

# سلاسل 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](http://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/el moundj idff](https://facebook.com/el moundj idff)

الأستاذ فرقاني فارس  
ثانوية مولود قاسم نانت بلقاسم - الخروب - قسنطينة  
[fares\\_fergani@yahoo.fr](mailto: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](http://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 :

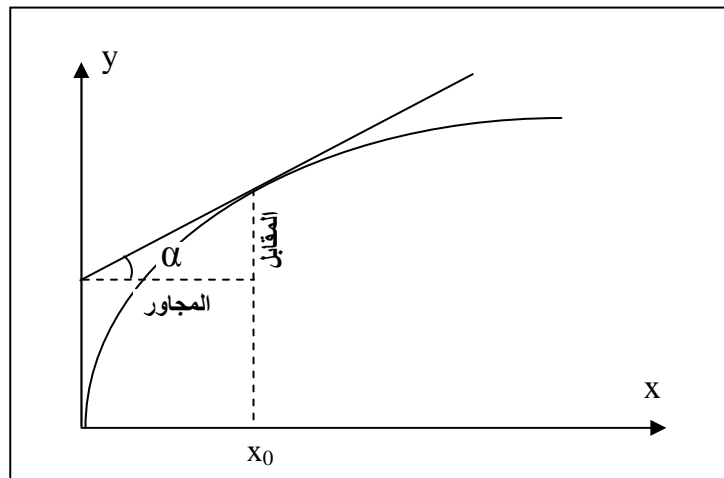
- الطريقة الكيميائية التي تعتمد على المعايرة .
- الطريقة الفيزيائية التي تعتمد على قياس مقدار فيزيائية مثل الناقلية ، حجم غاز ، الضغط ، pH ..... .

**- 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 نرمز للمشتقة اختصارا بـ  $(')$  ، بينما في الفيزياء نتعامل مع عدة متغيرات ، قد يكون زمن أو مسافة أو سرعة .... ، لذلك نرمز للمشتقة بالرمز التالي  $(\frac{d}{dx})$  الذي نبين من خلاله نوع المتغير ، و في الجدول التالي نُذكر 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 :

$$\frac{dy}{dx} = \text{ميل المماس}$$

### أمثلة أخرى :

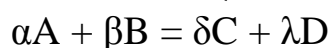
- في المنحنى  $n_C = f(t)$  نرسم لميل المماس بالكتابة :  $\frac{dn_C}{dt}$  .

- 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  $n_1(C)$  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  $\Delta t$  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  $\Delta t$  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 .

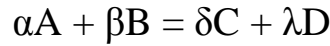
■ السرعة الحجمية للتفاعل :

- 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 :

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

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

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

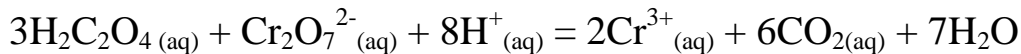
حيث :  $v_A, v_B, v_C, v_D$  هي على الترتيب : سرعة اختفاء A ، سرعة اختفاء B ، سرعة تشكل C ، سرعة تشكل D ، و  $v_{vol}(A), v_{vol}(B), v_{vol}(C), v_{vol}(D)$  هي على الترتيب : السرعة الحجمية لاختفاء A ، السرعة الحجمية لاختفاء B ، السرعة الحجمية لتشكيل C ، السرعة الحجمية لتشكيل D و V هو حجم الوسط التفاعلي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

### 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 .....

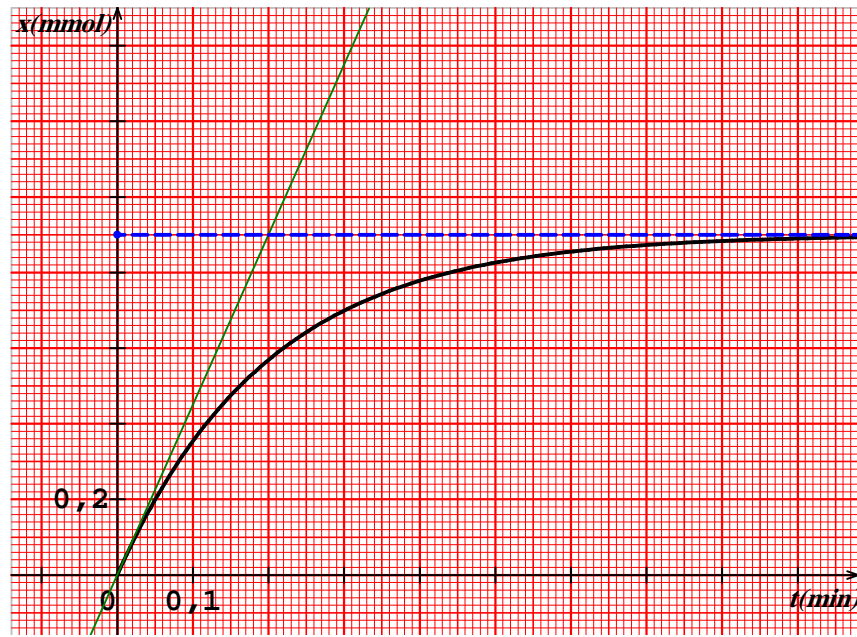
### التمرين (1) : ( التمرين : 076 في بنك التمارين على الموقع ) (\*)

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	$x = 0$	$n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$	$n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$	المركب المتكون	0	0	المركب المستهلك
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	$x_{\text{max}}$	$n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) - 3x_{\text{max}}$	$n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) - x_{\text{max}}$		$2x_{\text{max}}$	$6x_{\text{max}}$	

**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  $\text{CO}_2$  عند اللحظة  $t = 0$  :**حسب تعريف سرعة تشكل  $\text{CO}_2$  :

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



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

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

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 :

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

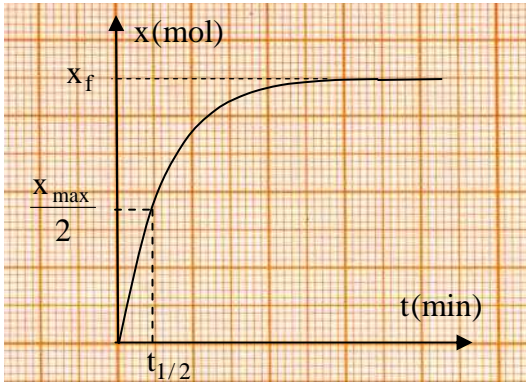
عند اللحظة  $t = 0$  أين  $\frac{dx}{dt} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/min}$  يكون :

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

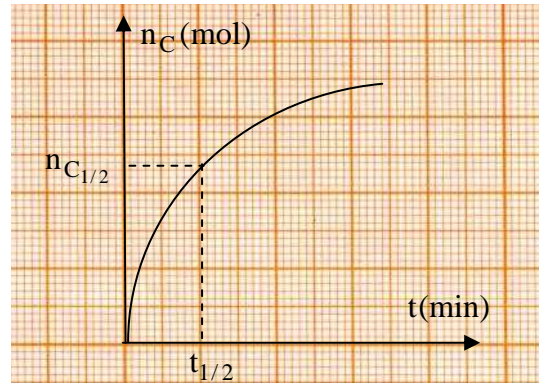
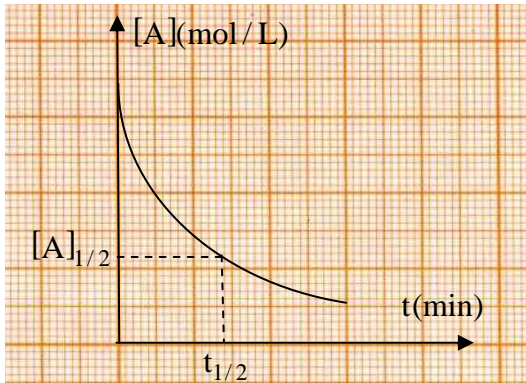
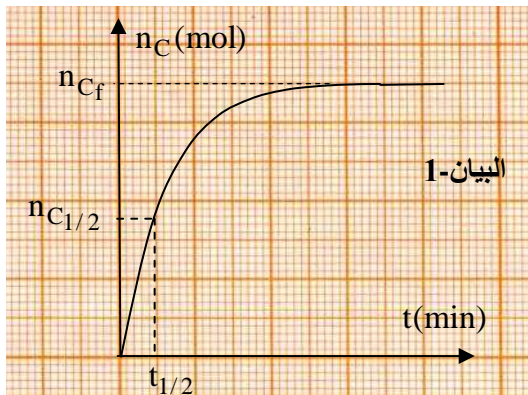
**د- زمن نصف التفاعل :****• تعريف زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$  :**

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

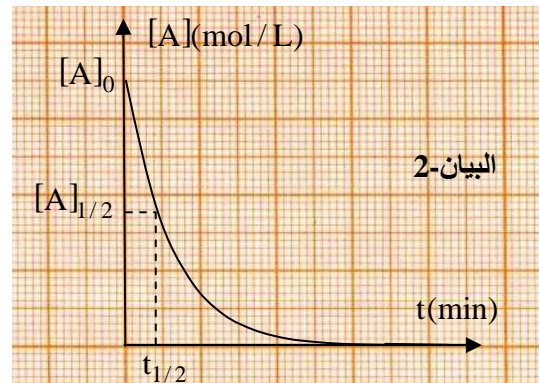
$$t = t_{1/2} \rightarrow x_{1/2} = \frac{x_{\max}}{2}$$

**• 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 :  $n_{1/2}(A)$  ،  $n_{1/2}(C)$  ،  $[n_A]_{1/2}$  ،  $[n_C]_{1/2}$  ،  $\sigma_{1/2}$  ،  $G_{1/2}$  .... 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 :

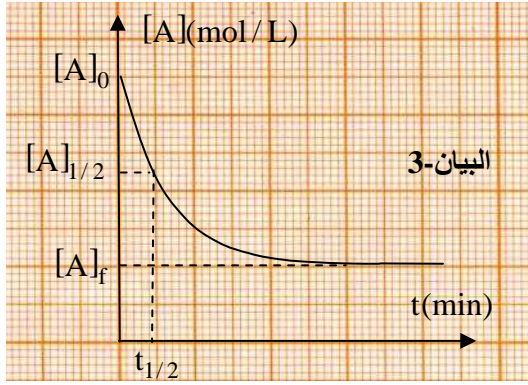
**ملاحظة : يمكن إثبات العلاقات التالية :**

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



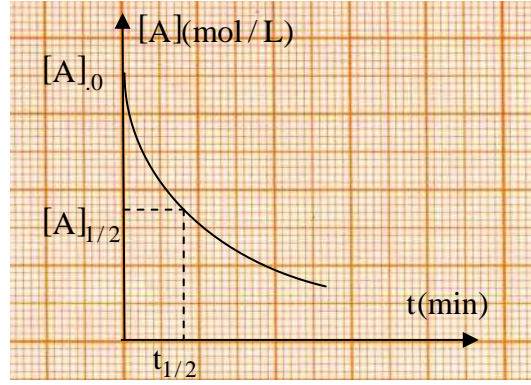
$$t = t_{1/2} \rightarrow [A]_{1/2} = \frac{[A]_0}{2}$$





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

و إذا كان ليس متفاعل محد ، يكون :



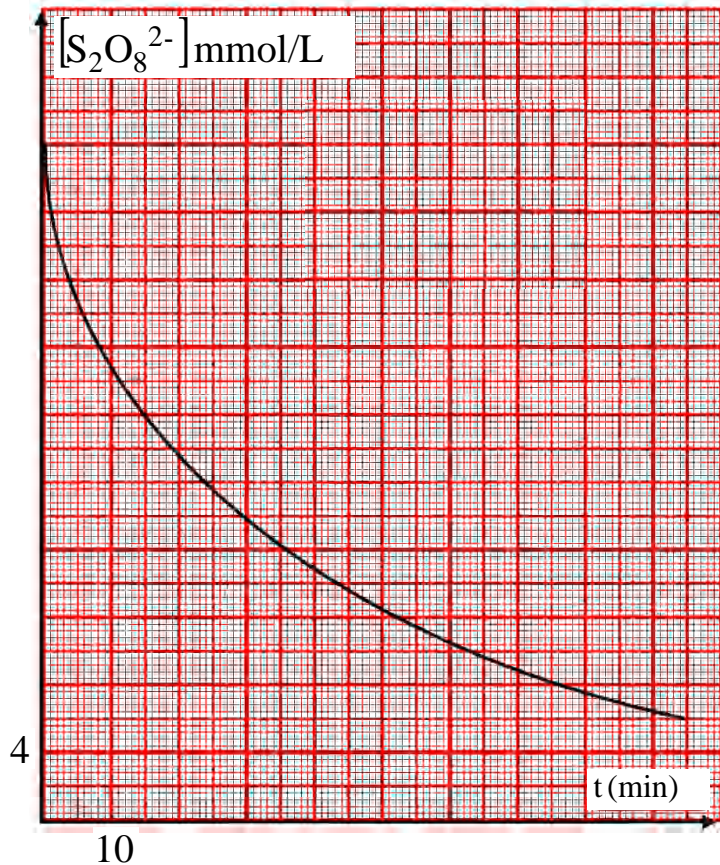
$$t = t_{1/2} \rightarrow [A]_{1/2} = \frac{[A]_0}{2}$$

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

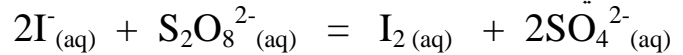
### ملاحظة مهمة جدا :

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 البروكسوديكبريتات  $S_2O_8^{2-}$  ، 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  $(S_2)$  لبروكسوديكبريتات 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 :

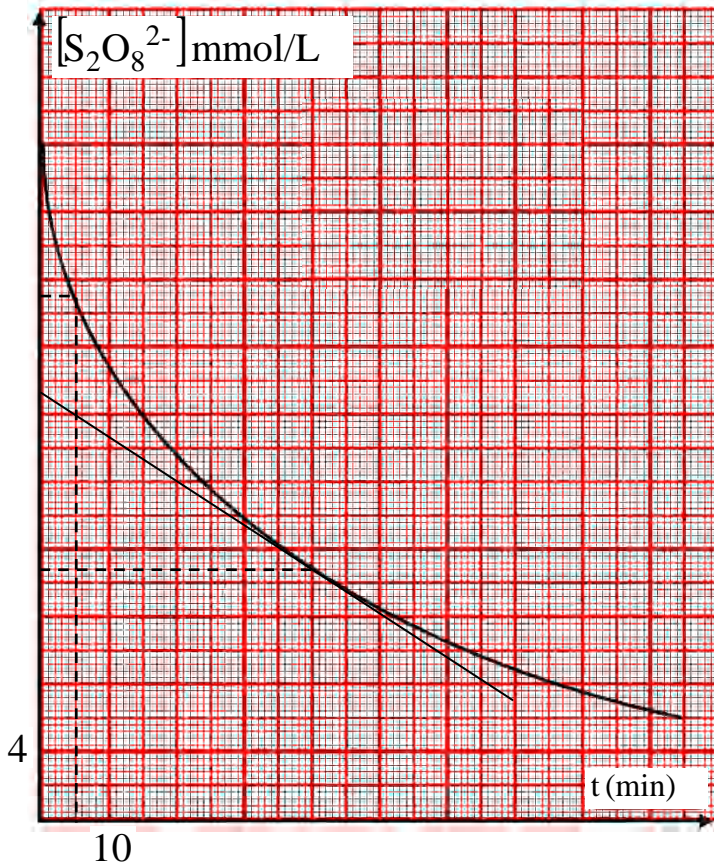
$$\frac{d[S_2O_8^{2-}]}{dt} = \frac{1}{V_1 + V_2} (0 - \frac{dx}{dt})$$

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

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

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 :  $t_{1/2} = 5 \text{ min}$  .

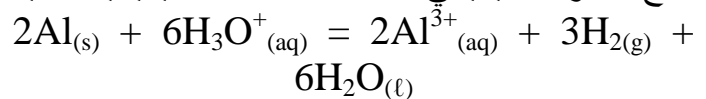
### التمرين (3) : (بكالوريا 2016 - علوم تجريبية - الدورة 2) ( التمرين : 055 في بنك التمارين على الموقع ) (\*\*) )

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

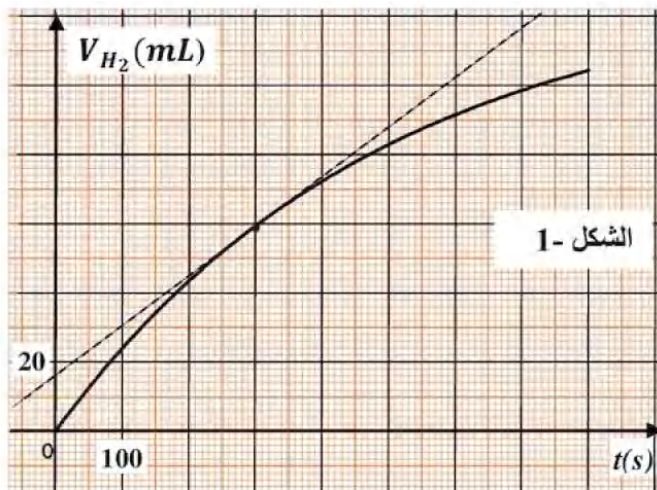
في اللحظة  $t = 0$  ندخل عينة كتلتها  $m = 0,810 \text{ g}$  من حبيبات الألمنيوم في بالون (دورق) يحتوي على حجم  $V = 60 \text{ mL}$  من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي  $C = 0,180 \text{ mol.L}^{-1}$  . نغلق البالون بسدادة

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 :

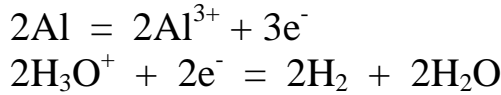
$$v = \frac{1}{3V_M} \cdot \frac{dV_{H_2}(t)}{dt}$$

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

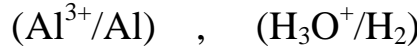
$$V_M = 24 \text{ L.mol}^{-1} \text{ التجربة } , M(\text{Al}) = 27 \text{ g.mol}^{-1}$$

### الأجوبة :

#### 1- المعادلتين النصفيتين :



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



#### 2- أ- جدول التقدم :

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

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

#### 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  $\text{H}_3\text{O}^+$  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  $\text{H}_3\text{O}^+$  .

#### 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 :

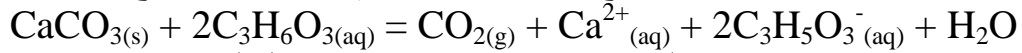
$$\frac{dV(H_2)}{dt} = \frac{2,20 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{300} = 1,47 \cdot 10^{-4}$$

إذن :

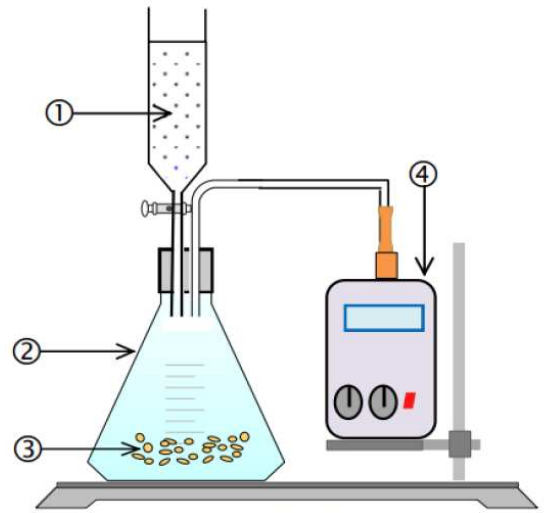
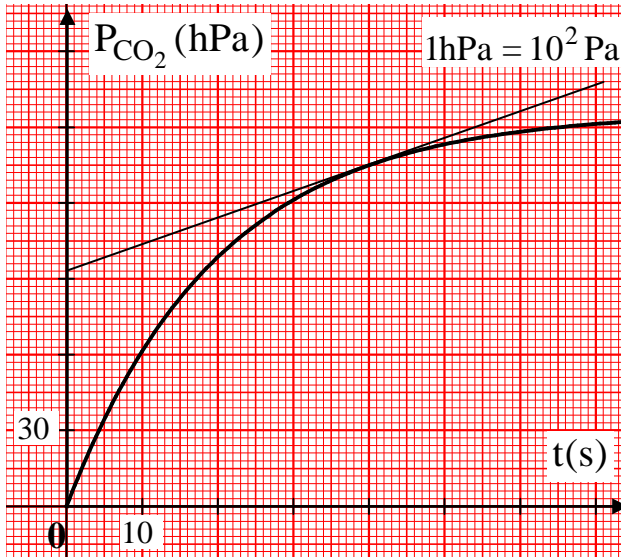
$$v = \frac{1}{3 \cdot 24} \cdot 1,47 \cdot 10^{-4} = 2,04 \cdot 10^{-6} \text{ mol/s}$$

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

### الأجوبة :

1- تسمية العناصر المرقمة :

(1)	محلول حمض اللاكتيك
(2)	دورق زجاجي
(3)	قطعة من كربونات الكالسيوم .
(4)	جهاز قياس الضغط دوره قياس الضغط غاز $\text{CO}_2$ المنطلق

2- جدول التقدم :

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

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

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

- التقدم الأعظمي  $x_{\text{mzx}}$  و المتفاعل المحد :  
- بفرض أن  $\text{CaCO}_3$  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 :  $\text{CaCO}_3$  .

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

- بتطبيق قانون الغاز المثالي :

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

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

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

4- قيمة  $t_{1/2}$  :

- نحسب  $P_{1/2}(\text{CO}_2)$  :

- من العبارة السابقة نكتب :

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

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  $\text{CO}_2$  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  $t = 40 \text{ min}$  :

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

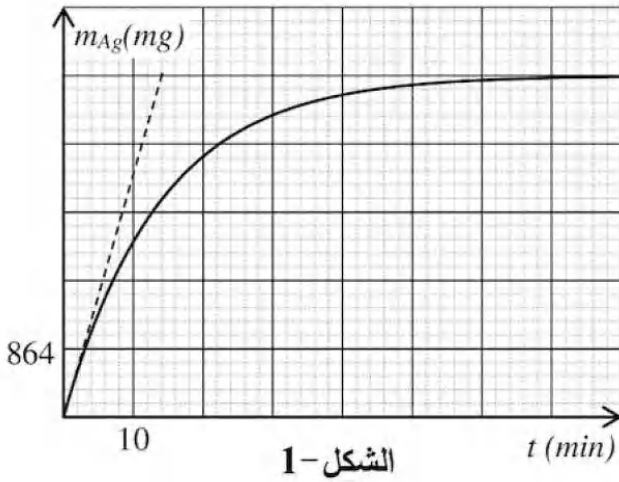
6- أثر العاملين الحركيين على المدة الزمنية لإزالة الراسب :

- 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 .

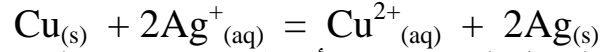
إذن كلا العاملين الحركيين (التراكيز الابتدائية للمتفاعلات و درجة الحرارة) ساعدا على تقليص المدة الزمنية اللازمة لإزالة الراسب .

**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  $X_{\text{max}}$  .

- 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 :  $M_{\text{Ag}}$  الكتلة المولية للفضة .

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

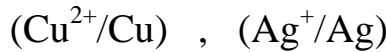
يعطى :  $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$  ،  $M(\text{Ag}) = 108 \text{ g.mol}^{-1}$  .

**الأجوبة :**

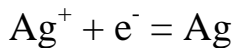
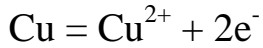
1- التحول الكيميائي سريع أم بطيء :

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	+	$2\text{Ag}^+$	=	$\text{Cu}^{2+}$	+	$2\text{Ag}$
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	$x_{\text{max}}$	$n_0(\text{Cu}) - x_{\text{max}}$		$n_0(\text{Ag}^+) - 2x_{\text{max}}$		$x_{\text{max}}$		$2x_{\text{max}}$

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

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

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

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  $\text{Ag}^+$  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 :  $t_{1/2} = 10 \text{ min}$  .

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

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 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 :

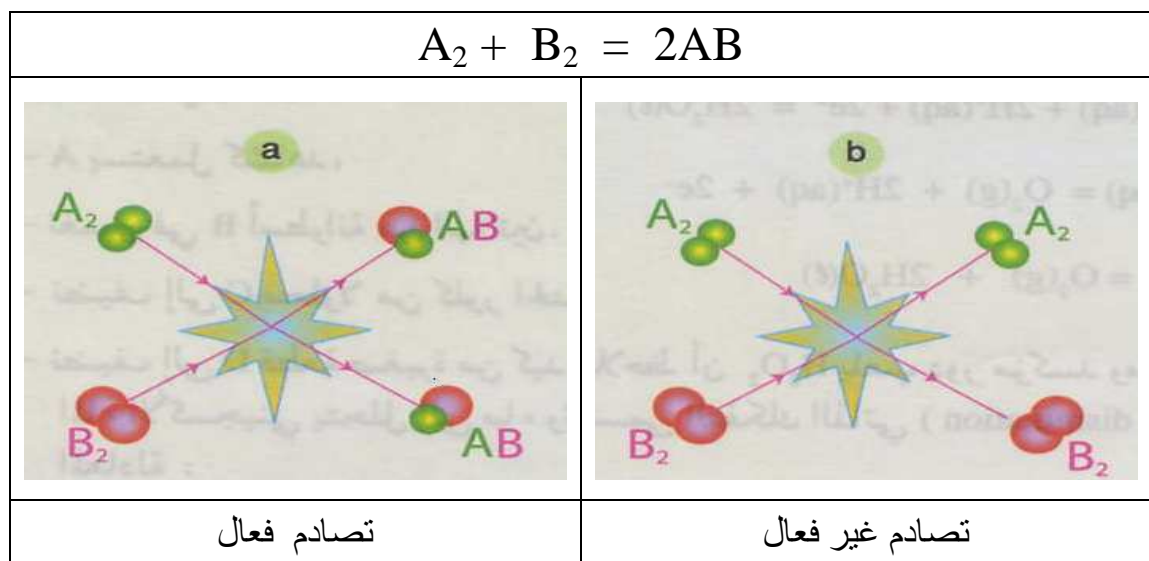
عند استعمال نفس الوسيط في وسط تفاعلي مائي ، يكون التفاعل أسرع كلما كانت كمية مادة الوسيط أكبر في حالة وسيط سائل (وساطة متجانسة) ، أما إذا كان الوسيط صلبا (وساطة غير متجانسة) يكون التفاعل أسرع كلما كان سطح التلامس بين الوسيط الصلب و الوسط التفاعلي أكبر .

### 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 :

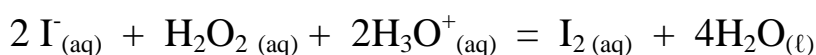
- حدوث تفاعل كيميائي في جملة كيميائية يكون إثر تصادمات فعالة ، و التصادم الفعال هو التصادم الذي ينتج عنه تغير في بنية الأفراد الكيميائية للمتفاعلات ، لتنتج أفراد كيميائية جديدة (الشكل) .



- 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 :

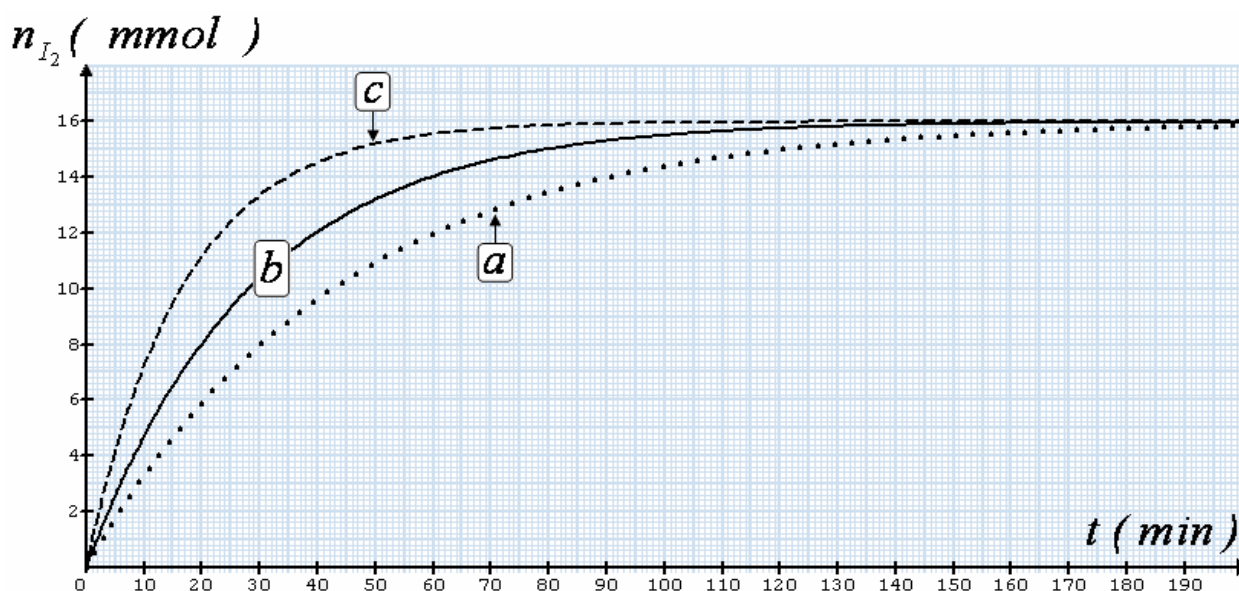


نحقق 3 تجارب في أحجام متساوية حسب شروط كل تجربة كما يوضحه الجدول التالي :

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 :

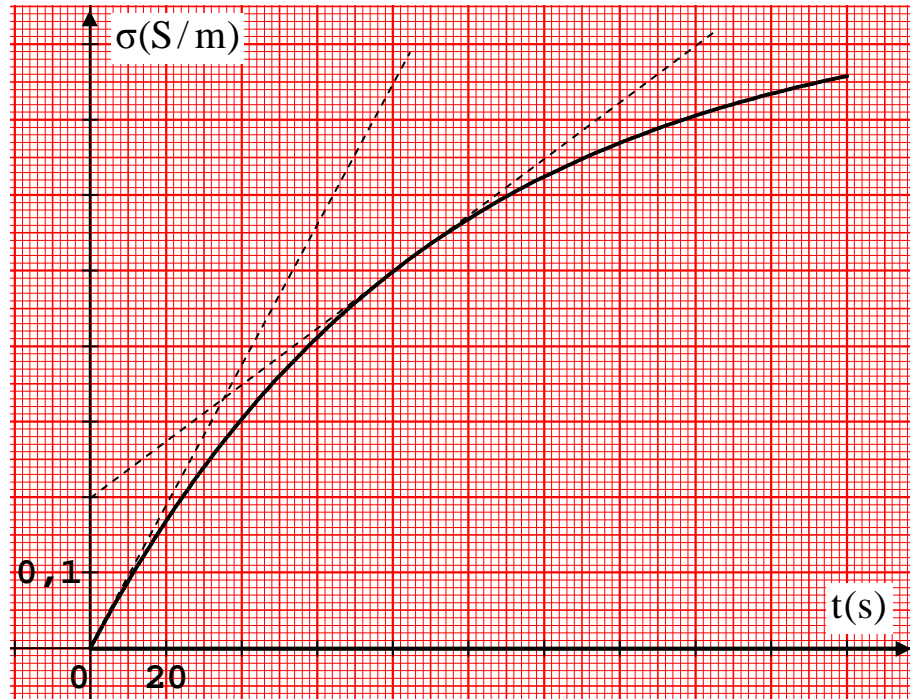
- تزداد سرعة التفاعل كلما ازدادت درجة حرارة التفاعل ، و كلما كانت التراكيز الابتدائية للمتفاعلات أكبر ، و على هذا الأساس فالتفاعل الأسرع يكون في التجربة (2) و يوافقه المنحني (c) ، يليه التفاعل في التجربة (3) و يوافقه المنحني (b) ، يليه التفاعل في التجربة (1) و يوافقه المنحني (a) .

**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  $\sigma$  . لذا ندخل عند الدرجة  $20^\circ\text{C}$  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 + acetone) 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  $X_{\text{max}}$  .
- 3- أثبت أنه يمكن التعبير عن الناقلية النوعية  $\sigma$  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  $60^\circ\text{C}$  ، أرسم على نفس البيان السابق المنحني  $\sigma = f_2(t)$  عند هذه الدرجة ( $60^\circ\text{C}$ ) .  
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  $\text{H}_3\text{O}^+$  و شوارد سالبة  $\text{Cl}^-$  و لا يمكن متابعة التحويل عن طريق قياس ضغط غاز لأنه لا يوجد غاز ضمن المتفاعلات و النواتج .



## 2- جدول التقدم :

		$(\text{CH}_3)\text{CCl} + 2\text{H}_2\text{O} = (\text{CH}_3)\text{C-OH} + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$				
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  $\sigma = 431 x$  :

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

و بالاعتماد على جدول التقدم :

$$\sigma = \lambda(\text{H}_3\text{O}^+) \frac{x}{V_s} + \lambda(\text{Cl}^-) \frac{x}{V_s} \rightarrow \sigma = \frac{\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) \lambda(\text{Cl}^-)}{V_s} x$$

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

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  $t = 80$  :

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

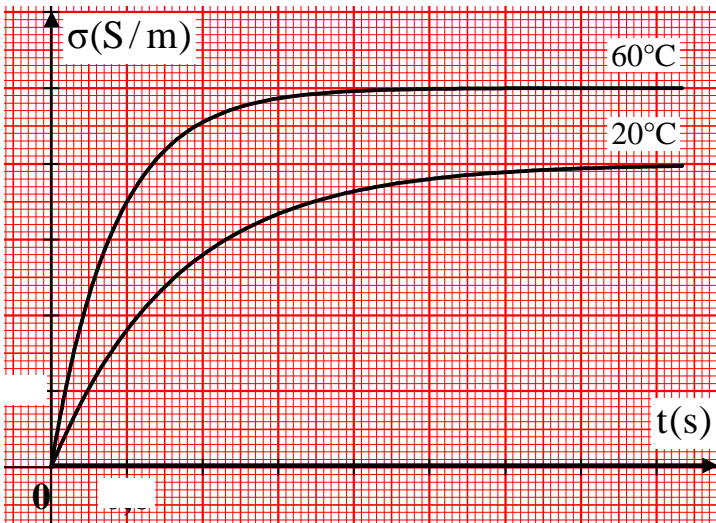
تفسير الاختلاف في النتيجة :

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  $60^\circ\text{C}$  :

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

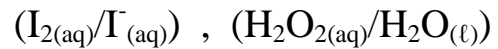
ملاحظة : لو كان للبيان قيمة حدية يكون  $\sigma_{\max}$  عند الدرجة  $60^\circ\text{C}$  أكبر من  $\sigma_{\max}$  عند الدرجة  $20^\circ\text{C}$  .



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

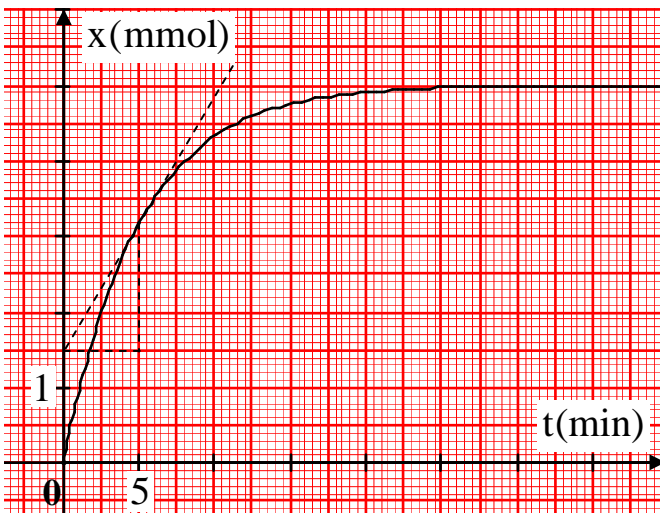
I- لدراسة حركية التفاعل الكيميائي البطيء و التام بين الماء الأكسجين  $\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$  و محلول يود البوتاسيوم  $(\text{K}^+_{(aq)} + \text{I}^-_{(aq)})$  في وسط حمضي ، مزجنا في بيشر عند اللحظة  $t = 0$  حجما  $V_1 = 100 \text{ mL}$  من محلول ليود البوتاسيوم  $(\text{K}^+ + \text{I}^-)$  تركيزه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

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

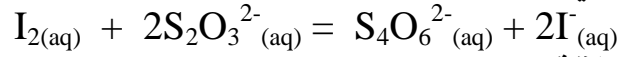


2- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل .

II- لتحديد كمية ثنائي اليود  $\text{I}_{2(aq)}$  المتشكلة في لحظات زمنية  $t$  ، قسمنا المزيج إلى عينات متساوية الحجم ، حجم الوحدة 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  $\text{I}_2$  في العينة بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم  $(2\text{Na}^+_{(aq)} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-})$  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  $C_1$  .

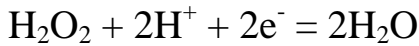
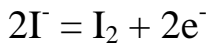
ب- زمن نصف التفاعل  $t_{1/2}$  .

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  $\text{H}_2\text{O}_2$  ليس كتفاعل محد (بزيادة) ، إذن المتفاعل المحد هو  $\text{I}^-$  .■ قيمة  $C_1$  :بما أن  $\text{I}^-$  هو المتفاعل المحد يكون :

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

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

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

- 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 :



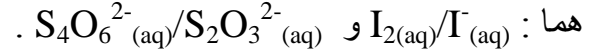
نتابع التطور الحركي للتفاعل من خلال قياس التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل في لحظات زمنية متعاقبة ، و ذلك باستعمال طريقة المعايرة اللونية الآتية :

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  $40 \text{ mL}$  من المزيج التفاعلي ؟
- ج- اكتب معادلة تفاعل المعايرة .

الثنائيتان مرجع/مؤكسد المساهمتان في هذا التحول هما :



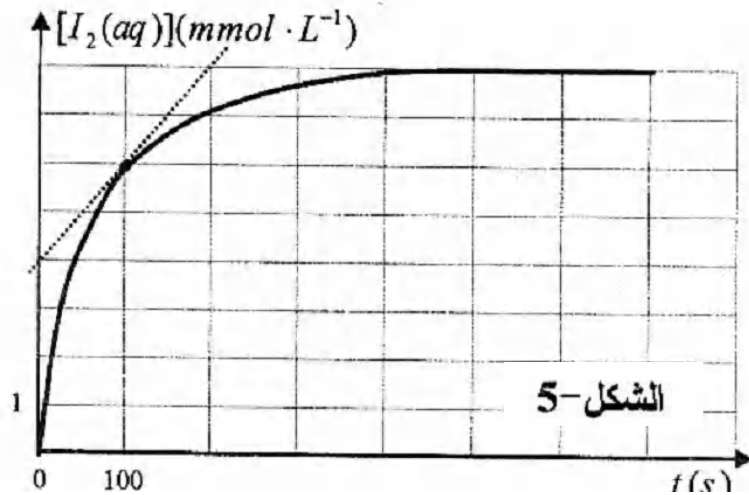
2- عرف التكافؤ ، ثم جد العبارة الحرفية الموافقة للتركيز المولي لثنائي اليود  $[I_{2(aq)}]$  بدلالة الحجم  $V$

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

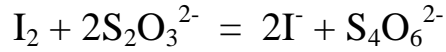
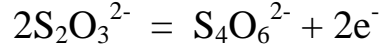
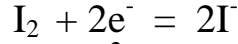
4- عرف  $v$  السرعة الحجمية للتفاعل ، ثم احسب قيمتها في اللحظة  $t = 100 \text{ s}$  .

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 $x_{max}$

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

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

■ 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  $25^\circ\text{C}$  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 :



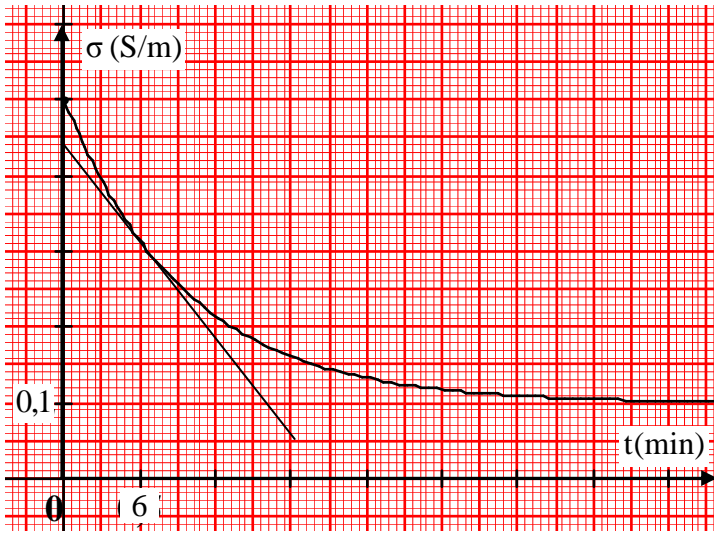
1- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل .

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

3- إن متابعة التحول الكيميائي الحادث عن طريق قياس الناقلية النوعية  $\sigma$  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

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

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	$x_{\text{max}}$	$n_0(\text{Al}) - 2x_{\text{max}}$		$n_0(\text{H}_3\text{O}^+) - 6x_{\text{max}}$		$2x_{\text{max}}$		$3x_{\text{max}}$			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 $x_{\text{max}}$ :

- بفرض أن  $\text{Al}$  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  $\text{H}_3\text{O}^+$  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  $\text{H}_3\text{O}^+$  .

#### 3- أ- عبارة $\sigma$ 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  $\sigma$  عند اللحظة  $t = 0$  أين يكون  $x = 0$  و نكتب :  $b = \sigma_0$ .

ج- قيمتي  $a$  و  $b$  :

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

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

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

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  $\sigma$  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 :  $t_{1/2} = 6 \text{ min}$ 

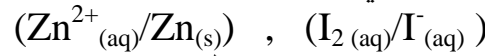
$$t_{1/2} = 0,9 \cdot 6 = 5,4 \text{ min}$$

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

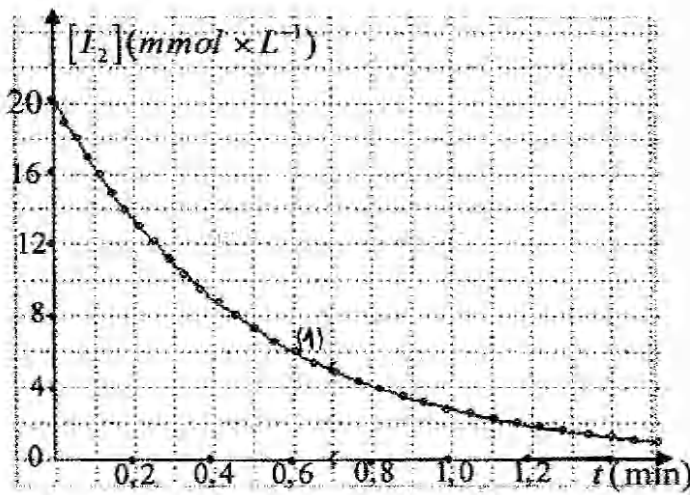
**التمرين (11) :** ( التمرين : 039 في بنك التمارين على الموقع ) ( \*\* )

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 سعته  $100 \text{ mL}$  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 ،

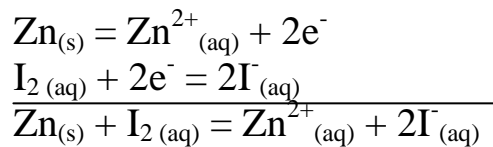
في نفس المعلم مع البيان (1) للتجربة الأولى . علل .

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 :**

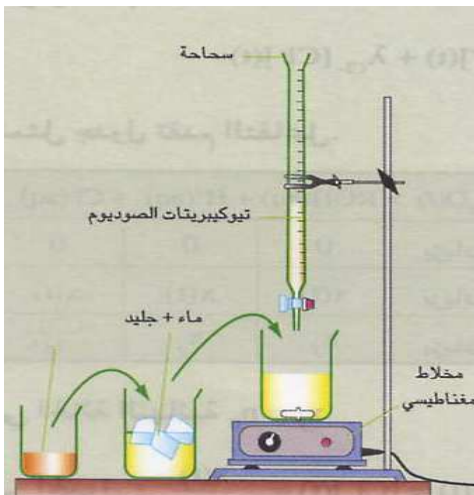
1- معادلة التفاعل :



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 :

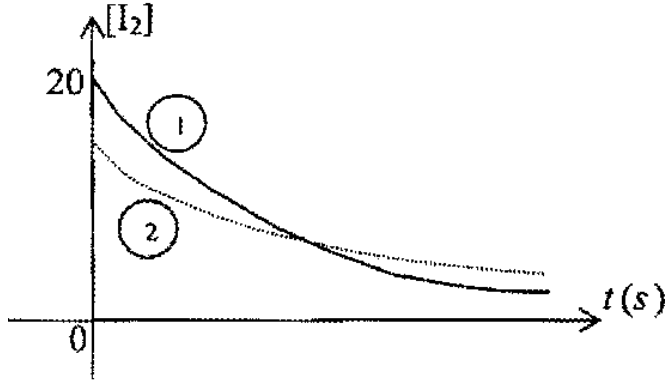
▪ نعبر عن سرعة اختفاء  $I_2$  بدلالة ميل مماس المنحنى  $\frac{d[I_2]}{dt}$  .

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

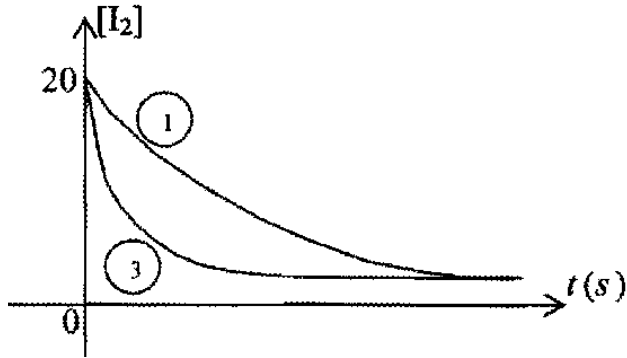
ج- السرعة الحجمية لاختفاء  $I_2$  تتناقص مع مرور الزمن بسبب تناقص تركيز الوسط التفاعلي بـ  $I_2$  . يفسر ذلك بتناقص التصادمات الفعالة التي تتناقص بتناقص التركيز .

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 :



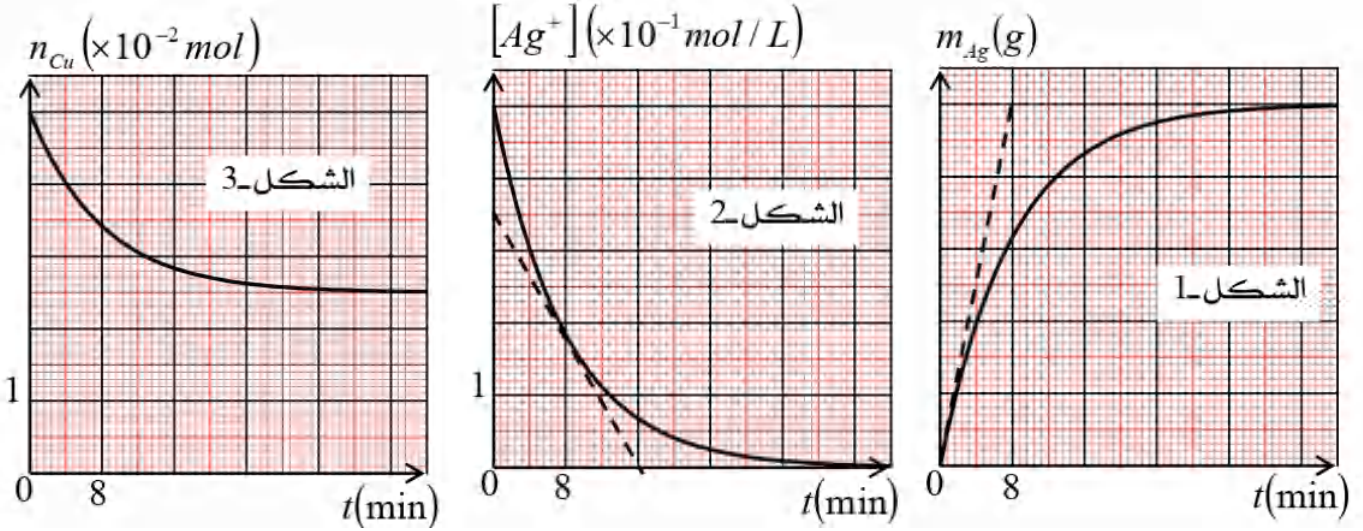
5- العوامل الحركية التي تبرزها هذه التجربة هي :

• 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  $X_{\text{max}}$  .
  - 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 :

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

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

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

ثم استنتج بيانياً قيمة  $t_{1/2}$  .

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

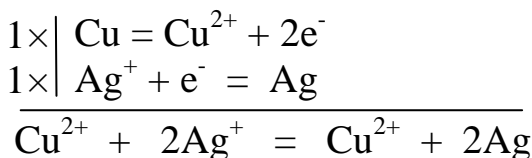
حيث  $A$  ثابت يطلب إيجاد عبارته .

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 <sup>+</sup>	=	Cu	+	2Ag
ابتدائية	x = 0	n <sub>0</sub> (Cu)		n <sub>0</sub> (Ag <sup>+</sup> )		0		0
انتقالية	x	n <sub>0</sub> ( Cu ) - x		n <sub>0</sub> ( Ag <sup>+</sup> ) - 2x		x		2x
نهائية	x <sub>max</sub>	n <sub>0</sub> ( Cu ) - x <sub>max</sub>		n <sub>0</sub> ( Ag <sup>+</sup> ) - 2x <sub>max</sub>		x <sub>max</sub>		2x <sub>max</sub>

## 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  $m_0$  :

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

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 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 أولا  $m_f(Ag)$  :

- 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 :

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

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

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

- حسب تعريف سرعة التفاعل :

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

وجدنا سابقا :

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

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 :  $A = \frac{1}{2 \cdot M}$  .

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 :

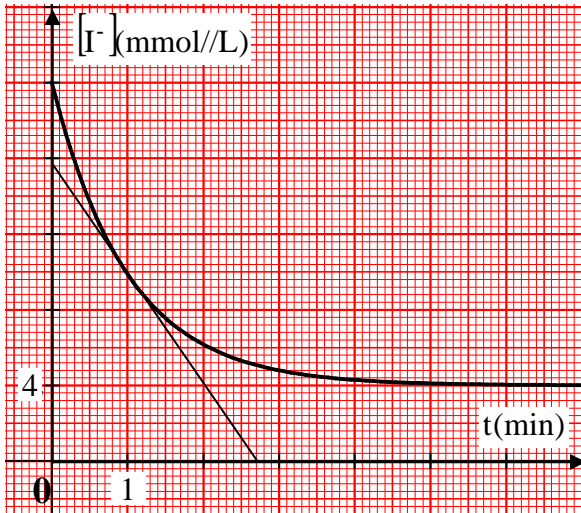
$$\frac{dm(Ag)}{dt} = \frac{5 \cdot 1,08}{8} = 0,675 \rightarrow v = \frac{1}{2 \cdot 108} (0,675) = 3,125 \cdot 10^{-3} \text{ mol/min}$$

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

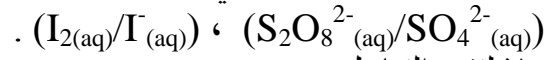
نمزج عند اللحظة  $t = 0$  ، حجا  $V_1 = 200 \text{ mL}$  من محلول يود البوتاسيوم  $(K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)})$  تركيزه المولي  $C_1$  (مجهول) مع حجم  $V_2 = 200 \text{ mL}$  من محلول مائي لبيروكسودي كبريات البوتاسيوم



$[I^-]$  (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  $x_{max}$  و كذا التركيز المولي  $C_2$  لمحول بيروكسوديكرات البوتاسيوم .

4- بين أن التركيز المولي لليود المتشكل  $I_{2(aq)}$  في كل لحظة  $t$  يعطى بالعلاقة :

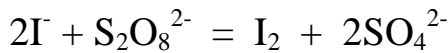
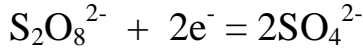
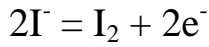
$$V_s = V_1 + V_2 : \text{حيث} , [I_{2(aq)}] = \frac{C_1 V_1}{2 V_s} - \frac{[I^-]_{(aq)}}{2}$$

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 .

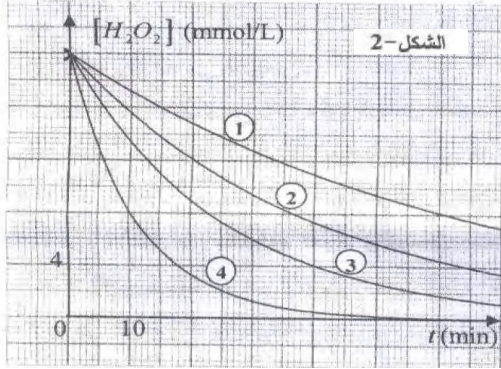
1- ضع بروتوكولا تجريبيا لتحضير المحلول S .

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 S<sub>0</sub> . ج- هل النتائج المتوصل إليها متطابقة مع ما هو مسجل على القارورة ؟

### الأجوبة :

#### أولا :

#### 1- البروتوكول التجريبي :

- نحسب أولا حجم المحلول S<sub>0</sub> الواجب أخذه بالماصة .
- باعتبار V<sub>0</sub> حجم المحلول S<sub>0</sub> 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<sub>0</sub> 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 <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = O <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub> O		
ابتدائية	x = 0	n <sub>0</sub>	0	بوفرة
انتقالية	x	n <sub>0</sub> (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) - 2x	x	بوفرة
نهائية	x <sub>max</sub>	n <sub>0</sub> (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) - 2x <sub>max</sub>	x <sub>max</sub>	بوفرة

#### 3- التركيز المولي للمحلول S<sub>0</sub> :

- نحسب التقدم الأعظمي x<sub>max</sub> عندما يتفكك V(H<sub>2</sub>O) = 1L من الماء الأكسجيني و ينتج عن ذلك V(O<sub>2</sub>) = 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 S<sub>0</sub> 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 واحد (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 :

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

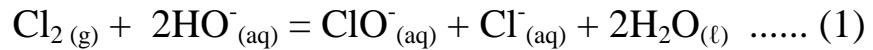
و هو التركيز الابتدائي لمحلول الماء الأكسجيني المخفف و حيث أن  $C = \frac{C_0}{40}$  يكون :

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

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 Cl<sub>2</sub> في محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم (Na<sup>+</sup> + HO<sup>-</sup>) وفق المعادلة :



يعرف ماء جافيل غالبا بدرجة الكلورومتريّة (Chl°) فهي توافق حجم غاز ثنائي الكلور Cl<sub>2</sub> المقدر باللتر و المقاس في الشرطين النظاميين المنحل في 1L من ماء جافيل .

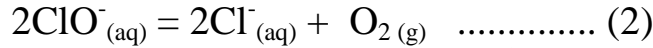
1- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل (1) .

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

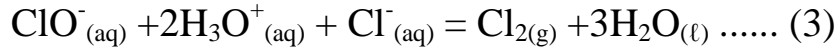
3- إن خصائص التطهير في ماء جافيل تعود إلى الطبيعة المؤكسدة لشوارد الهيوكلوريت ClO<sup>-</sup> (aq) ، هذه الشوارد تؤدي إلى عدة تفاعلات تتدخل فيها عوامل مختلفة مثل التركيز المولي ، درجة الحرارة ، الوسائط (شوارد معدنية) . تتفاعل شوارد الهيوكلوريت خاصة بحضور الماء كما يلي :



- 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  $\text{ClO}^-$  .

ب- هل التوصية يحفظ في مكان بارد محققة ؟

ج- ما هو الغاز السام المقصود في التوصيات ؟

د- مدة صلاحية ماء جافيل القارورات ذات درجة كلورمتريية  $12^\circ\text{Chl}$  أطول من مدة صلاحية ماء جافيل الأكياس ذات درجة كلورومتريية  $48^\circ\text{Chl}$  ، علل .

**الأجوبة :**

1- جدول تقدم التفاعل (1) :

الحالة	التقدم	$\text{Cl}_2$	$+ 2\text{HO}^- = \text{ClO}^- + \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$
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	$x_{\text{max}}$	$n_0(\text{Cl}_2) - x_{\text{max}}$	$n_0(\text{HO}^-) - 2x_{\text{max}}$

2- حساب  $[\text{ClO}^-]$  :

- حسب تعريف الدرجة الكلورومتريية ، فإن ماء جافيل ذو درجة كلورومتريية  $48^\circ\text{Chl}$  تعني أن ماء جافيل هذا نحصل على اللتر منه بحل 48L من غاز كلور  $\text{Cl}_2$  في 1L في محلول هيدروكسيد الصوديوم في الشرطين النظاميين ، نحسب التقدم الأعظمي  $x_{\text{max}}$  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  $\text{ClO}^-$  يكون أكبر عند درجة حرارة أكبر .

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

ج- الغاز السام المقصود في التوصيات هو غاز الكلور  $\text{Cl}_2$  المنطلق عند التماس  $\text{ClO}^-$  مع شوارد  $\text{H}_3\text{O}^+$  الآتية من الأحماض .

د- ماء جافيل القارورة  $12^\circ\text{C}$  يكون أقل تركيزاً من ماء جافيل الأكياس  $48^\circ\text{C}$  ، و عليه تركيز  $\text{ClO}^-$  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  $\text{ClO}^-$  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](http://www.sites.google.com/site/faresfergani)**