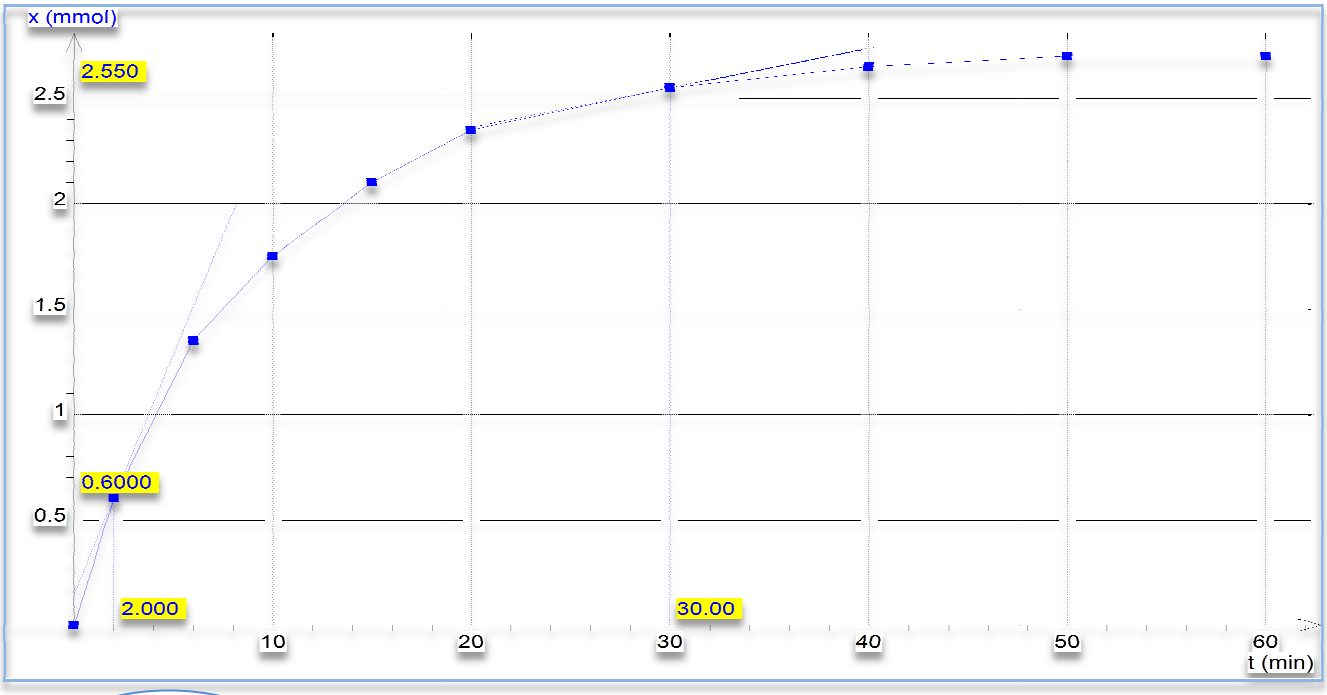
المجال الأول : التطورات الزمنية الرتيبة

الوحدة (1) : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي



BENDJEBBOUR
MOHAMED
Tlemcen

بطـــاقـــــة تـــــــــربـــــويـــــة

المستوى : نهائي المجال : التطورات الرتيبة الوحدة (1) :المتابعة الزمنية لتحول كيميائي	الرقم : 1 نوع النشاط : درس نظري المدة : ساعتان

الموضوع	المتابعة الزمنية عن طريق قياس الناقلية
الكفاءات المستهدفة	- يتعرف على أهم طرق المتابعة الزمنية لتحول كيميائي (الطرق الكيميائية و الفيزيائية) - يستخرج العلاقة بين الناقلية و التقدم x للتفاعل المدروس - يعبر بيانيا عن تغير التقدم بدلالة الزمن
الوسائل التعليمية و المراجع	- جهاز قياس الناقلية - - الكتاب المدرسي – الوثيقة المرافقة – مراجع أخرى - الأنترنيت

مراحل النشاط	التوقيت
مقدمة الطرق الفيزيائية للمتابعة الزمنية لتحول كيميائي. الطريقة الكيميائية (المعايرة)	15 د
I. المتابعة الزمنية عن طريق قياس الناقلية **1. تذكير** ▪ الناقلية ▪ الناقلية النوعية ▪ تمرين تطبيقي	45 د
2. تفاعل 2- كلور 2- ميثيل بروبان مع الماء ▪ معادلة التفاعل ▪ جدول تقدم التفاعل ▪ استخراج عبارة التقدم x(t) بدلالة الناقلية النوعية σ(t) ▪ رسم المنحنى البياني x=f(t)	60 د

ملاحظات :	على المتعلم أن يكون ملما بـ : ⇦ معادلة التفاعل الكيميائي (السنة الأولى) ⇦ الناقلية – الناقلية النوعية (السنة الثانية) ⇦ رسم المنحنى البياني باعتماد سلم رسم مناسب

مقـدمـة

تهدف المتابعة الزمنية لتحول كيميائي إلى تحديد التقدم x بدلالة الزمن t و لهذا الغرض يعتمد الكيميائيون على طريقتين :

1. الطريقة الفيزيائية:

نستعمل الطريقة الفيزيائية عندما تكون إحدى المقادير الفيزيائية القابلة للقياس في الوسط التفاعلي تتعلق بتركيز بعض الأنواع الكيميائية الموجودة في هذا الوسط و أهمها :

قياس الناقلية : إذا كان الوسط التفاعلي يحتوي على شوارد تخضع لتحول كيميائي.

قياس الـ pH : إذا كان الوسط التفاعلي يحتوي على شوارد الأوكسونيوم H_3O^+ تخضع لتحول كيميائي.

قياس الحجم أو الضغط : إذا كان التفاعل ينتج أو يستهلك غازات .

2. الطريقة الكيمائية :

ترتكز الطريقة الكيميائية على معايرة أحد الأنواع الكيميائية خلال التفاعل .

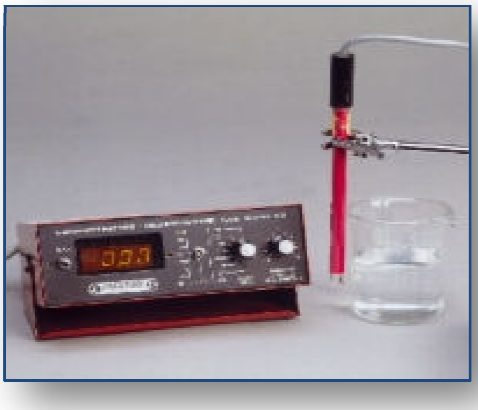
I. المتابعة الزمنية عن طريق قياس الناقلية :

1. تذكير :

نعبر عن ناقلية جزء من محلول شاردي مقطعه S وطوله L بالعلاقة :

$$G = \sigma . \frac{S}{L}$$

- G : ناقلية المحلول (سيمنس S).
- σ : الناقلية النوعية ($S.m^{-1}$)
- $k = \frac{S}{L}$: ثابت خلية القياس (m) .



$$G = k . \sigma$$

تتعلق الناقلية النوعية لمحلول شاردي ممدد بطبيعة الشوارد المؤلفة له و بتركيزها المولي و نكتب :

$$\sigma = \sum_{i=1}^{n} \sigma_i = \sum_{i=1}^{n} \lambda i \, [Xi]$$

حيث :

n : عدد الأنواع الكيميائية الشاردية الموافقة للمحلول .

$[Xi]$: التركيز المولي للنوع الكيميائي الشاردي Xi و يعبر عنه بـ : mol/m^3 ($1mol/L = 10^3 mol/m^3$)

λ_i : الناقلية النوعية المولية للنوع الكيميائي الشاردي X_i و يعبر عنه بـ : $s.m^2.mol^{-1}$

تتعلق ناقلية المحلول كذلك بـ :

- التوتر المطبق بين طرفي الخلية U
- شدة التيار المار فيها I

$$G = \frac{I}{U} \quad \frac{(A)}{(V)} \quad (S)$$

BENDJEBBOUR MOHAMED Tlemcen

تطبيق

أحسب الناقلية النوعية لمحلول مائي لكلور الصوديوم (NaCl) تركيزه المولي $C = 10^{-2}\ mol/L$ عند 25°C إذا علمت أن: $\lambda_{Na^+} = 5{,}0\times10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$ ، $\lambda_{Cl^-} = 7{,}6\times10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$

الحل

$$NaCl(s) \xrightarrow{H_2O} N_a^+(aq) + Cl^-_{(aq)}$$

$$\sigma = \lambda_{N_a^+}[N_a^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-] \ \because\ [N_a^+] = [Cl^-] = C \quad (\text{ملح أحادي التكافؤ})$$

$$= (\lambda_{N_a^+} + \lambda_{Cl^-}).C$$

$$= (5{,}0 + 7{,}6) \times 10^{-3} \times 10^{-2} \times 10^{3}$$

$$= 12{,}6 \times 10^{-2} = 0{,}126\ S.m^{-1}$$

$$\sigma = 0{,}126\ S.m^{-1}$$

2. تفاعل 2- كلور 2- ميثيل بروبان مع الماء :

ينحل 2- كلور 2- ميثيل بروبان (C_4H_9Cl) في الماء وفق تفاعل تام و بطيء يعطى بالمعادلة :

$$(CH_3)_3CCl_{(aq)} + 2H_2O_{(\ell)} \rightarrow (CH_3)_3COH_{(aq)} + H_3O^+ + Cl^-_{(aq)}$$

تَشكُل شوارد الأوكسونيوم و شوارد الكلور يؤدي إلى زيادة ناقلية الوسط التفاعلي ، إذن يمكن متابعة التحول الكيميائي بقياس الناقلية.

تحليل تجربة

1. نصب في بيشر (سعته 150 ml) ، 50 ml من مزيج من الماء – خلون (Acétone) .
2. نأخذ حجما $V_0 = 20\ ml$ من 2- كلور2- ميثيل بروبان تركيزه المولي $C_0 = 0{,}1 mol/L$ و نصبه في البيشر عند اللحظة $t = 0$ لحظة تشغيل الكرونومتر.
3. نغمر خلية القياس في الخليط بعد تحريكه ، و نسجل بعد كل مدة زمنية معينة قيمة الناقلية النوعية $\sigma(t)$ للمحلول فنحصل على الجدول التالي :

t (s)	0	30	60	80	100	120	150	200
$\sigma\ (s.m^{-1})$	0	0,246	0,412	0,502	0,577	0,627	0 ,688	0,760

الأسئلة

1. أنشئ جدولا لتقدم هذا التفاعل.
2. أكتب عبارة الناقلية النوعية للمحلول $\sigma(t)$ بدلالة تقدم التفاعل x .
3. أنشئ جدولا يعطي قيم x(t) .
4. أرسم المنحنى البياني x(t) .

$\lambda_{H3O^+} = 35\times10^{-3}\ s.m^2.mol^{-1}$, $\lambda_{Cl^-} = 7{,}6\times10^{-3}\ s.m^2.mol^{-1}$

الحل

1. <u>جدول تقدم التفاعل:</u>

معادلة التفاعل		$C_4H_9Cl + 2\ H_2O \rightarrow C_4H_9OH + H_3O^+ + Cl^-$				
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)				
ح إ	0	n_0	وفيرة	0	0	0
ح إن	X	$n_0 - x$		x	x	x
ح نها	x_{max}	$n_0 - x_{max}$		x_{max}	x_{max}	x_{max}

BENDJEBBOUR
MOHAMED
Tlemcen

2. <u>عبارة الناقلية النوعية :</u>

$$\sigma = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i [x_i]$$

$$= \lambda_{H_3O^+}.[H_3O^+] + \lambda_{Cl^-}.[Cl^-]$$

وحسب جدول التقدم لينا : $n(H_3O^+) = n(Cl^-) = x(t)$

بالقسمة على v : $[H_3O^+] = [Cl^-] = \frac{x(t)}{v}$

إذن : $\sigma(t) = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}).[H_3O^+]$

$$\sigma(t) = \frac{x(t)}{v}.(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}) = \frac{(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})}{v}\, x(t)$$

$$\sigma(t) = \frac{(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})}{v}\, x(t) \quad \dots(*)$$

3. جدول قيم x(t) :

من العلاقة (∗) نجد : $x(t) = \frac{v}{(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})}\ \sigma(t)$

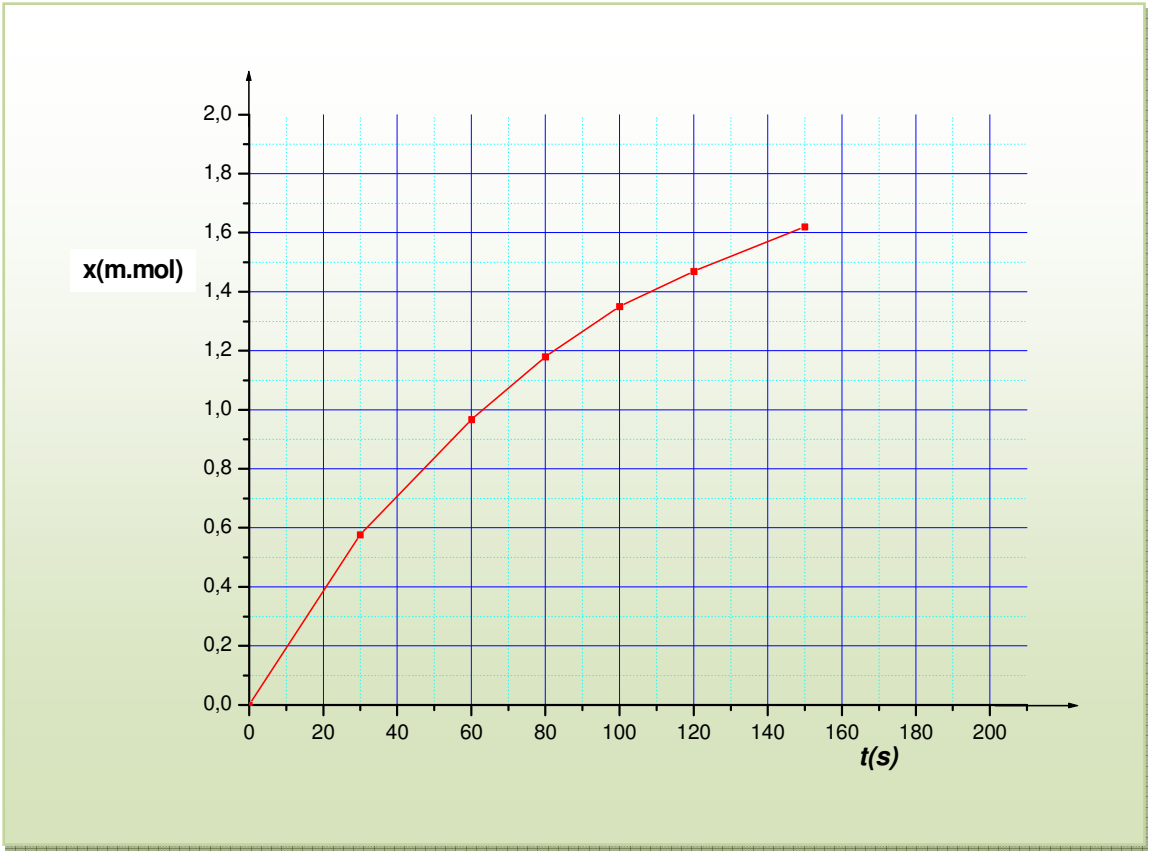
$$= \frac{100\times10^{-6}}{(35+7,6)\times10^{-3}}\ \sigma(t)$$

$$= 2,347 \times 10^{-3}\sigma(t)mol\ = 2,347\ \sigma(t)\ mmol$$

$$x(t) = \ 2.347\ \sigma(t)$$

t (s)	0	30	60	80	100	120	150	200
x (t) (m.mol)	0	0,577	0,967	1,18	1,35	1,47	1,62	1,78

4. رسم المنحنى البياني x = f (t) :



المتابعة الزمنية سمحت لنا بحساب التقدم x بدلالة الزمن . فما الفائدة من الحصول على هذه القيم ؟

ستسمح لنا هذه القيم بحساب مجموعة من المقادير المميزة للتفاعل.

BENDJEBBOUR MOHAMED Tlemcen

بطـــاقـــــة تـــــــــربـــــويـــــة

المستوى : نهائي المجال : التطورات الرتيبة الوحدة (1) :المتابعة الزمنية لتحول كيميائي	الرقم : 2 نوع النشاط : درس نظري المدة : ساعتان

الموضوع	المتابعة الزمنية عن طريق قياس الناقلية (تابع)
الكفاءات المستهدفة	- يستخدم المنحنى البياني x=f(t) في : ☜ حساب سرعة التفاعل في لحظات مختلفة و يستنتج كيفية تطورها بمرور الزمن. ☜ تعيين زمن نصف التفاعل $t_{½}$ - يميز بين سرعة التفاعل و سرعة تشكل أو اختفاء نوع كيميائي - يستخرج العلاقة بين سرعة التفاعل و سرعة تشكل أو اختفاء نوع كيميائي
الوسائل التعليمية و المراجع	- جهاز قياس الناقلية – المنحنيات البيانية - المسطرة - الكتاب المدرسي – الوثيقة المرافقة – مراجع أخرى - الأنترنيت

مراحل النشاط	التوقيت
3. سرعة التفاعل	30 د
4. زمن نصف التفاعل	15 د
5. سرعة تشكل نوع كيميائي	20 د
6. سرعة اختفاء نوع كيميائي	20 د
7. السرعة الحجمية لتشكل أو اختفاء نوع كيميائي	20 د
8. العلاقة بين السرعة الحجمية للتفاعل و السرعة الحجمية لتشكل أو اختفاء نوع كيميائي	15 د

ملاحظات :	على المتعلم أن يكون ملما بـ : ⇦ رسم المماس بشكل صحيح ⇦ استخدام سلم الرسم في حساب ميل المماس

3. سرعة التفاعل :

يتميز التحول الكيميائي بالسرعة التي يحدث بها التفاعل . فكيف يمكن حساب سرعة التفاعل الكيميائي في لحظة ما ؟

تمثل سرعة التفاعل الكيميائي ميل المماس للمنحنى $x = f(t)$ عند اللحظة t .

و نكتب : $v = \frac{dx}{dt}$ $(mol.s^{-1})$ v $(mol.h^{-1})$

ملاحظة :

- إذا كان التفاعل يحدث في وسط مائي حجمه V نعرف السرعة الحجمية للتفاعل بالعلاقة :

$$\vartheta = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt} \quad (mol.L^{-1}.s^{-1}) v (mol.L^{-1}.h^{-1})$$

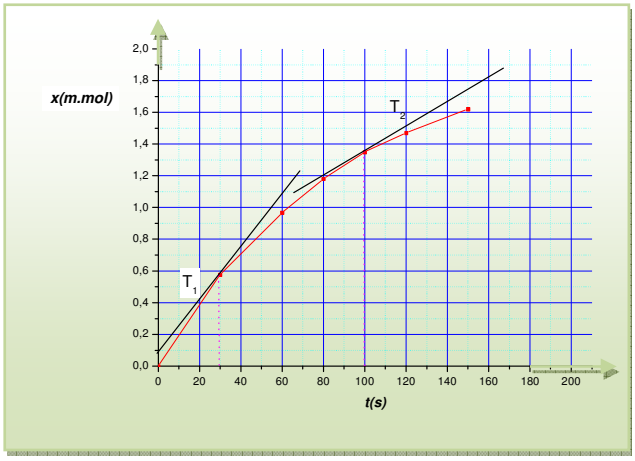
- سرعة التفاعل مقدار موجب.

تطبيق

1) أحسب سرعة التفاعل عند اللحظتين : $t_1 = 30\ s$ ، و $t_2 = 100\ s$.
2) ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟
3) استنتج السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين t_1 و t_2 .

الحل

1) حساب سرعة التفاعل :



$$v_1 = \frac{dx}{dt} = tan\alpha_1 = \frac{0.577 - 0.5 \times 0.178}{30 - 0}$$

$$v_1 = 1.6 \times 10^{-2}\ mmol.s^{-1} = 1.6 \times 10^{-5}\ mol.s^{-1}$$

$$v_2 = \frac{dx}{dt} = tan\alpha_2 = \frac{1.35 - 3.5 \times 0.178}{100 - 0}$$

$$v_2 = 7.3 \times 10^{-3}\ mmol.s^{-1} = 7.3 \times 10^{-6}\ mol.s^{-1}$$

2) نلاحظ أن : $v_2 < v_1$

- نستنتج أن سرعة التفاعل تتناقص بمرور الزمن

3) حساب السرعة الحجمية للتفاعل :

$$v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt} \quad \therefore V = 100mL = 0.1\ L$$

$$v_1 = \frac{1.6\times10^{-5}}{0.1} = 1.6 \times 10^{-4} mol.L^{-1}.s^{-1}$$

$$v_2 = \frac{7.3\times10^{-6}}{0.1} = 7.3 \times 10^{-5} mol.L^{-1}.s^{-1}$$

4. زمن نصف التفاعل :

تعريف :

زمن نصف التفاعل يمثل المدة الزمنية اللازمة لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي . يرمز له بـ : $t_{½}$

أي : $x(t_{½}) = \frac{x_f}{2}$

ملاحظة :

إذا كان التفاعل تاما ، أي أن أحد المتفاعلات يستهلك كليا (المتفاعل المحد) فإن التقدم النهائي x_f يوافق التقدم الأعظمي x_{max} ($x_f = x_{max}$) أي أن $t_{½}$ يوافق $\frac{x_{max}}{2}$

تطبيق

- عين زمن نصف التفاعل $t_{½}$ للتحول المدروس .

بما أن التحول الكيميائي تام إذن : $x_f = x_{max}$

لنحسب x_{max} :

- الماء موجود بوفرة ، إذن المتفاعل المحد هو 2- كلور 2- ميثيل بروبان

$$n_0 - x_{max} = 0 \iff x_{max} = n_0 = C_0 \cdot V_0 = 0.1 \times 0.02 = 2 \times 10^{-3}\ mol$$

$$\frac{x_{max}}{2} = 10^{-3}\ mol = 1\ mmol$$

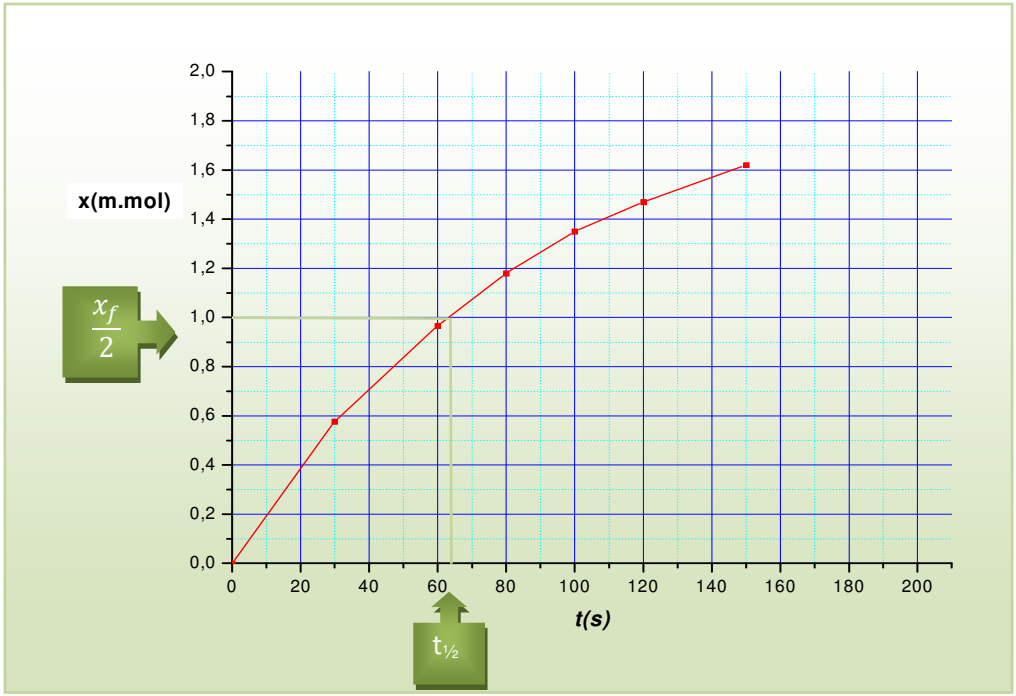
$$1\ cm \rightarrow 0.178\ mmol$$

$$x \rightarrow 1\ mmol$$

$$x = \frac{1}{0.178} = 5.62\ cm$$

$$t_{½} = 64\ s$$

BENDJEBBOUR MOHAMED Tlemcen



- تسمح لنا معرفة زمن نصف التفاعل بتقييم المدة الزمنية اللازمة لانتهاء التحول الكيميائي المدروس و اختيار الطريقة الملائمة لمتابعته .

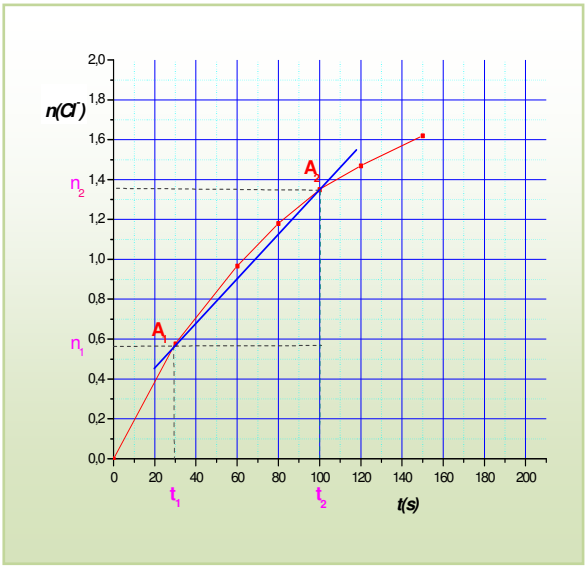
مثال : إذا كان زمن نصف التفاعل صغير جدا ، لا يمكن متابعة التفاعل بتقنية المعايرة ، لأن المعايرة تحتاج إلى مدة كافية.

5. سرعة تشكل النوع الكيميائي :

- النوع الكيميائي الذي يتشكل هو أحد النواتج.
- في النشاط التجريبي المدروس ليكن :

☜ n_1 : كمية المادة لشوارد الكلور المتواجدة في المحلول عند اللحظة t_1 .

☜ n_2 : كمية المادة لشوارد الكلور المتواجدة في المحلول عند اللحظة t_2 .



إذن خلال المدة الزمنية ($t_2 - t_1$) يتشكل ($n_2 - n_1$) من شوارد الكلور .

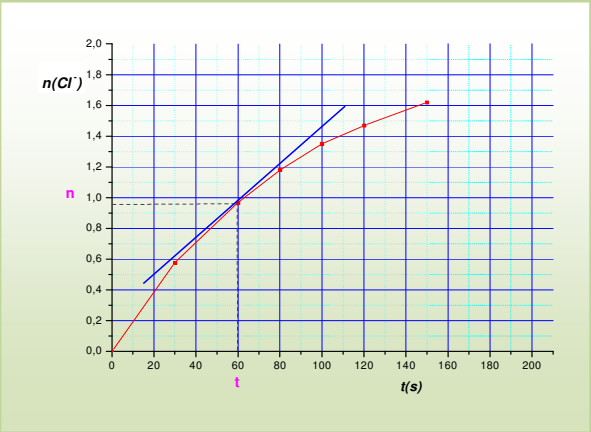
نعرف السرعة المتوسطة لتشكل شوارد الكلور بين اللحظتين t_1 وt_2 بالعلاقة :

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

بيانيا تمثل السرعة المتوسطة ميل القطعة المستقيمة A_1A_2 .

ملاحظة:

إذا كان قياس Δn خلال مجالات زمنية Δt صغيرة ، تؤول عندئذ السرعة المتوسطة لتشكل نوع كيميائي إلى قيمة ندعوها : السرعة اللحظية .



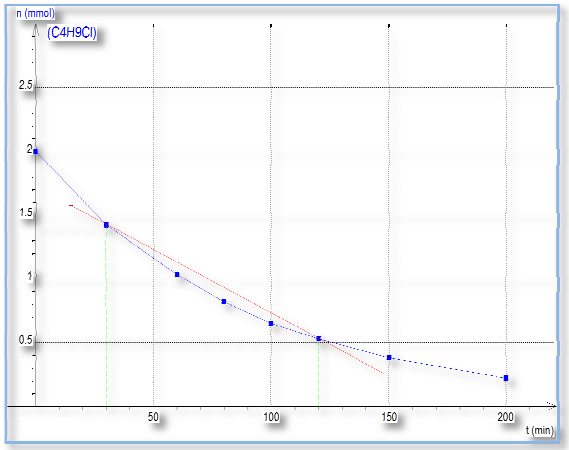
$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{dn}{dt}$$

بيانيا تمثل السرعة اللحظية ميل مماس المنحنى n = f(t) عند اللحظة t .

6. سرعة اختفاء نوع كيميائي :

- النوع الكيميائي الذي يختفي هو أحد المتفاعلات .

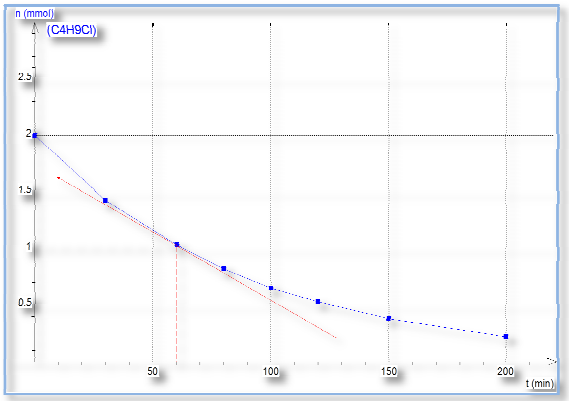
ليكن :



- n_1 : كمية المادة لِـ 2- كلور 2- ميثيل بروبان المتبقية في المحلول عند اللحظة t_1 .
- n_2 : كمية المادة لِـ 2- كلور 2- ميثيل بروبان المتبقية في المحلول عند اللحظة t_2 .

تكون السرعة المتوسطة لاختفاء هذا النوع الكيميائي هي :

$$v_m = -\frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1} = -\frac{\Delta n}{\Delta t} \qquad \because \quad n_2 < n_1$$



أما السرعة اللحظية لاختفائه فهي : $v = -\frac{dn}{dt}$

BENDJEBBOUR
MOHAMED
Tlemcen

7. السرعة الحجمية لتشكل أو اختفاء نوع كيميائي

من أجل تفاعل :

$$R \rightarrow P$$

حيث : R يمثل المتفاعلات (Réactifs)
P يمثل النواتج (Produits)

بالنسبة للمتفاعلات :

$$v_{vol(p)} = \frac{1}{V}\frac{dn_p}{dt} \quad \because \quad n_p = [p].V$$

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

$$v_{vol(p)} = \frac{d[p]}{dt}$$

حيث : $\frac{d[p]}{dt}$ يمثل ميل المماس للمنحنى [p] = f(t)

بالنسبة للنواتج :

$$v_{vol(R)} = -\frac{1}{V}\frac{dn_R}{dt} \quad \because \quad n_R = [R].V$$

$$v_{vol(R)} = -\frac{d[R]}{dt}$$

$\frac{d[R]}{dt}$ يمثل ميل المماس للمنحنى [R]= f(t)

8. العلاقة بين السرعة الحجمية للتفاعل و السرعة الحجمية لتشكل أو اختفاء نوع كيميائي

لنعتبر جدول التقدم التالي :

معادلة التفاعل		$\alpha A + \beta B = \gamma C + \delta D$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ح ابتدائية	0	n_{0A}	n_{0B}	0	0
ح انتقالية	x	$n_{0A} - \alpha x$	$n_{0B} - \beta x$	γx	δx

عند اللحظة t تعطى السرعة الحجمية للتفاعل بالعلاقة :

$$\vartheta_{vol} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$$

وحيث أن : $n_A = n_{0A} - \alpha x \iff x = \frac{n_{0A} - n_A}{\alpha}$

إذن :

$$\vartheta_{vol} = \frac{1}{\alpha V} \cdot \frac{d(n_{0A} - n_A)}{dt}$$

و حيث أن : n_{0A} مقدار ثابت ، إذن : $\frac{dn_{0A}}{dt} = 0$ و كذلك : $n_A = [A].V$

و أخيرا :

$$\vartheta_{vol} = -\frac{1}{\alpha} \cdot \frac{d[A]}{dt}$$

و يمكن أن نثبت بنفس الطريقة أن :

$$\vartheta_{vol} = -\frac{1}{\beta} \cdot \frac{d[B]}{dt} = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{d[C]}{dt} = \frac{1}{\delta} \cdot \frac{d[D]}{dt}$$

بطـــاقـــــة تـــــــــربـــــويـــــة

المستوى : نهائي المجال : التطورات الرتيبة الوحدة (1) :المتابعة الزمنية لتحول كيميائي	الرقم : 1 نوع النشاط : عمل مخبري المدة : ساعتان

الموضوع	المدة الزمنية لتحول كيميائي
الكفاءات المستهدفة	- يصنف التحولات الكيميائية حسب مدتها الزمنية (تحولات سريعة – تحولات بطيئة – تحولات بطيئة جدا) - يكتب معادلات تفاعل الأكسدة و الارجاع و يستنتج المعادلة الاجمالية للتفاعل معتمدا على الثنائيات (مر/مؤ)
الوسائل التعليمية و المراجع	- زجاجيات و محاليل كيميائية - الكتاب المدرسي – الوثيقة المرافقة – مراجع أخرى - الأنترنيت

مراحل النشاط	التوقيت
تفاعل (I_2) مع ($2Na^+_{(aq)}+S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$) .	20 د
تفاعل ($H_3O^+ + Cl^-$) مع ($2Na^+_{(aq)}+S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$) .	20 د
تفاعل (H_2O_2) مع ($K^+ + MnO_4^-$) .	20 د
تفاعل (H_2O_2) مع ($K^+ + I^-$) .	20 د
تفاعل MnO_4^- مع MnO_2 .	20 د

ملاحظات :

على المتعلم أن يكون ملما بـ :
- ⇦ كتابة معادلات الأكسدة و الارجاع
- ⇦ رموز العناصر و الأنواع الكيميائية و تسميتها

ثانوية يغمراسن بن زيان | الأستاذ بن جبور

الوحدة (1): تطور كميات المتفاعلات و النواتج خلال تحول كيميائي | السنة الثالثة ع ت + ع د

عمل مخبري رقم (1) | المدة الزمنية لتحول كيميائي (تصنيف التحولات الكيميائية)

تجربة رقم (1) : تأثير محلول برمنغنات البوتاسيوم ($K^+_{(aq)} + MnO_4^-{}_{(aq)}$) على محلول كبريتات الحديد الثنائي ($Fe^{2+}_{(aq)}+SO_4^{2-}{}_{(aq)}$)

- نضيف قليلا من محلول برمنغنات البوتاسيوم إلى محلول كبريتات الحديد الثنائي . ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟
أكتب معادلات التفاعل الحاصل إذا علمت أن الثنائيتين المشاركتين في التفاعل هي :
$Fe^{3+}_{(aq)}/Fe^{2+}_{(aq)}$, $MnO_4^-{}_{(aq)}/Mn^{2+}_{(aq)}$

تجربة رقم (2) : تفاعل محلول ثنائي اليود (I_2) مع محلو ثيوكبريتات الصوديوم ($2Na^+_{(aq)}+S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$)

- نضيف قليلا من محلول ثنائي اليود (10 ml) إلى محلول ثيوكبريتات الصوديوم (20 ml) . ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟ أكتب معادلات التفاعل الحاصل إذا علمت أن الثنائيتان (مر / مؤ) المشاركتان في التفاعل هي :
$I_{2(aq)}/I^-_{(aq)}$, $S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}/S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$.

تجربة رقم (3) : تأثير الماء الأكسجيني (H_2O_2) على محلول برمنغنات البوتاسيوم ($K^+ + MnO_4^-$)

- داخل كأس بيشر يحتوي على 20 ml من محلول الماء الأكسجيني نضيف تدريجيا محلول برمنغنات البوتاسيوم . ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟ أكتب معادلات التفاعل الحاصل إذا علمت أن الثنائيات (مر / مؤ) المشاركة في التفاعل هي : $MnO_4^-{}_{(aq)}/Mn^{2+}_{(aq)}$, $O_{2(g)}/H_2O_{2(aq)}$

BENDJEBBOUR MOHAMED Tlemcen

تجربة رقم (4) : تأثير الماء الأكسجيني (H_2O_2) على محلول يود البوتاسيوم ($K^+ + I^-$)

- داخل كأس بيشر يحتوي 20 ml من الماء الأكسجيني المحمض بقطرات من حمض الكبريت المركز، نضيف 20 ml من محلول يود البوتاسيوم . ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟ أكتب معادلات التفاعل الحاصل إذا علمت أن الثنائيات (مر / مؤ) المشاركة في التفاعل هي : $I_{2(aq)}/I^-_{(aq)}$, $H_2O_{2(aq)}/H_2O_{(\ell)}$

تجربة رقم (5) : تفاعل محلول حمض كلور الماء ($H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$) مع محلول ثيوكبريتات الصوديوم

- في بيشر يحتوي على 20 ml من محلول ثيوكبريتات الصوديوم ،نضيف 20 ml من محلول حمض كلور الماء .
ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج ؟ أكتب معادلات التفاعل الحاصل إذا علمت أن الثنائيات (مر / مؤ) المشاركة في التفاعل هي :
$S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}/S_{(s)}$, $SO_{2(aq)}/S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$

تجربة رقم (6): إرجاع شوارد MnO_4^- إلى راسب MnO_2

- نذيب بضع بلورات من برمنغنات البوتاسيوم في الماء المقطر ، ثم نضع المحلول الناتج في قارورة .ماذا تلاحظ بعد أيام؟ ثم بعد شهور ؟ أكتب معادلات التفاعل الحاصل إذا علمت أن الثنائيتان ا لمشاركتان في التفاعل هي :
$MnO_4^-{}_{(aq)}/MnO_{2(s)}$, $O_{2(g)}/H_2O_{2(aq)}$

III. المدة الزمنية لتحول كيميائي (تصنيف التحولات الكيميائية) (عمل مخبري رقم 1)

سؤال :

- في السنوات الماضية عرفنا أن مرور الجملة الكيميائية من الحالة الابتدائية إلى الحالة النهائية ندعوه : تحول كيميائي. يصاحب تطور هذه الجملة ظهور أنواع كيميائية جديدة ندعوها النواتج و اختفاء أنواه كيميائية ندعوها المتفاعلات .
- - و السؤال المطروح الآن هو : هل أن جميع التحولات الكيميائية آنية (instantanées)؟ و هل تتم بنفس السرعة ؟

نشاط (1)

تجربة رقم (1) :(تفاعل محلول ثنائي اليود (I_2) مع محلو ثيوكبريتات الصوديوم ($2Na^+_{(aq)}+S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$)

- نضيف قطرات من محلول ثنائي اليود (10 ml) إلى محلول ثيوكبريتات الصوديوم (20 ml) . ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟ أكتب معادلات التفاعل الحاصل مبينا الثنائيات (مر / مؤ) المشاركة في التفاعل .

تجربة رقم (2): تفاعل محلول حمض كلور الماء ($H_3O^+ + Cl^-$) مع محلول ثيوكبريتات الصوديوم

- في بيشر يحتوي على 20 ml من محلول ثيوكبريتات الصوديوم ،نضيف 20 ml من محلول حمض كلور الماء .
- ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج ؟ أكتب معادلات التفاعل الحاصل مبينا الثنائيات (مر / مؤ) المشاركة في التفاعل .

الملاحظة :

- في التجربة (1) نلاحظ اختفاء لون محلول ثنائي اليود لحظيا أي بصفة آنية (سريعة) عند إضافته إلى محلول ثيوكبريتات الصوديوم (اختفاء I_2).
- في التجربة (2) يكون المحلول في البداية عديم الون (شفاف) ، و بعد لحظات يظهر لون أبيض مصفر .

الاستنتاج :

- في التجربة (1) يحدث التحول في مدة زمنية قصيرة جدا لا تسمح بتتبع تطور هذا التحول بواسطة العين المجردة أو بواسطة أجهزة القياس المعتادة.
- في التجربة (2) استغرق التحول مدة زمنية تسمح بتتبع تطوره بواسطة العين المجردة أو بواسطة أجهزة القياس .

نتيجة عامة

☜ يكون التحول آنيا (Instantanée) إذا كان تطور الجملة الكيميائية سريعا ، بحيث يظهر لنا بالعين المجردة أن التفاعل ينتهي لحظة تلامس المتفاعلات .
☜ نقول عن تحول كيميائي أنه بطيئ ، إذا استغرق بضعة ثوان أو أكثر.

معادلات التفاعل :

التجربة (1) :

$I_{2(aq)} + 2e^- = 2I^-_{(aq)}$

$2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} = S_4O_6^{2-}{}_{(aq)} + 2e^-$

$I_{2(aq)} + 2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} = 2I^-_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$

التجربة (2) :

$S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} + 6H^+_{(aq)} + 4e^- = 2S_{(s)} + 3H_2O_{(\ell)}$

$S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = 2SO_{2(aq)} + 2H^+_{(aq)} + 4e^-$

$S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} = S_{(s)} + SO_{2(aq)} + H_2O_{(\ell)}$

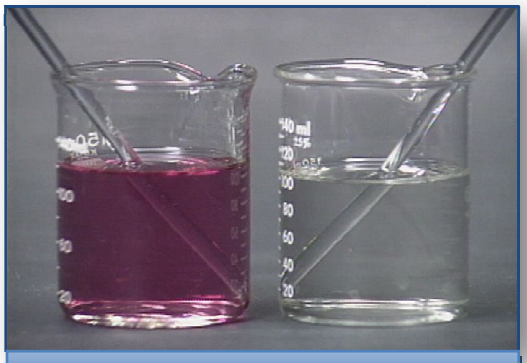
BENDJEBBOUR
MOHAMED
Tlemcen

نشاط (2)

- نفس الأسئلة من أجل التحولات التالية :

تجربة رقم (3) : تأثير الماء الأكسجيني (H_2O_2) على محلول برمنغنات البوتاسيوم ($K^+ + MnO_4^-$)

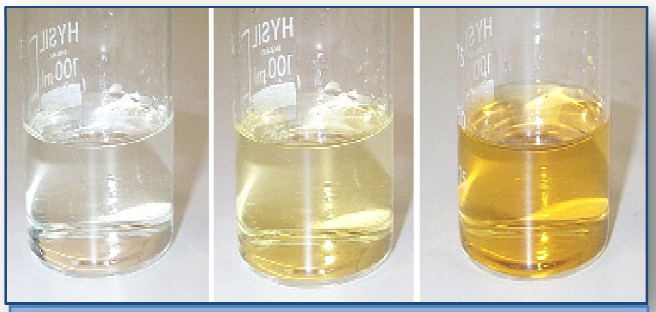
- داخل كاس بيشر يحتوي على 20 ml من محلول الماء الأكسجيني نضيف تدريجيا محلول برمنغنات البوتاسيوم . ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟ أكتب معادلات التفاعل الحاصل مبينا الثنائيات (مر / مؤ) المشاركة في التفاعل .



تأثير الماء الأكسجيني على برمنغنات البوتاسيوم

تجربة رقم (4) : تأثير الماء الأكسجيني (H_2O_2) على محلول يود البوتاسيوم ($K^+ + I^-$)

- داخل كأس بيشر يحتوي 20 ml من الماء الأكسجيني المحمض بقطرات من حمض الكبريت المركز، نضيف 20 ml من محلول يود البوتاسيوم . ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟ أكتب معادلات التفاعل الحاصل مبينا الثنائيات (مر / مؤ) المشاركة في التفاعل .



تأثير الماء الأكسجيني على يود البوتاسيوم

الملاحظة :

- في التجربة (3) ، يختفي لون محلول برمنغنات البوتاسيوم بصفة آنية (سريعة) .
- في التجربة (4) ، يتلون المحلول تدريجيا باللون البني .

BENDJEBBOUR
MOHAMED
Tlemcen

الاستنتاج :

- التجربة (3) تحول كيميائي سريع.
- التجربة (4) تحول كيميائي بطيئ.

معادلات التفاعل :

التجربة (3)

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 8\,H^+_{(aq)} + 5\,e^- = Mn^{2+}_{(aq)} + 4\,H_2O_{(\ell)} \quad (\times 2)$$

$$H_2O_{2(aq)} = O_{2(g)} + 2\,H^+_{(aq)} + 2\,e^- \quad (\times 5)$$

$$2\,MnO_4^-{}_{(aq)} + 6\,H^+_{(aq)} + 5\,H_2O_{2(aq)} = 2\,Mn^{2+}_{(aq)} + 8\,H_2O_{(\ell)} + 5\,O_{2(g)}$$

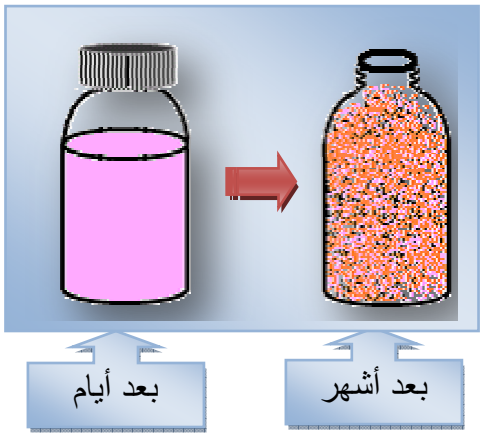
التجربة (4)

$$H_2O_{2(aq)} + 2H^+_{(aq)} + 2\,e^- = 2\,H_2O_{(\ell)}$$

$$2\,I^-_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2\,e^-$$

$$H_2O_{2(aq)} + 2\,I^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2\,H_2O_{(\ell)}$$

تجربة رقم (5) : إرجاع شوارد MnO_4^- إلى راسب MnO_2



- نذيب بضع بلورات من برمنغنات البوتاسيوم في الماء المقطر ، ثم نضع المحلول الناتج في قارورة .

الملاحظة :

- تبقى الجملة الكيميائية على حالها ، حتى بعد أيام ، اللون البنفسجي للمحلول يبقى على حاله .
- بعد عدة شهور نلاحظ تشكل راسب بني اللون على جدران القارورة .

الاستنتاج :

- الراسب البني الناتج عبارة عن ثاني أكسيد المنغنيز MnO_2 الذي ينتج عن إرجاع شاردة البرمنغنات بواسطة الماء.

معادلات التفاعل :

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 4\,H^+{}_{(aq)} + 3\,e^- = MnO_{2\,(s)} + 2\,H_2O \qquad \times (4)$$

$$2\,H_2O_{(\ell)} = O_{2\,(g)} + 4\,H^+{}_{(aq)} + 4\,e^- \qquad \times (3)$$

$$4\,MnO_4^-{}_{(aq)} + 4\,H^+ = 4\,MnO_{2\,(s)} + 3\,O_{2\,(g)} + 2\,H_2O_{(\ell)}$$

نتيجة

☜ يكون التفاعل بطيئا جدا ، إذا استغرق مدة طويلة : الساعات أو الأيام . نقول أن الجملة عاطلة حركيا.

- يمكن تلخيص النتائج المحصل عليها من التجارب الثلاثة و المأخوذة كأمثلة في الجدول التالي :

التحول (1) – (3)	التحول (2) – (4)	التحول (5)
سريع	**بطيء**	**بطيء جدا**
لا يمكن متابعته عمليا	يمكن متابعته	لا يمكن متابعته

مثال تطبيقي :

- إليك التحولات الكيميائية التالية :
  1. تشكل الصدأ.
  2. تشكل راسب كلور الفضة.
  3. احتراق غاز الميثان (غاز المدينة).
  4. التحليل الكهربائي للماء المقطر.
  5. التفاعلات حمض – أساس.
  6. تأثير معدن النحاس على محلول نترات الفضة.
- صنف هذه التفاعلات حسب المدة الزمنية التي يستغرقها تطور التحول

الإجابة :

تفاعلات سريعة	تفاعلات بطيئة	تفاعلات بطيئة جدا
تشكل راسب كلور الفضة	التحليل الكهربائي	تشكل الصدأ
احتراق غاز الميثان	تأثير معدن النحاس على محلول نترات الفضة	
التفاعلات حمض - أساس		

بطـــاقـــــة تـــــــــربـــــويـــة

المستوى : نهائي المجال : التطورات الرتيبة الوحدة (1) :المتابعة الزمنية لتحول كيميائي	الرقم : 2 نوع النشاط : عمل مخبري المدة : ساعتان

الموضوع	العوامل الحركية
الكفاءات المستهدفة	- يتعرف على العوامل الحركية المؤثرة في سرعة تطور التحولات الكيميائية - يستخدم العوامل الحركية في تسريع أو تبطيئ التحول الكيميائي
الوسائل التعليمية و المراجع	- زجاجيات و محاليل كيميائية - الكتاب المدرسي – الوثيقة المرافقة – مراجع أخرى - الأنترنيت

مراحل النشاط	التوقيت
تأثير التراكيز المولية للمتفاعلات تفاعل حمض كلور الماء مع محلول ثيوكبريتات الصوديوم	30 د
تأثير درجة الحرارة تفاعل حمض الأكساليك $H_2C_2O_4$ مع محلول برمنغنات البوتاسيوم	30 د
الوساطة الوساطة المتجانسة الوساطة غير المتجانسة الوساطة الأنزيمية	60 د

ملاحظات :	
	على المتعلم أن يكون ملما بـ : ⇦ التراكيز المولية ⇦ مفهوم درجة الحرارة

ثانوية يغمراسن بن زيان	الأستاذ بن جبور
الوحدة (1): تطور كميات المتفاعلات و النواتج خلال تحول كيميائي	السنة الثالثة ع ت + ع د
عمل مخبري رقم (2)	العوامل الحركية

خطوات العمل المخبري

تجربة (1) : تأثير التراكيز المولية للمتفاعلات (تفاعل حمض كلور الماء مع محلول ثيوكبريتات الصوديوم):

- في ثلاثة كؤوس بيشر نضع مزيجا مشكلا من 5mL من من حمض كلور الماء تركيزه المولي C_i مع 10 ml من محلول الثيوكبريتات تركيزه $0,3\ mol.L^{-1}$.
- تحت كل بيشر و على ورقة بيضاء نضع علامة (×) .
- أكمل الجدول التالي حيث تمثل t المدة الزمنية اللازمة لاختفاء العلامة (×) تحت كل بيشر.

$C_i = [H^+]\ mol.L^{-1}$	1	0,1	0,01
t (mn)			

- ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟

تجربة (2) : تأثير درجة الحرارة (تفاعل حمض الأكساليك $H_2C_2O_4$ مع محلول برمنغنات البوتاسيوم)

- نضع في كأس بيشر 20 ml من محلول حمض الأكساليك تركيزه المولي $0,5\ mol.L^{-1}$.
- نضيف بحذر 1 ml من حمض الكبريت المركز (H_2SO_4) .
- نرج ثم نجزأ المزيج إلى جزأين متماثلين .
- نترك الجزء الأول (الجملة S_1) في درجة الحرارة العادية ، بينما نضع الجملة الثانية (الجملة S_2) في حمام مائي درجة حرارته 60°C.
- نضيف حينئذ 3 ml من محلول برمنغنات البوتاسيوم تركيزه المولي $0,1\ mol.L^{-1}$ إلى كل من S_1 و S_2 ..
- ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟

✍ أكتب معادلة التفاعل المنمذج لهذا التحول إذا علمت أن الثنائيات المشاركة في هذا التفاعل هي :

✍ قدم تفسيرا لهذه النتائج على المستوى المجهري للمادة.

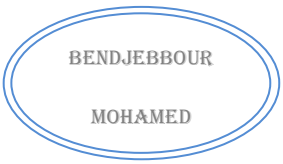
تجربة (3) : الوساطة (catalyse)- التفكك الذاتي للماء الأكسجيني (H_2O_2)

تجربة (أ) :

- نسكب بحذر في كأس بيشر 20 ml من الماء الأكسجيني المركز (35%) . ماذا تلاحظ ؟
- نغمر في أحد البيشرين سلكا من البلاتين .
- ماذا تلاحظ بعد لحظات ؟ ماذا تستنتج ؟ أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول ؟ ماذا يمكنك القول عن هذا التحول ؟

تجربة (ب) :

- نضيف إلى 20 ml من الماء الأكسجيني ، بضع غرامات من أكسيد المنغنيز (MnO_2) .
- ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟ ما طبيعة الغاز المنطلق ؟



تجربة (جـ) :

- نضيف إلى 20 ml من الماء الأكسجيني 10 ml من محلول مركز لكلور الحديد الثلاثي (أو كبريتات الحديد الثلاثي).
- ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟

تجربة (د) :

- في بيشر يحتوي على 20 ml من الماء الأكسجيني ، نضيف قطعة من الكبد (أو قطعة لحم أو كمية من الدم) .
- ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟

✍ ماهو دور كل من : البلاتين ، كلور (أو كبريتات) الحديد الثلاثي ، أكسيد المنغنيز ، الدم في هذا التحول ؟

IV. العوامل الحركية :

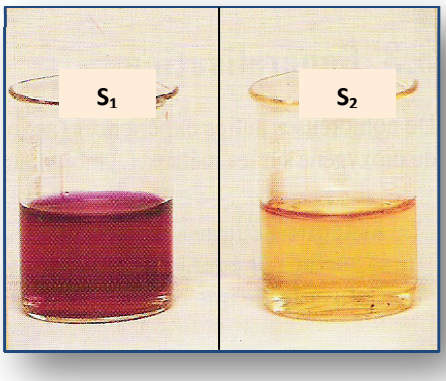
- تسمى المقادير التي تؤثر على سرعة تطور الجملة الكيميائية بالعوامل الحركية .
- سنهتم في هذا الجزء بدراسة تأثير كل من : درجة الحرارة ، و تركيز المتفاعلات .

1. تأثير درجة الحرارة :

وصف التجربة : تأثير شوارد البرمنغنات (MnO_4^-) على حمض الأكساليك ($H_2C_2O_4$) .

- التفاعل بين شوارد البرمنغنات و حمض الأكساليك تفاعل طبيعي (تلقائي) و تام حسب المعادلة :

$$2MnO_4^- + 6H^+ + 5H_2C_2O_4 \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 10CO_2$$



1. نضع في بيشر 20 ml من محلول لحمض الأكساليك تركيزه المولي $0,5\ mol.L^{-1}$.
2. نضيف بحذر 1 ml من حمض الكبريت المركز (H_2SO_4) .
3. نرج ثم نجزأ المزيج إلى جزأين متماثلين .
4. نترك الجزء الأول (الجملة S_1) تعود إلى درجة الحرارة العادية ، بينما نضع الجملة الثانية (S_2) في حمام مائي درجة حرارته 60°C .
5. نضيف حينئذ 3 ml من محلول لبرمنغنات البوتاسيوم تركيزه 0,1 $mol.L^{-1}$ إلى كل من S_1 و S_2 .

الأسئلة :

1. ماذا تلاحظ في كل بيشر ؟
2. ماذا تستنتج من هذه التجارب ؟
3. قدم تفسيرا لهذه النتائج على المستوى المجهري .

BENDJEBBOUR
MOHAMED
Tlemcen

الإجابة :

الملاحظة :

- في الجزء الأول ، حيث درجة الحرارة عادية ، يبقى اللون البنفسجي لشوارد البرمنغنات ظاهرا لعدة دقائق .
- أما في الجزء الثاني ، حيث درجة الحرارة 60°C ، فإنه يختفي خلال 30s .

نتيجة

- سرعة اختفاء شوارد البرمنغنات (MnO_4^-) تزداد مع ازدياد درجة الحرارة .
- و بصفة عامة سرعة تطور جملة كيميائية تزداد مع درجة الحرارة .

- يمكن استخدام التفاعل بين محلول فهلنغ و الغلوكوز (إثبات وجود الوظيفة الألدهيدية في الغلوكوز) ، بالتسخين و بدونه.

التفسير المجهري :

- ينتج التفاعل الكيميائي عن الاصطدام بين جزيئات المتفاعلات و هي شيء ضروري لكنه غير كاف .
- بالفعل فإن تحول المتفاعلات إلى نواتج يتطلب عموما تفكيك بعض الروابط الكيميائية.
- إن الطاقة اللازمة لهذا التفكيك تأخذ من طاقة الجزيئات أو الشوارد لحظة الاصطدام ، إذا كانت هذه الطاقة غير كافية ، لا يكون للاصطدام عواقب كيميائية ، نقول أنه غير فعال (inefficace) .
- في درجة الحرارة العادية ، لا يكون لجزيئات المحلول أو الغاز نفس الطاقة الحركية ، بعض الاصطدامات تكون فعالة ، و البعض الآخر لا .
- إن الرفع من درجة الحرارة ، كما عرفنا في السنة الثانية ، يوافق زيادة في اضطراب الجزيئات (ازدياد طاقتها الحركية) ،يكون عندئذ عدد الجزيئات السريعة كافيا لتصبح الإصطدامات فعالة ، و التحول الكيميائي أسرع.

تطبيقات :

- الأمثلة عن الاستعمالات العملية لتأثير درجة الحرارة على سرعة التفاعل متعددة ، يمكن تصنيفها إلى قسمين :

☜ توقيف تفاعلات غير مرغوب فيها :

🌡 الغمس (Trempe) :

- تتمثل هذه العملية في التبريد المفاجئ (السريع) للجملة الكيميائية و الذي يؤدي إلى إيقاف تطورها .

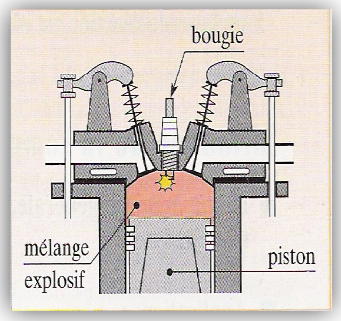
🌡 حفظ الأغذية (conservation des aliments) :

- أغلبية الأغذية ، عبارة عن مواد عضوية مصدرها نباتات أو حيوانات ، و هي معرضة بعد فصلها عن الأعضاء الحية إلى التحلل و التلف من خلال تفاعلات تسببها الكائنات المجهرية ، و تتحول إلى سموم (toxines) .
- من الضروري إذن وقف هذه التفاعلات . إن خفض درجة الحرارة (في الثلاجات مثلا) يجعل هذه التفاعلات بطيئة جدا.

🌡 التحكم في الصيرورة الصناعية (contrôle des processus industriels) :

- إن إبقاء الصيرورة الصناعية في مجال معين لدرجة الحرارة ، يمنع حدوث تفاعلات ثانوية طفيلية ، كما يسمح بتجنب انفلات التفاعلات الناشرة للحرارة .

☜ إحداث أو تسريع التفاعلات :



- بعض التفاعلات ،لا تحدث في درجة الحرارة العادية ، و لهذا السبب ننجزها في وسط تفاعلي درجة حرارته مرتفعة.

مثال :

- احتراق مزيج بخر البنزين و الهواء داخل أسطوانات المحرك الانفجاري ، تندلع برفع درجة حرارة المزيج. (الشرارة الكهربائية التي تحدث بواسطة الشمعة – Bougie).

- بعض التفاعلات بطيئة أو بطيئة جدا في درجة الحرارة العادية ، أما إذا أنجزت في درجات حرارة عالية فإنها تصبح سريعة.

مثال :

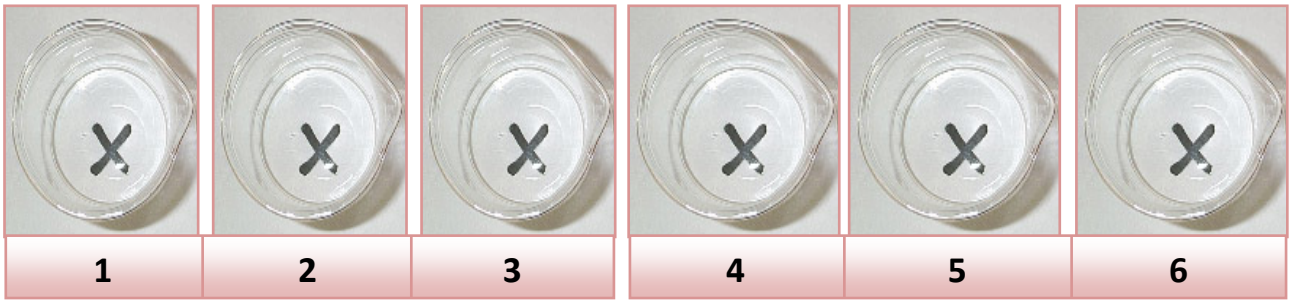
- طهي الأغذية و هو تفاعل كيميائي داخل القدر (autocuiseur) ، حيث يكون الضغط في حدود 2 bar ، و تكون درجة غليان الماء 120°C و هي درجة حرارة تسمح بتسريع التفاعل ، أي تخفيض مدة الطهي.

BENDJEBBOUR MOHAMED Tlemcen

2. تأثير تراكيز المتفاعلات :

وصف التجربة : تأثير حمض كلور الماء ($H^+_{aq} + Cl^-_{aq}$) على شوارد الثيوكبريتات ($S_2O_3^{2-}$) :

- نقوم في هذه التجربة بدراسة كيفية لتطور تشكيل الكبريت الذي يؤدي إلى تلوين المحلول باللون الأصفر .
- على ستة قصاصات من الورق ، أرسم العلامة (✖) ، ثم ضع فوقها ستة (6) كؤوس بيشر .



أ. في الأوعية : 1 ، 2 ، 3 ضع مزيجا من 30 ml من محلول الثيوكبريتات تركيزه Ci و أربع (4) قطرات من محلول حمض كلور الماء ($6\ mol.L^{-1}$) (حذار محلول مركز) .

- أكمل ملأ الجدول التالي :

$Ci = [S_2O_3^{2-}]\ mol.L^{-1}$	1	10^{-1}	10^{-2}
t (s)			

- حيث : (t) هو الزمن اللازم لاختفاء العلامة (✖) .

ب. في الكؤوس : 4 ، 5 ، 6 ضع مزيجا من 2 ml من حمض كلور الماء تركيزه Ci مع 10 ml من الثيوكبريتات تركيزه $10^{-1}\ mol.L^{-1}$.

- أكمل ملأ الجدول التالي :

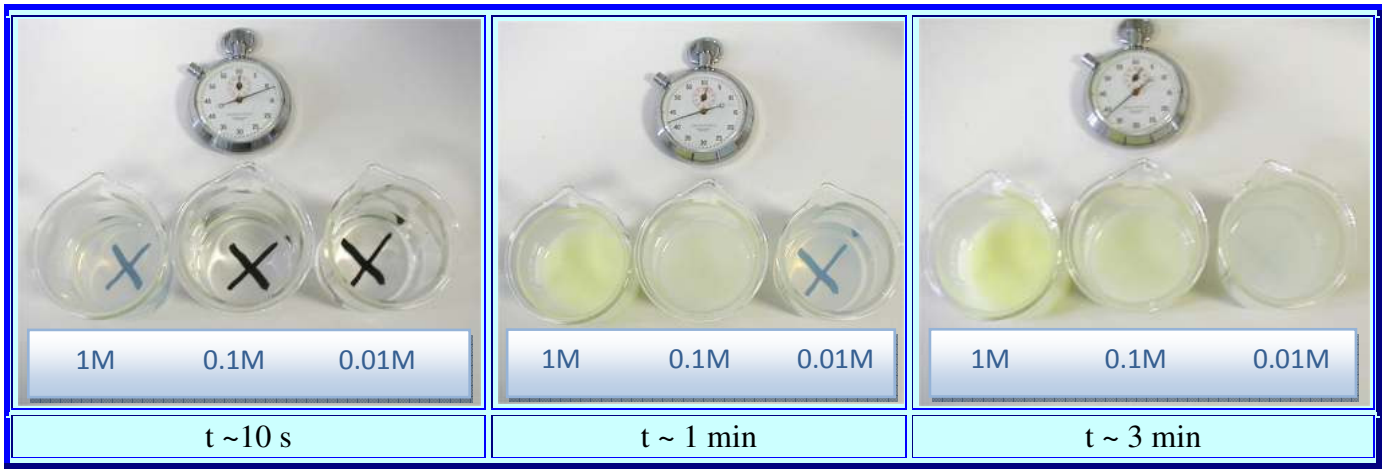
$Ci = [H^+_{aq}]\ mol.L^{-1}$	1	10^{-1}	10^{-2}
t (s)			

الأسئلة

1. ماهو الهدف من إجراء التحربة (أ) ؟
2. ماهو الهدف من إجراء التحربة (ب) ؟
3. ماذا تستنتج من نتائج التجربة (أ) ؟
4. ماذا تستنتج من نتائج التجربة (ب) ؟

الإجابة :

- نهدف في التجربة (أ) إلى دراسة تأثير تركيز المتفاعل الأول $S_2O_3^{2-}$ على سرعة التفاعل .
- في التجربة (ب) ، الهدف هو دراسة تأثير تركيز المتفاعل الثاني H^+_{aq} على سرعة تطور التفاعل .
- تختفي العلامة (✖) في الأوعية التي تراكيزها الابتدائية بالمتفاعلات H^+_{aq} ، و $S_2O_3^{2-}$ أكبر ، أي أن تطور التفاعل في هذه المحاليل يكون أسرع (في وقت أقصر) .



t ~3 min	t ~ 1 min	t ~10 s

نتيجة

☜ التحول الكيميائي يكون أسرع كلما كان تركيز المتفاعلات أكبر

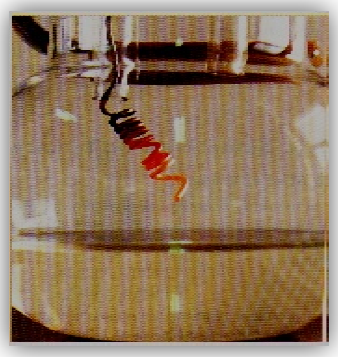
BENDJEBBOUR MOHAMED Tlemcen

V. الوساطة : (la catalyse)

النشاط (1) : (المصباح بدون لهب - lampe sans flamme)

- نضع في بالونة زجاجية بضع مليلترات من الإيثانول (Ethanol) ، ثم نضع البالونة فوق صفيحة مسخنة خلال لحظات نحصل على خليط من الهواء و بخار الإيثانول .
- بواسطة مصباح بنزن نسخن سلك من النحاس حتى الاحمرار ، ثم ندخله بسرعة داخل البالونة .

1. ماذا تلاحظ على سلك النحاس ؟ ماهي الرائحة المنتشرة حينئذ ؟
2. ماذا يحدث عندما نخرج سلك النحاس من البالونة ؟
3. كيف تفسر ما حدث ؟ ماذا تستنتج ؟



الملاحظة :

- يحافظ سلك النحاس على احمراره داخل البالونة .
- تنتشر رائحة فاكهة تشبه رائحة التفاح .
- عندما نخرج النحاس من البالونة يختفي الاحمرار.

التفسير :

- يتأكسد الإيثانول بثنائي الأكسجين (O_2) الموجود في الهواء (21 %) ، فيعطي إيثانال (Ethanal) و حمض الإيثانويك (acide éthanoïque) حسب تفاعلات ناشر للحرارة :

$$CH_3CH_2OH + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CH_3CHO + H_2O$$

$$CH_3CHO + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CH_3CO_2H$$

- في غياب النحاس ، يكون هذا التفاعل بطيئا ، أما في وجوده فإن سرعة تفاعل الأكسدة يزداد بشكل كبير .
- أي أن وجود النحاس هو عامل حركي للتفاعل ، و هو يقوم بتسريع التفاعل الطبيعي بين الإيثانول و ثنائي الأكسجين من دون أن يحدث له تغيير دائم (modification permanente) .
- نقول أن معدن النحاس لعب دور الوسيط في تحول الجملة الكيميائية .

ملاحظة :

- حصيلة التفاعل (النواتج) بوجود الوسيط هي نفسها في غيابه ، و لذلك لا يظهر النحاس في معادلة التفاعل.

BENDJEBBOUR
MOHAMED
Tlemcen

النشاط (2) : تحلل الماء الأكسجيني (H_2O_2) (décomposition de l'eau oxygéné)

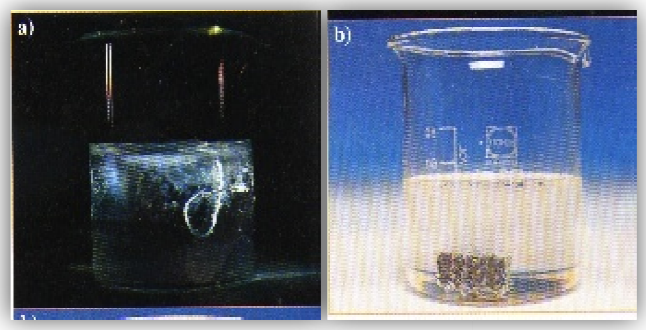
- حسب الظروف يمكن للماء الأكسجيني أن يلعب دور المؤكسِد أو المرجِع بتوظيف الثنائيتين :

$$H_2O_{2(aq)} / H_2O_{(\ell)} \quad , \quad O_{2(g)} / H_2O_{2(aq)}$$

BENDJEBBOUR
MOHAMED
Tlemcen

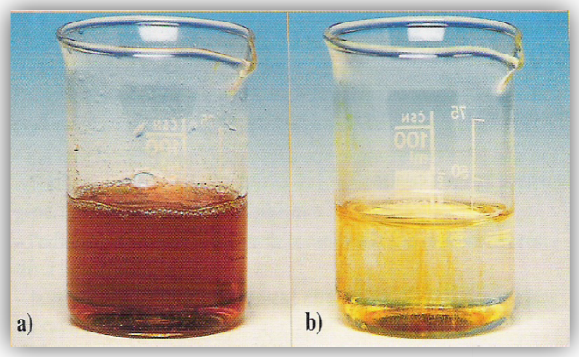
حسب المعادلة : $H_2O_2 + H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2$

التجربة (أ) :



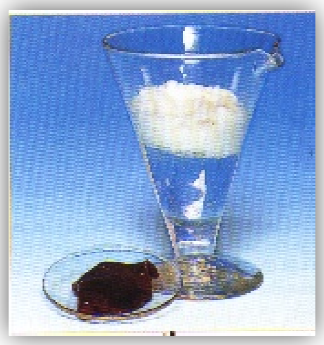
- نسكب بحذر في كأس بيشر 20 ml من ماء أكسجيني مركز . ماذا تلاحظ ؟
- نغمر في أحد البيشرين سلكا من البلاتين ، بعد لحظات ماذا تلاحظ ؟
- في البيشر الثاني ندخل أسطوانة صغيرة من البلاتين ، ماذا تلاحظ؟

التجربة (ب) :



- نضيف إلى 20mL من الماء الأكسجيني ، 60 ml من الماء .
- نجزأ المحلول الناتج إلى جزأين متماثلين في وعاءين ، نضيف للأول 5 قطرات من محلول مركز لكلور الحديد الثلاثي ذو اللون البرتقالي ، و إلى الوعاء الثاني 2 ml من هذا المحلول . ماذا تلاحظ ؟ ماهي طبيعة الغاز المنطلق ؟

التجربة (جـ) :



- في بيشر يحتوي على 20 ml من الماء الأكسجيني ، نضيف قطعة من الكبد . ماذا تلاحظ ؟
- كيف تفسر النتائج المتحصل عليها في التجارب (أ) ، (ب) ، (جـ) ؟ (ماهو دور كل من : البلاتين ، محلول كلور الحديد (III) ، الكبد) .
- هل يمكنك تصنيفها ؟ كيف ؟

- الملاحظة :

التجربة (أ) :

- خلال لحظات تتشكل فقاعات غازية بجوار سلك البلاتين .
- أما في البيشر الثاني الذي بداخله الأسطوانة ، فإننا نشاهد تصاعد فقاعات غازية كثيفة ، بعد تجميعها يمكن الكشف على أنها غاز ثنائي الأكسجين .

التجربة (ب) :

- ياخذ المحلول في الوعاءين لونا برتقاليا ، بينما نشاهد تصاعد لغاز ثنائي الأكسجين ، و هذا في كلا الوعاءين ، لكنه يكون أكثر في الوعاء الثاني .

التجربة (جـ) :

- كمية كبيرة من ثنائي الأكسجين تتصاعد في المحلول .

- التفسير :

- في التجارب الثلاثة (أ) ، (ب) ، (جـ) يقوم : البلاتين ، كلور الحديد(III) ، الكبد بدور الوسيط في تفاعل تفكك الماء الأكسجيني .

بطـــاقـــــة تـــــــــربـــــويـــــة

المستوى : نهائي المجال : التطورات الرتيبة الوحدة (1) :المتابعة الزمنية لتحول كيميائي	الرقم : 3 نوع النشاط : عمل مخبري المدة : ساعتان

الموضوع	المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة
الكفاءات المستهدفة	- يتعرف على طريقة الكيميائية لمتابعة تحول كيميائي و يقارنها مع الطرق الفيزيائية. - يتعرف على الأدوات و الزجاجيات المستخدمة في المعايرة (البروتوكول التجريبي) -
الوسائل التعليمية و المراجع	- زجاجيات و محاليل كيميائية - الكتاب المدرسي – الوثيقة المرافقة – مراجع أخرى - الأنترنيت

مراحل النشاط	التوقيت
دراسة التفاعل بين الماء الأكسجيني و محلول يود البوتاسيوم ▣ إجراء المتابعة عن طريق المعايرة ▣ أخذ القياسات ▣ الإجابة على الأسئلة	60 د 60 د

ملاحظات :	على المتعلم أن يكون ملما بـ : ⇦ المعايرة اللونية ⇦ رموز العناصر و الأنواع الكيميائية و تسميتها

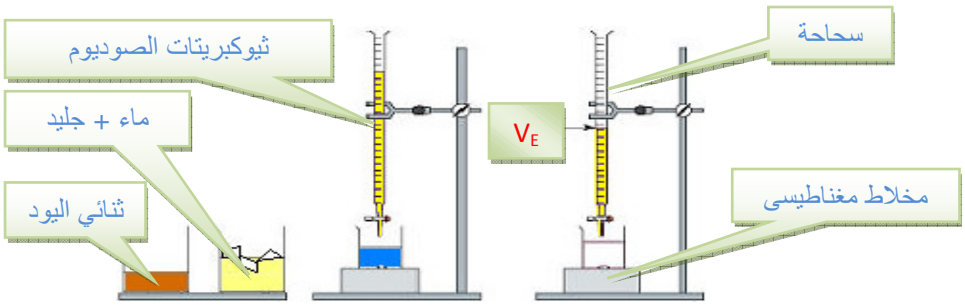
ثانوية يغمراسن بن زيان | الأستاذ بن جبور

الوحدة (1): تطور كميات المتفاعلات و النواتج خلال تحول كيميائي | السنة الثالثة ع ت + ع د

عمل مخبري رقم (3) | المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

خطوات العمل المخبري

1. داخل بيشر سعته (250 ml) نصب 50mL من محلول الماء الأكسجيني (مقاس بوجلة عيارية 50 ml) .
2. نضيف 2 ml من حمض الكبريت.
3. بواسطة حوجلة عيارية 50 ml ، نقيس 50 ml من محلول يود البوتاسيوم ونضيفها إلى الماء الأكسجيني ، في نفس الوقت نشغل الكرونومتر.
4. عند اللحظة $t_1 = 2$ min نأخذ بواسطة الماصة حجما 10mL من الخليط المتفاعل و نصبه في كأس بيشر (100 ml) يحتوي على حوالي 50 ml من الماء المقطر البارد.
5. نضيف قليلا من صمغ النشا .
6. نعاير ثنائي اليود (I_2) المتشكل في العينة المأخوذة بواسطة محلول ثيوكبريتات الصوديوم .نسمي V_E حجم المحلول المضاف للحصول على التكافؤ (تغير لون الخليط ،أي اختفاء اللون الأزرق)



7. نعيد نفس العملية عند لحظات مختلفة t وندون النتائج المتحصل عليها في الجدول التالي :

t (min)	0	2.0	6.0	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0
V_E (mL)										

الأسئلة

1) لماذا نصب عينة الخليط التفاعلي في الماء المثلج قبل كل معايرة ؟
2) أنشئ جدول تقدم التفاعل المدروس ، إذا علمت أن الثنائيات مؤ / مر الداخلة في التفاعل هي :

$$I_{2(aq)}/I^-_{(aq)} \quad , \quad H_2O_2/H_2O_{(l)}$$

3) عبر عن كمية مادة ثنائي اليود $I_{2(aq)}$ المتشكلة عند اللحظة t ، بدلالة التقدم x(t) .
4) أنشئ جدول تقدم تفاعل المعايرة إذا علمت أن الثنائيات مؤ / مر الداخلة في التفاعل هي :

$$I_{2(aq)}/I^-_{(aq)} \quad , \quad {S_2O_3}^{2-}{}_{(aq)}/S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$$

5) عبر عن كمية مادة ثنائي اليود $I_{2(aq)}$ المتشكلة عند اللحظة t ، بدلالة الحجم المكافئ V_E و التركيز المولي C لمحلول ثيوكبريتات الصوديوم .
6) أنشئ جدولا يعطي قيم x عند كل لحظة في 100 ml من المزيج المتفاعل .
7) أرسم المنحنى البياني x = f (t) .
8) حدد بيانيا زمن نصف التفاعل $t_{½}$.
9) أحسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين $t_1 = 0$ ، و $t_2 = 30$ min . كيف تتطور هذه السرعة ؟

BENDJEBBOUR MOHAMED Tlemcen

VI. المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة : (عمل مخبري رقم 2)

دراسة تفاعل الماء الأكسجيني (H_2O_2) مع شوارد اليود (I^-) :

الأدوات المستخدمة

- بيشر (250 ml) .
- سحاحة (250 ml) (burette)
- 10 كؤوس بيشر (100 ml) .
- حوجلة عيارية (50 ml) (fiole jaugée) .
- ماصة عيارية (100 ml) (pipette jaugée) .
- ماصة عيارية (2 ml)
- مصاصة (pipteur).
- مخلاط مغناطيسي.
- زوج من القفازات و نظارات للحماية.
- ماء مقطر بارد – ماء بارد (ثلج) .
- محلول الماء الأكسجيني (H_2O_2) تركيزه المولي $c_1 = 5{,}4 \times 10^{-2}\ mol.L^{-1}$.
- محلول يود البوتاسيوم ($K^+_{(aq)}+I^-_{(aq)}$) تركيزه المولي $c_2 = 0{,}1\ mol.L^{-1}$.
- محلول ثيوكبريتات الصوديوم ($2Na^+_{(aq)}+S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$) تركيزه المولي $c = 0.1\ mol.L^{-1}$.
- صمغ النشا(empoi d'amidon) – أو محلول التيودان (solution de thiodène ou « iodex ») .
- حمض الكبريت (H_2SO_4) تركيزه المولي 3,0 $mol.L^{-1}$.
- كرونومتر .

BENDJEBBOUR MOHAMED Tlemcen

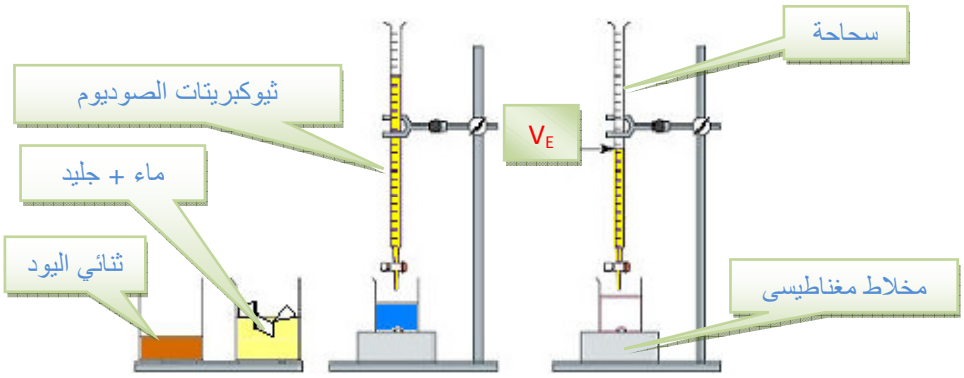
الكفاءات المستهدفة

- ✓ يتدرب المتعلم على استخدام الزجاجيات و بعض الأجهزة و الأدوات المخبرية .
- ✓ يتعرف على الاحتياطات الواجب أخذها لحماية نفسه من أخطار المخبر.
- ✓ يقارن بين الطريقة الفيزيائية لمتابعة التحولات الكيميائية و الطريقة الكيميائية .

خطوات العمل المخبري

8. داخل بيشر سعته (250 ml) نصب 50mL من محلول الماء الأكسجيني (مقاس بوجلة عيارية 50 ml) .
9. نضيف 2 ml من حمض الكبريت.
10. بواسطة حوجلة عيارية 50 ml ، نقيس 50 ml من محلول يود البوتاسيوم ونضيفها إلى الماء الأكسجيني ، في نفس الوقت نشغل الكرونومتر.
11. عند اللحظة t_1 = 2 min نأخذ بواسطة الماصة حجما 10mL من الخليط المتفاعل و نصبه في كأس بيشر (100 ml) يحتوي على حوالي 50 ml من الماء المقطر البارد.
12. نضيف قليلا من صمغ النشا .

13. نعاير ثنائي اليود (I_2) المتشكل في العينة المأخوذة بواسطة محلول ثيوكبريتات الصوديوم .نسمي V_E حجم المحلول المضاف للحصول على التكافؤ (تغير لون الخليط ،أي اختفاء اللون الأزرق)



14. نعيد نفس العملية عند لحظات مختلفة t وندون النتائج المتحصل عليها في الجدول التالي :

t (min)	0	2.0	6.0	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0
V_E (mL)	0	1.2	2.7	3.5	4.2	4.7	5.1	5.3	5.4	5.4

الأسئلة

1) لماذا نصب عينة الخليط التفاعلي في الماء المثلج قبل كل معايرة ؟
2) أنشئ جدول تقدم التفاعل المدروس ، إذا علمت أن الثنائيات مؤ / مر الداخلة في التفاعل هي :

$$I_{2(aq)}/I^-_{(aq)} \quad , \quad H_2O_{2(aq)}/H_2O_{(\ell)}$$

3) عبر عن كمية مادة ثنائي اليود $I_{2(aq)}$ المتشكلة عند اللحظة t ، بدلالة التقدم x(t) .
4) أنشئ جدول تقدم تفاعل المعايرة إذا علمت أن الثنائيات مؤ / مر الداخلة في التفاعل هي :

$$I_{2(aq)}/I^-_{(aq)} \quad , \quad {S_4O_6}^{2-}_{(aq)}/{S_2O_3}^{2-}_{(aq)}$$

5) عبر عن كمية مادة ثنائي اليود $I_{2(aq)}$ المتشكلة عند اللحظة t ، بدلالة الحجم المكافئ V_E و التركيز المولي C لمحلول ثيوكبريتات الصوديوم .
6) أنشئ جدولا يعطي قيم x عند كل لحظة في 100 ml من المزيج المتفاعل .
7) أرسم المنحنى البياني x = f (t) .
8) حدد بيانيا زمن نصف التفاعل $t_{½}$.
9) أحسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين $t_1 = 0$ ، و $t_2 = 30$ min . كيف تتطور هذه السرعة ؟

BENDJEBBOUR
MOHAMED
Tlemcen

الإجابة على الأسئلة

1) لماذا نصب العينة في الماء المثلج قبل المعايرة ؟

نقوم بهذه العملية لتوقيف تطور التفاعل الكيميائي ، حيث نقوم في نفس الوقت بتخفيف تركيز المزيج المتفاعل و تبريده ، تدعى هذه العملية بـ : الغطس (la trempe) .

2) جدول التقدم :

معادلة التفاعل بين الماء الأكسجيني و يود البوتاسيوم :

$H_2O_{2(aq)} + 2H^+_{(aq)} = 2H_2O_{(\ell)}$

$2I^-_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2e^-$

$H_2O_{2(aq)} + 2H^+_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2H_2O_{(\ell)}$

معادلة التفاعل		$H_2O_{2(aq)}$ + $2I^-_{(aq)}$ + $2H^+_{(aq)}$ = $I_{2(aq)}$ + $2H_2O_{(\ell)}$				
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)				
ح إ	0	$c_1.v_1$	$c_2.v_2$	بوفرة	0	بوفرة
ح إنـ	X	$c_1.v_1 - x$	$c_2.v_2 - 2x$			
ح نها	x_f	$c_1.v_1 - x_f$	$c_2.v_2 - 2x_f$		x_f	

3) حسب جدول التقدم لدينا : $x(t) = n(I2)$ . . . (1)

4) جدول تقدم تفاعل المعايرة :

$I_{2(aq)} + 2e^- = 2I^-_{(aq)}$

$2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} = S_4O_6^{2-}{}_{(aq)} + 2e^-$

$I_{2(aq)} + 2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} = 2I^-_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$

معادلة التفاعل		$I_{2(aq)}$ + $2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$ = $2I^-_{(aq)}$ + $S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$			
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)			
ح إ	0	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	0	0
ح إنـ	X	$n(I_2)-x$	$n(S_2O_3^{2-})-2x$	2x	x
ح نها	X_E	$n(I_2)-x_E$	$n(S_2O_3^{2-})-2x_E$	$2x_E$	x_E

5) عبارة كمية مادة ثنائي اليود المتشكل عنداللحظة t :

$$\begin{cases} n(I_2) - x_E = 0 \\ c \cdot v_E - 2x_E = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} n(I_2) = x_E \\ x_E = \frac{c \cdot v_E}{2} \end{cases} \Rightarrow n(I_2) = \frac{c \cdot v_E}{2} \quad \dots \quad (2)$$

6) من المعادلتين (1) و (2) نجد : $x(t) = \frac{c \cdot v_E}{2}$

وهو التقدم الذي يوافق 10 ml من المزيج المتفاعل .

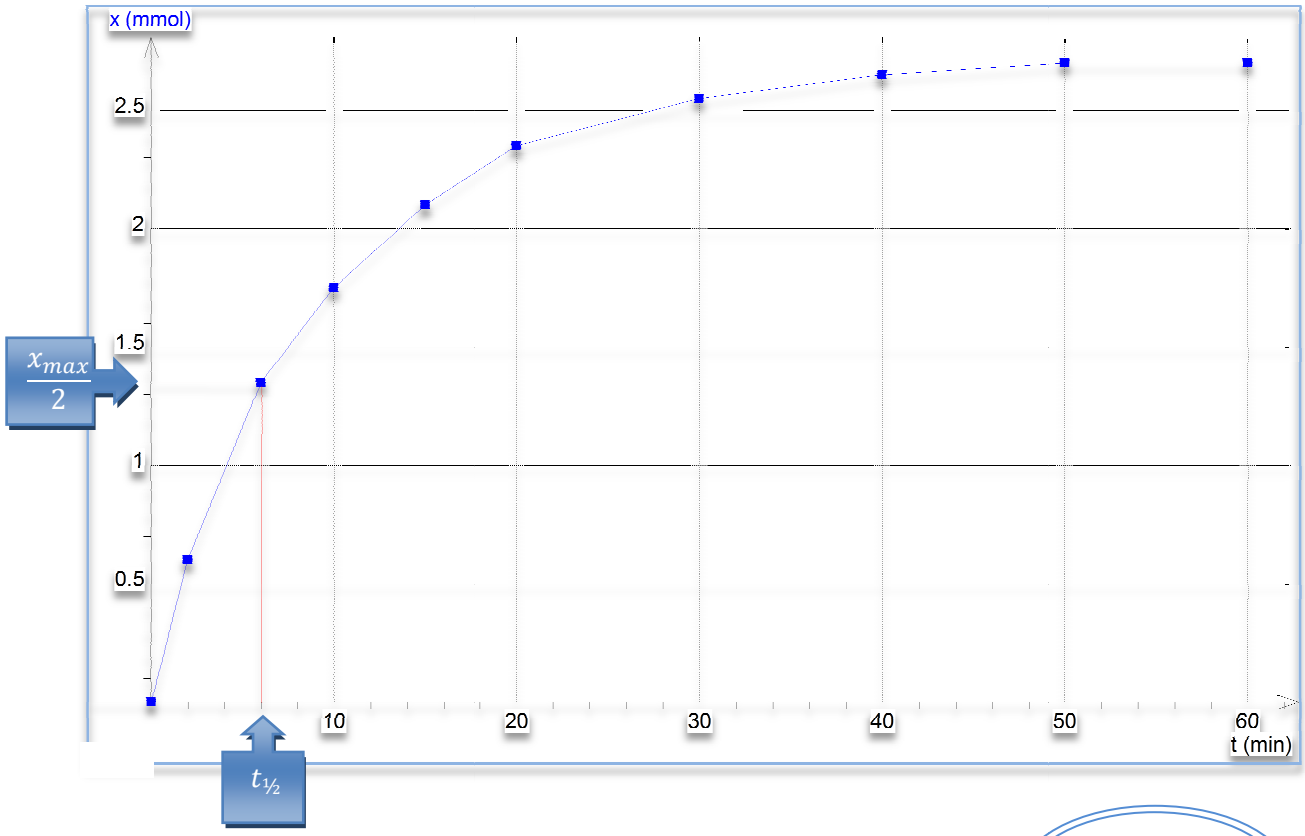
إذن في 100 ml منه يكون :

$$\left.\begin{matrix} \frac{c \cdot v_E}{2} & \rightarrow & 10\ ml \\ x(t) & \rightarrow & 100\ mL \end{matrix}\right\} \Rightarrow x(t) = 5 \cdot c \cdot v_E$$

ت ع : $x(t) = 5 \times 0.1 \times v_E = 0.5 \times v_E \ mol$

t (min)	0	2	6	10	15	20	30	40	50	60
x(t) mmol	0	0.60	1.35	1.75	2.10	2.35	2.55	2.65	2.70	2.70

7) المنحنى البياني x = f(t) :



BENDJEBBOUR
MOHAMED
Tlemcen

8) زمن نصف التفاعل:

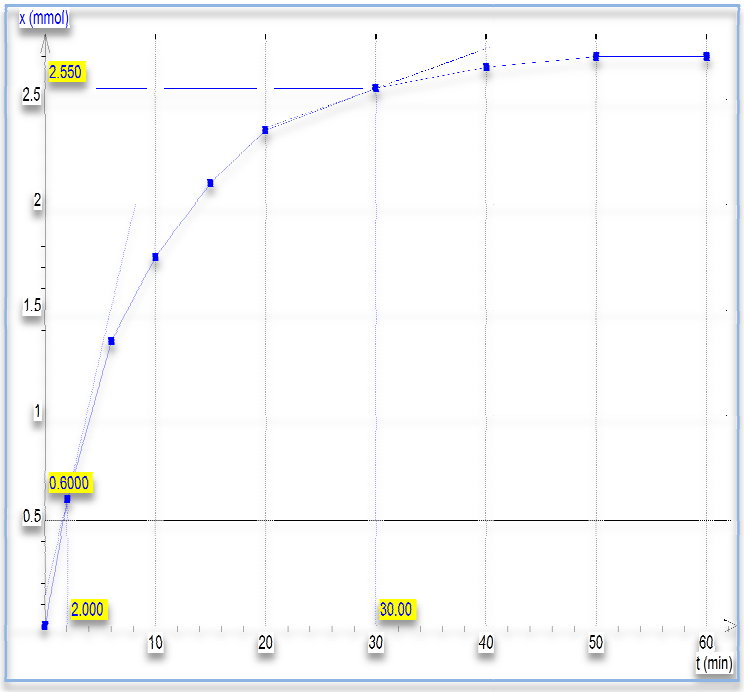
$$x(t_{½}) = \frac{x_f}{2} = \frac{x_{max}}{2}$$

$$= \frac{2.7\times10^{-3}}{2} = 1.35 \times 10^{-3}\ mol$$

$$x(t_{½}) = 1.35\ mmol$$

بينيا نجد : $t_{½} = 6\ min$

9) السرعة الحجمية للتفاعل :



عند اللحظة $t_1 = 2$ min :

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

$$\frac{dx}{dt} = 2.27 \times 10^{-4}\ mol \cdot min^{-1}$$

$$v_{1vol} = \frac{2.27\times10^{-4}}{0.1}$$

$$v_{1vol} = 2.27 \times 10^{-3} mol \cdot min^{-1} \cdot L^{-1}$$

عند اللحظة $t_2 = 30$ min :

$$v_{2vol} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$$

$$\frac{dx}{dt} = 1.88 \times 10^{-5}\ mol \cdot min^{-1}$$

$$v_{2vol} = \frac{1.88\times10^{-5}}{0.1}$$

$$v_{1vol} = 1.88 \times 10^{-4} mol \cdot min^{-1} \cdot L^{-1}$$

نلاحظ أن : $v_{2vol} < v_{1vol}$

نستنتج أن السرعة الحجمية للتفاعل تتناقص بمرور الزمن

BENDJEBBOUR MOHAMED Tlemcen