

الجزء الثالث (حسب الطبعة الجديدة للكتاب المدرسي المعتمدة من طرف المعهد الوطني للبحث في التربية)

التمرين 17

1 - جدول التقدّم :

معادلة التفاعل	$C_{12}H_{22}O_{11} (aq) + H_2O (l) = C_6H_{12}O_6 (aq) + C_6H_{12}O_6 (aq)$				
حالة الجملة	التقدم	كمية المادة (mol)			
الحالة الابتدائية	0	$n_0$	زيادة	0	0
الحالة الانتقالية	$x$	$n_0 - x$	زيادة	$x$	$x$
الحالة النهائية	$x_{\max}$	$n_0 - x_{\max}$	زيادة	$x_{\max}$	$x_{\max}$

2 - سرعة التفاعل مفهوم يتجانس مع كمية مادة مقسومة على زمن . وتمثل في كل لحظة مشتق التقدّم بالنسبة للزمن ، وهو ميل المماس في اللحظة  $t$  .

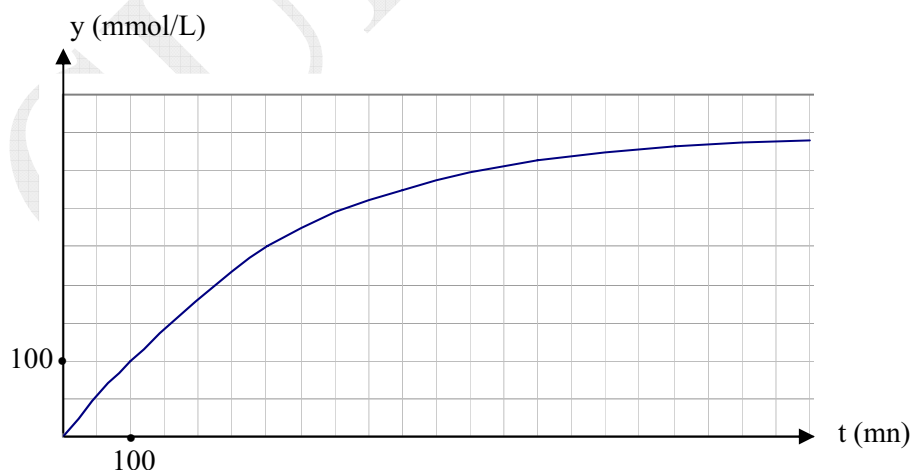
المطلوب هنا أن نبين أن السرعة الحجمية للتفاعل هي  $\frac{dy}{dt}$  .

لدينا  $[S_i] = \frac{n_0}{V}$  و  $[S] = \frac{n_0 - x}{V}$  ، ولدينا كذلك  $y = [S_i] - [S]$  ، وبالتالي :  $y = \frac{n_0}{V} - \frac{n_0 - x}{V} = \frac{x}{V}$

ومنه  $\frac{dy}{dt} = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$  ، إذن  $\frac{dy}{dt}$  هي السرعة الحجمية للتفاعل .

3 - الجدول :

t (mn)	0	100	300	500	700	900	1100
y (mmol/L)	0	100	250	325	363	381	390



4 -

لدينا  $y = \frac{x}{V}$  ، أي  $x(t) = V y(t)$

ازدياد  $y(t)$  يؤدي إلى ازدياد  $x(t)$

نلاحظ أنه كلما يزداد تقدم التفاعل تتناقص

السرعة الحجمية للتفاعل .

## التمرين 18

معادلة التفاعل :  $5\text{Br}^- + \text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ = 3\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

المزيد : الثنائيتان هما :  $\text{Br}_2 / \text{Br}^-$  و  $\text{BrO}_3^- / \text{Br}_2$

المعادلتان النصفيتان :  $2\text{BrO}_3^- (\text{aq}) + 12\text{H}^+ (\text{aq}) + 10\text{e}^- = \text{Br}_2 (\text{aq}) + 6\text{H}_2\text{O} (\text{l})$

$2\text{Br}^- (\text{aq}) = \text{Br}_2 (\text{aq}) + 2\text{e}^-$

### 1 - جدول التقدم

معادلة التفاعل	$5\text{Br}^- (\text{aq}) + \text{BrO}_3^- (\text{aq}) + 6\text{H}^+ = 3\text{Br}_2 (\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O} (\text{l})$					
حالة الجملة	التقدم	كمية المادة (mol)				
الحالة الابتدائية	0	$n_0(\text{Br}^-)$	$n_0(\text{BrO}_3^-)$	$n_0(\text{H}^+)$	0	زيادة
الحالة الانتقالية	x	$n_0(\text{Br}^-) - 5x$	$n_0(\text{BrO}_3^-) - x$	$n_0(\text{H}^+) - 6x$	3x	زيادة
الحالة النهائية	$x_{\max}$	$n_0(\text{Br}^-) - 5x_{\max}$	$n_0(\text{BrO}_3^-) - x_{\max}$	$n_0(\text{H}^+) - 6x_{\max}$	$3x_{\max}$	زيادة

حصول المادة معناه التركيب المولي للمزيج (كمية المادة لكل متفاعل ولكل ناتج)

عند اللحظة  $t = 0$

الفرد الكيميائي	$\text{Br}^-$	$\text{BrO}_3^-$	$\text{H}^+$	$\text{Br}_2$	$\text{H}_2\text{O}$
كمية المادة (mol)	12	2	12	0	زيادة

عند اللحظة  $t = t_{1/2}$  (زمن نصف التفاعل)

نبحث أولا عن المتفاعل المحدد ، بحيث نعدم عدد مولات كل متفاعل ونأخذ أصغر قيمة لـ  $x$  .

$$n_0(\text{Br}^-) - 5x = 0 \Rightarrow x = 2,4 \text{ mol}$$

$$n_0(\text{BrO}_3^-) - x = 0 \Rightarrow x = 2 \text{ mol}$$

$$n_0(\text{H}^+) - 6x = 0 \Rightarrow x = 2 \text{ mol}$$

المتفاعلات المحددان هما :  $\text{BrO}_3^-$  و  $\text{H}^+$  ، ومنه  $x_{\max} = 2 \text{ mol}$

عند زمن نصف التفاعل تكون لدينا نصف قيمة  $x_{\max}$  ، أي :  $\frac{x_{\max}}{2} = 1 \text{ mol}$  ، وبالتالي يكون التركيب المولي للمزيج :

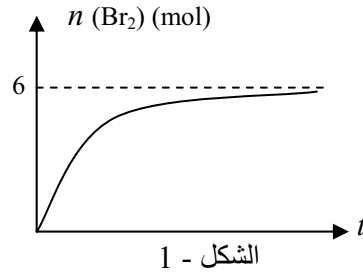
الفرد الكيميائي	$\text{Br}^-$	$\text{BrO}_3^-$	$\text{H}^+$	$\text{Br}_2$	$\text{H}_2\text{O}$
كمية المادة (mol)	$12 - 5 = 7$	$2 - 1 = 1$	$12 - 6 = 6$	$3 \times 1 = 3$	زيادة

$t \rightarrow \infty$

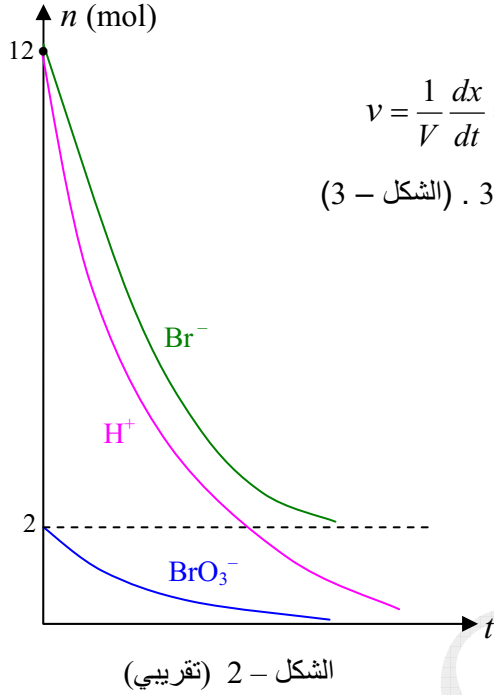
عند نهاية التفاعل يكون  $x = x_{\max}$  ، ويكون حينئذ التركيب المولي للمزيج :

الفرد الكيميائي	$\text{Br}^-$	$\text{BrO}_3^-$	$\text{H}^+$	$\text{Br}_2$	$\text{H}_2\text{O}$
كمية المادة (mol)	$12 - 10 = 2$	0	0	$3 \times 2 = 6$	زيادة

2 - أ) عند اللحظة  $t$  يكون  $n(\text{Br}_2) = 3x$  ، وعندما ينتهي  $t$  نحو  $\infty$  يكون  $x = x_{\max}$  ، وبالتالي يكون السلم في الشكل - 1 :

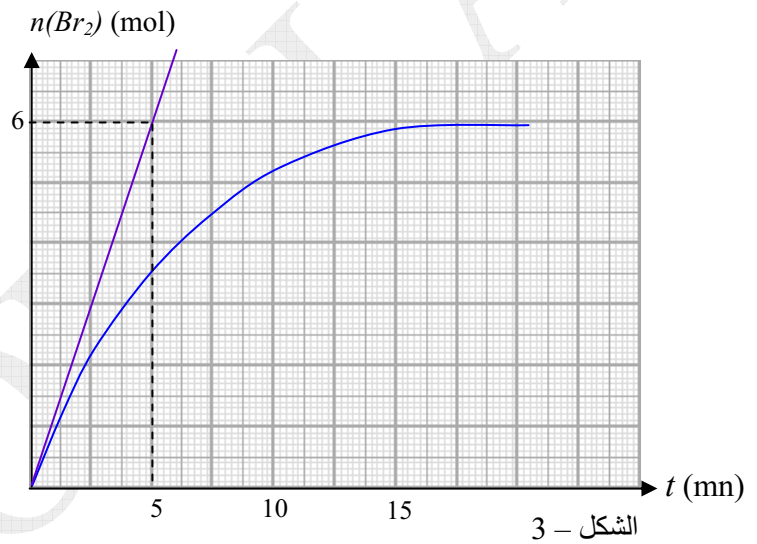


ب) تمثيل  $g(t)$  ،  $h(t)$  ،  $k(t)$  (الشكل - 2)



$$v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} = \frac{1}{V} \frac{d \frac{n(\text{Br}_2)}{3}}{dt} = \frac{1}{3V} \frac{d n(\text{Br}_2)}{dt}$$

ج) لدينا السرعة الحجمية للتفاعل :  $n(\text{Br}_2) = f(t)$  ونقسمه على  $3V$  . (الشكل - 3)



ميل المماس عند اللحظة  $t = 0$  هو :  $1,2 = \frac{6}{5}$  ، ومنه السرعة الحجمية للتفاعل هي :  $v = \frac{1,2}{0,3} = 4 \text{ mol.L}^{-1}\text{mn}^{-1}$

### التمرين 19

1- النواتج هي : شوارد المغنيزيوم ( $\text{Mg}^{2+}$ ) وثنائي الهيدروجين ( $\text{H}_2$ ) .

2 -

كمية مادة حمض كلور الهيدروجين :  $n(\text{HCl}) = n(\text{H}^+) = C V = 0,1 \times 0,2 = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$

كمية مادة المغنيزيوم : ( حتى تكون النتائج متطابقة نأخذ كتلة المغنيزيوم  $m = 8,6 \text{ cg}$  )

$$n(\text{Mg}) = \frac{m}{M} = \frac{8,6 \times 10^{-2}}{24,3} = 3,54 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

3 - المتفاعل المحد :

المعادلة	$\text{Mg (s)}$	$+ 2 \text{ H}^+_{(\text{aq})}$	$= \text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{H}_2(\text{g})$
$t = 0$	$3,7 \times 10^{-3}$	$2,0 \times 10^{-2}$	0
$t$	$3,7 \times 10^{-3} - x$	$2,0 \times 10^{-2} - 2x$	$x$

نعدم عدد مولات كل متفاعل في اللحظة  $t$  ونحسب قيمة  $x$  في كل معادلة .

$$3,54 \times 10^{-3} - x = 0 \Rightarrow x = 3,54 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$2,0 \times 10^{-2} - 2x = 0 \Rightarrow x = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

المتفاعل المحد هو المغنيزيوم لأن  $3,54 \times 10^{-3} < 10 \times 10^{-3}$

4 - العبارة الحرفية للتقدم بدلالة  $P_{H_2}$  :

لدينا  $P_{H_2} = P - P_{atm}$  ، ولدينا قانون الغازات المثالية  $P_{H_2} V = n RT$  ، حيث  $n$  كمية مادة ثنائي الهيدروجين في اللحظة  $t$  والذي يساوي التقدم  $x$  . وبالتالي نكتب :  $(P - P_{atm}) V = x RT$  ، مع العلم أن  $V$  هو حجم غاز الهيدروجين في اللحظة  $t$  .

$$(1) \quad x = P_{H_2} \cdot V \frac{1}{RT} \quad \text{العبارة هي :}$$

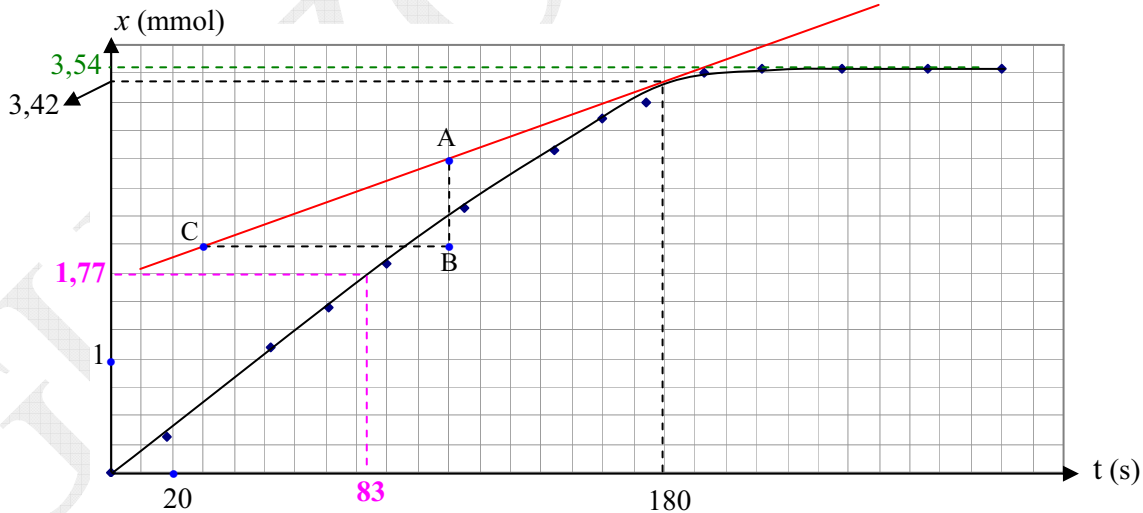
5 - ننشئ جدولاً به قيم التقدم والزمن ، بالتعويض في العبارة (1) ، علماً أن  $V = 500 - 200 = 300 \text{ mL} = 3,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  .

ودرجة الحرارة المطلقة  $T = 20 + 273 = 293^\circ \text{K}$  وبالتالي  $x = (P - P_{atm}) \times 1,23 \times 10^{-7}$

من أجل القيمة الأولى لدينا  $P = P_{atm}$  ، وبالتالي  $x = 0$

من أجل القيمة الثانية لدينا  $P - P_{atm} = 2,5 \times 10^3 \text{ Pa}$  ، وبالتالي  $x = 3,1 \times 10^{-4} \text{ mol}$  ، وهكذا بالنسبة للقيم الباقية .

t (s)	0	18	52	71	90	115	144	160	174	193	212	238	266	290
x (mmol)	0	0,31	1,10	1,45	1,84	2,32	2,83	3,10	3,24	3,50	3,54	3,54	3,54	3,54



6 - من البيان أو من الجدول لدينا  $x_{max} \approx 3,54 \text{ mmol}$  ، وبالتالي  $\frac{x_{max}}{2} = 1,77 \text{ mmol}$  ، وهذه القيمة توافق الزمن  $t_{1/2} = 83 \text{ s}$

7 - السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة  $t = 180 \text{ s}$  :

$$v = \frac{1}{V} \frac{AB}{CB} = \frac{1}{0,2} \frac{0,75 \times 10^{-3}}{80} = 4,7 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} . \text{s}^{-1}$$

8 - إذا كان المقصود هو حساب حجم غاز الهيدروجين في الشرطين ( $T = 293^\circ K$  ;  $P = 1,009 \times 10^5 Pa$ )

من البيان لدينا عند  $t = 180 s$  تكون  $x = 3,42 \text{ mmol}$  ، ونعلم أن  $n(H_2) = x$  .

نحسب الحجم المولي للغازات في درجة الحرارة  $293^\circ K$  ، أي حجم  $1 \text{ mol}$  .

$$PV_0 = nRT \Rightarrow V_0 = \frac{nRT}{P} = \frac{1 \times 8,31 \times 293}{1,009 \times 10^5} = 2413 \times 10^{-5} m^3 = 24,13 L$$

حجم ثنائي الهيدروجين هو  $V_{H_2}$  حيث :  $n(H_2) = \frac{V_{H_2}}{V_0}$  ، وبالتالي :  $V_{H_2} = 24,13 \times 3,4 \times 10^{-3} = 82 \times 10^{-3} L$

$$[Mg^{2+}] = \frac{3,42 \times 10^{-3}}{0,2} = 1,71 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \text{ ويكون التركيز المولي } n(Mg^{2+}) = x = 3,42 \text{ mmol}$$

## التمرين 20

**ملاحظة :** في البيان المرفق مع التمرين ، لدينا على الترتيب  $[I_2]$  (mmol/L) وليس mol/L .

1 - نبرّد الجزء الذي نريد معايرته من أجل إيقاف التفاعل فيه (أي إيقاف تكوّن ثنائي اليود) ، وذلك للتمكن من معايرة فقط الكمية التي تكون موجودة في لحظة التبريد .

2 - الثنائيتان هما :  $S_2O_8^{2-} / SO_4^{2-}$  و  $I_2 / I^-$

3 - النوع الكيميائي المرجع هو شاردة اليود  $I^-$

**التعليق :** رقم تأكسد عنصر اليود ارتفع من (-1) في  $I^-$  إلى (0) في  $I_2$

4 - النوع الكيميائي المؤكسد هو شاردة البيروكسوثنائي كبريتات  $S_2O_8^{2-}$  .

**التعليق :** رقم تأكسد عنصر الكبريت في  $S_2O_8^{2-}$  هو  $x$  حيث :  $2x - 16 = -2$  ، ومنه :  $x = 7$

رقم تأكسد عنصر الكبريت في  $SO_4^{2-}$  هو  $x'$  حيث :  $x' - 8 = -2$  ، ومنه :  $x' = 6$  (رقم التأكسد انخفض)

5 - المعادلتان النصفيتان الإلكترونيتان هما :  $S_2O_8^{2-} + 2e^- = 2SO_4^{2-}$  معادلة الإرجاع

معادلة الأكسدة  $2I^- = I_2 + 2e^-$

6 - كميات المادة الابتدائية للمتفاعلات :

$$n(S_2O_8^{2-}) = n(K_2S_2O_8) = C_1 V_1 = 1,5 \times 10^{-2} \times 0,5 = 7,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(I^-) = n(KI) = C_2 V_2 = 0,5 C_2$$

7 - جدول التقدم

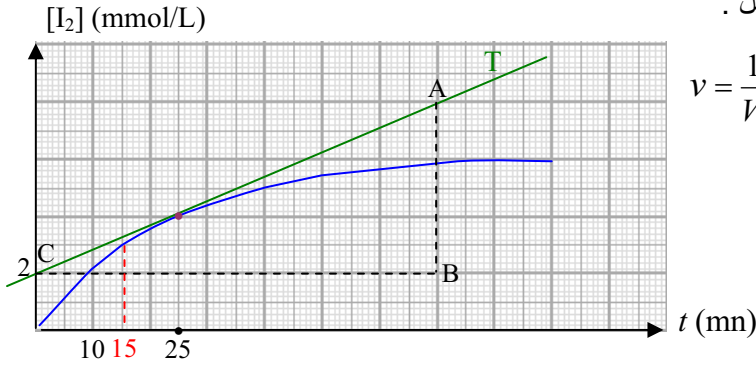
معادلة التفاعل	$2 I^-_{(aq)} + S_2O_8^{2-}_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2 SO_4^{2-}_{(aq)}$				
حالة الجملة	التقدم	كمية المادة (mol)			
الابتدائية	0	$n(I^-)$	$n(S_2O_8^{2-})$	0	0
الانتقالية	$x$	$n(I^-) - 2x$	$n(S_2O_8^{2-}) - x$	$x$	$2x$
النهائية	$x_{\max}$	$n(I^-) - 2x_{\max}$	$n(S_2O_8^{2-}) - x_{\max}$	$x_{\max}$	$2x_{\max}$

لكي نتأكد أن  $x$  يتغير بنفس الطريقة التي يتغير بها  $[I_2]$  بدلالة الزمن ، نجد العلاقة بين  $x$  و  $[I_2]$  .

لدينا من جدول التقدم :  $n(I_2) = x$  ، ومنه :  $[I_2] V = x$  ، حيث  $V$  هو حجم المزيج وقيمه 1L ، وبالتالي  $[I_2] = x$

إذن التقدم والتركيز المولي لثنائي اليود يتطوران بنفس الكيفية .

8 - نحسب ميل المماس  $T$  والذي يمثل السرعة الحجمية للتفاعل .



$$v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} = \frac{d[I_2]}{dt} = \frac{2 \times 3 \times 10^{-3}}{7 \times 10} = 8,5 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}.\text{mn}^{-1}$$

9 - من البيان نستنتج التركيز المولي النهائي لثنائي اليود ، وهو  $[I_2] = 6 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$  ،

ومنه كمية مادة ثنائي اليود :  $n(I_2) = [I_2] \cdot V = 6 \times 10^{-3} \times 1 = 6 \times 10^{-3} \text{ mol}$

لو كان المتفاعل المحد هو  $S_2O_8^{2-}$  لكننا وجدنا كمية مادة ثنائي اليود  $7,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$  ، أي عدد مولات  $S_2O_8^{2-}$  التي حسبناها سابقا .

إذن المتفاعل المحد هو شوارد اليود .

**ملاحظة :** في مثل هذا التحول يجب أن تكون شوارد اليود دائما بزيادة ، والسبب مذكور في الدرس ، ومع ذلك نتابع حل التمرين .

10 - زمن نصف التفاعل هو الزمن الموافق لنصف قيمة التقدم النهائي .

من البيان التقدم الأعظمي  $x_{max} = 6 \times 10^{-3} \text{ mol}$  ومنه  $\frac{x_{max}}{2} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol}$  . الزمن الموافق على البيان هو  $t_{1/2} = 15 \text{ mn}$

11 - بما أن المتفاعل المحد هو شاردة اليود فإن  $n(I^-) - 2x_{max} = 0$  ، ومنه  $n(I^-) = 2 \times 6 \times 10^{-3} = 1,2 \times 10^{-2} \text{ mol}$

ولدينا  $n(I^-) = 0,5 C_2$  ، ومنه :  $C_2 = 2,4 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

## التمرين 21

المركب العضوي 2- كلور - 2 - ميثيل بروبان هو  $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{Cl}}{\text{C}}} - \text{CH}_3$  . من أجل اختصار الكتابة نمثله بـ  $R - Cl$  ، حيث الجذر الألكيلي  $R$  هو  $C(CH_3)_3$

نكتب المعادلة إذن :  $R - Cl_{(aq)} + H_2O_{(l)} = R - OH_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$

1 - يمكن متابعة هذا التحول عن طريق قياس الناقلية لأن في المزيج المتفاعل توجد الشوارد ، وهي  $Cl^-$  و  $H^+$  ، ونعلم أن الشوارد هي المسؤولة عن الناقلية الكهربائية للمحاليل .

2 - التركيز الكتلي لـ  $R - Cl$  هو  $S = 4 \text{ g/L}$

التركيز المولي هو التركيز الكتلي مقسوم على الكتلة الجزيئية المولية ، أي  $C = \frac{S}{M}$

كمية مادة  $R - Cl$  هي :  $n(R - Cl) = [R - Cl] \cdot V = \frac{S}{M} \cdot V = 2 \times 10^{-3} \times \frac{4}{92,5} = 8,6 \times 10^{-5} \text{ mol}$

الماء موجود بزيادة ، حيث لدينا الحجم المضاف هو  $80 \times \frac{95}{100} = 76 \text{ mL}$  . ونعلم أن الكتلة الحجمية للماء هي  $1 \text{ g/mL}$

إن كتلة الماء المضافة هي 76 g ، وهذا يوافق  $n(H_2O) = \frac{76}{18} = 4,22 \text{ mol}$  ، وهي كمية كبيرة بالنسبة لكمية R - Cl

3 - جدول التقدم :

معادلة التفاعل		$R-Cl_{(aq)} + H_2O_{(l)} = R-OH_{(aq)} + H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$				
حالة الجملة الكيميائية	التقدم	كمية المادة بـ (mol)				
الحالة الابتدائية	0	$8,6 \times 10^{-5}$	زيادة	0	0	0
الحالة الانتقالية	$x(t)$	$8,6 \times 10^{-5} - x$	زيادة	$x$	$x$	$x$
الحالة النهائية	$x_{max}$	$8,6 \times 10^{-5} - x_{max}$	زيادة	$x_{max}$	$x_{max}$	$x_{max}$

4 - تُعطى الناقلية النوعية بالعلاقة  $\sigma = \lambda_{Cl^-} [Cl^-] + \lambda_{H^+} [H^+]$  ، ولدينا :  $[Cl^-] = \frac{n(Cl^-)}{V}$  و  $[H^+] = \frac{n(H^+)}{V}$  .

ومن جدول التقدم نستنتج  $n(Cl^-) = n(H^+) = x$  ، ومنه :  $\sigma = \frac{(\lambda_{Cl^-} + \lambda_{H^+})}{V} x$  (1)

5 - تكون الناقلية النوعية معدومة في اللحظة  $t = 0$  ، لأن المزيج يكون خاليا من الشوارد (يتواجد نوعان كيميائيان جزيئيان هما R- Cl و  $H_2O$  ، مع الإشارة إلى أننا أهملنا شوارد  $H^+_{(aq)}$  و  $OH^-_{(aq)}$  في الماء لأن تركيزهما حوالي  $10^{-7} \text{ mol/L}$  )

6 - في نهاية التفاعل يكون  $x = x_{max}$  ، وبالتالي تكون الناقلية النوعية :  $\sigma_f = \frac{(\lambda_{Cl^-} + \lambda_{H^+})}{V} x_{max}$  (2)

7 - التقدم الأعظمي يساوي كمية مادة 2 - كلور-2- ميثيل بروبان ، أي  $x_{max} = 8,6 \times 10^{-5} \text{ mol}$

8 - بتقسيم العلاقتين (1) و (2) طرفا لطرف نجد  $\frac{\sigma_f}{\sigma} = \frac{x_{max}}{x}$  ، ومنه  $x = x_{max} \cdot \frac{\sigma}{\sigma_f}$  (3)

9 - نستعمل العلاقة (3) لحساب التقدم في كل لحظة ، مع العلم أن  $\sigma_f = 298,1 \mu S.cm^{-1}$  (من الجدول) .

من أجل كل لحظة نقسم  $\sigma(t)$  على  $\sigma_f$  ونضرب الناتج في  $x_{max}$  ، مع ترك الناقليتين النوعيتين بنفس الوحدة .

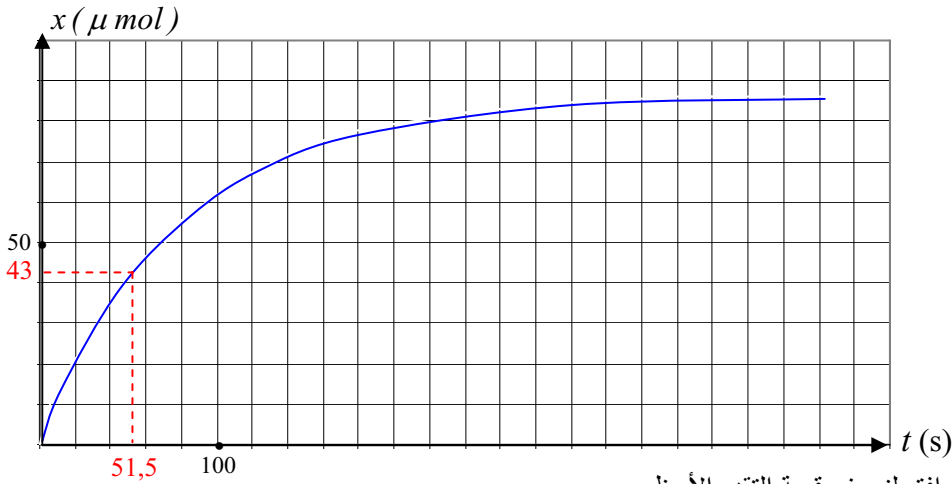
$t \text{ (s)}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$x \text{ (}\mu \text{ mol)}$	0	15,2	21,5	28,6	34,9	41,2	46,6	49,3	55,5	59,1
$t \text{ (s)}$	100	110	120	140	160	190	220	240	285	315
$x \text{ (}\mu \text{ mol)}$	61,8	65,4	67,2	71,6	75,2	78,8	80,6	82,4	84,2	85,1
$t \text{ (s)}$	365	375	380	450						
$x \text{ (}\mu \text{ mol)}$	86,0	86,0	86,0	86,0						

10 - تمثيل التقدم بدلالة الزمن :

على محور الترتيب غيّرت السلم

ب:  $1 \text{ cm} \rightarrow 10 \mu \text{ mol}$

للتذكير :  $(1 \mu \text{ mol} = 10^{-6} \text{ mol})$



11 - زمن نصف التفاعل هو الزمن الموافق لنصف قيمة التقدم الأعظمي .

لدينا التقدم الأعظمي  $x_{\max} = 86 \mu \text{ mol}$  ، ومنه  $\frac{x_{\max}}{2} = 43 \mu \text{ mol}$  . الزمن الموافق على البيان  $t_{1/2} \approx 51,5 \text{ s}$

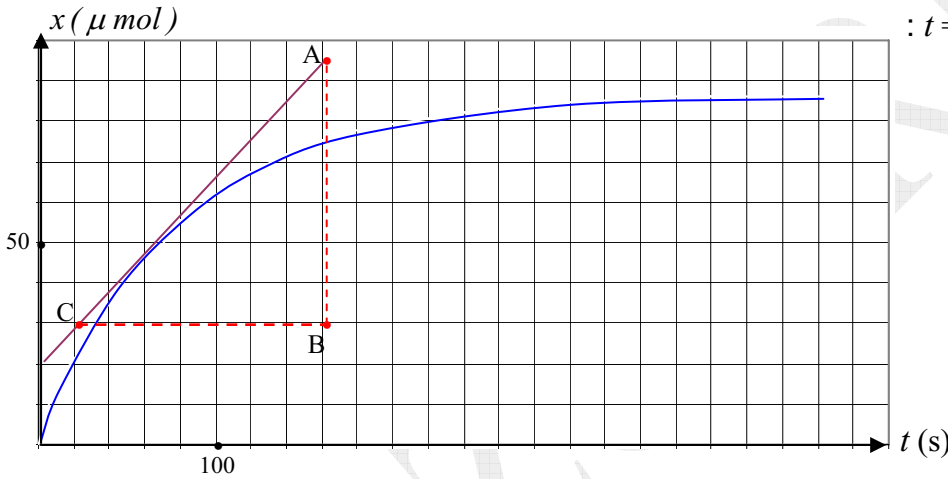
- 12

السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة  $t = 60 \text{ s}$  :

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

$$v = \frac{1}{82 \times 10^{-3}} \frac{66 \times 10^{-6}}{140}$$

$$v = 5,7 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

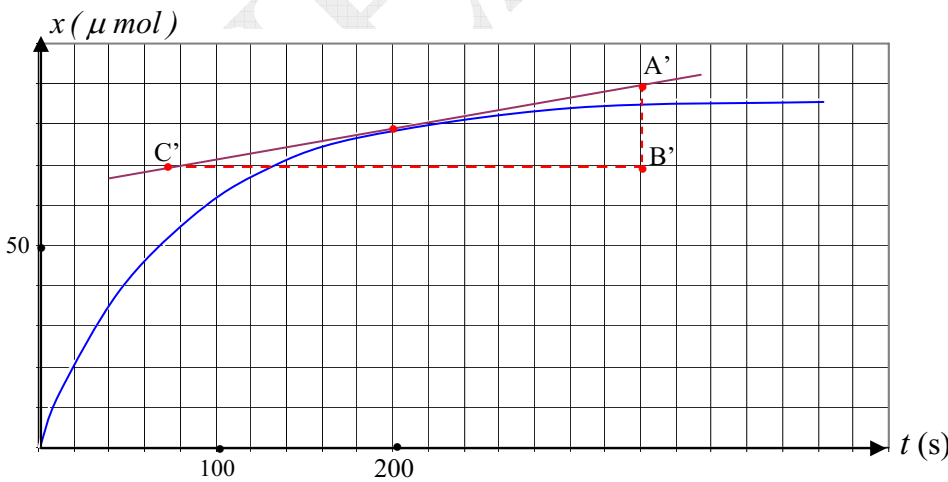


السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة  $t' = 200 \text{ s}$  :

$$v' = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} = \frac{1}{V} \frac{A'B'}{C'B'}$$

$$v' = \frac{1}{82 \times 10^{-3}} \frac{20 \times 10^{-6}}{270}$$

$$v' = 9,0 \times 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$



13 - السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة  $t = 200 \text{ s}$  أصغر من السرعة في اللحظة  $t' = 60 \text{ s}$  . تناقص السرعة سببه تناقص تراكيز المتفاعلات خلال الزمن .

الذي يوضح ذلك بيانها هو تناقص ميل المماس كلما زاد الزمن ، إلى أن يصبح هذا الميل معدوما عندما يصبح المماس أفقيا .



## التمرين 22

معادلة التحوّل الكيميائي :  $3 \text{HNO}_2(\text{aq}) = 2 \text{NO}(\text{g}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$

1 - جدول التقدم

معادلة التفاعل		$3 \text{HNO}_2(\text{aq}) = \text{NO}(\text{g}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$			
حالة الجملة	التقدم	كمية المادة بـ (mol)			
الحالة الابتدائية	0	$n_0(\text{HNO}_2)$	0	0	0
الحالة الانتقالية	$x$	$n_0(\text{HNO}_2) - 3x$	$x$	$x$	$x$
الحالة النهائية	$x_{\max}$	$n_0(\text{HNO}_2) - 3x_{\max}$	$x_{\max}$	$x_{\max}$	$x_{\max}$

لدينا في اللحظة  $t$  كمية مادة حمض الأزوتيد هي :  $n(\text{HNO}_2) = n_0(\text{HNO}_2) - 3x$  ، ومنه تركيزه المولي هو :

$$[\text{HNO}_2] = \frac{n(\text{HNO}_2)}{V} = \frac{n_0(\text{HNO}_2)}{V} - \frac{3x}{V}$$

$$(1) \quad [\text{HNO}_2] = C_0 - \frac{3x}{V}$$

أما كمية مادة شاردة النترات ( $\text{NO}_3^-$ ) فهي :  $n(\text{NO}_3^-) = x$  ، ومنه التركيز المولي لهذه الشاردة :

$$(2) \quad [\text{NO}_3^-] = \frac{x}{V}$$

2 - السرعة الحجمية للتفاعل هي مقدار تغير التقدم في مجال زمني صغير  $dt$  ، ونتمثل مشتق التقدم بالنسبة للزمن في لتر من المزيج

$$v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} \text{ أي : } v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$$

• بالنسبة للمنحني  $f(t)$  ، فهو يمثل اختفاء حمض الأزوتيد  $\text{HNO}_2$  خلال الزمن . نرمز لسرعة الاختفاء بـ  $v_d$  ، ونكتب :

$$v_d = -\frac{d[\text{HNO}_2]}{dt} \text{ ، وباستعمال العلاقة (1) تصبح السرعة : } v_d = -\frac{dC_0}{dt} + \frac{3}{V} \frac{dx}{dt} = \frac{3}{V} \frac{dx}{dt} \text{ (مشتق عدد ثابت يساوي 0)}$$

$$(3) \quad v_x = \frac{v_d}{3} \text{ ، ومنه } v_x = \frac{v_d}{3} \text{ حيث } v_x \text{ هي السرعة الحجمية للتفاعل ، وبالتالي نكتب } v_d = 3v_x$$

إذن يمكن معرفة السرعة الحجمية للتفاعل من البيان  $f(t)$  .

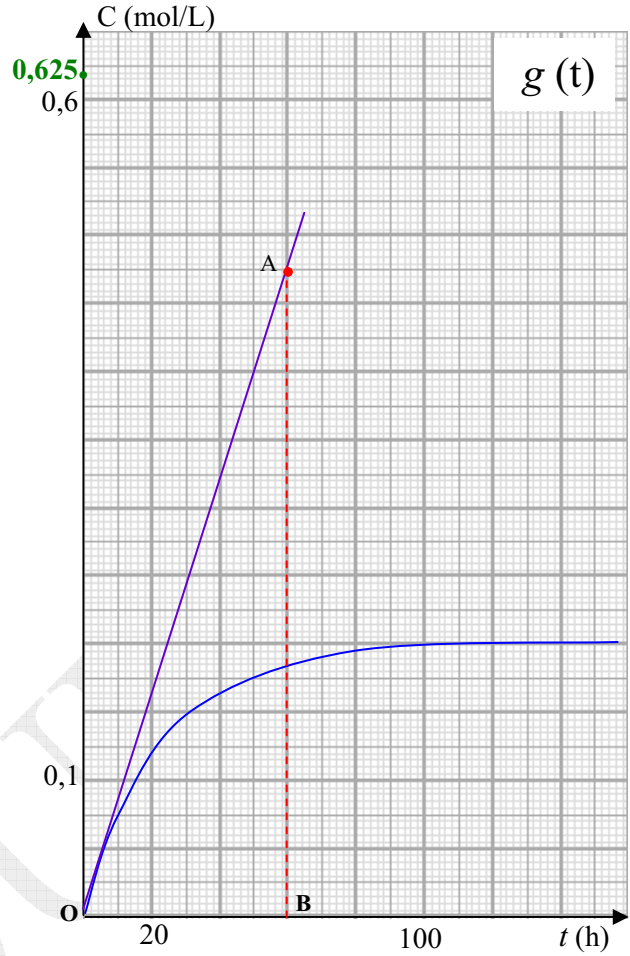
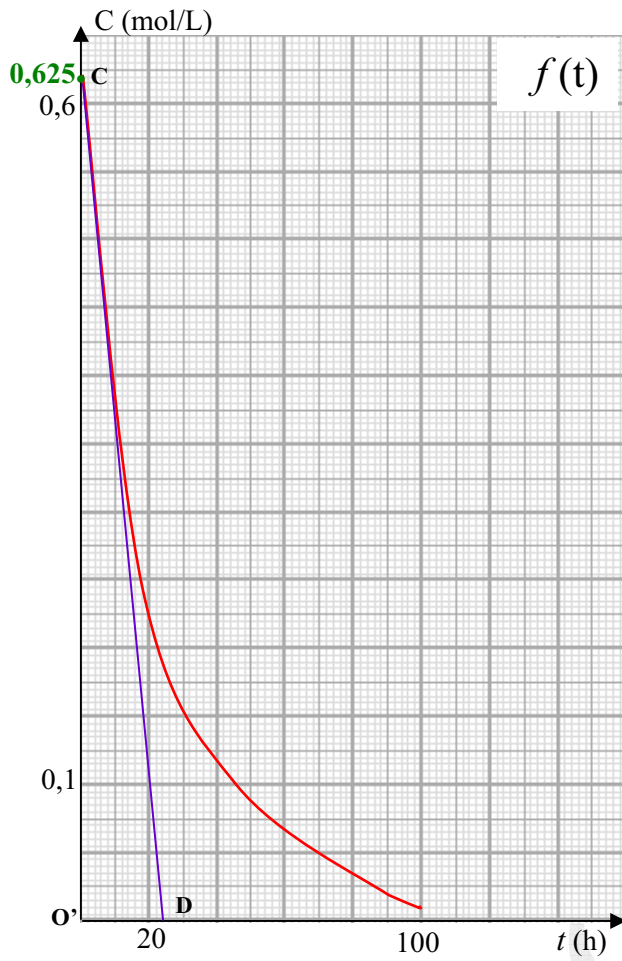
• بالنسبة للمنحني  $g(t)$  ، فهو يمثل تشكل شاردة النترات خلال الزمن . نرمز لسرعة التشكل بـ  $v_a$  ، ونكتب :

$$v_a = \frac{d[\text{NO}_3^-]}{dt} \text{ ، وباستعمال العلاقة (2) تصبح السرعة : } v_a = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$$

$$(4) \quad v_x = v_a \text{ وبالتالي نكتب } v_x = v_a$$

إذن يمكن معرفة السرعة الحجمية للتفاعل من البيان  $g(t)$  .

3 - السرعة الحجمية الابتدائية للتفاعل ( $v_0$ ) : نحسبها بيانيا في اللحظة  $t = 0$  إما من البيان  $f(t)$  أو  $g(t)$



من البيان  $g(t)$  :

سرعة ظهور شاردة النترات هي :

$$v_a = \frac{d[NO_3^-]}{dt} = \frac{AB}{OB} = \frac{9,6 \times 0,05}{60} = 8,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

باستعمال العلاقة (4) نجد السرعة الحجمية للتفاعل  $v_0 = v_x = 8,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

من البيان  $f(t)$  :

سرعة اختفاء حمض الأزوتيد هي :

$$v_a = -\frac{d[HNO_2]}{dt} = -\left(-\frac{O'C}{O'D}\right) = +\frac{0,625}{25} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

باستعمال العلاقة (3) نجد السرعة الحجمية للتفاعل  $v_0 = v_x = \frac{2,5 \times 10^{-2}}{3} = 8,3 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

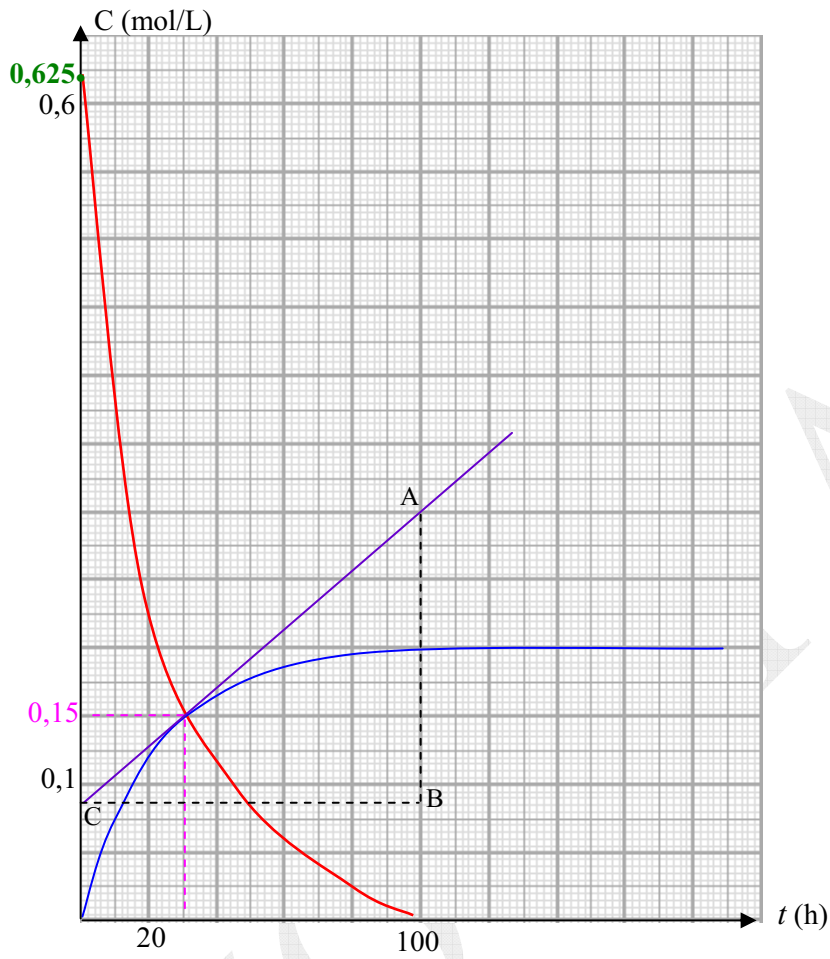
السرعتان متساويتان في حدود دقة التمثيل البياني .

4 - نقطة تقاطع البيانيين توافق :  $[HNO_2] = [NO_3^-] = 0,15 \text{ mol.L}^{-1}$

ومن معادلة التحول نستنتج :  $[H_3O^+] = 0,15 \text{ mol.L}^{-1}$

حجم المحلول غير معروف .

السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة  $t_1$  :  $v'_x = v'_a = \frac{AB}{CB} = \frac{4,3 \times 0,05}{100} = 2,1 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.\text{h}^{-1}$



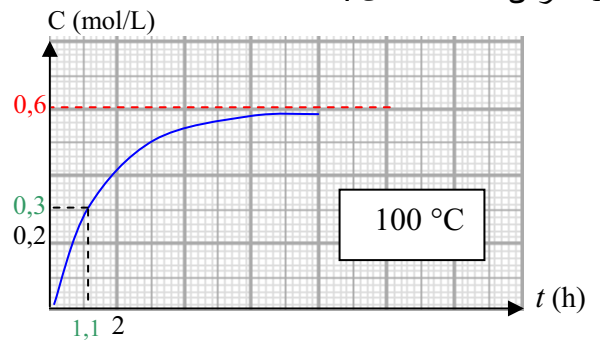
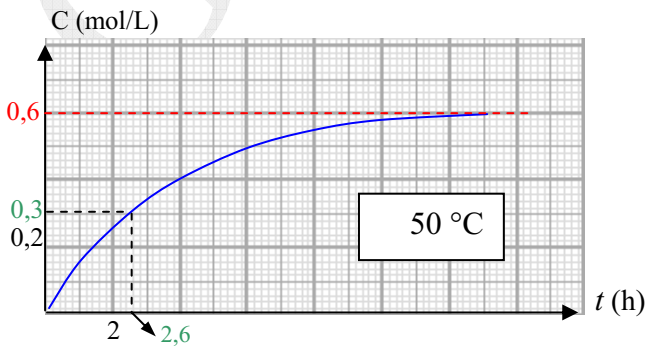
5 - السرعة تتناقص ، والعامل الحركي هو التركيز المولي لحمض الأزوتيد .

6 - نعتبر التحول قد انتهى في اللحظة  $t = 100 \text{ h}$  ، وعندها تنعدم السرعة الحجمية للتفاعل . ميل المماس معدوم بدءا من  $t = 100 \text{ h}$  ( مع تصحيح البيان الأزرق بالنسبة للأحمر )

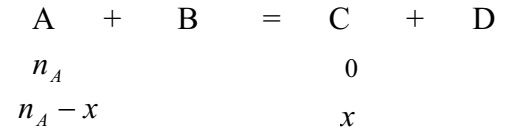
### التمرين 23

معادلة التحول :  $A + B = C + D$

1 - زمن نصف التفاعل :



C : معناه التركيز المولي للفرد الكيميائي C الذي ينتج في التحول الكيميائي .



لدينا في اللحظة  $t$  :  $x = [C].V$  ، فمن أجل قيمتين لـ  $x$  ،  $x_1$  و  $x_2$  نكتب :  $x_1 = [C_1].V$  ،  $x_2 = [C_2].V$

فإذا كان  $x_2 = \frac{x_1}{2}$  ، فإن كذلك بتقسيم العلاقتين طرفا لطرف يكون  $[C_2] = \frac{[C_1]}{2}$ .

إذن لكي نحسب زمن نصف التفاعل يكفي أن نقسم التركيز الأعظمي للنوع الكيميائي C على 2 ونستنتج  $t_{1/2}$  من بيان التركيز .  
 2 - كلما كان زمن نصف التفاعل أقل تكون سرعة التفاعل عند  $t = 0$  أكبر ، أي أن كلما كانت درجة حرارة المزيج أكبر كلما كان التحول أسرع . (درجة الحرارة عامل حركي)

## التمرين 24

1 - أ) سبب تحول اللون البنفسجي لعديم اللون هو تفاعل شاردة البرمنغنات وتحولها لشاردة المنغنيز  $Mn^{2+}$  عديمة اللون . أما سبب زوال اللون ، فيجب أن نبيّن أن شاردة البرمنغنات هي المتفاعل المحدّ .

كمية مادة البرمنغنات :

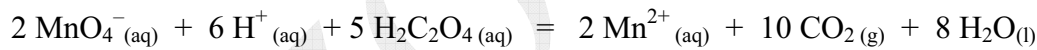
$$n(MnO_4^-) = [MnO_4^-] V_1 = 0,2 \times 0,2 \times 10^{-3} = 4,0 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL} = 10^{-3} \text{ L}$$

كمية مادة حمض الأكساليك :

$$n(H_2C_2O_4) = [H_2C_2O_4] V_2 = 0,2 \times 0,005 = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

معادلة التحوّل الكيميائي هي :



المتفاعلات	$2 MnO_4^-(aq) + 5 H_2C_2O_4(aq)$	
$t = 0$	$4,0 \times 10^{-5}$	$10^{-3}$
$t$	$4 \times 10^{-5} - 2x$	$10^{-3} - 5x$

$$4 \times 10^{-5} - 2x = 0 \Rightarrow x = 2 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$10^{-3} - 5x = 0 \Rightarrow x = 2 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

إذن المتفاعل المحد هو برمنغنات البوتاسيوم (أصغر قيمة للتقدم)

ونستنتج من هذا أن الكمية المضافة (0,2 mL) تختفي كلها عند إضافتها

$$n(MnO_4^-) = \frac{2}{5} \times 10^{-3} = 4 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

وهذه القيمة أكبر من  $4 \times 10^{-5} \text{ mol}$  .

$$(1) \quad v = \frac{1}{V} \frac{\Delta x}{\Delta t} \text{ هي : السرعة الحجمية الوسطية (المتوسطة) المقصودة}$$

$$\text{لدينا } n(MnO_4^-) = 4 \times 10^{-5} - 2x = 0 \text{ يمكن أن نكتب } \frac{\Delta n(MnO_4^-)}{\Delta t} = 0 - 2 \frac{\Delta x}{\Delta t} \text{ ، وبالتالي}$$

$$(2) \quad \frac{\Delta x}{\Delta t} = -\frac{1}{2} \frac{\Delta n(MnO_4^-)}{\Delta t}$$

بتقسيم طرفي المعادلة (2) على  $V$  (حجم المزيج) نكتب :  $\frac{1}{V} \times \frac{\Delta x}{\Delta t} = -\frac{1}{2V} \frac{\Delta n(MnO_4^-)}{\Delta t}$  ، ومنه السرعة الحجمية المتوسطة

$$v = -\frac{1}{2 \times 0,2} \left( \frac{0 - 4 \times 10^{-5}}{45 - 0} \right) = 2,2 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1} \text{s}^{-1}$$

(أهملنا 0,2 mL أمام 200 mL)

2 - بعد زوال اللون البنفسجي وجدنا  $x = 2 \times 10^{-5} \text{ mol}$  وهي نفسها التقدم الأعظمي ، حينئذ تكون كمية مادة حمض الأكساليك الباقية في المزيج :  $n(H_2C_2O_4) = 10^{-3} - 5x = 10^{-3} - 5 \times 2 \times 10^{-5} = 9,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$  ، أما التركيز المولي للحمض هو :

$$[H_2C_2O_4] = \frac{9 \times 10^{-4}}{0,2} = 4,5 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$v' = -\frac{1}{2 \times 0,2} \left( \frac{0 - 4 \times 10^{-5}}{28 - 0} \right) = 3,57 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1} \text{s}^{-1} \quad (3 - \text{أ})$$

وجدنا السرعة الثانية أكبر من الأولى .

في التجربة الأولى نلاحظ أن الكمية 0,2 mL من البرمنغنات نفذت في المدة 45 s ، أما في التجربة الثانية نلاحظ أن نفس الكمية نفذت في مدة أقل (28 s) . وكأننا أضفنا 0,4 mL من البرمنغنات جملة واحدة والسرعة شرعت في التزايد ، وهذا غير منطقي في تفاعل عادي ، لأن تناقص التركيز يؤدي إلى تناقص السرعة ، لكن في هذا التحول حدث ما يلي : في التجربة الثانية (الإضافة الثانية) كانت هناك كمية من شوارد المنغنيز  $Mn^{2+}$  الناتجة عن الإضافة الأولى ، وهذه الشوارد كانت سببا في تحفيز التفاعل (التحفيز الذاتي في هذه الحالة) . وهذا ما جعل السرعة في التجربة الثانية أكبر من السرعة في التجربة الأولى .

4 - في هذه الحالة ( أي التجربة الثانية) يتدخل عاملان حركيان هما التحفيز ودرجة الحرارة ، لهذا تكون السرعة أكبر ولا يدوم التحول إلا ثانية واحدة .

## التمرين 25

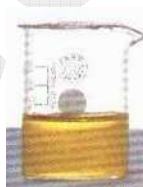
معادلة التحلل :  $2 H_2O_2(l) = 2 H_2O(l) + O_2(g)$  (إضافة رقم 2 أمام  $H_2O_2$ )

1 - دون الوسيط يكون التفاعل بطيئا ، وخاصة في درجة حرارة منخفضة .

2 - في هذا التحول لدينا وساطة متجانسة ، أي أن الوسيط والمتفاعلات من نفس الطور (سوائل) .

للعلم فقط أن في حالة الوساطة المتجانسة يظهر الناتج في جميع أنحاء البيشر ، أما في الوساطة غير المتجانسة يظهر الناتج بجوار الوسيط .

يمكن تحفيز هذا التفاعل بواسطة سلك من البلاتين (وساطة غير متجانسة) بحيث نلاحظ انطلاق غاز الأكسجين بجوار السلك فقط .



المرحلة 4



المرحلة 3

3 - الشيء الذي يوضح أن الوسيط قد شارك في التفاعل هو صورة المرحلة (3) - اللون البني والفوران

الفوران : انطلاق ثنائي الأكسجين  $O_2$  .

اللون البني: ناتج عن المركبات المعقدة التي يمر بها الوسيط وهو يسرع في التفاعل ، حيث أنه يغير آلية (ميكانيزم) التفاعل .

4 - المعلومة المتعلقة بالوسيط التي تبرزها الصورة نرصدها في صورة المرحلة 4 ، بحيث أن هذا اللون الأصفر الصدئي هو لون شوارد الحديد الثلاثية . يدلّ هذا على أن الوسيط أنهى مهمته وعاد إلى لونه الطبيعي (الأصلي) .

## التمرين 26

معادلة التحوّل الكيميائي :  $2 \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) = 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$

1 - أ) من البيان نستنتج كمية مادة الماء الأكسوجيني الموافقة

$$n(\text{H}_2\text{O}_2) = 4,5 \text{ mol} , t = 10 \text{ mn}$$

ب) من أجل ذلك ننشئ جدول التقدم

المعادلة	$2 \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) = 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$		
$t = 0$	$n_0(\text{H}_2\text{O}_2)$	زيادة	0
$t$	$n_0(\text{H}_2\text{O}_2) - 2x$	زيادة	$x$

في اللحظة  $t = 10 \text{ mn}$  تكون كمية مادة الماء الأكسوجيني:

$$n(\text{H}_2\text{O}_2) = 7,8 - 2x = 4,5$$

وبالتالي  $x = 1,65 \text{ mol}$  ، ومنه كمية مادة ثنائي الأكسوجين هي :

$n(\text{O}_2) = 1,65 \text{ mol}$  . الماء موجود بكثرة لأن الماء الأكسوجيني في هذه الحالة عبارة عن محلول مائي (  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$  ) أي الماء

موجود قبل التفاعل . ومنه التركيب المولي للمزيج :  $n(\text{H}_2\text{O}_2) = 4,5 \text{ mol} , n(\text{O}_2) = 1,65 \text{ mol}$

ج) سرعة اختفاء الماء الأكسوجيني :

$$v = -\frac{d n(\text{H}_2\text{O}_2)}{dt} = -\left(-\frac{AB}{BC}\right) = \frac{6,3}{25} = 2,5 \times 10^{-1} \text{ mol.mn}^{-1}$$

2 - أ) نقطة تقاطع بيان سرعة اختفاء الماء الأكسوجيني مع محور الترتيب هي السرعة في غياب الوسيط .

$$v = 3,3 \times 10^{-2} \text{ mol.mn}^{-1}$$

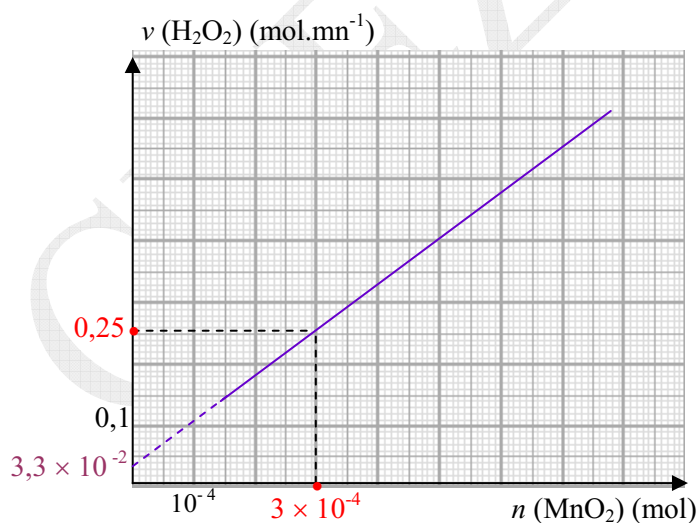
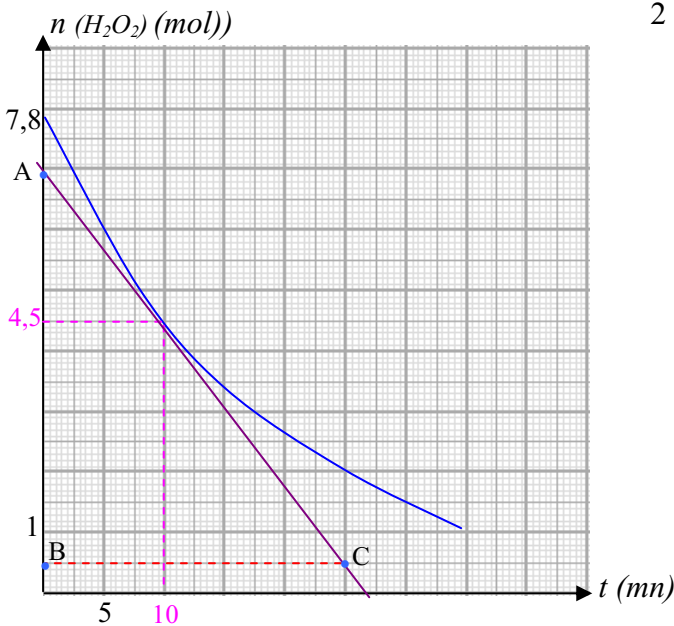
ب) لإيجاد كمية مادة الوسيط المستعملة في السؤال 1 - ،

نستعمل بيان السرعة ونأخذ القيمة الموافقة لـ  $v = 0,25 \text{ mol.mn}^{-1}$

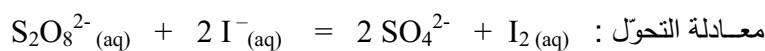
وهي :  $n(\text{MnO}_2) = 3 \times 10^{-4} \text{ mol}$

ج) كلما استعملنا كمية أكبر من الوسيط نحصل على سرعة أكبر

عند اللحظة  $t = 0$  .



## التمرين 27



1 - السرعة الحجمية للتفاعل هي مقدار تغير التقدّم في المدة الصغيرة  $dt$  وذلك في لتر واحد من المزيج المتفاعل ، وتتمثل في مشتق التقدّم بالنسبة للزمن في وحدة الحجم .

أي :  $v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$  ، ولكي نعبر عنها بدلالة  $[S_2O_8^{2-}]$  ننشئ جزءا من جدول التقدّم :

معادلة التفاعل	$S_2O_8^{2-} (aq) + 2 I^- (aq) = 2 SO_4^{2-} + I_2 (aq)$	
$t = 0$	$n_0 (S_2O_8^{2-})$	
$t$	$n_0 (S_2O_8^{2-}) - x$	

لدينا كمية مادة  $S_2O_8^{2-}$  في اللحظة  $t$  هي :  $n(S_2O_8^{2-}) = n_0 (S_2O_8^{2-}) - x$  ، ومنه :  $[S_2O_8^{2-}] = \frac{n_0 (S_2O_8^{2-}) - x}{V}$

باشتقاق طرفي هذه المعادلة بالنسبة للزمن :  $\frac{d[S_2O_8^{2-}]}{dt} = \frac{1}{V} \left( \frac{d n_0 (S_2O_8^{2-})}{dt} - \frac{dx}{dt} \right) = -\frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$  (مشتق عدد ثابت = 0)

وبالتالي سرعة التفاعل بدلالة تركيز شاردة البروكسوثنائي كبريتات هي :  $v = -\frac{d[S_2O_8^{2-}]}{dt}$

2 - **ملاحظة خاصة بالمعطيات** : في التجارب الأربعة استعملنا الوسيط فقط في التجربة الرابعة ، وإلا كان للبيانيين 1 و 4 نفس ميل المماس عند  $t = 0$  ، وذلك إجلال للغموض في نص التمرين الذي يوحي أن كل التجارب أسّعمل فيها الوسيط ، مع الإشارة إلى أن شوارد الحديد الثنائية كافية لتحفيز هذا التفاعل .

المقصود في السؤال تعيين التركيز المولي عند اللحظة  $t = 0$  لشوارد  $S_2O_8^{2-}$  ،

وهذا التركيز هو الموجود على البيان  $[S_2O_8^{2-}] = 2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  .

3 - سرعة اختفاء شوارد  $S_2O_8^{2-}$  تتزايد عند  $t = 0$  من التجربة 3 إلى 2 إلى 1 (ميل المماس عند  $t = 0$  يعبر عن قيمة السرعة) .

لأن درجة الحرارة في هذه التجارب تتزايد من  $15^\circ\text{C}$  إلى  $23^\circ\text{C}$  إلى  $32^\circ\text{C}$  التجربة 4 أجريت في نفس درجة حرارة التجربة 1 ، لكن بوجود وسيط ، إذن في هذه التجربة تكون أكبر سرعة لإختفاء شوارد  $S_2O_8^{2-}$  .

4 - العوامل الحركية التي تبرزها هذه التجارب هي :

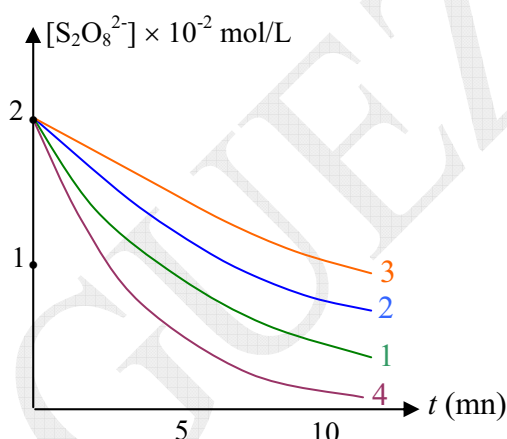
التجربة 1 : درجة الحرارة والتراكيز

التجربة 2 : درجة الحرارة والتراكيز

التجربة 3 : درجة الحرارة والتراكيز

التجربة 4 : درجة الحرارة والتراكيز + الوسيط (شوارد  $Fe^{3+}$  ،  $Fe^{2+}$ ) .

5 - نلاحظ على البيان أن كمية المادة المختفية من شوارد  $S_2O_8^{2-}$  تكون معتبرة في مدة قصيرة إذا ما قورنت بالمدة اللازمة لإجراء المعايرة ، لهذا يجب إيقاف التفاعل للتمكن من المعايرة ، وذلك بوضع العينة المعايرة في ماء الثلج .





1 - أ) المعلومات الناقصة في آخر التمرين هي :

الكثافة الحجمية للماء هي  $\rho_e = 1 \text{ g.mL}^{-1}$

كثافة المركب العضوي السائل 2 - كلورو - 2 - ميثيل بروبان :  $d = 0,85$

الكثافة المولية الجزيئية لهذا المركب  $M = 92,5 \text{ g.mol}^{-1}$

كمية مادة المركب العضوي هي  $n_0 = \frac{m}{M}$  (1)

نحسب كتلة المركب العضوي من علاقة الكثافة الحجمية (2)  $m = \rho V$

ونعلم أن كثافة جسم سائل أو صلب بالنسبة للماء هي النسبة بين كتلته الحجمية والكثافة الحجمية للماء  $d = \frac{\rho}{\rho_e}$  ، وبالتالي تكون الكثافة

الحجمية للمركب العضوي  $\rho = 0,85 \times 1 = 0,85 \text{ g.mL}^{-1}$  .

بالتعويض في العلاقة (2) نجد :  $m = \rho V = 0,85 \times 1 = 0,85 \text{ g}$

بالتعويض في العلاقة (1) نجد كمية المادة الابتدائية للمركب العضوي  $n_0 = \frac{m}{M} = \frac{0,85}{92,5} = 9,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$

ب) أضفنا الأسيتون (مركب عضوي يحل المواد الدهنية) فقط لإذابة المركب العضوي لأنه قليل الانحلال في الماء . مع العلم أن حجم الأسيتون لا يؤثر على كميات مادة الأنواع الكيميائية في الوسط التفاعلي .

كمية مادة الماء المستعمل في التفاعل  $n' = \frac{m'}{18} = \frac{30}{18} = 1,67 \text{ mol}$  ، هذه الكمية كبيرة جدا إذا ما قورنت بكمية المركب العضوي ، ولهذا

نعتبر الماء موجود بزيادة في الوسط التفاعلي .

جدول التقدم :

المعادلة		$(\text{CH}_3)_3 - \text{CCl}_{(\text{aq})} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} = (\text{CH}_3)_3 - \text{COH}_{(\text{aq})} + \text{Cl}^{-}_{(\text{aq})} + \text{H}^{+}_{(\text{aq})}$				
	التقدم					
$t = 0$	0	$n_0$	زيادة	0	0	0
$t$	$x$	$n_0 - x$	زيادة	$x$	$x$	$x$
$t_{\text{max}}$	$x_{\text{max}}$	$n_0 - x_{\text{max}} = 0$	زيادة	$x_{\text{max}} = n_0$	$x_{\text{max}} = n_0$	$x_{\text{max}} = n_0$

2 - أ) الأنواع الكيميائية المسؤولة عن تطور الناقلية النوعية هي :  $\text{H}^{+}$  ،  $\text{Cl}^{-}$  .

ب) لدينا  $\sigma = \lambda_{\text{H}^{+}} [\text{H}^{+}] + \lambda_{\text{Cl}^{-}} [\text{Cl}^{-}]$

$$(1) \quad \sigma_t = \lambda_{\text{H}^{+}} \frac{x}{V} + \lambda_{\text{Cl}^{-}} \frac{x}{V} = \frac{x}{V} (\lambda_{\text{H}^{+}} + \lambda_{\text{Cl}^{-}})$$

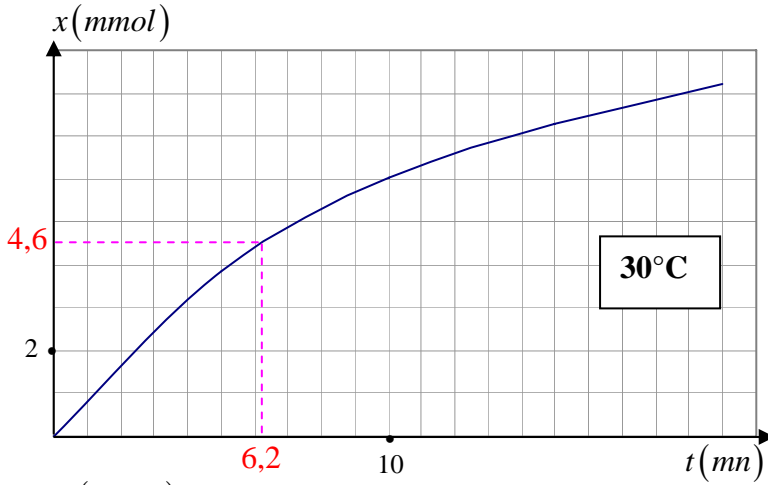
$$(2) \quad \sigma_{\infty} = \lambda_{\text{H}^{+}} \frac{n_0}{V} + \lambda_{\text{Cl}^{-}} \frac{n_0}{V} = \frac{n_0}{V} (\lambda_{\text{H}^{+}} + \lambda_{\text{Cl}^{-}})$$

بقسمة العلاقتين (1) و (2) نجد :  $x = n_0 \frac{\sigma_t}{\sigma_{\infty}}$



ج) نستعمل العلاقة  $x = n_0 \frac{\sigma_t}{\sigma_\infty}$  من أجل حساب قيم التقدّم في بعض اللحظات التي نختارها من البيانين .

لدينا  $1 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1} = 0,1 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$  و من البيانين لدينا  $0,02 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1} \rightarrow 1 \text{ mm}$  من أجل درجة الحرارة  $\theta_1 = 30^\circ\text{C}$  :



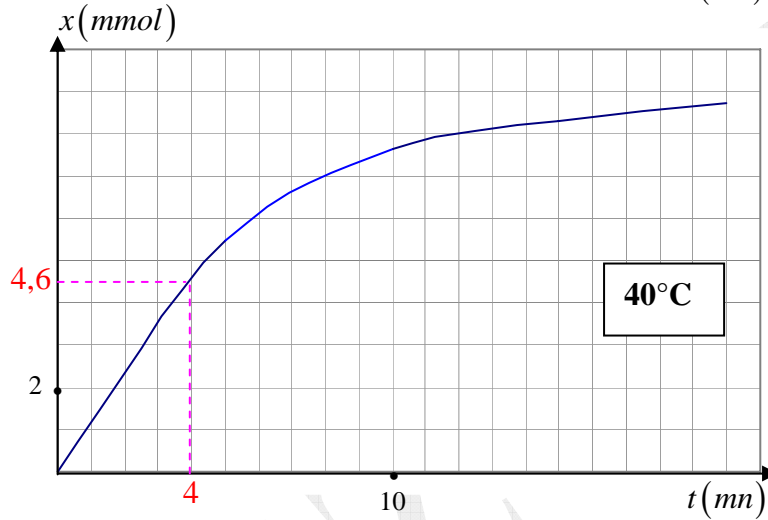
$t \text{ (mn)}$	0	5	10	15	20
$\sigma \text{ (S.m}^{-1}\text{)}$	0	0,32	0,50	0,60	0,68
$x \text{ (mmol)}$	0	3,78	6,05	7,27	8,23

من أجل درجة الحرارة  $\theta_2 = 40^\circ\text{C}$  :

$t \text{ (mn)}$	0	5	10	15	20
$\sigma \text{ (S.m}^{-1}\text{)}$	0	0,50	0,70	0,76	0,80
$x \text{ (mmol)}$	0	5,45	7,63	8,28	8,72

3 - أ) رسم البيانين

ب) زمن نصف التفاعل في كل تجربة (على البيانين)



ملاحظة :

في نهاية التفاعل نجد نفس التقدم الأعظمي  $x_{\max} = n_0 = 9,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$  في كل تجربة ، لأن درجة الحرارة في هذا التفاعل التام تعمل فقط على تأخير أو تقديم زمن نهاية التفاعل . أما الناقلية النوعية في نهاية التفاعل تكون أكبر من أجل  $\theta_2 = 40^\circ\text{C}$  ، لأن الناقلية النوعية تتناسب مع درجة الحرارة .

نعلم أن  $\sigma = \lambda_1 [X_i]$  ، ونعلم كذلك أن الناقلية النوعية الشاردية تتعلق بنوع الشاردة ودرجة الحرارة ولا تتعلق بتركيز الفرد الكيميائي إذا كان هذا التركيز المولي ضعيفا (أقل من  $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ ) .

على سبيل المثال : في الدرجة  $25^\circ\text{C}$  تكون  $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 35 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$

في الدرجة  $20^\circ\text{C}$  تكون  $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 31,5 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$