

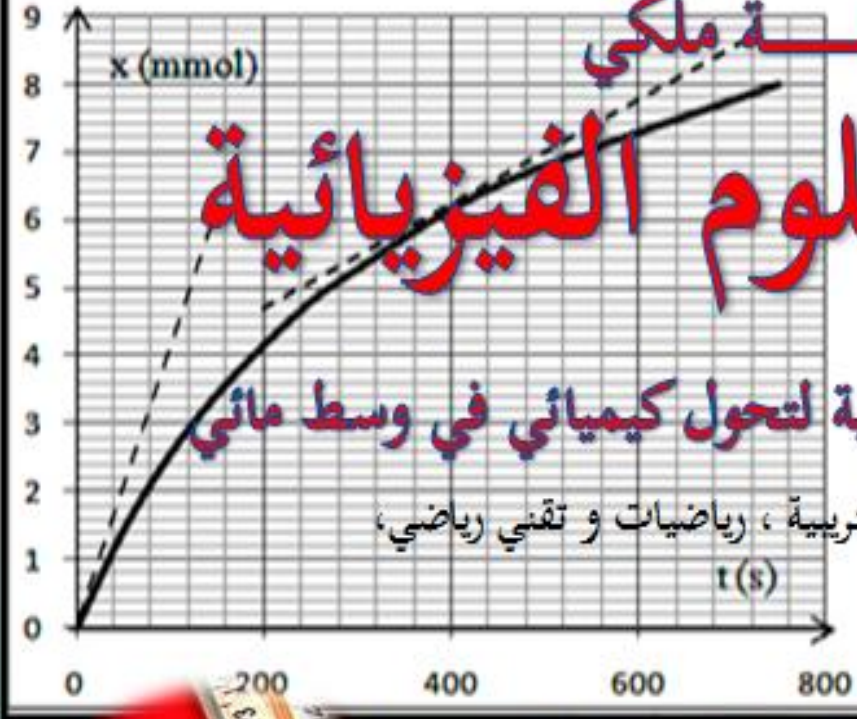
مجلة ملكي

للعلم الفيزيائية

العدد الأول:

المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي

السنة الثالثة علوم تجريبية ، رياضيات و تقني رياضي ،



✓ ملخص شامل

✓ تمارين مرفقة بحلولها النموذجية وفق البرنامج

الوزاري المعدل



BAC



من إعداد الأستاذ ملكي علي

كلمة ترحيب

زوار مجلتنا السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

- ✓ يسرني أن أقدم بهذه المجلة لطلبتنا الأعزاء في المرحلة الثانوية لكل الشعب العلمية منها و التكنولوجيا.
- ✓ محتوى هذه المجلة ينطبق على البرنامج الرسمي الجديد المقرر من طرف وزارة التربية الوطنية.
- ✓ يشمل هذا الجزء من المجلة على الوحدة الأولى من البرنامج المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي.
- ✓ تعالج المجلة حيثيات هذه الوحدة الأولى حتى يتمكن الطالب من فهمها بشكل جيد.
- ✓ كما حرصت فيها إلى تقديم ملخص مبسط للوحدة مدعم بمجموعة تمارين مرفقة بحلولها النموذجية لكي تعطي فكرة شاملة عن الدرس من أجل تقويم شامل و إن شاء الله تساعدكم في نيل مبتغاكم.

خلاصة الوحدة

❖ كمية المادة n :

- ✓ حالة صلب: $n = \frac{m}{M}$ حيث m كتلة العينة بـ g و M الكتلة المولية وحدتها g/mol .
- ✓ حالة سائل: $n = C \cdot V$ حيث C التركيز المولي وحدته mol/L و V حجم المحلول وحدته L .
- ✓ حالة غاز: $n = \frac{V_g}{V_m}$ حيث V_g حجم الغاز وحدته L و V_m الحجم المولي .

❖ الشئانية مؤكسد / مرجع:

هي مجموعة مكونة من مؤكسد ومرجع مرافق ونرمز بالشكل: Ox / Red وتتميز الشئانية Ox / Red بنصف المعادلة



- ✓ المؤكسد: oxydant هو كل نوع كيميائي قادر على اكتساب إلكترون أو أكثر ويسمى النوع الناتج المرجع المرافق.

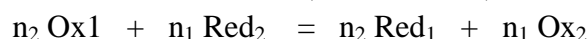
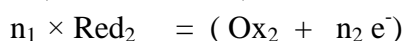
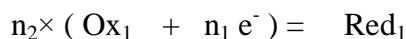


- ✓ المرجع: réducteur هو كل نوع كيميائي قادر على فقد إلكترون أو أكثر ويسمى النوع الناتج المؤكسد المرافق.

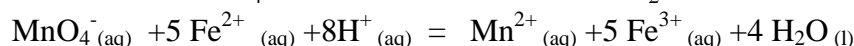
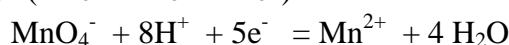
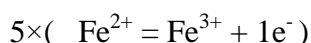


❖ تفاعل الأكسدة الإرجاعية :

خلال تفاعل الأكسدة – إرجاع يحدث تبادل الكتروني بين الشئانيتين مؤكسد / مرجع (Ox_1 / red_1) و (Ox_2 / red_2) حيث يحدث انتقال للإلكترونات من المرجع Red_2 إلى المؤكسد Ox_1 . ولكتابة معادلة التفاعل الحاصلة نكتب نصفي المعادلة الكالكترونية وننجز المجموع :



مثال : تفاعل الأكسدة الإرجاعية بين الشئانيتين : Fe^{3+} / Fe^{2+} و MnO_4^- / Mn^{2+}



❖ المتابعة الزمنية لتحول كيميائي :

| معادلة التفاعل | | $aA + bB = cC + dD$ | | | |
|-------------------|--------|---------------------|---------------|---------|---------|
| حالة الجملة | التقدم | كمية المادة (mol) | | | |
| الحالة الابتدائية | 0 | n_1 | n_2 | 0 | 0 |
| الحالة النهائية | | $n_1 - a x_f$ | $n_2 - b x_f$ | $c x_f$ | $d x_f$ |

- ✓ المتفاعل المحد : هو المتفاعل الذي ينفذ أولاً
- ✓ التقدم الأعظمي : يمثل أصغر قيمة للتقدم و يحسب من خلال جدول التقدم .
- ✓ زمن نصف التفاعل : $t_{1/2}$ هو المدة اللازمة لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي .

- ✓ الشرط الستيكومتري محقق اذا كان : $\frac{n_1}{a} = \frac{n_2}{b}$

❖ أنواع التحولات الكيميائية:

أ* - التحولات الكيميائية السريعة:

هي تحولات أنية تحدث بمجرد تلامس المتفاعلين خلال مدة قصيرة جدا بحيث لا يمكن متابعتها بالعين المجردة

ب* - التحولات الكيميائية البطيئة:

يمكن متابعتها بالعين المجردة أو باستعمال وسائل القياس المعتادة.

ج* - التحولات الكيميائية البطيئة جدا:

نتائج تطور الجملة الكيميائية لا تلاحظ إلا بعد عدة أيام أو أشهر

❖ طرق المتابعة الزمنية لتحول كيميائي:

أهم طرق المتابعة الزمنية لتحول كيميائي هي:

أ* - طرق فيزيائية:

تستعمل الطريقة الفيزيائية عندما تكون إحدى المقادير الفيزيائية القابلة للقياس في الوسط التفاعلي تتعلق بتركيز بعض الأنواع الكيميائية الموجودة في هذا الوسط نذكر منها:

- قياس الناقلية (الوسط التفاعلي يحتوي على شوارد تخضع لتحول كيميائي) .
- قياس الحجم أو الضغط إذا كان التفاعل ينتج أو يستهلك غازات .
- قياس Ph إذا كان الوسط التفاعلي يحتوي على شوارد الهيدونيوم $H_3O^+_{(aq)}$ تخضع لتحول كيميائي .

ب* - طرق كيميائية:

ترتكز الطرق الكيميائية على معايرة أحد الأنواع الكيميائية خلال التفاعل ، حيث يكون تفاعل المعايرة سريع جدا أمام التفاعل الحادث ، تنجز الدراسة بصفة متقطعة بحيث تتم العملية على عينات تؤخذ من الوسط التفاعلي.

❖ متابعة تطور جملة عن طريق المعايرة :

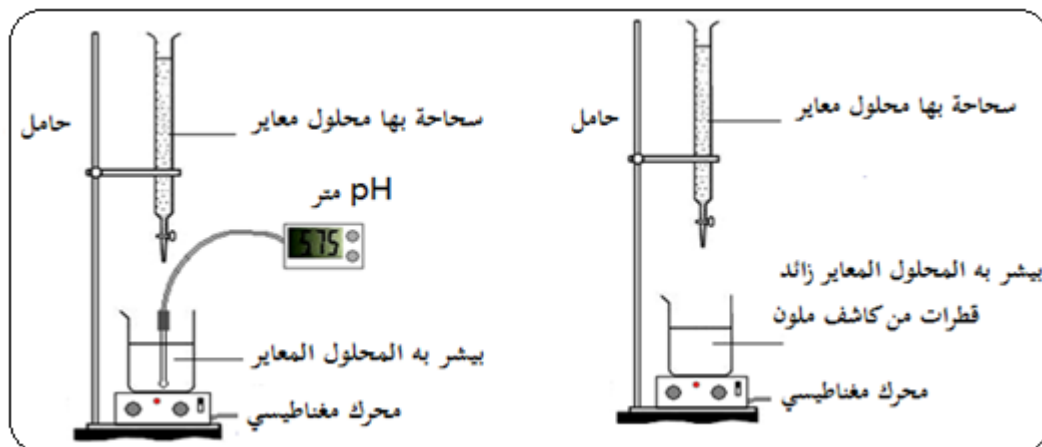
المعايرة تمكن من المتابعة الزمنية لتطور جملة كيميائية و تهدف إلى إيجاد تركيز مجهول بواسطة تركيز معلوم جدول تقدم التفاعل للمعايرة :

| معادلة التفاعل | | $\alpha A + \beta B = \mu C + \lambda D$ | | | |
|-------------------|--------|--|-----------------------|-----------|---------------|
| حالة الجملة | التقدم | كمية المادة (mol) | | | |
| الحالة الابتدائية | 0 | $C_1 V_1$ | $C_2 V_2$ | 0 | 0 |
| الحالة النهائية | Xeq | $C_1 V_1 - \alpha Xeq$ | $C_2 V_2 - \beta Xeq$ | μXeq | λXeq |

❖ متابعة تطور جملة عن طريق قياس الناقلية :

✓ قياس الناقلية تمكن من المتابعة الزمنية لتطور جملة كيميائية

✓ البروتوكول التجريبي الذي يمكن إتباعه في عملية المعايرة و في عملية قياس الناقلية على الترتيب



❖ سرعة التفاعل:

تعبّر عن تغير كمية المادة المتشكلة أو المختفية لنوع كيميائي في وحدة الزمن.
 زمن نصف التفاعل: $t_{1/2}$

هي زمن بلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي $X_{f/2}$. قيمته تحسب من البيان .

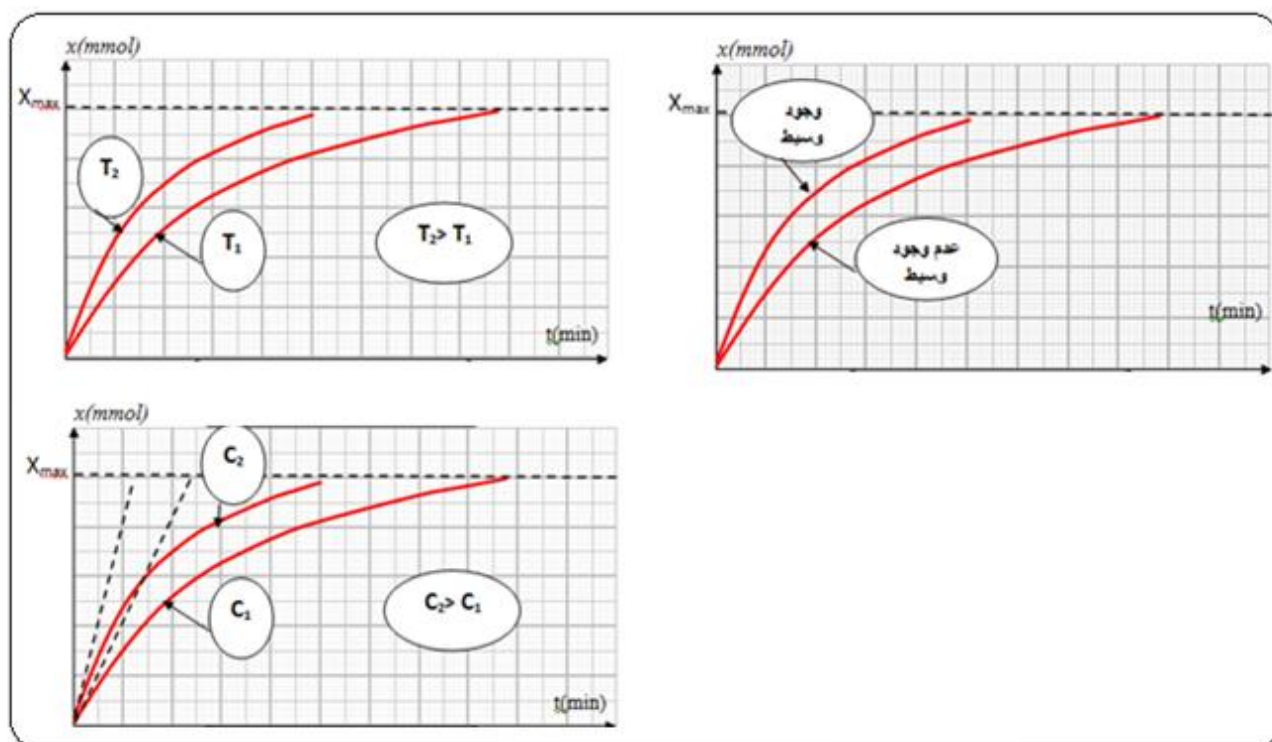
❖ العوامل الحركية:

نسمي عاملا حركيا لتفاعل كيميائي كل ما يغير من سرعة التفاعل. وأهمها :

درجة الحرارة: بزيادة درجة الحرارة تزداد سرعة التفاعل .

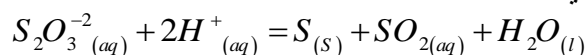
التركيز الابتدائية: بزيادة التركيز الابتدائية تزداد سرعة الفاعل

الوسيط: وجود الوسيط المناسب يعمل على تسريع التفاعل .



التمرين الأول :

محلول لحمض كلور الهيدروجين تركيزه $C_1 = 4 \text{ mol.L}^{-1}$ نأخذ منه حجما $V_1 = 10 \text{ mL}$ ونضيف إليه حجما $V_2 = 40 \text{ mL}$ من ثيوكبريتات الصوديوم $(2\text{Na}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-})$ تركيزه $C_2 = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$ فيحدث التحول المنمذج بالتفاعل ذي المعادلة :

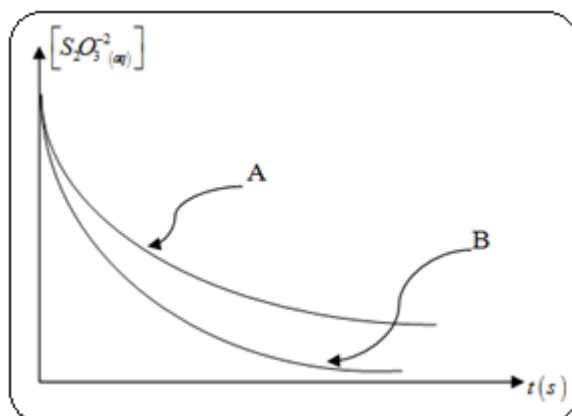


سمحت عملية المتابعة الزمنية للتحول من معرفة تركيز شوارد ثيوكبريتات المتبقية كما مبينة في الجدول:

| $t \text{ (s)}$ | 0 | 15 | 30 | 45 | 60 | 90 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 |
|--|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|
| $[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})] (\text{mol.L}^{-1})$ | 0.4 | 0.33 | 0.26 | 0.2 | 0.16 | 0.11 | 0.07 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0 |
| $x \text{ (mmol)}$ | | | | | | | | | | | |

- 1- كيف تصنف هذا التحول من حيث مدة استغراقه؟
- 2- ما نوع التحول ؟ استنتج الثنائيات الداخلة في التحول .
- 3- بعد الإضافة مباشرة احسب تركيزا شوارد H^+ و $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ الابتدائيين.
- 4- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل .
- 5- هات عبارة التقدم x بدلالة $[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})]_i$ و $[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})]$ حجم المزيج الابتدائي V .
- 6- أكمل الخانة الأخيرة من الجدول ثم ارسم البيان $x = f(t)$
- 7- استنتج سرعة اختفاء شوارد $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ بدلالة سرعة التفاعل ثم احسبها عند $t = 0$
- 8- علما أن التحول تام ، اوجد :
أ - المتفاعل المحد .
ب - $t_{1/2}$ زمن نصف التفاعل.

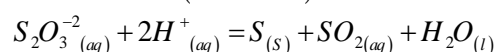
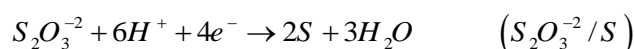
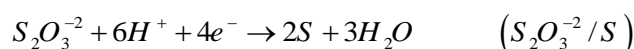
ج - نعيد نفس التجربة 1 السابقة ولكن ثيوكبريتات الصوديوم $(2\text{Na}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-})$ بتركيز $C_3 = 1 \text{ mol.L}^{-1}$ لو كان تحت التجربة 1 و 2 ورقة بها علامة X اسفل البيشر، في أي التجريبتين تختفي العلامة X أولا ؟ مع التعليل. اختر البيان الموافق لكل تجربة مع التعليل.



حل التمرين الأول :

1 - التحول الكيميائي بطيء.

2 - تفاعل أكسد ارجاعية : المعادلة النصفية



3 - حساب التراكيز :

$$[H^+]_i = \frac{C_1 V_1}{V_1 + V_2} = \frac{4 \times 10}{50} = 0.8 \text{ mol } L^{-1}$$

$$[S_2O_3^{-2}(aq)]_i = \frac{C_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{0.5 \times 40}{50} = 0.4 \text{ mol } L^{-1}$$

4 - جدول التقدم :

| المعادلة | $S_2O_3^{-2}(aq) + 2H^+(aq) = S(s) + SO_{2(aq)} + H_2O(l)$ | | | | |
|---------------|--|------------------------|-----------|-----------|-------|
| حالة ابتدائية | $[S_2O_3^{-2}(aq)]_i V$ | $[H^+]_i V$ | 0 | 0 | بوفرة |
| حالة انتقالية | $[S_2O_3^{-2}(aq)]_i V - x$ | $[H^+]_i V - 2x$ | x | x | بوفرة |
| حالة نهائية | $[S_2O_3^{-2}(aq)]_i V - x_{max}$ | $[H^+]_i V - 2x_{max}$ | x_{max} | x_{max} | بوفرة |

5 - العلاقة : من جدول التقدم لدينا:

$$[S_2O_3^{-2}(aq)] V = [S_2O_3^{-2}(aq)]_i V - x$$

$$x = ([S_2O_3^{-2}(aq)]_i - [S_2O_3^{-2}(aq)]) V$$

$$x = (0.4 - [S_2O_3^{-2}(aq)]) V \text{ (mol)}$$

6 - إكمال الجدول:

$$x = (0.4 - [S_2O_3^{-2}(aq)]) V \text{ (mol)}$$

$$x = (0.4 - [S_2O_3^{-2}(aq)]) 50.10^{-3} \text{ (mol)}$$

$$x = (0.4 - [S_2O_3^{-2}(aq)]) 50 \text{ (mmol)}$$

من خلال هذه العلاقة يمكن إكمال الجدول فقط في كل مرة نعوض عن $[S_2O_3^{-2}(aq)]$ ونحسب نجد:

| t (s) | 0 | 15 | 30 | 45 | 60 | 90 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 |
|---|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|
| $[S_2O_3^{-2}(aq)] \text{ (mol } L^{-1})$ | 0.4 | 0.33 | 0.26 | 0.2 | 0.16 | 0.11 | 0.07 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0 |
| x (mmol) | 0 | 3.5 | 7 | 10 | 12 | 14.5 | 16.5 | 18.5 | 19 | 19.5 | 20 |

استنتج السرعة الحجمية لاختفاء شوارد $S_2O_3^{-2}$ بدلالة سرعة الحجمية التفاعل:

7 - من جدول التقدم : $n_{S_2O_3^{-2}} = [S_2O_3^{-2}(aq)]_i V - x$ باشتقاق الطرفين بالنسبة للزمن نجد:

$$\frac{d n_{S_2O_3^{-2}}}{d t} = 0 - \frac{dx}{dt}$$

$$\frac{d n_{S_2O_3^{-2}}}{d t} = - \frac{dx}{dt}$$

$$v(S_2O_3^{-2}) = v(x)$$

8 - أ) المتفاعل المحد :

$$\begin{cases} \left[S_2O_3^{2-} \right]_i V - x_{max} \\ \left[H^+ \right]_i V - 2x_{max} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{max} = \left[S_2O_3^{2-} \right]_i V \\ x_{max} = \frac{\left[H^+ \right]_i V}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_{max} = 2.10^{-2} \text{ mol} = 20 \text{ mmol} \\ x_{max} = 2.10^{-2} \text{ mol} = 20 \text{ mmol} \end{cases}$$

إذن المزيج في حالة ستوكيومترية $x_{max} = 20 \text{ mmol}$

(ب) $t_{1/2} = 45 \text{ s}$ زمن نصف التفاعل: من البيان أو من الجدول مباشرة لأن القيمة موجودة وواضحة ومنه $t_{1/2} = 45 \text{ s}$

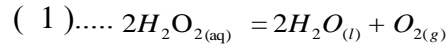
(ج) تختفي العلامة أولا في التجربة 2 لأن التركيز الابتدائي من العوامل الحركية. البيان A تجربة 1 و البيان B تجربة 2

التمرين الثاني :

الماء الأكسجيني التجاري عبارة عن محلول مائي لبيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) يستعمل كمطهر للجروح ، لـ H_2O_2 ثنائيتان

Ox/Red هما: $(H_2O_2(aq) / H_2O(aq))$ ، $(O_2(g) / H_2O_2(aq))$.

يتفكك بيروكسيد الهيدروجين ذاتيا وينمذج هذا التحول بمعادلة التفاعل الكيميائي التالية :



هذا التحول الكيميائي بطيء وتام ويمكن تسريعه باستخدام وسيط مناسب .

1 - أكتب المعادلتين النصفيتين الداخلتين في التفاعل المنمذج بالمعادلة (1).

2 - أكمل جدول تقدم التفاعل

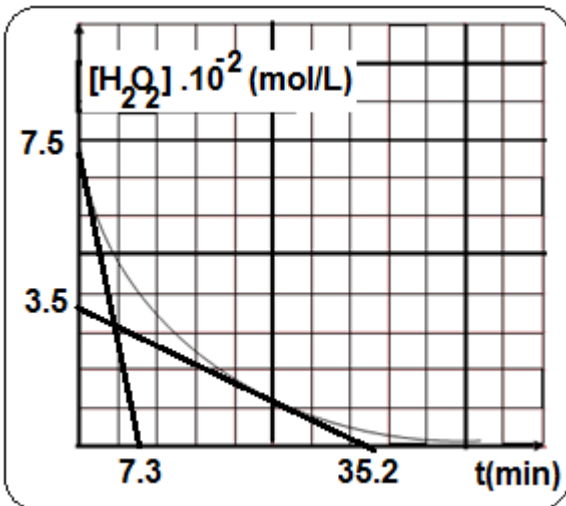
| معادلة التفاعل | | $2H_2O_{2(aq)} = 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$ | | |
|----------------|-----------|--|-------|--|
| حالة الجملة | التقدم | كميات المادة بـ mol | | |
| ح. الابتدائية | 0 | $n_0(H_2O_2)$ | بكترة | |
| ح. الإنتقالية | $x(t)$ | | بكترة | |
| ح. النهائية | X_{max} | | بكترة | |

3 - أعط تعريفا للوسيط ، وما نوع الوساطة عندما نستخدم شوارد الحديد الثلاثية Fe^{3+} وذلك بإضافة محلول كلور الحديد الثلاثي

للماء الأكسجيني.

II / دراسة تطور هذا التفاعل عند درجة حرارة ثابتة نضيف عند اللحظة $t = 0$ كمية قليلة من أكسيد المنغنيز MnO_2 و نتابع

تغيرات كمية المادة للماء الأكسجيني المتبقي عند لحظات نتحصل على النتائج الممثلة في البيان $[H_2O_2] = f(t)$.



1 - عبر عن تقدم التفاعل $x(t)$ بدلالة $n_0(H_2O_2)$ و $n(H_2O_2)$.

2 - بين أنه يمكن التعبير عن السرعة الحجمية للتفاعل بالعلاقة :

$$v_{vol} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{d[H_2O_2]}{dt}$$

1 - أحسب السرعة الحجمية في اللحظات $t = 0$ و $t = 25 \text{ mn}$ ، كيف تتطور؟

2 - ما العامل الحركي الذي لعب دورا في هذا التطور؟

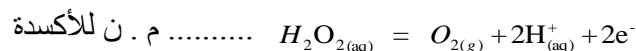
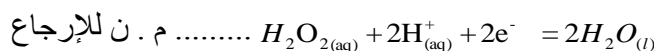
3 - أعط تعريفا لزمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

4 - بين أنه عند اللحظة $t = t_{1/2}$ أن: $[H_2O_2]_{t_{1/2}} = \frac{[H_2O_2]_0}{2}$

و استنتج قيمته $t_{1/2}$ ببيانيا

حل التمرين الثاني :

1 - المعادلتان النصفيتان الداخلتان في التفاعل :



2 - جدول تقدم التفاعل :

| معادلة التفاعل | | $2H_2O_{2(aq)} = 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$ | | |
|----------------|--------|--|-------|------------|
| حالة الجملة | التقدم | كميات المادة بـ mol | | |
| ح . الابتدائية | 0 | $n_0(H_2O_2)$ | بكترة | 0 |
| ح . الإنتقالية | $x(t)$ | $n_0(H_2O_2) - 2x(t)$ | بكترة | $x(t)$ |
| ح . النهائية | X m | $n_0(H_2O_2) - 2x(t)_{\max}$ | بكترة | x_{\max} |

3 - الوسيط نوع كيميائي يضاف بكمية قليلة للمزيج التفاعلي كي يسرع التفاعل الكيميائي ولا يظهر في المعادلة.
نوع الوساطة متجانسة لأن الوسيط والمتفاعل من طور واحد.

/II

1 - عبارة تقدم التفاعل: من جدول التقدم: $n(H_2O_2) = n_0(H_2O_2) - 2x(t)$

$$x(t) = \frac{n_0(H_2O_2) - n(H_2O_2)}{2} \quad \text{ومنه}$$

2 - عبارة السرعة الحجمية v_{vol} : بإدخال $\frac{d}{dt}$ على طرفي المعادلة السابقة ثم القسمة على حجم المزيج V .

$$\frac{1}{V} \frac{d}{dt} x(t) = \frac{1}{V} \frac{d}{dt} \frac{n_0(H_2O_2) - n(H_2O_2)}{2}$$

$$\frac{1}{V} \frac{dx(t)}{dt} = \frac{1}{V} \frac{dn_0(H_2O_2)}{dt} - \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \frac{n(H_2O_2)}{V} = -\frac{1}{2} \frac{d[H_2O_2]}{dt} \quad v_{vol} = -\frac{1}{2} \frac{d[H_2O_2]}{dt}$$

3 - تحسب السرعة الحجمية من ميل المماس للمنحنى عند كل لحظة مطلوبة $\frac{d[H_2O_2]}{dt}$

عند اللحظات المطلوبة تكون :

$$v_{vol}(0) = -\frac{1}{2} \frac{d[H_2O_2]}{dt} = -\frac{1}{2} \left(-\frac{7,5 \cdot 10^{-2}}{7,3} \right) = 5,14 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L.mn}$$

$$v_{vol}(25) = -\frac{1}{2} \frac{d[H_2O_2]}{dt} = -\frac{1}{2} \left(-\frac{3,5 \cdot 10^{-2}}{35,2} \right) = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L. mn}$$

نلاحظ تناقص السرعة الحجمية للتفاعل مع مرور الزمن .

4 - العامل الذي لعب دورا في هذا التناقص هو التركيز المولي لـ H_2O_2 حيث تتناقص السرعة الحجمية للتفاعل بتناقص التركيز المولي لـ H_2O_2 .

5 - زمن نصف التفاعل هو المدة الزمنية اللازمة ليصل تقدم التفاعل إلى نصف تقدمه النهائي ، وعندما يكون التفاعل تاما

$$x(t)_{t_{1/2}} = \frac{x_f}{2} = \frac{x_{\max}}{2} \quad \text{عند } t = t_{1/2} \text{ فإن}$$

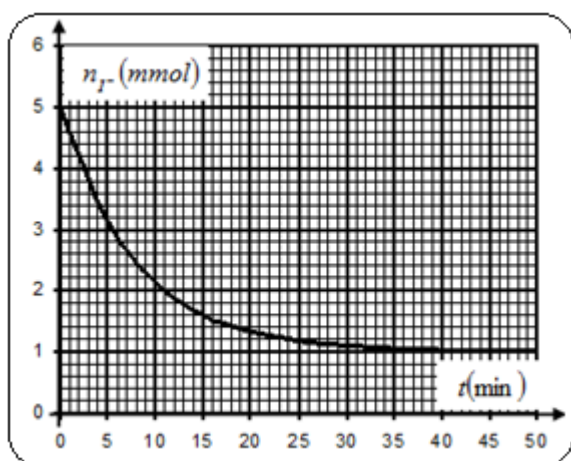
6 - من جدول التقدم: $x_{\max} = \frac{n_0(H_2O_2)}{2}$ وعندما $t = t_{1/2}$ فإن: $x(t)_{t_{1/2}} = \frac{x_{\max}}{2} = \frac{n_0(H_2O_2)}{4}$

$$(n(H_2O_2))_{t_{1/2}} = n_0(H_2O_2) - 2x_{t_{1/2}} = n_0(H_2O_2) - 2 \frac{n_0(H_2O_2)}{4} = \frac{n_0(H_2O_2)}{2}$$

$$t_{1/2} \approx 9 \text{ mn} \quad \text{من البيان : } [H_2O_2]_{t_{1/2}} = \frac{[H_2O_2]_0}{2}$$

التمرين الثالث :

- من أجل دراسة التفاعل بين شوارد البيروكسيد $S_2O_8^{2-}$ و شوارد اليود I^- .
نمزج في اللحظة $t = 0$ حجما قدره $V_1 = 50mL$ من محلول يود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)$ تركيزه $C_1 = 0.1mol/l$ مع
حجما قدره $V_2 = 50mL$ من محلول لبيروكسودي كبريتات البوتاسيوم $(2K^+ + S_2O_8^{2-})$ تركيزه C_2 مجهول .
- 1 - أكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع ثم استنتج المعادلة الإجمالية . تعطى الثنائيات (I_2 / I^-) ، $(S_2O_8^{2-} / SO_4^{2-})$.
 - 2 - مثل جدول تقدم التفاعل .
 - 3 - البيان المقابل يمثل تغيرات كمية المادة لشوارد I^- بدلالة الزمن $n_{I^-} = f(t)$ ، بالاعتماد على البيان حدد:

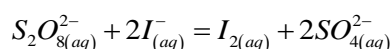
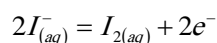
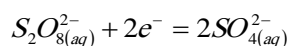


- أ. التفاعل المحدد؟ مع التعليل .
- ب. التقدم الأعظمي x_{max} .
- 4 - استنتج قيمة التركيز C_2 .
- 5 - عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ؟ ثم حدد قيمته بيانيا .
- 6 - أكتب العلاقة بين كمية مادة شوارد اليود n_{I^-} وتقدم التفاعل x .
- 7 - أ. أحسب سرعة اختفاء شوارد اليود I^- عند اللحظة $t = 10 min$
ب. - استنتج سرعة التفاعل عند نفس اللحظة .
- 8 - أعد رسم البيان $n_{I^-} = f(t)$ وذلك عند أخذ قيمة التركيز $C_1 = 0.3mol/l$ مع التعليل ؟

أرسم منحنى كمية مادة شوارد $S_2O_8^{2-}$ بدلالة الزمن $n_{S_2O_8^{2-}} = f(t)$ مع التعليل

حل التمرين الثالث :

- 1 - المعادلتين النصفيتين والمعادلة الإجمالية :



- 2 - جدول تقدم التفاعل .

| معادلة التفاعل | | $S_2O_8^{2-}(aq) + 2I_{(aq)}^- = I_{2(aq)} + 2SO_4^{2-}(aq)$ | | | |
|----------------|----------------|--|---------------------------|-----------|-----------|
| حالة الجملة | التقدم | كمية المادة mmol | | | |
| ح. ابتدائية | 0 | n_2 | $n_1 = C_1 \cdot V_1 = 5$ | 0 | 0 |
| ح. انتقالية | x | $n_2 - x$ | $n_1 - 2x$ | x | 2x |
| ح. نهائية | $x_{max} = 10$ | $n_2 - x_{max}$ | $n_1 - 2x_{max} = 1$ | x_{max} | x_{max} |

- 3 - البيان المقابل $n_{I^-} = f(t)$ ،

أ - المتفاعل المحد شوارد البيروكسيد $S_2O_8^{2-}$

ب. - التقدم الأعظمي x_{max} $n_1 - 2x_{max} = 1 \Rightarrow 5 - 2x_{max} = 1 \Rightarrow x_{max} = 2mmol$

4 - استنتاج قيمة التركيز C_2 $C_2V_2 - x_{max} = 0 \Rightarrow C_2 = x_{max}/V_2 \Rightarrow C_2 = 2/50 \Rightarrow C_2 = 0.04mol/l$

5 - زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$: الزمن اللازم لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته النهائية.

بيانياً: $n(t_{1/2}) = 2 \text{ mmol} \Rightarrow t_{1/2} \approx 5,5 \text{ min}$

6 - كتابة العلاقة بين كمية مادة شوارد اليود n_{I^-} وتقدم التفاعل x
 $n_{I^-} = 5 - 2x$

7 -

أ - حساب سرعة إختفاء شوارد اليود I^- عند اللحظة $t = 10 \text{ min}$
 $v(I^-)_{10} = -\frac{dn_{I^-}}{dt} = -\frac{4-0}{0-20} \approx 0,2 \text{ mmol/min}$
 ب - استنتاج سرعة التفاعل عند نفس اللحظة.

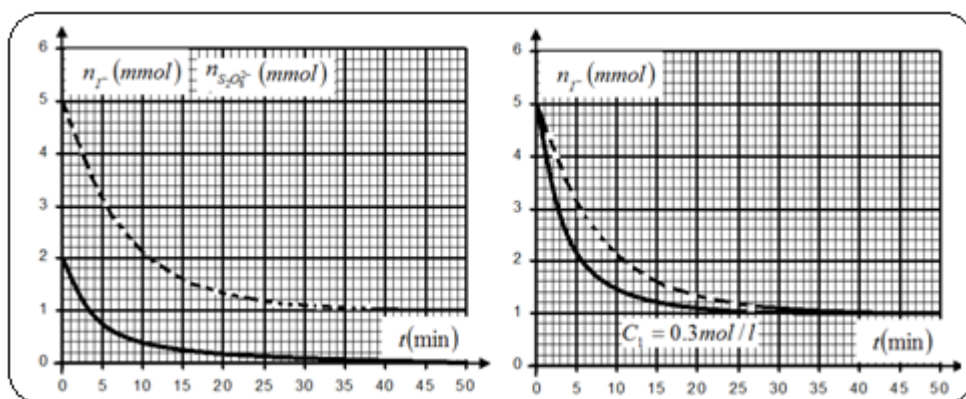
$$n_{I^-} = 5 - 2x \Rightarrow \frac{dn_{I^-}}{dt} = -2 \frac{dx}{dt} \Rightarrow \frac{dx}{dt} = -\frac{1}{2} \frac{dn_{I^-}}{dt} \Rightarrow v = \frac{1}{2} v(I^-) \Rightarrow v = 0,1 \text{ mmol/min}$$

8 - رسم البيان $n_{I^-} = f(t)$ وذلك عند أخذ قيمة التركيز $C_1 = 0.3 \text{ mol/l}$.

التعليق كلما كان التركيز اكبر كان تواتر الاصطدامات الفعالة أكبر و كان التحول أسرع

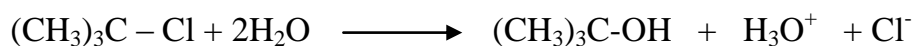
9 - رسم منحنى كمية مادة شوارد $S_2O_8^{2-}$ بدلالة الزمن $n_{S_2O_8^{2-}} = f(t)$ مع التعليق

$$\begin{cases} n_{S_2O_8^{2-}} = C_2 V_2 - x = 2 - x \\ n_{I^-} = 5 - 2x \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n_{S_2O_8^{2-}} = 2 - (5 - n_{I^-}) / 2 \\ x = (5 - n_{I^-}) / 2 \end{cases} \Rightarrow n_{S_2O_8^{2-}} = (n_{I^-} - 1) / 2$$



التمرين الرابع :

إن اماهة 2 - كلورو - 2 - ميثيل بروبان هو تفاعل بطيء وتام . معادلة التفاعل هي:



في اللحظة $t = 0$ ندخل كمية $n_0 = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ من 2- كلور - 2 - ميثيل بروبان في بيشر يحتوي على 150ml من الماء المقطر (كمية زائدة) ثم ندخل في المحلول خلية قياس الناقلية في اللحظة $t = 0$ وجدنا الناقلية النوعية للمحلول $\sigma = 0$ وفي اللحظة $t = 400 \text{ s}$ وجدنا الناقلية النوعية النهائية $\sigma_f = 9,1 \text{ ms.cm}^{-1}$ وبقيت ثابتة بعد ذلك.

1- أنشيء جدول التقدم.

2- حدد قيمة التقدم الأعظمي.

3- نذكر أن الناقلية النوعية لمحلول شاردي تعطى بالعلاقة $\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$ حيث $[X_i]$ هي التراكيز المولية للأفراد الكيميائية الشاردية و λ_i الناقلية النوعية المولية الشاردية لمختلف هذه الأفراد.

- بين انه يمكن كتابة الناقلية النوعية على الشكل $\sigma = K \cdot x(t)$ وحدد وحدة الثابت K . (ملاحظة: K ليس ثابت الخلية).

4- بين انه في اللحظة t يعطى التقدم بالعلاقة $x(t) = \frac{\sigma(t)n_0}{\sigma_f}$

5- أ) في اللحظة t_1 كانت الناقلية النوعية للمزيج $\sigma_1 = 5,1 \text{ mS.cm}^{-1}$ احسب التقدم $x(t_1)$
 ب) استنتج كتلة 2- كلورو- 2- ميثيل بروبان غير المميّه عند هذه اللحظة. ($M = 92,5 \text{ g/mol}$)

حل التمرين الرابع :

1/ جدول التقدم

| معادلة التفاعل | | $(CH_3)_3C - Cl_{(aq)} + 2H_2O_l \rightarrow (CH_3)_3C - OH_{(aq)} + H_3O^+ + Cl^-$ | | | | |
|-----------------|--------|---|-------|-------|-------|-------|
| حالة الجملة | التقدم | الكمية ب mmole | | | | |
| ح الابتدائية | 0 | 3.7 | زيادة | 0 | 0 | 0 |
| خلال التفاعل | x | $3.7 - x$ | زيادة | x | x | x |
| الحالة النهائية | x_f | $3.7 - x_f$ | زيادة | x_f | x_f | x_f |

2/ من جدول التقدم $x_{\max} = 3.7 \times 10^{-3} \text{ mole} \Rightarrow x_f = x_{\max} = 3.7 \text{ mmol} . 3.7 - x_f = 0$

3/ كتابة الناقلية النوعية على الشكل $\sigma = Kx(t)$ الشوارد المتواجدة هي H_3O^+, Cl^-

و منه $\sigma = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+] + \lambda_{Cl^-} [Cl^-]$ نلاحظ ان $[H_3O^+] = [Cl^-] = \frac{x}{V}$

و منه $\sigma(t) = \frac{[\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}]x(t)}{V}$ حيث $K = \frac{[\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}]}{V}$

4/ تبين ان $x(t) = \frac{\sigma(t)n_0}{\sigma_f}$ من (3) لدينا $x(t) = \frac{\sigma(t)V}{[\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}]}$

بالضرب و القسمة على n_0 يصبح $x(t) = \frac{n_0 \sigma(t)V}{n_0 [\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}]}$ حيث $[x_f] = \frac{n_0}{V}$

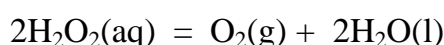
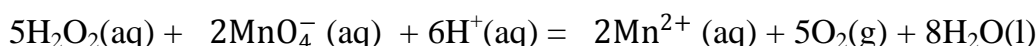
و منه $x(t) = \frac{n_0 \sigma(t)}{[x_f] [\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}]}$ و لدينا $\sigma_f = [\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}] \cdot [x_f]$ و منه $x(t) = \frac{n_0 \sigma(t)}{\sigma_f}$

5/ ايجاد $x(t)$ في اللحظة t_1 $x(t_1) = 3.7 \times 10^{-3} \cdot \frac{5.1}{9.1} = 2.07 \times 10^{-3} \text{ mole}$ و منه $x(t_1) = 2.07 \times 10^{-3} \text{ mole}$

* كتلة الحمض : $m = M \cdot n(t_1) = \frac{m}{M} \Rightarrow m = 92.5 \times 2.07 \times 10^{-3} = 0.192 \text{ g}$

التمرين الخامس :

يسمى المحلول المائي لبروكسيد الهيدروجين H_2O_2 " الماء الأكسجيني " وهو عديم اللون. يلعب H_2O_2 في بعض التفاعلات الكيميائية دور المؤكسد وفي أخرى دور المرجع ، فهو يشارك في التناثنتين مر/مؤ التاليتين : H_2O_2/H_2O ، O_2/H_2O_2 لدينا معادلات التفاعلات المنمذجة لتحويلات كيميائية :

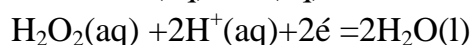
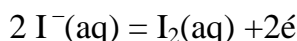


- أ / التفاعلان 1 ، 2 يتمان في وسط حامضي ، أما التفاعل 3 يتسرع بوجود شوارد الحديد الثلاثية $Fe^{3+}(aq)$ التي تلعب دور وسيط . مانوع الوساطة في التفاعل 3 ؟ وهل الشوارد $H^+(aq)$ في التفاعلين 1 ، 2 لعبت دور وسيط ؟
- ب/ ما الدور الذي لعبه $H_2O_2(aq)$ (مؤكسد أم مرجع) في التفاعلات السابقة ؟ مع التعليل .
- جـ (لغرض متابعة كمية اليود الناتجة عن التفاعل الكيميائي رقم 1 نشكل عند اللحظة $t = 0$ مزيجا مؤلفا من المحاليل التالية :
- محلول H_2O_2 حجمه $V_1 = 40mL$ ، تركيزه المولي $C_1 = 2,0 \cdot 10^{-1} mol/L$ H_2O_2
 - محلول $(K^+ + I^-)$ حجمه $V_2 = 50mL$ ، تركيزه المولي بشوارد I^- : $C_2 = 1,0 \cdot 10^{-1} mol/L$
 - محلول حمض الكبريت حجمه $V_3 = 10mL$ ، تركيزه المولي بشوارد H^+ : $C_3 = 1,0 mol/L$
- عند اللحظة $t = 5min$ نضيف للمزيج حجما $V_4 = 100mL$ من بارد جدا ونعاير اليود الناتج بواسطة محلول ثيوكبريتات الصوديوم تركيزه المولي بشوارد $S_2O_3^{2-}$: $C = 2,0 \cdot 10^{-1} mol/L$ ، حجم التكافؤ $V_E = 20mL$.
- 1 - ما سبب إضافة الماء البارد للمزيج التفاعلي ؟ ما العوامل الحركية التي لعبت دورا في هذا ؟
 - 2 - أكتب معادلة تفاعل المعايرة تعطى الثنائيتان المشتركتان مر/ مؤ : I_2 / I^- ، $S_4O_6^{2-} / S_2O_3^{2-}$.
 - 3 - أحسب عند اللحظة $t = 5min$ كمية المادة في المزيج لكل من : I_2 ، I^- ، H_2O_2 ، H^+ .
 - 4 - أحسب السرعة المتوسطة لتشكل اليود I_2 خلال المدة الزمنية السابقة.

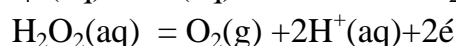
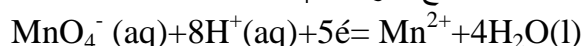
حل التمرين الخامس :

أ/ نوع الوساطة في التفاعل الكيميائي 3: متجانسة.
الشوارد H^+ ليست وسيطا لأن الوسيط لا يكتب في المعادلة و لا يشارك في التفاعل الكيميائي .

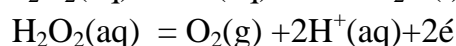
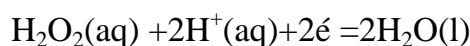
ب/ التفاعل 1 : H_2O_2 مؤكسد لأنه تفاعل مع المرجع I^-



التفاعل 2: H_2O_2 مرجع لأنه تفاعل مع المؤكسد MnO_4^- .



التفاعل 3: دور مؤكسد ومرجع.



ملاحظة فقط : يمكن في التعليل ذكر الثنائيات مر/ مؤ .

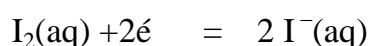
جـ /

1 - سبب إضافة الماء البارد : توقيف التفاعل .

العاملان الحركيان هما : تراكيز المتفاعلات درجة الحرارة

عملية تخفيف، وتبريد (trempe)

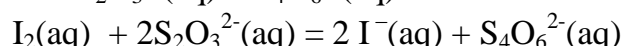
2 - معادلة تفاعل المعايرة:



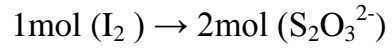
م ن للإرجاع



م ن للأكسدة 2



3 - عدد مولات I_2 : حسب معادلة تفاعل المعايرة :



$$n(I_2) = \frac{C \cdot V_E}{2} \quad n(I_2) = \frac{2 \cdot 10^{-1} \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad : \text{ ومنه } n(I_2) \rightarrow C V_E$$

جدول التقدم : التفاعل 1 كميات المادة مقدرة بـ mol

| المعادلة | $H_2O_2(aq) + 2I^-(aq) + 2H^+(aq) = I_2(aq) + 2H_2O(l)$ | | | |
|----------|---|------------------|------------------|-------|
| t=0 | $C_1 V_1$ | $C_2 V_2$ | $C_3 V_3$ | 0 |
| t=5min | $C_1 V_1 - x_f$ | $C_2 V_2 - 2x_f$ | $C_3 V_3 - 2x_f$ | x_f |

عدد مولات I^- :

$$x_f = n(I_2) = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(I^-) = C_2 V_2 - 2x_f$$

$$n(I^-) = 0,150 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 10^{-3} \text{ mol}$$

عدد مولات H_2O_2 :

$$n(H_2O_2) = C_1 V_1 - x_f$$

$$n(H_2O_2) = 2 \cdot 10^{-1} \cdot 40 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

عدد مولات H^+ :

$$n(H^+) = C_3 V_3 - 2x_f$$

$$n(H^+) = 1 \cdot 10 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

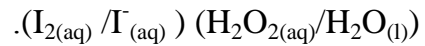
$$V_{\text{moy}} = \frac{\Delta n(I_2)}{\Delta t} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{5} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ mol/min} \quad \text{4 - السرعة المتوسطة :}$$

التمرين السادس :

نمزج في اللحظة $t=0$ حجما $V_1=100\text{ml}$ من محلول ليود البوتاسيوم $(K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)})$ تركيزه المولي C_1 مع حجم V_2 من الماء الاوكسيجيني H_2O_2 تركيزه المولي $C_2=0.3\text{mol/L}$.

متابعة تغيرات كمية المادة للمتفاعلات $n_t(H_2O_2)$ و $n_t(I^-)$ في الوسط التفاعلي في لحظات زمنية مختلفة مكنتنا من الحصول على المنحنيين $n_t(H_2O_2) = f(t)$ و $n_t(I^-) = g(t)$ الممثلين في الوثيقة 1.

1/ اكتب معادلة التفاعل المنمذجة للتحويل الكيميائي الحاصل علما أن الثنائيتين (ox/red) المشاركتين في التفاعل هما:



2/ أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل.

3/ اعتماداً على البيان و جدول التقدم .

أ/ استنتج المتفاعل المحد.

ب/ انسب لكل منحنى البيان الموافق من بين البيانيين 1 و 2 .

ج/ احسب كل من C_1 و V_2 .

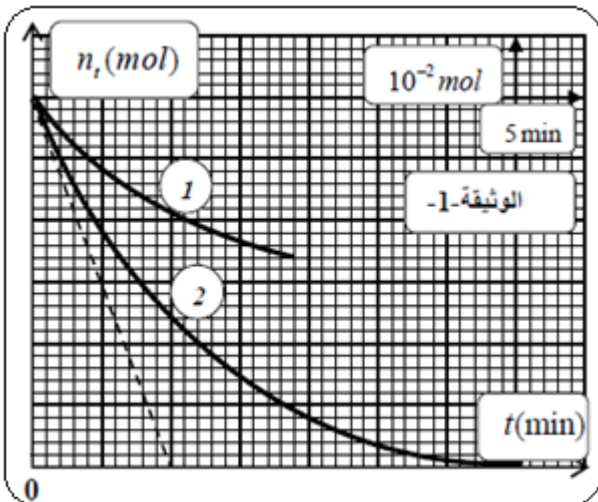
د/ اكمل رسم البيان 1.

4/ أ/ عرف السرعة الحجمية للتفاعل v_{vol} في اللحظة t .

ب/ أكتب عبارة السرعة الحجمية للتفاعل

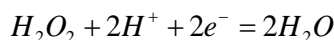
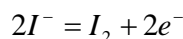
* - أحسب قيمتها عند $t = 0$.

ج/ عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ و أحسب قيمته



حل التمرين السادس :

1 - معادلة التفاعل:



2 - جدول التقدم :

| المعادلة | | $H_2O_2 + 2I^- + 2H^+ \rightarrow 2H_2O + I_2$ | | | | |
|-------------------|--------|--|-------------------|-------------------|-------|-------|
| حالة الجملة | التقدم | كمية المادة بـ mol | | | | |
| الحالة الابتدائية | 0 | $n_0(H_2O_2)$ | $n_0(I^-)$ | $n_0(H^+)$ | بوفرة | 0 |
| الحالة الانتقالية | x | $n_0(H_2O_2) - x$ | $n_0(I^-) - 2x$ | $n_0(H^+) - 2x$ | بوفرة | x |
| الحالة النهائية | x_f | $n_0(H_2O_2) - x_f$ | $n_0(I^-) - 2x_f$ | $n_0(H^+) - 2x_f$ | بوفرة | x_f |

3 - أ) المتفاعل المحد :

$$n_0(I^-) = n_0(H_2O_2) = 6 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

من البيانين نلاحظ أن

و نلاحظ أيضا أن : $\frac{n_0(H_2O_2)}{1} > \frac{n_0(I^-)}{2}$ و منه المتفاعل المحد هو : (I^-) .

ب) البيان (2) يوافق: $n_t(I^-)$ لأنه ينتهي كليا

البيان (1) يوافق: $n_t(H_2O_2)$ لأنه بزيادة

ج) حساب كل من C_1 و V_2

$$n_0(I^-) = C_1 \times V_1 \Rightarrow C_1 = \frac{n_0(I^-)}{V_1} = \frac{6 \times 10^{-2}}{0.1} \Rightarrow C_1 = 6 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$$

$$n_0(H_2O_2) = C_2 \times V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{n_0(H_2O_2)}{C_2} = \frac{6 \times 10^{-2}}{0.3} \Rightarrow V_2 = 2 \times 10^{-1} = 200 \text{ mL}$$

د - إكمال الرسم

4 - أ) السرعة الحجمية للتفاعل : هي سرعة التفاعل في وحدة الحجم $v_{vol} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$

نشتق بالنسبة للزمن فنجد : $x = \frac{n_0(I^-) - n_t(I^-)}{2}$

ب) من جدول التقدم نجد أن : $v_{vol} = -\frac{1}{2V} \cdot \frac{dn_t(I^-)}{dt}$

قيمتها عند $t = 0$:

$$v_{vol} = -\frac{1}{2V} \cdot \frac{\Delta n_t(I^-)}{\Delta t} = -\frac{1}{2 \times 0.3} \times \frac{-6 \times 10^{-2}}{10} \Rightarrow v_{vol} = 10^{-2} \text{ mol/L} \cdot \text{min}$$

ج) زمن نصف التفاعل : هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي أو الأعظمي . $t = t_{\frac{1}{2}} \Rightarrow x = \frac{x_{\max}}{2}$

قيمته بيانيا : $n_{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{n_0(I^-)}{2} = 3 \times 10^{-2} \text{ mol}$ بالإسقاط على محور الزمن $t_{\frac{1}{2}} = 7.5 \text{ min}$

التمرين السابع :

عند دراسة تركيب الغلاف الجوي و تلوث الهواء نلاحظ أنه من بين الغازات الملوثة للجو غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2 حيث ترتفع نسبته بسبب محركات الديزل ، مصانع حمض الكبريت ، محطات إنتاج الكهرباء ويتشكل عندما تتأكسد الشوائب المحتواة على الكبريت بواسطة أكسجين الهواء و يكون ملوثا إذا تجاوزت كمية SO_2 المقدار $20\mu g$ لكل $1m^3$ من الهواء يعطى ($M_s = 32g/mol, M_o = 16g/mol$) .
لمعرفة مدى تلوث هواء مدينة نحل $2m^3$ من الهواء في $250mL$ من الماء المقطر، بحيث يتحلل SO_2 في الماء فنحصل على محلول مائي (S). ثم نعاير المحلول (S) بواسطة محلول (S₀) لبرمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)_{aq}$ تركيزه المولي : $C_0 = 10^{-4} mol/L$.

1 - لماذا نختار عملية المعايرة ؟

2- نمذج التفاعل الحادث في المعايرة بالمعادلة : $2MnO_4^- + 5SO_2 + 2H_2O = 4H^+ + 5SO_4^{2-} + 2Mn^{+2}$ / أ- متى نصل نقطة التكافؤ .

/ ب - اعتمادا على جدول التقدم ، بين أنه عند التكافؤ لدينا : $5n(MnO_4^-) = 2n(SO_2)$.

/ ج - استنتج كمية مادة ثاني أكسيد الكبريت في المحلول (S) علما أن حجم البرمنغنات اللازم للتكافؤ :

$$V_{eq} = 8.8mL$$

3 - أوجد كتلة غاز SO_2 في $1m^3$ من الهواء . هل يعتبر جو المدينة ملوثا حسب المقياس السابق

حل التمرين السابع :

1 - نختار عملية المعايرة من أجل تعيين كمية المادة للنوع الكيميائي المجهول .

2 - أ) نصل نقطة التكافؤ عندما يتغير اللون .

ب) جدول التقدم :

| المعادلة | | $2MnO_4^- + 5SO_2 + 2H_2O = 4H^+ + 5SO_4^{2-} + 2Mn^{+2}$ | | | | | |
|-------------------|----------|---|-----------------|--|--|-----------|-----------|
| حالة الجملة | التقدم | كمية المادة | | | | | |
| الحالة الابتدائية | 0 | $n_1(MnO_4^-)$ | $n_2(SO_2)$ | | | 0 | 0 |
| حالة التكافؤ | x_{eq} | $n_1 - 2x_{eq}$ | $n_2 - 5x_{eq}$ | | | $5x_{eq}$ | $2x_{eq}$ |

$$n(MnO_4^-) - 2x_{eq} = 0 \Rightarrow x_{eq} = \frac{n(MnO_4^-)}{2} \quad \text{عند التكافؤ لدينا :}$$

$$n(SO_2) - 5x_{eq} = 0 \Rightarrow x_{eq} = \frac{n(SO_2)}{5} \quad \text{و}$$

$$\rightarrow (1) 5n(MnO_4^-) = 2n(SO_2) \quad \text{و منه :}$$

ج) كمية مادة ثاني أكسيد الكبريت الموجودة في المحلول (S) :

$$n(SO_2) = \frac{5n(MnO_4^-)}{2} = \frac{5xC_0xV_{eq}}{2} \quad \text{من العلاقة (1) نجد :}$$

$$n(SO_2) = \frac{5 \times 10^{-4} \times 8.8 \times 10^{-3}}{2} \Rightarrow n(SO_2) = 22 \times 10^{-7} mol \quad \text{و منه :}$$

3 - كتلة SO_2 في $1m^3$ من الهواء :

$$22 \times 10^{-7} mol \rightarrow 2m^3 \quad \text{لدينا :}$$

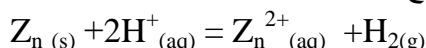
$$n \rightarrow 1m^3$$

$$n = 11 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

إذن كتلة SO_2 في $1m^3$ هي: $m(SO_2) = n \times M_{SO_2}$ و منه: $m(SO_2) = 11 \times 10^{-7} \times 64 = 70.4 \times 10^{-6} \text{ g} = 70.4 \mu\text{g}$ و عليه يعتبر هواء المدينة ملوثاً حسب المقياس المعطى لأن الكتلة تفوق $20 \mu\text{g}$.

التمرين الثامن :

يتفاعل محلول حمض كلور الهيدروجين مع الزنك وفق المعادلة التالية :



في اللحظة $t = 0$ نضع كتلة $m = 1 \text{ g}$ من الزنك في حوالة و نضيف لها حجماً $V = 40 \text{ ml}$ من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي $C = 0.5 \text{ mol/l}$ ، ولمتابعة تطور التفاعل الكيميائي الحادث نقيس حجم غاز الهيدروجين المنطلق في الشروط التجريبية حيث الحجم المولي $V_m = 25 \text{ l/mol}$ ، فتحصلنا على النتائج التالية :

| | | | | | | | | | | |
|--------|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| t (s) | 0 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 750 |
| v (ml) | 0 | 36 | 64 | 86 | 104 | 120 | 132 | 154 | 170 | 200 |

1 - ما هي نواتج هذا التفاعل ؟

2 - احسب في كل لحظة t كمية المادة n_{H_2} للهيدروجين و دوّن هذه النتائج في جدول .

3 - احسب كميات المادة الابتدائية للمتفاعلات .

4 - أنجز جدولاً لتقدم التفاعل واستنتج العلاقة بين التقدم x و n_{H_2} .

5 - ارسم البيان $x = f(t)$. (استعمل مقياس الرسم $1\text{cm} \rightarrow 1\text{mmol}$, $1\text{cm} \rightarrow 50\text{s}$)

6 - ما هي قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظات $t = 50 \text{ s}$ و $t = 400 \text{ s}$ ؟ ما ذا تلاحظ ؟ برر ذلك .

7 - إذا كان التفاعل تاماً فأوجد

أ - المتفاعل المحد

ب - التقدم الأعظمي x_{\max} .

ج - زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

تعطى $M(Zn) = 65.4 \text{ g/mol}$

حل التمرين الثامن

1 - نواتج هذا التفاعل هي : شوارد الزنك الثنائية $Zn^{2+}_{(aq)}$ و غاز الهيدروجين $H_{2(g)}$ و الماء $H_2O_{(l)}$.

2 - حساب في كل لحظة t كمية المادة n_{H_2} للهيدروجين و تدوين هذه النتائج في جدول: لدينا $n_{H_2} = V_{H_2} / V_m$ فنحصل على النتائج التالية

| | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|------|------|------|------|-----|------|------|-----|-----|
| t (s) | 0 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 750 |
| $n_{H_2} \text{ mmol}$ | 0 | 1.44 | 2.56 | 3.44 | 4.16 | 4.8 | 5.28 | 6.16 | 6.8 | 8 |

3 - حساب كميات المادة الابتدائية للمتفاعلات : $n(H^+) = C.V = 0.5 \cdot 40 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

$$n(Zn) = 1/65.4 = 1.53 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

4 - انجاز جدول لتقدم التفاعل واستنتج العلاقة بين التقدم x و n_{H_2}

| معادلة التفاعل | $Zn(s) + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$ | | |
|----------------|---|--------------------------|--------------------------|
| حالة الجملة | $n(Zn) \text{ mol}$ | $n(H^+) \text{ mol}$ | $n(Zn^{2+}) \text{ mol}$ |
| ابتدائية | $1.53 \cdot 10^{-2}$ | $2 \cdot 10^{-2}$ | 0 |
| وسطية | $1.53 \cdot 10^{-2} - x$ | $2 \cdot 10^{-2} - 2x$ | x |
| نهائية | $1.53 \cdot 10^{-2} - x_f$ | $2 \cdot 10^{-2} - 2x_f$ | x_f |

العلاقة بين التقدم x و n_{H_2} : نلاحظ من خلال جدول تقدم التفاعل أن: $n_{H_2} = x$

5 - رسم البيان $x = f(t)$. (باستعمال مقياس الرسم $1\text{cm} \rightarrow 1\text{mmol}$ ، $1\text{cm} \rightarrow 50\text{s}$)

6 - قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظات

$$v = 5.88 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l.s} \quad t = 50 \text{ s}$$

$$v = 1.95 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l.s} \quad t = 400\text{s}$$

نلاحظ أن السرعة الحجمية للتفاعل تناقصت وذلك لتناقص تركيز المتفاعلات

7 - إذا كان التفاعل تاما ($X_{\max} = X_f$) فإن $1.53 \cdot 10^{-2} - x_f = 0$ أو $2 \cdot 10^{-2} - x_f = 0$ هذا يعني أن $X_{\max} =$

$$1.53 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$X_{\max} = 1.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ وقيمة X_{\max} التي تحقق المتراجحتين $X_{\max} \geq 0$

$X_{\max} = 1.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ إذا المتفاعل المحد هو شوارد H^+

أما زمن نصف التفاعل فهو الزمن الموافق ل : $X = X_{\max}/2 = 5. \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ و بعد رسم المنحنى نجده حوالي:

$$t_{1/2} = 270 \text{ s}$$

التمرين التاسع :

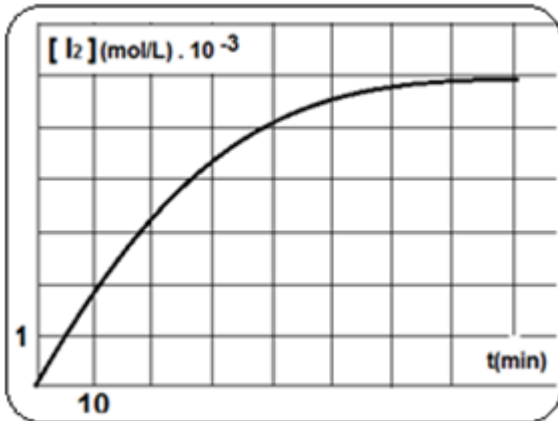
في اللحظة $t = 0$ ، نمزج حجما $V_1 = 500 \text{ mL}$ من من محلول S_1 ليبروكسو ديكبريتات البوتاسيوم

($2\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{S}_2\text{O}_8^{2-}_{(\text{aq})}$) ذي التركيز المولي $c_1 = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ مع حجم $V_2 = 500 \text{ mL}$ من محلول S_2 ليود

البوتاسيوم ($\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{I}^-_{(\text{aq})}$) ذي التركيز المولي c_2 في لحظات مختلفة ، نقوم بأخذ أجزاء متساوية من المزيج و نبردها

بوضعها في الجليد الذائب . نعاير ثنائي اليود المتشكل خلال التحول الكيميائي ، ثم نرسم المنحنى الذي يمثل تغيرات

التركيز المولي $[\text{I}_{2(\text{aq})}]$ بدلالة الزمن .



1 - لماذا نبرد الأجزاء في الجليد ؟

2 - ما هي الثنائية (Ox / Red) الداخلة في التفاعل المدروس.

3 - ما هو النوع الكيميائي المرجع ؟ علل .

4 - ما هو النوع الكيميائي المؤكسد ؟ علل .

5 - أكتب معادلة تفاعل الأكسدة ارجاع الحادث .

6 - عين كميات المادة الابتدائية للمتفاعلات .

7 - أنجز جدولاً لتقدم التفاعل و بين أن البيان الممثل لتغيرات

تقدم التفاعل x

بدلالة الزمن يتطور بنفس الطريقة التي يتطور بها البيان $[\text{I}_{2(\text{aq})}] = f(t)$.

8 - أحسب السرعة الحجمية للتفاعل المدروس في اللحظة $t = 25 \text{ mn}$.

9 - عين التركيز المولي النهائي لثنائي اليود $[\text{I}_{2(\text{aq})}]$ ، ثم استنتج المتفاعل المحد .

10 - عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ و عين قيمته.

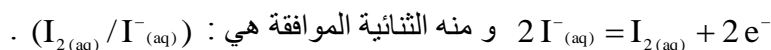
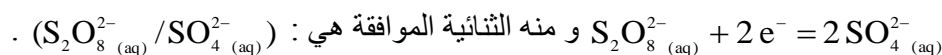
11 - لحسب التركيز المولي c_2 لمحلول يود البوتاسيوم .

حل التمرين التاسع :

1 - نبرد الأجزاء في الجليد لنوقف التفاعل، و بالتالي يمكن تعيين كمية مادة اليود المتشكلة في كل لحظة.

2 - الثنائية (Ox / Red) الداخلة في التفاعل المدروس

المتفاعلات هي : شوارد البيروكسو دي كبريتات $S_2O_8^{2-} (aq)$ و شوارد اليود $I^- (aq)$ حيث

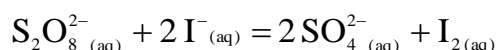


3 - النوع الكيميائي المرجع هو $S_2O_8^{2-} (aq)$ لأنه اكتسب الكترونات .

4 - النوع الكيميائي المؤكسد هو $I^- (aq)$ لأنه فقد الكترونات.

5 - معادلة تفاعل الأكسدة ارجاع الحادث .

بجمع المعادلتين السابقتين ينتج :



6 - كميات المادة الابتدائية للمتفاعلات .

$$n_{(S_2O_8^{2-} (aq))_i} = c_1 \cdot V_1 = 7,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{(I^- (aq))_i} = c_2 \cdot V_2 = 0,5 \cdot c_2 \text{ mol}$$

7 - جدول تقدم التفاعل

| المعادلة | $S_2O_8^{2-} (aq)$ | $+ 2I^- (aq)$ | $= 2SO_4^{2-} (aq) + I_2 (aq)$ |
|-------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| الحالة الابتدائية | $7,5 \cdot 10^{-3}$ | $5 \cdot 10^{-1} \cdot c_2$ | 0 |
| الحالة الانتقالية | $7,5 \cdot 10^{-3} - x(t)$ | $5 \cdot 10^{-1} \cdot c_2 - 2x(t)$ | $2x(t)$ |
| الحالة النهائية | $7,5 \cdot 10^{-3} - x_{\max}$ | $5 \cdot 10^{-1} c_2 - 2x_{\max}$ | $2x_{\max}$ |

نبين أن البيان الممثل لتغيرات تقدم التفاعل X بدلالة الزمن يتطور بنفس الطريقة التي يتطور بها البيان $[I_2(aq)] = f(t)$

الممثل في الشكل. نلاحظ من جدول تقدم التفاعل أن: $n_{(I_2)}(t) = x(t)$ و من جهة أخرى $[I_2(aq)] = \frac{n_{(I_2)}(t)}{V}$

إذن : $[I_2(aq)]$ و $x(t)$ يتناسبان طرديا و منه البيان $[I_2(aq)] = f(t)$ و البيان $x(t) = g(t)$ يتطوران بنفس الطريقة مع الزمن

8 - حساب السرعة الحجمية للتفاعل المدروس في اللحظة $t = 25 \text{ mn}$.

$$v(t) = \frac{1}{V} \cdot \frac{d x(t)}{dt} = \frac{d (x(t)/V)}{dt} = \frac{d [I_2](t)}{dt}$$

و منه فالسرعة عند اللحظة $t = 25 \text{ mn}$ هي ميل المماس للمنحني في النقطة الموافقة لهذه اللحظة .

$$v(25 \text{ min}) = 1,1 \text{ mmol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

9 - التركيز المولي النهائي لثنائي اليود $[I_2(aq)]$ من المنحنى البياني نجد : $[I_2(aq)]_f = 6 \text{ mmol/L}$

استنتاج المتفاعل المحد لدينا : $x_f = [I_2(aq)]_f \cdot V = 6 \times 10^{-3} \times 1 = 6 \times 10^{-3} \text{ mol}$

و من جهة أخرى : $n_{(S_2O_8^{2-} (aq))_i} = 7,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$ نلاحظ أن كمية $S_2O_8^{2-} (aq)$ الابتدائية أكبر من x_f إذن المتفاعل المحد هو

شوارد $I^- (aq)$ تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ هو المدة الزمنية التي يبلغ فيها التفاعل نصف تقدمه النهائي

من البيان: اللحظة الموافقة لـ $\frac{[I_2]_f}{2}$ هي: $t_{1/2} = 17 \text{ min}$

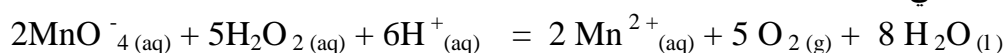
10 -حساب التركيز المولي c_2 لمحلول يود البوتاسيوم بما أن $I^-_{(aq)}$ هو المتفاعل المحد فإن :

$$0,5 \cdot c_2 - 2 \cdot x_f = 0$$

$$c_2 = \frac{2 \cdot x_f}{0,5} = \frac{2 \times 6 \times 10^{-3}}{0,5} = 2,4 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

التمرين العاشر :

I- محلول الماء الأكسوجيني (H_2O_2) تركيزه $C_0 = 0.1 \text{ mol/L}$ ، تم تمديده F مرة ، نأخذ حجما قدره $V_1 = 20 \text{ mL}$ من المحلول الممدد للماء الأكسوجيني الذي تركيزه المولي (C_1) و نعايره بوجود حمض الكبريت المركز بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم ($K^+ + MnO_4^-$) تركيزه $C_2 = 0.02 \text{ mol/L}$. نحصل على نقطة التكافؤ بعد إضافة حجم قدره $V_2 = 10 \text{ mL}$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم ، المعادلة المنمذجة لتفاعل المعايرة الحادثة هي :



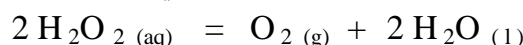
1 - حدد الثنائيتين (Ox / Red) الداخلتين في التفاعل .

2 - أنجز جدول التقدم لتفاعل المعايرة الحادثة .

3 - اكتب عبارة C_1 بدلالة C_2 ، V_1 ، V_2 .

4 - احسب C_1 ، ثم استنتج معامل التمديد F .

II- الماء الأكسوجيني يتفكك ببطء شديد ، معادلة هذا التفاعل هي :



إن إضافة محلول كلور الحديد الثلاثي يسرع التفاعل . عند اللحظة $t = 0 \text{ s}$ نمزج حجم $V_0 = 80 \text{ mL}$ من الماء الأكسوجيني تركيزه $C_0 = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$ ، مع حجم $V = 20 \text{ mL}$ من محلول كلور الحديد الثلاثي

البيان التالي يبين تطور كمية المادة لغاز ثنائي الأكسجين بدلالة الزمن: $n(O_2) = f(t)$.

1 - أنجز جدول التقدم لهذا التفاعل .

2 - استنتج العلاقة الموجودة بين تقدم التفاعل و كمية مادة غاز ثنائي الأكسجين.

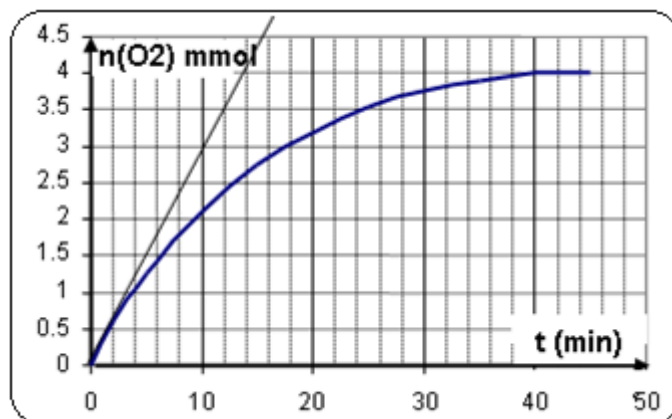
3 - استنتج التقدم النهائي للتفاعل .

5 - عيّن بيانيا زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

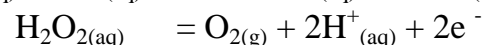
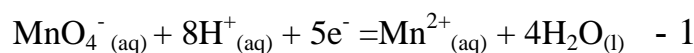
6 - اكتب عبارة سرعة التفاعل عند اللحظة (t) وأحسب قيمتها عند اللحظة ($t = 0 \text{ s}$) .

7 - استنتج قيمة السرعة الحجمية لإختفاء الماء الأكسوجيني عند اللحظة $t = 0 \text{ s}$

8 - ما هي العوامل الحركية في هذا التحول ؟



حل التمرين العاشر :



الثنائيتين: $\text{MnO}_4^- (\text{aq}) / \text{Mn}^{2+} (\text{aq})$; $\text{O}_2 (\text{g}) / \text{H}_2\text{O}_2 (\text{aq})$

2 - جدول التقدم لتفاعل المعايرة الحادثة:

| المعادلة | $2 \text{MnO}_4^- (\text{aq}) + 5 \text{H}_2\text{O}_2 (\text{aq}) = 2 \text{Mn}^{2+} (\text{aq}) + 5 \text{O}_2 (\text{g})$ | | | | |
|------------|--|--|---|----------------------|----------------------|
| الحالة | كميات المادة (mol) | | | | |
| ح ابتدائية | 0 | C_2V_2 | C_1V_1 | 0 | 0 |
| ح التكافؤ | X_E | $\text{C}_2\text{V}_2 - 2 \text{X}_\text{E}$ | $\text{C}_1\text{V}_1 - 5\text{X}_\text{E}$ | 2X_E | 5X_E |

3 - عند نقطة التكافؤ المزيج يكون وفق الشروط الستوكيومترية أي : $\text{C}_2\text{V}_2 - 2 \text{X}_\text{E} = 0$ و $\text{C}_1\text{V}_1 - 5 \text{X}_\text{E} = 0$

و منه نجد : $\text{C}_1 = 5 \text{C}_2\text{V}_2 / 2 \text{V}_1$

$$\text{C}_1 = 0.025 \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{C}_1 = (5 \cdot 0.02 \cdot 10) / (2 \cdot 20)$$

4 - معامل التمديد : $F = 0.1 / 0.025 = 4$

- II

1 - جدول التقدم لتفاعل التفكك الذاتي للماء الأكسجيني :

| المعادلة | $2 \text{H}_2\text{O}_2 (\text{aq}) = \text{O}_2 (\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}$ | | | |
|------------|---|----------------------------|----------------------|-------|
| الحالة | التقدم | كميات المادة (m.mol) | | |
| ح ابتدائية | 0 | $\text{C}_0\text{V}_0 = 8$ | 0 | بوفرة |
| ح انتقالية | $\text{X}(\text{t})$ | $8 - 2 \text{X}(\text{t})$ | $\text{X}(\text{t})$ | // |
| ح نهائية | X_f | $8 - 2 \text{X}_\text{f}$ | X_f | // |

2 - من الجدول لدينا : $n(\text{O}_2) = \text{X}(\text{t})$

3 - من جدول التقدم او من البيان نجد : $\text{X}_\text{f} = n_\text{f}(\text{O}_2) = 4 \text{ mmol} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

4 - من البيان : $\text{X}_{1/2} = \text{X}_\text{f} / 2 = 2 \text{ m.mol}$: $t = t_{1/2}$ بالإسقاط على البيان وعلى محور الزمن نجد : $t_{1/2} = 10 \text{ min}$

5 - سرعة التفاعل : $\text{V}(\text{t}) = d\text{X} / d\text{t}$

$$t = 0 \text{ s} : \text{V}_0 = \tan \alpha = 4 / 14 = 0.28 \text{ m.mol .min}^{-1}$$

6 - السرعة الحجمية لاختفاء H_2O_2 عند $t = 0$:

$$\text{V}_{\text{vol}}(\text{H}_2\text{O}_2) = - d[\text{H}_2\text{O}_2] / dt \quad \text{حيث} \quad \text{V}_{\text{vol}}(\text{H}_2\text{O}_2) = (8 - 2 \text{X}) / \text{V}_{\text{tot}} \quad \text{ومنه :}$$

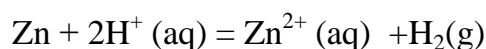
$$\text{V}_{\text{vol}}(\text{t}) = (2 / \text{V}_{\text{tot}}) (d\text{X} / dt)$$

$$t = 0 : \text{V}_{\text{vol}}(0) = (2 / 0.1) \cdot 0.28 = 5.6 \text{ m.mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

7 - التراكيز المولية ، الوسيط ؛ وساطة متجانسة (محلول FeCl_3) .

التمرين الحادي عشر :

أراد أحد التلاميذ دراسة التحول الكيميائي الذي يحدث للجملة (محلول حمض كلور الهيدروجين ، الزنك) و الذي ينمذج بتفاعل كيميائي معادلته



في اللحظة $t = 0$ وضع كتلة $m = 1 \text{ g}$ من الزنك في حوجة و أضاف لها حجما $V = 40 \text{ ml}$ من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي $C = 5.10^{-1} \text{ mol/l}$ ، ولمتابعة تطور التفاعل الكيميائي الحادث قام بقياس حجم غاز الهيدروجين VH_2 المنطلق في الشروط التجريبية حيث الحجم المولي $V_m = 25 \text{ L/mol}$ ، فتحصل على النتائج التالية :

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| t (s) | 0 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 750 |
| v(ml) | 0 | 36 | 64 | 86 | 104 | 120 | 132 | 154 | 170 | 180 |
| n_{H_2} (mmol) | | | | | | | | | | |

- 1 - أحسب في كل لحظة t كمية المادة n_{H_2} لثنائي الهيدروجين و دوّن هذه النتائج في جدول.
- 2 - أحسب كميات المادة الابتدائية للمفاعلات .
- 3 - أنجز جدولاً لتقدم التفاعل واستنتج العلاقة بين التقدم x و n_{H_2} .
- 4 - أرسم البيان $x = f(t)$. (إستعمل مقياس الرسم $1\text{cm} \rightarrow 1\text{mmol}$ ، $1\text{cm} \rightarrow 50\text{s}$)
- 5 - ما هي قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظات $t = 50 \text{ s}$ و $t = 400 \text{ s}$ ؟ ما ذا تلاحظ ؟ برر ذلك
- 6 - إذا كان التفاعل تاماً فأوجد :
أ - المتفاعل المحد . ب - التقدم الأعظمي x_{max} . ج - زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.
تعطى : $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g/mol}$

حل التمرين الحادي عشر :

- 1 - حساب في كل لحظة t كمية المادة n_{H_2} للهيدروجين و تدوين هذه النتائج في جدول لدينا $n_{\text{H}_2} = V_{\text{H}_2} / V_m$

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|------|------|------|------|-----|------|------|-----|-----|
| t (s) | 0 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 750 |
| n_{H_2} mmol | 0 | 1.44 | 2.56 | 3.44 | 4.16 | 4.8 | 5.28 | 6.16 | 6.8 | 7.2 |

- 2 - حساب كميات المادة الابتدائية للمفاعلات :

$$n(\text{H}^+) = C.V = 0.5. 40 = 2.10^{-2} \text{ mol}$$

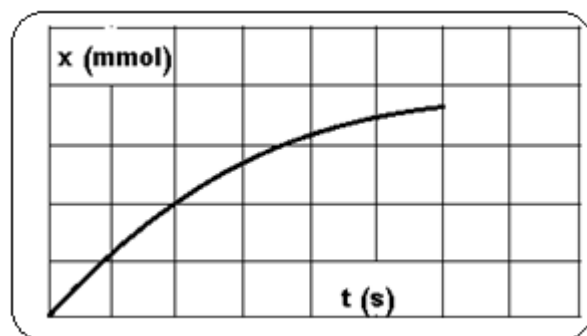
$$n(\text{Zn}) = 1/65.4 = 1.53 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

- 3 - انجاز جدول لتقدم التفاعل واستنتج العلاقة بين التقدم x و n_{H_2} :

| معادلة التفاعل | $\text{Zn}_{(\text{s})} +$ | $2\text{H}^+_{(\text{aq})} \rightarrow$ | $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} +$ | $\text{H}_{2(\text{g})}$ |
|-------------------|----------------------------|---|----------------------------------|--------------------------|
| الحالة الابتدائية | $1.53 \cdot 10^{-2}$ | $2 \cdot 10^{-2}$ | 0 | 0 |
| الحالة انتقالية | $1.53 \cdot 10^{-2} - x$ | $2 \cdot 10^{-2} - 2x$ | x | x |
| الحالة النهائية | $1.53 \cdot 10^{-2} - x_f$ | $2 \cdot 10^{-2} - 2x_f$ | x_f | x_f |

- 4 - العلاقة بين التقدم x و n_{H_2} نلاحظ من خلال جدول تقدم التفاعل أن: $n_{\text{H}_2} = x$.

- 5 - رسم البيان $x = f(t)$ باستعمال مقياس الرسم $1\text{cm} \rightarrow 1\text{mmol}$ ، $1\text{cm} \rightarrow 50\text{s}$



6 - السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظات : $v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$ حيث $\frac{dx}{dt}$ يمثل ميل المماس للمنحنى عند اللحظات المعتمدة:

$$v = 5.88 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l.s} \quad t = 50 \text{ s}$$

$$v = 1.95 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l.s} \quad t = 400 \text{ s}$$

نلاحظ أن السرعة الحجمية للتفاعل تتناقص وذلك لتناقص تركيز المتفاعلات

- إذا كان التفاعل تاما ($X_{\max} = X_f$) فإن $1.53 \cdot 10^{-2} - x_f = 0$ أو $2 \cdot 10^{-2} - x_f = 0$

- هذا يعني أن $X_{\max} = 1.53 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ أو $X_{\max} = 1.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

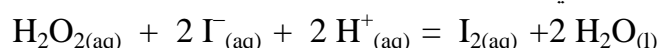
- وقيمة X_{\max} التي تحقق المتراجعتين $1.53 \cdot 10^{-2} - x_f \geq 0$ و $2 \cdot 10^{-2} - x_f \geq 0$

هي: $X_{\max} = 1.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ إذا المتفاعل المحد هو شوارد H^+

زمن نصف التفاعل فهو الزمن الموافق ل: $X = X_{\max}/2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ و من المنحنى نجده حوالي : $t_{1/2} = 275 \text{ s}$

التمرين الثاني عشر :

نتابع زمنيا حركية التفاعل البطيء لأوكسدة شوارد اليود $I^-_{(aq)}$ في وسط حمضي بواسطة الماء الأكسجيني $H_2O_{2(aq)}$. نمزج في اللحظة $t=0$ حجما $V_1 = 50 \text{ ml}$ من الماء الأكسجيني تركيزه المولي $C_1 = 0,056 \text{ mol/l}$ مع حجم $V_2 = 50 \text{ ml}$ من محلول يود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)_{(aq)}$ تركيزه المولي $C_2 = 0,2 \text{ mol/l}$ مع قطرات من حمض الكبريت المركز. نمذج التحول الكيميائي بالمعادلة :



1 - حدد الثنائيتين (OX/RED) المشاركتين في هذا التفاعل

2 - احسب كمية المادة الابتدائية لكل متفاعل.

3 - أنشئ جدول تقدم التفاعل.

4 - احسب التقدم الأعظمي وحدد المتفاعل المحد.

II- لتعيين كمية مادة ثنائي اليود الناتج في الوسط التفاعلي عند لحظة زمنية (t) نستعمل المعايرة اللونية. من أجل هذا نأخذ في

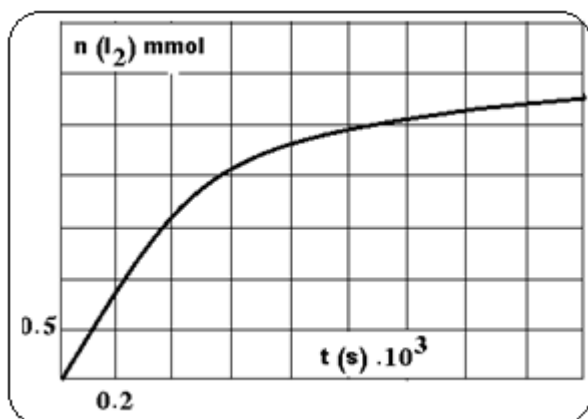
كل مرة (لحظة t) بواسطة ماصة عيارية حجما $V_p = 10 \text{ ml}$ من الوسط التفاعلي نضيف إليه قطرتين من محلول صمغ النشاء ونبرده بالجليد ونعايره بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم تركيزه المولي $C_3 = 0,04 \text{ mol/l}$ ونسجل حجم ثيوكبريتات الصوديوم V_E اللازم لبلوغ التكافؤ، نسجل النتائج في الجدول التالي:

| | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| t(s) | 0 | 60 | 160 | 270 | 360 | 510 | 720 | 900 | 1080 | 1440 | 1800 |
| $V_E(\text{ml})$ | 0,0 | 2,2 | 4,8 | 6,5 | 7,5 | 9,0 | 10,5 | 11,5 | 12,5 | 13,5 | 14,0 |

1 - اكتب المعادلة النمذجة لتفاعل المعايرة علما أن الثنائيتين (OX/RED) هما: $(I_2(aq)/I^-_{(aq)})$

و $(S_4O_6^{2-}(aq)/S_2O_3^{2-}(aq))$

2 - صنف هذا التفاعل من حيث مدته الزمنية



- 3 - ما هو دور كل من الجليد وصمغ النشاء.
- 4 - أنشئ جدول التقدم لتفاعل المعايرة.
- 5 - نرسم للتقدم الأعظمي عند التكافؤ بـ X_E .
- اكتب عبارة X_E عند التكافؤ.
- استنتج عبارة كمية مادة ثنائي اليود بدلالة: (V_E و C_3).
- 6 - استنتج أن كمية مادة ثنائي اليود في الوسط التفاعلي تعطى بالعلاقة $5C_3 \cdot V_E$.

III- باستعمال العلاقة الواردة في السؤال 6 نحسب كمية مادة ثنائي اليود في كل لحظة ثم نرسم البيان $n(I_2) = f(t)$.

- 1 - عرف زمن نصف التفاعل ثم حدد قيمته من البيان.
- 2 - عرف السرعة الحجمية للتفاعل ثم احسب قيمتها عند اللحظة $t=600$ s.
- 3 - احسب عند اللحظة $t=360$ s كمية مادة كل نوع من الأنواع الكيميائية المتواجدة في الوسط التفاعلي.
- 4 - لو أجرينا التفاعل البطيء السابق عند درجة حرارة أكبر، فما هو الثابت والمتغير في هذه الحالة؟

حل التمرين الثاني عشر :

1 - الثنائيتان (OX/RED) في هذا التفاعل: (I_2/I^-) و (H_2O_2/H_2O)

2 - حساب كمية المادة الابتدائية للمفاعلات:

$$n(H_2O_2) = C_1 \cdot V_1 = 2,8 \text{ mmol}$$

$$n(I^-) = C_2 \cdot V_2 = 10 \text{ mmol}$$

3 - انشاء جدول التقدم :

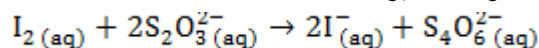
| المعادلة | | $2I^-_{(aq)} + H_2O_{2(aq)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow I_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$ | | | | |
|----------|-----------|--|---------------|------|-----------|------|
| الحالة | التقدم | كمية المادة (mmol) | | | | |
| ابتدائية | 0 | 10 | 2,8 | وفرة | 0 | وفرة |
| وسطية | X | $10-2X$ | $2,8-X$ | وفرة | X | وفرة |
| نهائية | X_{max} | $10-2X_{max}$ | $2,8-X_{max}$ | وفرة | X_{max} | وفرة |

4 - حساب X_{max} وتحديد المتفاعل المحد:

من جدول التقدم نجد : $X_{max}=2,8 \text{ mmol}$ والمتفاعل المحد هو: الماء الأكسجيني.

الجزء الثاني

1 - معادلة التفاعل الكيميائي المنذج لتحول المعايرة:



2 - يصنف تفاعل المعايرة على أنه سريع جدا.

3 - دور الجليد توقيف التفاعل من أجل المعايرة ودور صمغ النشاء تحديد نقطة التكافؤ عند تغير لون المحلول

| المعادلة | | $I_{2(aq)} + 2S_2O_3^{2-}_{(aq)} \rightarrow 2I^-_{(aq)} + S_4O_6^{2-}_{(aq)}$ | | | |
|----------|--------|--|------------------------|--------|-------|
| الحالة | التقدم | كمية المادة (mmol) | | | |
| ابتدائية | 0 | $n(I_2)$ | $C_3 \cdot V_3$ | 0 | 0 |
| وسطية | X | $n(I_2)-X$ | $C_3 \cdot V_E - 2X$ | 2X | X |
| نهائية | X_E | $n(I_2)-X_E$ | $C_3 \cdot V_E - 2X_E$ | $2X_E$ | X_E |

4 - عبارة X_E عند التكافؤ: من جدول التقدم:

$$X_E = n(I_2) = \frac{C_3 \cdot V_E}{2}$$

ومنه عبارة كمية مادة ثنائي اليود : $n(I_2) = \frac{C_3 \cdot V_E}{2}$ فتكون كمية مادة ثنائي اليود في الوسط التفاعلي هي:

$$n(I_2) = \frac{C_3 \cdot V_E}{2} \times \frac{100}{10} = 5C_3 \cdot V_E$$

الجزء الثالث:

- 1 - زمن النصف التفاعل هو الزمن اللازم لاستهلاك نصف كمية المتفاعل المحدد.
- من البيان زمن نصف التفاعل يوافق فاصلة النقطة ذات الترتيب $1,4 \text{ mmol}$ و $\frac{2,8}{2}$ وهي: $t_{1/2} = 330 \text{ s}$
- 2 - السرعة الحجمية للتفاعل تعرف بالعلاقة:

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

لحساب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t=600 \text{ s}$ نرسم المماس للمنحنى في النقطة ذات الفاصلة السابقة.

$$v = \frac{1}{V} \times \frac{dn(I_2)}{dt} = \frac{1}{0,1} \times \frac{2-1}{600} = 1,67 \times 10^{-2} \frac{\text{mmol}}{\text{L.s}}$$

علما أن : $X = n(I_2)$ فيكون:

$$\begin{aligned} n(I_2) &= 5C_3 \cdot V_3 = 5,0,04,7.5 = 1,5 \text{ mmol} \\ n(H_2O_2) &= 2,8 - X = 2,8 - 1,5 = 1,3 \text{ mmol} \\ n(I^-) &= 10 - 2X = 10 - 2 \times 1,5 = 7 \text{ mmol} \end{aligned}$$

- 3 - حساب كمية المادة لكل نوع عند اللحظة $t=360 \text{ s}$.
- 4 - عند إجراء التفاعل السابق عند درجة حرارة أكبر فإن:
- كميات المادة الابتدائية للمتفاعلات لا تتغير وبالتالي فإن الحالة النهائية للجملة لا تتغير.
- درجة الحرارة عامل حركي يزيد من سرعة التفاعل وبالتالي ينقص زمن نصف التفاعل.

التمرين الثالث عشر :

يتفاعل محلول حمض كلور الهيدروجين مع الزنك وفق المعادلة التالية : $Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} = Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$ في اللحظة $t = 0$ نضع كتلة $m = 1 \text{ g}$ من الزنك في حوالة و نضيف لها حجما $V = 40 \text{ ml}$ من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي $C = 0,5 \text{ mol / l}$ ، ولمتابعة تطور التفاعل الكيميائي الحادث نقيس حجم غاز الهيدروجين المنطلق في الشروط التجريبية حيث الحجم المولي $V_M = 25 \text{ l / mol}$ ، فتحصلنا على النتائج التالية :

| $t(s)$ | 0 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 750 |
|-----------------|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $V(ml)$ | 0 | 36 | 64 | 86 | 104 | 120 | 132 | 154 | 170 | 200 |
| $n_{H_2}(mmol)$ | | | | | | | | | | |

- 1 - ما هي نواتج هذا التفاعل ؟
- 2 - أحسب في كل لحظة t كمية المادة n_{H_2} للهيدروجين و دَوِّن هذه النتائج في جدول .
- 3 - أحسب كميات المادة الابتدائية للمتفاعلات ، مع تحديد المتفاعل المحد إن وجد .
- 4 - انجز جدولاً لتقدم التفاعل واستنتج العلاقة بين التقدم x و n_{H_2} .
- 5 - ارسم البيان $x = f(t)$. (استعمل مقياس الرسم) $(1 \text{ cm} \longrightarrow 1 \text{ mmol} , 1 \text{ cm} \longrightarrow 50 \text{ s})$
- 6 - ما هي قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظات $t = 50 \text{ s}$ و $t = 400 \text{ s}$ ؟ ما ذا تلاحظ ؟ برر ذلك .
- 7 - أوجد قيمة x_{\max} واستنتج المتفاعل المحد و كذا زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$

حل التمرين الثالث عشر :

- 1 - نواتج هذا التفاعل هي : شوارد الزنك الثنائية $Zn^{2+}_{(aq)}$ و غاز الهيدروجين $H_{2(g)}$ و الماء $H_2O_{(l)}$
- 2 - حساب في كل لحظة t كمية المادة n_{H_2} للهيدروجين و تدوين هذه النتائج في جدول : لدينا $n_{H_2} = \frac{V_{H_2}}{V_M}$

فحصل على النتائج التالية :

| $t (s)$ | 0 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 750 |
|------------------|---|------|------|------|------|-----|------|------|-----|-----|
| $n_{H_2} (mmol)$ | 0 | 1,44 | 2,56 | 3,44 | 4,16 | 4,8 | 5,28 | 6,16 | 6,8 | 8 |

- 3 - حساب كميات المادة الابتدائية للمفاعلات : $n(H^+) = 2 \times 10^{-2} mol \Leftarrow n(H^+) = C \cdot V = 0,5 \times 40$

$$n(Zn) = 1,53 \times 10^{-2} mol \Leftarrow n(Zn) = \frac{m}{M} = \frac{1}{65}$$

- 4 - جدول لتقدم التفاعل واستنتاج العلاقة بين التقدم x و n_{H_2}

| معادلة التفاعل | $Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} = Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$ | | | |
|----------------|--|---------------------------|-------|-------|
| حالة ابتدائية | $1,53 \times 10^{-2}$ | 2×10^{-2} | 0 | 0 |
| حالة انتقالية | $1,53 \times 10^{-2} - x$ | $2 \times 10^{-2} - 2x$ | x | x |
| حالة نهائية | $1,53 \times 10^{-2} - x_f$ | $2 \times 10^{-2} - 2x_f$ | x_f | x_f |

استنتاج العلاقة بين التقدم x و n_{H_2} : نلاحظ من خلال جدول تقدم التفاعل أن : $n_{H_2} = x$

- 5 - ارسم البيان $x = f(t)$. (استعمل مقياس الرسم $1cm \rightarrow 1mmol$, $1cm \rightarrow 50s$)

- 6 - قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظات

$$v = 5,88 \times 10^{-4} mol / l.s \Leftarrow t = 50s **$$

$$v = 1,95 \times 10^{-4} mol / l.s \Leftarrow t = 400s **$$

نلاحظ أن السرعة الحجمية للتفاعل تناقصت وذلك لتناقص تركيز المتفاعلات

$$\text{كان التفاعل تاما } (x_{\max} = x_f) \text{ فإن : } \begin{cases} 1,53 \times 10^{-2} - x_f = 0 \\ 2 \times 10^{-2} - 2x_f = 0 \end{cases} \text{ و هذا يعني أن : } x_{\max} = 1,0 \times 10^{-2} mol$$

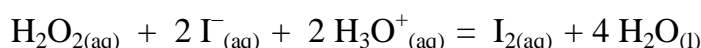
إذا المتفاعل المحد هو شوارد (H^+)

- أما زمن نصف التفاعل فهو الزمن الموافق لـ : $x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2} = 5 \times 10^{-3} mol$ و من المنحنى نجده حوالي :

$$t_{1/2} = 270 s$$

التمرين الرابع عشر :

نريد دراسة حركية التحول البطيء لتفكك الماء الأكسجيني بواسطة شوارد اليود في وجود حمض الكبريت، نعتبر التحول تاماً وننمذجه بتفاعل الأكسدة-إرجاع ذي المعادلة:

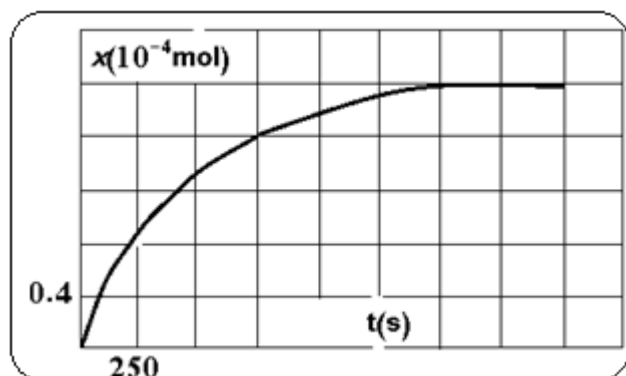


- 1 - انطلاقاً من معادلة التفاعل، حدّد الثنائيتين مؤكسد\مرجع واكتب المعادلتين النصفيتين المرافقتين لهما.
- 2 - في اللحظة $t = 0$ ، نمزج 20,0 mL من محلول يود البوتاسيوم تركيزه $0,10 mol.L^{-1}$ محمض بزيادة بحمض الكبريت مع

8,0 mL من الماء و 2,0 mL من الماء الأكسجيني تركيزه $0,10 mol.L^{-1}$.

بطريقة فيزيائية مناسبة، تمكّننا من متابعة تطور تركيز ثنائي اليود المنشكل، فحصلنا على الجدول التالي:

| | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| t (s) | 0 | 126 | 434 | 682 | 930 | 1178 | 1420 | ∞ |
| [I ₂] (mmol.L ⁻¹) | 0,00 | 1,74 | 4,06 | 5,16 | 5,84 | 6,26 | 6,53 | ..... |



- 1.2 - هل المزيج الابتدائي ستوكيومترى؟
- 2.2 - أنشئ جدول تقدم التفاعل
- 3.2 - أوجد العلاقة بين [I₂] وتقدم التفاعل x.
- 4.2 - عيّن التقدم الأعظمي، واستنتج تركيز ثنائي اليود المنشكل عند انتهاء التحول.
- 3 - المنحنى المقابل يمثل تغيرات تقدم التفاعل بدلالة الزمن:
- 1.3 - عرف السرعة الحجمية للتفاعل، كيف تتغير هذه السرعة بمرور الزمن؟ علل.
- 2.3 - احسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة t = 750s
- 3.3 - أوجد تركيب المزيج في اللحظة t = 750s.
- 4.3 - عرف زمن نصف التفاعل وحدّد قيمته.

حل التمرين الرابع عشر :

1- المعادلتين النصفيتين: $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}/\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} : \text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})} + 2\text{H}^+_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

$\text{I}_{2(\text{aq})}/\text{I}^-_{(\text{aq})} : 2\text{I}^-_{(\text{aq})} = \text{I}_{2(\text{aq})} + 2\text{e}^-$

1.2 - حسب المعادلة، النسبة الستوكيومترية هي: $\frac{n(\text{I}^-)}{n(\text{H}_2\text{O}_2)} = \frac{2}{1} = 2$

نسبة المتفاعلين في المزيج: $\frac{n(\text{I}^-)_i}{n(\text{H}_2\text{O}_2)} = \frac{C_1.V_1}{C_2.V_2} = \frac{0,10 \times 20,0}{0,10 \times 2,0} = \frac{2,0}{0,2} = 10 \neq 2$ إذن: المزيج الابتدائي ليس ستوكيومترياً

2.2 - جدول التقدم:

| معادلة التفاعل | $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})} + 2\text{I}^-_{(\text{aq})} + 2\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} = \text{I}_{2(\text{aq})} + 4\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ | | | | |
|-------------------|--|-----------------------------|-------|-------|-------|
| الحالة الابتدائية | $C_2V_2=0,2 \text{ mmol}$ | $C_1V_1=2,0 \text{ mmol}$ | زيادة | 0 | بوفرة |
| الحالة الانتقالية | $0,2 - x$ | $2,0 - 2x$ | زيادة | x | بوفرة |
| الحالة النهائية | $0,2 - x_f$ | $2,0 - 2x_f$ | زيادة | x_f | بوفرة |
| t = 270 s | $0,20 - 0,09 = 0,11$ | $2,0 - 2 \times 0,09 = 1,8$ | زيادة | 0,09 | بوفرة |

3.2 - العلاقة بين [I₂] و x: $[\text{I}_{2(\text{aq})}] = \frac{x}{V_T}$ ، حيث: $V_T = 20,0 + 8,0 + 2,0 = 30 \text{ mL}$

4.2 - حساب x_{max} و $[\text{I}_{2(\text{aq})}]_f$:

- إذا كان I₂ محداً فإن: $2,0 - 2x_{\text{max}} = 0$ وتكون: $x_{\text{max}} = 1,0 \text{ mmol}$

- إذا كان H₂O₂ محداً فإن: $0,2 - x_{\text{max}} = 0$ وتكون: $x_{\text{max}} = 0,2 \text{ mmol}$

إذن المتفاعل المحد هو: H₂O₂ ، والتقدم الأعظمي: $x_{\text{max}} = 0,2 \text{ mmol}$

$$[\text{I}_{2(\text{aq})}]_f = \frac{x_{\text{max}}}{V_T} = \frac{0,2}{30} = 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} = 6,7 \text{ mmol.L}^{-1}$$

- 1.3 - السرعة الحجمية للتفاعل: $v = \frac{1}{V_T} \frac{dx}{dt}$ ، حيث $\frac{dx}{dt}$ يمثل ميل مماس المنحنى $x(t)$ ، بمرور الزمن تتناقص السرعة الحجمية للتفاعل حتى تتعدى نظراً لتناقص ميل المماس، وهذا راجع لتناقص تراكيز المتفاعلات.
- 2.3 - حساب v عند $t = 750s$:

$$v = \frac{1}{30 \times 10^{-3}} \times \frac{(1,6 - 0,9) \cdot 10^{-4}}{750 - 0} = 3,1 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

- 3.3- تركيب المزيج عند $t = 750s$: من المنحنى نجد: $x(270) = 0,9 \times 10^{-4} \text{ mol} = 0,09 \text{ mmol}$ بالتعويض عن $x(270)$ في الحالة الانتقالية نجد تركيب المزيج عند $t = 750s$ (أنظر جدول التقدم)

- 4.3 - زمن نصف التفاعل هو الزمن الذي يبع فيه التقدم نصف قيمته النهائية. أي $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$

$$t_{1/2} = 300 \text{ s} \quad , \quad x(t_{1/2}) = \frac{2,0 \times 10^{-4}}{2} = 1 \times 10^{-4} \text{ mol} = 0,1 \text{ mmol}$$

التمرين الخامس عشر :

- في وسط حمضي تجري أكسدة لشوارد اليود $I^-_{(aq)}$ بواسطة شوارد البيروكسوديكبريتات $S_2O_8^{2-}_{(aq)}$.
- نعتبر التفاعل بطيئاً ونعطي الثنائيتين الداخلتين في التفاعل: $S_2O_8^{2-}_{(aq)} / SO_4^{2-}_{(aq)}$ و $I_2(aq) / I^-_{(aq)}$.
- 1- أكتب المعادلات النصفية الإلكترونية لكل من الأكسدة والإرجاع.
 - 2- أكتب معادلة الأكسدة – إرجاع الممنهجة للتحويل الحاصل.
 - 3- لدراسة العوامل المؤثرة على هذا التحويل قمنا بإنجاز التجارب التالية :

| رقم التجربة | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $[I^-]_i \text{ mol/l}$ | $2 \cdot 10^{-2}$ | $4 \cdot 10^{-2}$ | $2 \cdot 10^{-2}$ | $4 \cdot 10^{-2}$ |
| $[S_2O_8^{2-}]_i \text{ mol/l}$ | $1 \cdot 10^{-2}$ | $2 \cdot 10^{-2}$ | $1 \cdot 10^{-2}$ | $2 \cdot 10^{-2}$ |
| C^0 درجة الحرارة | 20 | 20 | 35 | 35 |

- عند اللحظة $t = 20 \text{ min}$ قمنا بتحديد تركيز ثنائي اليود المتشكل في كل تجربة فتحصلنا على النتائج المدونة بالجدول (2).

| رقم التجربة | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| $[I_2] \text{ (mol / l)}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ | $3,5 \cdot 10^{-3}$ | $2,2 \cdot 10^{-3}$ | $8 \cdot 10^{-3}$ |

- 1-3- حدّد التفاعل ذي السرعة الأكبر في التجربتين (1) و (2) مع التعليل.
- 2-3- ما تأثير العامل الحركي المذكور على زمن التفاعل؟
- 4- مزجنا في الحالة الابتدائية حجماً قدره $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ من محلول يود البوتاسيوم $K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$ ذي التركيز المولي $C_1 = 4 \times 10^{-2} \text{ mol.l}^{-1}$ وحجم $V_2 = 20,0 \text{ mL}$ من محلول بيروكسوديكبريتات البوتاسيوم $2K^+_{(aq)} + S_2O_8^{2-}_{(aq)}$ ذي التركيز المولي $C_2 = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.l}^{-1}$.

- 1-4- أحسب التراكيز المولية الابتدائية لكل من الشاردين: $I^-_{(aq)}$ و $S_2O_8^{2-}_{(aq)}$.

- 2-4- ما رقم التجربة الموافقة لحالة هذا المزيج؟

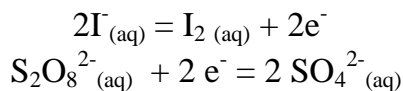
- 3-4- أحسب التركيز المولي لمحلول ثنائي اليود المتشكل في الحالة النهائية (أي $[I_2]_{\max}$).

- 4-4- هل ينتهي التفاعل عند اللحظة $t = 20 \text{ min}$ ؟ علّل ذلك.

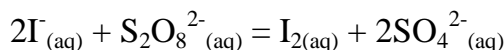
- 5-4- في التجربة (1) أحسب قيمة السرعة المتوسطة الحجمية لإختفاء شوارد اليود في المجال $t \in [0 \text{ min}, 20 \text{ min}]$.

حل التمرين الخامس عشر :

1- المعادلتين النصفيتين



2- المعادلة الإجمالية



1-3- في التجربة-2 التراكيز الابتدائية للمتفاعلات أكبر. تركيز ثنائي اليود المتشكل عند اللحظة $t = 20,0 \text{ min}$ أكبر. سرعة التفاعل في التجربة-2 أكبر.

2-3- العامل الحركي يسرع التفاعل ويجعله ينتهي في مدة زمنية أصغر.

$$[\text{I}^-] = \frac{C_1 \times V_1}{V_1 + V_2} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \quad 1-4$$

2-4- هذه النتائج توافق التجربة-1.

3-4- جدول التقدم:

| | μ | $2\text{I}^-_{(\text{aq})} + \text{S}_2\text{O}_8^{2-}_{(\text{aq})} = \text{I}_{2(\text{aq})} + 2\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ |
|--------|------------------|---|
| τ | x | كمية المادة بالـ mol |
| t_0 | x_0 | $C_1 \cdot V_1 \quad C_2 V_2 \quad 0 \quad 0$ |
| t | x_t | $C_1 V_1 - 2x_t \quad C_2 V_2 - x_t \quad x_t \quad 2x_t$ |
| t_f | x_{max} | $C_1 V_1 - 2x_{\text{max}} \quad C_2 V_2 - x_{\text{max}} \quad x_{\text{max}} \quad 2x_{\text{max}}$ |

$$C_1 V_1 - 2x_{\text{max}} = 0 \Rightarrow x_{\text{max}} = \frac{1}{2} C_1 V_1 = 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$C_2 V_2 - x_{\text{max}} = 0 \Rightarrow x_{\text{max}} = C_2 V_2 = 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

حالة I^- متفاعل محد:

حالة $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ متفاعل محد:

المتفاعلين محددين

4-4- لم ينتهي التفاعل في اللحظة $t = 20,0 \text{ min}$ لأن تركيز ثنائي اليود المتشكل في اللحظة $t = 20,0 \text{ min}$ أقل من تركيزه في اللحظة النهائية.

5-4- لدينا:

$$n_t(\text{I}^-) = n_0(\text{I}^-) - 2x_t$$

$$[\text{I}^-] = \frac{n_0}{V_1 + V_2} - 2 \frac{x_t}{V_1 + V_2}$$

$$[\text{I}^-](t) = [\text{I}^-](t_0) - 2[\text{I}_2](t)$$

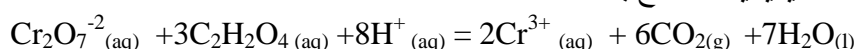
$$\Rightarrow \Delta[\text{I}^-](t) = -2\Delta[\text{I}_2](t)$$

التمرين السادس عشر :

نريد دراسة التفاعل بين محلول حمض الأوكساليك $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_{4(\text{aq})}$ حجمه $V_1 = 50 \text{ ml}$ وتركيزه المولي 2 mol/l

ومحلول بيكرومات البوتاسيوم حجمه $V_2 = 50 \text{ ml}$ وتركيزه المولي $C_2 = 6 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$.

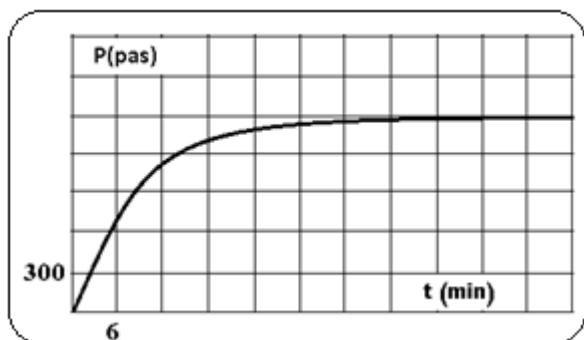
تعطى المعادلة للتحويل الكيميائية المنمذج بـ



نتبع تطور هذا التحول الكيميائي عن طريق المانومتر (مقياس الضغط)، نقيس في كل لحظة t ضغط غاز ثنائي أكسيد

الفحم $\text{CO}_{2(\text{g})}$ المحجوز في حجم قدره $V_G = 1 \text{ L}$. التحويل $1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$

من خلال النتائج التجريبية نتحصل على المنحنى البياني $P_{CO_2} = f(t)$ المبين في الشكل-1.



1 - ماهي الثنائيات Ox/red التي تدخل في التفاعل المدروس؟.

2 - أحسب كمية المادة الابتدائية لحمض الأكساليك $C_2H_2O_4$.

3 - أنجز جدولاً لتقدم التفاعل

4 - أوجد العلاقة بين تقدم التفاعل $x(t)$ و ضغط غاز ثنائي

أكسيد الفحم $P_{CO_2(g)}$ ، V_G ، R و T

$T=300^\circ K$: درجة الحرارة في السلم المطلق ،

$R = 8.31$ هو ثابت العام للغاز المثالي. V_G حجم الغاز. يعطى: قانون العام للغازات المثالية $PV=nRT$

أستنتج من البيان ضغط غاز ثنائي أكسيد الفحم الأعظمي $P_{CO_2 \max}$. وأحسب تقدم التفاعل الأعظمي x_{\max}

5 - أحسب التركيز المولي لمحلول بيكرومات البوتاسيوم C_2 ، علماً أن المزيج الابتدائي في شروط ستوكيومترية.

6 - بين أن سرعة التفاعل تعطى بالعلاقة: $V = \frac{V_G}{6RT} \frac{dP}{dt}$ ، وأحسب سرعة التفاعل في اللحظة $t=12\text{min}$

7 - عرف زمن نصف التفاعل وأوجد قيمته من البيان.

حل التمرين السادس عشر :

1 - الثنائيات ox/red: $CO_2/H_2C_2O_4$ ، $Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$

2 - حساب كمية المادة الابتدائية لحمض الاكساليك : $n_0 = C_1 V_1 = 3 \times 10^{-3} \text{mol}$

3 - جدول تقدم التفاعل:

| التفاعل | $Cr_2O_7^{2-} + 3C_2H_2O_4 + 8H^+ = 2Cr^{3+} + 6CO_2 + 7H_2O$ | | | | | |
|---------|---|----------------------------|--|---------|---------|---------|
| ح.ا | $0.05C_2$ | 3×10^{-3} | | 0 | 0 | 0 |
| ح.و | $0.05C_2 - x(t)$ | $3 \times 10^{-3} - 3x(t)$ | | $2x(t)$ | $6x(t)$ | $7x(t)$ |
| ح.ن | $0.05C_2 - x_f$ | $3 \times 10^{-3} - 3x_f$ | | $2x_f$ | $6x_f$ | $7x_f$ |

4 - العلاقة بين تقدم التفاعل $x(t)$ و P_{CO_2} ، V_G ، R و T .

$$x(t) = \frac{P_{CO_2} V_G}{6RT} \quad n = 6x(t) \quad P_{CO_2} V_G = nRT$$

5 - من البيان $P_{CO_2 \max} = 15 \times 10^3 \text{ pas}$

$$x_f = x_{\max} = \frac{P_{CO_2} V_G}{6RT} \quad x_{\max} = 10^{-3} \text{mol}$$

6 - التركيز المولي لمحلول بيكرومات البوتاسيوم C_2 :

من جدول التقدم $0.05C_2 - x_{\max} = 0$ ومنه $C_2 = \frac{x_{\max}}{0.05}$ ومنه $C_2 = 0.02 \text{mol/l}$

7 - بين أن سرعة التفاعل $V = \frac{P_{CO_2} V_G}{6RT}$: باشتقاق نجد

$$V = \frac{V_G}{6RT} \frac{dP}{dt}$$

سرعة التفاعل:

$$V = 2.67 \times 10^{-5} \text{mol/min} \quad dP_{CO_2} = 400$$

8 - تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ هو الزمن اللازم لبلوغ التقدم نصف قيمته النهائية

$$P_{t_{1/2}} = P_{\max/2} = 15000/2 = 7500 \text{pas} \quad t_{1/2} = 6 \text{min}$$

التمرين السابع عشر :

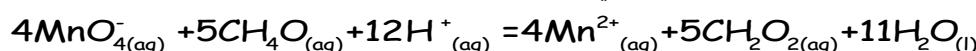
نريد دراسة تطور التحول الكيميائي الحاصل بين شوارد محلول (S_1) لبرمنغنات البوتاسيوم ($K^+_{(aq)} + MnO_4^-_{(aq)}$) والكحول المثيلي CH_4O في درجة حرارة ثابتة . من أجل ذلك مزجنا في اللحظة $t = 0$ حجما $V_1 = 100 \text{ mL}$ من المحلول (S_1) تركيزه المولي $C_1 = 0,2 \text{ mol/L}$ مع حجم قدره 2 mL من الميثانول النقي كتلته الحجمية $\rho = 0,32 \text{ g/mL}$ ، إضافة قطرات من حمض .

I - التعرف على التفاعل .

1 - أكتب المعادلتين النصفيتين الموافقتين للثنائيتين : MnO_4^- / Mn^{2+} ، CH_2O_2 / CH_4O ، و بين

دور الحمض المضاف في هذا التحول الكيميائي .

2 - بين أن المعادلة الكيميائية المنمجة لهذا التحول هي من الشكل :



- أذكر مؤشرا لحدوث هذا التحول الكيميائي .

| معادلة التفاعل | | $4MnO_4^-_{(aq)} + 5CH_4O_{(aq)} + 12H^+_{(aq)} = 4Mn^{2+}_{(aq)} + 5CH_2O_{2(aq)} + 11H_2O_{(l)}$ | | | | | |
|----------------|--------|--|--------------------------|--|-------|-------|--|
| حالة الجملة | التقدم | كمية المادة بـ m.mol. | | | | | |
| الابتدائية | 0 | ..... | ..... |  | ..... | ..... |  |
| الانتقالية | x | - 4 x | ..... |  | ..... | ..... |  |
| النهائية | ..... | ..... | ..... - 5 x _f |  | ..... | 20,0 | |

3- أكمل جدول تقدم التفاعل أدناه مع تعيين المتفاعل المحد

II - المتابعة الزمنية للتفاعل.

نتبعنا تطورات كمية مادة MnO_4^- المتبقية في لحظات زمنية مختلفة فتحصلنا على النتائج التالية :

| t (s) | 0 | 5 | 10 | 15 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|-----------------------|----|----|----|------|----|----|----|----|----|
| n (MnO_4^-) m mol | 20 | 16 | 14 | 11.5 | 9 | 8 | 6 | 5 | 4 |

1 - أعط البروتوكول التجريبي المناسب لهذه المتابعة الزمنية .

2 - أرسم البيان الممثل لتغيرات $n_{(MnO_4^-)}$ بدلالة الزمن .

3 - استنتج من البيان كل من : أ - زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

ب - السرعة الحجمية لاختفاء الشوارد MnO_4^- عند اللحظة $t = 15 \text{ s}$ ، واحسب تركيز شوارد المنغنيز Mn^{+2} عند هذه اللحظة .

يعطى : $O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$ ، $C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$ ، $H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$.

حل التمرين السابع عشر :

I - التعرف على التفاعل.

1 - أكتب المعادلتين النصفيتين للتنايتين : MnO_4^- / Mn^{2+} ، CH_2O_2 / CH_4O .

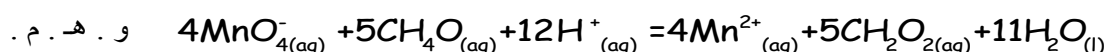
- المعادلة النصفية للاكسدة : $CH_4O + H_2O = CH_2O_2 + 4H^+ + 4e$

- المعادلة النصفية للارجاع : $MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{2+} + 4H_2O$

- تبيان دور الحمض المضاف في هذا التحول الكيميائي :

تحتاج الشوارد MnO_4^- إلى الشوارد H^+ الموجودة في الحمض لكي ترجع إلى شوارد Mn^{2+} .

2 - تبيان المعادلة الكيميائية للتفاعل .



- مؤشر حدوث التحول الكيميائي : هو إختفاء اللون البنفسجي لشوارد فوق المنغناات MnO_4^- لأن الأفراد الكيميائية الأخرى لا لون لها .

3- إكمال جدول تقدم التفاعل .

| معادلة التفاعل | | $4MnO_4^-(aq) + 5CH_4O(aq) + 12H^+(aq) = 4Mn^{2+}(aq) + 5CH_2O_2(aq) + 11H_2O(l)$ | | | | | |
|----------------|--------|---|---------------|--|--------|--------|--|
| حالة الجملة | التقدم | كمية المادة بـ m.mol. | | | | | |
| الابتدائية | 0 | 20,0 | 20,0 | | 0 | 0 | |
| الانتقالية | x | $20,0 - 4x$ | $20,0 - 5x$ | | $4x$ | $5x$ | |
| النهائية | x_f | $20,0 - 4x_f$ | $20,0 - 5x_f$ | | $4x_f$ | $5x_f$ | |
| | 4,0 | 4,0 | 0 | | 16,0 | 20,0 | |

- تعيين المتفاعل المحدد .

إذا كان التفاعل تاما ، فإن : $X_{max} = X_f$.

$$\frac{n_{MnO_4^-}}{4} = \frac{20}{4} = 5mmol$$

ط1 : نحسب النسبتين :

$$\frac{n_{CH_4O}}{5} = \frac{20}{5} = 4mmol$$

النسبة الأقل توافق المتفاعل المحدد و قيمتها تساوي التقدم الأعظمي أي $x_{max} = 4,0 m mol$ ط2 :

- لو كانت الشوارد MnO_4^- متفاعلا محدا ، فإن : $20,0 - 4x_f = 0$ فيكون : $x_{max} = 5,0 m mol$.

- أما لو كانت الكحول الميثيلي متفاعلا محدا ، فإن : $20,0 - 5x_f = 0$ فيكون : $x_{max} = 4,0 m mol$.

و نعلم أن المتفاعل المحدد يمكن الوسط التفاعلي من بلوغ أصغر تقدم ، و الذي هو التقدم الأعظمي للتفاعل .

في مثالنا : $x_{max} = 4,0 m mol$.

إذن : المتفاعل المحدد هو جزيئات الكحول الميثيلي .

II - المتابعة الزمنية للتفاعل.

- 1 - البروتوكول التجريبي المناسب لهذه المتابعة الزمنية : (أنظر الكتاب المدرسي) .
- 2 - رسم البيان الممثل لتغيرات $n_{(MnO_4^-)}$ بدلالة الزمن .
- 3 - الاستنتاجات من البيان :
 - أ - زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.
 - هو الزمن اللازم لتبقي 12mol من الكمية الابتدائية من شوارد البرمنغنات . من البيان نستخرج : $t_{1/2}=14\text{ s}$.
 - ب - السرعة الحجمية لاختفاء الشوارد MnO_4^- عند اللحظة $t = 15\text{ s}$.

$$v_{MnO_4^-}(15s) = \frac{1}{V_{Total}} \cdot \frac{dn_{MnO_4^-}}{dt}$$

، لكن $\frac{dn_{MnO_4^-}}{dt}$ يمثل معامل توجيه المماس عند هذه اللحظة و هو سالب دلالة على الإختفاء .

$$\frac{dn_{MnO_4^-}}{dt} = \frac{-16}{52} = -3,08\text{ m.mol} / \text{s} \quad \text{من البيان نجد :}$$

$$v_{MnO_4^-}(15s) = \frac{1}{100 + 2} \cdot (-3,08 \cdot 10^{-1}) \approx -3 \cdot 10^{-3}\text{ mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$$

- حساب تركيز شوارد المنغنيز Mn^{2+} عند هذه اللحظة .

$$n_{MnO_4^-} = 20,0 - 4x = 11,5\text{ m.mol} \quad \text{عند هذه اللحظة لدينا من جدول التقدم و الجدول المعطى :}$$

$$n_{Mn^{2+}} = 4x = 8,5\text{ m.mol} \quad \text{و منه :}$$

$$[Mn^{2+}] = \frac{n_{Mn^{2+}}}{V_{Total}} = \frac{8,5}{102} = 8,33 \cdot 10^{-2}\text{ m.mol} / \text{mL} = 8,33 \cdot 10^{-2}\text{ mol} / \text{L} \quad \text{إذن :}$$