

سلسلة المنجد - دروس و تمارين



السلسلة 2-01-3

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 الفايسبوك
التالية :

[facebook.com/elmoundjidff](https://www.facebook.com/elmoundjidff)

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

الإصدار : نوفمبر / 2022

العلوم الفيزيائية

سلالل المنجد في العلوم الفيزيائية - ثالثة ثانوي - الوحدة 01

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

السلسلة 3 - 01- 3 - 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 بطئا إذا كان تطور الجملة الكيميائية يصل إلى حالته النهائية بعد ثواني أو دقائق أو ساعات كأقصى حد .

• التحول الكيميائي البطيء جدا :

- يكون التحول الكيميائي بطئا 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 .

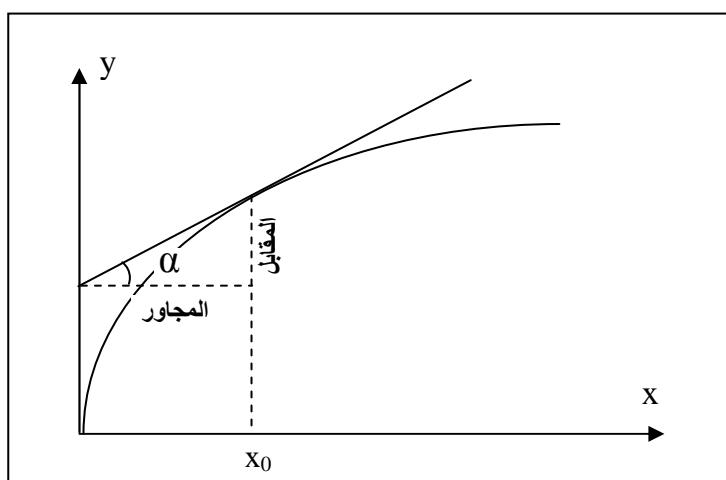
- الطريقة الفيزيائية التي تعتمد على قياس مقدار فيزيائية مثل الناقلة ، حجم غاز ، الضغط ، pH

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

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

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

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



حيث نكتب :

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

- نرمز لميل المماس هذا المنحنى في نقطة معينة بالكتابة :

$$\text{ميم المماس} = \frac{dy}{dx}$$

أمثلة أخرى :

- في المنحنى $f(t) = n_C$ نرمز لميل المماس بالكتابة :

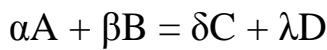
- في المنحنى $f(t) = x$ نرمز لميل المماس بالكتابة :

- في المنحنى $f(t) = [A]$ نرمز لميل المماس بالكتابة :

..... إلخ .

• سرعة التفاعل والسرعة الحجمية للتفاعل:

- نعتبر التحول الكيميائي المنذج بمعادلة التفاعل التالية :



▪ سرعة تشكّل نوع كيميائي :

- لنكن $n_1(C)$ كمية مادة النوع الكيميائي الناتج (C) المتواجدة في محلول عند اللحظة t_1 و $n_2(C)$ كمية مادة نفس النوع الكيميائي (C) المتواجدة في محلول 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 :

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

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

▪ سرعة احتفاء نوع كيميائي :

- لتكن $n_1(A)$ 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 لاحتفاء 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 لاحتفاء النوع الكيميائي (A) تؤول إلى قيمة حدية تسمى السرعة اللحظية لاحتفاء 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 لاحتفاء النوع الكيميائي (A) بالعلاقة التالية :

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

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

▪ السرعة الحجمية لاحتفاء نوع كيميائي :

- تعرف السرعة الحجمية لاحتفاء نوع كيميائي و ليكن A عند لحظة t في وسط تفاعلي حجمه V هي سرعة احتفاء 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 مشقة تقدم التفاعل بالنسبة للزمن ، يعبر عنها بالعلاقة التالية :

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

حيث x هو تقدم التفاعل .

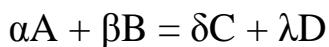
▪ السرعة الحجمية للتفاعل :

- 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 المنذج بالمعادلة التالية :



يمكن إيجاد علاقة بين السرعات اللحظية والسرعات الحجمية لاختفاء (تشكل أو احتفاء 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 احتفاء A ، سرعة احتفاء 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 لتشكل C ، السرعة الحجمية لتشكل D و V هو حجم الوسط التفاعلي .

ملاحظة-2 :

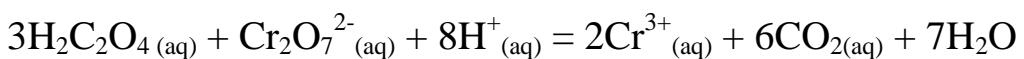
- سرعة التفاعل تكون دوماً موجبة .

- وحدة سرعة التفاعل و كذا سرعة احتفاء 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) (*)

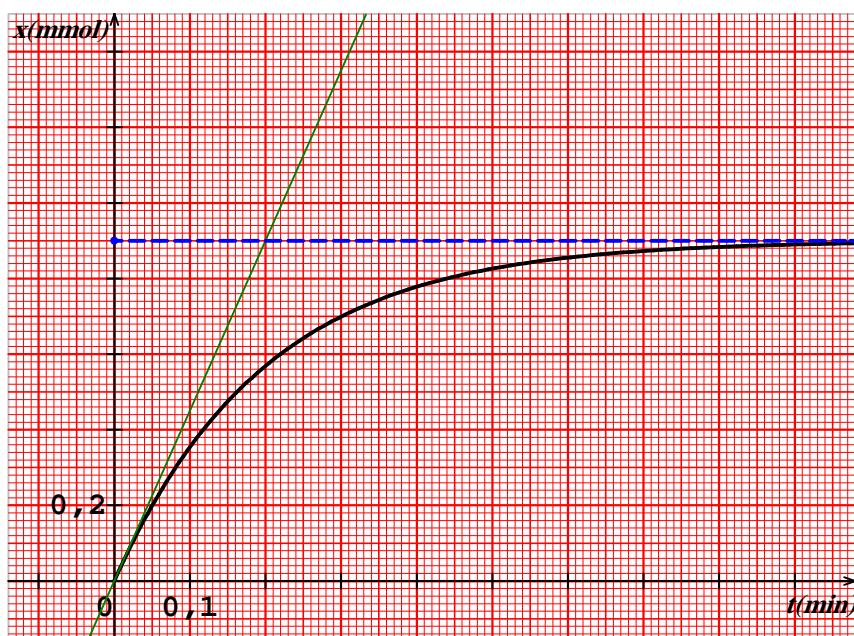
نمزج في اللحظة $t = 0$ min $V_1 = 100$ mL من محلول حمض الأوكساليك تركيزه المولى : $2K^{+}_{(aq)} + Cr_2O_7^{2-}_{(aq)}$ مع حجم $V_2 = 100$ mL تركيزه المولى $C_1 = 0,6$ mol/L ، بوجود وفرة من حمض الكبريت المركز . ننذج التفاعل الحاصل بالمعادلة التالية :



البيان التالي يمثل تغيرات تقدم التفاعل بدالة الزمن :

1- أنشئ جدول لتقدم التفاعل .

2- أحسب ميل المماس عند اللحظة $t = 0$.3- اعتماداً على البيان جِد ما يلي عند اللحظة $t = 0$: أ- السرعة الحجمية للتفاعل .ب- سرعة تشكل CO_2 .ج- السرعة الحجمية لتشكل Cr^{3+} .د- سرعة احتفاء $Cr_2O_7^{2-}$.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	$x = 0$	$n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$	$n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$	$\frac{dx}{dt}$	0	0	$\frac{dx}{dt}$
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 :

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

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

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

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

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

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

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

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

$$v(\text{CO}_2) = 6 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} = 2,70 \cdot 10^{-2}$$
 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 x $n(\text{Cr}^{3+}) = 2x$ 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 $\frac{dx}{dt} = 4,5 \cdot 10^{-3}$ mol/min يكون :

$$v_{\text{vol}}(\text{Cr}^{3+}) = \frac{2}{0,1 + 0,1} \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} = 4,5 \cdot 10^{-2}$$
 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 x $n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) - x$ 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 $\frac{dx}{dt} = 4,5 \cdot 10^{-3}$ mol/min يكون :

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

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

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

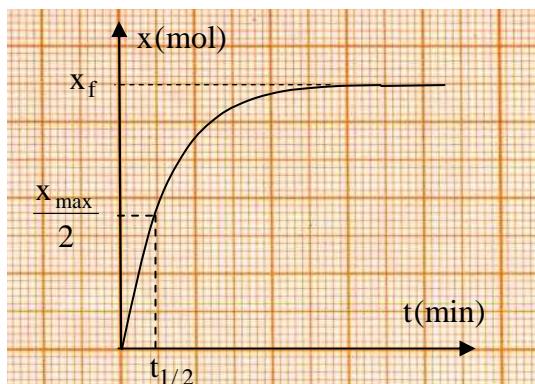
من جدول التقدم x $n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) - 3x$ و منه :

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

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

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

د- زمن نصف التفاعل :

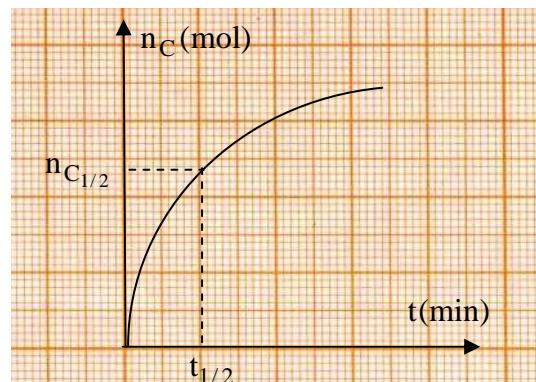
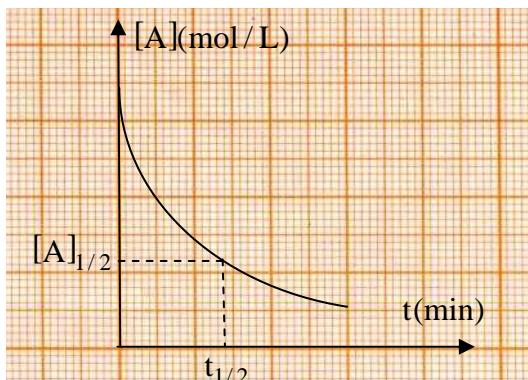
• تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ هو الزمن اللازم للوصول إلى نصف قيمة الأعظمية (الشكل) أي :

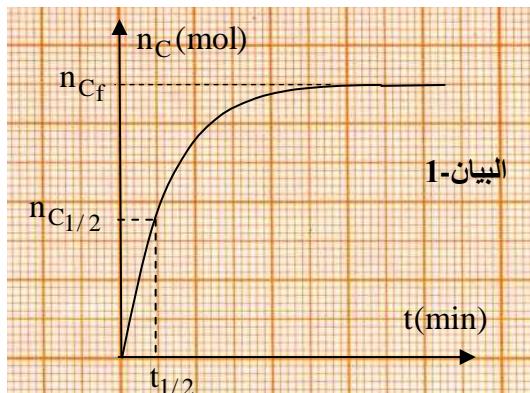
$$t = t_{1/2} \rightarrow x_{1/2} = \frac{x_{\max}}{2}$$

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

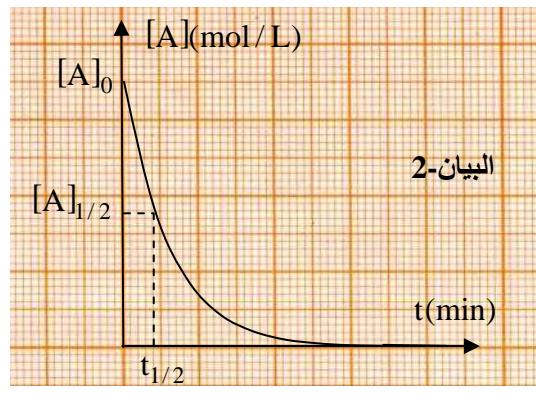
- لحساب قيمة زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، نحسب المقدار المتغير بدالة الزمن في البيان عند زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، أي نحسب : $[n_A]_{1/2}$ ، $n_{1/2}(C)$ ، $n_{1/2}(A)$ ، $n_{1/2}(C)$ عند زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، بعدها نسقط القيمة المتحصل عليها في البيان لحصول في النهاية على قيمة زمن نصف التفاعل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



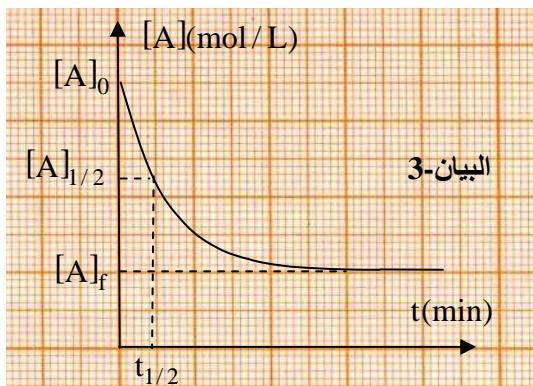
ملاحظة : يمكن إثبات العلاقات التالية :



$$t = t_{1/2} \rightarrow n_{C_{1/2}} = \frac{n_{C_f}}{2}$$

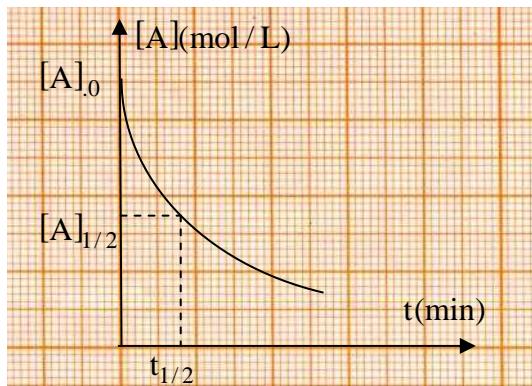


$$t = t_{1/2} \rightarrow [A]_{1/2} = \frac{[A]_0}{2}$$



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

و إذا كان ليس متفاعلاً محدداً، يكون:



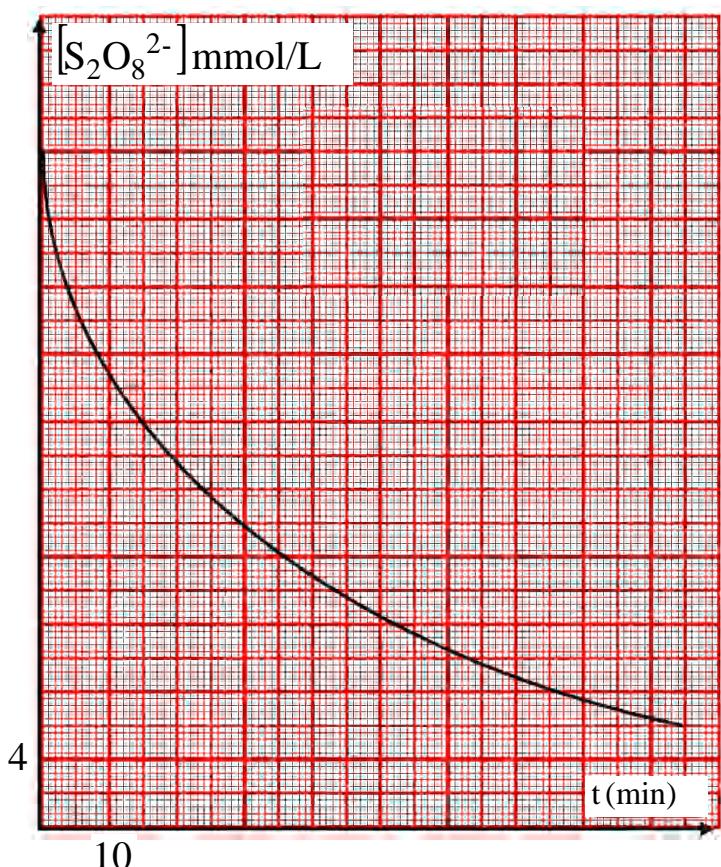
$$t = t_{1/2} \rightarrow [A]_{1/2} = \frac{[A]_0}{2}$$

إذا كان أحد النوعين الكيميائيين المتفاعلين A أو B محدداً أو المزيج الابتدائي ستوكيمترى، أو في حالة تفاعل تام يكون فيه متفاعلاً واحداً (مثل $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$).

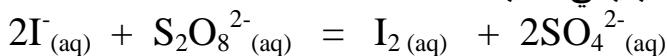
ملاحظة مهمة جداً :

حساب قيمة $t_{1/2}$ بالعلاقات السابقة تصلح فقط في المحنبيات التي يكون فيها المتغير من الشكل $ax + b$ حيث x هو تقدم التفاعل و لا تصلح في بقية الحالات ، فمثلاً 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 البروكسوديكبريتات $S_2O_8^{2-}$ ، نضيف عند اللحظة $t = 0$ حجماً قدره $V_1 = 150$ mL من محلول (S₁) لليود البوتاسيوم ($K^+ + I^-$) تركيزه المولى $C_1 = 0.06$ mol/L إلى حجماً قدره $V_2 = 100$ mL من محلول (S₂) لبروكسوديكبريتات البوتاسيوم ($2K^+ + S_2O_8^{2-}$) تركيزه المولى $C_2 = 0.1$ mol/L . التحول الكيميائي الحادث مندرج بمعادلة التفاعل الكيميائي التالية :



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

- أنشئ جدول تقدم التفاعل و حدد من خلاله التقدم الأعظمي X_{max} و المتفاعل المحد .
- جداً اعتماداً على البيان :
 - سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 40$ min ، ثم استنتج سرعة اخفاء شوارد اليود I^- .
 - 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 الأعظم : 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^- .
أ- سرعة التفاعل عند $t = 40 \text{ min}$:

- نكتب عبارة سرعة التفاعل بدالة ميل المماس . $\frac{d[S_2O_8^{2-}]}{dt}$

- لدينا حسب تعريف سرعة التفاعل :

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

اعتمادا على جدول التقدم :

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

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

نستقر الطرفين بالنسبة للزمن :

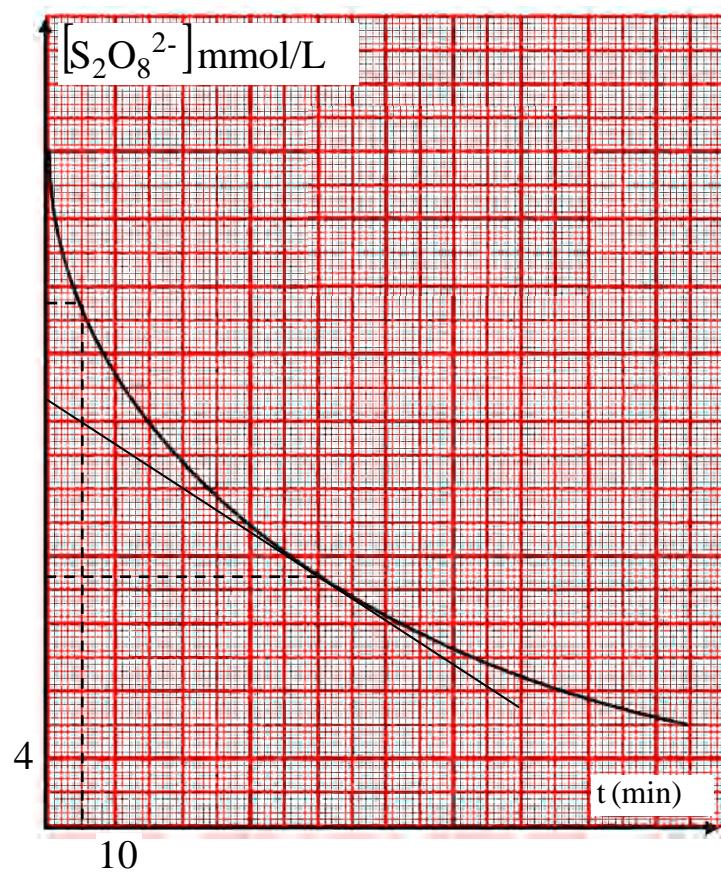
$$\frac{d[S_2O_8^{2-}]}{dt} = \frac{1}{V_1 + V_2} (0 - \frac{dx}{dt})$$

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

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

بالتعميض 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 :

- حسب $[S_2O_8^{2-}]_{1/2}$ 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 :

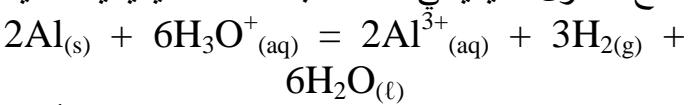
$$x_{1/2} = \frac{x_{\max}}{2} = \frac{4,5 \cdot 10^{-3}}{2} = 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

إذن :

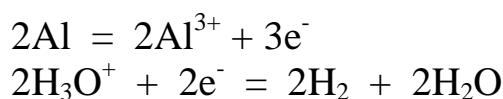
$$[S_2O_8^{2-}]_{1/2} = \frac{10^{-2} - 2,25 \cdot 10^{-3}}{0,15 + 0,1} = 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

بالقسمة على سلم الرسم $(10^{-3} \cdot 4)$ نجد : $7,75 \text{ cm}$ في البيان توافق 0.5 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) (**)تفاعل محلول حمض كلور الهيدروجين $(H_3O^{+}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$ مع الألمنيوم وفق تفاعل تمام منتجًا غاز ثانوي الهيدروجين وشوارد الألمنيوم (Al^{3+}) .في اللحظة $t = 0$ ندخل عينة كتلتها $m = 0.810 \text{ g}$ في بالون (دورق) يحتوي على حجم $V = 60 \text{ mL}$ من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولى $C = 0.180 \text{ mol.L}^{-1}$. نغلق باللون بسدادةمزودة بأنبوب انطلاق موصول بمقاييس غاز مدرج و منكس في حوض مائي لجمع الغاز الناتج و قياس حجمه في لحظات مختلفة. النتائج المتحصل عليها مكتوبة من رسم البيان الممثل لتطور حجم الغاز المنطلق بدلالة الزمن $V(H_2) = f(t)$ (الشكل-1).

نندرج التحول الكيميائي الحادث بالمعادلة الكيميائية التالية :

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

- 2- أنشئ جدول لتقدير التفاعل الكيميائي الحادث .
- ب- جد قيمة التقدم الأعظمي x_{\max} ثم حدد المتفاعل المد .
- 3- أ- جد العلاقة بين تقدم التفاعل (t) و حجم غاز ثانوي الهيدروجين الناتج (t) . V_{H_2}
- ب- استنتج حجم غاز ثانوي الهيدروجين المنطلق في نهاية التفاعل (H_2) . $V_f(H_2)$
- 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 $t = 300$ s .
- المعطيات :
- $V_M = 24 \text{ L.mol}^{-1}$ ، الحجم المولى في شروط التجربة $M(Al) = 27 \text{ g.mol}^{-1}$

الأجوبة :**1- المعادلين النصفيتين :**

2- الثانويتين (Ox/Rédu) المشاركتين في التفاعل :
 (Al^{3+}/Al) ، (H_3O^+/H_2)

2- أ- جدول التقدم :

الحالة	التقدير	$2Al$	$+ 2H_3O^+$	$= 2Al + 3H_2 + 6H_2O$		
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(Al)$	$n_0(H_3O^+)$	0	0	بوفرة
انتقالية	x	$n_0(Al) - 2x$	$n_0(H_3O^+) - 6x$	$2x$	$3x$	بوفرة
نهائية	x_{\max}	$n_0(Al) - 2x_{\max}$	$n_0(H_3O^+) - 6x_{\max}$	$2x_{\max}$	$3x_{\max}$	بوفرة

▪ $n_0(Al) = \frac{m}{M} = \frac{0,810}{27} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

▪ $n_0(H_3O^+) = CV = 0,18 \cdot 0,06 = 1,08 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

ب- التقدم الأعظمي :**- بفرض أن Al متفاعل محد :**

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

- بفرض أن H_3O^+ متفاعل محد :

$$n_0(H_3O^+) - 6x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = \frac{n_0(H_3O^+)}{6} = \frac{1,08 \cdot 10^{-3}}{6} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

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

3- العلاقة بين (t) و $x(t)$:
 $V(H_2) = f(t)$

من جدول التقدم :

$$n(H_2) = 3x$$

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 $t_{1/2}$:
- حسب $V_{1/2}(H_2)$:
- مما سبق :

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

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

عند اللحظة $t_{1/2}$ يمكن كتابة :
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 $s = 320$. $t_{1/2} = 320$

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 $s = 320$. $t_{1/2} = 320$

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

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

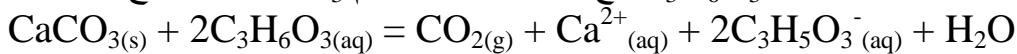
$$v = \frac{1}{3 \cdot 24} \cdot 1,47 \cdot 10^{-4} = 2,04 \cdot 10^{-6} \text{ mol/s}$$

إذن :

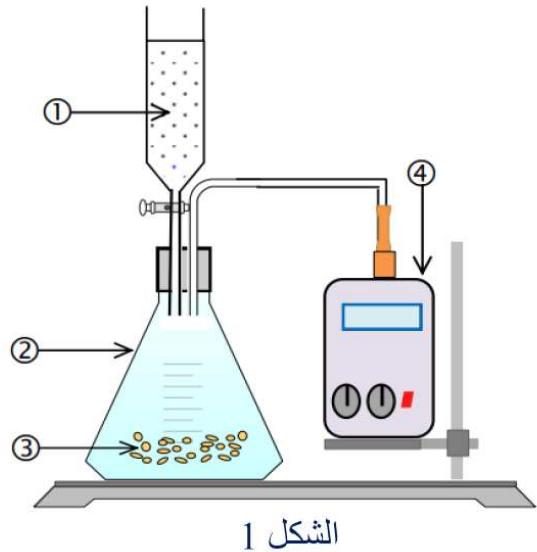
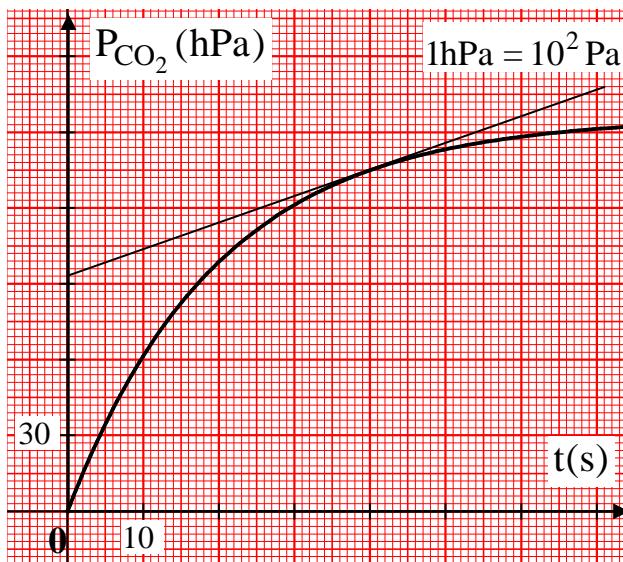
التمرين (4): (التمرين : 063 في بنك التمارين على الموقع) (**)

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 المتشكلة من كربونات الكالسيوم $CaCO_3(s)$.

لدراسة حرارية تفاعل حمض اللاكتيك $C_3H_6O_3$ مع كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ المنذج بالمعادلة :



ندخل في دورق حجمه $V_s = 600$ mL كتلة $m = 0,3$ g من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ، و نسكب فيه عند اللحظة $t = 0$ حجما $V_a = 120$ mL من محلول حمض اللاكتيك تركيزه المولوي $C = 5,6 \cdot 10^{-2}$ mol/L ، نقيس في كل لحظة ضغط غاز ثاني أكسيد الكربون $P(CO_2)$ داخل الدورق عند درجة حرارة ثابتة $25^\circ C$ ، بواسطه تجهيز خاص (الشكل-1) تحصلنا 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 حد المتفاعل المد .
- 2- في ظروف التجربة يمكن اعتبار الغاز CO_2 مثالي ، أوجد عبارة التقدم $x(t)$ للتفاعل عند لحظة t بدالة $P_{(CO_2)}$ ، T ، $V_{(CO_2)}$.
- 3- أوجد من بين زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.
- 4- عرف السرعة الحجمية و أحسب قيمتها عند اللحظة $t = 40$ s .

5- خلال عملية إزالة التربات الكلسية يطلب استعمال المنظف التجاري مركزا مع التسخين ، اشرح ما أثر هذين العاملين الحركيين على المدة الزمنية اللازمة لازالة الراسب ؟
 $1\text{hPa} = 10^2 \text{ Pa}$. $R = 8,31 \text{ SI}$ ، $M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ g/mol}$

الأجوبة :

1- تسمية العناصر المرقمة :

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

2- جدول التقدم :

الحالة	القدم	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	0	0
انتقالية	x	$3 \cdot 10^{-3} - 3x$	$6,72 \cdot 10^{-3} - 3x$	x	x	$2x$
نهائية	x_{\max}	$3 \cdot 10^{-3} - 3x_{\max}$	$6,72 \cdot 10^{-3} - 3x_{\max}$	x_{\max}	x_{\max}	$2x_{\max}$

$$\text{n}_0(\text{CaCO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{0,3}{100} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{n}_0(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) = \text{CV} = 5,6 \cdot 10^{-3} \cdot 0,12 = 6,72 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

- التقدم الأعظمي x_{\max} و المتقاعل المحد :

- بفرض أن CaCO_3 هو المتقاعل المحد :

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

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

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

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

3- عبارة x بدلالة $P_{(\text{CO}_2)}$ ، T ، $V_{(\text{CO}_2)}$

- بتطبيق قانون الغاز المثالي :

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

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

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

- قيمة $t_{1/2}$:

- حسب $P_{1/2}(\text{CO}_2)$:

- من العبارة السابقة نكتب :

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

من تعریف $t_{1/2}$:

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

- حجم الغاز CO_2 هو حجم الفراغ في الدورق أي حجم الدورق ماعدا حجم المحلول وبالتالي :
 $V(\text{CO}_2) = 0,6 - 0,12 = 0,48 \text{ L}$

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 معأخذ سلم الرسم بعين الاعتبار :

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

5- تعريف السرعة الحجمية :

هي سرعة التفاعل في وحدة الحجوم .

▪ 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 $t = 40 \text{ min}$:

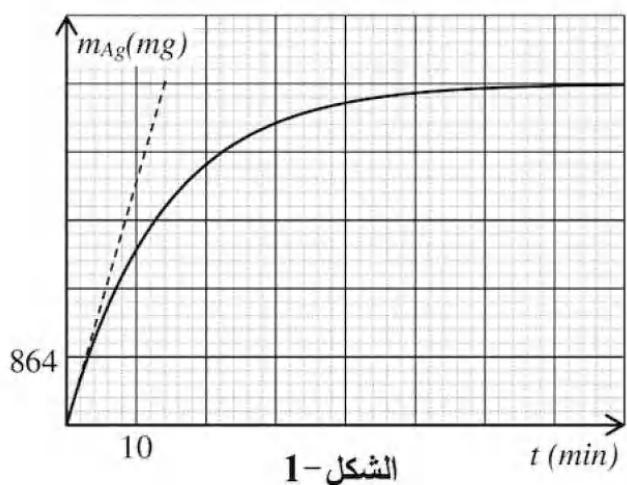
$$v_{\text{vol}} = \frac{0,48 \cdot 10^{-3}}{0,12 \cdot 8,31(25 + 273)} \cdot \frac{1,4 \cdot 30 \cdot 10^2}{40} = 1,59 \cdot 10^{-4} \text{ mol/s}$$

6- أثر العاملين الحركيين على المدة الزمنية لإزالة الراسب :

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

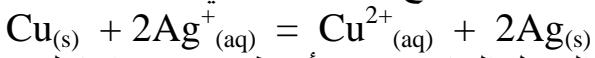
- عند استعمال المنظف ساخن تزداد سرعته لأن سرعة التفاعل تزداد بازدياد درجة الحرارة .
 إذن كل العاملين الحركيين (التراكيز الابتدائية للتفاعلات و درجة الحرارة) ساعدا على تقليل المدة الزمنية اللازمة لإزالة الراسب .

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



لدراسة حركة تحول كيميائي تام ، غرمنا في 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 المنذج لهذا التحول هي :



1- هل التحول الحادث سريع أم بطيء؟ برب إجابتك .

2- حدد الثنائيتين ox/red المشاركتين في التفاعل و اكتب عندئذ المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع .

3- أنشئ جدولًا لتقدم التفاعل و احسب قيمة التقدم الأعظمي x_{max} .

4- أحسب C_0 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 بيانيا .

$$v_{\text{Ag}}(t) = \frac{1}{M_{\text{Ag}}} \cdot \frac{dm_{\text{Ag}}(t)}{dt}$$

7-أ- بين أن السرعة اللحظية لتشكل الفضة تعطى بالعبارة :

حيث : M_{Ag} الكتلة المولية للفضة .

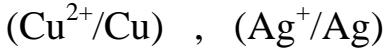
ب- احسب سرعة التفاعل في اللحظة $t = 0$.

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

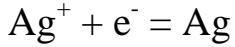
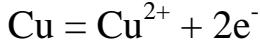
الأجوبة :

1- التحول الكيميائي سريع أم بطيء؟
التحول الكيميائي بطيء لأنه يمكن متابعته زمنيا إذ أنه استغرق عدة دقائق حسب البيان .

2- الثنائيتين (Ox/Ré) :



3- المعادلتين النصفيتين :



3- جدول التقدم :

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

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

- التقدم الأعظمي : x_{\max}
من البيان :

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

و منه :

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

من جدول التقدم :

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

: C_0 قيمة 4

حسب $n_f(Cu)$ ، من جدول التقدم :

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

نلاحظ أن : $x_f(Cu) \neq 0$ هذا يعني أنه ليس متفاعل محد (بوفرة) و بالتالي المتفاعل المحد هو Ag^+ عليه :
 $n_0(Ag^+) - x_{\max} = 0$

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

5- التركيب المولي في الحالة النهائية :

اعتمادا على جدول التقدم :

- $n_f(Cu) = 0,03 \text{ mol}$
- $n_f(Ag^+) = 0$ (متفاعل محد)
- $n_f(Cu^{2+}) = x_{\max} = 0,02 \text{ mol}$
- $n_f(Ag) = 0,04 \text{ mol}$
- $n_f(NO_3^-) = C_0V = 0,2 \cdot 0,2 = 0,04 \text{ mol}$

6- تعریف $t_{1/2}$:

هو الزمن اللازم لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته الأعظمية .

قيمتها :

- حسب $m_{1/2}(Ag)$.

- من جدول التقدم :

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

و حسب تعریف $t_{1/2}$:

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

و منه :

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

و لدينا :

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

بالإسقاط معأخذ 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 : $t_{1/2} = 10 \text{ min}$

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

حسب تعريف سرعة التفاعل :

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

من جدول التقدم :

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

و منه :

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

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 $t = 0$:

$$\frac{dm_{\text{Ag}}}{dt} = \frac{5.864 \cdot 10^{-3}}{14} = 0.309 \rightarrow v_{\text{Ag}} = \frac{1}{108} \cdot 0.309 = 2.86 \cdot 10^{-3} \text{ mol/min}$$

و من معادلة التفاعل :

$$v = \frac{v_{\text{Ag}}}{2} \rightarrow v = \frac{2.86 \cdot 10^{-3}}{2} = 1.43 \cdot 10^{-3} \text{ mol/min}$$

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 ذكر : درجة الحرارة ، التراكيز الابتدائية للمتفاعلات ، الوسيط .
- تطور الجملة الكيميائية يكون أسرع كلما :
 - ✓ كانت درجة الحرارة أكبر .
 - ✓ كانت التراكيز الابتدائية للمتفاعلات أكبر .
 - ✓ كان الوسيط مناسبا .

- 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 ثلات أصناف حسب طبيعة المتفاعلات و الوسائط المستعملة : وساطة متجانسة ، و ساطة غير متجانسة ، وساطة أنزيمية .
- في الوساطة المتجانسة : يكون الوسيط و الوسط التفاعلي من نفس النمط مثل : سائل- سائل كأن يكون الوسيط سائل 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	الوساطة	تفكك الماء الأكسجيني
متجانسة	شوارد الحديد الثلاثي Fe^{3+} (محلول)	
غير متجانسة	البلاتين الصلب	
أنزيمية	كتلز الكبد (أنزيم)	

ملاحظة مهمة :

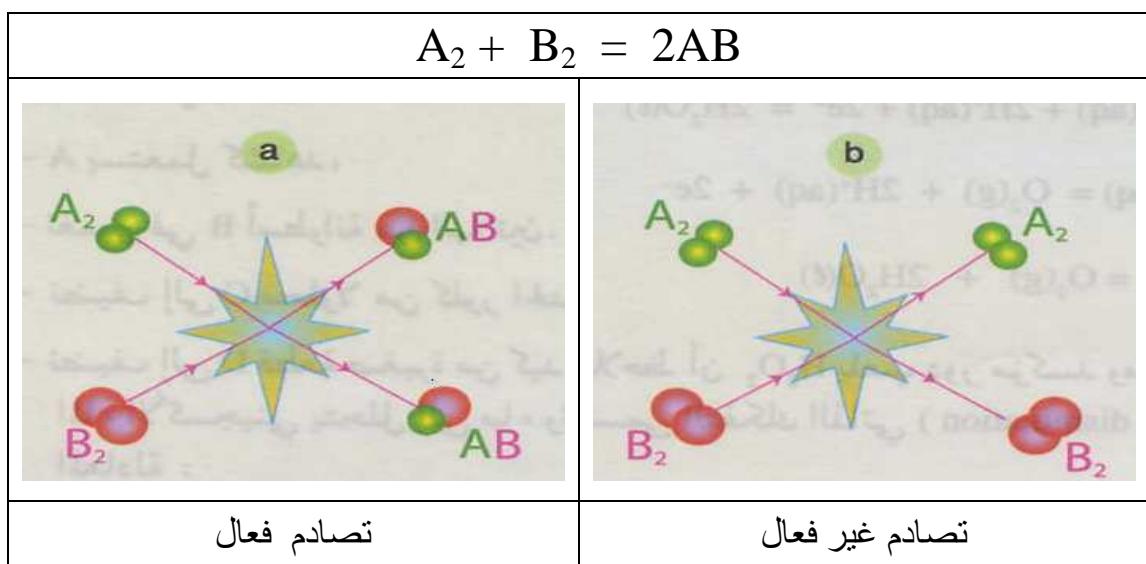
عند استعمال نفس الوسيط في وسط تفاعلي مائي ، يكون التفاعل أسرع كلما كانت كمية مادة الوسيط أكبر في حالة وسيط سائل (وساطة متجانسة) ، أما إذا كان الوسيط صلبا (وساطة غير متجانسة) يكون التفاعل أسرع كلما كان سطح التلامس بين الوسيط الصلب و الوسط التفاعلي أكبر .

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 المجهري لتأثير درجة الحرارة و التراكيز الابتدائية للمتفاعلات :

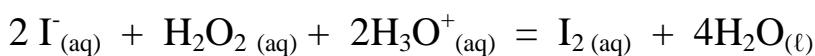
- حدوث تفاعل كيميائي في جملة كيميائية يكون إثر تصادمات فعالة ، و التصادم الفعال هو التصادم الذي ينتج عنه تغير في بنية الأفراد الكيميائية للمتفاعلات ، لتنتج أفراد كيميائية جديدة (الشكل) .



- 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 للمتفاعلات ، و بازدياد سرعة حركة الأفراد الكيميائية للمتفاعلات يزداد عدد التصادمات و التصادمات الفعالة و بالتالي تزداد سرعة التفاعل .
- بازدياد التراكيز المولية الابتدائية للمتفاعلات 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 :

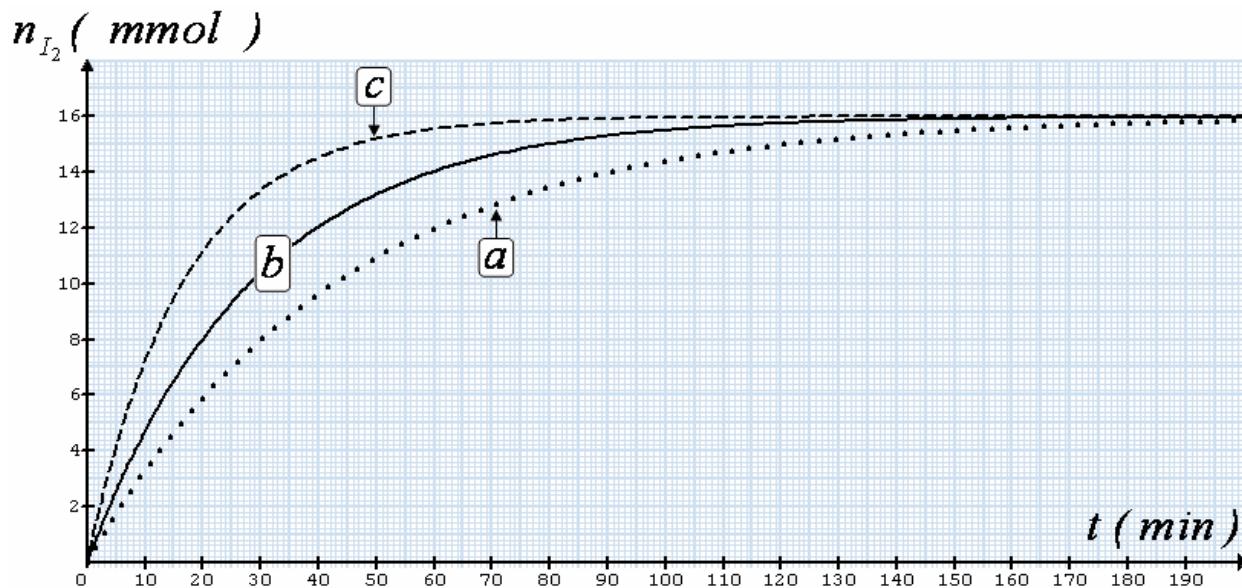


تحقق 3 تجارب في أحجام متساوية حسب شروط كل تجربة كما يوضحه الجدول التالي :

رقم التجربة	كمية المادة الابتدائية من H_2O_2 (mmol)	كمية المادة الابتدائية من I^- (mmol)	كمية المادة الابتدائية من H_3O^+	درجة حرارة الوسط التفاعلي
3	n_0	n_0		
2	80	80		
1	40			
	بزيادة	بزيادة		
	20°C	40°C	20°C	

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

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



الأجوبة :

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

2- التجربة الموافقة لكل منحنى :

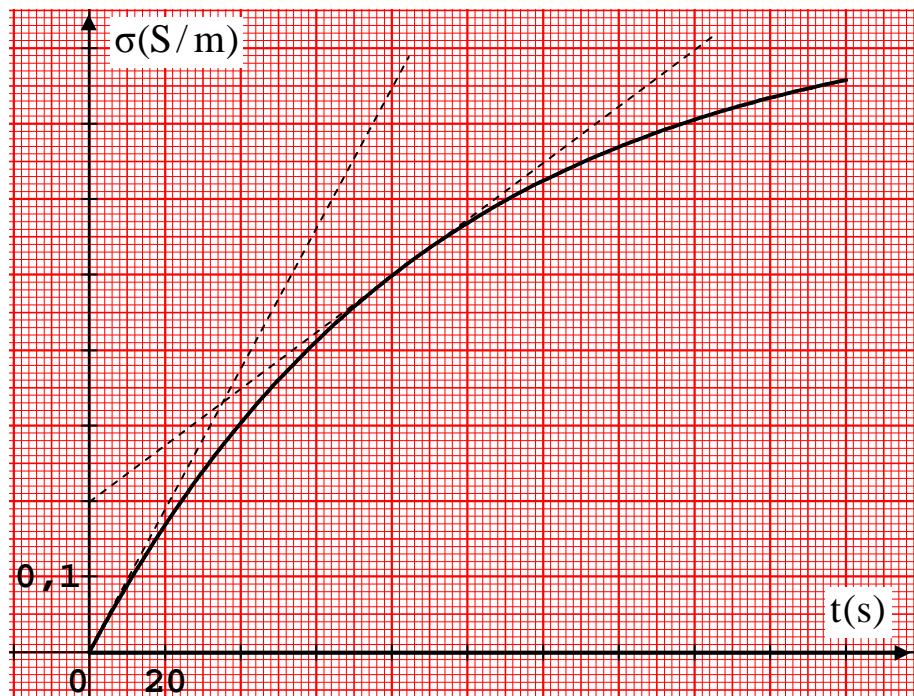
- تزداد سرعة التفاعل كلما ازدادت درجة حرارة التفاعل ، و كلما كانت التراكيز الابتدائية للمتفاعلات أكبر ، و على هذا الأساس فالتفاعل الأسرع يكون في التجربة (2) و يوافقه المنحنى (c) ، يليه التفاعل في التجربة (3) و يوافقه المنحنى (b) ، يليه التفاعل في التجربة (1) و يوافقه المنحنى (a) .

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

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



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



- 1- اشرح لماذا يمكن متابعة هذا التحول عن طريق قياس الناقلة ، 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 الناقلة 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 $60^{\circ}C$ ، أرسم على نفس البيان السابق المنحنى $f_2(t) = \sigma$ عند هذه الدرجة $(60^{\circ}C)$.
- يعطى : $\lambda(Cl^-) = 7,6 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2/\text{mol}$ ، $\lambda(H_3O^+) = 35,5 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2/\text{mol}$.

الأجوبة :

- 1- يمكن متابعة التحول عن طريق قياس الناقلة 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 .

- جدول التقدم : 2

$(CH_3)CCl + 2H_2O = (CH_3)C-OH + H_3O^+ + Cl^-$						
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 :

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

إثبات $\sigma = 431 x$ - 3

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

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.

أهميةه :

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

قيمة $t_{1/2}$:

وجدنا سابقاً : $\sigma_{1/2} = \frac{\sigma_{max}}{2}$ ، و من العبارة $\sigma_{(t)} = 431 x_{(t)}$ 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 معأخذ سلم الرسم بعين الاعتبار نجد :

5- سرعة التفاعل عند $t = 0$ ، $t = 80s$:

- 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 $t = 80$:

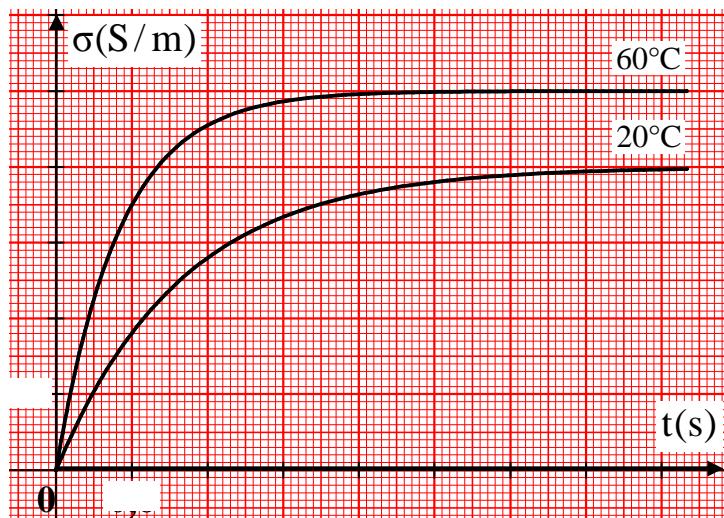
$$\frac{d\sigma}{dt} = \frac{3 \cdot 0,1}{80} = 3,75 \cdot 10^{-3} \rightarrow v_2 = \frac{1}{431} \cdot 3,75 \cdot 10^{-3} = 8,70 \cdot 10^{-6} \text{ mol/s}$$

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 الترکیز الابتدائیة للمتفاعلات أكبر .

6- المنحنى البياني (σ) عند 60°C :

تزداد سرعة التفاعل كلما ازدادت درجة الحرارة و عليه يكون المنحنى كما يلي : ملاحظة : لو كان للبيان قيمة حدبة يكون σ_{\max} عند الدرجة 60°C أكبر من σ_{\max} عند الدرجة 20°C .



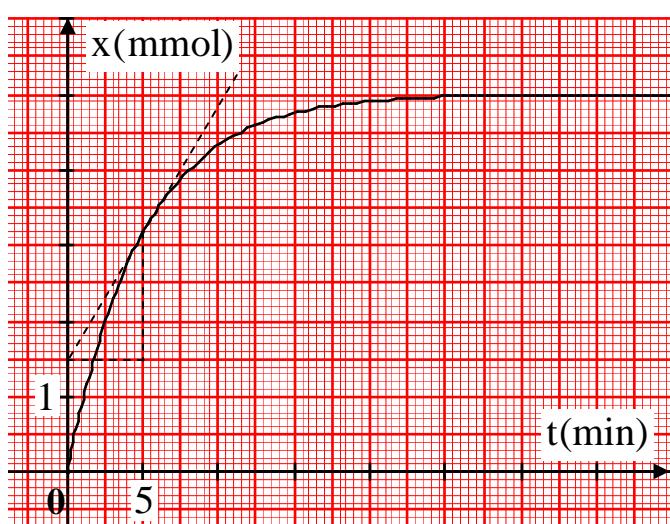
التمرين (8) : (التمرين : 084 في بنك التمارين على الموقع) (**)

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

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

$(\text{I}_{2(aq)} / \text{I}^{-}_{(aq)}) , (\text{H}_2\text{O}_{2(aq)} / \text{H}_2\text{O}_{(l)})$

2- أنشئ جدولًا لتقدير التفاعل .

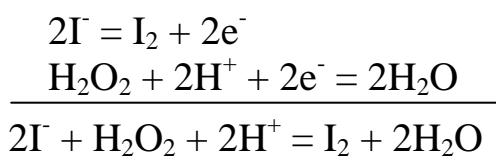


II- لتحديد كمية ثائي اليود $\text{I}_{2(aq)}$ المتشكلة في لحظات زمنية t ، قسمنا المزيج إلى عينات متساوية الحجم ، حجم الواحدة منها $V_0 = 15 \text{ mL}$ ، في اللحظة t نسكب العينة في بيشر يحتوي على ماء بارد و جليد و نشاء فيتلون المزيج بالأزرق ثم نعاير ثائي اليود I_2 في العينة ب محلول ثيوکبريتات الصوديوم $(2\text{Na}^{+}_{(aq)} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-})$ تركيزه المولى $C_3 = 0,1 \text{ mol/L}$ ، معالجة النتائج المتحصل عليها مكتننا من رسم المنحنى $f(t) = x$ 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 :
- $$I_{2(aq)} + 2S_2O_3^{2-} \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2I^{-}_{(aq)}$$
- بين أن تقدم التفاعل (1) يعطى بالعلاقة : $x(t) = 0,5V_E$
- 3- اعتماداً على البيان أوجد :
- أ- التقدم النهائي للتفاعل x_{max} و المتفاعل المد 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 ثيوکبريتات الصوديوم السابق اللازم لبلوغ التكافؤ من أجل عينة مأخوذة من الوسط التفاعلي عند اللحظة $t = 5 \text{ min}$.

الأدوات :

1- معادلة التفاعل (1) :



2- جدول تقدم التفاعل المدروس :

الحالة	القدم	$2I^{-}$	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 نقطه التكافؤ أين يختفي اللون الأزرق بنفسجي مما يدل على اختفاء كلي لثنائي اليود في العينة .

2- إثبات أن $x = 0,5V_E$ عند التكافؤ :

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

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

و هي كمية مادة I_2 في العينة .

من جدول التقدم :

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

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 :

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

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 : $x_{\max} = 5 \cdot 10^{-3}$ mol
 • المتفاعل المد :

نحسب $n_f(H_2O_2)$ ، و من جدول التقدم يكون :
 $n_f(H_2O_2) = n_0(H_2O_2) - x_{\max} = 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3} \neq 0$

هذا يعني أن H_2O_2 ليس كتافع معد (بزيادة) ، إذن المتفاعل المد هو I^- .

• قيمة C_1 :
 بما أن I^- هو المتفاعل المد يكون :

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

ب- قيمة $t_{1/2}$

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

بالإسقاط نجد :

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

ج- سرعة احتقاء I^- :

- نكتب عبارة سرعة احتقاء I^- بدلالة ميل المماس .

- حسب تعريف سرعة احتقاء I^- :

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

- من جدول التقدم :

$$n(I^-) = n_0(I^-) - 2x$$

و منه :

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

من البيان :

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

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

د- حجم محلول ثيوکبريتات 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 :

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

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 بيسير في اللحظة $t = 0$ المزيج التفاعلي S المشكّل من الحجم $V_1 = 368 \text{ mL}$ من محلول يود البوتاسيوم الذي تركيزه المولى $C_1 = 0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ و الحجم $V_2 = 32 \text{ mL}$ و التركيز المولى $C_2 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ و كمية كافية من حمض الكبريت المركب ، فيتم إرجاع الماء الأكسجيني بواسطة شوارد اليود I^{-} وفق تفاعل بطيء ينتج عنه ثلثائي اليود . نندرج التفاعل الكيميائي الحادث بالمعادلة الآتية :

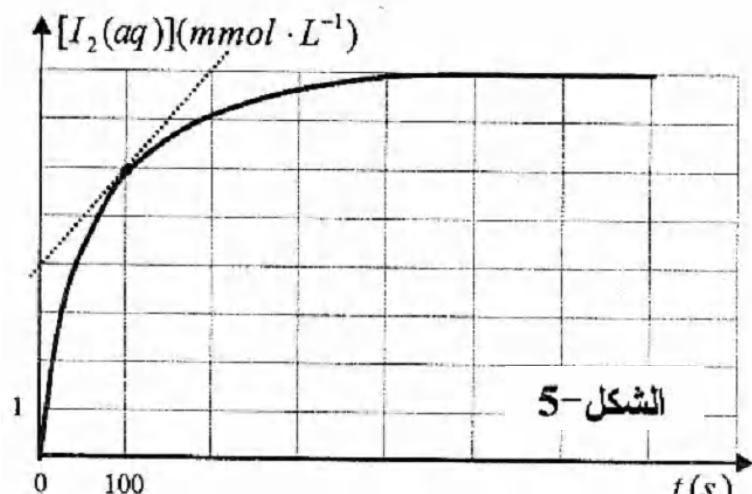


نتابع التطور الحركي لتفاعل من خلال قياس التركيز المولى لثلثائي اليود المشكّل في لحظات زمنية متعاقبة ، و ذلك باستعمال طريقة المعايرة اللونية الآتية :

نأخذ في اللحظة t عينة حجمها $V = 40,0 \text{ mL}$ من المزيج التفاعلي S و نسكبها في بيسير يحتوي الجليد المنصهر و النشاء ، فيتلون المزيج بالأزرق ، بعد ذلك نضيف تدريجيا إلى هذه العينة محلولا مائيا لثيوکبريتات الصوديوم $(2\text{Na}^{+} \text{ (aq)} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \text{ (aq)})$ الذي تركيزه المولى $C_3 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ إلى غاية اختفاء اللون الأزرق . باستغلال الحجم V_E لثيوکبريتات الصوديوم المضاف و معادلة تفاعل المعايرة نستنتج التركيز المولى لثلثائي اليود في اللحظة t .

نعيد العملية في لحظات متعاقبة ، ثم نرسم تطور التركيز المولى لثلثائي اليود $[\text{I}_3 \text{ (aq)}]$ المشكّل 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 .



الثانيتان مرجع/مؤكّس المساهمتان في هذا التحول هما : $\text{I}_2 \text{ (aq)} / \text{I}^{-} \text{ (aq)}$ و $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \text{ (aq)} / \text{S}_4\text{O}_6^{2-} \text{ (aq)}$.

2- عرف التكافؤ ، ثم جد العبارة الحرافية الموافقة للتركيز المولى لثلثائي اليود $[\text{I}_3 \text{ (aq)}]$ بدلالة الحجم V و الحجم V_E و التركيز المولى C_3 لثيوکبريتات الصوديوم .

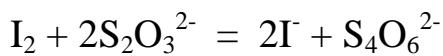
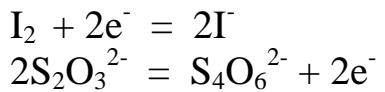
3- أنشئ جدولًا للتقدم المميز لتفاعل يود البوتاسيوم و الماء الأكسجيني و بين أن الماء الأكسجيني هو المتفاعل المحدد .

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

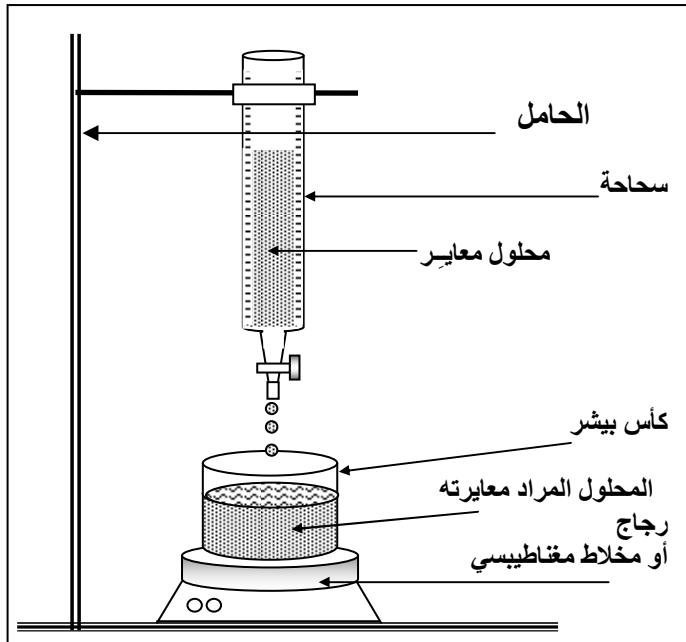
5- جد بياننا زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

الأجوبة :**1- أ- مخطط المعايرة :**

ب- الوسيلة التي نستعملها لأخذ mL 40 من المزيج التفاعلية هي ماصة عيارة بحجم mL 20 (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 محلول المعاير ، بعبارة أخرى عند التكافؤ يكون تفاعل المعايرة في الشروط المستوكيومترية .

**- عبارة $[I_2]$ بدلالة V_E ، V :**

و اعتمادا على معادلة المعايرة يكون :

$$\frac{n_0(I_2)}{1} = \frac{n_0(S_2O_3^{2-})}{2} \rightarrow \frac{[I_2]V}{1} = \frac{C_3 V_E}{2} \rightarrow [I_2] = \frac{C_3 V_E}{2V}$$

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
انقاليّة	x	$3.2 \cdot 10^{-3} - x$	$1.84 \cdot 10^{-2} - 2x$		بوفرة	x
نهايّة	x_{max}	$3.2 \cdot 10^{-3} - x_{max}$	$1.84 \cdot 10^{-2} - 2x_{max}$		بوفرة	x_{max}

$$\bullet n_0(H_2O_2) = C_2 V_2 = 0,1 \cdot 0,032 = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\bullet n_0(I^-) = C_1 V_1 = 0,05 \cdot 0,368 = 1,84 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

▪ اثبات أن الماء الأكسجيني هو المتفاصل المحد :

- بفرض أن H_2O_2 متفاصل محد :

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

- بفرض أن I^- متفاصل 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 المتفاصل 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 :

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

اعتماداً على جدول التقدم :

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

و منه :

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

من البيان عند اللحظة $t = 100$ s :

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

5- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

- حسب $[I_2]_{1/2}$.

- من جدول التقدم :

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

حسب تعريف $t_{1/2}$:

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

و منه :

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

بالإسقاط نجد : $t_{1/2} = 40$ s

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

لدراسة حركية التحول الكيميائي الحادث بين الألمنيوم Al و محلول حمض كلور الهيدروجين ($H_3O^+ + Cl^-$) ، نضع عند درجة الحرارة $25^\circ C$ في بيسير كتلة $27 mg = m$ من الألمنيوم و نضيف إليها عند اللحظة $t = 0$ حجما $V = 20 mL$ من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ ، نمزج التحول الحادث بالمعادلة الكيميائية التالية :



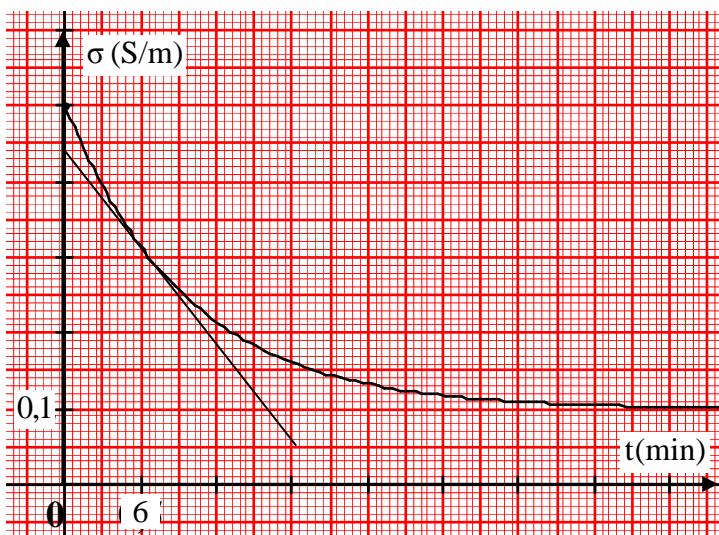
1- أنشئ جدول لتقدم التفاعل .

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

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

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

ب- ما هو المدلول الفيزيائي للمقدار b .



جـ- بين أن : $\sigma = -1,01 \cdot 10^4 x + 0,511$.

دـ- بين أن سرعة التفاعل عند اللحظة t تعطى

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

ثـ- أحسب قيمتها عند اللحظة $t = 6 \text{ min}$

جـ- جـ 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 :

		2Al	+	6H ₃ O ⁺	=	2Al ³⁺	+	3H ₂	+	6H ₂ 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

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

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

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 : H₃O⁺ و المتفاعل المحد هو x_{max} = 4 · 10⁻⁵ mol

3- أـ- عبارة σ بدلالة حجم المزيج V و الناقليات 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 :

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

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

ب- المدلول الفيزيائي للمقدار b : الناقلة النوعية σ عند اللحظة $t = 0$ أين يكون $x = 0$ و نكتب :

ج- قيمتى a و b :

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

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

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

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 $t_{1/2}$:

- حسب $\sigma_{1/2}$ 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 معأخذ سلم الرسم بعين الاعتبار نجد :

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

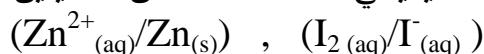
يمكن أيضا حساب $t_{1/2}$ بالاعتماد على العلاقة :

$$\sigma_{1/2} = \frac{\sigma_0 + \sigma_f}{2}$$

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

نأخذ عينة من منظف طبي للجروح عبارة عن سائل يحتوي أساسا على ثائي اليود $I_2(aq)$ تركيزه المولي C_0 نضيف لها قطعة من الزنك $Zn_{(s)}$ فلاحظ تناقص الشدة اللونية للمنظف .

1- أكتب معادلة التفاعل الممنذج للتحول الكيميائي الحادث ، علما أن الثنائيتين الداخلتين في التفاعل هما :



2- التجربة الأولى : عند درجة الحرارة 20°C نضيف إلى حجم $50 \text{ mL} = V$ من المنظف قطعة من Zn و نتابع عن طريق المعايرة تغيرات $[I_2]_{(aq)}$ بدلالة الزمن t فنحصل على البيان $[I_2] = f(t)$ (الشكل) .

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

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 درجة 20°C ، نضعها في حوجلة 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 .

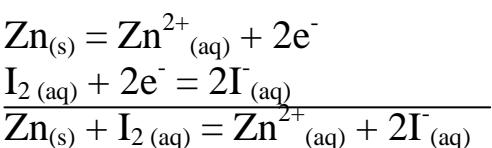
توقع شكل البيان $(2) [I_2] = f(t)$ و ارسمه ، كيفيا ، في نفس المعلم مع البيان (1) للتجربة الأولى . علل .

4- التجربة الثالثة : نأخذ نفس الحجم V من نفس العينة ، ترفع درجة الحرارة إلى 80°C ، توقع شكل البيان $(3) [I_2] = f(t)$ و ارسمه كيفيا ، في نفس المعلم السابق .

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

الأجوبة :

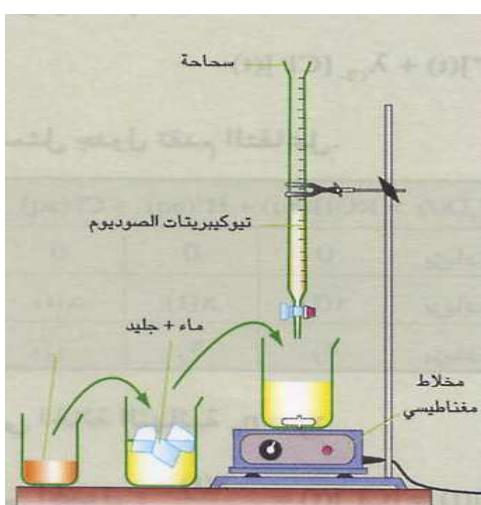
1- معادلة التفاعل :



2- أ. البروتوكول التجريبي :

- نأخذ عينات مختلفة متساوية الحجم من الوسط التفاعلي .

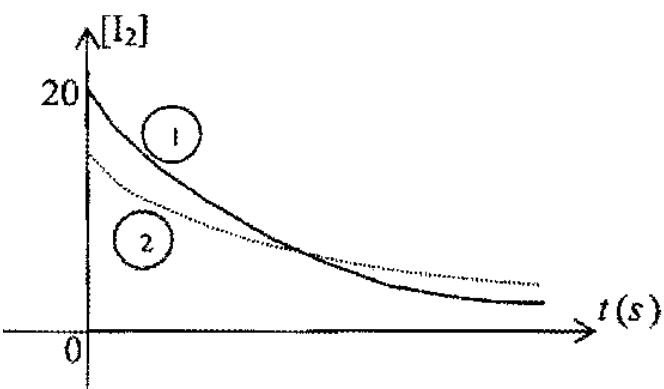
- نضع في السحاحة محلول مرجع مثل ثيوکبريتات الصوديوم و نضبط مستوى محلول عند التدريجة صفر .



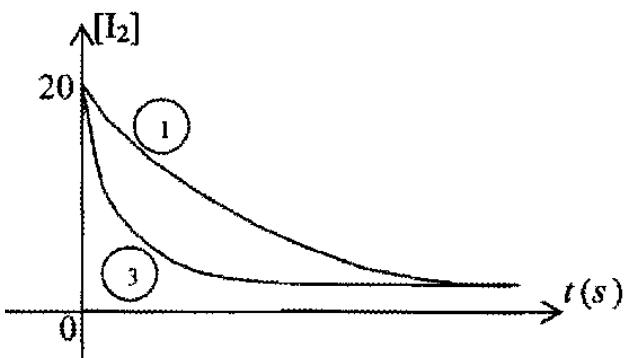
- عند لحظة t معينة نضيف قطع من الجليد إلى العينة المراد معاييرتها بغرض توقف التفاعل ثم نضيف لها قطرات من صمغ النشاء فيتلون محلول العينة بالأزرق البنفسجي .
- نضيف قطرة قطرة من محلول المرجع الموجود في الساحة حتى يختفي اللون الأزرق مما يدل على بلوغ التكافؤ .
- من عبارة التكافؤ نستنتج تركيز I_2 في العينة 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 المحنى $f(t) = \int [I_2] \, dt$ بما يلي :
- نعبر عن سرعة اختفاء I_2 بدلالة ميل مماس المحنى $\frac{d[I_2]}{dt}$.
- نحسب ميل مماس المحنى $f(t) = \int [I_2] \, dt$ 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 تناقص تركيز 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 :

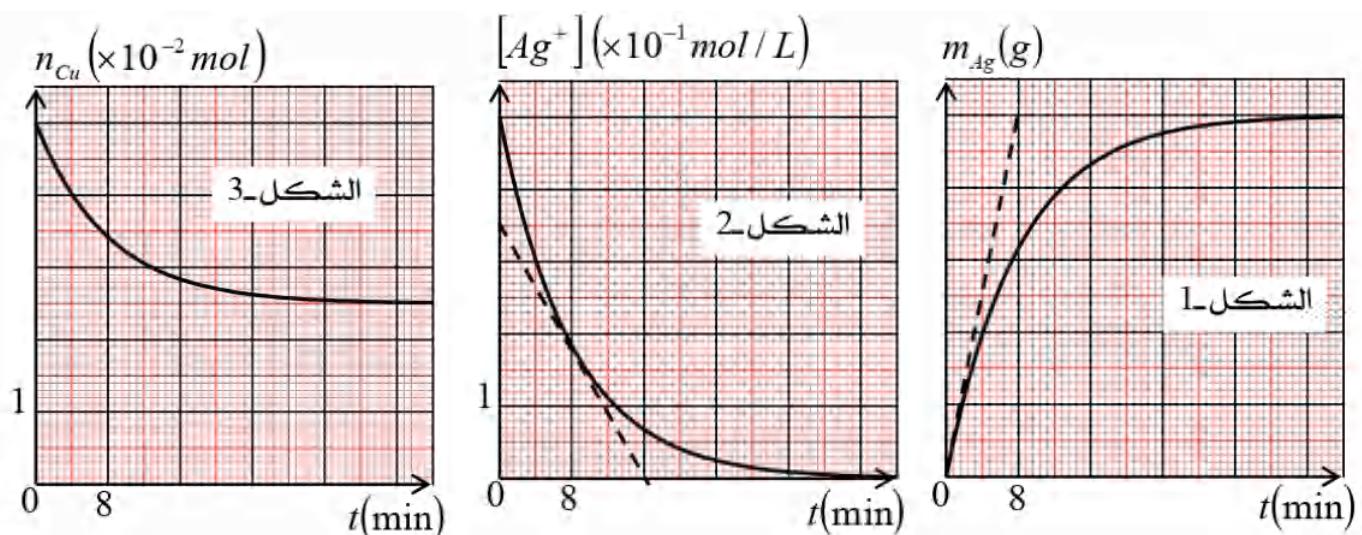


- 5- العوامل الحركية التي تبرزها هذه التجربة هي :
- التركيز المولي للمتفاعلات .
 - درجة الحرارة .

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 المحنين البيانية $(f(t))$ و $(g(t))$ ، $[Ag^{+}] = g(t)$ ، $m_{Ag} = h(t)$ الموضحة في الشكل-1 و الشكل-2 و الشكل-3 على الترتيب .



1- اكتب معادلة الأكسدة الإرجاعية بناءاً على المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع علماً أن الثنائيتين المشاركتين في التفاعل هما : $(Ag^{+}_{(aq)}/Ag_{(s)})$ ، $(Cu^{2+}_{(aq)}/Cu_{(s)})$.

2- أنشئ جدولًا لتقدم هذا التفاعل .

3- اعتماداً على جدول تقدم التفاعل و المنحنيات البيانية :

أ- حدد المتفاصل 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 التراتيب للمنحنى $m_{Ag} = f(t)$.

5- أ- عرف زمن نصف نصف التفاعل $t_{1/2}$.

ب- بين أنه لما $t = t_{1/2}$ يمكن كتابة العبارات :

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

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

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

ثم استنتج بيانياً قيمة $t_{1/2}$.

6- أ- بين أن عبارة سرعة التفاعل $v(t)$ تكتب بالشكل :

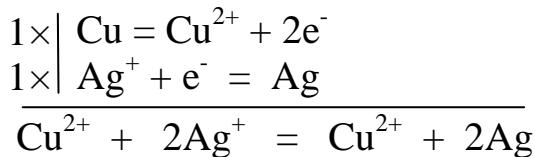
حيث A ثابت يطلب إيجاد عبارته .

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

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

الأجوبة :

1- معادلة الأكسدة الإرجاعية :



- 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		$2x$
نهاية	x_{max}	$n_0(Cu) - x_{max}$		$n_0(Ag^+) - 2x_{max}$		x_{max}		$2x_{max}$

- أ- المتفاعل المد :

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

- قيمة x_{max} من منحنى الشكل-3 لدينا :

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

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 m_0 :

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

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 C_0 من منحنى الشكل-2 :

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

قيمة V_0 : مما سبق Ag^+ هي المتفاعل المد و عليه من جدول التقدم يكون :

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

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

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

4- سلم الرسم :

- حسب أولا (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:

$$\left\{ \begin{array}{l} 5,4 \text{ g} \rightarrow 5 \text{ cm} \\ x \rightarrow 1 \text{ cm} \end{array} \right.$$

أي سلم الرسم في هذا البيان هو :
 $1 \text{ cm} \rightarrow 1,08 \text{ g}$

5- تعريف زمن نصف التفاعل :

هو الزمن اللازم لبُوغ تقدم التفاعل نصف قيمته الأعظمية.

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

اعتمادا على جدول التقدم:

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

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

عند اللحظة t_f نكتب :

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:

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

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

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

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

طريقة أخرى :

نضرب طرفي العلاقة (2) في 2 ، نجد :

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

$$\text{من (1) } 2M \cdot x_{\max} = n_f(AG) :$$

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

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

من جدول التقدم :

$$n(Cu) = n_0(Cu) - x$$

عند اللحظة t_f نكتب :

عند اللحظة $t_{1/2}$ نكتب :

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

حسب تعريف $t_{1/2}$ و منه :

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

نضرب طرفي العلاقة (2) في :

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

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

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 :

من جدول التقدم :

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

عند اللحظة t_f نكتب :

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

لأن Ag^+ متفاعل محد ، و منه :

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

عند اللحظة $t_{1/2}$ نكتب :

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

حسب تعريف $t_{1/2}$ يكون :

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

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

نضرب طرفي العلاقة (2) في 2 نجد :

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

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

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

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

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

قيمة $t_{1/2}$:

بالإعتماد على العلاقات الأخيرة معأخذ سلم الرسم بعين الاعتبار : $t_{1/2} = 0,7 \cdot 8 = 5,6 \text{ min}$

6-أ- عبارة A :

$$\frac{dm(\text{Ag})}{dt}$$

- حسب تعريف سرعة التفاعل :

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

وَجْدَنَا سَابِقًا:

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

و منه:

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

بالنسبة لـ $A = \frac{1}{2M}$ ، عبارة عن سرعة التفاعل المعطاة نجد :

بـ- قيمة سرعة التفاعل الأعظمية :

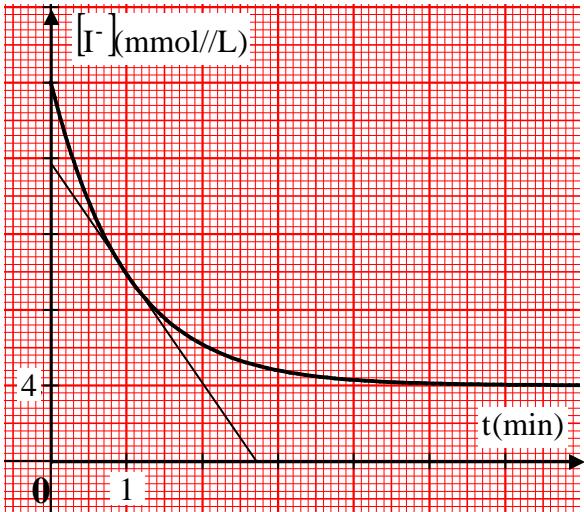
سرعة التفاعل تتناقص بمرور الزمن نتيجة تناقص التراكيز المولية للمتفاعلات و بالتالي تكون السرعة أعظمية عند اللحظة $t = 0$ ، و من بيان الشكل-1 عند اللحظة $t = 0$ يكون :

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

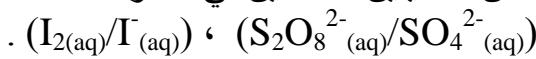
التمرين (13): (التمرين : 058 في بنك التمارين على الموقع) (**)

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

[I⁻]_(aq) + 2K⁺_(aq) + S₂O₈²⁻ (مجهول) ، المنحنى البياني التالي يمثل تطور تركيز شوارد اليود المتبقي في الوسط التفاعلي بدلاة الزمن .



1- أكتب معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية المنذج لتحول الكيميائي الحاصل علماً أن الثنائيتين الداخلتين في التحول هما :



2- أنشئ جدول لتقدير التفاعل .

3- اعتماداً على البيانات :

أ- استنتاج التركيز المولى C₁ لمحلول يود البوتاسيوم .
ب- عين المتفاعل المهد .

ج- جد قيمة التقدم الأعظمي x_{max} و كذا التركيز المولى C₂ لمحلول بيروكسوبيريات البوتاسيوم .

4- بين أن التركيز المولى لليود المتشكل I₂ في كل لحظة t يعطى بالعلاقة :

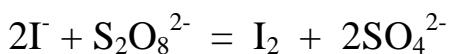
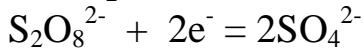
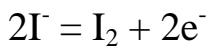
$$V_s = V_1 + V_2 , \quad [I_2]_{(aq)} = \frac{C_1 V_1}{2 V_s} - \frac{[I^-]_{(aq)}}{2}$$

5- أحسب السرعة الحجمية لتشكل ثانوي اليود عند اللحظة t = 1 min .

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

الأجوبة :

1- معادلة الأكسدة الإرجاعية :



2- جدول التقدم :

الحالة	القدم	2I ⁻	S ₂ O ₈ ²⁻	=	I ₂	2S ₂ O ₈ ²⁻
ابتدائية	x = 0	n ₀ (I ⁻)	n ₀ (S ₂ O ₈ ²⁻)		0	0
انتقالية	x	n ₀ (I ⁻) - 2x	n ₀ (S ₂ O ₈ ²⁻) - x		x	2x
نهاية	x _{max}	n ₀ (I ⁻) - 2x _{max}	n ₀ (S ₂ O ₈ ²⁻) - x _{max}		x _{max}	2x _{max}

3- أ- قيمة C₁ :

من البيانات :

$$[I^-]_0 = 5.4 \cdot 10^{-3} = 2.10^{-2} \text{ mol/L}$$

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 المهد :

بما أن I⁻ لم يختفي كلياً في نهاية التفاعل ، فإن المتفاعل المهد هو S₂O₈²⁻ .

جـ- قيمة $\frac{C_1 V_1}{V_1 + V_2}$ من البيان :

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

و اعتمادا على جدول التقدم :

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

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

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

ـ قيمة $\frac{C_2}{2}$

بما أن $S_2O_8^{2-}$ متقابل محد يكون من جدول التقدم :

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

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

اعتمادا على جدول التقدم :

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

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

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 $(V_1 + V_2)$:

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

ـ 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 :

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

- مما سبق :

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

بالتعويض في عبارة السرعة :

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

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

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

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

- 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 معأخذ 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 المنذج بالمعادلة الكيميائية التالية :

1- أقترح على التلاميذ في حصة الأعمال التطبيقية دراسة حرکية 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 ثاني الأكسجين في الشرطين النظاميين ، الحجم المولى $V_M = 22.4 \text{ L/mol}$)

- الزجاجيات : حوجلات عيارية : 1 mL ، 50 mL ، 100 mL ، 200 mL ، 250 mL ، ماصات عيارية : 1 mL ، 5 mL ، 10 mL و إجاصة مص ، سحاحة مدرجة سعتها : 50 mL ، ببشر سعته : 250 mL .

- قارورة حمض الكبريت المركز 98% ، حامل .

قام الأستاذ بتقديم التلاميذ إلى أربع مجموعات صغيرة (A ، B ، C ، D) ثم طلب منهم القيام بما يلي :
أولاً : تحضير محلول S بحجم 200 mL أي بتضليل عينة من المحلول S_0 40 مرة .

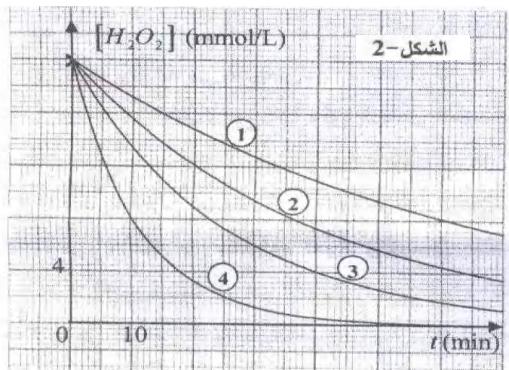
1- ضع بروتوكولا تجريبيا لتحضير المحلول S .

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

3- أحسب التركيز المولى S_0 . استنتاج التركيز المولى للمحلول S .

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

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



- 1- ما دور الوسيط؟ ما نوع الوساطة؟
 2- تأخذ كل مجموعة ، في لحظات زمنية مختلفة ، حجماً مقداره 10 mL من الوسط التفاعلية الخاص بها و يوضع في الماء البارد والجليد و تجرى له عملية المعايرة بمحلول برمغنتات البوتاسيوم المحمضة (بإضافة قطرات من حمض الكبريت المركب). ما الغرض من استعمال الماء البارد والجليد؟
 3- سمحت عملية المعايرة برسم المنحنيات البيانية (الشكل-2).
 أ- حدد البيان الخاص بكل مجموعة.
 ب- أوجد من البيان التركيز المولى S للمحلول المعاير. استنتاج التركيز المولى للمحلول S_0 .
 ج- هل النتائج المتوصل إليها متطابقة مع ما هو مسجل على الفارورة؟

الأجوبة:**أولاً:****1- البروتوكول التجريبي:**

- نحسب أولاً حجم المحلول S_0 الواجب أخذة بالماصة.

- باعتبار V_0 حجم المحلول S_0 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 S_0 بواسطة ماصة سعتها 5 mL و نضعها في حوجلة سعتها 200 mL ثم نضيف الماء المقطر حتى خط العيار مع الرج للحصول على محلول متجانس.

2- جدول التقدم:

الحالة	التقدم	$2\text{H}_2\text{O}_2 = \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	
ابتدائية	$x = 0$	n_0	بوفرة
انتقالية	x	$n_0(\text{H}_2\text{O}_2) - 2x$	بوفرة
نهاية	x_{\max}	$n_0(\text{H}_2\text{O}_2) - 2x_{\max}$	بوفرة

3- التركيز المولى للمحلول S_0 :

- نحسب التقدم الأعظمي x_{\max} عندما يتفكك $\text{V}(\text{O}_2) = 1 \text{ L}$ من الماء الأكسجيني و ينتج عن ذلك $\text{V}(\text{H}_2\text{O}) = 10 \text{ L}$ من غاز الأكسجين في الشرطين النظاميين :

- من جدول التقدم و عند نهاية التفاعل :

$$n_f(\text{O}_2) = x_{\max} \rightarrow x_{\max} = \frac{\text{V}(\text{O}_2)}{\text{V}_M} = \frac{10}{22,4} = 0,456 \text{ mol}$$

- من جدول التقدم أيضاً و عند نهاية التفاعل :

$$n_0(\text{H}_2\text{O}_2) - 2x_{\max} = 0$$

$$C_0 \text{V}(\text{H}_2\text{O}_2) = 2x_{\max} \rightarrow C_0 = \frac{2x_{\max}}{\text{V}(\text{H}_2\text{O}_2)}$$

$$C_0 \text{V}(\text{H}_2\text{O}_2) = 2x_{\max} \rightarrow C_0 = \frac{2 \cdot 0,446}{1} = 0,89 \text{ mol/L}$$

- التركيز المولى للمحلول S :
بما أن S_0 مدد 40 مرة يكون :

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

ثانياً :

- دور الوسيط : هو تسريع التفاعل من دون أن يدخل فيه .
- نوع الوساطة : متجانسة لأن الوسيط و المحلول يشكلان طورا واحد (سائل) .
- الغرض من استعمال الماء البارد و الجليد هو إيقاف تطور التفاعل .
- أ- البيان الخاص بكل مجموعة :

- يكون التفاعل أسرع كلما كان الوسيط مناسب و بازدياد كمية الوسيط يكون التفاعل أسرع و أسرع ، و حيث أن التركيز الابتدائي للمتفاعلات نفسها في كل مجموعة يكون :

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

ب- التركيز المولى للمحلول المعاير :
من البيان :

$$[H_2O_2]_0 = C = 5.4 \cdot 10^{-3} = 2.10^{-2} \text{ mol/L}$$

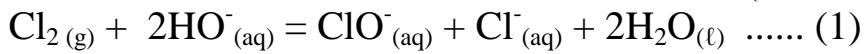
و هو التركيز الابتدائي لمحلول الماء الأكسجيني المخفف و حيث أن $C = \frac{C_0}{40}$ يكون :

$$C_0 = 40 C = 40 \cdot 2.10^{-2} = 0.8 \text{ mol/L}$$

ج- النتائج المتوصلا 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 منتوج شائع يستعمل كثيرا لقدرته على التطهير . يمكن الحصول عليه بإذابة ثنائي الكلور الغازى Cl_2 في محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + HO^-)$ وفق المعادلة :

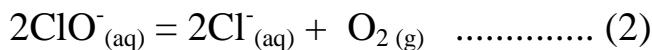


يعرف ماء جافيل غالبا بدرجته الكلورومنترية (Chl°) فهي توافق حجم غاز ثنائي الكلور Cl_2 المقدر باللتر و المقاس في الشرطين النظاميين المنحل في 1L من ماء جافيل .

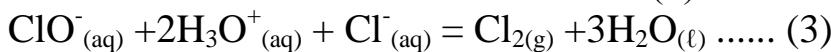
- أنشئ جدول لتقدم التفاعل (1) .
- أحسب التركيز المولى $[ClO^-]$ لشوارد الهيبوكلوريت في قارورة تحتوي على ماء جافيل ذو درجة $48^\circ Chl$.
- إن خصائص التطهير في ماء جافيل تعود إلى الطبيعة المؤكسدة لشوارد الهيبوكلوريت $ClO^-(aq)$ ، هذه الشوارد تؤدي إلى عدة تفاعلات تتدخل فيها عوامل مختلفة مثل التركيز المولى ، درجة الحرارة ، الوسائط (شوارد معدنية) . تتفاعل شوارد الهيبوكلوريت خاصة بحضور الماء كما يلي :



- في الوسط الأساسي وفق المعادلة :

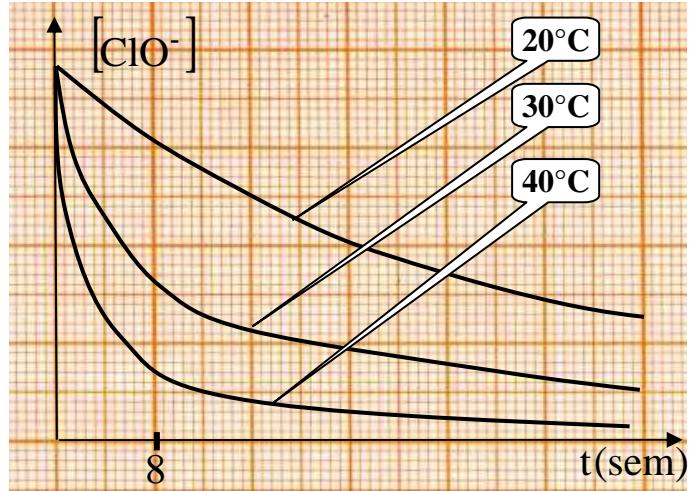


- في الوسط الحمضي وفق المعادلة (3) التالية :



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 كلورمتيرية 12°Chl أطول من مدة صلاحية ماء جافيل الأكياس ذات درجة كلورومترية 48°Chl ، علل .

الأجوبة :

1- جدول تقدم التفاعل (1) :

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

2- حساب $[\text{ClO}^-]$:

- حسب تعريف الدرجة الكلورومترية ، فإن ماء جافيل ذو درجة كلورومترية 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 :

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

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

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

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^- وبالتالي مدة صلاحية ماء جافيل تكون أطول .

د- ماء جافيل القارورة $Chl\ 12^\circ$ يكون أقل تركيزاً من ماء جافيل الأكياس $Chl\ 48^\circ$ ، 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