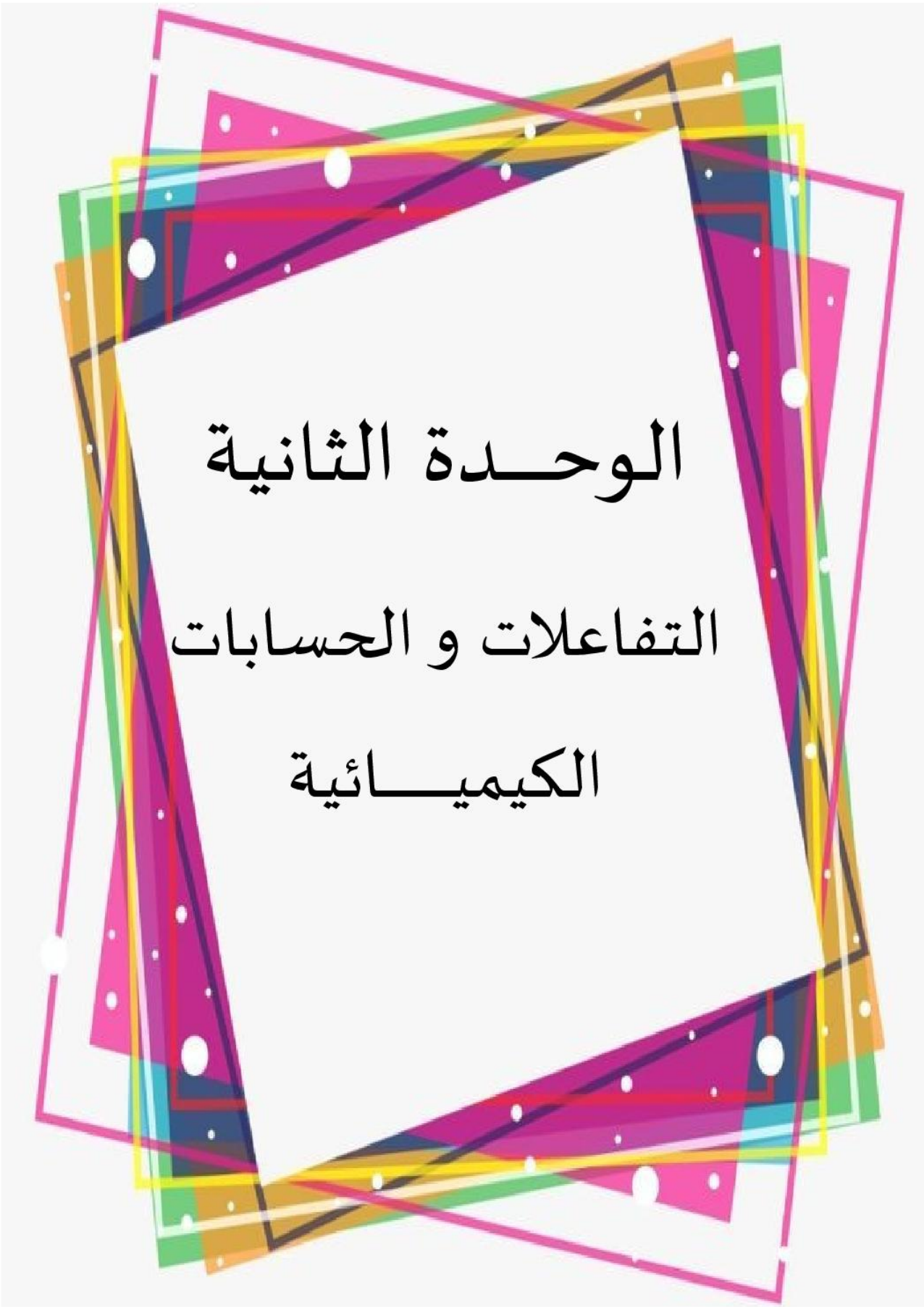

الوحـــدة الثانية
التفاعلات و الحسابات
الكيميـــائية

الوحدة الـــرابعة : التفاعلات والحسابات الكيميائية

التفـــاعلات الكيميائية

انواع التفاعلات الكيميائية

- تفاعلات الاتحاد
- تفاعلات الإحلال الأحادي
- تفاعلات الإحلال المزدوج
  - تفاعلات الترسيب
  - تفاعلات منتجة للغازات
  - تفاعلات التعادل
- تفاعلات التحلل

1- تفاعل الاحتراق

2- تفاعل الاتحاد

3- تفاعل التحلل أو التفكك

4- تفاعل الإحلال الأحادي

5- تفاعل الإحلال الثنائي أو المزدوج

التفاعل الكيميائي

هي عملية تكسير الروابط بين ذرات عناصر المواد المتفاعلة و تكوين روابط جديدة بين ذرات عناصر المواد الناتجة ويتم فيه إعادة ترتيب للذرات دون المساس بنوعها وعددها .

- في التفاعل الكيميائي تختلف الصفات الفيزيائية و الكيميائية للمواد الناتجة عنها للمواد المتفاعلة ويتم التعبير عنه بمعادلة كيميائية موزونة تصف المواد المتفاعلة و الناتجة

- هناك دلائل لحدوث التفاعل الكيميائي منها نستدل على حدوث التفاعل الكيميائي من خلال :

1) تكوين راسب
2) انطلاق غازات
3) حدوث تغير في اللون
4) اختفاء المواد المتفاعلة
5) ظهور مواد جديدة
6) تغير في الحرارة

أولا :- تفاعلات الاتحاد

تفاعلات الاتحاد

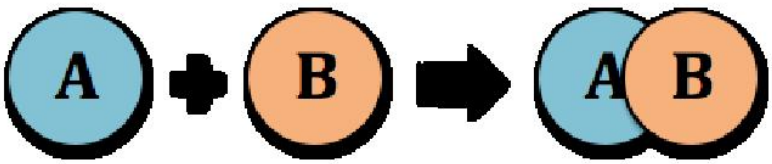
هو تفاعـــل كيميائي تتحد فيه مـــادتين أو أكثر (عناصر أو مركبات) لانتاج مادة واحدة جديدة تختلف في خصائصها عـــن خصائص مكوناتها

يسمى بتفاعل التكويـــن أو التحضـــــير

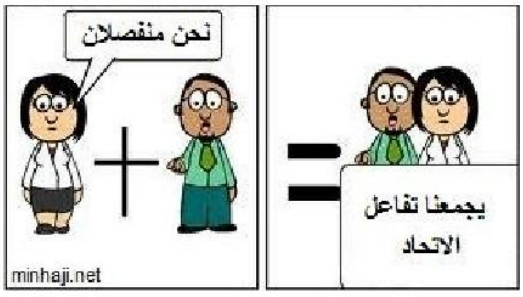
Combination Reactions

يمكن تمثيل تفاعلات الاتحاد بالمعادلة العامة الاتية :

$$A + B \rightarrow AB$$



وسمي تفاعل الاتحاد بتفاعل التكوين أو التحضير لانه يؤدي الى انتاج مادة جديدة



تصنف تفاعلات الاتحاد بناء على انواع المواد المتفاعلة كما يلي :

مثال :- تفاعل عنصر النحاس مع عنصر الكبريت لينتج كبريتيد النحاس (II)

$$Cu_{(S)} + S_{(s)} \xrightarrow{\Delta} CuS_{(s)}$$

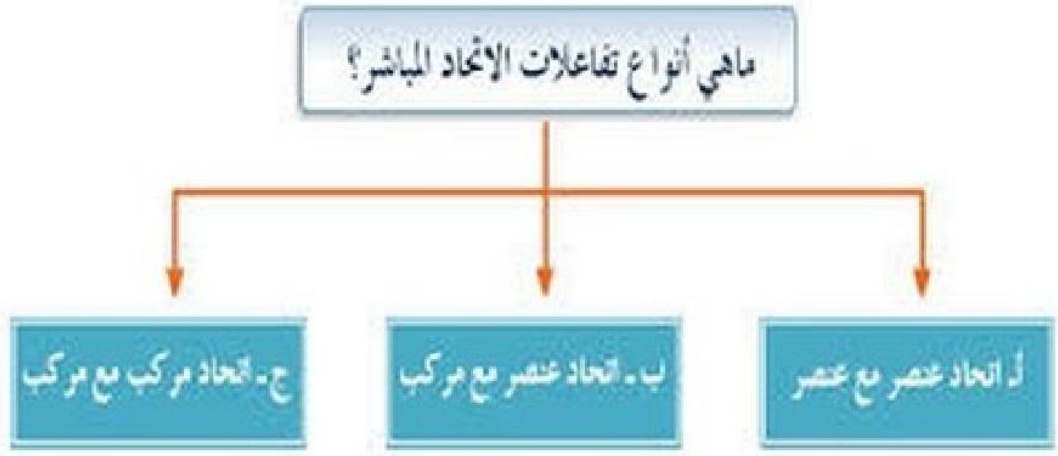
و تفاعل الأمونيا مع حمض الهيدروكلوريك لإنتاج كلوريد الأمونيوم

$$NH_3 + HCl \longrightarrow NH_4Cl$$

تفاعل أكسيد المغنيسيوم مع غاز ثاني أكسيد الكربون لإنتاج كربونات المغنيسيوم

$$CO_{2(g)} + MgO_{(s)} \longrightarrow MgCO_{3(s)}$$

**أنواع تفاعلات الاتحاد :-



اتحاد عنصر مع عنصر :-

مثال : تفاعل الصوديوم مع غاز الكلور

عند إمرار غاز الكلور على فلز الصوديوم يشتعل فلز الصوديوم بضوء ساطع أصفر و ينتج مركب كلوريد الصوديوم

$$2Na_{(s)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2NaCl_{(s)}$$

كلوريد الصوديوم

اشتعال الصوديوم

** تفاعل فلز الحديد مع عنصر الكبريت :

$$Fe_{(s)} + S_{(s)} \xrightarrow{\Delta} FeS_{(s)}$$

** تفاعل الفلزات مع الأكسجين :

القاعدة العامة : أكسيد الفلز ← أكسجين + فلز

مثال : تفاعل شريط المغنيسيوم مع الأكسجين :يصدر عن الاحتراق لهب ضوئي لونه أبيض

احتراق المغنيسيوم

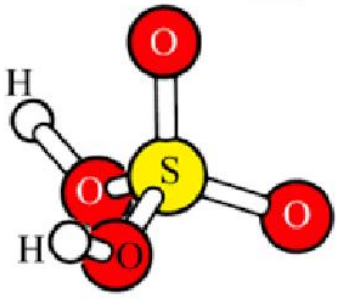
$$2Mg(s) + O2(g) \longrightarrow 2MgO(s)$$

اتحاد عنصر مع مركب :-

مثال : تفاعل غاز أول أكسيد الكربون مع غاز الأكسجين لينتج غاز ثاني أكسيد الكربون :

$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)}$$

** تفاعل اتحاد حمض الكبريت (حمض الكبريتوز) H_2SO_3 مع غاز الأكسجين لانتاج حمض الكبريتك H_2SO_4 :



حمض الكبريتيك

$$2H_2SO_{3(aq)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2SO_{4(aq)}$$

اتحاد مركب مع مركب :-

مثال : تفاعل أكسيد المغنيسيوم مع غاز ثاني أكسيد الكربون لانتاج كربونات المغنيسيوم

$$CO_{2(g)} + MgO_{(s)} \longrightarrow MgCO_{3(s)}$$

تفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع أكسيد الكالسيوم

$$SO_{2(g)} + CaO_{(s)} \longrightarrow CaSO_{3(s)}$$

وكذلك يتفاعلُ مُركّب (أكسيد الكالسيوم) الجير الحيّ (مع الماء) لإنتاج هيدروكسيد الكالسيوم(الجيرُ المُطفأ)$Ca(OH)_2$ (المُستخدَمِ في موادّ البناء، وطلاءِ سيقان الأشجار ودِباغةِ الجلود)

ويعبر عن التفاعُل بالمعادلةِ الآتية :

$$CaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)}$$

أمثلة أخرى :

$$N_2O_{5(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow 2HNO_{3(aq)}$$

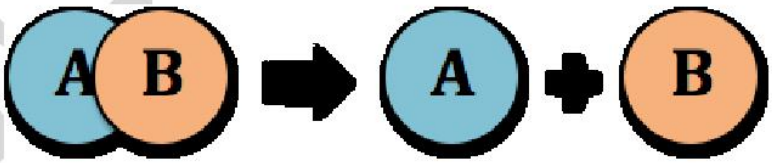
$$BaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow Ba(OH)_{2(aq)}$$

تفاعُلاتُ التحلُّل(التفكُّك) Decomposition Reactions

ثانيا :- تفاعل التحلل (التفكك) الحراري

تفاعل يتحلّلُ فيه مُركب واحد بوجود طاقة حراريّة أو ضوئيّة أوكهربائية لإنتاج مادّتينِ أو أكثر .

يمكن تمثيل تفاعلات التحلل بالصورة المبسطة التالية $AB \rightarrow A + B$



مثال:-

تحلل حمض الكربونيك منتجة غاز ثاني أكسيد الكربون والماء :

$$H_2CO_{3(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

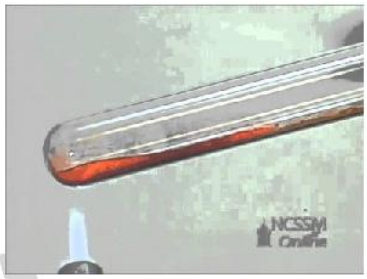
تُصنَّفُ تفاعُلاتُ التحلُّل إلى ثلاثةِ أنواع كما يأتي:

تحلُّلُ مُركب لإنتاج عنصرين: ينتُجُ عُنصرا الهيدروجينِ والأكسجينِ بالتحليل الكهربائيِّ للماء.

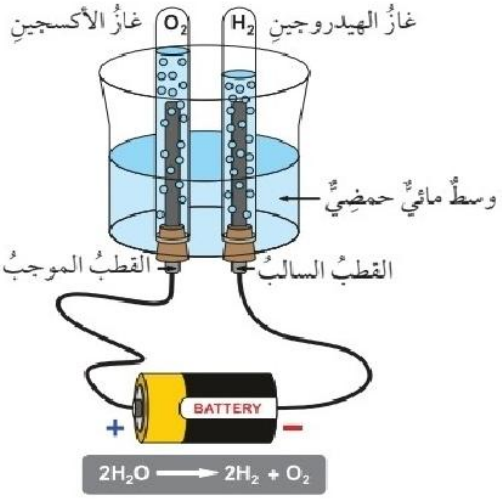
$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$$

تحلل أكسيد الزئبق الى عناصره :-

$$2HgO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$$



تتفاعل كل ذرة أكسجين مع ذرتي هيدروجين أي نسبة 1:2



كما يتحلّلُ بروميدُ الفَضّةِ (المستخدم في طلاءِ الأفلامِ الفوتوغرافيّة) بوجود الضوء، وينتِجُ عنصري الفِضةِ والبرومِ، وفقَ المعادلةِ الآتية :

$$2AgBr_{(s)} \xrightarrow{\text{ضوء}} 2Ag_{(s)} + Br_{2(l)}$$

تحلُّل مُركب لإنتاج مُركبينِ أو أكثر

تتحلّلُ كربوناتُ الفلزّاتِ الهيدروجينيّةِ مُنتجة كربونات الفلزِّ، وبخار الماء، وغاز ثاني أكسيد الكربون

$$2NaHCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_{3(s)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$

كما و يتحلل كربونات الكالسيوم لانتاج أكسيد الكالسيوم و غاز ثاني أكسيد الكربون

$$CaCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

تتحلل كربونات الفلز لتعطي = أكسيد الفلز و غاز ثاني أكسيد الكربون

تتحلل كربونات الفلز الهيدروجينية لتعطي = كربونات الفلز و غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء

هيدروكسيدات الفلزات تعطي = أكسيد الفلز و بخار الماء

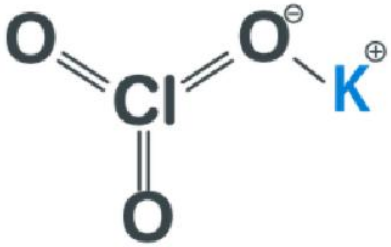
يتحلل هيدروكسيد الكالسيوم منتجة أكسيد الكالسيوم و بخار الماء

$$Ca(OH)_{2(s)} \xrightarrow{\Delta} CaO_{(s)} + H_2O_{(g)}$$

تحلل مركب لإنتاج عناصر و مركبات

تتحلل كلورات العناصر القلوية لتعطي = كلوريد الفلز و غاز الأكسجين

$$2KClO_{3(s)} \longrightarrow 2KCl_{(s)} + 3O_{2(g)}$$



تحلل دايكرومات الأمونيوم :-

$$(NH_4)_2Cr_2O_{7(s)} \xrightarrow{\Delta} Cr_2O_{3(s)} + 4H_2O_{(g)} + N_{2(g)}$$

فينتُجُ أكسيد الكروم وبخارُ الماءِ وغازُ النيتروجين

تفاعُلاتُ الإحلال $A + BC \rightarrow AC + B$

تفاعُل يحلّ فيه عنصر محلّ عنصر آخر في أحد مُركّباته ويسمى التفاعُل أيضا الاستبدال

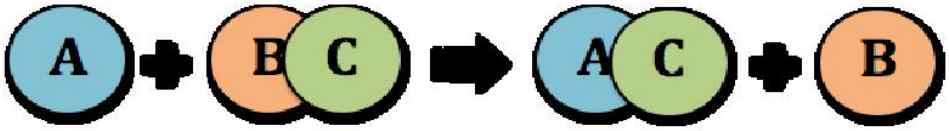
ثالثا :- تفاعلات الإحلال الأحادي Displacement Reactions

هو تفاعل يحل فيه العنصر الأكثر نشاطا محل العنصر الأقل نشاطا منه في أحد أملاحه ويسمى الاحلال البسيط

تفاعلات الاحلال الأحادي

يمكن تمثيل تفاعلات الإحلال الأحادي بالصورة

تشير الرموز (A,B) الى فلزين أو لا فلزين



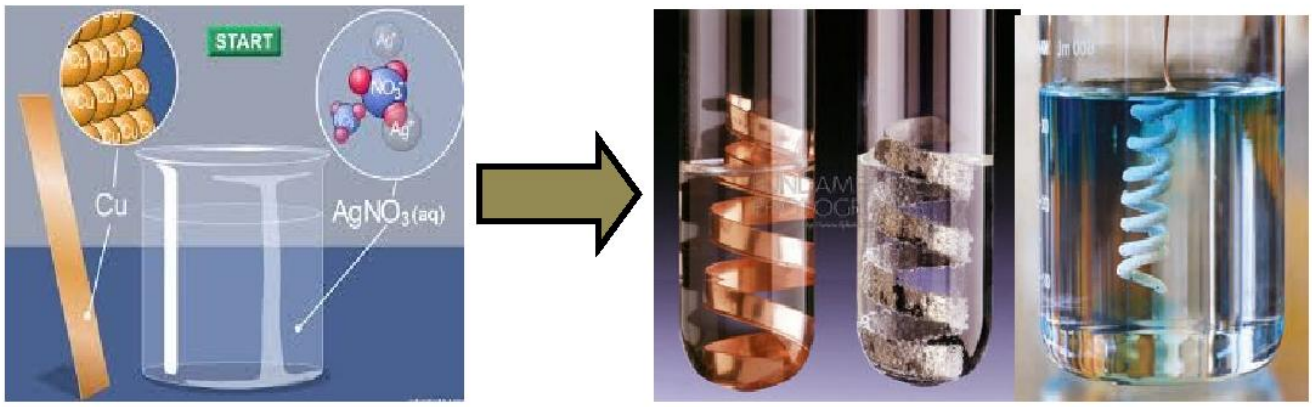
تُصنَّفُ تفاعُلاتُ الإحلال الأحاديّ الى ثلاثة أنواع كما يأتي :

إحلال فلزٍّ محل فلزٍّ آخر

تفاعل عنصر النحاس مع محلول نترات الفضة :-

يحل عنصر النحاس (الأكثر نشاطا) محل أيونات الفضة (الأقل نشاطا) في المحلول وينتج محلول نترات النحاس و تترسب ذرات الفضة الصلبة كما في المعادلة :

$$Cu_{(s)} + 2AgNO_{3\,(aq)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$$



كذلك يحل الألمنيوم محلّ الرصاص في محلول نترات الرصاص فينتجُ محلول نترات الألمنيوم وتترسّبُ ذراتُ الرصاص كما في المعادلة :

$$2Al_{(s)} + 3Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow 3Pb_{(s)} + 2Al(NO_3)_{3(aq)}$$

لتفاعلات الاحلال الاحادي أهمية كبيرة في تحضير أو استخلاص بعض العناصر من مركباتها

مثل تحضير غاز الهيدروجين

$$Zn_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow ZnSO_{4(aq)} + H_{2(g)}$$

صوديوم Na، مغنيسيوم Mg، ألمنيوم Al، خارصين Zn، حديد Fe، نيكل Ni، رصاص Pb، نحاس Cu، فضة Ag.

وبناء على سلسلة النشاط الكيميائي كما في الشكل اعلاه يحل العنصر الأكثر نشاطا محل العنصر الأقل نشاطا منه كما في المعادلات الاتية :

$$Mg_{(s)} + NiSO_{4(aq)} \rightarrow MgSO_{4(aq)} + Ni_{(s)}$$

$Ni_{(s)} + MgSO_{4(aq)} \rightarrow$ لا يحدث تفاعل

إحلالُ فلزٍّ محل الهيدروجين في الماء أو محلول الحمض

تحل معظم الفلزات محل الهيدروجين عند تفاعلها مع الماء أو محلول الحمض ويتصاعد غاز الهيدروجين كما في المعادلتين الآتيتين :

$2Na_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2NaOH_{(aq)} + 2H_{2(g)}$

$Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

إحلال لا فلز محل لافلزّ:

أفكر ص60 : لا يمكن لان الفضة أقل نشاطا من الخارصين لذا لا يحل محله في محلول ملح الخارصين

تعد تفاعلات الهالوجينات من أبرز الأمثلة على هذا النوع من التفاعلات ، إذ يحل الهالوجين الأكثر نشاطا محل الهالوجين الأقل نشاطا

$Cl_{2(g)} + 2NaBr_{(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + Br_{2(l)}$

$Br_{2(l)} + 2NaCl_{(aq)} \rightarrow$ لايحدث تفاعل

الأكثر نشاطًا

F_2	الفلورُ
Cl_2	الكلورُ
Br_2	البرومُ
I_2	اليودُ

الأقل نشاطًا

أمثلة على تفاعلات إحلال احادي :

$2Al_{(s)} + 3CuCl_{2(aq)} \rightarrow 2AlCl_{3(aq)} + 3Cu_{(s)}$

$Mg_{(s)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow$

$Mg(NO_3)_{2(aq)} + Pb_{(s)}$

Double Displacement

الإحـــلالُ المزدوجُ

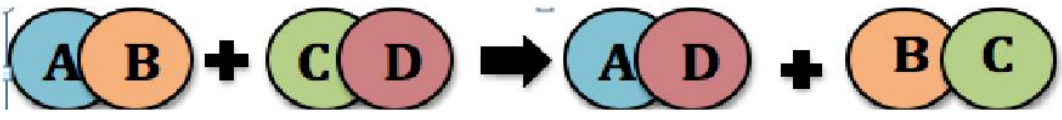
تفاعلات الاحلال المزدوج

رابعا :- تفاعلات الاحلال المزدوج

هو تفاعل يحل فيه عنصران كل منهما محل الاخر في المركبين أو المحلول المائي لأملاحهما :-

$$AB + CD \rightarrow AD + CB$$

أو تفاعل يحدث فيه مزج محلولين لمركبين أيونيين فتتبادل الأيونات في المركبيت أماكنها مكونة مركبات جديدة :- يمكن تمثيل تفاعلات الإحلال المزدوج بالصورة



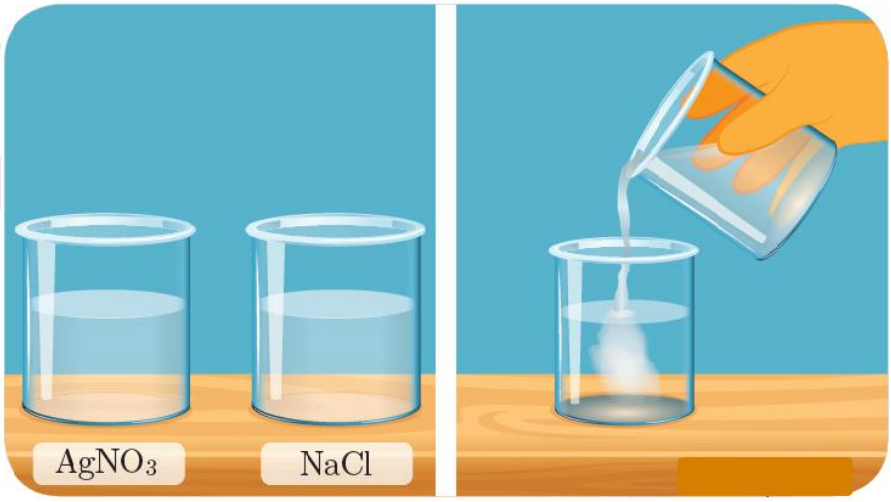
تُصنَّفُ تفاعُلاتُ الإحلال المزدوج الى ثلاثة أنواع :

تفاعُل الترسيب Precipitation Reaction

هو تفاعل تظهر فيه مادة راسبة نتيجة خلط محلولين لملحين ذائبين

مثال :-

تفاعل نترات الفضة مع كلوريد الصوديوم فينتج راسب من كلوريد الفضة



$$AgNO_{3(aq)} + NaCl_{(aq)} \longrightarrow \underline{AgCl}_{(s)}\downarrow + NaNO_{3(aq)}$$

راسب أبيض

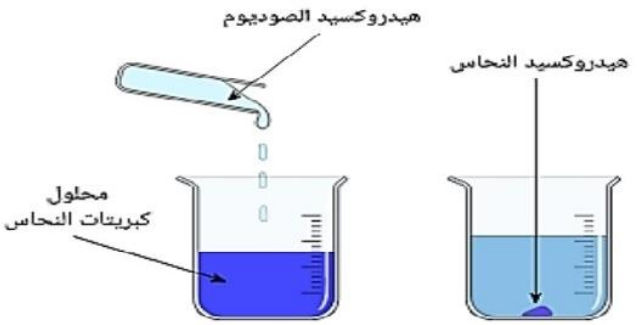
تفاعل كربونات الصوديوم مع محلول كبريتات النحاس

$$Na_2CO_{3(aq)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow Na_2SO_{4(aq)} + \underline{\mathbf{CuCO_3}}_{(s)}\downarrow$$

تفاعل محلول نترات الفضة مع محلول كلوريد البوتاسيوم :

$$KCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \rightarrow \underline{\mathbf{AgCl}}_{(s)}\downarrow + KNO_{3(aq)}$$

تفاعل محلول كبريتات النحاس مع محلول هيدروكسيد الصوديوم :



$$CuSO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow \underline{\mathbf{Cu(OH)_2}}_{(s)}\downarrow + Na_2SO_{4(aq)}$$

تفاعلات يصاحبها انطلاق غاز:-

هي تفاعلات احلال مزدوج يستدل على حدوثها من انطلاق غاز .

مثال :- تفاعل كربونات الكالسيوم مع محلول حمض الهيدروكلوريك

$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow CaCl_{2(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

مثال :- تفاعل كبريتيد الحديد الثنائي مع محلول حمض الهيدروكلوريك

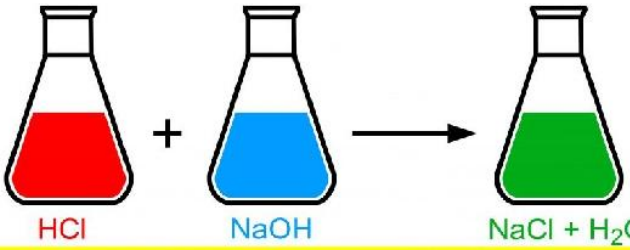
$$FeS_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow FeCl_{2(aq)} + H_2S_{(g)}$$

ويتصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين السام

Neutrallization Reaction

تفاعلات التعادل

هو تفاعل يحدث بين محاليل الحموض والقواعد القوية وينتج عنه الملح والماء



Acid + Base ⟶ Salt + H_2O

حمض قاعدة ملح ماء

مثال :-

تفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع حمض الهيدروكلوريك:

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

تفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع حمض الكبريتيك :

$$2NaOH_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

تفاعل هيدروكسيد الباريوم مع حمض البروميك

$$Ba(OH)_{2(aq)} + 2HBr_{(aq)} \longrightarrow BaBr_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

تفاعل هيدروكسيد الليثيوم مع حمض الكبريتيك :

$$H_2SO_{4(aq)} + 2LiOH_{(aq)} \rightarrow Li_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

مهم جدا :-

تفاعـــــلات الاتحاد و التحلل و الإحـــــلال الاحادي هي تفاعـــــلات تأكســـد و اختزال

التأكسد:- عملية فقدان المادة للإلكترونات

و تكتب الالكترونات مع النواتج ، مثال :- $Na_{(S)} \longrightarrow Na^{+}_{(aq)} + e^{-}$

الإختزال:- عملية اكتساب المادة للإلكترونات

و تكتب الالكترونات مع المتفاعلات ، مثال :- $Cu^{+2}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow Cu_{(s)}$

ملاحظة :

الفلزات تفقد الالكترونات و تتحول الى أيونات موجبة

اللافلزات تكسب الالكترونات و تتحول الى أيونات سالبة

مجموع عدد الالكترونات التي تكتسبها ذرات العنصر الذي اختزل يجب أن يكون مساويا لمجموع عدد الالكترونات التي تفقدها ذرات العنصر الذي يتأكسد في التفاعل

* يساعد حمض الهيدروكلوريك الموجود في العصارة المعدية على هضم الطعام

* تسبب الزيادة في حمض الهيدروكلوريك الى شعور الفرد بالحرقة (حموضة المعدة)

تفاعل الخارصين مع الحمض :

$$Zn_{(s)} + 2H^{+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

حيث يفقد الخارصين الالكترونات :

$$Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^{-}$$

و يكتسب الهيدروجين هذه الالكترونات :

$$2H^{+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow H_{2(g)}$$

وعند جمع المعاداتين السابقتين ينتج التفاعل الكلي :

$$Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e$$

$$2H^{+}_{(aq)} + 2e \longrightarrow H_{2(g)}$$

$$Zn_{(s)} + 2H^{+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

فسري :-

لماذا لا تعد تفاعلات الإحلال المزدوج تفاعل تأكسد و اختزال ؟

بسبب أن شحنات المواد المتفاعلة والناتجة لا تتغير أي لا يتم فيها فقد أو اكتساب الكترونات

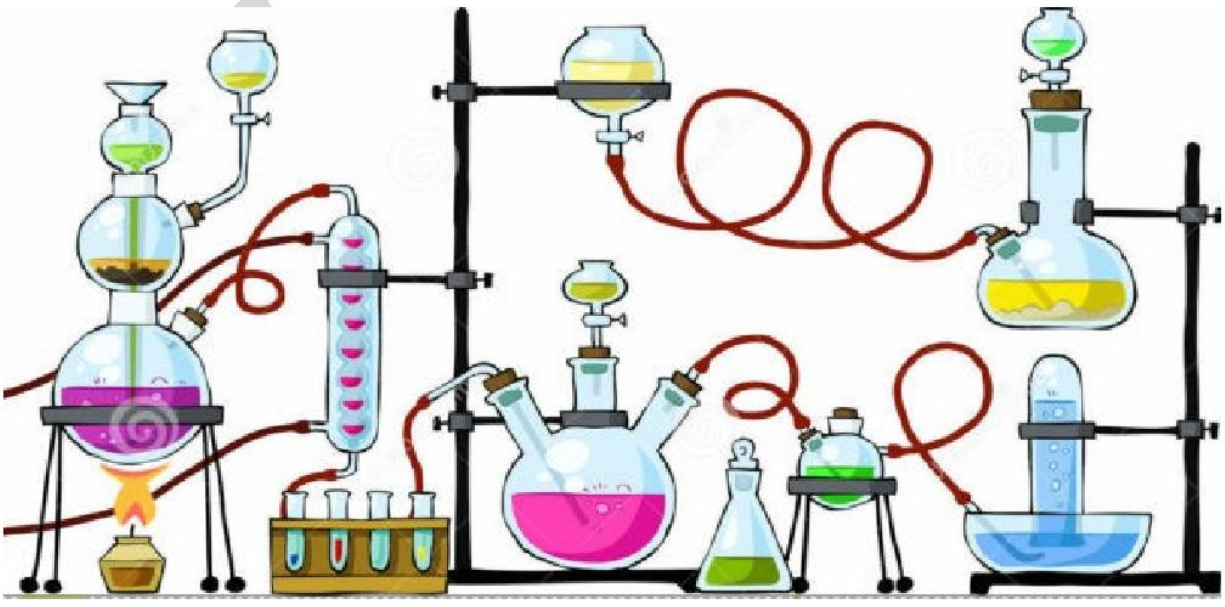
* يتم علاج حرقة المعدة بمركب قاعدي حيث يتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك في المعدة و يؤدي الى ازالة الحرقة مثل مركب (هيدروكسيد المغنيسيوم $Mg(OH)_2$) .

أتحقق صـــ63 :

تفاعل التعادل : تفاعلات تحدث بين حمض وقاعدة تؤدي لتكوين ملح وماء ويختلف نوع الملح (قد يكون ملح حمضي أو ملح قاعدي أو ملح متعادل) بحسب طبيعة قوة الحمض والقاعدة المتفاعلة

$$\underset{\text{من القاعدة}}{OH^{-}_{(aq)}} + \underset{\text{من الحمض}}{H^{+}_{(aq)}} \longrightarrow H_2O_{(l)}$$

تفاعل الترسيب : تفاعلات تحدث عند مزج محلولين لمركبين أيونيين فيتحد الأيون الموجب من أحدهما مع الأيون السالب من الاخر فيتكون مركب أيوني غير ذائب يترسب في وعاء التفاعل



المعادلةُ الأيونيةُ Ionic Equation

هي معادلة تظهر فيها الجسيمات المتفاعلة أو الناتجة جميعها في المحلول سواء كانت جزيئات أو أيونات

مثال : تفاعل محلول نترات الرصاص مع محلول نترات البوتاسيوم ينتج محلول نترات البوتاسيوم و يترسب يوديد الرصاص

$$Pb(NO_3)_{2(aq)} + 2KI_{(aq)} \rightarrow PbI_{2(s)} + 2KNO_{3(aq)}$$

المعادلة الأيونية الاتية تبين التفاعل السابق :

$$Pb^{+2}_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)} + K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)} \longrightarrow PbI_{2(s)} + K^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

يتضح من التفاعل أن أيونات البوتاسيوم و أيونات النترات لم تتغير في طرفي المعادلة ، أي لم تشترك في التفاعل ولك يحدث عليها أي تغير كيميائي يطلق عليها : الأيونات المتفرجة

الأيونات المتفرجة : هي الأيونات التي لا تشترك في التفاعل الكيميائي و لا يحدث لها أي تغير كيميائي لذا يجوز حذفها كالتالي :

$$Pb^{+2}_{(aq)} + \cancel{NO_3^-{}_{(aq)}} + \cancel{K^+_{(aq)}} + I^-_{(aq)} \longrightarrow PbI_{2(s)} + \cancel{K^+_{(aq)}} + \cancel{NO_3^-{}_{(aq)}}$$

أما أيونات الرصاص و اليود تتفاعل لتكون راسب أصفر من يوديد الرصاص PbI_2

المعادلة النهائية تسمى المعادلة النهائية الصافية :

$$Pb^{+2}_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} \longrightarrow PbI_{2(s)}$$

استعمالات يوديد الرصاص : يستخدم في صناعة الدهانات

الجدول في الكتاب (ص66) يبين تحقيق قانوني حفظ الكتلة و حفظ الشحنة في المعادلة الأيونية

تحقق المعادلة الأيونية الصافية القوانين الاتية :

- قانون حفظ الكتلة : " أن أنواع ذرات المواد المتفاعلة والناتجة وعددها قبل التفاعل و بعده تبقى ثابتة "

- قانون حفظ الشحنة : " أن المجموع الكلي للشحنات الموجبة والسالبة في المواد المتفاعلة يساوي مجموعهما في المواد الناتجة "

مثال (1) :-

تفاعل كلوريد النحاس الثنائي مع هيدروكسيد الصوديوم لينتج محلول من كلوريد الصوديوم وراسب من هيدروكسيد النحاس

المعادلة الكيميائية الموزونة :

$$CuCl_{2(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + Cu(OH)_{2(s)}$$

المعادلة الأيونية :-

$$Cu^{+2}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)} + 2Na^{+}_{(aq)} + 2OH^{-}_{(aq)} \longrightarrow 2Na^{+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)} + Cu(OH)_{2(S)}$$

نحذف الأيونات المتفرجة من طرفي المعادلة :

$$Cu^{+2}_{(aq)} + \cancel{2Cl^{-}_{(aq)}} + \cancel{2Na^{+}_{(aq)}} + 2OH^{-}_{(aq)} \longrightarrow \cancel{2Na^{+}_{(aq)}} + \cancel{2Cl^{-}_{(aq)}} + Cu(OH)_{2(S)}$$

المعادلة الأيونية النهائية :-

$$Cu^{+2}_{(aq)} + 2OH^{-}_{(aq)} \longrightarrow Cu(OH)_{2(S)}$$

مثال (2) :

يتفاعل محلول نترات الفضة $AgNO_3$ مع محلول بروميد الصوديوم NaBr ليتكون محلول نترات الصوديوم $NaNO_3$ ويترسب مركب بروميد الفضة AgBr

المعادلة الكيميائية الموزونة :

$$AgNO_{3(aq)} + NaBr_{(aq)} \rightarrow AgBr_{(s)} + NaNO_{3\ (aq)}$$

المعادلة الأيونية :

$$Ag^{+}_{(aq)} + NO_3^{-}{}_{(aq)} + Na^{+}_{(aq)} + Br^{-}_{(aq)} \longrightarrow AgBr_{(s)} + Na^{+}_{(aq)} + NO_3^{-}{}_{(aq)}$$

نحذف الأيونات المتفرجة من طرفي المعادلة :

$$Ag^{+}_{(aq)} + \cancel{NO_3^{-}{}_{(aq)}} + \cancel{Na^{+}_{(aq)}} + Br^{-}_{(aq)} \longrightarrow AgBr_{(s)} + \cancel{Na^{+}_{(aq)}} + \cancel{NO_3^{-}{}_{(aq)}}$$

المعادلة الأيونية النهائية :

$$Ag_{(aq)} + Br^{-}_{(aq)} \longrightarrow AgBr_{(s)}$$

قد يكون الناتج في المعادلة الأيونية بجميع الحالات الفيزيائية صلب أو سائل أو غاز

مثال (3) : يتعادل محلول حمض الهيدروكلوريك HCl مع محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH كما في المعادلة الاتية :-

$$HCl_{(aq)} + KOH_{(aq)} \rightarrow KCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

المعادلة الأيونية :-

$$H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow K^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

نحذف الأيونات المتفرجة من طرفي المعادلة :-

$$H^+_{(aq)} + \cancel{Cl^-_{(aq)}} + \cancel{K^+_{(aq)}} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow \cancel{K^+_{(aq)}} + \cancel{Cl^-_{(aq)}} + H_2O_{(l)}$$

المعادلة الأيونية النهائية :

$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$$

مثال (4) :

$$2HCl_{(aq)} + Na_2S_{(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2S_{(g)}$$

المعادلة الأيونية :-

$$2H^+_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} + 2Na^+_{(aq)} + S^{-2}_{(aq)} \longrightarrow 2Na^+_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} + H_2S_{(g)}$$

نحذف الأيونات المتفرجة من طرفي المعادلة :-

$$2H^+_{(aq)} + \cancel{2Cl^-_{(aq)}} + \cancel{2Na^+_{(aq)}} + S^{-2}_{(aq)} \longrightarrow \cancel{2Na^+_{(aq)}} + \cancel{2Cl^-_{(aq)}} + H_2S_{(g)}$$

المعادلة الأيونية النهائية :

$$2H^+_{(aq)} + S^{-2}_{(aq)} \longrightarrow H_2S_{(g)}$$

أتحقق صـــ69:

$$AlCl_{3(aq)} + 3NaOH_{(aq)} \longrightarrow 3NaCl_{(aq)} + Al(OH)_{3(s)}$$

أ) المعادلة الأيونية :-

$$Al^{+3}_{(aq)} + 3Cl^-_{(aq)} + 3Na^+_{(aq)} + 3OH^-_{(aq)} \longrightarrow 3Na^+_{(aq)} + 3Cl^-_{(aq)} + Al(OH)_{3(s)}$$

ب) المعادلة الأيونية النهائية :

$$Al^{+3}_{(aq)} + 3OH^-_{(aq)} \longrightarrow Al(OH)_{3(s)}$$

مـــــراجعة الـــــدرس

-1

نوع التفاعل	المواد المتفاعلة	المواد الناتجة
تفاعل الاتحاد $A + B \rightarrow AB$	مادتين أو أكثر (عناصر أو مركبات	مادة واحدة جديدة
تفاعل التحلل $AB \rightarrow A + B$	مركب واحد	مادتين أو أكثر (عناصر أو مركبات)
تفاعل الإحلال الأحادي $A + BC \rightarrow AC + B$	عنصر نشط + محلول لعنصر اخر أقل نشاطا	محلول العنصر النشط + راسب من العنصر الأقل نشاطا
تفاعل الإحلال المزدوج $AB + CD \rightarrow AD + CB$	مركبين مختلفين	يحل كل عنصر محل الآخر في مركباته أو المحلول المائي لأملاحهما

2- التعاريف وردت خلال الدرس

3- المعادلة الكيميائية الموزونة :

$$Na_3PO_{4\,(aq)} + FeCl_{3(aq)} \rightarrow FePO_{4(s)} + NaCl_{\,(aq)}$$

المعادلة الأيونية :

$$3Na^{+}_{(aq)} + PO_4^{-3}{}_{(aq)} + Fe^{+3}_{(aq)} + 3Cl^{-}_{(aq)} \longrightarrow FePO_{4\,(s)} + 3Na^{+}_{(aq)} + 3Cl^{-}_{(aq)}$$

نحذف الأيونات المتفرجة من طرفي المعادلة :

$$\cancel{3Na^{+}_{(aq)}} + PO_4^{-3}{}_{(aq)} + Fe^{+3}_{(aq)} + \cancel{3Cl^{-}_{(aq)}} \longrightarrow FePO_{4\,(s)} + \cancel{3Na^{+}_{(aq)}} + \cancel{3Cl^{-}_{(aq)}}$$

المعادلة الأيونية النهائية :

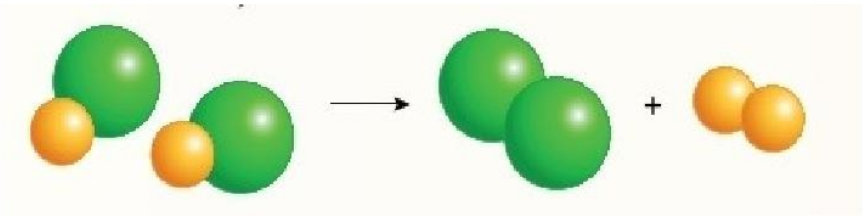
$$PO_4^{-3}{}_{(aq)} + Fe^{+3}_{(aq)} \longrightarrow FePO_{4\,(s)}$$

4- أ) إحلال مزدوج ب) إتحاد جـ) إحلال احادي د) تحلل أو تفكك

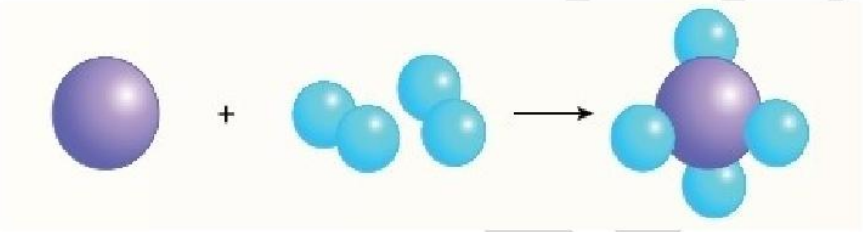
5- أ) إطلاق غاز ب) ترسيب جـ) تعادل

6 - حسب سلسلة نشاط اللافلزات (الهالوجينات) فإن الفلور يعد أكثر نشاطا من اليود لذا يحل محله في المحلول المائي ليوديد البوتاسيوم

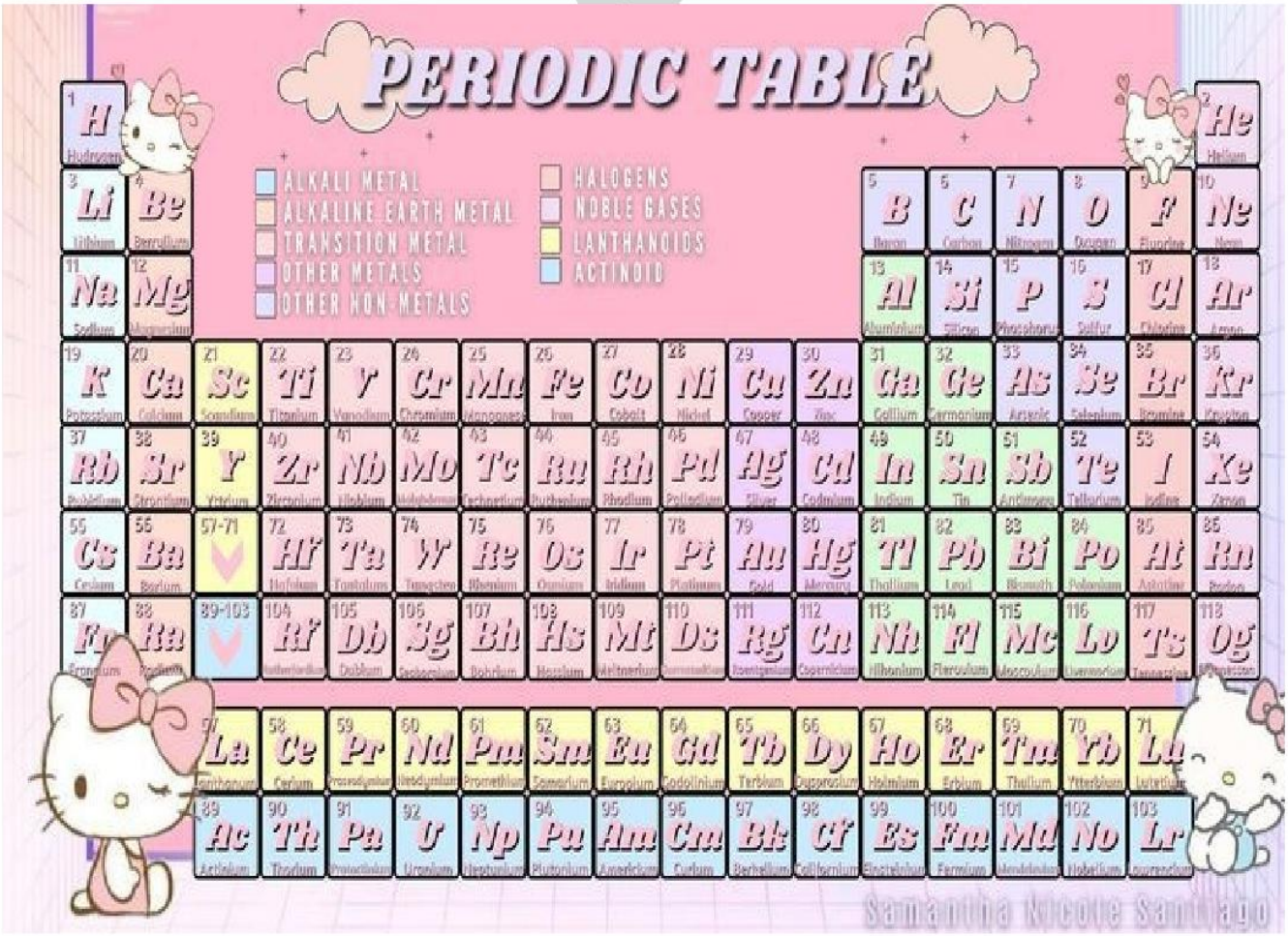
7 –



$$2AB \longrightarrow A_2 + B_2$$



$$A + 2B_2 \longrightarrow AB_4$$



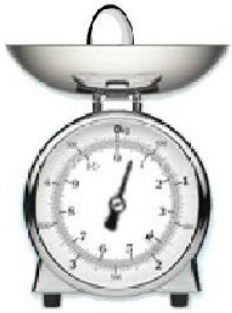
تـــــركيز المحاليل

يعتبر تحضير المحاليل مهم جدا في الحياة العملية و خاصة مجالات الغذاء و الدواء و الصناعات المختلفة ، ولكن مزج كميات غير محددة من المذاب و المذيب في هذه المحاليل يؤثر في فاعليتها و خصائصها .

يعد تركيز المحلول مقياسا للتعبير عن كمية المادة المذابة في كمية محددة من المذيب او المحلول

* يمكن التعبير عن التركيز وصفيا بكلمة مخفف أو مركز

☒ يتم التعبير عن كمية المذاب و المذيب في المحاليل عن طريق مايسمى بتراكيز المحاليل ويستخدم لذلك ادوات مناسبة :-



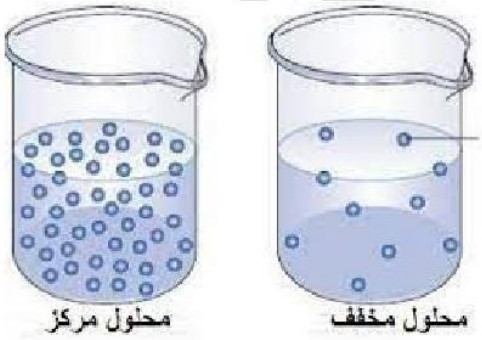
ميزان كتلة

ماصة

دورق حجمي

تركيز المحلول :- هو مصطلح يستخدم للتعبير عن كتلة المذاب في المحلول

* يمكن التعبير عن التركيز كميا بوصفه نسبة بين كمية المذاب الى كمية المذيب او المحلول باستخدام الطرائق الكمية منها :



1- الكسر المولي

2- النسبة المئوية الكتلية أو الحجمية

3- المولارية

4- المولالية

أولا : الكسر المولي

هو النسبة بين عدد مولات المادة المذابة أو المذيب في المحلول الى عدد المولات الكلية للمذاب والمذيب

$$X_a = \frac{n_a}{n_a + n_b}$$

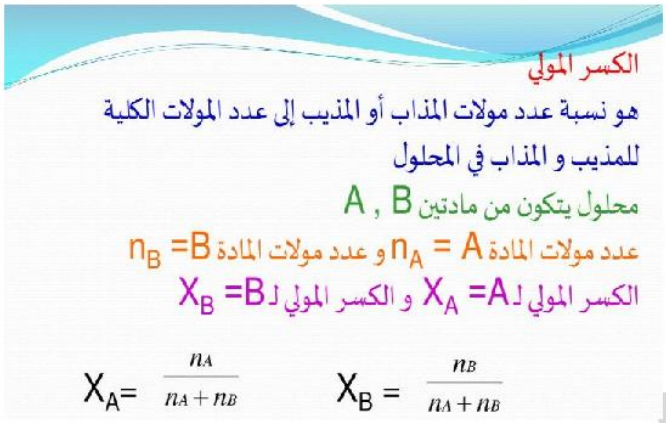
$$X_b = \frac{n_b}{n_a + n_b}$$

X_a الكسرُ المولي للمُذيب

n_a عددُ مولات المُذيب

X_b الكسرُ المولي للمُذاب

n_b عددُ مولات المُذاب



مثال : احسب الكسر المولي للماء و NaCl في محلول يحتوي 4 mol من كلوريد الصوديوم و 6 mol من الماء ؟

الحل : نحلل المعطيات : عدد مولات الماء = 6 mol

عدد مولات كلوريد الصوديوم = 4 mol

$X_{NaCl} = 4 / 6+4 = 0.4$ / $X_{H2O} = 6 / 6+4 = 0.6$

أتحقق صـــــ73 :

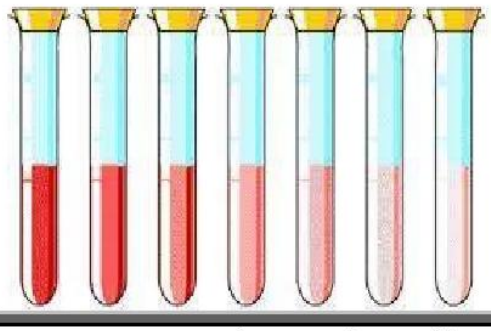
الحل : عدد مولات الماء = 2 mol

عدد مولات حمض الهيدروكلوريك = 2.5 mol

$X_{HCl} = 2.5 /(2+2.5) = 0.56$ / $X_{H2O} = 2 / (2+2.5) = 0.44$

ثانيا : النسبة المئوية بالكتلة

هي النسبة المئوية بين كتلة المذاب الى كتلة المحلول ، حيث



تساوي كتلة المحلول مجموع كتلتي المذاب والمذيب .

يتم التعبير عن تركيز المحلول في هذه الحالة باستخدام العلاقة الرياضية الآتية :-

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة } (m\ \%) = \frac{\text{كتلة المُذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100\ \%$$

$$m\ \% = \frac{m\ of\ solute}{m\ of\ solution} \times 100\ \%$$

حيث أن كتلة المحلول = كتلة المذاب + كتلة المذيب

معلومات هامة :-

الغرام (g) وحدة قياس كل من :

كتلة المذاب / كتلة المذيب / كتلة المحلول

وحدة قياس حجم المحلول : ml حيث أن

1 L =1000 ml

مثال :- أذيب 30 g من ملح كلوريد الصوديوم NaCl في 170 g من الماء . احسبي النسبة المئوية بالكتلة المئوية للملح ؟

الحل : كتلة المذاب = 30 g ، كتلة المذيب = 170 g

كتلة المحلول = كتلة الملح + كتلة الماء = 200 g = 170 +30= *m* of solution

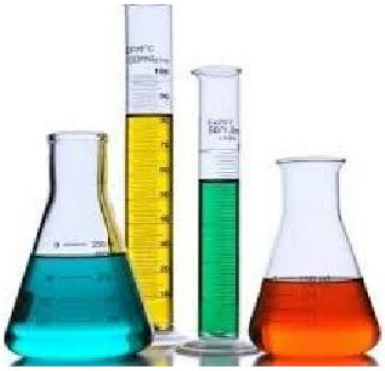
$$m\ \% = 30/\ 200 \times 100\% = 15\%$$

أتحقق صـــــ75 :

الحل : كتلة المذاب KNO_3 = 70 g ، كتلة المذيب (الماء المقطر) = 230 g

كتلة المحلول = كتلة الملح + كتلة الماء = 300 g = 230 +70= *m* of solution

$$m\ \% = 70/\ 300 \times 100\% = 23.33\ \%$$



أسئلة اضافية :-

1- احسبي كتلة الماء اللازمة لتحضير محلول من سكر المائدة بالكتلة 5 % إذا علمت أن كتلة السكر المتوافرة هي 8g ؟

2- أذيب 20 g من $KMnO_4$ في لتر من الماء ، ماهي النسبة المئوية الكتلية للمحلول الناتج إذا كانت كثافته $1.5\ g/cm^3$ ؟

3- احسبي كتلة الماء اللازمة لتحضير محلول من سكر المالتوز تركيزه 9 % نسبة كتلية علما بان كتله السكر المذابة 18 g ؟

4- جدي كتلة NaCl اللازمة لتحضير محلول كتلته 10 g بتركيز 2 % بالكتلة ؟

5- احسبي النسبة المئوية الكتلية للمحلول الناتج من اذابة 20 g من NaCl في 180 g من الماء ؟

ثالثا: النسبة المئوية بالحجم

النسبة المئوية الحجمية = $\frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} \times 100$

$$V\% = \frac{V_2}{V_{sol}} \times 100$$

هي النسبة المئوية بين حجم المذاب إلى حجم المحلول

حجم المحلول = حجم المذاب + حجم المذيب

القانون المستخدم :

اسألني كيمياء

النسبة المئوية الحجمية = $\frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} \times 100$

$$V\% = \frac{V_1}{V_{sol}} \times 100$$

V_1 = حجم المذاب V_2 = حجم المذيب V_{sol} = حجم المحلول

مثال :- ما النسبة المئوية بدلالة الحجم لمحلول من البروبانول حضر باذابة 35 ml منه في كمية من الماء المقطر تبلغ 155 ml ؟

الحل : حجم البروبانول المذاب = 35 ml

حجم المحلول = 35 + 155 = 190 ml

$V\% = 35 / 190 \times 100\% = 18.4\ \%$

أتحقق صـــــ76 :

الحل : حجم الأسيتون المذاب CH_3COCH_3 = 28 ml

حجم المحلول = 150 ml

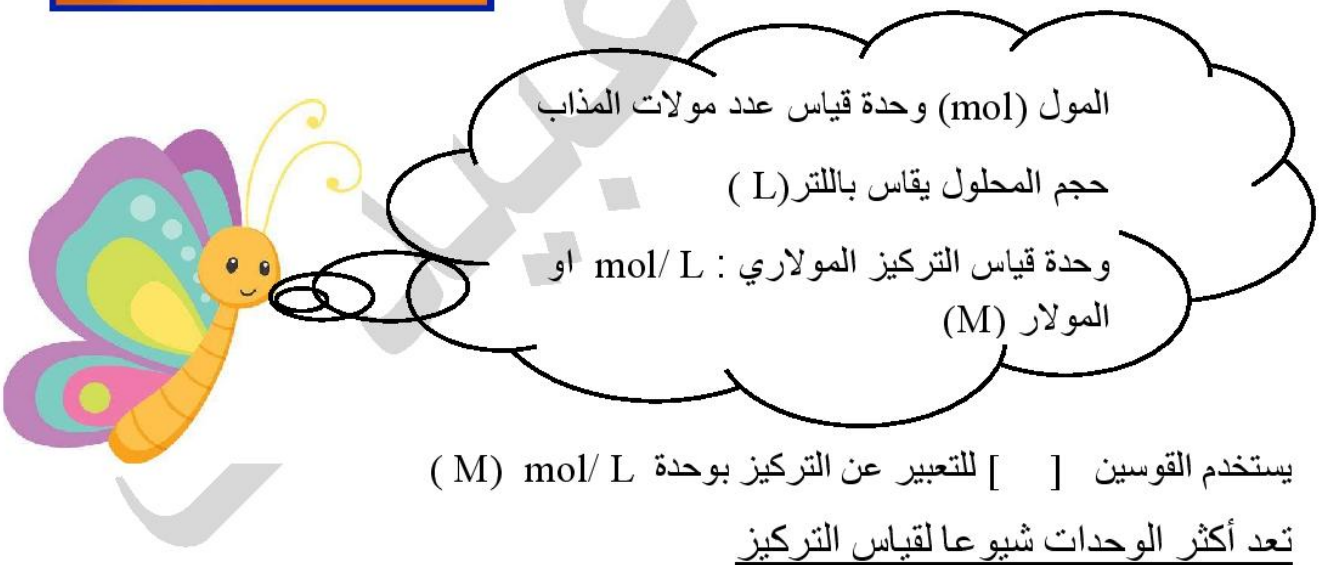
$V\% = 28 / 150 \times 100\% = 18.7\ \%$

أفكر صـــــ76 :-

النسبة المئوية بالكتلة	كتلة المذاب مقسومة على كتلة المحلول	المذاب في الحالة الصلبة و المذيب في الحالة السائلة
النسبة المئوية بالحجم	حجم المذاب مقسوما على حجم المحلول	المذاب و المذيب في الحالة السائلة

رابعا : المولاريـــــــة

معلومات هامة :-



يستخدم القوسين [ ] للتعبير عن التركيز بوحدة mol/ L (M)

تعد أكثر الوحدات شيوعا لقياس التركيز

تسمى أيضا التركيز المولاري

المولارية :- هي عبارة عن عدد مولات المادة المذابة في لتر واحد من المحلول

$$\text{المولاريـــة} = \frac{\text{عدد مولات المذاب } (n_2)}{\text{حجـــم المحلـــول بـــاللتر } V_{sol}(L)}$$

$$\text{Molarity (M)} = \frac{n_2}{V_{sol}(L)}$$

$$\text{molarity} = \frac{\text{moles of solute}}{\text{liters of solution}}$$

مثال :- احسبي التركيز المولاري لمحلول حضر باذابة 15 g من NaOH في كمية من الماء للحصول على محلول حجمه 1500 ml علما بأن Mr_{NaOH} = 40 g/mol ؟

الحل : التركيز المولاري =؟ كتلة NaOH = 15 g حجم المحلول = 1500 ml

نحسب أولا عدد مولات (n) هيدروكسيد الصوديوم من قانون عدد المولات n = m / Mr

n= 15 / 40 =0.375 mol

حجم المحلول باللتر لذا نقسم على 1000 = 1500 / 1000 = 1.5 L

نطبق على القانون $M = n/V$ =0.375 / 1.5

$$\text{Molarity (M)} = \frac{n_2}{V_{sol}(L)}$$

M = 0.25 M

مثال :- احسبي كتلة اليوريا $CO(NH_2)_2$ اللازمة لتحضير محلول حجمه 500 ml بتركيز 0.5 M ؟

الحل :- كتلة للمذاب = ؟؟ ، حجم المحلول = 500 ml ، التركيز المولاري = 0.5 M

حجم المحلول باللتر لذا نقسم على 1000 = 500 / 1000 = 0.5 L

نحسب الكتلة المولية لليوريا $Mr_{CO(NH2)2}$=(C×1)+(O×1)+(N ×2)+(H×4) = 60 g/mol

$$\text{Molarity (M)} = \frac{n_2}{V_{sol}(L)}$$

$M = n/V$ ⟵ 0.5 = n / 0.5

n = 0.25 mol

نحسب الكتلة من قانون عدد المولات : n = m / Mr

0.25= m / 60 ⟵ m = 15 g

أتحقق صـــ 78 :

1- كتلة للمذاب = ؟؟ ، حجم المحلول = 2L ، التركيز المولاري = 0.04 M

$M = n/V$ ⟵ 0.04 = n / 2 ⟵ n = 0.08 mol

نحسب الكتلة من قانون عدد المولات : n = m / Mr

0.08= m / 180 ⟵ m = 14.4 g

2- المولارية = 1.11M حجم المحلول = ؟؟ كتلة المذاب : 1.11 g

نحسب عدد المولات من قانون عدد المولات : $n = m / Mr$

$n = 1.11 / 111$ ⟵ $n = 0.01 mol$

نحسب الحجم من قانون المولارية :

$M = n/V$ ⟵ $1.11 = 0.01 / V$ ⟵ $V = 0.009 L$

تمرين – 1- حضر محلول من كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$ بإذابة 24.5 g من الملح الصلب في الماء للحصول على محلول حجمه 300 ml ، احسبي تركيز $NaHCO_3$ علما بأن الكتلة المولية للمذاب $NaHCO_3$ Mr = 84 g/mol .

2- تم تحضير محلول من كلوريد الصوديوم NaCl بإذابة 4.39 g في كمية من الماء من أجل الحصول على محلول حجمه 250 ml ، احسبي [NaCl] علما بأن الكتلة المولية ل NaCl Mr = 58.5 g/mol .

خامسا :- المولالـــــة

(التركيز المولي الكتلي)

المولالية :- هي نسبة عدد مولات المذاب الى كيلو غرام واحد من المذيب

$$\text{المولاليـــة} = \frac{\text{عدد مولات المذاب } (n_2)}{\text{وزن المـــذيب } (m_1)\ Kg}$$

$$m = \frac{n_2}{m_{1(Kg)}}$$

mol وحدة قياس عدد مولات المذاب

كتلة المذيب تقاس ب kg

وحدة قياس التركيز المولالي : mol/kg

1 kg = 1000 g

مثال :- احسبي مولالية محلول تم تحضيره بإذابة 2 mol من حمض الهيدروكلوريك في 800 g من الماء ؟

الحل :- نحول من g الى kg بالقسمة على 1000 ⟸ 800 ÷1000= 0.8 kg

المعطيات :المولالية m = ؟ عدد المولات n = 2 mol كتلة المذاب m = 0.8 kg

$$m = \frac{n_2}{m_{l(Kg)}}$$

$m = 2 / 0.8 = 2.5$ mol/Kg

مثال :- احسبي مولالية محلول تكون من إذابة 5.6 g من هيدروكسيد البوتاسيوم KOH في 200 g ماء .

المولالية = ؟؟ ، ك مذاب = 5.6 g ، $Mr_{KOH} = (39\times1)+(1\times1)+(16\times1) = 56$ g / mol

ك مذيب = 200 g H_2O

الحل :- نحول من g الى kg بالقسمة على 1000 ⟸ 200 ÷1000= 0.2 kg

نحسب عدد المولات من قانون عدد المولات =

$$m = \frac{n_2}{m_{l(Kg)}}$$

n = m / Mr ⟹ 5.6 / 56 = 0.1 mol

$m = 0.1 / 0.2 = 0.5$ mol/Kg

أتحقق صـــــ 80 :

المولالية = ؟؟ ، ك مذاب = 8.4 g ، ك مذيب = 400 g H_2O

الحل :- نحول من g الى kg بالقسمة على 1000 ⟸ 400 ÷1000= 0.4 kg

نحسب عدد المولات من قانون عدد المولات =

n = m / Mr ⟹ 8.4 / 42 = 0.2 mol

$m = 0.2 / 0.4 = 0.5$ mol/Kg

أفكر صـــــ 80 ::

من المولالية التي تعرف بأنها هي نسبة عدد مولات المذاب الى كيلو غرام واحد من المذيب ، استطيع حساب عدد مولات المذاب و عدد مولات المذيب من قانون عدد المولات بعد حساب الكتلة المولية له ثم تطبيق قانون الكسر المولي بكل سهولة

المحاليل القياسة

المحاليل القياسية
Standard solutions

المحلول القياسي

تعتمد الطرق الحجمية على المحاليل القياسية، ويعرف المحلول القياسي بأنه ذلك المحلول المعلوم التركيز. لذا لا بد من العناية الفائقة سواء في أثناء الوزن أو من حيث نظافة الأوعية الزجاجية التي تحضر فيها المحاليل القياسية، إذ إن نتائج التحليل تعتمد على المعرفة التامة بتركيز المحلول القياسي.

المحاليل القياسية معلومة التركيز بدقة حيث يحتوي 1L من المحلول القياسي على 1 mol من المذاب

تخفيف المحـــاليل

يمكن تخفيف المحلول بإضافة كمية جديدة من السائل المذيب اليه بدون اضافة جديدة للمذاب ، وعندما يخفف المحلول فإن حجمه يزداد ويقل التركيز

مثال :- إضافة الماء للعصير المركز فيصبح لونه أخف ، وحلاوته أقل و يختلف طعمه .

عدد مولات المذاب لايتغير ⟵ حجم المحلول و التركيز يتغيران

عدد المولات قبل التخفيف = عدد المولات بعد التخفيف

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$\underbrace{M_1 V_1}_{\text{قبل التخفيف}} = \underbrace{M_2 V_2}_{\text{بعد التخفف}}$$

حيث أن :-

M_1 :- التركيز المولاري قبل التخفيف M_2 :- التركيز المولاري بعد التخفيف

V_1 :- حجم المحلول قبل التخفيف V_2 :- حجم المحلول بعد التخفيف

مثال :- احسبي تركيزمحلول KOH الذي حضر بإضافة 150 ml من الماء المقطر الى 50 ml من محلول KOH الذي تركيزه 0.4 M

الحل :- $M_2 = ؟؟$ $M_1 = 0.4\ mol/L$ $V_1 = 50\ ml$ $V_2 = 50 + 150 = 200$

$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$ و بالتالي $50 \times 0.4 = 200 \times M_2$

$M_2 = 0.1\ M$

أتحقق صـــ83 :

الحل :- $M_1 = 4\ M$ $M_2 = 0.2\ M$ $V_1 = 50\ ml$ $V_2 = ؟$

$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$ و بالتالي $50 \times 4 = V_2 \times 0.2$

$V_2 = 1000\ ml$ حجم الماء المضاف $= 1000 - 50 = 950\ ml$

مـــــراجعة الدرس

1- يمكن حساب تركيز المحلول بعدة طرق مختلفة منها : الكسر المولي و النسبة المئوية و المولارية والمولالية

2- التعاريف وردت خلال الدرس

3- الحل : نحلل المعطيات : عدد مولات الماء = 5 mol

عدد مولات نترات البوتاسيوم = 3 mol

$X_{KNO3} = 3 / (5+3) = 0.38$ / $X_{H2O} = 5 / (5+3) = 0.63$

4- الحل :- أ- منحنى خطي متناقص بين التركيز والزمن (ميله قيمة سالبة)

ب- يمكن ضبط المتغيرات مثل التركيز المئوي و الزمن بينما نثبت المتغيرات الأخرى مثل درجة الحرارة والضغط

ج- أكبر من 80 ثانية

6 - الحل :-

حجم HBr المذاب = 40 ml

حجم المحلول = 300 ml

$V\% = 40 / 300 \times 100\% = 13.3\ \%$

7 - الحل :-

الحل : التركيز المولاري = ؟ كتلة K_2SO_4 = 5 g حجم المحلول = 100 ml

نحسب أولا عدد مولات (n) كبريتات البوتاسيوم من قانون عدد المولات $n = m / Mr$

$n = 5 / 174 = 0.03\ mol$

حجم المحلول باللتر لذا نقسم على 1000 = 100 / 1000 = 0.1 L

نطبق على القانون $M = n/V = 0.03 / 0.1$

$M = 0.3\ M$

8- الحل :-

الحل : التركيز المولاري = 0.5 M كتلة $C_6H_{12}O_6$ = 15 g حجم المحلول = ؟

نحسب أولا عدد مولات (n) سكر الجلوكوز من قانون عدد المولات $n = m / Mr$

$$\text{Molarity (M)} = \frac{n_2}{V_{sol}(L)}$$

$n = 15 / 180 = 0.083\ mol$

نطبق على القانون $M = n/V \Rightarrow 0.5 = 0.08 / V$

$V = 0.08/0.5 = 0.16\ L \ / 160\ ml$

9 - الحل :-

المولالية = ؟؟ ، ك مذاب = 30 g ، Mr_{LiBr} = 87 g / mol

ك مذيب = 300 g H_2O

الحل :- نحول من g الى kg بالقسمة على 1000 ⟸ 300 ÷1000= 0.3 kg

نحسب عدد المولات من قانون عدد المولات =

n = m / Mr ⟹ 30 / 87 = 0.34 mol

m = 0.34 / 0.3 = 1.15 mol/Kg

10 - الحل :- المولارية = 0.0048 M ، عدد المولات = ؟ ،
الحجم = 28ml

$$m = \frac{n_2}{m_{1(Kg)}}$$

نحول من ml الى L بالقسمة على 1000 ⟵ 28 ÷1000= 0.028 kg

نحسب عدد المولات من قانون المولارية :- M = n/V

0.0048 = n / 0.028 = 0.00013 mol

11 - الحل :- M_1 = 0.1 M ، M_2 = 0.001 M ، V_1 = 5 ml ، V_2 = ؟

و بالتالي $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$ ⟹ 5 × 0.1 = V_2 ×0.001

V_2 = 500 ml

الحسابات الكيميائية

تعد المعادلة الموزونة الركيزة الأساسية للحسابات الكيميائية و يمكن عن طريقها تحديد عدد مولات المواد المتفاعلة و الناتجة مما يساعد في تحديد كتلتها بدقة و تحديد النسبة المئوية لكتلة عنصر في مركب و المردود المئوي لناتج تفاعل ما

المادة المحددة للتفاعل

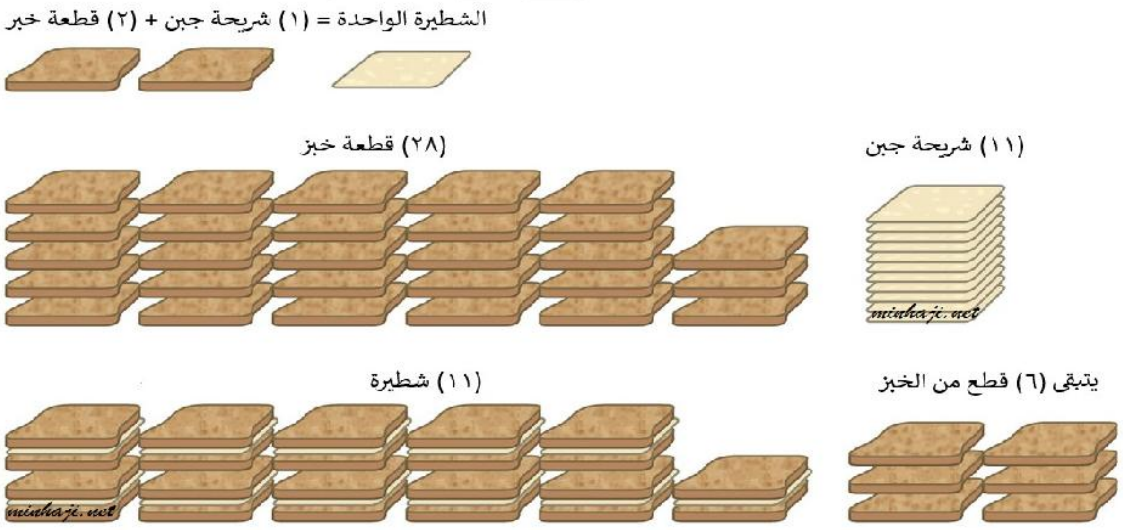
Limiting Reactant

المادة المحددة للتفاعل :- هي المادة المتفاعلة التي تستهلك كلها في التفاعل و تحدد كمية المادة الناتجة

مثال توضيحي :-

اذا اردت اعداد مجموعة من الشطائر بحيث تحتاج كل قطعتين من الخبز قطعة جبن واحدة كما في الشكل

كم شطيرة ستعد ؟ و مالذي يحدد عدد الشطائر ؟



كل قطعة من الجبن تحتاج الى قطعتين من الخبز لإعداد الشطيرة فإننا سنستهلك قطع الجبن جميعها و يزيد قطع من الخبز في المثال السابق تمثل قطع الجبن المادة التي حددت كمية الناتج (المادة المحددة) و تمثل قطع الخبز المادة الزائدة (الفائضة)

المادة الفائضة :- هي المادة التي لم تستهلك كليا في التفاعل حيث يتبقى منها كمية زائدة

خطوات تحديد المـــــادة المحددة للتفاعل و المـــــادة الفائضة

$$aA + bB \longrightarrow C$$

الحالة الأولى : إذا أعطيت في السؤال عدد مولات

*** اقسم عدد مولات كل مادة متفاعلة (معطاه في السؤال) على معاملها

$\frac{\text{عدد مولات } (A)}{\text{معامل } A\ (a)}$	$\frac{\text{عدد مولات } (B)}{\text{معامل } B\ (b)}$

*** ناتج القسمة الأقل هو المادة المحددة للتفاعل

*** نحدد النسبة المولية للمواد المتفاعلة من المعادلة الموزونة

مثال (1) :-

يتفاعل غاز الهيدروجين H_2 مع غاز النيتروجين N_2، فينتج غاز الأمونيا حسب المعادلة

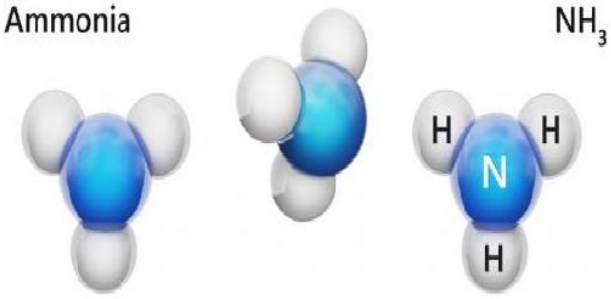
$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$$

إذا خلط 2mol من N_2 مع 9 mol من H_2 ، أجيبي عن الأسئلة الاتية :

1- ما المادة المحددة للتفاعل ؟

2- ما عدد مولات غاز الأمونيا الناتجة ؟

3- ما عدد مولات المادة الفائضة ؟



الحل :-

من المعادلة الموزونة نجد أن النسبة بينN_2 و مولات H_2 هي :

$$\frac{\text{عدد مولات } N_2}{\text{معامل } N_2} = \frac{2}{1} = 2\text{mol}$$

$$\frac{\text{عدد مولات } H_2}{\text{معامل } H_2} = \frac{9}{3} = 3\text{mol}$$

ناتج القسمة الأقل للنيتروجين N_2 اذن هو المادة المحددة للتفاعل التي ستستهلك كلها و المادة الفائضة هي H_2

عدد مولات H_2 الفائضة = عدد مولات H_2 الموجودة – عدد مولات H_2 المتفاعلة

$$9-3 = 6\ mol$$

من المعادلة الموزونة نجد أن $\frac{\text{عدد مولات } N_2}{\text{عدد مولات } NH_3} = \frac{1}{2}$

أي أن عدد مولات N_2 المتفاعلة = نصف عدد مولات NH_3 الناتجة = 1 mol

مثال (2) :-

يتفاعل غاز الهيدروجين H_2 مع غاز الأكسجين O_2، فينتج الماء كما في المعادلة الاتية :-

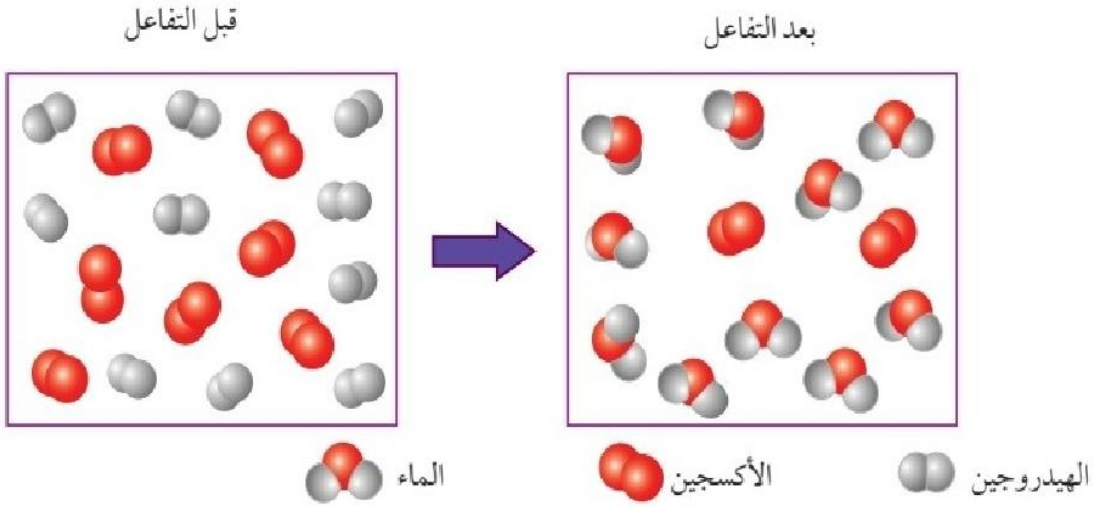
$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)}$$

إذا خلط 7 mol من O_2 مع 10 mol من H_2 ، أجيبي عن الأسئلة الاتية :

1- ما المادة المحددة للتفاعل ؟

2- ما عدد مولات الماء الناتجة ؟

3- ما عدد مولات المادة الفائضة ؟



الحل :- من المعادلة الموزونة نجد النسبة بين مولات O_2 و مولات H_2 حيث أن :

$$5mol = \frac{10}{2} = \frac{\text{عدد مولات } H_2}{\text{معامل } H_2} \qquad 7mol = \frac{7}{1} = \frac{\text{عدد مولات } O_2}{\text{معامل } O_2}$$

ناتج القسمة الأقل للهيدروجين H_2 اذن هو المادة المحددة للتفاعل التي ستستهلك كلها و المادة الفائضة هي الأكسجين O_2

عدد مولات O_2 الفائضة = عدد مولات O_2 الموجودة – عدد مولات O_2 المتفاعلة

$$7-5 = 2 \text{ mol}$$

من المعادلة الموزونة نجد أن $\frac{\text{عدد مولات } H_2}{\text{عدد مولات } H_2O} = \frac{1}{1}$

أي أن عدد مولات H_2 المتفاعلة = عدد مولات H_2O الناتجة = 10 mol

الحالة الثانية : إذا أعطيت في السؤال كتلة

$$n\,(mol) = \frac{m\,(g)}{M\,(g/mol)}$$

1- نحول الكتل الى عدد مولات باستخدام العلاقة

2- نقسم عدد مولات كل مادة متفاعلة (معطاه في السؤال على معاملها)

3- ناتج القسمة الأقل هو المادة المحددة للتفاعل

4- نحدد النسبة المولية للمواد المتفاعلة من المعادلة الموزونة

مثال (3) :- يحترق غاز الأيثين بوجود الأكسجين احتراقا تاما ، وفق المعادلة الكيميائية الموزونة الاتية :

$$C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

إذا أضيف 18.7 g من غاز الأيثين C_2H_4 الى 7.4 g من غاز الأكسجين O_2 استنتج المادة

المحددة للتفاعل علما بأن الكتل المولية كالتالي : ($C_2H_4 = 28$, $O_2 = 32$ g/mol)

الحل :- نحول الكتل الى أعداد مولات من قانون عدد المولات :

$n_{(C2H4)} = m / Mr$ ⟹ $18.7/28 = 0.67$ mol

$n_{(O2)} = m / Mr$ ⟹ $7.4/32 = 0.23$ mol

من المعادلة الموزونة نجد النسبة بين مولات O_2 و مولات C_2H_4 حيث أن :

$$\frac{\text{عدد مولات } C_2H_4}{\text{معامل } C_2H_4} = \frac{0.67}{1} = 0.67\text{mol} \quad \left| \quad \frac{\text{عدد مولات } O_2}{\text{معامل } O_2} = \frac{0.23}{3} = 0.08 \text{ mol}\right.$$

ناتج القسمة الأقل

للأكسجين O_2 اذن هو المادة المحددة للتفاعل التي ستستهلك كلها و المادة الفائضة هي الإيثين C_2H_4

عدد مولات C_2H_4 الفائضة = عدد مولات C_2H_4 الموجودة – عدد مولات C_2H_4 المتفاعلة

$= 1 - 0.67 = 0.33\ mol$

أو : عدد مولات O_2 المتفاعلة = عدد مولات C_2H_4 الناتجة$(0.67) \times 3 = 2.01\ mol$

$2.01\ mol$ مول المطلوب للتفاعل و المتوفر أقل مما يلزم لذا يعد الأكسجين المادة المحددة للتفاعل

مثال (3) :- أضيف $50\ g$ من الفسفور الأبيض P_4 الى $100\ g$ من غاز الأكسجين لانتاج الأكسيد P_4O_{10} وفق المعادلة الكيميائية :

$$P_{4(s)} + 5O_{2(g)} \rightarrow P_4O_{10(s)}$$

إذا علمت أن الكتل المولية بوحدة g/mol ($P_4 = 124$, $O_2 = 32$, $P_4O_{10} = 284$) :

أ- أحسب كتلة المادة الناتجة

ب- أحسب كتلة المادة الفائضة

ج- أحسب المردود المئوي للتفاعل علما بأن المردود الفعلي له $84.6\ g$

الحل :- نحول الكتل الى أعداد مولات من قانون عدد المولات :

$n_{(p4)} = m / Mr \Rightarrow 50/124 = 0.40\ mol$

$n_{(O2)} = m / Mr \Rightarrow 100/32 = 3.13\ mol$

نحدد النسبة المئوية للمواد المتفاعلة من المعادلة الموزونة

$$\frac{5\ mol\ O_2}{1\ mol\ P_4}$$

$$\frac{\text{عدد مولات } P_4}{\text{معامل } P_4} = \frac{0.40}{1} = 0.40mol \quad \left| \quad \frac{\text{عدد مولات } O_2}{\text{معامل } O_2} = \frac{3.13}{5} = 0.62\ mol \right.$$

ناتج القسمة الأقل للفسفور الأبيض P_4 اذن هو المادة المحددة للتفاعل التي ستستهلك كلها و المادة الفائضة هي الأكسجين O_2

أ- نحسب كتلة المادة الناتجة P_4O_{10} ، من المعادلة الموزونة نجد أن :

$1mol$ من P_4 ينتج $1mol$ من P_4O_{10} و بالتالي عدد مولات $P_4O_{10} = 0.40\ mol$

من قانون عدد المولات نجد أن :

$n = m / Mr$ ⟹ $m = n \times Mr$ ⟹ $0.40 \times 284 = 113.6$ g

ب- أحسب كتلة المادة الفائضة : نحسب أولا عدد مولات المادة اللازمة للتفاعل

عدد مولات O_2 المتفاعلة = عدد مولات P_4 الناتجة$(0.40) \times 5$ = 2 mol

من قانون عدد المولات نجد أن :

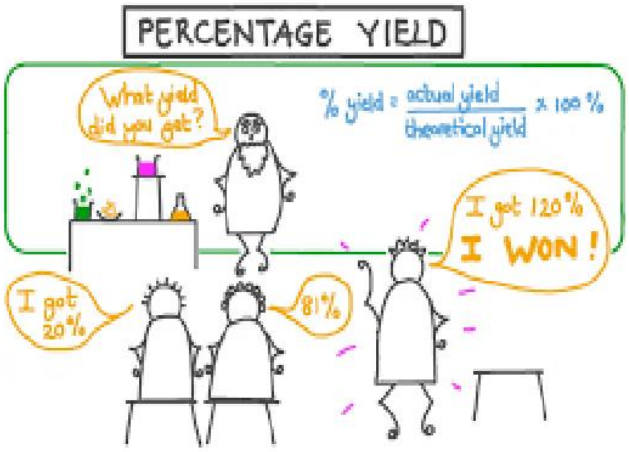
$n = m / Mr$ ⟹ $m = n \times Mr$ ⟹ $2 \times 32 = 64$ g

عدد مولات O_2 الفائضة = عدد مولات O_2 الموجودة – عدد مولات O_2 المتفاعلة

$= 100 - 64 = 36$ g O_2

ج- أحسب المردود المئوي (الإنتاجية) للتفاعل علما بأن المردود الفعلي له 84.6 g

$$Y = \frac{Ay}{py} \times 100\%$$



نسبة المردود المئوية = $\frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100$

الحل :-

$$Y = \frac{Ay}{Py} \times 100\% =$$

$Y = 84.6 / 113.6 \times 100\% = 74.5\ \%$

مثال (3) :- أستنتج المادة المحددة للتفاعل عند إضافة 50 g نيكل Ni الى 500 ml من محلول حمض HCl تركيزه 0.01M ، كما هو موضح في المعادلة :

$$Ni_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow NiCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

الحل :- نحسب عدد المولات من قانون المولارية :

$$M = n/V$$

$n = 0.5 \times 0.01 = 0.005$ mol

عدد مولات النيكل من قانون عدد المولات حيث أن :

$n = m / Mr \Longrightarrow 50/58.7 = 0.85$ mol

من المعادلة الموزونة نحدد النسبة بين مولات المواد المتفاعلة نجد أن :

عدد مولات الحمض HCl = ضعف عدد مولات النيكل Ni أي أن

1 mol Ni ⟶ 2mol HCl

0.85 Ni ⟶ ?? HCl

وبالتالي عدد مولات HCl = $2 \times 0.85 = 1.7$ mol

عدد مولات الحمض المطلوبة للتفاعل = 1.7 و عدد المولات المتوفرة 0.005 مول لذا الحمض هو المادة المحددة للتفاعل

مثال (5) :- أحسب كتلة AgCl الناتجة عند إضافة 100 ml من محلول نترات الفضة $AgNO_3$ تركيزه 0.1M الى 100 ml من محلول كلوريد الصوديوم تركيزه 0.05 M لانتاج راسب من كلوريد الفضة AgCl و محلول $NaNO_3$ وفق المعادلة الكيميائية الموزونة الاتية :

$$AgNO_{3\,(aq)} + NaCl_{\,(aq)} \rightarrow AgCl_{\,(s)} + NaNO_3(aq)$$

الحل :- نحسب عدد المولات من قانون المولارية لكل مادة متفاعلة :

$M_{(AgNO3)} = n/V \longrightarrow n = 0.1 \times 0.1 = 0.01$ mol

$M_{(NaCl)} = n/V \longrightarrow n = 0.05 \times 0.1 = 0.005$ mol

أحدد النسبة المولية من المعادلة الموزونة نجد أن :

عدد مولات نترات الفضة اللازمة للتفاعل = عدد مولات كلوريد الصوديوم = 0.01 mol

عدد مولات NaCl المطلوبة للتفاعل 0.01 و المتوفر 0.005 لذا NaCl هو المادة المحددة للتفاعل و $AgNO_3$هي المادة الفائضة .

من المعادلة الموزونة نجد ان :عدد مولات AgCl = عدد مولات NaCl = 0.005

من قانون عدد المولات نجد أن : $n = m / Mr \longrightarrow m = 0.005 \times 143.5 = 0.72\ g$

Atom Economy

اقتصـــاد الذرة

$$\%\ \text{ATOM ECONOMY} = \frac{\text{Mr OF DESIRED PRODUCT}}{\text{Mr OF TOTAL PRODUCTS}} \times 100$$

هو مقياس لكفاءة التفاعل الكيميائي حيث يشير إلى استخدام الذرات المتفاعلة جميعها بشكل فاعل لتكوين النواتج المرغوبة :

مثال :-

$$\underset{16.0}{CH_4(g)} + \underset{2 \times 32.0 = 64.0}{2O_2(g)} \Rightarrow \underset{2 \times 18.0 = 36.0}{2H_2O(g)} + CO_2(g)$$

Total mass of reactant atoms = 16.0 + 64.0 = 80.0

Total mass of desired product atoms = 36.0

$$\text{Atom economy} = \frac{36.0}{80.0} \times 100 = 45.0\%$$

أتحقق صـــ93 :

$$6Na_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow 3Na_2O_{(s)} + 2Fe$$

أ- نحول الكتل الى أعداد مولات من قانون عدد المولات :

$n_{(Na)} = m / Mr \Longrightarrow 40/23 = 1.74\ mol$

$n_{(Fe2O3)} = m / Mr \Longrightarrow 40/160 = 0.25\ mol$

نحدد النسبة المولية من المعادلة الموزونة : $1\ mol\ Fe_2O_3 \longrightarrow 6mol\ Na$

$0.25\ mol\ Fe_2O_3 \longrightarrow ??\ mol\ Na$

مولات Na المطلوبة للتفاعل = 1.5 mol الموجود في وعاء التفاعل =

1.74mol و هي كمية فائضة و بذلك تكون Fe_2O_3 هي المادة المحددة للتفاعل .

ب - $1\ mol\ Fe_2O_3 \longrightarrow 2mol\ Fe$

$0.25\ mol\ Fe_2O_3 \longrightarrow ??\ mol\ Fe$

عدد مولات Fe = 0.5 mol و بالتحويل الى كتلة من قانون عدد المولات =

$n = m / Mr \longrightarrow m = 0.5 \times 56 = 28\ g$

ج- كتلة المادة الفائضة :

مولات الفائض من Na= 1.74 – 1.5 = 0.24 mol و من قانون عدد المولات :

$n = m / Mr \longrightarrow m = 0.24 \times 23 = 5.5\ g$

<u>طريقة أخرى للحل :</u>

عدد مولات الصوديوم اللازمة للتفاعل = 1.5 mol ثم نحول عدد المولات الى كتلة من قانون عدد المولات :

$n = m / Mr \longrightarrow m = 1.5 \times 23 = 34.5\ g$

نحسب الكتلة الفائضة : $40 - 34.5 = 5.5\ g$

2- اقتصاد الذرة : مقياس لكفاءة التفاعل الكيميائي

مـــــراجعة الدرس

1- تكمن أهمية المادة المحددة للتفاعل في
إجراء حسابات كيميائية لحساب كمية المادة الناتجة و كمية المادة الفائضة من التفاعل حيث أن في بعض التفاعلات الكيميائية تخلط كتل المواد بنسب تختلف عن تلك التي تحددها المعادلة الموزونة .

2- التعاريف وردت خلال الدرس

3- أ – المادة المحددة للتفاعل :

$$2CH_{4(g)} + S_{8(s)} \rightarrow 2CS_{2(l)} + 4H_2S_{(g)}$$

نحول الكتل الى أعداد مولات من قانون عدد المولات :

$n_{(S8)} = m / Mr \Longrightarrow 35.8/256 = 0.14\ mol$

$n_{(CH4)} = m / Mr \Longrightarrow 84.2/16 = 5.26\ mol$

نحدد النسبة المولية من المعادلة الموزونة : $2\ mol\ CH_4 \longrightarrow 1 mol\ S_8$

$5.26\ mol\ CH_4 \longrightarrow ??\ mol\ S_8$

مولات S_8 اللازمة للتفاعل = 2.63 mol و الموجود في وعاء التفاعل 0.14 وهي أقل من المطلوب لذا S_8 المادة المحددة للتفاعل و يكون الميثان هو المادة الفائضة

ب- نحدد كتلة المادة الفائضة :

$1\ mol S_8 \longrightarrow 2mol CH_4$

$0.14\ mol S_8 \longrightarrow ??mol CH_4$

عدد مولات CH_4 اللازمة للتفاعل = 0.28 mol وكتلتها = $0.28 \times 16 = 4.48$ g

كتلة الفائض من CH_4 = $84.2 - 4.48 = 79.72$ g

ج- نحدد كتلة المادة الناتجة CS_2 : $1\ mol S_8 \longrightarrow 2mol\ CS_2$

$0.14\ mol S_8 \longrightarrow ??mol\ CS_2$

يكون عدد مولات CS_2 = 0.28 mol وكتلتها من قانون عدد المولات =

$$0.28 \times 76 = 21.28 \text{ g}$$

د- $$Y = \frac{Ay}{Py} \times 100\% =$$

$$Y = 12 / 21.28 \times 100\% = 56.4\ \%$$

4- $$CaC_{2(S)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow C_2H_{2(g)} + Ca(OH)_{2(aq)}$$

1 mol CaC_2 ⟶ 2mol H_2O

6 mol CaC_2 ⟶ ?? mol H_2O

عدد مولات الماء اللازمة للتفاعل = 12 mol والمتوفر في وعاء التفاعل 6 mol وهي أقل مما يلزم وبالتالي يكون الماء H_2O هو المادة المحددة للتفاعل و كربيد الكالسيوم CaC_2 المادة الفائضة عن التفاعل

5 - $$Zn_{(s)} + 2HNO_{3(aq)} \rightarrow Zn(NO_3)_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

نحول الكتل الى أعداد مولات من قانون عدد المولات :

$n_{(Zn)} = m / Mr$ ⟹ 40/65.39 = 0.61 mol

$M_{(HNO3)} = n/V$ ⟹ $n = 0.02 \times 0.15 = 0.03$ mol

نحدد النسبة المولية من المعادلة الموزونة :

1 mol Zn ⟶ 2mol HNO_3

0.61 mol Zn ⟶ ?? mol HNO_3

عدد مولات HNO_3 اللازمة للتفاعل = 1.22 mol والموجود في وعاء التفاعل 0.03 وبالتالي يكون الحمض HNO_3 هو المادة المحددة للتفاعل و الخارصين Zn هو المادة الفائضة

6- الحل :- $$2HI_{(aq)} + 2KOH_{(aq)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} + 2KI_{(aq)}$$

نحسب عدد المولات من قانون المولارية لكل مادة متفاعلة :

$M_{(HI)} = n/V$ ⟶ $n = 0.04 \times 0.250 = 0.01$ mol

$M_{(KOH)} = n/V$ ⟶ $n = 0.02 \times 0.250 = 0.005$ mol

أحدد النسبة المولية من المعادلة الموزونة نجد أن :

عدد مولات HI = عدد مولات KOH و بالتالي = 0.01 mol والموجود في الوعاء 0.005 mol و بالتالي يكون KOH هو المادة المحددة للتفاعل

مـــــراجعة الـــــوحدة

1- التعاريف وردت خلال الدرس

2- $4Na_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Na_2O_{(s)}$

أ- النسبة المولية للصوديوم = $\frac{4 \text{ mol Na}}{1 \text{ mol } O_2}$

ب- نحول الكتل الى أعداد مولات من قانون عدد المولات :

$n_{(Na)} = m / Mr \Rightarrow 200/23 = 8.70 \text{ mol}$

$n_{(O2)} = m / Mr \Rightarrow 200/32 = 6.25 \text{ mol}$

نحدد النسبة المولية من المعادلة الموزونة :

$4 \text{ mol Na} \longrightarrow 1 \text{ mol } O_2$

$8.70 \text{ mol Na} \longrightarrow ?? \text{ mol } O_2$

عدد مولات O_2 اللازمة للتفاعل = 2.18 mol والموجود في وعاء التفاعل 6.25 أكثر من اللازم وبالتالي يكون الأكسجين O_2 هو المادة الفائضة و الصوديوم Na هو المادة المحددة للتفاعل

ج- كتلة الناتج Na_2O :

$4 \text{ mol Na} \longrightarrow 2 \text{ mol } Na_2O$

$8.70 \text{ mol Na} \longrightarrow ?? \text{ mol } Na_2O$

مولات Na_2O = 4.35 mol ومن قانون عدد المولات تكون الكتلة =

$4.35 \times 62 = 269.7 \text{ g}$

د- مولات المادة الفائضة = $6.25 - 2.18 = 4.07 \text{ mol}$

كتلة الفائض = 130.24 g

أو نحول المولات اللازمة للتفاعل الى كتلة ثم نطرحها من الكتلة المعطاه :

$2.18 \times 32 = 69.76$ g ⟹ $200 - 69.76 = 130.24$ g

-3

$$3CuCl_{2(aq)} + 2K_3PO_{4(aq)} \longrightarrow 6KCl_{(aq)} + Cu_3(PO_4)_{2(s)}$$

ب- $3Cu^{+2}_{(aq)} + 6Cl^{-}_{(aq)} + 6K^{+}_{(aq)} + 2PO_4^{-3}{}_{(aq)} \longrightarrow 6K^{+}_{(aq)} + 6Cl^{-}_{(aq)} + Cu_3(PO_4)_{2(s)}$

ج- $3Cu^{+2}_{(aq)} + 6Cl^{-}_{(aq)} + 6K^{+}_{(aq)} + 2PO_4^{-3}{}_{(aq)} \longrightarrow 6K^{+}_{(aq)} + 6Cl^{-}_{(aq)} + Cu_3(PO_4)_{2(s)}$

$$3Cu^{+2}_{(aq)} + 2PO_4^{-3}{}_{(aq)} \longrightarrow Cu_3(PO_4)_{2(s)}$$

-4

الحل : التركيز المولاري = ؟ كتلة NaOH = 3.5 g حجم المحلول = 100 ml

نحسب أولا عدد مولات (n) كبريتات البوتاسيوم من قانون عدد المولات $n = m / Mr$

$n = 3.5 / 40 = 0.0875$ mol

حجم المحلول باللتر لذا نقسم على $1000 = 100 / 1000 = 0.1$ L

نطبق على القانون $M = n/V = 0.0875 / 0.1$

$$Molarity\,(M) = \frac{n_2}{V_{sol}(L)}$$

$M = 0.875$ mol / L

5- كتلة الحمض = ؟؟ ، حجم المحلول = 150 ml ، التركيز المولاري = 0.15 M

حجم المحلول باللتر لذا نقسم على $1000 = 150 / 1000 = 0.15$ L

$M = n/V$ ⟹ $0.15 = n / 0.15$ ⟹ $n = 0.023$ mol

نحسب الكتلة من قانون عدد المولات : $n = m / Mr$ حيث أن الكتلة المولية لحمض الهيدروكلوريك $Mr = (1 \times 1) + (35.5 \times 1) = 36.5$ g / mol

$0.023 = m / 36.5$ ⟹ $m = 0.82$ g

6- التركيز المولالي = ؟؟ ، ك مذاب = 300 g ،

ك مذيب = 450 g H_2O

الكتلة المولية لجلايكول الإيثلين : 62 g / mol

نحسب أولا عدد مولات (n) جلايكول إيثلين من قانون عدد المولات $n = m / Mr$

$n = 300 / 62 = 4.84$ mol

كتلة المذيب بالكيلو غرام لذا نقسم على $0.450\ Kg = 450 / 1000 = 1000$

نطبق على قانون المولالية :

$$m = \frac{n_2}{m_{1(Kg)}} \longrightarrow m = 4.84 / 0.450 = 10.76 \text{ mol/ Kg}$$

7- الحل تنفيذ خطوات التجربة ص 82 نحسب اولا من قانون المولالية عدد المولات فيكون $n = m \times m = 0.25 \times 0.5 = 0.125$ mol ثم من قانون عدد المولات نجد الكتلة التي سنقيسها باستخدام الميزان الحساس بالضرب في الكتلة المولية لـKF (58 g / mol) = 7.25 g

8 - الحل

$M_1 = 0.01$ mol/L $\quad M_2 = 0.001$ mol/L $\quad V_1 = 50$ ml $\quad V_2 = ?$

و بالتالي $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2 \longrightarrow 0.01 \times 50 = 0.001 \times V_2$

$V_2 = 500$ ml

-9

$$4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 6H_2O_{(g)} + 4NO_{(g)}$$

نحسب النسبة المولية من المعادلة الموزونة كالتالي :

$4\ mol\ NH_3 \longrightarrow 5\ mol\ O_2$

$6\ mol\ NH_3 \longrightarrow ??\ mol\ O_2$

مولات O_2 اللازمة للتفاعل $= 7.5$ mol والموجود في وعاء التفاعل 25 mol أكثر من المطلوب لذا يكون الاكسجين O_2 هو المادة الفائضة و تكون الأمونيا NH_3 المادة المحددة للتفاعل

عدد مولات NO = 6 mol من المعادلة الموزونة حيث أن :

عدد مولات الامونيا NH_3 = عدد مولات NO

10- $MnO_{2(s)} + 4HBr_{(aq)} \rightarrow MnBr_{2(aq)} + Br_{2(l)} + 2H_2O_{(l)}$

نحسب عدد المولات للمواد المتفاعلة :

عدد مولات MnO_2 : $n = m/Mr$ ⇒ $0.4 / 87 = 0.0045$

عدد مولات HBr :

$M_{(HBr)} = n/V \longrightarrow n = 0.02 \times 0.050 = 0.001$ mol

نحسب النسبة المولية من المعادلة الموزونة كالتالي:

1 mol MnO_2 ⟶ 4 mol HBr

0.0045 mol MnO_2 ⟶ ?? mol HBr

عدد مولات HBr اللازمة للتفاعل = 0.018 mol و الموجود في وعاء التفاعل 0.001mol

أقل مما يلزم للتفاعل لذا يعد الحمض HBr هوالمادة المحددة للتفاعل MnO_2 وهوالمادة الفائضة .

لحساب كتلة المادة الفائضة كالتالي :

1 mol MnO_2 ⟶ 4 mol HBr

?? mol MnO_2 ⟶ 0.001mol HBr

عدد مولات MnO_2 = 0.00025 mol

مولات الفائض = 0.005- 0.00025= 0.00475

كتلة الفائض = 0.413 g = 0.00475×87 =

$$2Cu_{(s)} + S_{(s)} \rightarrow Cu_2S_{(s)}$$ -11

نحول الكتل الى أعداد مولات من قانون عدد المولات :

$n_{(Cu)} = m / Mr \Rightarrow 80/63.5 = 1.26 \text{ mol}$

$n_{(S)} = m / Mr \Rightarrow 25/32 = 0.78 \text{ mol}$

نحدد النسبة المولية من المعادلة الموزونة :

1 mol S ⟶ 2 mol Cu

0.78 mol S ⟶ ?? mol Cu

عدد مولات Cu اللازمة للتفاعل = 1.56 mol والموجود في وعاء التفاعل 1.26 أقل من اللازم وبالتالي يكون الصوديوم Cu هو المادة المحددة للتفاعل و الكبريت S هو المادة الفائضة

ب- كتلة الناتج Cu_2S :

2 mol Cu ⟶ 1 mol Cu_2S

1.26 mol Cu ⟶ ?? mol Cu_2S

مولات الناتج Cu_2S = 0.63 mol

كتلة الناتج = $0.63 \times 159 = 100.17$ g

ج-

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100$$

$$Y = \frac{Ay}{Py} \times 100\% =$$

$Y = 14.8 / 100.17 \times 100\% = 14.78\ \%$

$$Na_2CO_{3(aq)} + CaCl_{2(aq)} \rightarrow CaCO_{3(s)} + 2NaCl_{(aq)}$$ -12

نحول الكتل الى أعداد مولات من قانون عدد المولات :

$n_{(Na2CO3)} = m / Mr \Rightarrow 25/106 = 0.24 \text{ mol}$

$n_{(CaCl2)} = m / Mr \Rightarrow 20/111 = 0.18 \text{ mol}$

نحدد النسبة المولية من المعادلة الموزونة: $1\ mol\ Na_2CO_3 \longrightarrow 1\ mol\ CaCl_2$

$0.24\ mol\ Na_2CO_3 \longrightarrow ??\ mol\ CaCl_2$

عدد مولات $CaCl_2$ اللازمة للتفاعل = $0.24\ mol$ والموجود في وعاء التفاعل 0.18 أقل من اللازم وبالتالي يكون كلوريد الكالسيوم هو المادة المحددة للتفاعل و كربونات الصوديوم هو المادة الفائضة

ب- كتلة الناتج $CaCO_3$: عدد مولات $CaCl_2$ = عدد مولات $CaCO_3$ = $0.18\ mol$

كتلة الناتج من قانون عدد المولات : $0.18 \times 100 = 18g$

13- السبب والنتيجة :-

المادة المحددة الكرات البيضاء Y_2 لأن كميتها أنتهت و تبقى بعض الكرات خضراء

المادة الفائضة الكرات الخضراء X_2

14- أ-

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

ب- $H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$

ج- نحسب أعداد المولات للمواد المتفاعلة من قانون المولارية :

$M_{(HCl)} = n/V \longrightarrow n = 0.1 \times 0.025 = 0.0025\ mol$

$M_{(NaOH)} = n/V \longrightarrow n = 0.5 \times 0.01 = 0.005\ mol$

من المعادلة الموزونة نستخرج النسبة المولية :

عدد مولات HCl يساوي عدد مولات NaOH = $0.005\ mol$ يلزم للتفاعل

المولات الموجودة في الوعاء = 0.0025 وهي أقل مما يلزم لذا يعد HCl المادة المحددة للتفاعل و NaOH المادة الفائضة .

د – بعد اكتمال التفاعل يوجد في وعاء التفاعل ماء غير متأين و ملح كلوريد الصوديوم ذائب في الماء و كمية فائضة من هيدروكسيد الصوديوم .

15- احلال مزدوج $2HNO_{3(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \rightarrow Ca(NO_3)_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

تحلل $2KClO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} 2KCl_{(s)} + 3O_{2(g)}$

احلال احادي $Sn_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow 2Ag_{(s)} + Sn(NO_3)_{2(aq)}$

احلال احادي $Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

اتحاد $2Na_{(s)} + Br_{2(l)} \rightarrow 2NaBr_{(s)}$

16- $Cu^{+2}_{(aq)} + 2OH^{-}_{(aq)} \longrightarrow Cu(OH)_{2(s)}$

$Zn_{(s)} + 2H^{+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + H_{2(g)}$

17-

رقم السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8
رمز الإجابة	د	ج	أ	ب	ج	ج	أ	ب

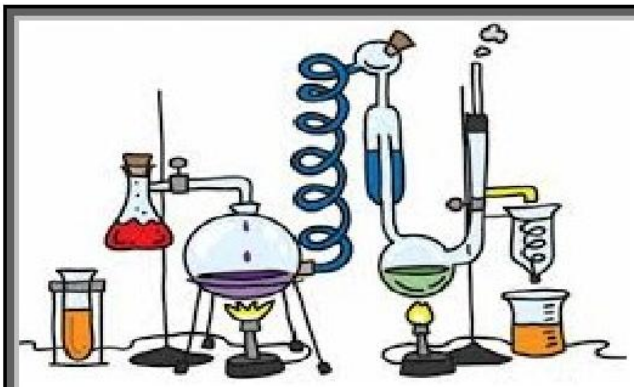
تم بحمد الله وفضله مع خالص أمنياتي لكم بالتوفيق والنجاح

ياعلماء المستقبل

أوراق العمل

للوحـــدة الثانية

التفاعلات و الحسابات الكيميائية



ورقـــة عمل : الأول ثانوي أكاديمي

عنوان الـــــدرس : تفاعـــلات الاتحاد

صنفي التفاعلات آلاتية إلى أنواعها من حيث :

اتحاد عنصر + عنصر أو عنصر + مركب أو مركب+ مركب

$NH_{3(g)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NH_4Cl_{(aq)}$

$CO_{2(g)} + MgO_{(s)} \longrightarrow MgCO_{3(s)}$

$S_{(s)} + Mg_{(s)} \xrightarrow{\Delta} MgS_{(s)}$

$Zn_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2ZnO_{(s)} + heat$

$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)} + heat$

$H_2O_{(l)} + MgO_{(s)} \longrightarrow Mg(OH)_{2(aq)}$

$Ba_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2BaO_{(s)} + heat$

$HClO_{2(aq)} + O_{2(g)} \longrightarrow HClO_{4(aq)}$

غادة عبيدات

ورقـــــة عمل : الأول ثانوي أكاديمي

الدرس :- تفاعـــــلات التفكك و تفاعـــــلات الإحلال

صنفي التفاعـــلات الآتية تفاعـــــل إلى تفكك أو إحلال أحادي أو إحلال مزدوج

$Fe_{(s)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \longrightarrow Fe(NO_3)_{2(aq)} + Pb_{(s)}$

$Cu(OH)_{2(s)} \xrightarrow{\Delta} CuO_{(s)} + H_2O_{(g)}$

$Zn_{(s)} + CuCl_{2(aq)} \longrightarrow ZnCl_{2(aq)} + Cu_{(s)}$

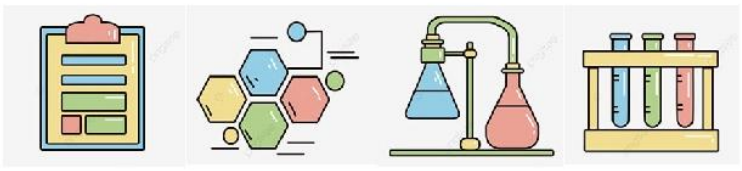
$ZnCO_{3(s)} + NiSO_{4(aq)} \longrightarrow ZnSO_{4(aq)} + NiCO_{3(s)}$

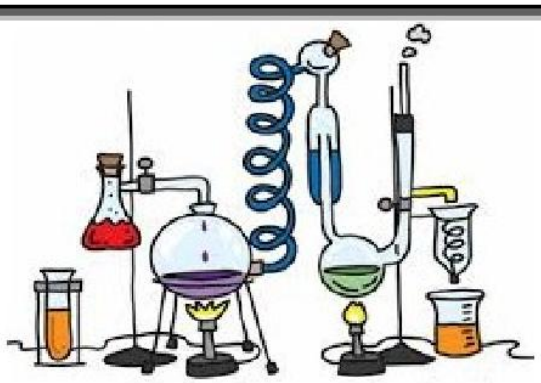
$Ca_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow CaCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

$Ba(OH)_{2(s)} \xrightarrow{\Delta} BaO_{(s)} + H_2O_{(g)}$

$CuI_{2(aq)} + 2KOH_{(aq)} \longrightarrow Cu(OH)_{2(S)} + 2KI_{(aq)}$

$NH_4NO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} N_2O_{(g)} + H_2O_{(l)}$





ورقـــــة عمل : الأول ثانوي أكاديمي

عنوان الدرس :- أنـــواع التفاعلات الكيميائية

صنفي التفاعلات الآتية إلى أنواعها الكيميائية :-

$2Na_{(s)}+Cl_{2(g)} \longrightarrow 2NaCl_{(s)}$

$2Mg_{(s)}+O_{2(g)} \longrightarrow MgO_{(s)}+heat$

$Fe_{(s)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \longrightarrow Fe(NO_3)_{2(aq)} + Pb_{(s)}$

$2HgO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$

$ZnCO_{3\,(aq)} + CuCl_{2(aq)} \longrightarrow ZnCl_{2\,(aq)} + CuCO_{3\,(aq)}$

$H_2O_{(l)}+MgO_{(s)} \longrightarrow Mg(OH)_{2(aq)}$

$(NH_4)_2Cr_2O_{7(s)} \xrightarrow{\Delta} Cr_2O_{3(s)} + N_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$

$Zn_{(s)} + NiSO_{4(aq)} \longrightarrow ZnSO_{4(aq)} + Ni_{(s)}$

$2H_2O_{(l)} \xrightarrow{\text{تحليل كهربائي}} 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$

$HNO_{3\,(aq)} + LiOH_{(aq)} \longrightarrow LiNO_{3\,(aq)} + H_2O_{\,(aq)}$

ورقـــــة عمل : الأول ثانوي أكاديمي

عنوان الدرس :- أنـــواع التفاعلات الكيميائية

حدد نوع تفاعل الإحلال ثم صنفيه كما في المثال

التفاعل	أحادي/ مزدوج	تصنيفه
$BaCl_{2(aq)}+Na_2SO_4 \rightarrow 2NaCl_{(aq)}+BaSO_{4(s)}$		
$Fe_{(s)}+Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow Fe(NO_3)_{2(aq)}+Pb_{(s)}$		
$ZnCO_{3\,(aq)}+CuCl_{2(aq)} \rightarrow ZnCl_{2\,(aq)}+CuCO_{3(s)}$		
$Zn_{(s)}+NiSO_{4(aq)} \rightarrow ZnSO_{4(aq)}+Ni_{(s)}$		
$Ca_{(s)}+2HCl_{(aq)} \rightarrow CaCl_{2(aq)}+H_{2(g)}$		
$HNO_{3\,(aq)}+LiOH_{(aq)} \rightarrow LiNO_{3\,(aq)}+H_2O_{(l)}$		
$KCl_{(aq)}+AgF_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)}+KF_{(aq)}$		
$H_2SO_{4(aq)}+Ca(OH)_{2(aq)} \rightarrow CaSO_{4(aq)}+2H_2O_{(l)}$		
$HNO_{3(aq)}+KCN_{(aq)} \rightarrow KNO_{3(aq)}+HCN_{(g)}$		
$CaCN_{2(aq)}+3H_2O_{(l)} \rightarrow CaCO_{3(s)}+2NH_{3(g)}$		
$KCN_{(aq)}+HCl_{(aq)} \rightarrow KCl_{(aq)}+HCN_{(g)}$		
$HCl_{(aq)}+NaHCO_{3(s)} \rightarrow H_2O_{(l)}+CO_{2(g)}+NaCl_{(aq)}$		

ورقـــــة عمل : الأول ثانوي أكاديمي

عنوان الدرس :- الكسر المولي

1- أحسب الكسر المولي لكل من الماء (H_2O) و لكلوريد الصوديوم NaCl في محلول يحتوي على 0.75 mol من كلوريد الصوديوم و 5 mol من الماء .

الجواب للماء : 0.87 ولكلوريد الصوديوم : 0.13

2- أحسب كتلة الماء (H_2O) في محلول السكروز ($C_{12}H_{22}O_{11}$) ،إذا علمت أن عدد مولات السكروز = 0.02 mol و أن الكسر المولي للماء = 0.98

$$X_{\text{مذاب}} = \frac{n_{\text{مذاب}}}{n_{\text{مذيب}} + n_{\text{مذاب}}}$$

الكسر المولي

$$X_{\text{مذيب}} = \frac{n_{\text{مذيب}}}{n_{\text{مذيب}} + n_{\text{مذاب}}}$$

الجواب : 17.64

ورقـــــــة عمل : الأول ثانوي أكاديمي

عنوان الدرس :- النسبة المئوية بالكتلة

1- حضر محلول سكري عن طريق خلط 12g من الجلوكوز مع 100 g من الماء ، ما نسبة التركيز المئوي بالكتلة للجلوكوز في المحلول ؟

الجواب = 10.71%

2- أحسب النسبة المئوية بالكتلة لهيدروكسيد لاالصوديوم في محلول تم تحضيره بإذابة 4 g من NaOH في 46 g ماء ؟

الجواب = 8%

3- أحسب كتلة كلوريد الصوديوم NaCl اللازمة لتحضير 250 g من محلول تركيزه 20% بالكتلة ؟

الجواب = 50 g%

4- أحسب كتلة الماء اللازمة لتحضير محلول من سكر المائدة تركيزه بالكتلة 4% ، علما بأن كتلة السكر المذابة 8 g ؟

الجواب = 200 g

5- أحسب كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم KOH اللازمة لتحضير 80 g من محلول تركيزه 5 % بالكتلة ؟

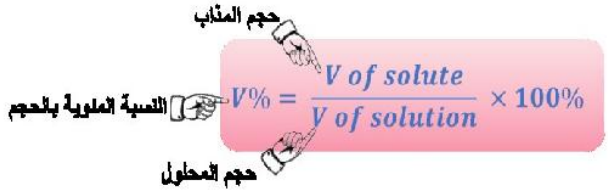
الجواب = 4 g

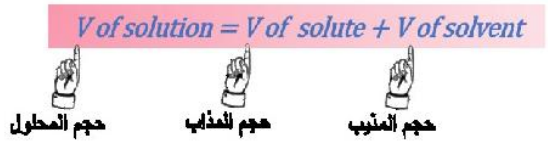
6- أحسب عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) اللازمة لتحضير محلول كتلته 60 g بتركيز 8% بالكتلة علما بأن الكتلة المولية : MrNaOH = 40 g/mol

الجواب = 0.32 mol

ورقـــــــة عمل : الأول ثانوي أكاديمي

عنوان الدرس :- النسبة المئوية بالحجم





1- أحسب النسبة المئوية بالحجم للمحلول الناتج من إذابة 60 ml من حمض الكبريتيك (H_2SO_4) في من الماء المقطر ؟

الجواب = 13%

2- احسب حجم حمض النيتريك (HNO_3) اللازم لتحضير محلول حجمه 500 ml بتركيز 65% بالحجم ؟

الجواب = 325 ml

3- أحسب النسبة المئوية بالحجم لمحلول من الأسيتون CH_3COCH_3حضر بإذابة 28 ml منه في كمية من الماء المقطر حتى أصبح حجم المحلول 150 ml

الجواب = 18.7 %

غادة عبيدات

ورقـــــــة عمل : الأول ثانوي أكاديمي

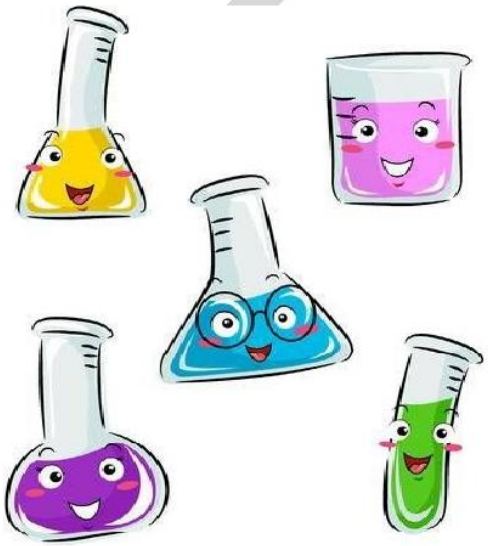
الدرس :- المولاريـــــة والمولاليـــــة

1- احسبي كتلة الماء اللازمة لتحضير محلول من سكر السكروز تركيزه 4% نسبة كتلية علما بأن كتلة السكر المذابة 8 g .

2- احسبي التركيز المولاري لمحلول ناتج من إذابة 34.2 g من سكر المائدة $C_{12}H_{22}O_{11}$ في كمية من الماء للحصول على محلول حجمه2L ، علما بأن الكتلة المولية للسكر 342 g/mol.

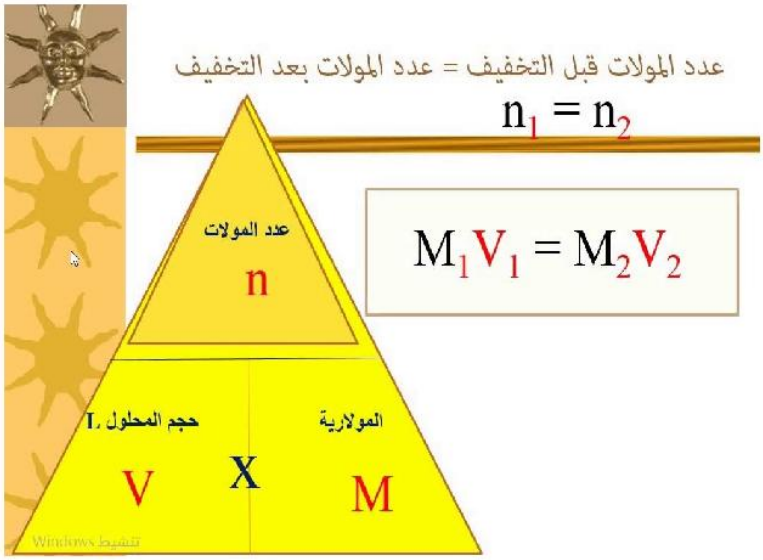
3- احسب كتله سكر الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ اللازمة لتحضير محلول مائي تركيزه 0.2 M والذي يحتوي على 300 g من الماء ، للجلوكوز $Mr_{C6H12O6}$=180 g/mol .

4- محلول من هيدروكسيد الصوديوم NaOH في الماء تركيزه 10% بالكتلة احسب مولالية المحلول ، علما بأن Mr_{NaOH}=40g/mol .



ورقـــــة عمل : الأول ثانوي أكاديمي

الدرس :- تخفيف المحاليل



1- أحسب تركيز NaOH في محلول تم تحضيره بإضافة 150 ml من الماء المقطر الى محلول NaOH حجمه 100 ml بتركيز 0.2 M

الجواب = 0.08 M

2- احسب حجم حمض الكبريتيك المركز H2SO4 (18 M) الذي يلزم لتحضير محلول مخفف للحمض حجمه 250 ml و تركيزه (1.8 M) ؟

الجواب = 25 ml

3- احتاج طالب في احدى التجارب الى محلول من KOH حجمه 300 ml و تركيزه 0.1 M ، فإذا كان لديه محلول مركز من KOH تركيزه 6 M فكم مللترا يلزم من المحلول المركز للحصول على المحلول المطلوب ؟

الجواب = 5 ml

ورقـــــة عمل : الأول ثانوي أكاديمي

عنـــوان الدرس :- استخدام المعـــادلات الكيميائية الموزونة فـــي الحســـابات الكيميائيـــة

1- ينتج أكسيد المغنيسيوم MgO من تفاعل المغنيسيوم Mg و الأكسجين O_2 وفقا للمعادلة الآتية :-

$$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2MgO_{(s)}$$

أ- ما عدد مولات Mg اللازمة لإنتاج 100 mol من MgO عند تفاعلها تفاعلا تاما مع كمية كافية من O_2 ؟

ب- احسبي كتلة Mg اللازمة للتفاعل تماما مع 320 g من O_2 .

جـ- احسبي كتلة MgO الناتجة من تفاعل 4.8 kg Mg ، عند تفاعلها تفاعلا تاما مع كمية كافية من O_2 علما بأن الكتلة المولية لـ Mr : Mg = 24 و O =16 g / mol .

2- يتم إنتاج الحديد Fe من خام أكسيد الحديد Fe_2O_3 حسب المعادلة الآتية :-

$$Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$$

احسبي كتلة الحديد Fe الناتجة من تفاعل 1600 g من Fe_2O_3 علما بأن الكتلة المولية لـ Fe = 56 و O =16 g / mol .

ورقـــــة عمل : الأول ثانوي أكاديمي

عنـــوان الدرس :- الحســـابات الكيميائيـــة

1- في تفاعل احتراق الإيثين إذا تفاعل (2 g) من غاز الإيثين C_2H_4 مع (5 g) من غاز الأكسجين O_2 ليتكون CO_2 و بخار الماء ، ما كتلة ثاني أكسيد الكربون الناتجة إذا علمت أن الكتلة المولية لـ C_2H_4 = 28 g/ mol و O_2 = 32 g/ mol و CO_2 = 44 g/ mol .

الجواب 4.6 g

2- * وفق المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية : $2S_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{3(g)}$

إذا تفاعل (6.3 g) من الكبريت مع (10 g) من الأكسجين حددي المادة المحددة للتفاعل إذا علمت أن الكتلة المولية لـ S. = 32 g/ mol و O_2 = 32 g/ mol

الجواب الكبريت S

* إذا علمت أن الكتلة المولية لـ $CaCO_3$ = 100 g/ mol و HCl = 36.5 g/ mol وفق المعادلة الكيميائية الآتية $CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$

تم خلط (68.1g) من كربونات الكالسيوم مع (51.6 g) من محلول HCl ما أكبر كتلة من CO_2 تنتج من التفاعل ؟

الجواب 29.9 g

* بيني المادة الفائضة في تفاعل (11.9 g) من غاز الكلور مع (12 g) من هيدروكسيد الصوديوم وفق المعادلة آلاتية : $2Cl_2 + 4NaOH \longrightarrow 3NaCl + 2H_2O$ إذا كانت الكتل المولية :

NaOH = 40 g/ mol و Cl_2 = 71 g/ mol

الجواب Cl_2

* إذا علمت أن الكتل المولية: Mg_2Si = 76 g/ mol و H_2O = 18 g/ mol ، إذا بدأنا هذا التفاعل بكمية (50 g) لكل مادة متفاعلة فإن المادة التي ستكون فائضة وفق المعادلة :

$$Mg_2Si + 4H_2O \longrightarrow 2Mg(OH)_2 + SiH_4$$

الجواب H_2O

* يتفاعل الصوديوم مع الماء وفق المعادلة :

$$2Na_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow 2NaOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

ما عدد مولات الهيدروجين H_2 الناتج إذا تفاعل 4 mol صوديوم مع 2mol ماء ؟ الجواب 1mol

*يحترق الإيثين بوجود الأكسجين فينتج ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء ، ما عدد مولات ثاني أكسيد الكربون الناتجة من تفاعل (5 mol) من الإيثين مع (12 mol) من الأكسجين . الجواب 8mol

* يتفاعل (2.28 g) من سائل الأوكتان C_8H_{18} مع (7 g) من غاز الأكسجين O_2 من خلال تفاعل الاحتراق فينتج ثاني أكسيد الكربون و بخار الماء ما هي المادة المحددة للتفاعل إذا كانت الكتل المولية :

C_8H_{18} = 114 g/ mol و O_2 = 32 g/ mol

الجواب O_2

* ينتج فعليا في المختبر 27.9 g من كربيد السيليكون عند تسخين 50 g من ثاني أكسيد السيليكون مع كمية زائدة من الكربون وفقا للمعادلة الكيميائية الموزونة الآتية :

$$SiO_{2(s)} + 3C_{(s)} \longrightarrow SiC_{(s)} + 2CO_{(g)}$$

أحسبي المردود المئوي للتفاعل علما بأن الكتل المولية هي :

SiO_2 = 60 g/ mol و SiC = 40 g/ mol

الجواب 84%

IUPAC Periodic Table of the Elements

1																	18
1 H hydrogen 1.0080 ± 0.0002	2		Key: atomic number Symbol name abridged standard atomic weight									13	14	15	16	17	2 He helium 4.0026 ± 0.0001
3 Li lithium 6.94 ± 0.06	4 Be beryllium 9.0122 ± 0.0001											5 B boron 10.81 ± 0.02	6 C carbon 12.011 ± 0.002	7 N nitrogen 14.007 ± 0.001	8 O oxygen 15.999 ± 0.001	9 F fluorine 18.998 ± 0.001	10 Ne neon 20.180 ± 0.001
11 Na sodium 22.990 ± 0.001	12 Mg magnesium 24.305 ± 0.002	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al aluminium 26.982 ± 0.001	14 Si silicon 28.085 ± 0.001	15 P phosphorus 30.974 ± 0.001	16 S sulfur 32.06 ± 0.02	17 Cl chlorine 35.45 ± 0.01	18 Ar argon 39.95 ± 0.16
19 K potassium 39.098 ± 0.001	20 Ca calcium 40.078 ± 0.004	21 Sc scandium 44.956 ± 0.001	22 Ti titanium 47.867 ± 0.001	23 V vanadium 50.942 ± 0.001	24 Cr chromium 51.996 ± 0.001	25 Mn manganese 54.938 ± 0.001	26 Fe iron 55.845 ± 0.002	27 Co cobalt 58.933 ± 0.001	28 Ni nickel 58.693 ± 0.001	29 Cu copper 63.546 ± 0.003	30 Zn zinc 65.38 ± 0.02	31 Ga gallium 69.723 ± 0.001	32 Ge germanium 72.630 ± 0.008	33 As arsenic 74.922 ± 0.001	34 Se selenium 78.971 ± 0.008	35 Br bromine 79.904 ± 0.003	36 Kr krypton 83.798 ± 0.002
37 Rb rubidium 85.468 ± 0.001	38 Sr strontium 87.62 ± 0.01	39 Y yttrium 88.906 ± 0.001	40 Zr zirconium 91.224 ± 0.002	41 Nb niobium 92.906 ± 0.001	42 Mo molybdenum 95.95 ± 0.01	43 Tc technetium [97]	44 Ru ruthenium 101.07 ± 0.02	45 Rh rhodium 102.91 ± 0.01	46 Pd palladium 106.42 ± 0.01	47 Ag silver 107.87 ± 0.01	48 Cd cadmium 112.41 ± 0.01	49 In indium 114.82 ± 0.01	50 Sn tin 118.71 ± 0.01	51 Sb antimony 121.76 ± 0.01	52 Te tellurium 127.60 ± 0.03	53 I iodine 126.90 ± 0.01	54 Xe xenon 131.29 ± 0.01
55 Cs caesium 132.91 ± 0.01	56 Ba barium 137.33 ± 0.01	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.49 ± 0.01	73 Ta tantalum 180.95 ± 0.01	74 W tungsten 183.84 ± 0.01	75 Re rhenium 186.21 ± 0.01	76 Os osmium 190.23 ± 0.03	77 Ir iridium 192.22 ± 0.01	78 Pt platinum 195.08 ± 0.02	79 Au gold 196.97 ± 0.01	80 Hg mercury 200.59 ± 0.01	81 Tl thallium 204.38 ± 0.01	82 Pb lead 207.2 ± 1.1	83 Bi bismuth 208.98 ± 0.01	84 Po polonium [209]	85 At astatine [210]	86 Rn radon [222]
87 Fr francium [223]	88 Ra radium [226]	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium [267]	105 Db dubnium [268]	106 Sg seaborgium [269]	107 Bh bohrium [270]	108 Hs hassium [269]	109 Mt meitnerium [277]	110 Ds darmstactium [281]	111 Rg roentgenium [282]	112 Cn copernicium [285]	113 Nh nihonium [286]	114 Fl flerovium [290]	115 Mc moscovium [290]	116 Lv livermorium [293]	117 Ts tennessine [294]	118 Og oganesson [294]

57 La lanthanum 138.91 ± 0.01	58 Ce cerium 140.12 ± 0.01	59 Pr praseodymium 140.91 ± 0.01	60 Nd neodymium 144.24 ± 0.01	61 Pm promethium [145]	62 Sm samarium 150.36 ± 0.02	63 Eu europium 151.96 ± 0.01	64 Gd gadolinium 157.25 ± 0.03	65 Tb terbium 158.93 ± 0.01	66 Dy dysprosium 162.50 ± 0.01	67 Ho holmium 164.93 ± 0.01	68 Er erbium 167.26 ± 0.01	69 Tm thulium 168.93 ± 0.01	70 Yb ytterbium 173.05 ± 0.02	71 Lu lutetium 174.97 ± 0.01
89 Ac actinium [227]	90 Th thorium 232.04 ± 0.01	91 Pa protactinium 231.04 ± 0.01	92 U uranium 238.03 ± 0.01	93 Np neptunium [237]	94 Pu plutonium [244]	95 Am americium [243]	96 Cm curium [247]	97 Bk berkelium [247]	98 Cf californium [251]	99 Es einsteinium [252]	100 Fm fermium [257]	101 Md mendelevium [258]	102 No nobelium [259]	103 Lr lawrencium [262]

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY