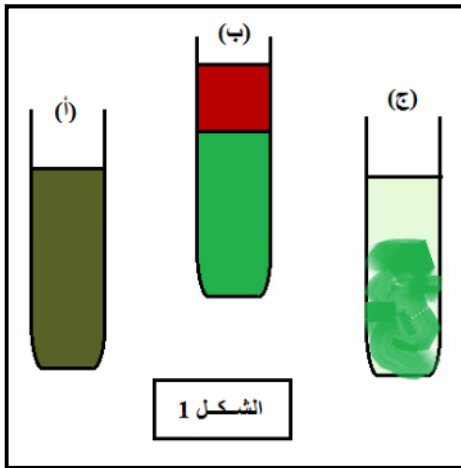
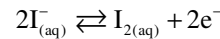


**1 - تفاعلات أكسدة - اختزال :**  
**1 - 1 مثال لتفاعل أكسدة - اختزال**  
**\*نشاط تجريبي :**

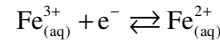
ندخل 1ml من محلول كلورور الحديد (III) ،  $Fe^{3+}_{(aq)} + 3Cl^{-}_{(aq)}$  ، في أنبوب الاختبار  $T_1$  ، ثم نضيف 3ml من محلول عديم اللون ليودور البوتاسيوم ،  $K^{+}_{(aq)} + I^{-}_{(aq)}$  ، نغلق الأنبوب ثم نحرك . لاحظ الشكل 1 (أ) .  
 نضيف مرة ثانية 2ml من السيكلوهكسان ، نغلق ، نحرك ثم نتركه حتى تتم عملية التصفيق الشكل 1 (ب) .  
 نأخذ جزء من الطور الموجود في الأسفل ، نضعه في أنبوب اختبار  $T_2$  و نضيف قطرة بقطرة محلول هيدروكسيد الصوديوم ،  
 الشكل 1 (ج) ،  $Na^{+}_{(aq)} + HO^{-}_{(aq)}$  .



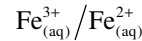
**\*استثمار :**  
 اللون البني للطور العضوي (الطور العلوي للأنبوب  $T_1$ ) يميز وجود ثنائي اليود  $I_2$  .  
 جزئيات ثنائي اليود إذن قد تكونت حسب نصف المعادلة التالية :



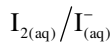
لون الراسب المتكون في الأنبوب  $T_2$  يدل على وجود أيونات  $Fe^{2+}$  ، إذن الطور السفلي للأنبوب  $T_1$  يحتوي على هذه الأيونات . وبذلك فإن أيونات  $Fe^{3+}$  اكتسبت إلكترونات لكي تعطي أيونات  $Fe^{2+}$  حسب نصف المعادلة التالية :



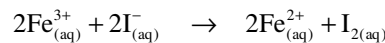
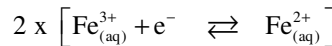
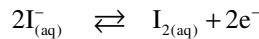
أيون الحديد  $Fe^{3+}$  ، الذي يكتسب إلكترونات ، يسمى **مؤكسد** : حيث اختزل إلى مختزله المرافق  $Fe^{2+}$  . هذين النوعين يكونان مزدوجة مختزل/مؤكسد :



أيون اليودور  $I^{-}$  ، الذي يفقد إلكترونات ، يسمى مختزل : حيث تأكسد من طرف مؤكسده المرافق  $I_2$  . هذين النوعين يكونان مزدوجة مختزل/مؤكسد :



نحصل على معادلة التفاعل بإضافة أنصاف معادلات أكسدة - اختزال ، بحيث الأيونات  $Fe^{3+}_{(aq)}$  و  $I^{-}_{(aq)}$  هي المتفاعلات و أن الإلكترونات المتبادلة لاتظهر في الحصيلة ، لأن لا وجود لها في المحلول المائي :

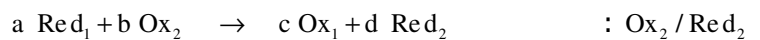


**1 - 2 تعاريف :**

\*المؤكسد نوع كيميائي قادر على اكتساب إلكترونات أو أكثر ؛ المختزل نوع كيميائي قادر على فقدان إلكترونات أو أكثر .  
 \*تتكون المزدوجة مختزل/مؤكسد ( Ox / Red ) من مؤكسد و مختزله المرافق ، أي مرتبطين بكتابة شكلية تسمى نصف



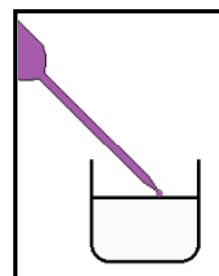
\*تفاعل أكسدة - اختزال انتقال للإلكترونات من المختزل  $Red_1$  لمزدوجة  $Ox_1 / Red_1$  إلى مؤكسد  $Ox_2$  لمزدوجة أخرى



**1 - 3 إثبات نصف معادلة أكسدة - اختزال :**

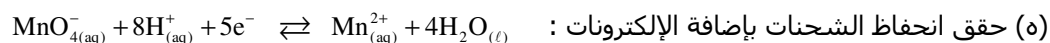
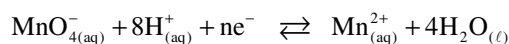
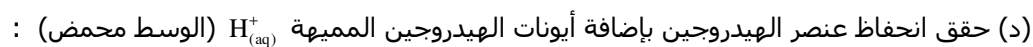
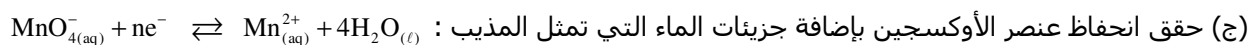
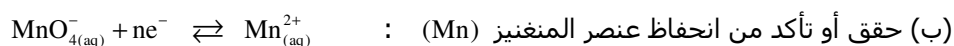
**\*تجربة**

نفرغ في كأس 10ml من محلول ثنائي أوكسيد الكبريت  $SO_{2(aq)}$  ثم نضيف إليه 1ml من محلول برمنغنات البوتاسيوم المحمض . فنلاحظ اختفاء اللون البنفسجي المميز لأيونات  $MnO_{4}^{-}$  بسرعة .  
 $K^{+}_{(aq)} + MnO_{4}^{-}_{(aq)}$



### \* استثمار

المزدوجتان المتدخلتان في هذا التفاعل هما :  $\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}$  و  $\text{SO}_4^{2-} / \text{SO}_2$  لإثبات نصف معادلة أكسدة - اختزال ، يجب احترام انحفاظ العناصر الكيميائية و الشحنات ، حيث تتبع الطريقة التالية بالنسبة للمزدوجة  $\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}$  :

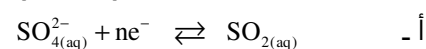


### \* تمرين تطبيقي :

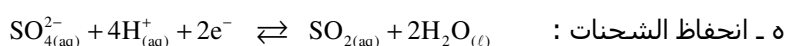
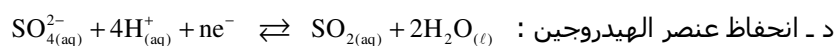
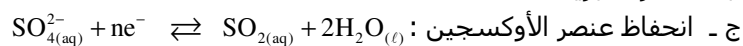
أثبت نصف معادلات الأكسدة و الاختزال للمزدوجات التالية :



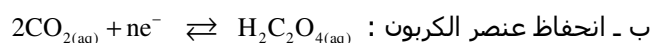
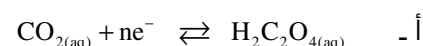
(1) نصف معادلة المزدوجة  $\text{SO}_4^{2-} / \text{SO}_2$  :



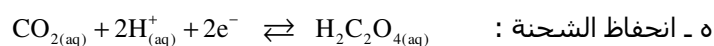
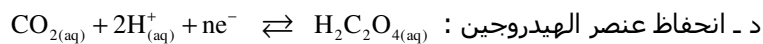
ب - عنصر الكبريت منحفظ



(2) نصف معادلة المزدوجة  $\text{CO}_2 / \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  :



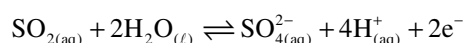
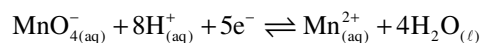
ج - عنصر الأوكسجين منحفظ



## 2 - التحولات السريعة و التحولات البطيئة :

### 1 - 2 التحولات السريعة :

في تجربة الفقرة 3 - 1 اختفاء اللون البنفسجي المميز لأيونات  $MnO_4^-$  يدل على أن هناك تفاعل بين هذه الأيونات و جزيئات  $SO_2(aq)$  . أنصاف المعادلات المقرونة بالمزدوجات المتدخلة هي :



ومنه ، فإن معادلة التفاعل هي :  $2MnO_4^- + 5SO_2(aq) + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2Mn^{2+} + 5SO_4^{2-} + 4H^+$

كل الأنواع الكيميائية لهذا التفاعل أنواع عديمة اللون . الوسط التفاعلي مباشرة بعد إضافة  $MnO_4^-$  عديم اللون ، مما يدل على الاختفاء الآني لهذه الأيونات . نقول بأن التحول سريع .

**نقول بأن تحولا ما تحولا سريعا عندما يكون تطور المجموعة سريعا ، حيث يظهر أن التحول قد انتهى مباشرة بعد التقاء المتفاعلات .**

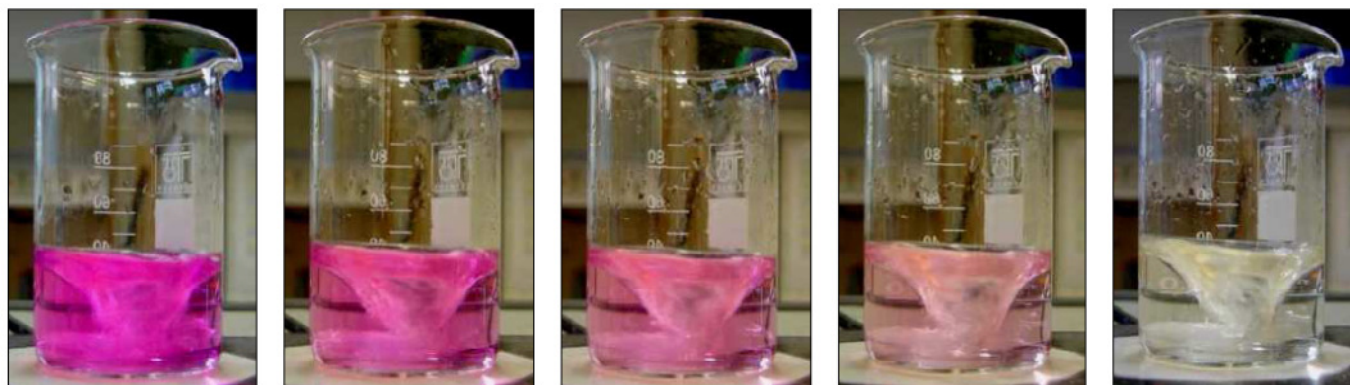
**\*ملحوظة :** هناك عدة تفاعلات سريعة ، مثل ، تفاعلات الترسيب و تفاعلات حمض - قاعدة .

### 2 - 2 التحولات البطيئة :

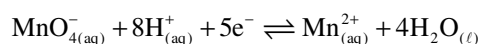
#### \*نجربة :

في كأس نضع 10ml من محلول حمض الأوكساليك  $H_2C_2O_4(aq)$  ، ثم نضيف إليه 1ml من محلول محمض لبرمنغنات البوتاسيوم  $K^+ + MnO_4^-$  تركيزه  $2.10^{-2} \text{ mol.l}^{-1}$  .

نلاحظ أن اللون البنفسجي لأيونات  $MnO_4^-$  يختفي تدريجيا مع مرور الزمن .



الاختفاء التدريجي للون البنفسجي يدل على حدوث تفاعل بين أيونات  $MnO_4^-$  و حمض الأوكساليك  $H_2C_2O_4(aq)$  . أنصاف المعادلات المقرونة بالمزدوجات المتدخلة في التفاعل  $MnO_4^- / Mn^{2+}$  و  $CO_2(aq) / H_2C_2O_4(aq)$  هي :



و منه فالمعادلة الحصيلة هي :  $2MnO_4^- + 6H^+ + 5H_2C_2O_4(aq) \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O_{(l)} + 10CO_2(aq)$

كل الأنواع الكيميائية لهذا التفاعل أنواع عديمة اللون باستثناء أيونات  $MnO_4^-$  .

الاختفاء التدريجي للون البنفسجي يدل على أن التحول الكيميائي بطيء .

**التحول البطيء تحول تطوره مع الزمن يستغرق بعض الثواني ، عدة دقائق أو ساعات . حيث يمكن تتبع هذا التطور بالعين المجردة أو بأحد اجهزة القياس .**

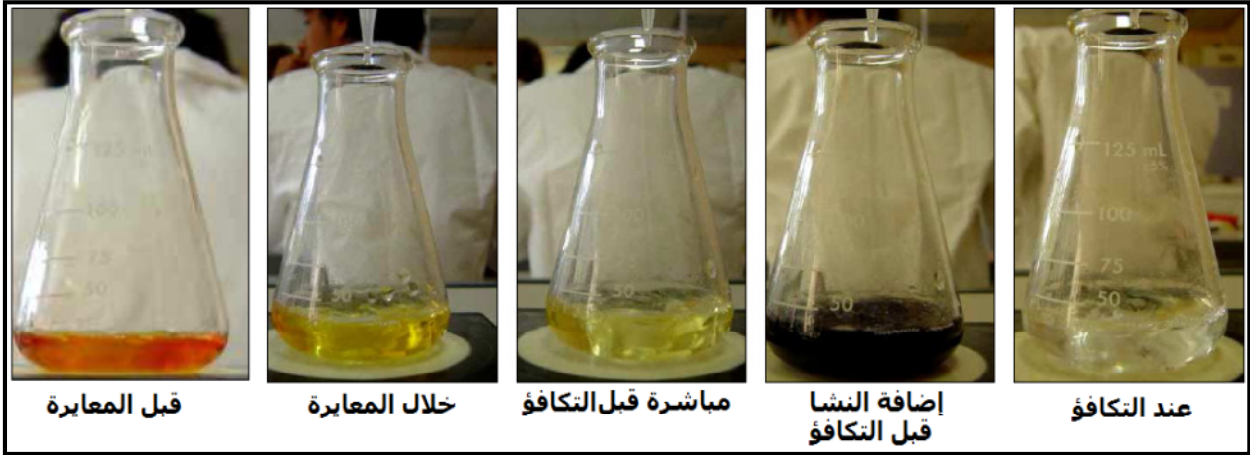
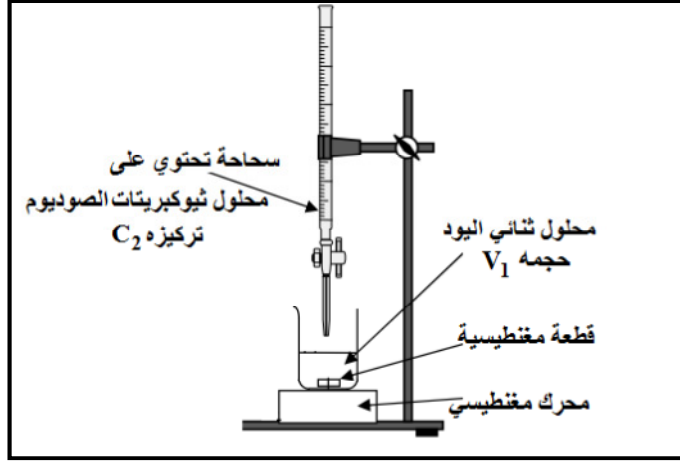
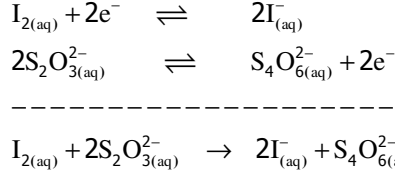
### 3 - تحديد تركيز نوع كيميائي في محلول :

لتحديد تركيز نوع كيميائي في محلول ، نقوم بمعايرته . حيث نضيف للمحلول المعايير نوع كيميائي آخر يسمى محلول معيار ، مذخل بكمية مادة معروفة . التفاعل الحاصل ، ذي معادلة معروفة ، يسمى تفاعل المعايرة . نقطة تكافؤ المعايرة توافق خليط تناسبى للمتفاعلات ( المعايير و المعايير ) .

\*مثال : معايرة محلول ثنائي اليود  $I_{2(aq)}$  بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم  $(Na^+_{(aq)} + S_2O_3^{2-}_{(aq)})$  :

المزدوجتين المتدخلتين في التفاعل هما :  $S_4O_6^{2-}_{(aq)} / S_2O_3^{2-}_{(aq)}$  و  $I_{2(aq)} / I^-_{(aq)}$

أيونات الثيوكبريتات  $S_2O_3^{2-}_{(aq)}$  تتفاعل مع جزيئات ثنائي اليود  $I_{2(aq)}$  حسب تفاعل سريع ، حيث نحصل على أيونات اليودور  $I^-_{(aq)}$  و أيونات رباعي الثيونات  $S_4O_6^{2-}_{(aq)}$  :



لنعتبر  $n_i(I_2)$  كمية مادة ثنائي اليود المتواجدة بدئياً في الحجم  $V_1$  .

يمكن استعمال جدول التقدم لتحديد العلاقة التي تربط بين كميات المادة عند التكافؤ ، حيث أضيف الحجم  $V_{2E}$  من ثيوكبريتات الصوديوم .

$I_{2(aq)}$	+	$2S_2O_3^{2-}_{(aq)}$	→	$2I^-_{(aq)}$	+	$S_4O_6^{2-}_{(aq)}$	المعادلة الكيميائية
$n_i(I_2) = C_1 \cdot V_1$		$n_E(S_2O_3^{2-}) = C_2 \cdot V_{2E}$		0		0	كميات المادة المدخلة عند التكافؤ
$C_1 \cdot V_1 - x_E = 0$		$C_2 \cdot V_{2E} - 2x_E = 0$		$2x_E$		$x_E$	الحالة النهائية

عند التكافؤ :  $n_i(I_2) = C_1 \cdot V_1 = \frac{C_2 \cdot V_{2E}}{2}$

بمعرفة الحجم  $V_{2E}$  و  $C_2$  نحسب كمية مادة ثنائي اليود البدئية ثم تركيزه .

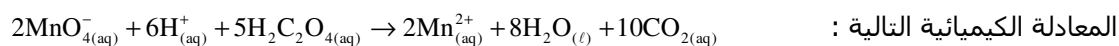
#### 4 - العوامل الحركية :

التطور الزمني للمجموعات الكيميائية يتعلق أولاً بطبيعة المتفاعلات المتدخلة . ثانياً بعوامل أخرى يمكن أن تؤثر على سرعة تحول مجموعة كيميائية معينة .

العوامل المؤثرة على سرعة تطور مجموعة كيميائية تسمى **العوامل الحركية** .

### 1 - 4 تأثير تركيز المتفاعلات :

رأينا فيما سبق أن أيونات برمنغنات البوتاسيوم  $MnO_4^-$  في وسط حمضي تتفاعل مع حمض الأوكساليك  $H_2C_2O_4$  حسب



المعادلة الكيميائية التالية :

#### أ - مناولة :

نتوفر على محلول محمض لبرمنغنات البوتاسيوم تركيزه  $C_1 = 2.10^{-3} \text{ mol/L}$  و محلول لحمض الأوكساليك تركيزه

$C_3 = 0,5 \text{ mol/L}$  لتحضير ثلاثة خلطات لها نفس الحجم  $V$  .

نعتبر  $V_1, V_2, V_3$  بالتتابع حجم محلول برمنغنات البوتاسيوم ، حجم الماء و حجم محلول حمض الأوكساليك بحيث :

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 20 \text{ mL}$$

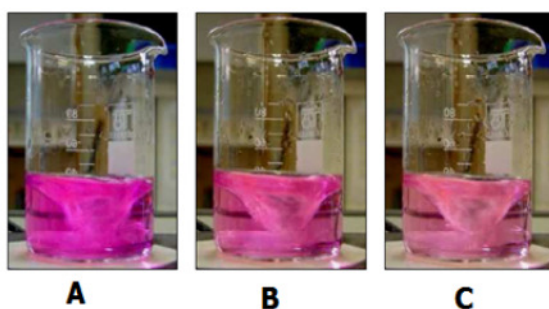
\* في مرحلة أولى نمزج في ثلاثة كؤوس الحجمين  $V_1$  و  $V_2$  .

\* نضيف في كل كأس الحجم  $V_3$  .

\* نحدد المدة الزمنية  $\Delta t$  اللازمة لإختفاء اللون البنفسجي المميز لأيونات  $MnO_4^-$  .

فنحصل على جدول القياسات التالي :

الخليط	A	B	C
$V_1$ (mL)	5	5	5
$V_2$ (mL)	9	6	3
$V_3$ (mL)	6	9	12
$[MnO_4^-]_i$ (mol/L)	$5.10^{-4}$	$5.10^{-4}$	$5.10^{-4}$
$[H_2C_2O_4]_i$ (mol/L)	0,150	0,225	0,300
$\Delta t$ (s)	300	260	220



عند لحظة معينة اللون مختلف في كل كأس

#### ب - استثمار :

الخلطات المستعملة لها نفس التركيز البدئي من أيونات البرمنغنات ، بينما تركيز بدئي مختلف من حمض الأوكساليك : هذه

السلسلة من التجارب تمكن إذن من دراسة تأثير التركيز البدئي من حمض الأوكساليك  $[H_2C_2O_4]_i$  .

نلاحظ أن المدة  $\Delta t$  لإختفاء اللون البنفسجي تنقص كلما ازداد التركيز البدئي لحمض الأوكساليك .

**سرعة تطور مجموعة كيميائية تزداد كلما ازداد التركيز البدئي للمتفاعلات .**

### 2 - 4 درجة الحرارة

نلاحظ تأثير محلول حمض الأوكساليك  $H_2C_2O_4$  على محلول برمنغنات البوتاسيوم  $(K^+(aq) + MnO_4^-(aq))$  في مثلج ، عند

درجة الحرارة العادية ثم في حمام مريم .

إزالة اللون تكون أسرع كلما كانت درجة الحرارة مرتفعة .

درجة الحرارة تؤثر بطريقتين مختلفتين على التحولات الكيميائية :

- تسريع ، أو إحداث تحول نتيجة ارتفاع درجة الحرارة .

- خفض سرعة تحول ، أو توقيفه نتيجة تبريده .

#### أ - مناولة :

في ثلاثة كؤوس نضع ( من اليسار إلى اليمين ) قطع من الجليد ، ماء الصنبور ثم ماء ساخن .

في كل كأس نضع أنبوبيين الأول يحتوي على 10mL من الماء الأوكسيجينى المحمض تركيزه المولي  $6.10^{-2} \text{ mol.l}^{-1}$  ، و الثاني به 5mL من محلول يحتوي على أيونات اليودور  $I_{(aq)}^-$  تركيزه المولي  $0,4 \text{ mol.l}^{-1}$  . عند لحظة معينة نعتبرها أصلا للتواريخ ، نمزج محتوى أنبوبي كل كأس ثم نشغل ميقت .



نلاحظ أن الخليط يتلون بشدة كلما كانت درجة الحرارة مرتفعة ، حيث أن ارتفاع درجة الحرارة يزيد من سرعة التفاعل . في المقابل يمكن توقيف التفاعل أو جعله يتم ببطئ عند تبريده :



سرعة تحول مجموعة كيميائية تزداد مع تزايد درجة الحرارة