

## 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 .

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

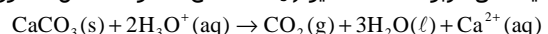
3 - خط المبيان الممثل للدالة  $x=f(t)$  باستعمال السلم :  $0,5 \text{ mol} \leftrightarrow 1 \text{ cm}$

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  $\text{CaCO}_3$  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  $298 \text{ K}$  .

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

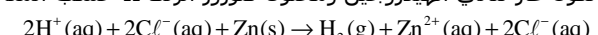
### السلسلة 2 في الكيمياء

### 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 الألمنيوم

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

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

الهيدروجين وأيونات الألمنيوم III  $\text{Al}^{3+}$  .

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

حبيبات الألمنيوم 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

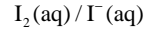
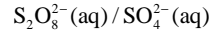
الزمن  $t$  ونقيس الحجم  $V(\text{H}_2)$  ، فنحصل

على المنحنى التالي :

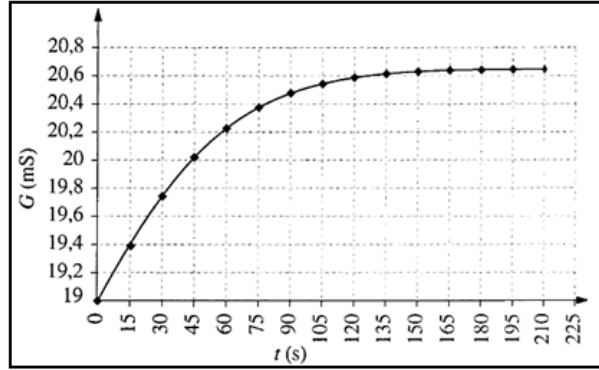
1 - أكتب المعادلة الكيميائية الموقفة لهذا



## 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  $60 mmol/l$  .  
 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  $16,7 mmol/l$  .

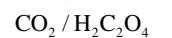
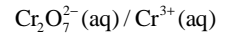
1 - ما هي كتلة بلورات حمض  
 الأوكساليك اللازمة

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

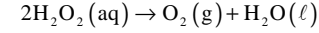
تفاعل أكسدة واختزال بين أيونات بيروكسوثنائي كبريتات  $S_2O_8^{2-}(aq)$  وأيون اليودور  $I^-(aq)$  في  
 محلول مائي .

المعطيات : المزدوجات مختزل /مؤكسد

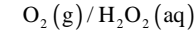
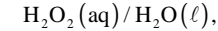
تمارين تركيبية

**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 :  $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = \frac{5C_1 \cdot V_E}{2V_0}$  . 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  $10\text{ml}$  من محلول الماء الأوكسجيني ذي تركيز  $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 7,3 \cdot 10^{-1} \text{ mol} / \ell$  مع  $85\text{ml}$

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 <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) mol / ℓ	7,30.10 <sup>-3</sup>	5,25.10 <sup>-3</sup>	4,20.10 <sup>-3</sup>	2,35.10 <sup>-3</sup>	1,21.10 <sup>-3</sup>	0,90.10 <sup>-3</sup>

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

$n_t(\text{H}_2\text{O}_2)$  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 <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) mol / ℓ	7,30.10 <sup>-3</sup>	5,25.10 <sup>-3</sup>	4,20.10 <sup>-3</sup>	2,35.10 <sup>-3</sup>	1,21.10 <sup>-3</sup>	0,90.10 <sup>-3</sup>
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  $50\text{mL}$  من الماء الأوكسجيني  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$  تركيزه المولي  $0,056\text{mol} / \text{L}$  و  $1\text{mL}$

من حمض الكبريتيك لجعل الوسط التفاعلي محمض .

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

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

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

محلول ثيوكبريتات الصوديوم  $(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq}) + 2\text{Na}^+(\text{aq}))$  تركيزه المولي  $c = 0,040\text{mol} / \text{L}$  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 <sub>E</sub> (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 .

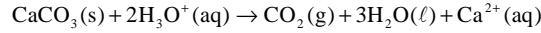
ب – أحسب  $n_{I_2}$  كمية مادة اليود المتكون عند اللحظة t في كل كأس بدلالة c و  $V_E$

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

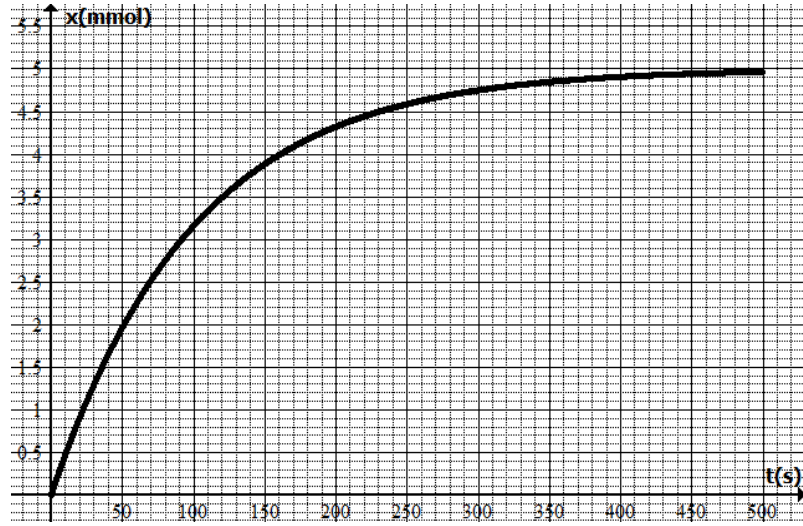
د – أتمم الجدول التالي :

t(s)	60	180	270	360	510	720	900	1080	1440
N <sub>I<sub>2</sub></sub> (.....)									

## 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  $x_{\text{max}}$  . ما هو المتفاعل المحد ؟
- 4 - 1 أوجد تعبير التقدم  $x$  عند اللحظة  $t$  بدلالة  $V_{\text{CO}_2}$  و  $T$  و  $P_{\text{atm}}$  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  $25^\circ\text{C}$
- 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  $\sigma$  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  $25^\circ\text{C}$  :

## التتبع الزمني لتحول كيميائي - سرعة التفاعل

2 - أ - أنشئ الجدول الوصفي للتحويل 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 التحويل ؟ علل هذا التطور .

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

أ - أحسب التقدم النهائي  $x_{\text{max}}$  لهذا التفاعل

ب - استنتج زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$

### التمرين 9

ينتج ثنائي أكسيد الكربون عن تأثير المياه الجارية الحمضية على كربونات الكالسيوم  $\text{CaCO}_3$  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  $25^\circ\text{C}$

- 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 التحويل 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)**

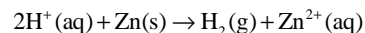
- 1 - عرف بالسرعة الحجمية  $v$  للتفاعل عند اللحظة  $t$  .
- 2 - أنشئ الجدول الوصفي للتفاعل الكيميائي (1) واستنتج العلاقة بين تركيز ثنائي اليود  $[I_2]_t$  والتقدم  $x$  للتفاعل .

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  $\text{mol/L.min}$  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

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

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

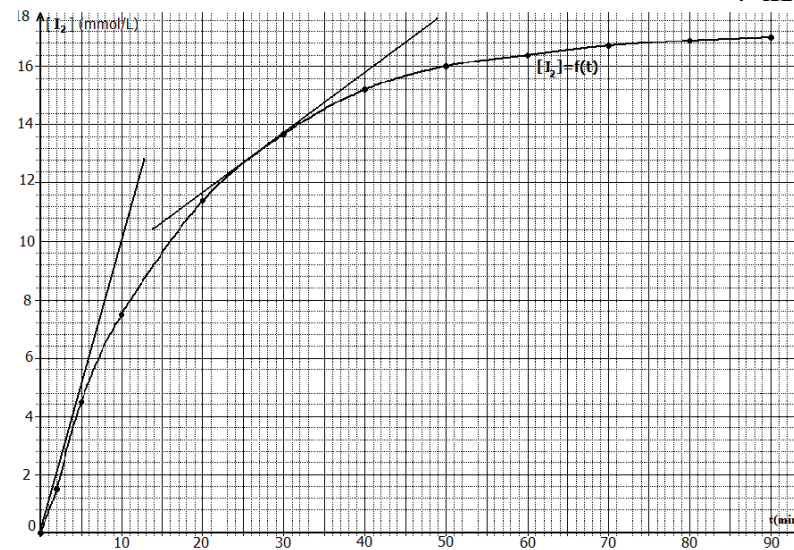
$$\lambda_{Cl^-} = 7,5 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

- 7 - 3 أحسب الموصلية  $\sigma$  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	$x_{\text{max}}$				

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  $m_{\infty}$

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

