواني	أزرق برونشيمول	أصفر	أزرق	أخضر فاتح
الدليل	اللون في الوسط الحامضي	الوسط القاعدي	المتعاادل																		
الميثيل البرتقالي	أحمر	أصفر	برتقالي																		
الفينولفثالين	عديم اللون	أحمر	عديم اللون																		
عباد الشمس	أحمر	أزرق	أرجواني																		
أزرق برونشيمول	أصفر	أزرق	أخضر فاتح																		
(٢٨) عباد الشمس أو أزرق برونشيمول	الدليل المناسب لمعايرة قاعدة قوية بحمض قوي.																				

المصطلح العلمي	التعريف
(١) الفينولفثالين	الدليل المناسب لمعايرة قاعدة قوية بحمض ضعيف.
(٢) الميثيل البرتقالي	الدليل المناسب لمعايرة قاعدة ضعيفة بحمض قوي.
(٣) التحليل الكمي الكتلّي	تحليل كيميائي يعتمد على فصل المكون المراد تقديره ثم تعيين كتلته.
(٤) طريقة التطاير	طريقة للتحليل الكتلّي تعتمد على تطاير العنصر أو المركب المراد تقديره.
(٥) طريقة الترسيب	طريقة للتحليل الكتلّي تعتمد على فصل العنصر أو المكون على هيئة مركب نقي غير قابل للذوبان وذو تركيب كيميائي معروف وثابت يمكن تقديره.
(٦) ورق ترشيح عديم الرماد	نوع من ورق الترشيح يحترق احترقاً كاملاً ولا يترك رماداً.

ثانياً : استخدامات ووظائف

المادة	الاستخدام
(١) التحليل الكيميائي في الطب.	- تسهيل مهمة الطبيب في تشخيص الأمراض والعلاج. مثل : تقدير نسب السكر والزرلان والبولينا والكوليسترول وغيرها. - تقدير كمية الميكروبات الفعالة في الدواء.
(٢) التحليل الكيميائي في الزراعة	- تحسين خواص التربة - المخصبات - من حيث الحموضة والقاعدية ونوع ونسب العناصر الموجودة بها. - معالجة التربة بإضافة الأسمدة المناسبة.
(٣) التحليل الكيميائي في الصناعة	- تحديد مدى مطابقة الخامات والمنتجات في الصناعات للمواصفات القياسية.

المادة	الاستخدام
٤ التحليل الكيميائي في الخدمة البيئية	<ul style="list-style-type: none"> معرفة ومياس محتوى المياه والأغذية من الملوثات البيئية الضارة . معرفة نسب غازات أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين في الجو .
٥ التحليل الكيفي	التعرف على مكونات المادة سواء كانت نقية (مختللاً بسيطاً) أو مخلوطاً من عدة مواد .
٦ التحليل الكمي	تقدير نسبة كل مكون من المكونات الدوائية للمادة .
٧ حمض الهيدروكلوريك المخفف	<ul style="list-style-type: none"> الكشف عن مجموعة أنيونات الأحماض غير الشائعة وهي : $(CO_3^{2-}, HCO_3^-, SO_3^{2-}, S^{2-}, S_2O_3^{2-}, NO_2^-)$ الكشف عن كاتيونات المجموعات التحليلية الأولى وهي : (Ag^+, Hg^+, Pb^{2+}) إزالة طبقة الأكسيد غير المتسامية المتكونة على سطح الحديد عند إضافة حمض النيتريك المركز إليه .
٨ حمض الكبريتيك المركز في التحليل الكيميائي	الكشف عن مجموعة أنيونات الأحماض متوسطة الثبات وهي : $(Cl^-, Br^-, I^-, NO_3^-)$
٩ محلول كلوريد الباريوم	الكشف عن مجموعة أنيونات الأحماض الشائعة وهي : (SO_4^{2-}, PO_4^{3-})
١٠ ماء الجير الرائق	الكشف عن غاز ثاني أكسيد الكربون حيث يتعكر عند إمرار CO_2 فيه لفترة قصيرة (ST) .
١١ محلول كبريتات الماغنسيوم	التمييز بين محاليل أنيونات الكربونات والبيكربونات .
١٢ محلول نترات الفضة	الكشف عن بعض الذنونات في محاليل مثل : $(SO_3^{2-}, S^{2-}, Cl^-, Br^-, I^-, PO_4^{3-})$

المادة	الاستخدام
١٧ محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم	مادة مؤكسدة يتحول لوزن البرتقالي إلى اللون الأخضر عند الكشف عن غاز ثنائي أكسيد الكبريت.
١٨ محلول أسيتات الرصاص II	الكشف عن غاز كبريتيد الهيدروجين حيث يتحول لوزن إلى اللون الأسود.
١٩ محلول اليود	الكشف عن أنيون الشوكبريتات (هـ) $S_2O_3^{2-}$ حيث يزول اللون البني عند التفاعل معه.
٢٠ محلول برومات البوتاسيوم	مادة مؤكسدة يزول لوزن البنفسجي عند الكشف عن أنيون الفيريت.
٢١ غاز النشادر	الكشف عن غاز كلوريد الهيدروجين حيث يكون معه سحب بيضاء.
٢٢ محلول النشادر المركز	<ul style="list-style-type: none"> * الكشف عن الراسب كلوريد الفضة الأبيض (يذوب فيه). * الكشف عن الراسب بروميد الفضة الأبيض المصفر (يذوب فيه ببطء). * الكشف عن الراسب يوديد الفضة الأصفر (لا يذوب فيه). * الكشف عن الراسب فوسفات الفضة الأمفر (يذوب فيه).
٢٣ ورقة ميللا بالنشا	<ul style="list-style-type: none"> - الكشف عن أنجزة البروم البرتقالية حيث يتحول إلى اللون الأصفر. - الكشف عن أنجزة اليود البنفسجية حيث يتحول إلى الأزرق.
٢٤ تجربة الخلقة البنية	الكشف عن أنيون النترات.
٢٥ $H_2S + HCl$	الكشف عن كاتيونات المجموعة التحليلية الثامنة حيث يرسبها في صورة كبريتيدات لا تذوب في الماء مثل (Cu^{2+}) .
٢٦ محلول هيدروكسيد الأمونيوم	الكشف عن كاتيونات المجموعة التحليلية الثالثة حيث يرسبها في صورة هيدروكسيدات لا تذوب في الماء وهي : $(Al^{3+} - Fe^{2+} - Fe^{3+})$.

المادة	الاستخدام
٢١] محلول هيدروكسيد الصوديوم	التأكد من كاتيونات المجموعة التحليلية الثالثة وهي : (Al^{3+} - Fe^{2+} - Fe^{3+})
٢٤] محلول كربونات الأمونيوم	الكشف عن كاتيونات المجموعة التحليلية الخامسة حيث يرسبها في صورة كربونات لا تذوب في الماء مثل (Ca^{2+}) .
٢٥] لرب بنزن	الكشف عن كاتيونات الكالسيوم المتطايرة حيث تكسب اللرب اللون الأحمر الطوبى .

ثالثاً : صبغ كيميائية وألوان

اسم المادة	الصبغة الكيميائية	اللون
ثاني أكسيد الكربون	$CO_{2(g)}$	عديم اللون
ماء الجير (هيدروكسيد كالسيوم)	$Ca(OH)_{2(aq)}$	عديم اللون
كربونات كالسيوم	$CaCO_{3(s)}$	أبيض
كربونات ماغنسيوم	$MgCO_{3(s)}$	أبيض
محلول كبريتات ماغنسيوم	$MgSO_{4(aq)}$	عديم اللون
ثاني أكسيد الكبريت	$SO_{2(g)}$	عديم اللون
كبريتيد الهيدروجين	$H_2S_{(g)}$	عديم اللون
محلول ثاني كرومات البوتاسيوم	$K_2Cr_2O_{7(aq)}$	برتقالي
محلول كبريتات الكروم III	$Cr_2(SO_4)_{3(aq)}$	أخضر
محلول نترات الفضة	$AgNO_{3(aq)}$	عديم اللون
كبريتات الفضة	$AgSO_{3(s)}$	أبيض
محلول أسيتات الرصاص II	$(CH_3COO)_2Pb_{(aq)}$	عديم اللون
كبريتيد الرصاص	$PbS_{(s)}$	أسود
كبريتيد الفضة	$Ag_2S_{(s)}$	أسود
الكبريت	$S_{(s)}$	أصفر
محلول اليود	$I_{2(aq)}$	بنّي
غاز أكسيد النيتريك	$NO_{(g)}$	عديم اللون
ثاني أكسيد النيتروجين	$NO_{2(g)}$	بنّي محمر
محلول برمنجنات البوتاسيوم	$KMnO_{4(aq)}$	بنفسجي

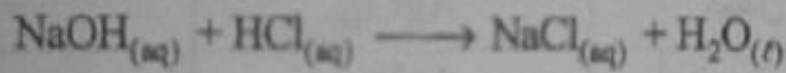
اسم المادة	الصفة الكيميائية	اللون
محلول كبريتات المنجنيز II	$MnSO_4(aq)$	عديم اللون
حمض الهيدروكلوريك المخفف	$HCl(aq)$	عديم اللون
حمض النيتريك المركز	$HNO_3(l)$	عديم اللون
حمض الكبريتيك المركز	$H_2SO_4(l)$	عديم اللون
غاز كلوريد الهيدروجين	$HCl(g)$	عديم اللون
غاز بروميد الهيدروجين	$HBr(g)$	عديم اللون
غاز يوديد الهيدروجين	$HI(g)$	عديم اللون
سحب كلوريد الأمونيوم	$NH_4Cl(s)$	سحب بيضاء
ابخرة البروم	$Br_2(v)$	برتقالي
ابخرة اليود	$I_2(v)$	بنفسجي
كلوريد الفضة	$AgCl(s)$	أبيض
بروميد الفضة	$AgBr(s)$	أبيض مصفر
يوديد الفضة	$AgI(s)$	أصفر
مركب الحلقة البنية	$FeSO_4 \cdot NO(s)$	بنى
فوسفات الباريوم	$Ba_3(PO_4)_2(s)$	أبيض
كبريتات الباريوم	$BaSO_4(s)$	أبيض
فوسفات الفضة	$Ag_3PO_4(s)$	أصفر
كبريتات الرصاص II	$PbSO_4(s)$	أبيض
كبريتيد النحاس II	$CuS(s)$	أسود
هيدروكسيد الألومنيوم	$Al(OH)_3(s)$	أبيض جيلاتيني
محلول ميتا ألومينات الصوديوم	$NaAlO_2(aq)$	عديم اللون
هيدروكسيد الحديد II	$Fe(OH)_2(s)$	أبيض مخضر
هيدروكسيد الحديد III	$Fe(OH)_3(s)$	بنى محمر جيلاتيني
كبريتات الكالسيوم	$CaSO_4(s)$	راسب أبيض

رابعاً: تجارب عملية

تقدير تركيز محلول من هيدروكسيد الصوديوم مجهول التركيز باستخدام محلول قياسي معلوم التركيز من حمض الهيدروكلوريك



- ① ينقل حجم معلوم (25 mL) من هيدروكسيد الصوديوم إلى دورق مخروطي باستخدام ماصة.
- ② يضاف إليه قطرتين من محلول دليل مناسب مثل (محلول عباد الشمس أو أزرق بروموثيمول)
- ③ تُملأ السحاحة بالمحلول القياسي من حمض الهيدروكلوريك تركيز (0.1 mol/L)
- ④ يُضاف محلول الحمض بالتدريج إلى محلول القلوي حتى يتغير لون الدليل مشيراً إلى نهاية التفاعل (نقطة التعادل) الذي يمكن تمثيله على النحو التالي :



⑤ ولتبسيط طريقة الحساب تستخدم العلاقة : $\frac{M_a V_a}{n_a} = \frac{M_b V_b}{n_b}$

حيث أن :

M_a	تركيز الحمض المستخدم (mol/L)
M_b	تركيز القلوي المستخدم (mol/L)
V_a	حجم الحمض المستخدم في المعايرة (mL)
V_b	حجم القلوي المستخدم في المعايرة (mL)
n_a	عدد مولات الحمض في معادلة التفاعل المتزنة
n_b	عدد مولات القلوي في معادلة التفاعل المتزنة

وفي التفاعل السابق فإن :

$$\frac{M_a V_a}{n_a} = \frac{M_b V_b}{n_b} \Rightarrow \frac{0.1 \times 21}{1} = \frac{M_b \times 25}{1}$$

$$\therefore M_b = \frac{21 \times 0.1}{25} = 0.084 \text{ mol/L}$$

خامساً: تحليلات

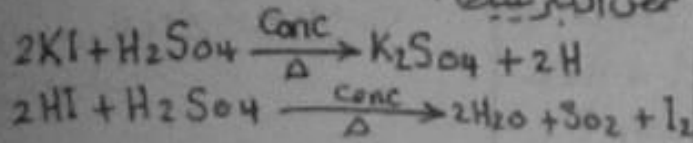
علل	التعليل
(١) لا يصلح حمض الهيدروكلوريك المخفف للتمييز بين ملح كربونات وبيكربونات.	لتصاعد غاز CO_2 الذي يعكس ماء النجس في المالحين. $Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2 \uparrow$ $NaHCO_3 + HCl \rightarrow NaCl + H_2O + CO_2 \uparrow$
(٢) يستخدم حمض الهيدروكلوريك المخفف في الكشف عن أنيون النيتريت بينما لا يستخدم في الكشف عن أنيون النترات.	لأن حمض الهيدروكلوريك أكثر شأناً من حمض النيتروز (HNO_2) فيمكنه أن يطرد من محاليل أملاحه بيضا حمض الهيدروكلوريك أقل شأناً من حمض النيتريك فلا يستطيع طرده من محاليل أملاحه.
(٣) عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى ملح ثيوكبريتات الصوديوم يتكون راسب أصفر.	لترسيب الكبريت $Na_2S_2O_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + SO_2 + H_2O + S \downarrow$
(٤) لا يتكون راسب عند إضافة محلول كبريتات الماغنسيوم إلى محلول بيكربونات الصوديوم بالتسخين.	لتكون بيكربونات ماغنسيوم المذابة في الماء وبالتسخين تتحلل إلى كربونات ماغنسيوم لا تذوب في الماء فيظهر راسب أبيض. $Mg(HCO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} MgCO_3 + H_2O + CO_2 \uparrow$
(٥) يزول اللون البنفسجي لمحلول ريبجانات البوتاسيوم المحضنة عند إضافته إلى محلول نيتريت صوديوم.	لتكون مركبات عديمة اللون. $5NaNO_2 + 2KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow 5NaNO_3 + K_2SO_4 + 3H_2O + 2MnSO_4$
(٦) تسود ورقة مبللة بمحلول أسيتات الرصاص عند تعرضها لغاز (H_2S).	لتكون كبريتيد رصاص راسب أسود $(CH_3COO)_2Pb + H_2S \rightarrow 2CH_3COOH + PbS \downarrow$
(٧) ترسب المجموعة التحليلية الخامسة على هيئة كربونات.	لأن كاشف المجموعة هو كربونات أمونيوم $(NH_4)_2CO_3$

علل

التعليل

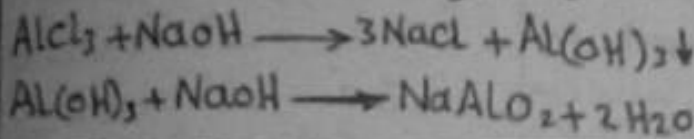
٨) تصاعد أبخرة بنفسجية عند تفاعل حمض الكبريتيك المركز مع يوديد البوتاسيوم بالتسخين .

لأن تصاعد أبخرة اليود البنفسجية وذلك لأنك جزء من يوديد اليودوجين المتصاعد بواسطة حمض الكبريتيك .



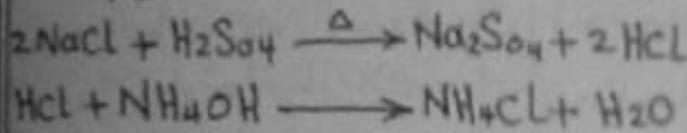
٩) يظهر راسب أبيض جيلاتيني ثم يختفي عند إضافة هيدروكسيد صوديوم بالتدريج إلى كلوريد الألومنيوم .

لتكون هيدروكسيد الألومنيوم ثم يذوب عند إضافة المزيد من هيدروكسيد الصوديوم لتكون ميثاألومينات الصوديوم .



١٠) عند إضافة حمض الكبريتيك المركز إلى ملح الطعام وتعرض ساق مبللة بمحلول النشادر تتكون سحب بيضاء .

لتصاعد HCl الذي يكون سحب بيضاء مع محلول النشادر لتكون كلوريد الأمونيوم .



١١) يستخدم محلول كلوريد الباريوم للتمييز بين أيونات الكبريتات والفوسفات .

لأنه يعطي راسب أبيض لذيذ في الأحماض المخففة في حالة الكبريتات بينما يعطي راسب أبيض يذوب في الأحماض في حالة الفوسفات .

١٢) الكشف عن الشق القاعدي أكثر تعقيداً من الحمضي .

- لكثرة عددها والداخل فيها .
- إمكانية وجود الشق الواحد في أكثر من حالة تأكسد .

١٣) لا يستخدم دليل الفينولفثالين في الكشف عن الأحماض .

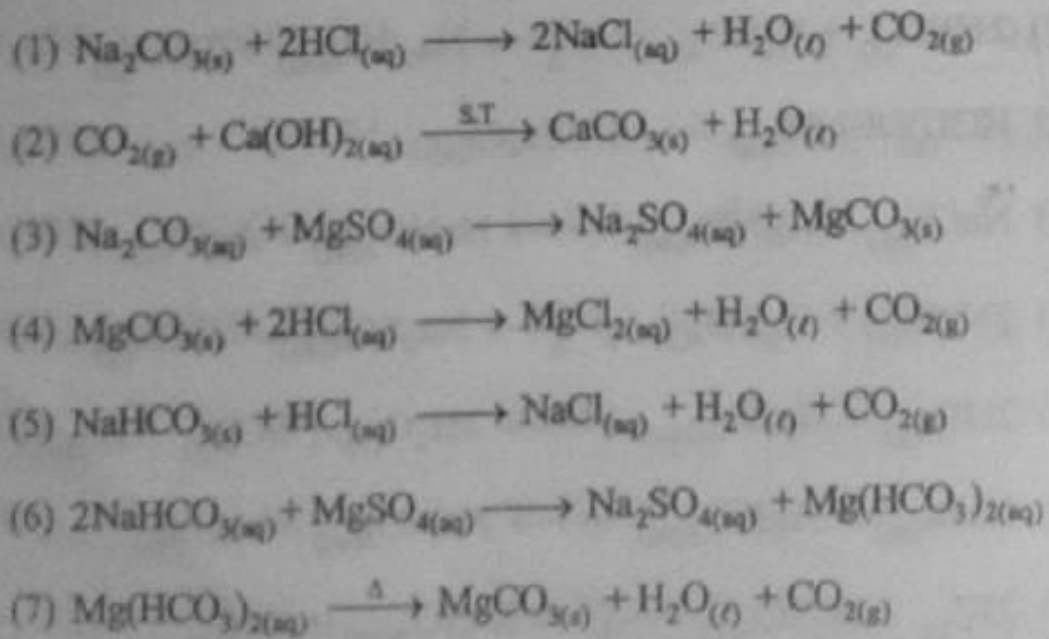
لأنه عديم اللون في الوسط الحمضي .

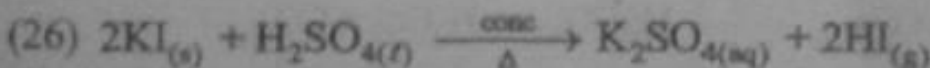
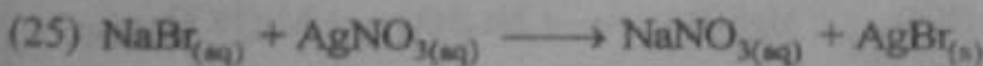
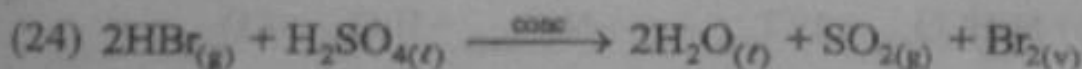
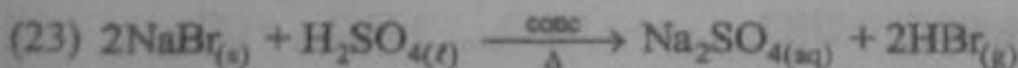
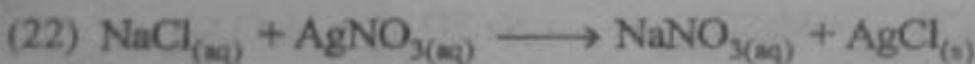
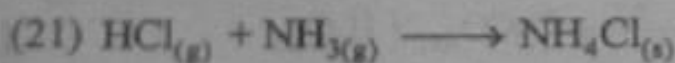
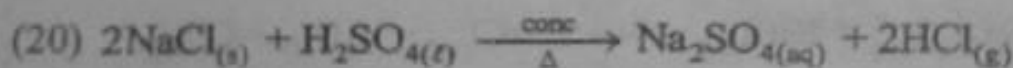
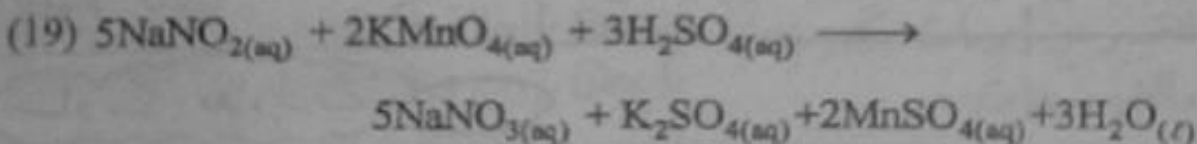
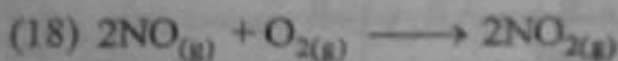
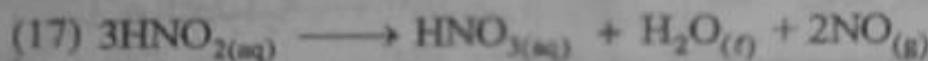
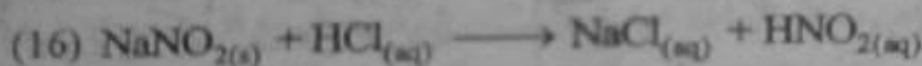
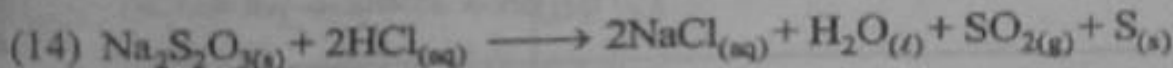
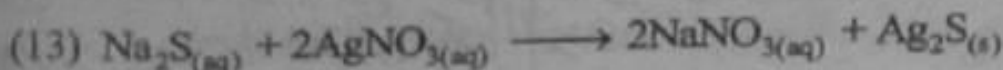
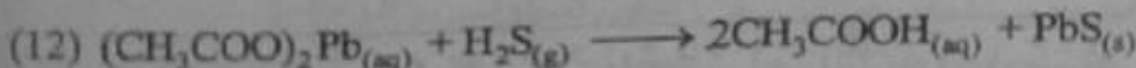
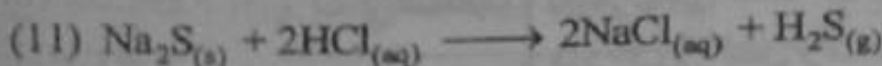
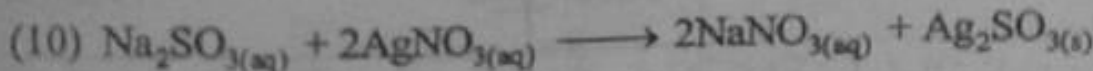
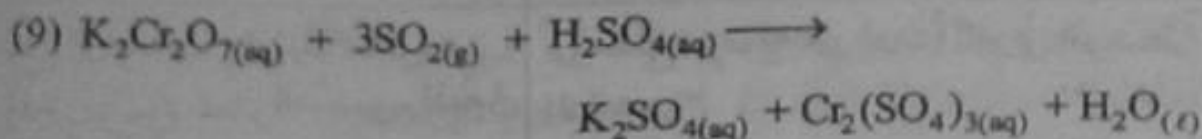
١٤) لا يستخدم محلول قاعدي في التمييز بين دليل عباد الشمس ودليل الذرق بروسيمول .

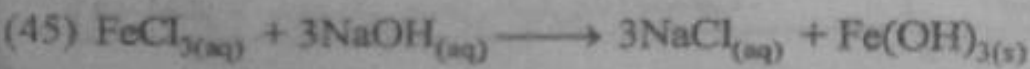
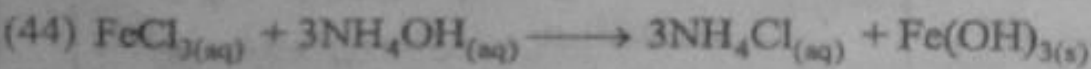
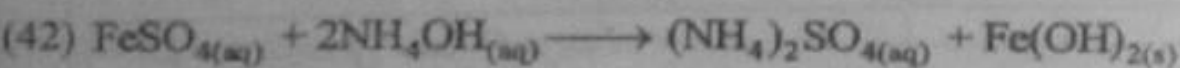
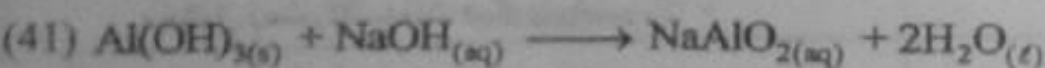
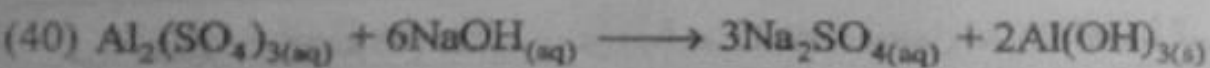
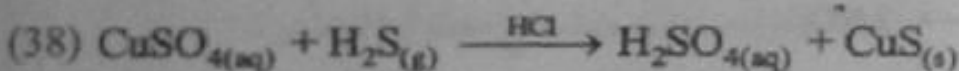
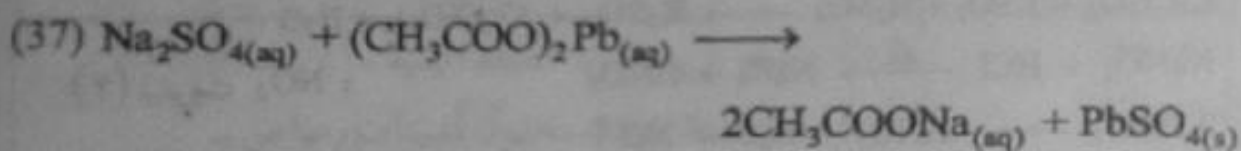
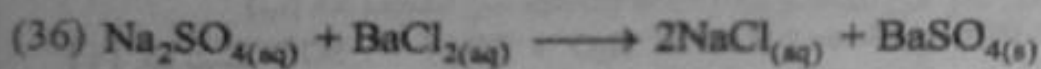
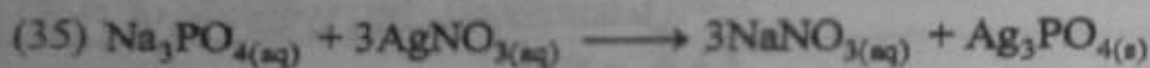
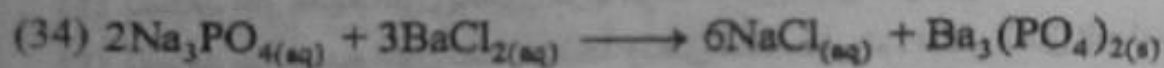
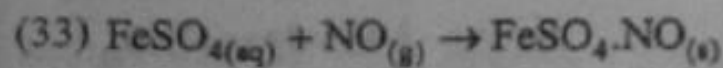
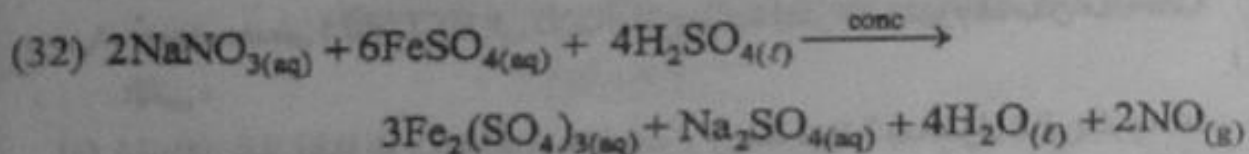
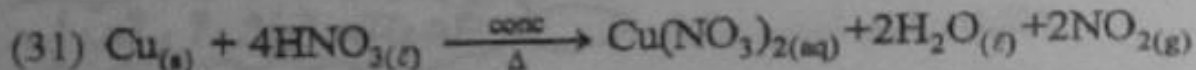
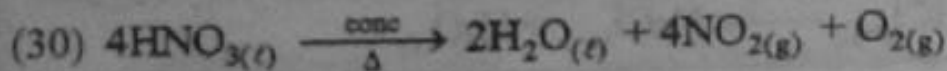
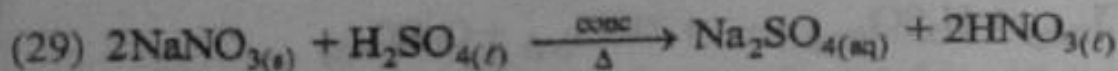
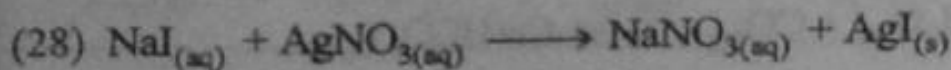
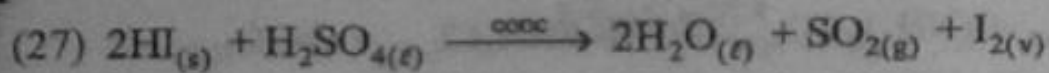
لأن لورنجا في الوسط القاعدي أزرق .

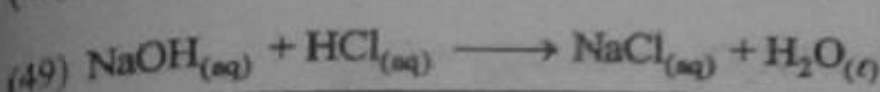
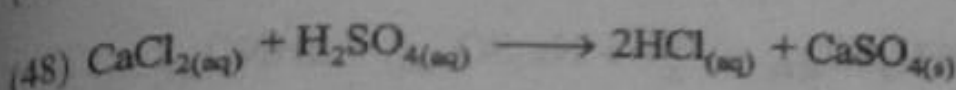
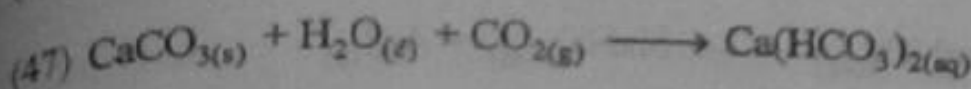
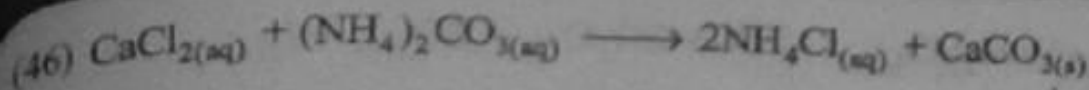
علل	التعليل
١٥) لا يستخدم محلول حمض في التمييز بين عباد الشمس والميثيل البرتقالي.	لأن كل منهما يعطي لوناً أحمر في الوسط الحمضي.
١٦) تستخدم الدُّلَّة في تفاعلات المعايرة.	للمعرفة على نقطة نهاية التفاعل بين محلول مادتين (حمض وقاعدة).
١٧) لا يستخدم ورق ترشيح عديم الرماد عند إجراء التحليل الكمي الوزني بطريقة الترسيب.	لأنه يتحرق احترقاً تاماً ولا يترك أي مادة.
١٨) أهمياً يفضل التسخين الزهيد عند استخدام حمض الهيدروكلوريك المخفف في الكشف عن مجموعة أنيوناته التحليلية.	ليساعد على طرد الغازات حتى يسهل الكشف عنها.
١٩) لا بد أن يسبق التحليل الكمي تحليلاً كيفياً.	للمعرفة على مكونات المادة أولاً فهي يمكن اختيار أنسب الطرق لتحليلها كميّاً.

سادساً: معادلات









سابعاً : أسئلة متنوعة

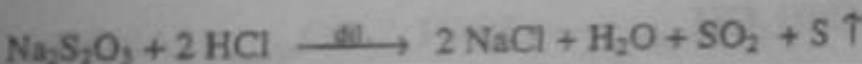
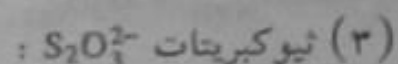
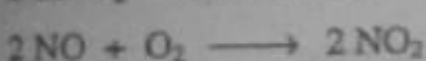
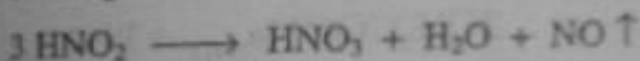
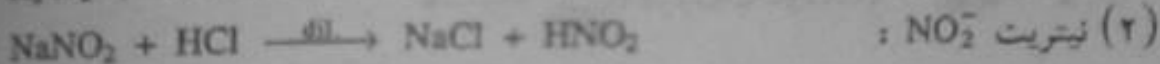
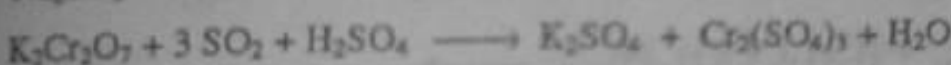
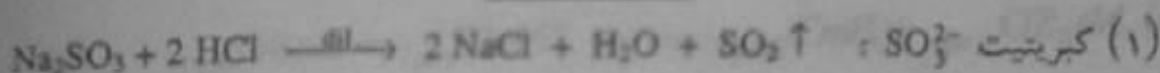
س١ : اضيف حمض HCl (dil.) إلى ثلاث أملاح صلبة لفلز الصوديوم فأمكن ملاحظة الآتى :

(١) تصاعد غاز نفاذ الرائحة يسبب اخضرار ورقة مبللة بمحلول ثانى كرومات البوتاسيوم المحمضة .

(٢) تصاعد غاز عديم اللون يتحول قرب فوهة الأنبوبة إلى غاز بنى محمر .

(٣) تصاعد غاز عديم اللون نفاذ الرائحة وتعلق مادة صفراء . اذكر الشق الحامض للأملاح الثلاثة واكتب معادلات التفاعل .

الإجابة :



س٢ : تخير من القسم (١) المناسب من (ب) عند إضافة محلول نترات الفضة إلى محاليل بعض الأنيونات فيكون راسب .

(ب)	(أ)
الفوسفات	١- أسود لا يذوب في حمض النيتريك .
البروميد	٢- أبيض لا يذوب في حمض النيتريك المخفف .
الكلوريد	٣- أبيض مصفر لا يذوب في حمض النيتريك المخفف .
الكبريتيد	٤- أصفر يذوب في حمض النيتريك المخفف .
اليوديد	٥- أصفر لا يذوب في حمض النيتريك المخفف .

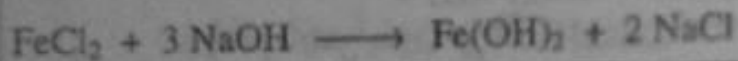
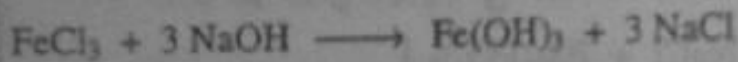
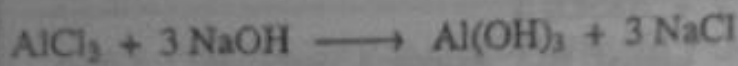
الإجابة ١

- ١- الكبريتيد . ٢- الكلوريد . ٣- البروميد . ٤- الفوسفات . ٥- اليوديد .

س٢ : عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى محاليل ثلاث أملاح من الكلوريدات فيكون : الأول : راسب أبيض جيلاتيني . الثاني : راسب بني محمر . الثالث : راسب أبيض مخضر . اذكر الشق القاعدي للأملاح الثلاث واكتب معادلات التفاعل .

الإجابة ٢

الأول Al^{3+} ، الثاني Fe^{3+} ، الثالث Fe^{2+}



س٤ : تخير لكل غاز من المجموعة (أ) ما يناسبه من المجموعة (ب)

(أ)	(ب)
١- SO_2	(أ) يدخل في تركيب الحلقة البنية .
٢- CO_2	(ب) يسود ورقة مبللة بمحلول أميتات رصاص .
٣- H_2S	(ج) يكون سحب بيضاء مع محلول النشادر .
٤- HCl	(د) يعكر ماء الجير .
٥- NO	(هـ) يزرق ورقة مبللة بمحلول النشا .
	(و) يخضر ورقة مبللة بثاني كرومات البوتاسيوم .

الإجابة ٣

- ١- مع (و) ٢- مع (د) ٣- مع (ب) ٤- مع (ج) ٥- مع (أ)

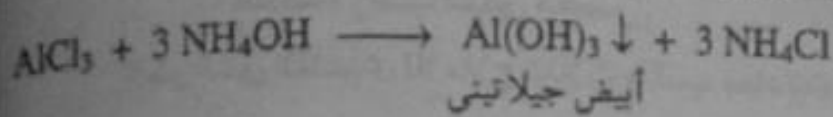
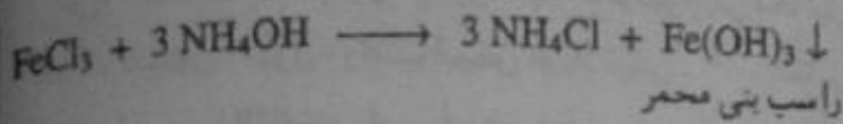
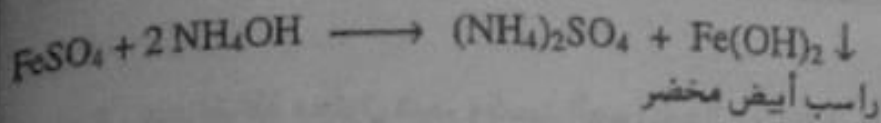
س٥ : اذكر استخداما واحدا لكل من الكواشف الآتية مع كتابة المعادلات :

١- هيدروكسيد الأمونيوم . ٢- كلوريد الباريوم .

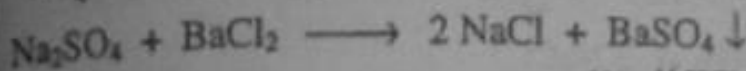
٣- نترات الفضة . ٤- برمنجانات البوتاسيوم .

٥- أميتات رصاص . ٦- كربونات الأمونيوم .

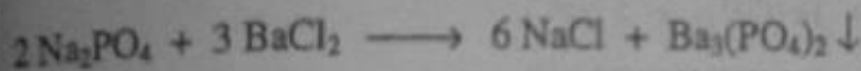
(١) كاشف المجموعة التحليلية الثالثة: Fe^{2+} ، Fe^{3+} ، Al^{3+}



(٢) كلوريد الباريوم: الكشف عن أنيون الكبريتات SO_4^{2-} وأنيون الفوسفات PO_4^{3-}



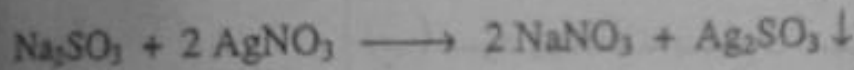
راسب أبيض لا يذوب في HCl المخفف



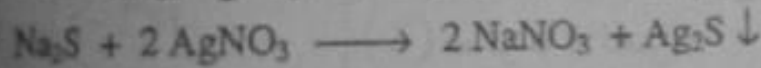
راسب أبيض يذوب في HCl المخفف

(٣) نترات الفضة:

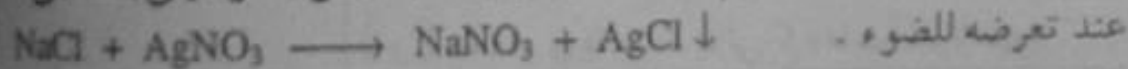
• الكشف عن كبريتات الصوديوم (Na_2SO_3): يتكون راسب أبيض من كبريتات الفضة يسود بالتسخين.



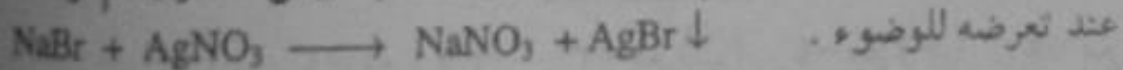
• الكشف عن كبريتيد الصوديوم (Na_2S): يتكون راسب أسود من كبريتيد فضة.



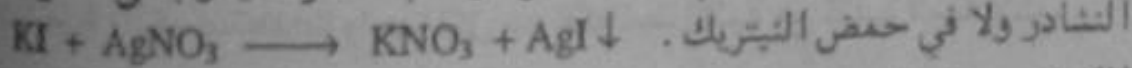
• الكشف عن كلوريد الصوديوم ($NaCl$): يتكون راسب أبيض يتحول إلى بنفسجي



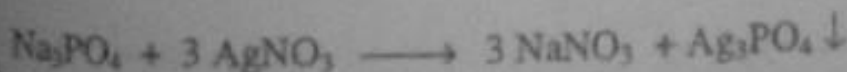
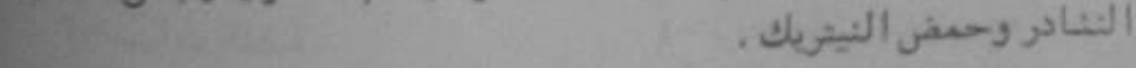
• الكشف عن بروميد الصوديوم ($NaBr$): يكون راسب أبيض مصفر. يفتح لونه



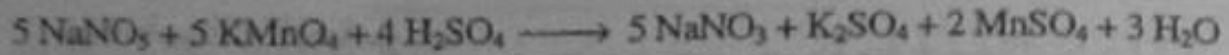
• الكشف عن يوديد البوتاسيوم (KI): يتكون راسب أصفر لا يذوب في محلول



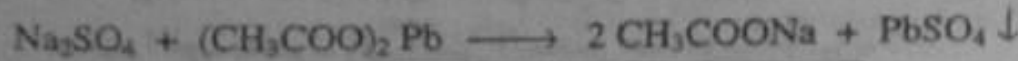
• الكشف عن فوسفات صوديوم (Na_3PO_4): يتكون راسب أصفر يذوب في محلول



(٤) برمنجنات البوتاسيوم : الكشف عن أيون النيتريت NO_2^- حيث يزول لون البرمنجنات البنفسجية .



(٥) أسيتات الرصاص : الكشف عن كبريتيد صوديوم (Na_2S) يتكون راسب أسود من (PbS) ، الكشف عن كبريتات الصوديوم (Na_2SO_4) يتكون راسب أبيض من كبريتات الرصاص .



(٦) كربونات الأمونيوم : كاشف المجموعة التحليلية الخامسة Ca^{2+} .



س٦ : اذكر اسم وصيغة الشق الحامض أو القاعدي الذي أعطى النتائج التالية عند الكشف عنه :

- (١) محلول الملح + محلول هيدروكسيد الصوديوم تكون راسب أبيض مخضر .
- (٢) محلول الملح + محلول كبريتات الماغنسيوم تكون راسب أبيض بعد التسخين .
- (٣) محلول الملح + محلول نترات الفضة تكون راسب أصفر لا يذوب في محلول النشاير .

الإجابة

- ١- الحديد (II) Fe^{2+} ٢- كربونات CO_3^{2-} ٣- اليوديد I

س٧ : كيف تميز بين : (١) كبريتيت صوديوم وكبريتيد صوديوم .

(٢) نيتريت صوديوم ونترات صوديوم . (٣) كبريتيت صوديوم وكبريتات صوديوم .

(٤) كلوريد حديد (II) وكلوريد حديد (III) .

(٥) كلوريد ألومنيوم وكلوريد حديد (II) . (٦) كبريتات صوديوم وفوسفات صوديوم .

(٧) كلوريد صوديوم وبروميد صوديوم ويوديد صوديوم .

(٨) فوسفات صوديوم ويوديد صوديوم .

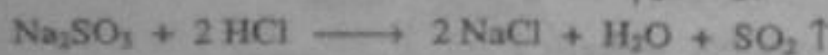
(٩) كبريتات ألومنيوم وكبريتات حديد (II) .

(١٠) ثيوكبريتات صوديوم وكبريتيد صوديوم .

(١١) نيتريت صوديوم وكبريتيد صوديوم .

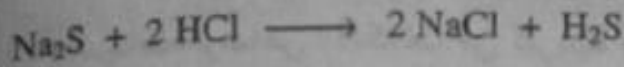
الإجابة

(١) حمض HCl (dil.) + كبريتيت صوديوم : يتصاعد SO_2 له رائحة نفاذة وتخضر ورقة مبللة بثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة .





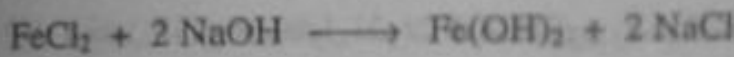
• حمض HCl (dil.) + كبريتيد صوديوم : غاز H_2S : له رائحة كريهة يسود ورقة مبللة باسيتات الرصاص .



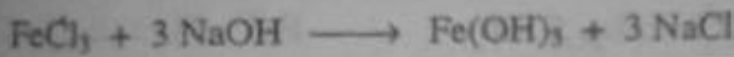
(٢) حمض HCl (dil.) + نيتريت صوديوم NO_2^- : يتصاعد غاز أكسيد النيتريك (NO) عديم اللون يتحول إلى البنى المحمر عند فوهة الأنبوبة .
• حمض HCl (dil.) + نترات الصوديوم NO_3^- : لا يتفاعل .

(٣) حمض HCl (dil.) + كبريتيت صوديوم : يتصاعد غاز (SO_2) ذو الرائحة النفاذة الذي يخضر ورقة مبللة بثاني كرومات البوتاسيوم .
• حمض HCl (dil.) + كبريتات الصوديوم : لا يتفاعل .

(٤) $NaOH$ + كلوريد حديد (II) : راسب أبيض مخضر .



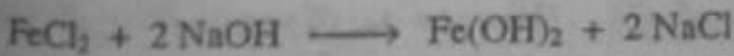
• $NaOH$ + كلوريد حديد (III) : يتكون راسب بني محمر .



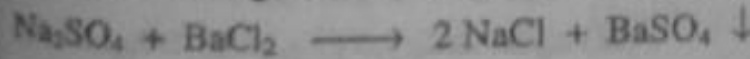
(٥) $NaOH$ + كلوريد ألومنيوم ($AlCl_3$) : راسب أبيض جيلاتيني .



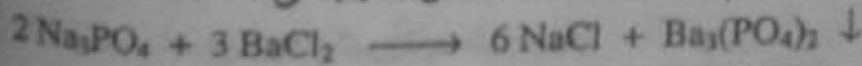
• $NaOH$ + كلوريد حديد (II) : يتكون راسب بني محمر .



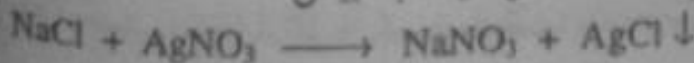
(٦) $BaCl_2$ + كبريتات صوديوم : يتكون راسب أبيض لا يذوب في HCl (dil.) .



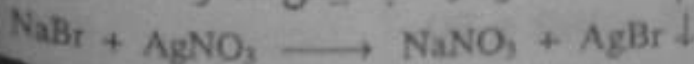
• $BaCl_2$ + فوسفات صوديوم : يتكون راسب أبيض يذوب في HCl (dil.) .



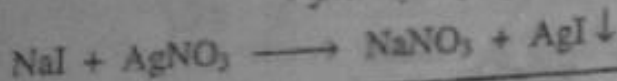
(٧) نترات فضة + كلوريد صوديوم Cl^- : يتكون راسب أبيض .



• نترات فضة + بروميد صوديوم Br^- : يتكون راسب أبيض مصفر .



• نترات فضة + يوديوم صوديوم I^- : يتكون راسب أصفر .



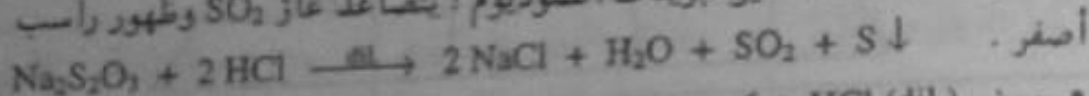
(٨) نترات الفضة + فوسفات صوديوم : يتكون راسب أصفر يذوب في محلول النشادر وحمض النيتريك .

• نترات الفضة + ويديو صوديوم : يتكون راسب أصفر لا يذوب في محلول النشادر .

(٩) $NaOH$ + كبريتات ألومنيوم Al^{3+} : يتكون راسب أبيض .

• $NaOH$ + كبريتات حديد Fe^{2+} : يتكون أبيض مخضر .

(١٠) حمض HCl (dil.) + ثيو كبريتات الصوديوم : يتصاعد غاز SO_2 وظهور راسب أصفر .



• حمض HCl (dil.) + كبريتيد صوديوم : يتصاعد غاز (H_2S) له رائحة كريهة يسود ورقة مبللة باميتات الرصاص .

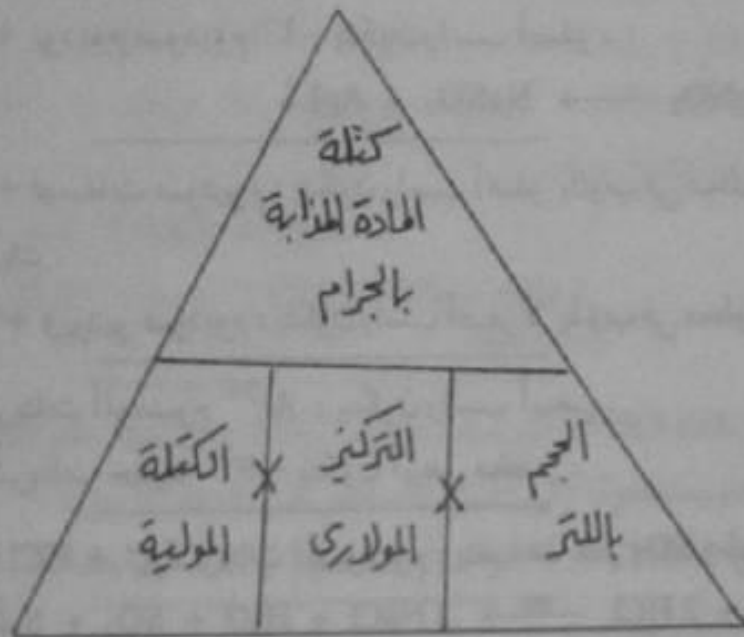


(١١) حمض HCl (dil.) + نيتريت صوديوم : يتصاعد غاز (NO) عديم اللون يتحول إلى بني محمر عند طوعة الأنبوبة .

• حمض HCl (dil.) + كبريتيد صوديوم : يتصاعد غاز (H_2S) له رائحة كريهة يسود ورقة مبللة باميتات الرصاص .

ثامناً : العلاقات الرياضية





القوانين المستخدمة في حل المسائل

$$① \text{ عدد المولات (mol)} = \frac{\text{كتلة المادة (g)}}{\text{كتلة المول (g/mol)}}$$

$$② \text{ عدد المولات (mol)} = \frac{\text{عدد الذرات أو الجزيئات أو الأيونات أو وحدة الصيغة}}{\text{عدد أفوجادرو } 6.02 \times 10^{23}}$$

$$③ \text{ عدد المولات (mol)} = \frac{\text{حجم الغاز (L)}}{\text{حجم المول الواحد (L/mol) } 22.4} \text{ (at stp)}$$

$$④ \text{ كثافة الغاز (g/L)} = \frac{\text{الكتلة المولية (g/mol)}}{\text{حجم المول الواحد (L/mol) } 22.4} \text{ (at stp)}$$

$$⑤ \text{ التركيز المولاري (M)} = \frac{\text{عدد المولات (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$⑥ \text{ النسبة المئوية الكتلية لعنصر في مركب (g/g \%)} = \frac{\text{كتلة العنصر في مول من المركب}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100$$

$$\textcircled{v} \text{ النسبة المئوية لمركب في عينة غير نقية} = \frac{\text{كتلة المركب في العينة}}{\text{كتلة العينة غير النقية}} \times 100$$

٨ قانون المعايرة (العلاقة بين حجم وتركيز الحمض والقوى أثناء التفاعل)

$$\frac{M_a V_a}{n_a} = \frac{M_b V_b}{n_b}$$

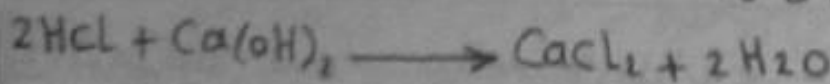
M_a تركيز الحمض مول/لتر	V_a حجم الحمض المستخدم في المعايرة (مل/لتر)	n_b عدد المولات الحمض في معادلة التفاعل
M_b تركيز القوي مول/لتر	V_b حجم القوي المستخدم في المعايرة (مل/لتر)	n_a عدد المولات من القوي في معادلة التفاعل

أمثلة

١ أجبrite معايرة (20 mL) من محلول هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ باستخدام حمض الهيدروكلوريك (0.5 mol/L) وعند تمام التفاعل استهلك (25 mL) من الحمض احسب التركيز المولاري لهيدروكسيد الكالسيوم (mol/L)

الحل

المعادلة المتوازنة للتفاعل هي:



$$\therefore \frac{M_a V_a}{n_a} = \frac{M_b V_b}{n_b} = \frac{0.5 \times 25}{2} = \frac{M_b \times 20}{1}$$

$$\therefore M_b = \frac{25 \times 0.5}{2 \times 20} = 0.3125 \text{ mol/L}$$

تركيز هيدروكسيد الكالسيوم

$$\therefore \frac{M_a V_a}{n_a} = \frac{M_b V_b}{n_b} \rightarrow \frac{0.1 \times 15}{1} = \frac{M_b \times 25}{1}$$

$$\therefore M_b = \frac{0.1 \times 15}{25} = 0.06 \text{ mol/L} \quad \text{تركيز هيدروكسيد الصوديوم}$$

$$1.6 \times 10^{-3} \text{ mol} = 0.025 \times 0.06 = (\text{L}) \times \text{التركيز} = \text{عدد مولات NaOH}$$

$$40 \text{ g} = 23 \times 1 + 16 \times 1 + 1 \times 1 = \text{NaOH} \text{ الكتلة المولية}$$

$$\therefore \text{كتلة NaOH} = \text{عدد المولات} \times \text{الكتلة المولية}$$

$$0.06 \text{ g} = 40 \times 1.6 \times 10^{-3} =$$

⑤ مخلوط من مادة صلبة يحتوي على هيدروكسيد الصوديوم وكاورييد الصوديوم
لنرمز لمعايرة 0.1 حجم من حمض تمام التفاعل 10 مليلتر من 0.1 مولاري حمض
الهيدروكلوريك أم نسبة هيدروكسيد الصوديوم في المخلوط علمًا بأن:
[H = 1 < O = 16 < Na = 23]

الحل

$$\text{كتلة المول من NaOH} = 1 + 16 + 23 = 40 \text{ جم}$$

$$\text{عدد مولات الحمض المستخدم} = \frac{\text{الحجم} \times \text{التركيز}}{1000} = \frac{0.1 \times 10}{1000} = 0.001 \text{ مول}$$

مول من حمض الهيدروكلوريك يتفاعل مع مول هيدروكسيد الصوديوم
 \therefore عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم = 0.001 مول

$$\text{كتلة هيدروكسيد الصوديوم في المخلوط} = \text{عدد المولات} \times \text{كتلة المول}$$

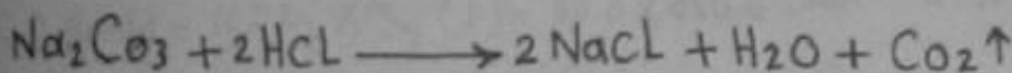
$$0.04 \text{ جم} = 40 \times 0.001 =$$

$$\text{نسبة هيدروكسيد الصوديوم في المخلوط} = \frac{\text{كتلة المادة}}{\text{كتلة العينة}} \times 100$$

$$40 \% = 100 \times \frac{0.04}{0.1} =$$

٦) 2 g من خليط من مادة صلبة تحتوي على كربونات الصوديوم وكبريتيد الصوديوم تمت معارقتها مع محلول حمض الهيدروكلوريك 0.2 mol/L فلز 100 mL من الحمض ليتفاعل مع النسبة المئوية لكبريتيد الصوديوم في الخليط.

الحل



عدد المولات = التركيز \times الحجم باللتر

$$0.02 \text{ mol} = 0.1 \times 0.2$$

$$0.01 \text{ mol} = \frac{0.02}{2}$$

$$\text{كتلة كربونات الصوديوم} = \text{عدد المولات} \times \text{الكتلة المولية} = 106 \times 0.01 = 1.06 \text{ g}$$

$$\text{الكتلة المولية لـ } \text{Na}_2\text{CO}_3 = 16 \times 3 + 12 + 2 \times 23 = 106 \text{ g}$$

$$\text{كتلة كلوريد الصوديوم} = 1.06 - 0.94 = 0.12 \text{ g}$$

$$\text{نسبة كلوريد الصوديوم في الخليط} = \frac{\text{كتلة المادة}}{\text{كتلة العينة}} \times 100 = 100 \times \frac{0.94}{2} = 47\%$$

$$47\% =$$

٧) سُخِّفَت عَيِّنَةٌ مِنْ كَلُورِيدِ الْبَارِيُومِ الْمُنْهَدَرَةِ $\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ هِيَ 2.6903 جم

تَجِيفًا شَدِيدًا إِلَى أَنْ ثَبَتَتْ كَتَلَتُهَا عِنْدَ 2.2923 جم

احسب النسبة المئوية لماء التبلر - عدد جزئيات ماء التبلر في عينة

الجزئية علماً بأن $[\text{Ba} = 137, \text{Cl} = 35.5, \text{O} = 16, \text{H} = 1]$

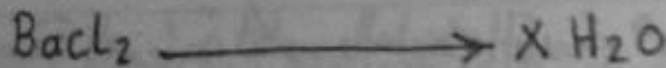
الحل

$$\text{كتلة ماء التبلر} = 2.2923 - 2.6903 = 0.398 \text{ جم}$$

$$\text{كتلة ماء التبلر في العينة} = \frac{0.398 \times 208}{2.2923} = 36.114 \text{ جم}$$

$$\text{عدد جزيئات ماء التبلر} = \frac{36.114}{18} = 2.006 \text{ جزيء}$$

$$\text{النسبة المئوية لماء التبلر} = \frac{0.398}{2.6903} \times 100 = 14.79\%$$



$$208 \text{ g} \longrightarrow 18X$$

$$2.6903 \text{ g} \longrightarrow 0.3989$$

$$2 = \frac{208 \times 0.398}{2.6903 \times 18} = X$$



٨) يستخدم كلوريد الكالسيوم (CaCl_2) كمادة نازعة للماء في المجففات المعملية أخذت عينة من كلوريد الكالسيوم المهدرت ($\text{CaCl}_2 \cdot X\text{H}_2\text{O}$) كتلتها 1.47 g من إحدى المجففات المعملية وخفضت عدة مرات حتى ثبتت كتلتها وأصبحت 1.11 g حسب النسبة المئوية لماء التبلر ثم احسب عدد جزيئات الماء وصيغته الجزيئية.

$$[O=16, H=1, Cl=35.5, Ca=40]$$

الحل

$$(\text{CaCl}_2 \cdot X\text{H}_2\text{O}) = 1.47 \text{ g} \text{ كتلة كلوريد الكالسيوم المهدرت}$$

$$\text{g} = 1.11 \text{ كتلة كلوريد الكالسيوم}$$

$$= 1.47 - 1.11 = 0.36 \text{ g} \text{ كتلة ماء التبلر}$$

$$\therefore \text{النسبة المئوية لماء التبلر} = \frac{0.36}{1.47} \times 100 = 24.49\%$$

$$\text{كتلة ماء التبلر} = \frac{0.36 \times 18}{1.11} = 5.78 \text{ g}$$

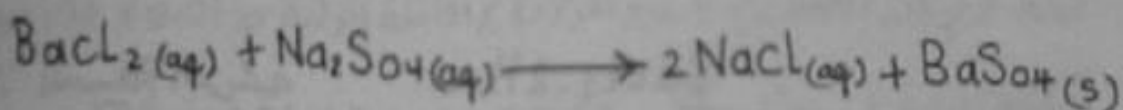
$$18 \text{ g/mol} = (16 \times 1) + (1 \times 2) = \text{الكتلة المولية للماء}$$

$$\therefore \text{عدد مولات جزيئات ماء التبلور} = \frac{36}{18} = 2 \text{ mol}$$

\therefore الصيغة الجزيئية لكلوريد الباريوم المترسب هي $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

⑨ أضيف محلول كبريتات الصوديوم إلى محلول من كلوريد الباريوم حتى تمام ترسيب كبريتات الباريوم ويتم فصل الراسب بالتريشيع والتجفيف فوجد أن كتلته = 2 g احسب كتلة كلوريد الباريوم في المحلول.
[O = 16, S = 32, Cl = 35.5, Ba = 137]

الحل



$$208 \text{ g} \longrightarrow 233 \text{ g}$$

$$x \text{ g} \longrightarrow 2 \text{ g}$$

$$x = \frac{2 \times 208}{233} = 1.785 \text{ g} \quad \text{كتلة كلوريد الباريوم}$$

⑩ أذيب 2 جم من كلوريد الصوديوم (غير نقى) في الماء وأضيف إليه رفرة من محلول نترات الفضة فترسب 4.628 جم من كلوريد الفضة احسب نسبة الكلور في العينة علماً بأن [Cl = 35.5, Ag = 108]

الحل

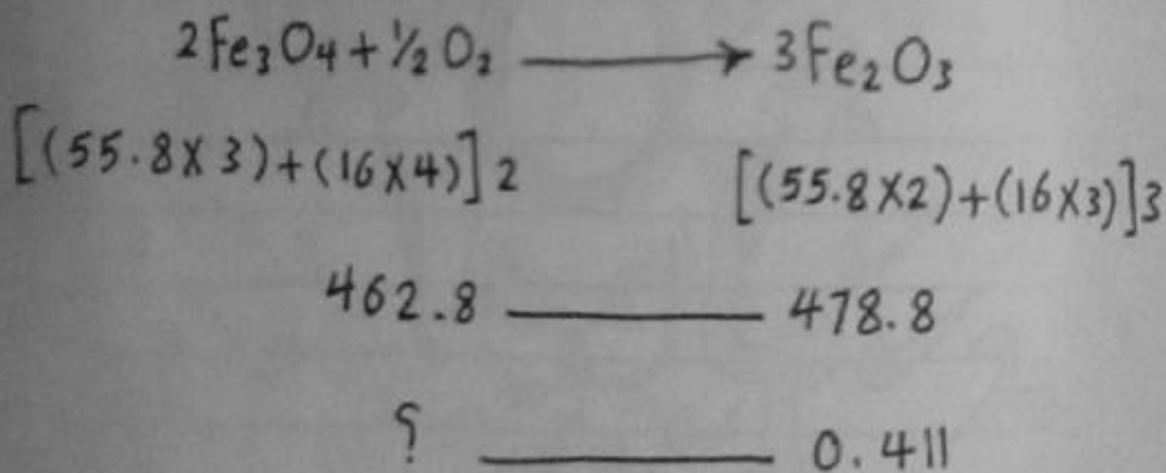
AgCl	—————	Cl
143.5		35.5
4.628		?

$$\text{كتلة الكلوريد} = \frac{4.628 \times 35.5}{143.5} = 1.145 \text{ جم}$$

$$\text{نسبة الكلور في العينة} = 100 \times \frac{1.145}{2} = 57.25\%$$

② عند أكسدة $\frac{1}{2}$ جم من خام المغناطيت $[\text{Fe}_3\text{O}_4]$ ليتحول إلى أكسيد حديد (III) $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ نبعث 0.411 جم من Fe_2O_3
 احسب النسبة المئوية للأكسيد الأسود في الخام
 علماً بأن $[\text{Fe} = 55.8, \text{O} = 16]$

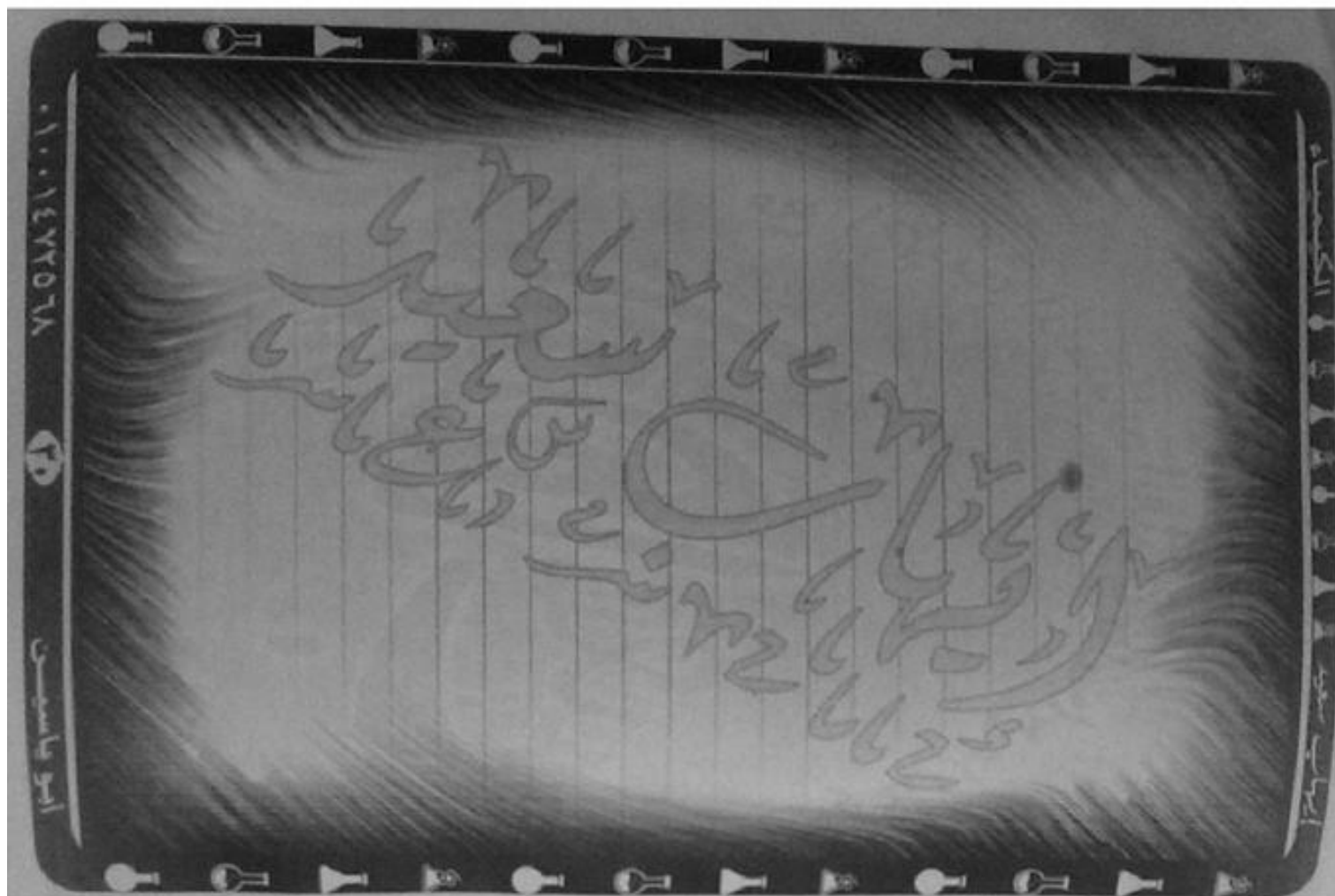
الحل



$$\frac{462.8 \times 0.411}{478.8} = \text{كتلة المغناطيت (الأكسيد الأسود)}$$

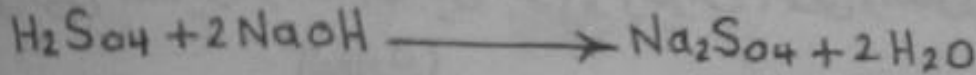
$$= 0.397 \text{ جم}$$

$$\text{النسبة المئوية} = 100 \times \frac{0.397}{0.5} = 79.45\%$$



٢) أجزية معايرة لمحلول هيدروكسيد الصوديوم 25 مليلتر مع حمض الكبريتيك 0.1 مولاري فكان حجم الحمض المستهلك عند نقطة التكافؤ هي 8 مليلتر احسب تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم.

الحل



$$\frac{M_a \times V_a}{n_a} = \frac{M_b \times V_b}{n_b}$$

$$\frac{0.1 \times 8}{1} = \frac{M_b \times 25}{2}$$

$$\text{mol/L} \quad 0.64 = \frac{0.1 \times 8 \times 2}{25} = M_b$$

٣) احسب حجم حمض الهيدروكلوريك (0.1 مولاري) اللازم لمعايرة 20 مليلتر من محلول كربونات صوديوم 0.5 مولاري حتى تمام التفاعل

الحل



$$\frac{M_a \times V_a}{n_a} = \frac{M_b \times V_b}{n_b}$$

$$\frac{0.1 \times V_a}{2} = \frac{0.5 \times 20}{1}$$

$$V_a = \frac{2 \times 0.5 \times 20}{0.1 \times 1} = 200 \text{ mL}$$

٤) أوجد كتلة هيدروكسيد الصوديوم المذابة في 25 mL والتي تستهلك عند معايرة 15 mL من حمض الهيدروكلوريك 0.1 mol/L
[Na = 23 , O = 16 , H = 1]

الحل

