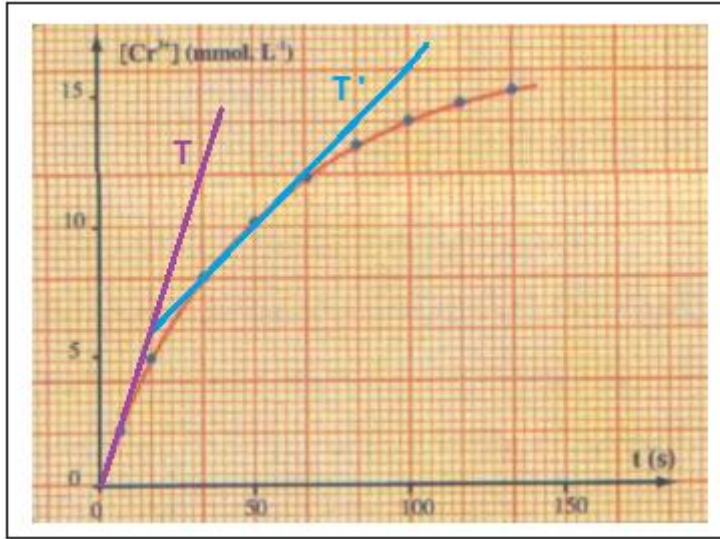


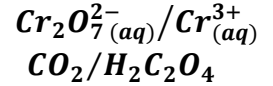
تمارين التتبع الزمني لتحول-سرعة التفاعل

تمرين 1:

نريد إنجاز مناولة تتطلب محلولاً S_1 لحمض الأوكساليك تركيزه 60 mmol.L^{-1} . نتوفر في المختبر على ميزان ذي دقة عالية والواقي الزجاجية اللازمة و المواد الكيميائية التالية: حمض الأوكساليك على شكل بلورات صيغته $(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4, 2\text{H}_2\text{O})$ وحمض الكبريتيك المركز والماء المقطر وحلول حمض لثاني كرومات البوتاسيوم تركيزه 7 mmol.L^{-1} .
1- ما هي كتلة بلورات حمض الأوكساليك اللازمة لتحضير 100 mL من المحلول S_1 ؟
صف طريقة العمل لتحضير المحلول S_1 .



2- ندرس التطور، بدلالة الزمن، لخليط مكون من 50 mL من محلول S_1 و 50 mL من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم.
1-2- أكتب معادلة التفاعل بين المزدوجتين:



نحتفظ بدرجة الحرارة ثابتة، وتتبع تركيز الأيونات Cr^{3+} الناتجة عن التفاعل، فنحصل على المنحنى التالي:

2-2- عرف السرعة الحجمية للتفاعل.
اكتب تعبير السرعة الحجمية بدلالة $[\text{Cr}^{3+}]$ تركيز أيونات Cr^{3+} .

2-3- حدد هذه السرعة عند اللحظتين $t = 0$ و $t = 50 \text{ s}$.

2-4- ما هو الحد الذي يؤول إليه تركيز الأيونات Cr^{3+} ؟
استنتج زمن نصف التفاعل.

2-5- فسر كيفياً، تغيرات السرعة الحجمية لهذا التفاعل خلال الزمن.

تمرين 2 :

في إطار موضوع يتعلق بعلم استكشاف المغارات، قرر تلاميذ السنة الثانية من سلك البكالوريا القيام برحلة علمية لاستكشاف مغارة إلا أنه من المحتمل مصادفة غاز ثنائي أوكسيد الكربون.

عندما تكون نسبة هذا الغاز مرتفعة، يتعرض المستكشف الى الاغماء داخل المغارة و من الممكن الى الموت.

ينتج ثنائي اوكسيد الكربون عن تأثير المياه الجارية الحمضية على كربونات الكالسيوم CaCO_3 الموجودة في الصخور الكلسية.
من أجل التعرف أكثر على هذا التفاعل اقترح أستاذ الكيمياء على تلاميذته دراسة هذا التفاعل.

معطيات:

- درجة حرارة المختبر خلال التجربة 25°C .

- الضغط الجوي: $P_{\text{atm}} = 1,02 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

- علاقة الغاز الكامل: $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$

- ثابتة الغازات الكاملة: $R = 8,314 \text{ (S.I)}$

- الكتل المولية الذرية: $M(\text{Ca}) = 40 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$

- كثافة غاز بالنسبة للهواء: $d = \frac{M}{29}$ حيث أن M الكتلة المولية للغاز.

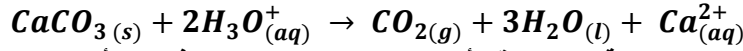
بداخل حوالة، ننجز التفاعل بين كربونات الكالسيوم وحمض الكلوريدريك. نتتبع تكون ثنائي أوكسيد الكربون بواسطة انتقال الماء داخل مخبر مدرج.

نصب في حوالة حجماً $V_S = 100 \text{ mL}$ من حمض الكلوريدريك تركيزه $C = 0,1 \text{ mol/L}$. عند اللحظة $t = 0$ نضيف إليه بسرعة الكتلة $m = 2,0 \text{ g}$ من كربونات الكالسيوم $\text{CaCO}_3(\text{s})$ ونشغل في نفس الوقت المقيت. نسجل بجدول القياسات قيم حجم ثنائي اوكسيد الكربون المحصل عليه خلال كل لحظة t . ضغط الغاز يساوي الضغط الجوي.

$t(s)$	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
$V(CO_2)(mL)$	0	29	49	63	72	79	84	89	93	97	100	103

$t(s)$	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440
$V(CO_2)(mL)$	106	109	111	113	115	117	118	119	120	120	121

يمكن نمذجة التحول الكيميائي بالمعادلة الكيميائية التالية :



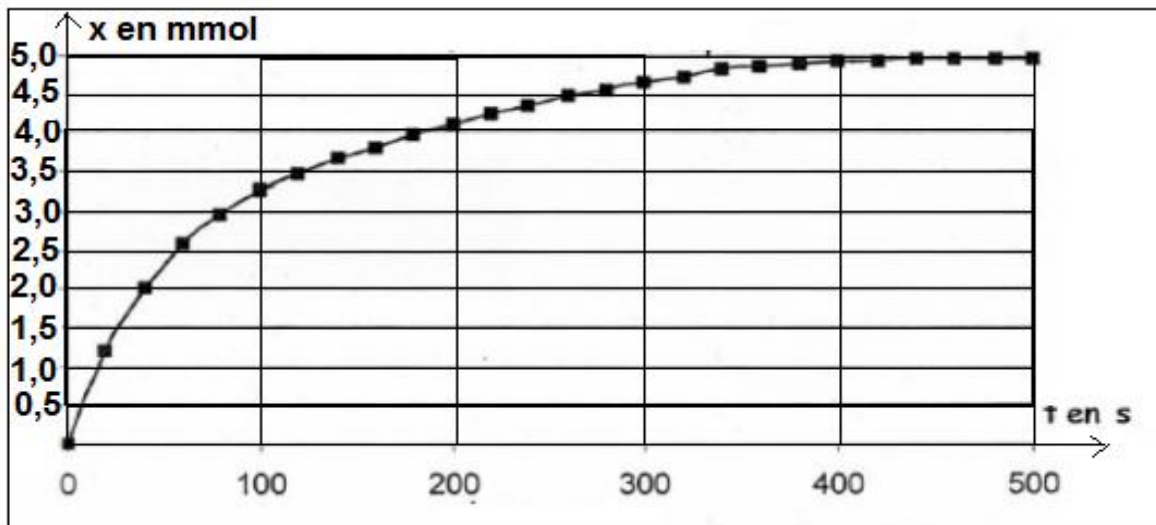
1-أحسب كثافة غاز ثنائي أكسيد لكاربون بالنسبة للهواء . قي أي جزء من المغارة يمكن لهذا الغاز أن يتجمع ؟
2-أحسب كمية المادة البدنية لكل المتفاعلات .

3-أنشئ جدول التقدم للتفاعل . استنتج التقدم الأقصى x_{max} . ما هو المتفاعل المحد ؟

4-1-أوجد تعبير التقدم x عند اللحظة t بدلالة V_{CO_2} و T و P_{atm} و R . أحسب قيمته عند اللحظة $t = 20 s$.

4-2-أحسب الحجم القصوي الممكن الحصول عليه في شروط التجربة . هل هذا التفاعل كلي؟

5-تم حساب قيم x وحصلنا على التمثيل البياني ل $x = f(t)$ أنظر المبيان أسفله .



1-5- أعط تعبير السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة التقدم x و الحجم V_S للمحلول . كيف تتغير السرعة الحجمية خلال الزمن ؟ علل جوابك من خلال المبيان .

2-5- عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$. حدد مبيانيا قيمته .

6-درجة حرارة المغارة المراد استكشافها أصغر من $25^\circ C$.

6-1-ما هو تأثير انخفاض درجة الحرارة على السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 0$.

6-2-مثل على الشكل منحنى تطور التقدم x في هذه الحالة .

7-يمكن تتبع هذا التطور بقياس الموصلية σ للمحلول بدلالة الزمن .

7-1-أجرد الايونات المتواجدة في المحلول . حدد الايون الذي لا يتدخل في التفاعل وتركيزه يبقى ثابتا .

7-2-نلاحظ من خلال التجربة تناقص الموصلية . فسر بدون حساب هذه الملاحظة علما أن الموصلية المولية الايونية للايونات عند $25^\circ C$ هي :

$$\lambda_{H_3O^+} = 35,0 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\lambda_{Ca^{2+}} = 12,0 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\lambda_{Cl^-} = 7,5 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

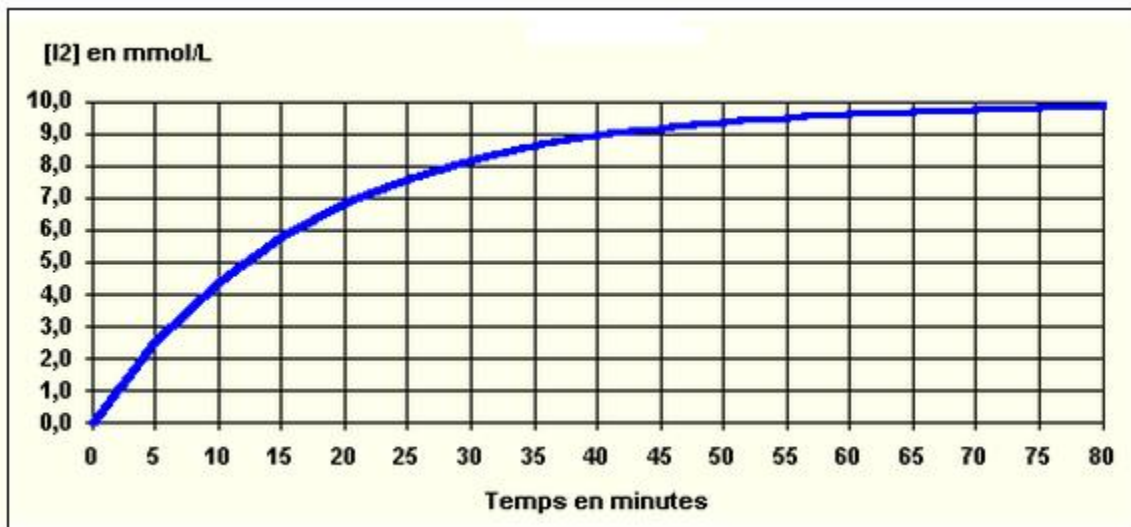
7-3-أحسب σ_0 موصلية المحلول عند $t = 0$.

7-4-بين أن الموصلية σ مرتبطة بالتقدم x بالعلاقة : $\sigma = 4,25 - 580x$

7-5-أحسب موصلية المحلول عندما يصل التقدم الى قيمته القصوية .

تمرين 3:

- في اللحظة $t = 0$ نمزج حجما $V_1 = 500 \text{ mL}$ من محلول S_1 لبيروكسوكبريتات البوتاسيوم ($2K^+_{(aq)} + S_2O_8^{2-}_{(aq)}$) ذي التركيز المولي $c_1 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ مع حجم $V_2 = 500 \text{ mL}$ من محلول S_2 ليودور البوتاسيوم ($K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$) ذي التركيز المولي $c_2 = 4 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. فنلاحظ تطور لون الخليط من الأصفر الى البني الداكن ، الشيء الذي يدل على تطور تركيز ثنائي اليود I_2 . أي أن تفاعل قد حدث بين المزدوجتين I_2/I^- و $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$.
- 1- أكتب معادلة التفاعل الاكسدة - اختزال .
 - 2- أحسب كمية مادة المتفاعلين واستنتج التركيز البدئي للمتفاعلين في الخليط .
 - 3- أنشئ جدول تقدم التفاعل واستنتج التقدم الأقصى .
 - 4- ما هي الطرق التي يمكن أن نتتبع بها المجموعة الكيميائية المدروسة ؟
 - 5- لتتبع تطور التفاعل ، نأخذ منه عينة في لحظات مختلفة حجمها $V_0 = 10 \text{ mL}$ ، ونغمرها في الجليد الذائب . ثم نعاير ثنائي اليود المتكون خلال التحول الكيميائي بواسطة محلول ثيو كبريتات الصوديوم ($2Na^+_{(aq)} + S_2O_3^{2-}_{(aq)}$) ذي تركيز $c_r = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ ، فنحصل على المنحنى الذي يمثل تغيرات التركيز المولي $[I_2]$ بدلالة الزمن .



- 1-5- لماذا نبرد العينات في الجليد ؟
- 2-5- أكتب معادلة تفاعل المعايرة . نعطي المزدوجتين المتدخلتين في تفاعل المعايرة I_2/I^- و $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$.
- 6- أعط تعبير التراكيز المولية للمتفاعلات والنواتج بدلالة التقدم x .
- 7- كيف تتطور السرعة الحجمية خلال الزمن ؟ فسر هذا التطور .
- 8- عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ وعين قيمته مبيانيا .
- 9- أعط تعبير السرعة الحجمية بدلالة تركيز ثنائي اليود . وعين قيمتها مبيانيا في اللحظتين $t=0$ و $t=80 \text{ min}$.
- 10- ما هي العوامل الحركية التي تمكن من تغيير سرعة التفاعل ؟

تصحيح تمارين التتبع الزمني لتحول - سرعة التفاعل

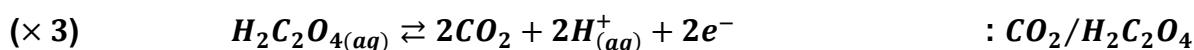
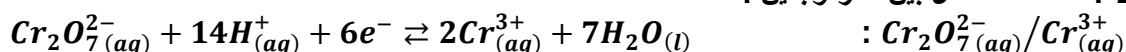
تمرين 1:

1- كتلة بلورات حمض الأوكساليك اللازمة لتحضير 100 mL من المحلول S_1 لدينا :

$$\begin{cases} n = \frac{m}{M} \\ C_1 = \frac{n}{V} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m = n \cdot M \\ n = C_1 \cdot V \end{cases} \Rightarrow m = C_1 \cdot V \cdot M(C_2H_2O_4)$$

$$m = 60 \cdot 10^{-3} \times 0,1 \times (2 \times 12 + 2 \times 1 + 16 \times 4) = 0,756 \times g \quad \text{: تطبيق عددي}$$

1-2- معادلة التفاعل بين المزدوجتين :



2-2- تعريف السرعة الحجمية :

تعرف السرعة الحجمية للتفاعل بالعلاقة التالية :

$$v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$$

حيث V هو حجم الخليط التفاعلي

و $\frac{dx}{dt}$ مشتقة التقدم بالنسبة للزمن

- تعبير السرعة بدلالة $[Cr^{3+}]$:

$$[Cr^{3+}] = \frac{n(Cr^{3+})}{V} \Rightarrow n(Cr^{3+}) = [Cr^{3+}] \cdot V \quad \text{مع } x = \frac{n(Cr^{3+})}{2} \text{ أي } n(Cr^{3+}) = 2x \quad \text{: حسب معادلة التفاعل نكتب}$$

ومنه :

$$x = \frac{n(Cr^{3+})}{2} = \frac{[Cr^{3+}] \cdot V}{2} \Rightarrow \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{[Cr^{3+}] \cdot V}{2} \right) = \frac{V}{2} \cdot \frac{d[Cr^{3+}]}{dt}$$

$$v = \frac{1}{V} \cdot \frac{V}{2} \cdot \frac{d[Cr^{3+}]}{dt} \Rightarrow v = \frac{1}{2} \cdot \frac{d[Cr^{3+}]}{dt}$$

3-2- حساب سرعة التفاعل عند $t=0$:

نحسب المعامل الموجه للمماس T :

$$K = \left(\frac{\Delta[Cr^{3+}]}{\Delta t} \right)_{t=0} = \frac{12 - 0}{33,3 - 0} = 0,36 \text{ mmol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$$

$$v(t=0) = \frac{K}{2} = 0,18 \text{ mmol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$$

حساب سرعة التفاعل عند $t=50s$:

نحسب المعامل الموجه للمماس T' :

$$K = \left(\frac{\Delta[Cr^{3+}]}{\Delta t} \right)_{t=50s} = \frac{14 - 6}{100 - 16,7} = 0,096 \text{ mmol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$$

$$v(t=50s) = \frac{K}{2} = 0,048 \text{ mmol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$$

2-4- الحد الذي يؤول إليه تركيز أيونات Cr^{3+} :

ننجز الجدول الوصفي لتقدم التفاعل :

معادلة التفاعل		$3H_2C_2O_4(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 8H^+(aq) \rightleftharpoons 6CO_2 + 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$						
حالة المجموعة	التقدم	كميات المادة بـ $mmol$						
البدئية	0	3	0,835	وفير	-	0	0	وفير
البيئية	x	$3 - x$	$0,835 - x$	وفير	-	$6x$	$2x$	وفير
النهائية	x_{max}	$3 - 3x_{max}$	$0,835 - x_{max}$	وفير	-	$6x_{max}$	$2x_{max}$	وفير

حسب الجدول الوصفي :

إذا كان المتفاعل المحد هو حمض الاوكساليك يكون $x_{max1} = 1 mmol$

إذا كان المتفاعل المحد هو أيونات ثنائي كرومات يكون : $x_{max2} = 0,835 mmol$

بما أن : $x_{max2} < x_{max1}$ فإن التقدم الأقصى هو : $x_{max} = 0,835 mmol$

حسب الجدول الوصفي : $n(Cr^{3+}) = 2x_{max} = 1,67 mmol$

الحد الذي يؤول إليه تركيز أيونات الكرومات هو :

$$[Cr^{3+}]_f = \frac{n(Cr^{3+})}{V} = \frac{1,67}{0,1} = 16,7 mmol.L^{-1}$$

-استنتاج زمن نصف التفاعل :

نحصل على زمن نصف التفاعل عندما يصبح التقدم x يساوي : $x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2}$

أي أن تركيز أيونات Cr^{3+} يكون : $[Cr^{3+}]_{1/2} = \frac{x_{max}}{2} = \frac{[Cr^{3+}]_f}{2} = 8,35 mmol.L^{-1}$

مبيانيا وباستعمال الاسقاط نحصل على $t_{1/2} \approx 66,7 s$

2-5- من خلال تمثيل المماس في لحظات مختلفة يتبين أن معاملته الموجه يتناقص مع الزمن ، وبما أن حجم الخليط يبقى ثابتا خلال التفاعل فإن السرعة الحجمية تتناقص خلال التفاعل الى أن تنعدم عند نهايته.

تمرين 2:

1- حساب كثافة غاز ثنائي أوكسيد الكربون :

$$d = \frac{M(CO_2)}{29} = \frac{12 + 16 \times 2}{29} = 1,52 < 1$$

كثافة غاز ثنائي أوكسيد الكربون أكثر من الهواء (أي أنه أثقل من الهواء) وبالتالي فهو يتجمع في أسفل المغارة .

2- حساب كمية مادة المتفاعلات البدئية :

-بالنسبة لأيون الأوكسونيوم :

$$n_0(H_3O^+) = C.V_S = 0,1 \times 0,1 = 1,0.10^{-2} mol$$

-بالنسبة لكربونات الكالسيوم :

$$n_0(Ca^{2+}) = \frac{m}{M(CaCO_3)} = \frac{2}{40 + 12 + 16 \times 3} = 2,0.10^{-2} mol$$

3-جدول التقدم :

معادلة التفاعل		$CaCO_3(s) + 2H_3O^+(aq) \rightarrow CO_2(g) + 3H_2O(l) + Ca^{2+}(aq)$				
حالة المجموعة	التقدم	كمية المادة ب mol				
الحالة البدئية	0	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	0	بوفرة	0
الحالة الوسيطة	x	$2,0 \cdot 10^{-2} - x$	$1,0 \cdot 10^{-2} - 2x$	x	بوفرة	x
الحالة النهائية	x_{max}	$2,0 \cdot 10^{-2} - x_{max}$	$1,0 \cdot 10^{-2} - 2x_{max}$	x_{max}	بوفرة	x_{max}

-إذا كان أيون الاوكسونيوم هو المتفاعل المحد ، فإن: $1,0 \cdot 10^{-2} - 2x_{max1} = 0$ أي: $x_{max1} = 5 \cdot 10^{-3} mol$

-إذا كان أيون كربونات الكالسيوم هو المتفاعل المحد ، فإن: $2,0 \cdot 10^{-2} - x_{max2} = 0$ أي: $x_{max2} = 2,0 \cdot 10^{-2} mol$

بما أن: $x_{max1} < x_{max2}$ المتفاعل المحد هو أيون H_3O^+ والتقدم الاقصى هو $x_{max} = 5 \cdot 10^{-3} mol$

1-4- باستعمال معادلة الغازات الكاملة نكتب :

$$P_{atm} \cdot V_{CO_2} = n(CO_2) \cdot R \cdot T \quad (*)$$

حسب الجدول الوصفي : $n(CO_2) = x$
العلاقة (*) تكتب :

$$x = \frac{P_{atm} \cdot V_{CO_2}}{R \cdot T} \quad (**)$$

-حساب التقدم x عند اللحظة $t = 20s$

حسب جدول القياسات نجد عند هذه اللحظة الحجم : $V_{CO_2} = 29 mL = 29 \cdot 10^{-6} m^3$

العلاقة (***) تكتب :

$$x = \frac{1,02 \cdot 10^5 \times 29 \cdot 10^{-6}}{8,31 \times 298} \approx 1,2 \cdot 10^{-3} mol$$

2-4- الحجم القصوي الممكن الحصول عليه في هذه التجربة :

$$V_{CO_2 max} = \frac{x_{max} \cdot R \cdot T}{P_{atm}} \Rightarrow V_{CO_2 max} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \times 8,31 \times 298}{1,02 \cdot 10^5} = 1,21 \cdot 10^{-4} m^3 = 121 mL$$

من خلال جدول القياسات نلاحظ أن الحجم النهائي لغاز CO_2 يساوي الحجم القصوي وبالتالي التفاعل كلي .

$$V_{CO_2 max} = V_{CO_2 final} = 121 mL$$

1-5- تعبير السرعة الحجمية للتفاعل :

$$v = \frac{1}{V_S} \cdot \frac{dx}{dt}$$

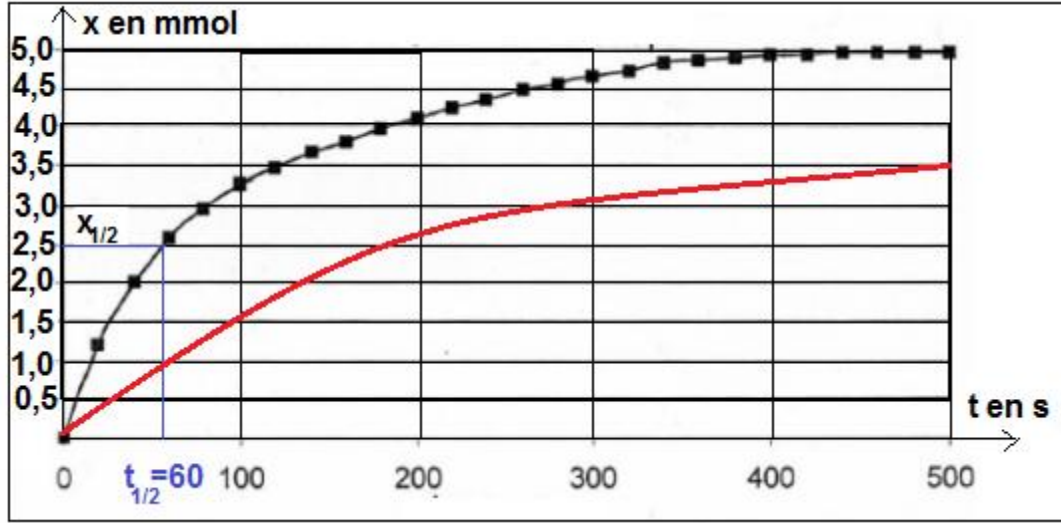
حيث V_S : حجم الخليط التفاعلي و $\frac{dx}{dt}$ مشتقة التقدم بالنسبة للزمن .

بما أن حجم الخليط يبقى ثابتا خلال التفاعل والمعامل الموجه لمماس المنحنى يتناقص مع الزمن t ، فإن السرعة الحجمية للتفاعل تتناقص مع الزمن الى أن تنعدم عند نهاية التفاعل .

2-5- تعريف زمن نصف التفاعل :

هو المدة الزمنية التي عند تمامها يصل التقدم الى نصف قيمته النهائية .
أي: عند $t = t_{1/2}$ لدينا : $x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

مبيانيا نجد : $t_{1/2} \approx 60 \text{ s}$



1-6- بما أن درجة الحرارة عامل حركي فعند انخفاض درجة الحرارة ستتنخفض السرعة الحجمية عند $t = 0$ وقيمتها ستكون أقل من الحالة الأولى .

2-6- أنظر الشكل أعلاه .

1-7- جرد الأيونات المتواجدة في المحلول : أيون الكلورور $Cl^-_{(aq)}$ أيون الاوكسونيوم $H_3O^+_{(aq)}$ و أيون الكالسيوم $Ca^{2+}_{(aq)}$ الأيون الذي لا يتدخل في التفاعل هو أيون الكلورور $Cl^-_{(aq)}$.

2-7- من خلال معادلة التفاعل نلاحظ ان تكون مول واحد من أيون الكالسيوم يؤدي الى اختفاء مولين من أيون الاوكسونيوم وبما أن $\lambda_{H_3O^+} \gg \lambda_{Ca^{2+}}$ وبالتالي موصلية المحلول تتناقص .

3-7- حساب موصلية المحلول عند $t=0$:

عند هذه اللحظة الايونات المتواجدة في المحلول هي : $Cl^-_{(aq)}$ و $H_3O^+_{(aq)}$ و أيونات $Ca^{2+}_{(aq)}$ لم تتكون بعد . موصلية المحلول تكتب :
مع $\sigma_0 = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+]_i + \lambda_{Cl^-}[Cl^-]_i$ نكتب :

$$\sigma_0 = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Ca^{2+}})C = 0,1 \cdot 10^3 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \times (35,0 + 7,5) \cdot 10^{-3} \text{ S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1} = 4,25 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$$

4-7- إثبات العلاقة : $\sigma = 4,25 - 580x$

موصلية المحلول عند اللحظة t تكتب :

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-] + \lambda_{Ca^{2+}}[Ca^{2+}]$$

حسب الجدول الوصفي :

$$[Cl^-] = C \quad \text{و} \quad [Ca^{2+}] = \frac{x}{V_S} \quad \text{و} \quad [H_3O^+] = \frac{C \cdot V_S - 2x}{V_S}$$

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+} \frac{C \cdot V_S - 2x}{V_S} + \lambda_{Cl^-} \cdot C + \lambda_{Ca^{2+}} \frac{x}{V_S} \Rightarrow \sigma = C(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}) + \frac{x}{V_S}(\lambda_{Ca^{2+}} - 2\lambda_{H_3O^+})$$

$$\sigma = \sigma_0 + \frac{x}{V_S}(\lambda_{Ca^{2+}} - 2\lambda_{H_3O^+})$$

ت.ع:

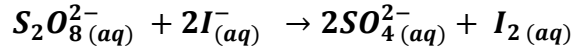
$$\sigma = 4,25 S.m^{-1} + \frac{x \text{ mol}}{0,1.10^{-3} m^{-3}} \times (12,0 - 2 \times 35,0) \times 10^{-3} S.m^2.mol^{-1} = 4,25 - 580x$$

5-7- حساب موصلية المحلول عند x_{max} :

$$\sigma_{max} = 4,25 - 580x_{max} \Rightarrow \sigma_{max} = 4,25 - 580 \times 5.10^{-3} = 1,35 S.m^{-1}$$

تمرين 3 :

1- معادلة تفاعل الأكسدة - اختزال :



2- كمية مادة المتفاعلين والتركيز البدني للمتفاعلين في الخليط :

$$n_o(S_2O_8^{2-}) = c_1.V_1 = 5.10^{-2} \times 0,5 = 2,5.10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_o(I^-) = c_2.V_2 = 4.10^{-2} \times 0,5 = 2,0.10^{-2} \text{ mol}$$

$$[S_2O_8^{2-}]_0 = \frac{n_o(S_2O_8^{2-})}{V_1 + V_2} = \frac{2,5.10^{-2}}{0,5 + 0,5} = 2,5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[I^-]_0 = \frac{n_o(I^-)}{V_1 + V_2} = \frac{2,0.10^{-2}}{0,5 + 0,5} = 2,0.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

3- جدول تقدم التفاعل :

معادلة التفاعل		$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) \rightarrow 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$			
حالة المجموعة	التقدم	كميات المادة ب (mol)			
الحالة البدنية	0	$2,5.10^{-2}$	2.10^{-2}	0	0
الحالة الوسيطة	x	$2,5.10^{-2} - x$	$2.10^{-2} - 2x$	$2x$	x
الحالة النهائية	x_{max}	$2,5.10^{-2} - x_{max}$	$2.10^{-2} - 2x_{max}$	$2x_{max}$	x_{max}

التقدم الأقصى :

$$\frac{n_o(I^-)}{2} = \frac{2,0.10^{-2}}{2} = 1.10^{-2} \text{ mol} \text{ و } \frac{n_o(S_2O_8^{2-})}{1} = 2,5.10^{-2} \text{ mol}$$

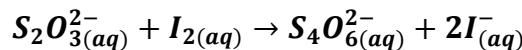
وبالتالي التقدم الأقصى هو : $x_{max} = 1.10^{-2} \text{ mol}$

4- الطرق التي تمكن من تتبع تطور المجموعة الكيميائية المدروسة هي :

-الموصلية
-المعايرة

5-1- نبرد العينة في الماء المثلج لإيقاف تطور التفاعل (تسمى هذه العملية الغطس)

5-2- معادلة تفاعل المعايرة :



6- تعبير التراكيز المولية للمتفاعلات و النواتج بدلالة التقدم x :
بالاستعانة بالجدول الوصفي نكتب :

$$[I_2] = x, [SO_4^{2-}] = \frac{n(SO_4^{2-})}{V_1+V_2} = \frac{2x}{V_1+V_2}, [I^-] = \frac{n(I^-)}{V_1+V_2} = \frac{2.10^{-2}-2x}{V_1+V_2}, [S_2O_8^{2-}] = \frac{n(S_2O_8^{2-})}{V_1+V_2} = \frac{2.5.10^{-2}-x}{V_1+V_2}$$

$$\frac{n(I_2)}{V_1+V_2} = \frac{x}{V_1+V_2}$$

7- تعبير السرعة الحجمية بدلالة تركيز ثنائي اليود :
حسب تعريف السرعة الحجمية :

$$v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$$

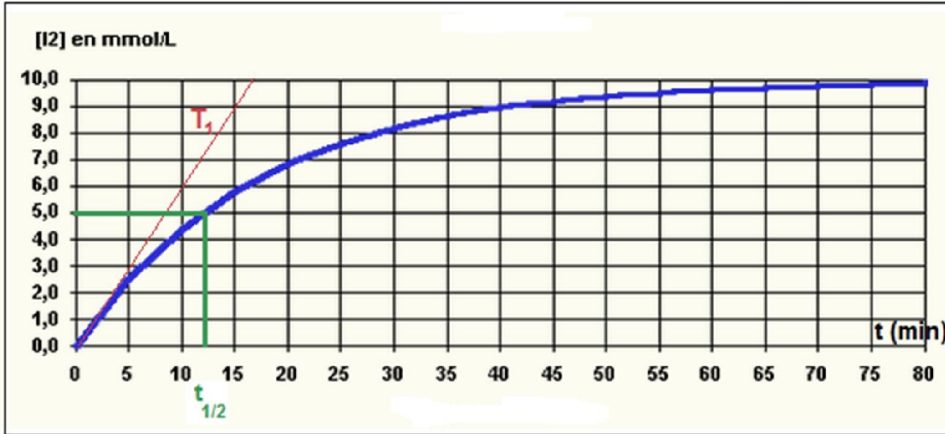
$$x = V \cdot [I_2] \text{ أي } [I_2] = \frac{x}{V_1+V_2} \text{ و } V = V_1 + V_2 \text{ مع}$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{d(V \cdot [I_2])}{dt} = V \cdot \frac{d[I_2]}{dt}$$

$$v = \frac{d[I_2]}{dt} \text{ نعوض في تعبير السرعة نجد :}$$

لحساب السرعة الحجمية عند اللحظة $t=0$ نحدد المعامل الموجه للمماس T_1 للمنحنى عند نفس اللحظة :

$$v_0 = \left. \frac{d[I_2]}{dt} \right|_{t=0} = \frac{\Delta[I_2]}{\Delta t} = \frac{3,0 \text{ mmol} \cdot L^{-1}}{5 \text{ min}} = 0,6 \text{ mmol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 6,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$



8- زمن نصف التفاعل هو المدة اللازمة لكي يصل التقدم x نصف قيمته النهائية x_f .

$$x_{max} = x_f = \text{نعلم أن قيمة التقدم الأقصى وهي توافق : } 1.10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1} = 1.10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2} = 5 \text{ mmol} \cdot L^{-1} \text{ عند التقدم}$$

نجد مبيانيا : $t_{1/2} = 12 \text{ min}$ انظر المبيان .

السرعة الحجمية عند اللحظة $t=80 \text{ min}$ تكون السرعة منعدمة لأن مماس المنحنى يكون أفقيا ومعامله الموجه يكون منعدما .

$$v_{t=80 \text{ min}} = \left. \frac{d[I_2]}{dt} \right|_{t=80 \text{ min}} = 0$$

9- السرعة الحجمية لتكون ثنائي اليود تتناقص خلال الزمن ($v_0 > v_{t=80 \text{ min}}$) لأن تراكيز المتفاعلات التي تتناقص هي عامل حركي للنتفاعل .

10-العوامل الحركية التي تمكن من تغيير سرعة التفاعل هي :
-التركيز البدني للمتفاعلات
ملحوظة :

الحفاز يؤثر على سرعة التفاعل لكنه ليس بعامل حركي .