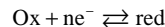
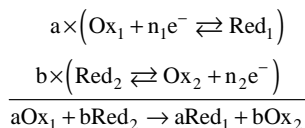


التحولات السريعة والتحولات البطيئة - العوامل الحركية



خلال تفاعل أكسدة - اختزال تتدخل مزدوجتان مختزل /مؤكسد حيث يحدث انتقال الإلكترونات بصفة عامة ، خلال تفاعل أكسدة اختزال تشارك مزدوجتان مؤكسد- مختزل $\text{Ox}_1 / \text{Red}_1$ و $\text{Ox}_2 / \text{Red}_2$. حيث يتفاعل مؤكسد إحدى المزدوجات مع مختزل المزدوجة الأخرى . مثلا عند تفاعل المؤكسد Ox_1 مع المختزل Red_2 أي ان Ox_1 و Red_2 متفاعلان . للحصول على المعادلة الحصيلة للتفاعل ، نكتب نصفي المعادلة الإلكترونية ونجز المجموع :



مثال : إكتب معادلة تفاعل الأكسدة - اختزال بين أيونات البرمنغنات وأيونات الحديد (II) في وسط حمضي .

يحدث تفاعل أكسدة - اختزال بين المزدوجتين $\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}$ و $\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$. النوعان المتفاعلان هما المؤكسد $\text{MnO}_4^- (\text{aq})$ والمختزل Fe^{2+} .

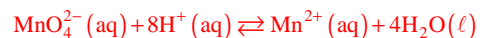
نكتب نصفي معادلتنا الأكسدة - اختزال الموافقين لهاتين المزدوجتين :
بالنسبة للمزدوجة $\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}$:

لكتابة هذه المعادلة تتبع الخطوات التالية :
* $\text{MnO}_4^- (\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} (\text{aq})$

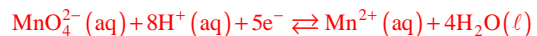
* توازن عنصر المنغنيز بين المؤكسد والمختزل . $\text{MnO}_4^- (\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} (\text{aq})$

* توازن عنصر الأوكسيجين بإضافة جزيئات الماء : $\text{MnO}_4^- (\text{aq}) = \text{Mn}^{2+} (\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O} (\ell)$

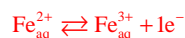
* توازن عنصر الهيدروجين بإضافة أيونات الهيدروجين (لأن التحول من أيونات البرمنغنات إلى أيونات المنغنيز عديمة اللون تساهم فيه أيونات $\text{H}^+ (\text{aq})$ أي يكون المحلول حمضياً)



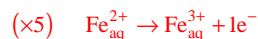
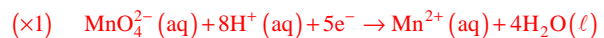
* توازن الشحن الكهربائية بإضافة الإلكترونات :



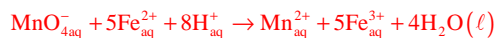
بالنسبة للمزدوجة $\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$:



ثم نجز المجموع التالي :



المعادلة الحصيلة للتفاعل هي :



التحولات السريعة والتحولات البطيئة - العوامل الحركية

التحولات السريعة والتحولات البطيئة - العوامل الحركية

I - تذكير بالمزدوجات مختزل /مؤكسد .

1 - مثال لتفاعل أكسدة - اختزال : التفاعل بين أيونات الفضة $\text{Ag}^+ (\text{aq})$ وفلز النحاس Cu .

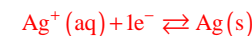
الدراسة التجريبية :

في أنبوب اختبار ، يحتوي على 5mL من محلول نترات الفضة $\text{Ag}^+ (\text{aq}) + \text{NO}_3^- (\text{aq})$ ، نغمز سلكا نظيفاً من النحاس .

نلاحظ توضع ذي بريق فلزي حول الجزء المغمور في المحلول : إنه فلز الفضة و يأخذ المحلول لونا أزرق .

1 - كيف تفسر هذه الملاحظات ؟

ظهور توضع ذي بريق فلزي حول الجزء المغمور من سلك النحاس . إنه فلز الفضة .
تكون فلز الفضة حسب نصف المعادلة التالية :



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



3 - حدد النوع الكيميائي الذي يلعب دور المؤكسد و النوع الكيميائي الذي يلعب دور المختزل . و استنتج المزدوجات مختزل /مؤكسد المتداخلة في هذا التفاعل .

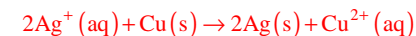
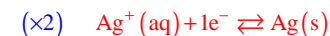
النوع الكيميائي الذي يلعب دور المؤكسد هو : أيون الفضة $\text{Ag}^+ (\text{aq})$ لكونه اكتسب إلكترون واحد خلال هذا التحول .

النوع الكيميائي الذي يلعب دور المختزل هو : فلز النحاس $\text{Cu} (\text{s})$ لكونه فقد إلكترون واحد خلال هذا التحول .

المزدوجتين مختزل / مؤكسد : $\text{Ag}^+ (\text{aq}) / \text{Ag} (\text{s})$ و $\text{Cu}^{2+} (\text{aq}) / \text{Cu} (\text{s})$

4 - استنتج معادلة التفاعل بين أيونات الفضة و فلز النحاس

للحصول على المعادلة الحصيلة للتفاعل نجز المجموع التالي :



2 - تعاريف

* المؤكسد هو نوع كيميائي قادر على اكتساب الكترون او اكثر، ويسمى النوع الناتج،

المختزل المرافق . $\text{Ox} + \text{ne}^- \rightarrow \text{red}$

* المختزل هو نوع كيميائي قادر على منح الكترون او اكثر، ويسمى النوع الناتج،

المؤكسد المرافق $\text{red} \rightarrow \text{Ox} + \text{ne}^-$

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

تتميز المزدوجة مختزل /مؤكسد بنصف المعادلة أكسدة - مختزل:

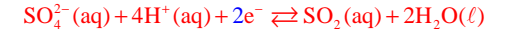
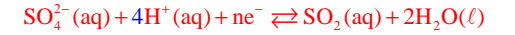
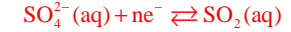
التحولات السريعة والتحولات البطيئة - العوامل الحركية

تمرين تطبيقي :

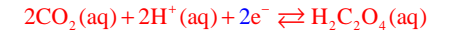
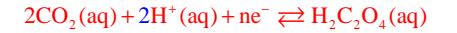
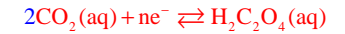
أكتب نصفي المعادلة أكسدة - اختزال للمزدوجات التالية : $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) / \text{SO}_2(\text{aq})$ و $\text{CO}_2(\text{aq}) / \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq})$

الحل :

1 - نصف المعادلة أكسدة اختزال للمزدوجة $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) / \text{SO}_2(\text{aq})$:



2 - المعادلة أكسدة اختزال للمزدوجة : $\text{CO}_2(\text{aq}) / \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq})$



II - التحولات السريعة التحولات البطيئة

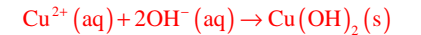
1 - التحولات السريعة

أ - مثال : التفاعل بين أيونات الهيدروكسيد و أيونات النحاس (II)

نصب في أنبوب اختبار 5mL من محلول كبريتات النحاس (II) ونضيف إليه قطرات من محلول الصودا
1 - ماذا تلاحظ ؟ ما اسم المركب الناتج ؟

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

2 - اكتب معادلة التفاعل التي تحدث في الأنبوب



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

أقل من جزء الثانية لا يمكن أن نتبعه بالعين المجردة إذن فهو تحول سريع .

ب - 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

2 - التحولات البطيئة

أ - مثال : تفاعل أكسدة - اختزال ذاتية لايونات ثيوكبريتات $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ في وسط حمضي

نمزج في كأس 10mL من محلول حمض الكلوريدريك تركيزه $1.0\text{mol}/\ell$ و 50mL من محلول

ثيوكبريتات الصوديوم تركيزه $1.0 \cdot 10^{-1}\text{mol}/\ell$.

نسلط حزمة من الضوء الأبيض على جانب الكأس ونلاحظ محتواه .

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

1 - على ماذا يدل التطور التدريجي للخليط التفاعلي ؟

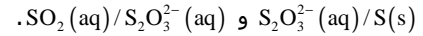
التحولات السريعة والتحولات البطيئة - العوامل الحركية

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 .

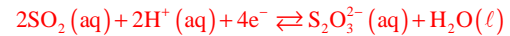
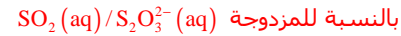
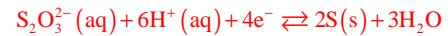
2 - ما هي رتبة قدر المدة الزمنية التي يحدث فيها التفاعل ؟ ما هو استنتاجك ؟

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

3 - أثبت معادلة التفاعل أكسدة - اختزال الذي تدخل فيه المزدوجتان

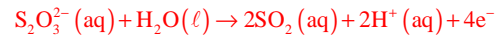
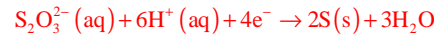


إثبات المعادلة الحصيلة للتفاعل :



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

للحصول على المعادلة الحصيلة لهذا التحول نجمع المجموع التالي :

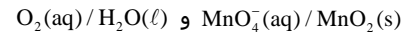


مثال 2 : اختزال أيونات MnO_4^- (aq) إلى ثنائي أوكسيد المنغنيز MnO_2 (s) في وسط حمضي .

عندما نحفظ بمحلول برمنغنات البوتاسيوم المحمض في قنينة غير مغلقة بضعة شهور نلاحظ ظهور

جسم صلب بني على الجوانب الداخلية للقنينة إنه ثنائي أوكسيد المنغنيز MnO_2 (s)

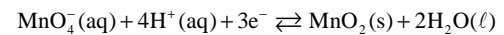
1 - أكتب المعادلة الكيميائية لهذا التفاعل علما أن المزدوجتين المتدخلتين هما :



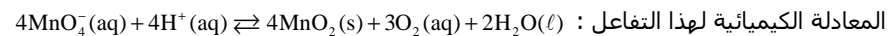
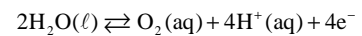
2 - هل هذا لتفاعل سريع أم بطيء ؟

الجواب :

نصف المعادلة أكسدة اختزال المقرون بالمزدوجة $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) / \text{MnO}_2(\text{s})$:



نصف المعادلة أكسدة اختزال المقرون بالمزدوجة : $\text{O}_2(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\ell)$:



ب - تعريف

التحولات السريعة والتحولات البطيئة - العوامل الحركية

البديئة	0	$C_A V_A$	$C_B V_B$	0	0
الحالة النهائية $V_B < V_{BE}$	x_{max}	$C_A V_A - ax_{max} > 0$	$C_B V_B - bx_{max} = 0$	cx_{max}	dx_{max}
الحالة النهائية $V_B = V_{BE}$	x_E	$C_A V_A - ax_E = 0$	$C_B V_{BE} - bx_E = 0$	cx_E	dx_E
الحالة النهائية $V_B > V_{BE}$	x_{max}	$C_A V_A - ax_{max} = 0$	$C_B V_B - bx_{max} > 0$	cx_{max}	dx_{max}

يمكن تعيين التكافؤ بأساليب وطرق مختلفة ، منها :

* تغير لون الخليط المتفاعل ، طريقة تستعمل في تفاعلات الأوكسدة والإختزال .

تمرين تجريبي :

الليكول Le Lugol هو محلول يباع في الصيدليات وهو يحضر بإذابة ثنائي اليود $I_2(aq)$ في محلول مائي ليدير البوتاسيوم $(K^+(aq) + I^-(aq))$

نريد تحديد تركيز المولي لليود $I_2(aq)$ الذي يحتوي عليه الليكول Le Lugol باعتماد طريقة المعايرة المباشرة .

بواسطة ماصة معايرة ، نأخذ حجما $V_1 = 10mL$ من المحلول المعايّر تركيزه C_1 مجهول ونضعه في كأس .

نملأ السحاحة المدرجة بواسطة المحلول المعايّر لتيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+(aq) + S_2O_3^{2-}(aq))$

تركيزه $C_2 = 0,100mol / L$

1 - ضع تبيانة التركيب التجريبي لعملية المعايرة المباشرة

2 - أكتب المعادلة الكيميائية لتفاعل الحاصل خلال هذه المعايرة . نعطي المزدوجات التالية :

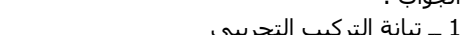


3 - كيف يتم معلم التكافؤ خلال المعايرة ؟

4 - نحصل على التكافؤ عند إضافة $V_{2E} = 8,2mL$ من المحلول المعايّر ، أحسب التركيز المولي C_1 لثنائي اليود .

الجواب :

1 - تبيانة التركيب التجريبي



3 - معلم التكافؤ باختفاء اللون البني المميز لثنائي اليود بعد إضافة قليل من صبغ النشأ .

4 - استعمال الجدول الوصفي عند التكافؤ واستنتاج

العلاقة : $C_1 = \frac{C_2 V_{2E}}{2V_1} = 0,041mol$

العلاقة : $C_1 = \frac{C_2 V_{2E}}{2V_1} = 0,041mol$

العلاقة : $C_1 = \frac{C_2 V_{2E}}{2V_1} = 0,041mol$

العلاقة : $C_1 = \frac{C_2 V_{2E}}{2V_1} = 0,041mol$

العلاقة : $C_1 = \frac{C_2 V_{2E}}{2V_1} = 0,041mol$

العلاقة : $C_1 = \frac{C_2 V_{2E}}{2V_1} = 0,041mol$

العلاقة : $C_1 = \frac{C_2 V_{2E}}{2V_1} = 0,041mol$

العلاقة : $C_1 = \frac{C_2 V_{2E}}{2V_1} = 0,041mol$

العلاقة : $C_1 = \frac{C_2 V_{2E}}{2V_1} = 0,041mol$

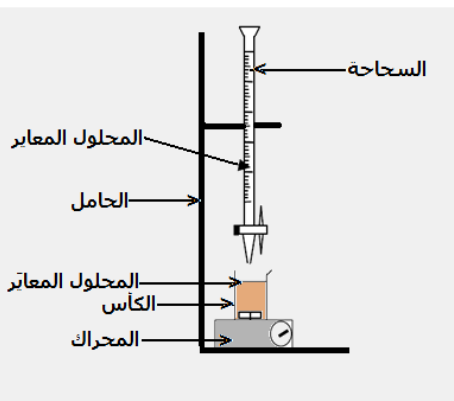
العلاقة : $C_1 = \frac{C_2 V_{2E}}{2V_1} = 0,041mol$

العلاقة : $C_1 = \frac{C_2 V_{2E}}{2V_1} = 0,041mol$

العلاقة : $C_1 = \frac{C_2 V_{2E}}{2V_1} = 0,041mol$

العلاقة : $C_1 = \frac{C_2 V_{2E}}{2V_1} = 0,041mol$

العلاقة : $C_1 = \frac{C_2 V_{2E}}{2V_1} = 0,041mol$



IV - الإبراز التجريبي للعوامل الحركية .

التحولات السريعة والتحولات البطيئة - العوامل الحركية

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

تمرين تطبيقي

صف التحولات الكيميائية التالية الى تحولات سريعة وتحولات بطيئة في الجدول اسفله

تكون الصدا

تكون راسب كلورور الفضة

احتراق الميتان

تفاعل حمض الكلوريدريك مع الزنك

التفاعل بين حمض الكلوريدريك و الصودا

تخمير كحولي

الاسترة

تفاعل الاكسدة - اختزال بين الزنك وايونات النحاس (II)

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

III - كيف يتم تحديد تركيز نوع كيميائي في محلول ؟

يتم تحديد تركيز نوع كيميائي في محلول ما باعتماد طريقة المعايرة .

المعايرة المباشرة لنوع كيميائي A هي المعايرة باعتماد تفاعل كيميائي يحدث بينه وبين نوع كيميائي آخر يأتي به محلول آخر ذي تركيز معروف .

نسمي المحلول الذي يحتوي على النوع الكيميائي A ، المحلول المعايّر .

والمحلول الذي يحتوي على النوع الكيميائي ذي التركيز المعروف المحلول المعايّر (بكسر الباء)

أ - تفاعل المعايرة

التفاعل الحاصل بين النوعين الكيميائيين A (المتفاعل المعايّر) و B المتفاعل المعايّر (بكسر الباء) ، يسمى بتفاعل المعايرة .

مثلا : $aA + bB \rightarrow cC + dD$ تمثل المعادلة الكيميائية المقرونة بتفاعل المعايرة

ليكون التفاعل صالحا لإنجاز معايرة ما ، يجب أن تتوفر فيه الشروط التالية :

* أن يكون سريعا

* أن يكون تاما

* أن يكون مميّزا للنوع الكيميائي A حيث لايتفاعل B إلا مع النوع الكيميائي A وإن وجدت أنواع كيميائية أخرى في المحلول المعايّر .

ب - التكافؤ

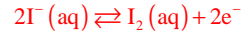
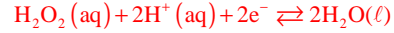
عند التكافؤ يكون المتفاعل المعايّر والمتفاعل المعايّر قد أستهلكا كلياً .

الجدول الوصفي للتفاعل عند التكافؤ حيث الحجم المضاف من المحلول B هي V_{BE} :

معادلة التفاعل	$aA(aq) + bB(aq) \rightarrow cC(aq) + dD(aq)$
الحالة	مكميات المادة
التقدم	mmol

التحولات السريعة والتحولات البطيئة - العوامل الحركية

للحصول على المعادلة الحصيلة لهذا التحول نجز المجموع التالي :



3 - بمقارنة اللحظات t_1 ، t_2 ، t_3 وربطها مع التراكيز البدئية للأيونات $\text{I}^- \text{aq}$ 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 (المدة الزمنية أصغر)

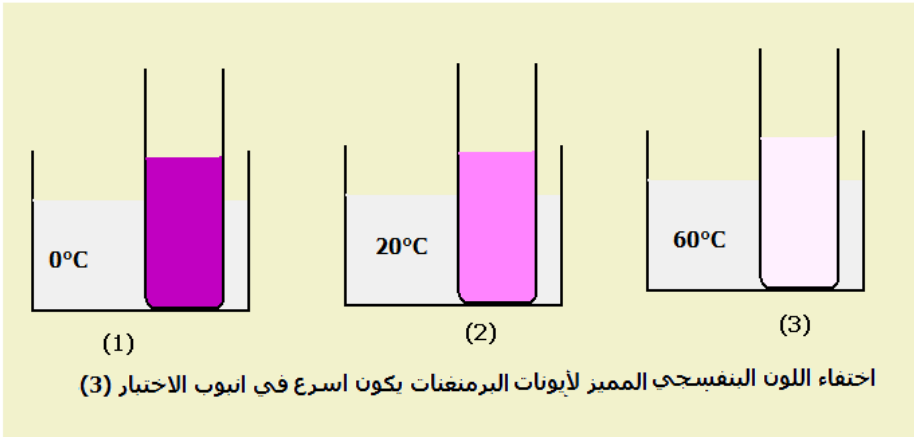
V - تأثير درجة الحرارة

تجربة :

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



نحضر ثلاثة أنابيب اختبار ، يحتوي كل واحد منها على 10ml من محلول مائي لحمض الأوكساليك $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq})$ ذي التركيز المولي 0,500mol/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 3ml من محلول محمض لبرمنغنات البوتاسيوم ذي التركيز المولي 0,10mol/L إلى كل أنبوب اختبار ، ثم نحرك الخليط بسرعة .



ما تأثير درجة الحرارة على مدة تطور هذا التفاعل ؟

التحولات السريعة والتحولات البطيئة - العوامل الحركية

تعريف :

نسمي عاملا حركيا كيميائيا ، كل مقدار يمكن من تغيير سرعة تطور مجموعة كيميائية .
1 - تأثير تراكيز المتفاعلات

تجربة :

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

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

1 - 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 $[\text{I}^-]_0$	0,02mol/l	0,04mol/l	0,08mol/l
التركيز البدئي $[\text{H}^+]_0$	0,1mol/l	0,1mol/l	0,1mol/l
التركيز البدئي $[\text{H}_2\text{O}_2]_0$	0,01mol/l	0,01mol/l	0,01mol/l
المدة الزمنية	300s	240s	180s

حساب التركيز البدئي للمتفاعلات

حساب التركيز البدئي للمتفاعلات :

$$[\text{I}^-]_0 *$$

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

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

$$[\text{H}_2\text{O}_2]_0 *$$

$$[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = \frac{C_1 \cdot V_1}{V_T}$$

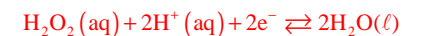
C_1 التركيز البدئي لمحلول الماء الأوكسيجيني و V_1 الحجم البدئي لمحلول الماء الأوكسيجيني .

2 - أكتب نصفي المعادلة المقرونين بالمزدوجتين $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\ell)$ و $\text{I}_2(\text{aq}) / \text{I}^- \text{aq}$ ثم استنتج

معادلة التفاعل أكسدة - اختزال في الكأس .

حدد المؤكسد والمختزل في هذا التفاعل .

بالنسبة للمزدوجة : $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\ell)$



بالنسبة للمزدوجة $\text{I}_2(\text{aq}) / \text{I}^- (\text{aq})$



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

التحولات السريعة والتحولات البطيئة - العوامل الحركية

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

أي يكون التفاعل الكيميائي أسرع كلما ازدادت درجة حرارة الوسط التفاعل

تؤثر درجة الحرارة على التحولات الكيميائية بطريقتين :

• **تسريع أو إطلاق تحول برفع 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 .

• **إبطاء أو توقيف تحول بخفض درجة الحرارة**

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 كيميائي 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 الثلج (0°C) ويتوقف التفاعل .

يمكن كذلك إنجاز الغطس الكيميائي ، بإضافة كمية كبيرة من المذيب إلى الوسط التفاعلي ، لأن تخفيف تراكيز المتفاعلات ، يجعل التحول جد بطيء .