

مدرسة التربية
ثانوية محمد بلعباس الحامة
سطفى

بكالوريا
2021

سلاح الطالب

في العلوم الفيزيائية

الوحدة الأولى: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي

3As

موجهة لتلاميذ أقسام:

العلوم التجريبية

رياضي و تقني رياضي

ملخصات

تمارين تدريبية

تمارين نموذجية

الوحدة

الأولى



من إعداد :

الأستاذ: جوادة أحمد لخضر

إلى جميع التلاميذ المقبلون على شهادة البكالوريا ؛ أهدي إليكم هذا العمل

المتواضع في مادة العلوم الفيزيائية.....

الأستاذ: جوادة أحمد لخضر



التمرين المقترح رقم 01 :

المتابعة الزمنية لتحول كيميائي بواسطة المعايرة اللونية:

الهدف من التمرين: الكشف عن كمية مادة فرد كيميائي متفاعل أو ناتج خلال فترات زمنية بطريقة المعايرة اللونية.

لمتابعة تطور التحول الكيميائي بين شوارد اليود $I^-(aq)$ و شوارد بيروكسو ثنائي الكبريتات

$S_2O_8^{2-}(aq)$ ، نمزج في كأس بيشر حجماً $V_1 = 50 mL$ من محلول يود البوتاسيوم

$(K^+ + I^-)(aq)$ تركيزه المولي $c_1 = 0,32 mol \cdot L^{-1}$ مع حجماً $V_2 = 50 mL$ من

بيروكسو ثنائي كبريتات الصوديوم $(2Na^+ + S_2O_8^{2-})(aq)$ تركيزه المولي $c_2 = 0,20 mol \cdot L^{-1}$

نلاحظ مع مرور الزمن أن المزيج يصفر ثم يأخذ لونا

أسمرانياً دلالة على تشكل ثنائي اليود.

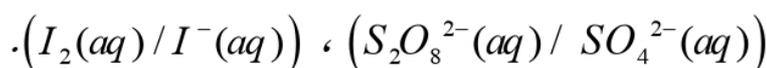


تحول لون المزيج تدريجياً

1. صنف هذا التحول من حيث المدة الزمنية.

2. عرف كل من : المؤكسد والمرجع

3. أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الحادث إذا علمت أن الثنائيتين الداخلتين في التفاعل هما:



4. قدم جدولاً لتقدم التفاعل، عيّن المتفاعل المحد.

5. بيّن أنه في كل لحظة t يكون لدينا: $[I_2](t) = \frac{C_1 \cdot V_1}{2V} - \frac{[I^-](t)}{2}$ حيث V حجم الوسط

التفاعلي.

6. سمحت المتابعة الزمنية لتطور تركيز $I^-(aq)$ في الوسط التفاعلي من الحصول على النتائج

المدونة في الجدول التالي:

t (min)	0	5	10	15	20	25
$[I_{(aq)}^-](10^{-2} mol \times L^{-1})$	16,0	12,0	9,6	7,7	6,1	5,1
$[I_{2(aq)}](10^{-2} mol \times L^{-1})$						

أ. أكمل الجدول وارسم البيان $[I_2(aq)] = f(t)$ باختيار سلم رسم مناسب.

ب. عرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، عيّن قيمته.

ج. بالاعتماد على البيان عيّن عند اللحظة $t = 20 \text{ min}$ قيمتي كل من:

- سرعة التفاعل و سرعة اختفاء $I^- (aq)$.

بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا

العلامة		عناصر الإجابة																								
مجموع	مجزأة																									
		<p align="center"><u>الإجابة المقترحة للتمرين المنشور</u></p> <p>1. تصنيف هذا التحول: هذا التحول بطيء لأنه يدوم عدة دقائق.</p> <p>2. المؤكسد: هو كل فرد كيميائي (ذرة، شاردة، أو جزيء) قادر على اكتساب إلكترون أو أكثر خلال تحول كيميائي.</p> <p>المرجع: هو كل فرد كيميائي (ذرة، شاردة، أو جزيء) قادر على فقدان إلكترون أو أكثر خلال تحول كيميائي.</p> <p>3. معادلة التفاعل الحادث بين الثنائيتين: $(S_2O_8^{2-} / SO_4^{2-})$ ، (I_2 / I^-) :</p> <p>م ن أ : $2I^-(aq) = I_2(aq) + 2e^-$ (I_2 / I^-)</p> <p>م ن إ : $S_2O_8^{2-}(aq) + 2e^- = 2SO_4^{2-}(aq)$ $(S_2O_8^{2-} / SO_4^{2-})$</p> <p>م أ إ : $S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$</p> <p>4. جدول تقدم التفاعل:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>الحالة</th> <th>التقدم $x(10^{-3}mol)$</th> <th colspan="4">$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>الابتدائية</td> <td>0</td> <td>$n_0(S_2O_8^{2-})$</td> <td>$n_0(I^-)$</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>الانتقالية</td> <td>$x(t)$</td> <td>$n_0(S_2O_8^{2-}) - x(t)$</td> <td>$n_0(I^-) - 2x(t)$</td> <td>$2x(t)$</td> <td>$x(t)$</td> </tr> <tr> <td>النهائية</td> <td>x_f</td> <td>$10 - x_f$</td> <td>$16 - 2x_f$</td> <td>$2x_f$</td> <td>x_f</td> </tr> </tbody> </table> <p align="right">المتفاعل المحد:</p> <p>- إذا كان (I^-) هو المتفاعل المحد فإن: $c_1 \cdot V_1 - 2x_{1max} = 0$</p> <p>ومنه: $x_{1max} = \frac{c_1 \cdot V_1}{2} = \frac{0,32 \times 50 \times 10^{-3}}{2} = 8mmol$</p> <p>- إذا كان $(S_2O_8^{2-})$ هو المتفاعل المحد فإن: $c_2 \cdot V_2 - x_{2max} = 0$</p> <p>ومنه: $x_{2max} = c_2 \cdot V_2 = 0,20 \times 50 \times 10^{-3} = 10mmol$</p> <p>نلاحظ أن: $x_{1max} < x_{2max}$ وبالتالي فإن (I^-) هو المتفاعل المحد.</p> <p>وعليه التقدم الأعظمي: $x_{max} = 8mmol$</p>	الحالة	التقدم $x(10^{-3}mol)$	$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$				الابتدائية	0	$n_0(S_2O_8^{2-})$	$n_0(I^-)$	0	0	الانتقالية	$x(t)$	$n_0(S_2O_8^{2-}) - x(t)$	$n_0(I^-) - 2x(t)$	$2x(t)$	$x(t)$	النهائية	x_f	$10 - x_f$	$16 - 2x_f$	$2x_f$	x_f
الحالة	التقدم $x(10^{-3}mol)$	$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$																								
الابتدائية	0	$n_0(S_2O_8^{2-})$	$n_0(I^-)$	0	0																					
الانتقالية	$x(t)$	$n_0(S_2O_8^{2-}) - x(t)$	$n_0(I^-) - 2x(t)$	$2x(t)$	$x(t)$																					
النهائية	x_f	$10 - x_f$	$16 - 2x_f$	$2x_f$	x_f																					

$$5. \text{التحقق من أنه في كل لحظة } t: [I_2](t) = \frac{C_1 \cdot V_1}{2V} - \frac{[I^-](t)}{2}$$

بالتعريف وحسب جدول التقدم في لحظة زمنية t في الحالة الانتقالية:

$$[I_2](t) = \frac{n_{I_2}(t)}{V} = \frac{x(t)}{V} \dots (1)$$

$$\text{كذلك: } [I^-](t) = \frac{n_{I^-}(t)}{V} = \frac{C_1 \cdot V_1 - 2x(t)}{V} \dots (2)$$

$$\text{من (1) و (2) نجد: } \frac{x(t)}{V} = \frac{C_1 \cdot V_1}{2V} - \frac{[I^-](t)}{2} \text{ إذا: } [I_2](t) = \frac{C_1 \cdot V_1}{2V} - \frac{[I^-](t)}{2}$$

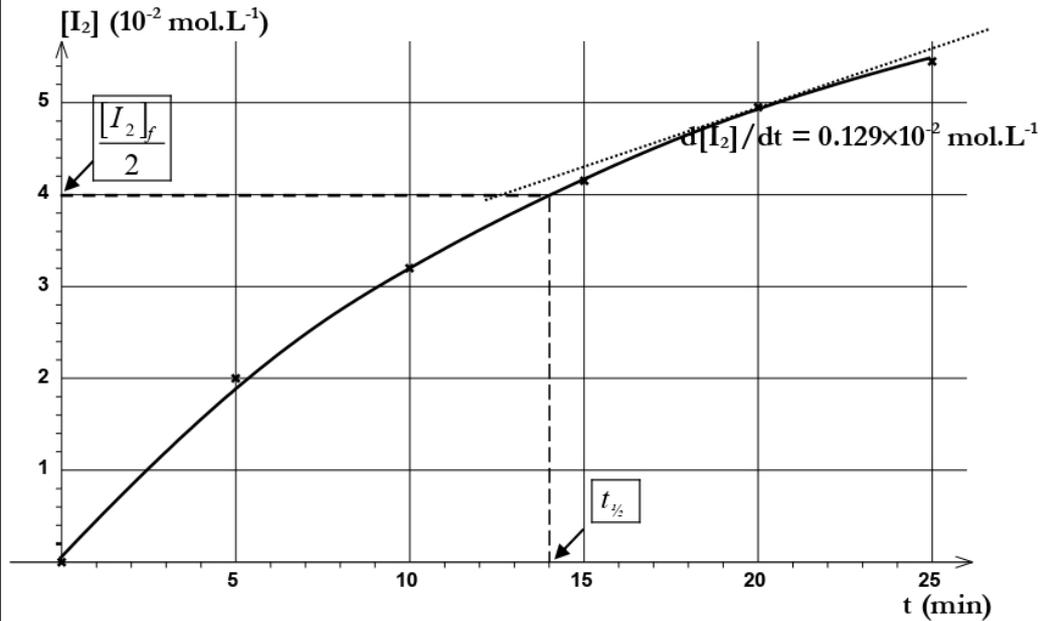
6. أ. تكملة الجدول: مما سبق لدينا:

$$[I_{2(aq)}] (\times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}) = \frac{C_1 \cdot V_1}{2V} - \frac{[I^-](t)}{2} = 8 - 0,5[I^-](t)$$

و منه الجدول:

t (min)	0	5	10	15	20	25
$[I^-]_{(aq)} (10^{-2} \text{ mol} \times \text{L}^{-1})$	16,0	12,0	9,6	7,7	6,1	5,1
$[I_{2(aq)}] (10^{-2} \text{ mol} \times \text{L}^{-1})$	0,00	2,00	3,20	4,15	4,95	5,45

رسم البيان: $[I_{2(aq)}] = f(t)$ (على الورق المليمترى):



ب. تعريف زمن نصف التفاعل $t_{\frac{1}{2}}$ و تحديد قيمته العددية:

التعريف: هو المدة الزمنية اللازمة لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته النهائية ونكتب:

$$x(t_{\frac{1}{2}}) = \frac{x_f}{2} \quad (\text{أو نصف تقدمه الأعظمي إذا كان التفاعل كلياً}).$$

$$x(t_{\frac{1}{2}}) = \frac{x_f}{2} = 4 \text{ mmol} \quad \Leftrightarrow \quad x_f = 8 \text{ mmol} \quad \text{قيمته العددية:}$$

$$[I_2](t_{\frac{1}{2}}) = \frac{[I_2]_f}{2} = \frac{x_f}{2V} = 4 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1} \quad \text{وبالتالي:}$$

بالرجوع إلى البيان، نقرأ: $t_{\frac{1}{2}} = 14 \text{ min}$.

ج. سرعة التفاعل و سرعة اختفاء الشوارد I^- عند اللحظة $t = 20 \text{ min}$:

$$\text{لدينا: } v(t) = V \cdot \frac{d[I_2](t)}{dt} \quad \Leftrightarrow \quad v(t) = \frac{dx(t)}{dt} \quad \text{و} \quad v_{vol}(t) = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx(t)}{dt} = \frac{d[I_2](t)}{dt}$$

$$v(t = 20 \text{ min}) = V \cdot \left(\frac{d[I_2]}{dt} \right)_{t=20 \text{ min}} = 0,1 \times 0,129 \times 10^{-2} = 1,3 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \quad \text{بيانياً:}$$

كذلك من جدول التقدم، في لحظة كيفية t أو لنقل العلاقة بين مختلف السرعات:

$$v_{I^-}(t = 20 \text{ min}) = 2 \times v(t = 20 \text{ min}) = 2,6 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$



التمرين المقترح: 02



الماء الأكسجيني هو المحلول المائي لـ فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2).

يُباع هذا المحلول في الصيدليات ، ويُستعمل لتنظيف الجروح وكذلك

لحفظ العدسات اللاصقة عند عدم استعمالها .

يتفكك الماء الأكسجيني ذاتيا ببطء في البرودة .

ينتمي الماء الأكسجيني للثنائيتين Ox/Red : H_2O_2 / H_2O و O_2 / H_2O_2 .

I - يوجد في مخبر الكيمياء قارورة من محلول مائي للماء الأكسجيني تحمل بطاقة مُسجّل عليها (H_2O_2 ، $20V$) .

المعلومة $20V$ معناها : عندما يتفكك $1L$ من H_2O_2 كليا ، فإنه يحرر حجما قدره $V = 20L$ من غاز الأكسجين مقاسا في الشرطين

النظاميين من درجة الحرارة والضغط ($V_M = 22,4L.mol^{-1}$) .

1 - اكتب معادلة تفكك الماء الأكسجيني .

2 - باستعمال المعلومة ($20V$) ، احسب التركيز المولي للماء الأكسجيني لحظة تحضيره .

II - بعد بقاء القارورة مدة طويلة في المخبر ، أراد المخبري التأكد من صلاحية محلول H_2O_2 فيها ، وبعد العملية التي قام بها ، كتب على

القارورة البطاقة : (محلول S_1 لـ H_2O_2 . 4% كتليا) .

المعلومة 4% : تُعني أن في كل $100g$ من محلول الماء الأكسجيني يوجد $4g$ من فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) النقي .

قام الأستاذ حينها في حصة الأعمال التطبيقية مع فوج من التلاميذ بتجربة للتحقق من معلومة هذه البطاقة .

أخذ التلاميذ من القارورة حجما $V = 20mL$ ، وأضافوا له $20mL$ من الماء المقطر ، ثم أخذوا من المحلول الناتج حجما قدره $V_0 = 10mL$

وعايره بواسطة محلول مائي لبرمنغنات البوتاسيوم (K^+, MnO_4^-) ذي اللون البنفسجي تركيزه المولي $C = 0,12 mol/L$.
وأضافوا له بعض القطرات من حمض الكبريت المركز .

حصلوا على التكافؤ عند إضافة $V_{eq} = 20 mL$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم .

1 - صف البروتوكول التجريبي للمعايرة ، مبيّنا كيفية رصد نقطة التكافؤ .

2 - اكتب معادلة تفاعل المعايرة . شاردة البرمنغنات تنتمي للثنائية MnO_4^- / Mn^{2+} .

3 - احسب التركيز المولي لمحلول الماء الأكسوجيني .

4 - استنتج التركيز المولي (C_1) للمحلول (S_1) .

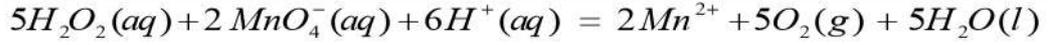
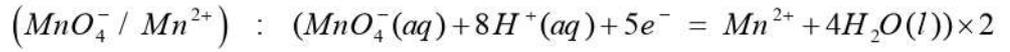
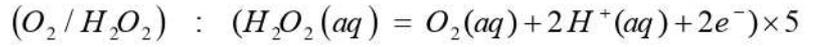
5 - هل نتيجة المعايرة تتناسب مع المعلومة المسجلة على البطاقة ؟

يُعطى : كثافة المحلول (S_1) : $d = 1,01$. $M(O) = 16 g/mol$ ، $M(H) = 1 g/mol$. الكتلة الحجمية للماء $\rho_0 = 1000 g/L$.

بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا

العلامة		عناصر الإجابة																	
مجموع	مجزأة																		
		<p>إجابة التمرين المقترح</p> <p>1-1- معادلة تفكك الماء الأوكسجيني : (H_2O_2 / H_2O) ، (O_2 / H_2O_2) :</p> <p>م ن أ : $H_2O_2(aq) = O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^-$: (O_2 / H_2O_2)</p> <p>م ن إ : $H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- = H_2O(aq)$: (H_2O_2 / H_2O)</p> <p>م أ إ : $2H_2O_2(aq) = O_2(g) + 2H_2O(l)$</p> <p>2- حساب التركيز المولي $[H_2O_2]_0$ للماء الأوكسجيني لحظة تحضيره.</p> <p>جدول تقدم التفاعل:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>حالة الجملة</th> <th>التقدم</th> <th colspan="2">$2H_2O_2(aq) = O_2(g) + 2H_2O(l)$</th> <th rowspan="4">زيادة</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>الابتدائية</td> <td>0</td> <td>$n_0(H_2O_2)$</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>الانتقالية</td> <td>$x(t)$</td> <td>$n_0 - 2x(t)$</td> <td>$x(t)$</td> </tr> <tr> <td>النهائية</td> <td>x_f</td> <td>$n_0 - 2x_f$</td> <td>x_f</td> </tr> </tbody> </table> <p>يتفكك H_2O_2 كلياً معناه من جدول التقدم : $n_0 - 2x_{\max} = 0$</p> <p>ومنه: $[H_2O_2]_0 V = 2x_{\max}$ ، الحجم $V = 1L$</p> <p>من جدول التقدم في الحالة النهائية: $n_{\max}(O_2) = x_{\max} = \frac{V_{\max}(O_2)}{V_M}$</p> <p>ومنه: $[H_2O_2]_0 = \frac{2V_{\max}(O_2)}{V V_M} = \frac{2 \times 20}{1 \times 22.4} = 1.78 mol / L$ تطبيق عددي:</p> <p>1-1-II البروتوكول التجريبي للمعايرة:</p> <p>- نأخذ بواسطة ماصة عيارية سعتها $10mL$ حجماً قدره $V_0 = 10mL$ من محلول الماء الأوكسجيني الممدد ونضعه في كأس بيشر.</p> <p>نملاً السحاحة بمحلول برمغنات البوتاسيوم حتى التدرجة (0) .</p> <p>نضع كأس البيشر فوق مخلوط مغناطيسي ونغمس فيه المغناطيس الدوار.</p> <p>نشغل المخلوط ، ونفتح السحاحة لإضافة المحلول المؤكسد تدريجياً للبিশر وعند استقرار اللون البنفسجي نغلق السحاحة .</p> <p>نرصد التكافؤ عند استقرار اللون البنفسجي.</p>	حالة الجملة	التقدم	$2H_2O_2(aq) = O_2(g) + 2H_2O(l)$		زيادة	الابتدائية	0	$n_0(H_2O_2)$	0	الانتقالية	$x(t)$	$n_0 - 2x(t)$	$x(t)$	النهائية	x_f	$n_0 - 2x_f$	x_f
حالة الجملة	التقدم	$2H_2O_2(aq) = O_2(g) + 2H_2O(l)$		زيادة															
الابتدائية	0	$n_0(H_2O_2)$	0																
الانتقالية	$x(t)$	$n_0 - 2x(t)$	$x(t)$																
النهائية	x_f	$n_0 - 2x_f$	x_f																

2- معادلة تفاعل المعايرة: (O_2 / H_2O_2) ، (H_2O_2 / H_2O)



3- حساب التركيز المولي لمحلول الماء الأوكسيجيني .

$$\text{عند التكافؤ: المزيج ستوكيوميتري ومنه.} \quad \frac{n(H_2O_2)}{5} = \frac{n(MnO_4^-)}{2}$$

$$\text{ومنه:} \quad [H_2O_2]V_0 = 2,5.CV_{eq}$$

$$\text{تطبيق عددي :} \quad [H_2O_2] = \frac{2,5 \times 0,12 \times 20}{10} = 0,6 \text{ mol / L}$$

4- استنتاج التركيز المولي (C_1) للمحلول (S_1) :

$$F = \frac{V + V_{eau}}{V} = \frac{20 + 20}{20} = 2 \text{ معامل التمديد} \quad F = \frac{C_1}{[H_2O_2]} \Rightarrow C_1 = [H_2O_2] \times F$$

$$\text{ومنه:} \quad C_1 = [H_2O_2] \times F = 0,6 \times 2 = 1,2 \text{ mol / L}$$

5- هل تتوافق هذه النتيجة مع القيمة المسجلة على القارورة:

التحقق من القيمة المسجلة على القارورة $P = 4\%$.

$$\text{1ط: بتطبيق العلاقة:} \quad C_1 = \frac{10 \times P \times d}{M} \Rightarrow P = \frac{C_1 \times M}{10 \times d} = \frac{1,2 \times 34}{10 \times 1,01} = 4,04\% \approx 4\%$$

نتيجة المعايرة تتناسب مع المعلومة المسجلة على البطاقة في حدود دقة القياسات

$$\text{2ط: كمية مادة } H_2O_2 \text{ النقي في } 100 \text{ g من الماء الأوكسيجيني هي:} \quad n = \frac{P}{M}$$

$$\text{حيث } M \text{ هي الكتلة المولية للماء الأوكسيجيني } H_2O_2 \text{ ومنه:} \quad M = 34 \text{ g/mol}$$

لتكن ρ الكتلة الحجمية للماء الأوكسيجيني و لتكن ρ_0 الكتلة الحجمية للماء .

$$\text{لدينا :} \quad d = \frac{\rho}{\rho_0} \Rightarrow \rho = d \times \rho_0$$

$$\text{ولدينا:} \quad \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{m}{d \times \rho_0}$$

$$C_1 = \frac{n}{V} = \frac{\frac{P}{M}}{\frac{m}{d \times \rho_0}} = \frac{P \times d \times \rho_0}{M \times m} = \frac{1000 \times P \times d}{M \times 100} = \frac{10 \times P \times d}{M} \Rightarrow$$

$$P = \frac{C_1 \times M}{10 \times d} = \frac{1,2 \times 34}{10 \times 1,01} = 4,04\% \approx 4\%$$



التمرين المقترح: 03

1- تفاعل شوارد البروميد $Br^-_{(aq)}$ مع شاردة البرومات $BrO^-_{3(aq)}$ في وسط حمضي تفاعل تام و بطيء، لإجراء هذا التحول

الكيميائي، نقوم بمزج حجم $V_1 = 100mL$ من محلول برومات البوتاسيوم $(K^+ + BrO^-_{3(aq)})$ تركيزه المولي C_1 مع حجم

$V_2 = 200mL$ من بروم البوتاسيوم $(K^+ + Br^-)_{(aq)}$ تركيزه المولي $C_2 = 0,5mol.L^{-1}$ ثم نضيف له قطرات من حمض

الكبريت المركز، يُجرى التفاعل في درجة حرارة ثابتة (θ_0) .

أ- اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة وللإرجاع، ثم استنتج معادلة الأكسدة - إرجاع.

علما أن الثنائيتين الداخلتين في التفاعل هما: $(BrO^-_{3(aq)}/Br_2)_{(aq)}$ و $(Br_2/Br^-)_{(aq)}$.

ب- إذا كان المزيج الابتدائي ستوكيومتريا بين أن: $C_1 = \frac{2.C_2}{5}$ ، ثم احسب قيمة C_1 التركيز المولي لمحلول برومات البوتاسيوم.

ج- أنشئ جدول تقدم التفاعل، ثم استنتج قيمة x_{max} التقدم الأعظمي.

2- المتابعة الزمنية لتطور كمية مادة البروم $n(Br_2)$ المتشكلة في حالة المزيج الستوكيومتري، مكنت من رسم المنحنى البياني

$n(Br_2) = f(t)$ المبين في الشكل (01)

أ- عرّف $t_{1/2}$ زمن نصف التفاعل، ثم حدّد قيمته من البيان.

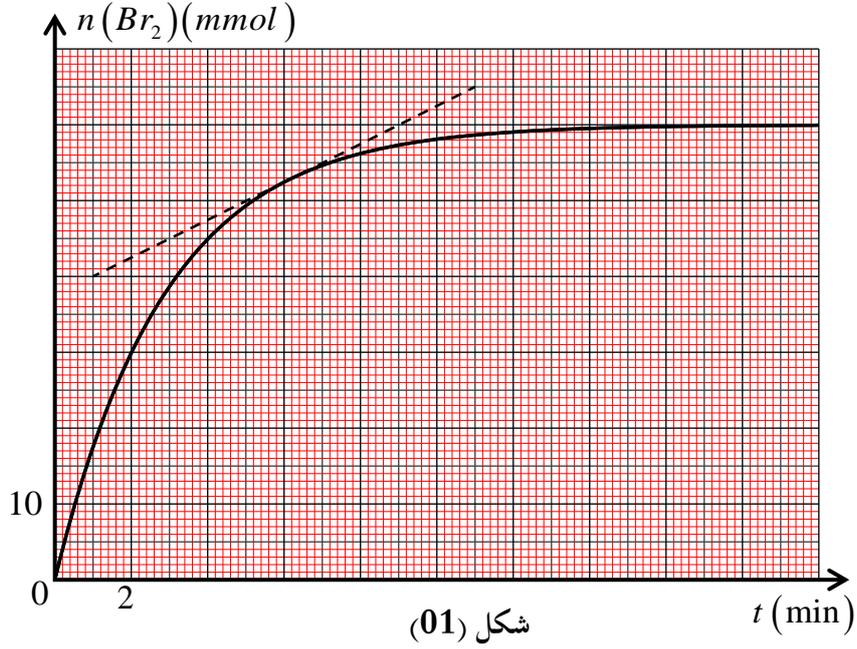
ب- عرف السرعة الحجمية للتفاعل، ثم بين أنه يمكن كتابة عبارتها على الشكل التالي: $v_{vol}(t) = \frac{1}{9V_1} \times \frac{dn_{Br_2}(t)}{dt}$

ج- احسب قيمتها عند اللحظة $t = 6 \text{ min}$

د- حدّد التركيب المولي للمزيج عند اللحظة $t = 4 \text{ min}$

3- مثل البيان $n_{Br_2} = g(t)$ مع البيان السابق في حالة إجراء التفاعل في درجة حرارة ثابتة $\theta_1 > \theta_0$ ،

واشرح ماذا يجري على المستوى المجهرى .



بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا

العلامة		عناصر الإجابة																								
مجموع	مجزأة																									
		<p style="text-align: center;"><u>الإجابة المقترحة للتمرين المنشور</u></p> <p>1.أ. معادلة التفاعل الحادث بين الثنائيتين: $(Br_2/Br^-)_{(aq)}$ و $(BrO_3^-/Br_2)_{(aq)}$</p> <p>م ن أ : $(2Br^-_{(aq)} = Br_{2(aq)} + 2e^-) \times 5$</p> <p>م ن إ : $2BrO_3^-_{(aq)} + 12H^+_{(aq)} + 10e^- = Br_{2(aq)} + 6H_2O_{(l)}$</p> <p>م أ إ : $5Br^-_{(aq)} + BrO_3^-_{(aq)} + 6H^+_{(aq)} = 3Br_{2(aq)} + 3H_2O_{(l)}$</p> <p>ب. بيان أن: $C_1 = \frac{2C_2}{5}$</p> <p>المزيج ستوكيوميتريا ومنه: $\frac{n_1}{1} = \frac{n_2}{5} \Leftrightarrow C_1V_1 = \frac{C_2V_2}{5} \Leftrightarrow C_1V_1 = \frac{C_2(2V_1)}{5} \Rightarrow C_1 = \frac{2C_2}{5}$</p> <p>حساب قيمة التركيز المولي: $C_1 = \frac{2C_2}{5} = \frac{2(0,5)}{5} \Rightarrow C_1 = 0,2 mol / L$</p> <p style="text-align: right;">ج. جدول تقدم التفاعل:</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>التفاعل</th> <th>$5Br^-_{(aq)}$</th> <th>$+ BrO_3^-_{(aq)}$</th> <th>$+ 6H^+_{(aq)}$</th> <th>$= 3Br_{2(aq)}$</th> <th>$+ 3H_2O_{(l)}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ح.إ</td> <td>n_2</td> <td>n_1</td> <td>زيادة</td> <td>0</td> <td>زيادة</td> </tr> <tr> <td>ح.إ</td> <td>$n_2 - 5x(t)$</td> <td>$n_1 - x(t)$</td> <td>زيادة</td> <td>$3x(t)$</td> <td>زيادة</td> </tr> <tr> <td>ح.ن</td> <td>$n_2 - 5x_f$</td> <td>$n_1 - x_f$</td> <td>زيادة</td> <td>$3x_f$</td> <td>زيادة</td> </tr> </tbody> </table> <p>التقدم الأعظمي: $n_1 - x_{\max} = 0 \Leftrightarrow x_{\max} = n_1 = C_1 \times V_1 = 0,2 \times 0,1 \Rightarrow x_{\max} = 0,02 mol$</p> <p>أو: $n_2 - 5x_{\max} = 0 \Leftrightarrow x_{\max} = \frac{n_2}{5} = \frac{C_2 \times V_2}{5} = \frac{0,5 \times 0,2}{5} \Rightarrow x_{\max} = 0,02 mol$</p> <p>2.أ- زمن نصف التفاعل: هو المدة اللازمة لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي (الأعظمي إذا كان التفاعل تام)</p> <p>وقيمته هي: $t_{1/2} = 2 \text{ min}$</p> <p>ب- السرعة الحجمية للتفاعل هي سرعة التفاعل في وحدة الحجم ونكتب: $v_{vol}(t) = \frac{1}{V_T} \cdot \frac{dx(t)}{dt}$</p>	التفاعل	$5Br^-_{(aq)}$	$+ BrO_3^-_{(aq)}$	$+ 6H^+_{(aq)}$	$= 3Br_{2(aq)}$	$+ 3H_2O_{(l)}$	ح.إ	n_2	n_1	زيادة	0	زيادة	ح.إ	$n_2 - 5x(t)$	$n_1 - x(t)$	زيادة	$3x(t)$	زيادة	ح.ن	$n_2 - 5x_f$	$n_1 - x_f$	زيادة	$3x_f$	زيادة
التفاعل	$5Br^-_{(aq)}$	$+ BrO_3^-_{(aq)}$	$+ 6H^+_{(aq)}$	$= 3Br_{2(aq)}$	$+ 3H_2O_{(l)}$																					
ح.إ	n_2	n_1	زيادة	0	زيادة																					
ح.إ	$n_2 - 5x(t)$	$n_1 - x(t)$	زيادة	$3x(t)$	زيادة																					
ح.ن	$n_2 - 5x_f$	$n_1 - x_f$	زيادة	$3x_f$	زيادة																					

$$- \text{بيان أن: } v_{vol}(t) = \frac{1}{9V_1} \cdot \frac{dnBr_2(t)}{dt}$$

$$\text{لدينا من جدول التقدم: } nBr_2(t) = 3x(t) \Leftrightarrow x(t) = \frac{nBr_2(t)}{3} \text{ ولدينا: } V_T = V_1 + V_2 = 3V_1$$

بالتعويض في عبارة السرعة الحجمية نجد:

$$v_{vol}(t) = \frac{1}{V_T} \cdot \frac{dx(t)}{dt} = \frac{1}{3V_1} \times \frac{d(nBr_2(t)/3)}{dt} \Rightarrow v_{vol}(t) = \frac{1}{9V_1} \times \frac{dnBr_2(t)}{dt}$$

ج- حساب قيمتها عند اللحظة $t = 6 \text{ min}$:

$$v_{vol}(t = 6 \text{ min}) = \frac{1}{9V_1} \times \frac{dnBr_2(t)}{dt} = \frac{1}{9(0,1)} \times \frac{(5-4) \times 10 \times 10^{-3}}{(2,5-0,5) \times 2} = 0,0277 \text{ mol} / L \cdot \text{min}$$

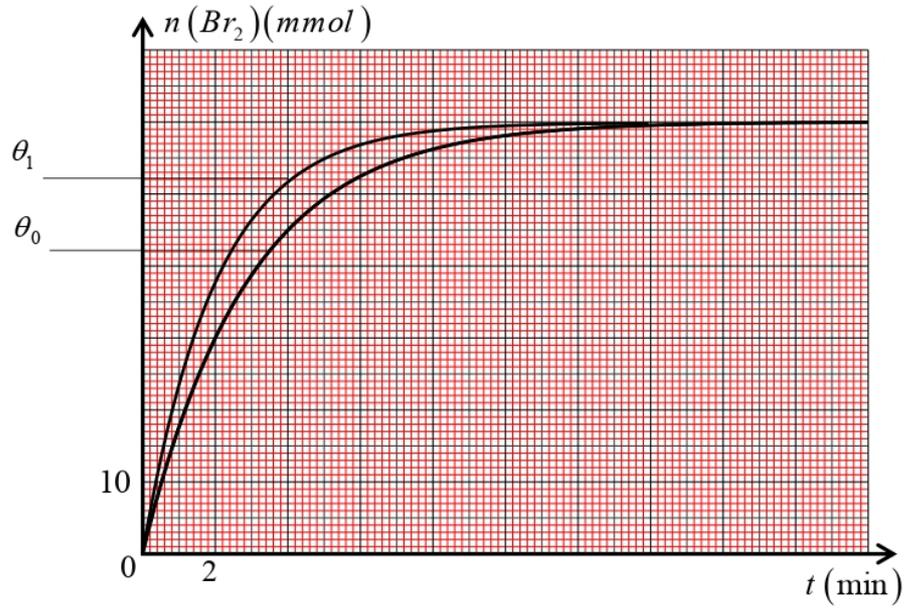
د- التركيب المولي للمزيج عند اللحظة $t = 4 \text{ min}$:

لدينا:

$$nBr_2(t = 4 \text{ min}) = 3x(t = 4 \text{ min}) \Leftrightarrow x(t = 4 \text{ min}) = \frac{nBr_2(t = 4 \text{ min})}{3} = \frac{4,5 \times 10 \times 10^{-3}}{3} = 0,015 \text{ mol}$$

$5Br^-_{(aq)} + BrO^-_{3(aq)} + 6H^+_{(aq)} = 3Br_{2(aq)} + 3H_2O_{(l)}$				
$n_2 - 5x(t = 4 \text{ min})$	$n_1 - x(t = 4 \text{ min})$	زيادة	$3x(t = 4 \text{ min})$	زيادة
$n_2 - 5(0,015 \text{ mol})$	$n_1 - (0,015 \text{ mol})$	زيادة	$3(0,015 \text{ mol})$	زيادة
$0,025 \text{ mol}$	$0,005 \text{ mol}$	زيادة	$0,045 \text{ mol}$	زيادة

3. عند رفع درجة الحرارة تزداد الطاقة الحركية المجهرية للأفراد الكيميائية، وبالتالي يزداد تواتر التصادمات الفعالة بينها وهكذا ينقص زمن نصف التفاعل.

تمثيل البيان: $n_{Br_2} = f(t)$ 

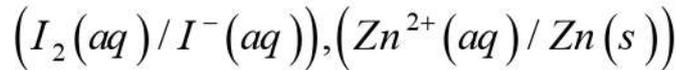


التمرين المقترح: 04

من أجل إجراء المتابعة الزمنية لتحول كيميائي البطيء و التام الحادث بين معدن الزنك $Zn(s)$ و محلول ثنائي $I_2(aq)$ عند درجة حرارة ثابتة $\theta_1 = 25^\circ C$ ، نحقق التركيب التجريبي المبين في الشكل-1، حيث نسكب حجما قدره $V = 250mL$ من محلول ثنائي اليود تركيزه المولي $C = 2 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$ في العنصر (4) وعند $t = 0$ نضيف قطعة من معدن الزنك النقي كتلته $m = 0,5g$.

المتابعة الزمنية للتحويل الكيميائي الحادث عن طريق قياس الناقلية النوعية مكنتنا من رسم المنحنى البياني $\sigma = f(t)$ المبين في الشكل-2.

1- أكتب معادلة التفاعل المنمذجة للتحويل الكيميائي الحادث، علما أن الشائيتين الداخلتين في التفاعل هما:



2- لماذا يمكن متابعة هذا التحويل الكيميائي عن طريق قياس الناقلية؟ علل سبب تزايدها.

3- تعرف على العناصر المرقمة في الشكل-1.

4- أنشئ جدول تقدم التفاعل، ثم عين المتفاعل المحد وقيمة التقدم الأعظمي X_{max} .

5- بين أن عبارة الناقلية النوعية $\sigma(t)$ للمزيج عند اللحظة t هي: $\sigma(t) = Ax(t)$

حيث A ثابت يطلب تعيين عبارته بدلالة $\lambda(Zn^{2+})$ و $\lambda(I^-)$ و V .

6- بين أنه عند زمن نصف التفاعل $(t_{1/2})$ تكون الناقلية النوعية للمزيج المتفاعل: $\sigma(t_{1/2}) = \frac{\sigma_f}{2}$

حيث σ_f هي الناقلية النوعية للمزيج في نهاية التفاعل، ثم استنتج قيمة $(t_{1/2})$.

7- أ- بين أن عبارة سرعة التفاعل تكتب من الشكل: $v(t) = \frac{1}{A} \frac{d\sigma(t)}{dt}$

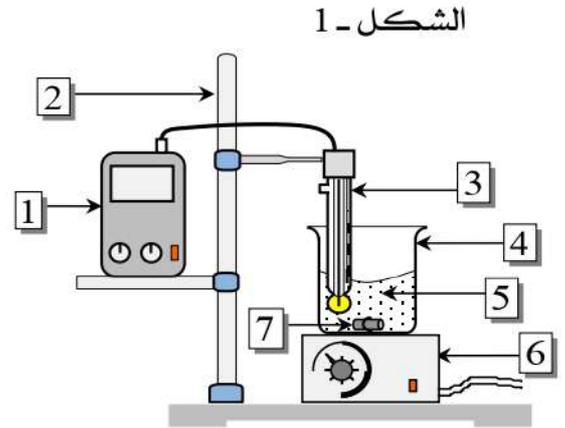
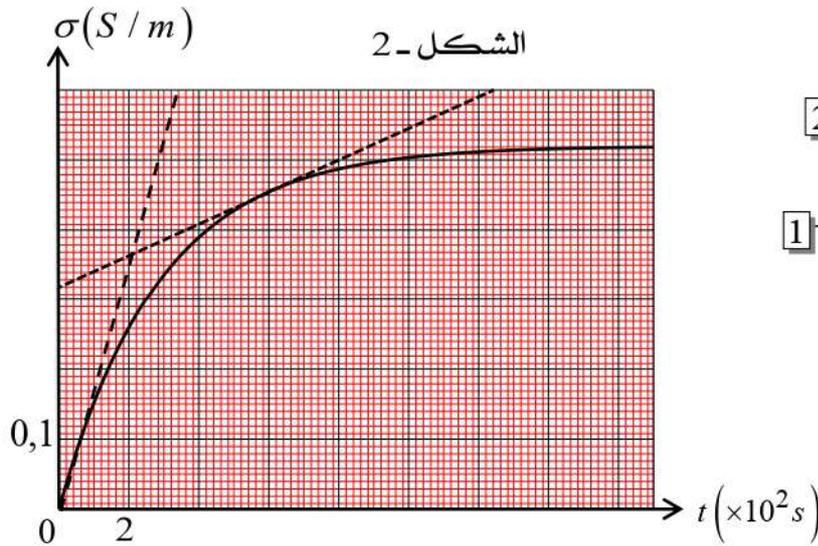
ب- أحسب قيمة سرعة التفاعل عند اللحظتين: $t_1 = 0$ و $t_2 = 600s$.

ج- اشرح على المستوى المجهري سبب تناقص هذه السرعة مع مرور الزمن.

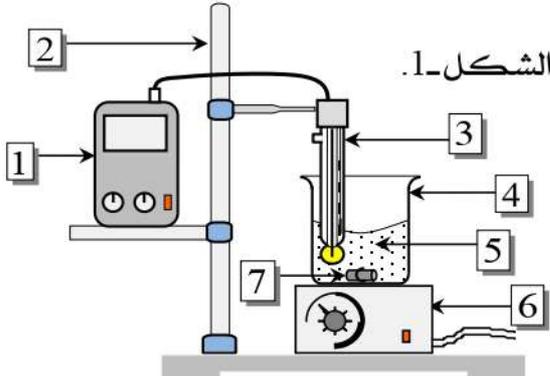
8- نعيد نفس التجربة ولكن عند درجة حرارة θ_2 حيث $\theta_1 > \theta_2$ ، ارسم كيفيا مع بيان الشكل 2- المنحنى

$\sigma = g(t)$ المتحصل عليه في هذه الحالة.

المعطيات: $\lambda(Zn^{2+}) = 10,56 mS \cdot m^2 / mol$; $\lambda(I^-) = 7,7 mS \cdot m^2 / mol$; $M(Zn) = 65,4 g / mol$



بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا

العلامة		عناصر الإجابة																
مجموع	مجزأة																	
		<p>إجابة التمرين المقترح</p> <p>1- معادلة التفاعل المنمذجة للتحويل الكيميائي الحادث</p> <p>المعادلة النصفية للأكسدة: $Zn(s) = Zn^{2+}(aq) + 2e^{-}$</p> <p>المعادلة النصفية للإرجاع: $I_2(aq) + 2e^{-} = 2I^{-}(aq)$</p> <p>معادلة التفاعل اكسدة ارجاع: $Zn(s) + I_2(aq) = Zn^{2+}(aq) + 2I^{-}(aq)$</p> <p>2. يمكن متابعة هذا التحويل الكيميائي عن طريق قياس الناقلية</p> <p>بسبب التشكل التدريجي لشاردتي (Zn^{2+}) و (I^{-}).</p> <p>سبب تزايدها.</p> <p>تزايد تركيز الشوارد (Zn^{2+}) و (I^{-}) لأن الناقلية النوعية متعلقة بالشوارد فكلما زاد تركيزها في المحلول زادت الناقلية النوعية.</p> <p>3. العناصر المرقمة في الشكل-1.</p> <table border="1" data-bbox="703 1218 1295 1603"> <thead> <tr> <th>الرقم</th> <th>اسم العنصر</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>جهاز قياس الناقلية</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>حامل</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>خلية قياس</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>بيشر</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>الوسط التفاعلي</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>مخلاط مغناطيسي</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>قطعة مغناطيسية</td> </tr> </tbody> </table> <p>الشكل-1.</p> 	الرقم	اسم العنصر	1	جهاز قياس الناقلية	2	حامل	3	خلية قياس	4	بيشر	5	الوسط التفاعلي	6	مخلاط مغناطيسي	7	قطعة مغناطيسية
الرقم	اسم العنصر																	
1	جهاز قياس الناقلية																	
2	حامل																	
3	خلية قياس																	
4	بيشر																	
5	الوسط التفاعلي																	
6	مخلاط مغناطيسي																	
7	قطعة مغناطيسية																	

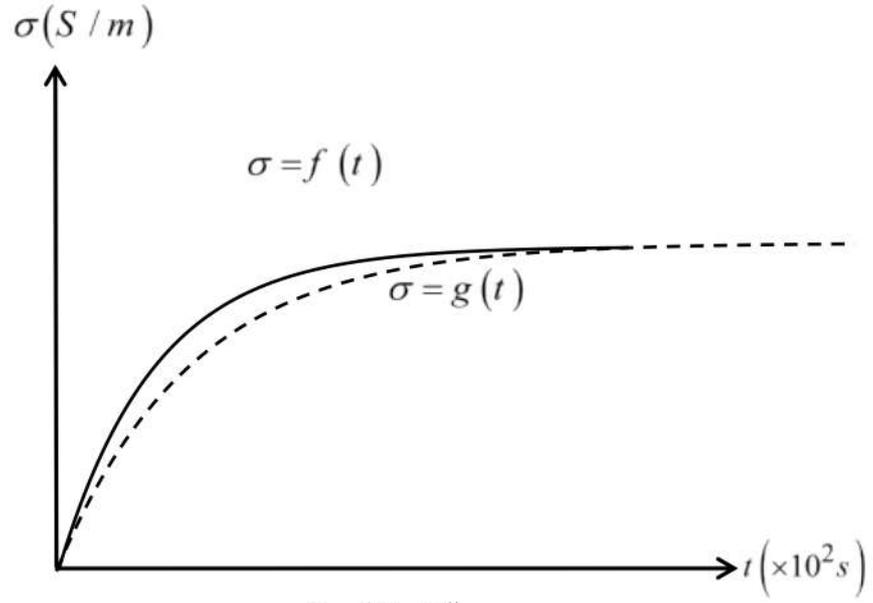
العلامة		عناصر الإجابة			
مجموع	مجزأة				
		4- جدول تقدم التفاعل ، ثم عين المتفاعل المحد وقيمة التقدم الأعظمي x_{\max} .			
معادلة التفاعل		$Zn(s) + I_2(aq) = Zn^{2+}(aq) + 2I^{-}(aq)$			
الحالة الابتدائية		n_{01}	n_{02}	0	0
الحالة الانتقالية		$n_{01} - x(t)$	$n_{02} - x(t)$	$x(t)$	$2x(t)$
الحالة النهائية		$n_{01} - x_{\max}$	$n_{02} - x_{\max}$	x_{\max}	$2x_{\max}$
		<p>– المتفاعل المحد وقيمة التقدم الأعظمي x_{\max}.</p> <p>نفرض أن Zn هو المتفاعل المحد: $n_{01} - x_{\max} = 0$</p> <p>ومنه: $n_{01} = x_{\max} \Rightarrow \frac{m}{M} = x_{\max}$</p> <p>ومنه: $x_{\max} = \frac{0,5}{65,4} = 7,64 \times 10^{-3} mol$</p> <p>نفرض أن I_2 هو المتفاعل المحد: $n_{02} - x_{\max} = 0$</p> <p>ومنه: $n_{02} = x_{\max} \Rightarrow CV = x_{\max}$</p> <p>ومنه: $x_{\max} = 2 \times 10^{-2} \times 250 \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-3} mol$</p> <p>و بالتالي المتفاعل المحد هو: محلول ثنائي اليود $I_2(aq)$</p> <p>إذن قيمة التقدم الأعظمي $x_{\max} = 5 \times 10^{-3} mol$</p> <p>5- إثبات أن عبارة الناقلية النوعية $\sigma(t)$ للمزيج عند اللحظة t هي: $\sigma(t) = Ax(t)$</p> <p>لدينا عبارة الناقلية النوعية عند اللحظة t:</p> $\sigma(t) = \lambda(Zn^{2+})[Zn^{2+}](t) + \lambda(I^{-})[I^{-}](t)$			

العلامة		عناصر الإجابة
مجموع	مجزأة	
		$\sigma(t) = \left(\frac{\lambda(Zn^{2+}) + 2\lambda(I^-)}{V} \right) x(t) : \text{ومنه} \begin{cases} [Zn^{2+}](t) = \frac{x(t)}{V} \\ [I^-](t) = \frac{2x(t)}{V} \end{cases} \text{حيث:}$ $A = \frac{\lambda(Zn^{2+}) + 2\lambda(I^-)}{V} : \text{حيث } \sigma(t) = Ax(t) \text{ إذن}$ <p>6- إثبات أن زمن نصف التفاعل $(t_{1/2}) = \frac{\sigma_f}{2}$</p> <p>عند اللحظة $t = t_{1/2}$: $\sigma(t_{1/2}) = Ax(t_{1/2})$ و $x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2}$</p> <p>ومنه: (1) $\sigma(t_{1/2}) = A \frac{x_{\max}}{2}$</p> <p>عند نهاية التفاعل: (2) $\sigma_f = Ax_{\max}$</p> <p>بقسمة العلاقة (1) على (2) طرف لطرف نجد: $\frac{\sigma(t_{1/2})}{\sigma_f} = \frac{A \frac{x_{\max}}{2}}{Ax_{\max}} = \frac{1}{2}$</p> <p>ومنه: $\sigma(t_{1/2}) = \frac{\sigma_f}{2}$</p> <p>— من البيان قيمة زمن نصف التفاعل: $\sigma(t_{1/2}) = \frac{\sigma_f}{2} = \frac{0,52}{2} = 0,26 S.m^{-1}$</p> <p>ومنه: $t_{1/2} = 200s$</p> <p>7- أ- إثبات أن عبارة سرعة التفاعل تكتب من الشكل: $v(t) = \frac{1}{A} \frac{d\sigma(t)}{dt}$</p> <p>$x(t) = \frac{\sigma(t)}{A}$: ومنه $\sigma(t) = Ax(t)$ ولدينا مما سبق $v(t) = \frac{dx(t)}{dt}$</p> <p>وعليه: $v(t) = \frac{1}{A} \frac{d\sigma(t)}{dt}$ إذن $v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = \frac{d\left(\frac{\sigma(t)}{A}\right)}{dt}$</p>

العلامة		عناصر الإجابة
مجموع	مجزأة	
		<p>ب- قيمة سرعة التفاعل عند اللحظتين: $t_1 = 0$ و $t_2 = 600s$.</p> <p>- حساب سرعة التفاعل عند اللحظة $t_1 = 0$.</p> $v(0) = \frac{1}{A} \frac{d\sigma}{dt} \Big _{t=0}$ <p>حيث: $\frac{1}{A} = \frac{V}{\lambda(Zn^{2+}) + 2\lambda(I^-)} = \frac{250 \times 10^{-6}}{25,96 \times 10^{-3}} = 9,63 \times 10^{-3} m.S^{-1}.mol$</p> <p>ومنه: $v(0) = \frac{1}{A} \frac{d\sigma}{dt} \Big _{t=0} = 9,63 \times 10^{-3} \times \frac{0,4}{230}$</p> <p>اذن: $v(0) = 1,67 \times 10^{-5} mol.s^{-1}$</p> <p>- حساب سرعة التفاعل عند اللحظة $t_2 = 600s$.</p> $v(600s) = \frac{1}{A} \frac{d\sigma}{dt} \Big _{t=600s} = 9,63 \times 10^{-3} \times \left(\frac{0,32 - 0,45}{0 - 600} \right)$ <p>اذن: $v(600s) = 2,028 \times 10^{-6} mol.s^{-1}$</p> <p>ج- التفسير على المستوى المجهرى تناقص هذه السرعة مع مرور الزمن.</p> <p>نلاحظ أن: قيمة سرعة التفاعل تتناقص بمرور الزمن خلال التفاعل بسبب تناقص تراكيز المتفاعلات أثناء التطور .</p> <p>التفسير: تناقص تركيز المتفاعلات يقود إلى تناقص التصادمات الفعالة و بالتالي تناقص سرعة التفاعل .</p>

8. عند درجة حرارة θ_2 حيث $\theta_1 > \theta_2$ فإن: $\sigma_{f_1} > \sigma_{f_2}$.

رسم كيفيا مع بيان الشكل-2 المنحنى $\sigma = g(t)$ المتحصل عليه في هذه الحالة.



الشكل -2



التمرين المقترح رقم 05 :

المتابعة الزمنية لتحول كيميائي بواسطة المعايرة اللونية:



توجد في المخبر قارورة كتب على ملصقتها (مسحوق الزنك $Zn(s)$ غير النقي (درجة نقاوته P)

1. I. نأخذ من القارورة كتلة قدرها $m' = 1,3g$ ، عند درجة حرارة ثابتة θ . عند اللحظة $t = 0$ نسكبها في حوالة تحوي محلول مائي لثنائي اليود ($I_2(aq)$)

حجمه $V = 100mL$ وتركيزه $C = 0,2mol \cdot L^{-1}$.

المتابعة الزمنية للتحويل الكيميائي التام الحادث مكنتنا من رسم المنحنى البياني $[I_2] = f(t)$ الممثل لتغيرات التركيز المولي

لثنائي اليود بدلالة الزمن (الشكل 01) .

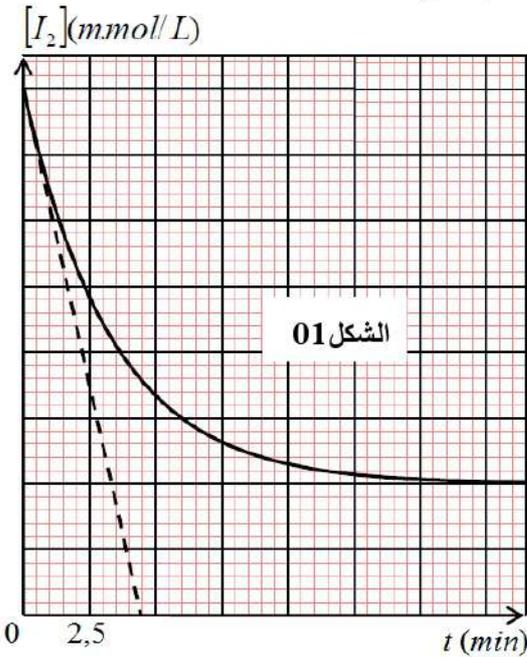
1. أ. حدد المؤشر الدال على تطور الجملة الكيميائية المدروسة.

ب. هل يعتبر التحويل الكيميائي المدروس سريعا؟ علل.

2. أ. اكتب معادلة التفاعل المنمذجة للتحويل الكيميائي الحادث.

ب. أنشئ جدول تقدم التفاعل.

ج. جد سلم لمحور الترتيب للمنحنى $[I_2] = f(t)$.



3. استنتج المتفاعل المحد وحسب x_{max} قيمة التقدم الأعظمي، ثم استنتج m_0 الكتلة الابتدائية للزنك

النقي المستعمل في التفاعل.

4. عرف P درجة النقاوة، ثم اوجد قيمتها العددية.

5. أ. بين أنه عند $t_{1/2}$ فإن: $[I_2](t_{1/2}) = \frac{C + [I_2]_f}{2}$.

حيث: $[I_2]_f$ التركيز المولي لثنائي اليود في الحالة النهائية.

ب. حدد قيمة $t_{1/2}$ بيانياً، ثم جد التركيب المولي للمزيج عند اللحظة $t_{1/2}$.

6. عرف $v_{vol}(t)$ السرعة الحجمية للتفاعل واحسب قيمتها الأعظمية، ثم استنتج السرعة الحجمية لتشكل شوارد اليود $I^-(aq)$ عند نفس اللحظة.

II. نعيد التجربة السابقة في درجة حرارة θ' حيث $\theta' < \theta$

أ. حدد العامل الحركي المدروس.

ب. أعد رسم المنحنى $[I_2] = f(t)$ في هذه الحالة في نفس المعلم للمنحنى السابق مع التعليل.

المعطيات: الثنائيات الداخلة في التفاعل هي: $(I_2(aq) / I^-(aq))$ ، $(Zn^{2+}(aq) / Zn(s))$.
، $M(Zn) = 65,4 g.mol^{-1}$ ، المحلول المائي لثنائي اليود لونه بني مسمر.

بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا

العلامة		عناصر الإجابة																																	
مجموع	مجزأة																																		
		<p><u>الإجابة المقترحة للتمرين المنشور</u></p> <p>التمرين الخامس</p> <p>1.1. أ. تحديد المؤشر الدال على تطور الجملة الكيميائية المدروسة.</p> <p>تآكل قطعة الزنك، والتناقص التدريجي للشدة اللونية لمحلول ثنائي اليود بمرور الزمن.</p> <p>ب. التحول الكيميائي الحادث بطيء لأنه استغرق عدة دقائق لبلوغ حالته النهائية.</p> <p>2. أ. كتابة معادلة التفاعل المنمذجة للتحول الكيميائي الحادث.</p> <p>المعادلة النصفية للأكسدة: $Zn(s) = Zn^{2+}(aq) + 2e^{-}$</p> <p>المعادلة النصفية للارجاع: $I_2(aq) + 2e^{-} = 2I^{-}(aq)$</p> <p>معادلة التفاعل: $Zn(s) + I_2(aq) = Zn^{2+}(aq) + 2I^{-}(aq)$</p> <p>- تحديد نوع التفاعل: التحول الحادث تحول أكسدة - إرجاع.</p> <p>ب. جدول تقدم التفاعل.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">المعادلة الكيميائية</th> <th colspan="4">$Zn(s) + I_2(aq) = Zn^{2+}(aq) + 2I^{-}(aq)$</th> </tr> <tr> <th>حالة الجملة</th> <th>التقدم</th> <th colspan="4">كمية المادة بالمول mol</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>إبتدائية</td> <td>0</td> <td>$n_0 = \frac{m_0}{M}$</td> <td>$n_1 = C \cdot V$</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>إنقالية</td> <td>$x(t)$</td> <td>$n_0 - x(t)$</td> <td>$n_1 - x(t)$</td> <td>$x(t)$</td> <td>$2 \cdot x(t)$</td> </tr> <tr> <td>نهائية</td> <td>x_{max}</td> <td>$n_0 - x_{max}$</td> <td>$n_1 - x_{max}$</td> <td>x_{max}</td> <td>$2 \cdot x_{max}$</td> </tr> </tbody> </table> <p>كمية المادة الإبتدائية لثنائي اليود: $n_1 = C \cdot V$ ،</p> <p>أي: $n_1 = 0,2 \times 0,1 = 0,02mol$</p> <p>ج. إيجاد سلم لمحور الترتيب للمنحنى $[I_2] = f(t)$.</p> <p>لما $t = 0$ لدينا: $[I_2]_0 = C = 0,2mol \cdot L^{-1} = 200mmol \cdot L^{-1}$</p> <p>إذن: $ech = \frac{200}{8} = 25mmol \cdot L^{-1} \leftarrow \begin{cases} 8u \rightarrow 200mmol \cdot L^{-1} \\ 1u \rightarrow ech \end{cases}$</p>				المعادلة الكيميائية		$Zn(s) + I_2(aq) = Zn^{2+}(aq) + 2I^{-}(aq)$				حالة الجملة	التقدم	كمية المادة بالمول mol				إبتدائية	0	$n_0 = \frac{m_0}{M}$	$n_1 = C \cdot V$	0	0	إنقالية	$x(t)$	$n_0 - x(t)$	$n_1 - x(t)$	$x(t)$	$2 \cdot x(t)$	نهائية	x_{max}	$n_0 - x_{max}$	$n_1 - x_{max}$	x_{max}	$2 \cdot x_{max}$
المعادلة الكيميائية		$Zn(s) + I_2(aq) = Zn^{2+}(aq) + 2I^{-}(aq)$																																	
حالة الجملة	التقدم	كمية المادة بالمول mol																																	
إبتدائية	0	$n_0 = \frac{m_0}{M}$	$n_1 = C \cdot V$	0	0																														
إنقالية	$x(t)$	$n_0 - x(t)$	$n_1 - x(t)$	$x(t)$	$2 \cdot x(t)$																														
نهائية	x_{max}	$n_0 - x_{max}$	$n_1 - x_{max}$	x_{max}	$2 \cdot x_{max}$																														

- استنتاج المتفاعل المحد.

من البيان في الحالة النهائية لدينا : $[I_2]_f = 0,05 \text{ mol} \cdot L^{-1} \neq 0$

بما ان التفاعل تام فإن : $n_f(Zn) = 0$ ومنه Zn متفاعل محد .

- حساب قيمة التقدم الأعظمي x_{\max} .

من البيان في الحالة النهائية لدينا $[I_2]_f = 0,05 \text{ mol} \cdot L^{-1}$

بالاستعانة بجدول التقدم نجد: $[I_2]_f = \frac{n_1 - x_{\max}}{V}$ إذن: $x_{\max} = n_1 - [I_2]_f \cdot V$

ومنه : $x_{\max} = 0,02 - 0,05 \times 0,1 = 1,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$

- استنتاج الكتلة الإبتدائية m_0 للزنك النقي المستعمل.

بما أن Zn متفاعل محد فإن : $n_f(Zn) = 0$ إذن : $n_0 - x_{\max} = 0$

أي: $x_{\max} = \frac{m_0}{M}$ إذن: $m_0 = x_{\max} \cdot M$ ومنه:

$$m_0 = 1,5 \times 10^{-2} \times 65,4 = 0,981 \text{ g}$$

3. تعريف درجة النقاوة P : هي النسبة المئوية للمادة النقية بالنسبة للمادة المشوبة (الكلية)

- ايجاد القيمة العددية لدرجة النقاوة.

لدينا $P = 100 \cdot \frac{m_0}{m'}$ وبالتالي : $P = 100 \frac{0,981}{1,3} = 75,5\%$

أ. بيان أن: $[I_2](t_{1/2}) = \frac{C + [I_2]_f}{2}$

لدينا: $[I_2](t_{1/2}) = \frac{n_1 - x(t_{1/2})}{V}$ أي: $[I_2](t_{1/2}) = \frac{2n_1 - x_{\max}}{2V}$

إذن: $[I_2](t_{1/2}) = \frac{1}{2} \left(\frac{n_1 + (n_1 - x_{\max})}{V} \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{n_1}{V} + \frac{n_1 - x_{\max}}{V} \right)$

ومنه : $[I_2](t_{1/2}) = \frac{c + [I_2]_f}{2}$

ب. تحديد قيمة $t_{1/2}$ بيانياً: لدينا: $[I_2](t_{1/2}) = \frac{c + [I_2]_f}{2}$

ومنه: $[I_2](t_{1/2}) = \frac{0,2 + 0,05}{2} = 0,125 \text{ mol} \cdot L^{-1}$

من البيان بالاسقاط نجد: $t_{1/2} \approx 2,3 \text{ min}$

- إيجاد التركيب المولي للمزيج عند اللحظة $t_{1/2}$

لدينا: $x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2}$ أي: $x(t_{1/2}) = \frac{1,5 \times 10^{-2}}{2} = 7,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$

كمية المادة بالمول mol عند اللحظة $t_{1/2}$			
$Zn(s)$	$I_2(aq)$	$Zn^{2+}(aq)$	$I^{-}(aq)$
$n_{Zn}(t_{1/2})$ $= n_0 - x(t_{1/2})$ $= 1,5 \times 10^{-2} - 7,5 \times 10^{-3}$ $= 7,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$	$n_{I_2}(t_{1/2})$ $= n_1 - x(t_{1/2})$ $= 0,02 - 7,5 \times 10^{-3}$ $= 1,25 \times 10^{-2} \text{ mol}$	$n_{Zn^{2+}}(t_{1/2})$ $= x(t_{1/2})$ $= 7,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$	$n_{I^{-}}(t_{1/2})$ $= 2 \cdot x(t_{1/2})$ $= 2 \times 7,5 \times 10^{-3}$ $= 1,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$

4. تعريف السرعة الحجمية للتفاعل $v_{vol}(t)$

هي سرعة التفاعل في وحدة الحجم ونكتب: $v_{vol}(t) = \frac{1}{V} \frac{dx(t)}{dt}$

- حساب السرعة الحجمية الأعظمية.

لدينا: $[I_2](t) = \frac{n_1 - x(t)}{V}$ ومنه: $x(t) = n_1 - V \cdot [I_2](t)$

إذن: $v_{vol}(t) = -\frac{d[I_2](t)}{dt}$ ومنه: $\frac{dx(t)}{dt} = -V \cdot \frac{d[I_2](t)}{dt}$

تكون السرعة الحجمية أعظمية عند اللحظة $t = 0$ وذلك لأن تركيز المتفاعل I_2 أعظمي

إذن: $v_{vol}(t = 0) = -\frac{0 - 0,2}{4,5 - 0} = 4,44 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

- استنتاج سرعة اختفاء شوارد $I^{-}(aq)$

لدينا $v_{I^{-}}(t) = 2 \cdot v(t)$ و $v(t) = V \cdot v_{vol}(t)$

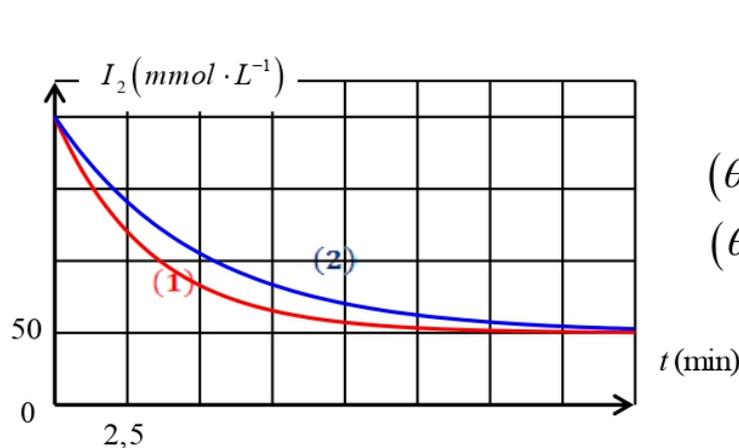
ومنه: $v(t) = 2 \times V \cdot v_{vol}(t)$

$$v_{I^-}(t=0) = 2 \times 0,1 \times 4,44 \times 10^{-2} = 8,88 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \text{ أي:}$$

.II التجربة الثانية: استعمال درجة حرارة $(\theta' < \theta)$.

1. العامل الحركي المدروس: درجة الحرارة.

2. رسم المنحنى $[I_2] = f(t)$ في الحالتين.



عند استعمال $(\theta' < \theta)$

تتقص سرعة التفاعل.

- المنحنى 1 يوافق (θ)

- المنحنى 2 يوافق (θ')

بالتوفيق في شهادة البكالوريا 2021



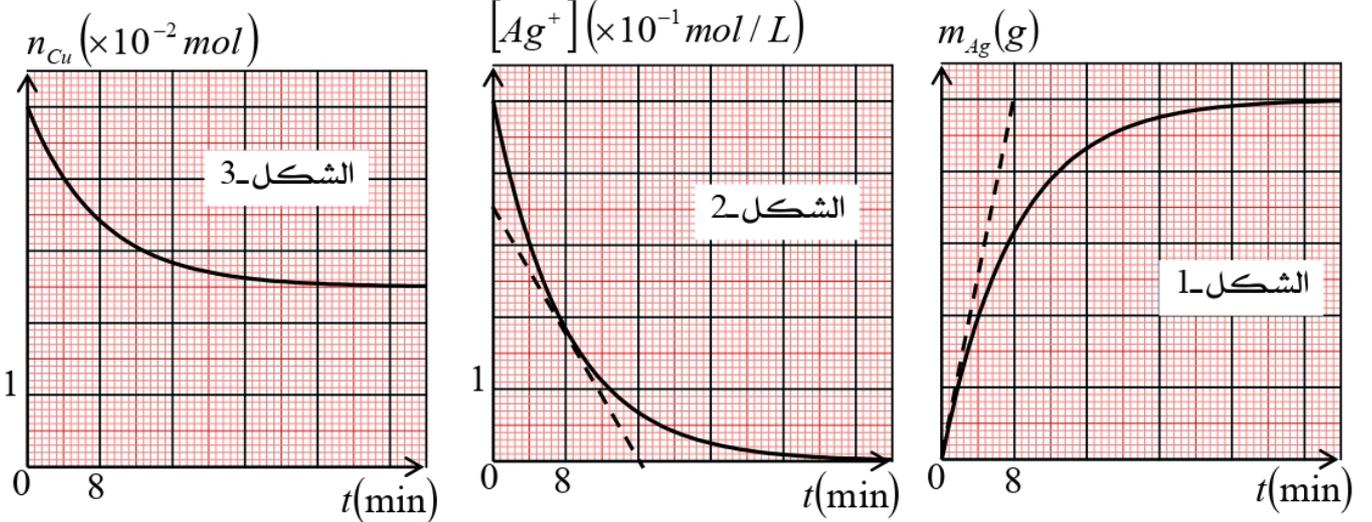
التمرين المقترح رقم 06

لغرض المتابعة الزمنية لتحول كيميائي بطيء و تام نغمر في اللحظة $t = 0$ قطعة من معدن النحاس النقي

$Cu(s)$ كتلتها m_0 في محلول (S_0) لنترات الفضة ($Ag^+ + NO_3^-$) حجمه V_0 وتركيزه المولي c_0 .

الدراسة التجريبية مكنتنا من رسم المنحنيات البيانية $m_{Ag} = f(t)$ و $[Ag^+] = g(t)$ و $n_{Cu} = h(t)$

الموضحة في الشكل-1 و الشكل-2 و الشكل-3 على الترتيب.



1. اكتب المعادلة أكسدة ارجاع بناء على المعادلتين النصفيتين للأكسدة والارجاع .
2. انشئ جدولاً لتقدم هذا التفاعل .
3. اعتماداً على جدول تقدم التفاعل والمنحنيات البيانية :
 - أ . حدد المتفاعل المحد وقيمة التقدم الأعظمي x_{max} .
 - ب . جد قيمة كل من المقادير التالية: m_0 و c_0 و V_0 .
- 4 . جد سلماً مناسباً لمحور الترتيب للمنحنى $m_{Ag} = f(t)$.
- 5 . أ . عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

ب. بين أنه لما $t = t_{1/2}$ يمكن كتابة العبارة: $n_{Cu}(t_{1/2}) = \frac{n_0(Cu) + n_f(Cu)}{2}$ ، ثم استنتج قيمة $t_{1/2}$.

6 . أ. بين أن عبارة سرعة التفاعل $v(t)$ تكتب بالشكل: $v(t) = A \times \frac{dm_{Ag}(t)}{dt}$

حيث A ثابت يطلب إيجاد عبارته .

ب. احسب قيمة سرعة التفاعل $v(t)$ عند اللحظة $t = 0$.

7 . أ. بين أن عبارة السرعة الحجمية للتفاعل $v_{vol}(t)$ تكتب بالشكل: $v_{vol}(t) = -\frac{1}{2} \times \frac{d[Ag^+](t)}{dt}$

ب. احسب قيمتها عند اللحظة $t = 8 \text{ min}$.

المعطيات: $M(Cu) = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ، $M(Ag) = 108 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

الشائيتان المشاركتان في التفاعل: $(Ag^+(aq) / Ag(s))$ ، $(Cu^{2+}(aq) / Cu(s))$.

بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا

العلامة		عناصر الإجابة																				
مجموع	مجزأة																					
		<p align="center">الإجابة المقترحة للتمرين المنشور</p> <p>I-1- كتابة المعادلة أكسدة ارجاع بناء على المعادلتين النصفيتين للأكسدة والارجاع:</p> <p>المعادلة النصفية للأكسدة: $(Cu^{2+}(aq) / Cu(s)): Cu(s) = Cu^{2+}(aq) + 2e^{-}$</p> <p>المعادلة النصفية للارجاع: $(Ag^{+}(aq) / Ag(s)): (Ag^{+}(aq) + e^{-} = Ag(s)) \times 2$</p> <p>معادلة أكسدة ارجاع: $Cu(s) + 2Ag^{+}(aq) = Cu^{2+}(aq) + 2Ag(s)$</p> <p align="right">2- جدول تقدم التفاعل:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>المعادلة</th> <th colspan="4">$Cu(s) + 2Ag^{+}(aq) = Cu^{2+}(aq) + 2Ag(s)$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>الحالة الابتدائية</td> <td>n_{01}</td> <td>n_{02}</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>الحالة الانتقالية</td> <td>$n_{01} - x(t)$</td> <td>$n_{02} - 2x(t)$</td> <td>$x(t)$</td> <td>$2x(t)$</td> </tr> <tr> <td>الحالة النهائية</td> <td>$n_{01} - x_{max}$</td> <td>$n_{02} - 2x_{max}$</td> <td>x_{max}</td> <td>$2x_{max}$</td> </tr> </tbody> </table> <p>3- أ- تحديد المتفاعل المحد: من منحنى الشكل 2 نجد $[Ag^{+}]_f = 0$</p> <p>أي: شوارد (Ag^{+}) هي المتفاعل المحد</p> <p>أو من منحنى الشكل 3 نجد: $n_f(Cu) \neq 0$ أي: $Cu(s)$ موجود بوفرة في نهاية التفاعل، إذن (Ag^{+}) هي المتفاعل المحد.</p> <p>- قيمة التقدم الأعظمي x_{max}: لدينا من جدول تقدم التفاعل: $n_f(Cu) = n_{01} - x_{max}$</p> <p>ومنه: $x_{max} = n_{01} - n_f(Cu)$</p> <p>حيث من منحنى الشكل 3 نجد: $n_{01} = 5 \times 10^{-2} mol$ و $n_f(Cu) = 2,5 \times 10^{-2} mol$</p> <p>ت-ع: $x_{max} = 5 \times 10^{-2} - 2,5 \times 10^{-2} = 2,5 \times 10^{-2} mol$ أي: $x_{max} = 2,5 \times 10^{-2} mol$</p>	المعادلة	$Cu(s) + 2Ag^{+}(aq) = Cu^{2+}(aq) + 2Ag(s)$				الحالة الابتدائية	n_{01}	n_{02}	0	0	الحالة الانتقالية	$n_{01} - x(t)$	$n_{02} - 2x(t)$	$x(t)$	$2x(t)$	الحالة النهائية	$n_{01} - x_{max}$	$n_{02} - 2x_{max}$	x_{max}	$2x_{max}$
المعادلة	$Cu(s) + 2Ag^{+}(aq) = Cu^{2+}(aq) + 2Ag(s)$																					
الحالة الابتدائية	n_{01}	n_{02}	0	0																		
الحالة الانتقالية	$n_{01} - x(t)$	$n_{02} - 2x(t)$	$x(t)$	$2x(t)$																		
الحالة النهائية	$n_{01} - x_{max}$	$n_{02} - 2x_{max}$	x_{max}	$2x_{max}$																		

ب- إيجاد قيمة كل من المقادير التالية:

-قيمة m_0 : لدينا: $n_{01} = \frac{m_0}{M(Cu)}$

ومنه: $m_0 = 3,2g$ أي: $m_0 = n_{01} \times M(Cu) = 5 \times 10^{-2} \times 63,5 = 3,2g$

-قيمة c_0 : لدينا من منحنى الشكل-2: $c_0 = [Ag^+]_0 = 5 \times 10^{-1} mol/L$

-قيمة V_0 : نعلم أن: شوارد (Ag^+) هي المتفاعل المحد ومنه: $c_0 V_0 - 2x_{max} = 0$

ومنه: $V_0 = \frac{2x_{max}}{c_0} = \frac{2 \times 2,5 \times 10^{-2}}{5 \times 10^{-1}} = 10^{-1} L = 100 mL$ أي: $V_0 = 10^{-1} L = 100 mL$

4- إيجاد سلما مناسباً لمحور الترتيب للمنحنى $m_{Ag} = f(t)$:

لدينا من جدول تقدم التفاعل: $n_f(Ag) = 2x_{max}$ ومنه: $\frac{m_f(Ag)}{M(Ag)} = 2x_{max}$

ومنه: $m_f(Ag) = 2x_{max} \times M(Ag) = 2 \times 2,5 \times 10^{-2} \times 108 = 5,4g$

أي: $m_f(Ag) = 5,4g$

وعليه: $1cm \rightarrow \frac{5,4g \times 1cm}{5cm} = 1,08g$ أي: $1cm \rightarrow 1,08g$

5- أ- تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$: هو المدة الزمنية الضرورية لبلوغ تقدم التفاعل إلى

نصف تقدمه الأعظمي ونكتب: $x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2}$

ب- تبيان أنه لما $t = t_{1/2}$ يمكن كتابة العبارة التالية: $n_{Cu}(t_{1/2}) = \frac{n_0(Cu) + n_f(Cu)}{2}$

لدينا من جدول تقدم التفاعل: $n_{Cu}(t) = n_{01}(Cu) - x(t)$

$$\text{لما } t = t_{1/2} \text{ نجد: } n_{Cu}(t_{1/2}) = n_{01}(Cu) - x(t_{1/2}) \text{ ومنه: } n_{Cu}(t_{1/2}) = n_{01}(Cu) - \frac{x_{\max}}{2}$$

$$\text{ومنه: (1) } n_{Cu}(t_{1/2}) = \frac{2n_{01}(Cu) - x_{\max}}{2}$$

$$\text{لما } t = t_f \text{ نجد: } n_f(Cu) = n_{01}(Cu) - x_{\max} \text{ ومنه: } x_{\max} = n_{01}(Cu) - n_f(Cu)$$

$$\text{بالتعويض في (1) نجد: } n_{Cu}(t_{1/2}) = \frac{n_{01}(Cu) + n_f(Cu)}{2} \text{ وهو المطلوب.}$$

$$\text{حيث: } n_{Cu}(t_{1/2}) = \frac{5 \times 10^{-2} + 2,5 \times 10^{-2}}{2} = 3,75 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

استنتاج قيمة $t_{1/2}$ زمن نصف التفاعل: $t_{1/2}$ يمثل فاصلة الترتيبية $n_{Cu}(t_{1/2}) = 3,75 \times 10^{-2} \text{ mol}$

بالاسقاط على المنحنى الشكل-3 نجد: $t_{1/2} = 5,6 \text{ min}$

$$\text{6- أ- تبيان أن عبارة } v(t) \text{ سرعة التفاعل تكتب بالشكل: } v(t) = A \times \frac{dm_{Ag}(t)}{dt}$$

$$\text{يطلب إيجاد عبارة } A \text{ . نعلم أن: } v(t) = \frac{dx(t)}{dt} \dots (I)$$

$$\text{ومن جدول تقدم التفاعل نجد: } n_{Ag}(t) = 2x(t) \text{ ومنه: } x(t) = \frac{n_{Ag}(t)}{2} = \frac{m_{Ag}(t)}{2M(Ag)}$$

$$\text{بالتعويض في عبارة (I) نجد: } v(t) = \frac{d\left(\frac{m_{Ag}(t)}{2M(Ag)}\right)}{dt} = \frac{1}{2M(Ag)} \times \frac{dm_{Ag}(t)}{dt}$$

$$\text{إذن: } v(t) = \frac{1}{2M(Ag)} \times \frac{dm_{Ag}(t)}{dt} \text{ أي عبارة الثابت } A = \frac{1}{2M(Ag)}$$

ب- إيجاد قيمة سرعة التفاعل $v(t)$ عند اللحظة $t = 0$

بالاعتماد على منحنى الشكل-1 نجد:

$$v(0) = \frac{1}{2M(Ag)} \times \left. \frac{dm_{Ag}(t)}{dt} \right|_{t=0} = \frac{1}{2 \times 108} \times \left(\frac{5,4 - 0}{8 - 0} \right) = 3,1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\text{أي: } v(0) = 3,1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

7-أ- تبيان أن عبارة السرعة الحجمية للفاعل $v_{vol}(t)$

$$v_{vol}(t) = \frac{-1}{2} \times \frac{d[Ag^+](t)}{dt} \quad \text{تكتب بالشكل:}$$

$$v_{vol}(t) = \frac{1}{V} \times \frac{dx(t)}{dt} \quad \dots (II) \quad \text{نعلم أن:}$$

$$n_{Ag^+}(t) = n_{02}(Ag^+) - 2x(t) \quad \text{ومن جدول تقدم التفاعل نجد:}$$

$$x(t) = \frac{n_{02}(Ag^+) - n_{Ag^+}(t)}{2} \quad \text{ومنه:}$$

$$v_{vol}(t) = \frac{1}{V} \times \frac{d\left(\frac{n_{02}(Ag^+) - n_{Ag^+}(t)}{2}\right)}{dt} \quad \text{بالتعويض في العلاقة (II) نجد:}$$

$$= -\frac{1}{2V} \times \frac{dn_{Ag^+}(t)}{dt}$$

$$n_{Ag^+}(t) = [Ag^+](t)V \quad \text{ونعلم أن:}$$

$$v_{vol}(t) = -\frac{1}{2V} \times \frac{d([Ag^+](t)V)}{dt} = -\frac{1}{2} \times \frac{d[Ag^+](t)}{dt} \quad \text{ومنه:}$$

ب- إيجاد قيمة $v_{vol}(t)$ عند اللحظة $t = 8 \text{ min}$

بالاعتماد على منحنى الشكل 2- نجد:

$$v_{vol}(8 \text{ min}) = -\frac{1}{2} \times \frac{d[Ag^+](t)}{dt} \Big|_{t=8 \text{ min}} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0-3,5}{16-0} \right) \times 10^{-1} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$v_{vol}(8 \text{ min}) = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \quad \text{أي:}$$

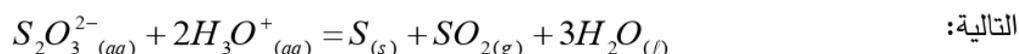
بالتوفيق في شهادة البكالوريا 2021



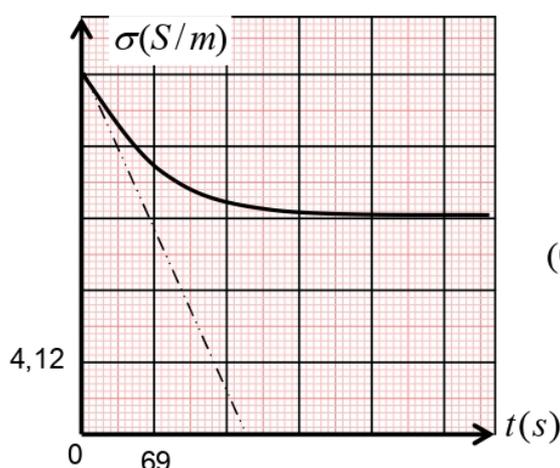
التمرين المقترح رقم 07:

لدراسة حركية تطور التحول الكيميائي بين محلول ثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+_{(aq)} + S_2O_3^{2-}_{(aq)})$ ومحلول حمض كلور الماء $(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$.

في اللحظة $t = 0$ نمزج حجماً $V_1 = 480 \text{ mL}$ من محلول ثيوكبريتات الصوديوم تركيزه المولي $c_1 = 0,5 \text{ mol/L}$ مع حجم $V_2 = 20 \text{ mL}$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي $c_2 = 5,0 \text{ mol/L}$. نمذج التحول الحادث بالمعادلة الكيميائية



1. كيف نصنف هذا التفاعل من حيث مدة استغراقه؟
2. أ. اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع الموافقتين لهذا التفاعل.
ب. حدّد الثنائيتين Ox / Red المشاركتين في التفاعل.
3. أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل.
4. حدّد المتفاعل المحد.
5. إن متابعة التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية للمزيج التفاعلي مكنت من رسم بيان الشكل (01) والممثل لتغيرات



الشكل (01)

الناقلية النوعية بدلالة الزمن $\sigma = f(t)$.

- علّل دون حساب تناقص الناقلية النوعية.

6. تعطى الناقلية النوعية للمزيج التفاعلي عند لحظة t بالعلاقة: $\sigma(t) = 20,6 - 170x(t)$

أ- عرّف السرعة الحجمية للتفاعل.

ب- بيّن أن السرعة الحجمية للتفاعل تكتب بالشكل: $v_{vol}(t) = -\frac{1}{170V} \times \frac{d\sigma(t)}{dt}$

حيث V حجم الوسط التفاعلي المعتبر ثابتا.

ج- احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 0$.

د- فيّتر على المستوى المجهري تناقص هذه السرعة مع مرور الزمن.

هـ- عرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ثم حدّد قيمته بيانيا. ما أهميته؟

بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا

العلامة		عناصر الإجابة						
مجموع	مجزأة							
		<u>الإجابة المقترحة للتمرين المنشور</u>						
		1. هذا التحول بطيء لأنه يدوم عدة دقائق.						
		2. أ. المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع الموافقتين لهذا التفاعل.						
		$S_2O_3^{2-}(aq) + 3H_2O(l) = 2SO_2(g) + 2H_3O^+(aq) + 4e^-$ م ن أ :						
		$S_2O_3^{2-}(aq) + 6H_3O^+(aq) + 4e^- = 2S(s) + 9H_2O(l)$ م ن إ :						
		<hr/>						
		$S_2O_3^{2-}(aq) + 2H_3O^+(aq) = S(s) + SO_2(g) + 3H_2O(l)$ م أ إ :						
		ب. الثنائيتين <i>Ox / Red</i> المشاركتين في التفاعل.						
		$(SO_2(g) / S_2O_3^{2-}(aq)) , (S_2O_3^{2-}(aq) / S(s))$						
		3. جدول تقدم التفاعل:						
		المعادلة		$S_2O_3^{2-}(aq) + 2H_3O^+(aq) = S(s) + SO_2(g) + 3H_2O(l)$				
		حالة الجملة	التقدم	كميات المادة بـ (mol)				
		ابتدائية	$x = 0$	n_{01}	n_{02}	0	0	توقف
		انتقالية	x	$n_{01} - x$	$n_{02} - 2x$	x	x	
		نهائية	x_{max}	$n_{01} - x_{max}$	$n_{02} - 2x_{max}$	x_{max}	x_{max}	
		4. المتفاعل المحد. $S_2O_3^{2-}(aq) + H_2O(l) = 2SO_2(g) + 2H_3O^+(aq) + 4e^-$						
		$n_{01} - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = n_{01} = c_1 \cdot V_1 = 0,5 \times 0,480 = 0,24 mol$						
		$n_{02} - 2x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = \frac{n_{02}}{2} = \frac{c_2 \cdot V_2}{2} = \frac{5 \times 0,02}{2} = 0,05 mol$						
		ومنه المتفاعل المحد هو $H_3O^+(aq)$						
		قيمة التقدم الأعظمي $x_{max} = 0,05 mol$:						

5. تتناقص الناقلية بسبب اختفاء شوارد: H_3O^+ ، $S_2O_3^{2-}$

6.أ- تعريف السرعة الحجمية للتفاعل : هي مقدار تغير تقدم التفاعل بدلالة الزمن في وحدة

$$v_{vol}(t) = \frac{1}{V} \times \frac{dx(t)}{dt}$$

الحجوم وتعطى بالعلاقة:

ب- برهان أن السرعة الحجمية للتفاعل تكتب بالشكل: $v_{vol}(t) = -\frac{1}{170V} \times \frac{d\sigma(t)}{dt}$

$$v_{vol} = -\frac{1}{170V} \times \frac{d\sigma(t)}{dt} \Leftrightarrow \frac{dx}{dt} = -\frac{1}{170} \times \frac{d\sigma(t)}{dt} \Leftrightarrow x = \frac{20,6 - \sigma(t)}{170}$$

أو من العبارة $\sigma(t) = 20,6 - 170x(t)$ نجد $\frac{d\sigma(t)}{dt} = -170 \frac{dx(t)}{dt}$

ومنه: $v_{vol} = -\frac{1}{170V} \times \frac{d\sigma(t)}{dt} \Leftrightarrow \frac{d\sigma(t)}{dt} = -170 \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} = -170 \times v_{vol}(t)$

ج- حساب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 0$.

$$v_{vol}(t = 0) = \frac{1}{170 \times 0,5 \times 10^{-3}} \times \frac{0 - 5 \times 4,12}{158,7 - 0}$$

$$= 1,53 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1} = 1,53 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

د- التفسير على المستوى المجهرى تناقص هذه السّعة مع مرور الزمن.

نلاحظ أن: قيمة السرعة الحجمية للتفاعل تتناقص بمرور الزمن خلال التفاعل بسبب تناقص

تراكيز المتفاعلات أثناء التطور .

التفسير: تناقص تركيز المتفاعلات يقود إلى تناقص التصادمات الفعالة و بالتالي تناقص

السرعة الحجمية للتفاعل .

هـ- تعريف زمن نصف التفاعل: هو الزمن اللازم لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته النهائية.

$$\text{ونكتب: } x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$$

$$\sigma(t_{1/2}) = 20,6 - 170 \times 0,025 = 16,35 S/m \quad \text{قيمته بيانياً:}$$

$$t_{1/2} = 48,3s \quad \text{بالاسقاط على المنحنى نجد:}$$

$$\sigma(t_{1/2}) = \frac{\sigma_0 + \sigma_f}{2} = \frac{4,12 \times 5 + 12,57}{2} = 16,58 \quad S/m$$

$$t_{1/2} = 48,3s \quad \text{بالاسقاط على المنحنى نجد:}$$

ملاحظة: تقبل القيم القريبة من هذه القيمة.

أهميته: - المقارنة بين تفاعلين من ناحية السرعة.

- تحديد القيمة التقريبية لمدة التفاعل (من $4t_{1/2}$ إلى $7t_{1/2}$)

بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا



التمرين المقترح رقم 8 :

لمتابعة تطور التحول الكيميائي بين شوارد اليود $I^-(aq)$ و شوارد بيروكسو ديكبريتات $S_2O_8^{2-}(aq)$

نمزج عند اللحظة $t = 0$ ، حجما V_1 من محلول مائي لبيروكسو ديكبريتات البوتاسيوم

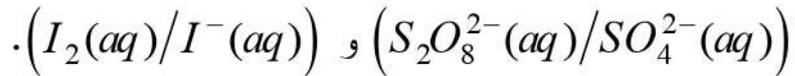
$(2K^+ + S_2O_8^{2-})(aq)$ تركيزه المولي c_1 مع حجم $V_2 = 200mL$ من محلول مائي ليود البوتاسيوم

$(K^+ + I^-)(aq)$ تركيزه المولي c_2 .

المتابعة الزمنية لتغيرات كمية مادة $n_{I^-}(t)$ المتبقية في الوسط التفاعلي في لحظات مختلفة، مكنتنا

من رسم البيان المبين في الوثيقة 01.

1. إذا علمت أن الثنائيتين الداخلتين في التفاعل هما:



أ. اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والارجاع ثم استنتج معادلة التفاعل أكسدة - إرجاع المنمذج

للتحول الكيميائي الحاصل.

ب. أنجز جدولاً لتقدم هذا التفاعل.

2. اعتماداً على البيان:

أ. استنتج c_2 التركيز المولي لمحلول يود البوتاسيوم.

ب. حدد المتفاعل المحدد علما أن التفاعل تام.

ج. استنتج x_{\max} قيمة التقدم الأعظمي.

3.أ. استنتج بيانيا v_{I^-} قيمة سرعة اختفاء شوارد اليود $I^-(aq)$ عند اللحظة $t = 1 \text{ min}$.

ب. جد V_T قيمة الحجم الكلي للوسط التفاعلي علما أن قيمة السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة

$$v_{\text{vol}}(t = 1 \text{ min}) = 9,1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ هي } t = 1 \text{ min}$$

ج. استنتج V_1 قيمة حجم محلول بيروكسو ديكبريتات البوتاسيوم و تركيزه المولي c_1 .

4.أ. عرف $t_{1/2}$ زمن نصف التفاعل.

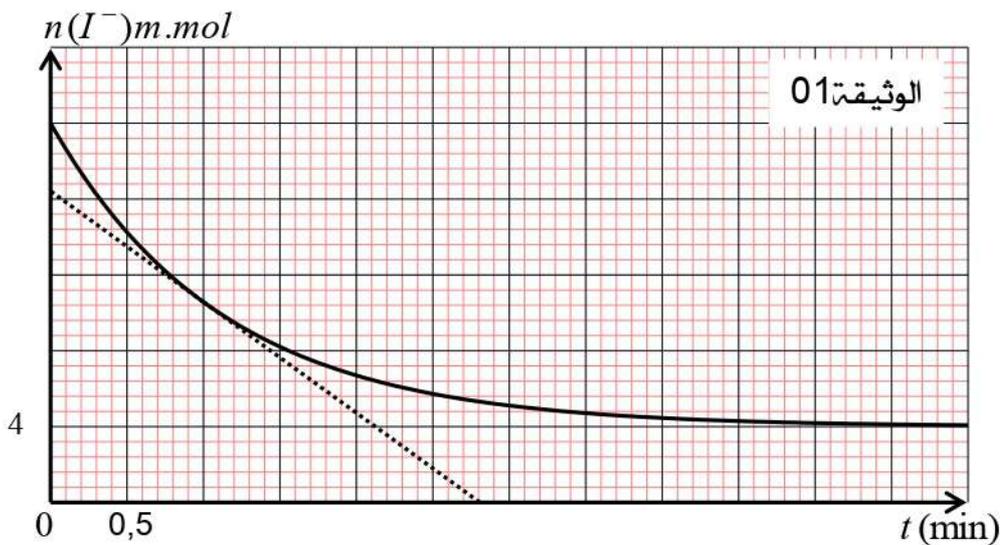
ب. بين أن كمية مادة شوارد اليود $n_{I^-}(t_{1/2})$ عند اللحظة $t_{1/2}$ تعطى بالعلاقة:

$$n_{I^-}(t_{1/2}) = \frac{n_0(I^-) + n_f(I^-)}{2}$$

حيث: $n_0(I^-)$ كمية مادة شوارد اليود الابتدائية في الوسط التفاعلي.

$n_f(I^-)$ كمية مادة شوارد اليود المتبقية في الوسط التفاعلي عند نهاية التفاعل.

ج. استنتج قيمة $t_{1/2}$ بيانيا.



بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا

العلامة		عناصر الإجابة																																	
مجموع	مجزأة																																		
		<u>الإجابة المقترحة للتمرين المنشور رقم 08</u>																																	
		<p>1. أ. معادلة التفاعل الحادث بين الثنائيتين: (I_2 / I^-) ، $(S_2O_8^{2-} / SO_4^{2-})$:</p> <p>م ن أ : $(I_2 / I^-) : 2I^-(aq) = I_2(aq) + 2e^-$</p> <p>م ن إ : $(S_2O_8^{2-} / SO_4^{2-}) : S_2O_8^{2-}(aq) + 2e^- = 2SO_4^{2-}(aq)$</p> <p>م أ إ : $S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$</p> <p>ب. جدول تقدم التفاعل:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">المعادلة</th> <th colspan="4">$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$</th> </tr> <tr> <th>الحالة</th> <th>التقدم</th> <th colspan="4">كميات المادة ب :</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>الابتدائية</td> <td>0</td> <td>$n_0(S_2O_8^{2-})$</td> <td>$n_0(I^-)$</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>الانتقالية</td> <td>$x(t)$</td> <td>$n_0(S_2O_8^{2-}) - x(t)$</td> <td>$n_0(I^-) - 2x(t)$</td> <td>$2x(t)$</td> <td>$x(t)$</td> </tr> <tr> <td>النهائية</td> <td>x_f</td> <td>$n_0(S_2O_8^{2-}) - x_f$</td> <td>$n_0(I^-) - 2x_f$</td> <td>$2x_f$</td> <td>x_f</td> </tr> </tbody> </table>				المعادلة		$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$				الحالة	التقدم	كميات المادة ب :				الابتدائية	0	$n_0(S_2O_8^{2-})$	$n_0(I^-)$	0	0	الانتقالية	$x(t)$	$n_0(S_2O_8^{2-}) - x(t)$	$n_0(I^-) - 2x(t)$	$2x(t)$	$x(t)$	النهائية	x_f	$n_0(S_2O_8^{2-}) - x_f$	$n_0(I^-) - 2x_f$	$2x_f$	x_f
المعادلة		$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$																																	
الحالة	التقدم	كميات المادة ب :																																	
الابتدائية	0	$n_0(S_2O_8^{2-})$	$n_0(I^-)$	0	0																														
الانتقالية	$x(t)$	$n_0(S_2O_8^{2-}) - x(t)$	$n_0(I^-) - 2x(t)$	$2x(t)$	$x(t)$																														
النهائية	x_f	$n_0(S_2O_8^{2-}) - x_f$	$n_0(I^-) - 2x_f$	$2x_f$	x_f																														
		<p>2. اعتمادا على البيان:</p> <p>أ. استنتاج التركيز المولي c_2 لمحلول يود البوتاسيوم:</p> <p>من البيان عند اللحظة $t = 0$ نقرأ: $n_0(I^-) = 20 \times 10^{-3} mol$</p> <p>ومنه: $n_0(I^-) = c_2 \cdot V_2 \Rightarrow c_2 = \frac{n_0(I^-)}{V_2} = \frac{20 \times 10^{-3}}{200 \times 10^{-3}} = 0,1 mol \cdot L^{-1}$</p> <p>ب. تحديد المتفاعل المحد: المتفاعل المحد هو المتفاعل الذي تنتهي كمية مادته أولا.</p> <p>من البيان: $n_f(I^-) = 4 \times 10^{-3} mol \neq 0$</p> <p>هذا يدل على أن $I^-(aq)$ ليس متفاعل محد</p> <p>لكن التفاعل تام ومنه: $S_2O_8^{2-}(aq)$ هو المتفاعل المحد.</p>																																	

ج. استنتاج x_{\max} قيمة التقدم الأعظمي:

من جدول التقدم: $n_f(I^-) = n_0(I^-) - 2x_{\max}$

من المنحني البياني: $n_f(I^-) = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$$n_0(I^-) - 2x_{\max} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\Rightarrow x_{\max} = \frac{n_0(I^-) - 4 \times 10^{-3}}{2} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad \text{ومنه:}$$

3. أ. استنتاج قيمة سرعة اختفاء شوارد اليود $I^-(aq)$ عند اللحظة $t = 1 \text{ min}$:

$$v_{I^-}(t) = -\frac{dn_{I^-}(t)}{dt} \quad \text{لدينا:}$$

$$\frac{dn_{I^-}(t)}{dt} \text{ تمثل ميل المماس للمنحني البياني } n_{I^-} = f(t)$$

$$v_{I^-}(t = 1 \text{ min}) = -\frac{dn_{I^-}(t = 1 \text{ min})}{dt}$$

$$= -\frac{(0 - 16,4) \times 10^{-3}}{2,8 - 0} = 5,86 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

تقبل القيم القريبة

ب. إيجاد قيمة الحجم الكلي V_T للوسط التفاعلي:

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} \quad \text{نعلم أن:}$$

من جدول التقدم: $n_{I^-}(t) = n_0(I^-) - 2x(t)$

$$\frac{dn_{I^-}(t)}{dt} = -2 \cdot \frac{dx(t)}{dt} \quad \text{باشتقاق طرفي المعادلة بالنسبة للزمن نجد:}$$

$$\frac{dx(t)}{dt} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{dn_{I^-}(t)}{dt} \quad \text{ومنه:}$$

$$\frac{1}{V_T} \cdot \frac{dx(t)}{dt} = -\frac{1}{2 \cdot V_T} \cdot \frac{dn_{I^-}(t)}{dt} \quad \text{بالقسمة على الحجم الكلي للمزيج } V_T \text{ نجد:}$$

$$V_T = \frac{v_{I^-}(t)}{2 \cdot v_{vol}(t)} \quad \text{إذا } v_{vol}(t) = \frac{1}{2} \cdot \frac{v_{I^-}(t)}{V_T} \quad \text{ومنه:}$$

$$V_T = \frac{v_{I^-}(t = 1 \text{ min})}{2 \cdot v_{vol}(t = 1 \text{ min})} = \frac{5,86 \times 10^{-3}}{2 \cdot 9,1 \times 10^{-3}} \approx 0,3 \text{ L} = 300 \text{ mL} \quad \text{ومنه:}$$

ج. استنتاج قيمة الحجم V_1 لمحلول بيروكسوديكبريتات البوتاسيوم:
لدينا: $V_T = V_1 + V_2$ ومنه $V_1 = V_T - V_2$ و عليه: $V_1 = 100mL$.
استنتاج التركيز المولي c_1 :

لدينا: $S_2O_8^{2-}(aq)$ هو المتفاعل المحد: ومنه:

$$n_0(S_2O_8^{2-}) - x_{\max} = 0 \Rightarrow c_1 \cdot V_1 - x_{\max} = 0$$

$$c_1 = \frac{x_{\max}}{V_1} = \frac{8 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-3}} = 8,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1} \text{ ومنه:}$$

4.أ. تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

هو المدة الزمنية اللازمة لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته النهائية (الأعظمية إذا كان

التفاعل تاما) ونكتب: $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$

$$b. \text{ بيان أن: } n_{I^-}(t_{1/2}) = \frac{n_0(I^-) + n_f(I^-)}{2}$$

من جدول التقدم: لدينا: $n_{I^-}(t) = n_0(I^-) - 2x(t)$

ومنه:

$$n_{I^-}(t_{1/2}) = n_0(I^-) - 2x(t_{1/2}) \Rightarrow n_{I^-}(t_{1/2}) = n_0(I^-) - 2 \frac{x_{\max}}{2}$$

$$n_f(I^-) = n_0(I^-) - 2x_{\max} \Rightarrow x_{\max} = \frac{n_0(I^-) - n_f(I^-)}{2} \text{ و لدينا:}$$

بالتعويض في العلاقة السابقة نجد:

$$n_{I^-}(t_{1/2}) = n_0(I^-) - \frac{n_0(I^-) - n_f(I^-)}{2} = \frac{n_0(I^-) + n_f(I^-)}{2}$$

و هو المطلوب.

ج. استنتاج قيمة $t_{1/2}$ بيانيا:

بالاعتماد على العلاقة السابقة

$$\text{نجد: } n_{I^-}(t_{1/2}) = \frac{n_0(I^-) + n_f(I^-)}{2} = \frac{(20 + 4)}{2} = 12 \text{ mmol}$$

بالاسقاط والقراءة نقرأ: $t_{1/2} = 0,8 \text{ min}$



التمرين المقترح رقم 09 :

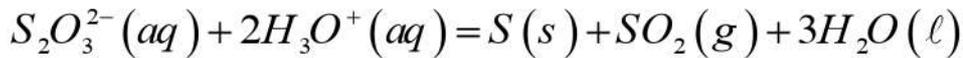
لمتابعة تطور التحول الكيميائي بين شوارد الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}(aq)$ وشوارد الهيدرونيوم

$H_3O^+(aq)$ ، نمزج في اللحظة $t = 0$ حجما $V_1 = 100mL$ من محلول ثيوكبريتات الصوديوم

$(2Na^+ + S_2O_3^{2-})(aq)$ تركيزه المولي $c_1 = 0,04mol \cdot L^{-1}$ مع حجم $V_2 = 100mL$ من حمض

كلور الماء $(H_3O^+ + Cl^-)(aq)$ تركيزه المولي c_2 ، فيحدث تحول كيميائي نمذجته بمعادلة التفاعل

التالية :



المتابعة الزمنية للتحول الحاصل مكنتنا من الحصول على البيان $y = f(t)$ الممثل في الشكل-1

والذي يمثل تغيرات y بدلالة الزمن t حيث: $y = [S_2O_3^{2-}] + [H_3O^+]$

1. هل التحول المدروس سريع أم بطيء ؟ علل.

2. أنجز جدول لتقدم التفاعل الحادث.

3. اعتمادا على جدول التقدم، بين أن عبارة $y(t)$ تكتب بالعبارة: $y(t) = y_0 - \frac{3}{V_T} \cdot x(t)$

$$\text{حيث: } V_T = V_1 + V_2 \text{ و } y_0 = \frac{C_1 \cdot V_1 + C_2 \cdot V_2}{V_T}$$

4.أ. بالاعتماد على البيان والعلاقة السابقة (السؤال-3)، استنتج:

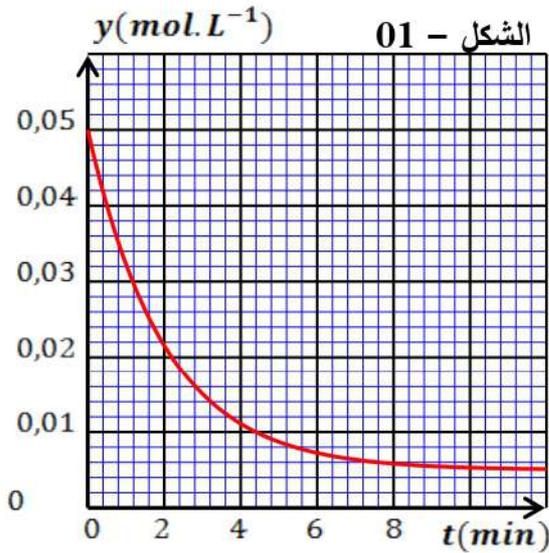
- قيمة c_2 التركيز المولي لحمض كلور الماء.

- التقدم النهائي x_r .

ب. بالاستعانة بجدول التقدم استنتج قيمة x_{max} التقدم الاعظمي ثم قارنه مع x_r ، ماذا تستنتج؟

5. أ. عرف $t_{1/2}$ زمن نصف الفاعل.

ب. بين أن: $y(t_{1/2}) = \frac{y_0 + y_f}{2}$. استنتج قيمة $t_{1/2}$ بيانيا.



6.أ. عرف السرعة الحجمية للتفاعل $v_{vol}(t)$ ، ثم اكتب عبارتها.

ب. بين أن السرعة الحجمية للتفاعل تعطى بالعلاقة التالية:

$$v_{vol}(t) = -\frac{1}{3} \cdot \frac{dy(t)}{dt}$$

ج. احسب السرعة الحجمية للتفاعل $v_{vol}(t)$ عند اللحظتين

$$t_1 = 2 \text{ min} \text{ و } t_2 = 4 \text{ min}$$

د. فسر مجهريا كيفية تطور السرعة الحجمية مع الزمن؟

ه. استنتج سرعة تشكل غاز ثنائي أكسيد الكبريت $v_{SO_2}(t)$ عند اللحظة $t_2 = 4 \text{ min}$.

7. جد التركيب المولي للمزيج التفاعلي عند اللحظة $t_2 = 4 \text{ min}$.

بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا

العلامة		عناصر الإجابة					
مجموع	مجزأة						
		الإجابة المقترحة للتمرين المنشور رقم 09					
		1. تحديد نوع التحول: التحول الحادث يستغرق عدة دقائق لبلوغ حالته النهائية، فهو تحول بطيء.					
		2. جدول التقدم:					
		المعادلة الكيميائية		$S_2O_3^{2-}(aq) + 2H_3O^+(aq) = S(s) + SO_2(g) + 3H_2O(l)$			
		الحالة	التقدم	كمية المادة بالمول (mol)			
		إبتدائية	0	$n_1 = c_1 \cdot V_1$	$n_2 = c_2 \cdot V_2$	0	0
		إنتقالية	$x(t)$	$n_1 - x(t)$	$n_2 - 2x(t)$	$x(t)$	$x(t)$
		نهائية	x_f	$n_1 - x_f$	$n_2 - 2x_f$	x_f	x_f
		3. ايجاد عبارة $y(t)$ بدلالة $x(t)$.					
		من جدول التقدم:					
		لدينا: $[S_2O_3^{2-}](t) = \frac{n_1 - x(t)}{V_T}$ و $[H_3O^+](t) = \frac{n_2 - 2x(t)}{V_T}$					
		إذن: $y(t) = [S_2O_3^{2-}](t) + [H_3O^+](t)$					
		وبالتالي: $y(t) = \frac{n_1 - x(t)}{V_T} + \frac{n_2 - 2x(t)}{V_T}$					
		أي: $y(t) = \frac{n_1 + n_2 - 3x(t)}{V_T}$ ، ومنه: $y(t) = \frac{c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2}{V_T} - \frac{3}{V_T} x(t)$					
		من الشكل: $y(t) = y_0 - \frac{3}{V_T} \cdot x(t)$					
		حيث: $V_T = V_1 + V_2$ و $y_0 = \frac{c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2}{V_T}$					

4. أ. استنتاج قيمة التركيز المولي لحمض كلور الماء c_2 .

من البيان لما: $t = 0$ نجد: $y_0 = 0,05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

ولدينا: $y_0 = \frac{c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2}{V_T}$ أي: $c_2 = \frac{y_0 \cdot V_T - c_1 \cdot V_1}{V_2}$.

ومنه: $c_2 = \frac{0,05 \times 0,2 - 0,04 \times 0,1}{0,1} = 0,06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

- استنتاج التقدم النهائي x_f .

من البيان في الحالة النهائية نجد: $y_f = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

ولدينا: $y_f = y_0 - \frac{3}{V_T} \cdot x_f$ أي: $x_f = \frac{V_T}{3} (y_0 - y_f)$.

ومنه: $x_f = \frac{0,2}{3} (0,05 - 0,005) = 3,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$.

ب. استنتاج x_{\max} قيمة التقدم الاعظمي.

لدينا: $\frac{n_1}{1} = c_1 \cdot V_1 = 0,04 \times 0,1 = 4,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$.

و $\frac{n_2}{2} = \frac{c_2 \cdot V_2}{2} = \frac{0,06 \times 0,1}{2} = 3,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$.

نلاحظ أن: $\frac{n_2}{2} < \frac{n_1}{1}$ ، إذن التقدم الأعظمي هو: $x_{\max} = 3,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$.

المقارنه والاستنتاج : نلاحظ أن $x_{\max} = x_f$ ومنه نستنتج أن التفاعل الحادث تام

و المتفاعل المحد هو H_3O^+ .

5.أ. تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

هو المدة الزمنية اللازمة لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته النهائية (الأعظمية إذا كان

التفاعل تاما) ونكتب: $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$.

ب. إثبات أن: $y(t_{1/2}) = \frac{y_0 + y_f}{2}$.

لدينا: $y(t_{1/2}) = y_0 - \frac{3}{V_T} \cdot x(t_{1/2})$ وبالتالي: $y(t_{1/2}) = y_0 - \frac{3}{V_T} \cdot \frac{x_f}{2}$.

إذن: $y(t_{1/2}) = \frac{2y_0 - \frac{3}{V_T} \cdot x_f}{2}$ ، أي: $y(t_{1/2}) = \frac{y_0 + \left(y_0 - \frac{3}{V_T} \cdot x_f\right)}{2}$ ، ومنه $y(t_{1/2}) = \frac{y_0 + y_f}{2}$

استنتاج قيمة $t_{1/2}$ بيانياً.

لدينا: $y(t_{1/2}) = \frac{0,05 + 0,005}{2} = 2,75 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

من البيان بالاسقاط نقرأ: $t_{1/2} = 1,4 \text{ min}$

6.أ. تعريف السرعة الحجمية للتفاعل $v_{vol}(t)$ ، ثم كتابة عبارتها.

هي سرعة التفاعل في وحدة الحجم، وتعطى عبارتها بـ: $v_{vol}(t) = \frac{1}{V_T} \cdot \frac{dx(t)}{dt}$

ب. بيان أن: $v_{vol}(t) = -\frac{1}{3} \cdot \frac{dy(t)}{dt}$

لدينا: $y(t) = y_0 - \frac{3}{V_T} \cdot x(t)$ أي: $x(t) = \frac{V_T}{3}(y_0 - y(t))$

وبالتالي: $\frac{dx(t)}{dt} = -\frac{V_T}{3} \frac{dy(t)}{dt}$

إذن: $v_{vol}(t) = \frac{1}{V_T} \cdot \frac{dx(t)}{dt} = \frac{1}{V_T} \left(-\frac{V_T}{3} \cdot \frac{dy(t)}{dt} \right)$

ومنه: $v_{vol}(t) = -\frac{1}{3} \cdot \frac{dy(t)}{dt}$

حيث $\frac{dy(t)}{dt}$ يمثل ميل مماس البيان عند اللحظة t .

ج. حساب السرعة الحجمية للتفاعل $v_{vol}(t)$

عند اللحظة $t_1 = 2 \text{ min}$

$v_{vol}(t = 2 \text{ min}) = -\frac{1}{3} \cdot \frac{0,021 - 0,037}{2 - 0} = 2,67 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

- عند اللحظة $t_2 = 4 \text{ min}$.

$$v_{vol}(t = 4 \text{ min}) = -\frac{1}{3} \cdot \frac{0,011 - 0,022}{4 - 0} = 9,17 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

د. التفسير المجهري لكيفية تطور السرعة الحجمية مع الزمن:

- نلاحظ أن: $v_{vol}(t = 4 \text{ min}) < v_{vol}(t = 2 \text{ min})$ ، ومنه نستنتج أن:

السرعة الحجمية للتفاعل تكون أعظمية $t = 0$ عند اللحظة وتتناقص بمرور الزمن إلى أن تنعدم في نهاية التفاعل بسبب تناقص تراكيز المتفاعلات (عامل حركي).
- تتناقص سرعة التفاعل بمرور الزمن لتتناقص تواتر التصادمات الفعالة بين المتفاعلات.

ه. استنتاج سرعة تشكل غاز ثنائي أكسيد الكبريت $v_{SO_2}(t)$ عند اللحظة

$$.t_2 = 4 \text{ min}$$

لدينا: $\frac{v_{SO_2}(t)}{1} = v(t)$ و $v_{vol}(t) = \frac{v(t)}{V_T}$ إذن: $v_{SO_2}(t) = V_T \cdot v_{vol}(t)$

$$. \text{ ومنه: } v_{SO_2}(t = 4 \text{ min}) = 0,2 \times 9,17 \times 10^{-4} = 1,83 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

7. إيجاد التركيب المولي للمزيج التفاعلي عند اللحظة $t_2 = 4 \text{ min}$.

من البيان عند: $t_2 = 4 \text{ min}$ نجد: $y(t = 4 \text{ min}) = 0,011 \text{ mol} \cdot L^{-1}$

لدينا: $y(t = 4 \text{ min}) = y_0 - \frac{3}{V_T} x(t = 4 \text{ min})$ أي:

$$x(t = 4 \text{ min}) = \frac{V_T}{3} (y_0 - y(t = 4 \text{ min}))$$

$$. \text{ وبالتالي: } x(t = 4 \text{ min}) = \frac{0,2}{3} (0,05 - 0,011) = 2,6 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

ومنه :

- $n_{S_2O_3^{2-}}(t = 4 \text{ min}) = n_1 - x(t = 4 \text{ min})$
 $= c_1 V_1 - x(t = 4 \text{ min}) = 0,04 \times 0,1 - 2,6 \times 10^{-3} = 1,4 \times 10^{-3} \text{ mol}$
- $n_{H_3O^+}(t = 4 \text{ min}) = n_2 - 2x(t = 4 \text{ min})$
 $= c_2 V_2 - 2x(t = 4 \text{ min}) = 0,06 \times 0,1 - 2 \times 2,6 \times 10^{-3} = 8,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$
- $n_S(t = 4 \text{ min}) = n_{SO_2}(t = 4 \text{ min}) = x(t = 4 \text{ min}) = 2,6 \times 10^{-3} \text{ mol}$
- $n_{Na^+}(t = 4 \text{ min}) = 2n_1 = 2c_1 V_1 = 2 \times 0,04 \times 0,1 = 8,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$
- $n_{H_3O^+}(t = 4 \text{ min}) = n_2 = c_2 V_2 = 0,06 \times 0,1 = 6,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$



التمرين المقترح رقم 10 :

نريد متابعة التفاعل الكيميائي بين محلول مائي ليود البوتاسيوم (K^+, I^-) ومحلول مائي لبيروكسوثنائي كبريتات البوتاسيوم $(2K^+, S_2O_8^{2-})$.

I - من أجل هذا قمنا بمزج حجم $V_1 = 100mL$ من محلول (S_1) ليود البوتاسيوم تركيزه المولي $C_1 = 0,4mol/L$ مع حجم $V_2 = 100mL$ من محلول (S_2) لبيروكسوثنائي كبريتات البوتاسيوم تركيزه المولي C_2 . وقسمنا المزيج في 10 أنابيب بالتساوي. يبدأ التفاعل عند اللحظة $t = 0$ في كل الأنابيب، حيث يجري في حمام مائي درجة حرارته ثابتة θ_1 .



تابعنا تطوّر هذا التفاعل بمعايرة ثنائي اليود (I_2) الناتج (لونه أسمر بني)، حيث أخرجنا في اللحظة t أنبوبا من الحمام المائي ووضعنا محتواه في بيشر يحتوي على الماء المثلج، وأضفنا له بعض القطرات من صمغ النشأ، ثم عايرنا ثنائي اليود (I_2) الموجود

فيه بواسطة محلول مائي لثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+, S_2O_3^{2-})$ تركيزه المولي $C_3 = 0,02mol/L$. كررنا العملية مع

الأنابيب الأخرى وجمعنا النتائج في الجدول التالي :

$t(mn)$	4	10	12	20	30	40	60	80	90	100
$[I_2](mmol/L)$	3,5	7,4	8,5	11,6	13,9	15,3	16,5	16,8	17,0	17,0

1 - لماذا وضعنا الماء المثلج في البيشر قبل المعايرة؟ هل وجود الماء في البيشر يؤثر على نتائج المعايرة؟

2 - أنشيء جدول تقدّم التفاعل في المزيج الأصلي، واحسب التقدّم الأعظمي فيه.

3 - احسب قيمة التركيز المولي C_2 .

4 – ارسم شكلا تخطيطيا للتجهيز الخاص بمعايرة ثنائي اليود ، مع وضع البيانات عليه . كيف تكشف عن حدوث التكافؤ ؟

5 – اذكر تقنيّة أخرى لمتابعة هذا التفاعل ، مع الشرح المختصر .

6 – كيف نحدد زمن نصف التفاعل في هذه التجربة ؟ ما هي قيمته ؟

7 – احسب السرعة الحجمية المتوسطة لاختفاء شوارد اليود (I^-) بين اللحظتين $t_1 = 30mn$ و $t_2 = 40mn$.

8 – معادلة تفاعل المعايرة هي : $2S_2O_3^{2-} + I_2 = S_4O_6^{2-} + 2I^-$

أ / ما هي الشروط التي يجب أن تتوفر في هذا التفاعل ليكون ملائما لهذه المعايرة ؟

ب / ما هو حجم محلول ثيوكويريتات الصوديوم اللازم لمعايرة ثنائي اليود في أحد الأنابيب عند اللحظة $t = 20mn$ ؟

II - لدينا محلولان مماثلان للمحلولين (S_1) و (S_2) . نأخذ من المحلول (S_2) حجما V_0 ونمدّه 4 مرات ($F = 4$) بالماء

المقتر لتحضير محلول (S_2') حجمه $V_2' = 100mL$.

نمزج المحلول (S_2') مع المحلول (S_1) عند اللحظة $t = 0$. يجري التفاعل في نفس درجة الحرارة السابقة θ_1 .

1 – اذكر البروتوكول التجريبي لتحضير المحلول (S_2') مع ذكر الزجاجيات المستعملة .

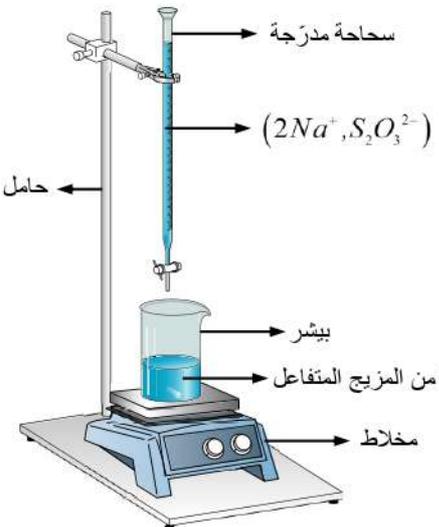
2 – وجدنا السرعة المتوسطة لاختفاء شوارد اليود (I^-) $v_m(I^-) = 1 \times 10^{-5} mol.mn^{-1}$ بين اللحظة $t_1 = 30mn$ واللحظة

$t_2 = 40mn$.

أ / بين أن تراكيز المتفاعلات عبارة عن عامل حركي .

ب / اشرح على المستوى المجهرى الاختلاف في حركيّة الجملتين الكيميائيتين في التجربتين السابقتين .

بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا

العلامة		عناصر الإجابة																
مجموع	مجزأة																	
		<p style="text-align: center;"><u>الإجابة المقترحة للتمرين المنشور</u></p> <p>I-1 – نضيف الماء المتأج للعينات من أجل إيقاف التفاعل ، والتمكّن من المعايرة . إضافة الماء لا تؤثر على نتائج التفاعل لأن كمية المادة لا تتغير بالتمديد .</p> <p>2 – جدول التقدّم :</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C_2V_2</td> <td style="text-align: center;">0,04</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$C_2V_2 - x$</td> <td style="text-align: center;">$0,04 - 2x$</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">$2x$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$C_2V_2 - x_m$</td> <td style="text-align: center;">$0,04 - 2x_m$</td> <td style="text-align: center;">x_m</td> <td style="text-align: center;">$2x_m$</td> </tr> </table> <p style="text-align: right;">التقدّم الأعظمي :</p> <p>لدينا من جدول النتائج : $[I_2]_m = 17 \times 10^{-3} mol / L$</p> <p>$n(I_2)_m = [I_2]_m \times V_T = 17 \times 10^{-3} \times 0,2 = 3,4 \times 10^{-3} mol$</p> <p>من جدول التقدّم : $x_m = n(I_2)_m = 3,4 \times 10^{-3} mol$</p> <p>3 – من جدول التقدّم في نهاية التفاعل : $n(I^-) = 0,04 - 2 \times 3,4 \times 10^{-3} \neq 0$</p> <p>وبالتالي المتفاعل المحد هو $S_2O_8^{2-}$.</p> <p>$C_2 = \frac{x_m}{V_2} = \frac{3,4 \times 10^{-3}}{0,1} = 3,4 \times 10^{-2} mol / L$ ، وبالتالي $C_2V_2 - x_m$</p> <p>4 – تجهيز المعايرة :</p> <p>نكشف عن التكافؤ عند اختفاء اللون الأزرق الداكن</p> <p>الناجم عن امتزاج ثنائي اليود مع صمغ النشأ .</p> <div style="text-align: center;">  </div>	$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$				C_2V_2	0,04	0	0	$C_2V_2 - x$	$0,04 - 2x$	x	$2x$	$C_2V_2 - x_m$	$0,04 - 2x_m$	x_m	$2x_m$
$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$																		
C_2V_2	0,04	0	0															
$C_2V_2 - x$	$0,04 - 2x$	x	$2x$															
$C_2V_2 - x_m$	$0,04 - 2x_m$	x_m	$2x_m$															

5 – التقنية هي قياس الناقلية ، لأن المزيغ المتفاعل يحتوي على الشوارد .

6 – لدينا : $n(I_2) = x$ ، وبالتالي $[I_2] \times V_T = x$ (1)

(1) $[I_2]_m \times V_T = x_m$ ، وبالتالي $\frac{x_m}{2} = \frac{[I_2]_m \times V_T}{2}$ ، وبالتعويض في العلاقة (1)

$$[I_2] = \frac{[I_2]_m}{2} \text{ ، وبالتالي } [I_2] \times V_T = \frac{[I_2]_m \times V_T}{2}$$

من جدول القياسات : $[I_2] = \frac{17}{2} = 8,5 \text{ mmol} / L$ ، ومنه $t_{1/2} = 12 \text{ mn}$.

$$(2) \quad v_{V(m)}(I^-) = -\frac{\Delta[I^-]}{\Delta t} = \frac{[I^-]_{t_1} - [I^-]_{t_2}}{t_2 - t_1} \quad - 7$$

من جدول التقدّم :

$$n(I^-) = 0,04 - 2x = 0,04 - 2n(I_2)$$

$$[I^-] \times V_T = 0,04 - 2[I_2] \times V_T$$

$$[I^-] = 0,2 - 2[I_2]$$

$$[I^-]_{t_1} = 0,2 - 2 \times 13,9 \times 10^{-3} = 172,2 \times 10^{-3} \text{ mol} / L = 172,2 \text{ mmol} / L$$

$$[I^-]_{t_2} = 0,2 - 2 \times 15,3 \times 10^{-3} = 169,4 \times 10^{-3} \text{ mol} / L = 169,4 \text{ mmol} / L$$

بالتعويض في العلاقة (2) :

$$v_{V(m)}(I^-) = \frac{(172,2 - 169,4) \times 10^{-3}}{40 - 30} = 2,8 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{mn}^{-1}$$

8 – أ / يجب أن يكون التفاعل تاما وسريعا ووحيداً .

ب / عند التكافؤ يكون : $[I_2] \times V = \frac{1}{2} C_3 V_E$ ، وبالتالي :

$$V_E = \frac{2 \times [I_2] \times V}{C_3} = \frac{2 \times 11,6 \times 10^{-3} \times 20 \times 10^{-3}}{0,02} = 23,2 \times 10^{-3} L = 23,2 \text{ mL}$$

$$\text{II - 1 - } \frac{V_2'}{V_0} = 4 \text{ ، ومنه } V_0 = \frac{100}{4} = 25\text{mL} .$$

نأخذ من المحلول (S_2) حجما V_0 بواسطة ماصة عيارية سعتها 25mL ونضعه في حوجة عيارية سعتها

100mL ، ونضيف لها حجما من الماء المقطر قدره 75mL .

$$\text{2 - } v_{V(m)}(I^-) = \frac{v_{(m)}(I^-)}{V_T} = \frac{10^{-5}}{0,2} = 5 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} \text{ mn}^{-1} / \text{أ}$$

السرعة المتوسطة الحجمية لاختفاء شوارد اليود قبل التمديد أكبر من السرعة المتوسطة الحجمية بعد التمديد في نفس

المجال الزمني ، وبالتالي تراكيز المتفاعلات عبارة عن عامل حركي .

ب / على المستوى المجهري :

عندما نمدد أحد المتفاعلين أو كليهما ينقص تواتر التصادمات الفعالة بين المتفاعلين ، وبالتالي تكون السرعة أقل .

بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا

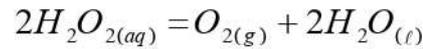


التمرين المقترح رقم 11



للماء الأوكسجيني H_2O_2 أهمية بالغة، فهو مُعالج للمياه المُستعملة ومُطَهِّر للجروح ومُعَمَّم في الصناعات الغذائية.

الماء الأوكسجيني يتفكك بتحول بطيء جدا في الشروط العادية مُعطيا غاز ثنائي الأوكسجين والماء وفقا للمعادلة المُمنذجة للتحويل الكيميائي:



لدراسة تطور التفكك الذاتي للماء الأوكسجيني بدلالة الزمن، نأخذ مجموعة أنابيب اختبار يحتوي كل منها على حجم

$$V_0 = 10\text{mL} \text{ من هذا المحلول ونضعها عند اللحظة } t = 0$$

في حمام مائي درجة حرارته ثابتة.

عند كل لحظة t ، نُفَرِّغ أنبوبة اختبار في بيشر ونُضِيف

إليه ماء وقطع جليد وقطرات من حمض الكبريت المُركَّز

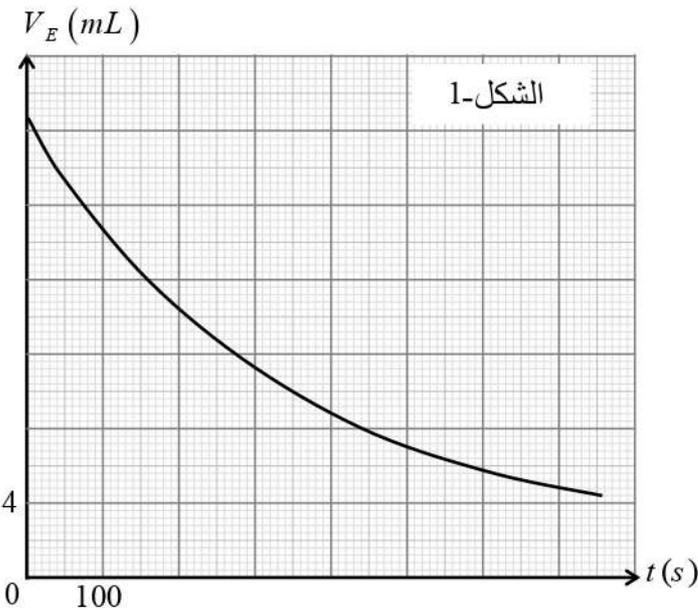
$(H_2SO_4)_{(aq)}$ ثم نعاير المزيج بمحلول مائي لثاني كرومات

البوتاسيوم $(2K^+_{(aq)} + Cr_2O_7^{2-}_{(aq)})$ تركيزه المولي

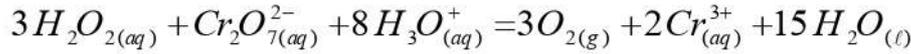
$$c = 0,1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ فنحصل في كل مرة على الحجم } V_E$$

اللازم لبلوغ التكافؤ.

سمحت النتائج المحصل عليها برسم المنحنى $V_E = f(t)$ الممثل في الشكل-1



1. معادلة تفاعل المعايرة هي:



أ . اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع الموافقتين لهذا التفاعل.

ب . هل يمكن اعتبار حمض الكبريت كوسيط في هذا التفاعل؟ علّل.

ج . هل يؤثر إضافة الماء وقطع الجليد على قيمة حجم التكافؤ V_E ؟ لماذا؟

2 . عبّر عن التركيز المولي $[H_2O_2]$ للماء الأكسجيني بدلالة c ، V_E و V_0 .

3 . القارورة التي أُخذ منها الماء الأكسجيني المُستخدم في هذه التجربة كُتب عليها الدلالة $(10V)$ أي:

(كل $1L$ من محلول الماء الأكسجيني يحرر $10L$ من غاز ثنائي الأوكسجين O_2 في الشرطين النظاميين)

- هل هذا المحلول مُحضّر حديثاً؟ علّل.

4 . بالاعتماد على المنحنى والعبارة المتوصل إليها في السؤال-2 جـ:

أ . زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

ب . عبارة السرعة الحجمية لاختفاء $H_2O_{2(aq)}$ بدلالة V_E .

ج . قيمة السرعة الحجمية لاختفاء الماء الأكسجيني عند اللحظتين $t_1 = 200 s$ ؛ $t_2 = 600 s$

- ماذا تلاحظ؟ علّل.

$$V_m = 22,4 L \cdot mol^{-1} \text{ يعطى:}$$

بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا

العلامة		عناصر الإجابة																								
مجموع	مجزأة																									
		<p style="text-align: center;">الإجابة المقترحة للتمرين المنشور</p> <p style="text-align: right;">1- أ- المعادلتان النصفيتان:</p> $H_2O_2(aq) + 2H_2O(\ell) = O_2(g) + 2H_3O^+(aq) + 2e^-$ $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H_3O^+(aq) + 6e^- = 2Cr^{3+}(aq) + 21H_2O(\ell)$ <p>ب- لا يمكن اعتبار حمض الكبريت كوسيط لأنه يشارك في التفاعل بالشاردة H_3O^+.</p> <p>ج- إضافة الماء وقطع الجليد لا تؤثر في قيمة V_E لأن كمية الماء الأكسجيني H_2O_2 لا تتغير. (التكافؤ يتعلق بكمية المادة وليس التركيز).</p> <p>2- عبارة التركيز المولي $[H_2O_2]$ عند نقطة التكافؤ:</p> <p style="text-align: right;">من جدول التقدم:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>المعادلة</th> <th colspan="5">$3H_2O_2 + Cr_2O_7^{2-} + 8H_3O^+ = 3O_2 + 2Cr^{3+} + 15H_2O$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ح. الابتدائية</td> <td>n_1</td> <td>n_2</td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>ح. الانتقالية</td> <td>$n_1 - 3x$</td> <td>$n_2 - x$</td> <td>بوفرة</td> <td>$3x$</td> <td>$2x$</td> </tr> <tr> <td>ح. النهائية</td> <td>$n_1 - 3x_E$</td> <td>$n_2 - x_E$</td> <td></td> <td>$3x_E$</td> <td>$2x_E$</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">أو عند نقطة التكافؤ المزيج ستكيومتري:</p> $\frac{n_1}{3} = \frac{n_2}{1} \Rightarrow \frac{[H_2O_2] \cdot V_0}{3} = c \cdot V_E \Rightarrow [H_2O_2] = \frac{3c \cdot V_E}{V_0}$	المعادلة	$3H_2O_2 + Cr_2O_7^{2-} + 8H_3O^+ = 3O_2 + 2Cr^{3+} + 15H_2O$					ح. الابتدائية	n_1	n_2		0	0	ح. الانتقالية	$n_1 - 3x$	$n_2 - x$	بوفرة	$3x$	$2x$	ح. النهائية	$n_1 - 3x_E$	$n_2 - x_E$		$3x_E$	$2x_E$
المعادلة	$3H_2O_2 + Cr_2O_7^{2-} + 8H_3O^+ = 3O_2 + 2Cr^{3+} + 15H_2O$																									
ح. الابتدائية	n_1	n_2		0	0																					
ح. الانتقالية	$n_1 - 3x$	$n_2 - x$	بوفرة	$3x$	$2x$																					
ح. النهائية	$n_1 - 3x_E$	$n_2 - x_E$		$3x_E$	$2x_E$																					

3- صحة المعلومات المكتوبة على القارورة:

- حساب $[H_2O_2]$ من البيان: عند $t = 0$

$$V_E(0) = 6,2 \times 4mL = 24,8mL \quad \text{لدينا:}$$

$$[H_2O_2]_0 = \frac{3 \times 0,1 \times 28,4 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-3}} = 0,744 mol \cdot L^{-1} \quad \text{بالتعويض في العبارة السابقة نجد:}$$

- حساب التركيز من المعلومات المكتوبة:

$$[H_2O_2]_0 = \frac{n_0}{V} \quad / \quad V = 1L \quad \text{جدول التقدم للتفكك الذاتي للماء الأكسجيني:}$$

المعادلة	$2H_2O_2(aq) = O_2(g) + 2H_2O(l)$		
ح. الابتدائية	$n_0(H_2O_2)$	0	بوفرة
ح. الانتقالية	$n_0 - 2x(t)$	$x(t)$	
ح. النهائية	$n_0 - 2x_{\max}$	x_{\max}	

قيمة n_0 : من أجل H_2O_2 متفاعل محد فإن:

$$n_0 - 2x_{\max} = 0 \Rightarrow n_0 = 2x_{\max} = 2n_{\max}(O_2) = 2 \times \frac{V(O_2)}{V}$$

$$n_0 = 2 \times \frac{10}{22,4} = 0,892 mol \Rightarrow [H_2O_2]_0 = 0,892 mol/L > 0,744 mol/L$$

إذن المحلول غير مُحضّر حديثاً.

$$4- أ- زمن نصف التفاعل: $x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2} \rightarrow \frac{[H_2O_2]_0}{2} \rightarrow \frac{V_E(0)}{2}$$$

$$t_{1/2} = 2,6 \times 100 = 260s \quad \text{من البيان نجد:}$$

تقبل في المجال $[250s - 270s]$

ب- عبارة السرعة الحجمية لاختفاء H_2O_2 بدلالة V_E :

$$[H_2O_2] = \frac{3c \cdot V_E}{V_0} \quad \text{لدينا:}$$

$$v_{volH_2O_2}(t) = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dn(H_2O_2)}{dt} \quad \text{ولدينا:}$$

$$v_{volH_2O_2}(t) = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dn(H_2O_2)}{dt} = -\frac{d\left(\frac{n(H_2O_2)}{V}\right)}{dt} = -\frac{d[H_2O_2]}{dt} = -30 \frac{dV_E}{dt}$$

ج- قيمة السرعة الحجمية لاختفاء H_2O_2 :

$$v_{volH_2O_2}(t_1 = 200s) = 1,17 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1} \quad \text{عند اللحظة } t_1 = 200s$$

$$\text{تقبل بين } [1,1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1} \rightarrow 1,3 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}]$$

$$v_{volH_2O_2}(t_2 = 600s) = 0,42 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1} \quad \text{عند اللحظة } t_2 = 600s$$

$$\text{تقبل بين } [0,35 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1} \rightarrow 0,45 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}]$$

$$- \text{ نلاحظ أن: } v_{volH_2O_2}(t_1 = 200s) > v_{volH_2O_2}(t_2 = 600s)$$

- التعليل: تتناقص السرعة بسبب تناقص التركيز المولي للماء الأكسجيني.

بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا



التمرين المقترح رقم 12

ماء جافيل مادة كيميائية كثيرة الاستعمال، يشيع استخدامه كمطهر ومبيض، يتمتع بخاصية القضاء على البقع وتعقيم الملابس.

Javel: اسم القرية التي بادر فيها الكيميائي الفرنسي Claude Louis Berthelot بتصنيع ماء جافيل سنة 1775 هذه القرية حاليا هي أحد أحياء باريس.

تعتبر $ClO^{-}(aq)$ شاردة الهيبوكلوريت hypochlorite العنصر الفعال لماء جافيل.



نحضر ماء جافيل من تفاعل غاز ثنائي الكلور $Cl_2(g)$ مع محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^{+}(aq) + HO^{-}(aq))$ بتفاعل كيميائي تام يُنمذجُ بمعادلة التفاعل التالية:



1. تُعرّف الدرجة الكلورومتريّة ($^{\circ}Chl$) بأنها توافق عدد لترات غاز ثنائي الكلور في الشرطين

النظاميين اللازم استعمالها لتحضير لتر واحد من ماء جافيل.

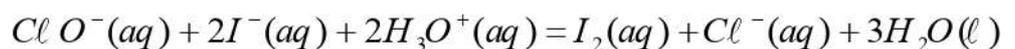
$$^{\circ}Chl = C_0 \cdot V_M \quad \text{– بين أن:}$$

حيث: $V_M = 22,4L \cdot mol^{-1}$ هو الحجم المولي للغاز و C_0 هو التركيز المولي لماء جافيل.

2. نأخذ العينة (A) من ماء جافيل المحفوظ عند درجة الحرارة $20^{\circ}C$ تركيزه المولي بشوارد الهيبوكلوريت ClO^{-} هو C_0 ،

ونمدّها 4 مرات ليصبح تركيزه المولي C_1 . نأخذ منها حجما $V_1 = 2mL$ ونضيف إليها كمية كافية من يود البوتاسيوم

$(K^{+}(aq) + I^{-}(aq))$ في وسط حمضي فيتشكل ثنائي اليود $I_2(aq)$ وفق تفاعل تام يُنمذجُ بالمعادلة التالية:



نعاير ثنائي اليود المتشكل في نهاية التفاعل بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+(aq) + S_2O_3^{2-}(aq))$ تركيزه بالشوارد $S_2O_3^{2-}$ هو $c_2 = 10^{-1} mol \cdot L^{-1}$ بوجود كاشف ملون (صمغ النشا أو التيودان) فيكون حجم ثيوكبريتات الصوديوم المضاف عند التكافؤ $V_E = 20mL$.

تعطى الثنائيتين (Ox/Red) الداخليتين في تفاعل المعايرة: $(I_2(aq)/I^-(aq))$ و $(S_4O_6^{2-}(aq)/S_2O_3^{2-}(aq))$

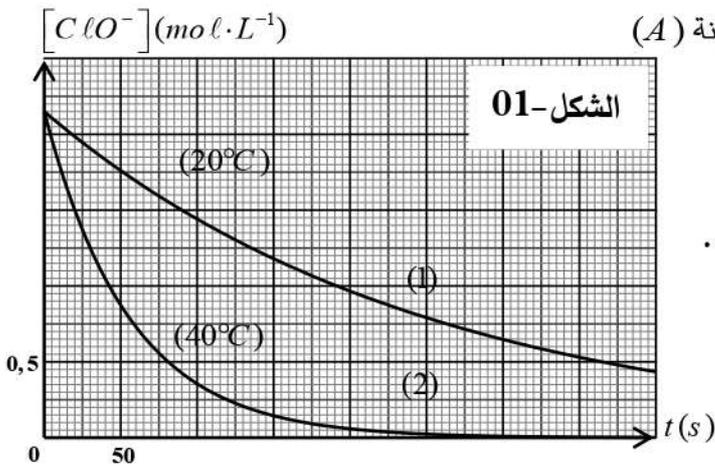
أ- اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع ثم معادلة التفاعل أكسدة-إرجاع المُتمدِّج لتحول المعايرة.

$$b- \text{بين أن: } c_1 = \frac{c_2 \cdot V_E}{2V_1}$$

ج- احسب c_1 ثم استنتج c_0 و Chl .

3. يتفكك ماء جافيل وفق تحول تام وبطيء، معادلته الكيميائية: $2ClO^-(aq) = 2Cl^-(aq) + O_2(g)$

يمثل الشكل-01 المنحنين البيانيين لتغيرات تركيز شوارد ClO^- بدلالة الزمن الناتجين عن المتابعة الزمنية لتطور



ب- اكتب عبارة السرعة الحجمية لاختفاء الشوارد ClO^- ، ثم احسب قيمتها في اللحظة $t = 50 \text{ jours}$ بالنسبة لكل عينة.

قارن بين القيمتين، ماذا تستنتج؟

ج- ما هي النتيجة التي نستخلصها من هذه الدراسة للحفاظ على ماء جافيل لمدة أطول؟

بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا

العلامة		عناصر الإجابة																									
مجموع	مجزأة																										
		الإجابة المقترحة للتمرين المنشور																									
		1. اثبات أن $^{\circ}Chl = c_0 \cdot V_M$																									
		$Cl_2(g) + 2HO^-(aq) = ClO^-(aq) + Cl^-(aq) + H_2O(l)$ <table style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">$n(Cl_2)$</td> <td style="padding: 0 10px;"> </td> <td style="padding: 0 10px;">$n(HO^-)$</td> <td style="padding: 0 10px;"> </td> <td style="padding: 0 10px;">0</td> <td style="padding: 0 10px;"> </td> <td style="padding: 0 10px;">0</td> <td style="padding: 0 10px;"> </td> <td style="padding: 0 10px;">/</td> <td style="padding: 0 10px;"> </td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">$n(Cl_2) - x_{max}$</td> <td style="padding: 0 10px;"> </td> <td style="padding: 0 10px;">$n(HO^-) - 2x_{max}$</td> <td style="padding: 0 10px;"> </td> <td style="padding: 0 10px;">x_{max}</td> <td style="padding: 0 10px;"> </td> <td style="padding: 0 10px;">x_{max}</td> <td style="padding: 0 10px;"> </td> <td style="padding: 0 10px;">/</td> <td style="padding: 0 10px;"> </td> </tr> </table>						$n(Cl_2)$		$n(HO^-)$		0		0		/		$n(Cl_2) - x_{max}$		$n(HO^-) - 2x_{max}$		x_{max}		x_{max}		/	
$n(Cl_2)$		$n(HO^-)$		0		0		/																			
$n(Cl_2) - x_{max}$		$n(HO^-) - 2x_{max}$		x_{max}		x_{max}		/																			
		بالتعريف: $^{\circ}Chl = V(Cl_2)$ وفي الحالة النهائية:																									
		$n(Cl_2) - x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = n(Cl_2) = n(ClO^-)$																									
		لكن: $(V = 1L)$; $n(ClO^-) = c_0 \cdot V = c_0$ و $V(Cl_2) = n(Cl_2) \cdot V_M = c_0 \cdot V_M$																									
		وبالتالي: $^{\circ}Chl = c_0 \cdot V_M$																									
		2. أ- المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع ثم معادلة التفاعل أكسدة-إرجاع																									
		المُنْمَذَج لتحول المعايير:																									
		$2S_2O_3^{2-}(aq) = S_4O_6^{2-}(aq) + 2e^-$																									
		$I_2(aq) + 2e^- = 2I^-(aq)$																									
		معادلة التفاعل أكسدة-إرجاع للمعايير:																									
		$2S_2O_3^{2-}(aq) + I_2(aq) = S_4O_6^{2-}(aq) + 2I^-(aq)$																									
		ب- اثبات أن $c_1 = \frac{c_2 \cdot V_E}{2V_1}$																									
المعادلة		$ClO^-(aq) + 2I^-(aq) + 2H_3O^+(aq) = I_2(aq) + Cl^-(aq) + 3H_2O(l)$																									
الحالة		كميات المادة بـ (mol)																									
التقدم	0	$n_1 = c_1 \cdot V_1$	n_2	بوفرة	0	0	بوفرة																				
الانتقالية	$x(t)$	$n_1 - x(t)$	$n_2 - 2x(t)$	بوفرة	$x(t)$	$x(t)$	بوفرة																				
النهائية	x_f	$n_1 - x_f$	$n_2 - 2x_f$	بوفرة	x_f	x_f	بوفرة																				

في نهاية التفاعل، لدينا:

$$n_1 - x_f = 0 \rightarrow x_f = n_1 = c_1 \cdot V_1 \rightarrow x_f = c_1 \cdot V_1 = n_f(I_2)$$

من تفاعل الأكسدة-إرجاع للمعايرة لدينا:

$$n_f(I_2) = \frac{1}{2} n_f(S_2O_3^{2-}) = \frac{1}{2} c_2 \cdot V_E$$

$$c_1 \cdot V_1 = \frac{1}{2} c_2 \cdot V_E \rightarrow c_1 = \frac{c_2 \cdot V_E}{2V_1} \text{ بالتالي:}$$

ج- حساب c_1 ثم استنتاج c_0 و $^\circ Chl$:

$$c_1 = \frac{0,1 \times 20}{4} = 0,5 \text{ mol/L} \rightarrow c_1 = 0,5 \text{ mol/L} \text{ أولاً:}$$

$$c_0 = F \cdot c_1 = 4 \times 0,5 = 2 \text{ mol/L} \rightarrow c_0 = 2 \text{ mol/L} \text{ ثانياً:}$$

$$^\circ Chl = c_0 \cdot V_M = 2 \times 22,4 = 44,8^\circ \rightarrow ^\circ Chl = 44,8^\circ \text{ ثالثاً:}$$

3. أ- استنتاج التركيز المولي الابتدائي للعينتين (1) و (2) بالشوارد ClO^- :

بيانيا العينتان لهما نفس التركيز المولي الابتدائي:

$$[ClO^-]_0 = 4,3(\text{div}) \times 0,5 \left(\frac{\text{mol} \cdot L^{-1}}{\text{div}} \right) = 2,15 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

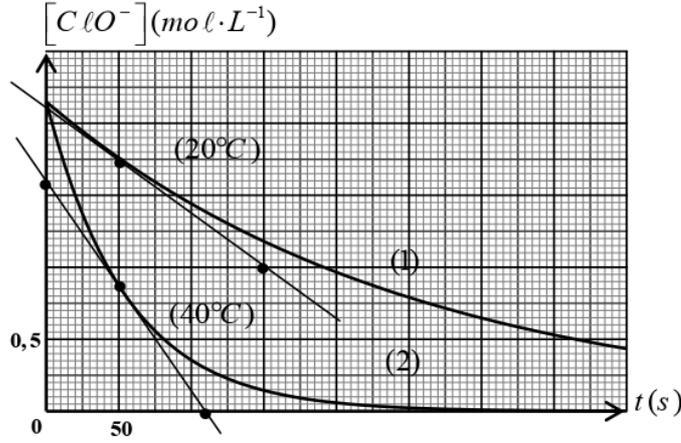
العينة (A) ليست حديثة الصنع لأن $c_0 < [ClO^-]_0$.

ب- عبارة السرعة الحجمية لاختفاء الشوارد ClO^- ، وحساب قيمتها في اللحظة

$t = 50 \text{ jours}$ بالنسبة لكل عينة:

$$v_{\text{vol}}(ClO^-)(t) = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dn(ClO^-)}{dt} = -\frac{d[ClO^-](t)}{dt} \text{ بالتعريف:}$$

كما هو مبين على الشكل المقابل:



العينة (1) "عند 20°C":

$$\begin{aligned} v_{vol}(t = 50 \text{ jours}) &= \frac{1,5 \times 0,5}{2 \times 50} \\ &= 7,5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{j}^{-1} \end{aligned}$$

العينة (2) "عند 40°C":

$$\begin{aligned} v_{vol}(t = 50 \text{ jours}) &= \frac{3,2 \times 0,5}{2,2 \times 50} \\ &= 1,45 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{j}^{-1} \end{aligned}$$

المقارنة والاستنتاج:

السرعة الحجمية لاختفاء الشوارد ClO^- في العينة (2) أكبر من السرعة الحجمية لاختفاء الشوارد ClO^- في العينة (1) فنستنتج أن درجة الحرارة عامل حركي للتحكم في سرعة التفاعل، أي يكون تفكك ماء جافيل أسرع بارتفاع درجة الحرارة.
ج- للحفاظ على ماء جافيل لمدة أطول يجب وضعه في مكان بارد بعيداً عن أشعة الشمس.

بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا

n : كمية المادة m (mol) : كتلة المادة (g)	$n = \frac{m}{M}$	علاقة كمية المادة بالكتلة : (حالة صلب أو سائل أو غاز)
M : الكتلة المولية الجزيئية . $g.mol^{-1}$		
n : كمية المادة (mol)	$n = \frac{V_g}{V_M}$	علاقة كمية المادة بحجم غاز : (حالة غاز)
V_g : حجم الغاز V_M (L): الحجم المولي $L.mol^{-1}$		
n : كمية المادة (mol)	$n = \frac{N}{N_A}$	علاقة كمية المادة بعدد الافراد الكيميائية
N : عدد الافراد الكيميائية N_A : عدد أفوغادرو (mol^{-1})		
C : التركيز المولي V ($mol.L^{-1}$): حجم المحلول (L).	$C = \frac{n}{V}$	التركيز المولي لمحلول مائي C
n : كمية المادة (mol)		
C_m : التركيز الكتلي ($g.L^{-1}$)	$C_m = \frac{m}{V}$	التركيز الكتلي لمحلول مائي C_m
m : كتلة المادة المذابة V (g): حجم المحلول (L)		
C : التركيز المولي C_m ($mol.L^{-1}$): التركيز الكتلي ($g.L^{-1}$)	$C = \frac{C_m}{M}$	العلاقة بين التركيز المولي C والتركيز الكتلي C_m
M : الكتلة المولية الجزيئية ($g.mol^{-1}$)		
$n_1 = n_2$: كمية مادة المنحل قبل وبعد التمديد (mol)	$n_1 = n_2$	علاقة التمديد (التخفيف)
حيث: C_1V_1 : قبل التمديد و C_2V_2 : بعد التمديد	$C_1V_1 = C_2V_2$	
F : معامل التمديد (بدون وحدة) . حيث: ($F > 1$)		معامل التمديد (F)
C_1 : التركيز المولي للمحلول المركز (قبل التمديد) ($mol.L^{-1}$)	$F = \frac{C_1}{C_2} = \frac{V_2}{V_1}$	
V_1 : حجم المحلول المركز (قبل التمديد) (L)		ملاحظة: حجم الماء المقطر المضاف $V_{eau} = V_2 - V_1$
C_2 : التركيز المولي للمحلول الممدد (بعد التمديد) ($mol.L^{-1}$)		
V_2 : حجم المحلول الممدد (بعد التمديد) (L).		
C : التركيز المولي P ($mol.L^{-1}$): درجة نقاوة (%)	$C = \frac{10 P d}{M}$	علاقة التركيز المولي بدرجة نقاوة وكثافة محلول تجاري
d : كثافة المذاب بالنسبة للماء		
M : الكتلة المولية الجزيئية ($g.mol^{-1}$)		
ρ : الكثافة الحجمية ($g.mL^{-1}$) أو ($kg.L^{-1}$)	$\rho = \frac{m}{V}$	علاقة الكثافة الحجمية بكتلة و حجم نوع كيميائي
m : كتلة النوع الكيميائي (g) أو (kg)		
V : حجم النوع الكيميائي (mL) أو (L)		
$\rho_{air} = 1,3 g/L$: الكثافة الحجمية للهواء	$d = \frac{\rho_g}{\rho_{air}}$	كثافة غاز بالنسبة للهواء
m_g : كتلة الغاز.	$d = \frac{m_g}{m_{air}}$	
m_{air} : كتلة نفس حجم الغاز من الهواء.		
M : الكتلة المولية الجزيئية للغاز ($g.mol^{-1}$)	$d = \frac{M}{29}$	ملاحظة: إذا كان الغاز في الشراطين النظاميين من ضغط ودرجة الحرارة $\theta = 0^\circ C, P = 1atm$
d : كثافة الغاز (بدون وحدة) .		
d : الكثافة (بدون وحدة) .	$d = \frac{m}{m_{eau}}$	كثافة نوع كيميائي سائل أو صلب بالنسبة للماء:
ρ_{eau} : الكثافة الحجمية للماء .	$d = \frac{\rho}{\rho_{eau}}$ أو	
$\rho_{eau} = 1g/cm^3 = 1g/mL = 1000g/L$		
ρ : الكثافة الحجمية للنوع الكيميائي الصلب أو السائل .		
P : ضغط الغاز V (Pa): حجم الغاز (m^3)	$PV = nRT$	القانون العام للغاز المثالي
n : كمية مادة الغاز (mol)		
$R = 8.31 j.K^{-1}.mol^{-1}$: ثابت الغاز المثالي .		

T : درجة الحرارة المطلقة (كلفن) (K)	
$T(K) = \theta(^{\circ}C) + 273$ حيث $\theta(^{\circ}C)$ درجة الحرارة المثوية ($^{\circ}C$)	ملاحظة مهمة

<p>G : الناقلية وحدتها السيمنس (S) .</p> <p>σ : الناقلية النوعية للمحلول . ($S.m^{-1}$)</p> <p>S : مساحة سطح اللبوس (m^2) .</p> <p>L : البعد بين اللبوسين (m) . K : ثابت الخلية (m)</p>	$G = \sigma \frac{S}{L}$ <p>حيث : $K = \frac{S}{L}$</p>	<p>الناقلية الكهربائية G : ناقلية جزء من محلول شاردي محصور بين لبوسين (صفيحتين) ناقلين</p>
<p>R : مقاومة المحلول (Ω) .</p> <p>G : الناقلية وحدتها السيمنس (S) .</p>	$G = \frac{1}{R} = \frac{U}{I}$	<p>علاقة أخرى للناقلية الكهربائية G :</p>
<p>$[X^+]$: التركيز المولي للشوارد الموجبة ($mol . m^{-3}$)</p> <p>$[X^-]$: التركيز المولي للشوارد السالبة ($mol . m^{-3}$)</p> <p>$\lambda_{X_1^+}$: الناقلية النوعية المولية الشارديّة للشاردة X^+</p> <p>$\lambda_{X_2^-}$: الناقلية النوعية المولية الشارديّة للشاردة X^-</p>	$\sigma = \lambda_{X_1^+} [X_1^+] + \lambda_{X_2^-} [X_2^-] + \dots$	<p>الناقلية النوعية σ لجزء محلول شاردي مخفف</p>

ملاحظة مهمة : كل الشوارد الموجودة في الوسط التفاعلي تشارك في الناقلية الكهربائية حتى الخاملة منها .

هو كل فرد كيميائي (ذرة أو شاردة ، جزئي) قادر على فقد إلكترون ة أو أكثر أثناء تحول كيميائي .	مفهوم المرجع (Red)
هو كل فرد كيميائي (ذرة أو شاردة ، جزئي) قادر على اكتساب إلكترون ة أو أكثر أثناء تحول كيميائي .	مفهوم المؤكسد (Ox)
هو تحول كيميائي يحدث خلاله فقد الكترون ة أو أكثر من طرف المرجع (Red) : $Red_1 \rightarrow Ox_1 + n_1 e^-$	الأكسدة
هو تحول كيميائي يحدث خلاله اكتساب الكترون ة أو أكثر من طرفالمؤكسد (Ox) : $Ox_2 + n_2 e^- \rightarrow Red_2$	الارجاع
هو تفاعل كيميائي يتم خلاله انتقال الكترون أو أكثر من مرجع الثنائية الأولى (Ox_1 / Red_1) إلى مؤكسد الثنائية الثانية (Ox_2 / Red_2) أو من مرجع الثنائية الثانية (Ox_2 / Red_2) إلى مؤكسد الثنائية الأولى .	تفاعل أكسدة - ارجاع
$n_2 Red_1 + n_1 Ox_2 \rightarrow n_2 Ox_1 + n_1 Red_2$ أي (Ox_1 / Red_1)	

عند موازنة كل من المعادلة النصفية للأكسدة والارجاع تعتمد على مبدأ الحفاظ العنصر الكيميائي و الشحنة الكهربائية

ملاحظة : حالة حدوث عملية الأكسدة أو عملية الارجاع في وسط حمضي تتبع الخطوات التالية :

1. نوازن جميع الذرات ماعدا الأوكسجين (O) والهيدروجين (H) .

2. نوازن ذرات الأوكسجين O باضافة الماء H_2O للطرف الأقل من ذرات أوكسجين O (حيث نضيف جزيئات الماء H_2O بنفس عدد ذرات الأوكسجين O) .

3. نوازن ذرات الهيدروجين H باضافة شوارد (H^+) بنفس عدد ذرات الهيدروجين H للطرف الآخر

4. نوازن المعادلة النصفية من حيث الحفاظ الشحنة بإضافة الإلكترونات للطرف ذو الشحنة الأكبر حتى نحصل على نفس الشحنة لكلا الطرفين .

5. في حالة الموازنة بشوارد (H_3O^+) تتبع نفس الخطوات الأربعة وفي الأخير نضيف H_2O للطرفين بنفس عدد (H^+)

تقدم التفاعل و جدول تقدم التفاعل :

تقدم التفاعل : رمزه (x) وحدته (mol) ويعبر عن عدد مرات حدوث التفاعل هو عبارة عن كمية المادة ، يسمح بمتابعة تطور التحول الكيميائي .

جدول التقدم : نعتبر التحول الكيميائي المنمذج لمعادلة التفاعل التالية : $\alpha A + \beta B = \gamma C + \lambda D$

الأفراد الكيميائية : A, B, C, D : المعاملات الستوكيومترية : $\alpha, \beta, \gamma, \lambda$

جدول التقدم:

معادلة التفاعل		$\alpha A + \beta B = \gamma C + \lambda D$			
حالة الجملة	التقدم (mol) X	كمية المادة بالممول (mol)			
حالة ابتدائية	0	n_{0A}	n_{0B}	0	0
حالة إنتقالية	x	$n_{0A} - \alpha x$	$n_{0B} - \beta x$	γx	λx
حالة نهائية	$X_{max} = x_f$	$n_{0A} - \alpha x_f$	$n_{0B} - \beta x_f$	γx_f	λx_f

المتفاعل المحد: هو المتفاعل الذي ينتهي أولاً.

التقدم الأعظمي (x_{\max}): هو قيمة التقدم x الموافق (اختفاء) لاستهلاك التام المتفاعل المحد.

التقدم النهائي (x_f): هو قيمة التقدم x عند نهاية التفاعل "لما نتوقف الجملة الكيميائية عن التطور".

ملاحظة: حالة التفاعل التام $x_{\max} = x_f$. حالة التفاعل غير التام $x_f < x_{\max}$

المزيج الستوكيومترى: نقول عن مزيج ستوكيومترى إذا إختلفت المتفاعلات في نهاية التفاعل حيث تحقق: $\frac{n_{OA}}{\alpha} = \frac{n_{OB}}{\beta}$

المدة الزمنية المستغرقة في تحول كيميائي:

يمكن تصنيف التحولات الكيميائية بالإعتماد على المدة الزمنية المستغرقة إلى ثلاث:

التحولات الكيميائية السريعة: هي التي تصل نهايتها لحظة تلامس المتفاعلات بحيث لا يمكن متابعتها بوسائل القياس، أي تحول لحظي.

التحولات الكيميائية البطيئة: هي التي تستغرق عدة ثواني، عدة دقائق أو عدة ساعات للوصول لنهايتها.

التحولات الكيميائية البطيئة جداً: هي التي تستغرق عدة أيام أو أشهر للوصول لنهايتها ونقول حين إذ أن الجملة الكيميائية عاطلة حركياً.

المتابعة الزمنية لتحول كيميائي: من أجل المتابعة الزمنية لتطور جملة كيميائية خلال الزمن يقتضي أن يكون التحول بطيئاً نعتد على عدة طرق منها: الطريقة الفيزيائية: التي تعتمد على قياس مقدار فيزيائي لتحول كيميائي بطيء منها: الناقلية G ، الناقلية النوعية σ (تستعمل إذا استهلكت أو نتجت

أيونات خلال التحول)، الضغط P ، حجم غاز V_g (تستعمل إذا كان التفاعل ينتج أو يستهلك غازات)....

الطريقة الكيميائية: التي تعتمد على المعايرة اللونية لتحول كيميائي تام وسريع ووحيد (خصائصه).

تعتمد هذه الطريقة على معايرة أحد الأنواع الكيميائية والذي يتغير لونه عند التفاعل.

دور صمغ النشاء في عملية المعايرة هو الكشف عن اليود وبالتالي نقطة التكافؤ.

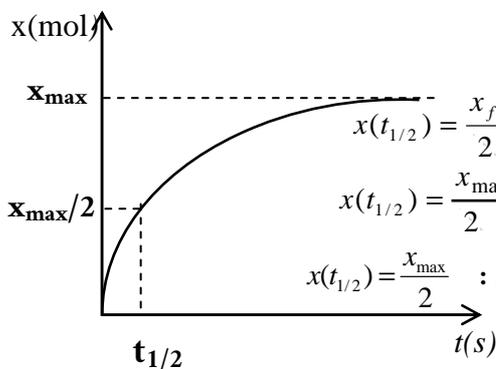
السقي: عملية تبريد المزيج التفاعلي بإضافة الماء والتلج. نضيف الماء والتلج قبل المعايرة للإيقاف التفاعل أثناء عملية المعايرة.

إضافة الماء لا يؤثر عملية المعايرة لأن كمية المادة لا تتغير (التركيز يتغير).

حجم التكافؤ: هو حجم المحلول المعايير (الموجود في السحاحة) المضاف عند تغير لون المحلول (الكاشف).

الكاشف الملون: هو مركبات تعطي تغي فيزيائي ملحوظ (اللون) عند تعني الوسط.

الشوارد الخاملة (المتفرجة): هي التي لا تشارك في التفاعل.



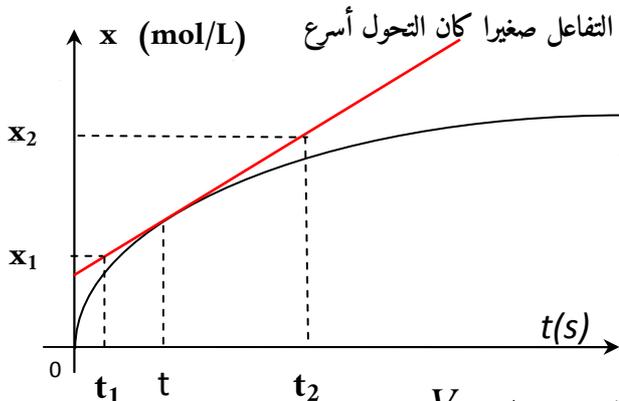
زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$: هو المدة الزمنية الضرورية لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي x_f أي: $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$

بياناً $t_{1/2}$ يمثل فاصلة الترتيبية $\frac{x_f}{2}$. إذا كان التحول الكيميائي تام أي $x_f = x_{\max}$ فإن: $x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2}$

- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ يمثل المدة الزمنية الضرورية لبلوغ التفاعل نصف تقدمها الأعظمي x_{\max} أي: $x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2}$

بياناً $t_{1/2}$ يمثل فاصلة الترتيبية $\frac{x_{\max}}{2}$.

أهمية $t_{1/2}$: المقارنة بين سرعة متفاعلين لنفس التحول الكيميائي فكما كان زمن نصف التفاعل صغيراً كان التحول أسرع سرعة التفاعل:



1. مفهوم سرعة التفاعل (v) : هي قيمة تغير تقدم التفاعل في x وحدة الزمن t تعطى

$$v = \frac{dx}{dt} \text{ (mol / s)}$$

بياناً: سرعة التفاعل بياناً هي معامل توجيه المماس للمنحنى $x = f(t)$

عند اللحظة t حسب البيان المقابل فإن: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \text{ (mol / s)}$

السرعة الحجمية للتفاعل (v_{vol}) : هي قيمة تغير تقدم التفاعل x في وحدة الزمن t في وحدة الحجم V_T .

$$v_{vol}(t) = \frac{1}{V_T} \left(\frac{dx(t)}{dt} \right) = \frac{v(t)}{V_T}$$

x : تقدم التفاعل (mol)، V_T : الحجم الكلي للوسط التفاعلي (L)، v_{vol} : السرعة الحجمية للتفاعل mol/L.s.

سرعة تشكل النوع الكيميائي D : عبارتها عند اللحظة t : $v = \frac{dn_D}{dt} \text{ (mol / s)}$

بيانياً: السرعة اللحظية تمثل معامل توجيه المماس عند اللحظة t للمنحنى $n_D = f(t)$ أي: $v = \frac{\Delta n_D}{\Delta t} (mol / s)$

السرعة الحجمية لتشكيل النوع الكيميائي D : تعطى بالعلاقة التالية: $v_{vol(D)} = \frac{1}{V} \frac{dn_D}{dt} = \frac{1}{V} v (mol / L.s)$

سرعة إختفاء النوع الكيميائي A : عبارتها عند اللحظة t : $v_A(t) = -\frac{dn_A}{dt} (mol / s)$

بيانياً: السرعة اللحظية هي معامل توجيه المماس للمنحنى $n_A = f(t)$

السرعة الحجمية لإختفاء النوع الكيميائي A : $v_{vol(A)} = \frac{1}{V} v = -\frac{1}{V} \frac{dn_A}{dt}$ حيث V حجم الوسط التفاعلي ثابت

و منه: $v_{vol(A)} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$ **بيانياً:** $v_{vol(A)} = -\frac{1}{V} \frac{d([A])}{dt} = -\frac{d[A]}{dt} (mol / L.s)$

العلاقة التي تربط بين مختلف السور: من أجل التحول الكيميائي الممنهج بمعادلة التفاعل التالية: $aA + bB \rightarrow cC + dD$

$$n_A(t) = n_A(0) - a \cdot x(t) \Rightarrow x(t) = \frac{n_A(0) - n_A(t)}{a} \quad n_D(t) = d \cdot x(t) \Rightarrow x(t) = \frac{n_D(t)}{d}$$

بالتعويض في عبارة سرعة التفاعل:

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{n_A(0) - n_A(t)}{a} \right) = \frac{dn_A(0)}{a \cdot dt} - \frac{dn_A(t)}{a \cdot dt} = -\frac{1}{a} \cdot \frac{dn_A(t)}{dt} = \frac{v_A(t)}{a}$$

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{n_D(t)}{d} \right) = \frac{1}{d} \cdot \frac{dn_D(t)}{dt} = \frac{v_D(t)}{d}$$

التعميم: من أجل التحول الكيميائي الممنهج بمعادلة التفاعل التالية: $aA + bB \rightarrow cC + dD$

$$x = \frac{n_C(t)}{c} = \frac{n_D(t)}{d} = \frac{n_A(0) - n_A(t)}{a} = \frac{n_B(0) - n_B(t)}{b}$$

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = \frac{v_A(t)}{a} = \frac{v_B(t)}{b} = \frac{v_C(t)}{c} = \frac{v_D(t)}{d}$$

بقسمة العلاقة السابقة على حجم الوسط التفاعلي نجد:

$$\frac{v(t)}{V} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx(t)}{dt} = \frac{1}{V} \cdot \frac{v_A(t)}{a} = \frac{1}{V} \cdot \frac{v_B(t)}{b} = \frac{1}{V} \cdot \frac{v_C(t)}{c} = \frac{1}{V} \cdot \frac{v_D(t)}{d}$$

$$v_{vol}(t) = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx(t)}{dt} = \frac{v_{Avol}(t)}{a} = \frac{v_{Bvol}(t)}{b} = \frac{v_{Cvol}(t)}{c} = \frac{v_{Dvol}(t)}{d}$$

العوامل الحركية: العامل الحركي هو كل مقدار يمكن تغيير سرعة تطور جملة كيميائية ما ولا يؤثر على نواتج التحول الكيميائي

العامل الحركي	تأثيره
درجة الحرارة	زيادة درجة الحرارة يزيد من سرعة التحول.
التركيز الابتدائي للمتفاعلات	زيادة التركيز الابتدائي للمتفاعلات يزيد من سرعة التحول.

الوساطة: عملية تأثير وسيط على التفاعل.

تعريف الوسيط: هو نوع كيميائي يسرع التفاعل الكيميائي دون أن يظهر في معادلة التفاعل (لا يستهلك) ولا يغير في الحالة النهائية للجملة الكيميائية.

أنواع الوساطة:

1. **وساطة متجانسة:** إذا كان للوسيط والمتفاعلات نفس الحالة الفيزيائية.

2. **وساطة غير متجانسة:** إذا كان للوسيط حالة فيزيائية مختلفة عن الحالة الفيزيائية للمتفاعلات.

3. **وساطة أنزيمية:** إذا كان الوسيط أنزيم مثل أنزيم الكلاز

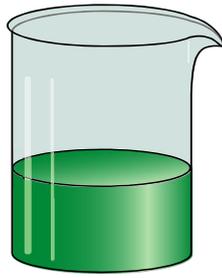
-التفسير المجهري لتأثير العوامل الحركية: يتم تفسير أثر العوامل الحركية على سرعة التفاعل بواسطة نظرية التصادم.

التحول الكيميائي ناتج عن التصادم بين جزيئات المتفاعلات. يكون الإصطدام فعالاً بين الأفراد الكيميائية للمتفاعلات مع إرتفاع درجة الحرارة.

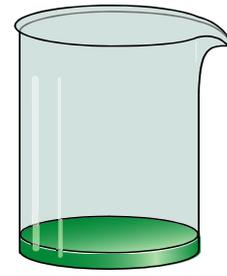
كلما إزداد التركيز المولي الابتدائي للمتفاعلات كلما إزدادت التصادمات الفعالة و كان التفاعل أسرع.

تمديد محلول مركز (التخفيف)

المحلول المخفف (C_1, V_1)



المحلول المركز (C_0, V_0)



نظيف حجما من الماء
المقطر

$+V_{H_2O}$



$$V_1 = V_{H_2O} + V_0$$

معامل التمديد

$$F = \frac{C_0}{C_1} = \frac{V_1}{V_0} \quad (F > 1) \text{ حيث}$$

قانون التمديد (التخفيف)

$$C_0 \cdot V_0 = C_1 \cdot V_1$$

الناقلية

σ : الناقلية النوعية (s/m)

[]: التركيز المولي للشوارد
 (mol/m^3)

λ : الناقلية المولية الشاردية
 $s \cdot m^2/mol$

G : الناقلية تقدر بـ (s)

k : ثابت الخلية ويقدر بـ (m)

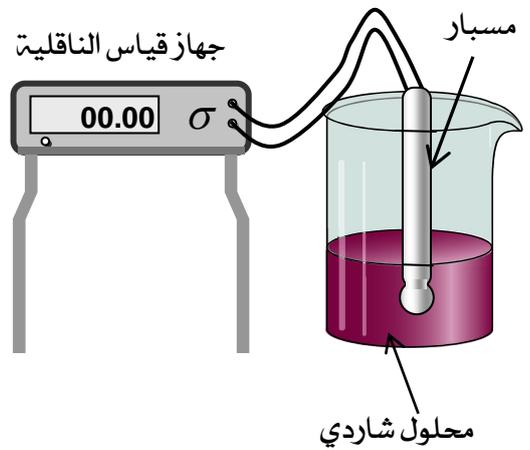
S : مساحة أحد اللبوسين (m^2)

L : البعد بين اللبوسين (m)

$$\sigma = \lambda_{X^+} \cdot [X^+] + \lambda_{Y^-} \cdot [Y^-]$$

$$G = k \cdot \sigma$$

$$k = \frac{S}{L}$$



لقياس ناقلية محلول يجب أن يحتوي على شوارد أي المحلول شاردي.

$$cm \xrightarrow{\times 10^{-2}} m \text{ و } m \cdot s \xrightarrow{\times 10^{-3}} s$$

$$L \xrightarrow{\times 10^{-3}} m^3 \text{ و } m \cdot s \cdot m^2/mol \xrightarrow{\times 10^{-3}} s \cdot m^2/mol$$

تحويلات الناقلية

2- التحويلات

$$\mu g \xrightarrow{\times 10^{-6}} g \text{ و } mg \xrightarrow{\times 10^{-3}} g \text{ و } kg \xrightarrow{\times 10^3} g$$

$$1 dm^3 = 1 l \text{ و } m^3 \xrightarrow{\times 10^3} l \text{ و } ml (cm^3) \xrightarrow{\times 10^{-6}} m^3 \text{ و } ml (cm^3) \xrightarrow{\times 10^{-3}} l$$

$$1 hPa \xrightarrow{\times 10^2} Pa \text{ و } 1 atm \xrightarrow{\times 1.013 \cdot 10^5} Pa \text{ و } 1 bar \xrightarrow{\times 10^5} Pa$$

$$1 kPa \xrightarrow{\times 10^3} Pa \text{ و}$$

$$T(^{\circ}C) \xrightarrow{+273} T(^{\circ}K)$$

$$\mu mol \xrightarrow{\times 10^{-6}} mol \text{ و } mmol \xrightarrow{\times 10^{-3}} mol$$

$$mol/m^3 \xrightarrow{\times 10^{-3}} mol/l$$

الكتلة

الحجم

الضغط

درجة الحرارة

كمية المادة

التركيز

1. اكتب معادلة التفاعل أكسدة - ارجاع اعتمادا على المعادلتين النصفيتين للأكسدة والارجاع لكل تفاعل كيميائي:

أ. التفاعل بين معدن النحاس $Cu(s)$ ومحلول نترات الفضة $(Ag^+ + NO_3^-)(aq)$.

يعطى: $(Cu^{2+}(aq)/Cu(s))$; $(Ag^+(aq)/Ag(s))$

ب. التفاعل بين محلول ثنائي اليود $I_2(aq)$ ومحلول ثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+ + S_2O_3^{2-})(aq)$.

يعطى: $(I_2(aq)/I^-(aq))$; $(S_4O_6^{2-}(aq)/S_2O_3^{2-}(aq))$

ج. التفكك الذاتي للماء الأوكسجيني $(H_2O_2)(aq)$.

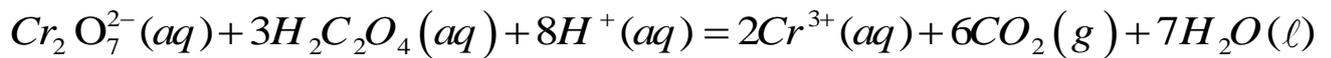
يعطى: $(H_2O_2(aq)/H_2O(l))$; $(O_2(g)/H_2O_2(aq))$

د. التفاعل بين حمض الأوكساليك $H_2C_2O_4(aq)$ ومحلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)(aq)$

في وسط حمضي. يعطى: $(MnO_4^-(aq)/Mn^{2+}(aq))$; $(CO_2(g)/H_2C_2O_4(aq))$

2. اكتب المعادلتين النصفيتين الالكترونيتين للأكسدة والارجاع واستنتج الثنائيتين (Ox / Red)

الداخلتين في التفاعل المنمذج بالمعادلة التالية:



مناقشة التدريب رقم 01

1. معادلة التفاعل أكسدة - ارجاع لكل تفاعل كيميائي:

أ. التفاعل بين معدن النحاس $Cu(s)$ ومحلول نترات الفضة $(Ag^+ + NO_3^-)(aq)$.

المعادلة النصفية للأكسدة: $Cu(s) = Cu^{2+}(aq) + 2e^-$

المعادلة النصفية للارجاع: $(Ag^+(aq) + e^- = Ag(s)) \times 2$

معادلة التفاعل أكسدة - ارجاع: $Cu(s) + 2Ag^+(aq) = Cu^{2+}(aq) + 2Ag(s)$

ب. التفاعل بين محلول ثنائي اليود $I_2(aq)$ ومحلول ثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+ + S_2O_3^{2-})(aq)$.

المعادلة النصفية للأكسدة: $2S_2O_3^{2-}(aq) = S_4O_6^{2-}(aq) + 2e^-$

المعادلة النصفية للارجاع: $I_2(aq) + 2e^- = 2I^-(aq)$

معادلة التفاعل أكسدة-ارجاع: $2S_2O_3^{2-}(aq) + I_2(aq) = S_4O_6^{2-}(aq) + 2I^-(aq)$

ج. التفكك الذاتي للماء الأوكسجيني $(H_2O_2)(aq)$.

المعادلة النصفية للأكسدة: $H_2O_2(aq) = O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^-$

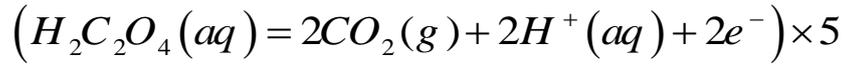
المعادلة النصفية للارجاع: $H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- = 2H_2O(l)$

معادلة التفاعل أكسدة-ارجاع: $2H_2O_2(aq) = O_2(g) + 2H_2O(l)$

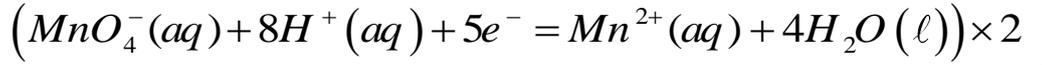
د. التفاعل بين حمض الأوكساليك ($H_2C_2O_4(aq)$) ومحلول برمنغنات البوتاسيوم



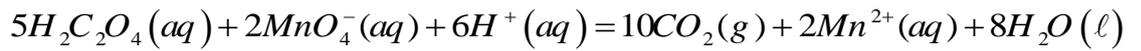
المعادلة النصفية للأكسدة:



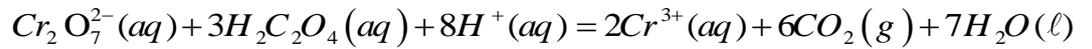
المعادلة النصفية للارجاع:



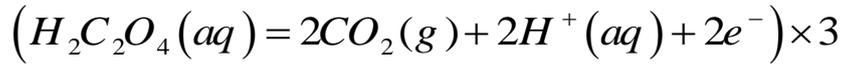
معادلة التفاعل أكسدة-ارجاع:



2. كتابة المعادلتين النصفيتين الالكترونيتين للأكسدة والارجاع اعتمادا على المعادلة:



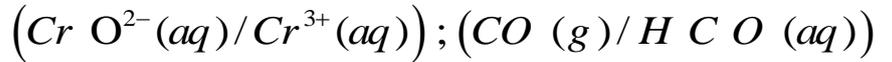
المعادلة النصفية للاكسدة:



المعادلة النصفية للارجاع:



استنتاج الثنائيتين (Ox / Red) الداخليتين في التفاعل:

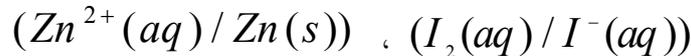


تدريب رقم 02:

نأخذ عينة من منظف طبي للجروح عبارة عن سائل يحتوي أساسا على ثنائي اليود ($I_2(aq)$) تركيزه المولي C_0 .

نضيف إليها قطعة من الزنك ($Zn(s)$) فنلاحظ تناقص الشدة اللونية للمنظف.

1- اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحويل الكيميائي الحادث، علما أن الثنائيتين الداخليتين في التفاعل هما:

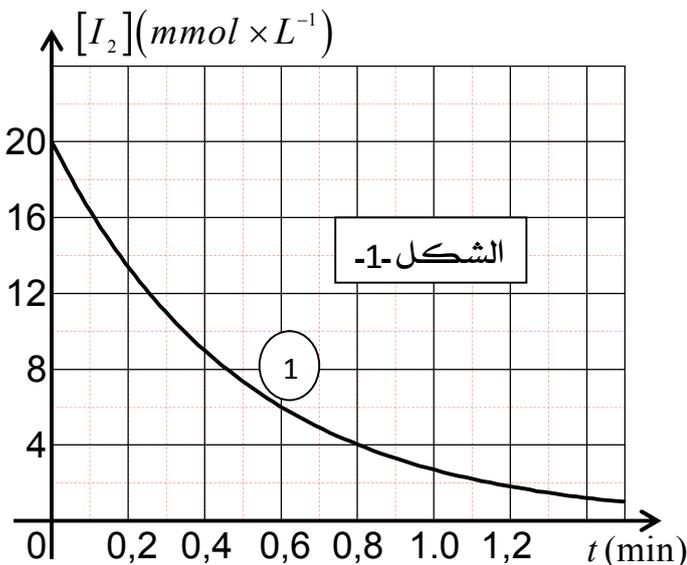


2. التجربة الأولى: عند درجة الحرارة $20^\circ C$ نضيف إلى حجم

$$V = 50mL \text{ من المنظف قطعة من الزنك } Zn$$

ونتابع عن طريق المعايرة تغيرات $[I_2(aq)]$ بدلالة الزمن t

فنحصل على البيان $[I_2(aq)] = f(t)$ (الشكل 1).



أ. اقترح بروتوكولا تجريبيا للمعايرة المطلوبة مع رسم الشكل التخطيطي.

ب. عرف السرعة الحجمية لاختفاء I_2 مبينا طريقة حسابها بيانيا.

ج. كيف تتطور السرعة الحجمية لاختفاء I_2 مع الزمن؟فسر ذلك.

3- التجربة الثانية: نأخذ نفس الحجم V من نفس العينة عند الدرجة 20°C ، نضعها في حوجلة عيارية سعتها 100mL

ثم نكمل الحجم بواسطة الماء المقطر إلى خط العيار ونسكب محتواها في بيشر ونضيف إلى المحلول قطعة من الزنك.

توقع شكل البيان (2) $[I_2] = g(t)$ وارسمه ، كيفيا ، في نفس المعلم مع البيان (1) للتجربة الأولى. علل.

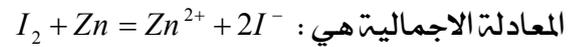
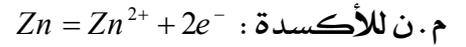
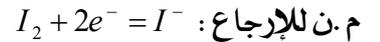
4- التجربة الثالثة: نأخذ نفس الحجم V من نفس العينة ، نرفع درجة الحرارة إلى 80°C ، توقع شكل البيان (3) $[I_2] = h(t)$

وارسمه ، كيفيا في نفس المعلم السابق.

5- ماهي العوامل الحركية التي تبرزها هذه التجارب؟ماذا تستنتج؟

مناقشة التدريب رقم 02:

1- كتابة المعادلة الاجمالية لتفاعل الأوكسدة والارجاع:



2- أ- البروتوكول التجريبي: تقسيم المزيج إلى حجوم متساوية V_0 ، ثم المعايرة بواسطة محلول معلوم التركيز عند

لحظات زمنية مختلفة الحجم V_0

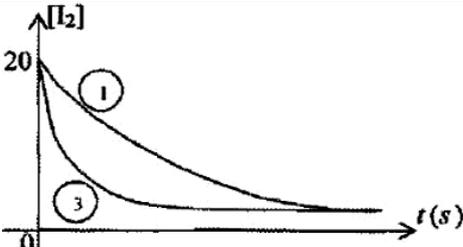
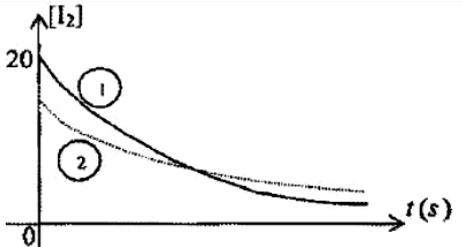
مخطط المعايرة: نذكر فيه (السحاحة + البيشر + مخلوط مغناطيسي + حامل السحاحة)

ب- تعريف السرعة الحجمية لاختفاء I_2 : هي سرعة تفاعل إختفاء I_2 من أجل وحدة الحجم الكلي للوسط التفاعلي.

تعطي بالعلاقة: $v_{I_2} = -\frac{d[I_2]}{dt}$ تحسب بيانيا بميل المماس عند اللحظة t .

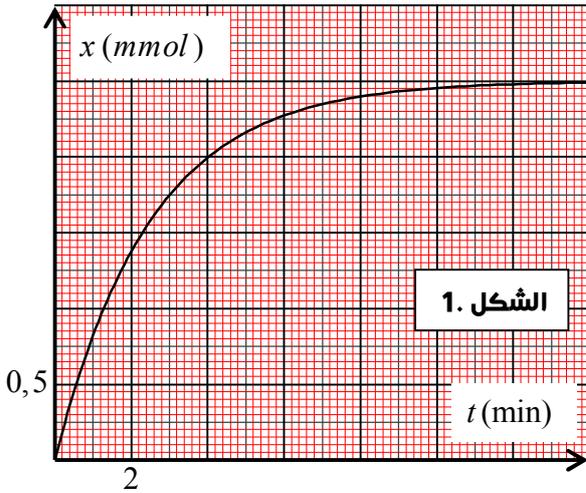
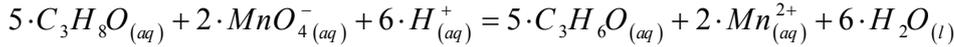
ج- السرعة الحجمية تتناقص بمرور الزمن بسبب تناقص التركيز وبالتالي نقص التصادمات الفعالة.

3- شكل المنحنى:

التجربة 03:	التجربة 02:
 <p>سرعة التفاعل عند كل لحظة في التجربة الثالثة أكبر منه في التجربة الأولى بسبب درجة الحرارة</p>	 <p>سرعة التفاعل عند كل لحظة في التجربة الأولى أكبر منه في التجربة الثانية بسبب التركيز الابتدائي لثنائي اليود.</p>

4- العوامل الحركية التي تبرزها هذه التجارب هي: التراكيز الابتدائية للمتفاعلات وكذلك درجة الحرارة.

دراسة تطور تفاعل أكسدة C_3H_8O بواسطة أيونات البرمنغنات MnO_4^- وهو تفاعل بطيء و نعتبره تام ينمذج بتفاعل معادلته :



توجد عدة تقنيات لمتابعة التفاعل السابق زمنيا

استخدمنا واحدة منها والتي سمحت لنا برسم البيان $x = f(t)$ (الشكل 1).

1. أذكر بعض الطرق التي تمكنا من المتابعة الزمنية للتحويل السابق مع التعليل.

2. حدد الشائيتين ($Ox / Réd$) الداخلتين في التفاعل.

3. أحسب سرعة التفاعل عند اللحظة ($t = 4 \text{ min}$)

4. استنتج سرعة اختفاء تشكّل البرمنغنات Mn^{+2} عند اللحظة ($t = 4 \text{ min}$)

5. استنتج زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

مناقشة التدريب رقم 03 :

1. الطرق التي تمكنا من متابعة التحويل :

✓ قياس الناقلية : لأن الوسط التفاعلي يحتوي على شوارد.

✓ المعايرة : وجود شاردة $MnO_4^-_{(aq)}$ التي تتميز بلونها البنفسجي فيمكن مثلا معايرتها بواسطة الماء الأكسجيني .

2. الشائيتين ($Ox / Réd$) الداخلتين في التفاعل هما : $(C_3H_6O_{(aq)} / C_3H_8O_{(aq)})$; $(MnO_4^-_{(aq)} / Mn^{2+}_{(aq)})$

3. حساب سرعة التفاعل عند اللحظة ($t = 4 \text{ min}$)

$$\text{حيث } v = \left(\frac{dx}{dt} \right)_{t=4 \text{ min}} = \frac{2-1,2}{4-0} = 0,2 \text{ mmol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$x = f(t)$ عند اللحظة ($t = 4 \text{ min}$)

4. استنتاج سرعة تشكّل شاردة $Mn^{+2}_{(aq)}$ عند اللحظة ($t = 4 \text{ min}$)

بتطبيق العلاقة التي تربط بين سرعة التفاعل و سرعة تشكّل و اختفاء نوع كيميائي يمكن أن نكتب :

$$v(Mn^{+2})_{t=4 \text{ min}} = 2 \cdot \left(\frac{dx}{dt} \right)_{t=4 \text{ min}} = 2 \times 0,2 = 0,4 \text{ mmol} \cdot \text{min}^{-1} \text{ ومنه } v = \frac{dx}{dt} = \frac{v(Mn^{+2})}{2}$$

5. استنتاج زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$

التفاعل المدروس تام : $x(t_{1/2}) = \frac{x_{\text{max}}}{2}$ ، من البيان $x = f(t)$ قيمة $x_{\text{max}} = 2,5 \text{ mmol}$ ومنه $x(t_{1/2}) = \frac{2,5}{2} = 1,25 \text{ mmol}$ و

نقرأ من البيان $t_{1/2} = 1,8 \text{ min}$

✓ أهمية معرفة زمن نصف التفاعل : معرفة زمن نصف التفاعل يمكننا من مقارنة التفاعلات من حيث السرعة و كذلك

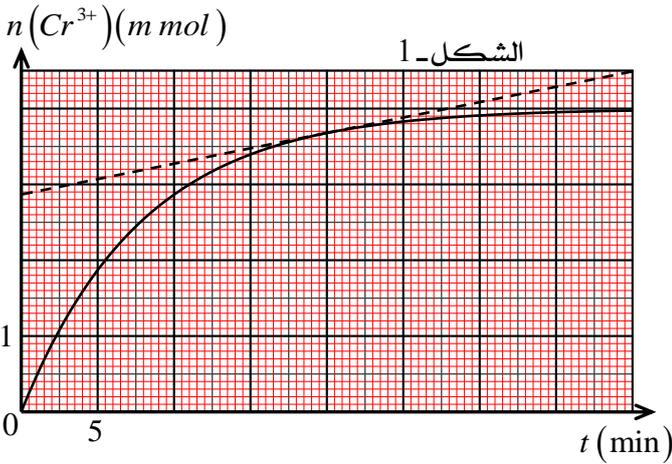
التحكم في التفاعل الكيميائي.

تدريب رقم 04 :

لدراسة تطور حركية التحول التام و البطيء بين شوارد البيكرومات $Cr_2O_7^{2-}$ و محلول حمض الأوكساليك $C_2H_2O_4$ ، نمزج في اللحظة $t = 0$ حجما $V_1 = 40mL$ من محلول بيكرومات البوتاسيوم $(2K^+ + Cr_2O_7^{2-})$ تركيزه المولي $C_1 = 0,2 mol.L^{-1}$ مع حجم $V_2 = 60mL$ من محلول حمض الأوكساليك تركيزه المولي مجهول C_2 .

1- إذا كانت الثنائيتان المشاركتان في التفاعل هما: $(CO_2/C_2H_2O_4)$ و $(Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+})$.
أ- أكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل أكسدة- ارجاع النمذج للتحول الكيميائي الحادث.
ب- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل.

2- يمثل الشكل 1 المنحنى البياني لتطور كمية مادة (Cr^{3+}) بدلالة الزمن.



أ- سرعة تشكل شوارد (Cr^{3+}) في اللحظة $t = 20min$.

ب- التقدم الأعظمي للتفاعل (x_{max}) .

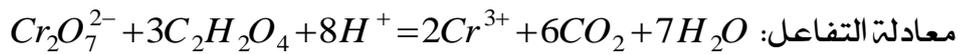
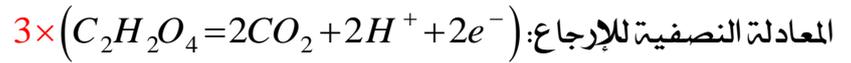
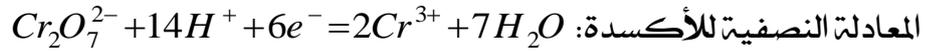
ج- زمن نصف التفاعل $(t_{1/2})$.

3- أ- عين المتفاعل المحد.

ب- جد التركيز المولي لمحلول حمض الأوكساليك C_2 .

مناقشة التدريب رقم 04

1- أ- المعادلة المعبرة عن التفاعل أكسدة- ارجاع النمذج للتحول الكيميائي الحادث:



ب- جدول تقدم التفاعل:

	$Cr_2O_7^{2-} + 3C_2H_2O_4 + 8H^+ = 2Cr^{3+} + 6CO_2 + 7H_2O$					
0	$n_1 = C_1V_1$	$n_2 = C_2V_2$	بوفرة	0	0	بوفرة
x	$n_1 - x$	$n_2 - 3x$	بوفرة	$2x$	$6x$	بوفرة
x_{max}	$n_1 - x_{max}$	$n_2 - 3x_{max}$	بوفرة	$2x_{max}$	$6x_{max}$	بوفرة

2- ايجاد من البيان:

أ- سرعة تشكل شوارد (Cr^{3+}) في اللحظة $t = 20min$:

$$v(20min) = \left. \frac{dn_{Cr^{3+}}}{dt} \right|_{t=20min} = \frac{(3,7 - 3,5) \times 10^{-3}}{20 - 15} = 4 \times 10^{-5} mol \cdot min^{-1}$$

$$v(t) = \frac{dn_{Cr^{3+}}(t)}{dt}$$

ب- التقدم الأعظمي للتفاعل (x_{max}) :

$$x_{max} = \frac{n_f(Cr^{3+})}{2}$$

لدينا من جدول تقدم التفاعل وفي الحالة النهائية: $n_f(Cr^{3+}) = 2x_{max}$ ومنه:

$$x_{max} = \frac{4 \times 10^{-3}}{2} = 2 \times 10^{-3} mol$$

من البيان: $n_f(Cr^{3+}) = 4 \times 10^{-3} mol$ إذن:

جـ- زمن نصف التفاعل ($t_{1/2}$):

من جدول تقدم التفاعل: $n_{Cr^{3+}}(t) = 2x(t)$ وعند اللحظة $t = t_{1/2}$ يكون: $n_{Cr^{3+}}(t_{1/2}) = 2x(t_{1/2})$

وعليه: $n_{Cr^{3+}}(t_{1/2}) = \frac{2x_{\max}}{2}$ ولدينا: $n_f(Cr^{3+}) = 2x_{\max}$ إذن: $n_{Cr^{3+}}(t_{1/2}) = \frac{n_f(Cr^{3+})}{2}$

ومنه: $t_{1/2} = 5,5 \text{ min}$ من البيان نقرأ: $n_{Cr^{3+}}(t_{1/2}) = \frac{4}{2} = 2 \text{ mol}$

3- أ- تعيين المتفاعل المحد:

من جدول التقدم وفي الحالة النهائية لدينا: $n_f(Cr_2O_7^{2-}) = C_1V_1 - x_{\max}$

ومنه: $n_f(Cr_2O_7^{2-}) = 0,2 \times 40 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-3} = 6 \times 10^{-3} \text{ mol} \neq 0$

حمض الأوكساليك ($C_2H_2O_4$).

ب- التركيز المولي لحلول حمض الأوكساليك C_2 :

$n_2 - 3x_{\max} = 0$ ومنه: $C_2V_2 = 2x_{\max}$ وعليه: $C_2 = \frac{3x_{\max}}{V_2}$ ت.ع: $C_2 = \frac{3 \times 2 \times 10^{-3}}{60 \times 10^{-3}} = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$

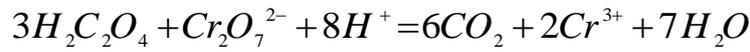
تدريب رقم 05

لمتابعة تطور تفاعل حمض الأوكساليك ($H_2C_2O_4(aq)$) مع شوارد ثنائي الكرومات ($Cr_2O_7^{2-}(aq)$) ، نمزج في

اللحظة $t = 0$ حجما $V_1 = 50 \text{ mL}$ من محلول حمض الأوكساليك، تركيزه المولي $C_1 = 12 \text{ mol.L}^{-1}$ مع

حجم $V_2 = 50 \text{ mL}$ من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم ($2K^+ + Cr_2O_7^{2-}(aq)$) تركيزه

المولي $C_2 = 16 \text{ mol.L}^{-1}$ وبوجود وفرة من حمض الكبريت المركز. نمذج التحول الحاصل بالمعادلة التالية:



1-أ- حدد الشائيتين (Ox/Red) المشاركتين في التفاعل.

ب- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل، ثم حدد المتفاعل المحد.

2- البيان يمثل تغيرات التركيز المولي لحمض الأوكساليك بدلالة الزمن كما هو مبين في الشكل-3.

أ- عرف السرعة الحجمية للتفاعل.

ب- بين أن عبارة السرعة الحجمية للتفاعل في أي لحظة تكتب بالعلاقة: $v_{\text{vol}} = -\frac{1}{3} \times \frac{d[H_2C_2O_4]}{dt}$

ج- أحسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $t = 12 \text{ min}$.

3- عرف زمن نصف التفاعل، ثم أحسبه.

$[H_2C_2O_4](\text{mol.L}^{-1})$

الشكل-3



1-أ. تحديد الثنائيتين (Ox/Red) المشاركتين في التفاعل.

المعادلة النصفية للأرجاع: $H_2C_2O_4 = 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-$ الثنائية الأولى: $(CO_2/H_2C_2O_4)$

المعادلة النصفية للأكسدة: $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- = 2Cr^{3+} + 7H_2O$ الثنائية الثانية: $(Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+})$

ب. جدول تقدم التفاعل:

$3H_2C_2O_4 + Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ = 6CO_2 + 2Cr^{3+} + 7H_2O$						
0	n_{01}	n_{02}	بوفرة	0	0	بوفرة
x	$n_{01} - 3x$	$n_{02} - x$	بوفرة	$6x$	$2x$	بوفرة
x_{max}	$n_{01} - 3x_{max}$	$n_{02} - x_{max}$	بوفرة	$6x_{max}$	$2x_{max}$	بوفرة

- تحديد المتفاعل المحد:

نفرض أن $(H_2C_2O_4)$ هو متفاعل محد: $n_{01} - 3x_{max} = 0$

$$x_{max} = \frac{n_{01}}{3} = \frac{C_1 V_1}{3} = \frac{12 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3}}{3} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol}$$
 ومنه:

نفرض أن $(Cr_2O_7^{2-})$ هو متفاعل محد: $n_{02} - x_{max} = 0$

$$x_{max} = n_{02} = C_2 V_2 = 16 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-4} \text{ mol}$$
 ومنه:

إذن المتفاعل المحد هو $(H_2C_2O_4)$ وقيمة التقدم الأعظمي: $x_{max} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol}$.

2-أ. تعريف السرعة الحجمية للتفاعل:

$$v_{vol}(t) = \frac{1}{V_T} \frac{dx(t)}{dt}$$
 هي قيمة تغير تقدم التفاعل في وحدة الزمن في وحدة الحجم عبارتها:

$$:v_{vol} = -\frac{1}{3} \times \frac{d[H_2C_2O_4]}{dt}$$
 ب. تبيان أن عبارة السرعة الحجمية للتفاعل في أي لحظة تكتب بالعلاقة:

$$n_{H_2C_2O_4}(t) = n_{01} - 3x(t)$$
 لدينا: $v_{vol}(t) = \frac{1}{V_T} \frac{dx(t)}{dt}$ من جدول تقدم التفاعل وفي اللحظة t نجد:

$$x(t) = \frac{n_{01} - [H_2C_2O_4](t)V_T}{3}$$
 ومنه: $[H_2C_2O_4](t)V_T = n_{01} - 3x(t)$ ومنه:

بالتعويض في عبارة السرعة الحجمية نجد:

$$v_{vol}(t) = \frac{1}{V_T} \frac{d\left(\frac{n_{01} - [H_2C_2O_4](t)V_T}{3}\right)}{dt} = \frac{1}{V_T} \frac{d\left(-\frac{[H_2C_2O_4](t)V_T}{3}\right)}{dt} = \frac{1}{V_T} \times \left(-\frac{V_T}{3}\right) \frac{d[H_2C_2O_4](t)}{dt}$$

$$v_{vol}(t) = -\frac{1}{3} \frac{d[H_2C_2O_4](t)}{dt}$$
 ومنه:

ج. حساب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $t = 12 \text{ min}$:

$$v_{vol}(12 \text{ min}) = -\frac{1}{3} \frac{d[H_2C_2O_4]}{dt} \Bigg|_{t=12 \text{ min}} = -\frac{1}{3} \times \frac{0 - 2 \times 10^{-3}}{20 - 8} = 5,55 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

3- تعريف زمن نصف التفاعل :
هو الزمن اللازم لبلوغ تقدم التفاعل نصف تقدمه النهائي
- حساب قيمته:

$$n_{H_2C_2O_4}(t) = n_{01} - 3x(t) : \text{لدينا من جدول تقدم التفاعل عند اللحظة } t : x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2}$$

$$n_{H_2C_2O_4}(t_{1/2}) = n_{01} - 3x(t_{1/2}) = n_{01} - \frac{3x_{\max}}{2} : t = t_{1/2} \text{ ولما}$$

$$n_f(H_2C_2O_4) = 0$$

$$n_{H_2C_2O_4}(t_{1/2}) = \frac{n_{01}}{2} \text{ ومنه: } n_{H_2C_2O_4}(t_{1/2}) = \frac{2n_{01} - 3x_{\max}}{2} = \frac{n_{01} + n_{01} - 3x_{\max}}{2}$$

$$[H_2C_2O_4](t_{1/2}) = \frac{[H_2C_2O_4]_0}{2} : \text{إذن } [H_2C_2O_4](t_{1/2})V_T = \frac{[H_2C_2O_4]_0 V_T}{2} \text{ ومنه:}$$

$$[H_2C_2O_4](t_{1/2}) = \frac{6}{2} = 3 \text{ mol} \cdot L^{-1} \text{ بالاسقاط نجد: } t_{1/2} = 5,6 \text{ min}.$$

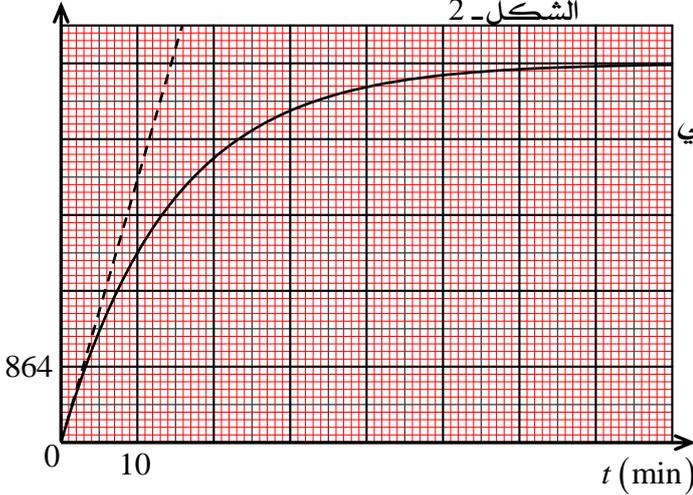
تدريب رقم 06

لدراسة حركية تحول كيميائي تام، غمرنا في اللحظة $t = 0$ صفيحة من النحاس كتلتها $m = 3,175 \text{ g}$ في حجم قدره $V = 200 \text{ mL}$ من محلول نترات الفضة ($Ag^+ + NO_3^-$) تركيزه المولي C_0 . سمحت لنا متابعة تطور هذا التحول من رسم البيان الممثل في الشكل - 2 الذي يعبر عن تغيرات كتلة الفضة المتشكلة بدلالة الزمن $m_{Ag} = f(t)$.

$m_{Ag} (mg)$

معادلة التفاعل المنمذجة للتحول الكيميائي الحادث: $Cu + 2Ag^+ = Cu^{2+} + 2Ag$.

الشكل - 2



1- هل التحول الحادث سريع أم بطيء؟ برر اجابتك.

2- حدد الشنائيتين (Ox/Red) الداخلتين في التفاعل.

3- أنشئ جدول تقدم التفاعل ثم أحسب قيمة التقدم الأعظمي x_{\max} .

4- أحسب C_0 التركيز المولي الابتدائي لمحلول نترات الفضة.

5- جد التركيب المولي (حصيلة المادة) في الحالة النهائية.

6- عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ و حدد قيمته بيانياً.

7- أ بين أن السرعة اللحظية لتشكيل الفضة تعطى بالعلاقة: $v_{Ag}(t) = \frac{1}{M_{Ag}} \frac{dm_{Ag}(t)}{dt}$.

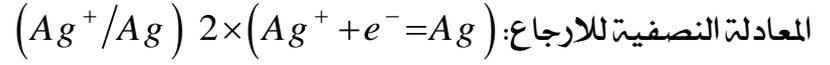
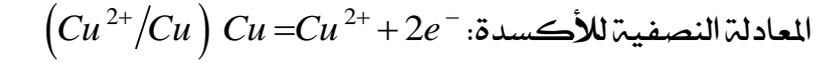
حيث: M_{Ag} الكتلة المولية للفضة

ب- أحسب سرعة التفاعل في اللحظة $t = 0$.

يعطى:

$$M(Cu) = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, \quad M(Ag) = 108 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

- 1- التحول الحادث بطيء لأنه يمكن متابعته زمنيا (مدة التفاعل من رتبة دقائق).
2- تحديد الشائيتين (Ox/Red) الداخلتين في التفاعل:



- 3- جدول تقدم التفاعل:

	$Cu + 2Ag^{+} = Cu^{2+} + 2Ag$			
0	n_1	n_2	0	0
x	$n_1 - x$	$n_2 - 2x$	x	$2x$
x_{\max}	$n_1 - x_{\max}$	$n_2 - 2x_{\max}$	x_{\max}	$2x_{\max}$

- حساب قيمة التقدم الأعظمي x_{\max} .

$$\frac{m_f(Ag)}{M} = 2x_{\max} \text{ من جدول التقدم وفي الحالة النهائية نجد: } n_f(Ag) = 2x_{\max} \text{ ومنه: } x_{\max} = \frac{m_f(Ag)}{2M}$$

$$x_{\max} = \frac{4320 \times 10^{-3}}{2 \times 108} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol} \text{ ت.ع: } x_{\max} = \frac{m_f(Ag)}{2M} \text{ وعليه:}$$

- 4- حساب C_0 التركيز المولي الابتدائي لمحلول نترات الفضة:

$$n_f(Cu) = \frac{m}{M} - x_{\max} \text{ من جدول التقدم وفي الحالة النهائية: } n_f(Cu) = n_1 - x_{\max} \text{ ومنه:}$$

$$n_f(Cu) = \frac{3,175}{63,5} - 2 \times 10^{-2} = 0,03 \text{ mol} \neq 0 \text{ ت.ع: } (Ag^{+})$$

$$C_0 = \frac{2x_{\max}}{V} = \frac{2 \times 2 \times 10^{-2}}{200 \times 10^{-3}} = 0,2 \text{ mol} \cdot L^{-1} \text{ إذن: } C_2 V_2 = 2x_{\max} \text{ ومنه: } n_2 - 2x_{\max} = 0 \text{ وعليه:}$$

- 5- التركيب المولي (حصيلة المادة) في الحالة النهائية:

$$n_f(Ag^{+}) = 0 \text{ mol}$$

$$n_f(Cu) = n_f(Cu) = \frac{3,175}{63,5} - 2 \times 10^{-2} = 0,03 \text{ mol}$$

$$n_f(Ag) = 2x_{\max} = 4 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_f(Cu^{2+}) = x_{\max} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- 6- تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2} \text{ هو الزمن اللازم لبلوغ تقدم التفاعل نصف تقدمه الأعظمي}$$

- تحديد قيمته:

$$n_{Ag}(t_{1/2}) = 2x(t_{1/2}) : t = t_{1/2} \text{ وعند اللحظة } n_{Ag}(t) = 2x(t) \text{ لدينا من جدول تقدم التفاعل:}$$

$$n_{Ag}(t_{1/2}) = \frac{n_f(Ag)}{2} \text{ ومنه: } n_{Ag}(t_{1/2}) = \frac{2x_{\max}}{2} \text{ حيث: } n_f(Ag) = 2x_{\max} \text{ ومنه:}$$

وعليه: $\frac{m_{Ag}(t_{1/2})}{M} = \frac{m_f(Ag)}{2M}$ إذن: $m_{Ag}(t_{1/2}) = \frac{m_f(Ag)}{2}$

$t_{1/2} = 10 \text{ min}$ من البيان نقراً: $m_{Ag}(t_{1/2}) = \frac{4320}{2} = 2160 \text{ mg}$

7- أ تبيان أن السرعة اللحظية لتشكيل الفضة تعطى بالعلاقة: $v_{Ag}(t) = \frac{1}{M_{Ag}} \frac{dm_{Ag}(t)}{dt}$

نعلم أن: $v_{Ag}(t) = \frac{dn_{Ag}(t)}{dt}$ ومنه: $v_{Ag}(t) = \frac{d \frac{m_{Ag}(t)}{M_{Ag}}}{dt}$ وعليه: $v_{Ag}(t) = \frac{1}{M_{Ag}} \frac{dm_{Ag}(t)}{dt}$

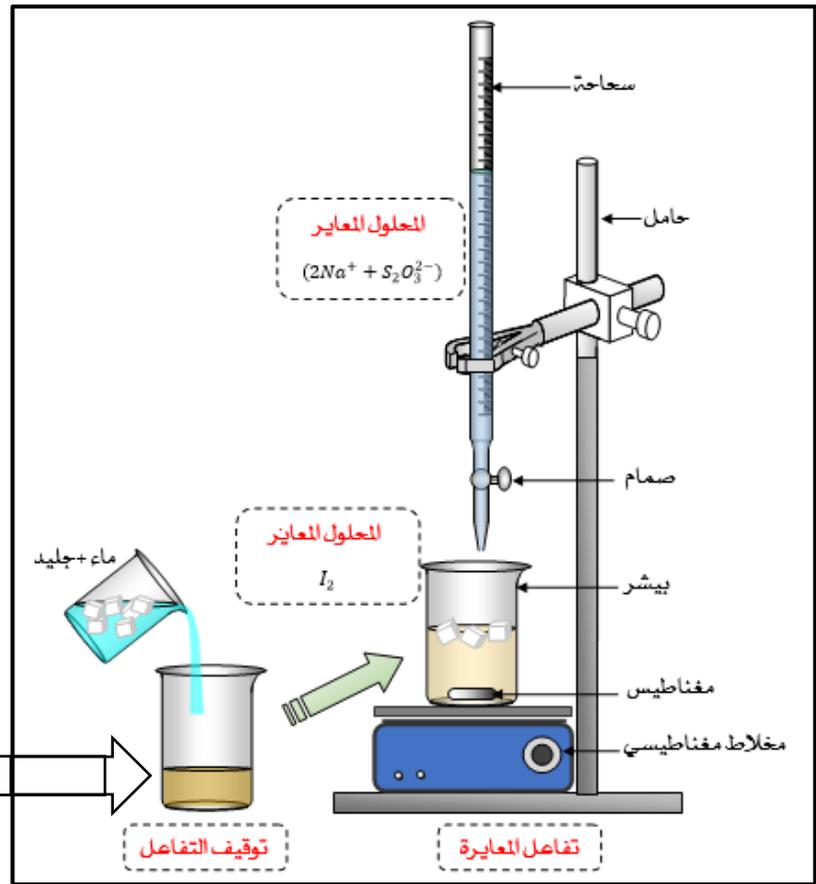
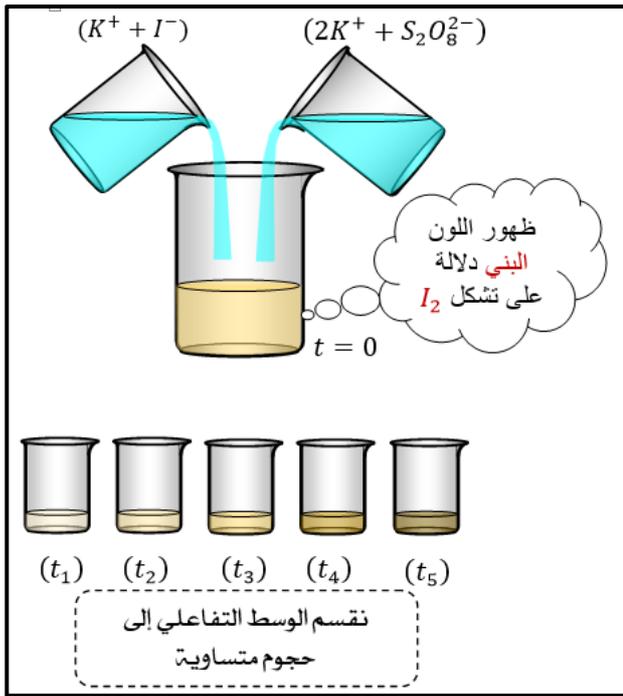
ب- حساب سرعة التفاعل في اللحظة $t = 0$:

نعلم أن: $v(t) = \frac{dx}{dt}$ ولدينا من جدول تقدم التفاعل: $n_{Ag}(t) = \frac{m_{Ag}(t)}{M_{Ag}} = 2x(t)$

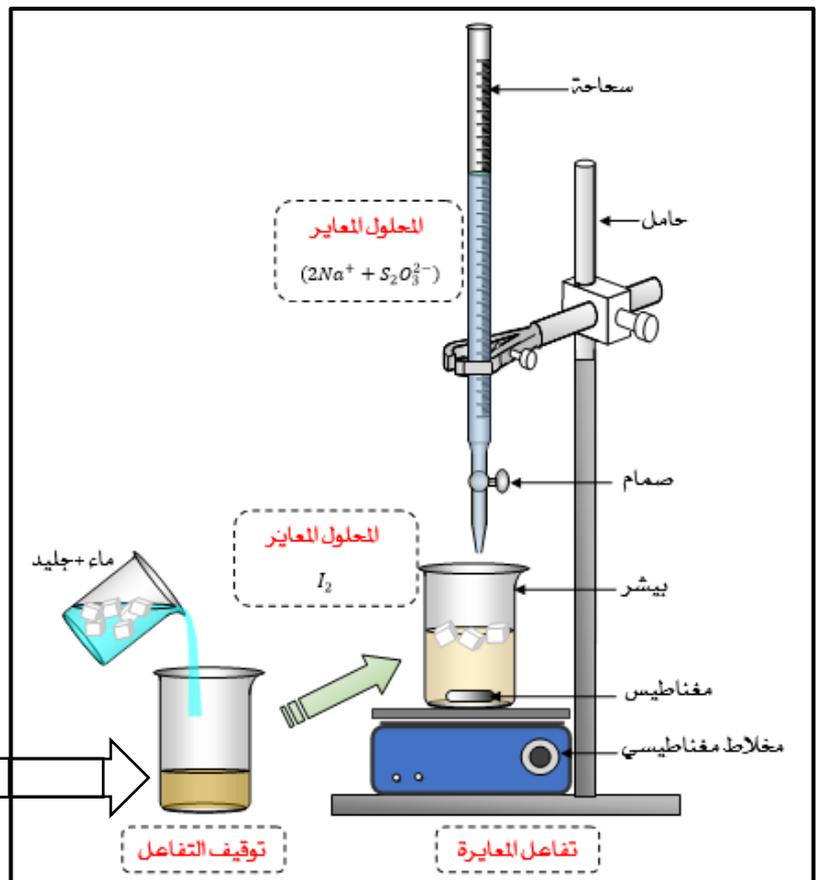
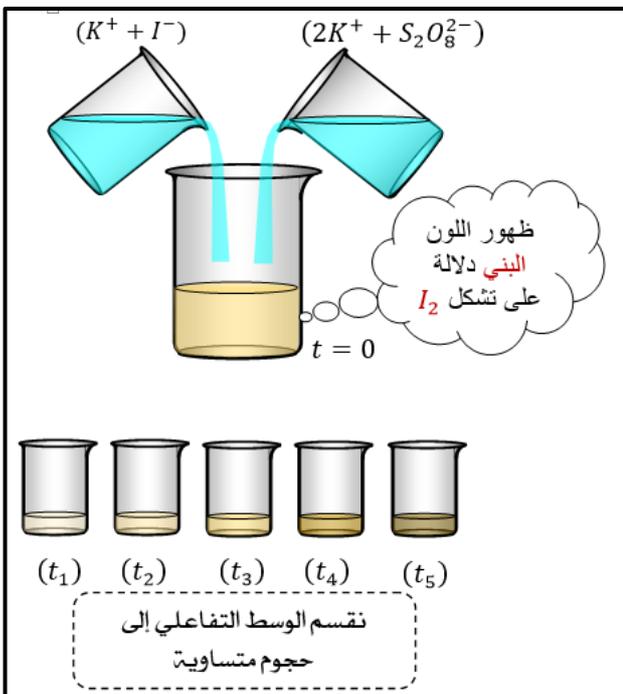
ومنه: $x(t) = \frac{m_{Ag}(t)}{2M_{Ag}}$ بالاشتقاق الطرفين بالنسبة للزمن نجد: $\frac{dx(t)}{dt} = \frac{1}{2M_{Ag}} \frac{dm_{Ag}(t)}{dt}$

ومنه: $v(t) = \frac{1}{2M_{Ag}} \frac{dm_{Ag}(t)}{dt}$

ت.ع: $v(0) = \frac{1}{2 \times M_{Ag}} \frac{dm_{Ag}}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{1}{2 \times 108} \times \left(\frac{(3024 - 0) \times 10^{-3}}{10 - 0} \right) = 1,4 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$



المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق المعايرة اللونية



- التحول الكيميائي الحادث بين ثنائي اليود $I_2(aq)$ ومعدن الزنك $Zn(s)$ تحول تام ينمذج بتفاعل كيميائي معادلته: $I_2(aq) + Zn(s) = 2I^-(aq) + Zn^{2+}(aq)$.
- يمكن متابعة تحول كيميائي عن طريق قياس الناقلية إذا كان المزيج التفاعلي يحتوي على شوارد خاضعة للتحول الكيميائي (شوارد فعالة).

البروتوكول التجريبي للمتابعة.

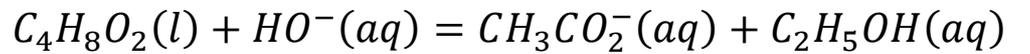
عند درجة حرارة ثابتة نضع في كأس بيشر حجما قدره V_0 من محلول ثنائي اليود $I_2(aq)$ تركيز المولي c_0 ، ثم نغمر فيه خلية جهاز قياس الناقلية، نشغل جهاز قياس الناقلية ثم نضيف للمحلول عند اللحظة $t=0$ قطعة من معدن الزنك $Zn(s)$ كتلتها m_0 .

نسجل بجدول قيم الناقلية النوعية للمزيج التفاعلي عند لحظات زمنية مختلفة. ملاحظة: إذا كان المتفاعلين محلولين يمكن استعمال مخلوط مغناطيسي.

مثال 01: من بكالوريا 2020 علوم تجريبية

عند اللحظة $t = 0$ نسكب حجما V_1 من ايثانوات الايثيل في بيشر يحتوي على محلول هيدروكسيد الصوديوم $Na^+(aq) + HO^-(aq)$ حجمه V_0 وتركيزه C_0 المغمور فيه مسبارجهاز قياس الناقلية النوعية

نُمدج التحول الكيميائي الحادث والذي نعتبره تاماً بالمعادلة الكيميائية التالية:



1. حدّد الأنواع الكيميائية المسؤولة عن ناقلية المزيج.
2. كيف تتطور الناقلية النوعية σ للمزيج التفاعلي مع مرور الزمن؟ علل.
3. جد عبارة الناقلية النوعية $\sigma(t)$ للمزيج التفاعلي عند لحظة t بدلالة التقدم x .

الإجابة :

1. الأنواع الكيميائية المسؤولة عن ناقلية المزيج هي : $CH_3CO_2^-(aq)$ ، $HO^-(aq)$ ، $Na^+(aq)$

2. بما أن $\lambda_{HO^-} > \lambda_{CH_3CO_2^-}$ فإن الناقلية النوعية σ للمزيج التفاعلي تتناقص مع مرور الزمن لتتناقص $[HO^-]$.

3. إيجاد عبارة الناقلية النوعية $\sigma(t)$ للمزيج التفاعلي عند لحظة t بدلالة التقدم .

لدينا : $\sigma(t) = \lambda_{CH_3CO_2^-}[CH_3CO_2^-](t) + \lambda_{HO^-}[HO^-](t) + \lambda_{Na^+}[Na^+](t)$

$$\text{، } \sigma(t) = \lambda_{CH_3CO_2^-} \cdot \frac{x(t)}{V} + \lambda_{HO^-} \cdot \frac{C_0V_0 - x(t)}{V} + \lambda_{Na^+} \cdot \frac{C_0V_0}{V} \text{ إن}$$

حيث : $V = V_0 + V_1 \approx V_0$

$$\text{أي : } \sigma(t) = \lambda_{CH_3CO_2^-} \cdot \frac{x(t)}{V} - \lambda_{HO^-} \cdot \frac{x(t)}{V} + \lambda_{HO^-} \cdot C_0 + \lambda_{Na^+} \cdot C_0$$

$$\text{ومنه : } \sigma(t) = \left(\frac{\lambda_{CH_3CO_2^-} - \lambda_{HO^-}}{V} \right) x(t) + (\lambda_{HO^-} + \lambda_{Na^+})C_0$$

تعريف زمن نصف التفاعل :

زمن نصف التفاعل هو المدة اللازمة لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته النهائية (نصف قيمته الأعظمية

$$\cdot x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} \text{ ونكتب :}$$

ملاحظات :

- إذا كان التحول تاما فإن $x_f = x_{\max}$ وبالتالي $t_{1/2}$ يمثل المدة اللازمة لاستهلاك نصف كمية مادة المتفاعل المحد.

- يمثل $t_{1/2}$ بالنسبة لبيان $x(t)$ فاصلة النقطة ذات الترتيبية $\frac{x_f}{2}$.

- ملاحظة: يكون التفاعل تاما إذا انتهت كمية مادة أحد المتفاعلين أو كلاهما

أهمية زمن نصف التفاعل .

- يسمح بمقارنة سرعة تحولين: التحول الذي يكون زمن نصف تفاعله أقل يكون اسرعا.

- يعطي فكرة حول مدة التحول: مدة التحول تجريبيا من $4.t_{1/2}$ إلى $7.t_{1/2}$.

مثال :

ليكن التحول النمذج بمعادلة التفاعل الكيميائية التالية : $I_2(aq) + Zn(s) = 2I^-(aq) + Zn^{2+}(aq)$

إذا علمت أن المتفاعل المحد هو $I_2(aq)$ ، بين أن :

$$\cdot [I^-](t_{1/2}) = \frac{[I^-]_f}{2} \quad -$$

$$\cdot m_{Zn}(t_{1/2}) = \frac{m_0 + m_f}{2} \quad -$$

الإجابة :

$$\cdot [I^-](t_{1/2}) = \frac{[I^-]_f}{2} \quad \text{إثبات أن :}$$

$$\text{لدينا } x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} \text{ ولدينا } [I^-](t_{1/2}) = \frac{2 \cdot x(t_{1/2})}{V_T}$$

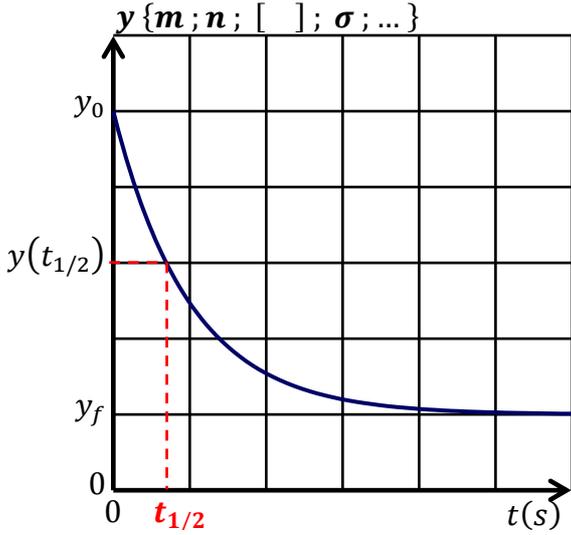
$$\cdot [I^-](t_{1/2}) = \frac{[I^-]_f}{2} \text{ وبالتالي } [I^-](t_{1/2}) = \frac{2 \cdot x_f}{2 \cdot V_T} \text{ ولدينا } [I^-]_f = \frac{2 \cdot x_f}{V_T} \text{ ومنه } [I^-](t_{1/2}) = \frac{[I^-]_f}{2}$$

$$\cdot m_{Zn}(t_{1/2}) = \frac{m_0 + m_f}{2} \quad \text{إثبات أن :}$$

$$\text{لدينا } m_{Zn}(t_{1/2}) = (n_0 - x(t_{1/2}))M \text{ أي } m_{Zn}(t_{1/2}) = m_0 - M \cdot x(t_{1/2}) \text{ و } m_f = m_0 - M \cdot x_f$$

$$\cdot m_{Zn}(t_{1/2}) = m_0 - M \cdot \frac{x_f}{2} \quad \text{إذن } x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$$

$$\cdot m_{Zn}(t_{1/2}) = \frac{m_0 + m_f}{2} \text{ ومنه } m_{Zn}(t_{1/2}) = \frac{m_0 + (m_0 - M \cdot x_f)}{2} \quad \text{إذن } m_{Zn}(t_{1/2}) = \frac{2m_0 - M \cdot x_f}{2} \text{ وبالتالي}$$



• كيفية تعيين قيمة زمن نصف التفاعل

لتعيين قيمة زمن نصف التفاعل، نتبع إحدى الطريقتين التاليتين:

1- نكتب عبارة $y(t_{1/2})$ بدلالة $x(t_{1/2})$ بالاعتماد على جدول التقدم، ثم نعوض قيمة $x(t_{1/2})$ بالاعتماد على التعريف.

2- نحسب قيمة صورة $t_{1/2}$ مباشرة باستعمال العبارة التالية:

$$y(t_{1/2}) = \frac{y_0 + y_f}{2}$$

ملاحظة:

- الطريقة 1 دوما صحيحة، أما عبارة $y(t_{1/2})$ المعطاة في الطريقة 2، صحيحة فقط في حالة تغير y بدلالة التقدم x وفق دالة تألفية.

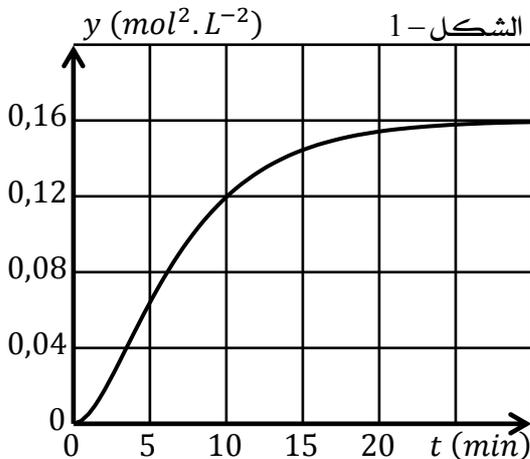
مثال:

كأس بيشر يحتوي على حجم $V = 100 \text{ mL}$ من محلول ثنائي اليود البني اللون تركيزه المولي $C = 0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ ، عند اللحظة $t = 0$ نضع به قطعة من الزنك كتلتها $m_0 = 0,5 \text{ g}$ ، بعد مدة زمنية نلاحظ اختفاء اللون البني تماما.

التحول الكيميائي الحاصل يتمذج بمعادلة التفاعل التالية: $I_2(aq) + Zn(s) = 2I^-(aq) + Zn^{2+}(aq)$

يمثل بيان الشكل 1 - تغيرات y بدلالة الزمن t .

حيث: $y(t) = [I^-]^2(t)$



1- جد التقدم الأعظمي للتفاعل x_{max}

2- جد زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$

الإجابة :

1. إيجاد x_{\max} التقدم الأعظمي للتفاعل.

إختفاء اللون البني تماما دليل على انتهاء ثنائي اليود .

• وبالتالي : $x_{\max} = \frac{n_i(I_2)}{1} = CV$ ، ومنه : $x_{\max} = 0,2 \times 0,1 = 2 \times 10^{-2} mol$

2. إيجاد زمن نصف التفاعل.

بالاستعانة بجدول التقدم نجد : $[I^-](t) = \frac{2x(t)}{V}$ ، وبالتالي : $y(t) = \frac{4}{V^2} x^2(t)$ ، إذن :

• $y(t_{1/2}) = \frac{4}{V^2} x^2(t_{1/2})$

وبالتالي : $y(t_{1/2}) = \frac{4}{V^2} \left(\frac{x_{\max}}{2} \right)^2 = \frac{x_{\max}^2}{V^2}$ ، ومنه $y(t_{1/2}) = \frac{(2 \times 10^{-2})^2}{(0,1)^2} = 4 \times 10^{-2} mol^2 \cdot L^{-2}$ (لاحظ أن :

• $(y(t_{1/2}) \neq \frac{y_f}{2}$

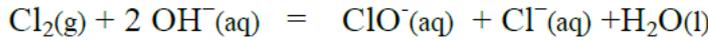
من البيان بالاسقاط نجد : $t_{1/2} \approx 3 min$



- يعد ماء جافيل مادة كيميائية كثيرة الاستعمال، وهو معقم جد فعال ضد العدوى البكتيرية والفيروسية، وتعتبر شاردة الهيپوكلوريت *hypochlorite* $ClO^-(aq)$ العنصر الفعال لماء جافيل. لهذه الشاردة صفة مؤكسد و صفة قاعدة.
- يعبر عادة عن تركيز ماء جافيل بالدرجة الكلورومتريّة $^{\circ}Chl$.

مثال 01 : بكالوريا 2016 علوم تجريبية

نحضر ماء جافيل من تفاعل غاز ثنائي الكلور $Cl_2(g)$ مع محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+(aq) + OH^-(aq))$ بتحول كيميائي تام يُتمدجُ بمعادلة التفاعل التالية:



1 - تُعرّف الدرجة الكلورومتريّة ($^{\circ}Chl$) بأنها توافق عدد لترات غاز ثنائي الكلور في الشرطين النظاميين اللّازم

استعمالها لتحضير لتر واحد من ماء جافيل. بين أن: $^{\circ}Chl = C_0 \cdot V_M$

حيث $V_M = 22.4 \text{ L.mol}^{-1}$ هو الحجم المولي للغاز و C_0 هو التركيز المولي لماء جافيل.

الإجابة :

من معادلة تحضير ماء جافيل :



كمية مادة ثنائي الكلور $Cl_2(g)$ المتفاعلة تساوي كمية مادة الهيپوكلوريت $ClO^-(aq)$ الناتجة .

$$\text{أي : } n_0(Cl_2) = n_f(ClO^-) \quad \text{إذن : } \frac{V_g}{V_M} = C_0 \cdot V \quad \text{أي : } V_g = C_0 \cdot V \cdot V_M$$

$$\text{ولدينا : } ^{\circ}Chl = \frac{V_g}{V} \quad \text{ومنه : } ^{\circ}Chl = C_0 \cdot V_M$$

تطبيق : قارورة لماء جافيل كتبت على بطاقته المعلومة التالية : $^{\circ}Chl = 12^{\circ}$.

- جد التركيز المولي لماء جافيل المتواجد بالقارورة.

- يعطى : $V_M = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$

الإجابة :

$$\text{لدينا : } ^{\circ}Chl = C_0 \cdot V_M \quad \text{إذن : } C_0 = \frac{^{\circ}Chl}{V_M}$$

$$\text{وبالتالي : } C_0 = \frac{12}{22,4} \quad \text{ومنه : } C_0 = 0,536 \text{ mol.L}^{-1}$$

تحديد تركيز الماء الأكسجيني (10V)

- عادة ما يكتب على بطاقة الماء الأكسجيني الدلالة (10V) والتي تعبر عن تركيزه ، والتي تمثل حجم ثنائي الأكسجين مقاسا باللتر الذي يحرره 1 لتر من الماء الأكسجيني عند تفككه ، حسب التحول النمذج بالمعادلة التالية : $2H_2O_2(aq) = O_2(g) + 2H_2O(l)$.

معادلة التفاعل		$2H_2O_2(aq) = O_2(g) + 2H_2O(l)$		
حالة الجملة	التقدم	كمية المادة بـ (mol)		
الإبتدائية	0	$n_0 = C_0 \cdot V_0$	0	بوفرة
الانتقالية	$x(t)$	$n_0 - 2x$	x	
النهائية	x_{max}	$n_0 - 2x_{max}$	x_{max}	

في الحالة النهائية لدينا : $n_f(O_2) = x_{max}$ و $n_f(H_2O_2) = 0$.

إذن : $n_0 - 2x_{max} = 0$ وبالتالي : $C_0 \cdot V_0 = 2x_{max}$. أي : $x_{max} = \frac{C_0 \cdot V_0}{2}$.

وبالتالي : $n_f(O_2) = \frac{C_0 \cdot V_0}{2}$ إذن : $\frac{V_{O_2}}{V_M} = \frac{C_0 \cdot V_0}{2}$ ، أي : $C_0 = \frac{2 \cdot V_{O_2}}{V_0 \cdot V_M}$.

إذن : $C_0 = \frac{2 \times 10}{1 \times 22,4} = 0,893 \text{ mol.L}^{-1}$ ومنه : $C_0 = 0,893 \text{ mol.L}^{-1}$.

مثال 01 : بكالوريا 2014 رياضيات

- 3- القارورة التي أُخذ منها الماء الأكسجيني المُستخدم في هذه التجربة كُتب عليها الدلالة (10V) أي:
(كل 1L من محلول الماء الأكسجيني يحرر 10L من غاز ثنائي الأكسجين O_2 في الشرطين النظاميين)
- هل هذا المحلول مُحضّر حديثا ؟ علّل .

الإجابة :

باستغلال نتائج الدراسة التجريبية نجد : $[H_2O_2]_0 = 0,744 \text{ mol.L}^{-1}$ (ارجع لنص التمرين

الكامل).

نلاحظ أن : $[H_2O_2]_0 < 0,893 \text{ mol.L}^{-1}$ ، أي : $[H_2O_2]_0 < C_0$.

ومنه الماء الأكسجيني قيد الدراسة قديم (غير حديث)

- **التمديد (التخفيف)**: هو عملية زيادة حجم المحلول مع المحافظة على كمية المادة.
- **القانون**:

- عند تمديد محلول تبقى كمية المادة ثابتة، أي: $n_i = n_f$ ، إذن: $C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$.
- حيث: $V_e = V_f - V_i$ يمثل حجم الماء المضاف .
- $C_i (mol.L^{-1})$ التركيز المولي الابتدائي للمحلول (قبل التمديد) و $V_i (L)$ حجمه .
- $C_f (mol.L^{-1})$ التركيز المولي النهائي للمحلول (بعد التمديد) و $V_f (L)$ حجمه .
- يسمى العدد $F = N = \frac{V_f}{V_i} = \frac{C_i}{C_f}$ بـ معامل التمديد (عدد مرات التمديد) .

مثال 01 : من بكالوريا 2018 علوم تجريبية

➡ نُحضر محلولاً (S) حجمه $V_S = 500mL$ وتركيزه المولي c_a ممددا 100 مرة، إنطلاقاً من المنظف التجاري الذي تركيزه المولي c_0 .

- 1- ما هو حجم المحلول التجاري V_0 الواجب استعماله لتحضير المحلول (S) .
- 2- اذكر البروتوكول التجريبي اللازم لتحضير المحلول (S) .

الإجابة :

• لدينا: $F = \frac{V_S}{V_0}$ وبالتالي: $V_0 = \frac{V_S}{F}$. ومنه: $V_0 = \frac{500}{100} = 5mL$.

طريقة العمل:

① بواسطة ماصة عيارية سعتها $5mL$ مزودة بإجاصة مص،

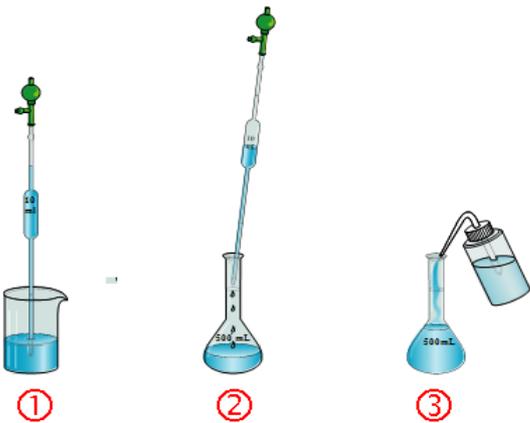
نأخذ حجماً قدره $V_0 = 5mL$ من المحلول الابتدائي.

② ثم نسكبه في حوالة عيارية سعتها $V = 500mL$ بها

قليل من الماء المقطر .

③ نرج المزيج ليتجانس ، ثم نكمل الحجم بالماء المقطر إلى

خط العيار .



مثال 02 : من بكالوريا 2020 علوم تجريبية

➡ نُحضر محلولاً مائياً (S) تركيزه المولي c وذلك بتخفيف المحلول التجاري (S₀) 10 مرات.

توجد في المخبر الزجاجيات التالية :

ماصات عيارية : 5mL ، 10mL ، 20mL ؛ حوجلات عيارية : 100mL ، 500mL ، 1000mL .

- إختتر الزجاجات المناسبة لتحضير المحلول (S) ، علل.

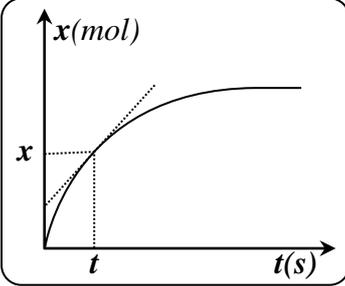
الإجابة :

الماصة العيارية : 10mL ؛ الحوجلة العيارية : 100mL . لأن : $F = \frac{V}{V_0} = \frac{100}{10} = 10$.

• سرعة التفاعل:

هي مقدار تغير التقدم خلال وحدة زمنية، أي: $v(t) = \frac{dx(t)}{dt}$ ووحدتها $mol \cdot s^{-1}$

- تمثل السرعة اللحظية بيانيا ميل مماس منحنى $x(t)$ عند اللحظة المعتبرة t .



• السرعة الحجمية للتفاعل:

هي سرعة التفاعل في وحدة الحجم، أي: $v_{vol}(t) = \frac{v(t)}{V} = \frac{1}{V} \frac{dx(t)}{dt}$

حيث V يمثل حجم الوسط التفاعلي.

وتعرف كذلك على أنها مقدار تغير التقدم في وحدة الحجم خلال وحدة زمنية، ووحدتها $mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$.

ملاحظة:

لو رسما عدة مماسات لمنحنى $x(t)$ نلاحظ أن ميل المماس يتناقص بمرور الزمن وهذا يعني أن سرعة

التفاعل (أو السرعة الحجمية للتفاعل) تتناقص مع مرور الزمن، إذ تكون أعظمية عند اللحظة

الإبتدائية وتندعم عند نهاية التفاعل.

مثال:

نعتبر التحول الكيميائي المنمذج بمعادلة التفاعل التالية: $I_2(aq) + Zn(s) = 2I^-(aq) + Zn^{2+}(aq)$

بين أن:

$$\cdot v_{vol}(t) = -\frac{1}{V \cdot M} \frac{dm_{Zn}(t)}{dt} \quad -3 \quad \cdot v_{vol}(t) = -\frac{1}{V} \frac{dn_{I_2}(t)}{dt} \quad -2 \quad \cdot v_{vol}(t) = \frac{1}{2} \frac{d[I^-](t)}{dt} \quad -1$$

الإجابة:

1. بالاستعانة بجدول التقدم في الحالة الانتقالية نجد: $[I^-](t) = \frac{2x(t)}{V}$ وبالتالي: $x(t) = \frac{V}{2} [I^-](t)$

$$\text{إذن: } \frac{dx(t)}{dt} = \frac{V}{2} \cdot \frac{d[I^-](t)}{dt} \quad \text{وبالتالي: } v_{vol}(t) = \frac{1}{V} \left(\frac{V}{2} \cdot \frac{d[I^-](t)}{dt} \right) \quad \text{ومنه: } \cdot v_{vol}(t) = \frac{1}{2} \frac{d[I^-](t)}{dt}$$

2. بالاستعانة بجدول التقدم في الحالة الانتقالية نجد: $n_{I_2}(t) = n_0 - x(t)$ وبالتالي: $x(t) = n_0 - n_{I_2}(t)$

$$\text{إذن: } \frac{dx(t)}{dt} = -\frac{dn_{I_2}(t)}{dt} \quad \text{وبالتالي: } v_{vol}(t) = \frac{1}{V} \left(-\frac{dn_{I_2}(t)}{dt} \right) \quad \text{ومنه: } \cdot v_{vol}(t) = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dn_{I_2}(t)}{dt}$$

3. بالاستعانة بجدول التقدم في الحالة الانتقالية نجد: $m_{Zn}(t) = n_{Zn}(t) \cdot M$ أي: $m_{Zn}(t) = (n_0 - x(t)) \cdot M$

$$\text{وبالتالي: } x(t) = n_0 - \frac{1}{M} m_{Zn}(t) \quad \text{إذن: } \frac{dx(t)}{dt} = -\frac{1}{M} \cdot \frac{dm_{Zn}(t)}{dt} \quad \text{إذن: } v_{vol}(t) = \frac{1}{V} \left(-\frac{1}{M} \cdot \frac{dm_{Zn}(t)}{dt} \right)$$

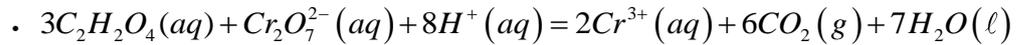
$$\text{ومنه: } \cdot v_{vol}(t) = -\frac{1}{V \cdot M} \cdot \frac{dm_{Zn}(t)}{dt}$$

• سرعة تشكل أو إختفاء نوع كيميائي

نعتبر التحول الكيميائي المنمذج بالمعادلة التالية : $\alpha.A + \beta.B = \gamma.C + \delta.D$ حيث A ، B ، C ، D أنواع كيميائية و α ، β ، γ ، δ معاملات الستوكيومترية.

- سرعة تشكل D .	- سرعة تشكل D .
$v_{D.vol}(t) = \frac{1}{V} \frac{dn_D(t)}{dt} = \frac{d[D](t)}{dt}$	$v_D(t) = \frac{dn_D(t)}{dt}$
- السرعة الحجمية لاختفاء A .	- سرعة اختفاء A .
$v_{A.vol}(t) = -\frac{1}{V} \frac{dn_A(t)}{dt} = -\frac{d[A](t)}{dt}$	$v_A(t) = -\frac{dn_A(t)}{dt}$
العلاقة بين السرعة :	
$v_{Vol}(t) = \frac{v(t)}{V}$ و	$\frac{v_A(t)}{\alpha} = \frac{v_B(t)}{\beta} = \frac{v_C(t)}{\gamma} = \frac{v_D(t)}{\delta} = v(t)$

مثال : نعتبر التحول الكيميائي المنمذج بمعادلة التفاعل التالية :



نتابع تطور التحول الحادث من خلال معايرة شوارد الكروم

$Cr^{3+}(aq)$ المتشكلة بدلالة الزمن فنحصل على المنحنى البياني في الشكل المقابل الذي يمثل تطور التركيز المولي لشوارد الكروم

$[Cr^{3+}(aq)]$ بدلالة الزمن t .

حجم المزيج التفاعلي : $V = 100mL$.

- أوجد السرعة الحجمية لتشكل Cr^{3+} عند اللحظة :

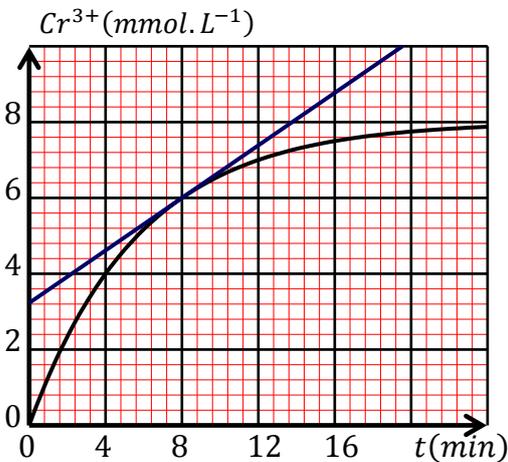
$t = 8min$ ، ثم استنتج سرعة التفاعل عند نفس اللحظة .

الإجابة :

- إيجاد السرعة الحجمية لتشكل Cr^{3+} : لدينا : $v_{Vol(Cr^{3+})}(t) = \frac{1}{V} \frac{dn_{Cr^{3+}}(t)}{dt}$

أي : $v_{Vol(Cr^{3+})}(t) = \frac{d[Cr^{3+}](t)}{dt}$ وهي تمثل ميل مماس البيان عند اللحظة : $t = 8min$.

إذن : $v_{Vol(Cr^{3+})}(t = 8min) = \frac{(6-3,2) \times 10^{-3}}{8-0} = 3,5 \times 10^{-4} mol.L^{-1}.min^{-1}$



- استنتاج سرعة التفاعل عند نفس اللحظة .

لدينا : $v_{Vol(Cr^{3+})}(t) = 2 \cdot v_{Vol}(t)$ و $v_{Vol}(t) = \frac{v(t)}{V}$ إذن : $v_{Vol(Cr^{3+})}(t) = 2 \cdot \frac{v(t)}{V}$

وبالتالي : $v(t) = \frac{V}{2} \cdot v_{Vol(Cr^{3+})}(t)$ إذن : $v(t = 8 \text{ min}) = \frac{0,1}{2} \times 3,5 \times 10^{-4} = 1,75 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$

• نسبة النقاوة : هي نسبة المادة النقية بالنسبة للمادة المشوبة .

أي : $P = 100 \cdot \frac{m_0}{m}$ ، حيث : m_0 كتلة المادة النقية ، m : كتلة المادة المشوبة .

مثال 01 :

الخل محلول تجاري لحمض الايثانويك CH_3COOH كتبت على بطاقته المعلومات التالية :

$$5^\circ ، \rho = 1,02g.mL^{-1} ، M = 60g.mol^{-1}$$

نريد تحضير محلول لحمض الايثانويك تركيزه $c = 1,7 \times 10^{-2}mol.L^{-1}$

و حجمه $V = 250mL$ انطلاقا من الخل التجاري، اذكر البروتوكول التجريبي المستعمل لذلك.

الإجابة :

- تركيز حمض الإيثانويك في الخل.

$$لدينا $C_0 = \frac{10.P.d}{M}$ ، حيث : $d = \frac{\rho}{\rho_{eau}} = \frac{1,02}{1} = 1,02$$$

$$، إذن : $C_0 = \frac{10 \times 5 \times 1,02}{60}$ ، ومنه : $C_0 = 0,85mol.L^{-1}$$$

- حجم الخل المستعمل.

$$حسب قانون التمديد لدينا : $C_0 \times V_0 = C \times V$ إذن : $V_0 = \frac{C \times V}{C_0}$$$

$$وبالتالي $V_0 = 5mL$ ومنه : $V_0 = \frac{1,7 \times 10^{-2} \times 250}{0,85}$$$

- البروتوكول التجريبي

- بواسطة ماصة عيارية سعتها $5mL$ ، نأخذ حجما قدره $V_0 = 5mL$ من الخل التجاري. ثم

نسكبه في حوجة عيارية سعتها $V = 250mL$ بها قليل من الماء المقطر ، نرج المزيج ، ثم نكمل

الحجم بالماء المقطر إلى خط العيار.

مثال 02 :

- عبوة من هيدروكسيد الصوديوم NaOH الصلب غير النقي ، لمعرفة نسبة نقاوته P ، اخذنا منها كتلة مقدارها $m = 5g$ وسكبناها في حوالة سعتها 500mL بها قليل من الماء المقطر بعد رج المزيج اكملنا الحجم بالماء المقطر الى خط العيار ، بمعايرة المحلول الناتج توصلنا الى ان تركيزه المولي هو :
 $c = 0,2 \text{ mol. L}^{-1}$

- جد نسبة نقاوة هيدروكسيد الصوديوم الصلب.

تعطى : $M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g. mol}^{-1}$

الإجابة :

- الكتلة النقية:

لدينا $n = .V = \frac{m_0}{M}$ وبالتالي : $m_0 = c.V.M$ إذن : $m_0 = 0,2 \times 0,5 \times 40 = 4g$

- نسبة نقاوة:

لدينا $P = 100 \times \frac{m_0}{m}$ أي : $P = 100 \times \frac{4}{5}$. ومنه : $P = 80\%$



التمرين المقترح رقم 13

ايتانوات الايثيل مركب عضوي سائل عديم اللون له رائحة مميزة صيغته المجملة $C_4H_8O_2$. ويُعد من أحد المذيبات المهمة في الصناعات الكيميائية.

يهدف هذا التمرين إلى الدراسة الحركية لتفاعل ايتانوات الايثيل مع محلول هيدروكسيد الصوديوم.

عند اللحظة $t = 0$ ، نمزج في بيشر المغمور فيه مسبار جهاز قياس الناقلية G الذي يسمح بقياس الناقلية

للمزيج في كل لحظة t . حجما $V_1 = 100mL$ من محلول الصود $(Na^+(aq) + HO^-(aq))$.

تركيزه المولي $c_1 = 0,1mol/L$ مع $0,01mol$ من ايتانوات الايثيل (سائل نقي) ليصبح حجم الوسط التفاعلي V_T .

معطيات:

◀ الناقلات النوعية المولية الشاردية عند الدرجة $25^\circ C$ هي:

$$\lambda_{CH_3COO^-} = 4,09mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}, \lambda_{Na^+} = 5,01mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}, \lambda_{HO^-} = 19,9mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$$

1. نُنمذج التحول الكيميائي الحادث والذي نعتبره تاماً بالمعادلة الكيميائية التالية:



1.1. حدّد الأنواع الكيميائية المسؤولة عن ناقلية المزيج.

2.1. كيف تتطور الناقلية G للمزيج التفاعلي مع مرور الزمن؟ علّل.

3.1. أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل.

4.1. تُسمي K ثابت الخلية لجهاز قياس الناقلية و σ الناقلية النوعية حيث $G = K \times \sigma$.

(أ) جدّ عبارة الناقلية G_0 في اللحظة $t = 0$ بدلالة V_1 ، V_T ، c_1 ، K و الناقلات النوعية المولية الشاردية λ_i .

ب) بالاستعانة بجدول تقدم التفاعل، بين أن عبارة الناقلية $G(t)$ في اللحظة t تعطى بالعلاقة:

$$G(t) = G_0 + \frac{K}{V_T} (\lambda_{CH_3COO^-} - \lambda_{HO^-}) x(t)$$

حيث $x(t)$ يُمثل تقدم التفاعل عند اللحظة t .

2. تابعنا تطور هذا التفاعل عن طريق قياس الناقلية G للوسط التفاعلي خلال فترات زمنية مختلفة

وسجلنا النتائج في الجدول الآتي:

$t(s)$	0	30	60	90	120	150	180	210
$G(mS)$		18,60	12,40	12,30	11,15	10,80	10,70	10,70

1.2. هل التفاعل الكيميائي الحادث سريع أم بطيء؟ علّل.

2.2. حدّد قيمة G_0 الناقلية الابتدائية عند اللحظة $t = 0$ علماً أن: $\frac{K}{V_T} = 185,5 \text{ m}^{-2}$

3.2. ارسم على ورقة ملمتية $G = f(t)$ بأخذ سلم الرسم: $1 \text{ cm} \rightarrow 30 \text{ s}$ و $1 \text{ cm} \rightarrow 10 \text{ mS}$.

4.2. بين أن عبارة سرعة التفاعل عند لحظة t تكتب بالشكل: $v(t) = \frac{1}{\frac{K}{V_T} (\lambda_{CH_3COO^-} - \lambda_{HO^-})} \cdot \frac{dG(t)}{dt}$

واحسب قيمتها عند اللحظة $t = 0$.

- استنتج قيمة سرعة التفاعل في نهايته.

- ماذا تلاحظ؟ فسّر مجهرياً تطور سرعة التفاعل. اذكر العامل الحركي المؤثر في التفاعل.

5.2. أ) عرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

ب) أثبت أن الناقلية $G(t)$ عند زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ تعطى بالعلاقة: $G(t_{1/2}) = \frac{G_0 + G_f}{2}$

- استنتج قيمة $t_{1/2}$.

بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا

العلامة		عناصر الإجابة																				
مجموع	مجزأة																					
		<p>الإجابة المقترحة للتمرين المنشور</p> <p>1.1. الأنواع الكيميائية المسؤولة عن ناقلية المزيج: Na^+ ، HO^- ، CH_3COO^-</p> <p>2.1. كيف تتطور الناقلية G للمزيج التفاعلي مع مرور الزمن؟ علّل.</p> <p>تتناقص الناقلية بسبب اختفاء شوارد: HO^- و لأن $\lambda_{HO^-} > \lambda_{CH_3COO^-}$</p> <p>3.1. جدول تقدم التفاعل:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>$HCOOCH_2CH_3$</th> <th>$+ HO^-$</th> <th>$= HCOO^-$</th> <th>$+ CH_3CH_2OH$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>الحالة الابتدائية</td> <td>n_0</td> <td>c_1V_1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>الحالة الانتقالية</td> <td>$n_0 - x(t)$</td> <td>$c_1V_1 - x(t)$</td> <td>$x(t)$</td> <td>$x(t)$</td> </tr> <tr> <td>الحالة النهائية</td> <td>$n_0 - x_f$</td> <td>$c_1V_1 - x_f$</td> <td>x_f</td> <td>x_f</td> </tr> </tbody> </table> <p>4.1 (أ) عبارة الناقلية G_0 في اللحظة $t = 0$ بدلالة t ، K ، c_1 ، V_1 ، V_T و λ_i.</p> <p>لدينا: $G_0 = K \cdot \sigma_0$</p> <p>ومنه: $G_0 = K \cdot (\lambda_{Na^+} \cdot [Na^+] + \lambda_{HO^-} \cdot [HO^-])$</p> <p>$G_0 = K \cdot [HO^-] \cdot (\lambda_{Na^+} + \lambda_{HO^-})$ إذا:</p> <p>$G_0 = K \cdot \frac{c_1 \cdot V_1}{V} \cdot (\lambda_{Na^+} + \lambda_{HO^-})$</p> <p>(ب) بيّان أن $G(t) = G_0 + \frac{K}{V_T} (\lambda_{CH_3COO^-} - \lambda_{HO^-}) x(t)$</p> <p>لدينا: $G(t) = K \cdot \sigma(t)$</p>		$HCOOCH_2CH_3$	$+ HO^-$	$= HCOO^-$	$+ CH_3CH_2OH$	الحالة الابتدائية	n_0	c_1V_1	0	0	الحالة الانتقالية	$n_0 - x(t)$	$c_1V_1 - x(t)$	$x(t)$	$x(t)$	الحالة النهائية	$n_0 - x_f$	$c_1V_1 - x_f$	x_f	x_f
	$HCOOCH_2CH_3$	$+ HO^-$	$= HCOO^-$	$+ CH_3CH_2OH$																		
الحالة الابتدائية	n_0	c_1V_1	0	0																		
الحالة الانتقالية	$n_0 - x(t)$	$c_1V_1 - x(t)$	$x(t)$	$x(t)$																		
الحالة النهائية	$n_0 - x_f$	$c_1V_1 - x_f$	x_f	x_f																		

ومنه:

$$G(t) = K \cdot \left(\lambda_{Na^+} \cdot [Na^+] + \lambda_{HO^-} \cdot [HO^-] + \lambda_{CH_3COO^-} \cdot [CH_3COO^-] \right)$$

إذا:

$$G(t) = K \cdot \left(\lambda_{Na^+} \cdot [Na^+] + \lambda_{HO^-} \cdot \frac{n_0(HO^-) - x(t)}{V_T} + \lambda_{CH_3COO^-} \cdot \frac{x(t)}{V_T} \right)$$

$$G(t) = K \cdot \left(\lambda_{Na^+} \cdot \frac{c_1 \cdot V_1}{V_T} + \lambda_{HO^-} \cdot \frac{c_1 \cdot V_1 - x(t)}{V_T} + \lambda_{CH_3COO^-} \cdot \frac{x(t)}{V_T} \right)$$

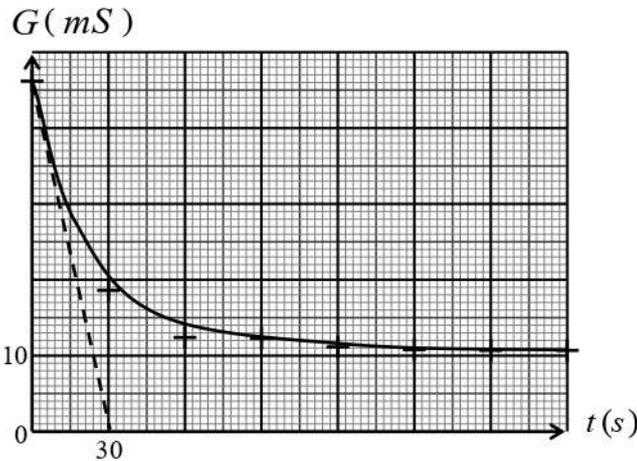
$$= K \cdot \frac{c_1 \cdot V_1}{V_T} \cdot (\lambda_{Na^+} + \lambda_{HO^-}) + K \cdot \frac{x(t)}{V_T} (\lambda_{CH_3COO^-} - \lambda_{HO^-})$$

$$G(t) = G_0 + K \cdot \frac{x(t)}{V_T} (\lambda_{CH_3COO^-} - \lambda_{HO^-})$$

1.2. التفاعل الحادث بطيء لأن مدته تقدر بعدة دقائق

2.2. قيمة G_0 الناقلية الابتدائية عند اللحظة $t = 0$

$$G_0 = K \cdot \frac{c_1 \cdot V_1}{V_T} \cdot (\lambda_{Na^+} + \lambda_{HO^-}) = 46,20 \text{ mS}$$

3.2. رسم المنحنى على ورقة مليمترية $G = f(t)$:

$$4.2. \text{ بيان أن } v(t) = \frac{1}{\frac{K}{V_T} (\lambda_{CH_3COO^-} - \lambda_{HO^-})} \cdot \frac{dG(t)}{dt}$$

$$\text{لدينا: } G(t) = G_0 + K \cdot \frac{x(t)}{V_T} (\lambda_{CH_3COO^-} - \lambda_{HO^-})$$

$$x(t) = \frac{G(t) - G_0}{\frac{K}{V_T} (\lambda_{CH_3COO^-} - \lambda_{HO^-})} \Rightarrow$$

$$\frac{dx(t)}{dt} = \frac{1}{\frac{K}{V_T} (\lambda_{CH_3COO^-} - \lambda_{HO^-})} \cdot \frac{dG(t)}{dt} \quad \text{ومنه نجد:}$$

$$v(t) = \frac{1}{\frac{K}{V_T} (\lambda_{CH_3COO^-} - \lambda_{HO^-})} \cdot \frac{dG(t)}{dt} \quad \text{إذا:}$$

قيمتها عند اللحظة $t = 0$.

$$\text{لدينا: بيانيا: } (dG/dt)_{t=0} = -1,54 \times 10^{-3}$$

$$\text{ومنه نجد: } v(t=0) = 5,25 \times 10^{-4} \text{ mol / s}$$

- استنتج قيمة سرعة التفاعل في نهايته.

$$\text{سرعة التفاعل في نهايته معدومة } v(t=t_f) = 0$$

$$\left(\frac{dG(t=t_f)}{dt} \right) = 0 \quad \text{(ميل المماس معدوم)}$$

- نلاحظ أن: سرعة التفاعل تتناقص بمرور الزمن خلال التفاعل بسبب تناقص تراكيز المتفاعلات

أثناء التطور.

التفسير: تناقص تركيز المتفاعلات يقود إلى تناقص التصادمات الفعالة و بالتالي تناقص

السرعة الحجمية للتفاعل.

العامل الحركي المؤثر هو: التركيز الابتدائي للمتفاعلات.

5.2. أ) تعريف زمن نصف التفاعل: هو الزمن اللازم لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته النهائية.

$$\text{ونكتب: } x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$$

ب) اثبات أن الناقلية $G(t)$ عند زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ تعطى بالعلاقة: $G(t_{1/2}) = \frac{G_0 + G_f}{2}$

$$\text{لدينا: } G(t_{1/2}) = G_0 + \frac{K}{V_T} \cdot \frac{c_1 \cdot V_1}{2} (\lambda_{CH_3COO^-} - \lambda_{HO^-})$$

$$\text{ومنه نجد: } 2G(t_{1/2}) = 2G_0 + \frac{K}{V_T} \cdot c_1 \cdot V_1 (\lambda_{CH_3COO^-} - \lambda_{HO^-})$$

$$\text{ولدينا: } G(t_f) = G_0 + \frac{K}{V_T} \cdot c_1 \cdot V_1 (\lambda_{CH_3COO^-} - \lambda_{HO^-})$$

$$\text{ومنه: } 2G(t_{1/2}) = G_0 + \frac{K}{V_T} \cdot c_1 \cdot V_1 (\lambda_{CH_3COO^-} - \lambda_{HO^-}) + G_0$$

$$\text{إذا: } G(t_{1/2}) = \frac{G_0 + G(t_f)}{2} \Leftrightarrow 2G(t_{1/2}) = G_0 + G(t_f)$$

- استنتج قيمة $t_{1/2}$.

$$G(t_{1/2}) = \frac{G_0 + G_f}{2} = \frac{46,20 + 10,70}{2} = 28,45 \text{ mS}$$

بالاسقاط على المنحنى نجد: $t_{1/2} \approx 15s$

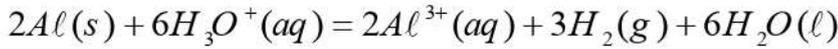
ملاحظة: تقبل القيم القريبة من هذه القيمة.

بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا



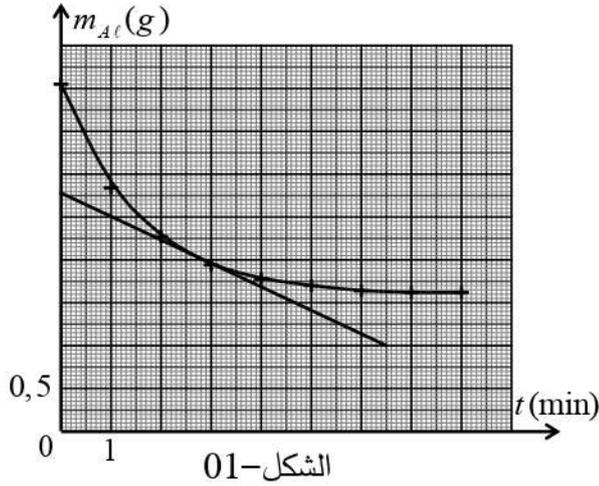
التمرين المقترح رقم 14

نريد إجراء متابعة زمنية لتحول كيميائي بين الألمنيوم Al ومحلول حمض كلور الماء $(H_3O^+(aq) + Cl^-(aq))$ الذي يُنمذجُ بتفاعل كيميائي تام معادلته:



نضع في حوالة قطعة من الألمنيوم Al كتلتها m_0 مُملغمة ثم نضيف إليها في اللحظة $t = 0$ الحجم $V = 100mL$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي c .

سمحت لنا متابعة تطور هذا التحول من رسم البيان الممثل في الشكل-01 الذي يعبر عن تغيرات كتلة الألمنيوم المتبقية



بدلالة الزمن $m_{Al} = f(t)$.

1. أ. هل التحول الحادث سريع أم بطيء؟ برر إجابتك.
- ب. اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع.
- ج. حدّد الثنائيتين Ox/Red المشاركتين في التفاعل.
- د. حدد المتفاعل المحد.

2. أ. أنشئ جدول التقدم للتفاعل الحادث.

ب. احسب كميات المادة الابتدائية $n_0(Al)$ و $n_0(H_3O^+)$ للمتفاعلات .

ج. استنتج التركيز المولي c لمحلول حمض كلور الماء .

تُعطى الكتلة المولية للألمنيوم $M = 27g \cdot mol^{-1}$.

3. جد التركيب المولي (حصيلة المادة) في الحالة النهائية.

4. أ. عرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

ب. بين أن كتلة الألمنيوم المتبقية في اللحظة $t_{1/2}$ (زمن نصف التفاعل) تعطى بالعلاقة: $m(t_{1/2}) = \frac{m_0 + m_f}{2}$

حيث m_f هي كتلة الألمنيوم المتبقية في الحالة النهائية.

ج. استنتج بيانيا قيمة $t_{1/2}$.

5. أ. بين أن عبارة السرعة الحجمية للتفاعل تعطى بـ: $v_{\text{vol}}(t) = -\frac{1}{2 \cdot V \cdot M} \cdot \frac{dm(t)}{dt}$

ب. احسب قيمتها في اللحظة $t = 3\text{min}$.

بالتوفيق في امتحان شهادة البكالوريا

العلامة		عناصر الإجابة																														
مجموع	مجزأة																															
		<p style="text-align: center;">الإجابة المقترحة للتمرين المنشور</p> <p>1. أ. التحول الكيميائي الحادث بطيء لأنه يمكن متابعته زمنيا (مدة التفاعل من رتبة الدقائق ...)</p> <p>ب. المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع.</p> $Al(s) = Al^{3+}(aq) + 3e^{-}$ $2H_3O^{+}(aq) + 2e^{-} = H_2(g) + 2H_2O(l)$ <p>ج. الثنائيتين <i>Ox/Red</i> المشاركتين في التفاعل:</p> $(H_3O^{+}(aq) / H_2(g)) ; (Al^{3+}(aq) / Al(s))$ <p>د. المتفاعل المحد</p> <p>- يتبقى من الألمنيوم كتلة $m_f(Al) = 1,62g$</p> <p>وبما أن التفاعل تام فالمتفاعل المحد هو: H_3O^{+} (حمض كلور الماء)</p> <p>2. أ. جدول التقدم للتفاعل الحادث.</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">المعادلة</th> <th colspan="4">$2Al(s) + 6H_3O^{+}(aq) = 2Al^{3+}(aq) + 3H_2(g) + 6H_2O(l)$</th> </tr> <tr> <th>الحالة</th> <th>التقدم</th> <th colspan="4">كميات المادة بـ (mol)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>الابتدائية</td> <td>0</td> <td>$n_0(Al)$</td> <td>$n_0(H_3O^{+}) = C \cdot V$</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>الانتقالية</td> <td>$x(t)$</td> <td>$n_0 - 2x(t)$</td> <td>$C \cdot V - 6x(t)$</td> <td>$2x(t)$</td> <td>$3x(t)$</td> </tr> <tr> <td>النهائية</td> <td>x_f</td> <td>$n_0 - 2x_f$</td> <td>$C \cdot V - 6x_f$</td> <td>$2x_f$</td> <td>$3x_f$</td> </tr> </tbody> </table> <p>ب. كميات المادة الابتدائية $n_0(Al)$ و $n_0(H_3O^{+})$ للمتفاعلات .</p> $n_0(Al) = \frac{m}{M} = 0,15mol$	المعادلة		$2Al(s) + 6H_3O^{+}(aq) = 2Al^{3+}(aq) + 3H_2(g) + 6H_2O(l)$				الحالة	التقدم	كميات المادة بـ (mol)				الابتدائية	0	$n_0(Al)$	$n_0(H_3O^{+}) = C \cdot V$	0	0	الانتقالية	$x(t)$	$n_0 - 2x(t)$	$C \cdot V - 6x(t)$	$2x(t)$	$3x(t)$	النهائية	x_f	$n_0 - 2x_f$	$C \cdot V - 6x_f$	$2x_f$	$3x_f$
المعادلة		$2Al(s) + 6H_3O^{+}(aq) = 2Al^{3+}(aq) + 3H_2(g) + 6H_2O(l)$																														
الحالة	التقدم	كميات المادة بـ (mol)																														
الابتدائية	0	$n_0(Al)$	$n_0(H_3O^{+}) = C \cdot V$	0	0																											
الانتقالية	$x(t)$	$n_0 - 2x(t)$	$C \cdot V - 6x(t)$	$2x(t)$	$3x(t)$																											
النهائية	x_f	$n_0 - 2x_f$	$C \cdot V - 6x_f$	$2x_f$	$3x_f$																											

ج . استنتاج التركيز المولي c لمحلول حمض كلور الماء .

$$n_f(A\ell) = n_0(A\ell) - 2x_{\max} \Rightarrow x_{\max} = \frac{n_0(A\ell) - n_f(A\ell)}{2} = 4,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_0(H_3O^+) = c \cdot V = 6x_{\max} \text{ لدينا}$$

$$n_0(H_3O^+) = 0,27 \text{ mol} \text{ و منه}$$

$$c = \frac{n_0(H_3O^+)}{V} = 2,7 \text{ mol} \cdot L^{-1} \text{ وبالتالي}$$

3. التركيب المولي (حصيلة المادة) في الحالة النهائية.

الأفراد	H_3O^+	Al	Al^{3+}	H_2
$n(\text{mol})$	0	0,06	0,09	0,135

4. أ. تعريف زمن نصف التفاعل: هو الزمن اللازم لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته النهائية.

$$\text{ونكتب: } x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$$

$$\text{ب. التحقق من أن } m(t_{1/2}) = \frac{m_0 + m_f}{2}$$

$$\text{لدينا: } n_{Al}(t) = n_0(Al) - 2x(t) \dots \dots (1)$$

$$\text{ولدينا: } n_f(Al) = n_0(Al) - 2x_f \Rightarrow x_f = \frac{n_0(Al) - n_f(Al)}{2} \dots (2)$$

$$\text{من 1 نجد: } n_{Al}(t_{1/2}) = n_0(Al) - 2x(t_{1/2}) \Rightarrow n_{Al}(t_{1/2}) = n_0(Al) - 2 \frac{x_f}{2}$$

$$\text{ومنه: } m_{Al}(t_{1/2}) = m_0(Al) - M \cdot x_f \dots (3)$$

$$\text{نعوض 2 في 3 نجد: } m_{Al}(t_{1/2}) = m_0(Al) - M \cdot \frac{n_0(Al) - n_f(Al)}{2}$$

نعوض 2 في 3 نجد:
$$\Leftrightarrow m_{Al}(t_{1/2}) = m_0(Al) - \frac{M \cdot [n_0(Al) - n_f(Al)]}{2}$$

$$\Leftrightarrow m_{Al}(t_{1/2}) = \frac{2m_0(Al) - m_0(Al) + m_f(Al)}{2}$$

ومنه:
$$m_{Al}(t_{1/2}) = \frac{m_0(Al) + m_f(Al)}{2}$$
 وهو المطلوب.

5. إثبات أن عبارة السرعة الحجمية للتفاعل تعطى بـ:
$$v_{vol}(t) = -\frac{1}{2 \cdot V \cdot M} \cdot \frac{dm(t)}{dt}$$

لدينا:
$$v_{vol}(t) = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx(t)}{dt}$$

ولدينا:
$$n(t) = n_0 - 2x(t)$$

ومنه:
$$m(t) = m_0 - 2Mx(t)$$

ومنه:
$$\frac{dm(t)}{dt} = -2M \frac{dx(t)}{dt} \Rightarrow \frac{dx(t)}{dt} = -\frac{1}{2M} \cdot \frac{dm(t)}{dt}$$

بالتالي:
$$v_{vol}(t) = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx(t)}{dt} \Rightarrow v_{vol}(t) = -\frac{1}{2 \cdot V \cdot M} \cdot \frac{dm(t)}{dt}$$

قيمة السرعة الحجمية عند اللحظة $t = 3 \text{ min}$

$$v_{vol}(t = 3 \text{ min}) = -\frac{1}{2 \cdot 27 \cdot 0,1} \cdot \frac{(1,94 - 2,775)}{(3 - 0)} = 0,051 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$