

## الموضوع رقم 13

## التمرين رقم: 01

لدراسة حركية التحول الكيميائي البطيء والتام بين معدن النحاس  $Cu$  ومحلول نترات الفضة  $(Ag^+ + NO_3^-)$  الذي ينمذج بمعادلة التفاعل التالية:  $aAg^+ + bCu = cAg + dCu^{2+}$  حيث:  $a$  و  $b$  و  $c$  و  $d$  معاملات ستوكيومترية، نغمر في اللحظة  $t = 0$  صفيحة من معدن النحاس النقي كتلتها  $m_0$  في حوجلة عيارية تحتوي على محلول  $(S_0)$  لنترات الفضة حجمه  $V_0 = 200mL$  وتركيزه المولي  $C_0$ .

بناء على النتائج التجريبية تمكنا من تمثيل المنحنى البياني  $m_{Cu} = f(t)$  لتغيرات كتلة معدن النحاس المتبقي خلال الزمن، كما هو موضح في الشكل-1.

1- كيف يظهر عمليا تطور الجملة الكيميائية؟

2- جد قيمة المعاملات الستوكيومترية  $a$  و  $b$  و  $c$  و  $d$ ، مع تحديد الشائيتين  $(Ox / Red)$  الداخلتين في التفاعل.

3- أ- أنشئ جدولا لتقدم هذا التفاعل.

ب- حدد المتفاعل المحد وقيمة التقدم الأعظمي  $x_{max}$ .

ج- احسب قيمة التركيز المولي  $C_0$ .

د- احسب الكتلة  $m'_0$  لمعدن النحاس النقي  $Cu$  الواجب استعمالها للحصول على مزيج ابتدائي ستوكيومتري.

4- عند نهاية التفاعل جد قيمة كل من:

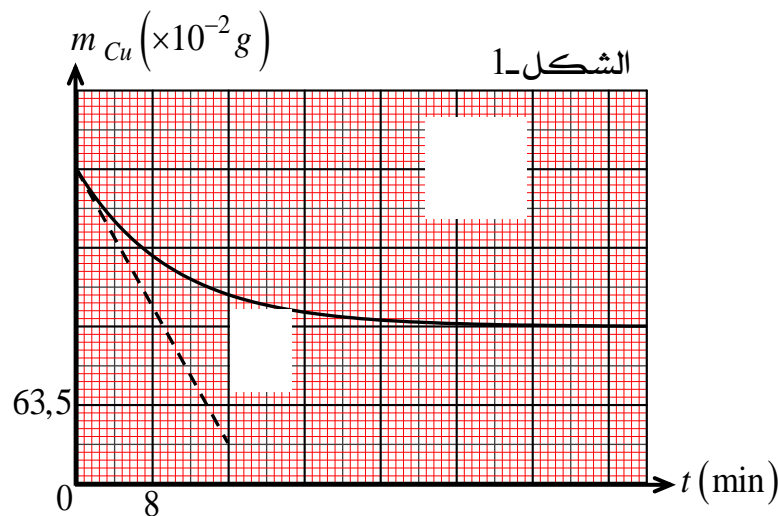
أ- كتلة معدن الفضة  $Ag$ .

ب- التركيز المولي لشوارد النحاس  $(Cu^{2+})$ .

5- عرف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ ، ثم عين قيمته بيانيا مع التعليل.

6- بين أن عبارة السرعة الحجمية للتفاعل تكتب على الشكل:  $v_{vol}(t) = -\frac{1}{V_0 M(Cu)} \times \frac{dm_{Cu}(t)}{dt}$ ، ثم

جد قيمتها عند اللحظتين  $t_1 = 0$  و  $t_2 = 56min$ ، ثم



تعطى قيم الكتلة المولية الذرية التالية:

$$M(Ag) = 108g.mol^{-1}$$

$$M(Cu) = 63,5g.mol^{-1}$$

نمزج عند درجة حرارة ثابتة في اللحظة  $t = 0$  حجما  $V_1 = 100\text{mL}$  من محلول ليود البوتاسيوم  $(K^+ + I^-)$  تركيزه المولي  $C_1$  مع حجم  $V_2 = 50\text{mL}$  من الماء الأكسجيني  $(H_2O_2)$  تركيزه المولي  $C_2 = 0,2\text{mol} \cdot L^{-1}$ .

1- أكتب معادلة التفاعل (1) علما أن الشائيتين  $(Ox / Red)$  المشاركتين هما:  $(H_2O_2 / H_2O)$  و  $(I_2 / I^-)$ .

2- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.

3- لتتبع التطور الحركي للتفاعل نأخذ منه عينة في لحظات مختلفة حجمها  $V_0 = 15\text{mL}$  ونسكبها في بيشر يحتوي على ماء بارد و نشاء فيتلون المزيج باللون الأزرق ثم نعاير ثنائي اليود  $(I_2)$  المتشكل بواسطة محلول مائي لثيو كبريتات الصوديوم  $(2Na^+ + S_2O_3^{2-})$  ذي التركيز المولي  $C_3 = 0,1\text{mol} \cdot L^{-1}$  و نسجل الحجم  $V_E$  اللازم لاختفاء اللون الأزرق.

أ- لماذا تبرد العينات مباشرة بعد فصلها عن المزيج و ما هي العوامل الحركية التي تبرز خلال هذه العملية.

ب- معادلة تفاعل المعايرة هي:  $2S_2O_3^{2-} + I_2 = 2I^- + S_4O_6^{2-}$ ، أنشئ جدولا لتقدم تفاعل المعايرة.

ج- بين أن تقدم التفاعل (1) يعطى بالعلاقة التالية:  $x(t) = 5C_3V_E$ .

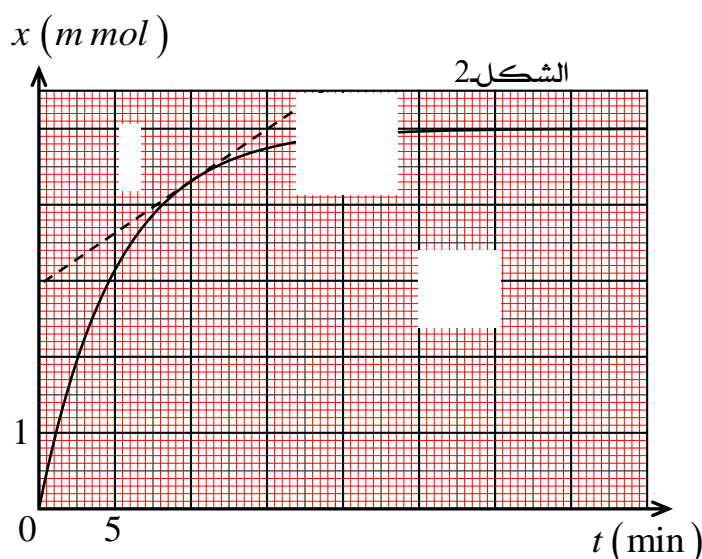
4- بالاعتماد على النتائج التجريبية تمكنا من رسم المنحنى البياني  $x = f(t)$  الموضح في الشكل 2، بالاعتماد على البيان جد:

أ- زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ .

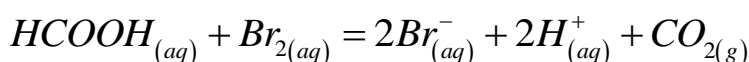
ب- سرعة اختفاء شوارد اليود  $(I^-)$  في اللحظة  $t = 10\text{min}$ .

ج- حجم محلول ثيو كبريتات الصوديوم السابق اللازم لبلوغ التكافؤ من أجل عينة مأخوذة من الوسط التفاعلي عند اللحظة  $t = 5\text{min}$ .

5- باعتبار التفاعل تام عين المتفاعل المحد، ثم استنتج التركيز المولي  $C_1$  لمحلول يود البوتاسيوم  $(K^+ + I^-)$ .



محلول حمض النمل لا لون له، يتفاعل مع ثنائي البروم وفق المعادلة التالية:



لون ثنائي البروم  $Br_2$  أحمر مسمر، بينما لون حمض البروم  $(H^+ + Br^-)$  شفاف. نمزج في اللحظة  $t = 0$  حجما  $V_1 = 50\text{mL}$  من محلول  $Br_2$  تركيزه المولي  $C_1 = 2,4 \times 10^{-2}\text{mol} \cdot L^{-1}$  مع حجم  $V_2 = 50\text{mL}$  من محلول حمض النمل تركيزه المولي  $C_2 = 3 \times 10^{-2}\text{mol} \cdot L^{-1}$ .

1- أحسب تراكيز المتفاعلات في المزيج عند اللحظة  $t = 0$ .

2- أنجز جدول تقدم التفاعل.

3- بين أن تركيز ثنائي البروم في المزيج يحسب بالعلاقة التالية:  $[Br_2](t) = 0,012 - 0,416 \times V_{CO_2}(t)$  حيث  $[Br_2]_t$  تركيز ثنائي البروم عند لحظة  $t$ ، و  $V_{CO_2}$  يمثل حجم غاز الـ  $CO_2$  المتشكل عند نفس اللحظة و مقدرا بـ (L).

4- نقيس حجم غاز الـ  $CO_2$  المتشكل في لحظات مختلفة  $t$  فنحصل على النتائج التالية:

$t(s)$	0	50	100	150	200	250	300	350	400
$V_{CO_2}(mL)$	0	4,56	8,5	11,76	14,5	16,80	18,72	20,40	21,7
$[Br_2](mmol.L^{-1})$									

أ- أكمل الجدول السابق.

ب- ارسم على ورق ميليمتري المنحنى البياني  $[Br_2] = f(t)$ . سلم الرسم  $\begin{cases} 1cm \rightarrow 50s \\ 1cm \rightarrow 10^{-3} mol.L^{-1} \end{cases}$

ج- احسب سرعة اختفاء  $Br_2$  عند اللحظة  $t = 50s$ ، واستنتج سرعة تشكل  $Br^-$  في نفس اللحظة.

د- احسب حجم غاز الـ  $CO_2$  المتشكل عند لحظة اختفاء لون محلول ثنائي البروم.

هـ- ج- بين أنه عند اللحظة  $t = t_{1/2}$ :  $[Br_2](t_{1/2}) = \frac{[Br_2]_0}{2}$ ، ثم استنتج قيمة زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ .

**يعطى:** الحجم المولي للغازات  $V_M = 24L.mol^{-1}$ .

- 1- يظهر عمليا تطور الجملة الكيميائية: بالاختفاء التدريجي للون الأحمر المميز لمعدن النحاس  $Cu$  وتوضع مادة رمادية مميزة لمعدن الفضة  $Ag$ .
- 2- قيمة المعاملات الستكيومترية  $a$  و  $b$  و  $c$  و  $d$ ، مع تحديد الثنائيتين ( $Ox / Red$ ) الداخلتين في التفاعل: المعادلة النصفية للأكسدة:  $Cu = Cu^{2+} + 2e^{-}$  الثنائية ( $Ox / Red$ ) الموافقة:  $(Cu^{2+} / Cu)$ . المعادلة النصفية للارجاع:  $2 \times (Ag^{+} + 1e^{-} = Ag)$  الثنائية ( $Ox / Red$ ) الموافقة:  $(Ag^{+} / Ag)$ . معادلة أكسدة إرجاع:  $2Ag^{+} + Cu = 2Ag + Cu^{2+}$  إذن:  $a = 2$  و  $b = 1$  و  $c = 2$  و  $d = 1$ .
- 3- أ- جدول لتقدم هذا التفاعل:

معادلة التفاعل		$2Ag^{+} + Cu = 2Ag + Cu^{2+}$			
الحالة	التقدم	كمية المادة بـ $mol$			
الابتدائية	$x = 0$	$n_{01}$	$n_{02}$	0	0
الانتقالية	$x(t)$	$n_{01} - 2x(t)$	$n_{02} - x(t)$	$2x(t)$	$x(t)$
النهائية	$x_{max}$	$n_{01} - 2x_{max}$	$n_{02} - x_{max}$	$2x_{max}$	$x_{max}$

- ب- المتفاعل المحد: من البيان  $m_{Cu} = f(t)$  وعند نهاية التفاعل نقراً:  $m_f(Cu) = 127 \times 10^{-2} g \neq 0$  وبما أن التحول الكيميائي تام فإن شوارد الفضة  $(Ag^{+})$  هي المتفاعل المحد.
- قيمة التقدم الأعظمي  $x_{max}$ : لدينا من جدول تقدم التفاعل عند الحالة النهائية:  $n_f(Cu) = n_{02} - x_{max}$  ومنه:  $x_{max} = n_{02} - n_f(Cu)$  ونعلم أن:  $n = \frac{m}{M(Cu)}$  إذن:  $x_{max} = \frac{m_0 - m_f(Cu)}{M(Cu)}$  ومن البيان  $m_{Cu} = f(t)$  عند اللحظة  $t = 0$  نقراً:  $m_0 = 4 \times 63,5 \times 10^{-2} = 254 \times 10^{-2} g$  إذن:  $x_{max} = \frac{(254 - 127) \times 10^{-2}}{63,5} = 2 \times 10^{-2} mol$
- ج- حساب قيمة التركيز المولي  $C_0$ :  
نعلم أن شوارد الفضة  $(Ag^{+})$  هي المتفاعل المحد أي:  $n_{01} - 2x_{max} = 0$  ومنه:  $C_0 V_0 = 2x_{max}$  إذن:  $C_0 = \frac{2x_{max}}{V_0}$  ت- ع:  $C_0 = \frac{2 \times 2 \times 10^{-2}}{200 \times 10^{-3}} = 0,2 mol.L^{-1}$
- د- حساب الكتلة  $m'_0$  لمعدن النحاس  $Cu$  الواجب استعمالها للحصول على مزيج ابتدائي ستكيومتري: للحصول على مزيج ستكيومتري يجب أن يتحقق:  $n_{02} - x_{max} = 0$  ومنه:  $\frac{m'_0}{M(Cu)} = x_{max}$  إذن:  $m'_0 = x_{max} \cdot M(Cu)$  ت- ع:  $m'_0 = 2 \times 10^{-2} \times 63,5 = 1,27 g$
- 4- عند نهاية التفاعل نجد قيمة كل من:  
أ- كتلة معدن الفضة  $Ag$ :  
لدينا من جدول تقدم التفاعل عند الحالة النهائية:  $n_f(Ag) = 2x_{max}$

$$\text{ونعلم أن: } n_f(Ag) = \frac{m_f(Ag)}{M(Ag)} \quad \text{أي: } \frac{m_f(Ag)}{M(Ag)} = 2x_{\max}$$

$$\text{إذن: } m_f(Ag) = 2x_{\max} \cdot M(Ag) \quad \text{ت-ع: } m_f(Ag) = 2 \times 2 \times 10^{-2} \times 108 = 4,32g$$

ب- التركيز المولي لشوارد النحاس ( $Cu^{2+}$ ):

$$\text{لدينا من جدول تقدم التفاعل عند الحالة النهائية: } n_f(Cu^{2+}) = x_{\max} \quad \text{ونعلم أن: } V_0 [Cu^{2+}]_f = n_f(Cu^{2+})$$

$$\text{أي: } [Cu^{2+}]_f V_0 = x_{\max} \quad \text{إذن: } [Cu^{2+}]_f = \frac{x_{\max}}{V_0} \quad \text{ت-ع: } [Cu^{2+}]_f = \frac{2 \times 10^{-2}}{200 \times 10^{-3}} = 0,1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

5- تعريف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ :

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

- تعيين قيمة  $t_{1/2}$  بيانيا مع التعليل:

$$\text{لدينا من جدول تقدم التفاعل عند الحالة الانتقالية: } n_{Cu}(t) = n_{02} - x(t)$$

$$\text{لما } t = t_{1/2} \text{ نجد: } n_{Cu}(t_{1/2}) = n_{02} - x(t_{1/2}) \quad \text{ولدينا: } x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2} \quad \text{ومنه: } n_{Cu}(t_{1/2}) = n_{02} - \frac{x_{\max}}{2}$$

$$\text{ولما } t = t_f \text{ (في الحالة النهائية) نجد: } n_f(Cu) = n_{02} - x_{\max} \quad \text{ومنه: } x_{\max} = n_{02} - n_f(Cu)$$

$$\text{أي: } n_{Cu}(t_{1/2}) = n_{02} - \frac{(n_{02} - n_f(Cu))}{2} \quad \text{وعليه: } n_{Cu}(t_{1/2}) = \frac{n_{02} + n_f(Cu)}{2} \quad \text{ونعلم أن: } n = \frac{m}{M(Cu)}$$

$$\text{إذن: } \frac{m_{Cu}(t_{1/2})}{M(Cu)} = \frac{n_{02} + n_f(Cu)}{2} \quad \text{وبالتالي: } m_{Cu}(t_{1/2}) = \frac{m_0 + m_f(Cu)}{2}$$

$$\text{ت-ع: } m_{Cu}(t_{1/2}) = \frac{(254 + 127) \times 10^{-2}}{2} = 190,5 \times 10^{-2} g$$

$$\text{بيانيا } t_{1/2} \text{ يمثل فاصلة النقطة ذات الترتيب } m_{Cu}(t_{1/2}) = 190,5 \times 10^{-2} g \quad \text{وبالإسقاط نجد: } t_{1/2} = 6,8 \text{ min}$$

$$5- \text{ نبين أن عبارة السرعة الحجمية للتفاعل تكتب على الشكل } v_{vol}(t) = -\frac{1}{V_0 M(Cu)} \times \frac{dm_{Cu}(t)}{dt}$$

$$\text{نعلم أن: } v_{vol}(t) = \frac{1}{V_0} \times \frac{dx(t)}{dt}$$

$$\text{ولدينا من جدول تقدم التفاعل عند الحالة الانتقالية: } n_{Cu}(t) = n_{02} - x(t) \quad \text{ومنه: } x(t) = n_{02} - n_{Cu}(t)$$

$$\text{وبالتعويض في عبارة } v_{vol}(t) \text{ وبعد الاشتقاق نجد: } v_{vol}(t) = -\frac{1}{V_0} \times \frac{dn_{Cu}(t)}{dt}$$

$$\text{ونعلم أن: } n_{Cu}(t) = \frac{m_{Cu}(t)}{M(Cu)} \quad \text{إذن: } v_{vol}(t) = -\frac{1}{V_0 M(Cu)} \times \frac{dm_{Cu}(t)}{dt}$$

قيمة  $v_{vol}(t)$ :

عند اللحظة  $t_1 = 0$ :

$$v_{vol}(t_1) = -\frac{1}{200 \times 10^{-3} \times 63,5} \times \frac{(31,75 - 254) \times 10^{-2}}{16 - 0} = 1,1 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

عند اللحظة  $t_2 = 56 \text{ min}$  :

$$v_{\text{vol}}(t_2) = -\frac{1}{200 \times 10^{-3} \times 63,5} \times \frac{(127 - 127) \times 10^{-2}}{60 - 52} = 0$$

**نلاحظ أن:** قيمة السرعة الحجمية للتفاعل تكون أعظمية في بداية التفاعل وتنعدم في نهايته.

## التمرين رقم: 02

1. معادلة التفاعل (1) علما أن الشائيتين ( $Ox / Red$ ) المشاركتين هما: ( $H_2O_2 / H_2O$ ) و ( $I_2 / I^-$ ).

المعادلة النصفية للأكسدة:  $2I^- = I_2 + 2e^-$

المعادلة النصفية للإرجاع:  $H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- = 2H_2O$

معادلة التفاعل:  $2I^- + H_2O_2 + 2H^+ = I_2 + 2H_2O$

2. جدول تقدم التفاعل:

معادلة التفاعل		$2I^- + H_2O_2 + 2H^+ = I_2 + 2H_2O$				
الحالة	التقدم	كمية المادة ب $mol$				
الابتدائية	$x = 0$	$n_{01}$	$n_{02}$	بوفرة	0	بوفرة
الانتقالية	$x(t)$	$n_{01} - 2x(t)$	$n_{02} - x(t)$	بوفرة	$x(t)$	بوفرة
النهائية	$x_{\max}$	$n_{01} - 2x_{\max}$	$n_{02} - x_{\max}$	بوفرة	$x_{\max}$	بوفرة

3. أ. تبرد العينات لتوقيف التفاعل، و العوامل الحركية التي تبرزها هذه العملية هي درجة الحرارة و تركيز المتفاعلات.

ب. جدول تقدم تفاعل المعايرة.

معادلة التفاعل		$2S_2O_3^{2-} + I_2 = 2I^- + S_4O_6^{2-}$			
الحالة	التقدم	كمية المادة ب $mol$			
الابتدائية	$x = 0$	$C_3V_E$	$n'(I_2)$	0	0
التكافؤ	$x_E$	$C_3V_E - 2x_E$	$n'(I_2) - x_E$	$2x_E$	$x_E$

ج. تبين أن تقدم التفاعل (1) يعطى بالعلاقة التالية:  $x(t) = 5C_3V_E$ .

عند التكافؤ يكون المزيج ستكيومتري أي:  $\frac{n'(I_2)}{1} = \frac{C_3V_E}{2}$  ، حيث  $n'(I_2)$  : كمية مادة ( $I_2$ ) في العينة المعايرة ذات الحجم  $15 \text{ mL}$ .

من جدول تقدم التفاعل (1) نجد:  $n(I_2) = x(t)$  ، حيث  $n(I_2)$  : كمية مادة ( $I_2$ ) في الوسط التفاعلي ذو الحجم  $150 \text{ mL}$ .

إذن:  $n(I_2) = 10n'(I_2)$  ومنه:  $x(t) = 10n'(I_2) = 10 \frac{C_3V_E}{2}$  إذن:  $x(t) = 5C_3V_E$ .

4. أ. زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ :

$x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2}$  من بيان الشكل 2:  $x_{\max} = 5 \text{ mol}$  إذن:  $x(t_{1/2}) = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ mol}$  بالقراءة البيانية

نجد:  $t_{1/2} = 3,5 \text{ min}$ .

بد سرعة اختفاء شوارد اليود ( $I^-$ ) في اللحظة  $t = 10 \text{ min}$ .

$$v_{I^-}(t) = -\frac{dn_{I^-}(t)}{dt} \text{ من جدول تقدم التفاعل (1) لدينا: } n_{I^-}(t) = n_{01} - 2x(t) \text{ بالاشتقاق بالنسبة للزمن}$$

$$v_{I^-}(t) = -\left(-2\frac{dx(t)}{dt}\right) = 2\frac{dx(t)}{dt} \text{ ومنه: } \frac{dn_{I^-}(t)}{dt} = -2\frac{dx(t)}{dt} \text{ نجد:}$$

حساب قيمتها عند اللحظة  $t = 10 \text{ min}$ :

$$v_{I^-}(10 \text{ min}) = 2\frac{dx(t)}{dt} \Big|_{t=10 \text{ min}} = 2 \times \frac{(5-4,3) \times 10^{-3}}{15-10} = 1,4 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

جـ- حجم محلول ثيو كبريتات الصوديوم السابق اللازم لبلوغ التكافؤ من أجل عينة مأخوذة من الوسط التفاعلي عند اللحظة  $t = 5 \text{ min}$ .

$$\text{لدينا: } x(t) = 5C_3V_E \text{ و } V_E = \frac{x(t)}{5C_3} \text{ منه: عند اللحظة } t = 5 \text{ min} \text{ يكون } x = 3,1 \text{ mmol}$$

$$\text{إذن: } V_E = \frac{3,1}{5 \times 0,1} = 6,2 \text{ mL}$$

5- تعيين المتفاعل المحد، ثم استنتاج التركيز المولي  $C_1$  لمحلول يود البوتاسيوم ( $K^+ + I^-$ ).

من جدول التقدم و في الحالة النهائية:  $n_f(H_2O_2) = n_{02} - x_{\max} = C_2V_2 - x_{\max}$

$$\text{ومنه: } n_f(H_2O_2) \neq 0 \text{ إذن: } n_f(H_2O_2) = C_2V_2 - x_{\max} = 0,2 \times 50 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-3} = 5 \text{ mmol}$$

بما أن التفاعل تام فإن المتفاعل المحد شوارد اليود ( $I^-$ ).

- قيمة التركيز المولي  $C_1$  لمحلول يود البوتاسيوم ( $K^+ + I^-$ ):

$$C_1 = \frac{2 \times 5 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-3}} = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ ت.ع: } C_1 = \frac{2x_{\max}}{V_1} \text{ ومنه: } C_1V_1 = 2x_{\max} \text{ وعليه: } n_{01} - 2x_{\max} = 0$$

### التمرين رقم: 03

- تراكيز المتفاعلات في المزيج عند اللحظة  $t = 0$ :

$$[HCOOH]_0 = \frac{C_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} = 15 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ و } [Br_2]_0 = \frac{C_1 \cdot V_1}{V_1 + V_2} = 12 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

2- جدول تقدم التفاعل:

التقدم	$HCOOH_{(aq)} + Br_{2(aq)} = 2Br_{(aq)}^- + 2H_{(aq)}^+ + CO_{2(g)}$				
$x = 0$	$n_{02}$	$n_{01}$	0	0	0
$x(t)$	$n_{02} - x$	$n_{01} - x$	$2x$	$2x$	$x$
$x_{\max}$	$n_{02} - x_{\max}$	$n_{01} - x_{\max}$	$2x_{\max}$	$2x_{\max}$	$x_{\max}$

$$3- \text{تبيان أن: } [Br_2]_t = 0,012 - 0,416 \times V_{CO_2}$$

$$\text{من جدول التقدم لدينا: } \begin{cases} n(Br_2) = n_{01} - x(t) \\ n(CO_2) = x(t) \end{cases} \text{ ومنه: } n(Br_2) = n_{01} - n(CO_2)$$

$$\text{بالقسمة على حجم المزيج } V_T = V_1 + V_2 = 0,1 \text{ L} \text{ نجد: } [Br_2] = \frac{n_{01}}{V_T} - \frac{n(CO_2)}{V_T} \text{ وبما أن } n(CO_2) = \frac{V_{CO_2}}{V_m}$$

$$\text{فإن: } [Br_2] = \frac{n_{01}}{V_T} - \frac{n(CO_2)}{V_T} \text{ وعليه: } [Br_2] = \frac{n_{01}}{V_T} - \frac{V_{CO_2}}{V_T V_m} = 0,012 - 0,416 \cdot V_{CO_2}$$



#### 4. إكمال الجدول:

$t (s)$	0	50	100	150	200	250	300	350	400
$V_{CO_2} (mL)$	0	4,56	8,5	11,76	14,5	16,80	18,72	20,40	21,7
$[Br_2] \cdot 10^{-3} (mol.L^{-1})$	12	10,10	8,46	7,10	5,96	5,01	4,21	3,51	2,97

بدرسم المنحنى البياني  $[Br_2] = f(t)$ .

جـ- حساب سرعة اختفاء  $Br_2$  عند اللحظة  $t = 50s$ :

$$\left. \frac{d Br_2}{dt} \right|_{t=50s} \text{ يمثل معامل حيث: } v_{Br_2} t = - \frac{dn Br_2}{dt} = -V_T \frac{d Br_2}{dt}$$

توجيه المماس للمنحنى  $[Br_2] = f(t)$  عند اللحظة  $t = 50s$

$$\left. \frac{d Br_2}{dt} \right|_{t=50s} = \frac{11,6 - 4,8 \times 10^{-3}}{0 - 200} = -3,4 \times 10^{-5} mol.L^{-1}.s^{-1} \text{ حيث:}$$

$$v_{Br_2} = -0,1 \times -3,4 \times 10^{-5} = 3,4 \times 10^{-6} mol.s^{-1} \text{ إذن:}$$

- استنتاج سرعة تشكل  $Br^-$  في نفس اللحظة:

$$\begin{cases} n(Br_2) = n_{01} - x(t) \\ n(Br^-) = 2x(t) \end{cases} \text{ من جدول التقدم لدينا:}$$

$$n(Br_2) = n_{01} - \frac{n(Br^-)}{2} \text{ ومنه:}$$

$$v(Br^-) = 2 \times v(Br_2) \text{ ومنه: } \frac{dn(Br^-)}{dt} = -2 \frac{dn(Br_2)}{dt}$$

$$v(Br^-) = v_{Br_2} = 2 \times 3,4 \times 10^{-6} mol.s^{-1} = 6,8 \times 10^{-6} mol.s^{-1} \text{ إذن:}$$

د- حساب  $V_f(CO_2)$ :

اختفاء لون محلول ثنائي البروم يعني أنه هو المتفاعل المحد أي:  $n_f(Br_2) = n_{01} - x_{\max} = 0$  إذن:  $n_{01} = x_{\max}$

$$n_f(CO_2) = \frac{V_f(CO_2)}{V_m} = n_{01}(Br_2) \text{ ومنه: } n_f(CO_2) = x_{\max} \text{ (في نهاية التفاعل): من جدول التقدم}$$

$$V_f(CO_2) = 28,8 mL \text{ إذن: } V_f(CO_2) = V_m C_1 V_1 = 24 \times 2,4 \times 10^{-2} \times 50 \times 10^{-3} = 0,0288 L \text{ ومنه:}$$

$$\text{هـ- تبيان أن } [Br_2](t_{1/2}) = \frac{[Br_2]_0}{2}$$

$$n_{Br_2}(t_{1/2}) = n_{01} - x(t_{1/2}) = n_{01} - \frac{x_{\max}}{2} = \frac{2n_{01} - x_{\max}}{2} \text{ من جدول التقدم عند اللحظة } t = t_{1/2} \text{ نجد:}$$

$$n_{01} - x_{\max} = 0 \text{ وبما أن ثنائي البروم } (Br_2) \text{ هو المتفاعل المحد فإن } n_{Br_2}(t_{1/2}) = \frac{n_{01} + (n_{01} - x_{\max})}{2} \text{ ومنه:}$$

$$[Br_2](t_{1/2}) = \frac{[Br_2]_0}{2} \text{ وعليه: } n_{Br_2}(t_{1/2}) = \frac{n_{01}}{2} \text{ إذن: } [Br_2](t_{1/2}) V_T = \frac{[Br_2]_0 V_T}{2} \text{ وبالتالي نجد:}$$

استنتاج قيمة زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$ :

$$t_{1/2} = 200s \text{ ومن البيان نقراً: } [Br_2](t_{1/2}) = \frac{[Br_2]_0}{2} = \frac{12 \times 10^{-3}}{2} = 6 mmol.L^{-1}$$