

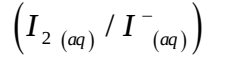
التمرين 01:

نَمِج في اللحظة $t = 0$ حجماً $V_1 = 100 \text{ mL}$ من محلول يود البوتاسيوم $(K^+(aq) + I^-(aq))$ تركيزه المولي C_1 مع حجم V_2 من الماء الأكسيجيني H_2O_2 تركيزه المولي $C_2 = 0,3 \text{ mol} \times L^{-1}$.

سَمَحَت متابعة تغير كمية مادة المتفاعلات $n_{(H_2O_2)}(t)$ و $n_{(I^-)}(t)$ في الوسط التفاعلي في لحظات زمنية مختلفة من الحصول على

المنحنيين $n_{(H_2O_2)} = f(t)$ و $n_{(I^-)} = g(t)$.

1- اكتب معادلة التفاعل الممنذج للتحويل الكيميائي الحادث علماً أن الثنائيتين المشاركتين في التفاعل هما: $(H_2O_2(aq) / H_2O(l))$ و



2- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل.

3- بالاعتماد على جدول التقدم والبيان .

أ- استنتج المتفاعل المحد.

ب- أرِبط بين كل منحنى والبيان الموافق مع التعليل.

ج- احسب كل من V_2 و C_1 .

4- أ- عَرِّف السرعة الحجمية للتفاعل v_{vol} في اللحظة t .

يُبين ان عبارتها تكتب على الشكل :

$$v_{vol} = - \frac{1}{2V} \cdot \frac{d n_t(I^-)}{dt}$$

أحسب عند اللحظة $t = 0$ قيمة هذه السرعة .

ب- عَرِّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، أحسب قيمته.

التمرين 02:

نحضر في المخبر المحاليل التالية:

– محلولاً مائياً محمضاً لثنائي بيكرومات البوتاسيوم $(2K^+ + Cr_2O_7^{2-})$ تركيزه المولي $C_1 = 1,66 \times 10^{-2} \text{ mol} \times L^{-1}$

– محلولاً مائياً محمضاً لحمض الأوكساليك $(H_2C_2O_4)$ تركيزه المولي $C_2 = 6 \times 10^{-2} \text{ mol} \times L^{-1}$.

نمزج 50 mL من كل محلول ونتابع التطور الزمني للتركيز المولي لشوارد الكروم $[Cr^{3+}]$ المتشكل خلال التحويل الكيميائي عند درجة حرارة

ثابتة 10°C ، فنحصل على البيان التالي:

1- أكتب معادلة التفاعل الممنذج للتحويل الكيميائي الحادث علماً أن الثنائيتين (ox / red) هي: $[Cr^{3+}] \times 10^{-3} (\text{mol} / L)$ $(CO_{2(g)} / H_2C_2O_{4(aq)}), (Cr_2O_7^{2-} / Cr^{3+})$

2- أحسب كمية المادة الابتدائية لحمض الأوكساليك و شوارد البيكرومات $(Cr_2O_7^{2-})$.

3- أنشئ جدول تقدم التفاعل ، ثم استنتج التقدم الأعظمي x_{max} .

4- اكتب عبارة السرعة الحجمية للتفاعل.

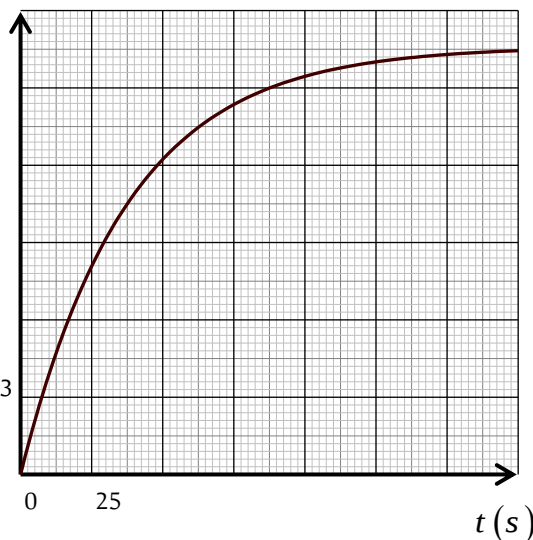
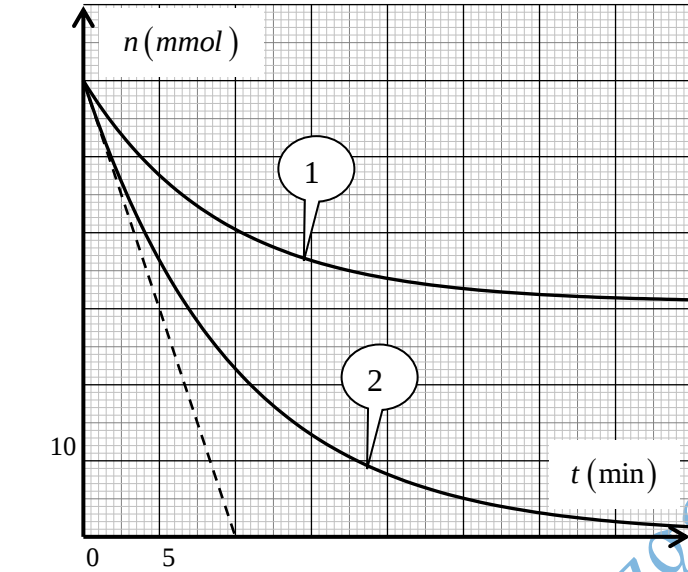
5- أكتب عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة تركيز شوارد $[Cr^{3+}]_t$.

6- استنتج قيمة هذه السرعة في اللحظة $t = 50 \text{ s}$.

7- أحسب التركيز المولي $[Cr^{3+}]_{max}$.

8- استنتج التركيز المولي $[Cr^{3+}]_{t_{1/2}}$ عند لحظة زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

ثم استنتج زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

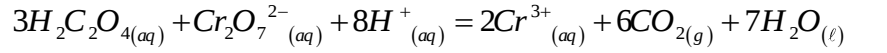


التمرين 03:

لدراسة تطور حركية التحول بين شوارد البيكرومات $Cr_2O_7^{2-}$ ومحلول حمض الأوكساليك $H_2C_2O_4$.

نمزج عند اللحظة $(t = 0)$ حجما $V_1 = 40 \text{ mL}$ من محلول بيكرومات البوتاسيوم $(2K^+, Cr_2O_7^{2-})$ تركيزه المولي C_1 مع حجم $V_2 = 60 \text{ mL}$ من

محلول حمض الأوكساليك تركيزه المولي C_2 نمذج التحول الكيميائي الحادث بالمعادلة:



1- أ- حدد الثنائيتين (ox / red) المشاركة في التفاعل.

ب- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل.

ت- بين أن كمية المادة $Cr_2O_7^{2-}$ و $H_2C_2O_4$ عند اللحظة t تعطى بالعلاقين: $n_{Cr_2O_7^{2-}}(t) = C_1 V_1 - \frac{1}{2} n_{Cr^{3+}}(t)$ و

$$n_{H_2C_2O_4}(t) = C_2 V_2 - \frac{3}{2} n_{Cr^{3+}}(t)$$

2- المتابعة الزمنية للتفاعل مكنت من الحصول على المنحنيين (1) و (2) (الشكل 1-).

أ- أرفق كل منحنى لكمية المادة الموافقة مع التعليل.

ب- هل المزيج التفاعلي ستكويومتري.

ج- استنتج قيمتي التركيزين الموليين C_1 ، C_2 .

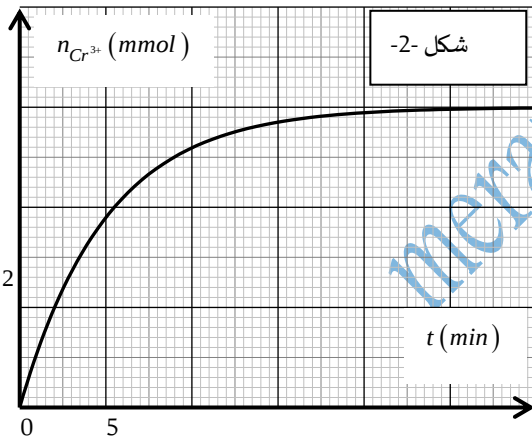
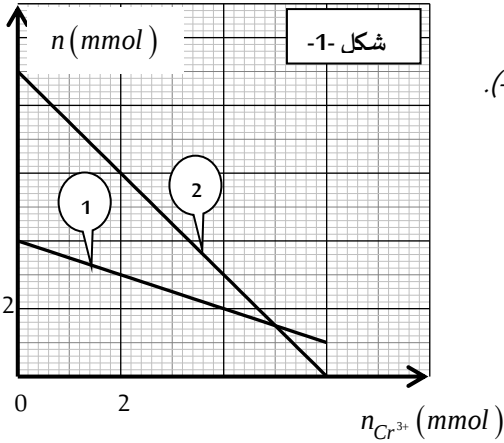
د- أعط التركيب المولي للمزيج التفاعلي عند نهاية التفاعل.

أ- يمثل (الشكل 2) المنحنى البياني لتطور كمية مادة Cr^{3+} بدلالة الزمن.

ب- احسب سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 10 \text{ min}$.

ت- استنتج سرعة اختفاء حمض الأوكساليك $H_2C_2O_4$ عند نفس اللحظة.

ج- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.



التمرين 04:

لدراسة التحول الكيميائي بين معدن المغنيزيوم $Mg(s)$ و محلول حمض كلور الماء $(H^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)})$ وضعنا في اللحظة $t = 0$ كتلة

$m = 0,257 \text{ g}$ من المغنيزيوم في حوجلة و أضفنا لها حجما قدره $V = 80 \text{ mL}$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي

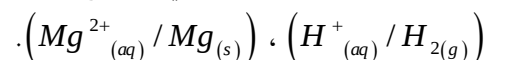
$C = 0,5 \text{ mol} \cdot L^{-1}$. لمتابعة تطور التحول الكيميائي الحادث قمنا بقياس حجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق V_{H_2} حيث الحجم

المولي في الشروط التجريبية هو $V_M = 25 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ فتحصلنا على الجدول التالي:

$t (s)$	0	50	100	150	200	250	300	400	500
$V_{H_2} (mL)$	0	36	64	86	104	120	132	154	170
$[Mg^{2+}] (mmol \cdot L^{-1})$									

1. عرّف المرجع و المؤكسد.

2. أكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الكيميائي الحادث بين الثنائيتين:



3. أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل السابق.

4. أ- حدّد المتفاعل المحد و قيمة التقدم الأعظمي للتفاعل.

ب - استنتج التركيب المولي للمزيج في نهاية التفاعل .

5. أ - أوجد عبارة التركيز المولي $[Mg^{2+}]$ في المزيج التفاعلي بدلالة: V_{H_2} ، V و V_M .

ب - أكمل الجدول السابق.

6. أرسم المنحنى البياني : $[Mg^{2+}] = f(t)$ باستعمال سلم رسم مناسب .

7. استنتج من البيان:

أ - زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

ب - السرعة الحجمية لتشكل الشوارد $Mg_{(aq)}^{2+}$ عند اللحظة $t = 100 \text{ s}$ ثم استنتج السرعة الحجمية لاختفاء شوارد الهيدروجين

عند نفس اللحظة.

$$M(Mg) = 24 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

التمرين 05:

تستعمل إمالة الأسترات في وسط أساسي لتحضير الكحولات انطلاقا من مواد طبيعية .

نريد تتبع تطور تفاعل ميثانوات الميثيل مع محلول هيدروكسيد الصوديوم بواسطة قياس الناقلية G . تمت القياسات عند درجة الحرارة 25°C .

المعطيات: ثابت الخلية $K = 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{S}$. $\lambda_{HCO_2^-} = 5,46 \times 10^{-3}$ ، $\lambda_{HO^-} = 19,9 \times 10^{-3}$ ، $\lambda_{Na^+} = 5,01 \times 10^{-3}$.

نضع في بيشر حجما $V = 200 \text{ mL}$ محلول (S_b) لهيدروكسيد الصوديوم (Na^+, HO^-) تركيزه المولي $C_b = 10^{-2} \text{ mol} / \text{L}$ نضيف

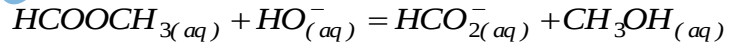
عند لحظة نعتبرها $(t = 0)$ كمية المادة n_E لميثانوات الميثيل

مساوية لكمية المادة n_b لهيدروكسيد الصوديوم في المحلول (S_b) .

(نعتبر حجم المزيج التفاعلي يبقى ثابتا)

مكننا الدراسة التجريبية من رسم البيان $G = f(t)$.

ينمذج التحول الكيميائي المدروس بمعادلة التفاعل الكيميائية التالية



1- لماذا يمكن متابعة هذا التحول عن طريق قياس الناقلية G ؟

2- علل سبب تناقص الناقلية G أثناء التفاعل.

3- أنشئ جدول تقدم التفاعل المنمذج لهذا التحول .

4- بين أن الناقلية G في الوسط التفاعلي عند لحظة t تحقق العلاقة : $G = -0,72x + 2,5 \times 10^{-3}$.

5- اعط عبارة السرعة الحجمية للتفاعل ، ثم احسب قيمتها عند اللحظتين : $t_1 = 10 \text{ min}$ ، $t_2 = 60 \text{ min}$. ماذا تستنتج ؟

6- استنتج سرعة تشكل شوارد HCO_2^- عند اللحظة $t_1 = 10 \text{ min}$.

7- جد زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

التمرين 06:

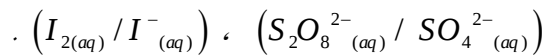
لمتابعة تطور التحول الكيميائي بين شوارد اليود $I^-(aq)$ و شوارد بيروكسوديبريتات $S_2O_8^{2-}(aq)$ ، نمزج في كأس بيشر حجما

$V_1 = 50 \text{ mL}$ من محلول يود البوتاسيوم $(K^+(aq) + I^-(aq))$ تركيزه $C_1 = 0,32 \text{ mol} \times \text{L}^{-1}$ مع حجما $V_2 = 50 \text{ mL}$ من

بيروكسوديبريتات البوتاسيوم $(2K^+(aq) + S_2O_8^{2-}(aq))$ تركيزه $C_2 = 0,20 \text{ mol} \times \text{L}^{-1}$ ، نلاحظ مع مرور الزمن أن المزيج يصفر ثم يأخذ

لونا بنيا دلالة على تشكل ثنائي اليود .

1- أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الحادث إذا علمت أن الشنائيتين الداخلتين في التفاعل هما :



2- قدم جدولا لتقدم التفاعل ، عيّن المتفاعل المحد .

3- يبين أنه في كل لحظة t يكون لدينا: $[I_2](t) = \frac{C_1 \cdot V_1}{2V} - \frac{[I^-](t)}{2}$ حيث V حجم الوسط التفاعلي.

4- سمحت المتابعة الزمنية لتطور تركيز I^- في الوسط التفاعلي من الحصول على النتائج المدونة في الجدول التالي:

t (min)	0	5	10	15	20	25
$[I^-]_{(aq)} (10^{-2} \text{ mol} \times L^{-1})$	16,0	12,0	9,6	7,7	6,1	5,1
$[I_{2(aq)}] (10^{-2} \text{ mol} \times L^{-1})$						

أ- أكمل الجدول و أرسم البيان $[I_{2(aq)}] = f(t)$ باختيار سلم رسم مناسب.

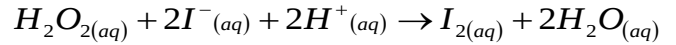
ب- عرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، عيّن قيمته.

ج- بالاعتماد على البيان عيّن عند اللحظة $t = 20 \text{ min}$ قيمتي: سرعة التفاعل و سرعة اختفاء I^- .

الحل

التمرين 01:

1/ معادلة التفاعل الممنهج للتحويل الحادث بين الماء الأكسجيني و H_2O_2 و شوارد اليود I^- :



2/ جدول تقدم التفاعل:

الحالة	$H_2O_{2(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2H_2O_{(aq)}$			
ح ابتدائية	C_2V_2	C_1V_1	x_i	0
ح إنتقالية	$C_2V_2 - x$	$C_1V_1 - 2x$	x	x
ح نهائية	$C_2V_2 - x_f$	$C_1V_1 - 2x_f$	x_f	x_f

3/ أ- حساب كل من C_1 و V_2 :

نلاحظ من البيان أن كمية المادة الابتدائية لكلا المتفاعلين متساوية .

$$C_1V_1 = C_2V_2 = 6.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$C_1 = \frac{6.10^{-2}}{V_1} = \frac{6.10^{-2}}{0,1} = 0,6 \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{ومنه:}$$

$$V_2 = \frac{6.10^{-2}}{C_2} = \frac{6.10^{-2}}{0,3} = 200 \text{ mL} \quad \text{و:}$$

$$\begin{cases} C_1V_1 - 2x_f = 0 \\ C_2V_2 - x_f = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_f = \frac{C_1V_1}{2} = 3,0.10^{-2} \text{ mol} \\ x_f = C_2V_2 = 6,0.10^{-2} \text{ mol} \end{cases} \quad \text{ب- استنتاج المتفاعل المحد:}$$

ومنه: $x_{\max} = 3,0.10^{-2} \text{ mol}$ و المتفاعل المحد هو: $I^-_{(aq)}$.

ج- من خلال النتائج السابقة (السؤالين 3/أ و 3/ب) نستنتج أن 01 هو

البيان رقم (1) يمثل $n(H_2O_2) = f(t)$

البيان رقم (2) يمثل $n(I^-) = g(t)$

3/أ- تعريف السرعة الحجمية للتفاعل:

$$v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} = \frac{1}{V} \frac{d \left[\frac{C_1V_1 - n_{I^-}}{2} \right]}{dt} \Rightarrow v = - \frac{1}{2V} \frac{dn_{I^-}}{dt}$$

- حساب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 0 \text{ s}$:

$$v = -\frac{1}{2V} \frac{dn_{I^-}}{dt} = -\frac{1}{2V} \frac{\Delta n(I^-)}{\Delta T}$$

$$v = -\frac{1}{2V} \frac{\Delta n(I^-)}{\Delta T} = -\frac{1}{2.0,3} \frac{(0 - 6,0 \cdot 10^{-2})}{(10 - 0)} = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

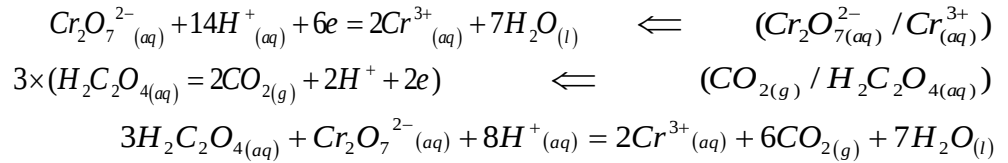
ج- تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

هو المدة الزمنية اللازمة لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي. أو: هو المدة الزمنية اللازمة لاستهلاك نصف كمية المادة الابتدائية للمتفاعل المحد ($I^- (aq)$).

من البيان نجد: $t_{1/2} = 7,5 \text{ min}$

التمرين 02:

_ معادلة التفاعل:



2_ كمية المادة الخاصة بشوارد البيكرومات:

$$n_0 (Cr_2O_7^{2-}) = C_1 \cdot V_1$$

$$n_0 (Cr_2O_7^{2-}) = 1,66 \cdot 10^{-2} \times 50 \cdot 10^{-3} = 0,83 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

- كمية المادة الخاصة بحمض الأوكساليك

$$n_0 (H_2C_2O_4) = C_2 \times V_2$$

$$n_0 (H_2C_2O_4) = 6 \cdot 10^{-2} \times 50 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

3- جدول تقدم التفاعل

لتفاعل	$3H_2C_2O_4 (aq) + Cr_2O_7^{2-} (aq) + 8H^+ (aq) = 2Cr^{3+} (aq) + 6CO_2 (g) + 7H_2O (l)$					
ح.إ.	$3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	$0,83 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	زيادة	0	0	زيادة
ح.و.	$-3x(t) \cdot 3 \cdot 10^{-3}$	$-x(t) \cdot 0,83 \cdot 10^{-3}$	زيادة	$2x(t)$	$6x(t)$	زيادة
ح.ن.	$-3x_f \cdot 3 \cdot 10^{-3}$	$-x_f \cdot 0,83 \cdot 10^{-3}$	زيادة	$2x_f$	$6x_f$	زيادة

استنتاج التقدم الأعظمي:

نقارن بين $\frac{n_0 (H_2C_2O_4)}{3}$ و $n_0 (Cr_2O_7^{2-})$

$$\frac{n_0 (H_2C_2O_4)}{3} = 1 \text{ mmol} \quad \text{و} \quad n_0 (Cr_2O_7^{2-}) = 0,83 \text{ mmol}$$

المتفاعل المحد للتفاعل هي شاردة البيكرومات ($Cr_2O_7^{2-}$) و بالتالي التقدم الأعظمي يكون: $x_{max} = 0,83 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

$$V_{vol} = \frac{1}{V} \left(\frac{dx(t)}{dt} \right)_t \quad \text{4- عبارة السرعة الحجمية للتفاعل:}$$

5- عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة تركيز شوارد $[Cr^{3+}]$ في أي لحظة .

نلاحظ من خلال جدول تقدم التفاعل أن: $n_{Cr^{3+}} = 2 \cdot x$ هذا يعني أن عدد مولات شوارد الكروم المتشكلة عند لحظة (t) يكون يساوي

ضعف تقدم التفاعل عند هذه اللحظة: $n_{Cr^{3+}}(t) = 2 \cdot x(t)$.

$$x(t) = \frac{n_{Cr^{3+}}(t)}{2} \quad \text{و بذلك نجد:}$$

$$V_{vol} = \frac{1}{V} \left(\frac{dx(t)}{dt} \right)_t = \frac{1}{2} \left(\frac{d[Cr^{3+}](t)}{dt} \right)_t \quad \text{نطبق قانون السرعة الحجمية للتفاعل فنجد:}$$

استنتاج قيمة السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 50s$

$$V_{vol} = 6,6.10^{-5} \text{ mol / L.s} \quad \text{ومنه:} \quad V_{vol} = \frac{1}{V} \left(\frac{dx(t)}{dt} \right)_{t=50s} = \frac{1}{2} \left(\frac{d[Cr^{3+}](t)}{dt} \right)_{t=50s}$$

7- حساب التركيز المولي الاعظمي لشوارد $[Cr^{3+}]$.

من جدول تقدم التفاعل لدينا: $n_{Cr^{3+}} = 2.x$ يكون التركيز المولي لشوارد الكروم في المزيج:

$$[Cr^{3+}]_{max} = 16,6.10^{-3} \text{ mol / L} \quad \text{ومنه:} \quad [Cr^{3+}]_{max} = \frac{(n_{Cr^{3+}})_{max}}{V_1 + V_2} = \frac{2.x_{max}}{V_1 + V_2} = \frac{2 \times 0,83.10^{-3}}{100.10^{-3}}$$

8- استنتاج التركيز المولي $[Cr^{3+}]$ عند لحظة زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$

$$[Cr^{3+}]_{t_{1/2}} = \frac{[Cr^{3+}]_{max}}{2}$$

$$[Cr^{3+}]_{t_{1/2}} = 8,3.10^{-3} \text{ mol / L} \quad \text{ومنه:} \quad [Cr^{3+}]_{t_{1/2}} = \frac{16,6.10^{-3}}{2}$$

اعتمادا على تركيز شوارد الكروم في اللحظة $[Cr^{3+}]_{t_{1/2}}$ نجد بيانيا زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ وهو الزمن الذي يكون فيه

$$t_{1/2} = 30s \quad \text{بيانيا نجد:} \quad [Cr^{3+}]_{t_{1/2}} = 8,3.10^{-3} \text{ mol / L}$$

التمرين 03:

1-أ- الثنائيات: $(Cr_2O_7^{2-} / Cr^{3+})$ و $(CO_2 / H_2C_2O_4)$

ب- جدول تقدم التفاعل

التفاعل	$3H_2C_2O_{4(aq)} + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 8H^+(aq) = 2Cr^{3+}(aq) + 6CO_{2(g)} + 7H_2O_{(l)}$					
ح.إ	$n_2 = C_2V_2$	$n_1 = C_1V_1$	زيادة	0	0	زيادة
ح.و	$C_2V_2 - 3x(t)$	$C_1V_1 - x(t)$	زيادة	$2x(t)$	$6x(t)$	زيادة
ح.ن	$C_2V_2 - 3x_f$	$C_1V_1 - x_f$	زيادة	$2x_f$	$6x_f$	زيادة

ج- تبيان أن كمية المادة $Cr_2O_7^{2-}$ و $H_2C_2O_4$ عند اللحظة t تعطى بالعلاقتين: $n_{Cr_2O_7^{2-}}(t) = C_1V_1 - \frac{1}{2}n_{Cr^{3+}}(t)$ و $n_{H_2C_2O_4}(t) = C_2V_2 - 3x(t)$

$$n_{H_2C_2O_4}(t) = C_2V_2 - \frac{3}{2}n_{Cr^{3+}}(t)$$

$$n_{H_2C_2O_4}(t) = C_2V_2 - 3x(t) \dots\dots (1)$$

$$n_{Cr^{3+}}(t) = 2x(t) \Rightarrow x(t) = \frac{n_{Cr^{3+}}(t)}{2} \dots\dots (2) \quad \text{من جدول التقدم:}$$

$$\left[n_{H_2C_2O_4}(t) = C_2V_2 - \frac{3}{2}n_{Cr^{3+}}(t) \right] \quad (1) \quad (2) \quad \text{بتعويض في نجد:}$$

$$n_{Cr_2O_7^{2-}}(t) = C_1V_1 - x(t) \dots\dots (1)$$

$$n_{Cr^{3+}}(t) = 2x(t) \Rightarrow x(t) = \frac{n_{Cr^{3+}}(t)}{2} \dots\dots (2) \quad \text{وبنفس الطريقة:}$$

$$\left[n_{Cr_2O_7^{2-}}(t) = C_1V_1 - \frac{1}{2}n_{Cr^{3+}}(t) \right] \quad (1) \quad \text{بتعويض في نجد:}$$

2-أ- من البيان وعند اللحظة t' نجد: $n_{Cr^{3+}}(t') = 5mmol \Rightarrow n_{H_2C_2O_4}(t') = n_{Cr_2O_7^{2-}}(t') = 1,5mmol$

$$n_{H_2C_2O_4}(t') = n_2 - \frac{3}{2}n_{Cr^{3+}}(t') = 1,5mmol \Rightarrow n_2 = \frac{3}{2}n_{Cr^{3+}}(t') + n_{H_2C_2O_4}(t')$$

$$(1) \Rightarrow n_2 = \frac{3 \times 5}{2} + 1,5 = 9mmol$$

$$n_{Cr_2O_7^{2-}}(t') = n_1 - \frac{1}{2}n_{Cr^{3+}}(t') = 1,5mmol \Rightarrow n_1 = \frac{1}{2}n_{Cr^{3+}}(t') + n_{Cr_2O_7^{2-}}(t')$$

$$(2) \Rightarrow n_1 = 1,5 + \frac{5}{2} = 4mmol$$

ب- المزيج الستكيومتري: $\frac{4}{1} \neq \frac{9}{3} \Leftarrow \frac{n_1}{1} = \frac{n_2}{3}$ المزيج ليس ستكيومتري

ج- استنتاج التركيزين C_1 ، C_2 :

$$n_{Cr_2O_7^{2-}}(0) = C_1 V_1 \Rightarrow C_1 = \frac{n_{Cr_2O_7^{2-}}(0)}{V_1} = \frac{4 \times 10^{-3}}{40 \times 10^{-3}} = 0,1mol \cdot L^{-1}$$

في اللحظة $(t = 0)$:

$$n_{H_2C_2O_4}(0) = C_2 V_2 \Rightarrow C_2 = \frac{n_{H_2C_2O_4}(0)}{V_2} = \frac{9 \times 10^{-3}}{60 \times 10^{-3}} = 0,15mol \cdot L^{-1}$$

د- التركيب المولي للمزيج التفاعلي عند نهاية التفاعل:

$$n_f(Cr^{3+}) = 2x_f \Rightarrow x_f = \frac{n_f(Cr^{3+})}{2} = \frac{6}{2} = 3mmol$$
 من البيان ومن جدول التقدم في الحالة النهائية:

$n_f(H_2C_2O_4) = n_2 - 3x_f$ $n_f(H_2C_2O_4) = 9 - 3 \times 3 = 0mmol$	$n_f(C_2O_7^{2-}) = n_1 - x_f$ $n_f(C_2O_7^{2-}) = 4 - 3 = 1mmol$	$n_f(Cr^{3+}) = 2x_f$ $n_f(Cr^{3+}) = 6mmol$	$n_f(CO_2) = 6x_f$ $n_f(CO_2) = 6 \times 3 = 18mmol$
--	--	---	---

3-أ- حساب سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 10min$:

حسب التعريف سرعة التفاعل تعطى بالعلاقة: (1) $v = \left(\frac{dx}{dt} \right)_{(t)}$

$$n_{Cr^{3+}}(t) = 2x(t) \Rightarrow x(t) = \frac{n_{Cr^{3+}}(t)}{2} \dots \dots \dots (2)$$
 ومن جدول التقدم:

$$v(t) = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{dn_{Cr^{3+}}}{dt} \right)_{(t)}$$
 بتعويض (2) في (1) نجد:

$$v(t) = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{4,8 - 2,7}{10 - 0} \right)_{(t=10min)} = 0,105mmol \cdot min^{-1} = 1,05 \times 10^{-4} mol \cdot min^{-1}$$
 ت.ع:

ب- استنتاج سرعة اختفاء حمض الأوكساليك $H_2C_2O_4$ عند اللحظة $t = 10min$:

$$n_{H_2C_2O_4}(t) = C_2 V_2 - 3x(t)$$

حسب التعريف: $v(t) = -\frac{dn_{H_2C_2O_4}}{dt}$ ومن جدول التقدم: $v(H_2C_2O_4) = 3 \cdot v = 3,15 \times 10^{-4} mol \cdot min^{-1} \Leftarrow$

التعليق: بإدخال لطرفي العبارة $n_{H_2C_2O_4}(t) = C_2 V_2 - 3x(t)$ نجد:

$$\frac{dn_{H_2C_2O_4}}{dt}(t) = \frac{dC_2 V_2}{dt} - 3 \cdot \frac{dx}{dt} \Rightarrow \frac{dn_{H_2C_2O_4}}{dt}(t) = -3 \cdot \frac{dx}{dt}$$

$$v(H_2C_2O_4) = 3 \cdot v = 3 \times 1,05 \times 10^{-4} = 3,15 \times 10^{-4} mol \cdot min^{-1} \Leftarrow v(t) = -\frac{dn_{H_2C_2O_4}}{dt}$$
 ولدينا:

$$x\left(t_{1/2}\right) = \frac{x_f}{2}$$
 ج- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$: حسب التعريف:

$$t_{1/2} = 4,25min$$
 بيانيا:

التعليق: من جدول التقدم: $n_{Cr^{3+}}(t) = 2x(t)$

$$(1) \dots \dots \dots x(t_{1/2}) = \frac{n_{Cr^{3+}}(t_{1/2})}{2} \Leftarrow n_{Cr^{3+}}(t_{1/2}) = 2x(t_{1/2}) \Leftarrow (t \rightarrow t_{1/2}) \text{ مـ}$$

$$(2) \dots \dots \dots x_f = \frac{n_f(Cr^{3+})}{2} \Leftarrow n_f(Cr^{3+}) = 2x_f \Leftarrow (t \rightarrow t_f)$$

بتعويض (1) و (2) في العلاقة $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$ نجد:

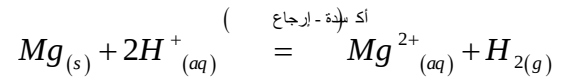
$$t_{1/2} = 4,25 \text{ min} \text{ بالاسقاط على البيان نجد: } \frac{n_{Cr^{3+}}(t_{1/2})}{2} = \frac{n_f(Cr^{3+})}{2} \Rightarrow n_{Cr^{3+}}(t_{1/2}) = \frac{n_f(Cr^{3+})}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ mmol}$$

التمرين 04:

1- المؤكسد: كل فرد كيميائي يكتسب الكترونات أو أكثر خلال تفاعل كيميائي.

المرجع: كل فرد كيميائي يتخلى عن الكترونات أو أكثر خلال تفاعل كيميائي.

2- معادلة التفاعل الكيميائي:



3- جدول التقدم:

حالة الجملة	التقدم: $x \text{ (mmol)}$	$Mg_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \xrightarrow{\text{أكسدة - إرجاع}} Mg^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$			
الابتدائية	0	$n_{01} = \frac{m}{M} = 10,7$	$n_{02} = c \cdot V = 40$	0	0
الانتقالية	x	$n_{01} - x$	$n_{02} - 2x$	x	x
النهائية	x_f	$n_{01} - x_f$	$n_{02} - 2x_f$	x_f	x_f

4- أ/ المتفاعل المحد و التقدم الأعظمي:

من جدول التقدم في الحالة النهائية:

$$x_f = \frac{1}{2} n_{02} = 20 \text{ mmol} \text{ أو } x_f = n_{01} = 10,7 \text{ mmol}$$

بالتالي: $x_{\max} = 10,7 \text{ mmol}$ (القيمة الصغرى لـ x_f): معدن Mg هو المتفاعل المحد.

ب/ التركيبة المولية للمزيج التفاعلي في الحالة النهائية:

من جدول التقدم في الحالة النهائية:

$$n_f(Mg^{2+}) = n_f(H_2) = 10,7 \text{ mmol} ; n_f(H^+) = 18,6 \text{ mmol} ; n_f(Mg) = 0$$

5- أ/ عبارة التركيز $[Mg^{2+}]$:

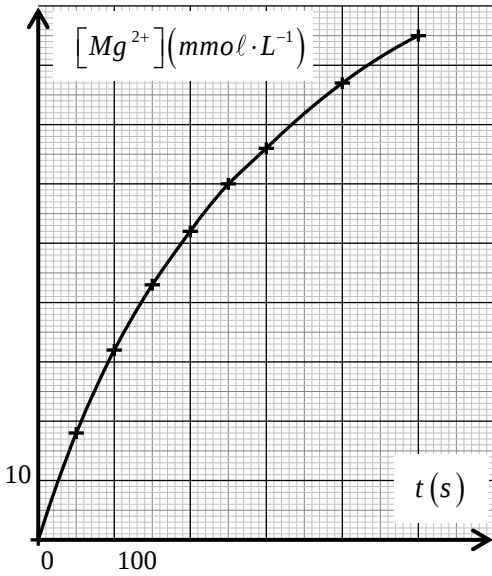
$$[Mg^{2+}] = \frac{x}{V} = \frac{V_{H_2}}{V_M \cdot V} \Leftarrow n(Mg^{2+}) = n(H_2) = x = \frac{V_{H_2}}{V_M}$$

ب/ تكملة الجدول: $[Mg^{2+}] \text{ (mmol} \cdot \text{L}^{-1}) = \frac{V_{H_2} \text{ (mL)}}{2}$ و منه:

$t \text{ (s)}$	0	50	100	150	200	250	300	400	500
$[Mg^{2+}] \text{ (mmol} \cdot \text{L}^{-1})$	0	18	32	43	52	60	66	77	85

6- البيان $[Mg^{2+}] = f(t)$

7- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:



$$\text{بالتعريف: } [Mg^{2+}](t_{1/2}) = \frac{[Mg^{2+}]_{\max}}{2} \Leftrightarrow x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2}$$

$$[Mg^{2+}]_{\max} = \frac{x_{\max}}{V} = \frac{10,7 \times 10^{-3}}{80 \times 10^{-3}} = 133,75 \text{ mmol} \cdot L^{-1} \text{ لدينا مما سبق:}$$

$$\text{ومنه: } [Mg^{2+}](t_{1/2}) = 66,875 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$$

بالرجوع إلى البيان، نقرأ: $t_{1/2} = 300 \text{ s}$.

ب/ السرعة الحجمية لتشكل الشوارد $Mg^{2+}_{(aq)}$ عند اللحظة $t = 100 \text{ s}$:

$$\text{بالتعريف: } (v_f)_{100s}(Mg^{2+}) = \left(\frac{d[Mg^{2+}]}{dt} \right)_{100s}$$

$$\text{بياناً: } (v_f)_{100s}(Mg^{2+}) = 0,25 \text{ mmol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$$

السرعة الحجمية لاختفاء الشوارد H^+ في نفس اللحظة ($t = 100 \text{ s}$):

$$\text{من جدول التقدم، في لحظة كيفية } t: (v_d)_{100s}(H^+) = 2(v_f)_{100s}(Mg^{2+}) = 0,50 \text{ mmol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$$

التمرين 05:

يمكن متابعة التحول الكيميائي عن طريق قياس الناقلية G لأن الوسط التفاعلي يحتوي على شوارد.

2- تتناقص الناقلية G مع مرور الزمن بسبب تناقص تراكيز شوارد HO^- في الوسط التفاعلي.

3- جدول تقدم التفاعل:

لتفاعل	$HCOOCH_3(aq) + HO^-(aq) = HCO_2^-(aq) + CH_3OH(aq)$			
ح.إ.	$2 \times 10^{-3} \text{ mol}$	$2 \times 10^{-3} \text{ mol}$	0	0
ح.و.	$2 \times 10^{-3} - x(t)$	$2 \times 10^{-3} - x(t)$	$x(t)$	$x(t)$
ح.ن.	$2 \times 10^{-3} - x_f$	$2 \times 10^{-3} - x_f$	x_f	x_f

4- تبين أن الناقلية G في الوسط التفاعلي عند لحظة t تحقق العلاقة: $G = -0,72x + 2,5 \times 10^{-3}$.

$$\text{لدينا: } G = \sigma \cdot K$$

$$\Rightarrow G = \left(\lambda_{HO^-} [HO^-]_{(t)} + \lambda_{HCO_2^-} [HCO_2^-]_{(t)} + \lambda_{Na^+} [Na^+]_{(t)} \right)$$

من جدول التقدم:

$$\Rightarrow G = \left(\lambda_{HO^-} \frac{2 \times 10^{-3} - x(t)}{V} + \lambda_{HCO_2^-} \frac{x(t)}{V} + \lambda_{Na^+} \frac{2 \times 10^{-3}}{V} \right) K ::$$

$$\Rightarrow G = -0,72x(t) + 2,5 \times 10^{-3} \quad \text{ومنه} \quad \Rightarrow G = \left(19,9 \times 10^{-3} \times \frac{2 \times 10^{-3} - x(t)}{200 \times 10^{-6}} + 5,46 \times 10^{-3} \times \frac{x(t)}{200 \times 10^{-6}} + 5,01 \times 10^{-3} \times \frac{2 \times 10^{-3}}{200 \times 10^{-6}} \right) \times 10^{-2}$$

5- عبارة السرعة الحجمية للتفاعل v_{vol} :

$$\text{حسب التعريف: (1) } v_{vol} = \frac{1}{V} \left(\frac{dx}{dt} \right)_{(t)}$$

$$\text{لدينا: } G = -0,72x(t) + 2,5 \times 10^{-3}$$

$$\frac{dG}{dt} = -0,72 \frac{dx(t)}{dt} + \frac{d(2,5 \times 10^{-3})}{dt} \quad \text{للطرفين نجد:}$$

$$\Rightarrow \frac{dx(t)}{dt} = -\frac{1}{0,72} \left(\frac{dG}{dt} \right) \dots\dots\dots (2)$$

$$v_{vol} = -\frac{1}{0,72V} \left(\frac{dG}{dt} \right) \text{ نعوض (2) في (1) نجد:}$$

$$v_{vol} = -\frac{1}{0,72 \times 200 \times 10^{-3}} \left(\frac{dG}{dt} \right)_{t=10min}$$

$$v_{vol} = -\frac{1}{0,72 \times 200 \times 10^{-3}} \left(\frac{0 - 2,3 \times 10^{-3}}{31 - 0} \right) = 3,9 \times 10^{-4} \frac{mol}{L \cdot min}$$

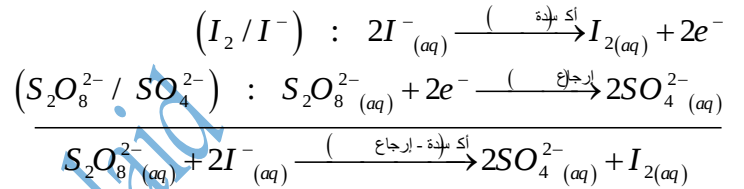
$$v_{vol} = -\frac{1}{0,72 \times 200 \times 10^{-3}} \left(\frac{dG}{dt} \right)_{t=60min} = 0 \frac{mol}{L \cdot min}$$

استنتاج: تناقص السرعة الحجمية للتفاعل مع مرور الزمن بسبب تناقص التراكيز الابتدائية للمتفاعلات.

$$t_{\frac{1}{2}} = 10 \text{ min} \quad t_{\frac{1}{2}} = \text{زمن نصف التفاعل}$$

التمرين 06:

1- معادلة التفاعل الحادث بين الثنائيتين $(S_2O_8^{2-} / SO_4^{2-})$ ، (I_2 / I^-) :



2- جدول تقدم التفاعل:

حالة الجملة	التقدم: $x (10^{-3} mol \ell)$	$S_2O_8^{2-}_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} = 2SO_4^{2-}_{(aq)} + I_{2(aq)}$			
الابتدائية	0	$C_2 \cdot V_2 = 10$	$C_1 \cdot V_1 = 16$	0	0
الانتقالية	x	$10 - x$	$16 - 2x$	$2x$	x
النهائية	x_f	$10 - x_f$	$16 - 2x_f$	$2x_f$	x_f

المتفاعل المحد:

من جدول التقدم في الحالة النهائية: $10 - x_f = 0$ أو $16 - 2x_f = 0$

القيمة الصغرى لـ x_f : $x_f = 8 \text{ mmol}$ ومنه: شوارد I^- هي المتفاعل المحد.

$$3- \text{التحقق من أنه في كل لحظة } t: [I^-](t) = \frac{C_1 \cdot V_1}{2V} - \frac{[I^-](t)}{2}$$

$$\text{بالتعريف و حسب جدول التقدم في لحظة } t \text{ في الحالة الانتقالية: } [I_2](t) = \frac{n(I_2)}{V} = \frac{x(t)}{V}$$

$$\text{كذلك: } \frac{x(t)}{V} = \frac{C_1 \cdot V_1}{2V} - \frac{[I^-](t)}{2} \Leftrightarrow [I^-](t) = \frac{n(I^-)}{V} = \frac{C_1 \cdot V_1 - 2x(t)}{V}$$

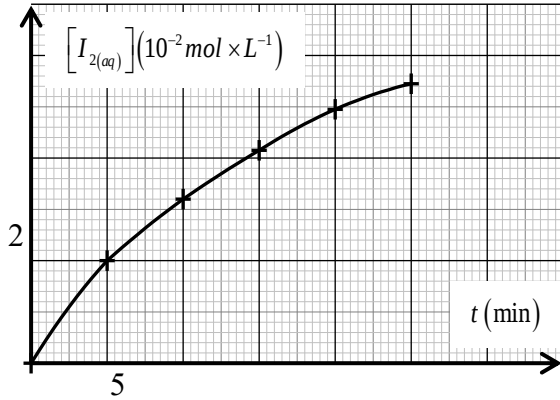
$$\text{ومنه: } [I_2](t) = \frac{C_1 \cdot V_1}{2V} - \frac{[I^-](t)}{2}$$

4- /أكملة الجدول و رسم البيان $(I_{2(aq)}) = f(t)$ (على الورق المليمترى):

$$\text{مما سبق لدينا: } [I_{2(aq)}] (\times 10^{-2} mol \cdot L^{-1}) = \frac{C_1 \cdot V_1}{2V} - \frac{[I^-](t)}{2} = 8 - 0,5[I^-](t)$$

و منه الجدول:

$t \text{ (min)}$	0	5	10	15	20	25
$[I^-_{(aq)}] (10^{-2} \text{ mol} \times L^{-1})$	16,0	12,0	9,6	7,7	6,1	5,1
$[I_{2(aq)}] (10^{-2} \text{ mol} \times L^{-1})$	0,00	2,00	3,20	4,15	4,95	5,45



ب- تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ و تحديد قيمته العددية:

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

(أو نصف تقدمه الأعظمي إذا كان التفاعل كلياً).

قيمته العددية: $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} = 4 \text{ mmol} \Leftarrow x_f = 8 \text{ mmol}$

التالي: $[I_2](t_{1/2}) = \frac{[I_2]_f}{2} = \frac{x_f}{2V} = 4 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ بالرجوع إلى البيان، نقرأ: $t_{1/2} = 14 \text{ min}$.

ج/ سرعة التفاعل و سرعة اختفاء الشوارد I^- عند اللحظة $t = 20 \text{ min}$:

لدينا: $v = V \cdot \frac{d[I_2]}{dt} \Leftarrow v = \frac{dx}{dt}$ و $v_{vol} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{d[I_2]}{dt}$

بياناً: $v_{20\text{min}} = V \cdot \left(\frac{d[I_2]}{dt} \right)_{20\text{min}} = 0,1 \times 0,129 \times 10^{-2} = 1,3 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$

كذلك من جدول التقدم، في لحظة كيفية t : $(v_d)_{20\text{min}}(I^-) = 2v_{20\text{min}} = 2,6 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$