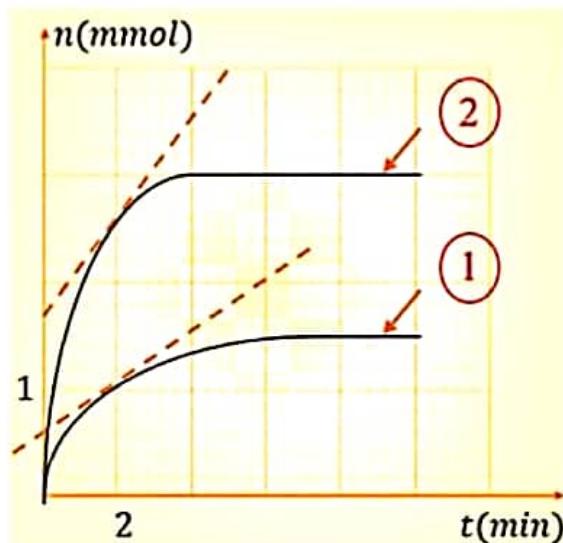


التمرين الأول:

ندرس تطور التفاعل الحاصل بين محلول يود البوتاسيوم ($K^+(aq) + I^-(aq)$) جمه $V_1 = 100mL$ وتركيزه $V_2 = 100mL C_1 = 3,0 \times 10^{-2} mol/L$ ومحلول بيروكسodi كبريات البوتاسيوم ($2K^+(aq) + S_2O_8^{2-}(aq)$) جمه وتركيزه بشوارد ($S_2O_8^{2-}$) هو $C_2 = 2,0 \times 10^{-2} mol/L$.



1- أكتب معادلة التحول الحاصل علينا أن الثنائيات الدالة في التفاعل هي: $(I_2/I^-)/SO_4^{2-}$ و (I^-/SO_4^{2-}) .

2- أنجز جدولًا لتقدم التفاعل الحاصل.

3- علماً أن التحول تام، أحسب التقدم الأعظمي x_{max} محدداً المتضاعف المد.

4- يمثل الشكل المقابل منحنين لتطور كميات المادة لأنواع الكيميائية المتشكلة خلال التحول.

أ- أنساب لكل نوع كيميائي متشكل المنحنى المناسب.

ب- أثبت أن: $v_{SO_4^{2-}}(t) = 2v_{I_2}(t)$.

ج- أحسب قيمة $v_{SO_4^{2-}}$ عند اللحظة $t = 2min$ ثم استنتج قيمة v_{I_2} ثم قيمة سرعة التفاعل v عند نفس اللحظة.

التمرين الثاني:

غمرنا في لحظة $t = 0$ صفيحة من النحاس (s) كثتها m في حجم قدره $V_0 = 200mL$ من محلول ترات الفضة ($Ag^+ + NO_3^-$) تركيزه المولي $C_0 = 0,3 mol/L$ ، سمحت لنا متابعة

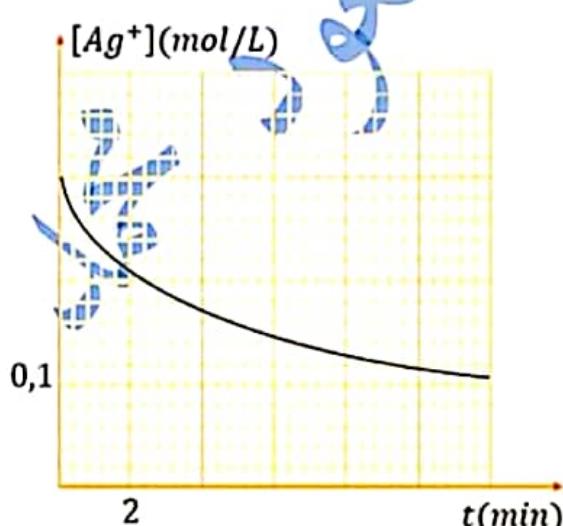
تطور هذا التحول التام من رسم البيان المثل في الشكل الذي يعبر عن تغيرات تركيز شوارد الفضة المتبقية بدلالة الزمن $[Ag^+] = f(t)$.

1- هل التحول الحاصل سريع أم بطيء؟ يرجى إجابتك.

2- أكتب معادلة التحول الحاصل علينا أن الثنائيات المشاركة في التفاعل هي: (Ag^+/Ag) و (Cu^{2+}/Cu) .

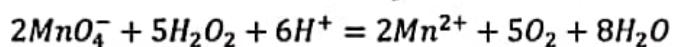
3- أحسب كثافة النحاس المستعملة علماً أن المزيج ستوكيموري. يعطى $M(Cu) = 63,5 g/mol$

4- أنشئ جدول التقدم التفاعلي واحسب قيمة التقدم الأعظمي x_{max} .



التمرين الرابع:

-I محلول الماء الأوكسجيني (H_2O_2) تركيزه $C_0 = 0,1 \text{ mol/L}$ مرة ، تم تضديده F ، نأخذ جمّاً قدره $V_1 = 20 \text{ mL}$ من محلول المعدّل للماء الأوكسجيني الذي تركيزه المولي C_1 ونعاشره بوجود حمض الكبريت المركب بواسطة محلول برمغنتات البوتاسيوم ($K^+ + MnO_4^-$) تركيزه $C_2 = 0,02 \text{ mol/L}$. نحصل على نقطة التكافؤ بعد إضافة جمّ قدره $V_2 = 10 \text{ mL}$ من محلول برمغنتات البوتاسيوم، المعادلة المنفذة لتفاعل المعايرة الحادثة هي :



1- حدد الثنائيين (Ox/Red) الداخلين في التفاعل.

2- أنجز جدولًا لتقدم هذا التفاعل الحادث.

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

4- أحسب C_1 ، ثم استنتج معامل التضديد F .

-II الماء الأوكسجيني يفكك ببطء شديد، معادلة هذا التفاعل هي: $2H_2O_2 = O_2 + 2H_2O$
إن إضافة محلول كلور الحديد الثلاثي يسرع التفاعل. عند اللحظة $t = 0$ غزج جم $V_0 = 80 \text{ mL}$ من الماء الأوكسجيني $C_0 = 0,1 \text{ mol/L}$ مع جم $V = 20 \text{ mL}$ من محلول كلور الحديد الثلاثي. البيان التالي بين تطور كمية المادة لغاز ثاني الأوكسجين المتشكل بدلالة الزمن: $n(O_2) = f(t)$

1- أنجز جدولًا لتقدم هذا التفاعل.

2- استنتاج العلاقة الموجودة بين تقدم التفاعل وكمية مادة غاز ثاني الأوكسجين.

3- استنتاج التقدم النهائي للتفاعل.

4- عين بيانياً زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

5- أكتب عبارة سرعة التفاعل واحسب قيمتها عند اللحظة $t = 0$.

6- استنتاج قيمة السرعة الحجمية لاختفاء الماء الأوكسجيني عند اللحظة $t = 0$.

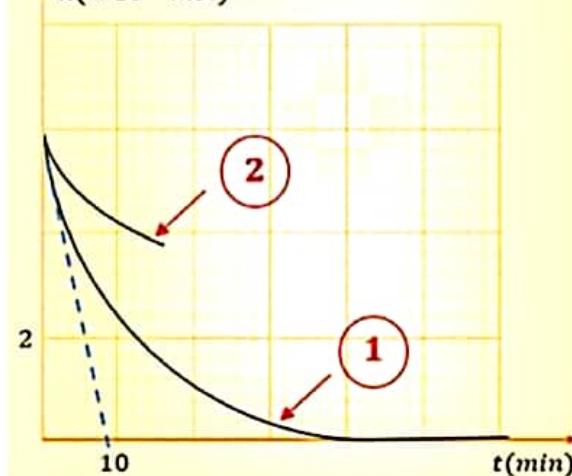
7- ما هي العوامل الحركية في هذا التحول؟ يعطى: $V_M = 24 \text{ L/mol}$

التمرين الخامس:

غزج في اللحظة $t_0 = 0$ جمًا $V_1 = 100 \text{ mL}$ من محلول يود البوتاسيوم ($K^+ + I^-$) تركيزه C_1 مع جم V_2 من الماء الأوكسجيني H_2O_2 تركيزه المولي $C_2 = 0,3 \text{ mol/L}$ متابعة تغيرات كمية مادة المتفاعلات (H_2O_2) n و (I^-) n في الوسط التفاعلي في لحظات زمنية مختلفة، مكتننا من الحصول على المنحنى التالي :

1- أكتب معادلة التفاعل المندرج للتتحول الكيميائي ، الثنائيين الداخلتين في التفاعل هما : (H_2O_2/H_2O) و (I_2/I^-)

$$\Delta n \times 10^{-2} \text{ mol}$$



2- أنشئ جدولًا لتقدم التفاعل السابق.

3- اعتماداً على البيان وجدول تقدم التفاعل:

أ/ حدد المتفاعل المدّ.

ب/ أنسِب لكل منحنى البيان المواتق.

ج/ أحسب كل من v_1 و v_2 .

د/ أكلّ رسم البيان Δn .

4- أعرف السرعة الحجمية للتتفاعل في اللحظة $t = 0$.

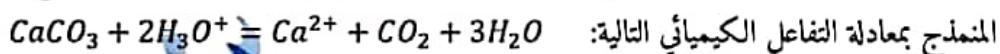
ب/ بين أن عبارتها تكتب بالشكل: $v_{vol} = -\frac{1}{2V} \frac{dn(I^-)}{dt}$ ثم أحسب قيمتها في اللحظة $t = 0$.

ج/ عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ وأحسب قيمته.

د/ أوجد تراكيز الأنواع الكيميائية عند اللحظة $t = 20 \text{ min}$.

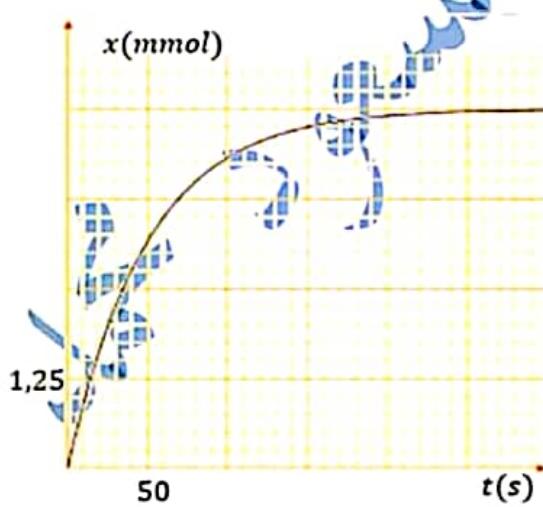
التمرين السادس:

في حصة الأعمال المخبرية وبغرض دراسة التحول التام لكريونات الكالسيوم $(H_3O^+ + Cl^-)$ مع حمض كلور الماء $(H_3O^+ + CaCO_3)$



قام التلاميذ بصب حجم $V_s = 100 \text{ mL}$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي $C = 0,1 \text{ mol/L}$ في دورق ، عند اللحظة $t = 0$ قاموا

بإضافة كثرة $m = 2,0 \text{ g}$ من كريونات الكالسيوم إلى الدورق ، تمكّنوا بواسطة تكنية خاصة من الحصول على المنحنى البياني : $x = f(t)$



1- أنجز جدولًا لتقدم التفاعل الحادث.

2- حدد قيمة الأعظمي x_{max} والمتفاعل المدّ لهذا التفاعل.

3- أحسب أكبر حجم $-CO_2$ يمكن الحصول عليه من هذه التجربة.

4- بين كيف يمكن رسم المنحنى البياني $f(t)$ إنطلاقاً من المنحنى البياني $x = f(t)$.

5- أرسم كيفياً منحنى التطور في حالة زيادة درجة الحرارة، علّ؟

6- أحسب التركيب المولي للمزيج عند اللحظة $t = 50 \text{ s}$.

7- أ- نلاحظ أثناء التجربة أن الناقلة النوعية للمزيج σ تتناقص تدريجياً، علّ السبب بدون حساب.

ب- أثبت أن: $\sigma = 4,25 - 580x$ ثم احسب قيمتها عند نهاية التفاعل.

يعطى: $\lambda_{Ca^{2+}} = 12,0 \text{ mS.m}^2/\text{mol}$ ، $\lambda_{Cl^-} = 7,5 \text{ mS.m}^2/\text{mol}$ ، $\lambda_{H_3O^+} = 35,0 \text{ mS.m}^2/\text{mol}$

$$M(CaCO_3) = 100 \text{ g/mol} \quad , \quad V_M = 24 \text{ L/mol}$$

التمرين السابع: (تدريب على استخراج زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ و التركيب المولى لمزيج تفاعلي في لحظات مختلفة من خلال

المنحنى وجدول التقدم)

إليك الحالة الاستقرالية للتحول الكيميائي التالي (حجم الوسط التفاعلي $V_T = 0,2L$) :

معادلة التفاعل	$5H_2C_2O_4 + 2MnO_4^- + 6H^+ \rightarrow 10CO_2 + 2Mn^{2+} + 8H_2O$					
الحالة الاستقرالية	x	$0,05 - 5x$	$0,03 - 2x$		$10x$	$2x$

1- أوجد زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ من كل بيان.

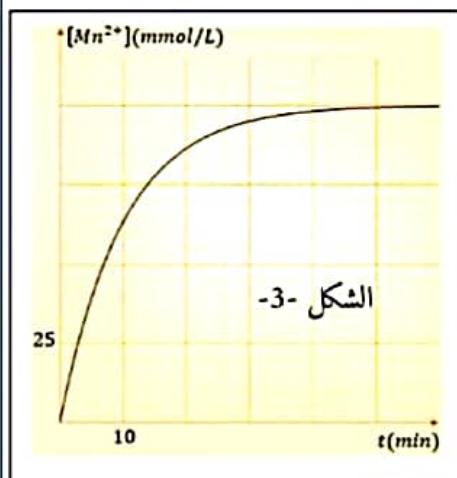
2- أوجد التركيب المولى للمزيج من كل بيان في كل من:

أ- بداية التفاعل.

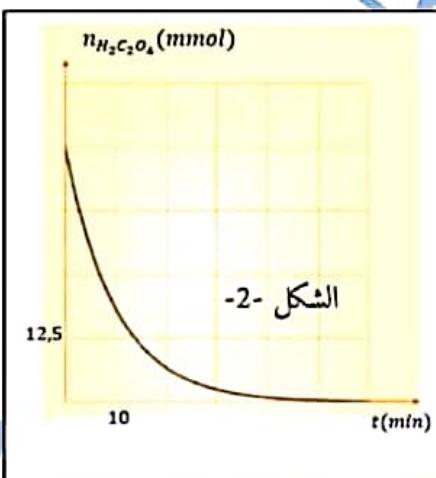
ب- اللحظة $t = 14\text{ min}$

ت- اللحظة $t_{1/2}$

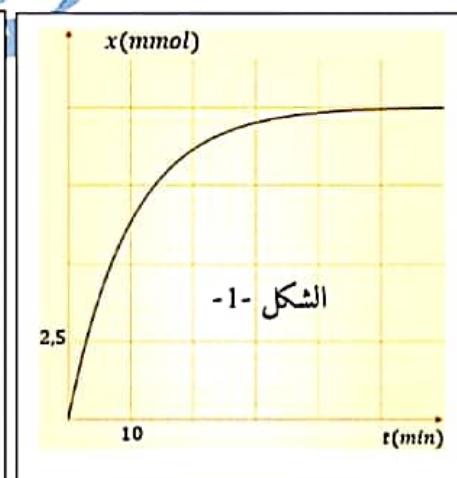
ث- نهاية التفاعل.



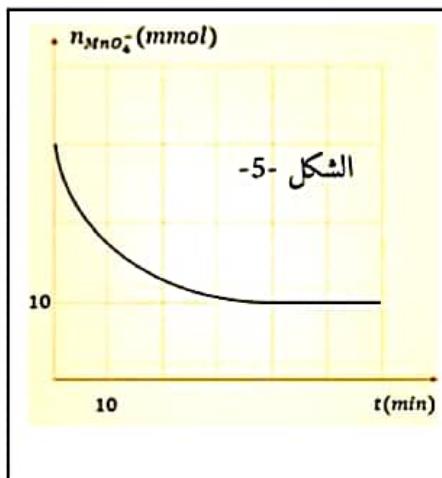
الشكل -3-



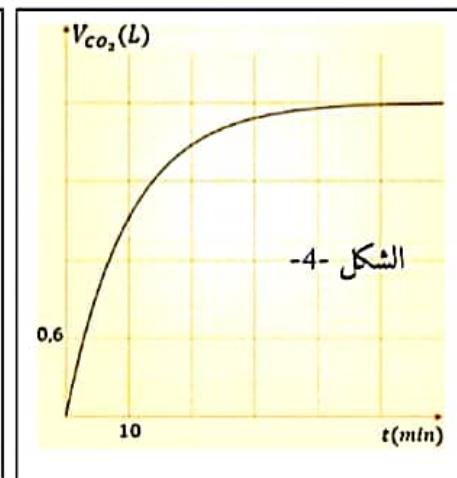
الشكل -2-



الشكل -1-



الشكل -5-



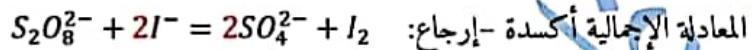
الشكل -4-

يعطى: الحجم المولى للغازات في الشروط النظامية $V_M = 24L/mol$

الحلول المفصلة

حل الترين الأول:

1- معادلة التحول الحادث:



2- جدول قدم التفاعل:

معادلة التفاعل		$S_2O_8^{2-}$	$+ 2I^-$	$= 2SO_4^{2-} + I_2$
الحالة	القدم	كميات المادة		
الابتدائية	0	C_2V_2	C_1V_1	0
الانتقالية	x	$C_2V_2 - x$	$C_1V_1 - 2x$	$2x$
النهائية	x_f	$C_2V_2 - x_f$	$C_1V_1 - 2x_f$	x_f

3- حساب التقدم الأعظمي : x_{max}

$$(S_2O_8^{2-}): C_2V_2 - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = C_2V_2 = 2 \times 10^{-2} \times 0,1 = 2 \times 10^{-3} mol$$

$$(I^-): C_1V_1 - 2x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = \frac{C_1V_1}{2} = \frac{3 \times 10^{-2} \times 0,1}{2} = 1,5 \times 10^{-3} mol$$

ومنه (I^-) هو المتفاعل المحدد.

4- أ- نسب لكل نوع كيميائي المحتوى المناسب:

$$n_f(SO_4^{2-}) = 2x_{max} = 2 \times 1,5 \times 10^{-3} = 3 \times 10^{-3} mol$$

$$n_f(I_2) = x_{max} = 1,5 \times 10^{-3} mol$$

المحتوى (1): $n(I_2)$

المحتوى (2): $n(SO_4^{2-})$

ب- ثبت أن $v_{SO_4^{2-}}(t) = 2v_{I_2}(t)$

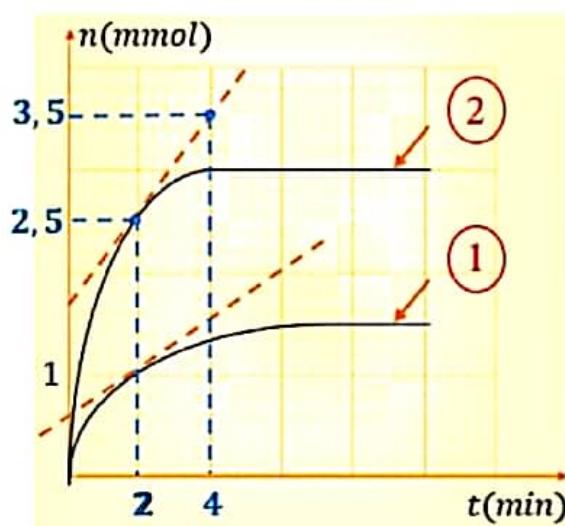
من جدول التقدم لدينا: $n_{I_2} = x \dots \dots \dots (1)$ و $n_{SO_4^{2-}} = 2x \dots \dots \dots (2)$

ولدينا: $v_{I_2}(t) = \frac{dn_{I_2}}{dt} \dots \dots \dots (4)$ و $v_{SO_4^{2-}}(t) = \frac{dn_{SO_4^{2-}}}{dt} \dots \dots \dots (3)$

بتعويض (1) في (3) نجد: $v_{SO_4^{2-}}(t) = \frac{d(2x)}{dt} = 2 \frac{dx}{dt}$

وبتعويض (2) في (4) نجد: $v_{I_2}(t) = \frac{dn_{I_2}}{dt} = \frac{dx}{dt}$

بتعويض العبارة الثانية في العبارة الأولى نجد: $v_{SO_4^{2-}}(t) = 2v_{I_2}(t)$ وهو المطلوب.



جـ- حساب قيمة $v_{SO_4^{2-}}$ عند اللحظة $t = 2\text{min}$

$$v_{SO_4^{2-}} = \frac{dn_{SO_4^{2-}}}{dt} = \frac{(3,5 - 2,5) \times 10^{-3}}{4 - 2} = 0,5 \times 10^{-3} \text{ mol/min}$$

$$v_{SO_4^{2-}} = 2v_{I_2} \Rightarrow v_{I_2} = \frac{v_{SO_4^{2-}}}{2} = \frac{0,5 \times 10^{-3}}{2} : v_{I_2} = 0,25 \times 10^{-3} \text{ mol/min}$$

$$v_{I_2}(t) = \frac{dn_{I_2}}{dt} = \frac{dx}{dt} = v(t) : v \Rightarrow v(t) = 0,25 \times 10^{-3} \text{ mol/min}$$

حل التمرين الثاني:

1- التحول الحادث بطيء، لأننا نلاحظ من البيان أن التحول استغرق عدة دقائق.

2- معادلة التحول الحادث:

المعادلة النصفية للأكسدة:

المعادلة النصفية للإرجاع:

المعادلة الإجمالية أكسدة-إرجاع:

3- حساب كثافة النحاس المستعملة: إذا كان المزيج ستوكيمتريا فإنه يتحقق

$$\Rightarrow 2n_0(Cu) = n_0(Ag^+) \Rightarrow 2\frac{m_0}{M} = C_0 V_0 \Rightarrow m_0 = \frac{M \cdot C_0 \cdot V_0}{2} = \frac{63,5 \times 0,3 \times 0,2}{2} \Rightarrow m_0 = 1,9 \text{ g}$$

4- جدول تقدم التفاعل:

معادلة التفاعل		Cu	$+ 2 Ag^+$	$= Cu^{2+}$	$+ 2Ag$
الحالة	التقدم	كميات المقادير			
الأبتدائية	0	$\frac{m_0}{M}$	$C_0 V_0$	0	0
الانتقالية	x	$\frac{m_0}{M} - x$	$C_0 V_0 - 2x$	x	$2x$
النهاية	x_f	$\frac{m_0}{M} - x_f$	$C_0 V_0 - 2x_f$	x_f	$2x_f$

حساب قيمة التقدم الأعظمي x_{max} :

$$C_0 V_0 - 2x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = \frac{C_0 V_0}{2} = \frac{0,3 \times 0,2}{2} = 0,03 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow v_{Cu}(t = 4\text{min}) = 1.6 \times 10^{-3} \text{mol/min}$$

- 9- أ- لا تغير قيمة التقدم الأعظمي ، التعليل : لأن كمية المادة الابتدائية للمتفاعلات لم تتغير.
 ب- تغير قيمة زمن نصف التفاعل بالزيادة لأن سرعة التفاعل تباطأ عند نقصان التراكيز المولية الابتدائية للمتفاعلات
 التفسير المجهري: بقصان التراكيز المولية تتناقص التصادمات الفعالة بين الجزيئات وبالتالي تناقص سرعة التفاعل.

حل التمرين الثالث:

1- إثبات العبارة $m(t) = m_0 - M \cdot x(t)$

$$n(CaCO_3) = \frac{m_0}{M} - x \Rightarrow \frac{n(CaCO_3)}{M} = \frac{m_0}{M} - x \quad \text{لدينا من جدول التقدم:}$$

$$\Rightarrow n(CaCO_3) = m_0(CaCO_3) - M \cdot x \quad \text{نضرب جميع الأطراف في } M$$

$$m(t) = m_0 - M \cdot x(t) \quad \text{ومنه:}$$

2- إثبات العبارة $[H_3O^+](t) = C - 2 \frac{x(t)}{V}$

$$n(H_3O^+) = CV - 2x \quad \text{لدينا من جدول التقدم:}$$

$$[H_3O^+](t) = C - 2 \frac{x(t)}{V} \quad \text{نقسم جميع الأطراف على } V \text{ فنجد: أي: } \frac{n(H_3O^+)}{V} = \frac{CV}{V} - 2 \frac{x}{V}$$

3- إثبات العبارة $x_{max} = \frac{m_0 - m_f}{M}$

$$n_f(CaCO_3) = \frac{m_0}{M} - x_{max} \Rightarrow \frac{m_f(CaCO_3)}{M} = \frac{m_0}{M} - x_{max} \quad \text{بما أن } H_3O^+ \text{ متفاعلاً معداً، فإن } CaCO_3 \text{ يتبقى، أي:}$$

$$\Rightarrow x_{max} = \frac{m_0}{M} - \frac{m_f(CaCO_3)}{M} = \frac{m_0 - m_f}{M}$$

$$x_{max} = \frac{m_0 - m_f}{M} \quad \text{ومنه:}$$

4- إثبات العبارة $x_{max} = \frac{(C - [H_3O^+])_f \cdot V}{2}$

$$n_f(H_3O^+) = CV - 2x_{max} \Rightarrow 2x_{max} = CV - n_f(H_3O^+) \quad \text{بما أن } CaCO_3 \text{ متفاعلاً معداً، فإن } H_3O^+ \text{ يتبقى، أي:}$$

$$\Rightarrow x_{max} = \frac{CV - n_f(H_3O^+)}{2} = \frac{\left(C - \frac{n_f(H_3O^+)}{V}\right) \cdot V}{2}$$

$$x_{max} = \frac{(C - [H_3O^+])_f \cdot V}{2} \quad \text{ومنه:}$$

5- إثبات العبارة $V_g = [Ca^{2+}] \cdot V \cdot V_M$

$$\frac{V_g}{V_M} = [Ca^{2+}] \cdot V \quad \text{لدينا من جدول التقدم: أي: } \begin{cases} n_{CO_2} = x \\ n_{Ca^{2+}} = x \end{cases} \Rightarrow n_{CO_2} = n_{Ca^{2+}}$$

$$V_g = [Ca^{2+}] \cdot V \cdot V_M \quad \text{ومنه:}$$

6- إثبات العبارة $n_f(CaCO_3) = n_0(CaCO_3) - n_f(Ca^{2+})$

$$n_f(Ca^{2+}) = x_{max} \quad \text{لدينا من جدول التقدم:} \quad n_f(CaCO_3) = n_0(CaCO_3) - x_{max}$$

$$n_f(CaCO_3) = n_0(CaCO_3) - n_f(Ca^{2+}) \quad \text{من العبارتين السابقتين نجد:}$$

7- إثبات العبارة $(H_3O^+) = n_0(H_3O^+) - 2n_f(CO_2)$

لدينا من جدول التقدم: $n_f(CO_2) = x_{max}$ و $n_f(H_3O^+) = n_0(H_3O^+) - 2x_{max}$

من العبارتين السابقتين نجد: $n_f(H_3O^+) = n_0(H_3O^+) - 2n_f(CO_2)$

8- إثبات العبارة $[H_3O^+](t) = C - 2[Ca^{2+}](t)$

لدينا من جدول التقدم: $n(Ca^{2+}) = x$ و $n(H_3O^+) = CV - 2x$

من العبارتين السابقتين نجد: $n(H_3O^+) = CV - 2n(Ca^{2+})$

$n(H_3O^+) = CV - 2n(Ca^{2+}) \Rightarrow \frac{n(H_3O^+)}{V} = \frac{CV}{V} - 2 \frac{n(Ca^{2+})}{V}$ نقسم أطراف المعادلة على V

ومنه: $[H_3O^+](t) = C - 2[Ca^{2+}](t)$

حل الترين الرابع:

-I

1- تحديد الثنائيين الداخلتين في التفاعل: (O_2/H_2O_2) ، (MnO_4^-/Mn^{2+})

2- جدول تقدم التفاعل:

معادلة التفاعل		$2MnO_4^-$	$+ 5H_2O_2$	$+ 6H^+ = 2Mn^{2+} + 5O_2 + 8H_2O$	كميات المسادة			
الحالة	القدم	C_2V_2	C_1V_1		أ.	0	0	أ.
الابتدائية	0	C_2V_2	C_1V_1		أ.	0	0	أ.
الكافؤ	x_E	$C_2V_2 - 2x_E$	$C_1V_1 - 5x_E$		أ.	$2x_E$	$5x_E$	أ.

3- كافية عبارة $C_1 = \frac{C_2V_2}{5}$ بدلالة C_2, V_2 و V_1 : بما أنها عملية معادة فإن الشرط المترافقية تتحقق، أي:

$$\Rightarrow C_1 = \frac{5C_2V_2}{2V_1}$$

$$C_1 = \frac{5C_2V_2}{2V_1} = \frac{5 \times 0.02 \times 10}{2 \times 20} = 0.025 mol/L$$

4- حساب C_1 :

$$F = \frac{C_0}{C_1} = \frac{0.1}{0.02} = 5$$

استنتاج معامل التدilid

-II

5- جدول تقدم التفاعل:

معادلة التفاعل		$2H_2O_2$	$= O_2 + 2H_2O$	كميات المسادة			
الحالة	القدم	C_0V_0	0				
الابتدائية	0	C_0V_0	0				
الاستقرالية	x	$C_0V_0 - 2x$	x				
النهائية	x_f	$C_0V_0 - 2x_f$	x_f				

2- استنتاج العلاقة بين تقدم التفاعل x و حجم غاز ثاني الأوكسجين V_{O_2} :

$$n_{O_2} = \frac{V_{O_2}}{V_M} \quad \text{لدينا من جدول التقدم: } n_{O_2} = x$$

$$\frac{V_{O_2}}{V_M} = x \Rightarrow V_{O_2} = V_M \cdot x \Rightarrow V_{O_2} = 24 \cdot x \quad \text{أي:}$$

3- استنتاج التقدم النهائي للتفاعل: من البيان نجد $x_f = 4 \text{ mmol}$

$$t_{1/2} = 7 \text{ min} \quad n_{O_2}(t_{\frac{1}{2}}) = \frac{n_f}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ mmol} \quad \text{إيجاد زمن نصف التفاعل مقابلها في البيان:}$$

$$v(t) = \frac{dx}{dt} \quad \text{كابة عبارة سرعة التفاعل:}$$

$$v(0) = \left. \frac{dx}{dt} \right|_{t=0} = \left. \frac{dn_{O_2}}{dt} \right|_{t=0} = \frac{(4-0) \times 10^{-3}}{10-0} = 4 \times 10^{-4} \text{ mol/min} \quad \text{حساب قيمتها عند اللحظة 0:}$$

4- استنتاج قيمة السرعة المجمعة لاختفاء الماء الأوكسجيني عند اللحظة 0 :

$$v_{vol}(H_2O_2) = -\frac{1}{V_T} \frac{dn_{H_2O_2}}{dt} = -\frac{1}{V_T} \cdot (-2) \cdot v$$

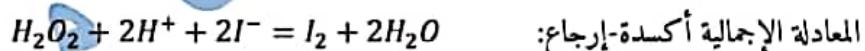
$$v_{vol}(H_2O_2)|_{t=0} = -\frac{1}{V_T} \cdot (-2) \cdot v(0) = -\frac{1}{0.1} \times (-2) \times 4 \times 10^{-4} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol/L.min} \quad \text{أي:}$$

5- العوامل الحركية في هذا التحول: الوسيط (محلول كلور الحديد الثلاثي).

حل الترين الخامس:

1- كابة معادلة التفاعل الكيميائي الحادث:

المعادلة التصفية للأكسدة:



2- جدول تقدم التفاعل:

معادلة التفاعل		H_2O_2	$+ 2I^-$	$+ 2H^+$	$= I_2$	$+ 2H_2O$
الحالات	التقدم	كميات المقادير				
الابتدائية	0	C_2V_2	C_1V_1		0	
الانتقالية	x	$C_2V_2 - x$	$C_1V_1 - 2x$		x	
النهائية	x_f	$C_2V_2 - x_f$	$C_1V_1 - 2x_f$		x_f	

3- تحديد المتفاعل المحدد: نرى من البيان أن تاونس (I^-) و $n(H_2O_2)$ يبدأ من نفس القيمة أي أن :

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

$$(H_2O_2): n_0(H_2O_2) - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = n_0(H_2O_2) = 6 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$(I^-): n_0(I^-) - 2x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = \frac{n_0(I^-)}{2} = \frac{6 \times 10^{-2}}{2} = 3 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

ومنه: (I^-) هو المتفاعل المحدد.

ب-نسبة لكل منحنى البيان المواقف:

المنحنى (1) يمثل المتفاعلات الذي تنتهي كمية مادته إذاً فهو يمثل المفاعل المحدد (I^-)

المنحنى (2) يمثل المتفاعل غير المحدد (H_2O_2) .

ج- حساب كل من C_1 و V_2 :

$$n_0(H_2O_2) = C_2 V_2 = 6 \times 10^{-2} \text{ mol} \Rightarrow V_2 = \frac{6 \times 10^{-2}}{C_2} = \frac{6 \times 10^{-2}}{0,3} = 0,2 \text{ L}$$

$$n_0(I^-) = C_1 V_1 = 6 \times 10^{-2} \text{ mol} \Rightarrow C_1 = \frac{6 \times 10^{-2}}{V_1} = \frac{6 \times 10^{-2}}{0,1} = 0,6 \text{ mol/L}$$

د- إكمال رسم البيان (2): نعتمد في ذلك على كمية المادة النهاية لـ (H_2O_2) حيث يثبت عندها البيان.

$$n_f(H_2O_2) = C_2 V_2 - x_{max} = 0,06 - 0,03 = 0,03 \text{ mol}$$

أ- تعريف السرعة الحجمية للتفاعل: هي سرعة تقدم التفاعل في وحدة الحجم

ب- نبين أن عبارتها تكتب بالشكل :

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

$$\begin{aligned} n(I^-) &= C_1 V_1 - 2x \Rightarrow \frac{dn(I^-)}{dt} = \frac{d(C_1 V_1 - 2x)}{dt} = \frac{d(-2x)}{dt} = -2 \frac{dx}{dt} \\ &\Rightarrow -\frac{1}{2} \frac{dn(I^-)}{dt} = \frac{dx}{dt} \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

بتعریض العبارة (1) في عباره السرعة الحجمية نجد:

$$\begin{aligned} v_{vol}(0) &= -\frac{1}{2V} \frac{dn(I^-)}{dt} \Big|_{t=0} = -\frac{1}{2 \times 0,3} \times \frac{(6-0) \times 10^{-2}}{0-9} : t = 0 \\ &= 1,11 \times 10^{-2} \text{ mol/L.min} \end{aligned}$$

ج- تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$: هو المدة الزمنية اللازمة لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي.

$$t_{1/2} = 7 \text{ min} \quad \frac{n_0(I^-)}{2} = \frac{0,06}{2} = 0,03 \text{ mol}$$

د- إيجاد تراكيز الأفراد الكيميائية المتواجدة في محلول عند اللحظة $t = 20 \text{ min}$

$$n(I^-) = 0,01 \text{ mol} : t = 20 \text{ min}$$

$$x = \frac{0,06 - n(I^-)}{2} = \frac{0,06 - 0,01}{2} = 0,025 \text{ mol}$$

$$[I^-] = \frac{n(I^-)}{V} = \frac{0,01}{0,3} = 0,033 \text{ mol/L}$$

$$[H_2O_2] = \frac{n(H_2O_2)}{V} = \frac{0,06 - x}{V} = \frac{0,06 - 0,025}{0,3} = 0,11 \text{ mol/L}$$

$$[I_2] = \frac{n(I_2)}{V} = \frac{x}{V} = \frac{0,025}{0,3} = 0,083 \text{ mol/L}$$

حل التمرين السادس:

1- جدول تقدم التفاعل:

معادلة التفاعل		$CaCO_3$	$+ 2H_3O^+$	$= Ca^{2+} + CO_2 + 3H_2O$	كميات الماد	
الحالة	التقدم	كميات الماد				
الابتدائية	0	$\frac{m}{M}$	$C \cdot V_S$	0	0	
الانتقالية	x	$\frac{m}{M} - x$	$C \cdot V_S - 2x$	x	x	
النهائية	x_f	$\frac{m}{M} - x_f$	$C \cdot V_S - 2x_f$	x_f	x_f	

2- تحديد قيمة التقدم الأعظمي x_{max} و المتفاعل المد:

$$(CaCO_3) : \frac{m}{M} - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = \frac{m}{M} = \frac{2}{100} = 0,02 mol$$

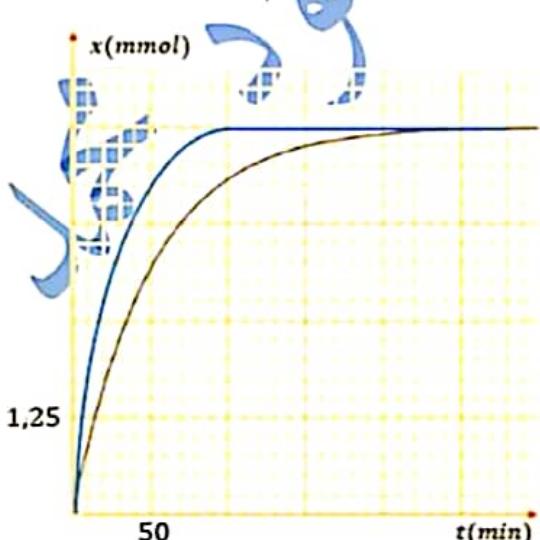
$$(H_3O^+) : C \cdot V_S - 2x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = \frac{C \cdot V_S}{2} = \frac{0,1 \times 0,1}{2} = 0,005 mol$$

و منه (H_3O^+) هو المتفاعل المد.3- حساب أكبر حجم CO_2 يمكن الحصول عليه من التجربة:

$$n_{max}(CO_2) = x_{max}$$

$$n_{max}(CO_2) = \frac{V_g \cdot max}{V_M} \Rightarrow V_g \cdot max = n_{max}(CO_2) \cdot V_M$$

$$V_g \cdot max = x_{max} \cdot V_M = 0,005 \times 24 = 0,12 L$$

4- نبين كيف يمكن رسم المحنى البياني $V_{CO_2} = f(t)$ انطلاقاً منوجدنا في الجواب السابق أن: $V_g = x \cdot V_M$ أي:أي أن المحنى $V_{CO_2} = f(t)$ يتغير بنفس الشكل الذي يتغير به المحنى $x = f(t)$ ، إلا أن القيم تتغير.5- رسم المحنى البياني $f(t) = x$ في حالة زيادة درجة الحرارة:6- حساب التركيب المولى للمزيج عند اللحظة $t = 50s$:

$$x(t = 50s) = 1,25 \times 2,5 = 3,125 mmol$$

$$n_{CaCO_3} = \frac{m}{M} - x = 20 - 3,125 = 16,875 mmol$$

$$n_{H_3O^+} = C \cdot V_S - 2x = 10 - (2 \times 3,125) = 3,75 mmol$$

$$n_{Ca^{2+}} = x = 3,125 mmol$$

$$n_{CO_2} = x = 3,125 mmol$$

7- أ- الناقص التدربي للناقلة النوعية للمرجع σ :

ناقص كمية مادة شوارد (H_3O^+) وزيادة كمية مادة شوارد (Ca^{2+}) مع

$\sigma = \lambda_{Cl^-} [Cl^-] + \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+] + \lambda_{Ca^{2+}} [Ca^{2+}]$ لدينا العبرة $\sigma = 4,25 - 580x$

$$[H_3O^+] = C - \frac{2x}{V} = 0,1 - \frac{2x}{0,1} = 0,1 - 20x \quad \text{و} \quad [Cl^-] = 0,1 \text{ mol/L}$$

$$[Ca^{2+}] = \frac{x}{V} = \frac{x}{0,1} = 10x$$

نفرض التراكيز بما يساويها في عبارة الناقلة النوعية σ :

$$= 0,75 + 3,5 - 700x + 120x \Rightarrow \boxed{\sigma = 4,25 - 580x}$$

- حساب قيمةها عند نهاية التفاعل:

$$\sigma_f = 4,25 - 580x_f = 4,25 - 580(0,005) = \boxed{1,355 \text{ mol/L}} \quad \text{أي أن: } x_f = x$$

حل التمرين السابع:

1- إيجاد زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ من كل بيان:

2- إيجاد التركيب المولي للمرجع من كل بيان:

أ- بداية التفاعل: عند بداية التفاعل نستطيع إيجاد التركيب المولي من خلال منحنيات الاختفاء

$$\text{الشكل-2: } n_0(H_2C_2O_4) = 12,5 \times 4 = 50 \text{ mmol}$$

$$\text{الشكل-5: } n_0(MnO_4^-) = 10 \times 3 = 30 \text{ mmol}$$

ب- الملحقة : $t = 14 \text{ min}$

$$\text{الشكل-1: } n(H_2C_2O_4) = 50 - 5(7,5) = \boxed{12,5 \text{ mmol}} \quad \text{أي: } x = 7,5 \text{ mmol}$$

$$n(MnO_4^-) = 30 - 2(7,5) = \boxed{15 \text{ mmol}}$$

$$n(CO_2) = 10(7,5) = \boxed{75 \text{ mmol}}$$

$$n(Mn^{2+}) = 2(7,5) = \boxed{15 \text{ mmol}}$$

$$\text{الشكل-2: } 50 - 5x = 12,5 \text{ mmol} \Rightarrow x = \frac{50-12,5}{5} = \boxed{7,5 \text{ mmol}} \quad \text{أي:}$$

$$n(MnO_4^-) = 30 - 2(7,5) = \boxed{15 \text{ mmol}}$$

$$n(CO_2) = 10(7,5) = \boxed{75 \text{ mmol}}$$

$$n(Mn^{2+}) = 2(7,5) = \boxed{15 \text{ mmol}}$$

$$\text{الشكل-3: } n(Mn^{2+}) = [Mn^{2+}] \cdot V_T = 75 \times 0,2 = \boxed{15 \text{ mmol}} \quad \text{أي: } [Mn^{2+}] = 75 \text{ mmol/L}$$

$$n(Mn^{2+}) = 2x \Rightarrow x = \frac{n(Mn^{2+})}{2} = \frac{15}{2} = \boxed{7,5 \text{ mmol}}$$

$$n(H_2C_2O_4) = 50 - 5(7,5) = \boxed{12,5 \text{ mmol}}$$

$$n(MnO_4^-) = 30 - 2(7,5) = \boxed{15 \text{ mmol}}$$

$$n(CO_2) = 10(7,5) = \boxed{75 \text{ mmol}}$$

$$\text{الشكل-4: } n(CO_2) = \frac{V_{CO_2}}{V_M} = \frac{1,8}{24} = \boxed{75 \text{ mmol}} \quad \text{أي: } V_{CO_2} = 1,8 \text{ L}$$

$$n(CO_2) = 10x \Rightarrow x = \frac{n(CO_2)}{10} = \frac{75}{10} = \boxed{7,5 \text{ mmol}}$$

$$n(Mn^{2+}) = 2(7,5) = 15 \text{ mmol}$$

$$n(H_2C_2O_4) = 50 - 5(7,5) = 12,5 \text{ mmol}$$

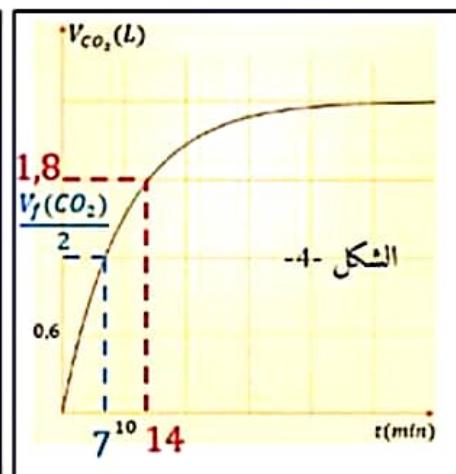
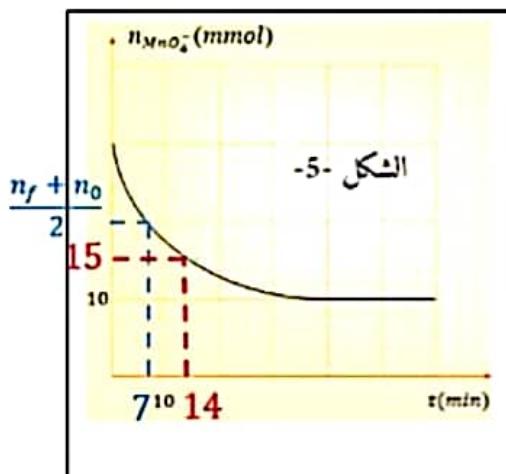
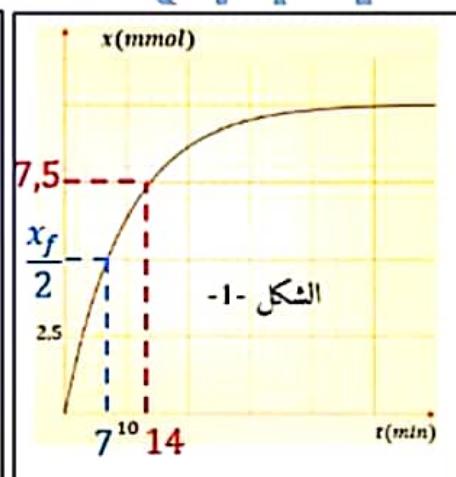
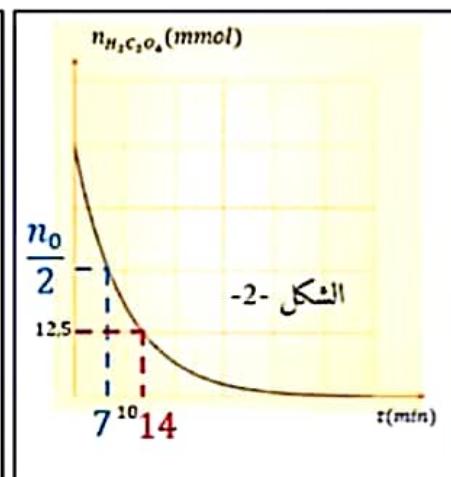
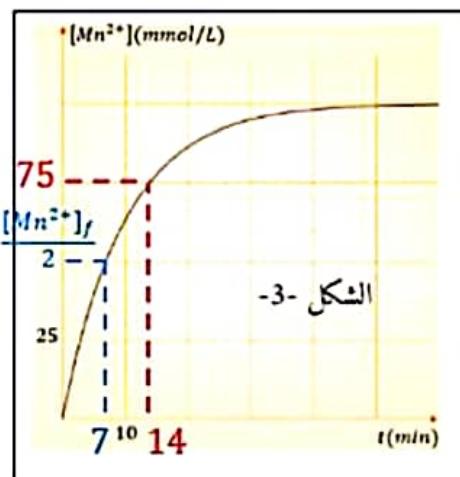
$$n(MnO_4^-) = 30 - 2(7,5) = 15 \text{ mmol}$$

$$n(MnO_4^-) = 30 - 2x \Rightarrow x = \frac{30-15}{2} = 7,5 \text{ mmol} \quad \text{أي} \quad n(MnO_4^-) = 15 \text{ mmol}$$

$$n(Mn^{2+}) = 2(7,5) = 15 \text{ mmol}$$

$$n(H_2C_2O_4) = 50 - 5(7,5) = 12,5 \text{ mmol}$$

$$n(CO_2) = 10(7,5) = 75 \text{ mmol}$$



كل

- 5- بين أن: $[Ag^+] = C_0 - 2[Ca^{2+}]$
- 6- جد تركيز الأفراد المتواجدة في محلول عند اللحظة $t = 12\text{min}$.
- 7- عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ و حدد قيمته بيانيا.
- 8- أ- بين أن السرعة المجمعة للتفاعل تعطى بالعبارة: $v_{vol}(t) = -\frac{1}{2} \frac{d[Ag^+]}{dt}$ ثم احسب قيمتها عند $t = 4\text{min}$.
- ب- استنتج سرعة اختفاء Ca^{2+} عند نفس اللحظة.
- 9- نعيد التجربة السابعة وذلك بإضافة 100mL من الماء المقطر إلى المزيج التفاعلي عند بداية التفاعل.
- أ- هل تتغير قيمة التقدم الأعظمي؟ على.
- ب- هل تتغير قيمة زمن نصف التفاعل بازديادة أو انقصان؟ على مجهريا.

التمرين الثالث: (تدريب على برهان القوانين)

تفاعل كتلة m_0 من كاريونات الكالسيوم ($CaCO_3$) مع حجم V من محلول حمض كلور الماء ($H_3O^+ + Cl^-$) تركيزه المولي C .

إليك جدول لتقدم هذا التفاعل:

معادلة التفاعل		كميات المادة				
الحالة	التقدم					
الابتدائية	0	$\frac{m_0}{M}$	$C.V$	0	0	
الانتقالية	x	$\frac{m_0}{M} - x$	$C.V - 2x$	x	x	
النهائية	x_{max}	$\frac{m_0}{M} - x_{max}$	$C.V - 2x_{max}$	x_{max}	x_{max}	

بالاعتماد على الجدول يرهن أن:

- 1- عبارة كتلة كاريونات الكالسيوم m المتبقية في اللحظة t بدلالة التقدم x تكتب على الشكل: $m(t) = m_0 - M \cdot x(t)$
- 2- عبارة تركيز شوارد الميدرونيوم المتبقية $[H_3O^+](t)$ بدلالة التقدم x تكتب على الشكل: $[H_3O^+](t) = C - \frac{2x(t)}{V}$
- 3- باعتبار H_3O^+ متفاعل معد فإن عبارة x_{max} تكتب على الشكل: $x_{max} = \frac{m_0 - m_f}{M}$
- 4- باعتبار $CaCO_3$ متفاعل معد فإن عبارة x_{max} تكتب على الشكل: $x_{max} = \frac{(C - [H_3O^+]_f) \cdot V}{2}$
- 5- عبارة حجم غاز ثاني أوكسيد الكربون V_g المتشكل في اللحظة t بدلالة $[Ca^{2+}](t)$ تكتب على الشكل: $V_g = [Ca^{2+}] \cdot V \cdot V_M$ حيث V_M الحجم المولي للغازات في الشروط النظامية.
- 6- باعتبار H_3O^+ متفاعل معد فإن: $n_f(CaCO_3) = n_0(CaCO_3) - n_f(Ca^{2+})$
- 7- باعتبار $CaCO_3$ متفاعل معد فإن: $n_f(H_3O^+) = n_0(H_3O^+) - 2n_f(CO_2)$
- 8- عبارة تركيز شوارد الميدرونيوم المتبقية $[H_3O^+](t)$ بدلالة $[Ca^{2+}](t)$ تكتب على الشكل: $[H_3O^+](t) = C - 2[Ca^{2+}](t)$

-5 - نبين أن $[Ag^+] = C_0 - 2[Cu^{2+}]$

لدينا من جدول التقدم: $n_{Ag^+} = C_0 V_0 - 2x \dots (2)$ و $n_{Cu^{2+}} = x \dots (1)$

بتعریض (1) في (2) نجد: $n_{Ag^+} = C_0 V_0 - 2n_{Cu^{2+}}$

نقسم جميع الأطراف على V_0 : $\frac{n_{Ag^+}}{V_0} = \frac{C_0 V_0}{V_0} - 2 \frac{n_{Cu^{2+}}}{V_0} \Rightarrow [Ag^+] = C_0 - 2[Cu^{2+}]$

-6 - إيجاد تراكيز الأفراد المتواجدة في محلول عند اللحظة $t = 12min$

$[Ag^+]_{t=12min} = 0,1mol/L$: نستطيع إيجاده عند اللحظة $t = 12min$ من البيان مباشرة ، لدينا :

$$[Cu^{2+}]_{t=12min} = \frac{C_0 - [Ag^+]_{t=12min}}{2} \quad \text{أي} \quad [Ag^+] = C_0 - 2[Cu^{2+}]$$

$$= \frac{0,3 - 0,1}{2} \Rightarrow [Cu^{2+}]_{t=12min} = 0,1mol/L$$

: نلاحظ من جدول التقدم أن $n_{Ag} = 2n_{Cu^{2+}}$ نقسم الطرفين على V_0 فنجد :

$$[Ag]_{t=12min} = 2[Cu^{2+}]_{t=12min} = 2 \times 0,1 \Rightarrow [Ag]_{t=12min} = 0,2mol/L \quad \text{ومنه:}$$

$$[Cu] = \frac{n_{Cu}}{V_0} = \frac{n_{Cu}(0) - x}{V_0} = \frac{n_{Cu}(0)}{V_0} - \frac{x}{V_0} = \frac{n_{Cu}(0)}{V_0} - [Cu^{2+}] = \frac{0,03}{0,2} - [Cu^{2+}] \quad : [Cu]$$

$$\Rightarrow [Cu]_{t=12min} = 0,15 - [Cu^{2+}]_{t=12min} = 0,15 - 0,1 \Rightarrow [Cu]_{t=12min} = 0,05mol/L$$

-7 - تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$: هو المدة الزمنية اللازمة لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي.

$$t_{1/2} = 5,6min \quad [Ag^+] \left(t_{\frac{1}{2}} \right) = \frac{[Ag^+]_0}{2} = \frac{0,3}{2} = 0,15mol/L \quad \text{تحديد قيمته بيانيا:}$$

-8 - نبين أن السرعة الحجمية تعطى بالعبارة :

$$v_{vol}(t) = \frac{1}{V_0} \frac{dx}{dt} \quad \text{لدينا:}$$

ولدينا من جدول التقدم: $x = \frac{C_0 V_0 - n_{Ag^+}}{2} = \frac{C_0 V_0}{2} - \frac{n_{Ag^+}}{2} \dots \dots (2)$ أي $n_{Ag^+} = C_0 V_0 - 2x$

$$v_{vol}(t) = \frac{1}{V_0} \frac{d(\frac{C_0 V_0 - n_{Ag^+}}{2})}{dt} = \frac{1}{V_0} \frac{d(-\frac{n_{Ag^+}}{2})}{dt} = -\frac{1}{2} \frac{d(\frac{n_{Ag^+}}{V_0})}{dt} = -\frac{1}{2} \frac{d[Ag^+]}{dt}$$

$$v_{vol}(t = 4min) = -\frac{1}{2} \frac{d[Ag^+]}{dt} \Big|_{t=4min} = -\frac{1}{2} \times \frac{0,17 - 0,1}{4 - 8,4} \quad \text{حساب قيمتها عند: } t = 4min$$

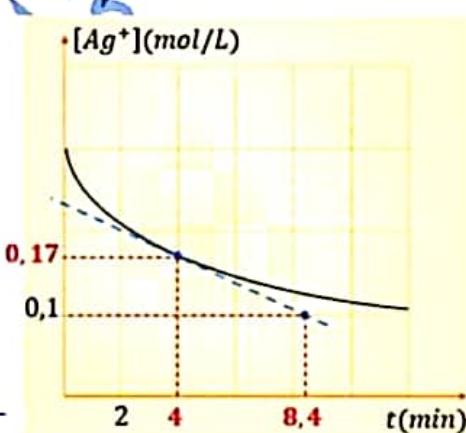
$$\Rightarrow v_{vol}(t = 4min) = 8 \times 10^{-3} mol/L \cdot min$$

استنتاج سرعة اختفاء Cu عند نفس اللحظة :

$$v_{Cu}(t = 4min) = 1 \cdot v(t = 4min) = 1 \cdot v_{vol}(t = 4min) \cdot V_T$$

(لأن المعامل стокийометри لـ Cu هو 1)

$$v_{Cu}(t = 4min) = 1 \times 8 \times 10^{-3} \times 0,2 \quad \text{ومنه:}$$



0777 33 42 72 / 0560 21 73 30

من إعداد: بن مسعود محمد / زغلول محمد وليد رقم الهاتف: