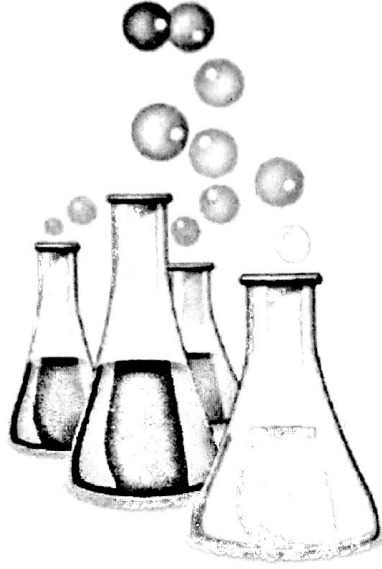
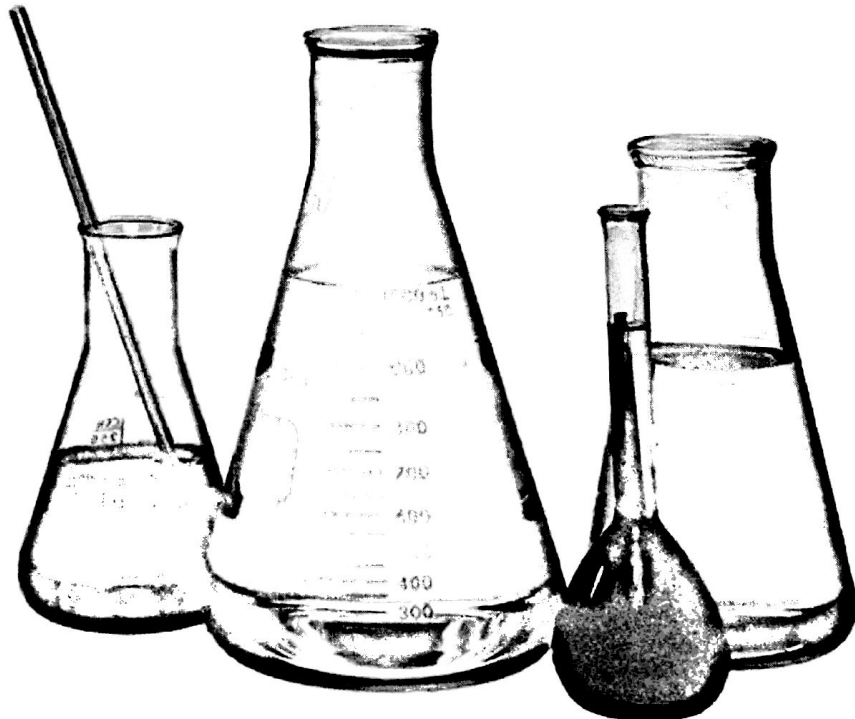


موجلة الأولى:



المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي

www.eddirasa.com



الوحدة رقم 01:
المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي

الملخص:

1- تركيز محلول مائي وكمية المادة:

- علاقة كمية المادة بالكتلة:

حيث $n = \frac{m}{M}$ كمية المادة وتقدر بالمول mol ، و m كتلة المادة الصلبة أو السائلة

وتقدر ب g ، و M تقدر ب g/mol .

- علاقة كمية المادة بحجم غاز:

حيث $n = \frac{V_g}{V_M}$ V_g حجم الغاز ويقدر ب L و V_M الحجم المولي ويقدر ب L/mol وله

علاقة بالشروط النظامية.

- التركيز المولي:

حيث $c = \frac{n}{V}$ c يقدر ب mol/L والحجم V يقدر ب L .

- التركيز الكتلي:

حيث $c_m = \frac{m}{V}$ c_m يقدر ب g/L

- العلاقة بين c و c_m :

$$c = \frac{c_m}{M} \quad \text{ومنه} \quad c = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV} = \frac{c_m}{M}$$

- العلاقة بين التركيز المولي ودرجة النقاوة:

$$c = \frac{10.P d}{M}$$

حيث: P درجة النقاوة (%).

- d كثافة المذاب بالنسبة للماء.

- M الكتلة المولية الجزيئية g/mol .

2. قانون الغازات المثالية:

حيث: P ضغط الغاز ويقدر ب: الباسكال Pa
 $1 \text{ bar} = 10^5 Pa$ و $1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 Pa$
 V : حجم الغاز بـ m^3
 n : كمية مادة الغاز بـ mol
 R : ثابت الغازات المثالية $R = 8,314 SI$
 T : درجة الحرارة المطلقة بالكلفن (K°)
 $T (K^\circ) = \theta (C^\circ) + 273$
 $\theta (C^\circ)$ درجة الحرارة المثوية بالسلسيس.

$$PV = n.RT$$

3. الناقلية الكهربائية:

الناقلية G عبارتها: $G = \frac{1}{R} = k \sigma$ حيث G تقدر بالسيمنس (S) و R : المقاومة (Ω).

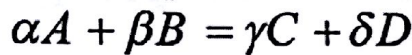
و $k = \frac{S}{L}$ ثابت خلية القياس ويقدر بـ (m)، S السطح المغمور، L البعد بين اللبوسين.

σ الناقلية النوعية: عبارتها $\sigma = \lambda_i c_i$ وتقدر بـ $S.m^{-1}$.
 λ_i : الناقلية النوعية المولية الشاردية وتقدر بـ ($S.m^2.mol^{-1}$).
 c_i : التركيز المولي للشاردة: mol/m^3 .

في محلول شاردى يحتوي على شوارد X^+ و X^- : $\sigma = \lambda_{X^+} [X^+] + \lambda_{X^-} [X^-]$

4. تقدم التفاعل و جدول التقدم:

يرمز له بالرمز x ويقدر بالمول (mol)، ويسمح لنا بمتابعة تطور التحول الكيميائي.
 جدول تقدم التفاعل: يمدج التحول الكيميائي بمعادلة التفاعل التالية:



حيث: $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ تسمى المعاملات الستوكيومترية و A, B المتفاعلات، C, D الناتجان.

حالة الجملة	التقدم (mol) x	$\alpha A + \beta B = \gamma C + \delta D$			
الابتدائية	$x = 0$	n_{0A}	n_{0B}	0	0
الانتقالية	$x > 0$	$n_{0A} - \alpha x$	$n_{0B} - \beta x$	γx	δx
النهائية	x_f	$n_{0A} - \alpha x_f$	$n_{0B} - \beta x_f$	γx_f	δx_f

المتفاعل المحد:

هو المتفاعل الذي تستهلك كمية مادته قبل كل المتفاعلات.

$$\frac{n_0(A)}{\alpha} = \frac{n_0(B)}{\beta}$$

المزيج الستوكيومتري: يكون المزيج ستوكيومتريا إذا تحقق ما يلي:

5. الأكسدة والإرجاع:

- مفهوم المؤكسد (Ox): هو كل فرد كيميائي (ذرة، شاردة، جزيء) قادر على اكتساب إلكترون أو أكثر خلال تحول كيميائي.

- مفهوم المرجع (Red): هو كل فرد كيميائي (ذرة، شاردة، جزيء) قادر على فقد إلكترون أو أكثر خلال تحول كيميائي.

- مفهوم عملية الأكسدة: هو تحول كيميائي يحدث خلاله فقدان إلكترون أو أكثر من طرف المرجع $Red \rightarrow Ox + n\bar{e}$.

- مفهوم عملية الإرجاع: هو تحول كيميائي يحدث خلاله اكتساب إلكترون أو أكثر من طرف المؤكسد $Ox + n\bar{e} \rightarrow Red$.

التفاعل أكسدة-إرجاع:

هو تفاعل يتم خلاله انتقال إلكترون أو أكثر من مرجع الثانية الأولى (Ox_1/Red_1) إلى مؤكسد الثانية الثانية (Ox_2/Red_2) أو من مرجع الثانية الثانية إلى مؤكسد الثانية الأولى.

ملاحظات:

من أجل الكتابة السليمة لمعادلات تفاعل الأكسدة الإرجاعية نتبع ما يلي:

1- نكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع.

2- نوازن المعادلتين النصفيتين بالاعتماد على مبدأ انحفاظ العنصر الكيميائي، ثم مبدأ انحفاظ الشحنة الكهربائية.

3- زيادة الأكسجين في طرف يعدل بالماء في الطرف الآخر.

4- زيادة الهيدروجين في طرف يعدل في الطرف الآخر بشوارد الهيدروجين (H^+) أو شوارد

الهيدرونيوم (H_3O^+) إذا كان الوسط حمضي، أو (OH^-) إذا كان الوسط أساسي.

6. المدة الزمنية المستغرقة في تحول كيميائي:

تصنف التحولات الكيميائية إلى ثلاثة أنواع وذلك بالاعتماد على المدة الزمنية المستغرقة في هذا التحول.

1- التحولات الكيميائية السريعة:

هي التحولات التي تتم في مدة زمنية قصيرة جدا، بحيث لا يمكن متابعتها بالعين المجردة أو باستعمال وسائل قياس، أي هي تحولات لحظية.

2- التحولات الكيميائية البطيئة:

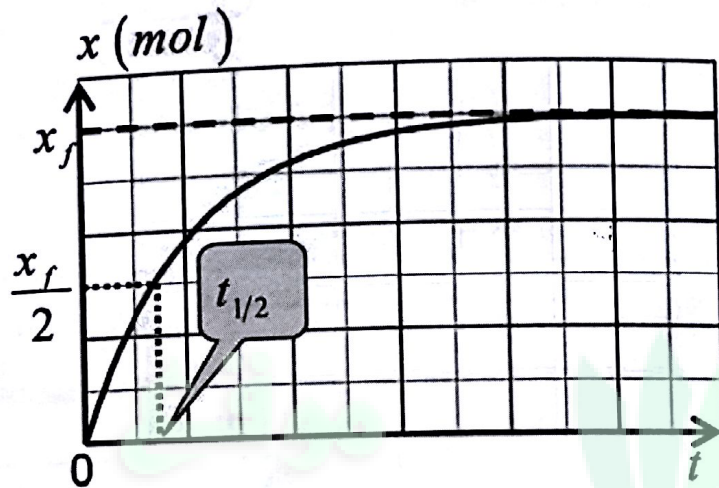
هي التحولات التي تستغرق عدة ثواني، دقائق، أو ساعات.

3 التحولات الكيميائية البطيئة جدا:
هي التحولات التي تستغرق عدة أيام أو عدة أشهر فنقول أن الجملة الكيميائية عاطلة
حركيا.

7. المتابعة الزمنية لتحول كيميائي:
أ. الطريقة الكيميائية: تعتمد على المعايرة.

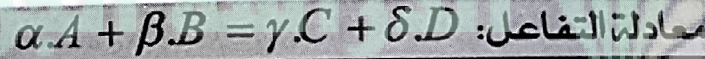
ب. الطريقة الفيزيائية: تعتمد على قياس مقدار فيزيائي مثل الضغط (p)، الحجم (V)،
الناقلية (G)..... الخ.

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



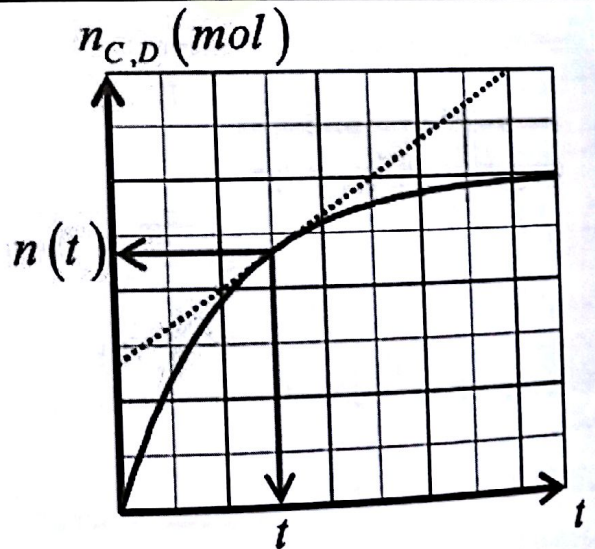
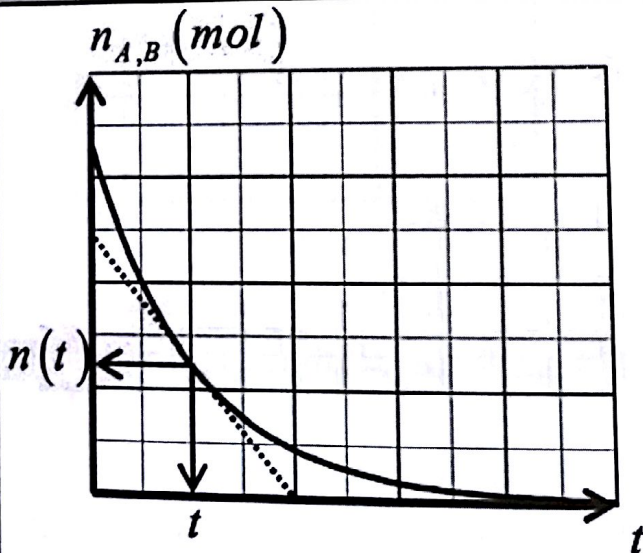
$$x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$$

8. سرعة التفاعل:



سرعة اختفاء A أو B

سرعة تشكل C أو D

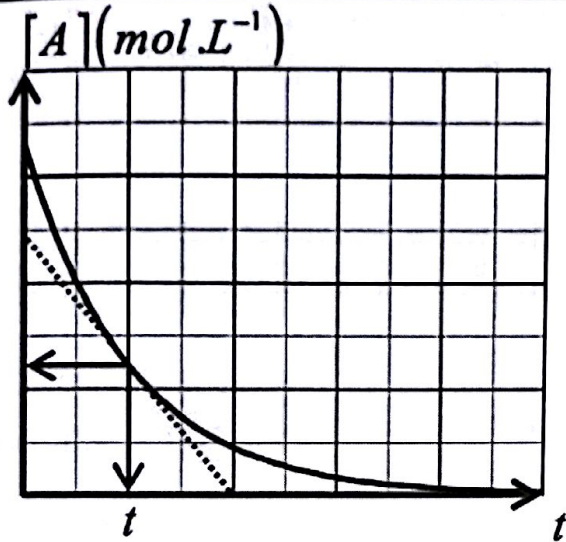


$$v_{A,B} = -\frac{dn_{A,B}}{dt}$$

السرعة اللحظية
تمثل ميل المماس
عند اللحظة t

$$v_{C,D} = \frac{dn_{C,D}}{dt}$$

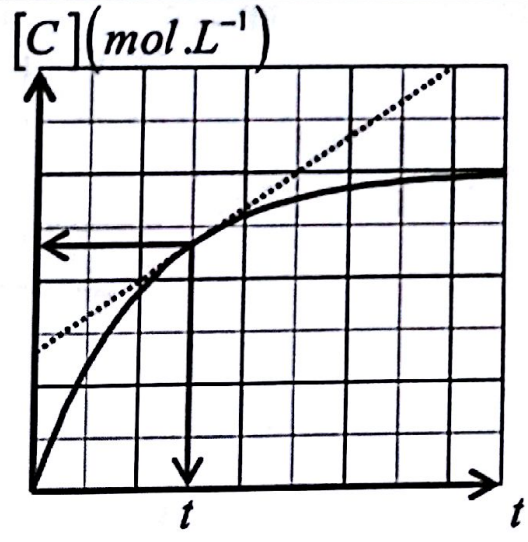
السرعة الحجمية لاختفاء A أو B



$$v_{vol} = -\frac{d[A]}{dt}$$

السرعة الحجمية
تمثل ميل المماس
عند اللحظة t

السرعة الحجمية لتشكيل C أو D



$$v_{vol} = \frac{d[C]}{dt}$$

ملاحظات

- وحدة السرعة المتوسطة واللحظية

للتشكل أو الاختفاء هي (mol / s).

- وحدة السرعة الحجمية هي:

$$(mol.L^{-1}.s^{-1})$$

- العلاقة بين سرعة التفاعل والسرعة اللحظية
للتشكل والاختفاء هي:

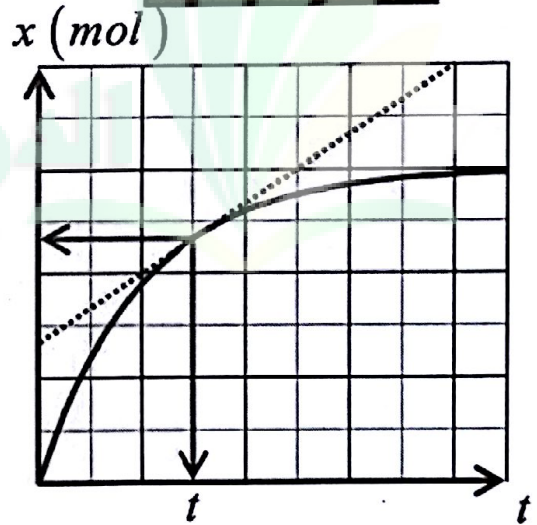
$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{v_A}{\alpha} = \frac{v_B}{\beta} = \frac{v_C}{\gamma} = \frac{v_D}{\delta}$$

العوامل الحركية:

نسمي عاملا حركيا كل ما يغير في سرعة
التفاعل وهي:

- 1- درجة الحرارة.
- 2- التراكيز المولية للمتفاعلات.
- 3- الوسيط

سرعة التفاعل



$v = \frac{dx}{dt}$ تمثل ميل المماس عند اللحظة t

السرعة الحجمية للتفاعل: $v_{vol} = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$

تمارين حول: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي

التمرين 01:

- عرف المفاهيم التالية:

- المؤكسد (Ox) - المرجع (Red) - تفاعل الأكسدة الارجاعية - المتفاعل المحد

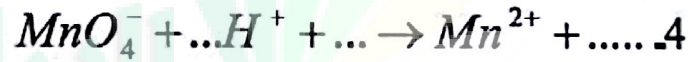
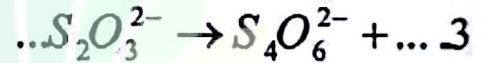
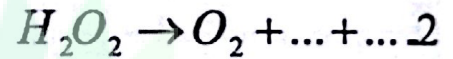
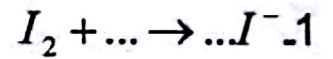
- التقدم النهائي x_r - التقدم الأعظمي x_{max} - زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$

- السرعة الحجمية للتفاعل.

التمرين 02:

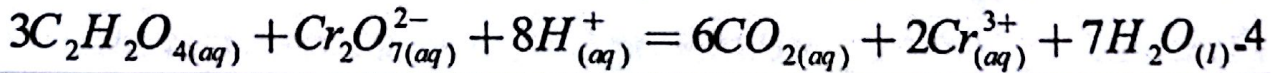
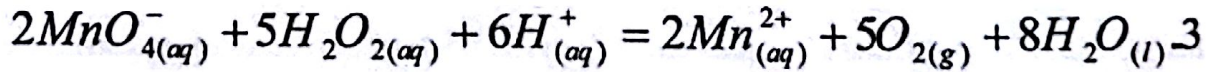
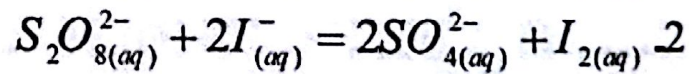
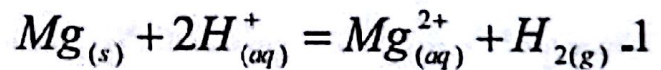
- أتم المعادلات النصفية التالية، مبينا نوعها (نصفية للأكسدة أو نصفية للإرجاع) ثم استنتج

الثانية (Ox/Red).



التمرين 03:

استنتج الثنائيتين (Ox/Red) الداخلتين في كل تفاعل:



التمرين 04:

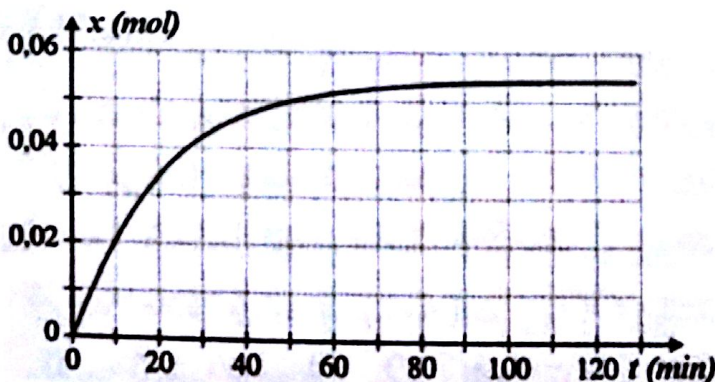
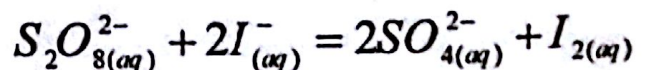
يمثل البيان التالي تغيرات تقدم التفاعل

بدلالة الزمن $x = f(t)$ لتفاعل شوارد

البيروكسوديكبريتات مع شوارد اليود في

محلول مائي حجمه $V = 1L$.

معادلة التفاعل هي:



1. أنجز جدولاً لتقدم هذا التفاعل.
2. حدد قيمة سرعة التفاعل عند اللحظتين: $t = 0$ و $t = 50 \text{ min}$.
3. أعط تفسيراً لتطور سرعة التفاعل.
4. حدد زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

التمرين 05:

خلال التتبع الزمني للتحويل الكيميائي بين شوارد البيروكسوديكبريتات مع شوارد اليود في محلول مائي حجمه V والنموذج بالمعادلة التالية: $S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$. مكنت معايرة كمية مادة ثنائي اليود المتشكلة من رسم المنحنى البياني التالي:

1. أنجز جدولاً لتقدم التفاعل.

2. جد عبارة التقدم x عند اللحظة t بدلالة $[I_2]$

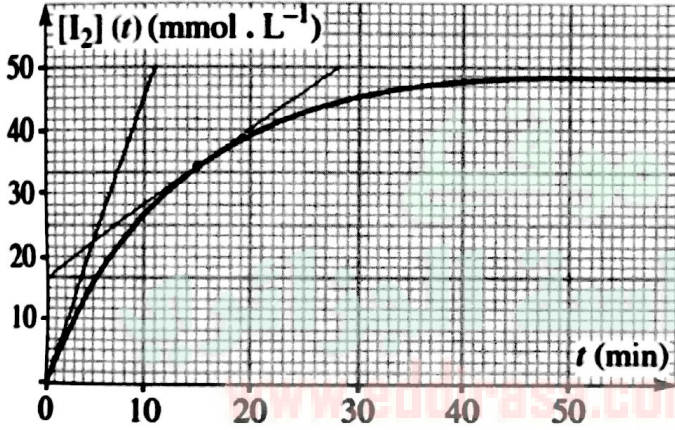
3. استنتج عبارة السرعة الحجمية للتفاعل

بدلالة تركيز ثنائي اليود $[I_2]$

4. باستغلال البيان حدد السرعة الحجمية

للتفاعل عند اللحظتين: $t = 0$

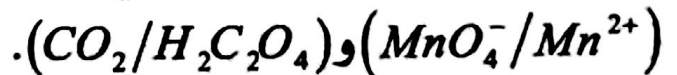
و $t = 15 \text{ min}$.



التمرين 06:

لتتبع التحويل الكيميائي التام والبطيء لتفاعل حمض الأكساليك ($H_2C_2O_4$) مع شوارد البرمنغنات ($MnO_4^-(aq)$) نقوم بمزج حجما $V_1 = 50 \text{ mL}$ من محلول (S_1) لحمض الأكساليك تركيزه المولي $C_1 = 0,18 \text{ mol.L}^{-1}$ مع حجما $V_2 = 50 \text{ mL}$ من محلول (S_2) لبرمنغنات البوتاسيوم تركيزه المولي $C_2 = 0,08 \text{ mol.L}^{-1}$.

1. إذا علمت أن الثنائيتين الداخلتين في التفاعل هما:



أكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع، ثم استنتج معادلة الأكسدة الإرجاعية.

2. أنجز جدولاً لتقدم التفاعل.

3. حدد المتفاعل المعد، والتقدم الأعظمي x_{\max} .

4. جد العلاقة بين كمية مادة غاز CO_2 والتقدم x .

نتتبع تطور حجم غاز CO_2 المنطلق عند درجة حرارة ثابتة فنحصل على النتائج التالية:

الوحدة الأولى: _____ ص 12 _____ المتابعة الزمنية لتحويل كيميائي في وسط مائي

$t(s)$	0	50	100	150	200	250	300	400	500	750
$V_{CO_2}(mL)$	0	36	64	86	104	120	132	154	170	200
$x(10^{-4}.mol)$										

5. إذا علمت أن الحجم المولي في شروط التجربة هو: $V_M = 25L.mol^{-1}$ ، أكمل الجدول السابق.

6. أرسم البيان $x = f(t)$ بالاعتماد على سلم الرسم التالي:

$$\begin{cases} 1cm \rightarrow 10^{-4}.mol \\ 1cm \rightarrow 100s \end{cases}$$

7. احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t_1 = 0s$ و $t_2 = 250s$.

8. استنتج السرعة الحجمية لتشكيل شوارد $(Mn_{(aq)}^{2+})$ عند نفس اللحظتين السابقتين.

التمرين 07:

يباع الماء الأكسجيني في الصيدليات، ويستعمل كمطهر. إن الماء الأكسجيني يتحلل ببطء ليعطي غاز الأكسجين وفق التفاعل التالي: $2H_2O_{2(aq)} = O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

لدراسة حركية تحلل الماء الأكسجيني نضع في كأس حجما $V_0 = 100mL$ من محلول الماء الأكسجيني تركيزه $C_0 = 6 \times 10^{-2} mol / L$ عند اللحظة $t = 0$ ، وبطريقة مناسبة نعاير في لحظات مختلفة تركيز الماء الأكسجيني المتبقي في المحلول. يعطي الجدول النتائج المحصل عليها خلال التجربة:

$t(min)$	0	5	10	15	20	25	30	40	60
$[H_2O_2]10^{-2} mol / L$	6,0	4,7	3,8	3,0	2,3	1,8	1,5	0,90	0,28
$x(mol)$									

1. أنشئ جدولا لتقدم التفاعل، ثم استنتج العلاقة بين $n_0(H_2O_2)$ كمية مادة الماء الأكسجيني عند اللحظة $t = 0$ و $n(H_2O_2)$ كمية مادة الماء الأكسجيني عند اللحظة t والتقدم x .

2. احسب مقدار التقدم x بالنسبة لمختلف اللحظات المسجلة في الجدول.

3. أرسم البيان $x = f(t)$ باستعمال سلم الرسم التالي:

$$\begin{cases} 1cm \rightarrow 0,5m.mol \\ 1cm \rightarrow 5min \end{cases}$$

4. احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين $t = 5min$ و $t = 30min$ ، ماذا تستنتج؟

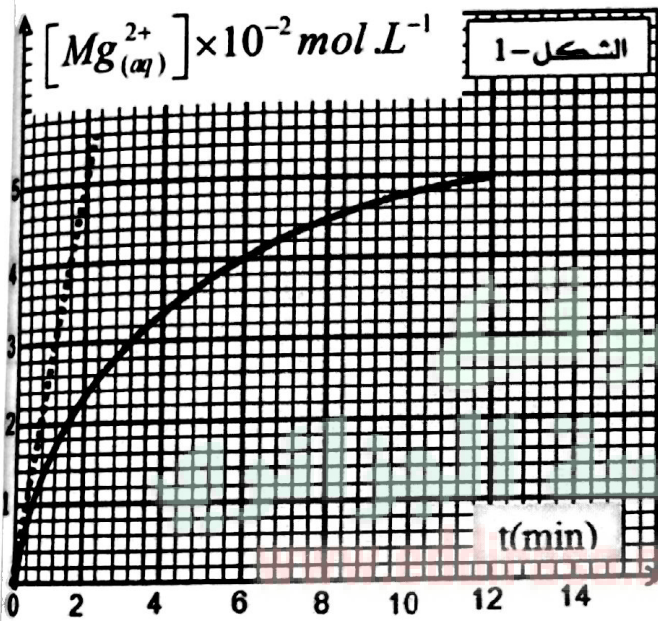
5. عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، ثم استنتج قيمته.

التمرين 08:

لدراسة سرعة تشكيل شاردة المغنيزيوم $Mg_{(aq)}^{2+}$ ، نجري تفاعل لمحلول حمض كلور الماء
 مع معدن المغنيزيوم $Mg_{(s)}$ ، فينتج غاز ثنائي الهيدروجين، و تشكل
 شوارد $Mg_{(aq)}^{2+}$ وفق المعادلة التالية: $Mg_{(s)} + 2H_{(aq)}^+ = Mg_{(aq)}^{2+} + H_{2(g)}$
 عند اللحظة $t = 0$ ، نضع $1,0g$ من المغنيزيوم الصلب في حجم $V = 30mL$ من محلول
 حمض كلور الماء، تركيزه المولي $C = 0,10mol / L$.

1. ا- حدد الثنائيتين (Ox / Red) الداخلتين في التفاعل، مع كتابة المعادلتين النصفيتين.
 ب- أنجز جدول تقدم التفاعل، ثم استنتج المتفاعل المحد.

ج- استنتج تركيز شاردة $Mg_{(aq)}^{2+}$ عند نهاية التفاعل.



2. بمتابعة تطور شاردة $H_{(aq)}^+$ خلال الزمن ،
 واستنتاج التركيز المولي لشاردة $Mg_{(aq)}^{2+}$
 نحصل على البيان الموضح في الشكل-1.

أ- هل ينتهي التفاعل عند $t = 12 min$ ؟ علل.
 ب- عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، ثم استنتج
 قيمته.

ج- أعط التركيب المولي للوسط التفاعلي
 عند اللحظة $t = 2,8 min$.

د- اعتمادا على البيان استنتج السرعة

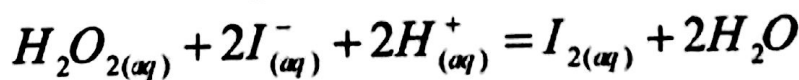
الحجمية لتشكيل $Mg_{(aq)}^{2+}$ عند اللحظة $t = 0$.

يعطى: $M (Mg) = 24g / mol$

التمرين 09:

- نقترح دراسة حركية تحول بطيء لتفكك الماء الأكسجيني بشوارد اليود، بوجود حمض
 الكبريت، نعتبر التحول تام.

- معادلة التفاعل المنمذجة لتحول الأوكسدة - الإرجاعية هي:



1- الدراسة النظرية للتفاعل:

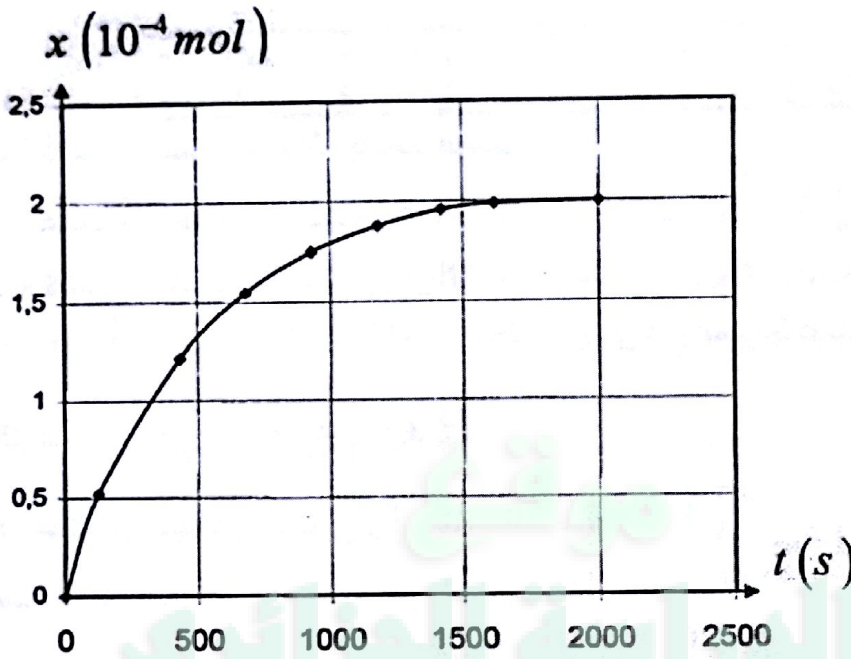
أ- أعط تعريف المؤكسد والمرجع.

ب- حدد الثنائيتين (Ox / Red) للتفاعل السابق، مع كتابة المعادلتين النصفيتين لهما.

2- متابعة التفاعل:

عند اللحظة $t = 0$ ، فمزج 20mL من محلول يود البوتاسيوم ($K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$) تركيزه $0,10\text{mol} / L$ ، حمض بكمض الكبريت بالزيادة و $8,0\text{mL}$ من الماء و $2,0\text{mL}$ من الماء الأكسجيني تركيزه $0,10\text{mol} / L$.
 أ- هل المزيج الابتدائي ستوكيومتري؟
 ب- شكل جدول تقدم التفاعل.

ج- أعط العلاقة بين التركيز المولي: $[I_{2(aq)}]$ والتقدم x للتحويل.



د- حدد التقدم الأعظمي x_{max} للتفاعل، ثم استنتج القيمة النظرية لتركيز ثنائي اليود المتشكل عند انتهاء التحويل.

3- استغلال النتائج:

المنحنى المرفق يمثل تغيرات تقدم التفاعل x للتحويل بدلالة الزمن.

أ- أعط التركيب المولي للمزيج عند اللحظة $t = 300\text{s}$.
 ب- كيف تتغير سرعة التفاعل بمر إجابتك؟

ج- عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، ثم استنتج قيمته بيانياً.

التمرين 10:

ندرس السرعة الحجمية لتفكك الماء الأكسجيني (H_2O_2) بوجود وسيط وهو محلول يحتوي على شوارد الحديد III.

نمذج التحويل الكيميائي الحاصل بالمعادلة التالية: $2H_2O_{2(aq)} = 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$

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

2- لدراسة تطور هذا التفاعل نحضر حجماً $V_0 = 10\text{mL}$ من الماء الأكسجيني التجاري تركيزه المولي C في بيشر، نمدهه بإضافة حجماً $V_1 = 88\text{mL}$ من الماء المقطر. عند اللحظة $t = 0\text{min}$ نضيف لهما حجماً $V_2 = 2\text{mL}$ من الوسيط.

أ- بين أن التركيز المولي الابتدائي للماء الأكسجيني في المزيج هو: $[H_2O_2]_0 = \frac{C}{10}$.

ب- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل.

ج- أكتب عبارة التركيز المولي للماء الأكسجيني $[H_2O_2]$ في المزيج خلال التفاعل بدلالة $[H_2O_2]_0$ ، حجم المزيج V_T وتقدم التفاعل x .

3. لمتابعة تركيز الماء الأكسجيني بدلالة الزمن، نأخذ في أزمنة مختلفة عينات من المزيج حجمها $V' = 10\text{mL}$ نبردها مباشرة بالماء البارد و نعايرها بمحلول برمنغنات البوتاسيوم $(K_{(aq)}^+ + MnO_{4(aq)}^-)$ المحمض تركيزه المولي $C_3 = 2 \times 10^{-2} \text{mol} / L$ ونسجل الحجم اللازم لاستقرار اللون البنفسجي لمحلول برمنغنات البوتاسيوم فنحصل على جدول القياسات التالي:

$t(\text{min})$	0	10	20	30	45	60
$V_3(\text{mL})$	18,0	9,0	5,2	3,1	1,6	1,0
$[H_2O_2](\text{m.mol} / L)$						

لماذا تبرد العينات مباشرة بعد فصلها عن المزيج؟

بد علما أن إحدى الشائيتين الداخلتين في التفاعل هي: $(MnO_{4(aq)}^- / Mn_{(aq)}^{2+})$.
- أكتب المعادلتين النصفيتين الإلكترونية للأكسدة والإرجاع، ثم معادلة تفاعل المعايرة.
ج- بين أن التركيز المولي للماء الأكسجيني في العينة عند نقطة التكافؤ يعطى بالعلاقة

$$[H_2O_2] = \frac{5 C_3 V_3}{2 V'}$$

التالية:

د- أكمل الجدول السابق واستنتج التركيز المولي C للماء الأكسجيني التجاري.

هـ- أرسم على ورق ميليمتري البيان $[H_2O_2] = f(t)$ باستعمال سلم رسم مناسب، ثم حدد بيانيا زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

و- أعط عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة $[H_2O_2]$ و احسب قيمتها في اللحظة $t = 20\text{min}$.

4. نعيد التجربة السابقة باستعمال حجما $V_2 = 5\text{mL}$ من الوسيط. أرسم كيفيا في نفس المعلم المنحنى $g(t) = [H_2O_2]$.

التمرين 11:

من أجل دراسة حركية التحول الحاصل بين الشوارد $(S_2O_8^{2-})$ والشوارد (I^-) نمزج

حجما $(V_1 = 50\text{mL})$ من محلول بيروكسوديكبريتات البوتاسيوم ذي التركيز

المولي $C_1 = 2,0 \times 10^{-1} \text{mol} . L^{-1}$ مع حجم $(V_2 = 2V_1)$ من محلول يود الصوديوم ذي

التركيز المولي C_2 ، في درجة حرارة ثابتة $30^\circ C$.

أعطت متابعة تغيرات كمية مادة الشوارد $(S_2O_8^{2-})$ خلال فترات زمنية مختلفة البيان المبين في الوثيقة-1.

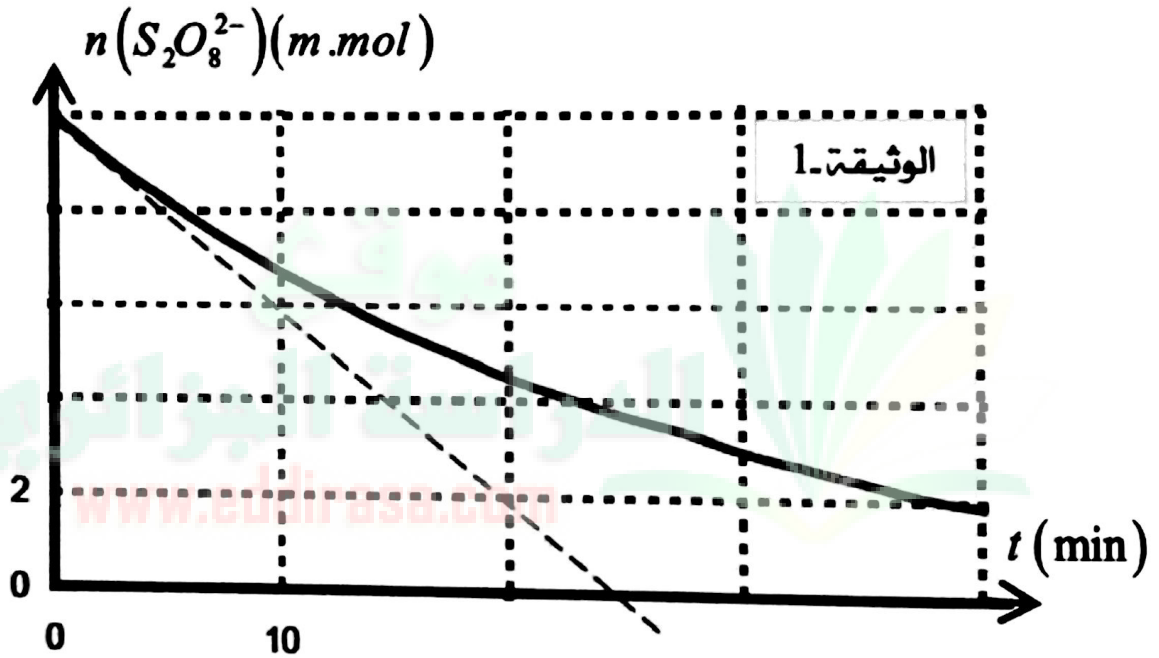
ينمذج التفاعل المدروس بالمعادلة التالية: $S_2O_8^{2-} + 2I_{(aq)}^- = 2SO_4^{2-} + I_{2(aq)}$

1. ما هو النوع الكيميائي المرجع؟ وما هو النوع الكيميائي المؤكسد؟ علل جوابك.
2. جد قيمة التركيز المولي (C_2) علما أن المزيج الابتدائي ستوكيومتري.
3. أنجز جدولاً لتقدم التفاعل.

ب. بين اعتماداً على جدول التقدم صحة العلاقة التالية: $[S_2O_8^{2-}] = \frac{C_1}{3} - \frac{1}{2}[SO_4^{2-}]$

4. اكتب عبارة السرعة الحجمية للتفاعل، ثم احسب قيمتها الأعظمية.
- ب. استنتج قيمة السرعة الحجمية لتشكّل شوارد الكبريتات SO_4^{2-} .
- ج. تناقص قيمة هذه السرعة تدريجياً مع مرور الزمن. ما هو العامل الحركي المسؤول عن هذا التناقص؟

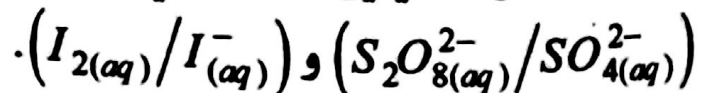
5. عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، ثم عين قيمته العددية.



التمرين 12:

نمزج عند اللحظة $t = 0$ ، حجماً V_1 من محلول مائي لبيروكسوديكبريتات البوتاسيوم $(2K^+_{(aq)} + S_2O_8^{2-}_{(aq)})$ تركيزه المولي C_1 مع حجم $V_2 = 200\text{mL}$ من محلول مائي ليود البوتاسيوم $(K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)})$ تركيزه المولي C_2 . نتابع تغيرات كمية مادة $(I^-_{(aq)})$ للتبعية في الوسط التفاعلي في لحظات زمنية مختلفة، فتحصلنا على بيان الوثيقة 01.

1. إذا علمت أن الثنائيتين الداخلتين في التحول الكيميائي الحاصل هما:



2. اكتب معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية المنمذجة للتحول الكيميائي الحاصل. بد أنجز جدول تقدم التفاعل.

2. اعتمادا على البيان:

لـ استنتاج التركيز المولي C_2 لمحلول يود البوتاسيوم.

به حد المتفاعل المحدد علما أن التفاعل تام.

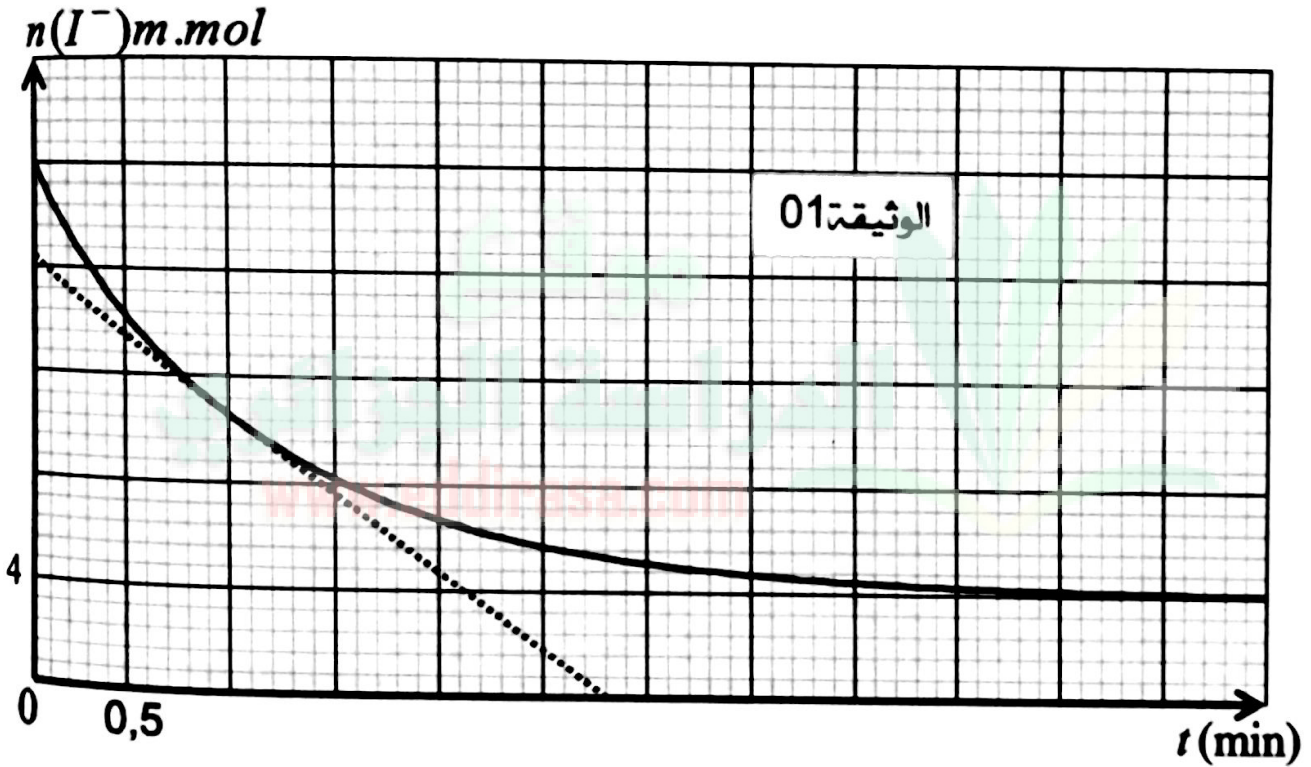
جـ استنتاج قيمة التقدم الأعظمي x_{max} .

3. لـ استنتاج بيانيا قيمة سرعة اختفاء شوارد اليود $I^-_{(aq)}$ عند اللحظة $t = 1 \text{ min}$.

به حد قيمة الحجم الكلي V_T للوسط التفاعلي علما أن قيمة السرعة الحجمية للتفاعل عند

اللحظة $t = 1 \text{ min}$ هي $v_{vol} = 9,1 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

جـ استنتاج قيمة الحجم V_1 لمحلول بيروكسودي كبريتات البوتاسيوم وتركيزه C_1 .



4. اـ عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

بـ بين أن كمية مادة شوارد اليود $n_{I^-}(t_{1/2})$ عند اللحظة $t_{1/2}$ تعطى بالعلاقة:

$$n_{I^-}(t_{1/2}) = \frac{n_0(I^-) + n_f(I^-)}{2}$$

حيث: $n_0(I^-)$ هي كمية مادة شوارد اليود الابتدائية في الوسط التفاعلي، $n_f(I^-)$ هي كمية مادة شوارد اليود في الوسط التفاعلي عند نهاية التفاعل.

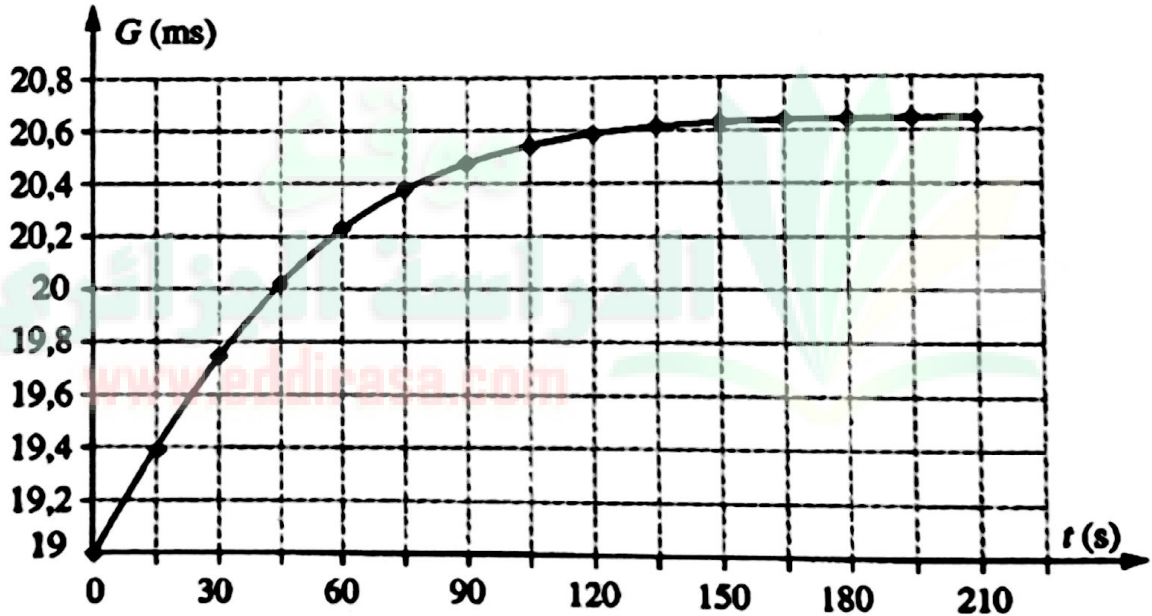
جـ استنتاج قيمة $t_{1/2}$ بيانيا.

التمرين 13:

في هذا التمرين نهتم بدراسة التفاعل أكسدة-إرجاع الحادث بين شوارد البيروكسوديكبريتات $S_2O_8^{2-}$ وشوارد اليود I^- في محلول مائي. تعطى الثنائيتين الداخليتين في التفاعل: $(S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-})$ و $(I_2(aq)/I_{(aq)}^-)$.

نضع في كأس بيشر حجما قدره $V_1 = 40mL$ من محلول بيروكسوديكبريتات البوتاسيوم $(2K_{(aq)}^+ + S_2O_8^{2-})$ تركيزه المولي $C_1 = 10^{-1} mol.L^{-1}$. عند اللحظة $t = 0$ ، نضيف للكأس حجما قدره $V_2 = 60mL$ من محلول يود البوتاسيوم $(K_{(aq)}^+ + I_{(aq)}^-)$ ذي التركيز المولي $C_2 = 1,5 \times 10^{-1} mol.L^{-1}$.

جهاز قياس الناقلية موصول بنظام معلوماتي لمعالجة المعطيات عن طريق الحاسوب، سمح بمتابعة تطور الناقلية G للمحلول خلال الزمن، فتحصلنا على البيان التالي:



- 1- أكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع.
- 2- استنتج معادلة الأكسدة الإرجاعية المنمذجة للتحويل الكيميائي الحادث.
- 3- نرمزب x لتقدم التفاعل عند اللحظة t .
أ- أنشئ جدول تقدم التفاعل.
ب- أعط عبارات التراكيز المولية لمختلف الشوارد الموجودة في الوسط التفاعلي بدلالة تقدم التفاعل x وحجم المحلول V .
- 4- نذكر بأن عبارة الناقلية G للمحلول هي:

$$G = K \left(\lambda_1 [S_2O_8^{2-}] + \lambda_2 [I^-] + \lambda_3 [SO_4^{2-}] + \lambda_4 [K^+] \right)$$

حيث λ_i تمثل الناقلية المولية الشاردية للشوارد الموجودة في المحلول و K ثابت خلية القياس

بين أن العلاقة بين الناقلية G وتقدم التفاعل x هي من الشكل: $G = \frac{1}{V}(A + Bx)$.

من أجل متابعة الدراسة نعطي في شروط التجربة قيمة الثابتين: $A = 1,9mS L$

و $B = 42mS L mol^{-1}$.

5. عرف السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة t . ثم استنتج عبارة هذه السرعة بدلالة G ثم

احسب قيمتها عند اللحظة $t = 60s$.

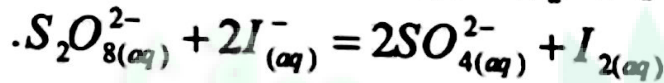
6. حدد قيمة التقدم الأعظمي x_{max} للتفاعل.

7. باستغلال نتيجة السؤال السابق حدد اللحظة التي عندها يمكن اعتبار عمليا أن التفاعل قد

انتهى.

التمرين 14:

أكسدة شوارد اليود (I^-) بواسطة شوارد البيروكسوديكبريتات ($S_2O_8^{2-}$)، هو تفاعل تام ويطيء، وهذا التحول الكيميائي يتمذج بمعادلة التفاعل الكيميائية التالية:



نمزج عند اللحظة $t = 0s$ ، حجما $V_1 = 40mL$ من محلول مائي ليود البوتاسيوم (KI)

تركيزه المولي $C_1 = 0,20mol L^{-1}$ مع حجم $V_2 = 40mL$ من محلول

بيروكسوديكبريتات البوتاسيوم ($K_2S_2O_8$)، تركيزه المولي $C_2 = 0,05mol L^{-1}$.

وبالاعتماد على طريقة تجريبية مناسبة نتتبع تطور تشكل كمية مادة اليود (I_2) بدلالة الزمن t .

1. احدد الثنائيتين (Ox/Red) الداخلتين في التفاعل.

بـ حدد كمية المادة الابتدائية للمتفاعلات مع احترام الترميز n_{01} و n_{02} .

جـ أنجز جدول تقدم التفاعل.

دـ حدد المتفاعل المحد والتقدم الأعظمي

x_{max} .

2. بالاعتماد على النتائج التجريبية خلال

الخمسين دقيقة الأولى من التجربة

تمكنا من رسم المنحنى $x = f(t)$

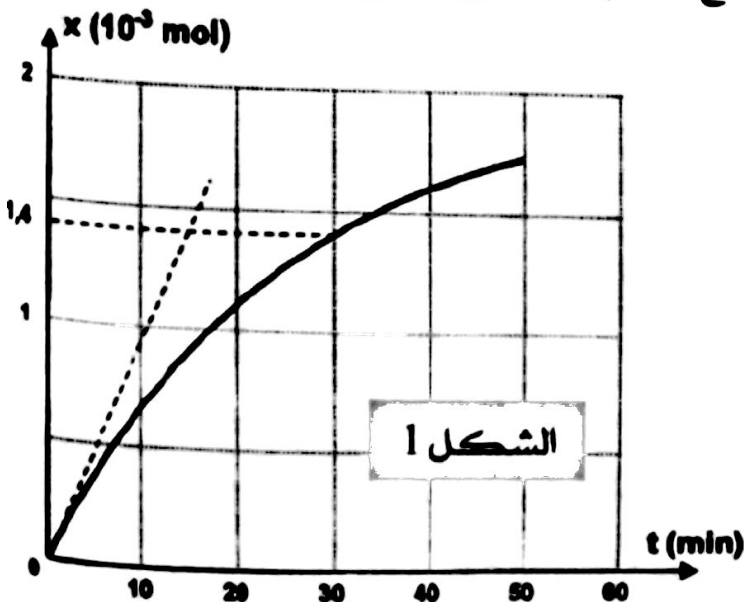
الممثل في الشكل 01.

أـ بين بالاعتماد على البيان أن التفاعل لم

يتوقف بعد عند اللحظة $t = 30min$.

بـ جد التركيب المولي للمزيج عند

اللحظة $t = 30min$.



- جـ- استنتج زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.
- د- أحسب سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 0 \text{ min}$.
- 4- نعيد نفس التجربة السابقة ، و لكن باستعمال محلول يود البوتاسيوم تركيزه المولي $C_1' = 0,40 \text{ mol L}^{-1}$.
- ارسم المنحني $x = f(t)$ على نفس الشكل-01.

التمرين 15:

تتوفر في اللحظة $t = 0 \text{ s}$ على مزيج ستوكيومتري من شوارد البيروكسوديكبريتات $S_2O_8^{2-}$ وشوارد اليود I^- ، يحدث تحول كيميائي بين الشاردين عند درجة الحرارة $\theta = 25^\circ \text{C}$. جدول النتائج المرفق يبين تطور كمية مادة البيروكسوديكبريتات بدلالة الزمن t .

$t \text{ (min)}$	0,0	2,5	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0
$n(S_2O_8^{2-}) \text{ (m.mol)}$	10,0	9,0	8,3	7,0	6,2	5,4	4,9	4,4

- 1- أكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع، ومعادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية العاثة. تعطى الشانيتين الداخلتين في التفاعل: $(S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-})$ و (I_2/I^-) .
- 2- استنتج كمية المادة الابتدائية للمتفاعلات.
- 3- أنشئ جدول تقدم التفاعل.
- 4- أرسم البيان الممثل لتغيرات كمية مادة $S_2O_8^{2-}$ بدلالة الزمن.
- 5- جد التركيب المولي للمزيج عند اللحظة $t = 7,5 \text{ min}$.
- 6- أحسب سرعة إختفاء شوارد البيروكسوديكبريتات عند اللحظة $t = 7,5 \text{ min}$.
بد استنتج سرعة إختفاء شوارد اليود عند اللحظة $t = 7,5 \text{ min}$ ، مع التعليل.
جـ- استنتج قيمة سرعة التفاعل عند نفس اللحظة السابقة وكيف تتغير خلال هذا التحول؟ ولماذا؟
- 7- استنتج زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، وكيف تتغير قيمته إذا أجريت التجربة عند 100°C .

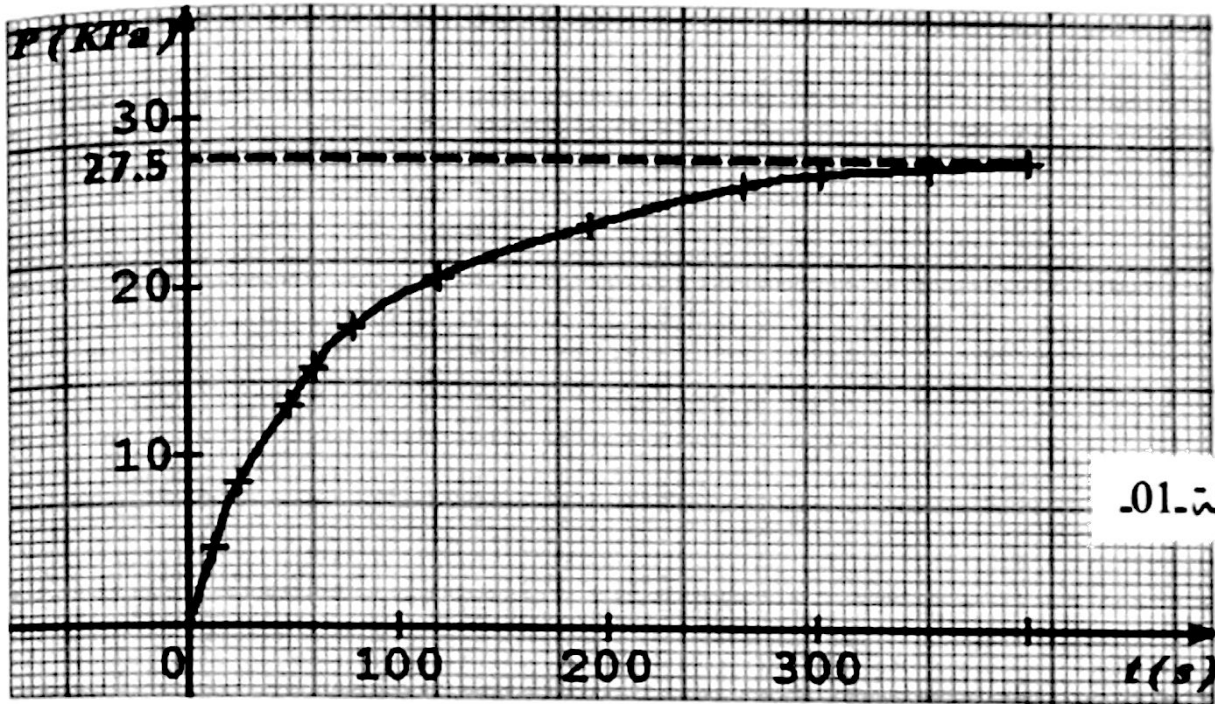
التمرين 16:

ندخل في قارورة سعتها $V = 1,4 \text{ L}$ مفرغة من الهواء حجما $V = 50 \text{ mL}$ من محلول حمض الإيثانويك $CH_3COOH_{(aq)}$ تركيزه المولي $C = 1,0 \text{ mol L}^{-1}$ ، و $m = 1,26 \text{ g}$ من هيدروجينوكربونات الصوديوم $(Na^+ + HCO_3^-)$. نقوم بخلق القارورة وربطها مباشرة بجهاز لقياس ضغط الغاز المنطلق خلال التفاعل.
نعتبر تفاعل حمض الإيثانويك مع هيدروجينوكربونات الصوديوم تحولا تاما و ينمذج بالمعادلة التالية:

$$CH_3COOH_{(aq)} + HCO_3^-_{(aq)} = CH_3COO^-_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

الوحدة الأولى ص 21 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي

نتابع هذا التحول وذلك بتسجيل قيم ضغط الغاز المنطلق خلال كل لحظة t عند الدرجة $\theta = 25^\circ\text{C}$ ، وبالاستعانة ببرمجية خاصة تحصلنا على المنحنى التالي:



1- حدد كمية المادة الابتدائية للمتفاعلات.

2- ما نوع وصنف هذا التفاعل؟

3- من خلال جدول تقدم التفاعل لهذا التحول جد:

أ- المتفاعل المحد، والتقدم الأعظمي.

ب- كمية المادة النظرية لثنائي أكسيد الكربون في الحالة النهائية.

4- بالاعتماد على البيان:

هل يمكن اعتبار اللحظة $t = 400\text{s}$ لحظة نهاية التفاعل؟ علل.

5- بين أن عبارة سرعة التفاعل المدروس يمكن كتابتها على الشكل التالي: $v = A \times \frac{dP}{dt}$

حيث A ثابت يطلب تعيين قيمته و وحدته. أحسب سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 100\text{s}$.

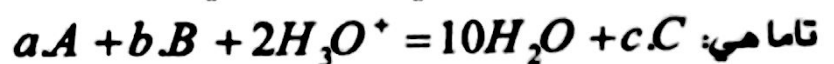
6- كيف سيكون شكل المنحنى الممثل للضغط بدلالة الزمن في الحالة:

$C' = 2,0\text{mol.L}^{-1}$ ، ونبقي $\theta = 25^\circ\text{C}$ ، $m = 1,26\text{g}$ ، و $V = 50\text{mL}$

يعطى: $M(\text{NaHCO}_3) = 84\text{g/mol}$ و $R = 8,314\text{J.mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

التمرين 17:

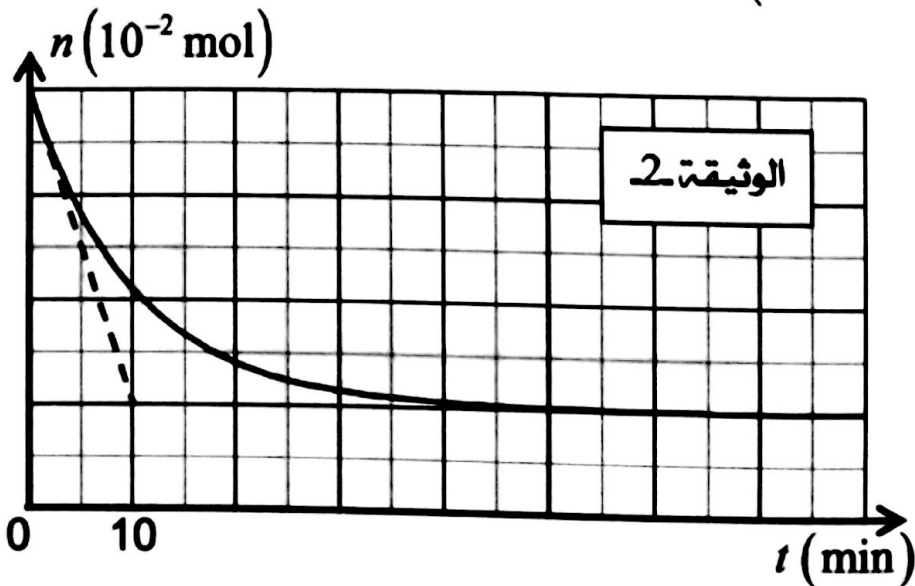
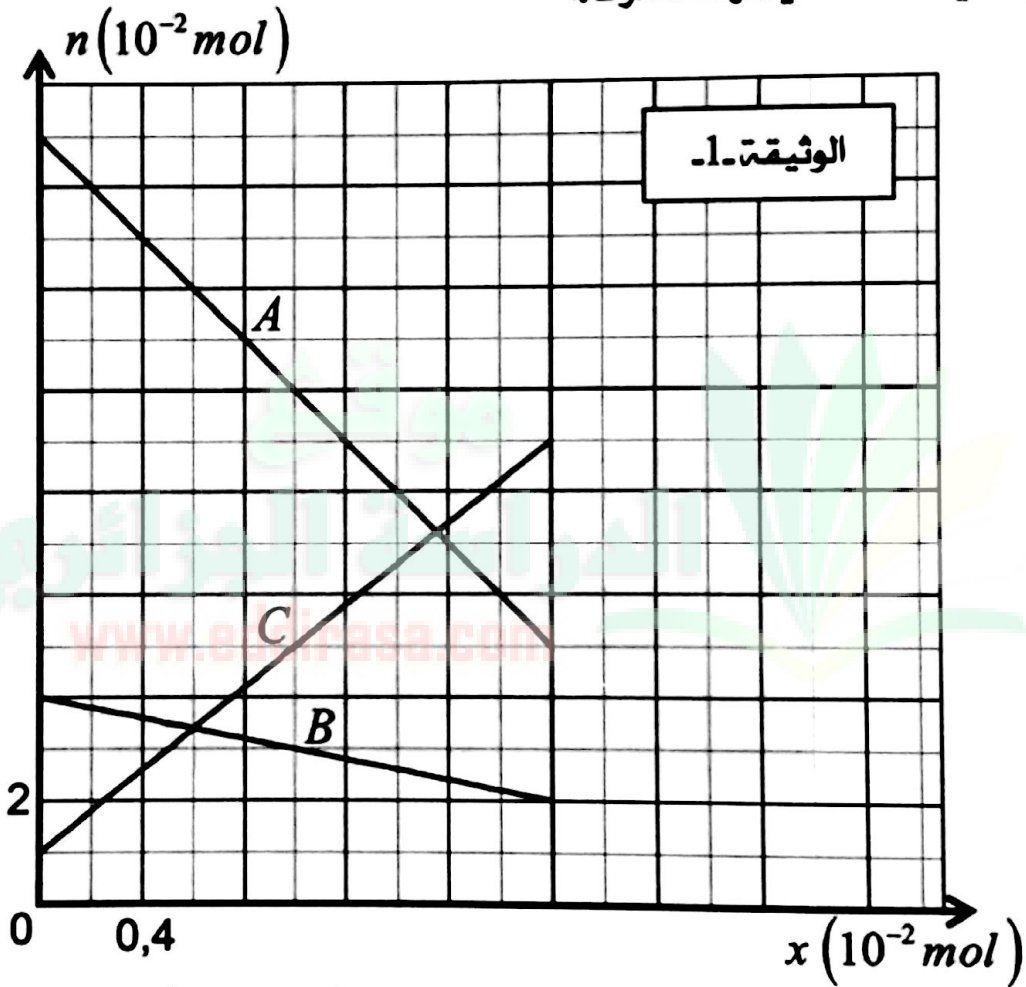
منحنى الوثيقة-1 يبين لنا تطور كمية المادة بدلالة تقدم التفاعل x ، لثلاثة أنواع كيميائية مجهولة A, B, C ، وذلك في وسط حمضي. ومعادلة التفاعل النمذجة لهذا التحول الذي نعتبره



1- حدد التركيب المولي الابتدائي للمزيج.

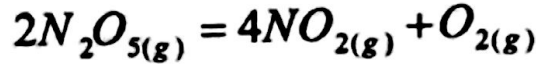
2- أنشئ جدول تقدم التفاعل.

3. حدد المعاملات الستوكيومترية a, b, c .
4. حدد المتفاعل المحد وذلك بطريقتين مختلفتين.
5. منحنى الوثيقة 2 يمثل تطور كمية مادة أحد الأنواع الكيميائية المجهولة بدلالة الزمن t .
 لـ بين أن هذا التحول بطيء.
 بـ ما هو النوع الكيميائي المعني في الوثيقة 2؟ علل.
 جـ ضع سلما مناسباً للمحور العمودي الخاص بالوثيقة 2.
 دـ جد عبارة السرعة اللحظية للتفاعل بدلالة كمية مادة هذا النوع الكيميائي.
 هـ حدد بيانياً القيمة الأعظمية لهذه السرعة.



بنيتا أوكسيد الأزوت (N_2O_5) مركب غازي ينبعث من المصانع والسيارات والبراكين.... إلخ، ويساهم في تلويث الجو وزيادة حموضة الأمطار.

يتفكك هذا الغاز عند الدرجة $45^\circ C$ ($318^\circ K$) ذاتيا وفق المعادلة التالية:



من أجل تحقيق المتابعة الزمنية لهذا التحول البطيء، والتام، نضع كمية من غاز N_2O_5 في حوجلة سعتها (500mL) مسدودة بإحكام ومتصلة بجهاز قياس الضغط الذي يشير عند

اللحظة $t = 0$ إلى القيمة: $P_0 = 4,638 \times 10^4 \text{ Pa}$.

تُعطي القراءات المتواصلة للضغط الموافق في لحظات زمنية متتالية وعند الدرجة $45^\circ C$ النتائج التجريبية التالية:

$t (s)$	0	10	20	40	60	80	100
(P/P_0)	1,000	1,435	1,703	2,047	2,250	2,358	2,422

1- احسب كمية المادة الابتدائية (n_0) لغاز N_2O_5 المحصور داخل الحوجلة. بد أنشئ جدول التقدم الموافق للتفاعل الحادث.

ج- احسب قيمة التقدم الأعظمي x_{\max} .

2- لتكن n_g كمية المادة الكلية للغازات المتواجدة في الحوجلة.

أ- بالاستعانة بجدول التقدم عبر عن قيمة الكمية n_g بدلالة كمية المادة n_0 والتقدم x .

ب- برهن بتطبيق قانون الغازات المثالية صحة العلاقة التالية: $\frac{P}{P_0} = 1 + \frac{3x}{n_0}$.

ج- احسب قيمة المقدار $\frac{P_{\max}}{P_0}$ حيث P_{\max} يمثل قيمة الضغط الأعظمي المقاس أثناء هذا التحول

الكيميائي.

د- هل انتهى التحول عند اللحظة $t = 100\text{s}$ ؟ برر إجابتك.

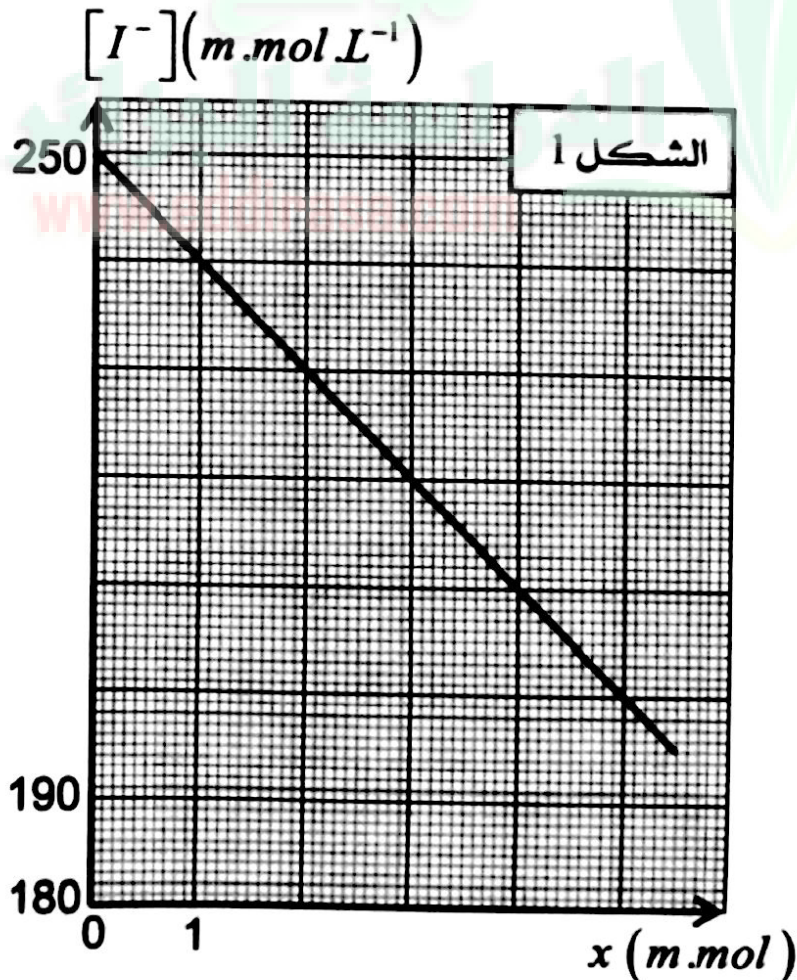
3- أرسم على ورقة مليمتريه المنحنى البياني $\frac{P}{P_0} = f(t)$ باستعمال سلم رسم مناسب

بد عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، ثم عين قيمته بيانيا.

يعطى: $R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

في اللحظة $t = 0$ نشكل خليطا حجمه V ، يحتوي على $n_0 = 10 \text{ m.mol}$ من شوارد البيروكسوديكبريتات $S_2O_8^{2-}(\text{aq})$ وكمية مادة n'_0 من شوارد اليود $I_2(\text{aq})$ ، فتابع تطور الجملة الكيميائية عند درجة حرارة ثابتة 25°C . المنحنى البياني المبين في الشكل 1: $[I^-] = f(x)$ حيث x تقدم التفاعل.

1. اكتب معادلة التفاعل المنمذجة للتحويل الكيميائي الحادث، علما أن ناتج التحويل هو ثنائي اليود $I_2(\text{aq})$ وشوارد الكبريتات $SO_4^{2-}(\text{aq})$.
2. كيف يمكن كيميا التبرير أن الجملة الكيميائية تتطور؟
3. أنجز جدولاً لتقدم هذا التفاعل.
4. جد عبارة $[I^-]$ بدلالة x ، n'_0 و V ، و بين أنه يمكن كتابتها على الشكل: $[I^-] = ax + b$. ثم استنتج عبارة: a و b .
5. بالاعتماد على المنحنى البياني جد كل من: حجم الوسط التفاعلي V وكمية المادة n'_0 .
6. من هو المتفاعل المحد؟ علل جوابك.



حلول التمارين: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي

حل التمرين 01

- مفهوم المؤكسد (Ox): هو كل فرد كيميائي (ذرة، شاردة، جزيء) قادر على اكتساب إلكترون أو أكثر خلال تحول كيميائي.
- مفهوم المرجع (Red): هو كل فرد كيميائي (ذرة، شاردة، جزيء) قادر على فقد إلكترون أو أكثر خلال تحول كيميائي.
- التفاعل أكسدة إرجاع: هو تفاعل يتم خلاله انتقال إلكترون أو أكثر من مرجع الثانية الأولى (Ox_1/Red_1) إلى مؤكسد الثانية الثانية (Ox_2/Red_2) أو من مرجع الثانية الثانية إلى مؤكسد الثانية الأولى.
- المتفاعل المحد: هو المتفاعل الذي تستهلك كمية مادته قبل كل المتفاعلات.
- التقدم النهائي x_r : هو قيمة التقدم x عند نهاية التفاعل.
- التقدم الأعظمي x_{max} : هو قيمة التقدم x الموافقة للاختفاء التام للمتفاعل المحد.
- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$: هو الزمن اللازم لاستهلاك نصف كمية مادة المتفاعل المحد.

السرعة الحجمية للتفاعل: هي سرعة التفاعل في وحدة الحجم وعبارتها $v_{vol} = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$

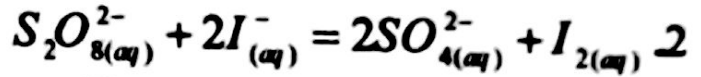
حل التمرين 02

1. $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$ المعادلة النصفية للإرجاع (I_2/I^-)
2. $H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2H^+ + 2e^-$ المعادلة النصفية للأكسدة (O_2/H_2O_2)
3. $2S_2O_3^{2-} \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2e^-$ المعادلة النصفية للأكسدة ($S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$)
4. $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ المعادلة النصفية للإرجاع (MnO_4^-/Mn^{2+})
5. $H_2C_2O_4 \rightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-$ المعادلة النصفية للأكسدة ($CO_2/H_2C_2O_4$)

حل التمرين 03

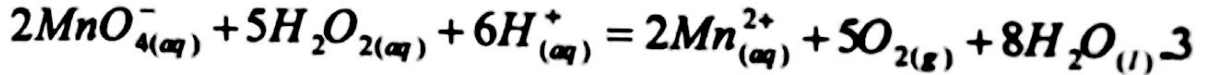
1. $Mg_{(s)} + 2H^+_{(aq)} = Mg^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$
- المعادلة النصفية للأكسدة: $Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$ ($Mg^{2+}_{(s)}/Mg_{(s)}$)

$(H^+_{(aq)}/H_{2(g)})$ $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$: للمعادلة النصفية للإرجاع:

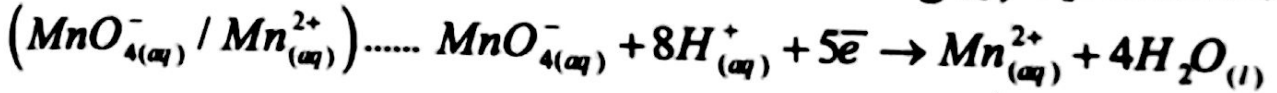


$(S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-})$ $S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightarrow 2SO_4^{2-}$: للمعادلة النصفية للإرجاع:

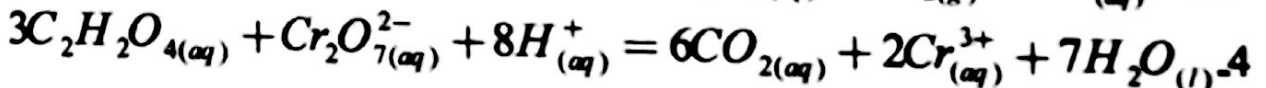
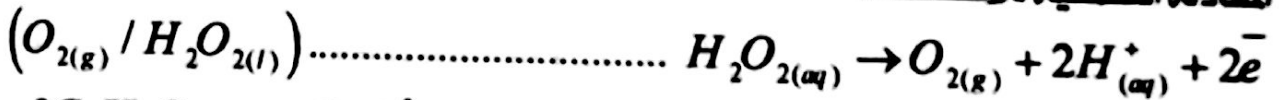
(I_2/I^-) $2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$: للمعادلة النصفية للأكسدة:



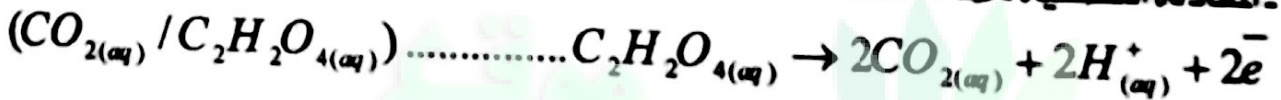
للمعادلة النصفية للإرجاع:



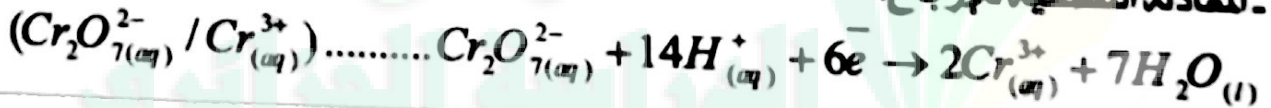
للمعادلة النصفية للأكسدة:



للمعادلة النصفية للأكسدة:



للمعادلة النصفية للإرجاع:

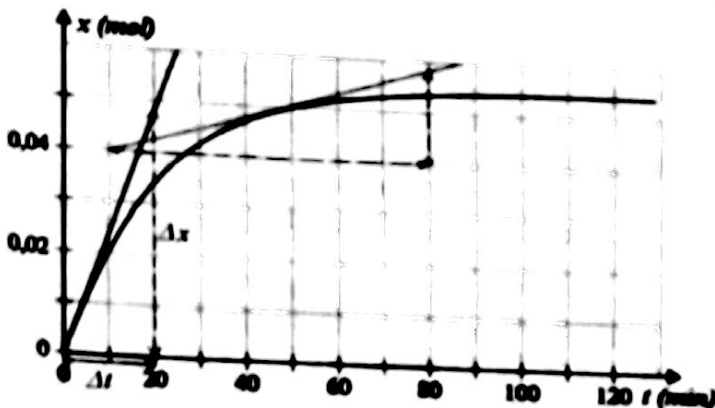


حل التمرين 04

1. جدول تقدم التفاعل

التقدم	$S_2O_8^{2-} + 2I^- = 2SO_4^{2-} + I_2$			
$x = 0$	n_{01}	n_{02}	0	0
$x(t)$	$n_{01} - x(t)$	$n_{02} - 2x(t)$	$2x(t)$	$x(t)$
x_f	$n_{01} - x_f$	$n_{02} - 2x_f$	$2x_f$	x_f

2. سرعة التفاعل عند اللحظتين: $t = 0$ و $t = 50 \text{ min}$:



عبارة سرعة التفاعل هي: $v = \frac{dx}{dt}$

حيث $\frac{dx}{dt}$ يمثل ميل المماس للمنحنى

عند اللحظة t .

$$v_0 = \frac{0,048}{20} = 2,4 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \text{ ومنه:}$$

$$v_{50} = \frac{0,018}{70} = 2,57 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \text{ و}$$

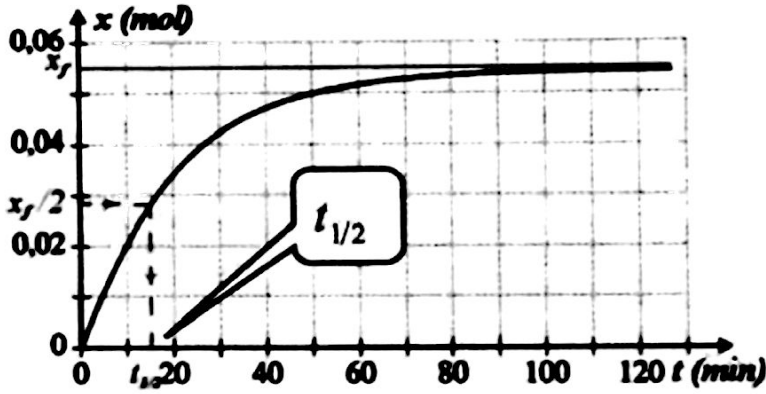
3- نلاحظ أن $v_0 > v_{50}$ أي سرعة التفاعل تتناقص مع الزمن، وهذا يرجع إلى تناقص تركيز المتفاعلات مع الزمن بسبب استهلاكها.

4- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

هو المدة الزمنية اللازمة لبلوغ التفاعل

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

ومن المنحنى نقرأ $t_{1/2} = 15 \text{ min}$.



حل التمرين 05

1- جدول تقدم التفاعل:

التقدم	$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I_2^-(aq) = 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$			
$x = 0$	n_{01}	n_{02}	0	0
$x(t)$	$n_{01} - x(t)$	$n_{02} - 2x(t)$	$2x(t)$	$x(t)$
x_f	$n_{01} - x_f$	$n_{02} - 2x_f$	$2x_f$	x_f

2- عبارة التقدم x عند اللحظة t بدلالة $[I_2]$:

من جدول التقدم عند اللحظة t لدينا: $n(I_2) = x$ وبالقسمة على نفس حجم الوسط

$$\text{التفاعلي } V \text{ نحصل على } [I_2] = \frac{x}{V} \text{ ومنه: } x = [I_2]V.$$

3- عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة تركيز ثنائي اليود $[I_2]$:

$$\text{عبارة السرعة الحجمية للتفاعل هي: } v_{\text{vol}} = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} \text{ ولدينا مما سبق } x = [I_2]V$$

$$\text{وباشتقاق هذه العبارة الأخيرة بالنسبة للزمن } t \text{ نجد: } \frac{dx}{dt} = V \cdot \frac{d[I_2]}{dt}$$

$$\text{وعليه: } v_{\text{vol}} = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} = \frac{d[I_2]}{dt} \text{ حيث } \frac{d[I_2]}{dt} \text{ تمثل ميل المماس للمنحنى عند اللحظة } t.$$

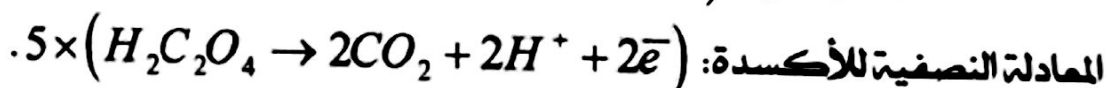
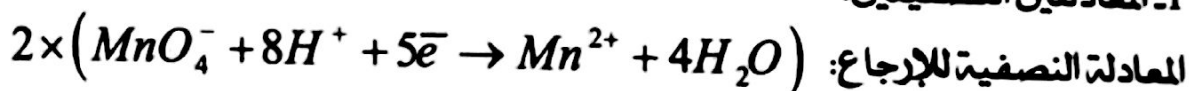
4. السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين: $t = 0$ و $t = 15 \text{ min}$:

$$v_{\text{vol}}(0) = \frac{50}{11} = 4,5 \text{ mol } L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

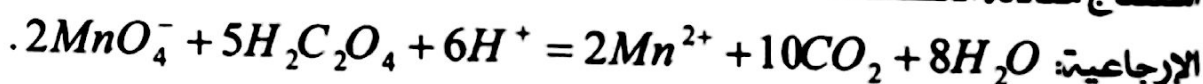
$$v_{\text{vol}}(15 \text{ min}) = \frac{50 - 20}{28 - 3} = 1,2 \text{ mol } L^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ و}$$

حل التمرين 06

1. المعادلتين النصفيتين:



استنتاج معادلة الأكسدة



2. جدول تقدم التفاعل:

الحالة	$2MnO_4^- + 5H_2C_2O_4 + 6H^+ = 2Mn^{2+} + 10CO_2 + 8H_2O$					
الابتدائية	n_{01}	n_{02}		0	0	
الانتقالية	$n_{01} - 2x(t)$	$n_{02} - 5x(t)$	$2x(t)$	$10x(t)$		
النهائية	$n_{01} - 2x_f$	$n_{02} - 5x_f$	$2x_f$	$10x_f$		

3. المتفاعل المحد والتقدم الأعظمي x_{max} .

$$.n_{02} - 2x_{\text{max}} = 0 \Rightarrow x_{\text{max}} = \frac{C_2 V_2}{2} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol} : MnO_4^- \text{ إذا كان}$$

$$.n_{01} - 5x_{\text{max}} = 0 \Rightarrow x_{\text{max}} = \frac{C_1 V_1}{5} = 1,8 \times 10^{-3} \text{ mol} : H_2C_2O_4 \text{ إذا كان}$$

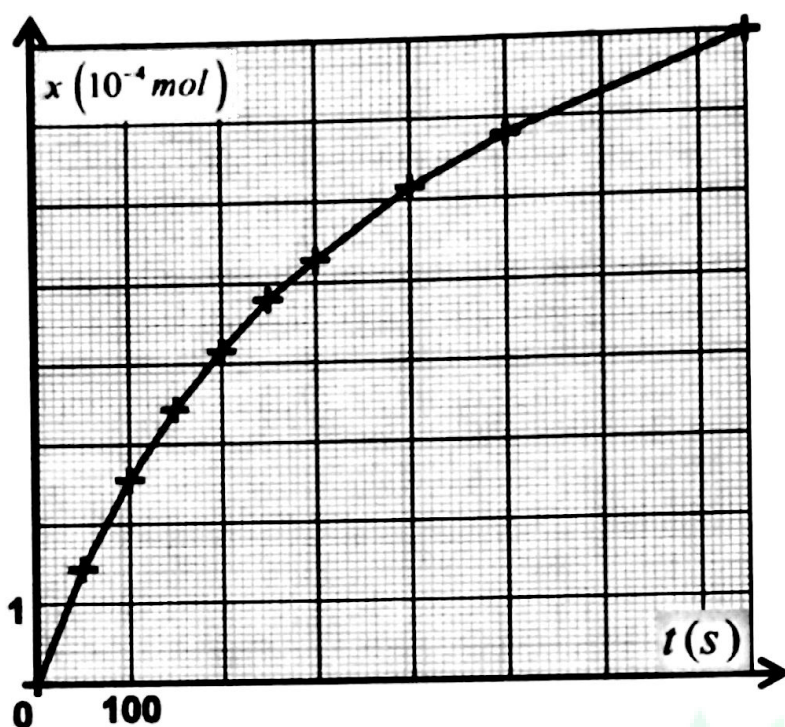
إذن المتفاعل المحد هو $H_2C_2O_4$ والتقدم الأعظمي $x_{\text{max}} = 1,8 \times 10^{-3} \text{ mol}$.

4. العلاقة بين كمية مادة CO_2 والتقدم x هي: من جدول التقدم لدينا $n_{CO_2} = 10x(t)$.

$$5. \text{ إتمام الجدول: يتم إتمام الجدول باعتماد على العلاقة: } x(t) = \frac{1}{10} n_{CO_2} = \frac{V_{CO_2}}{10V_M}$$

$t(s)$	0	50	100	150	200	250	300	400	500	750
$x(10^{-4} \text{ mol})$	0	1,44	2,56	3,44	4,16	4,8	5,28	6,16	6,8	8,0

6. رسم البيان $x = f(t)$.



7. حساب السرعة الحجمية للتفاعل:

$$v_{vol}(t=0) = \frac{1}{V} \left(\frac{dx}{dt} \right)_{t=0} = 8 \times 10^{-5} \text{ mol } L^{-1} s^{-1}$$

حيث $\frac{dx}{dt}$ يمثل ميل المماس

للمنحني $x = f(t)$ عند اللحظة $t = 0$.

$$v_{vol}(t=250s) = \frac{1}{V} \left(\frac{dx}{dt} \right)_{t=250s} = 1,08 \times 10^{-5} \text{ mol } L^{-1} s^{-1}$$

إذن:

8. استنتاج السرعة الحجمية لتشكيل Mn^{2+} :

من جدول التقدم لدينا: $n(Mn^{2+}) = 2x$ وبلاشتقاق بالنسبة للزمن نجد:

$$\frac{1}{V_T} \frac{dn(Mn^{2+})}{dt} = 2 \frac{1}{V_T} \frac{dx}{dt}$$

وبالقسمة على الحجم V_T نجد:

$$v_{vol}(Mn^{2+}) = \frac{1}{V} \frac{dn(Mn^{2+})}{dt} = 2 \times \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} = 2v_{vol}$$

إذن:

$$v_{vol}(Mn^{2+})_{t=0} = 2 \times 8 \times 10^{-5} = 16 \times 10^{-5} \text{ mol } L^{-1} s^{-1}$$

$$v_{vol}(Mn^{2+})_{t=250s} = 2 \times 1,08 \times 10^{-5} = 2,16 \times 10^{-5} \text{ mol } L^{-1} s^{-1}$$

1- جدول تقدم التفاعل:

الحالة	$2H_2O_{2(aq)} = O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$		
الابتدائية	$n_0 = CV$	0	بالزيادة
الانتقالية	$n_0 - 2x(t)$	$x(t)$	بالزيادة
النهائية	$n_0 - 2x_f$	x_f	بالزيادة

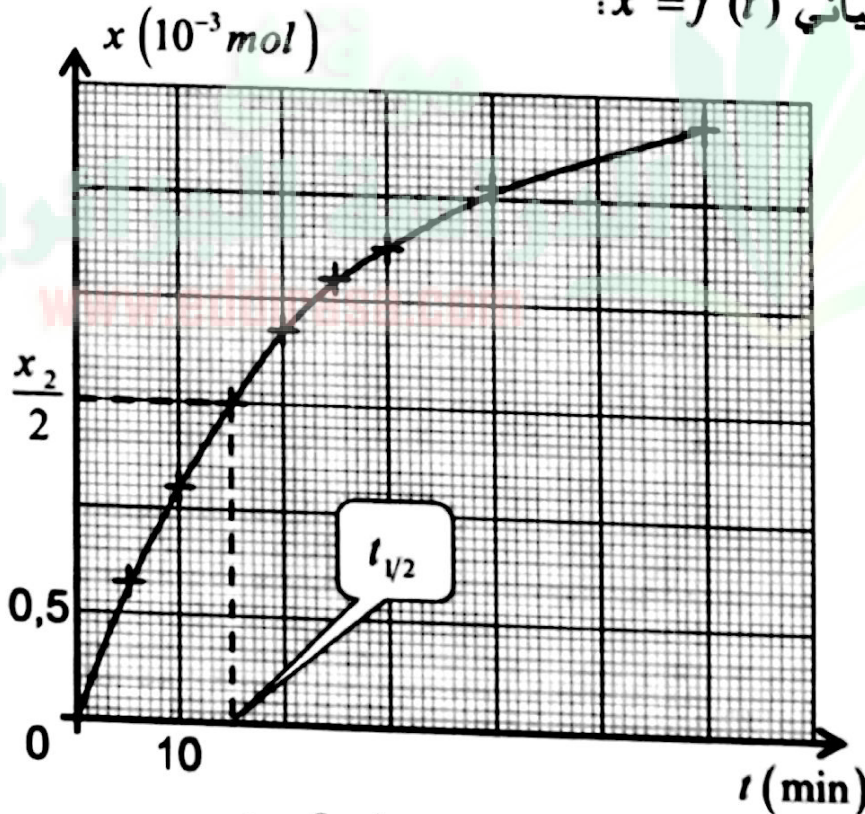
استنتاج العلاقة بين $n(H_2O_2)$ ، $n_0(H_2O_2)$ والتقدم x :

من جدول التقدم $n(H_2O_2) = n_0 - 2x(t)$ ومنه $x(t) = \frac{n_0 - n}{2} = \frac{C_0V_0 - CV_0}{2}$

2. ملأ الجدول:

$t (mn)$	0	5	10	15	20	25	30	40	60
$x (mol) \times 10^{-3}$	0	0,65	1,10	1,50	1,85	2,10	2,25	2,55	2,86

3. رسم المنحنى البياني $x = f(t)$:



4. حساب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 5 \text{ min}$:

يمثل ميل المماس للمنحنى $x = f(t)$ عند اللحظة t . حيث $v_{vol} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$

وعليه $v_{vol}(5 \text{ min}) = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt} \Big|_{5 \text{ min}}$ نحسب ميل المماس

ومنه $v_{vol}(5 \text{ min}) = 0,107 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

حساب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 30 \text{ min}$:

$$v_{\text{vol}}(30 \text{ min}) = 0,033 \times 10^{-2} \text{ mol } L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

نستنتج أن السرعة تتناقص مع مرور الزمن.

5. تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$

$$x_f = \frac{n_0}{2} = \frac{C_0 V_0}{2} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol} \text{ ومن جدول التقدم } H_2O_2$$

$$\text{ومنه } t_{1/2} = 15 \text{ min} \text{ ونقرأ من البيان } x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

حل التمرين 08

1. أ. تحديد الشائيتين (Ox / Red) الداخلتين في التفاعل، مع كتابة المعادلتين النصفيتين:

- المعادلة النصفية للأكسدة: $Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$ والشائية هي: $(Mg_{(s)} / Mg_{(aq)}^{2+})$.

- المعادلة النصفية للإرجاع: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ والشائية هي: $(H_{2(g)} / H_{(aq)}^+)$.

ب. جدول تقدم التفاعل:

التقدم	$Mg_{(s)} + 2H_{(aq)}^+ = Mg_{(aq)}^{2+} + H_{2(g)}$			
$x = 0$	n_{01}	n_{02}	0	0
$x(t)$	$n_{01} - x(t)$	$n_{02} - 2x(t)$	$x(t)$	$x(t)$
x_{max}	$n_{01} - x_f$	$n_{02} - 2x_f$	x_f	x_f

تحديد المتفاعل المحد:

$$x_f = n_{01} = \frac{m}{M} = 0,04 \text{ mol} \text{ ومنه } n_{01} - x_{\text{max}} = 0 \text{ فإن } Mg_{(s)} \text{ إذا كان}$$

$$x_f = \frac{n_{02}}{2} = \frac{CV}{2} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol} \text{ فإن } H_{(aq)}^+ \text{ إذا كان}$$

ومنه المتفاعل المحد هو $H_{(aq)}^+$ والتقدم النهائي: $x_f = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$

ج. استنتاج تركيز شاردة $Mg_{(aq)}^{2+}$ عند نهاية التفاعل:

من جدول التقدم عند نهاية التفاعل: $n_f(Mg^{2+}) = x_f = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$$\text{ومنه: } [Mg^{2+}]_f = \frac{x_f}{V} = 5 \times 10^{-2} \text{ mol } L^{-1}$$

2- هل ينتهي التفاعل عند $t = 12 \text{ min}$ ؟

من المنحنى البياني عند اللحظة $t = 12 \text{ min}$: $[Mg^{2+}]_{t=12 \text{ min}} = 5 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$
نلاحظ أن $[Mg^{2+}]_{t=12 \text{ min}} = [Mg^{2+}]_r$ إذن: التفاعل ينتهي عند اللحظة $t = 12 \text{ min}$.
2- تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$

استنتاج قيمة $t_{1/2}$: $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} = \frac{1,5 \times 10^{-3}}{2} = 0,75 \times 10^{-3} \text{ mol}$

ومنه $[Mg^{2+}]_{t_{1/2}} = \frac{x(t_{1/2})}{V} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$

ونقرأ على المنحنى البياني $t_{1/2} = 2,4 \text{ min}$

2- جد التركيب المولي للوسط التفاعلي عند اللحظة $t = 2,8 \text{ min}$:
الأفراد الكيميائية المتواجدة عند اللحظة $t = 2,8 \text{ min}$ هي : $H_{(aq)}^+$ ، $Mg_{(aq)}^{2+}$ ، $Mg_{(s)}$

و $H_{2(g)}$ و $Cl_{(aq)}^-$

من المنحنى عند اللحظة $t = 2,8 \text{ min}$

$[Mg^{2+}]_{2,8} = \frac{n_{2,8}(Mg)}{V} = \frac{x(2,8)}{V} = 2,8 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$

ومنه $x(2,8) = 8,4 \times 10^{-4} \text{ mol}$

ومن جدول التقدم لدينا :

$n(Mg_{(s)}) = n_{01} - x(2,8) = 0,039 \text{ mol}$

$n(H_{(aq)}^+) = n_{02} - 2x(2,8) = 1,32 \times 10^{-3} \text{ mol}$

و $n(Mg_{(aq)}^{2+}) = n(H_{2(g)}) = x(2,8) = 8,4 \times 10^{-4} \text{ mol}$

و $n(Cl_{(aq)}^-) = CV = 3 \times 10^{-3} \text{ mol}$

2- د. السرعة الحجمية لتشكل $Mg_{(aq)}^{2+}$ عند اللحظة $t = 0$:

$v_{vol} = \frac{d[Mg^{2+}]}{dt}$ وهي تمثل ميل المماس للمنحنى عند اللحظة $t = 0$.

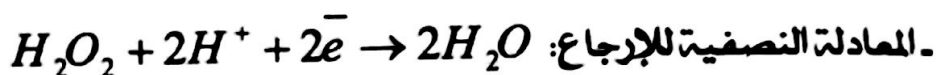
ومنه $v_{vol} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

1. تعريف المؤكسد والمرجع:

- مفهوم المؤكسد (Ox): هو كل فرد كيميائي (ذرة، شاردة، جزيء) قادر على اكتساب إلكترون أو أكثر خلال تحول كيميائي.

- مفهوم المرجع (Red): هو كل فرد كيميائي (ذرة، شاردة، جزيء) قادر على فقد إلكترون أو أكثر خلال تحول كيميائي.

2. تحديد الثنائيتين (Ox / Red):



والتنائية هي: (H_2O_2/H_2O) .

- المعادلة النصفية للأوكسدة: $2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$ والتنائية هي: (I_2/I^-) .

3. هل المزيج الابتدائي ستوكيومترى؟:

$$\frac{n_0(H_2O_2)}{1} = \frac{n_0(I^-)}{2}$$

يكون المزيج ستوكيومترى إذا تحقق ما يلي:

$$\frac{n_0(I^-)}{2} = \frac{CV}{2} = 10^{-3} mol \quad \text{و} \quad n_0(H_2O_2) = CV = 0,2 \times 10^{-3} mol$$

$$\frac{n_0(H_2O_2)}{1} \neq \frac{n_0(I^-)}{2} \quad \text{ومنه} \quad \text{والمزيج ليس ستوكيومتريا.}$$

4. جدول تقدم التفاعل:

حالة الجملة	$H_2O_{2(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2H_2O$				
الابتدائية	n_{01}	n_{02}	بوفرة	0	بوفرة
الانتقالية	$n_{01} - x$	$n_{02} - 2x$	بوفرة	x	بوفرة
النهائية	$n_{01} - x_{max}$	$n_{02} - 2x_{max}$	بوفرة	x_{max}	بوفرة

5. العلاقة بين التركيز المولي: $[I_{2(aq)}]$ والتقدم x :

$$n(I_2) = x \quad \text{بقسمة العلاقة على نفس الحجم } V_T \text{ نجد } [I_2] = \frac{x}{V_T}$$

6. التقدم الأعظمي x_{max} :

$$n_{01} - x_{max} = 0 \quad \text{إذا كان } H_2O_{2(aq)} \text{ هو المتفاعل المحدف فإن:}$$

$$x_{max} = 0,2 \times 10^{-3} mol \quad \text{ومنه:}$$

- إذا كان $I_{(aq)}^-$ هو المتفاعل المحد فإن: $n_{O_2} - 2x_{max} = 0$ ومنه: $x_{max} = 10^{-3} mol$.
 ومنه الماء الأكسجيني هو المتفاعل المحد والتقدم الأعظمي: $x_{max} = 2 \times 10^{-4} mol$

- استنتاج القيمة النظرية لتركيز ثنائي اليود: $[I_2]_{max} = \frac{x_{max}}{V_T} = 6,7 \times 10^{-3} mol l^{-1}$

7. التركيب المولي للمزيج عند اللحظة $t = 300s$:

الأفراد الكيميائية المتواجدة عند اللحظة $t = 300s$ هي: $H_2O_{2(aq)}$, $I_{(aq)}^-$, $I_{2(aq)}$ و $K_{(aq)}^+$

- بالاعتماد على البيان نجد أن: $x(300s) = 10^{-4} mol$

- وبالاعتماد على جدول التقدم نكتب:

$$n(H_2O_2) = n_{01} - x(300s) = 10^{-4} mol$$

$$n(I^-) = n_{02} - 2x(300s) = 1,8 \times 10^{-3} mol$$

$$n(K^+) = CV = 2 \times 10^{-3} mol \text{ و } n(I_2) = x(300s) = 10^{-4} mol$$

8. سرعة التفاعل عبارتها هي $v = \frac{dx}{dt}$ وهي تمثل ميل المماس للمنحنى $x = f(t)$ عند

اللحظة t ، ويرسم المماس عند لحظات زمنية مختلفة فلاحظ أن ميلها يتناقص بمرور الزمن

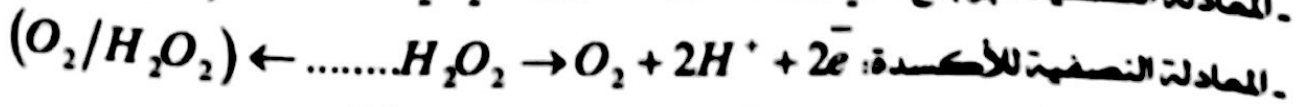
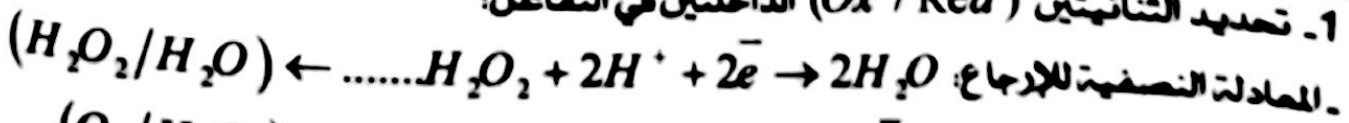
9. تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} = 10^{-4} mol$

- استنتاج قيمته بيانها: من البيان نقرا $t_{1/2} = 300s$

حل التمرين 10

1. تحديد الثنائيتين (Ox / Red) الداخلتين في التفاعل:



2. لتبين أن: $[H_2O_2]_0 = \frac{C}{10}$ ، $[H_2O_2]_0 = \frac{C}{10}$ ، $\frac{C \times 10}{100} = \frac{CV_0}{V_0 + V_1 + V_2} = \frac{n_0}{V_T}$

ب. جدول تقدم التفاعل:

حالة الجملة	$2H_2O_{2(aq)} = O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$		
الابتدائية	$n_0 = CV$	0	بالزيادة
الانتقالية	$n_0 - 2x(t)$	$x(t)$	بالزيادة
النهائية	$n_0 - 2x_f$	x_f	بالزيادة

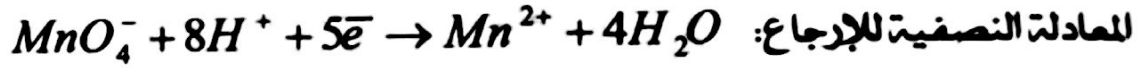
ج- عبارة $[H_2O_2]$ في المزيج بدلالة $[H_2O_2]_0$ ، حجم المزيج V_T وتقدم التفاعل x :

$$n(H_2O_2) = n_0 - 2x(t)$$

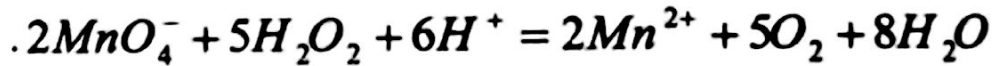
$$[H_2O_2] = \frac{n_0 - 2x(t)}{V_T} = [H_2O_2]_0 - \frac{2x(t)}{V_T}$$

3أ- تبرد العينات لإيقاف التفاعل وإجراء معايرة دقيقة.

3ب- كتابة المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع، ثم معادلة تفاعل المعايرة:



استنتاج معادلة الأكسدة الإرجاعية:



$$[H_2O_2] = \frac{5C_3V_3}{2V'}$$

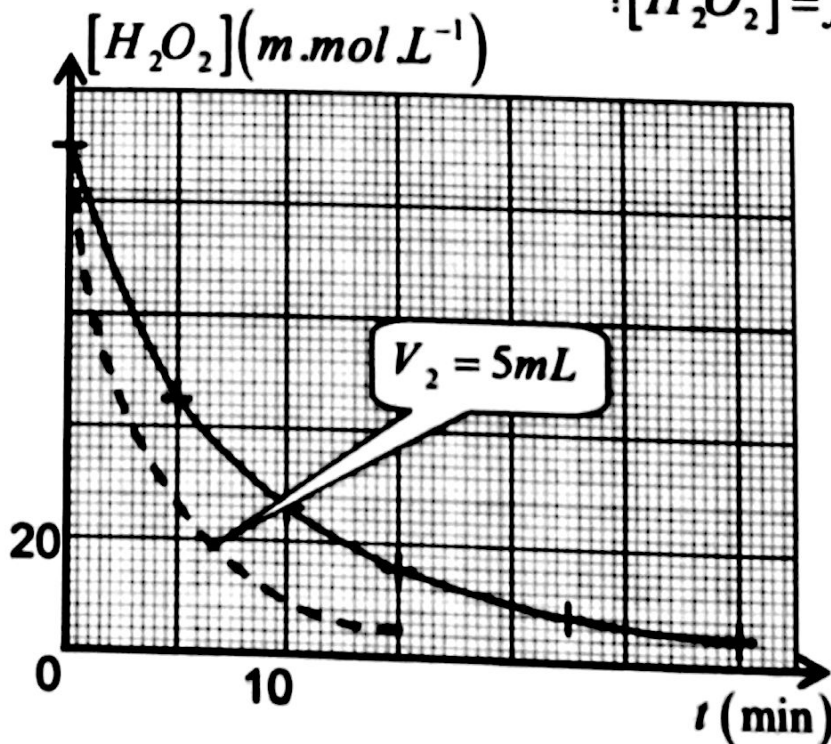
عند نقطة التكافؤ تكون الجملة في الشروط الستوكيومترية أي

$$[H_2O_2] = \frac{5C_3V_3}{2V'} \quad \text{ومنه} \quad \frac{n(H_2O_2)}{5} = \frac{n(MnO_4^-)}{2}$$

3د- إكمال الجدول: مما سبق $C = 10[H_2O_2]_0 = 0,9 mol.l^{-1}$

$t (min)$	0	10	20	30	45	60
$[H_2O_2] (m.mol / L)$	90	45	26	15,5	8	5

3هـ- رسم البيان $[H_2O_2] = f(t)$:



- استنتاج زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

من جدول التقدم لدينا: $n(H_2O_2) = n_0 - 2x$ ومنه: $n_{t_{1/2}}(H_2O_2) = n_0 - 2x$

ومنه: $n_{t_{1/2}}(H_2O_2) = n_0 - x_f = n_0 - \frac{n_0}{2} = \frac{n_0}{2}$ وبالقسمة على حجم المزيج نجد:

$$[H_2O_2]_{t_{1/2}} = \frac{[H_2O_2]_0}{2} \text{ ومن البيان نقرا: } t_{1/2} = 10 \text{ min}$$

3- و. عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة $[H_2O_2]$:

$$v_{vol} = \frac{1}{V_T} \frac{dx}{dt} \text{ عبارة السرعة الحجمية هي}$$

ومن جدول التقدم لدينا $n(H_2O_2) = n_0 - 2x$

ومنه $x = \frac{n_0 - n(H_2O_2)}{2}$ وبالاتقاف بالنسبة للزمن نجد $\frac{dx}{dt} = -\frac{1}{2} \frac{dn(H_2O_2)}{dt}$

$$v_{vol} = -\frac{1}{2V_T} \frac{dn(H_2O_2)}{dt} = -\frac{1}{2} \frac{d[H_2O_2]}{dt} \text{ وعليه}$$

- حساب قيمتها في اللحظة $t = 20 \text{ min}$: $v_{vol} = 0,76 \text{ mol } L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

4. رسم كيفية المنحنى $g(t) = [H_2O_2]$

حل التمرين 11

1. النوع الكيميائي المرجع هو: الشاردة I^- لأن $2I_{(aq)}^- \rightarrow I_{2(aq)} + 2e^-$

النوع الكيميائي للأكسدة هو: الشاردة $S_2O_8^{2-}$ لأن $S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightarrow 2SO_4^{2-}$

2. إيجاد قيمة التركيز C_2 :

بما ان المزيج الابتدائي المستعمل ستوكيومترى فإن المساواة التالية محققة:

$$C_2 = \frac{2 \times C_1 \times V_1}{V_2} = 0,2 \text{ mol } L^{-1} \text{ ومنه: } n_0(S_2O_8^{2-}) = \frac{n_0(I^-)}{2}$$

3. ل جدول تقدم التفاعل

التقدم	$S_2O_8^{2-} + 2I_{(aq)}^- = 2SO_4^{2-} + I_{2(aq)}$			
$x = 0$	$n_{01} = C_1 V_1$	$n_{02} = C_2 V_2$	0	0
$x(t)$	$n_0 - x(t)$	$n_{02} - 2x(t)$	$2x(t)$	$x(t)$
x_f	$n_{01} - x_f$	$n_{02} - 2x_f$	$2x_f$	x_f

ب. التأكد من صحة العلاقة:

من جدول التقدم لدينا عند اللحظة t : $n(SO_4^{2-}) = 2x(t)$ و $n(S_2O_8^{2-}) = n_{01} - x(t)$

$$n(S_2O_8^{2-}) = n_{01} - \frac{n(SO_4^{2-})}{2}$$

ومن العلاقتين نجد:

$$[S_2O_8^{2-}] = \frac{C_1}{3} - \frac{1}{2}[SO_4^{2-}] \text{ نجد: } V_T = 3V_1$$

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

4. أ. عبارة السرعة الحجمية للتفاعل:

وبالاعتماد على جدول التقدم نجد: $n(S_2O_8^{2-}) = n_{01} - x(t)$ وبالاشتقاق بالنسبة للزمن

$$\text{نجد: } \frac{dx}{dt} = -\frac{dn(S_2O_8^{2-})}{dt} \text{ و عليه نستنتج أن سرعة التفاعل تساوي سرعة اختفاء } S_2O_8^{2-} \text{ شوارد.}$$

$$\text{إذن: } v_v = \frac{1}{V_T} \frac{dx}{dt} = -\frac{1}{V_T} \frac{dn(S_2O_8^{2-})}{dt}$$

يمثل ميل المماس

$$v_v = -\frac{1}{V_T} \left. \frac{dn(S_2O_8^{2-})}{dt} \right|_{t=0} = 2,67 \text{ m.mol.L}^{-1} \cdot \text{min}$$

عند اللحظة $t = 0$ نجد:

جـ. العامل الحركي المسؤول عن هذا التناقص هو تناقص التراكيز المولية للمتفاعلات.

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

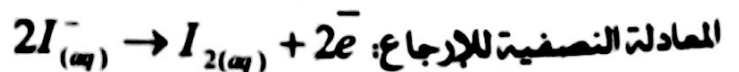
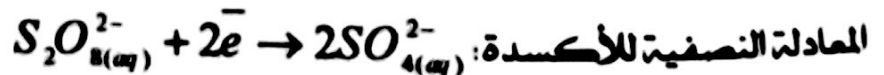
من جدول التقدم: $n(S_2O_8^{2-}) = n_{01} - x(t)$ وبما أن الميزج الابتدائي ستوكيومتري

$$\text{فإن: } x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} = \frac{n_{01}}{2} \text{ ومنه عند: } t = t_{1/2} : n_{S_2O_8^{2-}}(t_{1/2}) = n_{01} - \frac{n_{01}}{2} = \frac{n_{01}}{2}$$

ومن البيان نقرا: $t_{1/2} = 17 \text{ min}$.

حل التمرين 12

1. كتابة معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية:



1- به جدول تقدم التفاعل:

التقدم	$S_2O_8^{2-} + 2I^-_{(aq)} = 2SO_4^{2-} + I_{2(aq)}$			
$x = 0$	n_{01}	n_{02}	0	0
$x(t)$	$n_{01} - x(t)$	$n_{02} - 2x(t)$	$2x(t)$	$x(t)$
x_{max}	$n_{01} - x_{max}$	$n_{02} - 2x_{max}$	$2x_{max}$	x_{max}

2 اعتمادا على البيان:

$$C_2 = \frac{n_{02}}{V_2} \text{ لستنتاج التركيز المولي } C_2 \text{ لمحلول يود البوتاسيوم:}$$

ومن البيان عند اللحظة $t = 0$ نقرا $n_{02} = 20 \times 10^{-3} \text{ mol}$ وعليه: $C_2 = 0,1 \text{ mol } l^{-1}$
به تحديد للتفاعل المعد: التفاعل المعد هو المتفاعل الذي تنتهي كمية مادته أولا.

من المنحني $n(I^-) = f(t)$ نلاحظ أن $n_f(I^-) \neq 0$ و عليه فإن شوارد (I^-) لا تمثل

للتفاعل المعد وشوارد $S_2O_8^{2-}$ هي المتفاعل المعد.

به استنتاج قيمة التقدم الأعظمي x_{max} :

$$\text{بالاعتماد على جدول التقدم نجد: } n_f(I^-) = n_{02} - 2x_{max}$$

$$\text{ومن المنحني البياني: } n_f(I^-) = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{وعليه نجد: } x_{max} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

3- استنتاج قيمة سرعة اختفاء شوارد اليود $I^-_{(aq)}$ عند اللحظة $t = 1 \text{ min}$:

$$v(I^-) = -\frac{dn(I^-)}{dt} \text{ وهي تمثل ميل المماس للمنحني البياني}$$

$$v_{1min} = -\frac{\Delta n(I^-)}{\Delta t} = 7,14 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

به إيجاد قيمة الحجم الكلي V_T للوسط التفاعلي:

نعلم أن $v = \frac{dx}{dt}$ ومن جدول التقدم لدينا $n_{I^-}(t) = n_{02} - 2x(t)$ باشتقاق طرفي المعادلة

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{dn(I^-)}{dt} \text{ ومنه } \frac{dn(I^-)}{dt} = -2 \cdot \frac{dx}{dt}$$

$$\text{وبالقسمة على الحجم الكلي للمزيج } V_T \text{ نجد } \frac{1}{V_T} \frac{dx}{dt} = -\frac{1}{2V_T} \cdot \frac{dn(I^-)}{dt}$$

$$V_T = 0,392L \approx 0,4L \text{ إذن } v_{\text{mol}} (1 \text{ min}) = \frac{1}{2} \cdot \frac{v_{1\text{min}}(I^-)}{V_T} \text{ ومنه}$$

جد استنتاج قيمة الحجم V_1 :

$$V_T = V_1 + V_2 \text{ ومنه } V_1 = V_T - V_2 \text{ وعليه: } V_1 = 200 \text{ mL}$$

4- تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$: هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه الأعظمي

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{\text{max}}}{2}$$

$$n_{I^-}(t_{1/2}) = \frac{n_0(I^-) + n_f(I^-)}{2} \text{ بد إثبات العلاقة:}$$

$$n(I^-) = n_{O_2} - 2x(t) \text{ من جدول التقدم عند اللحظة } t$$

$$\text{وعند اللحظة } t = t_{1/2} \text{ نكتب: } n_{I^-}(t_{1/2}) = n_{O_2} - 2x(t_{1/2})$$

$$\text{وعند نهاية التفاعل } n_{O_2} - 2x_{\text{max}} = n_f(I^-) \text{ وعليه } x_{\text{max}} = \frac{n_{O_2} - n_f}{2} \text{ وبالتعمييض}$$

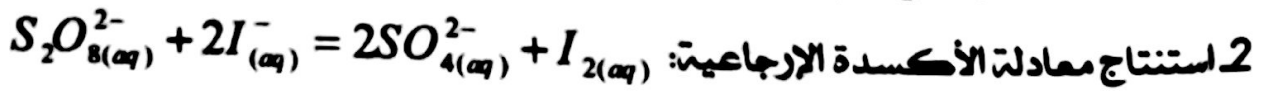
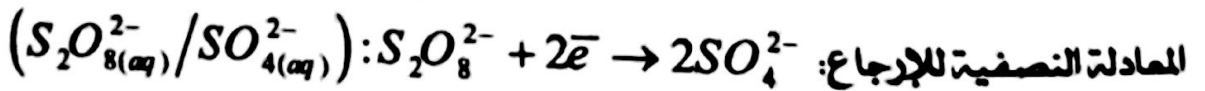
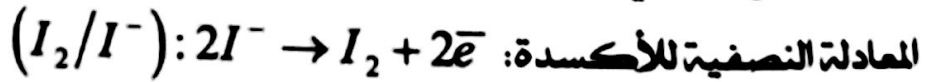
$$\text{في العلاقة السابقة نجد } n_{I^-}(t_{1/2}) = n_{O_2} - \frac{n_{O_2} - n_f}{2} = \frac{n_{O_2} + n_f}{2} \text{ جد استنتاج قيمة } t_{1/2} \text{ بيانيا:$$

$$\text{بالاعتماد على العلاقة السابقة نجد: } n_{I^-}(t_{1/2}) = 12 \text{ m.mol}$$

ومن البيان نقرا $t_{1/2} = 0,8 \text{ min}$.

حل التمرين 13

1. المعادلتان النصفيتان:



3- جدول التقدم:

الحالة	$S_2O_8^{2-} + 2I_{(aq)}^- = 2SO_4^{2-} + I_{2(aq)}$			
الابتدائية	$n_{O_1} = C_1 V_1$	$n_{O_2} = C_2 V_2$	0	0
الانتقالية	$n_{O_1} - x(t)$	$n_{O_2} - 2x(t)$	$2x(t)$	$x(t)$
النهائية	$n_{O_1} - x_{\text{max}}$	$n_{O_2} - 2x_{\text{max}}$	$2x_{\text{max}}$	x_{max}

3. عبارة التراكيز المولية للشوارد الموجودة في المزيج:

الشوارد الموجودة في المحلول هي: K^+ و $S_2O_8^{2-}$, $2SO_4^{2-}$, I^-

$$n_0(I^-) = C_2 V_2 = 9 \times 10^{-3} \text{ mol}, n_0(S_2O_8^{2-}) = C_1 V_1 = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_0(K^+) = 2C_1 V_1 + C_2 V_2 = 0,017 \text{ mol}$$

$$[S_2O_8^{2-}] = \frac{4 \times 10^{-3} - x}{V}, [I^-] = \frac{9 \times 10^{-3} - 2x}{V}, [SO_4^{2-}] = \frac{2x}{V}, [K^+] = \frac{0,017}{V}$$

حيث: $V = V_1 + V_2$

4. تبين أن عبارة الناقلية G تعطى بالعلاقة: $G = \frac{1}{V}(A + Bx)$

$$G = K \left(\lambda_1 [S_2O_8^{2-}] + \lambda_2 [I^-] + \lambda_3 [SO_4^{2-}] + \lambda_4 [K^+] \right)$$

$$G = K \left(\lambda_1 \frac{4 \times 10^{-3} - x}{V} + \lambda_2 \frac{9 \times 10^{-3} - 2x}{V} + \lambda_3 \frac{2x}{V} + \lambda_4 \frac{0,017}{V} \right) \text{ و بالتالي:}$$

$$G = \frac{1}{V} \left(\underbrace{K \times (4 \times 10^{-3} \lambda_1 + 9 \times 10^{-3} \lambda_2 + 0,017 \lambda_4)}_A + \underbrace{K \times (2\lambda_3 - 2\lambda_2 - \lambda_1)}_B x \right)$$

$$G = \frac{1}{V}(A + Bx) \text{ ومنه:}$$

5. تعريف السرعة العجمية للتفاعل: $v_{vol} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$

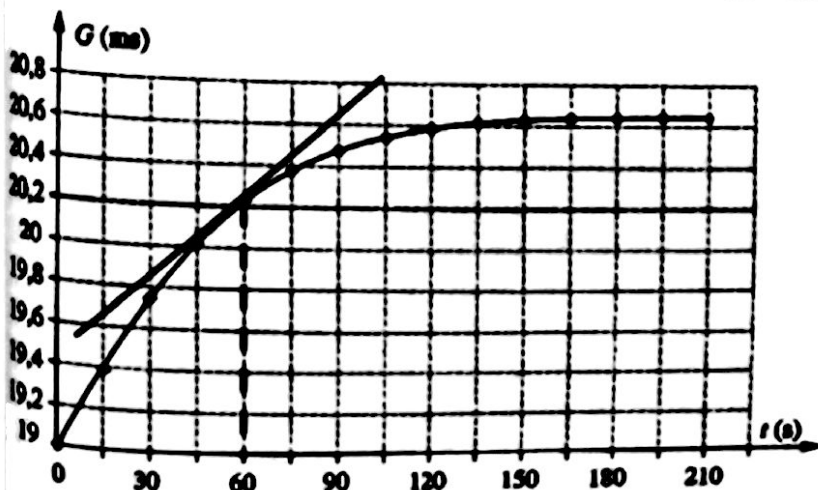
$$\text{وبما أن } G = \frac{1}{V}(A + Bx) \text{ ومنه: } \frac{dG}{dt} = \frac{B}{V} \frac{dx}{dt} \text{ ومنه: } \frac{dx}{dt} = \frac{V}{B} \frac{dG}{dt} \text{ و}$$

$$v_{vol} = \frac{1}{B} \frac{dG}{dt} \text{ إذن } \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{1}{V} \cdot \frac{V}{B} \cdot \frac{dG}{dt} \text{ عليه}$$

قيمتها عند اللحظة $t = 60s$:

ميل المماس للمنحنى هو:

$$\left. \frac{dG}{dt} \right|_{t=60s} = 1,24 \times 10^{-5} S \cdot s^{-1}$$



$$v_{vol}(60s) = \frac{1}{B} \times \frac{dG}{dt} \Big|_{t=60s} = 2,95 \times 10^{-4} \cong 3 \times 10^{-4} \text{ mol } L^{-1} s^{-1} \text{ ومن:}$$

6. تحديد التقدم الأعظمي:

$$x_{max} = n_{01} = C_1 V_1 = 4 \times 10^{-3} \text{ mol} \text{ إذا كان } S_2O_8^{2-} \text{ هو المتفاعل المحد:}$$

$$x_{max} = \frac{n_{02}}{2} = \frac{C_2 V_2}{2} = 4,5 \times 10^{-3} \text{ mol} \text{ إذا كان } I_{(aq)}^- \text{ هو المتفاعل المحد:}$$

إذن المتفاعل المحد هي شوارد $S_2O_8^{2-}$ والتقدم الأعظمي: $x_{max} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$
7. تحديد اللحظة التي ينتهي عندها التفاعل:

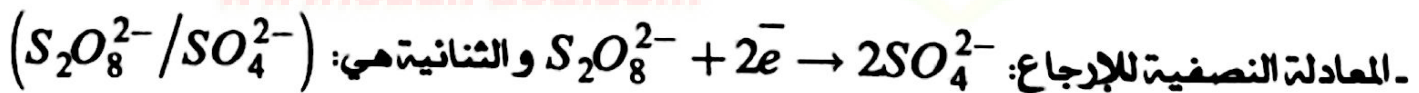
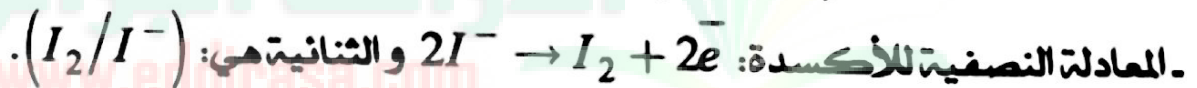
$$\text{من العلاقة: } G = \frac{1}{V} (A + B x) \text{ عند نهاية التفاعل } x = x_{max}$$

$$\text{وعليه: } G_{max} = \frac{1}{V} (A + B x_{max}) = 20,68 \text{ mS}$$

وبالاعتماد على المنحنى البياني يمكن تحديد اللحظة التي ينتهي عندها التفاعل، والتي توافق تقريبا: $t = 165 \text{ s}$.

حل التمرين 14

1. تحديد الثنائيتين (ox/red) الداخلتين في التفاعل:



بدكمية المادة n_{01} و n_{02} :

$$n_{02}(S_2O_8^{2-}) = C_2 V_2 = 2 \times 10^{-3} \text{ mol} \text{ و } n_{01}(I^-) = C_1 V_1 = 8 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

جـ. جدول تقدم التفاعل:

الحالة	$S_2O_8^{2-} + 2I_{(aq)}^- = 2SO_4^{2-} + I_{2(aq)}$			
الابتدائية	n_{01}	n_{02}	0	0
الانتقالية	$n_{01} - x(t)$	$n_{02} - 2x(t)$	$2x(t)$	$x(t)$
النهائية	$n_{01} - x_{max}$	$n_{02} - 2x_{max}$	$2x_{max}$	x_{max}

د. المتفاعل المحد والتقدم الأعظمي x_{max} :

$$\text{إذا كان } S_2O_8^{2-} \text{ المحد: } x_{max} = n_{01} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

3. عبارة التراكيز المولية للشوارد الموجودة في المزيج:

الشوارد الموجودة في المحلول هي: K^+ و $S_2O_8^{2-}$, $2SO_4^{2-}$, I^-

$$n_0(I^-) = C_2 V_2 = 9 \times 10^{-3} \text{ mol}, n_0(S_2O_8^{2-}) = C_1 V_1 = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_0(K^+) = 2C_1 V_1 + C_2 V_2 = 0,017 \text{ mol}$$

$$[S_2O_8^{2-}] = \frac{4 \times 10^{-3} - x}{V}, [I^-] = \frac{9 \times 10^{-3} - 2x}{V}, [SO_4^{2-}] = \frac{2x}{V}, [K^+] = \frac{0,017}{V}$$

حيث: $V = V_1 + V_2$

4. تبين أن عبارة الناقلية G تعطى بالعلاقة: $G = \frac{1}{V}(A + Bx)$

$$G = K \left(\lambda_1 [S_2O_8^{2-}] + \lambda_2 [I^-] + \lambda_3 [SO_4^{2-}] + \lambda_4 [K^+] \right)$$

$$G = K \left(\lambda_1 \frac{4 \times 10^{-3} - x}{V} + \lambda_2 \frac{9 \times 10^{-3} - 2x}{V} + \lambda_3 \frac{2x}{V} + \lambda_4 \frac{0,017}{V} \right) \text{ و بالتالي:}$$

$$G = \frac{1}{V} \left(\underbrace{K \times (4 \times 10^{-3} \lambda_1 + 9 \times 10^{-3} \lambda_2 + 0,017 \lambda_4)}_A + \underbrace{K \times (2\lambda_3 - 2\lambda_2 - \lambda_1)}_B x \right)$$

$$G = \frac{1}{V}(A + Bx) \text{ ومنه:}$$

5. تعريف السرعة الحجمية للتفاعل: $v_{vol} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$

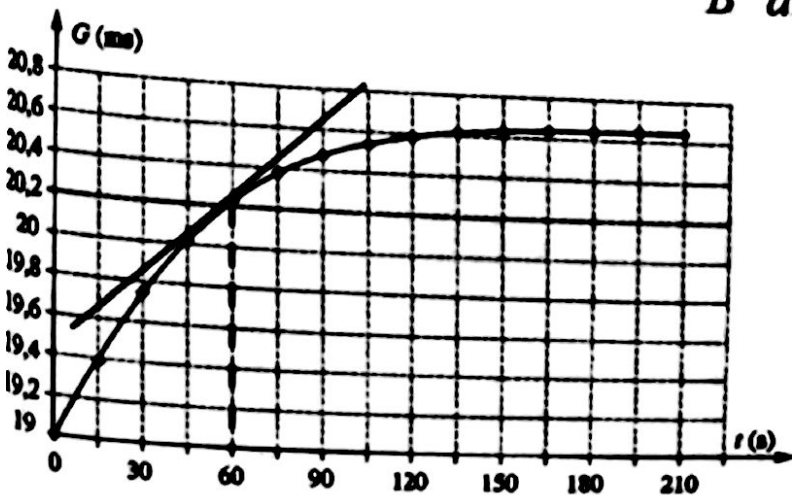
وبما أن $G = \frac{1}{V}(A + Bx)$ ومنه: $\frac{dG}{dt} = \frac{B}{V} \frac{dx}{dt}$ ومنه: $\frac{dx}{dt} = \frac{V}{B} \frac{dG}{dt}$ و

عليه $v_{vol} = \frac{1}{B} \frac{dG}{dt}$ إذن: $\frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{1}{V} \cdot \frac{V}{B} \cdot \frac{dG}{dt}$

- قيمتها عند اللحظة $t = 60s$:

ميل المماس للمنحنى هو:

$$\left. \frac{dG}{dt} \right|_{t=60s} = 1,24 \times 10^{-5} S \cdot s^{-1}$$



ومن: $v_{vol}(60s) = \frac{1}{B} \times \frac{dG}{dt} \Big|_{t=60s} = 2,95 \times 10^{-4} \approx 3 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$

6. تحديد التقدم الأعظمي:

- إذا كان $S_2O_8^{2-}$ هو المتفاعل المحد: $x_{max} = n_{01} = C_1 V_1 = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$

- إذا كان I^- هو المتفاعل المحد: $x_{max} = \frac{n_{02}}{2} = \frac{C_2 V_2}{2} = 4,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$

إذن المتفاعل المحد هي شوارد $S_2O_8^{2-}$ والتقدم الأعظمي: $x_{max} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$
7. تحديد اللحظة التي ينتهي عندها التفاعل:

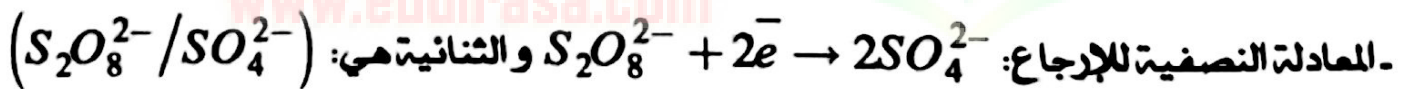
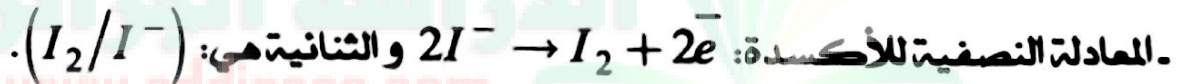
من العلاقة: $G = \frac{1}{V} (A + B x)$ عند نهاية التفاعل $x = x_{max}$

وعليه: $G_{max} = \frac{1}{V} (A + B x_{max}) = 20,68 \text{ mS}$

وبالاعتماد على المنحنى البياني يمكن تحديد اللحظة التي ينتهي عندها التفاعل، والتي توافق تقريبا: $t = 165 \text{ s}$.

حل التمرين 14

1. تحديد الشانيتين (ox/red) الداخلتين في التفاعل:



بكمية المادة n_{01} و n_{02} :

$n_{02}(S_2O_8^{2-}) = C_2 V_2 = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ و $n_{01}(I^-) = C_1 V_1 = 8 \times 10^{-3} \text{ mol}$

جـ- جدول تقدم التفاعل:

الحالة	$S_2O_8^{2-} + 2I^- = 2SO_4^{2-} + I_2$			
الإبتدائية	n_{01}	n_{02}	0	0
الانتقالية	$n_{01} - x(t)$	$n_{02} - 2x(t)$	$2x(t)$	$x(t)$
النهائية	$n_{01} - x_{max}$	$n_{02} - 2x_{max}$	$2x_{max}$	x_{max}

د المتفاعل المحد والتقدم الأعظمي x_{max} :

إذا كان $S_2O_8^{2-}$: $x_{max} = n_{01} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$$x_{\max} = \frac{n_{O_2}}{2} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol} : I_{(aq)}^- \text{ إذا كان}$$

ومنه $S_2O_8^{2-}$ هو المتفاعل المحد و $x_{\max} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$$x(30 \text{ min}) = 1,4 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad (x_{\max} \text{ نلاحظ أن})$$

بد التركيب المولي للمزيج عند اللحظة $t = 30 \text{ min}$:

الأفراد الكيميائية المتواجدة في المحلول هي: $K^+; I_2; SO_4^{2-}; I^-; S_2O_8^{2-}$

$$n(S_2O_8^{2-}) = n_{O_1} - x(30) = 0,6 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(I^-) = n_{O_2} - 2x(30) = 5,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(SO_4^{2-}) = 2x(30) = 2,8 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(I_2) = x(30) = 1,4 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

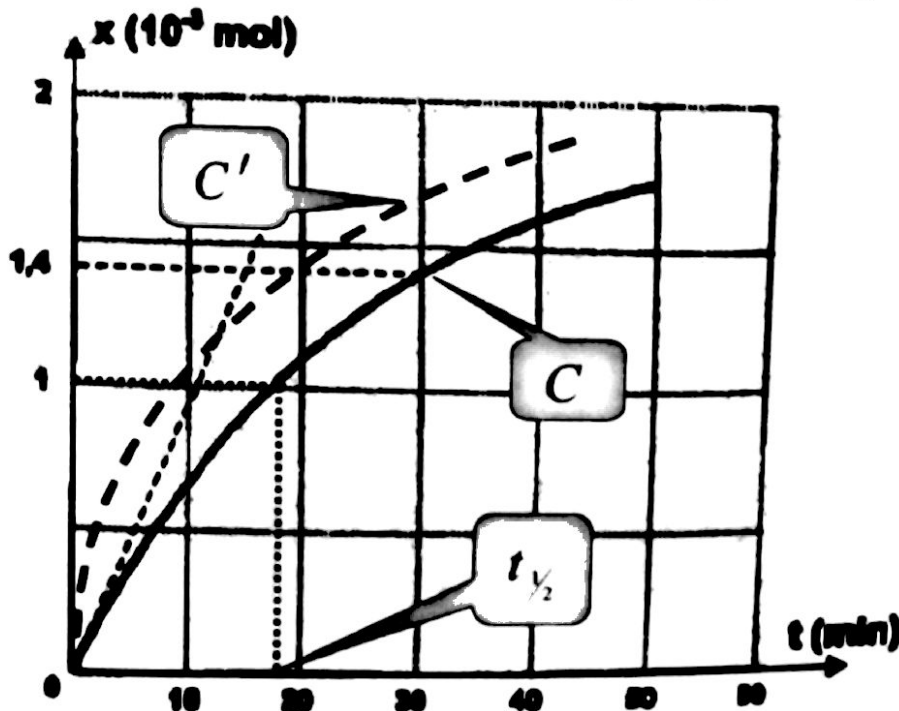
$$n(K^+) = C_1V_1 + 2C_2V_2 = 12 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

جـ استنتاج زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

$$t_{1/2} = 17 \text{ min} \quad \text{ونقرأ على البيان } x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2} = 10^{-3} \text{ mol}$$

$$v_{t=0} = \frac{dx}{dt} = 9,3 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \quad \text{د حساب سرعة التفاعل:}$$

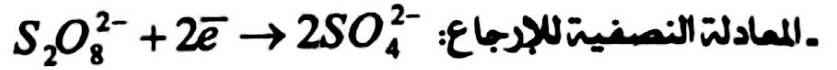
4. أرسم المنحني $x = f(t)$ على نفس الشكل 01.



شكل 01

حل التمرين 15

01- المعادلتان النصفيتان ومعادلة الأكسدة الإرجاعية:



استنتاج معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية: $S_2O_8^{2-} + 2I^-_{(aq)} = 2SO_4^{2-} + I_{2(aq)}$
02- كمية المادة الابتدائية للمتفاعلات:

من الجدول المرفق نجد: $n_0(S_2O_8^{2-}) = 10m.mol = 10^{-2}mol$

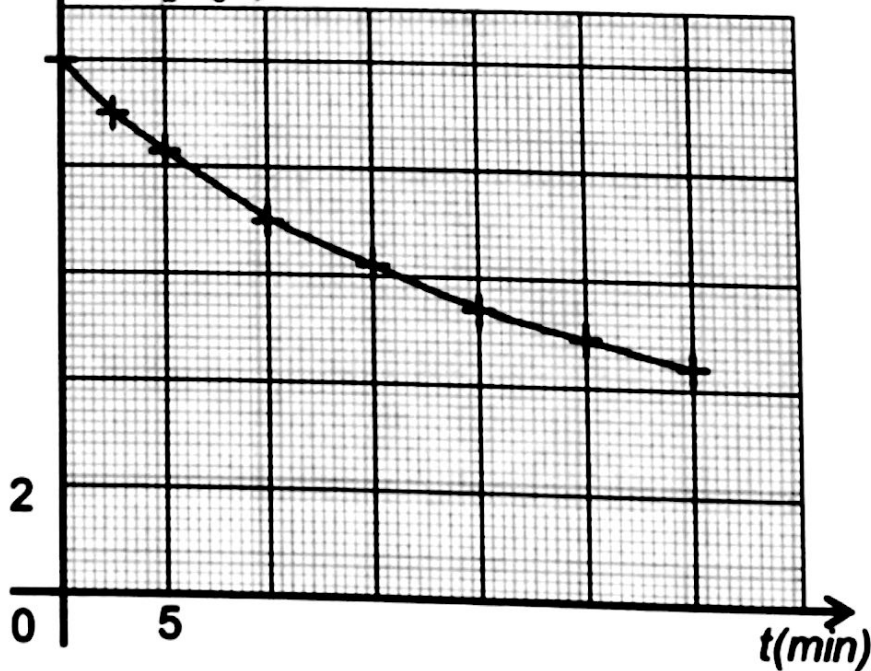
وبما أن المزيج ستوكيومترى فإن: $\frac{n_0(S_2O_8^{2-})}{1} = \frac{n_0(I^-)}{2}$

ومنه: $n_0(I^-) = 2n_0(S_2O_8^{2-}) = 20m.mol = 2 \times 10^{-2}mol$

03- جدول تقدم التفاعل:

التقدم	$S_2O_8^{2-} + 2I^-_{(aq)} = 2SO_4^{2-} + I_{2(aq)}$			
$x = 0$	n_{01}	n_{02}	0	0
$x(t)$	$n_{01} - x(t)$	$n_{02} - 2x(t)$	$2x(t)$	$x(t)$
x_f	$n_{01} - x_f$	$n_{02} - 2x_f$	$2x_f$	x_f

04- رسم المنحنى $n(S_2O_8^{2-}) = f(t)$:



05- التركيب المولي للمزيج عند اللحظة $t = 7,5 min$:

من المنحنى: $n(S_2O_8^{2-}) = 7,5m.mol$

ومن جدول التقدم لدينا: $n(S_2O_8^{2-}) = n_{01} - x(7,5)$ وعليه: $x(7,5) = 2,4m.mol$

ومنه: $n(I^-) = n_{02} - 2x(7,5) = 15,2m.mol$

$n(SO_4^{2-}) = 2x(7,5) = 4,8m.mol$ و $n(I_2) = x(7,5) = 2,4m.mol$

06- سرعة اختفاء شوارد البيروكسوديكبريتات:

$$v_{7,5}(S_2O_8^{2-}) = -\frac{dn_{(S_2O_8^{2-})}}{dt} = 0,257 \times 10^{-3} mol / min$$

حيث: $\frac{dn_{(S_2O_8^{2-})}}{dt}$ تمثل ميل المماس للمنحني.

06- استنتاج سرعة اختفاء شوارد اليود:

من جدول التقدم لدينا: $n(I^-) = n_{02} - 2x$ و $n(S_2O_8^{2-}) = n_{01} - x$

وبالاشتقاق العبارتين بالنسبة للزمن نجد:

$$\frac{dn(S_2O_8^{2-})}{dt} = -\frac{dx}{dt} \dots\dots\dots (2) \quad \text{و} \quad \frac{dn(I^-)}{dt} = -2\frac{dx}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

وعليه: $v(I^-) = 2v(S_2O_8^{2-})$ إذن: $\frac{dn(I^-)}{dt} = 2\frac{dn(S_2O_8^{2-})}{dt}$

$$v_{7,5}(I^-) = -\frac{dn(I^-)}{dt} = 2v_{7,5}(S_2O_8^{2-}) = 0,514 \times 10^{-3} mol / min$$

06- جـ- استنتاج قيمة سرعة التفاعل:

$$v = \frac{dx}{dt} = -\frac{dn_{(S_2O_8^{2-})}}{dt} = 0,257 \times 10^{-3} mol / min$$

07- استنتاج زمن نصف التفاعل:

من جدول التقدم: $n(S_2O_8^{2-}) = n_{01} - x$

وعند اللحظة: $t = t_{1/2}$ نكتب: $n_{t_{1/2}}(S_2O_8^{2-}) = n_{01} - x(t_{1/2}) = n_{01} - \frac{x_f}{2}$

وبما أن المزيج ستوكيومتري نجد: $x_f = n_{01}$ إذن: $n_{t_{1/2}}(S_2O_8^{2-}) = \frac{n_{01}}{2} = 5m.mol$

من البيان نقرا $t_{1/2} = 24 min$

01.. كمية المادة الابتدائية للمتفاعلات:

$$n_{01}(CH_3COOH) = CV = 5 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_0(NaHCO_3) = \frac{m}{M} = 1,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

02. التفاعل حمض-أساس وصنفه بطيء.

03. ا. جدول التقدم:

التقدم x	$CH_3COOH_{(aq)} + HCO_3^-_{(aq)} = CH_3COO^-_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$				
$x = 0$	n_{01}	n_{02}	0	0	بالزيادة
$x(t)$	$n_{01} - x(t)$	$n_{02} - x(t)$	$x(t)$	$x(t)$	بالزيادة
x_{max}	$n_{01} - x_{max}$	$n_{02} - x_{max}$	x_{max}	x_{max}	بالزيادة

المتفاعل المحد:

إذا كان CH_3COOH فإن: $x_{max} = n_{01} = 5 \times 10^{-2} \text{ mol}$.

إذا كان HCO_3^- فإن: $x_{max} = n_{02} = 1,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$.

المتفاعل المحد هو: HCO_3^- والتقدم الأعظمي: $x_{max} = 1,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$.

03ب: كمية المادة النظرية لـ CO_2 :

من جدول التقدم عند نهاية التفاعل: $n_f(CO_2) = x_{max} = 1,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$.

04. بالاعتماد على البيان:

$$PV = nRT \text{ و } (V_{CO_2} = 1,4 - 0,05 = 1,35L)$$

$$n_f(CO_2) = \frac{PV}{RT} = 1,498 \times 10^{-2} \text{ mol} \text{ ومنه:}$$

نلاحظ ان كمية مادة غاز CO_2 التجريبية تتوافق مع القيمة النظرية عند نهاية التفاعل

ومنه يمكن اعتبار اللحظة $t = 400s$ لحظة نهاية التفاعل.

05. ا. عبارة سرعة التفاعل:

$$n(CO_2) = \frac{PV}{RT} = x \text{ ومنه: } n(CO_2) = x$$

$$\text{وبالاشتقاق بالنسبة للزمن نجد: } v = \frac{dx}{dt} = \frac{V}{RT} \cdot \frac{dP}{dt} = A \cdot \frac{dP}{dt} \text{ وهو المطلوب.}$$

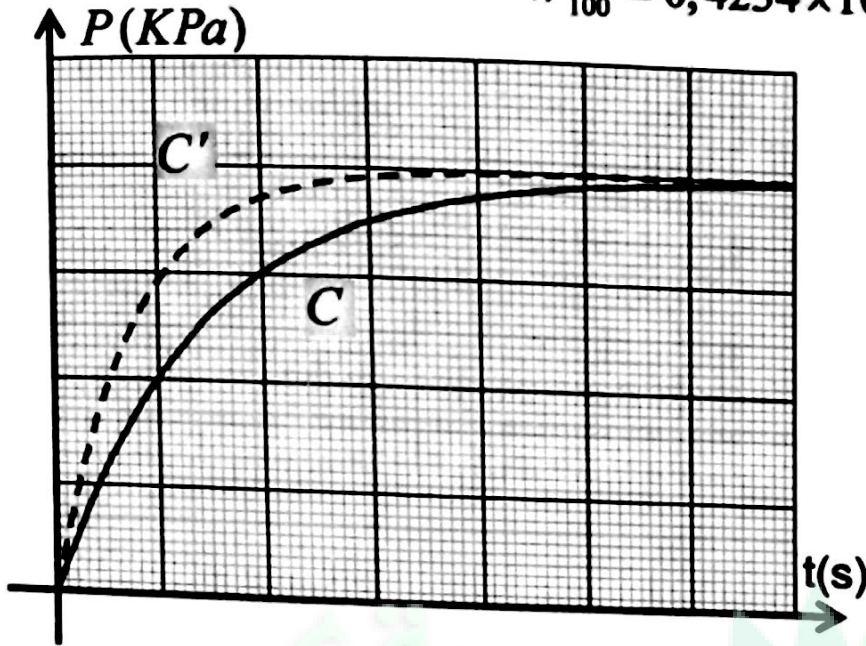
$$\text{-قيمة الثابت } A: A = \frac{V}{RT} = 5,45 \times 10^{-7} \frac{m^3 \cdot mol}{J}$$

05. ب- حساب سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 100s$

$$\left. \frac{dP}{dt} \right|_{t=100s} = 77,687 \frac{Pa}{s} \quad \text{من البيان عند اللحظة } t = 100s$$

ومنه: $v_{100} = 0,4234 \times 10^{-4} \text{ mol / s}$

06. شكل المنحنى:



حل التمرين 17

1. التركيب المولي الابتدائي للمزيج:

بالاعتماد على الوثيقة. 1. عندما $x = 0 \text{ mol}$ نجد:

$$n_{0A} = 15 \times 10^{-2} \text{ mol}, n_{0B} = 4 \times 10^{-2} \text{ mol}, n_{0C} = 10^{-2} \text{ mol}$$

2. جدول تقدم التفاعل:

التقدم	$aA + bB + 2H_3O^+ = 10H_2O + cC$				
$x = 0$	n_{0A}	n_{0B}	بالزيادة	بالزيادة	n_{0C}
$x(t)$	$n_{0A} - ax(t)$	$n_{0B} - bx(t)$	بالزيادة	بالزيادة	$n_{0C} + cx(t)$
x_f	$n_{0A} - ax_{\max}$	$n_{0B} - bx_{\max}$	بالزيادة	بالزيادة	$n_{0C} + cx_{\max}$

3. تحديد المعاملات الستوكيومترية a, b, c :

$$(1) \begin{cases} n_A = -5x + 15 \times 10^{-2} \\ n_B = -x + 4 \times 10^{-2} \\ n_C = 4x + 10^{-2} \end{cases} \quad \text{بالاعتماد على الوثيقة. 1. نجد:}$$

$$(2) \begin{cases} n_A = n_{0A} - ax = -ax + 15 \times 10^{-2} \\ n_B = n_{0B} - bx = -bx + 4 \times 10^{-2} \\ n_A = n_{0C} + cx = cx + 10^{-2} \end{cases}$$

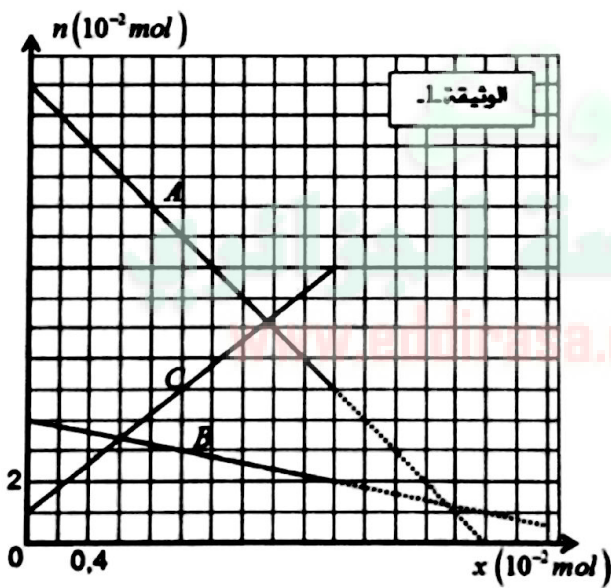
وبالمطابقة بين (1) و(2) نجد أن: $a = 5$, $b = 1$, $c = 4$.

4. المتفاعل المحد بطريقتين مختلفتين:
الطريقة رقم 01:

إذا كان A هو المتفاعل المحد: $n_{0A} - ax_{\max} = 0$ ومنه: $x_{\max} = \frac{n_{0A}}{a} = 3 \times 10^{-2} \text{ mol}$

إذا كان B هو المتفاعل المحد: $n_{0B} - bx_{\max} = 0$ ومنه: $x_{\max} = \frac{n_{0B}}{b} = 4 \times 10^{-2} \text{ mol}$

ومنه المتفاعل المحد هو النوع الفردي الكيميائي A والتقدم الأعظمي $x_{\max} = 3 \times 10^{-2} \text{ mol}$
الطريقة رقم 02: بالاعتماد على الوثيقة 1.



بما أن التفاعل تام، نتم رسم المنحنيات فنلاحظ أن الفرد الكيميائي A هو الذي تنتهي كمية مادته أولاً وعليه فهو المتفاعل المحد والتقدم الأعظمي

$$x_{\max} = 3 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

5. التحول الكيميائي المدروس تحول بطيء لأنه من خلال الوثيقة 2 نلاحظ أنه استغرق عدة دقائق. بد النوع الكيميائي المعني في الوثيقة 2 هو النوع الكيميائي B . لأنه ليس بمتفاعل محد و الوثيقة 2 توضح ذلك $n_f(B) \neq 0$ عند نهاية التفاعل.

جـ. السلم المناسب: لدينا $n_0(B) = 4 \times 10^{-2} \text{ mol}$

وعليه نستنتج أن: $1 \text{ cm} \rightarrow 10^{-2} \text{ mol}$ في الوثيقة 2.

د. عبارة السرعة اللحظية للتفاعل:

من جدول التقدم لدينا: $n_B(t) = n_{0B} - x(t)$ وبالاتقاف بالنسبة للزمن t نجد العبارة:

$$v = -\frac{dn_B}{dt} \quad \text{إذن} \quad \frac{dx}{dt} = -\frac{dn_B}{dt}$$

هـ. القيمة الأعظمية لسرعة التفاعل:

تكون السرعة أعظمية عند اللحظة $t = 0$ وهي تمثل ميل المماس عند المبدأ

$$v = 3 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

1-1 جدول تقدم التفاعل.

حالة الجملة	$CaCO_{3(s)} + 2H_3O^+_{(aq)} = CO_{2(g)} + Ca^{2+}_{(aq)} + 3H_2O_{(l)}$				
الابتدائية	n_{01}	n_{02}	0	0	بوفرة
الانتقالية	$n_{01} - x$	$n_{02} - 2x$	x	x	بوفرة
النهائية	$n_{01} - x_{max}$	$n_{02} - 2x_{max}$	x_{max}	x_{max}	بوفرة

بد من منحني الشكل - 01 لدينا: $n_0(CaCO_3) = 0,02mol$

و $n_0(H_3O^+) = 0,01mol$ وبما أن $\frac{n_{01}(CaCO_3)}{1} \neq \frac{n_{02}(H_3O^+)}{2}$

فإن المزيج ليس ستوكيومتريا. جـ المتفاعل المحد: هو المتفاعل الذي تنتهي كمية مادته أولا وهو شوارد الهيدروجين كما يوضحه الشكل 01.

استنتاج قيمة التقدم النهائي x_{max} :

بما أن شوارد الهيدروجين هي المتفاعل المحد فإن من جدول التقدم: $n_{02} - 2x_{max} = 0$

ومنه: $x_{max} = \frac{n_{02}}{2} = 5mmol$

د - عبارة سرعة التفاعل:

من جدول التقدم لدينا $n(CO_2) = x(t)$ باشتقاق طرفي المعادلة بالنسبة للزمن نجد:

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{dn(CO_2)}{dt}$$

2 ل حساب السرعة الابتدائية v_0 : تمثل ميل المماس للمنحني $n(CO_2) = f(t)$ عند المبدأ

عليه: $v_0 = \frac{1,5 \times 10^{-3} - 0}{20 - 0} = 7,5 \times 10^{-5} mol s^{-1}$

بد المقارنة:

3 نلاحظ أن: v_1 / v_0 ، أي السرعة تتناقص تدريجيا بمرور الزمن، و يعود ذلك لتناقص كمية مادة المتفاعلات (تناقص التركيز المولية للمتفاعلات).

3 إن وجود وسيط يؤدي إلى تسريع التفاعل أكثر أي الزيادة في السرعة اللحظية للتفاعل وبلوغ التفاعل حده في مدة أقل ومنه النقطة المقصودة هي النقطة M_1 .

1- حساب كمية المادة الابتدائية (n_0):

$$P_0V = n_0RT \Rightarrow n_0 = \frac{P_0V}{RT} = \frac{4,638 \times 10^4 \times 0,5 \times 10^{-3}}{8,31 \times 318} = 8,77 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

بـ جدول تقدم التفاعل:

حالة الجملة	$2N_2O_{5(g)} = 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$		
الابتدائية	n_0	0	0
الانتقالية	$n_0 - 2x$	$4x$	x
النهائية	$n_0 - 2x_{\max}$	$4x_{\max}$	x_{\max}

جـ حساب قيمة التقدم الأعظمي x_{\max} :

$$\text{من جدول التقدم: } n_0 - 2x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = \frac{n_0}{2} = 4,39 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

2- عبارة n_g بدلالة كمية المادة n_0 والتقدم x : عند اللحظة t

$$\text{يكون: } n_g = n(N_2O_5) + n(NO_2) + n(O_2)$$

$$\text{ومنه: } n_g = (n_0 - 2x) + 4x + x = n_0 + 3x$$

$$\text{إذن: } n_g = n_0 + 3x$$

$$\text{بـ برهان صحة العلاقة التالية: } \frac{P}{P_0} = 1 + \frac{3x}{n_0}$$

$$\text{لدينا: } \begin{cases} PV = n_g RT \dots\dots(1) \\ P_0V = n_0 RT \dots\dots(2) \end{cases} \text{ بقسمة العلاقة (1) على (2) نحصل على:}$$

$$\text{إذن، } \frac{P}{P_0} = \frac{n_g}{n_0} = \frac{n_0 + 3x}{n_0} = 1 + \frac{3x}{n_0} \text{ وهو المطلوب.}$$

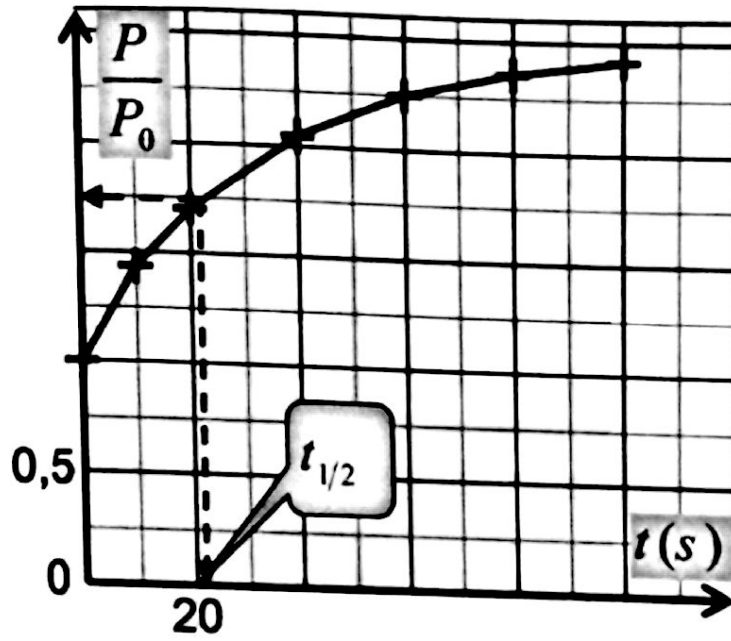
$$\text{جـ حساب قيمة المقدار } \frac{P_{\max}}{P_0}:$$

$$\frac{P_{\max}}{P_0} = 1 + \frac{3x_{\max}}{n_0} = 2,5$$

$$\text{دـ من جدول النتائج التجريبية نجد: } \frac{P_{100}}{P_0} = 2,422 \text{ ولدينا: } \frac{P_{\max}}{P_0} = 2,5$$

نلاحظ أن: $2,422 < 2,5$ وعليه فالتفاعل لم ينتهي عند اللحظة $t = 100s$

3- رسم المنحنى البياني $\frac{P}{P_0} = f(t)$



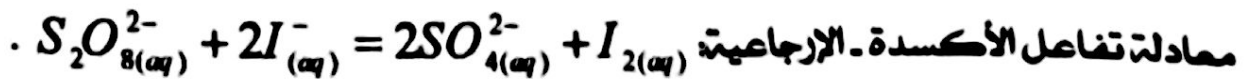
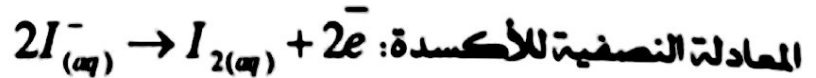
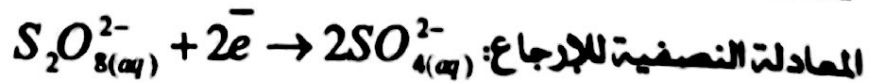
بـ زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي $x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2} = 2,2 \text{ mol}$

ومنه: $t_{1/2} = 22 \text{ s}$ ومن البيان نقرا $\frac{P(t_{1/2})}{P_0} = 1 + \frac{3 \times 2,2 \times 10^{-3}}{8,78 \times 10^{-3}} = 1,75$

حل التمرين 20

1- معادلة التفاعل:



2- التبرير: الجملة الكيميائية تتطور بدلالة الزمن و ذلك لتغير لون الوسط التفاعلي من اللوز الشفاف إلى اللون الأصفر الداكن.

3- به جدول تقدم التفاعل:

التقدم	$S_2O_8^{2-} + 2I^- = 2SO_4^{2-} + I_2$			
$x = 0$	n_0	n'_0	0	0
$x(t)$	$n_0 - x(t)$	$n'_0 - 2x(t)$	$2x(t)$	$x(t)$
x_f	$n_0 - x_f$	$n'_0 - 2x_f$	$2x_f$	x_f

4. عبارة $[I^-]$ بدلالة x ، n'_0 و V :

من جدول التقدم عند اللحظة t لدينا: $n(I^-) = n'_0 - 2x$ وبقسمة طرفي العبارة على حجم الوسط التفاعلي V نجد:

$$[I^-] = -\frac{2}{V}x + \frac{n'_0}{V} \dots \dots \dots (1) \text{ وعليه نجد: } \frac{n(I^-)}{V} = \frac{n'_0 - 2x}{V}$$

$$\text{ومنه: } a = -\frac{2}{V} \text{ و } b = \frac{n'_0}{V}$$

5. إيجاد قيمة كل من V وكمية المادة n'_0 :

البيان عبارة عن خط مستقيم معادلته هي: $[I^-] = -10x + 250 \times 10^{-3} \dots \dots \dots (2)$ بالمطابقة بين العبارتين (1) و (2) نجد أن:

$$\begin{cases} a = -\frac{2}{V} = -10L^{-1} \Rightarrow V = 0,2L = 200mL \\ b = \frac{n'_0}{V} = 250 \times 10^{-3} mol L^{-1} \Rightarrow n'_0 = 50 \times 10^{-3} mol \end{cases}$$

6. المتفاعل المحد:

- إذا كان $S_2O_8^{2-}$ هو المتفاعل المحد فإن: $n_0 - x_f = 0 \Rightarrow x_f = n_0 = 10mmol$

- إذا كان I^- هو المتفاعل المحد فإن: $n'_0 - 2x_f = 0 \Rightarrow x_f = \frac{n'_0}{2} = 25mmol$

إذن المتفاعل المحد هو: $S_2O_8^{2-}$ والتقدم النهائي: $x_f = 10m.mol$.