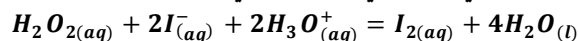


التمرين 01:

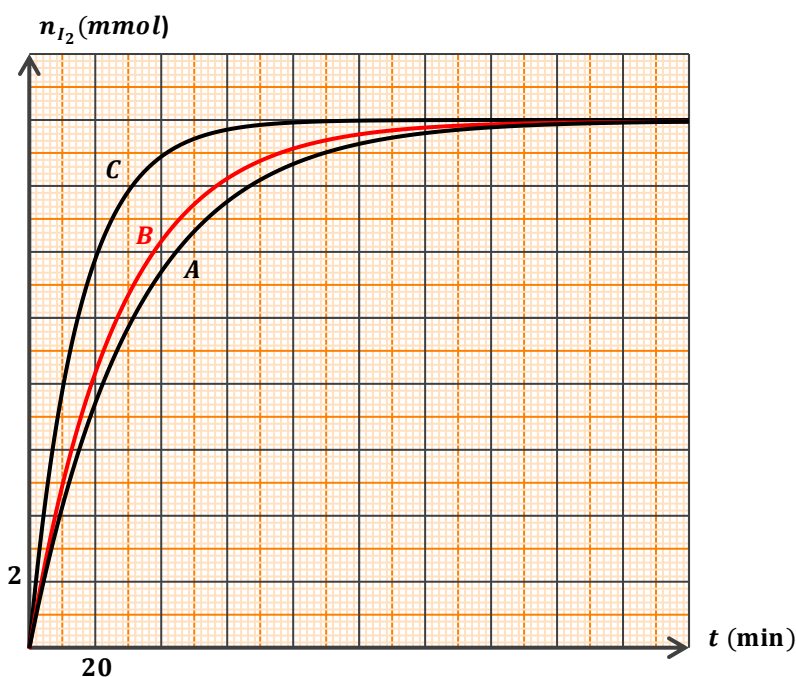
نعتبر التحول الكيميائي المنمذج بالمعادلة الكيميائية التالية: $\alpha A + \beta B = \gamma C + \delta D$.

- 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:



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^+	زيادة	زيادة	زيادة
θ (°C)	20	40	20

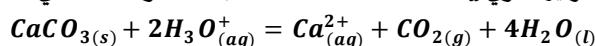


بعد متابعة تطور تشكل كمية المادة لثنائي اليود I_2 في التجارب الثلاثة تحصلنا على المنحنى البياني المقابل.

- 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 لتشكيل ثنائي اليود I_2 بين اللحظتين $t_1 = 20 \text{ min}$ و $t_2 = 60 \text{ min}$ بالنسبة للتجربة (B).
- 4- إذا كانت سرعة اختفاء I^- هي: $V_{I^-} = 0,4 \text{ mmol/min}$ أحسب سرعة تشكل I_2 . ✓

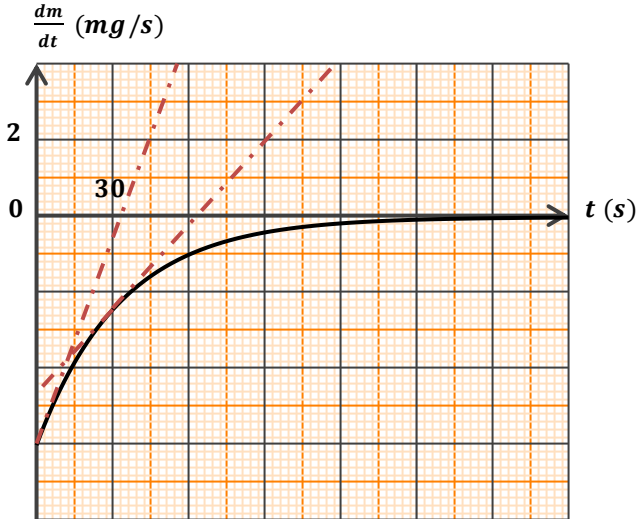
التمرين 02:

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



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

- 1- أنشئ جدول التقدم للتفاعل.
- 2- أحسب قيمة التقدم الأعظمي x_{max} علما أن المزيغ 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 أن 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

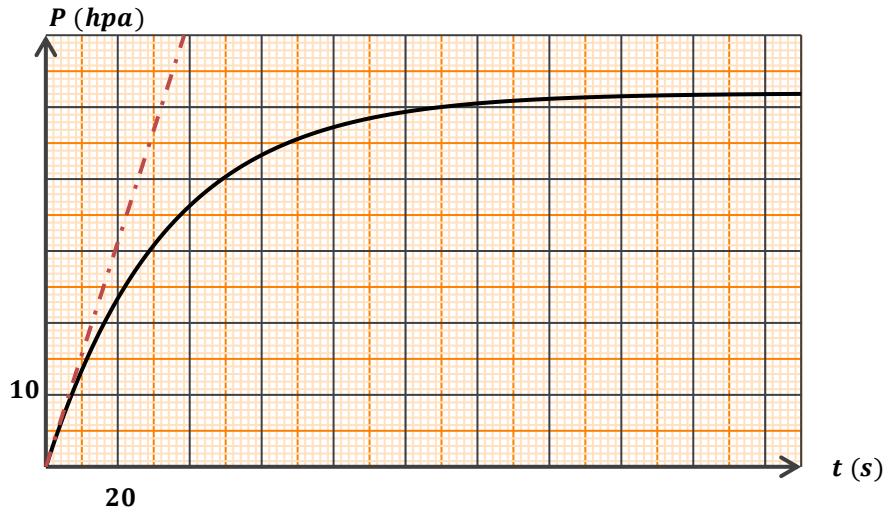
$t = 30 \text{ s}$.

✓ اشرح على المستوى المجهرى سبب تناقص هذه السرعة بمرور الزمن

-5 أعاد فوج آخر التجربة عند الدرجة T_2 حيث $T_2 = 313 \text{ K}$.

سجلوا قيم الضغط في الدورق في لحظات مختلفة ثم مثلوا

البيان $P = f(t)$.

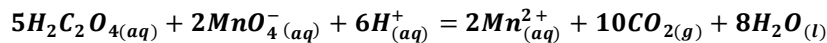


✓ بين أن السرعة الحجمية للتفاعل تعطى بالعلاقة: $V_{vol} = \frac{V}{V_a \cdot R \cdot T} \frac{dP(\text{CO}_2)}{dt}$ ثم احسب قيمتها عند $t = 0$. اشرح سبب اختلاف قيمة هذه السرعة مع القيمة المحسوبة في نفس اللحظة في السؤال السابق.

يعطى: $1 \text{ hpa} = 100 \text{ pa}$, $R = 8,31$, $M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ g/mol}$.

التمرين 03:

أ. نمذج في اللحظة $t = 0$ كمية قدرها $0,03 \text{ mol}$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم ($\text{K}^+_{(aq)} + \text{MnO}_4^-_{(aq)}$) مع كمية قدرها $0,03 \text{ mol}$ من محلول حمض الاوكساليك $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_{4(aq)}$ في وسط حمضي، حيث $V = 1 \text{ L}$. تكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحويل بالشكل:



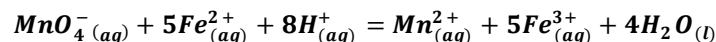
-1 أكتب المعادلتين النصفيتين الإلكترونييتين وكذا ثنائيتا التفاعل (Ox/Red) الداخلتين في التفاعل.

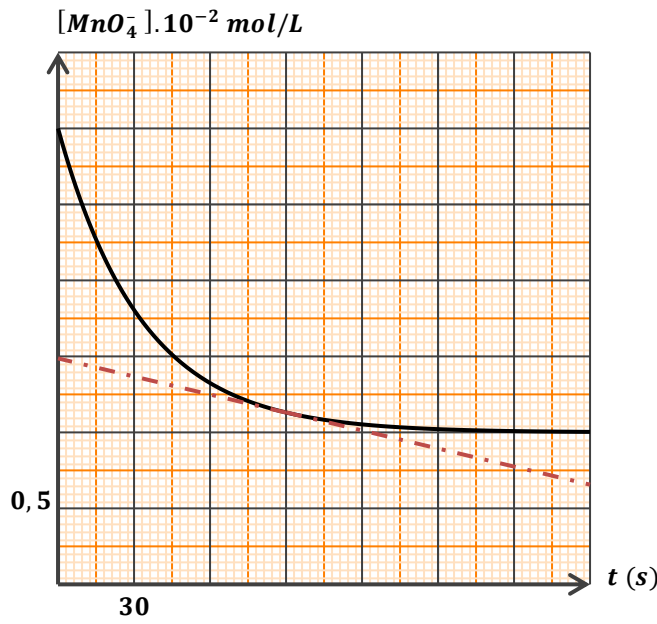
-2 أنجز جدول تقدم التفاعل.

-3 بين أن الابتدائي ليس ستيكيومتري، 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 $C = 0,25 \text{ mol/L}$.

علما أن معادلة تفاعل المعايرة تكتب بالشكل:





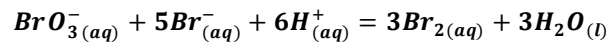
- 1- أنجز جدول تقدم تفاعل المعايرة.
- 2- عرف نقطة التكافؤ، وكيف نعيها تجريبيا.
- 3- أوجد عبارة $[MnO_4^-]$ بدلالة: C ، V_{eq} ، V_0 .
- 4- سمحت القياسات التجريبية برسم البيان الممثل لـ $[MnO_4^-] = f(t)$.
- ✓ أحسب السرعة الحجمية لاختفاء MnO_4^- في اللحظة $t = 90\text{ s}$.
- ✓ استنتج السرعة الحجمية لتشكيل 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 $V_1 = 100\text{ ml}$ من محلول برومات البوتاسيوم $(K^+_{(aq)} + BrO_3^-_{(aq)})$ تركيزه المولي C_1 مع حجم $V_2 = 100\text{ ml}$ من محلول بروم البوتاسيوم $(K^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)})$ تركيزه المولي C_2 . بوجود وفرة من حمض الكبريت المركز.

الثنائيات المشاركة في التفاعل هما: (BrO_3^- / Br_2) و (Br_2 / Br^-) .

- 1- بين أن معادلة التفاعل الحاصل هي:

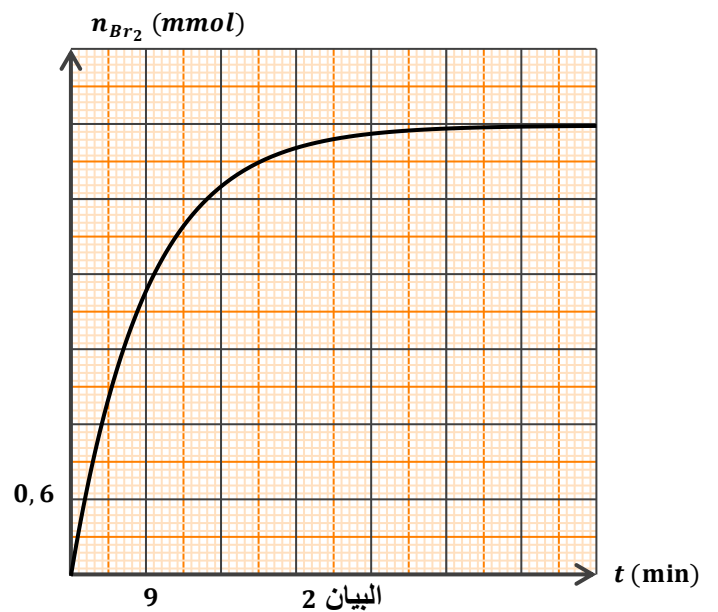
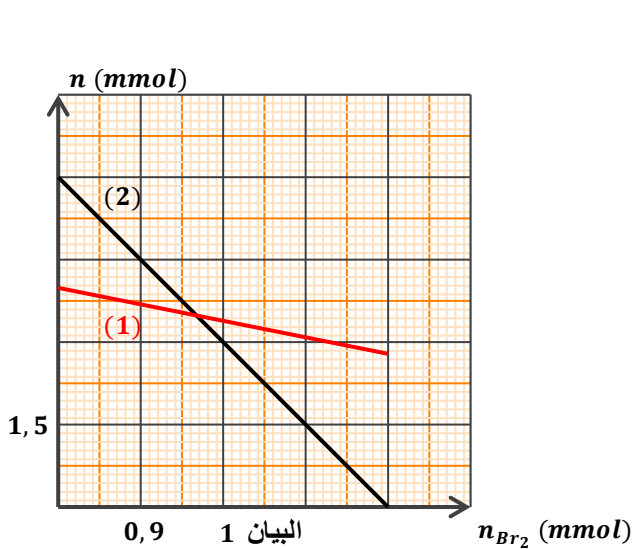


- 2- أنشئ جدول التقدم لهذا التفاعل.

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

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

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



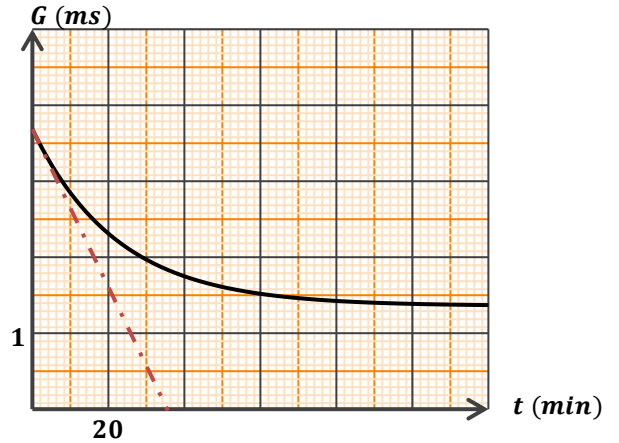
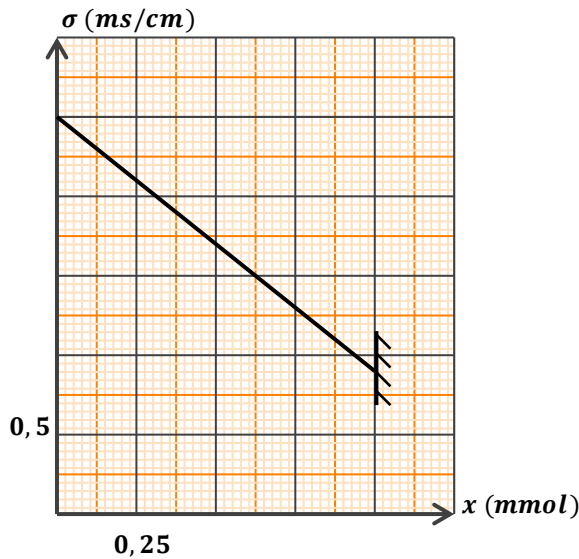
- ✓ حدد من البيان 1 المنحنى الذي يمثل تغيرات n_{Br^-} و $n_{BrO_3^-}$ مع التعليل.
- ✓ هل المزيج التفاعلي ستوكيومترى؟ علل ثم أحسب قيمة التقدم الأعظمي.
- ✓ استنتج قيمتي التراكيز المولية C_1 و C_2 .
- ✓ عرف زمن نصف التفاعل ثم حدد قيمته.
- ✓ ما هي اللحظة التي يكون فيها: $[BrO_3^-] = [Br^-]$.
- ✓ أعط التركيب 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 المجبري 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 $V = 100 \text{ mL}$.

تابعنا تطور التفاعل الكيميائي بواسطة ناقلية المزيج ومثلنا البيانيين $\sigma = f(t)$ 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: $V_{vol} = \frac{C_0}{K \cdot (\sigma_f - \sigma_0)} \frac{dG}{dt}$ ، ثم أحسب قيمتها عند $t = 0$.
- يعطى: $\lambda_{Na^+} = 5 \text{ ms} \cdot \text{m}^2 / \text{mol}$ ، $\lambda_{HO^-} = 20 \text{ ms} \cdot \text{m}^2 / \text{mol}$.

التمرين 06:

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

ينفكك هذا الغاز عند الدرجة $45^\circ C$ 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 $P_0 = 4,638 \cdot 10^4\text{ Pa}$.

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

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

-1 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 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 $t = 100\text{ s}$ ؟ برر جوابك.

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

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

يعطى: $R = 8,31\text{ SI}$

التمرين 07:

في اللحظة $t = 0$ وعند درجة حرارة ثابتة $25^\circ C$ نشكل خليطا حجمه V ، يحتوي على $n_0 = 10\text{ mmol}$ من شوارد البيروكسوديكبريتات $S_2O_8^{2-}(aq)$ وكمية مادة n'_0 من شوارد اليود $I_2(aq)$. نتابع تطور الجملة الكيميائية عند درجة حرارة ثابتة $45^\circ C$ ، فنحصل 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: $[I^-] = a \cdot x + b$ ، ثم استنتج عبارة a و b .

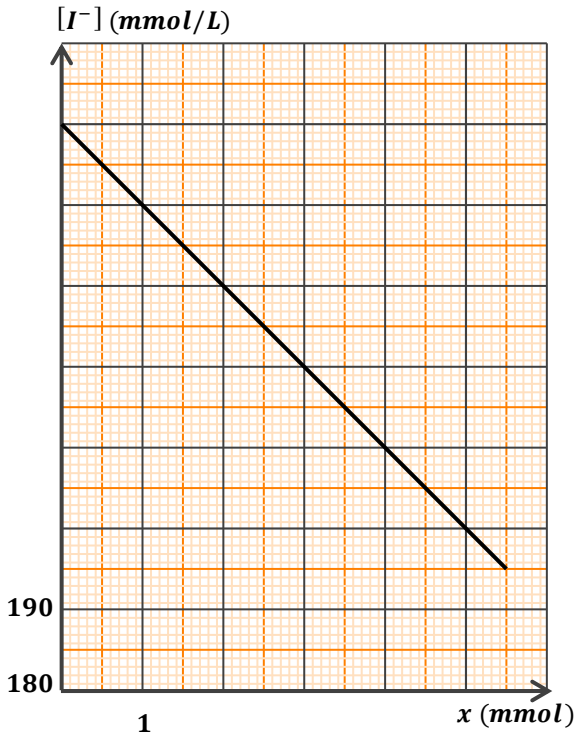
-5 نتابع تطور الجملة الكيميائية فنحصل على المنحنى البياني الممثل

لتغيرات تركيز شوارد اليود $[I^-]$ بدلالة تقدم التفاعل x .

✓ بالاعتماد على المنحنى البياني جد كل من حجم الوسط التفاعلي V

وكمية المادة n'_0 .

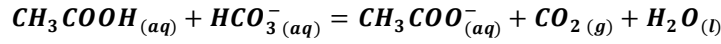
-6 من هو المتفاعل المحدد؟ علل جوابك.



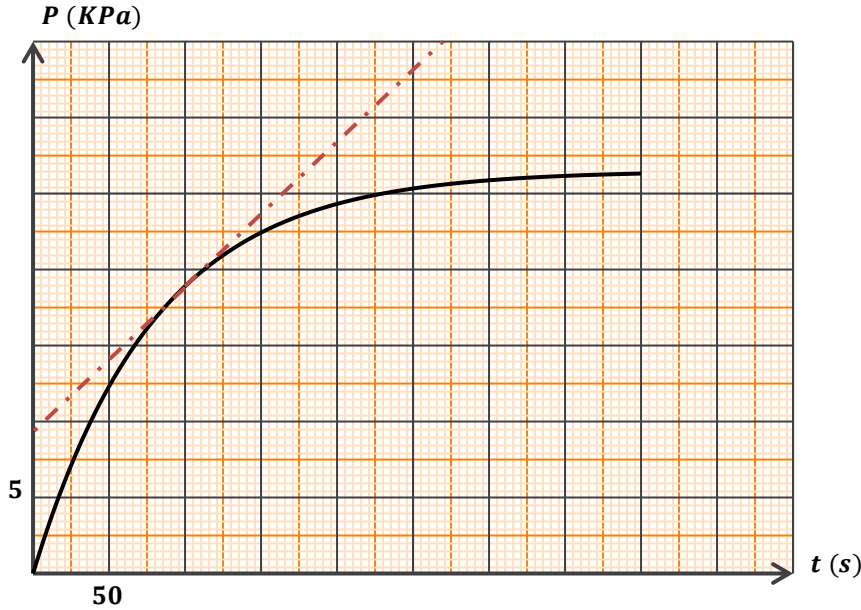
التمرين 08:

ندخل في قارورة سعتها $V = 1,4 \text{ L}$ مفرغة من الهواء حجما $V_1 = 50 \text{ mL}$ من محلول حمض الايثانويك CH_3COOH تركيزه المولي $C = 1 \text{ mol/L}$ و كتلة $m = 1,26 \text{ g}$ من هيدروجينوكربونات الصوديوم $(\text{Na}^+_{(aq)} + \text{HCO}_3^-_{(aq)})$ ، نقوم بغلق القارورة وربطها مباشرة بجهاز لقياس ضغط الغاز المنطلق خلال التفاعل .

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



نتابع هذا التحول وذلك بتسجيل قيم الضغط للغاز المنطلق خلال كل لحظة t عند الدرجة $\theta = 25^\circ\text{C}$ ، وبلاستعانة 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 $t = 400 \text{ s}$ لحظة نهاية التفاعل؟ علل.
- 5- بين أن عبارة سرعة التفاعل المدروس يمكن كتابتها على الشكل التالي: $V = A \cdot \frac{dP}{dt}$ حيث A ثابت يطلب تعيين قيمته ووحدته.
- 6- أحسب سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 100 \text{ s}$.
- 7- أرسم بشكل كيفي في نفس المنحنى السابق تغيرات الضغط بدلالة الزمن في الحالة التالية:
 - $V_1 = 50 \text{ mL}$ ، $m = 1,26 \text{ g}$ ، $\theta = 25^\circ\text{C}$ ، ونبقى $C' = 2 \text{ mol/L}$
 - يعطى: $R = 8,31 \text{ SI}$ ، $M(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ g/mol}$

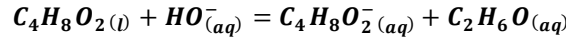
التمرين 09:

ايتانوات الايثيل مركب عضوي سائل عديم اللون له رائحة مميزة صيغته الجزيئية $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ ويعد من أحد المذيبات المهمة في الصناعات الكيميائية.

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

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

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



✓ 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 σ_0 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 بالعلاقة:

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

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

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

التمرين 10:

Lugol مادة مطهرة تباع عند الصيدليات مكوناتها الأساسية هو ثنائي اليود I_2 ذي اللون الأسمر ، عند درجة حرارة $\theta = 20^\circ \text{C}$ نغمر صفيحة من الزنك Zn

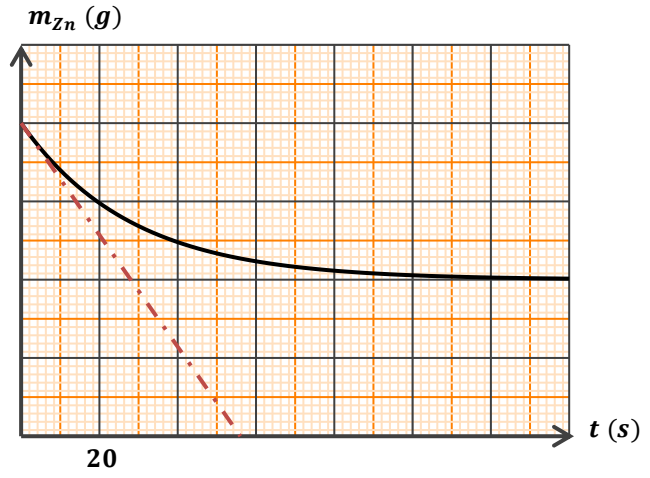
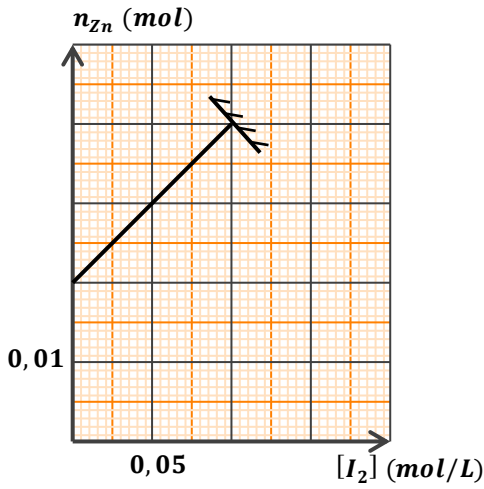
كثمتها m_0 في كأس يحتوي على حجم V من محلول Lugol حيث التركيز الابتدائي لثنائي اليود هو C_0 .

التحول الكيميائي بين Lugol و الزنك بطيء 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: $n(Zn) = V \cdot [I_2] + \frac{m_0}{M} - C_0 V$.

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



بالاعتماد على البيانيين 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: C_0 و V .
 - 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: $V = -\frac{1}{M} \cdot \frac{dm_{Zn}}{dt}$.
 - 6 أحسب قيمة سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 0$.
- يعطى: $M(Zn) = 64,5 \text{ g/mol}$