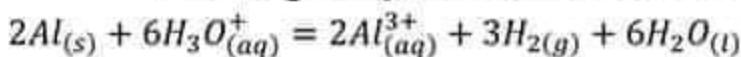


التمرين (1)

لفرض المتابعة الزمنية للتحول الكيميائي المتمذج بالمعادلة :



عن طريق قياس الناقلة ، عند درجة حرارة $25^\circ C$ نضع في ببشر كتلة $m = 27mg$ من الألمنيوم $Al_{(s)}$ ونصيف إليها عند اللحظة $t = 0$ حجما $V = 20ml$ من محلول حمض كلور الماء $(H_3O_{(aq)}^+ + Cl^-_{(aq)})$ تركيزه المولى

$$C = 0,012mol/l$$

ونتابع تغيرات الناقلة النوعية σ بدلالة الزمن t
فتحصانا على البيان الموضح الشكل .

1) مثل جدول لتقم التفاعل .

2) أكتب عبارة الناقلة النوعية $\sigma(t)$ للمزيج .

3) بين أن : $\sigma(t) = -1,01 \times 10^4x + 0,511$

أوجد كمية المادة لكل من : $Al^{3+}_{(aq)}$ و $H_3O_{(aq)}^+$

عند اللحظة $t = 6min$.

4) بين أن سرعة التفاعل في هذه الحالة تعطى بالعلاقة :

$$\nu = -\frac{1}{1,01 \times 10^4} \times \frac{d\sigma}{dt}$$

5) أوجد قيمة سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 6min$

تعطى عند درجة حرارة $25^\circ C$:

$$\lambda(Al^{3+}_{(aq)}) = 4 \times 10^{-3} sm^2/mol \quad \lambda(H_3O_{(aq)}^+) = 35 \times 10^{-3} sm^2/mol$$

$$M(Al) = 27g/mol \quad \lambda(Cl^-_{(aq)}) = 7,6 \times 10^{-3} sm^2/mol$$

التمرين (2)

نتمذج تفاعل كيميائي بالمعادلة التالية:

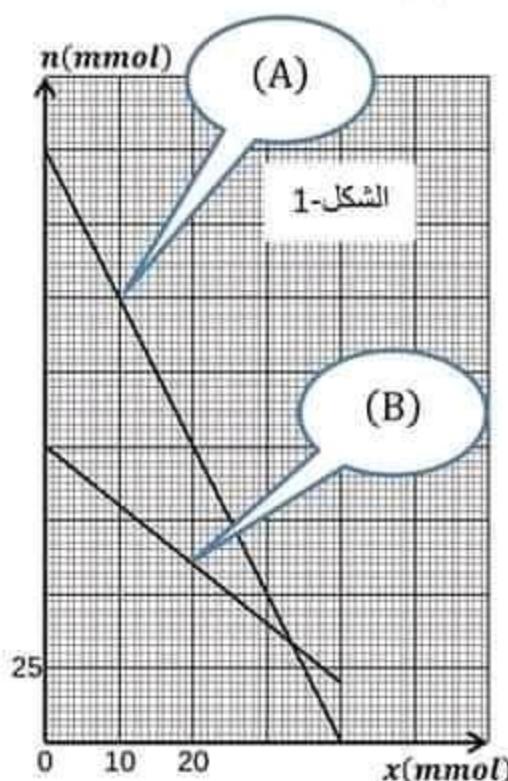
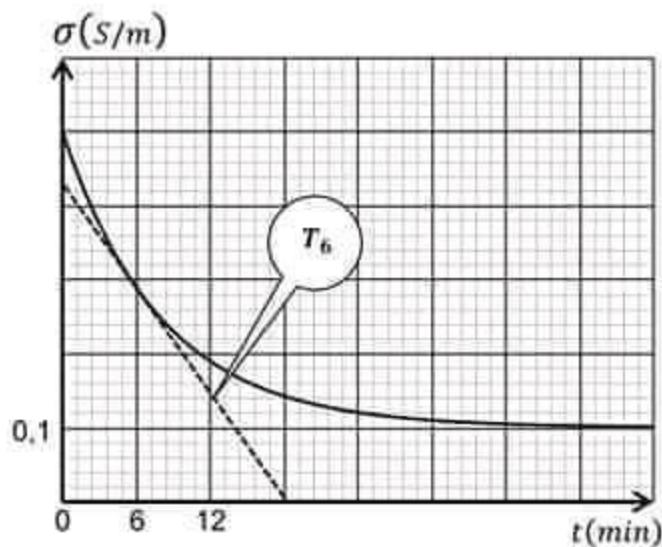


1) مثنا في الشكل - 1 كميتي مادة المتفاعلين A و B بدلالة التقدم x .

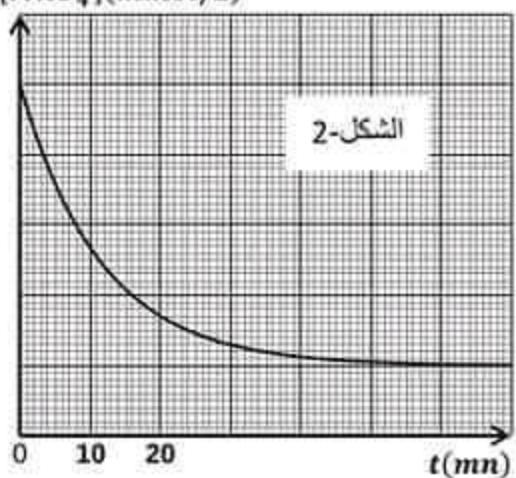
أ) عين المتفاعل المحد .

ب) أنشئ جدول التقدم ، ثم احسب قيمتي a و b .

ج) احسب كمية مادة شوارد المنغذى عند اللحظة $t = t_{1/2}$



(2) المتفاعلان A و B هما على التوالي : البروبان 2 - أول ، صيغته المجملة (C_3H_8O) وهو سائل كثافته الجوية $\rho = 0,78kg/L$ ، و شاردة البرمنغات (MnO_4^-) بشكل المزيج المتفاعل من حجم V_1 من البروبان 2 - أول و حجم $V_2 = 100mL$ من محلول برمنغات البوتاسيوم تركيزه المولى مثلاً في الشكل 2 تغيرات التركيز المولى لشاردة البرمنغات بدلالة الزمن.



أ) احسب قيمتي V_1 و C .
ب) اعتماداً على جدول التقطم بين ان $[MnO_4^-]_0 + [MnO_4^-]_{\infty} = 2[MnO_4^-]_{t_{1/2}}$ ، ثم حدد زمن نصف التفاعل .
ج) بين أن السرعة الحجمية للتفاعل تكتب بالشكل :

$$v_{vol} = -\frac{1}{2} \frac{d[MnO_4^-]}{dt}$$

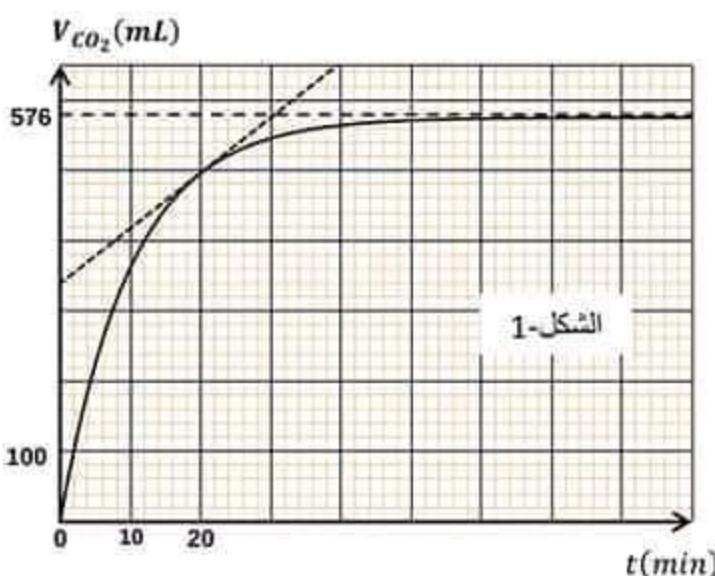
احسب قيمتها عند اللحظة $t = 60mn$.

$$M(H) = 1g/mol , M(O) = 16g/mol , M(C) = 12g/mol$$

التعرين (3)

لدراسة تطور حركية التحول بين شوارد البيكرومات ($Cr_2O_7^{2-}(aq)$) و محلول حمض الأكساليك ($C_2H_2O_4(aq)$) عند درجة الحرارة $20^\circ C = \theta$. نمزج في اللحظة $t = 0$ حجماً $V_1 = 40mL$ من محلول بيكرومات البوتاسيوم $+ 2K_{(aq)}^+$ مع محلول حمض الأكساليك تركيزه المولى $C_1 = 0,2mol/L$ $V_2 = 60mL$ مع حجم C_2 . مكنا تجيز تجربة مناسبة من جمع و قياس حجم غاز ثاني أكسيد الكربون المنتطلق (V_{CO_2}) عند الضغط الجوي $P = 1,013 \times 10^5 Pa$. النتائج المحصل عليها مكتننا من رسم المنحنى البياني الشكل 1-1.

نعتبر أنه يمكن اعتبار غاز ثاني أكسيد الكربون في الشرط التجريبية كغاز مثالي ينطبق عليه القانون التالي :
 $P.V = n.R.T$ ، حيث : $T = (273 + \theta)^\circ K$ ، $R = 8,31 J.mol^{-1}.K^{-1}$ ، V = حجم الغاز مقدراً بـ m^3 .
الثانية المشار إليها في التفاعل هما : $Cr_2O_7^{2-}/Cr_{(aq)}^{3+}$ ، $CO_2(g)/C_2H_2O_4(aq)$.

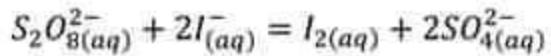


- 1) اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل أكملة .
ارجاع المنهج للتحول الكيميائي الحادث .
- 2) أنشئ جدول لتقطم التفاعل .
- 3) أوجد من البيان :
أ- سرعة تشكيل شوارد $Cr_{(aq)}^{3+}$ في اللحظة $t = 20min$.
ب- استنتج السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $t = 20min$.
ج- التقطم الأعظمي x_m .
د- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.
- 4) أوجد التركيز المولى لمحلول حمض الأكساليك C_2 .

٥) أوجد التركيب المولى للمزيج في اللحظة $t = 10\text{min}$

التمرين (4)

ندرس تطور التفاعل التام الحاصل بين محلول يود البوتاسيوم $(K_{(aq)}^+, I_{(aq)}^-)$ (حجمه $V_1 = 100\text{ ml}$) و تركيزه C_1 ، ومحلول بيروكسوفيدي كبريتات البوتاسيوم $(2K_{(aq)}^+, S_2O_8^{2-})$ (حجمه $V_2 = 100\text{ ml}$) و تركيزه C_2 . يشود (١) تكتب معادلة التفاعل المندرج للتحول الحاصل:



تمكننا عن طريق معايرة ثانوي اليود المتشكل من تمثيل البيانات $[I^-]$ و $[I_2]$ و $[S_2O_8^{2-}]$ بدلالة الزمن ورسمنا المماس (T).

١) انجز جدول تقدم التفاعل.

٢) احسب قيمة التقدم الأعظمي x_m .

٣) احسب كمية المادة الابتدائية للمتفاعل الموافق للبيان (١) وللمتفاعل الموافق للبيان (٣).

٤) بين أن البيان (٣) يوافق المتفاعل $S_2O_8^{2-}$.

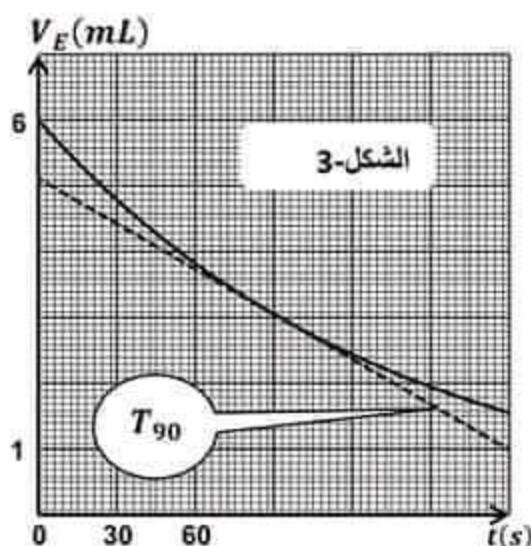
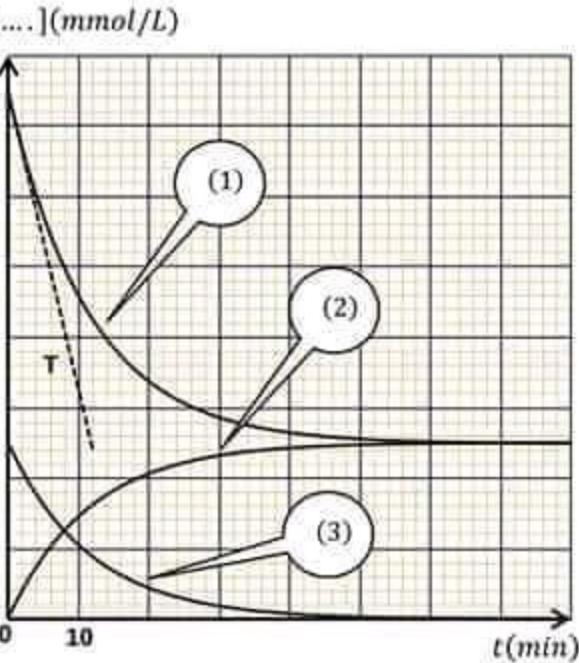
٥) احسب قيمة كل من C_1 و C_2 .

٦) عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ واستنتج قيمته من أحد البيانات.

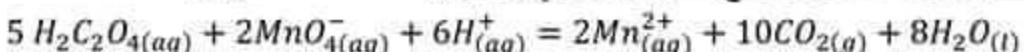
٧) بين أن السرعة الحجمية للتفاعل تكتب بالشكل $v_{vol} = -\frac{1}{2} \frac{d[t]}{dt}$ ، ثم احسب قيمتها عند اللحظة $t = 0$.

التمرين (5)

نرجع عند اللحظة $t = 0$ حجم $V_1 = 500\text{ mL}$ من محلول برمغفات البوتاسيوم $(K_{(aq)}^+ + MnO_4^-)$ تركيزه المولى $C_1 = 0,06\text{ mol/L}$ مع حجم $V_2 = 500\text{ mL}$ من محلول حمض الأكساليك $H_2C_2O_4(aq)$ تركيزه المولى $C_2 = 0,1\text{ mol/L}$.



١) تكتب معادلة التفاعل المندرج للتحول الكيميائي بالشكل :



٢) ما هما الثنائيان Ox/Red الداخلان في التفاعل؟

٣) أكتتب جدول تقدم التفاعل.

٤) هل المزيج الابتدائي ستكميometric؟

٥) بين أنه في أي لحظة t : $[CO_2] = 0,15 - 5[MnO_4^-]$

لمتابعة التفاعل نأخذ خلال أزمنة مختلفة t حجماً $V_0 = 10mL$ من المزيج ، ثم نعاير كمية مادة شوارد البرمنغهام المتبقية $MnO_{4(aq)}^-$ بواسطة محلول لكبريتات الحديد الثنائي $(Fe^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)})$ ذي التركيز $C = 0,25mol/L$. تعطى الثانوية $(Fe^{3+}_{(aq)}/Fe^{2+}_{(aq)})$.

5) أكتب معادلة تفاعل المعايرة .

6) عرف التكافؤ ، ثم استنتج عبارة حجم محلول كبريتات الحديد الثنائي المضاف عند التكافؤ V_E بدلالة C و $[MnO_4^-]$.

7) ق هنا حجم التكافؤ خلال أزمنة مختلفة t ثم تم رسم المنحنى $f(t) = V_E$ الشكل-3

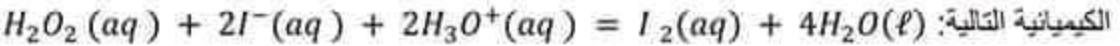
أـ أحسب السرعة الحجمية لتشكل CO_2 عند اللحظة $t = 90s$

بـ استنتاج السرعة الحجمية لتشكل $Mn^{2+}_{(aq)}$ عند اللحظة $t = 90s$

جـ عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ثم حدد قيمته .

التمرين (6)

في محلول مائي ، و عند درجة الحرارة $T = 20^\circ C$ ، يتفاعل الماء الأوكسيجيني مع شوارد اليود $I_{(aq)}^-$ وفق المعادلة الكيميائية التالية:



المحلول المائي لثنائي اليود $I_2(aq)$ يتميز بلون بني في حين محلول الماء الأوكسيجيني ليد الهيدروجين



$H_3O^+(aq) + I^-(aq)$ عديم اللون .

عند اللحظة $t = 0$ نحضر مزيجاً تفاعلياً و ذلك بمزج:

- حجم $V_1 = 5,0 \cdot 10^{-5} m^3$ من الماء الأوكسيجيني تركيزه المولى $C_1 = 56 mol/m^3$.

- حجم $V_2 = 5,0 \cdot 10^{-5} m^3$ من محلول ليد البوتاسيوم $(K^+(aq) + I^-(aq))$ تركيزه المولى $C_2 = 2 \times 10^2 mol/m^3$.

- حجم $V_3 = 1,0 \cdot 10^{-6} m^3$ من محلول حمض الكبريت $(2H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq))$. تركيزه المولى $C_3 = 6 \times 10^3 mol/m^3$.

يعطى : $\lambda_{K^+} = 7,35 \times 10^{-3} S.m^2/mol$ ، $\lambda_{SO_4^{2-}} = 8 \times 10^{-3} S.m^2/mol$

$$\lambda_{I^+} = 7,68 \times 10^{-3} S.m^2/mol$$

$$\lambda_{H_3O^+} = 35 \times 10^{-3} S.m^2/mol$$

1) كيف يمكن التأكد تجربياً بأن التفاعل يطليء ؟

2) من خلال معادلة التفاعل ، تعرف على الثنائيين Ox/Red المختلفتين في هذا التفاعل.

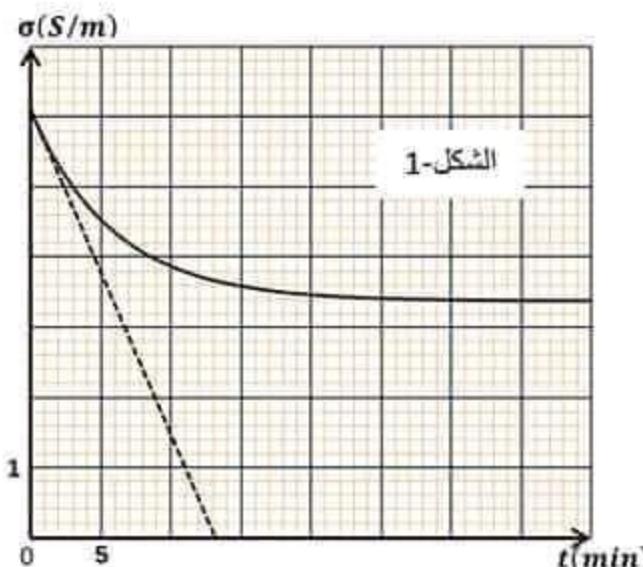
3) تتحقق أن $n_0(H_2O_2) = 2,8 \times 10^{-3} mol$ و $n_0(I^-) = 1,0 \times 10^{-2} mol$ و

$$n_0(H_3O^+) = 1,2 \times 10^{-2} mol$$

4) انجذ جدول لتقدم التفاعل الكيميائي ثم حدد التقدم الأعظمي x_{max} .

5) واستغلال جدول التقدم بين أن الناقلة النوعية في المزيج عند اللحظة t تتحقق العلاقة

$$\sigma = 6,1 - 845x$$



بالمول (mol) . σ الناقلة النوعية (S/m) .

(6) استنتاج σ_f الناقلة النوعية في نهاية التحول .

(7) يمثل المنحنى (الشكل-1) تغيرات الناقلة النوعية بدلالة الزمن (t) . $\sigma = f(t)$

ا) حدد زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

ب) بين أن عبارة السرعة الحجمية للتفاعل تكتب على الشكل $v_{vol} = -\frac{1}{845V_T} \frac{d\sigma}{dt}$

ج) احسب بالوحدة $mol \cdot m^{-3} \cdot min^{-1}$ قيمة السرعة الحجمية عند $t = 0$.

التمرين (7)

أ. لمتابعة التطور الزمني للتحول الكيميائي الحادث بين محلول حمض كلور الماء ($H_3O_{(aq)}^+ + Cl^-_{(aq)}$) ومعدن الألمنيوم ($Al_{(s)}$) . نضيف عند اللحظة $t = 0$ كتلة $m = 1g$ من مسحوق الألمنيوم غير النقي (يحتوي على شوائب لا تتفاعل) إلى دورق به حجم $V_0 = 200mL$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولى $C_0 = 0,6 mol/L$. نعتبر أن حجم الوسط التفاعلي ثابت خلال مدة التحول . نقيس حجم غاز ثاني الهيدروجين المنطلق مع مرور الزمن في الشروط التجريبية التالية : درجة الحرارة $37^\circ C$ والضغط $P = 1,013 \times 10^5 Pa = \theta$. الدراسة التجريبية لهذا التحول مكنته من الحصول على البيانات الموضحة (الشكل-1) .

ا) أكتب معادلة تفاعل الألمنيوم مع محلول حمض كلور الماء علماً أن الثنائيين ($Ox / Réd$) الداخلين في التفاعل هما : $(H_3O_{(aq)}^+/Al_{(s)})$ ، $(Al^{3+}_{(aq)}/Al_{(s)})$.

2) أنشئ جدولًا لتقدم التفاعل و احسب التقدم الأعظمي x_{max} ، ثم عن المتفاعل المهد.

3) عرف السرعة الحجمية للتفاعل .

4) بين أنه يمكن كتابة عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بالشكل :

$$v_{vol} = \frac{P}{3VRT} \times \frac{dV_{H_2}}{dt}$$

5) احسب سرعة التفاعل في اللحظة $t_1 = 0$ ثم في في اللحظة $t_2 = 30min$. اشرح اختلاف السرعتين على المستوى المجيري .

6) احسب نسبة نقاوة عينة الألمنيوم .

ii. في نهاية التفاعل أخذنا حجماً $V_1 = 20mL$ من المزيج الناتج

ووضعناه في بيشر و أضفنا له $80mL$ من الماء المقطر ، فحصلنا بذلك على محلول ($'S'$) و ذلك من أجل معالجة

الحمض الموجود في المزيج بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم ($Na_{(aq)}^+ + OH^-_{(aq)}$) تركيزه المولى

$C_B = 0,42 mol/L$. وبواسطة النتائج المتحصل عليها مثنا المنحنى البياني الذي يمثل تغيرات الـ pH بدلالة حجم هيدروكسيد الصوديوم المضاف V_B (الشكل-2) .

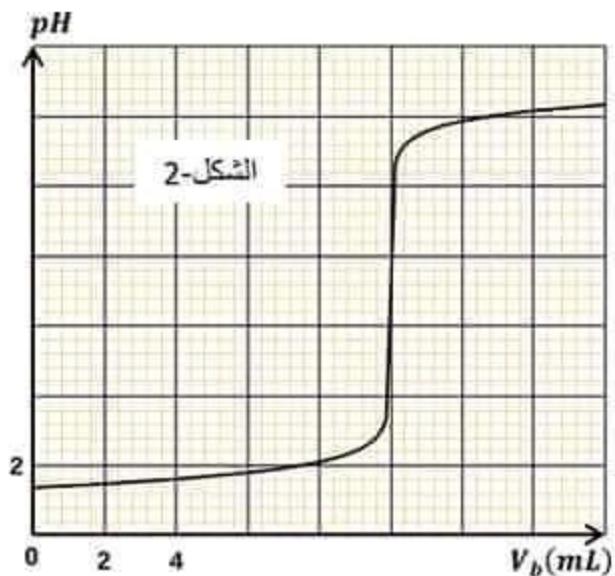
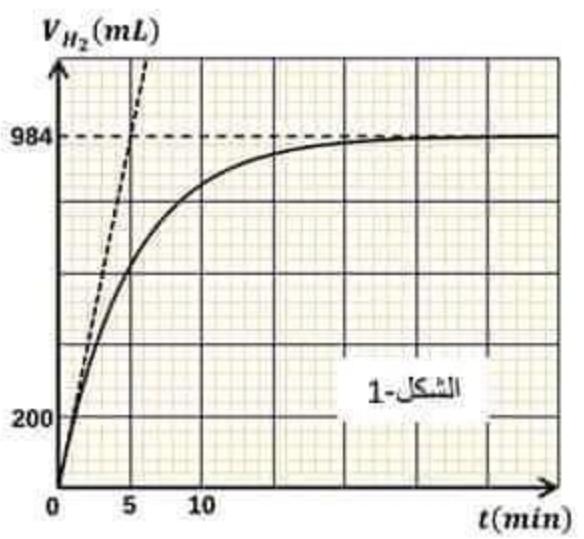
1) ذكر البروتوكول التجاري لعملية المعالجة ، مع ذكر الزجاجيات المستعملة .

2) عين نقطة التكافؤ ، و حدد طبيعة المزيج عندها .

3) احسب التركيز المولى لشوارد الهيدرونيوم (H_3O^+) في محلول ($'S'$) .

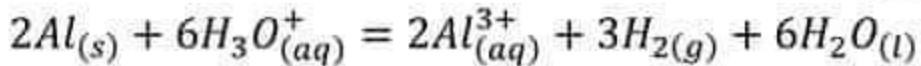
4) احسب كمية مادة (H_3O^+) في المزيج المتفاعله في التجربة الأولى عند نهاية التفاعل .

5) احسب نسبة نقاوة عينة الألمنيوم ، وقارنها مع القيمة المحسوبة سابقاً .



الحلول

التمرين (1)



١) تمثيل جدول تقدم التفاعل .

$$n_0(Al) = \frac{m}{M} = \frac{27 \times 10^{-3}}{27} = 10^{-3} mol$$

$$n_0(H_3O_{(aq)}^+) = CV = 0,012 \times 20 \times 10^{-3} = 2,4 \times 10^{-4} mol$$

$2Al_{(s)} + 6H_3O_{(aq)}^+ = 2Al^{3+}_{(aq)} + 3H_2(g) + 6H_2O_{(l)}$					
$t = 0$	10^{-3}	$2,4 \cdot 10^{-4}$	0	0	بزيادة
t	$10^{-3} - 2x$	$2,4 \cdot 10^{-4} - 6x$	$2x$	$3x$	بزيادة
t_f	$10^{-3} - 2x_f$	$2,4 \cdot 10^{-4} - 6x_f$	$2x_f$	$3x_f$	بزيادة

(2) عبارة الناقلة النوعية $\sigma(t)$ للمزيج .

$$\cdot \sigma(t) = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+] + \lambda_{Al^{3+}} [Al^{3+}] + \lambda_{Cl^-} [Cl^-]$$

$$\cdot \sigma(t) = -1,01 \times 10^4 x + 0,511 \quad (3)$$

$$\cdot \sigma(t) = 35 \times 10^{-3} \left(\frac{2,4 \cdot 10^{-4} - 6x}{2 \times 10^{-5}} \right) + 4 \times 10^{-3} \left(\frac{2x}{2 \times 10^{-5}} \right) + 7,6 \times 10^{-3} \times 12$$

$$\sigma(t) = -1,01 \times 10^4 x + 0,511 \quad \text{نجد}$$

. $t = 6\text{min}$ كمية المادة لكل من : $Al^{3+}_{(aq)}$ و $H_3O^+_{(aq)}$ عند اللحظة

$$\sigma(6\text{min}) = 0,29 \text{S/m} \quad \text{من البيان عند } t = 6\text{min} \text{ يكون}$$

$$\cdot -1,01 \times 10^4 x + 0,511 = 0,29$$

$$\cdot x = 2,2 \times 10^{-5} \text{mol} \quad \text{ومنه}$$

$$n(Al^{3+}_{(aq)}) = 2x = 2 \times 2,2 \times 10^{-5} = 4,4 \times 10^{-5} \text{mol}$$

$$n(H_3O^+_{(aq)}) = 2,4 \cdot 10^{-4} - 6 \times 2,2 \times 10^{-5} = 2,4 \cdot 10^{-4} - 6x = 1,08 \times 10^{-4} \text{mol}$$

(5) بين أن سرعة التفاعل في هذه الحالة تعطى بالعلاقة :

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

$$\cdot \sigma(t) = -1,01 \times 10^4 x + 0,511 \quad \text{نشتق العبارة}$$

$$\cdot \frac{dx}{dt} = - \frac{1}{1,01 \times 10^4} \times \frac{d\sigma}{dt} \quad \text{وبالتالي} \quad \frac{d\sigma}{dt} = -1,01 \times 10^4 \frac{dx}{dt}$$

$$\cdot v = - \frac{1}{1,01 \times 10^4} \times \frac{d\sigma}{dt} \quad \text{ومنه}$$

(6) قيمة سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 6\text{min}$

$$v = - \frac{1}{1,01 \times 10^4} \times \left(\frac{d\sigma}{dt} \right)_{t=6\text{min}} = - \frac{1}{1,01 \times 10^4} \times \left(- \frac{0,43}{18} \right)$$

$$v = 2,36 \times 10^{-6} \text{mol/min}$$

التمرين (2)

- 1) مثلاً في الشكل - 1 كمبيٰ مادة المتفاعلين A و B بدلالة التقدُّم x .
 أ) المتفاعل المد هو المتفاعل (A) لأنَّه من خلال البيان نلاحظ أنه هو من ينتهي أولاً .
 ب) جدول التقدُّم .

$$n_0(A) = 200 \text{ mmol}$$

$$n_0(B) = 100 \text{ mmol}$$

	aA	+ bB	+ 6H ⁺	= 2Mn ²⁺	+ 5C ₃ H ₈ O	+ 8H ₂ O
$t = 0$	0,2	0,1	بزيادة	0	0	بزيادة
t	$0,2 - ax$	$0,1 - bx$	بزيادة	$2x$	$5x$	بزيادة
t_f	$0,2 - ax_m$	$0,1 - bx_m$	بزيادة	$2x_m$	$5x_m$	بزيادة

حساب قيمتي a و b .

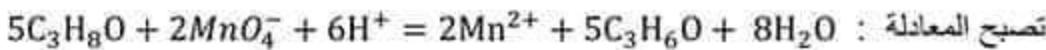
. المتفاعل المد هو المتفاعل (A) ومنه من البيان $x_m = 0,04 \text{ mol}$ وبالتالي $x_m = 0,04 \text{ mol}$

$$\therefore a = \frac{0,2}{0,04} = 5$$

ومن البيان كمية المادة المتبقية من (B) هي $n_f(B) = 20 \text{ mmol}$

. $0,1 - bx_m = 0,02$. منه

$$b = \frac{0,1 - 0,02}{0,04} = 2$$



ج) كمية مادة شوارد المغذى عند اللحظة $t = t_{1/2}$

$$\text{يكون } x(t_{1/2}) = \frac{x_m}{2}$$

$$\therefore n_{t_{1/2}}(\text{Mn}^{2+}) = 2 \frac{x_m}{2} = 0,04 \text{ mol}$$

2) المتفاعلان A و B هما على التوالي : البروبان 2 - أول ، صيغته المجمعة (C₃H₈O) وهو سائل كتلته الحجمية

$\rho = 0,78 \text{ kg/L}$ ، وشاردة البرمنغفات (MnO₄⁻) يتشكل المزبج المتفاعل من حجم V_1 من البروبان 2 -

أول و حجم $V_2 = 100 \text{ mL}$ من محلول يرمنغفات البوتاسيوم تركيزه المولى C . مثلاً في الشكل - 2 تغيرات التركيز المولى لشاردة البرمنغفات بدلالة الزمن .

أ) حساب قيمتي V_1 و C .

$$n_0(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}) = 0,2 \text{ mol}$$

$$\therefore m = n_0 M \quad \text{ومنه} \quad n_0(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}) = \frac{m}{M}$$

$$M = 36 + 8 + 16 = 60 \text{ g/mol}$$

$$m = 0,2 \times 60 = 12\text{g}$$

$$\cdot V_1 = \frac{m}{\rho} = \frac{12 \times 10^{-3}}{0,78} = 15,4\text{mL} \quad \text{ومنه } \rho = \frac{m}{V_1}$$

$$\text{ومنه } n_0(MnO_4^-) = CV_2$$

$$C = \frac{n_0(MnO_4^-)}{V_2} = \frac{0,1}{0,1} = 1\text{mol/L}$$

ب) اعتماداً على جدول التقدم بين أن $[MnO_4^-]_0 + [MnO_4^-]_\infty = 2[MnO_4^-]_{t_{1/2}}$ ثم حدد زمن نصف التفاعل.

$$n(MnO_4^-) = 0,1 - bx$$

$$n_{t_{1/2}}(MnO_4^-) = 0,1 - b \frac{x_m}{2}$$

$$n_{t_{1/2}}(MnO_4^-) = 0,1 - b \frac{x_m}{2} = \frac{2 \times 0,1 - bx_m}{2}$$

$$2n_{t_{1/2}}(MnO_4^-) = 2 \times 0,1 - bx_m = 0,1 + (0,1 - bx_m)$$

$$2n_{t_{1/2}}(MnO_4^-) = n_0(MnO_4^-) + n_\infty(MnO_4^-)$$

$$\frac{2n_{t_{1/2}}(MnO_4^-)}{V_1 + V_2} = \frac{n_0(MnO_4^-)}{V_1 + V_2} + \frac{n_\infty(MnO_4^-)}{V_1 + V_2}$$

$$[MnO_4^-]_0 + [MnO_4^-]_\infty = 2[MnO_4^-]_{t_{1/2}} \quad \text{ومنه}$$

تحديد زمن نصف التفاعل.

$$\cdot t_{1/2} = 11\text{min}$$

ج) بين أن السرعة الحجمية للتفاعل تكتب بالشكل :

$$v_{vol} = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$$

$$[MnO_4^-] = \frac{0,1 - 2x}{V} \quad \text{ومن جدول التقدم}$$

$$\cdot \frac{d[MnO_4^-]}{dt} = - \frac{2}{V} \frac{dx}{dt} \quad \text{بالاشتقاق}$$

$$\cdot \frac{dx}{dt} = - \frac{V}{2} \frac{d[MnO_4^-]}{dt} \quad \text{ومنه}$$

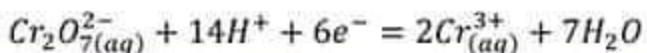
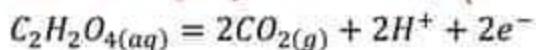
$$v_{vol} = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} = \frac{1}{V} \left(- \frac{V}{2} \frac{d[MnO_4^-]}{dt} \right) = - \frac{1}{2} \frac{d[MnO_4^-]}{dt}$$

قيمتها عند اللحظة $t = 60\text{mn}$

$$\text{عند } v_{vol}(60\text{mn}) = 0 \text{ يتوقف التفاعل وبالتالي } t = 60\text{mn}$$

التمرين (3)

1) كتابة المعادلة المعتبرة عن التفاعل أكسترا. إرجاع الممذج للتحول الكيميائي الحادث.



2) جدول تقدم التفاعل.

	$Cr_2O_{7(aq)}^{2-} + 3C_2H_2O_{4(aq)} + 8H^+ = 2Cr_{(aq)}^{3+} + 6CO_{2(g)} + 7H_2O$					
$t = 0$	C_1V_1	C_2V_2	بوفرة	0	0	بوفرة
t	$C_1V_1 - x$	$C_2V_2 - 3x$	بوفرة	$2x$	$6x$	بوفرة
t_f	$C_1V_1 - x_m$	$C_2V_2 - 3x_m$	بوفرة	$2x_m$	$6x_m$	بوفرة

3) أوجد من البيانات:

أ) سرعة تشكيل شوارد $Cr_{(aq)}^{3+}$ في اللحظة

$$n(Cr_{(aq)}^{3+}) = 2x$$

من جدول التقدم

$$P \cdot V_{CO_2} = n_{CO_2} \cdot R \cdot T$$

$$n_{CO_2} = 6x . \text{ ومن جدول التقدم } n_{CO_2} = \frac{P \cdot V_{CO_2}}{R \cdot T}$$

$$x = \frac{P \cdot V_{CO_2}}{6R \cdot T} \quad \text{ومنه } 6x = \frac{P \cdot V_{CO_2}}{R \cdot T}$$

$$v_{Cr_{(aq)}^{3+}} = \frac{dn(Cr_{(aq)}^{3+})}{dt} \quad \text{لدينا}$$

$$v_{Cr_{(aq)}^{3+}} = \frac{dn(Cr_{(aq)}^{3+})}{dt} = \frac{d2x}{dt} = 2 \frac{dx}{dt}$$

$$v_{Cr_{(aq)}^{3+}} = 2 \frac{dx}{dt} = 2 \frac{d\left(\frac{P \cdot V_{CO_2}}{6R \cdot T}\right)}{dt} = \frac{P}{3RT} \frac{dV_{CO_2}}{dt}$$

$$v_{Cr_{(aq)}^{3+}} = \frac{P}{3RT} \frac{dV_{CO_2}}{dt}$$

$$v_{Cr_{(aq)}^{3+}}(20min) = \frac{P}{3RT} \left(\frac{dV_{CO_2}}{dt} \right)_{t=20min} = \frac{1,013 \times 10^5}{3 \times 8,31 \times 293} \left(\frac{(500-340) \times 10^{-6}}{20} \right)$$

$$v_{Cr_{(aq)}^{3+}}(20min) = \frac{1,013 \times 10^5}{7304,49} \left(\frac{160 \times 10^{-6}}{20} \right) = 1,1 \times 10^{-3} mol/min.$$

ب) استنتاج السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة

$$n(Cr_{(aq)}^{3+}) = 2x \quad \text{ولدينا} \quad v_{vol} = \frac{1}{V_T} \frac{dx}{dt}$$

$$\nu_{vol} = \frac{1}{2V_T} \frac{dn(Cr_{(aq)}^{3+})}{dt} \quad \text{ومنه } \chi = \frac{n(Cr_{(aq)}^{3+})}{2}$$

$$\nu_{vol} = \frac{1}{2V_T} \nu_{Cr_{(aq)}^{3+}} = \frac{1}{2 \times 100 \times 10^{-3}} \times 1,1 \times 10^{-3} = 5,5 \times 10^{-3} mol \cdot min^{-1} \cdot L^{-1}$$

ج) التقدم الأعظمي x_m
 لدينا $x = \frac{P \cdot V_{CO_2}}{6R.T}$ وبالتالي $x_m = \frac{P \cdot V_{CO_2}}{6R.T}$

$$x_m = \frac{1,013 \times 10^5 \times 576 \times 10^{-6}}{6 \times 8,31 \times 293} = 4 \times 10^{-3} mol$$

د) زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$
 $V_{CO_2} = \frac{6R.T.x}{P}$ وبالتالي $x = \frac{P \cdot V_{CO_2}}{6R.T}$

$$V_{CO_2}(t_{1/2}) = \frac{6R.T \left(\frac{x_m}{2}\right)}{P} = \frac{3R.T \cdot x_m}{P}$$

$$V_{CO_2}(t_{1/2}) = \frac{3 \times 8,31 \times 293 \times 4 \times 10^{-3}}{1,013 \times 10^5} = 288,43 \times 10^{-6} m^3$$

$$t_{1/2} = \text{نطابقيها من البيان} \quad V_{CO_2}(t_{1/2}) = 288,43 mL$$

$$t_{1/2} = 7 min$$

أوجد التركيز المولى لمحلول حمض الاكساليك C_2

$$n_f(Cr_2O_{7(aq)}^{2-}) = C_1 V_1 - x_m = 0,2 \times 40 \times 10^{-3} - 4 \times 10^{-3} = 4 \times 10^{-3} mol$$

معناه $C_2 V_2 - 3x_m = 0$ هو المتفاعل المهد وبالتالي $C_2 H_2 O_4(aq)$

$$C_2 = \frac{3x_m}{V_2} = \frac{12 \times 10^{-3}}{60 \times 10^{-3}} = 0,2 mol/L$$

التركيز المولى للمزيج في اللحظة 5

عند اللحظة $t = 10 min$ يكون $V_{CO_2} = 360 mL$

$$x = \frac{P \cdot V_{CO_2}}{6R.T} = \frac{1,013 \times 10^5 \times 360 \times 10^{-6}}{6 \times 8,31 \times 293} = 2,5 \times 10^{-3} mol$$

$n(Cr_2O_{7(aq)}^{2-})$	$n(C_2H_2O_4(aq))$	$n(Cr_{(aq)}^{3+})$	$n(CO_2)$
$6,5 \times 10^{-3} mol$	$4,5 \times 10^{-3} mol$	$5 \times 10^{-3} mol$	$15 \times 10^{-3} mol$

(التمرين 4)

1) جدول تقدم التفاعل.

	$S_2O_{8(aq)}^{2-} + 2I_{(aq)}^- = I_{2(aq)} + 2SO_{4(aq)}^{2-}$			
$t = 0$	$C_2 V_2$	$C_1 V_1$	0	0
t	$C_2 V_2 - x$	$C_1 V_1 - 2x$	x	$2x$
t_f	$C_2 V_2 - x_m$	$C_1 V_1 - 2x_m$	x_m	$2x_m$

2) حساب قيمة التقدم الأعظمي x_m .
 من جدول التقدم نلاحظ أن $[I_2]_f = \frac{x_m}{V_1 + V_2}$
 من البيان $[I_2]_f = 50 \times 10^{-3} mol/L$
 $x_m = [I_2]_f(V_1 + V_2)$

$$x_m = 50 \times 10^{-3} \times 200 \times 10^{-3} = 10^{-2} mol$$

$$x_m = 10^{-2} mol$$

3) حساب كمية المادة الابتدائية للمتفاعل الموافق للبيان (1) والمتفاعل الموافق للبيان (3).
 $n_1 = 150 \times 10^{-3} \times 200 \times 10^{-3} = 3 \times 10^{-2} mol$
 $n_3 = 50 \times 10^{-3} \times 200 \times 10^{-3} = 10^{-2} mol$

4) بين أن البيان (3) يوافق المتفاعل $S_2O_8^{2-}$.
 البيان (3) يوافق المتفاعل المحدد .

$$n(S_2O_8^{2-}) = C_2 V_2 - x_m = 10^{-2} - 10^{-2} = 0$$

ومنه البيان (3) يوافق المتفاعل $S_2O_8^{2-}$.

5) حساب قيمة كل من C_1 و C_2 .
 $C_1 V_1 - 2x_m = 10^{-2}$

$$C_1 = \frac{3 \times 10^{-2}}{0.1} = 0.3 mol/L$$

ومنه $C_1 \times 0.1 - 2 \times 10^{-2} = 10^{-2}$

$$C_2 = 0.1 mol/L$$

$$C_2 = \frac{x_m}{V_2}$$

وبالتالي $C_2 V_2 - x_m = 0$

6) بين أن السرعة الحجمية للتفاعل تكتب بالشكل $v_{vol} = -\frac{1}{2} \frac{d[I^-]}{dt}$ ، ثم احسب قيمتها عند اللحظة $t = 0$.
 $v_{vol} = \frac{1}{V_T} \frac{dx}{dt}$

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{V_T}{2} \frac{d[I^-]}{dt}$$

ومنه $\frac{d[I^-]}{dt} = -\frac{2}{V_T} \frac{dx}{dt}$ [بالاشتقاق نحو $[I^-] = \frac{C_1 V_1 - 2x}{V_T}$]

$$v_{vol} = \frac{1}{V_T} \frac{dx}{dt} = \frac{1}{V_T} \left(-\frac{V_T}{2} \frac{d[I^-]}{dt} \right) = -\frac{1}{2} \frac{d[I^-]}{dt}$$

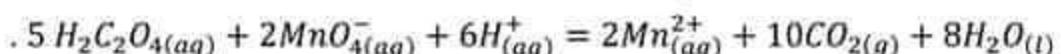
$$v_{vol} = -\frac{1}{2} \frac{d[I^-]}{dt}$$

ومنه

$$v_{vol}(0) = -\frac{1}{2} \left(\frac{d[I^-]}{dt} \right)_{t=0} = -\frac{1}{2} \left(\frac{80 - 150}{8} \right) = 4.37 mmol \cdot L^{-1} \cdot min^{-1}$$

$$v_{vol}(0) = 4.37 \times 10^{-3} mol \cdot L^{-1} \cdot min^{-1}$$

التمرين (5)



(1) الثنائيان *Ox/Red* الداخليتان في التفاعل .



(2) جدول تقدم التفاعل .

$$n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(aq)) = C_2 V_2 = 0,1 \times 0,5 = 0,05 \text{ mol}$$

$$n_0(\text{MnO}_4^-(aq)) = C_1 V_1 = 0,06 \times 0,5 = 0,03 \text{ mol}$$

	$5 \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4(aq) + 2\text{MnO}_4^-(aq) + 6\text{H}^+(aq) = 2\text{Mn}^{2+}(aq) + 10\text{CO}_2(g) + 8\text{H}_2\text{O}(l)$					
	0,05	0,03	بوفرة	0	0	بوفرة
	$0,05 - 5x$	$0,03 - 2x$	بوفرة	$2x$	$10x$	بوفرة
	$0,05 - 5x_m$	$0,03 - 2x_m$	بوفرة	$2x_m$	$10x_m$	بوفرة

(3) هل المزيج الابتدائي ستكويومترى ؟

$$\frac{n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(aq))}{5} = \frac{0,05}{5} = 0,01$$

$$\frac{n_0(\text{MnO}_4^-(aq))}{2} = \frac{0,03}{2} = 0,015$$

$$\frac{n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(aq))}{5} \neq \frac{n_0(\text{MnO}_4^-(aq))}{2}$$

ومنه المزيج الابتدائي ليس ستكويومترى .

(4) بين أنه في أي لحظة t : $[\text{CO}_2] = 0,15 - 5[\text{MnO}_4^-]$ من جدول التقدم .

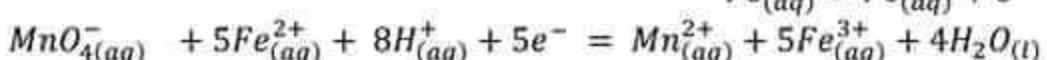
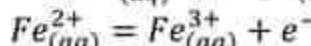
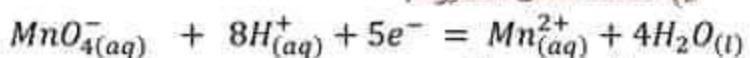
$$(1) \dots \quad [\text{MnO}_4^-] = \frac{0,03 - 2x}{1} = 0,03 - 2x$$

$$(2) \dots \quad [\text{CO}_2] = \frac{10x}{1} = 10x$$

من (1) نجد $x = \frac{0,03 - [\text{MnO}_4^-]}{2}$ نعرض في (2) .

$$[\text{CO}_2] = 10x = 10 \left(\frac{0,03 - [\text{MnO}_4^-]}{2} \right)$$

ومنه $[\text{CO}_2] = 0,15 - 5[\text{MnO}_4^-]$ معادلة تفاعل المعايرة .



(6) عرف التكافؤ ، ثم استنتج عباره حجم محلول كبريتات الحديد الثنائى المضاف عند التكافؤ V_E بدلالة C و V_0 و $[\text{MnO}_4^-]$.

عند التكافؤ يكون المزيج ستكويومترى .

$$n(\text{MnO}_4^-(aq)) = \frac{n_E(\text{Fe}^{2+})}{5}$$

$$[MnO_4^-]V_0 = \frac{CV_E}{5}$$

$$V_E = \frac{5[MnO_4^-]V_0}{C}$$

(7) قسنا حجم التكافؤ خلال أرمنة مختلفة ثم تم رسم المنحنى $V_E = f(t)$ الشكل-3
 أ) حساب السرعة الحجمية لتشكل CO_2 عند اللحظة $t = 90s$.

لدين العلاقة $[CO_2] = 0,15 - 5[MnO_4^-]$

$$\text{بالاشتقاق } \frac{d[CO_2]}{dt} = -5 \frac{d[MnO_4^-]}{dt}$$

$$\text{ولدينا العلاقة } V_E = \frac{5[MnO_4^-]V_0}{C}$$

$$\text{بالاشتقاق } \frac{d[MnO_4^-]}{dt} = \frac{C}{5V_0} \frac{dV_E}{dt} \text{ ومنه } \frac{dV_E}{dt} = \frac{5V_0}{C} \frac{d[MnO_4^-]}{dt}$$

$$v_{vol} = \frac{d[CO_2]}{dt} = -5 \frac{d[MnO_4^-]}{dt} = -5 \frac{C}{5V_0} \frac{dV_E}{dt}$$

$$v_{vol} = \frac{d[CO_2]}{dt} = -\frac{C}{V_0} \frac{dV_E}{dt}$$

$$v_{vol} = -\frac{0,25}{0,01} \left(\frac{-2,1 \times 10^{-3}}{90} \right) = 5,83 \times 10^{-4} mol/s.L$$

ب) السرعة الحجمية لتشكل $Mn^{2+}_{(aq)}$ عند اللحظة $t = 90s$

$$v_{vol}(Mn^{2+}_{(aq)}) = \frac{v_{vol}(CO_2)}{5} \text{ ومنه } \frac{v_{vol}(CO_2)}{10} = \frac{v_{vol}(Mn^{2+}_{(aq)})}{2}$$

$$v_{vol}(Mn^{2+}_{(aq)}) = \frac{5,83 \times 10^{-4}}{5} = 1,16 \times 10^{-4} mol/s.L$$

ج) عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ثم حدد قيمته.

زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ هو الزمن اللازم لبلوغ تقدم التفاعل نصف تقدمه النهائي.

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_m}{2}$$

$$x_m = 0,01 \text{ mol} \text{ ومنه } 0,05 - 5x_m = 0$$

$$[MnO_4^-]_{t_{1/2}} = 0,03 - 2 \frac{x_m}{2} = 0,02 \text{ mol/L}$$

$$V_E(t_{1/2}) = \frac{5[MnO_4^-]_{t_{1/2}} V_0}{C} = \frac{5 \times 0,02 \times 10}{0,25} = 4 mL$$

من البيان

$$t_{1/2} = 54s$$

التمرين (6)

1) كيف يمكن التأكد تجربياً بأن التفاعل بطيء؟

وذلك ظهور اللون البنبي I_2 تدريجياً أو نضيئ قطرات من محلول التبيودان.

2) الثنائيين Ox/Red المترافقين في هذا التفاعل.

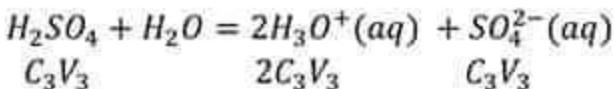
$$(I_2/I^-) \text{ و } (H_2O_2/H_2O)$$

3) تحقق أن $n_0(I^-) = 1,0 \times 10^{-2} mol$ و $n_0(H_2O_2) = 2,8 \times 10^{-3} mol$

$$n_0(H_3O^+) = 6 \times 10^{-3} mol$$

$$n_0(H_2O_2) = C_1V_1 = 56 \times 5,0 \cdot 10^{-5} = 2,8 \times 10^{-3} mol$$

$$n_0(I^-) = C_2V_2 = 2 \times 10^2 \times 5,0 \cdot 10^{-5} = 1,0 \times 10^{-2} mol$$



$$n_0(H_3O^+) = 2C_3V_3 = 12 \times 10^3 \times 1,0 \cdot 10^{-6} = 1,2 \times 10^{-2} mol$$

(4) جدول تقدم التفاعل الكيميائي ثم تحديد التقدم الأعظم .

	$H_2O_2(aq)$	$+ 2I^-(aq)$	$+ 2H_3O^+(aq)$	$= I_2(aq)$	$+ 4H_2O(\ell)$
$t = 0$	C_1V_1	C_2V_2	$2C_3V_3$	0	بزيادة
t	$C_1V_1 - x$	$C_2V_2 - 2x$	$2C_3V_3 - 2x$	x	بزيادة
t_f	$C_1V_1 - x_m$	$C_2V_2 - 2x_m$	$2C_3V_3 - 2x_m$	x_m	بزيادة

. $x_m = 2,8 \times 10^{-3} mol$ وبالتالي $C_1V_1 - x_m = 0$ ومنه

(5) باستغلال جدول التقدم بين أن الناقلة النوعية في المزيج عند اللحظة t تحقق العلاقة $\sigma = 4,02 - 845x$ حيث x تقدم التفاعل بالمول (mol) . σ الناقلة النوعية (S/m) .

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 = 5,0 \cdot 10^{-5} + 5,0 \cdot 10^{-5} + 1,0 \cdot 10^{-6} = 10,1 \times 10^{-5} m^3$$

$$\sigma = \lambda_{I^-}[I^-] + \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{K^+}[K^+] + \lambda_{SO_4^{2-}}[SO_4^{2-}]$$

$$\sigma = 7,68 \times 10^{-3} \left(\frac{10^{-2} - 2x}{10,1 \times 10^{-5}} \right) + 35 \times 10^{-3} \left(\frac{1,2 \times 10^{-2} - 2x}{10,1 \times 10^{-5}} \right) + 7,35 \times 10^{-3} \left(\frac{10^{-2}}{10,1 \times 10^{-5}} \right) + 8 \times 10^{-3} \left(\frac{6 \times 10^{-3}}{10,1 \times 10^{-5}} \right)$$

نجد . $\sigma = 6,1 - 845x$

(6) استنتاج σ_f الناقلة النوعية في نهاية التحول .

$$\sigma_f = 4,02 - 845x_m$$

$$\sigma_f = 6,1 - 845 \times 2,8 \times 10^{-3} = 3,734 S/m$$

(7) يمثل المنحنى (الشكل-1) تغيرات الناقلة النوعية بدلالة الزمن $\sigma = f(t)$

أ) تحديد زمن نصف التفاعل .

$$\sigma_{t_{1/2}} = 6,1 - 845 \frac{x_m}{2}$$

$$\sigma_{t_{1/2}} = 6,1 - 845 \times \frac{2,8 \times 10^{-3}}{2}$$

$$\sigma_{t_{1/2}} = 4,917 \text{ S/m}$$

$$\text{من البيان } t_{1/2} = 3\text{ min}$$

ب) بين أن عبارة السرعة الحجمية للتفاعل تكتب على الشكل

$$v_{vol} = -\frac{1}{845V_T} \frac{d\sigma}{dt}$$

$$v_{vol} = \frac{1}{V_T} \frac{dx}{dt}$$

$$\text{لدينا } \sigma = 6,1 - 845x$$

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{1}{845V_T} \frac{d\sigma}{dt} \quad \text{ومنه} \quad \frac{d\sigma}{dt} = -845 \frac{dx}{dt}$$

$$v_{vol} = \frac{1}{V_T} \frac{dx}{dt} = \frac{1}{V_T} \left(-\frac{1}{845V_T} \frac{d\sigma}{dt} \right)$$

$$v_{vol} = -\frac{1}{845V_T^2} \frac{d\sigma}{dt}$$

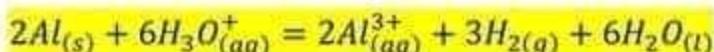
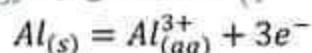
ج) حساب بالوحدة $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}^{-1}$ قيمة السرعة الحجمية عند $t = 0$

$$v_{vol} = -\frac{1}{845 \times 10,1 \times 10^{-5}} \left(\frac{-6,1}{13} \right) = 5,49 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}^{-1}$$

(7) التمرن

أ. لمتابعة التطور الزمني للتتحول الكيميائي الحادث بين محلول حمض كلور الماء $(H_3O_{(aq)}^+ + Cl_{(aq)}^-)$ ومعدن Al

1) معادلة تفاعل الألミニوم مع محلول حمض كلور الماء.



2) أنشئ جدول لتقدم التفاعل و احسب التقدم الاعظمي x_{max} ، ثم عن المتفاعلات المحددة

	$2Al_{(s)} + 6H_3O_{(aq)}^+ = 2Al_{(aq)}^{3+} + 3H_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$				
$t = 0$	$n_1 = \frac{m_0}{M}$	$C_0 V_0$	0	0	بوفرة
t	$n_1 - 2x$	$C_0 V_0 - 6x$	$2x$	$3x$	بوفرة
t_f	$n_1 - 2x_m$	$C_0 V_0 - 6x_m$	$2x_m$	$3x_m$	بوفرة

$$\text{لدينا: } n_2 = C_0 V_0 = 0,6 \cdot 0,2 = 0,12 \text{ mol}$$

تعين قيمة التقدم الاعظمي :

من جدول التقدم نجد $n(H_2) = 3x$

من قانون الغاز المثالي $x = \frac{PV_{H_2}}{3RT}$ ومنه $3x = \frac{PV_{H_2}}{RT}$ وبالتالي $PV_{H_2} = n_{H_2}RT$