1

التحولات السريعة والتحولات البطيئة

Transformations rapides et transformations lentes

I – تفاعلات أكسدة – اختزال :

1 – تعاريف :

- ✓ المؤكسد : هو كل نوع كيميائي قادر على اكتساب الكترون أو أكثر خلال التفاعل الكيميائي.
- ✓ المختزل : هو كل نوع كيميائي قادر على فقدان الكترون أو أكثر خلال التفاعل الكيميائي.

2 – مزدوجة مختزل/مؤكسد :

مزدوجة مختزل/مؤكسد هي مجموعة مكونة المؤكسد و المختزل المرافق و نرمز لها ب ox/red و نقرن بها نصف معادلة تفاعل أكسدة – اختزال :

$$ox + ne^- \longrightarrow red$$

❖ مثال :

تُكَوِنُ أيونات الزنك Zn^{2+} و فلز الزنك مزدوجة مختزل/مؤكسد , و تكتب نصف المعادلة المقرونة بهذه المزدوجة كالتالي :

$$Zn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Zn$$

❖ ملحوظة :

- يجب أن تخضع نصف المعادلة إلى قانوني انحفاظ العناصر الكيميائية نوعا و عددا و انحفاظ الشحنة الكهربائية.
- يعد هذا التمثيل شكليا لأن الالكترونات لا توجد حرة في المحلول المائي.

3 – تفاعلات أكسدة – اختزال :

❖ تعاريف :

- ✓ الأكسدة : هي فقدان الالكترونات.
- ✓ الاختزال : هو اكتساب الالكترونات.
- ✓ تفاعل أكسدة – اختزال : هو انتقال الالكترونات من مختزل red_1 لمزدوجة ox_1/red_1 إلى مؤكسد ox_2 لمزدوجة أخرى ox_2/red_2 .

$$n_2 \times \left(red_1 \longrightarrow ox_{1.} + n_1 e^-\right)$$

$$n_1 \times \left(ox_2 + n_2 e^- \longrightarrow red_2\right)$$

$$n_2 red_1 + n_1 ox_2 \longrightarrow n_2 ox_1 + n_1 red2$$

❖ أمثلة :

- ✓ مثال 1 : تفاعل بين فلز النحاس $Cu_{(s)}$ و أيون الفضة $Ag^+_{(aq)}$:

المزدوجتان المتفاعلتان هما :

أكسدة النحاس : $Cu^{2+}{}_{(aq)} / Cu_{(s)}$ $\quad Cu_{(s)} \longrightarrow Cu^{2+}{}_{(aq)} + 2e^-$

اختزال أيون الفضة : $Ag^+{}_{(aq)} / Ag_{(s)}$ $\quad 2Ag^+{}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow 2Ag_{(s)}$

$$Cu_{(s)} + 2Ag^{+}_{(aq)} \rightleftharpoons Cu^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

✓ **مثال 2 : أكسدة أيونات اليودور I^- بالماء الأوكسيجيني H_2O_2 في وسط حمضي :**

المزدوجتان المتدخلتان هما :

أيون اليودور / ثنائي اليود : $I_{2(aq)} / I^{-}_{(aq)}$

ماء / ماء اوكسيجيني : $H_2O_{2(aq)} / H_2O_{(l)}$

أكسدة أيونات اليودرو : $2I^{-}_{(aq)} \rightleftharpoons I^{2}_{(aq)} + 2e^{-}$

اختزال الماء الأوكسيجيني : $H_2O_{2(aq)} + 2H^{+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightleftharpoons 2H_2O_{(l)}$

$$H_2O_{2(aq)} + 2I^{-}_{(aq)} + 2H^{+}_{(aq)} \rightleftharpoons 2H_2O_{(l)} + I_{2(aq)}$$

✓ **مثال 3 : تحويل أيون ثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$ في وسط حمضي :**

المزدوجتان المتدخلتان هما :

كبريت / أيون ثيوكبريتات : $S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} / S_{(s)}$

أيون ثيوكبريتات / ثنائي أوكسيد الكبريت : $SO_{2(aq)} / S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$

اختزال أيون ثيوكبريتات : $S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} + 6H^{+}_{(aq)} + 4e^{-} \rightleftharpoons 2S_{(s)} + 3H_2O_{(l)}$

اكسدة أيون ثيوكبريتات : $S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons 2SO_{2(aq)} + 2H^{+}_{(l)} + 4e^{-}$

$$2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} + 4H^{+}_{(aq)} \rightleftharpoons 2S_{(s)} + 2SO_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

$$S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} + 2H^{+}_{(aq)} \rightleftharpoons S_{(s)} + SO_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$$

II – تفاعلات أكسدة – اختزال :

1 – التحولات السريعة :

التحولات السريعة هي تحولات تحدث في وقت جد وجيز حيث لا يمكن تتبع تطورها بواسطة الملاحظة العينية و بواسطة أجهزة القياس.

❖ **أمثلة :**

✓ **احتراق الشهب النارية :**

- تفاعل مسحوق الألومنيوم مع ثنائي الأوكسجين ينتج عنه تكون أوكسيد الألومينيوم (الأومين) : $4Al + 3O_2 \longrightarrow 2Al_2O_3$

- تفاعل مسحوق الحديد مع ثنائي الأوكسجين ينتج عنه تكون أوكسيد الحديد المغنطيسي : $3Fe + 3O_2 \longrightarrow Fe_3O_4$

✓ **بعض تفاعلات الترسب :**

تفاعل كبريتات النحاس الثاني $(Cu^{2+} + SO_4^{2-})$ **مع محلول هيدروكسيد الصوديوم** $(Na^{+} + OH^{-})$ **ينتج عنه تكون راسب أزرق لهيدروكسيد النحاس II :** $Cu^{2+} + 2OH^{-} \longrightarrow Cu(OH)_2$

تفاعل كلورور الزنك $(Zn^{2+} + 2Cl^{-})$ **مع محلول هيدروكسيد الصوديوم** $(Na^{+} + OH^{-})$ **ينتج عنه تكون راسب أبيض لهيدروكسيد الزنك :** $Zn^{2+} + 2OH^{-} \longrightarrow Zn(OH)_2$

✓ بعض تحولات أكسدة – اختزال :

اختزال ثنائي اليود بأيون ثيوكبريتات :

المزدوجتان المتدخلتان هما :

أيون اليودور / ثنائي اليود : $I_{2(aq)} / I^-_{(aq)}$

أيون ثيوكبريتات / أيون رباعي ثيونات : $S_4O_6^{2-}{}_{(aq)} / S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$

اختزال ثنائي اليود : $I_{2(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-_{(aq)}$

اكسدة أيون ثيوكبريتات : $2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} \rightleftharpoons S_4O_6^{2-}{}_{(aq)} + 2e^-$

$$I_{2(aq)} + 2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} \longrightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$$

يختفي اللون البني المميز لثنائي اليود بشكل لحظي عند إضافته إ لى أيونات ثيوكبريتات مما يدل على أن هذا التفاعل سريع .

✓ أغلب التحولات حمض – قاعدة :

تفاعلات المعايرة : $H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$

2 – التحولات البطيئة :

التحولات البطيئة هي تحولات بطيئة يمكن تتبع تطورها الزمني بالملاحظة العينية أو بواسطة أجهزة القياس خلال ثوان أو دقائق أو ساعات حيث يتم قياس أحد المقادير المرتبطة بكمية المادة (C ,m ,V ,P ,G ...)

❖ مثال :

- أكسدة أيونات اليودور I^- بالماء الأوكسيجيني H_2O_2 في وسط حمضي بطيء يمكن تتبعه بالعين المجردة حيث نلاحظ أن الخليط يكتسب تدريجيا لونا بنيا ناتجا عن تكون ثنائي اليود وفق التفاعل التالي :

$$H_2O_{2(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} + I_{2(aq)}$$

- أكسدة الحديد تحث تأثير ثنائي أوكسجين الهواء تحول بطيء ينتج عنه تكون الصدأ (أوكسيد الحديد III Fe_2O_3) :

$$4Fe + 3O_2 \longrightarrow 2Fe_2O_3$$

- تفاعلات الأسترة و الحلمأة (بطيئة و محدودة)

❖ ملحوظة :

هناك بعض التحولات جد بطيئة حيث تظهر حركيا متوقفة :

✓ مثال :

- تحلل الماء الأوكسيجيني تحول جد بطيء : $2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$

بما أن الضوء يساعد على تحول حدوث هذا التحول يستحسن حفظ الماء الأوكسيجيني (مطهر) في قارورات ملونة.

- نفس الشيء بالنسبة لماء جافيل يفقد مفعوله بفعل أشعة الشمس و درجة الحرارة

تحث كلوريت الصوديوم $(Na^+ + ClO^-)$:

ClO^- / Cl^- : $2\times(ClO^- + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons Cl^- + H_2O)$

O_2 / H_2O : $2H_2O \rightleftharpoons 4H^+ + O_2 + 4e^-$

$$2ClO^- \longrightarrow 2Cl^- + O_2$$

3 – تقنيات التتبع الزمني لتحولات بطيئة :

تمكن الملاحظة العينية من تتبع تطور التحولات الكيميائية التي تنتج عنها ظواهر مرئية مثل ظهور أو اختفاء لون, غاز,ترسب,...

- إذا كان تطور التحول ينتج غاز يمكن :

✓ قياس حجم الغاز التصاعد فوق حوض من الماء.

✓ قياس ارتفاع الضغط في إناء مغلق.

✓ تتبع انحفاظ الكتلة في إناء مفتوح.

- إذا كان تطور التحول تتدخل فيه أيونات يمكن :

✓ قياس المواصلة G لدراسة تغيرات موصلية المحلول.

✓ قياس pH المحلول عندما تتدخل أيونات H_3O^+ و OH^-.

✓ معايرة أحد المتفاعلات أو النواتج عند مجالات زمنية معينة (لمعرفة التركيز).

✓ استعمال المستضو الطيفي عندما يتغير لون متفاعل أو ناتج.

III – العوامل الحركية :

✓ الحركية الكيميائية : هي دراسة تطور مجموعة كيميائية خلال الزمن.

✓ العوامل الحركية : هي العوامل التي تؤثر على سرعة تطور مجموعة كيميائية (درجة الحرارة و الضغط أشعة الضوء و المذيب...

1 – تأثير تركيز المتفاعلات :

تزداد سرعة تحول كيميائي كلما كان التركيز البدئي لمتفاعل واحد أو لعدة متفاعلات أكبر.

✓ مثال :

- تتفاعل أيونات اليودور I^- بالماء الأوكسيجيني H_2O_2 في وسط حمضي بطيء يمكن تتبعه بالعين المجردة حيث نلاحظ أن الخليط يكتسب تدريجيا لونا بنيا ناتجا عن تكون ثنائي اليود وفق التفاعل التالي :

$$H_2O_{2(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} + I_{2(aq)}$$

نصب في كأسين (1) و (2) نفس الحجم من الماء الأوكسيجيني H_2O_2 المحمض بقطرات حمض الكبريتيك و نضيف لكل منهما نفس الحجم من محلول يودور البوتاسيوم $(K^+ + I^-)$ لكن تركيز هذا الأخير في الكأس (2) أكبر منه في الكأس (1) $[I^-]_2 > [I^-]_1$.

نلاحظ أن تكون اللون البني المميز لثنائي اليود I_2 في الكأس (2) يكون أسرع مقارنة مع الكأس (1).

2 – تأثير درجة الحرارة :

تزداد سرعة تحول كيميائي مع ارتفاع درجة حرارة المجموعة الكيميائية.

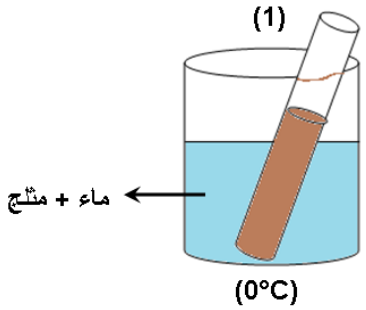
✓ مثال :

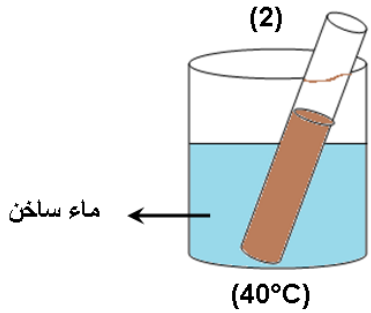
نأخذ كأسين (1) و (2) ونضع في :

- الكأس (1) : خليط من الماء و قطع الثلج حيث درجة الحرارة هي 0°C .

- الكأس (2) : ماء ساخن عند درجة الحرارة 40°C .

نضع في كل كأس أنبوب اختبار يحتوي على نفس الحجم من الماء الأوكسيجيني H_2O_2 المحمض بحمض الكبريتك و محلول يودور البوتاسيوم $(K^+ + I^-)$:





نلاحظ تطور اللون البني لثنائي اليود I_2 بشكل أسرع في الكأس (2) الذي يحتوي على ماء ساخن.

❖ تطبيقات أخرى :

➢ في المختبر تتطلب عدة تحولات تسخين المجموعة المتفاعلة مثل :

✓ كاشف الفهلين الذي يستعمل كرائز لتمييز الألدهيدات.

- مثال :

نصب في أنبوب اختبار قليل من الفهلين و نضيف إليها قليلا من الإيثانال CH_3CHO بعد التسخين نلاحظ تكون راسب أحمر أجوري.

✓ كاشف التولين الذي يستعمل كرائز لتمييز الغليكوز.

عند التسخين تتكون مرآة من الفضة على الجانب الداخلي للقارورة.

➢ في الصناعة :

- صناعة الأمونياك عند 450°C .
- إعادة تكوين هيدروكربورات البترول 500°C .

➢ الحياة اليومية :

- تحلل المواد الغذائية , زيت , ماء جافيل , ماء أوكسجيني

المعجم العلمي

تحول	Transformation	تفاعل	Réaction
حمض	Acide	قاعدة	Base
أكسدة	Oxydation	تفاعل	Réduction
مصفر	Jaunâtre	اختزال	Conduction
مواصلة	Conductivité	عامل حركي	Facteur cinétique
تأثير	Influence	تفاعل	Réactif
خليط	Mélange	متجانس	Homogène
تطور	Evolution	مزدوجة	Couple
معادلى	Equation	سريع	Rapide
بطيء	Lent	تتبع	Suivi
ترسب	Précipitation	زنجار	Vert-de-gris
برونز	Bronze	بلاتين اسفنجي	Mousse de platine
انفجار	Explosion	مطهر	Antiseptique
عامل	Facteur	تفاعل محد	Réactif limitant
وفرة	Excès	فهلين	Fehling
تولين	Tollens	مرأة من الفضة	Miroir d’argent
إعادة التكوين	Reformage		