

قام بحل هذه التمارين وتصويب الأخطاء المطبعية والعلمية فيها الأستاذ عبد القادر قزوري - تلمسان

الطبعة الأخيرة للكتاب المدرسي

الجزء الثاني من التمارين

التمرين 09

التفاعل ممذج بالمعادلة: $2A + B = C + D$ ، وهي من الشكل: $\alpha A + \beta B = \gamma C + \delta D$

لدينا العلاقة بين سرعات اختفاء وظهور الأفراد الكيميائية A ، B ، C ، D هي $\frac{v_A}{\alpha} = \frac{v_B}{\beta} = \frac{v_C}{\gamma} = \frac{v_D}{\delta} = v$

في حالتنا هذه لدينا $\alpha = 2$ ، $\beta = \gamma = \delta = 1$

وبالتعويض: $\frac{v_A}{2} = \frac{v_C}{1}$ ، $v_C = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}.\text{mn}^{-1}$

التمرين 10

1- يُعتبر التفاعل بطيئا (دقيقتان و 20 ثانية).

2- السرعة الحجمية المتوسطة: $v_m(\text{MnO}_4^-) = -\frac{1}{V} \times \frac{\Delta n(\text{MnO}_4^-)}{\Delta t}$ (1)

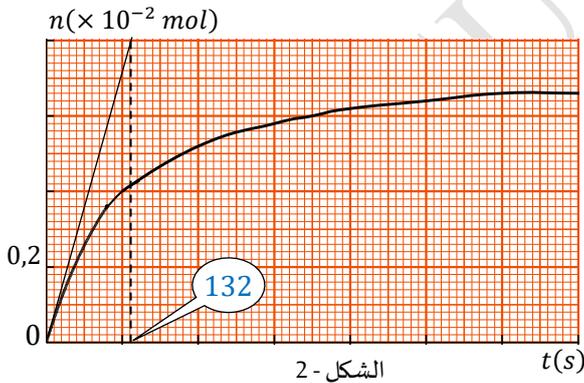
لدينا: $n = CV = 0,01 \times 0,05 = 5 \times 10^{-4} \text{ mol}$

بالتعويض في (1): $v_m(\text{MnO}_4^-) = -\frac{1}{0,1} \times \frac{(0 - 5 \times 10^{-4})}{140} = 3,6 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$

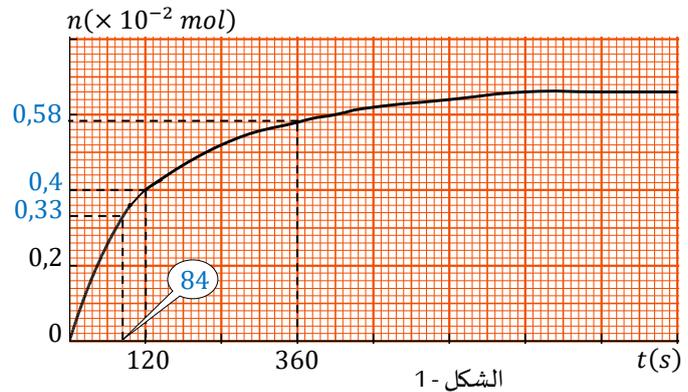
التمرين 11

1- السرعة المتوسطة لتشكل $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ في المجال الزمني $[120 \text{ s} - 360 \text{ s}]$ هي:

$$v_m = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{(0,58 - 0,40) \times 10^{-2}}{360 - 120} = 7,5 \times 10^{-6} \text{ mol.s}^{-1} \quad (\text{الشكل - 1})$$



الشكل - 2



الشكل - 1

2- السرعة عند اللحظة $t = 0$: (المقصود السرعة اللحظية لتشكل $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$).

تمثل هذه السرعة ميل المماس للبيان $n = f(t)$ عند المبدأ (الشكل - 2) ، $v = \frac{0,8 \times 10^{-2}}{132} = 6 \times 10^{-5} \text{ mol.s}^{-1}$

3- زمن نصف التفاعل: لدينا $n_{max} = 0,66 \times 10^{-2} \text{ mol}$ من البيان، ومنه $\frac{n_{max}}{2} = 0,33 \times 10^{-2} \text{ mol}$. الزمن الموافق لهذه القيمة

على البيان هو $t_{1/2} = 84 \text{ s}$.

التمرين 12

1 - خاطئة (الصحيح: أكبر ما يمكن)

2 - خاطئة (الصحيح: تنتهي نحو الصفر)

3 - لكي نتأكد من صحة أو خطأ النتيجة نحسب ميل المماس للبيان في النقطة التي فاصلتها $t = 40s$ ، ثم نقسم النتيجة على حجم المزيج

$$V_1 + V_2 = 0,4 L$$

$$(1) \quad v_v = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt}$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{2 \times 3 \times 10^{-3}}{56} = 1,07 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{mn}^{-1}$$

بالتعويض في العلاقة (1):

$$v_v = \frac{1}{0,4} \times 1,07 \times 10^{-4} = 2,67 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{mn}^{-1}$$

يُعتبر الاقتراح صحيح، حيث تتعلق النتيجة بالدقة في رسم المماس.

ملاحظة:

لا يمكن لكل التلاميذ أن يجدوا نفس قيمة الميل، لأن هذا راجع لدقة رسم

المماس، ولهذا في تصحيح امتحان البكالوريا في هذه الحالة يُعطى مجال

لقيم الميل، مثلا القيم المحصورة بين القيمة $2,65 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{mn}^{-1}$

والقيمة $2,75 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{mn}^{-1}$ تُعتبر كلها صحيحة.

التمرين 13

1 - جدول التقدم:

H_2O_2	+	$2I^-$	+	$2H^+$	=	I_2	+	$2H_2O$
$n_0(H_2O_2)$		$n_0(I^-)$		وفرة		0		وفرة
$n_0(H_2O_2) - x$		$n_0(I^-) - 2x$		//		x		//
$n_0(H_2O_2) - x_m$		$n_0(I^-) - 2x_m$		//		x_m		//

كميات المادة بدلالة التقدم معبر عنها في

جدول التقدم.

2 - من الجدول لدينا: $n(I_2) = x$

ومن جهة أخرى لدينا $n(I_2) = [I_2]V$

وبالتالي (1) $x = 0,2 [I_2]$

نحسب بواسطة العلاقة (1) قيم التقدم باستعمال التراكيز المولية لثنائي اليود المسجلة على الجدول.

$t(\text{mn})$	0	1	2	4	6	8	12	16	20	30	40	60	120
$x(\text{mmol})$	0	0,22	0,42	0,74	0,920	1,10	1,32	1,46	1,54	1,64	1,70	1,74	1,74

البيان $x = f(t)$: انظر للشكل.

3 -

أ / السرعة الحجمية للتفاعل هي مقدار تغير التقدم في وحدة

الزمن في لتر من المزيج المتفاعل.

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

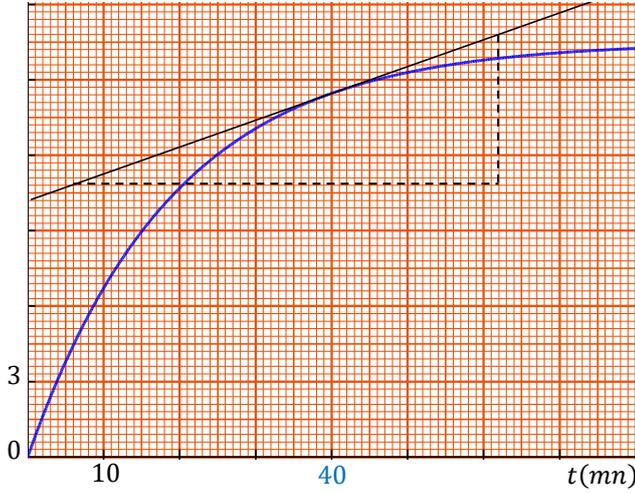
السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 0$:

نحسب ميل المماس ونقسم النتيجة على حجم المزيج V .

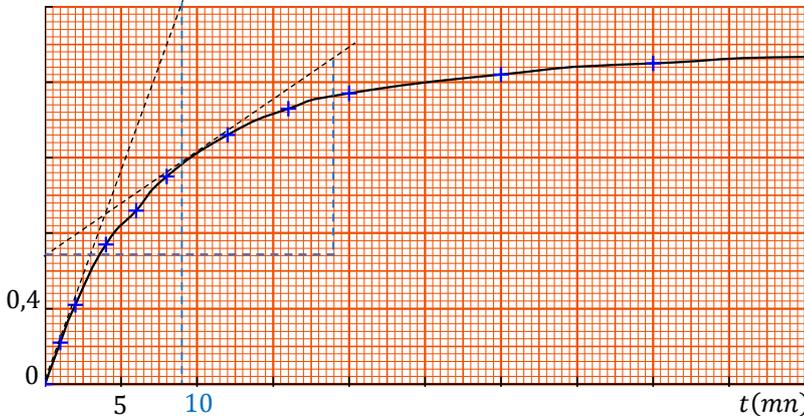
$$\frac{dx}{dt} = \frac{5 \times 0,4 \times 10^{-3}}{1,8 \times 5} = 2,2 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{mn}^{-1}$$

$$v_0 = \frac{1}{0,2} \times 2,2 \times 10^{-4} = 1,1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{mn}^{-1} \quad : t = 0 \text{ عند}$$

$x(\text{mmol})$



$x(\text{mmol})$



السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 10 \text{ mn}$:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{2,6 \times 0,4 \times 10^{-3}}{3,8 \times 5} = 5,47 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{mn}^{-1} \cdot V$$

$$v_{10} = \frac{1}{0,2} \times 5,47 \times 10^{-5} = 2,7 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{mn}^{-1}$$

ب / نلاحظ في الجدول أن التركيز المولي لثنائي اليود يصبح ثابتا ابتداء من $t = 60$ ، وبالتالي التقدم كذلك يصبح ثابتا.

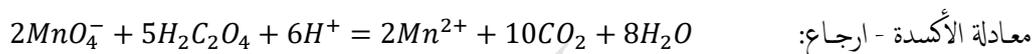
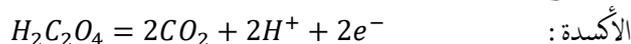
لو رسمنا المماس للبيان $x = f(t)$ لكان أفقيا، أي ميله معدوم، ومنه $v_{100} = 0$.

ج / نلاحظ أن سرعة التفاعل تتناقص خلال الزمن، والسبب هو تناقص تراكيز المتفاعلات. (التراكيز الابتدائية عامل حركي).

التمرين 14

1 - الثنائيتان: $\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}$ و $\text{CO}_2 / \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

المعادلتان النصفيتان الإلكترونيتان:



$$n(\text{MnO}_4^-) = C_1V_1 = 1 \times 10^{-3} \times 0,05 = 5 \times 10^{-5} \text{ mol} \quad \text{2 - كمية مادة شوارد البرمنغنات:}$$

$$n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = C_2V_2 = 0,1 \times 0,05 = 5 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad \text{كمية مادة حمض الأكساليك:}$$

3 - نحسب كمية مادة حمض الأكساليك التي تكفي لتفاعل كل كمية مادة البرمنغنات المعطاة: $n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{5}{2} \times n(\text{MnO}_4^-)$

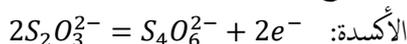
$$n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 2,5 \times 5 \times 10^{-5} = 1,25 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

ونحن لدينا كمية أكبر من هذه ($5 \times 10^{-3} \text{ mol}$) ، وبالتالي : نعم الكمية كافية لزوال لون برمنغنات البوتاسيوم .

4 - خارج المقرر حسب تدرجات 2024 . (التحفيز الذاتي)

التمرين 15

1 - الثنائيتان: I_2 / I^- و $\text{S}_4\text{O}_6^{2-} / \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$



2 - عند التكافؤ يكون: $n(\text{I}_2) = \frac{1}{2}n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$ ، أي $n(\text{I}_2) = \frac{1}{2}C'V'$

3 - التمثيل البياني $n(\text{I}_2) = f(t)$: (تغيير السلم على الترتيب)

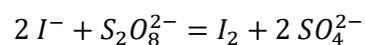
ملاحظة: إن نص التمرين يوحي بأن كمية مادة ثنائي اليود المعطاة في

جدول القياسات هي الكمية الموجودة في العينة المأخوذة من المزيج والتي

قننا بمعيارتها في مختلف الأزمنة، أي العينة التي حجمها 10 mL .

نقوم من أجل التوضيح ببعض الحسابات البسيطة:

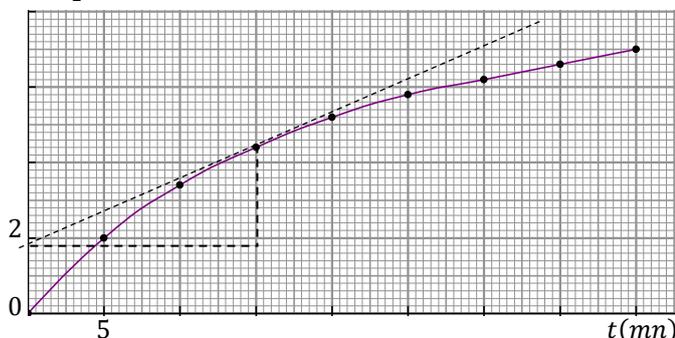
معادلة التفاعل بين شوارد اليود وشوارد بيروكسوثنائي كبريتات البوتاسيوم:



$$n_0(\text{I}^-) = C_1V_1 = 1 \times 10^{-2} \times 50 \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol} \quad \text{كمية المادة الابتدائية للمتفاعلين:}$$

$$n_0(\text{S}_2\text{O}_8^{2-}) = C_2V_2 = 5 \times 10^{-2} \times 50 \times 10^{-3} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$n(\text{I}_2) (\times 10^{-5} \text{ mol})$



ننشئ جدول التقدّم ونحسب التقدّم الأعظمي:

$2I^-$	+	$S_2O_8^{2-}$	=	I_2	+	$2SO_4^{2-}$
5×10^{-4}		$2,5 \times 10^{-3}$		0		0
$5 \times 10^{-4} - 2x$		$2,5 \times 10^{-3} - x$		x		$2x$
$5 \times 10^{-4} - 2x_m$		$2,5 \times 10^{-3} - x_m$		x_m		$2x_m$

$$5 \times 10^{-4} - 2x_m \Rightarrow x_m = 2,5 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

ومن جدول التقدّم لدينا $n(I_2)_m = x_m$

$$n(I_2)_m = 2,5 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

هذه الكمية موجودة في الحجم $V_T = 100 \text{ mL}$ ، أمّا

$$n'(I_2)_m = \frac{2,5 \times 10^{-4} \times 10}{100} = 2,5 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

في حجم العينة يوجد فقط $2,5 \times 10^{-5} \text{ mol}$ نلاحظ أنّ هذه الكمية أصغر من القيم الموجودة في جدول القياسات، مع العلم أنّ هذه أعظم قيمة لكمية مادة ثنائي اليود في العينة.

وبالتالي جدول القياسات المعطى يشمل نتائج المزيج الأصلي، أي كمية مادة ثنائي اليود في الحجم V_T .

- 4

أ / السرعة الحجمية المتوسطة لتشكل I_2 بين t_1 و t_2 :

$$\text{عند اللحظة } t_1 : n(I_2) = 3,4 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$\text{عند اللحظة } t_2 : n(I_2) = 5,2 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$v_m = \frac{1}{V_T} \times \frac{(n_2 - n_1)}{\Delta t} = \frac{1}{0,1} \times \frac{(5,2 - 3,4) \times 10^{-5}}{10} = 1,8 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}.\text{mn}^{-1}$$

ملاحظة: سبب إضافة الماء البارد هو إيقاف التفاعل، وحجم الماء الذي أضفناه لا يؤثر على كمية مادة ثنائي اليود.

ب / السرعة الحجمية لتشكل ثنائي اليود عند اللحظة $t = 15 \text{ mn}$:

$$v(I_2) = \frac{1}{V_T} \frac{dn(I_2)}{dt} \text{ ، ولدينا ميل المماس للبيان عند اللحظة } t \text{ هو } \frac{dn(I_2)}{dt} \text{ ، حيث } \frac{dn(I_2)}{dt} = \frac{1,3 \times 2 \times 10^{-5}}{15}$$

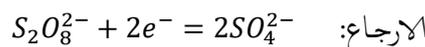
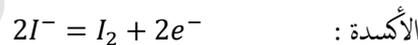
$$\frac{dn(I_2)}{dt} = 1,7 \times 10^{-6} \text{ mol.mn}^{-1}$$

$$v(I_2) = \frac{1}{0,1} \times 1,7 \times 10^{-6} = 1,7 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}.\text{mn}^{-1}$$

- 5

أ / يحدث التفاعل بين الشائتين: $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$ و I_2/I^-

المعادلتان النصفيتان:



ب / العلاقة بين سرعة التفاعل وسرعة اختفاء شوارد $S_2O_8^{2-}$:

$$v = v(S_2O_8^{2-}) \text{ - ارجاع لدينا:}$$

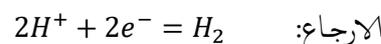
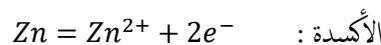
ج / السرعة الحجمية للتفاعل هي السرعة الحجمية لتشكل ثنائي اليود، لأن السرعة الحجمية للتفاعل هي $v_v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$ ولدينا $n(I_2) = x$

$$v_v = 1,7 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}.\text{mn}^{-1}$$

التمرين 16

1 - الشائتان: H^+/H_2 و Zn^{2+}/Zn

المعادلتان النصفيتان الإلكترونيتان:



2 - جدول التقدّم: $n_0(H^+) = C_A V = 0,2 \times 0,1 = 2 \times 10^{-2} \text{ mol}$ ، $n_0(Zn) = \frac{m}{M} = \frac{2,3}{65,4} = 3,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$

Zn	+	2H ⁺	=	Zn ²⁺	+	H ₂
3,5 × 10 ⁻²		0,02		0		0
3,5 × 10 ⁻² - x		0,02 - 2x		x		x
3,5 × 10 ⁻² - x _m		0,02 - 2x _m		x _m		x _m

تعيين المتفاعل المحّد:

$$3,5 \times 10^{-2} - x_m = 0 \Rightarrow$$

$$x_m = 3,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$2,0 \times 10^{-2} - 2x_m = 0 \Rightarrow$$

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

إذن المتفاعل المحّد هو حمض كلور الهيدروجين (لا تنس أن $n(H^+) = n(Cl^-) = n(HCl)$).

من جدول التقدّم لدينا $x = 0,1[Zn^{2+}]$ ، $[Zn^{2+}]V = x$ ، $n(Zn^{2+}) = x$ (1)

3 - زمن نصف التفاعل هو المدة اللازمة لبلوغ التقدّم نصف قيمته النهائية.

عند زمن نصف التفاعل يكون $x = \frac{x_m}{2}$ ، وحسب العلاقة (1) فإنّ عند زمن نصف التفاعل يكون $[Zn^{2+}] = \frac{[Zn^{2+}]_m}{2}$

ومن البيان $t_{1/2} \approx 4,3 \text{ mn}$ ، $[Zn^{2+}] = \frac{100}{2} = 50 \text{ mmol/L}$

4 - التركيب المولي للمزيج عند اللحظة $t_{1/2}$:

$$n(Zn^{2+}) = 50 \times 10^{-3} \times 0,1 = 5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(H^+) = 0,02 - 2 \times \frac{x_m}{2} = 0,02 - 1 \times 10^{-2} = 0,01 \text{ mol}$$

$$n(Zn) = 3,5 \times 10^{-2} - \frac{x_m}{2} = 3,5 \times 10^{-2} - 5 \times 10^{-3} = 0,03 \text{ mol}$$

التركيب المولي للمزيج عند نهاية التفاعل:

$$n(Zn^{2+}) = x_m = 0,01 \text{ mol}$$

$$n(H^+) = 0,02 - 2x_m = 0,02 - 0,02 = 0$$

$$n(Zn) = 3,5 \times 10^{-2} - x_m = 3,5 \times 10^{-2} - 0,01 = 0,025 \text{ mol}$$

ملاحظة: لم نحسب كمية مادة غاز ثنائي الهيدروجين لأنه لا يوجد في الوسط التفاعلي، حيث غاز الهيدروجين ينطلق ولا ينحل في الماء.

5 - السرعة الحجمية للتفاعل: $v_v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$ ، ولدينا $x = 0,1[Zn^{2+}]$ ، وباشتقاق طرفي هذه العلاقة بالنسبة للزمن:

$$v_v = \frac{1}{V} \times 0,1 \frac{d[Zn^{2+}]}{dt}$$

عند اللحظة $t = 0$: $\frac{d[Zn^{2+}]}{dt} = \frac{4,8 \times 25 \times 10^{-3}}{7,5} = 1,6 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}.\text{mn}^{-1}$

وبالتالي $v_v = 1,6 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}.\text{mn}^{-1}$

عند اللحظة $t = t_{1/2}$: $\frac{d[Zn^{2+}]}{dt} = \frac{3,2 \times 25 \times 10^{-3}}{10} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.\text{mn}^{-1}$ ، وبالتالي $v_v = 8 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.\text{mn}^{-1}$

التمرين 17

1 - جدول التقدّم:

C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	+	H ₂ O	=	C ₆ H ₁₂ O ₆	+	C ₆ H ₁₂ O ₆
n ₀		بوفرة		0		0
n ₀ - x		//		x		x
n ₀ - x _m		//		x _m		x _m

2 - المقصود هي السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة t .

وهي مقدار تغير التقدّم في وحدة الزمن في لتر من المزيج المتفاعل.

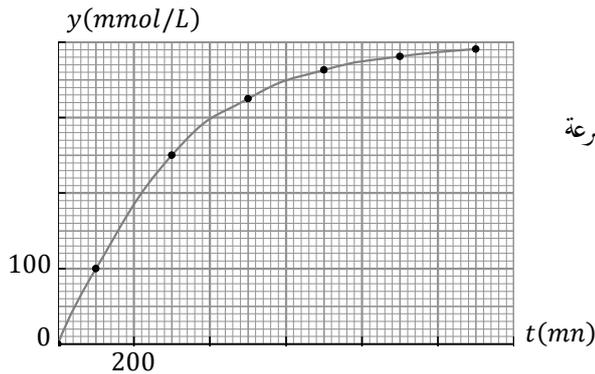
المطلوب هنا أن نبيّن أن السرعة الحجمية للتفاعل هي $\frac{dy}{dt}$.

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

وبالاشتقاق $\frac{dy}{dt} = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt}$ ، إذن هي السرعة الحجمية للتفاعل. أي التقدّم في لتر من المزيج المتفاعل.

$t(mn)$	0	100	300	500	700	900	1100
$y(mm\text{ol/L})$	0	100	250	325	363	381	390,7

- 4



لدينا $y = \frac{x}{V}$ ، أي $x = V \times y$ ، إن تزايد y يؤدي إلى تزايد x ، وتناقص $\frac{dy}{dt}$ ، أي أن كلما ازداد التقدم تناقص السرعة الحجمية للتفاعل.

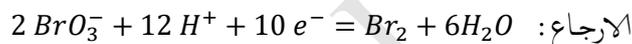
أو بما أن $\frac{dy}{dt}$ يمثّل ميل المماس، وهذا الميل يتناقص، فإن السرعة الحجمية تناقص.

التمرين 18

معادلة التفاعل: $5Br^- + BrO_3^- + 6H^+ = 3Br_2 + 3H_2O$

للمزيد: الشائتان: Br_2/Br^- و BrO_3^-/Br_2

المعادلتان النصفيتان:



1 - جدول التقدم:

$5Br^-$	+	BrO_3^-	+	$6H^+$	=	$3Br_2$	+	$3H_2O$	
$n_0(Br^-)$		$n_0(BrO_3^-)$		$n_0(H^+)$		0			وفرة
$n_0(Br^-) - 5x$		$n_0(BrO_3^-) - x$		$n_0(H^+) - 6x$		$3x$			//
$n_0(Br^-) - 5x_m$		$n_0(BrO_3^-) - x_m$		$n_0(H^+) - 6x_m$		$3x_m$			//

حصول المادة معناه التركيب المولي للمزيج، أي كمية المادة أو التركيز المولي لكل متفاعل ولكل ناتج.

حصول المادة عند اللحظة $t = 0$:

الفرد الكيميائي	Br^-	BrO_3^-	H^+	Br_2	H_2O
$n(mol)$	12	2	12	0	وفرة

حصول المادة عند اللحظة $t = t_{1/2}$ (زمن نصف التفاعل): نحدد أولا المتفاعل المحد، بحيث نعدم كمية مادة كل متفاعل ونأخذ أصغر قيمة ل x_m .

$$n_0(Br^-) - 5x_m = 0 \rightarrow x_m = \frac{12}{5} = 2,4 \text{ mol}$$

$$n_0(BrO_3^-) - x_m = 0 \rightarrow x_m = 2 \text{ mol}$$

$$n_0(H^+) - 6x_m = 0 \rightarrow x_m = \frac{12}{6} = 2 \text{ mol}$$

التقدم الأعظمي هو $x_m = 2 \text{ mol}$.

عند زمن نصف التفاعل تكون قيمة التقدم $x = \frac{x_m}{2} = 1 \text{ mol}$ ، أي: $x = \frac{2}{2} = 1 \text{ mol}$ ، وعند نهاية التفاعل يكون $x = x_m$ ، وبالتالي يكون التركيب المولي للمزيج عند هاتين اللحظتين:

حصول المادة عند نهاية التفاعل					
الفرد الكيميائي	Br^-	BrO_3^-	H^+	Br_2	H_2O
$n(mol)$	2	0	0	6	وفرة

حصول المادة عند زمن نصف التفاعل					
الفرد الكيميائي	Br^-	BrO_3^-	H^+	Br_2	H_2O
$n(mol)$	7	1	6	3	وفرة

- 2

أ / لدينا من الجدول السابق $n(Br_2)_m = 6 \text{ mol}$ ، وبعد إعادة التمثيل البياني يكون السلم على الترتيب: $1 \text{ cm} \rightarrow 2 \text{ mol}$ (الشكل - 1).

السلم على البيان المعطى هو: $1,4 \text{ cm} \rightarrow 6 \text{ mol}$ ، وبالتالي $1 \text{ cm} \rightarrow 4,3 \text{ mol}$

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

ج / السرعة الحجمية للتفاعل:

$$(1) \quad v_v = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt} \quad \text{لدينا}$$

لدينا من جدول التقدّم: $n(Br_2) = 3x$ ، ومنه $x = \frac{n(Br_2)}{3}$.

باشتقاق طرفي هذه العلاقة الأخيرة بالنسبة للزمن: $\frac{dx}{dt} = \frac{1}{3} \times \frac{dn(Br_2)}{dt}$

$$(2) \quad v_v = \frac{1}{3V} \times \frac{dn(Br_2)}{dt} : \text{العلاقة (1) وبالتعويض في}$$

يمثل $\frac{dn(Br_2)}{dt}$ ميل المماس للبيان عند $t = 0$

ميل المماس $\frac{dn(Br_2)}{dt} = \frac{6}{5} = 1,2 \text{ mol} \cdot \text{mn}^{-1}$ ، وبالتعويض في العلاقة (2):

$$v_v = \frac{1}{3 \times 0,1} \times 1,2 = 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{mn}^{-1}$$

ملاحظة: يمكن إيجاد السرعة الحجمية للتفاعل بالاعتماد على أحد البيانات الثلاثة في الشكل - 2 .

التمرين 19

1 - النواتج هي: شوارد المغنيزيوم (Mg^{2+}) وغاز ثنائي الهيدروجين (H_2) .

2 -

كمية مادة شوارد الهيدروجين: $n(HCl) = n(H^+) = CV' = 0,1 \times 0,2 = 0,02 \text{ mol}$

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

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

3 - المتفاعل المحد:

Mg	+	$2H^+$	=	Mg^{2+}	+	H_2
$3,54 \times 10^{-3}$		0,02		0		0
$3,54 \times 10^{-3} - x$		$0,02 - 2x$		x		x
$3,54 \times 10^{-3} - x_m$		$0,02 - 2x_m$		x_m		x_m

$$3,54 \times 10^{-3} - x_m = 0$$

$$x_m = 3,54 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$0,02 - 2x_m = 0$$

$$x_m = 0,01 \text{ mol}$$

وبالتالي المتفاعل المحد هو المغنيزيوم.

4 - العبارة الحرفية للتقدم بدلالة P_{H_2} :

لدينا $P_{H_2} = P - P_{atm}$ ، ولدينا قانون الغازات المثالية $P_{H_2}V = nRT$ ، حيث n كمية مادة ثنائي الهيدروجين عند اللحظة t ، والذي يمثل التقدّم

حسب جدول التقدّم، مع العلم أن V هو حجم الحيز الذي ينطلق فيه الغاز، حيث $V = 500 - 200 = 300 \text{ mL} = 3 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

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

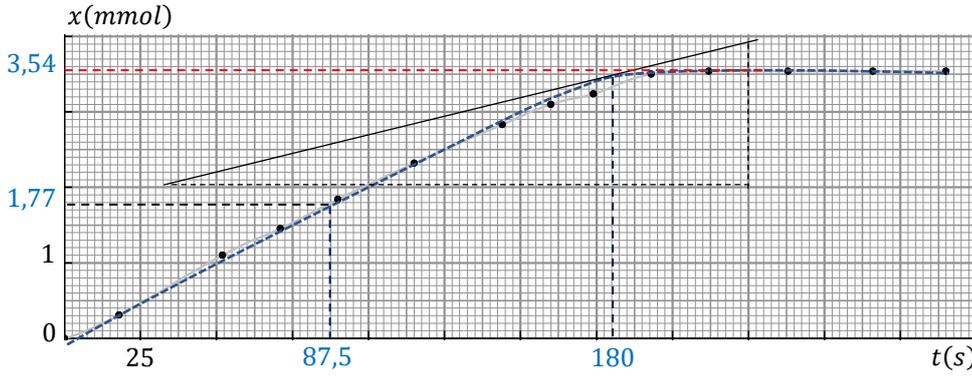
5 - نشئ جدولاً به قيم التقدّم والزمن، وذلك بالتعويض في العبارة (1) ، حيث درجة الحرارة المطلقة $T = 20 + 273 = 293 \text{ K}$

$$x = (P - P_{atm}) \times \frac{V}{RT} = (P - P_{atm}) \times \frac{3 \times 10^{-4}}{8,31 \times 293} = 1,23 \times 10^{-7} \times (P - P_{atm})$$

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

من أجل القيمة الثانية لدينا $P - P_{atm} = 2,5 \times 10^3 Pa$ ، وبالتالي $x = 3,1 \times 10^{-4} mol$ ، 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 - زمن نصف التفاعل يوافق $x = \frac{x_m}{2}$

$$x = \frac{3,54}{2} = 1,77 \text{ mmol}$$

من البيان نحدد $t_{1/2} = 87,5 s$

7 - السرعة الحجمية للتفاعل:

$$v_v = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt} \text{ لدينا}$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1,9 \times 10^{-3}}{7,7 \times 25}$$

$$\frac{dx}{dt} = 9,9 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_v = \frac{1}{0,2} \times 9,9 \times 10^{-6} = 4,9 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

8 - حجم غاز الهيدروجين هو حجم الحيز الذي ينطلق فيه هذا الغاز، أي $V(H_2) = 300 \text{ mL}$

التركيز المولي لسوارد المغنيزيوم: لدينا من جدول التقدم x ، وبالتالي $n(Mg^{2+}) = x$ ، $[Mg^{2+}] = \frac{3,4 \times 10^{-3}}{0,2} = 1,7 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

التمرين 20

ملاحظة: لدينا على البيان المرفق مع التمرين على الترتيب (mmol/L) وليس mol/L.

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

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

3 - النوع الكيميائي المرجح هو محلول يود البوتاسيوم، حيث الشاردة الفعالة هي I^- .

4 - النوع الكيميائي المؤكسد هو محلول بيروكسوثنائي كبريتات البوتاسيوم، حيث الشاردة الفعالة هي $S_2O_8^{2-}$.

ملاحظة: في مقرننا لا يعرف التلميذ تحديد المؤكسد والمرجع إلا بوجود الشناتين أو المعادلتين النصفيتين أو معادلة الأكسدة - ارجاع.

5 - المعادلتان النصفيتان:



6 - كميات المادة الابتدائية للمتفاعلات:

$$n_0(S_2O_8^{2-}) = C_1 V_1 = 1,5 \times 10^{-2} \times 0,5 = 7,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_0(I^-) = C_2 V_2 = 0,5 C_2$$

7 - جدول التقدم:

$S_2O_8^{2-}$	+	$2 I^-$	=	I_2	+	$2 SO_4^{2-}$
$7,5 \times 10^{-3}$		$0,5 C_2$		0		0
$7,5 \times 10^{-3} - x$		$0,5 C_2 - 2x$		x		$2x$
$7,5 \times 10^{-3} - x_m$		$0,5 C_2 - 2x_m$		x_m		$2x_m$

لكي نتأكد أن التقدم x يتغير بنفس الطريقة

التي يتغير بها $[I_2]$ بدلالة الزمن، نجد العلاقة

بين x و $[I_2]$.

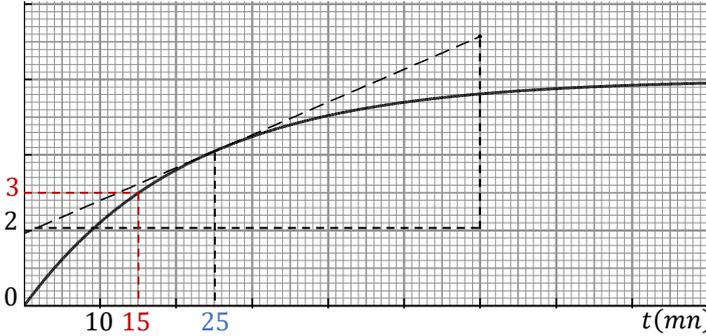
لدينا من جدول التقدم: $n(I_2) = x$ ، أي: $x = [I_2] V$ ، حيث V هو حجم المزيج وقيمه 1L ، وبالتالي $[I_2] = x$

إذن التقدم والتركيز المولي لثنائي اليود يتطوران بنفس الكيفية.

8 - السرعة الحجمية للتفاعل هي $v_v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$ (1)

لدينا $x = [I_2] V$ ، وبلاشتقاق بالنسبة للزمن طرفي هذه العلاقة : $\frac{dx}{dt} = V \frac{d[I_2]}{dt}$ ، ثم نعوض في العلاقة (1) : $v_v = \frac{1}{V} \times V \frac{d[I_2]}{dt} = \frac{d[I_2]}{dt}$

$[I_2](mmol/L)$



نحسب ميل المماس، والذي يمثل $\frac{d[I_2]}{dt}$.

$$\frac{d[I_2]}{dt} = \frac{2,6 \times 2 \times 10^{-3}}{5,9 \times 10} = 8,8 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}.\text{mn}^{-1}$$

وبالتالي $v_v = 8,8 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}.\text{mn}^{-1}$

9 - من البيان نستنتج التركيز المولي النهائي لثنائي اليود، وهو

$$[I_2] = 6 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

ومنه كمية مادة ثنائي اليود:

$$n(I_2) = [I_2] V = 6 \times 10^{-3} \times 1 = 6 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

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

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

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

من البيان التقدم الأعظمي $x_m = n(I_2)_m = 6 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ، وبالتالي $\frac{x_m}{2} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol}$. الزمن الموافق على البيان هو

$$. t_{1/2} = 15 \text{ mn}$$

11 - بما أن المتفاعل المحد هو شاردة اليود، فإن $n_0(I^-) - 2x_m = 0$ ، ومنه $n_0(I^-) = 2 \times 6 \times 10^{-3} = 1,2 \times 10^{-2} \text{ mol}$

ولدينا $n_0(I^-) = 0,5 C_2$ ، 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 معادلة التفاعل إذن : $R - Cl + H_2O = R - OH + Cl^- + H^+$

1 - يمكن متابعة هذا التحول عن طريق قياس الناقلية لأن في المزج 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 $n_0(R - Cl) = C V = \frac{S}{M} \times V = \frac{4}{92,5} \times 2 \times 10^{-3} = 8,6 \times 10^{-5} \text{ mol}$

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

إذن كتلة الماء المضافة هي $m_e = 76 \text{ g}$ ، وهذا يوافق $n_0(H_2O) = \frac{76}{18} = 4,22 \text{ mol}$ ، وهي كمية كبيرة بالنسبة لكمية $R - Cl$

3 - جدول التقدم:

$R - Cl$	$+ H_2O$	$= R - OH$	$+ Cl^-$	$+ H^+$
$8,6 \times 10^{-5}$	زيادة	0	0	0
$8,6 \times 10^{-5} - x$	//	x	x	x
$8,6 \times 10^{-5} - x_m$	//	x_m	x_m	x_m

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

5- الناقلية النوعية معدومة عند اللحظة $t = 0$ ، لأن المزيج يكون خاليا من الشوارد (يتواجد نوعان كيميائيان جزيئيان هما H_2O و $R - Cl$).
نشير إلى أننا أهملنا شوارد H^+ و HO^- الناتجة عن التفكك الذاتي للماء. (التركيز المولي لكل منهما $10^{-7} mol/L$ عند الدرجة $25^\circ C$).

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

7- التقدم الأعظمي يساوي كمية المادة الابتدائية للمركب 2 - كلور 2 - ميثيل بروبان ، أي $x_m = 8,6 \times 10^{-5} mol$

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

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

من أجل كل لحظة نقسم σ على σ_f ونضرب الناتج في x_m ، مع ترك الناقليتين النوعيتين بنفس الوحدة.

10 - تمثيل التقدم بدلالة الزمن:

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

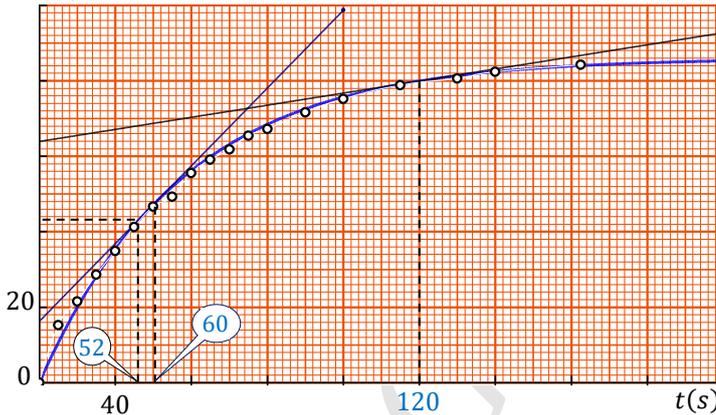
على محور الترتيب غيرت السلم بـ :

$$1cm \rightarrow 20\mu mol$$

$$1\mu mol = 10^{-6} mol$$

على محور الزمن $1cm \rightarrow 40 s$

$x(\mu mol)$



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

لدينا من جدول القياسات: $x_m = 86 \mu mol$ ، وبالتالي

$$\frac{x_m}{2} = 43 \mu mol$$

ونحدد من البيان $t_{1/2} = 52 s$

12 - السرعة الحجمية للتفاعل هي $v_v = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt}$

حيث $V = 82 mL$

عند اللحظة $t = 60 s$: $\frac{dx}{dt} = 5,4 \times 10^{-7} mol.s^{-1}$ ، وبالتالي

$$v_v = \frac{1}{0,082} \times 5,4 \times 10^{-7} = 6,6 \times 10^{-6} mol.L^{-1}.s^{-1}$$

عند اللحظة $t = 120 s$: $\frac{dx}{dt} = 8,1 \times 10^{-8} mol.s^{-1}$ ، وبالتالي $v_v = \frac{1}{0,082} \times 8,1 \times 10^{-8} \approx 1 \times 10^{-6} mol.L^{-1}.s^{-1}$

13 - السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 200 s$ أصغر من السرعة عند اللحظة $t = 60 s$. إن تناقص السرعة سببه تناقص تركيز

$R - Cl$ بمرور الوقت.

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

التمرين 22

معادلة التفاعل الكيميائي: $3HNO_2 = 2NO + H_3O^+ + NO_3^-$

1 - جدول التقدم:

$3HNO_2$	$=$	$2NO$	$+$	H_3O^+	$+$	NO_3^-
$n_0(HNO_2)$		0		0		0
$n_0(HNO_2) - 3x$		$2x$		x		x
$n_0(HNO_2) - 3x_m$		$2x_m$		x_m		x_m

حجم المحلول هو V .

المقصود بـ C على الترتيب هو $[NO_3^-]$ أو

$[HNO_2]$.

لدينا عند اللحظة t كمية مادة حمض الأزوتيد هي: $n(HNO_2) = n_0(HNO_2) - 3x$ ، ومنه تركيزه المولي هو:

$$(1) \quad [HNO_2] = C_0 - \frac{3x}{V} \text{ ، أي } [HNO_2] = \frac{n(HNO_2)}{V} = \frac{n_0(HNO_2)}{V} - \frac{3x}{V}$$

$$(2) \quad [NO_3^-] = \frac{x}{V} \text{ ، ومنه التركيز المولي لهذه الشاردة: } n(NO_3^-) = x$$

- 2

السرعة الحجمية للتفاعل هي مقدار تغير التقدم في مجال زمني صغير dt في لتر من المزيج المتفاعل، وتمثل مشتق التقدم بالنسبة للزمن في لتر من المزيج

$$v_v = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt} \text{ أي: المتفاعل.}$$

• بالنسبة للمنحنى $f(t)$ ، فهو يمثل اختفاء حمض الأزوتيد HNO_2 خلال الزمن.

نرمز لسرعة الاختفاء بـ v_d ، ونكتب: $v_d = -\frac{d[HNO_2]}{dt}$ ، وباستعمال العلاقة (1)

$$v_d = -\frac{dC_0}{dt} + \frac{3}{V} \times \frac{dx}{dt} = \frac{3}{V} \times \frac{dx}{dt}$$

$$(3) \quad v_v = \frac{v_d}{3} \text{ ، ومنه } v_d = 3v_v$$

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

• بالنسبة للمنحنى $g(t)$ ، فهو يمثل تشكل شاردة النتريت خلال الزمن. نرمز لسرعة

$$v_a = \frac{d[NO_3^-]}{dt} \text{ ، ونكتب:}$$

$$(4) \quad v_v = v_a \text{ ، وبالتالي نكتب } v_a = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt}$$

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

3- السرعة الحجمية الابتدائية للتفاعل (v_0): نحسبها بيانيا عند اللحظة $t = 0$

إما من البيان $f(t)$ أو $g(t)$.

$$\text{مثلا من البيان } g(t) \text{ ، أي البيان الموافق لتطور شاردة النتريت } (NO_3^-) : v_v = \frac{d[NO_3^-]}{dt} = \frac{0,26}{30} = 8,7 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

4- نستبدل في السؤال كمية المادة بالتركيز، لأن الحجم غير مُعطى.

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

ومن جدول التقدم لدينا: $n(H_3O^+) = n(NO_3^-)$ ، وبالتالي $[H_3O^+] = 0,15 \text{ mol/L}$

$$\text{السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة } t_1 : v_v = \frac{d[NO_3^-]}{dt} = \frac{0,16}{76} = 2,1 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

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

6- نعتبر التحول قد انتهى تقريبا عند اللحظة $t = 100 \text{ h}$ ، وعندها تنعدم السرعة الحجمية للتفاعل.

