

تمارين الكيمياء السلسلة 2
التتبع الزمن لتحول - سرعة التفاعل
الثانية بكالوريا علوم فيزيائية
2008 - 2007

تمرين 1 تتبع تحول كيميائي بالمعايرة

يباع محلول الماء الأوكسيجيني في الصيدليات ويستعمل كمطهر . إن الماء الأوكسيجيني يتحلل ببطء ، ليعطي ثنائي الأوكسيجين حسب التفاعل ذي المعادلة $2H_2O_2(aq) \rightarrow O_2(g) + 2H_2O(l)$.
لدراسة حركية تحلل الماء الأوكسيجيني نحضر في كأس حجما $V=100,0ml$ من محلول الماء الأوكسيجيني ، تركيزه $C=6,0 \cdot 10^{-2} mol/l$ عند $t=0$.
يعطي الجدول أسفله مجموعة نتائج محصلة خلال التجربة :

t(min)	0	5	10	15	20	25	30	40	60
$[H_2O_2]$ ($10^{-2}mol/l$)	6,0	4,7	3,8	3,0	2,3	1,8	1,5	0,90	0,28

- 1 - أنشئ جدول تطور تقدم التفاعل ، واستنتج علاقة بين كمية مادة الماء الأوكسيجيني عند $t=0$ و $n(H_2O_2)$ كمية مادة الماء الأوكسيجيني عند اللحظة t والتقدم x .
- 2 - أحسب x بالنسبة لمختلف اللحظات المسجلة في جدول القياسات .
- 3 - خط المبيان الممثل للدالة $x=f(t)$ باستعمال السلم :
 $5 \text{ min} \leftrightarrow 1 \text{ cm}$
 $0,5 \text{ mol} \leftrightarrow 1 \text{ cm}$
- 4 - حدد مبيانيا السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين $t=5 \text{ min}$ و $t=30 \text{ min}$. ماذا تستنتج ؟
- 5 - عين زمن نصف التفاعل ، علما أن هذا التفاعل كلي .

تمرين 2

يتفاعل كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ مع محلول حمض الكلوريدريك حسب المعادلة :



لدراسة حركية هذا التفاعل ، نصب في حوجلة ، تحتوي على كمية وافرة من كربونات الكالسيوم ، حجما $V_A=100ml$ من محلول حمض الكلوريدريك ذي التركيز $C=0,10 mol/l$.
نقيس ضغط ثنائي أوكسيد الكربون الناتج بواسطة لاقط فرقي للضغط ، مرتبط بحوجلة بواسطة أنبوب مطاطي يشغل الغاز حجما ثابتا $V=1l$ عند درجة الحرارة $\theta = 25^\circ C$ أي $298K$.
يعطي الجدول أسفله النتائج المحصلة .

t(s)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$P(CO_2)(hPa)$	12,5	22,8	33,2	41,2	48,8	55,6	60,9	65,4	69,4	714,7

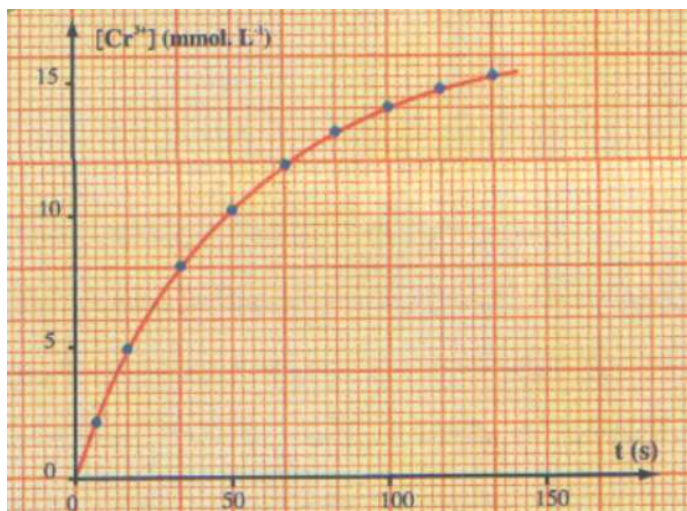
- 1 - بتطبيق علاقة الغازات الكاملة ، أحسب كمية مادة ثنائي أوكسيد الكربون n_2 عند كل لحظة .
- 2 - أنشئ جدول تطور التحول ، واستنتج العلاقة بين التقدم x و $n(CO_2)$.
- 3 - خط المبيان الممثل لتغيرات التقدم x بدلالة الزمن .
- 4 - عين السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين $t=0$ و $t=50s$. ماذا تستنتج ؟
- 5 - علما أن التفاعل كلي وأن الأيونات $H_3O^+(aq)$ تكون المتفاعل المحد ، عين :
أ - التقدم الأقصى x_{max}
ب - زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.
- 6 - اقترح طريقة أخرى تمكن من تتبع تطور هذا التفاعل . علل الجواب

تمرين 3

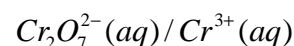
- نريد إنجاز مناولة تتطلب محلولاً S_1 لحمض الأوكساليك تركيزه $60mmol/l$. تتوفر في المختبر على ميزان ذي دقة عالية والأواني الزجاجية اللازمة . المواد الكيميائية التالية : حمض الأوكساليك على شكل بلورات صيغته $(H_2C_2O_4, 2H_2O)$ وحمض الكبريتيك المركز والماء المقطر ومحلول محمض لثنائي كرومات البوتاسيوم تركيزه $16,7mmol/l$.

- 1 - ما هي كتلة بلورات حمض الأوكساليك اللازمة لتحضير $100ml$ من المحلول S_1 ؟
صف طريقة العمل لتحضير المحلول S_1 .

2 - ندرس التطور ، بدلالة الزمن ، لخليط مكون بدئيا من 50ml من المحلول S₁ و 50ml من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم .



2 - 1 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 V لهذا التفاعل .

ما هي العلاقة التي تربط V ب $\frac{d[Cr^{3+}]}{dt}$ ؟

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

2 - 4 ما هو الحد الذي يؤول إليه تركيز الأيونات Cr^{3+} ؟

استنتج زمن نصف التفاعل .

2 - 5 فسر كيفيا ، تغيرات السرعة الحجمية لهذا

التفاعل خلال الزمن .

تمرين 4 (بكالوريا فرنسية)

في إطار مشروع متعدد الاختصاص حول موضوع يتعلق بعلم استكشاف المغارات . قرر تلاميذ السنة الثانية من سلك بكالوريا القيام برحلة علمية لاستكشاف مغارة والتي من الممكن أن يصادفوا سحابة غاز ثنائي أوكسيد الكربون

عندما تكون نسبته جد مرتفعة يؤدي ، داخل المغارة إلى للإ

الكربون عن تأثير المياه الجارية الحمضية على كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ الموجود في الصخور الكيلسية . من أجل

التعرف أكثر على هذا التفاعل اقترح أستاذ الكيمياء على تلاميذته دراسة هذا التفاعل

معطيات :

- درجة حرارة المختبر خلال التجربة $25^\circ C$

- الضغط الجوي : $P_{atm} = 1,020.10^5 Pa$

- علاقة الغاز الكامل : $PV=nRT$

- ثابتة الغازات الكاملة $R=8,31SI$

- الكتل المولية الذرية : $M(C)=12g/mol, M(H)1g/mol, M(O)=16g/mol, M(Ca)=40g/mol$

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

بداخل حوجلة ، ننجز التفاعل بين كربونات الكالسيوم وحمض الكلوريدريك . نتبع تكون ثنائي أوكسيد الكربون

بواسطة انتقال الماء داخل مخبر مدرج .

نصب في حوجلة حجما $V_S=100ml$ من حمض الكلوريدريك تركيزه $0,1mol/l$. عند اللحظة $t=0$ ندخل بسرعة في

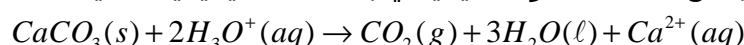
الحوجلة $2,0g$ من كربونات الكالسيوم $CaCO_3(s)$ ونشغل في نفس الوقت الميقت . نسجل بجدول القياسات قيم

حجم ثنائي أوكسيد 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 بالمعدلة الكيميائية التالية :



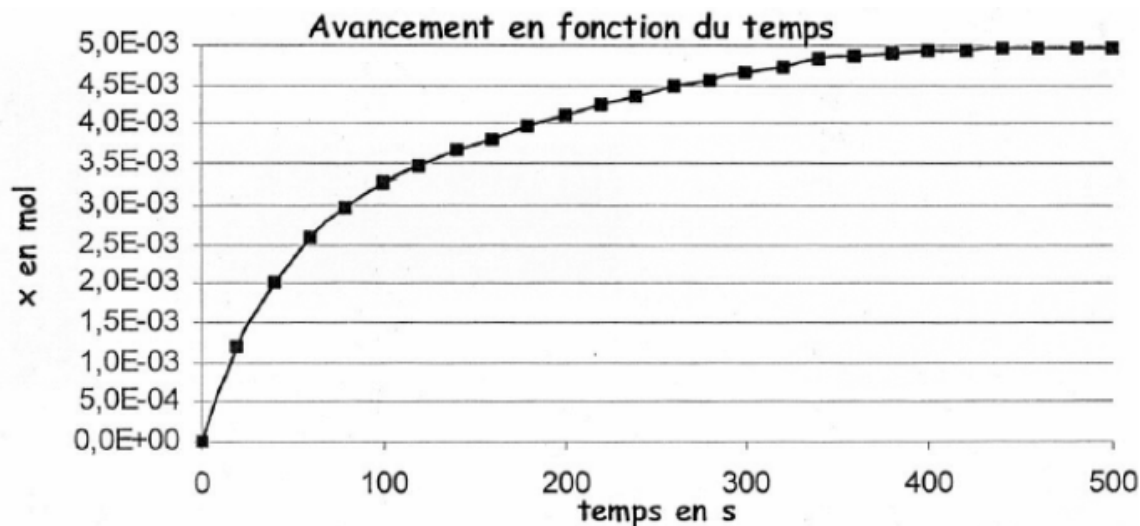
1 - أحسب كثافة غاز ثنائي أوكسيد الكربون بالنسبة للهواء . في أي جزء من المغارة يمكن لهذا الغاز أن يتجمع ؟

2 - أحسب كمية المادة البدئية لكل المتفاعلات .

3 - أنشئ جدول التقدم التفاعل . واستنتج 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 $t=20s$

- 4 _ 2 أحسب الحجم القسوي 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 1



- 5 _ 1 أعط تعبير السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة التقدم x والحجم V_S للمحلول . كيف تتغير السرعة الحجمية خلال الزمن ؟ علل الجواب من خلال المبيان .
- 5 _ 2 عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$. حدد مبيانيا قيمته .
- 6 _ درجة حرارة المغارة المراد استكشافها أصغر من 25°C
- 6 _ 1 ما هو تأثير انخفاض درجة الحرارة على السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t=0$.
- 6 _ 2 مثل شكل المنحنى تطور التقدم x في هذه الحالة .
- 7 _ يمكن تتبع هذا التطور بقياس الموصلية σ للمحلول بدلالة الزمن .
- 7 _ 1 أجرد الأيونات المتواجدة في المحلول . حدد الأيون الذي لا يتدخل في التفاعل وتركيزه يبقى ثابت
- 7 _ 2 نلاحظ من خلال التجربة تناقص الموصلية . فشر بدون حساب هذه الملاحظة علما أن الموصلية الأيونية الحجمية للأيونات عند 25°C :
- $$\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 35,0 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$$
- $$\lambda_{\text{Ca}^{2+}} = 12,0 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$$
- $$\lambda_{\text{Cl}^-} = 7,5 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$$
- 7 _ 3 أحسب الموصلية σ للمحلول عند $t=0$.
- 7 _ 4 بين أن الموصلية مرتبطة بالتقدم x بالعلاقة التالية : $\sigma = 4,25 - 580x$
- 7 _ 5 أحسب موصلية المحلول بالنسبة للتقدم الأقصى .

تصحيح تمارين الكيمياء السلسلة 2 التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التفاعل

تمرين 1

1 - جدول تطور تقدم التفاعل :

معادلة التفاعل		$2H_2O_2(aq) \rightarrow O_2(g) + 2H_2O(l)$		
الحالة الزمنية	التقدم	كميات المادة		
بداية التفاعل	0	CV	0	0
خلال التفاعل	x	CV-2x	x	2x

نستنتج العلاقة بين كمية الماء الأوكسيجيني البدئية وكمية مادة الماء الأوكسيجيني عند اللحظة حسب جدول التطور التقدم لدينا خلال اللحظة t :

$$n(H_2O_2) = CV - 2x \Rightarrow x = \frac{1}{2}(CV - n(H_2O_2))$$

$$n(H_2O_2) = [H_2O_2] \cdot V$$

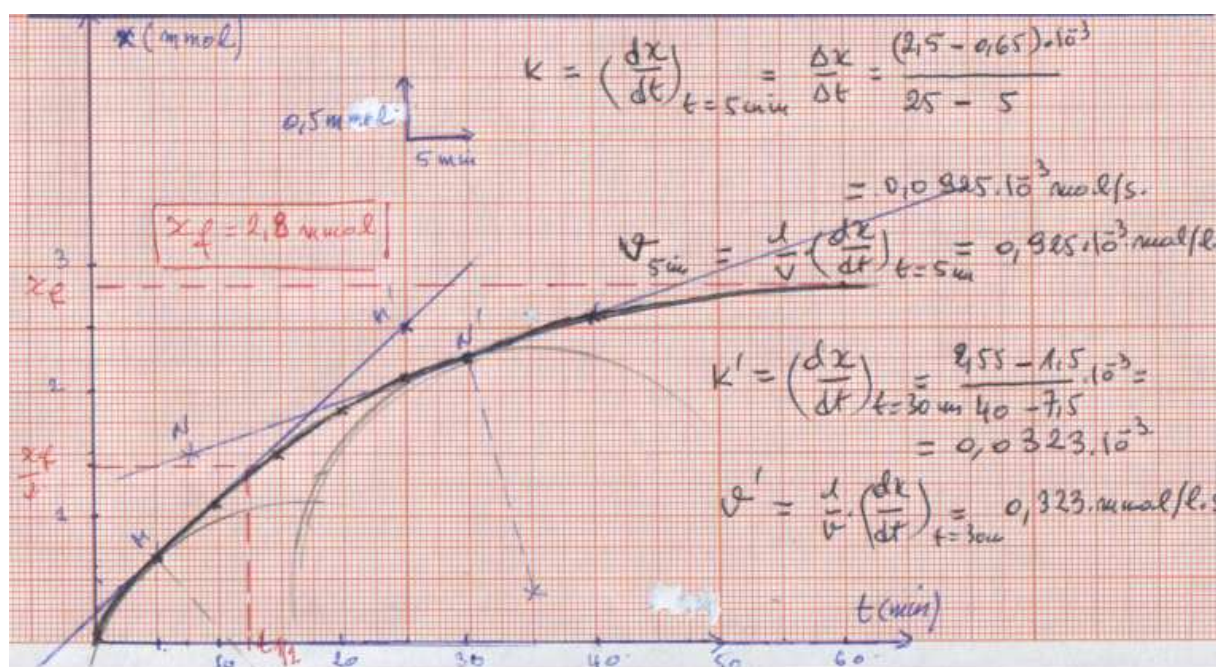
$$x = \frac{1}{2}(CV - [H_2O_2] \cdot V)$$

2 - حساب x بالنسبة لمختلف اللحظات المسجلة في جدول القياسات :

t(min)	0	5	10	15	20	25	30	40	60
X(mol).10 ⁻³	0	0,65	1,1	1,5	1,85	2,1	2,25	2,55	2,86

3_ المبيان :

أنظر الشكل (1)



4 - حدد مبياناً السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين t=30min و t=5min
نمثل المماس للمنحنى x=f(t) عند اللحظة t=5min ونحسب المعامل الموجه لهذا المماس فنحصل على :

عند اللحظة $t=5\text{min}$ تكون السرعة الحجمية للتفاعل هي : $v(t = 5\text{min}) = 0,925\text{mmol} / \text{l.s}$
 عند اللحظة $t=30\text{min}$ تكون السرعة الحجمية للتفاعل هي : $v(t = 30\text{min}) = 0,323\text{mmol} / \text{l.s}$
 نستنتج أن السرعة الحجمية للتفاعل تتناقص خلال تطور المجموعة المتفاعلة .

5 - زمن نصف التفاعل :
 حسب التعريف أن زمن نصف التفاعل هو $t_{1/2}$ المدة الضرورية لكي يصبح التقدم x مساويا لنصف قيمته النهائية :

$$\frac{x_f}{2} = 1,45\text{mmol} \Rightarrow t_{1/2} = 12,5\text{min} \text{ أن } x_f=2,9\text{mmol} \text{ لدينا}$$

تمرين 2

1 - نطبق علاقة الغازات الكاملة لحساب كمية مادة ثنائي أوكسيد الكربون $n(\text{CO}_2)$ عند كل لحظة :

$$P.V = n(\text{CO}_2).R.T \Rightarrow n(\text{CO}_2) = \frac{P.V}{R.T}$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{10^{-3}.P}{2476,38}$$

t(s)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$n(\text{CO}_2)\text{mmol}$	0,50	0,92	1,34	1,66	1,97	2,25	2,46	2,64	2,80	2,89

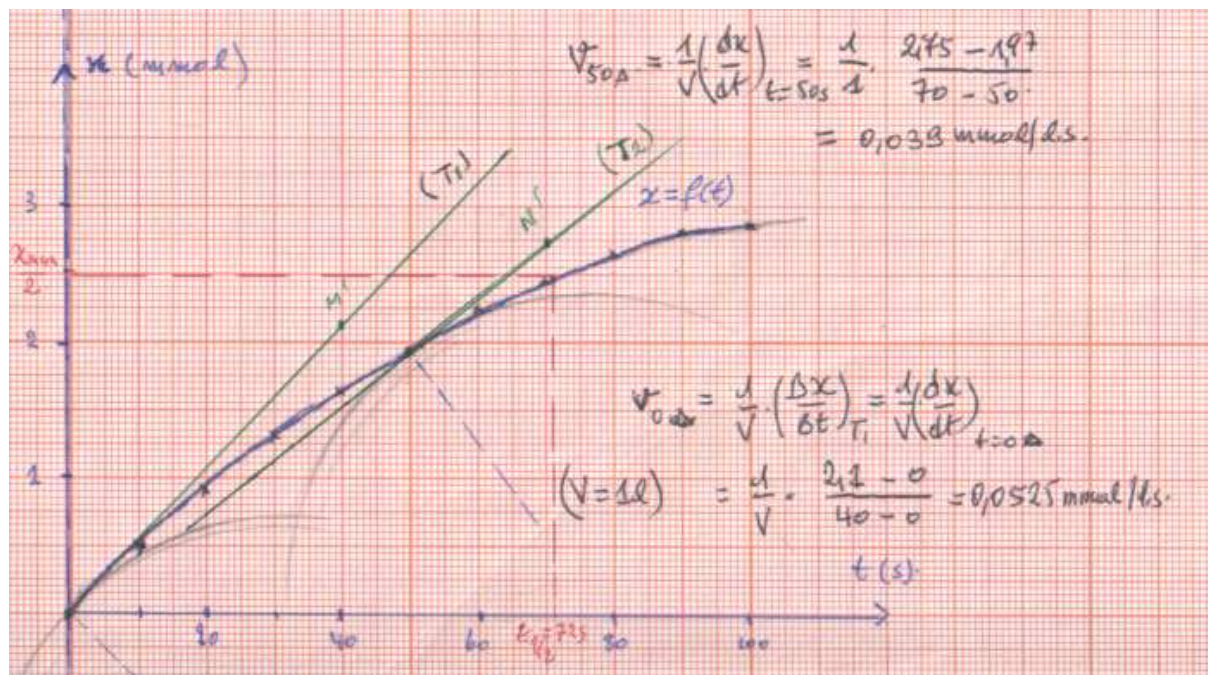
2 - جدول تطور التحول :

معادلة التفاعل		$\text{CaCO}_3(s) + 2\text{H}_3\text{O}^+(aq) \rightarrow \text{CO}_2(g) + \text{Ca}^{2+}(aq) + 3\text{H}_2\text{O}$					
الحالة	التقدم	كميات المادة					
الحالة البدئية	0	n_0	$C_A V_A$		0	0	
خلال التفاعل	x	n_0-x	$C_A V_A - 2x$		x	x	
الحالة النهائية	x_{max}	n_0-x_{max}	$C_A V_A - 2x_{\text{max}}$		x_{max}	x_{max}	

من خلال الجدول يتبين أن $n(\text{CO}_2)=x$ وبالتالي سيكون الجدول كالتالي :

t(s)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$n(\text{CO}_2)\text{mmol}$	0,50	0,92	1,34	1,66	1,97	2,25	2,46	2,64	2,80	2,89
x(mmol)	0,50	0,92	1,34	1,66	1,97	2,25	2,46	2,64	2,80	2,89

3 - خط المبيان $x=f(t)$



4 - تعيين السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين $t=50s$ و $t=0s$
 تمثل المماس للمنحنى $x=f(t)$ عند اللحظة $t=50s$ و $t=0s$ ونحسب المعامل الموجه لهذا المماس
 فنحصل على :

عند اللحظة $t=0s$ تكون السرعة الحجمية للتفاعل هي : $v(t=0s) = 0,0525 \text{ mmol/l.s}$

عند اللحظة $t=50s$ تكون السرعة الحجمية للتفاعل هي : $v(t=50s) = 0,039 \text{ mmol/l.s}$
 نستنتج أن السرعة الحجمية للتفاعل تتناقص خلال تطور المجموعة المتفاعلة .

5 - في حالة أن التفاعل كلي وأن المتفاعل المحد هو H_3O^+ فإنه حسب جدول الوصفي للتقدم :

$$C_A V_A - 2x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = \frac{C_A V_A}{2} = 5.10^{-3} \text{ mol}$$

زمن نصف التفاعل نحصل عليه عندما يصبح التقدم مساويا لنصف التقدم النهائي وبما أن التفاعل تام

فهو يساوي نصف التقدم الأقصى : $\frac{x_{\max}}{2} = 2.5 \text{ mmol}$ وفي التمثيل المبياني نحصل على

$$t_{1/2} = 72s$$

6

التقدم لأيون الكالسيوم يتغير مع الزمن .

تمرين 3

1 - كتلة بلورات حمض الأوكساليك اللازمة لتحضير 100mL من المحلول S_1 :
 نعلم أن علاقة التي تربط بين التركيز وكمية المادة هي :

أي أن الكتلة اللازمة لبلورات حمض الأوكساليك من أجل تحضير $V=100\text{mL}$ من المحلول S_1

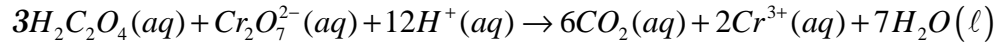
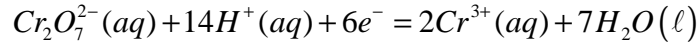
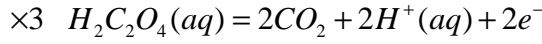
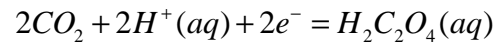
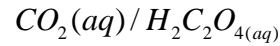
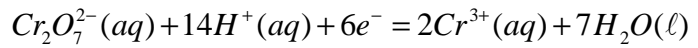
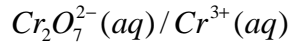
هي:

$$n = C_1 \cdot V \Rightarrow \frac{m}{M(H_2C_2O_4, 2H_2O)} = C_1 V$$

$$m = C_1 \cdot V \cdot M(H_2C_2O_4, 2H_2O)$$

تطبيق عددي : $m=0,756g$.

2 - 1 معادلة التفاعل بين المزدوجتين :



2 - 2 تعريف السرعة الحجمية للتفاعل :

$$v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} \quad \text{نعرف السرعة الحجمية لهذا التفاعل بالعلاقة التالية :}$$

بحيث أن تقدم التفاعل .

$$: \frac{d[Cr^{3+}]}{dt} \quad \text{العلاقة التي تربط بين } v \text{ السرعة الحجمية للتفاعل و}$$

حسب المعادلة التفاعل وجدول التطور لهذا التفاعل لدينا :

$$n(Cr^{3+}) = 2x \Rightarrow x = \frac{n(Cr^{3+})}{2}$$

$$v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} \Rightarrow v = \frac{d}{dt} \left(\frac{n(Cr^{3+})}{2V} \right) \Rightarrow v = \frac{1}{2} \frac{d[Cr^{3+}]}{dt}$$

2 - 3 بواسطة طريقة المماسات للمنحنى وبحساب المعامل الموجه وهو يساوي :

بالنسبة ل $t=0s$:

$$K = \frac{\Delta[Cr^{3+}]}{\Delta t} = \left(\frac{d[Cr^{3+}]}{dt} \right)_{t=0s} = 0,75 \text{ mmol} / \ell.s$$

$$v = \frac{K}{2} = 0,375 \text{ mmol} / \ell.s$$

بالنسبة ل $t=50s$:

$$K' = \frac{\Delta[Cr^{3+}]}{\Delta t} = \left(\frac{d[Cr^{3+}]}{dt} \right)_{t=50s} = 0,126 \text{ mmol} / \ell.s$$

$$v = \frac{K'}{2} = 0,063 \text{ mmol} / \ell.s$$

2 - 4 من خلال الجدول الوصفي لتقدم التفاعل :

معادلة التفاعل		$3H_2C_2O_4(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 12H^+(aq) \rightarrow 6CO_2(aq) + 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$						
الحالة	التقدم	كميات المادة ب mmol						
البديية	0	3	0,835			0	0	
خلال التفاعل	x	3-3x	0,835-x			6x	2x	
النهائية	x_{max}	3-3 x_{max}	0,835- x_{max}			6 x_{max}	2 x_{max}	

يلاحظ أن المتفاعل المحد في هذا التفاعل هو أيونات ثنائي كرومات . التعليل :
 $0,825mmol < 1mmol$

$$0,835 \cdot 10^{-3} - x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = 0,835 \cdot 10^{-3} mol$$

وبالتالي فإن التقدم الأقصى هو :
 أي أن

$$n(Cr^{3+}) = 2x_{\max} = 1,67 \cdot 10^{-3} mol$$

$$[Cr^{3+}] = \frac{n(Cr^{3+})}{V} \Rightarrow [Cr^{3+}] = 16,7 mmol / \ell$$

وهذا التركيز هو الحد الذي تؤول إليه أيونات ثنائي الكرومات .

نستنتج زمن نصف التفاعل :

زمن نصف التفاعل هو عندما يصعب التقدم x يساوي نصف التقدم النهائي وهو يساوي في هذه الحالة التقدم الأقصى أي :

$$\frac{x_{\max}}{2} = \frac{[Cr^{3+}]_{\max}}{2} = 8,35 mmol / \ell.s$$

من خلال المبيان نحصل على $t_{1/2} = 35s$

تمرين 4

1 - حساب كثافة غاز ثنائي أكسيد الكربون :

$$d = \frac{M(CO_2)}{29} \Rightarrow d = 1,52$$

من خلال هذه النتيجة يتبين أن غاز ثنائي أكسيد الكربون أكثر كثافة من الهواء أي أنه سيتجمع الأماكن السفلى للمغارة .

2 - حساب كمية مادة المتفاعلات :

كمية مادة أيونات الأوكسونيوم :

$$n_0(H_3O^+) = CV_s = 10^{-2} mol$$

كمية مادة كربونات الكالسيوم :

$$n_0(CaCO_3) = \frac{m}{M(CaCO_3)} = 2,0 \cdot 10^{-2} mol$$

3 - جدول التقدم للتفاعل :

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

المتفاعل المحد : نقارن $\frac{n_0(H_3O^+)}{2}$ و $\frac{n_0(CaCO_3)}{1}$ فنستنتج أن أيونات الأيونيوم هي المتفاعل

المحد . ومنه نستنتج التقدم الأقصى :

$$1 \cdot 10^{-2} - 2x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = 5 \cdot 10^{-3} mol$$

1 - 4

المتكون خلال هذا التفاعل وضغطه يساوي الضغط الجوي يمكن أن نكتب :

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

وحسب جدول تقدم التفاعل فإن كمية مادة غاز ثنائي أوكسيد الكربون المتكون عند اللحظة $n(CO_2) = x$

$$P_{atm} \cdot V_{CO_2} = x \cdot R \cdot T \Rightarrow x = \frac{P_{atm} \cdot V_{CO_2}}{R \cdot T}$$

نعوض في علاقة الغازات الكاملة :

$$V_{CO_2} = 29 \text{ ml} = 29 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

عند اللحظة $t=20\text{s}$ لدينا حسب جدول القياسات

$$x = \frac{1,020 \cdot 10^5 \times 29 \cdot 10^{-6}}{8,31 \times 298} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

في العلاقة السابقة :

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

$$V_{CO_2 \text{ max}} = \frac{x_{\text{max}} \cdot R \cdot T}{P_{atm}} \Rightarrow V_{CO_2 \text{ max}} = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 121 \text{ ml}$$

يلاحظ من خلال جدول القياسات أن $V_{CO_2 \text{ max}} = V_{CO_2 \text{ final}} = 121 \text{ ml}$ وبالتالي فالتفاعل تام .

$$5 - 1 \text{ تعبير السرعة الحجمية للتفاعل : } v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$$

$\frac{dx}{dt}$ تمثل المعامل الموجه للمماس المنحني $x=f(t)$.

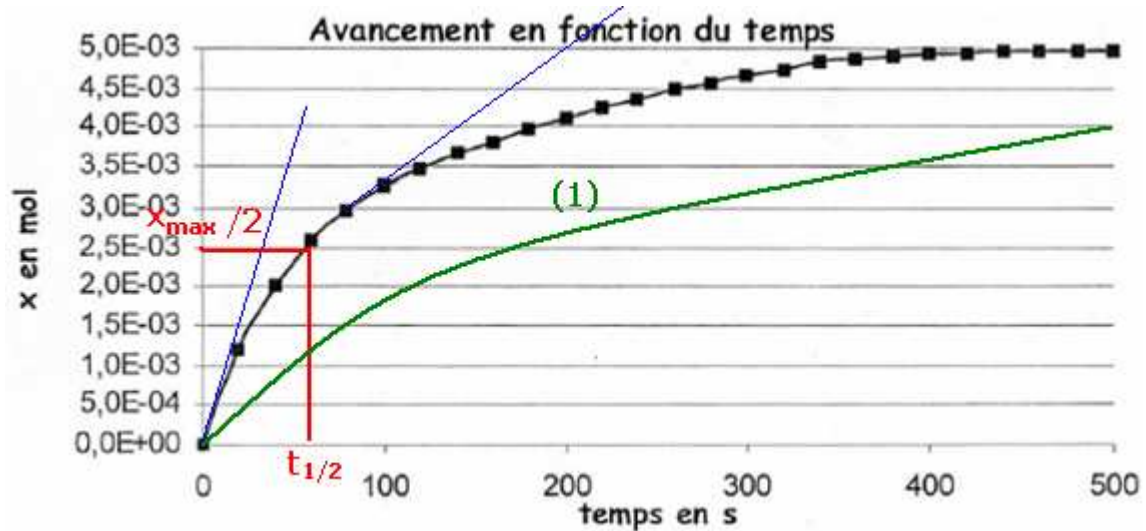
من خلال تمثيل المماس في لحظات مختلفة يتبين أن معامل الموجه يتناقص مع الزمن .
السرعة الحجمية للتفاعل تتناقص مع الزمن t .

5 - 2 تعريف زمن نصف التفاعل : هو المدة الزمنية التي يصل فيها التقدم إلى نصف قيمته النهائية .

$$\text{من خلال المنحني يتبين أن : } x(t_{1/2}) = \frac{x_{\text{max}}}{2} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \Rightarrow t_{1/2} = 57 \text{ s}$$

6 - 1 عند انخفاض درجة الحرارة ستتناقص السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t=0$ ستكون أقل من الحالة الأولى (25°C) .

6 - 2 أنظر الشكل : المنحني (1)



7 - 1 جرد الأيونات المتواجدة في المحلول : $H_3O^+(aq), Ca^{2+}(aq), Cl^-(aq)$

الأيون الذي لا يتدخل في التفاعل هو أيون الكلورور .

7 - 2 تفسير تناقص الموصلية للمحلول :

من خلال معادلة التفاعل نلاحظ أنه لتكوين أيون كالسيوم يجب أن تختفي أيونين من أيونات الأكسونيوم وحسب المعطيات أن الموصلية المولية لأيونات الأوكسيونيوم مهمة جدا بالنسبة لأيونات الكالسيوم وبالتالي فموصلية المحلول ستتناقص .

7 - 3 حساب موصلية المحلول عند $t=0$

ملاحظة : عند اللحظة $t=0$ لا توجد أيونات الكالسيوم في الخليط التفاعلي .

$$\sigma_0 = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+] + \lambda_{Cl^-} [Cl^-]$$

$$[H_3O^+]_0 = [Cl^-] = C$$

$$\sigma_0 = C(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$$

$$\sigma_0 = 4,25S.m^{-1}$$

7 - 4

لنبين العلاقة التالية : $\sigma = 4,25 - 580x$

موصلية المحلول في اللحظة t هي :

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

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+} \frac{CV_s - 2x}{V_s} + \lambda_{Cl^-} C + \lambda_{Ca^{2+}} \frac{x}{V_s}$$

$$\sigma = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}) \times C + \frac{x}{V_s} (\lambda_{Ca^{2+}} - 2\lambda_{H_3O^+})$$

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

$$\sigma = 4,25 - 580x$$

ملاحظة : أن الحجم بالوحدة m^3

7 - 5 حساب موصلية المحلول بالنسبة للتقدم الأقصى : $\sigma_{max} = 4,25 - 580x_{max} = 1,35S.m^{-1}$