التحولات السريعة والتحولات البطيئة
العوامل الحركية

I ـ تذكير بالمزدوجات مختزل/مؤكسد .

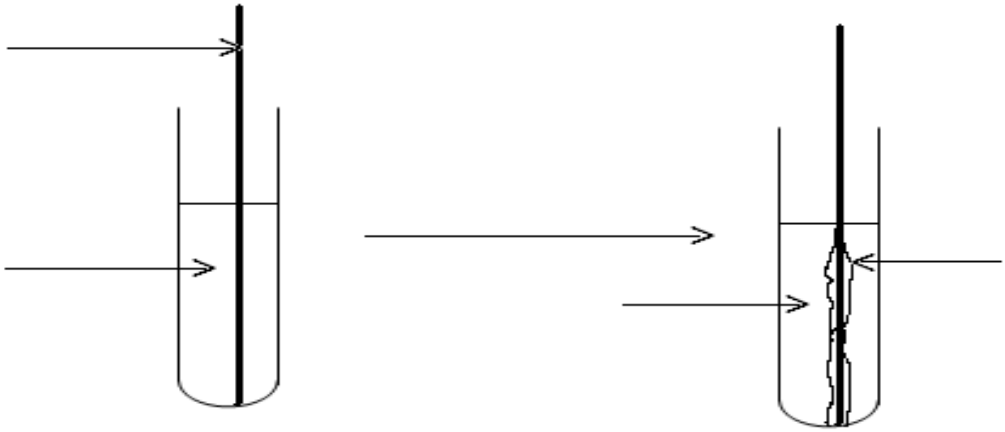
1 ـ مثال لتفاعل أكسدة ـ اختزال . : التفاعل بين ايونات الفضة $Ag^+(aq)$ وفلز النحاس Cu .

الدراسة التجريبية :

في أنبوب اختبار ، يحتوي على $5\,m\ell$ من محلول نترات الفضة $Ag^+(aq)+NO_3^-(aq)$

نضع سلكا نظيفا من النحاس .

1 ـ اتمم التبيانة بوضع الاسم المناسب أمام كل سهم . ماهي ملاحظاتك ؟



2 ـ كيف تفسر هده الملاحظات ؟

ظهور توضع ذي بريق فلزي حول الجزء المغمور من سلك النحاس . إنه فلز الفضة .

تكون فلز الفضة حسب نصف المعادلة التالية :

$$Ag^+(aq)+1e^-=Ag(s)$$

* يأخذ المحلول لونا أزرق مما يدل على تكون أيونات النحاس II وهي ناتجة عن تأكسد النحاس حسب نصف المعادلة التالية :

$$Cu(s)=Cu^{++}(aq)+2e^-$$

3 ـ حدد النوع الكيميائي الذي يلعب دور المؤكسد و النوع الكيميائي الذي يلعب دور المختزل .

و استنتج المزدوجات مختزل /مؤكسد المتداخلة في هذا التفاعل .

النوع الكيميائي الذي يلعب دور المؤكسد هو : أيون الفضة $Ag^+(aq)$ لكونه اكتسب إلكترونا واحدا خلال هذا التحول .

النوع الكيميائي الذي يلعب دور المختزل هو : فلز النحاس $Cu(s)$ لكونه فقد إلكترونا واحدا خلال هذا التحول .

المزدوجتين مختزل / مؤكسد : $Ag^+(aq)/\,Ag(s)$ و $Cu^{++}(aq)/\,Cu(s)$

4 ـ استنتج معادلة التفاعل بين ايونات الفضة و فليز النحاس

للحصول على المعادلة الحصيلة للتفاعل ننجز المجموع التالي :

$$(\times 2) \quad Ag^{+}(aq) + 1e^{-} = Ag(s)$$
$$(\times 1) \quad Cu(s) = Cu^{++}(aq) + 2e^{-}$$
$$---------- $$
$$2Ag^{+}(aq) + Cu(s) \rightarrow 2Ag(s) + Cu^{2+}(aq)$$

I ـ 2 ـ تعار يف

*** المؤكسد هو نوع كيميائي قادر على اكتساب الكترون او اكثر, ويسمى النوع الناتج, المختزل المرافق . oxydant+ne = réducteur**

***المختزل هو نوع كيميائي قادر على منح الكترون او اكثر, ويسمى النوع الناتج, المؤكسد المرافق reducteur=ne⁻+oxydant**

***المزدوجة مختزل/مؤكسد هي عبارة عن زوج مكون من مؤكسد ومختزل مرافقين.**

تتميز المزدوجة مختزل /مؤكسد بنصف المعادلة اكسدة ـ مختزل:

Ox+ne⁻=Red

خلال تفاعل اكسدة ـ اختزال تتدخل مزدوجتان مختزل /مؤكسد حيث يحدث انتقال الالكترونات بصفة عامة ، خلال تفاعل أكسدة اختزال تشارك مزدوجتان مؤكسدـ مختزل Ox_1 / Red_1 و Ox_2 / Red_2 . حيث يتفاعل مؤكسد إحدى المزدوجات مع مختزل المزدوجة الأخرى .

مثلا عند تفاعل المؤكسد Ox_1 مع المختزل Red_2 اي ان Ox_1 و Red_2 متفاعلان . للحصول على المعادلة الحصيلة للتفاعل ، نكتب نصفي المعادلة الإلكترونية وننجز ا

$$n_2 \times (Ox_1 + n_1 e^{-} = Red_1)$$
$$n_1 \times (Red_2 = Ox_2 + n_2 e^{-})$$
$$n_2 Ox_1 + n_1 Red_2 \rightarrow n_2 Red_1 + n_1 Ox_2$$

مثال : <u>اكتب معادلة تفاعل الاكسدة ـ اختزال بين ايونات البرمنغنات وايونات الحديد (II) في وسط حمضي .</u>

يحدث تفاعل أكسدة ـ اختزال بين المزدوجتين $MnO_{4aq}^{-} / Mn_{aq}^{2+}$ و $Fe_{aq}^{3+} / Fe_{aq}^{2+}$. النوعان المتفاعلان هما المؤكسد $MnO_4^{-}(aq)$ والمختزل (Fe_{aq}^{2+})

نكتب نصفي معادلتي الاكسدة ـ اختزال الموافقين لهاتين المزدوجتين :

بالنسبة للمزدوجة $MnO_{4aq}^{-} / Mn_{aq}^{2+}$:

لكتابة هذه المعادلة نتبع الخطوات التالية :

* $MnO_4^{-}(aq) = Mn^{2+}(aq)$

* توازن عنصر المنغنيز بين المؤكسد والمختزل . $MnO_4^{-}(aq) = Mn^{2+}(aq)$

* توازن عنصر الأوكسيجين بإضافة جزيئات الماء : $MnO_4^{2-}(aq) = Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(\ell)$

* توازن عنصر الهيدروجين بإضافة أيونات الهيدروجين (لأن التحول من أيونات البرمنغنات إلى أيونات المنغنير عديمة اللون تساهم فيه أيونات $H^{+}(aq)$ أي يكون المحلول حمضيا)

$$MnO_4^{2-}(aq) + 8H^{+}(aq) = Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(\ell)$$

* توازن الشحن الكهربائية بإضافة الإلكترونات :

$$MnO_4^{2-}(aq)+8H^+(aq)+5e^-=Mn^{2+}(aq)+4H_2O(\ell)$$

بالنسبة للمزدوجة Fe_{aq}^{3+} / Fe_{aq}^{2+} :

$$Fe_{aq}^{2+}=Fe_{aq}^{3+}+1e^-$$

ثم ننجز المجموع التالي :

$$(\times 1)\quad MnO_4^{2-}(aq)+8H^+(aq)+5e^-=Mn^{2+}(aq)+4H_2O(\ell)$$

$$(\times 5)\quad Fe_{aq}^{2+}=Fe_{aq}^{3+}+1e^-$$

المعادلة الحصيلة للتفاعل هي :

$$MnO_{4aq}^-+5Fe_{aq}^{2+}+8H_{aq}^+\rightarrow Mn_{aq}^{2+}+5Fe_{aq}^{3+}+4H_2O(\ell)$$

II ـ التحولات السريعة التحولات البطيئة

1 ـ التحولات السريعة

أ ـ مثال : التفاعل بين ايونات الهدروكسيد وايونات النحاس(II)

نصب في أنبوب اختبار $5m\ell$ من محلول كبريتات النحاس (II) ونضيف إليه قطرات من محلول الصودا .

1 ـ ماذا تلاحظ ؟ ما اسم المركب الناتج ؟

ترسب جسم صلب لونه أزرق . محلول هيدروكسيد النحاس II صيغته $Cu(OH)_2(s)$

2 ـ اكتب معادلة التفاعل التي تحدث في الأنبوب

$$Cu^{2+}(aq)+OH^-(aq)\rightarrow Cu(OH)_2(s)$$

3 ـ ما هي رتبة قدر المدة الزمنية التي يحدث فيها التفاعل ؟ما هو استنتاجك ؟

أقل من جزء الثانية لايمكن أن نتتبعه بالعين المجردة إذن فهو تحول سريع .

ب ـ تعريف

التحولات السريعة هي التحولات التي تحدث في مدة وجيزة أي لا يمكن تتبع تطورها بالعين المجردة أو بأجهزة القياس المعتادة و المتوفرة في المختبر

II ـ التحولات البطيئة

أ ـ مثال : تفاعل أكسدة ـ اختزال ذاتية لايونات ثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$ في وسط حمضي

نمزج في كأس $10m\ell$ من محلول حمض الكلوريدريك تركيزه $1.0mol/\ell$ و $50m\ell$ من محلول ثيوكبريتات الصوديوم تركيزه $1,0.10^{-1}mol/\ell$.

نسلط حزمة من الضوء الأبيض على جانب الكأس ونلاحظ محتواه .

يأخذ محتوى الكأس بعد لحظات لون يميل إلى الأزرق ثم يصبح اصفر ويفقد شفافيته بعد حين

1 ـ على ماذا يدل التطور التدريجي للخليط التفاعلي ؟

خلال هذا التحول تنتج دقائق صلبة من الكبريت عالقة في المحلول بوجود الضوء يتشتت هذا الأخير خاصة الضوء ذا الموجة الموافقة للضوء الأزرق . عند تكاثر كمية الكبريت الناتج يفقد الخليط شفافيته ويصبح لونه أصفر .

2 ـ ما هي رتبة قدر المدة الزمنية التي يحدث فيها التفاعل ؟ما هو استنتاجك ؟

تقدر المدة الزمنية المستغرقة خلال هذا التحول بدقيقة تقريبا نستنتج أن التفاعل بطيء لكوننا يمكن تتبعه بواسطة العين المجردة .

3 ـ أنبت معادلة التفاعل أكسدة ـ اختزال الذي تتدخل فيه المزدوجتان

$S(s)/S_2O_3^{2-}(aq)$ و $S_2O_3^{2-}(aq)/SO_2(aq)$.

إثبات المعادلة الحصيلة للتفاعل :

بالنسبة للمزدوجة : $S_2O_3^{2-}(aq)/S(s)$

$$S_2O_3^{2-}(aq)+6H^+(aq)+4e^-=2S(s)+3H_2O$$

بالنسبة للمزدوجة $SO_2(aq)/S_2O_3^{2-}(aq)$

$$2SO_2(aq)+2H^+(aq)+4e^-=S_2O_3^{2-}(aq)+H_2O(\ell)$$

في هذا التحول تلعب أيون ثيوكبريتات دور المؤكسد والمختزل وهو مانسميه بازدواجية التحول أو التحول الذاتي dismutation

للحصول على المعادلة الحصيلة لهذا التحول ننجز المجموع التالي :

$$S_2O_3^{2-}(aq)+6H^+(aq)+4e^-=2S(s)+3H_2O$$

$$S_2O_3^{2-}(aq)+H_2O(\ell)=2SO_2(aq)+2H^+(aq)+4e^-$$

$$2S_2O_3^{2-}(aq)+4H^+(aq)\rightarrow 2S(s)+2SO_2(aq)+2H_2O(\ell)$$

ب ـ تعريف

التحولات البطيئة هي التي تستغرق من عدة ثواني إلى عدة ساعات بحيث يمكن تتبع تطورها بالعين أو بأجهزة القياس المتوفرة في المختبر

تمرين تطبيقي

صنف التحولات الكيميائية التالية الى تحولات سريعة وتحولات بطيئة في الجدول اسفله :

تكون الصدأ

تكون راسب كلورور الفضة

احتراق الميتان

تفاعل حمض الكلوريدريك مع الزنك

التفاعل بين حمض الكلوريدريك و الصودا

تخمر كحولي

الاسترة

تفاعل الاكسدة ـ اختزال بين الزنك وايونات النحاس (II)

التحولات البطيئة	التحولات السريعة
تكون الصدأ	تكون راسب كلورور الفضة
تفاعل الاكسدة ـ اختزال بين الزنك وايونات النحاس (II)	التفاعل بين حمض الكلوريدريك و الصودا
تخمر كحولي	تفاعل حمض الكلوريدريك مع الزنك
الاسترة	احتراق الميتان

III ـ الإبراز التجريبي للعوامل الحركية .

تعريف :

نسمي عاملا حركيا كيميائيا ، كل مقدار يمكن من تغيير سرعة تطور مجموعة كيميائية

1 ـ تأثير تراكيز المتفاعلات

تجربة :

نحضر في ثلاث كؤوس تحتوي على حجوم مختلفة من محلول محمض ليودور البوتاسيوم $K^+(aq)+I^-(aq)$ ذي تركيز 0,2mol/l .

نصب في كل من هذه الكؤوس وفي نفس اللحظة 20ml من محلول الماء الأوكسيجيني ذي تركيز مولي 5.10^{-2}mol/l . نحرك بسرعة محتوى كل كأس ، ونلاحظ تطور لون الخليط في كل كأس .

1 ـ املأ الجدول التالي

كأس الرقم	(1)	(2)	(3)
حجم محلول اليودور البوتاسيوم	10ml	20ml	40ml
حجم حمض الكبريتيك	10ml	10ml	10ml
حجم الماء المقطر	60	50ml	30ml
حجم الماء الأوكسيجيني	20	20	20
حجم الخليط التفاعلي	100ml	100ml	100ml
التركيز البدئي $[I^-]_0$	0,02mol/l	0,04mol/l	0,08mol/l
التركيز البدئي $[H^+]_0$	0,1mol/l	0,1mol/l	0,1mol/l
التركيز البدئي $[H_2O_2]_0$	0,01mol/l	0,01mol/l	0,01mol/l
المدة الزمنية			

حساب التركيز البدئي للمتفاعلات

حساب التركيز البدئي للمتفاعلات :

* $[I^-]_0$

$$[I^-]_0 = \frac{C_0.V_0}{V_T}$$

C_0 التركيز البدئي لمحلول يودور البوتاسيوم و V_0 الحجم البدئي لمحلول يودور البوتاسيوم

* $[H_2O_2]_0$

$$[H_2O_2]_0 = \frac{C_1.V_1}{V_T}$$

C_1 التركيز البدئي لمحلول الماء االأوكسيجيني و V_1 الحجم البدئي لمحلول الماء الأوكسيجيني .

2 ـ أكتب نصفي المعادلة المقرونين بالمزدوجتين $H_2O_2aq / H_2O(\ell)$ و I_2aq / I^-aq

ثم استنتج معادلة التفاعل أكسدة ـ اختزال في الكأس .

حدد المؤكسد والمختزل في هذا التفاعل .

بالنسبة للمزدوجة : $H_2O_2(aq)/H_2O(\ell)$

$$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- = 2H_2O(\ell)$$

بالنسبة للمزدوجة $I_2(aq)/I^-(aq)$

$$2I^-(aq) = I_2(aq) + 2e^-$$

في هذا التحول يلعب الماء الأوكسيجيني دور المؤكسد وأيونات اليدور دور المختزل .

للحصول على المعادلة الحصيلة لهذا التحول ننجز المجموع التالي :

$$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- = 2H_2O(\ell)$$

$$2I^-(aq) = I_2(aq) + 2e^-$$

$$2I^-(aq) + H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) \rightarrow I_2(s) + 2H_2O(\ell)$$

3 ـ بمقارنة اللحظات t_1 ، t_2 ، t_3 وربطها مع التراكيز البدئية للأيونات I^-aq في المحاليل ، استنتج تأثير هذه التراكيز على سرعة التحول .

نلاحظ أن $t_1<t_2<t_3$ نستنتج أن التركيز البدئي للمتفاعلات له تأثير على تطور تحول كيميائي .

كلما كان التركيز البدئي لمتفاعل أكبر ، كلما كان تطور التحول أسرع

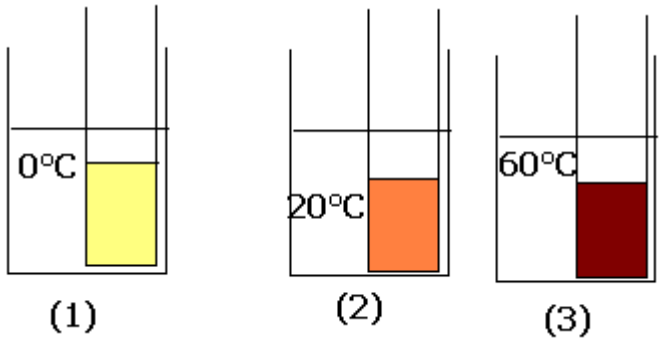
II ـ تأثير درجة الحرارة

تجربة :

نعتبر دائما تفاعل أكسدة الأيونات اليودور I^- بالماء الأوكسيجيني H_2O_2 :

$$2I^-(aq) + H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) \rightarrow I_2(s) + 2H_2O(\ell)$$

نحضر ثلاثة أنابيب اختبار ، يحتوي كل واحد منها على 5ml من محلول محمض ليودور البوتاسيوم ذي التركيز المولي 0,2mol/l . نضع الأنبوب الأول في الكأس (1) التي تحتوي على خليط من الماء والثلج (0°C) والأنبوب الثاني في الكأس (2) التي تحتوي على ماء درجة حرارته اعتيادية 20°C والثالث في الكأس (3) التي تحتوي على الماء الساخن عند درجة الحرارة 60°C . في نفس الوقت نضيف 5ml من الماء الأوكسيجني ذي التركيز المولي 5.10^{-2}mol/l إلى كل أنبوب اختبار ، تم نحرك الخليط بسرعة .



ما تأثير درجة الحرارة على مدة تطور هذا التفاعل ؟

كلما كانت درجة حرارة الوسط التفاعلي مرتفعة كلما تم التوصل إلى الحالة النهائية للتحول خلال مدة أقل .

تؤثر درجة الحرارة على التحولات الكيميائية بطريقتين :

- **تسريع أو إطلاق تحول يرفع درجة الحرارة .**

أمثلة لتسريع تحولات كيميائية :

تصنيع الأمونياك تفاعل بطيء عند درجة الحرارة الاعتيادية . من أجل تسريع هذا التحول يتم إنجازه عند درجة حرارة مرتفعة .
صناعة الحديد : تساعد درجة الحرارة المرتفعة في الأفران العالية Haut Fournaux (100°C) على تسريع اختزال أوكسيد الحديد إلى فلز الحديد .
طهي المواد الغذائية : نستعمل طنجرة الضغط لتسريع التحول الذي يحدث بين المواد المستعملة في الطهي .

- **<u>إبطاء أوتوقيف تحول بخفض درجة الحرارة</u>**

أمثلة :
إبطاء تفاعلات التحلل بسبب الجراثيم microorganisme للمواد الغذائية وذلك بحفظها في درجة حرارة جد منخفضة .
توقيف تحول كيميائي : نحتاج في مختبرات الكيمياء إلى تحليل تركيب ما عند لحظة معينة وبما أن الخليط هو في حالة تحول كميائي مستمر ، يجب توقيفه عند لحظة إنجاز القياسات لتكون التحليلات صحيحة . في هذه الحالة نقوم بالغطس الكيميائي trempe وهو غمر الخليط في تلك اللحظة في حمام من التلج (0°C) ويتوقف التفاعل .
يمكن كذلك إنجاز الغطس الكيميائي ، بإضا
لأن تخفيظ تراكيز المتفاعلات ، يجعل التحول جد بطيء .