

تصحيح تمارين التتبع الزمني لتحول كيميائي

تمرين 1:

- 1- المزدوجتين المتدخلتان في هذا التفاعل هما:
 Zn^{2+}/Zn و Cu^{2+}/Cu
 النوع الذي يلعب دور المؤكسد هو Cu^{2+} .
 والنوع الذي يلعب دور المختزل هو Zn .
 2- 2.1- التركيز البدئي والنهائي لأيون النحاس II نحدده مبيانيا حيث :
 $[Cu^{2+}]_0 = 0,32 mol.L^{-1}$
 $[Cu^{2+}]_f = 0$
 بما أن أيونات النحاس الثاني تختفي كلياً عند نهاية التفاعل فإن التفاعل كلي

2.2- جدول التقدم :

معادلة التفاعل					
$Cu_{(aq)}^{2+} + Zn_{(s)} \rightarrow Cu_{(s)} + Zn_{(aq)}^{2+}$				التقدم	الحالة
كميات المادة بالمول				0	البدئية
C_0V	بوفرة	0	0	x	الوسيطة
$C_0V - x$	بوفرة	x	x	x_{max}	النهائية
$C_0V - x_{max}$	بوفرة	x_{max}	x_{max}		

- 2.3- زمن نصف التفاعل نحدده مبيانيا حيث :
 من خلال جدول التقدم لدينا Cu^{2+} متفاعل محد:
 $x_{max} = C_0V$
 $x\left(\frac{t_1}{2}\right) = \frac{x_{max}}{2} = \frac{C_0V}{2}$
 $[Cu^{2+}]_{1/2} = \frac{C_0V - \frac{C_0V}{2}}{V} = \frac{C_0}{2}$
 $[Cu^{2+}]_{1/2} = \frac{0.32}{2} = 0.16 mol.L^{-1}$
 مبيانيا نجد الزمن الموافق للتركيز $[Cu^{2+}]_{1/2} = 0.16 mol.L^{-1}$ هو $t_{1/2} = 30 min$.

- 2.4- تحديد السرعة الحجمية عند $t=0$ وعند $t=t_{1/2}$:
 حسب تعريف السرعة الحجمية :

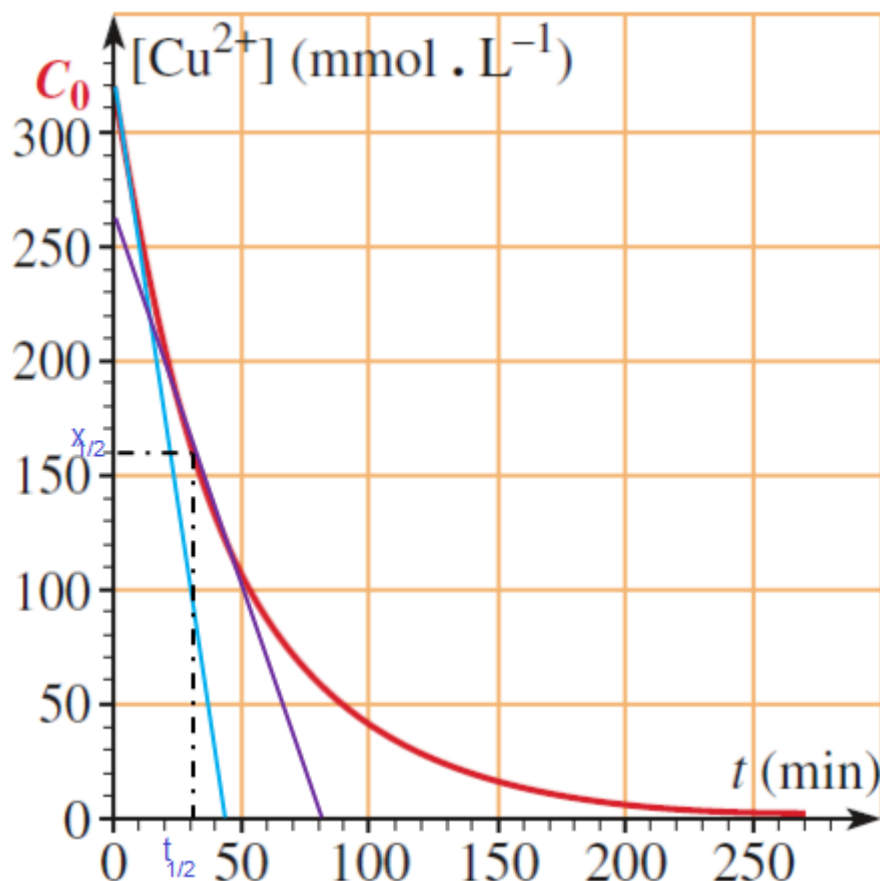
$$v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$$

$$\frac{d[Cu^{2+}]}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{C_0V - x}{V} \right) = -\frac{1}{V} \frac{dx}{dt} : \text{وبالتالي } [Cu^{2+}] = \frac{C_0V - x}{V} \text{ نعلم أن:}$$

تعبير السرعة الحجمية يصبح:

$$v = -\frac{d[Cu^{2+}]}{dt}$$

نمثل مماس المنحنى $[Cu^{2+}] = f(t)$ عند كل من اللحظتين $t=0$ و $t_{1/2} = 30 min$ ونختار نقطتين من كل مماس لحساب المعامل الموجه.



$$v = -\frac{\Delta[Cu^{2+}]}{\Delta t}$$

عند $t=0$ لدينا:

$$v_0 = -\frac{0,32 - 0}{0 - 42} = 7,4. mmol. L^{-1}. min^{-1}$$

عند $t=t_{1/2}$ لدينا:

$$v_{1/2} = -\frac{0,16 - 0,10}{30 - 50} = 3 mmol. L^{-1}. min^{-1}$$

2.5- العامل الحركي المبرز خلال هذه التجربة هو تراكيز المتفاعلات حيث أنها تتناقص تدريجيا مع تطور التفاعل .

2.6- تتناقص السرعة الحجمية خلال التفاعل ويرجع ذلك لتناقص تركيز المتفاعل Cu^{2+} .

تمرين 2:

1- تخفيف المحلول (S_0)

1.1- علاقة التخفيف تكتب : $C_0 \cdot V_0 = C \cdot V$

$$V_0 = \frac{C \cdot V}{C_0} = \frac{5.10^{-2} \times 100}{5.10^{-1}} = 10 mL$$

1.2- الطريقة لانجاز عملية التخفيف والادوات اللازمة للعملية .

- ماصة من فئة 10mL .

- حوالة معيارية من فئة 100mL .

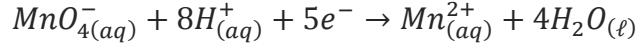
- ماء مقطر .

نأخذ بواسطة ماصة حجما 10mL من المحلول (S₀) ونسكبه في الحوجلة المعيارية ونضيف الماء المقطر تدريجيا مع التحريك ، عند الاقتراب من الخط المعياري نضيف المحلول قطرة قطرة حتى الوصول الى الخط المعياري .

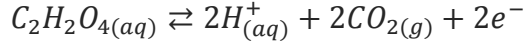
2- تتبع تطور نوع كيميائي في خليط تفاعلي بدلالة الزمن .

2.1- معادلة التفاعل الحاصل :

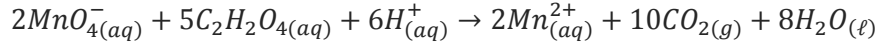
نصف معادلة المزدوجة : MnO_4^- / Mn^{2+}



نصف معادلة المزدوجة : $CO_2(aq) / C_2H_2O_4(aq)$



المعادلة الحاصلة :



الجدول الوصفي :

معادلة التفاعل	$2MnO_4^-(aq)$	$5C_2H_2O_4(aq)$	$6H^+(aq)$	$\rightarrow$	$2Mn^{2+}(aq)$	$10CO_2(g)$	$8H_2O(l)$
الحالة البدئية	C_2V_2	C_1V_1	بوفرة		0	0	بوفرة
خلال التحول	$C_2V_2 - 2x$	$C_1V_1 - 5x$	بوفرة		$2x$	$10x$	بوفرة
الحالة النهائية	$C_2V_2 - 2x_{max}$	$C_1V_1 - 5x_{max}$	بوفرة		$2x_{max}$	$10x_{max}$	بوفرة

التقدم الاقصى:

$$\frac{n_0(MnO_4^-)}{2} = \frac{C_2V_2}{2} = \frac{10^{-1} \times 50.10^{-3}}{2} = 2,5.10^{-3}mol$$

$$\frac{n_0(C_2H_2O_4)}{5} = \frac{C_1V_1}{5} = \frac{5.10^{-2} \times 50.10^{-3}}{5} = 5.10^{-4}mol$$

$$\frac{n_0(MnO_4^-)}{2} > \frac{n_0(C_2H_2O_4)}{5}$$

التقدم الاقصى هو: $x_{max} = 5.10^{-4}mol$

المتفاعل المحد هو : $C_2H_2O_4$

2.4- علاقة التقدم x و $[Mn^{2+}]$:

حسب الجدول الوصفي :

$$n(Mn^{2+}) = 2x \Rightarrow [Mn^{2+}] = \frac{n(Mn^{2+})}{V_1 + V_2} = \frac{2x}{V_1 + V_2}$$

$$2x = [Mn^{2+}](V_1 + V_2) \Rightarrow x = \frac{[Mn^{2+}](V_1 + V_2)}{2}$$

1.3- تعريف السرعة الحجمية :

تعرف السرعة الحجمية للتفاعل خارج المشتقة الاولى للتقدم بالنسبة للزمن على الحجم الكلي للخليط التفاعلي .

حسب العلاقة التالية :

$$v = \frac{1}{V_T} \frac{dx}{dt}$$

حسب التعبير: $x = \frac{[Mn^{2+}](V_1 + V_2)}{2}$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{(V_1 + V_2)}{2} \frac{d[Mn^{2+}]}{dt} = \frac{V_T}{2} \frac{d[Mn^{2+}]}{dt}$$

السرعة الحجمية تكتب :

$$v = \frac{1}{V_T} \frac{V_T}{2} \frac{d[Mn^{2+}]}{dt} \Rightarrow v = \frac{1}{2} \frac{d[Mn^{2+}]}{dt}$$

3.2- حساب السرعة عن اللحظة $t=0$ وعند اللحظة $t=80s$:

$$v(t=0) = \frac{V_T}{2} \left(\frac{\Delta[Mn^{2+}]}{\Delta t} \right)_{t=0}$$

حيث المقدار $\left(\frac{\Delta[Mn^{2+}]}{\Delta t} \right)_{t=0}$ يمثل المماس للمنحنى $[Mn^{2+}] = f(t)$ عند $t=0$.

$$v(t=0) = \frac{1}{2} \times \frac{25-0}{20-0} = 6,25 \cdot 10^{-3} mol.L^{-1}.s^{-1}$$

عند $t=80s$:

$$v(t=80s) = \frac{1}{2} \times \frac{(47-30) \cdot 10^{-3}}{(100-0)} = 8,5 \cdot 10^{-4} mol.L^{-1}.s^{-1}$$

3.3- تعريف زمن نصف التفاعل :

هو المدة التي يصل فيها تقدم التفاعل نصف قيمته النهائية .

3.4- تحديد تركيز أيونات Mn^{2+} عند اللحظة $t_{1/2}$ بدلالة $[Mn^{2+}]_{max}$:

$$\begin{cases} x_{\frac{1}{2}} = \frac{V_T}{2} [Mn^{2+}]_{\frac{1}{2}} \\ x_{\frac{1}{2}} = \frac{x_{max}}{2} \end{cases} \Rightarrow \frac{x_{max}}{2} = \frac{V_T}{2} [Mn^{2+}]_{\frac{1}{2}} \Rightarrow x_{max} = V_T [Mn^{2+}]_{\frac{1}{2}}$$

ومن جهة أخرى :

$$x_{max} = \frac{V_T}{2} [Mn^{2+}]_{max}$$

$$[Mn^{2+}]_{\frac{1}{2}} = \frac{[Mn^{2+}]_{max}}{2}$$

3.5- قيمة زمن نصف التفاعل مبيانيا :

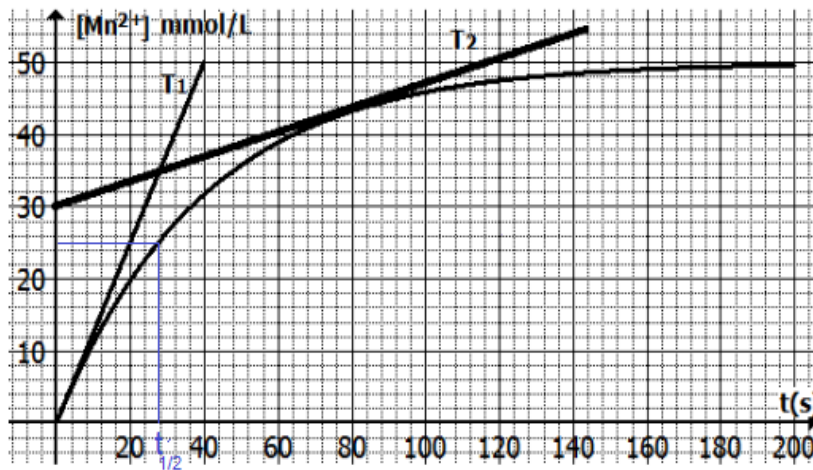
حسب المبيان لدينا:

$$[Mn^{2+}]_{max} = 50 mmol.L^{-1}$$

$$[Mn^{2+}]_{\frac{1}{2}} = \frac{50}{2} = 25 mmol.L^{-1}$$

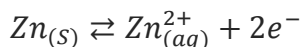
$$t_{1/2} \simeq 28s$$

نجد:

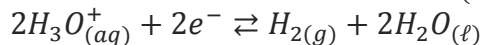


تمرين 3:

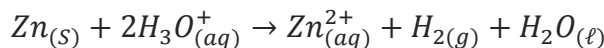
1- نصف معادلة المزدوجة : $Zn_{(aq)}^{2+}/Zn_{(s)}$:



نصف معادلة المزدوجة : $H_3O_{(aq)}^{+}/H_{2(g)}$:



المعادلة الحاصلة :



2- 2.1 حساب $n_i(Zn)$ و $n_i(H_3O^{+})$:

$$n_i(H_3O^{+}) = C.V = 0,5 \times 50.10^{-3} = 25.10^{-3}mol = 25mmol$$

$$n_i(Zn) = \frac{m}{M(Zn)} = \frac{53,5.10^{-3}}{65} = 8,23.10^{-4}mol = 0.823mmol$$

2.2 - أ-الجدول الوصفي :

معادلة التفاعل		$Zn_{(s)} + 2H_3O_{(aq)}^{+} \rightarrow Zn_{(aq)}^{2+} + H_{2(g)} + 2H_2O_{(\ell)}$				
حالة المجموعة	التقدم	كميات المادة ب (mmol)				
البديئية	0	0,823	25	0	0	بوفرة
الوسيطة	x	$0,823 - x$	$25 - 2x$	x	x	بوفرة
النهائية	x_{max}	$0,823 - x_{max}$	$25 - 2x_{max}$	x_{max}	x_{max}	بوفرة

المتفاعل المحد هو Zn وبالتالي :

$$0,823 - x_{max1} = 0 \Rightarrow x_{max1} = 0,823mmol$$

المتفاعل المحد هو $H_3O_{(aq)}^{+}$ وبالتالي :

$$25 - 2x_{max2} = 0 \Rightarrow x_{max2} = \frac{25}{2} = 12,5mmol$$

نستنتج المتفاعل المحد هو Zn والتقدم الأقصى هو $x_{max} = 0,823mmol$

من خلال جدول القياسات الضغط القصوي للغاز هو $P_{max} = 80hPa$

ب- العلاقة بين x و P_{H_2} :

من الجدول الوصفي : $n(H_2) = x$

ج- اثبات العلاقة :

معادلة الحالة للغاز الكامل :

$$P.V = n.R.T \Rightarrow P.V = x.R.T$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x = \frac{V}{R.T} \times P \\ x_{max} = \frac{V}{R.T} \times P_{max} \end{array} \right. \Rightarrow \frac{x}{x_{max}} = \frac{\frac{V}{R.T} \times P}{\frac{V}{R.T} \times P_{max}} \Rightarrow \frac{x}{x_{max}} = \frac{P}{P_{max}}$$

نستنتج :

$$x = \frac{x_{max}}{P_{max}} \times P = \frac{0.823.10^{-3}}{80.10^2} P$$

$$x = 1,03.10^{-2} P_{H_2}$$

2.3-أ- التعيين المبياني للسرعة الحجمية :

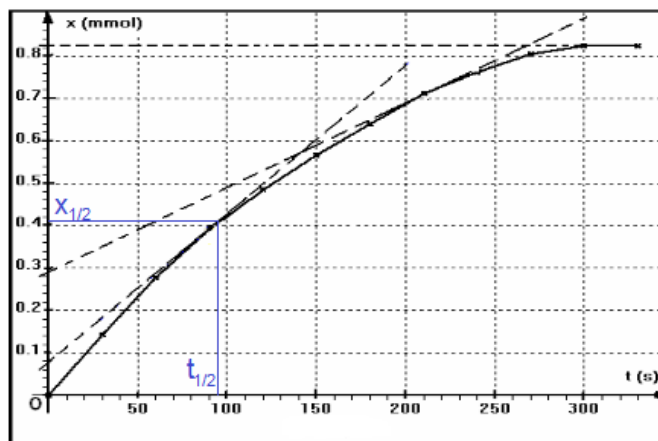
$$v(t = 90s) = \frac{1}{V} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1}{50.10^{-3}} \times \frac{0,39 - 0,08}{90 - 0} = 6,89.10^{-2} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v(t = 210) = \frac{1}{V} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1}{50.10^{-3}} \times \frac{0,71 - 0,28}{210 - 0} = 4,09.10^{-2} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

ب- قيمة زمن نصف التفاعل:

$$x_{1/2} = \frac{x_{\max}}{2} = \frac{0,823}{2} = 0,41 \text{ mmol}$$

مبيانيا الزمن الموافق للتقدم $x_{1/2} = 0,41 \text{ mmol}$ هو : $t_{1/2} = 95 \text{ s}$



تمرين 4:

1- كمية مادة H_3O^+ و CaCO_3 البدئيتين :

$$n_i(\text{H}_3\text{O}^+) = C \cdot V = 100.10^{-3} \times 100.10^{-3} = 0,01 \text{ mol} = 10 \text{ mmol}$$

$$n_i(\text{CaCO}_3) = \frac{m}{M(\text{CaCO}_3)} = \frac{2}{40 + 12 + 16 \times 3} = 0,02 \text{ mol} = 20 \text{ mmol}$$

2- جدول التقدم:

معادلة التفاعل		$\text{CaCO}_{3(s)} + 2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + \text{CO}_{2(g)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(l)}$				
الحالة	التقدم	كميات المادة ب : mmol				
البدئية	0	20	10	0	0	بوفرة
البيئية	x	$20 - x$	$10 - x$	x	x	بوفرة
النهائية	$x_{\max}$	$20 - x_{\max}$	$10 - x_{\max}$	$x_{\max}$	$x_{\max}$	بوفرة

$$\frac{n_i(\text{CaCO}_3)}{1} = 20 \text{ mmol}$$

$$\frac{n_i(\text{H}_3\text{O}^+)}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ mmol}$$

$$x_{\max} = \frac{n_i(\text{H}_3\text{O}^+)}{2} < n_i(\text{CaCO}_3)$$

التقدم الأقصى هو $x_{\max} = 5 \text{ mmol}$ والمتفاعل المحد هو H_3O^+ .

3- حسب جدول التقدم لدينا : $n_{CO_2} = x$
نعلم أن:

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

$$V_{CO_2} = \frac{x(t) \cdot R \cdot T}{P}$$

4- تعبير السرعة الحجمية :
نعلم أن :

$$x(t) = \frac{P \cdot V_{CO_2}}{R \cdot T} \quad \text{مع} \quad v = \frac{1}{V_S} \frac{dx(t)}{dt}$$

$$v = \frac{1}{V_S} \frac{d}{dt} \left(\frac{P \cdot V_{CO_2}}{R \cdot T} \right) \Rightarrow v = \frac{P}{V_S \cdot R \cdot T} \frac{dV_{CO_2}}{dt}$$

5- تحديد زمن نصف التفاعل مبيانيا :

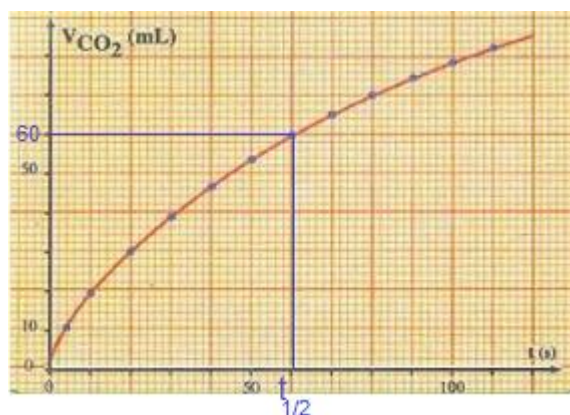
$$x_{1/2} = \frac{x_{max}}{2} = \frac{5 \text{ mmol}}{2} = 2,5 \text{ mmol}$$

نحدد تقدم زمن نصف التفاعل :
نحدد حجم ثنائي أوكسيد الكربون عند لحظة $t_{1/2}$:

$$V_{CO_2} = \frac{x(t_{1/2}) \cdot R \cdot T}{P} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3} \times 8,314 \times (273 + 20)}{1013 \cdot 10^2} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$V_{CO_2} = 60 \text{ mL}$$

عند الحجم 60 mL نجد تقريبا اللحظة $t_{1/2} = 60 \text{ s}$ أنظر المبيان .



6- تركيز أيون الكالسيوم عند نهاية التفاعل :

من خلال الجدول الوصفي لدينا:

$$n(Ca^{2+}) = x_{max} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$[Ca^{2+}]_f = \frac{x_{max}}{V_S} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{100 \cdot 10^{-3} \text{ L}} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$