

سلاسل المنجد - دروس و تمارين



السلسلة 3-01-2

المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

عرض نظري و تمارين محلولة

يمكن تحميل السلسلة بصيغة pdf من موقع المنجد :
www.sites.google.com/site/faresfergani

للمزيد (عرض نظري مفصل - تمارين - فيديوهات)
يرجى زيارتنا على صفحة الوحدة في نفس الموقع الإلكتروني .

لكي يصلك جديد موقع المنجد تابع صفحة الفيسبوك
التالية :

facebook.com/elmoundjidff

الأستاذ فرقاني فارس
ثانوية مولود قاسم نانت بلقاسم - الخروب - قسنطينة
fares_fergani@yahoo.fr
0771998109

الإصدار : نوفمبر/2022

ملف
نظري
و
تمارين
محلولة



المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

إعداد الأستاذ فرقاني فارس
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم - الخروب - قسنطينة
www.sites.google.com/site/faresfergani

السلسلة 3 – 01 – 02

عرض نظري و تمارين

1- طرق المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

أ- أنواع التحولات الكيميائية :

• التحول الكيميائي السريع :

■ تحليل النشاط-1 : (التحولات السريعة و البطيئة) .

- يكون التحول الكيميائي سريعا إذا كان تطور الجملة الكيميائية يصل إلى حالته النهائية مباشرة عند تلامس المتفاعلات .

• التحول الكيميائي البطيء :

- يكون التحول الكيميائي بطيئا إذا كان تطور الجملة الكيميائية يصل إلى حالته النهائية بعد ثواني أو دقائق أو ساعات كأقصى حد .

• التحول الكيميائي البطيء جدا :

- يكون التحول الكيميائي بطيئا جدا إذا كانت تطور الجملة الكيميائية يصل إلى حالته النهائية بعد أيام أو أشهر أو سنوات .

ب- طرق المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

من أجل دراسة تطور جملة كيميائية (متابعتها زمنيا) يجب معرفة تركيبها في كل لحظة ، و لتحقيق هذا يمكن استعمال عدة طرق :

- الطريقة الكيميائية التي تعتمد على المعايرة .

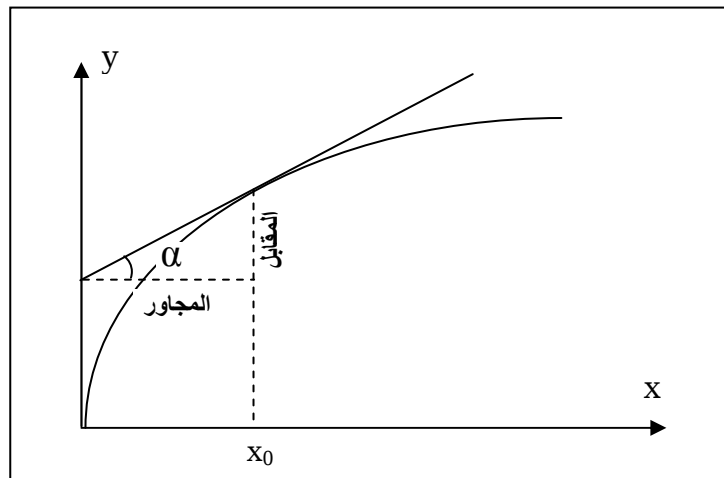
- الطريقة الفيزيائية التي تعتمد على قياس مقدار فيزيائية مثل الناقلية ، حجم غاز ، الضغط ، pH

- تحليل النشاط-2 (المتابعة الزمنية عن طريق قياس المعايرة).**ج- سرعة التفاعل :****• تذكير ببعض خواص المشتقة :**

- في مادة الرياضيات ، نتعامل مع متغير واحد هو x ، لذلك تشتق الدوال فقط بالنسبة لهذا المتغير ، و نرسم للمشتقة اختصاراً بـ $(')$ ، بينما في الفيزياء نتعامل مع عدة متغيرات ، قد يكون زمن أو مسافة أو سرعة ، لذلك نرسم للمشتقة بالرمز التالي $(\frac{d}{dx})$ الذي نبين من خلاله نوع المتغير ، و في الجدول التالي نذكر ببعض خواص المشتقة بالكتابة الجديدة (غير المختصرة) :

خواص المشتقة بالكتابة المختصرة	خواص المشتقة بالكتابة غير المختصرة
$y = f + g \rightarrow y' = f' + g'$	$y = f + g \rightarrow \frac{dy}{dx} = \frac{d}{dx}(f + g) = \frac{df}{dx} + \frac{dg}{dx}$
$y = \alpha f \rightarrow y' = \alpha f'$	$y = \alpha f \rightarrow \frac{dy}{dx} = \frac{d}{dx}(\alpha f) = \alpha \frac{df}{dx}$
$y = \alpha + \beta f \rightarrow y' = \beta f'$	$y = \alpha + \beta f \rightarrow \frac{dy}{dx} = \frac{d}{dx}(\alpha + \beta f) = \beta \frac{df}{dx}$
$y = \alpha - \beta f \rightarrow y' = -\beta f'$	$y = \alpha - \beta f \rightarrow \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dx}(\alpha - \beta f) = -\beta \frac{df}{dx}$

- في درسنا نعتمد في حساب المشتقة $\frac{dy}{dx}$ على الطريقة البيانية ، أين تساوي قيمة المشتقة من أجل الفاصلة $x = x_0$ ، ميل مماس المنحنى $y = f(x)$ عند هذه الفاصلة كما مبين في الشكل التالي :



حيث نكتب :

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=x_0} = (\text{ميل المماس})_{x=x_0} = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$$

- نرسم لميل المماس هذا المنحنى في نقطة معينة بالكتابة :

$$\text{ميل المماس} = \frac{dy}{dx}$$

أمثلة أخرى :

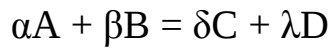
- في المنحنى $n_C = f(t)$ نرسم لميل المماس بالكتابة : $\frac{dn_C}{dt}$.

- في المنحنى $x = f(t)$ نرسم لميل المماس بالكتابة : $\frac{dx}{dt}$.

- في المنحنى $[A] = f(t)$ نرسم لميل المماس بالكتابة : $\frac{d[A]}{dt}$ إلخ .

• سرعة التفاعل و السرعة الحجمية للتفاعل :

- نعتبر التحول الكيميائي النمذج بمعادلة التفاعل التالية :



■ سرعة تشكل نوع كيميائي :

- لتكن كمية مادة النوع الكيميائي الناتج (C) المتواجدة في المحلول عند اللحظة t_1 و $n_2(C)$ كمية مادة نفس النوع الكيميائي (C) المتواجدة في المحلول عند اللحظة t_2 ، نعرف السرعة المتوسطة لتشكل النوع الكيميائي (C) بين اللحظتين t_1 ، t_2 بالعلاقة التالية :

$$v_m(C) = \frac{\Delta n(C)}{\Delta t} = \frac{n_2(C) - n_1(C)}{t_2 - t_1}$$

- إذا كان قياس $\Delta n(C)$ خلال مجالات زمنية Δt صغيرة فإن السرعة المتوسطة لتشكل النوع الكيميائي (C) تؤول إلى قيمة حدية تسمى السرعة اللحظية لتشكل النوع الكيميائي (C) و نكتب :

$$v(C) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta n(C)}{\Delta t} = \frac{dn(C)}{dt}$$

إذن يعبر عن السرعة اللحظية لتشكل النوع الكيميائي (C) بالعلاقة التالية :

$$v(C) = \frac{dn_C}{dt}$$

■ السرعة الحجمية لتشكل نوع كيميائي :

- نعرف السرعة الحجمية لتشكل نوع كيميائي و ليكن C عند لحظة t في وسط تفاعلي حجمه V هي سرعة تشكل نوع كيميائي (C) في وحدة الزمن ، يعبر عنها بالعلاقة :

$$v_{vol}(C) = \frac{1}{V} \frac{dn_C}{dt} = \frac{d[C]}{dt}$$

■ سرعة اختفاء نوع كيميائي :

- لتكن كمية مادة النوع الكيميائي المتفاعل (A) المتواجدة في المحلول عند اللحظة t_1 و $n_2(A)$ كمية مادة نفس النوع الكيميائي (A) المتواجدة في المحلول عند اللحظة t_2 ، نعرف السرعة المتوسطة لاختفاء النوع الكيميائي (A) بين اللحظتين t_1 ، t_2 بالعلاقة التالية :

$$v_m(A) = - \frac{\Delta n(A)}{\Delta t} = - \frac{n_2(A) - n_1(A)}{t_2 - t_1}$$

- إذا كان قياس $\Delta n(A)$ خلال مجالات زمنية Δt صغيرة فإن السرعة المتوسطة لاختفاء النوع الكيميائي (A) تؤول إلى قيمة حدية تسمى السرعة اللحظية لاختفاء النوع الكيميائي (A) و نكتب :

$$v(A) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(- \frac{\Delta n(A)}{\Delta t} \right) = - \frac{dn(A)}{dt}$$

إذن يعبر عن السرعة اللحظية لاختفاء النوع الكيميائي (A) بالعلاقة التالية :

$$v(A) = - \frac{dn(A)}{dt}$$

الدالة $n_A(t)$ متناقصة تماما ، و بالتالي إشارتها سالبة في كل لحظة ، لذلك سبقت العلاقة الإشارة (-) .

■ السرعة الحجمية لاختفاء نوع كيميائي :

- تعرف السرعة الحجمية لاختفاء نوع كيميائي و ليكن A عند لحظة t في وسط تفاعلي حجمه V هي سرعة اختفاء نوع كيميائي (A) في وحدة الزمن ، يعبر عنها بالعلاقة :

$$v_{vol}(A) = - \frac{1}{V} \frac{dn(A)}{dt} = - \frac{d[A]}{dt}$$

■ سرعة التفاعل :

- سرعة التفاعل عند لحظة t هي مشتقة تقدم التفاعل بالنسبة للزمن ، يعبر عنها بالعلاقة التالية :

$$v = \frac{dx}{dt}$$

حيث x هو تقدم التفاعل .

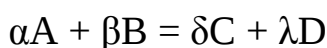
■ السرعة الحجمية للتفاعل :

- السرعة الحجمية للتفاعل في وسط تفاعلي حجمه V هي سرعة التفاعل في وحدة الحجم ، يعبر عنها بالعلاقة :

$$v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$$

ملاحظة-1 :

في التفاعل الكيميائي المنمذج بالمعادلة التالية :



يمكن إيجاد علاقة بين السرعات اللحظية و السرعات الحجمية اللحظية (تشكل أو اختفاء أو تفاعل) كما يلي :

$$\frac{dx}{dt} = v = \frac{v(A)}{\alpha} = \frac{v(B)}{\beta} = \frac{v(C)}{\delta} = \frac{v(D)}{\lambda}$$

$$v_{vol} = \frac{v_{vol}(A)}{\alpha} = \frac{v_{vol}(B)}{\beta} = \frac{v_{vol}(C)}{\delta} = \frac{v_{vol}(D)}{\lambda}$$

$$v_{vol} = \frac{v}{V}, v_{vol}(A) = \frac{v(A)}{V}, v_{vol}(B) = \frac{v(B)}{V}$$

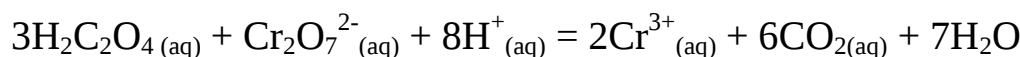
حيث : v_A, v_B, v_C, v_D هي على الترتيب : سرعة اختفاء A ، سرعة اختفاء B ، سرعة تشكل C ، سرعة تشكل D ، و $v_{vol}(A), v_{vol}(B), v_{vol}(C), v_{vol}(D)$ هي على الترتيب : السرعة الحجمية لاختفاء A ، السرعة الحجمية لاختفاء B ، السرعة الحجمية لتشكيل C ، السرعة الحجمية لتشكيل D و V هو حجم الوسط التفاعلي .

ملاحظة-2 :

- سرعة التفاعل تكون دوما موجبة .
- وحدة سرعة التفاعل و كذا سرعة اختفاء أو تشكل نوع كيميائي هي : mol/s إذا كان الزمن مقدر بالثانية s ، و إذا كان الزمن مقدر بالدقيقة min تكون الوحدة mol/min و هكذا
- وحدة سرعة الحجمية للتفاعل و كذا السرعة الحجمية لاختفاء أو تشكل نوع كيميائي هي : mol/L.s إذا كان الزمن مقدر بالثانية s ، و إذا كان الزمن مقدر بالدقيقة min تكون الوحدة mol/L.min و هكذا

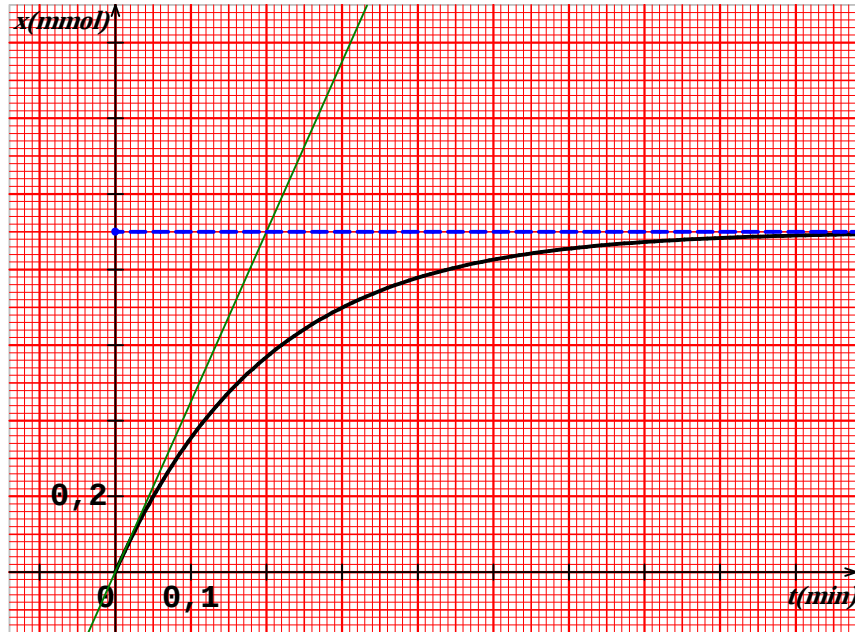
التمرين (1) : (التمرين : 076 في بنك التمارين على الموقع) (*)

نمزج في اللحظة $t = 0 \text{ min}$ حجما $V_1 = 100 \text{ mL}$ من محلول حمض الأوكساليك تركيزه المولي : $C_1 = 0,6 \text{ mol/L}$ مع حجم $V_2 = 100 \text{ mL}$ من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم $(2K^+_{(aq)} + Cr_2O_7^{2-}_{(aq)})$ تركيزه المولي $C_2 = 0,8 \text{ mmol/L}$ ، بوجود وفرة من حمض الكبريت المركز . نمذج التفاعل الحاصل بالمعادلة التالية :



البيان التالي يمثل تغيرات تقدم التفاعل بدلالة الزمن :

- 1- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل .
- 2- أحسب ميل المماس عند اللحظة $t = 0$.
- 3- اعتمادا على البيان جد ما يلي عند اللحظة $t = 0$:
 - أ- السرعة الحجمية للتفاعل .
 - ب- سرعة تشكل CO_2 .
 - ج- السرعة الحجمية لتشكيل Cr^{3+} .
 - د- سرعة اختفاء $Cr_2O_7^{2-}$.
 - هـ- السرعة الحجمية لاختفاء $H_2C_2O_4$.

**الأجوبة :****1- جدول التقدم :**

حالة الجملة	التقدم	$3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq}) + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) = 2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 6\text{CO}_2(\text{aq}) + 7\text{H}_2\text{O}$					
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$	$n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$	المركبات المتكونة	0	0	المركبات المتفاعلة
انتقالية	x	$n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) - 3x$	$n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) - x_{\text{max}}$		$2x$	$6x$	
نهائية	x_{max}	$n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) - 3x_{\text{max}}$	$n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) - x_{\text{max}}$		$2x_{\text{max}}$	$6x_{\text{max}}$	

2- حساب ميل المماس عند اللحظة $t = 0$:من البيان عند اللحظة $t = 0$ يكون :

$$\frac{dx}{dt} = \frac{4,5 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,1} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/min}$$

3- أ- السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 0$:

حسب تعريف السرعة الحجمية للتفاعل :

$$V_{\text{vol}} = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$$

عند اللحظة $t = 0$ أين $\frac{dx}{dt} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/min}$ يكون :

$$V_{\text{vol}} = \frac{1}{0,1 + 0,1} \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} = 2,25 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L.min}$$

ب- سرعة تشكل CO_2 عند اللحظة $t = 0$:حسب تعريف سرعة تشكل CO_2 :

$$v(\text{CO}_2) = \frac{dn(\text{CO}_2)}{dt}$$

من جدول التقدم $n(\text{CO}_2) = 6x$ و منه :

$$v(\text{CO}_2) = \frac{d(6x)}{dt} \rightarrow v(\text{CO}_2) = 6 \frac{dx}{dt}$$

عند اللحظة $t = 0$ أين $\frac{dx}{dt} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/min}$ يكون :

$$v(\text{CO}_2) = 6 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} = 2,70 \cdot 10^{-2} \text{ mol/min}$$

ج- السرعة الحجمية لتشكل Cr^{3+} عند اللحظة $t = 0$:
حسب تعريف السرعة الحجمية لتشكل Cr^{3+} :

$$v_{\text{vol}}(\text{Cr}^{3+}) = \frac{1}{V} \frac{dn(\text{Cr}^{3+})}{dt}$$

من جدول التقدم $n(\text{Cr}^{3+}) = 2x$ و منه :

$$v_{\text{vol}}(\text{Cr}^{3+}) = \frac{1}{V} \frac{d(2x)}{dt} \rightarrow v_{\text{vol}}(\text{Cr}^{3+}) = \frac{2}{V} \frac{dx}{dt}$$

عند اللحظة $t = 0$ أين $\frac{dx}{dt} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/min}$ يكون :

$$v_{\text{vol}}(\text{Cr}^{3+}) = \frac{2}{0,1 + 0,1} \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L.min}$$

د- سرعة اختفاء $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ عند اللحظة $t = 0$:
حسب تعريف سرعة اختفاء $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$:

$$v(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = - \frac{dn(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})}{dt}$$

من جدول التقدم $n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) - x$ و منه :

$$v(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = - \frac{d(n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) - x)}{dt} = - (0 - \frac{dx}{dt}) \rightarrow v(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = \frac{dx}{dt}$$

عند اللحظة $t = 0$ أين $\frac{dx}{dt} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/min}$ يكون :

$$v(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/min}$$

هـ- السرعة الحجمية لاختفاء $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ عند اللحظة $t = 0$:
حسب تعريف السرعة الحجمية لاختفاء $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$:

$$v_{\text{vol}}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = - \frac{1}{V} \frac{dn(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{dt}$$

من جدول التقدم $n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) - 3x$ و منه :

$$v_{\text{vol}}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = - \frac{1}{V} \frac{d(n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) - 3x)}{dt} = - \frac{1}{V} (0 - 3 \frac{dx}{dt}) \rightarrow v_{\text{vol}}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{3}{V} \frac{dx}{dt}$$

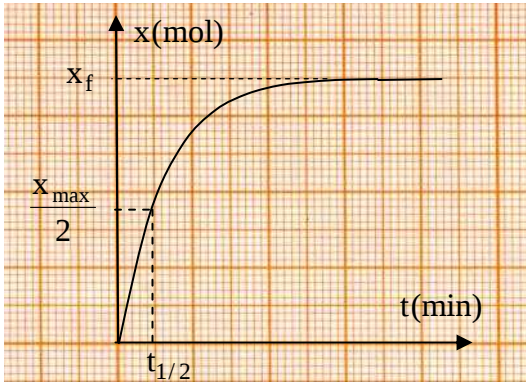
عند اللحظة $t = 0$ أين $\frac{dx}{dt} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/min}$ يكون :

$$v_{\text{vol}}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{3}{0,1 + 0,1} \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} = 6,75 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L.min}$$

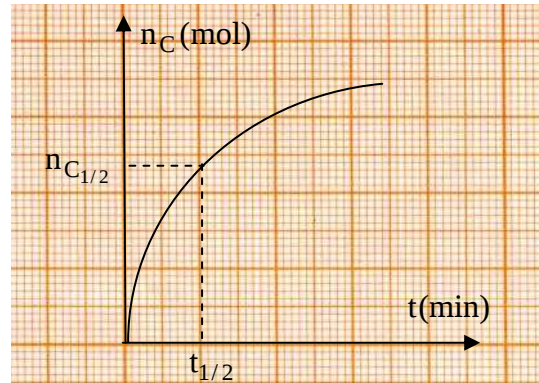
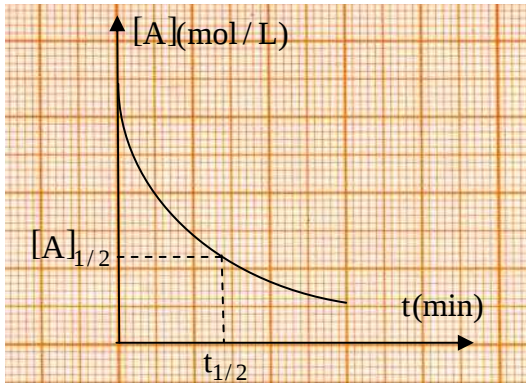
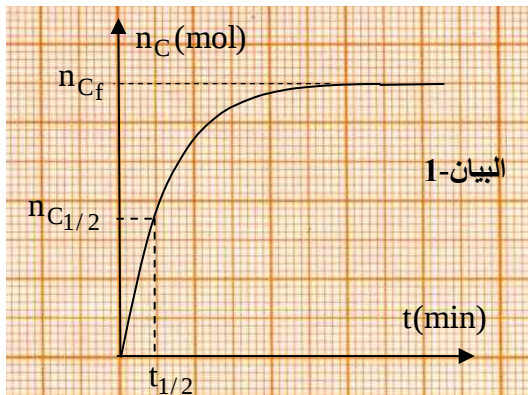
د - زمن نصف التفاعل :**• تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:**

- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ هو الزمن اللازم لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته الأعظمية (الشكل) أي :

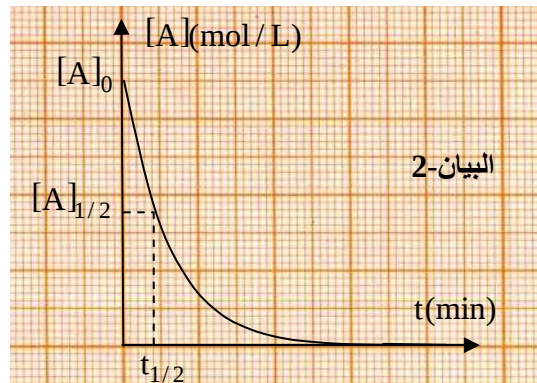
$$t = t_{1/2} \rightarrow x_{1/2} = \frac{x_{\max}}{2}$$

**• تعيين زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ (بيانيا) :**

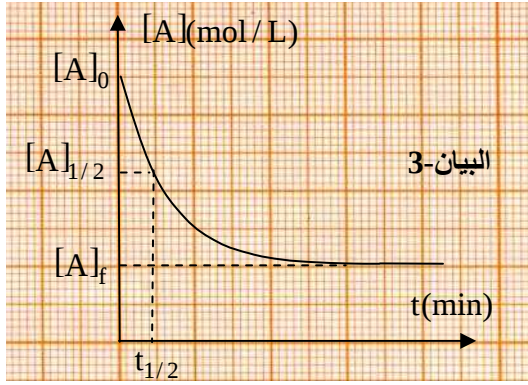
- لحساب قيمة زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، نحسب المقدار المتغير بدلالة الزمن في البيان عند زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، أي نحسب : $n_{1/2}(A)$ ، $n_{1/2}(C)$ ، $[n_A]_{1/2}$ ، $[n_C]_{1/2}$ ، $G_{1/2}$ ، $\sigma_{1/2}$ عند زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، بعدها نسقط القيمة المتحصل عليها في البيان لنحصل في النهاية على قيمة زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ بأخذ سلم الرسم بعين الاعتبار و يمكن توضيح ذلك بالمنحنيات التالية :

**ملاحظة : يمكن إثبات العلاقات التالية :**

$$t = t_{1/2} \rightarrow n_{C1/2} = \frac{n_{Cf}}{2}$$

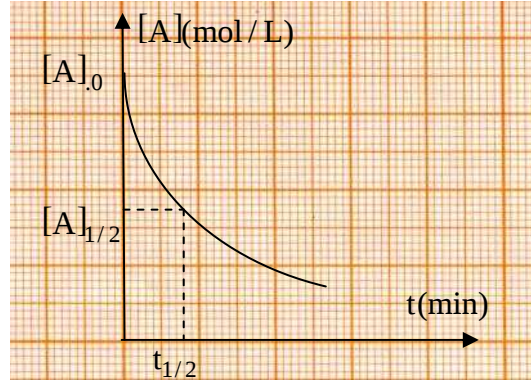


$$t = t_{1/2} \rightarrow [A]_{1/2} = \frac{[A]_0}{2}$$



$$t = t_{1/2} \rightarrow [A]_{1/2} = \frac{[A]_0 + [A]_f}{2}$$

و إذا كان ليس متفاعل محد ، يكون :



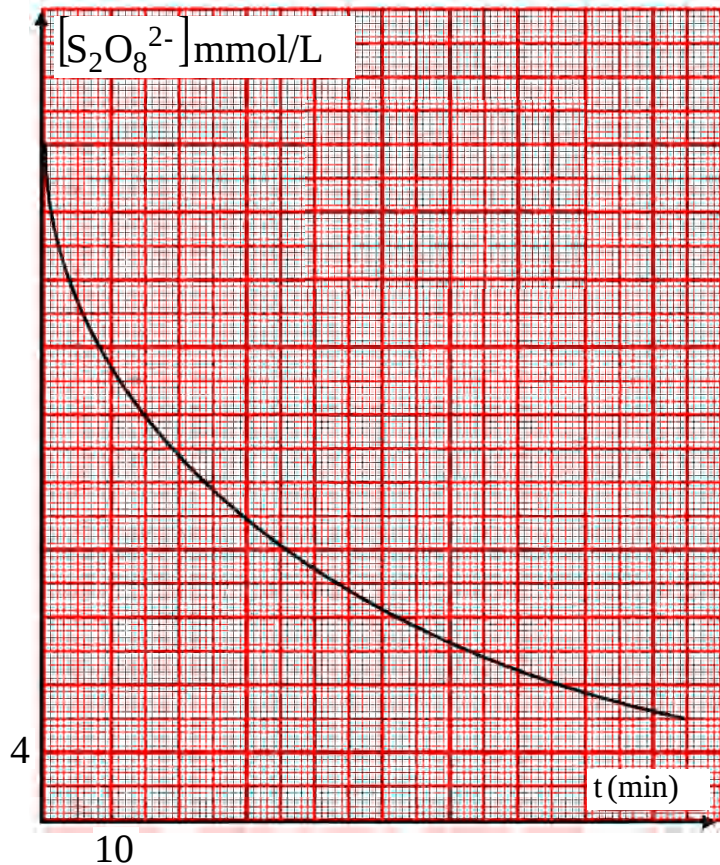
$$t = t_{1/2} \rightarrow [A]_{1/2} = \frac{[A]_0}{2}$$

إذا كان أحد النوعين الكيميائيين المتفاعلين A أو B محداً أو المزيج الابتدائي ستوكيومترى ، أو في حالة تفاعل تام يكون فيه متفاعل واحد (مثل $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$) .

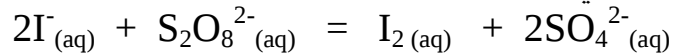
ملاحظة مهمة جدا :

حساب قيمة $t_{1/2}$ بالعلاقات السابقة تصلح فقط في المنحنيات التي يكون فيها المتغير من الشكل $ax + b$ حيث x هو تقدم التفاعل و لا تصلح في بقية الحالات ، فمثلا في المتابعة الزمنية عن طريق قياس الـ pH لا يمكن حساب قيمة $t_{1/2}$ بالاعتماد على العلاقات السابقة :

التمرين (2) : (التمرين : 017 في بنك التمارين على الموقع) (*)



لدراسة تطور التفاعل بين شوارد اليود I^- و شوارد البروكسوديوكبريتات $S_2O_8^{2-}$ ، نضيف عند اللحظة $t = 0$ حجما قدره $V_1 = 150 \text{ mL}$ من محلول (S_1) ليود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)$ تركيزه المولي $C_1 = 0.06 \text{ mol/L}$ إلى حجما قدره $V_2 = 100 \text{ mL}$ من محلول (S_2) لبروكسوديوكبريتات البوتاسيوم $(2K^+ + S_2O_8^{2-})$ تركيزه المولي $C_2 = 0.1 \text{ mol/L}$.
التحول الكيميائي الحادث نمذج بمعادلة التفاعل الكيميائي التالية :



المخطط البياني التالي يمثل تغيرات تركيز $S_2O_8^{2-}$ في الوسط التفاعلي (S) بدلالة الزمن .

1- أنشئ جدول تقدم التفاعل و حدد من خلاله التقدم الأعظمي x_{max} و المتفاعل المحد .

2- جد اعتمادا على البيان :

أ- سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 40 \text{ min}$ ، ثم

استنتج سرعة اختفاء شوارد اليود I^- .

ب- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

الأجوبة :

1- جدول التقدم :

حالة الجملة	التقدم	$2I^-_{(aq)} + S_2O_8^{2-}_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2SO_4^{2-}_{(aq)}$
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(I^-) = C_1 V_1$ $n_0(S_2O_8^{2-}) = C_2 V_2$ 0 0
انتقالية	x	$n_0(I^-) - 2x$ $n_0(S_2O_8^{2-}) - x$ x $2x$
نهائية	x_{max}	$n_0(I^-) - 2x_{max}$ $n_0(S_2O_8^{2-}) - x_{max}$ x_{max} $2x_{max}$

- $n_0(I^-) = C_1 V_1 = 0,06 \cdot 0,15 = 9 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
- $n_0(S_2O_8^{2-}) = C_2 V_2 = 0,1 \cdot 0,1 = 10^{-2} \text{ mol/L}$

- التقدم الأعظمي x_{max} :
- بفرض أن I^- متفاعل محد :

$$n_0(I^-) - 2x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = \frac{n_0(I^-)}{2} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

- بفرض أن $S_2O_8^{2-}$ متفاعل محد :

$$n_0(S_2O_8^{2-}) - x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = n_0(S_2O_8^{2-}) = 10^{-2} \text{ mol}$$

إذن $x_{max} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ و المتفاعل المحد هو I^- .

2- أ- سرعة التفاعل عند $t = 40 \text{ min}$:

- نكتب عبارة سرعة التفاعل بدلالة ميل المماس
- لدينا حسب تعريف سرعة التفاعل :

$$v = \frac{dx}{dt}$$

اعتمادا على جدول التقدم :

$$[S_2O_8^{2-}] = \frac{n_0(S_2O_8^{2-}) - x}{V_1 + V_2}$$

$$[S_2O_8^{2-}] = \frac{1}{V_1 + V_2} (n_0(S_2O_8^{2-}) - x)$$

نشتق الطرفين بالنسبة للزمن :

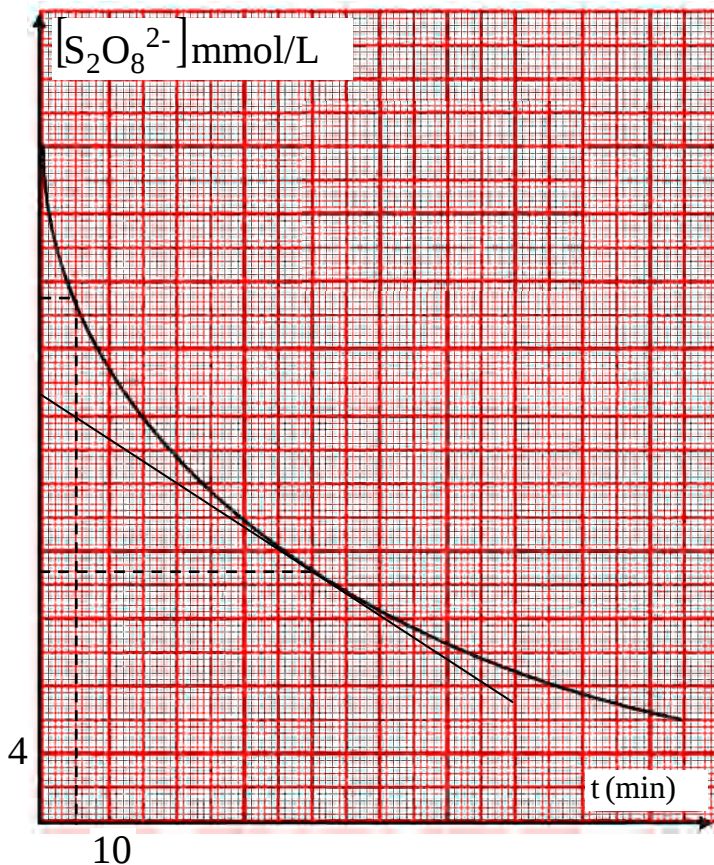
$$\frac{d[S_2O_8^{2-}]}{dt} = \frac{1}{V_1 + V_2} (0 - \frac{dx}{dt})$$

$$\frac{d[S_2O_8^{2-}]}{dt} = - \frac{1}{V_1 + V_2} \frac{dx}{dt}$$

$$\frac{dx}{dt} = - (V_1 + V_2) \frac{d[S_2O_8^{2-}]}{dt}$$

بالتعويض في عبارة سرعة التفاعل :

$$v = - (V_1 + V_2) \frac{d[S_2O_8^{2-}]}{dt}$$



من البيان عند اللحظة $t = 40 \text{ min}$:

$$\frac{d[S_2O_8^{2-}]}{dt} = - \frac{2,5 \times 4 \cdot 10^{-3}}{40} = - 2,5 \cdot 10^{-4}$$

إذن :

$$v = - (0,15 + 0,1) (- 2,5 \cdot 10^{-4}) = 6,25 \cdot 10^{-5} \text{ mol/min}$$

■ سرعة اختفاء I^- :

اعتمادا على معادلة التفاعل :

$$\frac{v(I^-)}{2} = v \rightarrow v(I^-) = 2v \rightarrow v(I^-) = 2 \cdot 6,25 \cdot 10^{-5} = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L.min}$$

ب- زمن نصف التفاعل :

- نحسب $[S_2O_8^{2-}]_{1/2}$ عند زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ و اعتمادا على جدول التقدم :

$$[S_2O_8^{2-}]_{1/2} = \frac{n_0(S_2O_8^{2-}) - x_{1/2}}{V_1 + V_2}$$

حسب تعريف زمن نصف التفاعل :

$$x_{1/2} = \frac{x_{\max}}{2} = \frac{4,5 \cdot 10^{-3}}{2} = 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

إذن :

$$[S_2O_8^{2-}]_{1/2} = \frac{10^{-2} - 2,25 \cdot 10^{-3}}{0,15 + 0,1} = 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

بالقسمة على سلم الرسم $(4 \cdot 10^{-3})$ نجد : $7,75 \text{ cm}$.

بالاسقاط في البيان نجد أن $t_{1/2}$ في البيان توافق $0,5 \text{ cm}$ و بالاستعانة بسلم الزمن يكون : $t_{1/2} = 5 \text{ min}$.

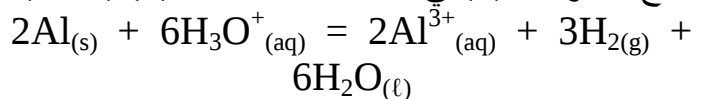
التمرين (3) : (بكالوريا 2016 - علوم تجريبية - الدورة 2) (التمرين : 055 في بنك التمارين على الموقع) (**)

بتفاعل محلول حمض كلور الهيدروجين $(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$ مع الألمنيوم وفق تفاعل تام منتجا غاز ثنائي الهيدروجين و شوارد الألمنيوم (Al^{3+}) .

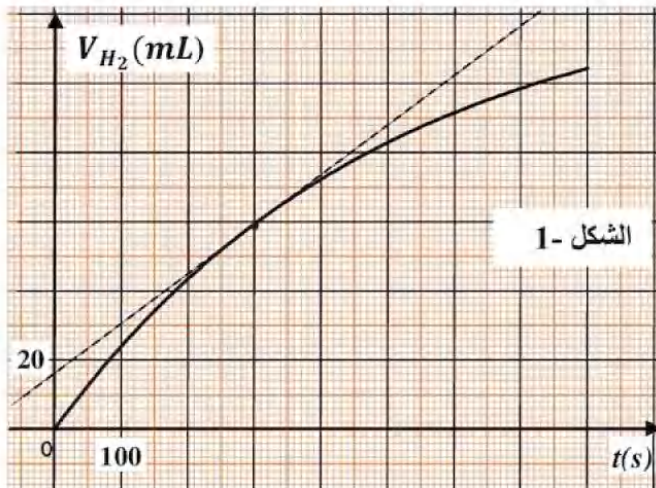
في اللحظة $t = 0$ ندخل عينة كتلتها $m = 0,810 \text{ g}$ من حبيبات الألمنيوم في بالون (دورق) يحتوي على حجم $V = 60 \text{ mL}$ من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي $C = 0,180 \text{ mol.L}^{-1}$. نغلق البالون بسدادة

مزودة بأنبوب انطلاق موصول بمقياس غاز مدرج و منكس في حوض مائي لجمع الغاز الناتج و قياس حجمه في لحظات مختلفة . النتائج المتحصل عليها مكنتنا من رسم البيان الممثل لتطور حجم الغاز المنطلق بدلالة الزمن $V(H_2) = f(t)$ (الشكل-1) .

ننمذج التحول الكيميائي الحادث بالمعادلة الكيميائية التالية :



1- اكتب المعادلتين النصفيتين الإلكترونييتين للأكسدة و الإرجاع مع تحديد الثنائيتين ox/red المشاركتين في التفاعل .



- 2- أ- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل الكيميائي الحادث .
 ب- جد قيمة التقدم الأعظمي $x_{\max}$ ثم حدد المتفاعل المحد .
 3- أ- جد العلاقة بين تقدم التفاعل $x(t)$ و حجم غاز ثنائي الهيدروجين الناتج $V_{H_2}(t)$.
 ب- استنتج حجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق في نهاية التفاعل $V_f(H_2)$.
 ج- استنتج قيمة ومن نصف التفاعل $t_{1/2}$.
 4- أ- بين أن سرعة التفاعل في اللحظة t تعطى بالعلاقة :

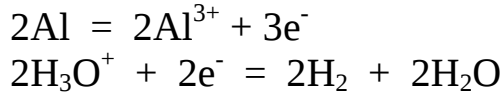
$$v = \frac{1}{3V_M} \cdot \frac{dV_{H_2}(t)}{dt}$$

ب- احسب قيمة هذه السرعة في اللحظة $t = 300 \text{ s}$.
المعطيات :

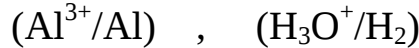
$$V_M = 24 \text{ L.mol}^{-1} \text{ التجربة } , M(\text{Al}) = 27 \text{ g.mol}^{-1}$$

الأجوبة :

1- المعادلتين النصفيتين :



2- الثنائيتين (Ox/Réd) المشاركتين في التفاعل :



2- أ- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	2Al	$+ 2\text{H}_3\text{O}^+$	$= 2\text{Al} + 3\text{H}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(\text{Al})$	$n_0(\text{H}_3\text{O}^+)$	0
انتقالية	x	$n_0(\text{Al}) - 2x$	$n_0(\text{H}_3\text{O}^+) - 6x$	$2x$
نهائية	$x_{\max}$	$n_0(\text{Al}) - 2x_{\max}$	$n_0(\text{H}_3\text{O}^+) - 6x_{\max}$	$2x_{\max}$

$$\begin{aligned} \bullet n_0(\text{Al}) &= \frac{m}{M} = \frac{0,810}{27} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \\ \bullet n_0(\text{H}_3\text{O}^+) &= CV = 0,18 \cdot 0,06 = 1,08 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \end{aligned}$$

ب- التقدم الأعظمي :

- بفرض أن Al متفاعل محد :

$$n_0(\text{Al}) - 2x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = \frac{n_0(\text{Al})}{2} = \frac{3 \cdot 10^{-2}}{2} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

- بفرض أن H_3O^+ متفاعل محد :

$$n_0(\text{H}_3\text{O}^+) - 6x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = \frac{n_0(\text{H}_3\text{O}^+)}{6} = \frac{1,08 \cdot 10^{-2}}{6} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

إذن : $x_{\max} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ و المتفاعل المحد هو H_3O^+ .

3- أ- العلاقة بين $x(t)$ و $V(\text{H}_2) = f(t)$:

من جدول التقدم :

$$n(\text{H}_2) = 3x$$

و لدينا :

$$n(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_M} \rightarrow 3x = \frac{V(H_2)}{V_M} \rightarrow x = \frac{V(H_2)}{3V_M}$$

ب- استنتاج حجم H_2 في نهاية التفاعل :
من العلاقة السابقة نكتب في نهاية التفاعل :

$$x_{\max} = \frac{V_f(H_2)}{3V_M} \rightarrow V_f(H_2) = 3V_M \cdot x_{\max}$$

$$V_f(H_2) = 3 \cdot 24 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3} = 0,1296 \text{ L}$$

ج- قيمة $t_{1/2}$:

- نحسب $V_{1/2}(H_2)$:

- مما سبق :

$$x = \frac{V(H_2)}{3V_M} \rightarrow V(H_2) = 3V_M \cdot x$$

عند اللحظة $t_{1/2}$ يمكن كتابة :

$$V_{1/2}(H_2) = 3V_M \cdot x_{1/2}$$

حسب تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

$$x_{1/2} = \frac{x_{\max}}{2} = \frac{1,8 \cdot 10^{-3}}{2} = 9 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

و منه :

$$V_{1/2}(H_2) = 3 \cdot 24 \cdot 9 \cdot 10^{-4} = 6,48 \cdot 10^{-2} \text{ L}$$

بالإسقاط في البيان مع الأخذ بعين الاعتبار سلم الرسم نجد $t_{1/2} = 320 \text{ s}$.

طريقة أخرى :

حسب تعريف $t_{1/2}$:

$$x_{1/2} = \frac{x_{\max}}{2} \rightarrow V_{1/2}(H_2) = \frac{V_f(H_2)}{2}$$

$$V_{1/2}(H_2) = \frac{0,1269}{2} = 6,48 \cdot 10^{-2} \text{ L}$$

بالإسقاط مع أخذ سلم الرسم بعين الاعتبار نجد $t_{1/2} = 320 \text{ s}$.

$$4-أ- إثبات أن $v = \frac{1}{3V_M} \frac{dV(H_2)}{dt}$$$

- حسب تعريف سرعة التفاعل :

$$v = \frac{dx}{dt}$$

و لدينا سابقا :

$$x = \frac{V(H_2)}{3V_M}$$

و منه :

$$v = \frac{d}{dt} \left(\frac{V(H_2)}{3V_M} \right) \rightarrow v = \frac{1}{3V_M} \frac{dV(H_2)}{dt}$$

ب- قيمة السرعة عند اللحظة $t = 300$ s :من البيان عند اللحظة $t = 300$ s :

$$\frac{dV(H_2)}{dt} = \frac{2,20 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{300} = 1,47 \cdot 10^{-4}$$

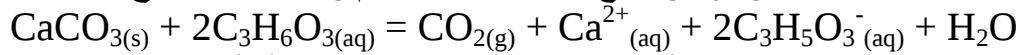
إذن :

$$v = \frac{1}{3 \cdot 24} \cdot 1,47 \cdot 10^{-4} = 2,04 \cdot 10^{-6} \text{ mol/s}$$

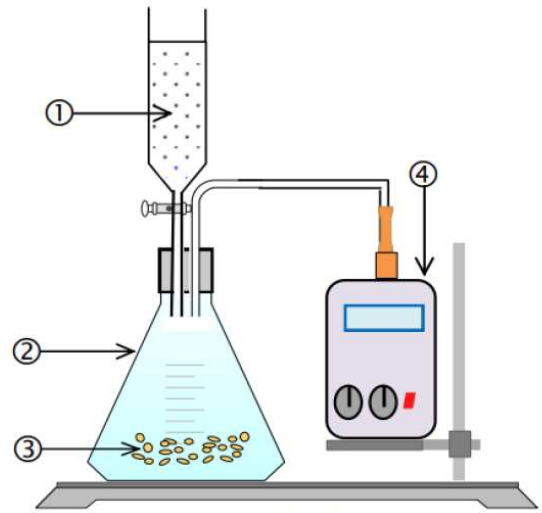
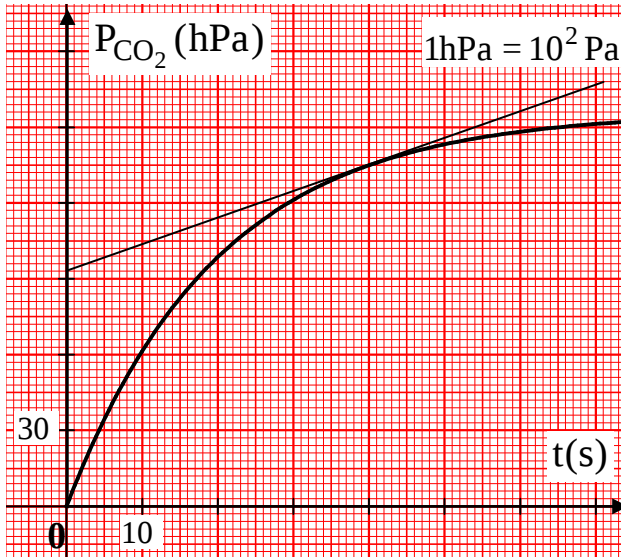
التمرين (4) : (التمرين : 063 في بنك التمارين على الموقع) (**)

منظف تجاري يحتوي على حمض اللاكتيك ذي الصيغة الجزيئية $C_3H_6O_3$ ، يستعمل هذا المنظف التجاري لإزالة الطبقة الكلسية المترسبة على جدران مسخن مائي و المنشكلة من كربونات الكالسيوم $CaCO_{3(s)}$.

لدراسة حركية تفاعل حمض اللاكتيك $C_3H_6O_3$ مع كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ النمذج بالمعادلة :



ندخل في دورق حجمه $V_s = 600 \text{ mL}$ كتلة $m = 0,3 \text{ g}$ من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ، و نسكب فيه عند اللحظة $t = 0$ حجما $V_a = 120 \text{ mL}$ من محلول حمض اللاكتيك تركيزه المولي $C = 5,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ ، نقيس في كل لحظة ضغط غاز ثاني أكسيد الكربون $P(CO_2)$ داخل الدورق عند درجة حرارة ثابتة $25^\circ C$ ، بواسطة تجهيز خاص (الشكل-1) حصلنا على البيان الممثل في (الشكل-2) التالي :



الشكل 1

- 1- سم العناصر المرقمة في (الشكل-1) مع تبيان دور العنصر (4) .
- 1- مثل جدول تقدم التفاعل ثم أحسب قيمة التقدم الأعظمي x_{max} و حدد المتفاعل المحد .
- 2- في ظروف التجربة يمكن اعتبار الغاز CO_2 مثالي ، أوجد عبارة التقدم $x(t)$ للتفاعل عند لحظة t بدلالة R ، $P(CO_2)$ ، T ، $V(CO_2)$.
- 3- أوجد من بين زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.
- 4- عرف السرعة الحجمية و أحسب قيمتها عند اللحظة $t = 40 \text{ s}$.

5- خلال عملية إزالة الترسبات الكلسية يطلب استعمال المنظف التجاري مركزا مع التسخين ، اشرح ما أثر هذين العاملين الحركيين على المدة الزمنية اللازمة لازالة الراسب ؟

يعطى : $1\text{hPa} = 10^2 \text{ Pa}$. $R = 8,31 \text{ SI}$ ، $M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ g/mol}$

الاجوبة :

1- تسمية العناصر المرقمة :

(1)	محلول حمض اللاكتيك
(2)	دورق زجاجي
(3)	قطعة من كربونات الكالسيوم .
(4)	جهاز قياس الضغط دوره قياس الضغط غاز CO_2 المنطلق

2- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	CaCO_3	$+ 2\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$	$= \text{CO}_2 + \text{Ca}^{2+} + 2\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^- + \text{H}_2\text{O}$
ابتدائية	$x = 0$	$3 \cdot 10^{-3}$	$6,72 \cdot 10^{-3}$	0
انتقالية	x	$3 \cdot 10^{-3} - 3x$	$6,72 \cdot 10^{-3} - 3x$	x
نهائية	x_{max}	$3 \cdot 10^{-3} - 3x_{\text{max}}$	$6,72 \cdot 10^{-3} - 3x_{\text{max}}$	x_{max}

$$\bullet n_0(\text{CaCO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{0,3}{100} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\bullet n_0(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) = CV = 5,6 \cdot 10^{-3} \cdot 0,12 = 6,72 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

- التقدم الأعظمي x_{mzx} و المتفاعل المحد :
- بفرض أن CaCO_3 هو المتفاعل المحد :

$$3 \cdot 10^{-3} - x_{\text{max}} = 0 \rightarrow x_{\text{max}} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

- بفرض أن $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ هو المتفاعل المحد :

$$6,72 \cdot 10^{-3} - 2x_{\text{max}} = 0 \rightarrow x_{\text{max}} = 3,36 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

إذن : $x_{\text{max}} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ و المتفاعل المحد هو : CaCO_3 .

3- عبارة x بدلالة $\underline{R}$ ، $\underline{P(\text{CO}_2)}$ ، $\underline{T}$ ، $\underline{V(\text{CO}_2)}$:

- بتطبيق قانون الغاز المثالي :

$$P(\text{CO}_2)V(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2)RT \rightarrow n(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2).P(\text{CO}_2)}{RT}$$

- من جدول التقدم : $n(\text{CO}_2) = x$ و منه :

$$x = \frac{V(\text{CO}_2).P(\text{CO}_2)}{RT}$$

4- قيمة $t_{1/2}$:

- نحسب $P_{1/2}(\text{CO}_2)$:

- من العبارة السابقة نكتب :

$$x_{1/2} = \frac{V(\text{CO}_2).P_{1/2}(\text{CO}_2)}{RT} \rightarrow P_{1/2} = \frac{RT.x_{1/2}}{V(\text{CO}_2)}$$

من تعريف $t_{1/2}$:

$$x_{1/2} = \frac{x_{\max}}{2} = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{2} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

- حجم الغاز CO_2 هو حجم الفراغ في الدورق أي حجم الدورق ماعدا حجم المحلول و بالتالي :

$$V(\text{CO}_2) = 0,6 - 0,12 = 0,48 \text{ L}$$

إذن :

$$P_{1/2}(\text{CO}_2) = \frac{8,31(25 + 273) + 1,5 \cdot 10^{-3}}{0,48 \cdot 10^{-3}} = 7,74 \cdot 10^3 = 77,4 \text{ hP}$$

بالإسقاط في البيان مع أخذ سلم الرسم بعين الاعتبار :

$$t_{1/2} = 1,4 \cdot 10 = 14 \text{ s}$$

5- تعريف السرعة الحجمية :

هي سرعة التفاعل في وحدة الحجم .

■ حساب السرعة الحجمية عند اللحظة $t = 40 \text{ s}$:- نكتب عبارة السرعة الحجمية بدلالة ميل مماس المنحنى $\frac{dP(\text{CO}_2)}{dt}$.

- حسب تعريف السرعة الحجمية :

$$V_{\text{vol}} = \frac{1}{V_s} \frac{dx}{dt}$$

لدينا سابقا :

$$x = \frac{V(\text{CO}_2) \cdot P(\text{CO}_2)}{RT}$$

و منه :

$$v = \frac{1}{V_s} \frac{d}{dt} \left(\frac{V(\text{CO}_2) \cdot P(\text{CO}_2)}{RT} \right)$$

نشتق الطرفين بالنسبة للزمن :

$$\frac{dx}{dt} = \frac{V(\text{CO}_2)}{RT} \frac{dP(\text{CO}_2)}{dt}$$

من البيان عند اللحظة $t = 40 \text{ min}$:

$$V_{\text{vol}} = \frac{0,48 \cdot 10^{-3}}{0,12 \cdot 8,31(25 + 273)} \cdot \frac{1,4 \cdot 30 \cdot 10^2}{40} = 1,59 \cdot 10^{-4} \text{ mol/s}$$

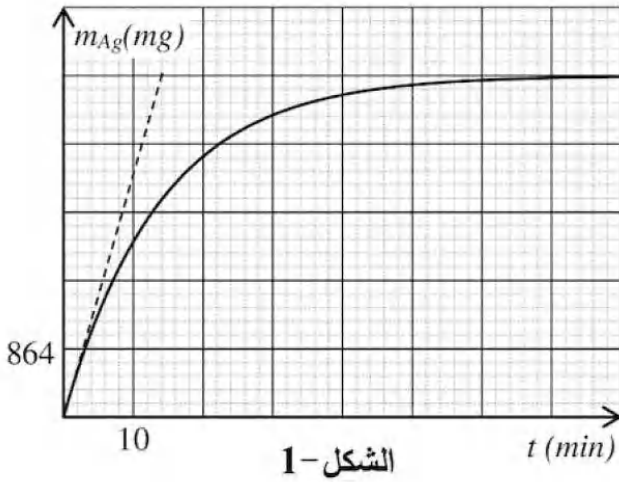
6- أثر العاملين الحركيين على المدة الزمنية لإزالة الراسب :

- عند استعمال المنظف التجاري المركز تزداد سرعة التفاعل لأن سرعة التفاعل تزداد بازدياد التراكيز الابتدائية للمتفاعلات .

- عند استعمال المنظف ساخن تزداد سرعته لأن سرعة التفاعل تزداد بازدياد درجة الحرارة .

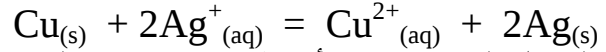
إذن كلا العاملين الحركيين (التراكيز الابتدائية للمتفاعلات و درجة الحرارة) ساعدا على تقليص المدة الزمنية اللازمة لإزالة الراسب .

التمرين (5) : (بكالوريا 2016 - علوم تجريبية - الدورة 2) (التمرين : 056 في بنك التمارين على الموقع) (**) (



الشكل 1

لدراسة حركية تحول كيميائي تام ، غمرنا في لحظة $t = 0$ صفيحة من النحاس كتلتها $m = 3,175 \text{ g}$ في حجم قدره $V = 200 \text{ mL}$ من محلول نترات الفضة $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$ تركيزه C_0 . سمحت لنا متابعة تطور هذا التحول من رسم البيان الممثل في الشكل-1 الذي يعبر عن تغيرات كتلة الفضة المتشكلة بدلالة الزمن $m_{\text{Ag}} = f(t)$. معادلة التفاعل المنمذج لهذا التحول هي :



- 1- هل التحول الحادث سريع أم بطيء ؟ برر إجابتك .
- 2- حدد الثنائيتين ox/red المشاركتين في التفاعل و اكتب عندئذ المعادلتين النصفيتين للأكسدة و الإرجاع .
- 3- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل و احسب قيمة التقدم الأعظمي x_{max} .

- 4- أحسب التركيز المولي الابتدائي لمحلول نترات الفضة .
- 5- جد التركيب المولي (حصيلة المادة) في الحالة النهائية .
- 6- عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ و حدد قيمته بيانياً .

7-أ- بين أن السرعة اللحظية لتشكل الفضة تعطى بالعلاقة : $v_{\text{Ag}}(t) = \frac{1}{M_{\text{Ag}}} \cdot \frac{dm_{\text{Ag}}(t)}{dt}$

حيث : M_{Ag} الكتلة المولية للفضة .

ب- احسب سرعة التفاعل في اللحظة $t = 0$.

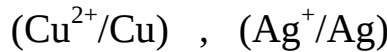
يعطى : $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$ ، $M(\text{Ag}) = 108 \text{ g.mol}^{-1}$.

الأجوبة :

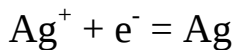
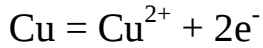
1- التحول الكيميائي سريع أم بطيء :

التحول الكيميائي بطيء لأنه يمكن متابعته زمنياً إذ أنه استغرق عدة دقائق حسب البيان .

2- الثنائيتين (Ox/Réd) :



- المعادلتين النصفيتين :



3- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	Cu	+	2Ag^+	=	Cu^{2+}	+	2Ag
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(\text{Cu})$		$n_0(\text{Ag}^+)$		0		0
انتقالية	x	$n_0(\text{Cu}) - x$		$n_0(\text{Ag}^+) - 2x$		x		$2x$
نهائية	x_{max}	$n_0(\text{Cu}) - x_{\text{max}}$		$n_0(\text{Ag}^+) - 2x_{\text{max}}$		x_{max}		$2x_{\text{max}}$

$$\bullet n_0(\text{Cu}) = \frac{m}{M} = \frac{3,175}{63,5} = 0,05 \text{ mol}$$

- التقدم الأعظمي $X_{\max}$:
من البيان :

$$m_f(\text{Ag}) = 5 \cdot 864 \cdot 10^{-3} = 4,32 \text{ g}$$

و منه :

$$n_f(\text{Ag}) = \frac{m_f}{M} = \frac{4,32}{108} = 0,04 \text{ mol}$$

من جدول التقدم :

$$n_f(\text{Ag}) = 2x_{\max} \rightarrow x_{\max} = \frac{n_g(\text{Ag})}{2} \rightarrow x_{\max} = \frac{0,04}{2} = 0,02 \text{ mol}$$

4- قيمة C_0 :

نحسب $n_f(\text{Cu})$ ، من جدول التقدم :

$$n_f(\text{Cu}) = n_0(\text{Cu}) - x_{\max} \rightarrow n_f(\text{Cu}) = 0,05 - 0,02 = 0,03 \text{ mol}$$

نلاحظ أن : $x_f(\text{Cu}) \neq 0$ هذا يعني أنه ليس متفاعل محد (بوفرة) و بالتالي المتفاعل المحد هو Ag^+ عليه :

$$n_0(\text{Ag}^+) - x_{\max} = 0$$

$$C_0V - 2x_{\max} = 0 \rightarrow C_0 = \frac{2x_{\max}}{V} \rightarrow C_0 = \frac{2 \times 0,02}{0,2} = 0,2 \text{ mol/L}$$

5- التركيب المولي في الحالة النهائية :
اعتمادا على جدول التقدم :

- $n_f(\text{Cu}) = 0,03 \text{ mol}$
- $n_f(\text{Ag}^+) = 0$ (متفاعل محد)
- $n_f(\text{Cu}^{2+}) = x_{\max} = 0,02 \text{ mol}$
- $n_f(\text{Ag}) = 0,04 \text{ mol}$
- $n_f(\text{NO}_3^-) = C_0V = 0,2 \cdot 0,2 = 0,04 \text{ mol}$

6- تعريف $t_{1/2}$:

هو الزمن اللازم لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته الأعظمية .
قيمته :

- نحسب $m_{1/2}(\text{Ag})$.

- من جدول التقدم :

$$n_{1/2}(\text{Ag}) = 2x_{1/2}$$

و حسب تعريف $t_{1/2}$:

$$x_{1/2} = \frac{x_{\max}}{2} = \frac{0,02}{2} = 0,01 \text{ mol}$$

و منه :

$$n_{1/2}(\text{Ag}) = 2 \cdot 0,01 = 0,02 \text{ mol}$$

و لدينا :

$$n_{1/2}(\text{Ag}) = \frac{m_{1/2}(\text{Ag})}{M} \rightarrow m_{1/2}(\text{Ag}) = M \cdot n_{1/2}(\text{Ag}) \rightarrow m_{1/2}(\text{Ag}) = 108 \cdot 0,02 = 2,16 \text{ g}$$

بالإسقاط مع أخذ سلم الرسم بعين الاعتبار نجد : $t_{1/2} = 10 \text{ min}$.

طريقة أخرى :

حسب تعريف $t_{1/2}$:

$$t = t_{1/2} \rightarrow x_{1/2} = \frac{x_{\max}}{2} \rightarrow m_{1/2} = \frac{m_f}{2}$$

بالإسقاط بأخذ سلم الرسم بعين الاعتبار نجد : $t_{1/2} = 10 \text{ min}$.

$$\therefore v_{Ag} = \frac{1}{M_{Ag}} \frac{dm_{Ag}}{dt} \quad \underline{\text{7-أ- إثبات أن}}$$

حسب تعريف سرعة التفاعل :

$$v_{Ag} = \frac{dn_{Ag}}{dt}$$

من جدول التقدم :

$$n_{Ag} = \frac{m_{Ag}}{M_{Ag}}$$

و منه :

$$v_{Ag} = \frac{d}{dt} \left(\frac{m_{Ag}}{M_{Ag}} \right) \rightarrow v_{Ag} = \frac{1}{M_{Ag}} \frac{dm_{Ag}}{dt}$$

ب- قيمة سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 0$:

- من عبارة سرعة شكل Ag السابقة نحسب سرعة تشكل Ag عند اللحظة $t = 0$.

- من البيان و عند اللحظة $t = 0$:

$$\frac{dm_{Ag}}{dt} = \frac{5.864 \cdot 10^{-3}}{14} = 0.309 \rightarrow v_{Ag} = \frac{1}{108} \cdot 0.309 = 2,86 \cdot 10^{-3} \text{ mol/min}$$

و من معادلة التفاعل :

$$v = \frac{v_{Ag}}{2} \rightarrow v = \frac{2,86 \cdot 10^{-3}}{2} = 1,43 \cdot 10^{-3} \text{ mol/min}$$

3- العوامل الحركية

أ- تعريف العامل الحركي و الوساطة:

- العامل الحركي لتحول كيميائي هو كل عامل يمكن من تغيير سرعة التفاعل من دون أن يغير في حالة الجملة الكيميائية النهائية .

- من أهم العوامل الحركية نذكر : درجة الحرارة ، التراكيز الابتدائية للمتفاعلات ، الوسيط .

- تطور الجملة الكيميائية يكون أسرع كلما :

✓ كانت درجة الحرارة أكبر .

✓ كانت التراكيز الابتدائية للمتفاعلات أكبر .

✓ كان الوسيط مناسباً .

- الوسيط هو كل نوع كيميائي يسرع التحول الكيميائي دون أن يظهر في معادلة التفاعل الكيميائي و لا يغير الحالة النهائية للجملة الكيميائية .
- عملية تأثير الوسيط على التفاعل الكيميائي تسمى **الوساطة** .
- تصنف الوساطة إلى ثلاث أصناف حسب طبيعة المتفاعلات و الوسائط المستعملة : وساطة متجانسة ، و وساطة غير متجانسة ، وساطة أنزيمية .
- في الوساطة المتجانسة : يكون الوسيط و الوسط التفاعلي من نفس النمط مثل : سائل- سائل كأن يكون الوسيط سائلا في محلول مائي (سائل) .
- في الوساطة غير المتجانسة : يكون الوسيط و الوسط التفاعلي ليس من نفس النمط مثل : صلب- سائل كأن يكون وسيط صلب في محلول مائي السائل .
- في الوساطة الأنزيمية : يكون فيها الوسيط عبارة عن أنزيم .

أمثلة :

نوع الوساطة	الوسيط	
متجانسة	شوارد الحديد الثلاثي Fe^{3+} (محلول)	تفكك الماء الأكسجيني
غير متجانسة	البلاتين الصلب	
أنزيمية	كتلاز الكبد (أنزيم)	

ملاحظة مهمة :

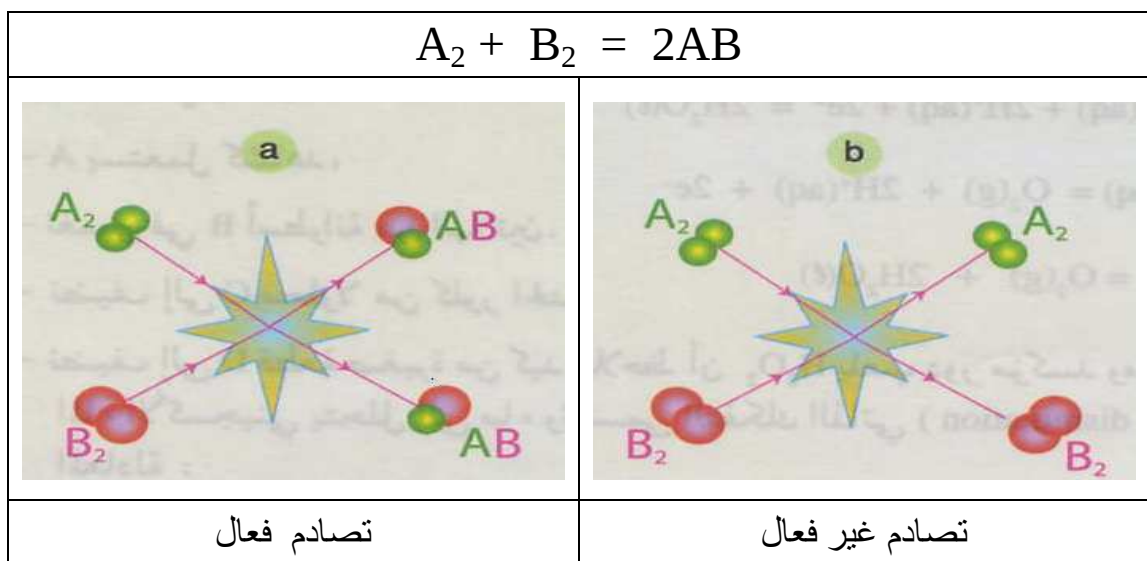
عند استعمال نفس الوسيط في وسط تفاعلي مائي ، يكون التفاعل أسرع كلما كانت كمية مادة الوسيط أكبر في حالة وسيط سائل (وساطة متجانسة) ، أما إذا كان الوسيط صلبا (وساطة غير متجانسة) يكون التفاعل أسرع كلما كان سطح التلامس بين الوسيط الصلب و الوسط التفاعلي أكبر .

مثال :

عند استعمال باردة الحديد يكون التفاعل أسرع لو استعملنا مسمار حديد لأن المحلول يتخلل حبيبات البرادة فيكون سطح التلامس أكبر من مسمار الحديد أين يلامس المحلول سطح المسمار فقط .

ب- التفسير المجهرى لتأثير درجة الحرارة و التراكيز الابتدائية للمتفاعلات :

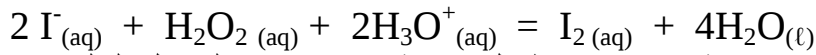
- حدوث تفاعل كيميائي في جملة كيميائية يكون إثر تصادمات فعالة ، و التصادم الفعال هو التصادم الذي ينتج عنه تغير في بنية الأفراد الكيميائية للمتفاعلات ، لتنتج أفراد كيميائية جديدة (الشكل) .



- يكون التفاعل أسرع كلما كان عدد التصادمات الفعالة في وحدة الزمن و في وحدة الحجم أكثر .
- بازدياد درجة حرارة الوسط التفاعلي تزداد سرعة حركة الأفراد الكيميائية للمفاعلات ، و بازدياد سرعة حركة الأفراد الكيميائية للمفاعلات يزداد عدد التصادمات و التصادمات الفعالة و بالتالي تزداد سرعة التفاعل .
- بازدياد التراكيز المولية الابتدائية للمفاعلات يزداد عدد الأفراد الكيميائية المتفاعلة في وحدة الحجم و بازدياد عدد الأفراد الكيميائية في وحدة الحجم يزداد عدد التصادمات و التصادمات الفعالة و بالتالي تزداد سرعة التفاعل .

التمرين (6) : (التمرين : 018 في بنك التمارين على الموقع) (*)

تتأكسد شوارد اليود I^- بواسطة الماء الأكسجيني H_2O_2 في وسط حمضي H_3O^+ وفق التفاعل ذي المعادلة :

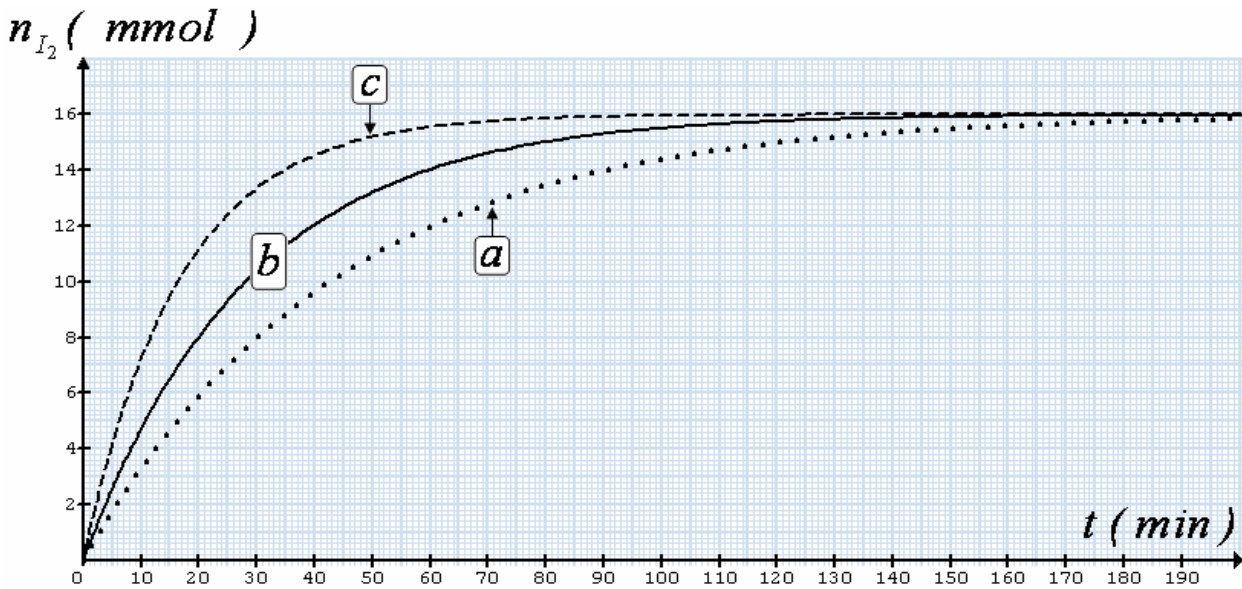


نحقق 3 تجارب في أحجام متساوية حسب شروط كل تجربة كما يوضحه الجدول التالي :

رقم التجربة	1	2	3
كمية المادة الابتدائية من H_2O_2 (mmol)	n_0	n_0	n_0
كمية المادة الابتدائية من I^- (mmol)	40	80	80
كمية المادة الابتدائية من H_3O^+ .	زيادة	زيادة	زيادة
درجة حرارة الوسط التفاعلي	$20^\circ C$	$40^\circ C$	$20^\circ C$

بعد متابعة تطور تشكل كمية مادة ثنائي اليود I_2 في التجارب الثلاث حصلنا على المنحنيات الثلاثة التالية (a) ، (b) و (c) .

- 1- هل شوارد H_3O^+ تلعب دور وسيط أم متفاعل في التجارب الثلاث ؟ علل .
- 2- أنسب رقم التجربة 1 ، 2 ، 3 لكل منحنى a ، b ، c مع التعليل .



الأجوبة :

- 1- الشوارد H_3O^+ تلعب دور متفاعل لأنها ظهرت في معادلة التفاعل الكيميائي ، بينما الوسيط لا يتدخل في التفاعل و بالتالي لا يظهر في معادلة التفاعل .

2- التجربة الموافقة لكل منحني :

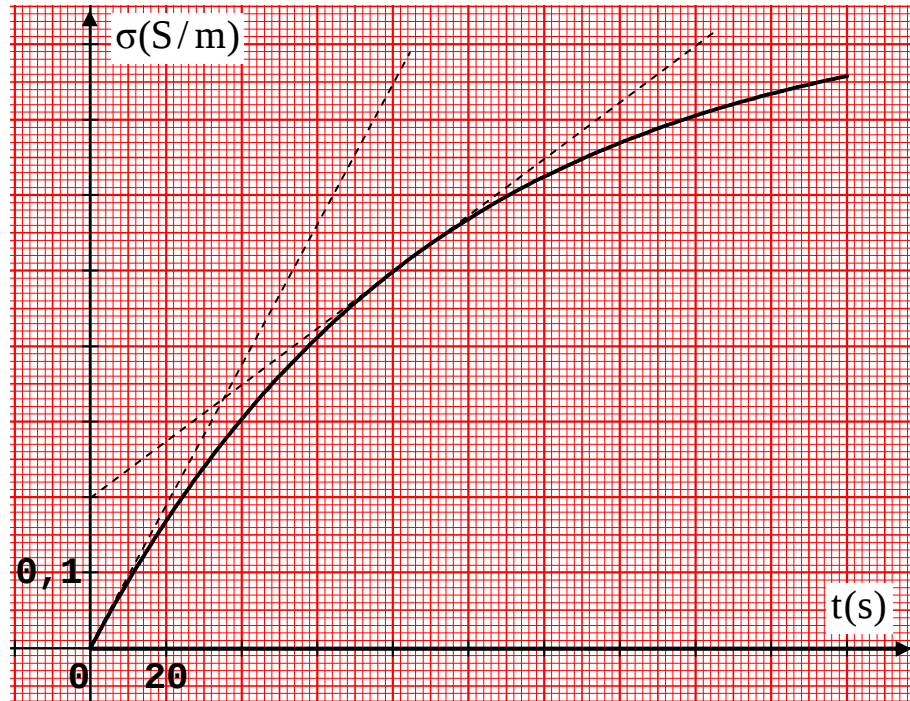
- تزداد سرعة التفاعل كلما ازدادت درجة حرارة التفاعل ، و كلما كانت التراكيز الابتدائية للمتفاعلات أكبر ،
و على هذا الأساس فالتفاعل الأسرع يكون في التجربة (2) و يوافقه المنحني (c) ، يليه التفاعل في التجربة (3)
و يوافقه المنحني (b) ، يليه التفاعل في التجربة (1) و يوافقه المنحني (a) .

التمرين (7) : (التمرين : 021 في بنك التمارين على الموقع) (**)

النوع الكيميائي : 2- كلور 2- مثيل بروبان يتميه حسب المعادلة التالية :



نتابع التطور الزمني لهذا التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية σ . لذا ندخل عند الدرجة 20°C في بيشر
 $V_1 = 20 \text{ mL}$ من محلول 2- كلور 2- مثيل بروبان تركيزه المولي $C_0 = 0,10 \text{ mol/L}$ و مزيج يتكون من
(ماء + acétone) حجمه $V_2 = 80 \text{ mL}$ لنحصل في النهاية على وسط تفاعلي حجمه $V_S = 100 \text{ mL}$. نوصل
جهاز قياس الناقلية بشكل مناسب و بعد القياس و إجراء الحساب نحصل على البيان $\sigma = f_1(t)$ التالي :



- 1- اشرح لماذا يمكن متابعة هذا التحول عن طريق قياس الناقلية ، و لا يمكن متابعته عن طريق قياس ضغط غاز .
- 2- مثل جدول تقدم التفاعل ثم حدد منه قيمة التقدم الأعظمي X_{max} .
- 3- أثبت أنه يمكن التعبير عن الناقلية النوعية σ بالعلاقة : $\sigma(t) = 431 X(t)$
- 4- عرف زمن نصف التفاعل و بين أهميته ثم عين قيمة $t_{1/2}$ من البيان .
- 5- أحسب سرعة التفاعل عند اللحظتين $t = 0$ ، $t = 80 \text{ s}$ ، فسر سبب الاختلاف في النتيجة .
- 6- نعيد التجربة السابقة عند درجة الحرارة 60°C ، أرسم على نفس البيان السابق المنحني $\sigma = f_2(t)$ عند هذه الدرجة (60°C) .
يعطى : $\lambda(\text{Cl}^-) = 7,6 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2/\text{mol}$ ، $\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) = 35,5 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2/\text{mol}$.

الأجوبة :

1- يمكن متابعة التحول عن طريق قياس الناقلية لأن الوسط التفاعلي لأنه ناقل للتيار الكهربائي ، إذ يحتوي على
شوارد موجبة H_3O^+ و شوارد سالبة Cl^- و لا يمكن متابعة التحويل عن طريق قياس ضغط غاز لأنه لا يوجد غاز
ضمن المتفاعلات و النواتج .

2- جدول التقدم :

		$(CH_3)CCl + 2H_2O = (CH_3)C-OH + H_3O^+ + Cl^-$				
ابتدائية	$x = 0$	$n_0 = C_0 V_1$	بوفرة	0	0	0
انتقالية	x	$n_0 - x$	بوفرة	x	x	x
نهائية	x_{max}	$n_0 - x_{max}$	بوفرة	x_{max}	x_{max}	x_{max}

$$n_0 = C_0 V_1 = 0,1 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

- التقدم الأعظمي x_{max} :
الماء بوفرة و بالتالي :

$$n_0 - x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = n_0 \rightarrow x_{max} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

3- إثبات $\sigma = 431 x$:

$$\sigma = \lambda(H_3O^+)[H_3O^+] + \lambda(Cl^-)[Cl^-]$$

و بالاعتماد على جدول التقدم :

$$\sigma = \lambda(H_3O^+) \frac{x}{V_s} + \lambda(Cl^-) \frac{x}{V_s} \rightarrow \sigma = \frac{\lambda(H_3O^+) \lambda(Cl^-)}{V_s} x$$

$$\sigma = \frac{35,5 \cdot 10^{-3} + 7,6 \cdot 10^{-3}}{0,1 \cdot 10^{-3} (m^3)} x \rightarrow \sigma_{(t)} = 431 x_{(t)}$$

4- تعريف زمن نصف التفاعل :

هو الزمن اللازم لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته الأعظمية .

أهميته :

المقارنة بين تفاعلين من حيث السرعة حيث كلما كان $t_{1/2}$ أقل كان التفاعل أسرع .

قيمة $t_{1/2}$:

$$\text{وجدنا سابقا : } \sigma_{1/2} = \frac{\sigma_{max}}{2} , \text{ و من العبارة } \sigma_{(t)} = 431 x_{(t)} \text{ يكون :}$$

$$\sigma_{max} = 431 x_{max} = 431 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,862 \text{ S/m} \rightarrow \sigma_{1/2} = \frac{0,862}{2} = 0,431 \text{ S/m}$$

بالإسقاط مع أخذ سلم الرسم بعين الاعتبار نجد : $t_{1/2} = 64 \text{ s}$

5- سرعة التفاعل عند $t = 0$ ، $t = 80 \text{ s}$:

- نكتب عبارة سرعة التفاعل بدلالة ميل المماس .
 $\frac{d\sigma}{dt}$

- لدينا حسب تعريف سرعة التفاعل :

$$v = \frac{dx}{dt}$$

مما سبق :

$$\sigma = 431 x \rightarrow x = \frac{1}{431} \sigma$$

و منه :

$$v = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{431} \sigma \right) \rightarrow v = \frac{1}{431} \frac{d\sigma}{dt}$$

- من البيان عند اللحظة $t = 0$:

$$\frac{d\sigma}{dt} = \frac{7,5 \cdot 0,1}{80} = 9,38 \cdot 10^{-3} \rightarrow v_1 = \frac{1}{431} \cdot 9,38 \cdot 10^{-3} = 2,17 \cdot 10^{-5} \text{ mol/s}$$

- من البيان عند اللحظة $t = 80$:

$$\frac{d\sigma}{dt} = \frac{3 \cdot 0,1}{80} = 3,75 \cdot 10^{-3} \rightarrow v_2 = \frac{1}{431} \cdot 3,75 \cdot 10^{-3} = 8,70 \cdot 10^{-6} \text{ mol/s}$$

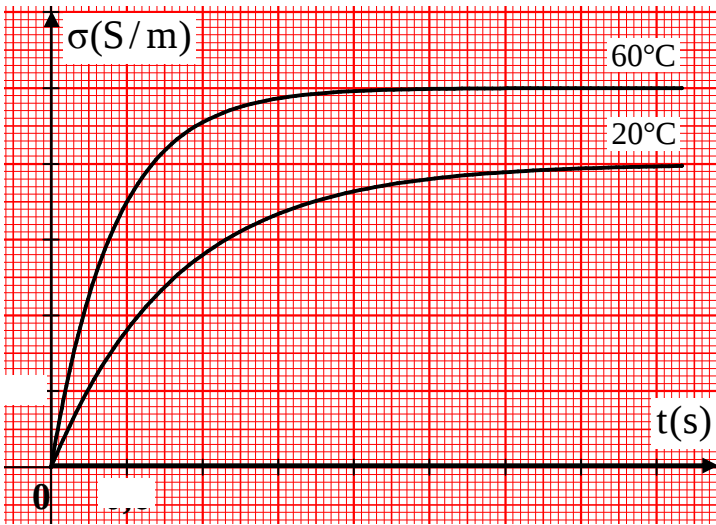
تفسير الاختلاف في النتيجة :

نلاحظ أن $v_2 < v_1$ ، الاختلاف في سرعة التفاعل يعود إلى نقصان التصادمات نتيجة تناقص تراكيز المتفاعلات أثناء التفاعل حيث أن التفاعل يكون أسرع كلما كانت التركيز الابتدائية للمتفاعلات أكبر .

6- المنحنى البياني $\sigma(t)$ عند 60°C :

تزداد سرعة التفاعل كلما ازدادت درجة الحرارة و عليه يكون المنحنى كما يلي :

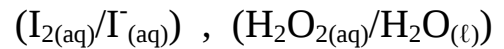
ملاحظة : لو كان للبيان قيمة حدية يكون $\sigma_{\max}$ عند الدرجة 60°C أكبر من $\sigma_{\max}$ عند الدرجة 20°C .



التمرين (8) : (التمرين : 084 في بنك التمارين على الموقع) (**))

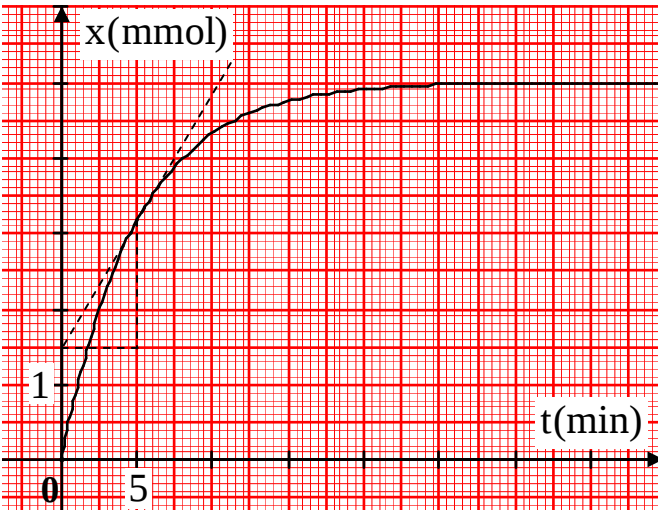
I- لدراسة حركية التفاعل الكيميائي البطيء و التام بين الماء الأكسجين $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ و محلول يود البوتاسيوم $(\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{I}^-_{(\text{aq})})$ في وسط حمضي ، مزجنا في بيشر عند اللحظة $t = 0$ حجما $V_1 = 100 \text{ mL}$ من محلول ليود البوتاسيوم $(\text{K}^+ + \text{I}^-)$ تركيزه المولي C_1 مع حجم $V_2 = 50 \text{ mL}$ من الماء الأكسجيني H_2O_2 تركيزه المولي $C_2 = 0,2 \text{ mol/L}$ و بضع قطرات من حمض الكبريت المركز $(2\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})})$.

1- أكتب معادلة التفاعل الحادث علما أن الثنائيتين (ox/red) المشاركتين في التفاعل هما :

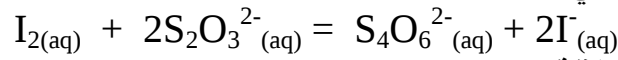


2- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل .

II- لتحديد كمية ثنائي اليود $\text{I}_{2(\text{aq})}$ المتشكلة في لحظات زمنية t ، قسمنا المزيج إلى عينات متساوية الحجم ، حجم الواحدة منها $V_0 = 15 \text{ mL}$ ، في اللحظة t_i نسكب العينة في بيشر يحتوي على ماء بارد و جليد و نشاء فيتلون المزيج بالأزرق ثم نعاير ثنائي اليود I_2 في العينة بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم $(2\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-})$ تركيزه المولي $C_3 = 0,1 \text{ mol/L}$ ، معالجة النتائج المتحصل عليها مكنتنا من رسم المنحنى $x = f(t)$ الممثل لتطور تقدم التفاعل الكيميائي المدروس في المزيج الأصلي بدلالة الزمن (الشكل-1) .



- 1- ما الغرض من سكب العينة في الماء البارد و الجليد ؟ و ما الهدف من إضافة النشاء ؟
2- معادلة تفاعل المعايرة هي كما يلي :



بين أن تقدم التفاعل (1) يعطى بالعلاقة : $x(t) = 0,5V_E$

3- اعتمادا على البيان أوجد :

أ- التقدم النهائي للتفاعل x_{max} و المتفاعل المحد ثم استنتج قيمة C_1 .

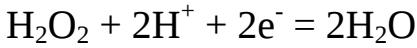
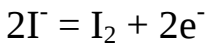
ب- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

ج- سرعة اختفاء شوارد اليود $I_{(aq)}^-$ في اللحظة $t = 5 \text{ min}$

د- حجم محلول ثيوكبريتات الصوديوم السابق للبلوغ التكافؤ من أجل عينة مأخوذة من الوسط التفاعلي عند اللحظة $t = 5 \text{ min}$.

الاجوبة :

1-I- معادلة التفاعل (1) :



2- جدول تقدم التفاعل المدروس :

الحالة	التقدم	$2I^-$	$+ H_2O_2$	$+ 2H^+$	$= I_2$	$+ 2H_2O$
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(I^-) = C_1 V_1$	$n_0(H_2O_2) = C_2 V_2$	بوفرة	0	بوفرة
انتقالية	x	$n_0(I^-) - 2x$	$n_0(H_2O_2) - x$	بوفرة	x	بوفرة
نهائية	x_{max}	$n_0(I^-) - 2x_{max}$	$n_0(H_2O_2) - x_{max}$	بوفرة	x_{max}	بوفرة

$$n_0(H_2O_2) = C_2 V_2 = 0,2 \cdot 0,05 = 10^{-2} \text{ mol}$$

1-II- 1- الغرض من سكب العينة في الماء البارد و الجليد هو توقيف التفاعل ، و الهدف من إضافة النشاء هو تحديد نقطة التكافؤ أين يختفي اللون الأزرق بنفسجي مما يدل على إختفاء كلي لثنائي اليود في العينة .

2- إثبات أن $x = 0,5V_E$:

- عند التكافؤ :

$$n_0(I_2) = \frac{n_0(S_2O_8^{2-})}{2}$$

$$n_0(I_2) = \frac{C_3 V_E}{2} \dots\dots\dots (1)$$

و هي كمية مادة I_2 في العينة .

- من جدول التقدم :

$$n(I_2) = x \dots\dots\dots (2)$$

و هي كمية مادة I_2 في الوسط التفاعلي .

- كمية مادة I_2 في العينة لا تساوي كمية مادة I_2 في الوسط التفاعلي لكن تركيزهما متساوي ، أي :

$$\frac{n(I_2)}{V_S} = \frac{n_0(I_2)}{V_0} \rightarrow \frac{x}{V_S} = \frac{\frac{C_3 V_E}{2}}{V_0} \rightarrow \frac{x}{V_S} = \frac{C_3 V_E}{2V_0} \rightarrow x = \frac{C_3 V_S V_E}{2V_0}$$

إذن :

$$x = \frac{0,1 \cdot (0,1 + 0,05) V_E}{2 \cdot 0,015} \rightarrow x = 0,5 V_E$$

3- أ- قيمة $x_{\max}$:من البيان : $x_{\max} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.

■ المتفاعل المحد :

نحسب $n_f(\text{H}_2\text{O}_2)$ ، و من جدول التقدم يكون :

$$n_f(\text{H}_2\text{O}_2) = n_0(\text{H}_2\text{O}_2) - x_{\max} = 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3} \neq 0$$

هذا يعني أن H_2O_2 ليس كتفاعل محد (بزيادة) ، إذن المتفاعل المحد هو I^- .■ قيمة C_1 :بما أن I^- هو المتفاعل المحد يكون :

$$n_0(\text{I}^-) - 2x_{\max} = 0 \rightarrow C_1 V_1 - 2x_{\max} = 0 \rightarrow C_1 = \frac{2x_{\max}}{V_1} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{0,1} = 0,1 \text{ mol/L}$$

ب- قيمة $t_{1/2}$:

$$x_{1/2} = \frac{x_{\max}}{2} : t_{1/2} \text{ حسب تعريف}$$

بالإسقاط نجد :

$$t_{1/2} = 0,7 \cdot 5 = 3,5 \text{ min}$$

ج- سرعة اختفاء I^- :- نكتب عبارة سرعة اختفاء I^- بدلالة ميل المماس $\frac{dx}{dt}$.- حسب تعريف سرعة اختفاء I^- :

$$v(\text{I}^-) = - \frac{dn(\text{I}^-)}{dt}$$

- من جدول التقدم :

$$n(\text{I}^-) = n_0(\text{I}^-) - 2x$$

و منه :

$$v(\text{I}^-) = - \frac{d(n_0(\text{I}^-) - 2x)}{dt} = - (0 - 2 \frac{dx}{dt}) \rightarrow v(\text{I}^-) = 2 \frac{dx}{dt}$$

من البيان :

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1,7 \cdot 10^{-3}}{5} = 3,4 \cdot 10^{-4} \rightarrow v(\text{I}^-) = 3,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L.min}$$

$$v(\text{I}^-) = 2 \cdot 3,4 \cdot 10^{-4} = 6,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L.min}$$

د- حجم محلول ثيوكبريتات الصوديوم اللازم لبلوغ التكافؤ عند $t = 5 \text{ min}$:

من البيان :

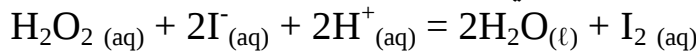
$$t = 5 \text{ min} \rightarrow x_{(5\text{min})} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

و من العلاقة السابقة $x = 0,5 V_E$ يكون :

$$x_{(5min)} = 0,5 V_{E(5min)} \rightarrow V_{E(5min)} = \frac{x_{(5min)}}{0,5} = \frac{3,2 \cdot 10^{-3}}{0,5} \rightarrow V_{E(5min)} = 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ mL}$$

التمرين (9) : (بكالوريا 2012 - علوم تجريبية) (التمرين : 038 في بنك التمارين على الموقع) (**)

لأجل الدراسة الحركية لتفاعل محلول يود البوتاسيوم مع الماء الأكسجيني ، نحضر في بيشر في اللحظة $t = 0$ المزيج التفاعلي S المشكل من الحجم $V_1 = 368 \text{ mL}$ من محلول يود البوتاسيوم الذي تركيزه المولي $C_1 = 0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ و الحجم $V_2 = 32 \text{ mL}$ من الماء الأكسجيني الذي تركيزه المولي $C_2 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ و كمية كافية من حمض الكبريت المركز ، فيتم إرجاع الماء الأكسجيني بواسطة شوارد اليود $I_{(aq)}^-$ وفق تفاعل بطيء ينتج عنه ثنائي اليود . نمذج التفاعل الكيميائي الحادث بالمعادلة الآتية :



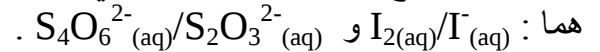
نتابع التطور الحركي للتفاعل من خلال قياس التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل في لحظات زمنية متعاقبة ، و ذلك باستعمال طريقة المعايرة اللونية الآتية :

نأخذ في اللحظة t عينة حجمها $V = 40,0 \text{ mL}$ من المزيج التفاعلي S و نسكبها في بيشر يحتوي الجليد المنصهر و النشاء ، فيتلون المزيج بالأزرق ، بعد ذلك نضيف تدريجيا إلى هذه العينة محلولاً مائياً لثيوكبريتات الصوديوم $(2Na_{(aq)}^+ + S_2O_3^{2-}(aq))$ الذي تركيزه المولي $C_3 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ إلى غاية اختفاء اللون الأزرق . باستغلال الحجم V_E لثيوكبريتات الصوديوم المضاف و معادلة تفاعل المعايرة نستنتج التركيز المولي لثنائي اليود في اللحظة t .

نعيد العملية في لحظات متعاقبة ، ثم نرسم تطور التركيز المولي لثنائي اليود $[I_{2(aq)}]$ المتشكل بدلالة الزمن t فنحصل على المنحنى البياني (الشكل-5) .

- 1- أ- ارسم بشكل تخطيطي عملية المعايرة .
- ب- ما هي الوسيلة التي نستعملها لأخذ 40 mL من المزيج التفاعلي ؟
- ج- اكتب معادلة تفاعل المعايرة .

الثنائيتان مرجع/مؤكسد المساهمتان في هذا التحول هما :

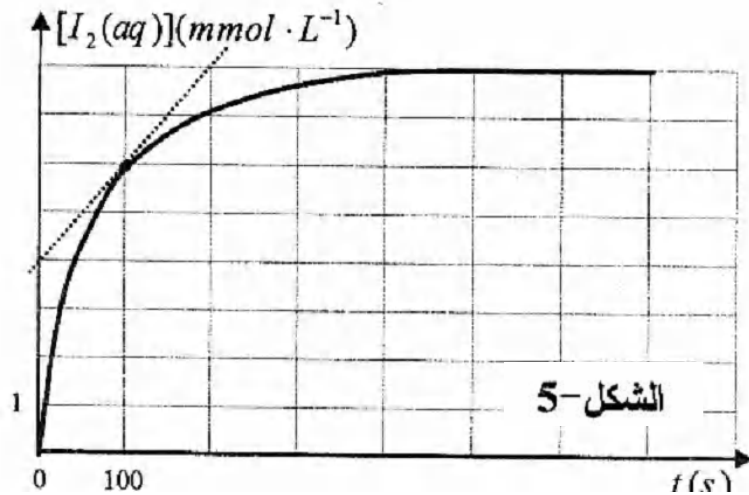


2- عرف التكافؤ ، ثم جد العبارة الحرفية الموافقة للتركيز المولي لثنائي اليود $[I_{2(aq)}]$ بدلالة الحجم V و الحجم V_E و التركيز المولي C_3 لثيوكبريتات الصوديوم .

3- أنشئ جدولاً للتقدم المميز لتفاعل يود البوتاسيوم و الماء الأكسجيني و بين أن الماء الأكسجيني هو المتفاعل المحد

4- عرف v السرعة الحمية للتفاعل ، ثم احسب قيمتها في اللحظة $t = 100 \text{ s}$.

5- جد بياينا زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

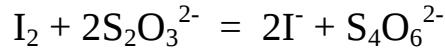
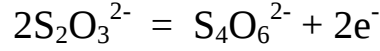
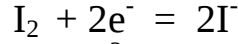


الأجوبة :

1- أ- مخطط المعايرة :

ب- الوسيلة التي نستعملها لأخذ 40 mL من المزيج التفاعلي هي ماصة عيارية بحجم 20 mL (على دفعتين)

ج- معادلة تفاعل المعايرة :



2- تعريف التكافؤ :

هو نقطة من المعايرة تتفاعل عندها كل كمية مادة النوع الكيميائي المعاير مع كل كمية مادة المحلول المعاير ، بعبارة أخرى عند التكافؤ يكون تفاعل المعايرة في الشروط الستوكيومترية .

- عبارة $[I_2]$ بدلالة V ، V_E ، C_3 :

عند التكافؤ يكون التفاعل في الشروط الستوكيومترية و اعتمادا على معادلة المعايرة يكون :

$$\frac{n_0(I_2)}{1} = \frac{n_0(S_2O_3^{2-})}{2} \rightarrow \frac{[I_2]V}{1} = \frac{C_3V_E}{2} \rightarrow [I_2] = \frac{C_3V_E}{2V}$$

3- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	$H_2O_2(aq) + 2I^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} = 2H_2O_{(l)} + I_{2(aq)}$
ابتدائية	$x = 0$	$3.2 \cdot 10^{-3}$ $1.84 \cdot 10^{-2}$ بوفرة بوفرة 0
انتقالية	x	$3.2 \cdot 10^{-3} - x$ $1.84 \cdot 10^{-2} - 2x$ بوفرة بوفرة x
نهائية	x_{max}	$3.2 \cdot 10^{-3} - x_{max}$ $1.84 \cdot 10^{-2} - 2x_{max}$ بوفرة بوفرة x_{max}

$$n_0(H_2O_2) = C_2V_2 = 0,1 \cdot 0,032 = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_0(I^-) = C_1V_1 = 0,05 \cdot 0,368 = 1,84 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

■ اثبات أن الماء الأكسجيني هو المتفاعل المحد :

- بفرض أن H_2O_2 متفاعل محد :

$$3,2 \cdot 10^{-3} - x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

- بفرض أن I^- متفاعل محد :

$$1,84 \cdot 10^{-2} - 2x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = 9,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

إذن : $x_{max} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ و المتفاعل المحد هو الماء الأكسجيني H_2O_2 .

4- تعريف السرعة الحجمية للتفاعل :

السرعة الحجمية هي سرعة التفاعل في وحدة الحجم .

- قيمة السرعة الحجمية :

- نكتب عبارة السرعة الحجمية بدلالة ميل مماس المنحنى $\frac{d[I_2]}{dt}$.

- لدينا حسب تعريف السرعة الحجمية للتفاعل :

$$v_{\text{vol}} = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$$

اعتمادا على جدول التقدم :

$$[I_2] = \frac{x}{V} \rightarrow x = V[I_2]$$

و منه :

$$v_{\text{vol}} = \frac{1}{V} \frac{d(V[I_2])}{dt} \rightarrow v_{\text{vol}} = \frac{d[I_2]}{dt}$$

من البيان عند اللحظة $t = 100 \text{ s}$:

$$\frac{d[I_2]}{dt} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{200} = 2 \cdot 10^{-5} \rightarrow v = 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L.min}$$

5- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

- نحسب $[I_2]_{1/2}$.

- من جدول التقدم :

$$[I_2]_{1/2} = \frac{x_{1/2}}{V_s}$$

حسب تعريف $t_{1/2}$:

$$x_{1/2} = \frac{x_{\text{max}}}{2} = \frac{3,2 \cdot 10^{-3}}{2} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

ومنه :

$$[I_2]_{1/2} = \frac{1,6 \cdot 10^{-3}}{0,4} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

بالإسقاط نجد : $t_{1/2} = 40 \text{ s}$

التمرين (10) : (التمرين : 093 في بنك التمارين على الموقع (**)

لدراسة حركية التحول الكيميائي الحادث بين الألمنيوم Al و محلول حمض كلور الهيدروجين $(\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-)$ ، نضع عند درجة الحرارة 25°C في بيشر كتلة $m = 27 \text{ mg}$ من الألمنيوم و نضيف إليها عند اللحظة $t = 0$ حجما $V = 20 \text{ mL}$ من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي $C = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ ، نمنذج التحول الحادث بالمعادلة الكيميائية التالية :



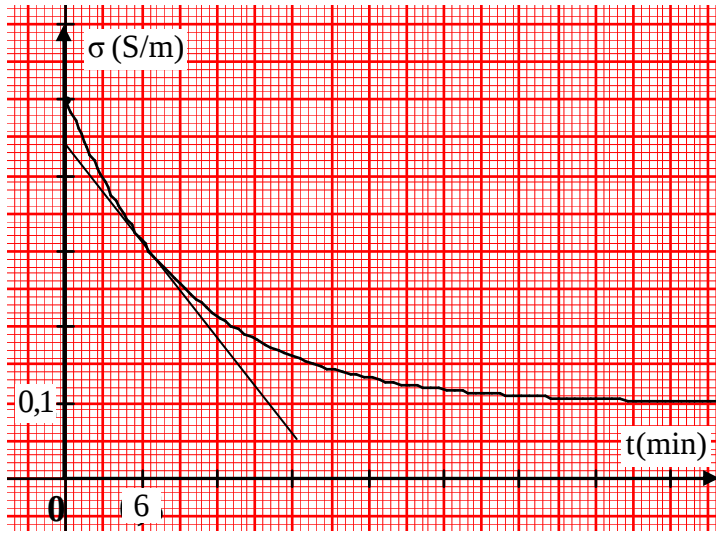
1- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل .

2- أحسب التقدم الأعظمي x_{max} و حدد المتفاعل المحد .

3- إن متابعة التحول الكيميائي الحادث عن طريق قياس الناقلية النوعية σ للمزيج التفاعلي مكنت من رسم بيان الشكل التالي و الممثل لتغيرات الناقلية النوعية بدلالة الزمن $\sigma(t)$.

أ- أثبت أن عبارة الناقلية النوعية $\sigma(t)$ بدلالة تقدم التفاعل x هي من الشكل : $\sigma = a x + b$ ، حيث a ، b ثابتان يطلب كتابة عبارتيهما .

ب- ما هو المدلول الفيزيائي للمقدار b .



ج- بين أن : $\sigma = -1,01 \cdot 10^4 x + 0,511$.
د- بين أن سرعة التفاعل عند اللحظة t تعطى

بالعبارة : $v = - \frac{1}{1,01 \cdot 10^4} \frac{d\sigma}{dt}$

ثم أحسب قيمتها عند اللحظة $t = 6 \text{ min}$.

ج- جد قيمة زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

يعطى : $M(\text{Al}) = 27 \text{ g/mol}$ ،

$$\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) = 35 \text{ mSm}^2/\text{mol}$$

$$\lambda(\text{Al}^{3+}) = 4.0 \text{ mSm}^2/\text{mol}$$

$$\lambda(\text{Cl}^-) = 7,6 \text{ mSm}^2/\text{mol}$$

الأجوبة :

1- جدول التقدم :

		$2\text{Al} + 6\text{H}_3\text{O}^+ = 2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$				
ابتدائية	x =0	$n_0(\text{Al})$	$n_0(\text{H}_3\text{O}^+)$	0	0	بوفرة
انتقالية	x	$n_0(\text{Al}) - 2x$	$n_0(\text{H}_3\text{O}^+) - 6x$	2x	3x	بوفرة
نهائية	x_{max}	$n_0(\text{Al}) - 2x_{\text{max}}$	$n_0(\text{H}_3\text{O}^+) - 6x_{\text{max}}$	$2x_{\text{max}}$	$3x_{\text{max}}$	بوفرة

$$\bullet n_0(\text{Al}) = \frac{m}{M} = \frac{27 \cdot 10^{-3}}{27} = 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\bullet n_0(\text{H}_3\text{O}^+) = CV = 1,2 \cdot 10^{-2} \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

2- المتفاعل المحد و قيمة x_{max} :

- بفرض أن Al متفاعل محد :

$$n_0(\text{Al}) - 2x_{\text{max}} = 0 \rightarrow x_{\text{max}} = \frac{n_0(\text{Al})}{2} = \frac{10^{-3}}{2} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} .$$

- بفرض أن H₃O⁺ متفاعل محد :

$$n_0(\text{H}_3\text{O}^+) - 6x_{\text{max}} = 0 \rightarrow x_{\text{max}} = \frac{n_0(\text{H}_3\text{O}^+)}{6} = \frac{2,4 \cdot 10^{-4}}{6} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

إذن : $x_{\text{max}} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$ و المتفاعل المحد هو H₃O⁺ .

3- أ- عبارة σ بدلالة حجم المزيج V_S و الناقلات النوعية المولية الشاردية :

$$\sigma = \lambda(\text{H}_3\text{O}^+) [\text{H}_3\text{O}^+] + \lambda(\text{Al}^{3+}) [\text{Al}^{3+}] + \lambda(\text{Cl}^-) [\text{Cl}^-]$$

اعتمادا على جدول التقدم :

$$\sigma = \lambda(\text{H}_3\text{O}^+) \frac{CV - 6x}{V} + \lambda(\text{Al}^{3+}) \frac{2x}{V} + \lambda(\text{Cl}^-) \frac{CV}{V}$$

$$\sigma = \lambda(\text{H}_3\text{O}^+) \frac{CV}{V} - \lambda(\text{H}_3\text{O}^+) \frac{6x}{V} + \lambda(\text{Al}^{3+}) \frac{2x}{V} + \lambda(\text{Cl}^-) \frac{CV}{V}$$

$$\sigma = \lambda(\text{H}_3\text{O}^+) C - \lambda(\text{H}_3\text{O}^+) \frac{6x}{V} + \lambda(\text{Al}^{3+}) \frac{2x}{V} + \lambda(\text{Cl}^-) \frac{CV}{V}$$

$$\sigma = \frac{2\lambda(\text{Al}^{3+}) + 6\lambda(\text{H}_3\text{O}^+)}{V} x + (\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) + \lambda(\text{Cl}^-))C$$

بالمطابقة مع العبارة $\sigma = ax + b$ نجد :

$$a = \frac{2\lambda(\text{Al}^{3+}) + 6\lambda(\text{H}_3\text{O}^+)}{V_s}$$

$$b = (\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) + \lambda(\text{Cl}^-))C$$

ب- المدلول الفيزيائي للمقدار b : الناقلية النوعية σ عند اللحظة $t = 0$ أين يكون $x = 0$ و نكتب : $b = \sigma_0$
ج- قيمتي a و b :

$$a = \frac{(2.4 \cdot 10^{-3}) - (6.35 \cdot 10^{-3})}{20 \cdot 10^{-6}} = -1,01 \cdot 10^4$$

$$b = (35 \cdot 10^{-3} + 7,6 \cdot 10^{-3}) 12 = 0,511$$

$$\sigma = -1,01 \cdot 10^4 + 0,511$$

د- عبارة سرعة التفاعل :

- حسب تعريف سرعة التفاعل :

$$v = \frac{dx}{dt}$$

مما سبق :

$$\sigma = -1,01 \cdot 10^4 x + 0,511$$

$$1,01 \cdot 10^4 x = 0,511 - \sigma \rightarrow x = \frac{0,511 - \sigma}{1,01 \cdot 10^4}$$

و منه :

$$v = \frac{d}{dt} \left(\frac{0,511 - \sigma}{1,01 \cdot 10^4} \right) = \frac{1}{1,01 \cdot 10^4} \left(0 - \frac{d\sigma}{dt} \right) \rightarrow v = - \frac{1}{1,01 \cdot 10^4} \frac{d\sigma}{dt}$$

- سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 6 \text{ min}$:

- من البيان عند اللحظة $t = 6 \text{ min}$:

$$\frac{d\sigma}{dt} = - \frac{1,3 \cdot 0,1}{6} = -2,16 \cdot 10^{-2} \rightarrow v = - \frac{1}{1,01 \cdot 10^4} (-2,16 \cdot 10^{-2}) = 2,14 \cdot 10^{-6} \text{ mol/min}$$

ج- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

- نحسب $\sigma_{1/2}$ و من عبارة σ السابقة :

$$\sigma_{1/2} = -1,01 \cdot 10^4 x_{1/2} + 0,511$$

- حسب تعريف $t_{1/2}$:

$$x_{1/2} = \frac{x_{\max}}{2} = \frac{4 \cdot 10^{-5}}{2} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

و منه :

$$\sigma_{1/2} = (-1,01 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 10^{-5}) + 0,511 = 0,309 \text{ S/m}$$

بالإسقاط في البيان مع أخذ سلم الرسم بعين الاعتبار نجد : $t_{1/2} = 6 \text{ min}$

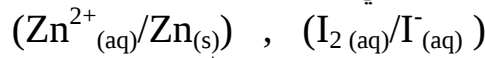
$$t_{1/2} = 0,9 \cdot 6 = 5,4 \text{ min}$$

$$\sigma_{1/2} = \frac{\sigma_0 + \sigma_f}{2} : \text{ يمكن أيضا حساب } t_{1/2} \text{ بالاعتماد على العلاقة :}$$

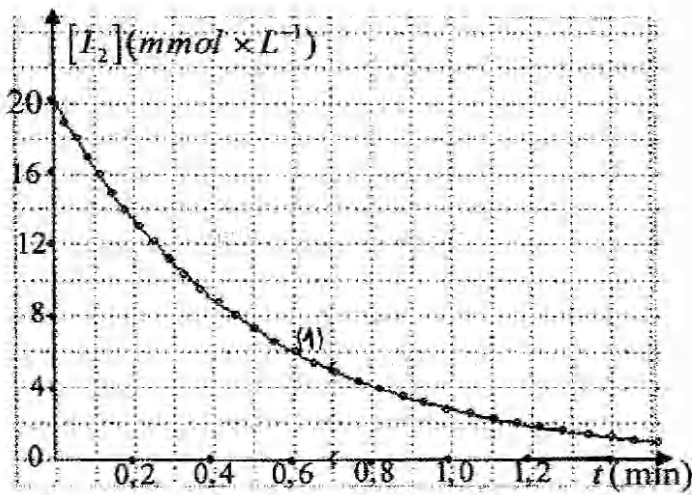
التمرين (11) : (التمرين : 039 في بنك التمارين على الموقع) (**)

نأخذ عينة من منظف طبي للجروح عبارة عن سائل يحتوي أساسا على ثنائي اليود $I_2(aq)$ تركيزه المولي C_0 .
نضيف لها قطعة من الزنك $Zn(s)$ فنلاحظ تناقص الشدة اللونية للمنظف .

1- أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحويل الكيميائي الحادث ، علما أن الشائيتين الداخليتين في التفاعل هما :



2- التجربة الأولى : عند درجة الحرارة $20^\circ C$ نضيف إلى حجم $V = 50 \text{ mL}$ من المنظف قطعة من Zn ،
و نتابع عن طريق المعايرة تغيرات $[I_{2(aq)}]$ بدلالة الزمن t فنحصل على البيان $[I_{2(aq)}] = f(t)$ (الشكل) .



أ- اقترح بروتوكولا تجريبيا للمعايرة المطلوبة مع رسم الشكل التخطيطي .

ب- عرف السرعة الحجمية لاختفاء I_2 مبينا طريقة حسابها بيانيا .

ج- كيف تتطور السرعة الحجمية لاختفاء I_2 مع الزمن ؟
فسر ذلك .

3- التجربة الثانية : نأخذ نفس الحجم V من نفس العينة عند الدرجة $20^\circ C$ ، نضعها في حوجة عيارية سعتها 100 mL ثم نكمل الحجم بواسطة الماء المقطر إلى خط العيار و نسكب محتواها في بيشر و نضيف إلى المحلول قطعة من الزنك .

توقع شكل البيان (2) $[I_{2(aq)}] = f(t)$ و ارسمه ، كيفيا ،

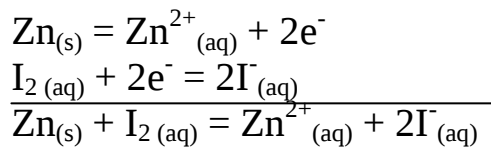
في نفس المعلم مع البيان (1) للتجربة الأولى . علل .

4- التجربة الثالثة : نأخذ نفس الحجم V من نفس العينة ، ترفع درجة الحرارة إلى $80^\circ C$ ، توقع شكل البيان (3) $[I_{2(aq)}] = f(t)$ و ارسمه كيفيا ، في نفس المعلم السابق .

5- ما هي العوامل الحركية التي تبرزها هذه التجارب ؟ ماذا تستنتج ؟

الأجوبة :

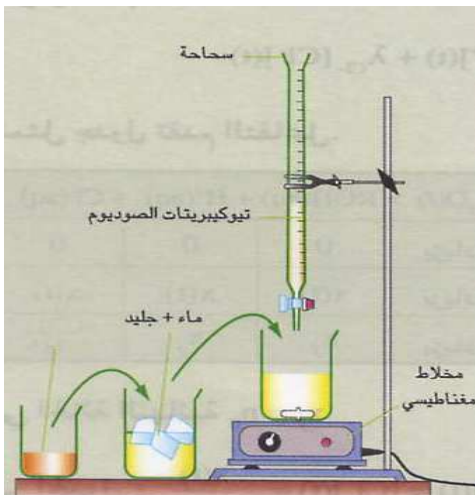
1- معادلة التفاعل :



2- أ- البروتوكول التجريبي :

- نأخذ عينات مختلفة متساوية الحجم من الوسط التفاعلي .

- نضع في السحاحة محلول مرجع مثل ثيوكبريتات الصوديوم و نضبط مستوى المحلول عند التدريجة صفر .



- عند لحظة t_1 معينة نضيف قطع من الجليد إلى العينة المراد معايرتها بغرض توقيف التفاعل ثم نضيف لها قطرات من صمغ النشاء فيتلون محلول العينة بالأزرق البنفسجي .
- نضيف قطرة قطرة من المحلول المرجع الموجود في السحاحة حتى يختفي اللون الأزرق مما يدل على بلوغ التكافؤ .

- من عبارة التكافؤ نستنتج تركيز I_2 في العينة و هو نفسه تركيز I_2 في الوسط التفاعلي .

- نعيد نفس العملية عند لحظات أخرى مختلفة و ندون النتائج في جدول .

ب- تعريف السرعة الحجمية لاختفاء I_2 :

هي سرعة اختفاء I_2 وحدة الحجم للوسط التفاعلي .

- لحساب سرعة اختفاء I_2 اعتمادا على المنحنى $[I_2] = f(t)$ نقوم بما يلي :

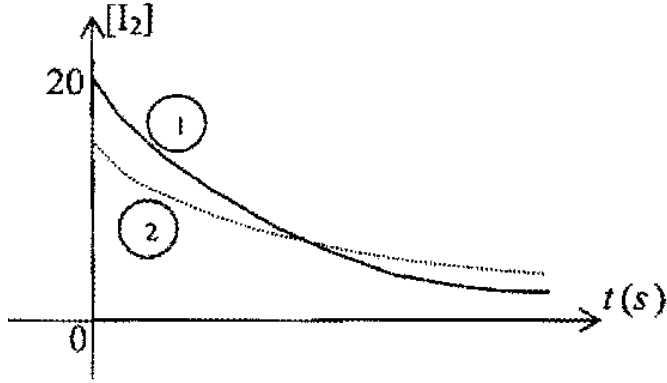
■ نعبر عن سرعة اختفاء I_2 بدلالة ميل مماس المنحنى $\frac{d[I_2]}{dt}$.

■ نحسب ميل مماس المنحنى $[I_2] = f(t)$ و اعتمادا على العلاقة الأخيرة نحسب قيمة سرعة اختفاء I_2 .

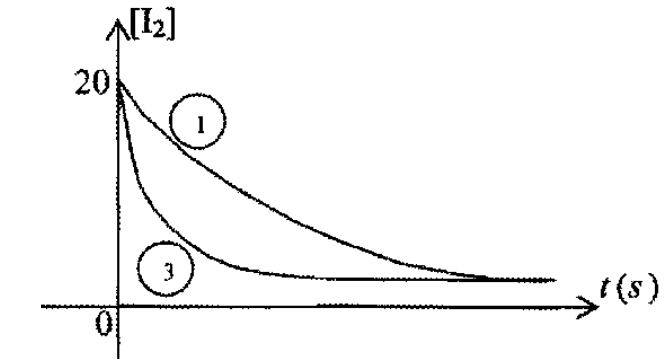
ج- السرعة الحجمية لاختفاء I_2 تتناقص مع مرور الزمن بسبب تناقص تركيز الوسط التفاعلي بـ I_2 . يفسر ذلك بتناقص التصادمات الفعالة التي تتناقص بتناقص التركيز .

3- البيان (2) :

عند التمديد تتناقص تراكيز الأفراد الكيميائية المتفاعلة في الوسط التفاعلي و بتناقصها تتناقص سرعة التفاعل نتيجة تناقص التصادمات الفعالة ، إذن يكون البيان (2) كما يلي :



4- بارتفاع درجة الحرارة تزداد سرعة التفاعل بفعل ازدياد التصادمات الفعالة و عليه يكون البيان (3) كما يلي :



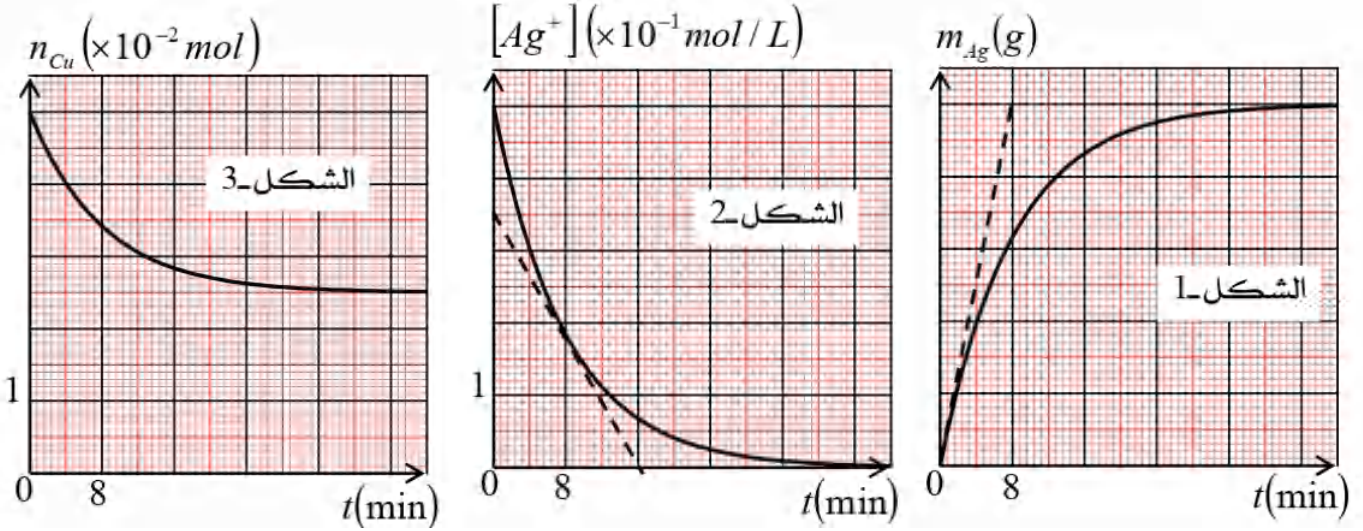
5- العوامل الحركية التي تبرزها هذه التجربة هي :

• التركيز المولي للمتفاعلات .

• درجة الحرارة .

التمرين (12) : (التمرين : 032 في بنك التمارين على الموقع) (**) :

لغرض المتابعة الزمنية لتحول كيميائي بطيء و تام نغمر في اللحظة $t = 0$ قطعة من معدن النحاس النقي $Cu_{(s)}$ كتلتها m_0 في محلول (S_0) لنترات الفضة $(Ag^+_{(aq)} + NO_3^-_{(aq)})$ حجمه V_0 و تركيزه المولي C_0 .
الدراسة التجريبية مكنتنا من رسم المنحنيات البيانية $m_{Ag} = f(t)$ و $[Ag^+] = g(t)$ ، $n_{Cu} = h(t)$ الموضحة في الشكل-1 و الشكل-2 و الشكل-3 على الترتيب .



- 1- اكتب معادلة الأكسدة الإرجاعية بناء على المعادلتين النصفيتين للأكسدة و الإرجاع علما أن الشائيتين المشاركتين في التفاعل هما : $(\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} / \text{Cu}_{(\text{s})})$ ، $(\text{Ag}^{+}_{(\text{aq})} / \text{Ag}_{(\text{s})})$.
- 2- أنشئ جدولاً لتقدم هذا التفاعل .
- 3- اعتماداً على جدول تقدم التفاعل و المنحنيات البيانية :
 - أ- حدد المتفاعل المحد و قيمة التقدم الأعظمي X_{max} .
 - ب- جد قيمة كل من المقادير التالية : m_0 و C_0 و V_0 .
- 4- جد سلماً مناسباً لمحور الترتيب للمنحنى $m_{\text{Ag}} = f(t)$.
- 5- أ- عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.
- ب- بين أنه لما $t = t_{1/2}$ يمكن كتابة العبارات :

$$m(\text{Ag})_{1/2} = \frac{m_f(\text{Ag})}{2}$$

$$n_{1/2}(\text{Cu}) = \frac{n_0(\text{Cu}) + n_f(\text{Cu})}{2}$$

$$[\text{Ag}^{+}]_0 = \frac{[\text{Ag}^{+}]_0}{2}$$

ثم استنتج بيانياً قيمة $t_{1/2}$.

$$v(t) = A \frac{dm(\text{Ag})_{(t)}}{dt} \quad \text{أ- بين أن عبارة سرعة التفاعل } v(t) \text{ تكتب بالشكل :}$$

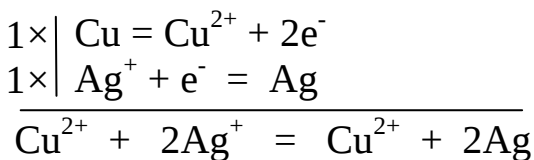
حيث A ثابت يطلب إيجاد عبارته .

ب- احسب قيمة سرعة التفاعل $v(t)$ الأعظمية .

المعطيات : $M(\text{Ag}) = 108 \text{ g.mol}^{-1}$ ، $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$.

الأجوبة :

1- معادلة الأكسدة الإرجاعية :



2- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	Cu	+	2Ag ⁺	=	Cu	+	2Ag
ابتدائية	x = 0	n ₀ (Cu)		n ₀ (Ag ⁺)		0		0
انتقالية	x	n ₀ (Cu) - x		n ₀ (Ag ⁺) - 2x		x		2x
نهائية	x _{max}	n ₀ (Cu) - x _{max}		n ₀ (Ag ⁺) - 2x _{max}		x _{max}		2x _{max}

3- أ- المتفاعل المحد :

من منحنى الشكل-2 ، لدينا : $[Ag^+]_f = 0$. هذا يعني أن Ag^+ هو المتفاعل المحد :

- قيمة x_{max} :

من منحنى الشكل-3 لدينا :

$$\bullet n_f(Cu) = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol .}$$

$$\bullet n_0(Cu) = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

من جدول التقدم :

$$n_f(Cu) = n_0(Cu) - x_{max} \rightarrow x_{max} = n_0(Cu) - n_f(Cu)$$

$$x_{max} = 5 \cdot 10^{-2} - 2,5 \cdot 10^{-2} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

ب- قيمة m₀ :

$$n_0(Cu) = \frac{m_0}{M} \rightarrow m_0 = M \cdot n_0(Cu)$$

من منحنى الشكل-3 :

$$m_0(Cu) = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \rightarrow m_0 = 63,5 \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 3,18 \text{ g}$$

- قيمة C₀ :

من منحنى الشكل-2 :

$$[Ag^+]_0 = 5 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L} \rightarrow C_0 = [Ag^+]_0 = 0,5 \text{ mol/L}$$

قيمة V₀ :

مما سبق Ag^+ هي المتفاعل المحد و عليه من جدول التقدم يكون :

$$n_0(Ag^+) - 2 x_{max} = 0$$

$$C_0 V_0 - 2 x_{max} = 0 \rightarrow V_0 = \frac{2x_{max}}{C_0}$$

$$V_0 = \frac{2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2}}{0,5} = 0,1 \text{ L} = 100 \text{ mL}$$

4- سلم الرسم :

- نحسب أولاً $m_f(Ag)$:

- من جدول التقدم :

$$m_f(Ag) = 2x_{max} = 2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

و لدينا :

$$n_f(Ag) = \frac{m_f(Ag)}{M} \rightarrow m_f(Ag) = M \cdot n_f(Ag)$$

$$m_f(Ag) = 1008 \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 5,4 \text{ g}$$

من منحنى الشكل-1 :

$$\begin{cases} 5,4 \text{ g} \rightarrow 5 \text{ cm} \\ x \rightarrow 1 \text{ cm} \end{cases}$$

أي سلم الرسم في هذا البيان هو :

$$1 \text{ cm} \rightarrow 1,08 \text{ g}$$

5- تعريف زمن نصف التفاعل :

هو الزمن اللازم لبوغ تقدم التفاعل نصف قيمته الأعظمية .

$$\text{ب- إثبات أن } m_{1/2}(\text{Ag}) = \frac{m_f(\text{Ag})}{2}$$

اعتمادا على جدول التقدم :

$$n_{(t)}(\text{Ag}) = 2x_{(t)}$$

$$\frac{m_{(t)}(\text{Ag})}{M} = 2 x_{(t)} \rightarrow m_{(t)}(\text{Ag}) = 2M \cdot x_{(t)}$$

عند اللحظة t_f نكتب :

$$m_f(\text{Ag}) = 2M \cdot x_{\max} \quad \dots\dots\dots (1)$$

عند اللحظة $t_{1/2}$ نكتب :

$$m_{1/2}(\text{Ag}) = 2M \cdot x_{1/2}$$

حسب تعريف $t_{1/2}$ يكون : $x_{1/2} = \frac{x_{\max}}{2}$ و منه :

$$m_{1/2}(\text{Ag}) = 2M \cdot \frac{x_{\max}}{2}$$

$$m_{1/2}(\text{Ag}) = M \cdot x_{\max} \quad \dots\dots\dots (2)$$

من العلاقة (3) : $x_{\max} = \frac{m_g(\text{Ag})}{2M}$ بالتعويض في العلاقة (4) :

$$m_{1/2}(\text{Ag}) = M \cdot \frac{m_f(\text{Ag})}{2M} \rightarrow m_{1/2}(\text{Ag}) = \frac{m_f(\text{Ag})}{2}$$

طريقة أخرى :

نضرب طرفي العلاقة (2) في 2 ، نجد :

$$2m_{1/2}(\text{Ag}) = 2M \cdot x_{\max}$$

من (1) : $2M \cdot x_{\max} = n_f(\text{Ag})$ و منه يصبح :

$$2m_{1/2}(\text{Ag}) = n_f(\text{Ag}) \rightarrow m_{1/2}(\text{Ag}) = \frac{n_f(\text{Ag})}{2}$$

$$\text{إثبات } n(\text{Cu})_{1/2} = \frac{n_0(\text{Cu}) + n_f(\text{Cu})}{2}$$

من جدول التقدم :

$$n(\text{Cu}) = n_0(\text{Cu}) - x$$

عند اللحظة t_f نكتب :

$$n_f(\text{Cu}) = n_0(\text{Cu}) - x_{\max} \quad \dots\dots\dots (1)$$

عند اللحظة $t_{1/2}$ نكتب :

$$n_{1/2}(\text{Cu}) = n_0(\text{Cu}) - x_{1/2}$$

حسب تعريف $t_{1/2}$: $x_{1/2} = \frac{x_{\max}}{2}$ و منه :

$$n_{1/2}(\text{Cu}) = n_0(\text{Cu}) - \frac{x_{\max}}{2} \dots\dots\dots (2)$$

نضرب طرفي العلاقة (2) في (2) :

$$2n_{1/2}(\text{Cu}) = 2n_0(\text{Cu}) - 2 \frac{x_{\max}}{2} \rightarrow 2n_{1/2}(\text{Cu}) = 2n_0(\text{Cu}) - \frac{x_{\max}}{2}$$

$$2n_{1/2}(\text{Cu}) = n_0(\text{Cu}) + n_0(\text{Cu}) - \frac{x_{\max}}{2}$$

و من العلاقة (1) : $n_0(\text{Cu}) - \frac{x_{\max}}{2} = n_f(\text{Cu})$ ، يصبح :

$$2n_{1/2}(\text{Cu}) = n_0(\text{Cu}) + n_f(\text{Cu}) \rightarrow n_{1/2}(\text{Cu}) = \frac{n_0(\text{Cu}) + n_f(\text{Cu})}{2}$$

■ إثبات : $[Ag^+]_0 = \frac{[Ag^+]_0}{2}$
من جدول التقدم :

$$[Ag^+]_{(t)} = \frac{n_0(Ag^+) - 2x}{V_S} \rightarrow [Ag^+]_{(t)} = \frac{[Ag^+]_0 V_0 - 2x}{V_S}$$

عند اللحظة t_f نكتب :

$$[Ag^+]_f = \frac{[Ag^+]_0 V_0 - 2x_{\max}}{V_S} = 0$$

لأن Ag^+ متفاعل محد ، و منه :

$$[Ag^+]_0 V_0 - 2x_{\max} = 0 \dots\dots\dots (1)$$

عند اللحظة $t_{1/2}$ نكتب :

$$[Ag^+]_{1/2} = \frac{[Ag^+]_0 V_0 - 2x_{1/2}}{V_S}$$

حسب تعريف $t_{1/2}$ يكون : $x_{1/2} = \frac{x_{\max}}{2}$ و منه :

$$[Ag^+]_{1/2} = \frac{[Ag^+]_0 V_0 - 2 \frac{x_{\max}}{2}}{V_S}$$

$$[Ag^+]_{1/2} = \frac{[Ag^+]_0 V_0 - x_{\max}}{V_S} \dots\dots\dots (2)$$

نضرب طرفي العلاقة (2) في 2 نجد :

$$2[Ag^+]_{1/2} = \frac{2[Ag^+]_0 V_0 - 2x_{\max}}{V_s}$$

$$2[Ag^+]_{1/2} = \frac{[Ag^+]_0 V_0 + [Ag^+]_0 V_0 - 2x_{\max}}{V_s}$$

من العلاقة (1) : $[Ag^+]_0 V_0 - 2x_{\max} = 0$ و منه يصبح :

$$2[Ag^+]_{1/2} = \frac{[Ag^+]_0 V_0}{V_s} \quad (V_s = V)$$

$$2[Ag^+]_{1/2} = [Ag^+]_0 \rightarrow [Ag^+]_{1/2} = \frac{[Ag^+]_0}{2}$$

قيمة $t_{1/2}$:

بالإعتماد على العلاقات الأخيرة مع أخذ سلم الرسم بعين الاعتبار : $t_{1/2} = 0,7 \cdot 8 = 5,6 \text{ min}$
6-أ- عبارة A :

- نكتب أولاً عبارة سرعة التفاعل بدلالة ميل المماس $\frac{dm(Ag)}{dt}$.

- حسب تعريف سرعة التفاعل :

$$v = \frac{dx}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

وجدنا سابقاً :

$$m_{(t)}(Ag) = 2M \cdot x_{(t)} \rightarrow x = \frac{m(Ag)}{2M}$$

و منه :

$$v = \frac{d}{dt} \left(\frac{m(Ag)}{2M} \right) \rightarrow v = \frac{1}{2M} \frac{dm(Ag)}{dt}$$

بالمطابقة مع عبارة سرعة التفاعل المعطاة نجد : $A = \frac{1}{2M}$.

ب- قيمة سرعة التفاعل الأعظمية :

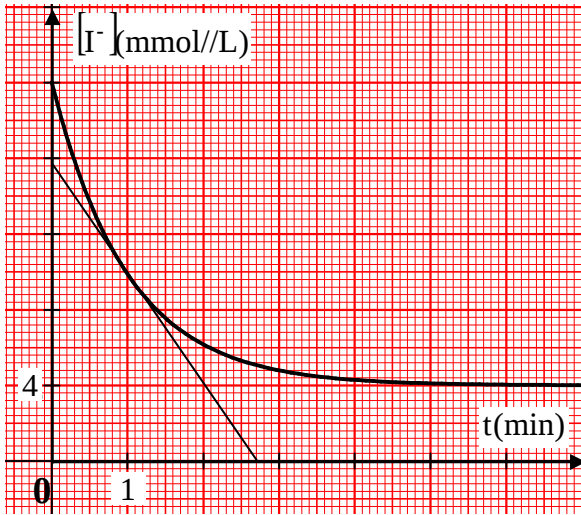
سرعة التفاعل تتناقص بمرور الزمن نتيجة تناقص التراكيز المولية للمتفاعلات و بالتالي تكون السرعة أعظمية عند اللحظة $t = 0$ ، و من بيان الشكل-1 عند اللحظة $t = 0$ يكون :

$$\frac{dm(Ag)}{dt} = \frac{5 \cdot 1,08}{8} = 0,675 \rightarrow v = \frac{1}{2 \cdot 108} (0,675) = 3,125 \cdot 10^{-3} \text{ mol/min}$$

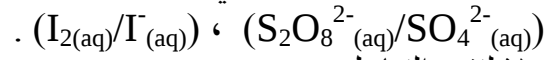
التمرين (13) : (التمرين : 058 في بنك التمارين على الموقع) (**)

نمزج عند اللحظة $t = 0$ ، حجماً $V_1 = 200 \text{ mL}$ من محلول يود البوتاسيوم $(K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)})$ تركيزه المولي C_1 (مجهول) مع حجم $V_2 = 200 \text{ mL}$ من محلول مائي لبيروكسودي كبريات البوتاسيوم

$[I^-]$ (مجهول) ، المنحنى البياني التالي يمثل تطور تركيز شوارد اليود $[I^-]$ المتبقية في الوسط التفاعلي بدلالة الزمن .



1- أكتب معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية المنمذج للتحويل الكيميائي الحاصل علما أن الثنائيتين الداخلتين في التحويل هما :



2- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل .

3- اعتماداً على البيان :

أ- استنتج التركيز المولي C_1 لمحول يود البوتاسيوم .

ب- عين المتفاعل المحد .

ج- جد قيمة التقدم الأعظمي x_{max} وكذا التركيز المولي C_2 لمحول بيروكسوديكرات البوتاسيوم .

4- بين أن التركيز المولي لليود المتشكل $I_2(aq)$ في كل لحظة t يعطى بالعلاقة :

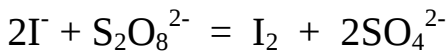
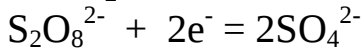
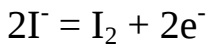
$$V_s = V_1 + V_2 : \text{حيث} , [I_2(aq)] = \frac{C_1 V_1}{2 V_s} - \frac{[I^-]_{(aq)}}{2}$$

5- أحسب السرعة الحجمية لتشكل ثنائي اليود عند اللحظة $t = 1 \text{ min}$.

6- عرف زمن نصف التفاعل ، و حدد قيمته بيانياً .

الأجوبة :

1- معادلة الأكسدة الإرجاعية :



2- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	$2I^-$	$+ S_2O_8^{2-}$	$= I_2$	$+ 2SO_4^{2-}$
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(I^-)$	$n_0(S_2O_8^{2-})$	0	0
انتقالية	x	$n_0(I^-) - 2x$	$n_0(S_2O_8^{2-}) - x$	x	$2x$
نهائية	x_{max}	$n_0(I^-) - 2x_{max}$	$n_0(S_2O_8^{2-}) - x_{max}$	x_{max}	$2x_{max}$

3- أ- قيمة C_1 :

من البيان :

$$[I^-]_0 = 5.4 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

و اعتماداً على جدول التقدم :

$$[I^-]_0 = \frac{n_0(I^-)}{V_1 + V_2} = \frac{C_1 V_1}{V_1 + V_2} \rightarrow C_1 = \frac{[I^-]_0 (V_1 + V_2)}{V_1}$$

$$C_1 = \frac{2 \cdot 10^{-2} (0,2 + 0,2)}{0,2} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

ب- المتفاعل المحد :

بما أن I^- لم يختفي كلياً في نهاية التفاعل ، فإن المتفاعل المحد هو $S_2O_8^{2-}$.

ج- قيمة $x_{\max}$:
من البيان :

$$[I^-]_f = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

و اعتمادا على جدول التقدم :

$$[I^-]_f = \frac{n_0(I^-) - 2x_{\max}}{V_1 + V_2} \rightarrow [I^-]_f = \frac{C_1 V_1 - 2x_{\max}}{V_1 + V_2} \rightarrow [I^-]_f (V_1 + V_2) = C_1 V_1 - 2x_{\max}$$

$$2x_{\max} = C_1 V_1 - [I^-]_f (V_1 + V_2) \rightarrow x_{\max} = \frac{C_1 V_1 - [I^-]_f (V_1 + V_2)}{2}$$

$$x_{\max} = \frac{(4 \cdot 10^{-2} \cdot 0,2) - (4 \cdot 10^{-3} (0,2 + 0,2))}{2} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

- قيمة C_2 :
بما أن $S_2O_8^{2-}$ متفاعل محد يكون من جدول التقدم :

$$C_2 V_2 - x_{\max} = 0 \rightarrow C_2 = \frac{x_{\max}}{V_2} \rightarrow C_2 = \frac{3,2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{0,2} = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$4- \text{إثبات : } [I_2(aq)] = \frac{C_1 V_1}{2(V_1 + V_2)} - \frac{[I^-]_{(aq)}}{2}$$

اعتمادا على جدول التقدم :

$$\bullet n(I^-) = C_1 V_1 - 2x \dots\dots\dots (1)$$

$$\bullet n(I_2) = x \dots\dots\dots (2)$$

من (2) : $x = n(I_2)$ ، بالتعويض في (1) :

$$n(I^-) = C_1 V_1 - 2n(I_2)$$

$$[I^-] (V_1 + V_2) = C_1 V_1 - 2[I_2] (V_1 + V_2)$$

نقسم الطرفين على $(V_1 + V_2)$:

$$[I^-] = \frac{C_1 V_1}{V} - 2[I_2] \rightarrow 2[I_2] = \frac{C_1 V_1}{V_1 + V_2} - [I^-] \rightarrow [I_2] = \frac{C_1 V_1}{2(V_1 + V_2)} - \frac{[I^-]}{2}$$

5- السرعة الحجمية لتشكل I_2 :

- نكتب عبارة السرعة الحجمية لتشكل I_2 بدلالة ميل المماس $\frac{d[I^-]}{dt}$.

- حسب تعريف السرعة الحجمية لتشكل I_2 :

$$v_{\text{vol}}(I_2) = \frac{1}{V_1 + V_2} \frac{dn(I_2)}{dt} = \frac{1}{V_1 + V_2} \frac{d[I_2](V_1 + V_2)}{dt} \rightarrow v_{\text{vol}}(I_2) = \frac{d[I_2]}{dt}$$

- مما سبق :

$$[I_2] = \frac{C_1 V_1}{2V_s} - \frac{[I^-]}{2}$$

بالتعويض في عبارة السرعة :

$$v_{\text{vol}}(I_2) = \frac{d}{dt} \left(\frac{C_1 V_1}{2 V_s} - \frac{[I^-]}{2} \right) \rightarrow v_{\text{vol}}(I_2) = \left(0 - \frac{1}{2} \frac{d[I^-]}{dt} \right) \rightarrow v_{\text{vol}}(I_2) = - \frac{1}{2} \frac{d[I^-]}{dt}$$

- من البيان عند اللحظة $t = 1 \text{ min}$:

$$\frac{d[I^-]}{dt} = - \frac{1,4 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{1} = -5,6 \cdot 10^{-3}$$

$$v_{\text{vol}}(I_2) = - \frac{1}{2} (-5,6 \cdot 10^{-3}) = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L.min}$$

6- قيمة $t_{1/2}$:

$$[I^-]_{1/2} = \frac{[I^-]_0 + [I^-]_f}{2} \rightarrow [I^-]_{1/2} = \frac{(5 \cdot 4 \cdot 10^{-3}) + 4 \cdot 10^{-3}}{2} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

بالإسقاط مع أخذ سلم الرسم بعين الاعتبار نجد : $t_{1/2} = 0,7 \text{ min}$.

التمرين (14) : (التمرين : 049 في بنك التمارين على الموقع) (**)

يعرف محلول بيروكسيد الهيدروجين بالماء الأكسجيني ، الذي يستعمل في تطهير الجروح و تنظيف العدسات اللاصقة و كذلك في التبييض .

يتفكك الماء الأكسجيني ذاتيا وفق التفاعل النمذج بالمعادلة الكيميائية التالية : $2H_2O_2(aq) = 2H_2O(l) + O_2(g)$
1- أقترح على التلاميذ في حصة الأعمال التطبيقية دراسة حركية التحول السابق . وضع الأستاذ في متناولهم المواد و الوسائل التالية :

- قارورة تحتوي على 500 mL من الماء الأكسجيني S_0 منتج حديثا كتب عليها ماء أكسجيني 10V (كل 1L من الماء الأكسجيني يحرر 10L من غاز ثنائي الأكسجين في الشرطين النظاميين ، الحجم المولي $V_M = 22,4 \text{ L/mol}$)

- الزجاجيات : حوالات عيارية : 50 mL ، 100 mL ، 200 mL ، 250 mL ، ماصات عيارية : 1 mL ، 5 mL ، 10 mL و إجاصة مص ، سحاحة مدرجة سعتها : 50 mL ، بيشر سعة : 250 mL .
- قارورة حمض الكبريت المركز 98% ، حامل .

قام الأستاذ بتفويض التلاميذ إلى أربع مجموعات مصغرة (A ، B ، C ، D) ثم طلب منهم القيام بما يلي :

أولا : تحضير محلول S بحجم 200 mL أي بتمديد عينة من المحلول S_0 40 مرة .

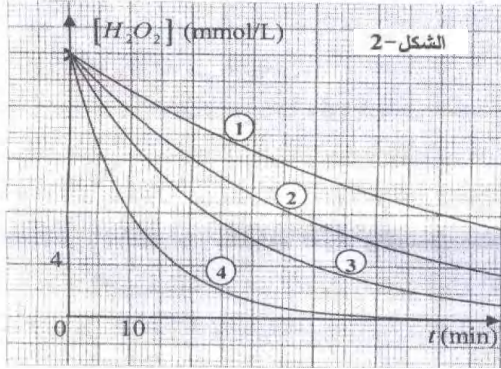
1- ضع بروتوكولا تجريبيا لتحضير المحلول S .

2- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل . (تفكك الماء الأكسجيني) .

3- أحسب التركيز المولي S_0 . استنتج التركيز المولي للمحلول S .

ثانيا : تأخذ كل مجموعة حجما من المحلول S ، و تضيف إليه حجما معينا من محلول يحتوي على شوارد الحديد الثلاثي كوسيط وفق الجدول التالي :

رمز المجموعة	A	B	C	D
حجم الوسيط المضاف (mL)	1	5	0	2
حجم H_2O_2 (mL)	49	45	50	48
حجم الوسيط التفاعلي	50	50	50	50



- 1- ما دور الوسيط ؟ ما نوع الوساطة ؟
- 2- تأخذ كل مجموعة ، في لحظات زمنية مختلفة ، حجما مقداره 10 mL من الوسط التفاعلي الخاص بها و يوضع في الماء البارد و الجليد و تجرى له عملية المعايرة بمحلول برمنغنات البوتاسيوم المحمضة (بإضافة قطرات من حمض الكبريت المركز) . ما الغرض من استعمال الماء البارد و الجليد ؟
- 3- سمحت عملية المعايرة برسم المنحنيات البيانية (الشكل-2) . أ- حدد البيان الخاص بكل مجموعة . ب- أوجد من البيان التركيز المولي S للمحلول المعايير . استنتج التركيز المولي للمحلول S₀ . ج- هل النتائج المتوصل إليها متطابقة مع ما هو مسجل على القارورة ؟

الأجوبة :

أولا :

- 1- البروتوكول التجريبي :
- نحسب أولا حجم المحلول S₀ الواجب أخذه بالماصة .
- باعتبار V₀ حجم المحلول S₀ قبل التمديد و V حجم المحلول الناتج بعد التمديد ، و حيث أن معامل التمديد هو f = 40 يكون :

$$V = 40 V_0 \rightarrow V_0 = \frac{V}{40} = \frac{200}{40} = 5 \text{ mL}$$

- نأخذ 5 mL من المحلول S₀ بواسطة ماصة سعتها 5 mL و نضعها في حوجة سعتها 200 mL ثم نضيف الماء المقطر حتى خط العيار مع الرج للحصول على محلول متجانس .
- 2- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	2H ₂ O ₂ = O ₂ + 2H ₂ O		
ابتدائية	x = 0	n ₀	0	بوفرة
انتقالية	x	n ₀ (H ₂ O ₂) - 2x	x	بوفرة
نهائية	x _{max}	n ₀ (H ₂ O ₂) - 2x _{max}	x _{max}	بوفرة

- 3- التركيز المولي للمحلول S₀ :
- نحسب التقدم الأعظمي x_{max} عندما يتفكك V(H₂O) = 1L من الماء الأكسجيني و ينتج عن ذلك V(O₂) = 10 L من غاز الأكسجين في الشرطين النظاميين :
- من جدول التقدم و عند نهاية التفاعل :

$$n_f(O_2) = x_{\max} \rightarrow x_{\max} = \frac{V(O_2)}{V_M} = \frac{10}{22,4} = 0,456 \text{ mol}$$

- من جدول التقدم أيضا و عند نهاية التفاعل :

$$n_0(H_2O_2) - 2x_{\max} = 0$$

$$C_0 V(H_2O_2) = 2x_{\max} \rightarrow C_0 = \frac{2x_{\max}}{V(H_2O_2)}$$

$$C_0 V(H_2O_2) = 2x_{\max} \rightarrow C_0 = \frac{2 \cdot 0,456}{1} = 0,91 \text{ mol/L}$$

- التركيز المولي للمحلول S :
بما أن S₀ مدد 40 مرة يكون :

$$C = \frac{C_0}{40} = \frac{0.89}{40} = 2.23 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

ثانيا :

- 1- دور الوسيط : هو تسريع التفاعل من دون أن يدخل فيه .
- نوع الوساطة : متجانسة لأن الوسيط و المحلول يشكلان طوراً واحداً (سائل) .
- 2- الغرض من استعمال الماء البارد و الجليد هو إيقاف تطور التفاعل .
- 3- أ- البيان الخاص بكل مجموعة :
- يكون التفاعل أسرع كلما كان الوسيط مناسب و بازدياد كمية الوسيط يكون التفاعل أسرع و أسرع ، و حيث أن التراكيز الابتدائية للمتفاعلات نفسها في كل مجموعة يكون :

- البيان (1) ← المجموعة (C)
- البيان (2) ← المجموعة (A)
- البيان (3) ← المجموعة (D)
- البيان (4) ← المجموعة (B)

ب- التركيز المولي للمحلول المعايير :
من البيان :

$$[H_2O_2]_0 = C = 5.4 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

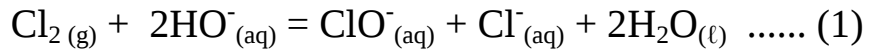
و هو التركيز الابتدائي لمحلول الماء الأكسجيني المخفف و حيث أن $C = \frac{C_0}{40}$ يكون :

$$C_0 = 40 C = 40 \cdot 2 \cdot 10^{-2} = 0.8 \text{ mol/L}$$

ج- النتائج المتوصل إليها متطابقة مع ما هو مسجل في القارورة في حدود أخطاء التجربة و القياس .

التمرين (15) : (التمرين : 028 في بنك التمارين على الموقع) (**))

ماء جافيل منتج شائع يستعمل كثيرا لقدرته على التطهير . يمكن الحصول عليه بإذابة ثنائي الكلور الغازي Cl₂ في محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم (Na⁺ + HO⁻) وفق المعادلة :



يعرف ماء جافيل غالبا بدرجة الكلورومتريّة (Chl°) فهي توافق حجم غاز ثنائي الكلور Cl₂ المقدر باللتر و المقاس في الشرطين النظاميين المنحل في 1L من ماء جافيل .

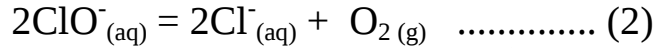
1- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل (1) .

2- أحسب التركيز المولي [ClO⁻] لشوارد الهيوكلوريت في قارورة تحتوي على ماء جافيل ذو درجة Chl 48° .

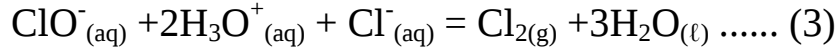
3- إن خصائص التطهير في ماء جافيل تعود إلى الطبيعة المؤكسدة لشوارد الهيوكلوريت ClO⁻ (aq) ، هذه الشوارد تؤدي إلى عدة تفاعلات تتدخل فيها عوامل مختلفة مثل التركيز المولي ، درجة الحرارة ، الوسائط (شوارد معدنية) . تتفاعل شوارد الهيوكلوريت خاصة بحضور الماء كما يلي :



- في الوسط الأساسي وفق المعادلة :



- في الوسط الحمضي وفق المعادلة (3) التالية :



تقرأ بعض التوصيات على غلاف التعبئة لماء جافيل و هي :
(يحفظ في مكان بارد ، عندما يلامس حمضا ينطلق غاز سام)

- الشكل المقابل يحدد تطور التفاعل (2) في درجات حرارة مختلفة .

■ اعتمادا على البيان :

أ- بين أثر درجة الحرارة على تفكك ClO^- .

ب- هل التوصية يحفظ في مكان بارد محققة ؟

ج- ما هو الغاز السام المقصود في التوصيات ؟

د- مدة صلاحية ماء جافيل القارورات ذات درجة كلورمترية 12°Chl أطول من مدة صلاحية ماء جافيل الأكياس ذات درجة كلورمترية 48°Chl ، علل .

الأجوبة :

1- جدول تقدم التفاعل (1) :

الحالة	التقدم	Cl_2	$+ 2\text{HO}^- = \text{ClO}^- + \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(\text{Cl}_2)$	$n_0(\text{HO}^-)$
انتقالية	x	$n_0(\text{Cl}_2) - x$	$n_0(\text{HO}^-) - 2x$
نهائية	x_{max}	$n_0(\text{Cl}_2) - x_{\text{max}}$	$n_0(\text{HO}^-) - 2x_{\text{max}}$

2- حساب $[\text{ClO}^-]$:

- حسب تعريف الدرجة الكلورومترية ، فإن ماء جافيل ذو درجة كلورمترية 48°Chl تعني أن ماء جافيل هذا نحصل على اللتر منه بحل 48L من غاز كلور Cl_2 في 1L في محلول هيدروكسيد الصوديوم في الشرطين النظاميين ، نحسب التقدم الأعظمي x_{max} عندما ينحل كليا 48L من غاز الكلور من أجل الحصول على 1L من ماء جافيل

- من جدول التقدم يكون :

$$n_0(\text{Cl}_2) - x_{\text{max}} = 0 \rightarrow x_{\text{max}} = n_0(\text{Cl}_2) = \frac{V(\text{Cl}_2)}{V_M} = \frac{48}{22,4} = 2,14 \text{ mol}$$

نحسب الآن $[\text{ClO}^-]_f$ بالاعتماد على جدول التقدم :

$$[\text{ClO}^-]_f = \frac{x_{\text{max}}}{V} = \frac{2,14}{1} = 2,14 \text{ mol/L}$$

3-أ- نلاحظ أن تفكك ClO^- يكون أكبر عند درجة حرارة أكبر .

ب- نعم التوصية (يحفظ في مكان بارد) محققة لأن انخفاض درجة الحرارة تقلل من سرعة تفكك ClO^- و بالتالي مدة صلاحية ماء جافيل تكون أطول .

ج- الغاز السام المقصود في التوصيات هو غاز الكلور Cl_2 المنطلق عند التماس ClO^- مع شوارد H_3O^+ الآتية من الأحماض .

د- ماء جافيل القارورة 12°C يكون أقل تركيزاً من ماء جافيل الأكياس 48°C ، و عليه تركيز ClO^- في ماء جافيل القارورة يكون أقل من تركيزها في ماء جافيل الكيس ، و نعلم أنه كلما كانت التراكيز الابتدائية للمتفاعلات أكبر كانت سرعة التفاعل أكبر لذلك سرعة تفكك ClO^- تكون أكبر في ماء جافيل الأكياس و هذا ما يجعل مدة صلاحيته أقل مقارنة مع مدة صلاحية ماء جافيل القارورة .

**** الأستاذ : فرقاني فارس ****
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم
الخروب - قسنطينة
Fares_Fergani@yahoo.Fr

نرجو إبلاغنا عن طريق البريد الإلكتروني بأي خلل في الدروس أو التمارين و حلولها .
وشكرا مسبقا

لتحميل نسخة من هذا الملف و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ :

www.sites.google.com/site/faresfergani