

التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التفاعل

التفاعل .

2 - أحسب كميات المادة البدئية للمتفاعلات

$$n_1(H^+) \text{ و } n_1(A\ell)$$

استنتج المتفاعل المحد والتقدم الأقصى لهذا التفاعل .

3 - حدد زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ لهذا التحول .

نعطي : $M(A\ell) = 27,0 \text{ g/mol}$ الحجم المولي للغاز :

تمرين 3 تتبع تحول كيميائي بالمعايرة

يباع محلول الماء الأوكسيجيني في الصيدليات ويستعمل كمطهر . إن الماء الأوكسيجيني يتحلل

بطيء ، ليعطي ثنائي الأوكسيجين حسب التفاعل ذي المعادلة $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\ell)$.

لدراسة حركية تحلل الماء الأوكسيجيني نحضر في كأس حجما $V=100,0\text{ml}$ من محلول الماء

الأوكسيجيني ، تركيزه $C=6,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$ عند $t=0$. وبطريقة مناسبة نعاير ، خلال الزمن ، تركيز

الماء الأوكسيجيني المتبقي في المحلول .

يعطي الجدول أسفله مجموعة نتائج محصلة خلال التجربة :

t(min)	0	5	10	15	20	25	30	40	60
$(10^{-2} \text{ mol/l}[\text{H}_2\text{O}_2])$	6,0	4,7	3,8	3,0	2,3	1,8	1,5	0,90	0,28

1 - أنشئ جدول تطور تقدم التفاعل ، واستنتج علاقة بين $n_1(\text{H}_2\text{O}_2)$ كمية مادة الماء الأوكسيجيني

عند $t=0$ و $n(\text{H}_2\text{O}_2)$ كمية مادة الماء الأوكسيجيني عند اللحظة t والتقدم x .

2 - أحسب x بالنسبة لمختلف اللحظات المسجلة في جدول القياسات .

$5 \text{ min} \leftrightarrow 1 \text{ cm}$

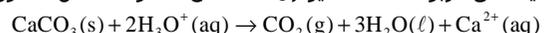
3 - خط المبيان الممثل للدالة $x=f(t)$ باستعمال السلم : $0,5 \text{ mol} \leftrightarrow 1 \text{ cm}$

4 - حدد مبيانيا السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين $t=5 \text{ min}$ و $t=30 \text{ min}$. ماذا تستنتج ؟

5 - عين زمن نصف التفاعل ، علما أن هذا التفاعل كلي .

التمرين 4

يتفاعل كربونات الكالسيوم CaCO_3 مع محلول حمض الكلوريدريك حسب المعادلة :



لدراسة حركية هذا التفاعل ، نصب في حوجلة ، تحتوي على كمية وافرة من كربونات الكالسيوم ،

حجما $V_A=100 \text{ ml}$ من محلول حمض الكلوريدريك ذي التركيز $C=0,10 \text{ mol/l}$.

نقيس ضغط ثنائي أوكسيد الكربون الناتج بواسطة لاقط فرقي للضغط ، مرتبط بحوجلة بواسطة

أنبوب مطاطي . يشغل الغاز حجما ثابتا $V=1 \text{ l}$ عند درجة الحرارة $\theta=25^\circ\text{C}$ أي 298 K .

يعطي الجدول أسفله النتائج المحصلة .

t(s)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$P(\text{CO}_2)(\text{hPa})$	12,5	22,8	33,2	41,2	48,8	55,6	60,9	65,4	69,4	714,7

1 - بتطبيق علاقة الغازات الكاملة ، أحسب كمية مادة ثنائي أوكسيد الكربون $n(\text{CO}_2)$ عند كل لحظة .

2 - أنشئ جدول تطور التحول ، واستنتج العلاقة بين التقدم x و $n(\text{CO}_2)$.

3 - خط المبيان الممثل لتغيرات التقدم x بدلالة الزمن .

4 - عين السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين $t=50 \text{ s}$ و $t=0$. ماذا تستنتج ؟

5 - علما أن التفاعل كلي وأن الأيونات $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ تكون المتفاعل المحد ، عين :

التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التفاعل

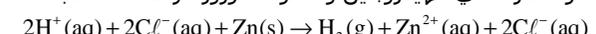
السلسلة 2 في الكيمياء

التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التفاعل

التمرين 1

يؤدي التفاعل الكيميائي بين فلز الزنك $\text{Zn}(\text{s})$ ومحلول حمض الكلوريدريك $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ إلى

تكون غاز ثنائي الهيدروجين ومحلول كلورور الزنك II حسب المعادلة الكيميائية التالية :



عند اللحظة $t=0$ ، ندخل كتلة $m=1,0 \text{ g}$ من مسحوق الزنك في حوجلة تحتوي على $v=40 \text{ mL}$

من محلول حمض الكلوريدريك تركيزه المولي $C=0,50 \text{ mol/L}$. نجمع غاز ثنائي الهيدروجين الناتج

خلال الزمن t ونقيس الحجم $V(\text{H}_2)$ ، فنحصل على الجدول التالي :

t(min)	0	1	2	3	4	5
$V(\text{H}_2)(\text{mL})$	0	6,3	9,9	12,0	13,5	14,2

أحسب كمية مادة ثنائي الهيدروجين المجمعة عند مختلف اللحظات ، علما أنه في هذه الشروط

التجريبية الحجم المولي للغازات هو $V_m = 24 \text{ L/mol}$.

2 - أوجد تعبير التقدم $x(t)$ بدلالة $V(\text{H}_2)(t)$ و V_m . أحسب $x(t)$ لنختلف اللحظات المشار إليها

في الجدول .

مثل $x(t)$ باختيار سلم ملائم .

3 - عبر عن كميات المادة لمختلف مكونات المحلول .

4 - حدد عند اللحظة $t=3 \text{ min}$ حصيلة المادة (كميات المادة) للخليط التفاعلي . واستنتج تركيز

أيونات الزنك II في المحلول .

5 - في أي لحظة ، $V(\text{H}_2)$ تساوي الحجم $8,0 \text{ mL}$ ؟ استنتج حصيلة المادة للخليط التفاعلي في

هذه اللحظة .

التمرين 2

يؤدي التفاعل الكيميائي بين فلز الألمونيوم

$\text{Al}(\text{s})$ ومحلول حمض الكلوريدريك

$\text{H}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ إلى تكون غاز ثنائي

الهيدروجين وأيونات الألمونيوم III Al^{3+} .

ندخل عند اللحظة $t=0$ ، $m=0,80 \text{ g}$ ،

حبيبات الألمونيوم في حوجلة تحتوي على

حجم $V=60,0 \text{ mL}$ من محلول حمض

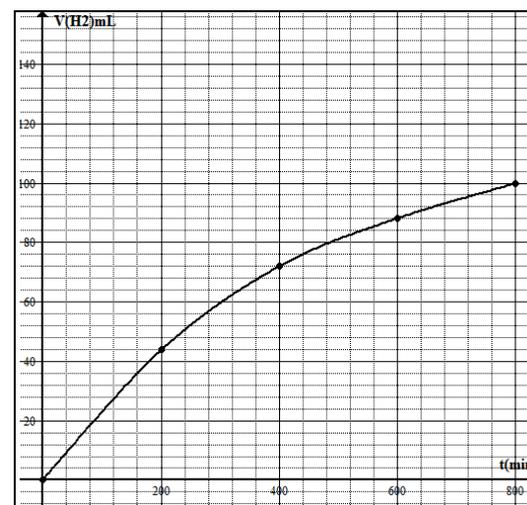
الكلوريدك تركيزه $C_A=0,180 \text{ mol/L}$.

نجمع غاز ثنائي الهيدروجين الناتج خلال

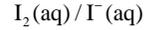
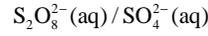
الزمن t ونقيس الحجم $V(\text{H}_2)$ ، فنحصل

على المنحنى التالي :

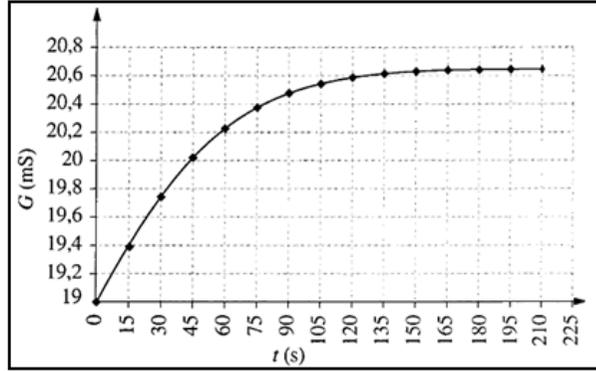
1 - أكتب المعادلة الكيميائية الموقفة لهذا



التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التفاعل



ندخل في كأس ، حجما $V_1=40ml$ لمحلول مائي بيروكسوثنائي كبريتات البوتاسيوم
تركيزه $C_1=1,0 \cdot 10^{-1} mol/l$. في اللحظة $t=0$ نضيف حجما $V_2=60ml$ لمحلول
مائي يودور البوتاسيوم ($K^+(aq)+I^-(aq)$) تركيزه $C_2=1,5 \cdot 10^{-1} mol/l$.
بواسطة جهاز قياس المواصلة مرتبط بنظام لرصد المعطيات والذي يمكن من تتبع تطور مواصلة
المحلول خلال الزمن . المنحنى المحصل عليه هو كالتالي :



- 1 - أكتب نصفي المعادلة للمزدوجتين المتدخلتين في التفاعل .
 - 2 - استنتج المعادلة الكيميائية للتفاعل بين أيونات بيروكسوثنايكبريتات وأيونات اليودور .
 - 3 - لتكن x تقدم التفاعل عند اللحظة t ، أعط تعبير تراكيز مختلف الأيونات المتواجدة في الخليط بدلالة x و الحجم V للمحلول .
 - 4 - بين أن العلاقة بين المواصلة G والتقدم x للتفاعل يكتب على الشكل التالي : $G = \frac{1}{V}(A+Bx)$
- بحيث أن V هو الحجم الكلي للمحلول ، وهو ثابت خلال التجربة .
- 4 - نعطي $A = 1,9 mS/l$ و $B = 42 mS \cdot l \cdot mol^{-1}$
- 4 - 1 عرف السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة التقدم x . واستنتج تعبيرها بدلالة G المواصلة .
 - 4 - 2 من خلال المبيان ، حدد قيم السرعة الحجمية عند اللحظة $t=1min$.
 - 4 - 3 حدد قيمة x_{max} التقدم القصوي للتفاعل .
 - 4 - 4 باستعمال نتيجة السؤال السابق ، حدد مبيانيا اللحظة التي يمكن اعتبار التفاعل منتهيا .

التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التفاعل

أ - التقدم الأقصى x_{max}

ب - زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

6 - اقترح طريقة أخرى تمكن من تتبع تطور هذا التفاعل . علل الجواب

التمرين 5

- نريد إنجاز مناولة تتطلب محلولاً S_1
لحمض الأوكساليك تركيزه $60mmol/l$.
تتوفر في المختبر على ميزان ذي دقة
عالية والأواني الزجاجية اللازمة . المواد
الكيميائية التالية :

حمض الأوكساليك على شكل بلورات
صيغته $(H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O)$ وحمض

الكبريتيك المركز والماء المقطر ومحلول
محمض لثنائي كرومات البوتاسيوم
تركيزه $16,7mmol/l$.

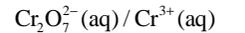
1 - ما هي كتلة بلورات حمض
الأوكساليك اللازمة

لتحضير $100ml$ من المحلول S_1 ؟

صف طريقة العمل لتحضير المحلول S_1 .

2 - ندرس التطور ، بدلالة الزمن ، لخليط مكون بدنيا
من $50ml$ من المحلول S_1 و $50ml$ من محلول ثنائي
كرومات البوتاسيوم .

2 - 1 أكتب معادلة التفاعل بين المزدوجتين :



نحتفظ بدرجة الحرارة ثابتة ، وتتبع تركيز الأيونات Cr^{3+} الناتجة عن التفاعل ، فنحصل على المنحنى
التالي :

2 - 2 عرف السرعة الحجمية V لهذا التفاعل .

ما هي العلاقة التي تربط V ب $\frac{d[Cr^{3+}]}{dt}$ ؟

2 - 3 حدد هذه السرعة عند اللحظتين $t=0$ و $t=50s$.

2 - 4 ما هو الحد الذي يؤول إليه تركيز الأيونات Cr^{3+} ؟ استنتج زمن نصف التفاعل .

2 - 5 فسر كيفيا ، تغيرات السرعة الحجمية لهذا التفاعل خلال الزمن .

التمرين 6 : تتبع تطور كيميائي بواسطة قياس المواصلة

تفاعل أكسدة واختزال بين أيونات بيروكسوثنائي كبريتات $S_2O_8^{2-}(aq)$ وأيون اليودور $I^-(aq)$ في
محلول مائي .

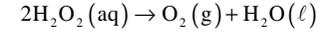
المعطيات : المزدوجات مختزل /مؤكسد

التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التفاعل

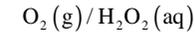
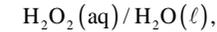
تمارين تركيبية

التمرين 7 : الدراسة الحركية الكيميائية للتفاعل الذاتي للماء الأوكسجيني .

I – يتفكك الماء الأوكسجيني تلقائياً وببطء وفق تفاعل كيميائي كلي نمذج هذا التفاعل بالمعادلة الكيميائية التالية



يسمى هذا التفاعل بالتفاعل الأكسدة - الاختزال الذاتي للماء الأوكسجيني ، حيث تتدخل فيه المزدوجتين مختزل /مؤكسد التاليين :



1 – أكتب نصفي المعادلات الأكسدة - اختزال الموافقتين للمزدوجتين أعلاه .

2 – لماذا سمي بتفاعل أكسدة - اختزال ذاتي ؟

3 – لإنجاز الدراسة الحركية الكيميائية للماء الأوكسجيني ، نقم بمعايرة حجم $V_0 = 10\text{mL}$ من محلول الماء الأوكسجيني بواسطة محلول برمغنات البوتاسيوم محمض تركيزه $C_1 = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} / \ell$.

المزدوجتين مختزل /مؤكسد المتدخلتين في تفاعل المعايرة هما : $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) / \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$ و $\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$.

نحصل على التكافؤ عند إضافة حجما $V_E = 14,6\text{mL}$ من محلول برمغنات البوتاسيوم .

3 – 1 أكتب المعادلة الكيميائية للتفاعل خلال المعايرة .

3 – 2 ما هو لون الوسط التفاعلي عند التكافؤ ؟

3 – 3 باستعمال الجدول الوصفي لتطور تقدم التفاعل ، بين أن : $\frac{5C_1 \cdot V_E}{2V_0} = [\text{H}_2\text{O}_2]_0$. أحسب

التركيز البدئي $[\text{H}_2\text{O}_2]_0$ للماء الأوكسجيني المستعمل .

II – لتسريع التفكك الذاتي للماء الأوكسجيني نستعمل أيونات الحديد III $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ الموجودة في كلورور الحديد III .

نقوم بخلط 10mL من محلول الماء الأوكسجيني ذي تركيز $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 7,3 \cdot 10^{-1} \text{ mol} / \ell$ مع 85mL

من الماء المقطر

عند اللحظة $t=0$ نضيف للخليط $5,0\text{mL}$ من محلول كلورور الحديد III .

عند اللحظة $t=5\text{min}$ ، نأخذ $10,0\text{mL}$ من الخليط التفاعلي ونصبها في كأس يحتوي على ماء بارد

مثلج ثم نعايرها بواسطة محلول برمغنات البوتاسيوم محمض ونحدد تركيز الماء الأوكسجيني المتواجد في الوسط التفاعلي .

نعيد نفس العملية فنحصل على النتائج التالية :

t(min)	0	5	10	20	30	35
n(H ₂ O ₂) mol / ℓ	7,30.10 ⁻³	5,25.10 ⁻³	4,20.10 ⁻³	2,35.10 ⁻³	1,21.10 ⁻³	0,90.10 ⁻³

1 – باستعمال الجدول الوصفي لتطور تقدم للتفاعل ، بين أن $x(t) = \frac{n_0(\text{H}_2\text{O}_2) - n_t(\text{H}_2\text{O}_2)}{2}$

التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التفاعل

$n_t(\text{H}_2\text{O}_2)$ كمية مادة الماء الأوكسجيني المتواجدة في الوسط التفاعلي في اللحظة t و

$n_0(\text{H}_2\text{O}_2)$ كمية المادة البدئية للماء الأوكسجيني .

2 – أتمم الجدول التالي بحساب التقدم x :

t(min)	0	5	10	20	30	35
n(H ₂ O ₂) mol / ℓ	7,30.10 ⁻³	5,25.10 ⁻³	4,20.10 ⁻³	2,35.10 ⁻³	1,21.10 ⁻³	0,90.10 ⁻³
x(mol)						

3 – أنشئ على الورق المليمترى أسفله المنحنى $x=f(t)$. مع احترام السلم المحدد في الورق المليمترى .

4 – أعطي تعريف السرعة الحجمية للتفاعل . أحسب هذه السرعة عند اللحظة $t=5\text{min}$ و

$t=20\text{min}$. ما هو استنتاجك بالنسبة للسرعة الحجمية لهذا التفاعل .

5 – حدد نصف عمر هذا التفاعل .

6 – إذا تم القيام بهذا التحول عند درجة حرارة أكبر ، مثل ، بتعليق موجز ، على نفس المبيان السابق شكل المنحنى المحصل عليه.

التمرين 8 : أكسدة أيونات اليودور بالماء الأوكسجيني

1 – تحضير الخليط التفاعلي

ندخل في كأس 50mL من الماء الأوكسجيني $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ تركيزه المولي $0,056\text{mol} / \ell$ و 1mL

من حمض الكبريتيك لجعل الوسط التفاعلي محمض .

في كأس ثاني نحضر 50mL من محلول مائي ليودور البوتاسيوم $(\text{K}^+(\text{aq}) + \text{I}^-(\text{aq}))$ تركيزه المولي $0,20\text{mol} / \ell$

عند اللحظة $t=0$ نخلط المحلولين ونحرك ، ثم نوزع الخليط على 9 كؤوس على أساس أن يحتوي كل كأس على 10mL من الخليط .

2 – عند اللحظة $t_1 = 60\text{s}$ نضيف 40mL من الماء المثلج إلى محتوى كأس ثم نعاير الخليط بواسطة

محلول ثيوكبريتات الصوديوم $(2\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq}))$ تركيزه المولي $c = 0,040\text{mol} / \ell$ حيث نحصل

على التكافؤ عند إضافة حجم V_E من محلول ثيوكبريتات الصوديوم . ونعيد نفس العملية بالنسبة

للكؤوس المتبقية .

نجمع النتائج التجريبية في الجدول التالي :

t(s)	60	180	270	360	510	720	900	1080	1440
V _E (mL)	2,2	4,8	6,3	7,3	9,0	10,6	11,7	12,7	13,7

1 – أ – أنشئ الجدول الوصفي لتفاعل المعايرة .

ب – أحسب n_{I_2} كمية مادة اليود المتكون عند اللحظة t في كل كأس بدلالة c و V_E

ج – استنتج N_{I_2} كمية مادة اليود المتكون في الخليط التفاعلي

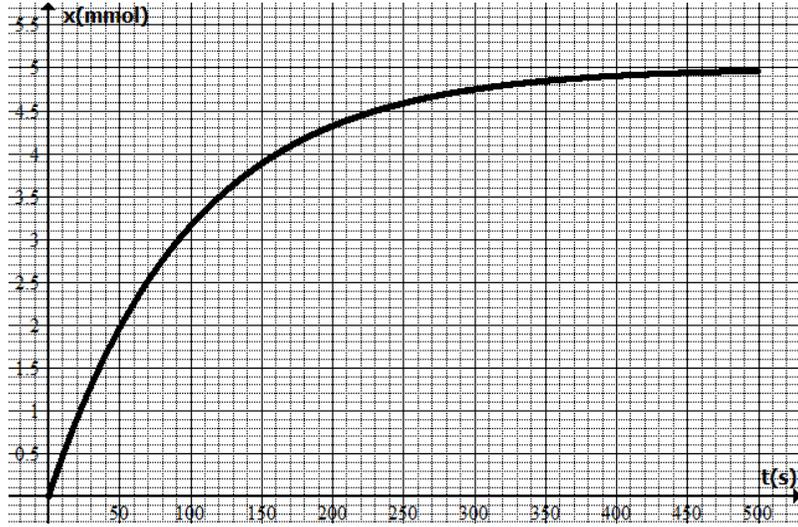
د – أتمم الجدول التالي :

t(s)	60	180	270	360	510	720	900	1080	1440
N _{I₂} (.....)									

التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التفاعل



- 1 - أحسب كثافة غاز ثنائي أكسيد الكربون بالنسبة للهواء . في أي جزء من المغارة يمكن لهذا الغاز أن يتجمع ؟
- 2 - أحسب كمية المادة البدئية لكل المتفاعلات .
- 3 - أنشئ جدول التقدم التفاعل . واستنتج الأقصى x_{max} . ما هو المتفاعل المحد ؟
- 4 - 1 أوجد تعبير التقدم x عند اللحظة t بدلالة V_{CO_2} و T و P_{atm} و R . أحسب قيمته عند اللحظة $t=20\text{s}$
- 4 - 2 أحسب الحجم القصوي الممكن الحصول عليه في شروط التجربة . هل هذا التفاعل كلي ؟
- 5 - تم حساب قيم x وحصلنا على التمثيل المبياني ل $x=f(t)$ أنظر المبيان 1



- 5 - 1 أعط تعبير السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة التقدم x والحجم V_S للمحلول . كيف تتغير السرعة الحجمية خلال الزمن ؟ علل الجواب من خلال المبيان .
- 5 - 2 عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$. حدد مبيانيا قيمته .
- 6 - درجة حرارة المغارة المراد استكشافها أصغر من 25°C
- 6 - 1 ما هو تأثير انخفاض درجة الحرارة على السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t=0$.
- 6 - 2 مثل شكل المنحنى تطور التقدم x في هذه الحالة .
- 7 - يمكن تتبع هذا التطور بقياس الموصلية σ للمحلول بدلالة الزمن .
- 7 - 1 أجرد الأيونات المتواجدة في المحلول . حدد الأيون الذي لا يتدخل في التفاعل وتركيزه يبقى ثابت
- 7 - 2 نلاحظ من خلال التجربة تناقص الموصلية . فشر بدون حساب هذه الملاحظة علما أن الموصلية الأيونية الحجمية للأيونات عند 25°C :

التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التفاعل

2 - أ - أنشئ الجدول الوصفي للتحول المدروس

ب - استنتج علاقة بين $N_{I_2}(t)$ و التقدم x

3 - خط المنحنى الممثل لتغيرات التقدم x بدلالة الزمن t

4 - مثل المماس للمنحنى $x=f(t)$ عند اللحظتين $t=0$ و $t=900\text{s}$

أحسب قيمة سرعة التفاعل عند $t=0$ و $t=900\text{s}$. كيف تتطور سرعة التفاعل خلال هذا التحول ؟ علل هذا التطور .

5 - نعتبر أن التفاعل بين الماء الأوكسجيني و أيونات اليودور كليا .

أ - أحسب التقدم النهائي x_{max} لهذا التفاعل

ب - استنتج زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$

التمرين 9

ينتج ثنائي أكسيد الكربون عن تأثير المياه الجارية الحمضية على كربونات الكالسيوم CaCO_3 الموجود في الصخور الكلسية . داخل المغارات والتي تحتوي على الصخور الكلسية ، يمكن أن تتكون سخابة غاز ثنائي أكسيد الكربون وعندما تكون نسبة هذا الغاز جد مرتفعة يؤدي إلى الإغماء ومن الممكن إلى الموت . من أجل التعرف أكثر على هذا التفاعل اقترح أستاذ الكيمياء على تلاميذته دراسة هذا التفاعل .

معطيات :

- درجة حرارة المختبر خلال التجربة 25°C

- الضغط الجوي : $P_{\text{atm}} = 1,020 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

- علاقة الغاز الكامل : $PV=nRT$

- ثابتة الغازات الكاملة $R=8,31\text{SI}$

- الكتل المولية الدرية : $M(\text{C}) = 12\text{g/mol}$, $M(\text{H})=1\text{g/mol}$, $M(\text{O}) = 16\text{g/mol}$, $M(\text{Ca}) = 40\text{g/mol}$

- كثافة غاز بالنسبة للهواء : $d = \frac{M}{29}$ بحيث أن M الكتلة المولية للغاز .

يدخل حوجلة ، نجز التفاعل بين كربونات الكالسيوم وحمض الكلوريدريك . نتبع تكون ثنائي أكسيد الكربون بواسطة انتقال الماء داخل مخبر مدرج .

نصب في حوجلة حجما $V_S=100\text{ml}$ من حمض الكلوريدريك تركيزه $0,1\text{mol/l}$ عند اللحظة $t=0$ ندخل بسرعة في الحوجلة $2,0\text{g}$ من كربونات الكالسيوم $\text{CaCO}_3(\text{s})$ ونشغل في نفس الوقت الميقت . نسجل بجدول القياسات قيم حجم ثنائي أكسيد الكربون المحصل عليه خلال كل لحظة t . ضغط الغاز يساوي الضغط الجوي .

t(s)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
$V(\text{CO}_2)(\text{ml})$	0	29	49	63	72	79	84	89	93	97	100	103

t(s)	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44
$V(\text{CO}_2)(\text{ml})$	10	10	11	11	11	11	11	11	12	12	12
	6	9	1	3	5	7	8	9	0	0	1

يمكن نمذجة التحول الكيميائي بالمعدلة الكيميائية التالية :

I - التتبع الزمني لتطور تحول كيميائي (15 د)

- 1 - لماذا يتم تخفيف العينات بواسطة الماء المثلج ؟
- 2 - أكتب المزدوجات المتدخلة في التفاعل الكيميائي النمذج بالمعادلة الكيميائية (1)
- 3 - المزدوجات المتدخلة في تفاعل المعايرة هي : $I_2(aq) / I^-(aq)$ و $S_4O_6^{2-}(aq) / S_2O_3^{2-}(aq)$
- 3 - 1 أكتب أنصاف المعادلتين أكسدة - اختزال الموافقتين للمزدوجتين أعلاه ، واستنتج المعادلة الحصيلة لتفاعل المعايرة .
- 3 - 2 كيف يتم معلمة التكافؤ خلال هذه المعايرة ؟

II - سرعة التفاعل الكيميائي (25 د)

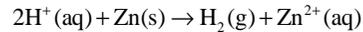
- 1 - عرف بالسرعة الحجمية v للتفاعل عند اللحظة t .
- 2 - أنشئ الجدول الوصفي للتفاعل الكيميائي (1) واستنتج العلاقة بين تركيز ثنائي اليود $[I_2]_t$ والتقدم x للتفاعل .

3 - بين أن السرعة الحجمية للتفاعل تكتب على الشكل التالي : $v(t) = \frac{d[I_2]_t}{dt}$

- 4 - حدد مبيانيا سرعة التفاعل عند اللحظتين $t=0 \text{ min}$ و $t=30 \text{ min}$ معبرا عنها بالوحدة mol/L.min ما هو استنتاجك ؟
- 5 - عرف بزمن نصف التفاعل .
- 6 - من خلال الجدول الوصفي بين أن التفاعل يصبح عمليا منتهيا عندما تكون $t > 90 \text{ min}$.
- 7 - استنتج زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ لهذا التحول الكيميائي .
- 8 - ما تأثير درجة الحرارة على سرعة التفاعل ؟ أعط تفسيراً ميكروسكوبياً لهذا التأثير .

التمرين 11

يعرف حمض الكلوريدريك بتفاعله الشديد مع بعض الفلزات . ينتج عن هذا التفاعل أساساً غاز ثنائي الهيدروجين $H_2(g)$ ومحلل مائي يحتوي على كاتيونات الفلز . عند اللحظة $t=0$ ندخل كتلة $m=1,0g$ من مسحوق فلز الزنك $Zn(s)$ في حوجلة تحتوي على $V_A = 40 \text{ mL}$ من محلل مائي لحمض الكلوريدريك $(H^+(aq) + Cl^-(aq))$ تركيزه المولي $C_A = 0,50 \text{ mol/L}$. خلال هذا التفاعل ، يتكون غاز ثنائي الهيدروجين وبقياس حجم هذا الغاز في كل لحظة يمكن تتبع هذا التحول بالنسبة للزمن . نمذج هذا التحول بالمعادلة الكيميائية التالية :



- 1 - اختر من بين المزدوجات مختزل \ مؤكسد التالية ، المزدوجتين المتدخلتين في هذا التحول : $O_2(aq) / H_2O_2(aq); H^+(aq) / H_2(g); Cu^{2+}(aq) / Cu(s); Zn^{2+}(aq) / Zn(s)$
- 2 - أكتب أنصاف المعادلة أكسدة - اختزال لهاتين المزدوجتين
- 3 - نعطي : $M(Zn) = 65,4g/mol$
- 3 - 1 أتمم الجدول الوصفي لهذا التحول و حدد المتفاعل المحد والتقدم الأقصى

$$\lambda_{H_3O^+} = 35,0 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

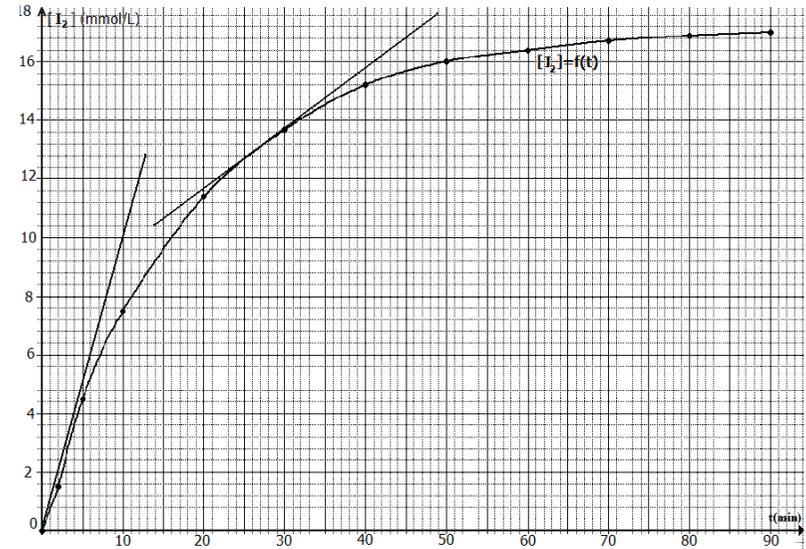
$$\lambda_{Ca^{2+}} = 12,0 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

$$\lambda_{Cl^-} = 7,5 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

- 7 - 3 أحسب الموصلية σ للمحلل عند $t=0$.
- 7 - 4 بين أن الموصلية مرتبطة بالتقدم x بالعلاقة التالية : $\sigma = 4,25 - 580x$
- 7 - 5 أحسب موصلية المحلول بالنسبة للتقدم الأقصى .

التمرين 10

نمذج التفاعل الناتج عن أكسدة أيونات اليودور $I^-(aq)$ بأيونات بيروكسوثنائي كبريتات $S_2O_8^{2-}(aq)$ بالمعادلة الكيميائية التالية : $S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$ (1) عند اللحظة $t=0$ و درجة حرارة ثابتة $\theta = 20^\circ C$ ، نمزج حجماً $V_1 = 100,0 \text{ mL}$ من محلل يودور البوتاسيوم $(K^+(aq) + I^-(aq))$ تركيزه المولي $C_1 = 0,40 \text{ mol/L}$ وحجماً $V_2 = 100,0 \text{ mL}$ لمحلل بيروكسوثنائي كبريتات الصوديوم $(2Na^+(aq) + S_2O_8^{2-}(aq))$ تركيزه المولي $C_2 = 0,036 \text{ mol/L}$ ، فنحصل على محلل (S) حيث يأخذ تدريجياً لونا بنياً نتيجة تكون ثنائي اليود $I_2(aq)$. نتبع هذا التحول الكيميائي ، بتحديد تركيز ثنائي اليود المتكون وذلك بأخذ عينات خلال لحظات مختلفة وبطريقة منتظمة بعد تخفيفها بالماء المثلج ومعايرتها بواسطة محلل ثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+(aq) + S_2O_3^{2-}(aq))$. تمكننا هذه الطريقة بخط المنحنى الممثل لتركيز أيونات اليود المتكون بدلالة الزمن t والممثل في الشكل أسفله :



التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التفاعل

$\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}^+$	$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Cu}$
$\text{H}_2\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{SO}_2 / \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$2\text{SO}_2 + 2\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التفاعل

معادلة التفاعل		$2\text{H}^+(\text{aq}) + \text{Zn}(\text{s}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$			
الحالة	التقدم	كميات المادة بال mmol			
البداية	0	$n_0(\text{H}^+) = \dots\dots\dots$	$n_0(\text{Zn}) = \dots\dots\dots$	0	0
خلال التفاعل	x				
نهاية التفاعل	x_{max}				

3 - 2 في لحظة ما ، حصلنا على حتما $V = 0,103\text{L}$ من غاز ثنائي الهيدروجين في الشروط التجريبية حيث الحجم المولي $V_m = 24\text{L/mol}$ ، أحسب التركيز

المولي لأيونات الزنك $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ الموجودة في المحلول .

3 - 3 أحسب التركيز المولي لأيونات الزنك $[\text{Zn}]_{\infty}$ وكتلة الزنك m_{∞}

المتبقية عند نهاية التحول

4 - يمثل المنحنى $x = f(t)$

تطور التقدم x لهذا التفاعل بدلالة الزمن t :

4 - 1 حدد مبيانيا السرعة

الحجمية للتفاعل عند اللحظة

$t = 0$.

واستنتج السرعة الحجمية عند

$t = \infty$ ما هو استنتاجك ؟

4 - 2 حدد زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$

4 - 3 يعتبر هذا التفاعل بطيء ،

ما العوامل الحركية التي يجب التأثير عليها للرفع من سرعة هذا التحول

