التمرين 01:

نعتبر التحول الكيميائي المنمذج بالمعادلة الكيميائية التالية: $\alpha\, A + \beta\, B = \gamma C + \delta D$.

1- أثبت أن سرعة اختفاء النوع الكيميائي A يعبر عنها بدلالة سرعة تشكل النوع الكيميائي C كما يلي: $\frac{V_A}{\alpha} = \frac{V_C}{\gamma}$

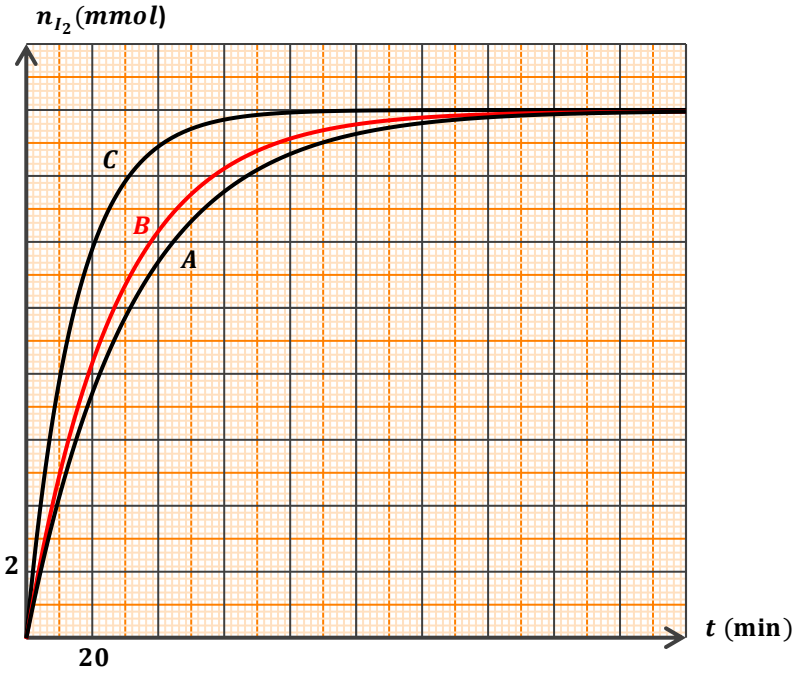
2- تتأكسد شوارد اليود I^- بواسطة الماء الأكسجيني H_2O_2 في وسط حمضي H_3O^+ وفق معادلة التفاعل التالية:

$$H_2O_{2(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2H_3O^+_{(aq)} = I_{2(aq)} + 4H_2O_{(l)}$$

نحقق ثلاثة تجارب فب أحجام متساوية حسب شروط كل تجربة كما يوضحه الجدول التالي:

رقم التجربة	1	2	3
كمية المادة الابتدائية H_2O_2 $(mmol)$	n_0	n_0	n_0
كمية المادة الابتدائية I^- $(mmol)$	40	80	80
كمية المادة الابتدائية H_3O^+	بزيادة	بزيادة	بزيادة
θ (°C)	20	40	20

بعد متابعة تطور تشكل كمية المادة لثنائي اليود I_2 في التجارب الثلاثة تحصلنا على المنحنى البياني المقابل.



1- هل شوارد H_3O^+ تلعب دور وسيط أم متفاعل في التجارب الثلاثة؟ علل.

2- أنسب رقم كل تجربة للمنحنى الموافق لها مع التعليل.

3- انطلاقا من البيان عين السرعة المتوسطة لتشكل ثنائي اليود I_2 بين اللحظتين $t_1 = 20\ min$ و $t_2 = 60\ min$ بالنسبة للتجربة (B).

4- إذا كانت سرعة اختفاء I^- هي: $V_{I^-} = 0,4\ mmol/min$،

✓ أحسب سرعة تشكل I_2.

التمرين 02:

في اللحظة $t = 0$ وعند درجة حرارة المخبر T_1، ألقى فوج قطعة من كربونات الكالسيوم الصلب $CaCO_3$، كتلتها $m = 200\ mg$ في حوجلة بها حجم $V_a = 200\ ml$ من المحلول الحمضي (S_0) تركيزه المولي C_a، معادلة التفاعل المنمذجة للتحول الكيميائي تعطى:

$$CaCO_{3(s)} + 2H_3O^+_{(aq)} = Ca^{2+}_{(aq)} + CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$$

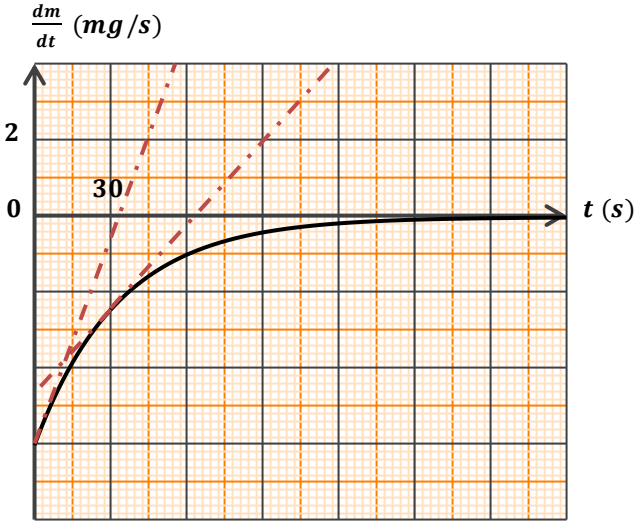
استقبل غاز CO_2 المتشكل في دورق زجاجي حجمه $V = 1\ L$ مزود بمقياس ضغط.

1- أنشئ جدول التقدم للتفاعل.

2- أحسب قيمة التقدم الأعظمي x_{max} علما أن المزيج التفاعلي ستكيومتري.

3- أحسب تركيز المحلول الحمضي C_a.

4- البيان التالي يمثل التغير اللحظي لكتلة كربونات الكالسيوم بدلالة الزمن: $\frac{dm}{dt} = f(t)$.



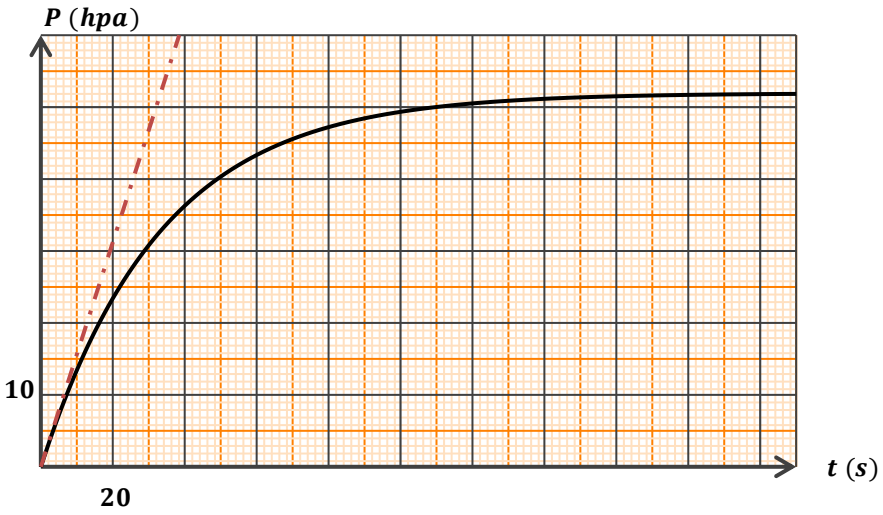
✓ بين ان السرعة الحجمية للتفاعل تعطى بالعلاقة التالية:

$$V_{vol} = -\frac{1}{V_a\ M}\ \frac{dm}{dt}$$

✓ أحسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين: $t = 0$ و $t = 30\ s$.

✓ اشرح على المستوى المجهري سبب تناقص هذه السرعة بمرور الزمن

-5 أعاد فوج أخر التجربة عند الدرجة T_2 حيث $T_2 = 313\ K$، سجلوا قيم الضغط في الدورق في لحظات مختلفة ثم مثلو البيان $P = f(t)$.



بين أن السرعة الحجمية للتفاعل تعطى بالعلاقة: $V_{vol} = \frac{V}{V_a \cdot R \cdot T}\frac{dP(CO_2)}{dt}$ ثم احسب قيمتها عند $t = 0$.

✓ اشرح سبب اختلاف قيمة هذه السرعة مع القيمة المحسوبة في نفس اللحظة في السؤال السابق.

<u>يعطى:</u> $M(CaCO_3) = 100\ g/mol$ ، $R = 8,31$ ، $1\ hpa = 100\ pa$.

<u>التمرين 03:</u>

I. نمزج في اللحظة $t = 0$ كمية قدرها $0,03\ mol$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+_{(aq)} + MnO^-_{4\ (aq)})$ مع كمية قدرها $0,03\ mol$ من محلول حمض الاوكساليك $H_2C_2O_{4(aq)}$ في وسط حمضي، حيث $V = 1\ L$.

تكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول بالشكل:

$$5H_2C_2O_{4(aq)} + 2MnO^-_{4\ (aq)} + 6H^+_{(aq)} = 2Mn^{2+}_{(aq)} + 10CO_{2(g)} + 8H_2O_{(l)}$$

-1 أكتب المعادلتين النصفيتين الإلكترونيتين وكذا ثنائيتا التفاعل (Ox/Red) الداخلتين في التفاعل.

-2 أنجز جدول تقدم التفاعل.

-3 بين أن الابتدائي ليس ستكيومتري، وحدد المتفاعل المحد والتقدم الأعظمي x_{max}.

II. لمتابعة التفاعل نأخذ خلال أزمنة مختلفة t حجما V_0 من المزيج التفاعلي ثم نعاير كمية شوارد البرمنغنات المتبقية MnO^-_4 بواسطة محلول لكبريتات الحديد الثنائي ذي التركيز المولي $C = 0,25\ mol/L$.

علما أن معادلة تفاعل المعايرة تكتب بالشكل:

$$MnO^-_{4\ (aq)} + 5Fe^{2+}_{(aq)} + 8H^+_{(aq)} = Mn^{2+}_{(aq)} + 5Fe^{3+}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$$

1- أنجز جدول تقدم تفاعل المعايرة.

2- عرف نقطة التكافؤ، وكيف نعينها تجريبيا.

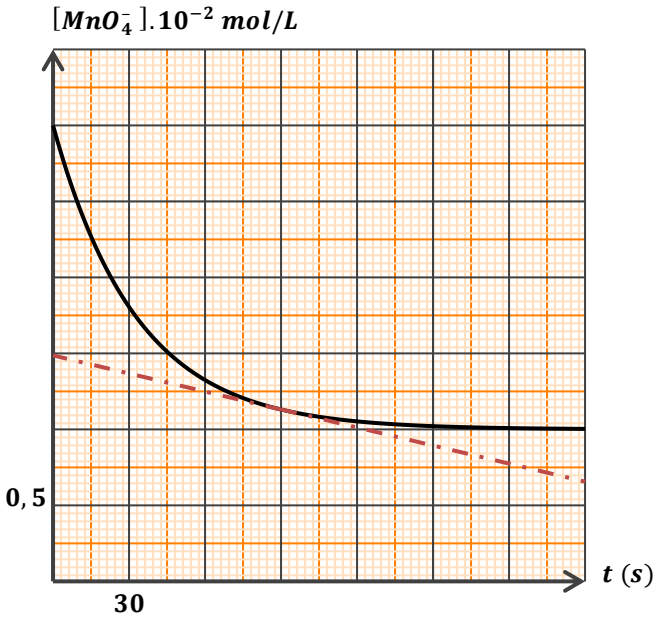
3- أوجد عبارة $[MnO_4^-]$ بدلالة: V_0 ، V_{eq} ، C.

4- سمحت القياسات التجريبية برسم البيان الممثل لـ $[MnO_4^-] = f(t)$.

✓ أحسب السرعة الحجمية لاختفاء MnO_4^- في اللحظة $t = 90\ S$.

✓ استنتج السرعة الحجمية لتشكل CO_2.

✓ حدد زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.



التمرين 04:

لمتابعة تطور التفاعل الحاصل بين شوارد البرومات BrO_3^- وشوارد البروم Br^-، نمزج في اللحظة $t = 0$ حجما $V_1 = 100\ ml$ من محلول برومات البوتاسيوم $(K^+_{(aq)} + BrO^-_{3\,(aq)})$ تركيزه المولي C_1 مع حجم $V_2 = 100\ ml$ من محلول بروم البوتاسيوم $(K^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)})$ تركيزه المولي C_2، بوجود وفرة من حمض الكبريت المركز.

الثنائيات المشاركتان في التفاعل هما: (BrO_3^-/Br_2) و $(Br_2/\ Br^-)$.

1- بين أن معادلة التفاعل الحاصل هي:

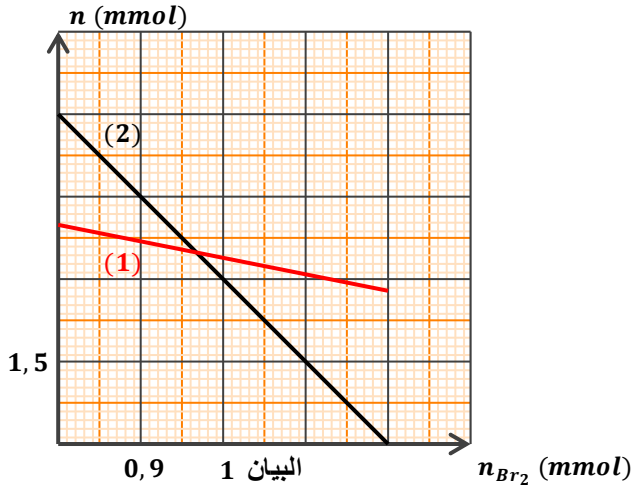
$$BrO^-_{3\,(aq)} + 5Br^-_{(aq)} + 6H^+_{(aq)} = 3Br_{2(aq)} + 3H_2O_{(l)}$$

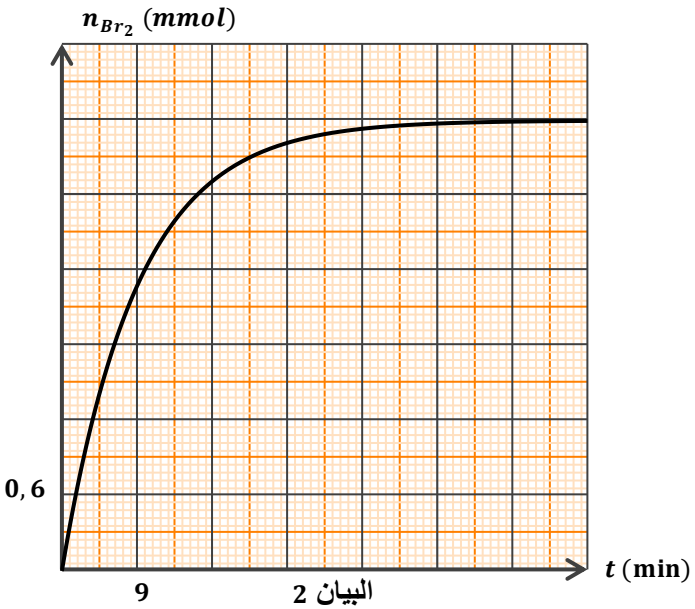
2- أنشئ جدول التقدم لهذا التفاعل.

3- بين أن كمية المادة لـ BrO_3^- و Br^- تعطيان بالعلاقتين:

$n_{BrO_3^-} = C_1 . V_1 - \frac{1}{3}\ n_{Br_2}$ و $n_{Br^-} = C_2 . V_2 - \frac{5}{3}\ n_{Br_2}$

4- المتابع الزمنية للتفاعل الحاصل مكنت من الحصول على البيانين التاليين:





- ✓ حدد من البيان 1 المنحنى الذي يمثل تغيرات n_{Br^-} و $n_{BrO_3^-}$ مع التعليل.
- ✓ هل المزيج التفاعلي ستوكيومتري؟ علل ثم أحسب قيمة التقدم الاعظمي.
- ✓ استنتج قيمتي التراكيز المولية C_1 و C_2.
- ✓ عرف زمن نصف التفاعل ثم حدد قيمته.
- ✓ ما هي اللحظة التي يكون فيها: $[Br^-] = [BrO_3^-]$.
- ✓ أعط التركيب المولي للمزيج التفاعلي عند نهاية التفاعل.

5- نعيد التجربة السابقة لكن نستعمل محلول لبروم البوتاسيوم $(K^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)})$ تركيزه المولي $C_3 = \frac{C_2}{2}$.

- ✓ أحسب قيمة التقدم الأعظمي الجديدة للتفاعل.
- ✓ هل يزيد زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ أم ينقص؟ علل
- ✓ أعط التفسير المجهري لهذا التغير.
- ✓ أرسم كيفيا مع منحنى البيان 2 المنحنى الممثل لتطور كمية مادة ثنائي البروم n_{Br_2} مع التبرير.

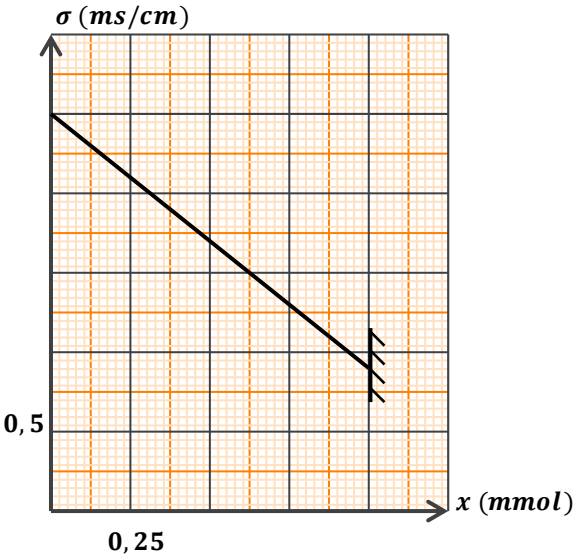
التمرين 05:

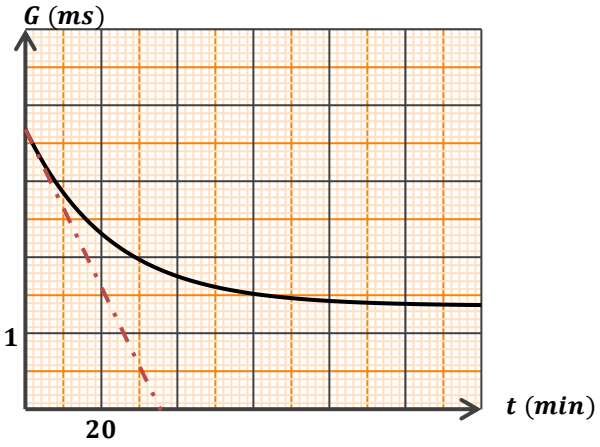
ان تفاعل ايثانوات الايثيل $C_4H_8O_2$ مع هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$ هو تفاعل بطيء في البرودة ولكنه تام، يمكن تسريعه بواسطة التسخين.

معادلة التفاعل هي: $C_4H_8O_{2(l)} + (Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}) = (CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}) + C_2H_5OH_{(aq)}$.

التركيز المولي لكل متفاعل هو C_0، نلقي في اللحظة $t = 0$ كمية من ايثانوات الايثيل في محلول هيدروكسيد الصوديوم فتحصلنا على مزيج حجمه $V = 100\ mL$.

تابعنا تطور التفاعل الكيميائي بواسطة ناقلية المزيج ومثلنا البيانين $\sigma = f(t)$ و $G = g(t)$.





1- ما هي الأفراد الكيميائية المسؤولة عن تغير الناقلية أثناء التفاعل؟

2- أحسب ثابت خلية قياس الناقلية K.

3- أنشئ جدول التقدم، وبين أن التقدم يعطى بالعلاقة: $x = C_0\ V\ \frac{(\sigma_0 - \sigma_t)}{(\sigma_0 - \sigma_f)}$.

4- أوجد قيمة C_0.

5- أحسب الناقلية النوعية المولية لشاردة الايثانوات.

6- بين أن عند اللحظة $t_{1/2}$ يكون $\sigma(t_{1/2}) = \frac{\sigma_0 + \sigma_f}{2}$ ثم استنتج زمن نصف التفاعل.

7- بين أن السرعة الحجمية للتفاعل تكتب كما يلي: $V_{vol} = \frac{C_0}{K.(\sigma_f - \sigma_0)} \frac{dG}{dt}$، ثم أحسب قيمتها عند $t = 0$.

يعطى: $\lambda_{Na^+} = 5\ ms.m^2/mol$ ، $\lambda_{HO^-} = 20\ ms.m^2/mol$

التمرين 06:

خماسي أكسيد النتروجين N_2O_5 مركب غازي ينبعث من المصانع والسيارات والبراكين..... الخ، ويساهم في تلويث الجو وزيادة حموضة الأمطار.

ينفكك هذا الغاز عند الدرجة 45 °C ذاتيا وفق المعادلة: $N_2O_{5\,(g)} = 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$.

من أجل تحقيق المتابعة الزمنية لهذا التحول البطيء والتام، نضع كمية من غاز N_2O_5 في حوجلة سعتها $500\ mL$ مسدودة بإحكام ومتصلة بجهاز قياس الضغط الذي يشير عند اللحظة $t = 0$ الى القيمة $P_0 = 4,638 . 10^4\ Pa$.

تعطى القراءات المتواصلة للضغط الموافق في لحظات زمنية متتالية وعند الدرجة 45 °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- أحسب كمية المادة الابتدائية n_0 لغاز N_2O_5 المحصور داخل الحوجلة.

2- أنشئ جدول تقدم التفاعل.

3- أحسب قيمة التقدم الأعظمي.

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

✓ بالاستعانة بجدول التقدم عبر قيمة الكمية n_g بدلالة كمية المادة n_0 والتقدم x.

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

✓ أحسب قيمة المقدار $\frac{P_{max}}{P_0}$ حيث P_{max} يمثل قيمة الضغط الأعظمي المقاس أثناء هذا التحول الكيميائي.

✓ هل انتهى التفاعل عند اللحظة $t = 100\ s$؟ برر جوابك.

✓ أرسم على ورقة ميليمتريه المنحنى البياني $\frac{P}{P_0} = f(t)$ باستعمال سلم مناسب.

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

يعطى: $R = 8,31\ SI$

التمرين 07:

في اللحظة $t = 0$ وعند درجة حرارة ثابتة 25 °C نشكل خليطا حجمه V، يحتوي على $n_0 = 10\ mmol$ من شوارد البيروكسوديكبريتات $S_2O_8^{2-}{}_{(aq)}$ وكمية مادة n'_0 من شوارد اليود $I^-_{(aq)}$. نتابع تطور الجملة الكيميائية عند درجة حرارة ثابتة 45 °C، فنتحصل على المنحنى البياني التالي.

1- أكتب معادلة التفاعل للتحول الكيميائي الحادث، علما أن ناتج التحول هو ثنائي اليود $I_{2\,(aq)}$ وشوارد الكبريتات $SO_4^{2-}{}_{(aq)}$.

2- كيف يمكن كيفيا التبرير أن الجملة الكيميائية تتطور؟

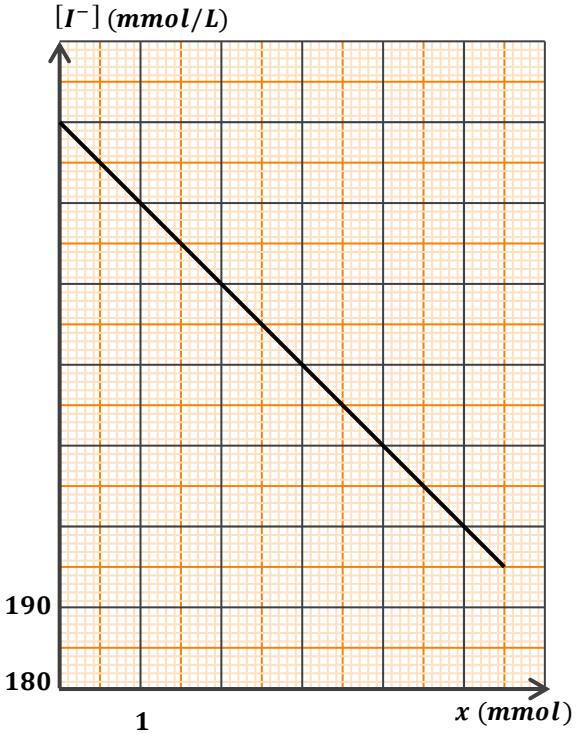
3- أنجز جدولا لتقدم هذا التفاعل.

4- جد عبارة $[I^-]$ بدلالة x، n'_0 و V، وبين أنه يمكن كتابتها على الشكل: $[I^-] = a\,.\,x + b$، ثم استنتج عبارة: a و b.

5- نتابع تطور الجملة الكيميائية فنتحصل على المنحنى البياني الممثل لتغيرات تركيز شوارد اليود $[I^-]$ بدلالة تقدم التفاعل x.

✓ بالاعتماد على المنحنى البياني جد كل من حجم الوسط التفاعلي V وكمية المادة n'_0.

6- من هو المتفاعل المحد؟ علل جوابك.



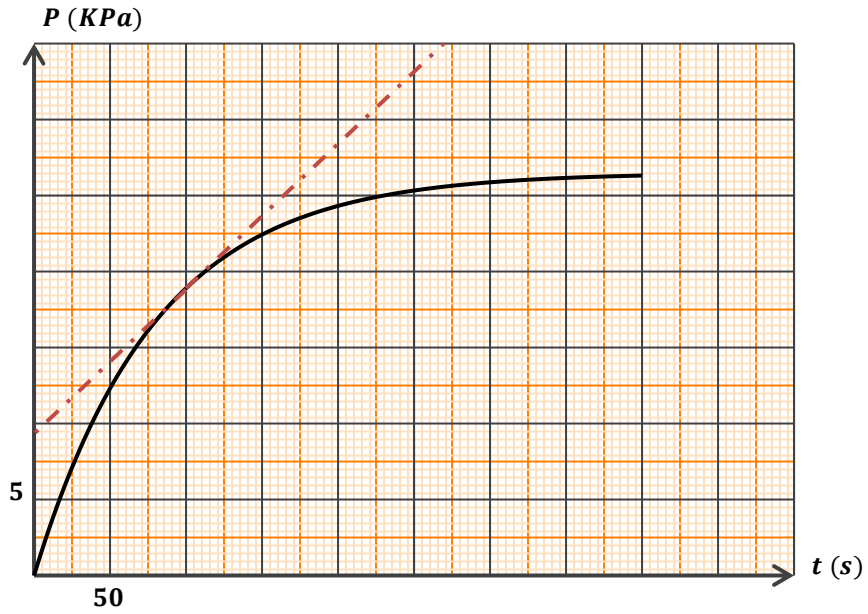
التمرين 08:

ندخل في قارورة سعتها $V = 1,4\ L$ مفرغة من الهواء حجما $V_1 = 50\ mL$ من محلول حمض الايثانويك CH_3COOH تركيزه المولي $C = 1\ mol/L$ و كتلة $m = 1,26\ g$ من هيدروجينوكربونات الصوديوم $(Na^+_{(aq)} + HCO^-_{3\ (aq)})$، نقوم بغلق القارورة وربطها مباشرة بجهاز لقياس ضغط الغاز المنطلق خلال التفاعل .

نعتبر تفاعل حمض الايثانويك مع هيدروجينوكربونات الصوديوم تحولا تاما وينمذج بالمعادلة التالية:

$$CH_3COOH_{(aq)} + HCO^-_{3\ (aq)} = CH_3COO^-_{(aq)} + CO_{2\ (g)} + H_2O_{(l)}$$

نتابع هذا التحول وذلك بتسجيل قيم الضغط للغاز المنطلق خلال كل لحظة t عند الدرجة $\theta = 25$ ℃، وبالاستعانة ببرمجية خاصة تحصلنا على المنحنى التالي:



1- حدد كمية المادة الابتدائية للمتفاعلات.

2- ما نوع هذا التفاعل؟

3- من خلال جدول التقدم لهذا التفاعل جد:

✓ المتفاعل الحد والتقدم الأعظمي.

✓ كمية المادة النظرية لتنائي أكسيد الكربون في الحالة النهائية.

4- بالاعتماد على البيان:

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

5- بين أن عبارة سرعة التفاعل المدروس يمكن كتابتها على الشكل التالي: $V = A.\frac{dP}{dt}$ حيث A ثابت يطلب تعيين قيمته ووحدته.

6- أحسب سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 100\ s$.

7- أرسم بشكل كيفي في نفس المنحنى السابق تغيرات الضغط بدلالة الزمن في الحالة التالية:

$C' = 2\ mol/L$ ، ونبقي $\theta = 25$ ℃ ، $m = 1,26\ g$ ، $V_1 = 50\ mL$.

يعطى: $M(NaHCO_3) = 84\ g/mol$ ، $R = 8,31\ SI$

التمرين 09:

ايثانوات الايثيل مركب عضوي سائل عديم اللون له رائحة مميزة صيغته المجملة $C_4H_8O_2$ ويعد من أحد المذيبات المهمة في الصناعات الكيميائية.

يهدف هذا التمرين الى الدراسة الحركية لتفاعل ايثانوات الايثيل مع محلول هيدروكسيد الصوديوم.

عند اللحظة $t = 0$، نسكب حجما $V_1 = 1\ mL$ من ايثانوات الايثيل في بيشر يحتوي على محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$ حجمه $V_0 = 200\ mL$ وتركيزه المولي C_0 المغنور فيه مسبار قياس الناقلية النوعية σ عند درجة حرارة ثابتة $\theta = 25$ ℃ الذي يسمح بقياس الناقلية النوعية للمزيج في كل لحظة t.

1- ينمذج التحول الكيميائي الحادث والذي نعتبره تاما بالمعادلة الكيميائية التالية:

$$C_4H_8O_{2\,(l)} + HO^-_{(aq)} = C_4H_8O^-_{2\,(aq)} + C_2H_6O_{(aq)}$$

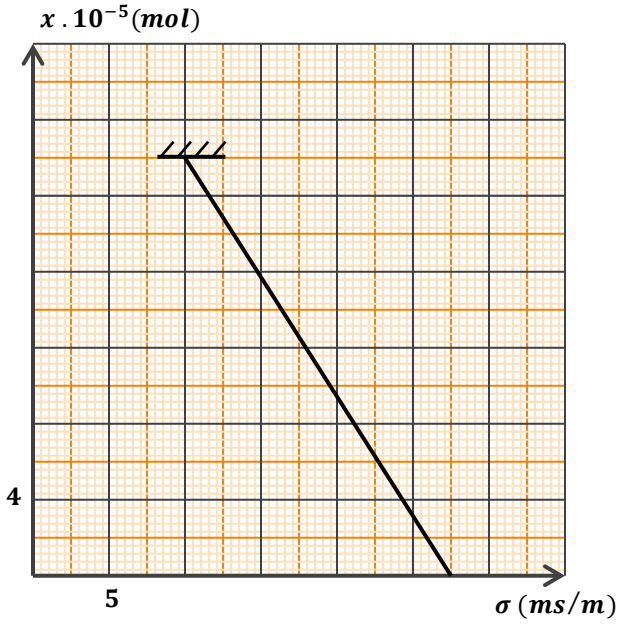
- ✓ حدد الأنواع الكيميائية المسؤولة عن ناقلية المزيج.
- ✓ كيف تتطور الناقلية النوعية σ للمزيج التفاعلي مع مرور الزمن؟ علل.
- ✓ أحسب كمية مادة ايثانوات الايثيل الابتدائية n_1.
- ✓ أنشئ جدول التقدم.

2- باعتبار حجم الوسط التفاعلي $V = V_0$ (نهمل V امام V_0):

- ✓ جد عبارة الناقلية النوعية الابتدائية للمزيج عند اللحظة $t = 0$ بدلالة: C_0 ، λ_{HO^-} و λ_{Na^+}.
- ✓ بين الاعتماد على جدول التقدم أن الناقلية النوعية $\sigma(t)$ للمزيج التفاعلي عند اللحظة t تعطى بالعبارة:

$$\sigma(t) = \left(\frac{\lambda_{CH_3CO_2^- - \lambda_{HO^-}}}{V}\right).x(t) + \sigma_0$$

حيث $x(t)$ يمثل تقدم التفاعل عند اللحظة t.



3- يمثل البيان التالي تطور $x(t)$ بدلالة $\sigma(t)$ المقاسة.

- ✓ اعتمادا على البيان حدد قيمة كل من الناقلية النوعية الابتدائية σ_0 والنهائية σ_f.
- ✓ استنتج التركيز المولي C_0 لمحلول هيدروكسيد الصوديوم.
- ✓ حدد التفاعل المحد.

4- هل الاقتراحات التالية صحيحة ام خاطئة؟ علل.

- ✓ السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $t = 0$ معدومة.
- ✓ السرعة الحجمية للتفاعل في نهايته أعظمية.

5- أذكر العامل الحركي المؤثر في التفاعل.

يعطى: $\lambda_{Na^+} = 5\ ms.m^2/mol$ ، $\lambda_{HO^-} = 20\ ms.m^2/mol$

$\rho(C_4H_8O_2) = 0,9\ g/mL$ ، $M(C_4H_8O_2) = 88\ g/mol$

التمرين 10:

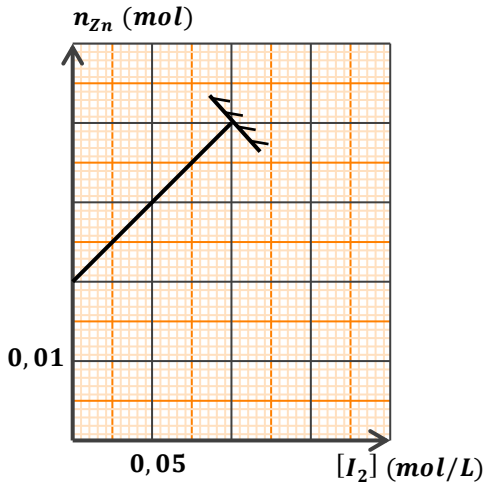
Lugol مادة مطهرة تباع عند الصيدليات مكونها الأساسي هو ثنائي اليود I_2 ذي اللون الأسمر ، عند درجة حرارة $\theta = 20$ °C نغمر صفيحة من الزنك Zn كتلتها m_0 في كأس يحتوي على حجم V من محلول Lugol حيث التركيز الابتدائي لثنائي اليود هو C_0.

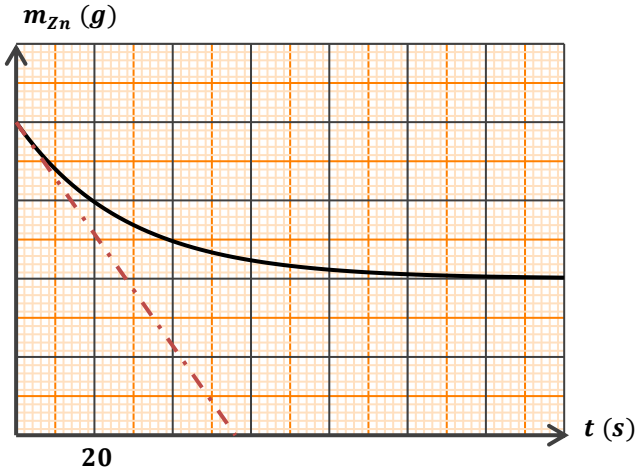
التحول الكيميائي بين Lugol و الزنك بطيئ وتام.

1- أكتب معادلة تفاعل الأكسدة والارجاع الحادث ثم ضع جدولا لتقدم التفاعل، تعطى الثنائيتان: (I_2/I^-) ، (Zn^{2+}/Zn).

2- بين انه في أي لحظة يكون: $n(Zn) = V\,.\,[I_2] + \frac{m_0}{M} - C_0\,V$.

3- بواسطة تقنية خاصة تمكنا من رسم المنحنيين البيانيين: $m(Zn) = f(t)$ و $n(Zn) = g([I_2])$.





بالاعتماد على البيانين أوجد ما يلي:

- ✓ المتفاعل المحد وكمية المادة النهائية للزنك $n_f(Zn)$ ثم أوجد m_0.
- ✓ استنتج سلم الرسم الخاص بالكتلة m_{Zn}.
- ✓ أكتب معادلة البيان $n(Zn) = g([I_2])$.
- ✓ حدد قيم كلا من: V و C_0.

4- بين أن عبارة الكتلة عند اللحظة $t_{1/2}$ تعطى بـ: $m(t_{1/2}) = \frac{m_0+m_f}{2}$ ثم استنتج بيانيا قيمة $t_{1/2}$.

5- بين أن سرعة التفاعل تعطى بالعبارة التالية: $V = -\frac{1}{M}.\frac{dm_{Zn}}{dt}$.

6- أحسب قيمة سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 0$.

<u>يعطى:</u> $M(zn) = 64,5\ g/mol$