**سلسلة دروس و تمارين في مادة العلوم الفيزيائية- ثالثة ثانوي**

**إعداد الأستاذ : فرقاني فارس**

# عرض نظري مختصر

**01**

**التطورات الرتيبة**

**المتابعة الزمنية لتفاعل كيميائي**

**الشعب : علوم تجريبية**
**رياضيات ، تقني رياضي**

**********

www.sites.google.com/site/faresfergani

تاريخ آخر تحديث : 2013/07/01

## ● مفهوم المول و عدد أفوقادور :

- الكيميائيون في حياتهم اليومية يتعاملون مع أعدادا كبيرة جدا لما يتعلق الأمر بالأفراد الكيميائية (ذرات ، جزيئات ، شوارد ..... ) و لتجنب هذه الأعداد االكبيرة جدا ، فكروا في تغيير سلم التداول ، فاختاروا وحدة جديدة تدعى المول (mol) تختزل من خلالها الأرقام الكبيرة جدا للأفراد الكيميائية .

- المول هو كمية من المادة قدرها 1 mol تحتوي على العدد $6.02 \cdot 10^{23}$ من الأفراد الكيميائية لهذه المادة ، و نفس هذا العدد يمثل عدد الأفراد الكيميائية الموجودة في 12 g من الكربون $^{12}C$ .

- يسمى العدد $6.02 \cdot 10^{23}$ **عدد أفوقادرو** ، يرمز له بالرمز $N_A$ ، فالمول إذن هو كمية من المادة تحتوي على عدد أفوقادرو من الأفراد الكيميائية لهذه المادة .

## ● الكتلة المولية الذرية لعنصر كيميائي :

- الكتلة المولية الذرية لعنصر كيميائي X التي يرمز لها بـ M و حدتها الغرام على المول (g/mol) ، هي كتلة 1 مول (1mol) من ذرات هذا العنصر أي كتلة $6.02 \cdot 10^{23}$ (عدد أفوقادور) من ذرات هذا العنصر .

- جدول للكتل المولية لبعض العناصر الكيميائية :

| العنصر الكيميائي | | | الكتلة المولية M $g \cdot mol^{-1}$ |
|---|---|---|---|
| الإسم | الرمز | العدد الكتلي Z | |
| الكربون | C | 12 | 12 |
| الهيدروجين | H | 1 | 1 |
| الأكسجين | O | 16 | 16 |
| الآزوت | N | 14 | 14 |
| الصوديوم | Na | 11 | 11 |
| الكلور | Cl | 35 ، 37 | 35.5 |

## ● الكتلة المولية الجزيئية :

- الكتلة المولية الجزيئية لنوع كيميائي هي كتلة 1 mol من جزيئات هذا النوع الكيميائي يرمز لها أيضا بـ M و حدتها g/mol .



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- تساوي الكتلة المولية الجزيئية لنوع كيميائي مجموع الكتل المولية للعناصر الكيميائية المكونة للنوع الكيميائي بحيث كل كتلة مولية مضروبة في عدد ذرات كل عنصر موجود في جزئ هذا النوع الكيميائي .

أمثلة :

$M(H_2O) = 2\,M(H) + M(O)$
$M(H_2O) = (2 . 1) + (16) = 18\ g/mol$

$M(CO_2) = M(C) + 2\,M(O)$
$M(CO_2) = (12) + (2 . 16) = 44\ g/mol$

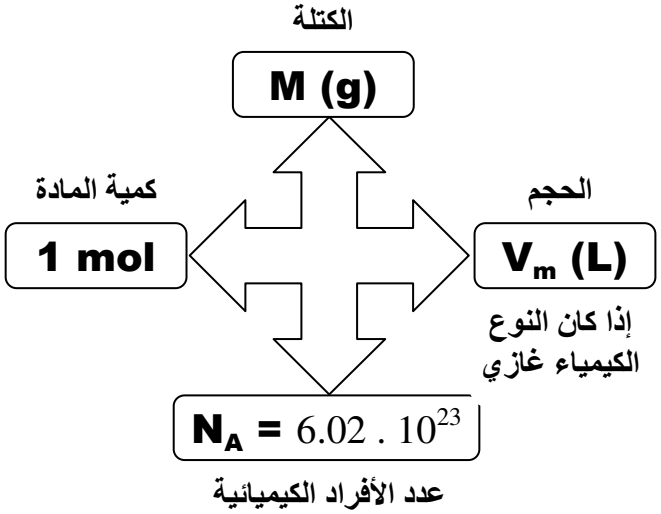
**● الحجم المولي لغاز :**

- يسمى حجم 1mol من أي غاز **الحجم المولي** يرمز له بـ $V_M$ و وحدته L/mol .
- في الشروط النظامية أين يكون الضغط مساوي للضغط الجوي العادي ( $P = 1\ atm$ ) ، و درجة الحرارة المساوية $0^0C$ يكون الحجم المولي مساوي لـ 22.4 L/mol أي :

$$V_M = 22.4\ L/mol$$

ملاحظة :

يمكن تلخيص ما قلناه سابقا في المخطط التالي :




**● تعيين كمية المادة لعينة من نوع كيميائي :**

- نوع كيميائي معرف بكتلته m :

نعلم أن مولا واحدا لأي عينة من نوع كيميائي X كتلها بالغرام هي الكتلة المولية M ، و عليه لحساب كمية المادة (عدد المولات) الموجودة في كتلة معية m من نفس النوع الكيميائي نستعمل القاعدة الثلاثية كما يلي :

$$\begin{cases} 1\ mol\ (X) \rightarrow M_X\ g \\ n\ mol\ (X) \rightarrow m_X\ g \end{cases}$$

و منه يكون :

$$n_X = \frac{m_X}{M(X)}$$


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- نوع كيميائي معرف بعدد أفراده الكيميائية y :

نعلم أن مولا واحدا لأي عينة من نوع كيميائي X يحتوي على $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$ جزيء من هذا النوع الكيميائي ، و عليه لحساب كمية المادة (عدد المولات) الموجودة في عدد معين y من جزيئات نفس النوع الكيميائي نستعمل القاعدة الثلاثية كما يلي :

$$\begin{cases} 1\ mol\ (X) \rightarrow N_A \text{ جزيء} \\ n\ mol\ (X) \rightarrow y \text{ جزيء} \end{cases}$$

و منه يكون :

$$\boxed{n_X = \frac{y}{N_A}}$$

- نوع كيميائي غازي معرف بحجمه $V_{gaz}$ :

نعلم أن مولا واحدا لأي عينة من نوع كيميائي X حجمها $V_M$ ، و عليه لحساب كمية المادة (عدد المولات) الموجودة في حجم معين $V_{gaz}$ من نفس النوع الكيميائي نستعمل القاعدة الثلاثية كما يلي :

$$\begin{cases} 1\ mol\ (X) \rightarrow V_M\ L \\ n\ mol\ (X) \rightarrow V_{gaz}\ L \end{cases}$$

و منه يكون :

$$\boxed{n_X = \frac{V_{gaz}}{V_M}}$$

- نوع كيميائي سائل غازي معرف بحجمه $V_\ell$ :

الكتلة الحجمية لنوع كيميائي سائل X كتلة عينة منه $m_\ell$ و حجمها $V_\ell$ يعبر عنها بالعلاقة : $\rho_\ell = \frac{m_\ell}{V_\ell}$

ومنه : $m_\ell = \rho_\ell V_\ell$ .

و لدينا سابقا : $n_X = \frac{m_\ell}{M}$ ومنه يصبح :

$$\boxed{n_X = \frac{\rho_\ell V_\ell}{M}}$$

ملاحظة :

يمكن دمج العلاقات السابقة في علاقة واحد كما يلي :

$$\boxed{n_X = \frac{m_X}{M(X)} = \frac{V_{gaz}}{V_M} = \frac{y}{N_A} = \frac{\rho_\ell . V_\ell}{M}}$$



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

**● الكتلة الحجمية لنوع كيميائي (صلب ، سائل ، غاز ) :**

- الكتلة الحجمية التي يرمز لها بـ $\rho$ لنوع كيميائي هي حاصل قسمة كتلة عينة من هذا النوع الكيميائي على حجم نفس العينة V ، و نكتب :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

- تقدر الكتلة الحجمية عادة بالغرام على اللتر (g/L) و يمكن أيضا أن تقدر بـ ($kg/m^3$) .....
- إذا أخذنا كمية من غاز قدرها 1 mol ، تكون كتلتها $m = M$ (M : الكتلة المولية للغاز) ، و حجمها $V = V_M$ ( $V_M$ : الحجم المولي ) و عليه يمكن كتابة عبارة الكتلة الحجمية لغاز كما يلي :

$$\rho = \frac{M_{(gas)}}{V_M}$$

**● كثافة جسم صلب أو سائل :**

- تقاس الكثافة التي يرمز لها بـ d لنوع كيميائي X ( صلب أو سائل ) بالنسبة للماء ، و تساوي حاصل الكتلة الحجمية للنوع الكيميائي X على الكتلة الحجمية للماء .

$$d = \frac{\rho_{(X)}}{\rho_{(H_2O)}}$$

- لا تقدر الكثافة بوحدة .
- تعرف أيضا كثافة نوع كيميائي (صلب أو سائل ) بالنسبة للماء على أنها حاصل قسمة كتلة عينة من هذا النوع كيميائي على كتلة عينة أخرى من الماء لها نفس الحجم .

**● كثافة نوع كيميائي غازي :**

- تقاس كثافة نوع كيميائي غازي بالنسبة للهواء ، و تساوي حاصل الكتلة الحجمية للنوع الكيميائي X على الكتلة الحجمية الهواء التي تقدر بـ 1.29 g/L و نكتب :

$$d = \frac{\rho_{(gaz)}}{\rho_{(air)}}$$

- لا تقدر الكثافة بوحدة .
- تعرف أيضا كثافة نوع كيميائي (غازي) بالنسبة للهواء بالعلاقة التالية :

$$d = \frac{M_{gaz}}{29}$$

ملاحظة :

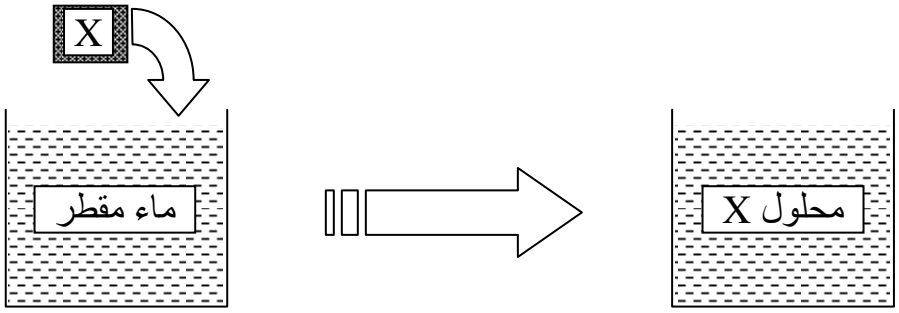
نتعامل مع أبخرة الأنواع الكيميائية مثلما نتعامل تماما مع الغازات .



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## ● المحلول المائي و التركيز المولي :

- نحصل على محلول كيميائي لنوع كيميائي X بحل (إذابة) كمية من هذا النوع الكيميائي في حجم معين من الماء المقطر (مذيب).




- نعتبر أن حجم المحلول الناتج مساوي لحجم المذيب ( يهمل الزيادة في الحجم بفعل الانحلال ) .
- يتميز المحلول المائي المتحصل عليه بمقدار فيزيائي يدعى التركيز المولي ، يرمز له بـ C و وحدته المول على اللتر (mol/L) ، و هو يساوي حاصل قسمة كمية (عدد مولات) النوع الكيميائي X المنحل (المذاب) ، على حجم الماء المقطر (المذيب) و نكتب :

$$C = \frac{n_X}{V}$$

- يمكن قول أن التركيز المولي لمحلول مائي هو عدد مولات النوع الكيميائي المنحل في 1L من هذا المحلول .

## ● التركيز الكتلي لمحلول مائي :

التركيز الكتلي الذي يرمز له بـ $C_m$ ووحدته غرام على اللتر ( g /L ) لمحلول مائي لنوع الكيميائي X هو حاصل قسمة كتلة النوع الكيميائي X المنحل على حجم المحلول (حجم المذيب) أي :

$$C_m = \frac{m_X}{V}$$

## ● العلاقة بين التركيز المولي C و التركيز الكتلي $C_m$ :

لدينا : $C_m = \frac{m_X}{V}$ و لدينا أيضا :

$$n_X = \frac{m_X}{M(X)} \rightarrow m_X = M(X).m_X$$

ومنه تصبح عبارة $C_m$ السابقة كما يلي :

$$C_m = \frac{M(X).n_X}{V} = M(X)\frac{n_X}{V}$$

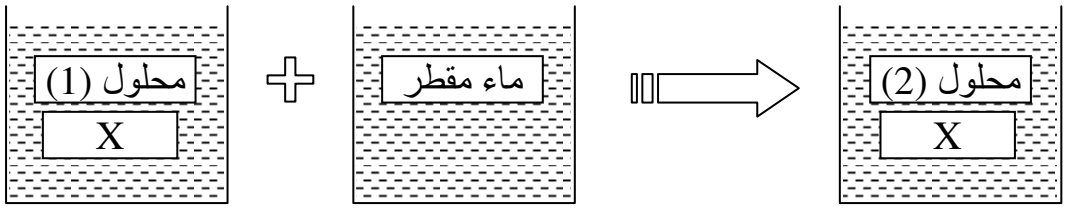
وحيث أن : $C = \frac{n_X}{V}$ يمكن كتابة العلاقة التالية :

$$C_m = M(X).C \leftrightarrow C = \frac{C_m}{M(X)}$$


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

**● تمديده أو تخفيف محلول :**

- تمديد محلول تركيزه المولي $C_1$ أو تخفيفه هو إضافة الماء إليه للحصول على محلول جديد تركيزه المولي $C_2$ أقل من تركيز المحلول الأصلي أي $C_2 < C_1$ .




$n_1(X)$ $C_1$ $V_1$ — $V_0$ — $n_2(X)$ $C_2 < C_1$ $V_2 = V_1 + V_0$

- بعد تمديد محلول لا يحدث تغير في كمية مادة النوع الكيميائي المنحل في المحلول الأصلي ، بمعنى إذا كانت كمية مادة النوع الكيميائي في المحلول الأصلي هي $n_1$ ، و كانت كمية مادة نفس النوع الكيميائي في المحلول الممدد هي $n_2$ يكون :

$$n_1 = n_2 \rightarrow C_1V_1 = C_2V_2$$

**ملاحظة :**

عندما يكون لدينا محلول حجمه $V_1$ و تركيزه المولي $C_1$ ، و نريد تمديده f مرة (f معامل التمديد) لنحصل على محلول حجمه $V_2$ و تركيزه المولي $C_2$ يكون :

$$V_2 = f\ V_1 \quad , \quad C_2 = \frac{C_1}{f}$$

**● مفهوم تقدم التفاعل :**

من أجل متابعة تحول كيميائي لجملة في المستوى العياني من حالة ابتدائية إلى نهائية يقترح الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية " IUAPC " وسيلة تدعى تقدم التفاعل x (مقدارا بالمول mol) والذي يمكن توضيحه كالتالي:

- نعتبر التحول الكيميائي المتمثل احتراق الميثان بغاز الأكسجين المنمذج بالمعادلة الكيميائية التالية :

$$CH_{4\,(g)} + 2\,O_{2\,(g)} = CO_{2\,(g)} + 2\,H_2O_{(\ell)}$$

من هذه المعادلة يمكن قول ما يلي :

- على المستوي المجهري :

▪ لو حدث التفاعل مرة : يختفي 1 جزئ من $CH_4$ ، 2 جزئ من $O_2$ ، ليتشكل 1 جزئ من $CO_2$ ، 2 جزئ من الماء .

▪ لو حدث التفاعل 2 مرة : يختفي 2 جزئ من $CH_4$ ، 4 جزئ من $O_2$ ، ليتشكل 2 جزئ من $CO_2$ ، 4 جزئ من الماء .

▪ لو حدث التفاعل 3 مرة : يختفي 3 جزئ من $CH_4$ ، 6 جزئ من $O_2$ ، ليتشكل 3 جزئ من $CO_2$ ، 6 جزئ من الماء . .....

- على المستوى العياني :

▪ لو حدث التفاعل $N_A$ مرة : يختفي ( $N_A$ ) جزئ من $CH_4$ ، ($2N_A$) جزئ من $O_2$ ، ليتشكل ( $N_A$ ) جزئ من $CO_2$ ، ($2N_A$) جزئ من الماء .



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

أو : يختفي ( 1 mol ) جزئ من $CH_4$ ، ( 2 mol ) جزئ من $O_2$ ليتشكل ( 1 mol ) جزئ من $CO_2$ ، ( 2 mol ) جزئ من الماء .

▪ لو حدث التفاعل ( $2\ N_A$ ) مرة : يختفي ( 2 mol ) جزئ من $CH_4$ ، ( 4 mol ) جزئ من $O_2$ ليتشكل ( 2 mol ) جزئ من $CO_2$ ، ( 4 mol ) جزئ من الماء .

▪ لو حدث التفاعل ( $3\ N_A$ ) مرة : يختفي ( 3 mol ) جزئ من $CH_4$ ، ( 6 mol ) جزئ من $O_2$ ليتشكل ( 3 mol ) جزئ من $CO_2$ ، ( 6 mol ) جزئ من الماء .

▪ لو حدث التفاعل ( $x\ N_A$ ) مرة : يختفي ( x mol ) جزئ من $CH_4$ ، ( 2x mol ) جزئ من $O_2$ ، ليتشكل ( x mol ) جزئ من $CO_2$ ، ( 2x mol ) جزئ من الماء .

يدعى المقدار x **تقدم التفاعل**

و هو يمثل عدد مرات حدوث التفاعل السابق مقدرا بالمول (mol) و يستعمل في المستوى العياني فقط .

**● جدول التقدم و التقدم النهائي :**

- جدول التقدم هو عبارة عن جدول وصفي للجملة يمكن من من خلاله تناول الحصيلة الكمية من حالة ابتدائية إلى حالة نهائية ، مرورا بحالة انتقالية لحظية كما موضح في المثال التالي :

| حالة الجملة | التقدم x (mol) | $N_{2\,(g)}$ + | $3\ H_{2\,(g)}$ → | $2\ NH_{3\,(g)}$ |
|---|---|---|---|---|
| الحالة الابتدائية $t = 0$ | 0 | 1 | 4 | 0 |
| الحالة الانتقالية t | x | 1 - x | 4 - 3x | 2x |
| الحالة النهائية $t_f$ | $x_f$ | $1 - x_f$ | $4 - 3x_f$ | $2x_f$ |

- يعبر جدول التقدم على كميات المادة للأنواع الكيميائية المتواجدة في الجملة الكيميائية (متفاعلات و نواتج) في لحظة معينة من التحول الكيميائي .

- يسمى العدد الأعظمي لمرات حدوث التفاعل مقدر بأفوقادرو مرة (أو بالمول) بالتقدم الأعظمي ، يرمز له بـ $x_{max}$ ، و يسمى المتفاعل الذي اختفى كليا و الذي كان سبب في توقف تطور التفاعل بالمتفاعل المحد .

- إذا توقف تطور التفاعل بسبب اختفاء كلي لأحد المتفاعلات يكون التقدم النهائي $x_f$ مساوي للتقدم الأعظمي $x_{max}$ و يقال عن هذا التفاعل أنه تام ، بينما إذا لم يختفي أحد من المتفاعلات كليا عندما يتوقف تطور التفاعل يكون التقدم النهائي $x_f$ أقل من التقدم الأعظمي $x_{max}$ ، و يقال عن هذا التفاعل أنه غير تام ، يمكن اختصار هذا القول فيما يلي :

- تفاعل تام ← $x_f = x_{max}$ .
- تفاعل غير تام ← $x_f < x_{max}$ .

- إذا كل المتفاعلات كليا في نهاية التفاعل يقال عن التفاعل أنه في الشروط الستوكيومترية .



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- في التفاعل المنمذج بالمعادلة الكيميائية التالية :

$$\alpha A + \beta B = \delta C + \lambda D$$

يمكن إثبات أن هذا التحول الكيميائي المنمذج بهذا التفاعل يكون في الشروط الستوكيومترية إذا تحقق :

$$\frac{n_0(A)}{\alpha} = \frac{n_0(B)}{\beta}$$

**● تعريف التركيز المولي للمحلول بشوارده :**

نعتبر نوع كيميائي من الشكل $A_\alpha B_\beta$ ، ينحل في حجم V من الماء المقدر ، التفاعل الكيميائي المنمذج لهذا الانحلال يعبر عنه بالمعادلة الكيميائية التالية :

$$A_\alpha B_\beta = \alpha\, A^{n+} + \beta\, B^{m-}$$

إذا كانت $n_0$ هي كمية المادة للنوع الكيميائي $A_\alpha B_\beta$ المنحلة في حجم V من الماء المقطر يعبر عن التركيز المولي للمحلول الناتج بالعبارة :

$$C = \frac{n_0}{V}$$

- يعرف التركيز المولي للمحلول الناتج بالشوارد $A^{n+}$ ، $B^{m-}$ و الذي يرمز له على الترتيب بـ $[A^{n+}]$ ، $[B^{-m}]$ بالعلاقة :

$$[A^{n+}] = \frac{n(A^{n+})}{V} \quad , \quad [B^{m-}] = \frac{n(B^{m-})}{V}$$

حيث $n(A^{n+})$ ، $n(B^{m-})$ هي كمية المادة لكل من $A^{n+}$ و $B^{m-}$ في المحلول الناتج .

**● العلاقة بين التركيز المولي للمحلول بالتركيز المولي للمحلول بشوارده :**

في محلول مائي تركيزه المولي C و صيغة الشاردية $(\alpha\, A^{n+} + \beta\, B^{m-})$ يكون :

$$[A^{n+}] = \alpha C \quad , \quad [B^{m-}] = \beta C$$

$$[A^{n+}] = \frac{\alpha}{\beta}\,[B^{m-}]$$

**مثال :**

- لدينا محلول كبريتات الحديد الثلاثي $(2Fe^{3+} + 3SO_4^{2-})$ تركيزه C = 0.2 mol/L ، في هذا المحلول يكون :

$$[Fe^{3+}] = 2C = 2.0.2 = 0.4 \text{ mol/L}$$

$$[SO4^{2-}] = 3C = 3.0.2 = 0.6 \text{ mol/L}$$

$$[Fe^{3+}] = \frac{2}{3}\,[SO_4^{2-}]$$



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

**● قانون الغاز المثالي :**

إذا شغل غاز حجم V تحت ضغط P و درجة حرارة مطلقة T ، و كانت كمية مادة هذا الغاز هي n فإنه يعبر عن هذه المقادير بالعلاقة :

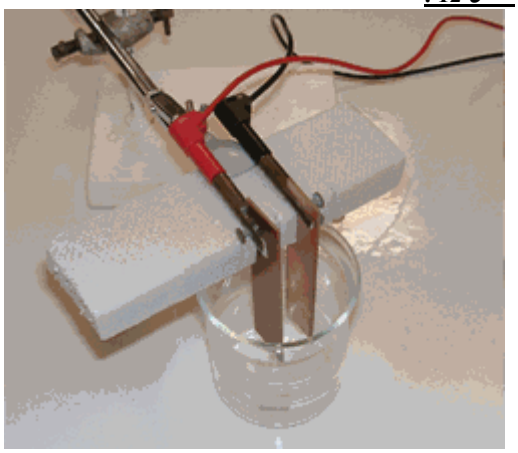
$$P\,V = n\,R\,T$$

تسمى هذه العلاقة بقانون الغاز المثالي ، حيث R الثابت العام للغازات المثالية و المقدر بـ 8.31 .

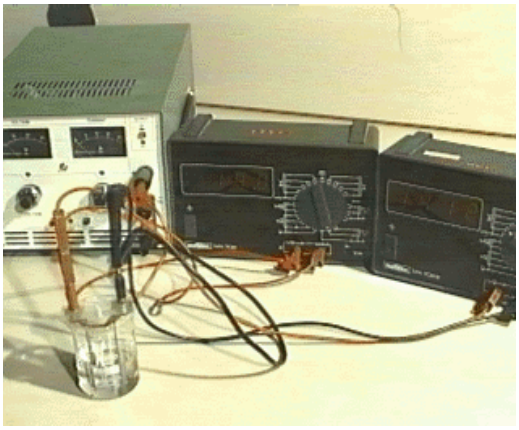
**● ناقلية محلول مائي شاردي :**

- يكون المحلول المائي ناقل للتيار الكهربائي إذا كان يحتوي على شوارد موجبة و شوارد سالبة ، و تزداد ناقلية هذا المحلول للتيار الكهربائي كلما كان تركيزه بهذه الشوارد أكبر .
- يعبر عن ناقلية المحلول للتيار الكهربائي بمقدار يدعى **الناقلية** يرمز لها بـ G ووحدتها في نظام الوحدات الدولية السيمنس (S) ، حيث يكون المحلول ناقل للتيار الكهربائي أكثر كلما كان G أكبر
- لقياس الناقلية G لمحلول ما نقوم بحصر جزء (حجم) من هذا المحلول بين صفيحتين معدنيتين متماثلتين مساحة سطح كل منها S وتفصل بينهما مسافة L ، ثم نطبق عليهما بواسطة مولد من نوع GBF توترا كهربائيا .

الشكل-12 :



الشكل-12 :



- نسمي جملة الصفيحتين المذكورتين و الفضاء (الحجم) المحدد بينهما **خلية** قياس ناقلية (الشكل-12) و تدعى هاتين الصفيحتين بلبوسي الخلية .
- نعرف ثابت الخلية الذي يرمز له بـ K وحدته المتر (m) بالعلاقة التالية :

$$K = \frac{S}{L}$$

حيث : S مساحة سطح أحد لبوسي الخلية تقدر بـ $(m^2)$ ، و L البعد بين لبوسي الخلية يقدر بـ (m) .

- إذا كانت U هي قيمة التوتر التي يشير إليه مقياس الفولط الموصول على التفرع مع خلية قياس الناقلية ، و I هي قيمة شدة التيار التي يشير إليها مقياس الأمبير الموصول على التسلسل مع خلية قياس الناقلية ، يعبر عن ناقلية المحلول بالعلاقة التالية :

$$G = \frac{I}{U}$$



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

حيث : I شدة التيار المار بالمحلول يقدر بالأمبير (A) ، و U التوتر بين طرفي لبوسي الخلية يقدر بالفولط (V) .
- تتناسب ناقلية محلول مائي شاردي G طرديا مع S مساحة سطح لبوسي خلية قياس الناقلية ، و عكسيا مع البعد L بين لبوسي هذه الخلية .
- لا تتغير ناقلية محلول مائي شاردي بالتوتر المطبق من طرفي المولد GBF .
- تتغير ناقلية محلول مائي شاردي بتغير طبيعة المحلول .
- تتناسب ناقلية محلول طرديا مع تركيزه المولي .

**● المقاومة R :**

- تعرف مقاومة محلول مائي شاردي و التي يرمز لها بـ R ووحدتها الأوم (Ω) على أنها مقلوب الناقلية G لهذا المحلول أي :

$$R = \frac{1}{G} = \frac{U}{I}$$

▪ I : شدة التيار المار بالمحلول يقدر بالأمبير (A) .
▪ U: التوتر بين طرفي لبوسي الخلية يقدر بالفولط (V) .

**● الناقلية النوعية σ لمحلول شاردي :**

- ناقلية محلول G تتناسب طرديا مع ثابت الخلية K أي : $G = a\,K$ ، ثابت التناسب a هو ثابت يميز المحلول يدعى الناقلية النوعية للمحلول يرمز لها بـ σ ووحدتها السيمنس على المتر (S/m) و نكتب :

$$G = \delta\,K$$

**● الناقلية النوعية المولية λ :**

- الناقلية النوعية لمحلول δ تتناسب طرديا مع التركيز المولي للمحلول C أي $\sigma = a\,C$ ، ثابت التناسب a هو ثابت يميز المحلول يدعى الناقلية النوعية المولية للنوع الكيميائي المنحل في المحلول يرمز له بـ λ و وحدته $S.m^2/mol$ و نكتب :

$$\sigma = \lambda\,C$$

حيث C التركيز المولي للمحلول و يقدر بـ $(mol/m^3)$ .

**● الناقلية النوعية المولية للشاردة الموجبة $\lambda(X^{n+})$ و للشاردة السالبة $\lambda(Y^{m-})$:**

في محلول شاردي يحتوي على الشوارد $X^{n+}$ ، $Y^{m-}$ ..... سواء دخلت التفاعل (موجودة في المعادلة الكيميائية) أم لم تدخل إلى التفاعل (لا توجد في المعادلة الكيميائية) تعطى عبارة الناقلية النوعية لهذا المحلول بعلاقة آخرى بدلالة الناقلية النوعية المولية الشاردية $\lambda(X^{n+})$ ، $\lambda(Y^{m-})$ ..... للشوارد $(X^{n+})$ ، $(Y^{m-})$ ..... كما يلي :

$$\sigma = \lambda C = \lambda(X^{n+})[X^{n+}] + \lambda(Y^{m-})[Y^{m-}] + .....$$

- إذا كان لدينا محلول مائي ناتج عن انحلال النوع الكيميائي $X_aY_b$ في الماء و فق المعادلة :

$$X_aY_b \rightarrow a\,X^{n+} + bY^{m-}$$

فإنه يعبر عن الناقلية النوعية المولية λ بدلالة الناقلية النوعية المولية الشاردية $\lambda(X^{n+})$ ، $\lambda(Y^{m-})$ كما يلي :


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

$$\lambda = a\lambda(X^{n+}) + b\lambda(Y^{m-})$$

**مثال :**

| | |
|---|---|
| $NaCl_{(s)} = Na^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$ | $Fe_2(SO_4)_{3\,(s)} = 2Fe^{3+}_{(aq)} + 3SO_4{}^{2-}_{(aq)}$ |
| $\lambda = \lambda(Na^{+}) + \lambda(Cl^{-})$ | $\lambda = 2\lambda(Fe^{3+}) + 3\lambda(SO_4{}^{2-})$ |

● جدول قيم الناقلية النوعية المولية لبعض الشوارد في درجة الحرارة العادية $25^{+}C$ :

| شوارد سالبة | | شوارد موجبة | |
|---|---|---|---|
| $\lambda(mS.m^2/mol)$ | الصيغة | $\lambda(mS.m^2/mol)$ | الصيغة |
| 19.9 | $OH^-$ | 35.0 | $H_3O^+$ |
| 7.63 | $Cl^-$ | 5.01 | $Na^+$ |
| 7.81 | $Br^-$ | 7.35 | $K^+$ |
| 7.70 | $I^-$ | 6.19 | $Ag^+$ |
| 7.14 | $NO_3^-$ | 11.9 | $Ca^{2+}$ |

**● مفهوم تفاعل الأكسدة و الإرجاع و الأكسدة الإرجاعية :**

- الأكسدة : هو كل تفاعل كيميائي يحدث فيه فقدان إلكترون أو أكثر من طرف فرد كيميائي .
- الإرجاع : هو كل تفاعل كيميائي يحدث فيه إكتساب إلكترون أو أكثر من طرف فرد كيميائي .
- المرجع : هو الفرد الكيميائي الذي يفقد الإلكترونات في تفاعل الأكسدة .
- المؤكسد : هو الفرد الكيميائي الذي يكتسب الإلكترونات في تفاعل الإرجاع .
- الأكسدة الإرجاعية : هو كل تفاعل كيميائي يحدث فيه تبادل إلكتروني بين المرجع و المؤكسد حيث يفقد المرجع إلكترون أو أكثر ليلتقطه المؤكسد .

ملاحظة :

تفاعل الأكسدة وو الإرجاع يحدثان في آن واحد و لا يحدث تفاعل أكسدة بدون إرجاع و لا يحدث تفاعل إرجاع من دون تفاعل أكسدة .

**● مفهوم الثنائية مؤكسد – مرجع (مر/مؤ) :**

في الحالة العامة يرمز للثنائية مؤكسد – مرجع بالرمز **(مؤ / مر )** حيث **مر** هو المرجع ، و **مؤ** هو المؤكسد وهذه الثنائية توافقها **معادلة نصفية إلكترونية** تكون من الشكل :

$$\text{مر} \rightleftharpoons \text{مؤ} + n\,e^-$$

**● أمثلة عن الثنائيات (مر/ مؤ) :**

| | |
|---|---|
| $Mg \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2\,e^-$ | $(Mg^{2+}/Mg)$ |
| $Na \rightleftharpoons Na^{+} + e^-$ | $(Na^{+}/Na)$ |
| $Fe \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2e^-$ | $(Fe^{2+}/Fe)$ |
| $Fe^{2+} \rightleftharpoons Fe^{3+} + e^-$ | $(Fe^{3+}/Fe^{2+})$ |
| $2Cl^{-} \rightleftharpoons Cl_2 + e^-$ | $(Cl_2/Cl^-)$ |
| $H_2 + H_2O \rightleftharpoons 2H_3O^+ + 2e^-$ | $(H_3O^+/H_2)$ |
| $H_2 + 2HO^- \rightleftharpoons 2H_2O + 2e^-$ | $(H_2O/H_2)$ |
| $Mn^{2+} + 12H_2O \rightleftharpoons MnO_4^- + 8H_3O^+ + 5e^-$ | $(MnO_4^-/Mn^{2+})$ |



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ملاحظة :

- إن حدوث الأكسدة الإرجاعية الواردة في المثالين الأخيرين لا تتم وفق ذلك إلا في وجود وسط حمضي لذا ظهرت في المعادلة النصفية الإلكترونية الشاردة $H_3O^+$ .

**● كيفية كتابة معادلة الأكسدة الإرجاعية :**

لكتابة معادلة الأكسدة الإرجاعية في وسط حمضي نتبع الخطوات التالية :

- نقسم معادلة الأكسدة الإرجاعية إلى معادلتين نصفيتين إحداهما أكسدة و الأخرى إرجاع
- نوازن الذرات التي عانت الأكسدة و الذرات التي عانت الإرجاع
- نوازن في كل معادلة نصفية ذرات الأكسجين و ذلك بإضافة جزيء ماء واحد مقابل ذرة أكسجين ناقصة في الطرف الذي يحتوي على العدد الأصغر من ذرات الأوكسجين.
- نوازن في كل معادلة نصفية ذرات الهيدروجين و ذلك بإضافة شاردة هيدرونيوم ($H_3O^+$) واحدة، مقابل كل ذرة هيدروجين ناقصة في الطرف الذي يحتوي على العدد الأصغر من ذرات الهيدروجين. و في نفس الوقت نضيف جزيئات الماء إلى الطرف الآخر بحيث يكون عدد جزيئات الماء المضافة في المرة الأخيرة مساويا لعدد شوارد الهيدرونيوم المضافة قبل قليل ، يمكننا أيضا موازنة ذرات الهيدروجين بإضافة شوارد الهيدرونيوم $H^+$ مقابل كل ذرة هيدروجين ناقصة في الطرف الذي يحتوي على عدد أقل من ذرات الهيدروجين .

يمكن أيضا إضافة شاردة $H_3O^+$ مقابل كل ذرة هيدروجين ناقصة في الطرف المناسب ، و نضيف نفس العدد من جزيئات الماء في الطرف الآخر .

- نوازن في كل معادلة نصفية الشحنات و ذلك بإضافة الإلكترونات في الطرف المناسب .
- بهدف الحصول على عدد الإلكترونات المفقودة في تفاعل الأكسدة مساوي لعدد الإلكترونات المكتسبة في تفاعل الإرجاع نضرب طرفي معادلة الأكسدة في عدد مناسب و طرفي معادلة الإرجاع في عدد مناسب آخر.
- نجمع المعادلتين الناتجتين طرفا إلى طرف و نكون بذلك قد تحصلنا على معادلة الأكسدة الإرجاعية .

**أمثلة :**

- ارجاع شاردة فوق المنغنات $MnO_4^-$ بواسطة شاردة الحديد الثلاثي $Fe^{3+}$ :

$$\begin{array}{l|l} \times 5 & Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^- \\ \times 1 & MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O \end{array}$$

$$5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ = 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$$

- إرجاع شوارد ثنائي الكرومات $Cr_2O_7^{-2}$ ، إلى شاردة الكروم $Cr^{3+}$ ، بواسطة الحديد الثنائي $Fe^{2+}$ :

$$\begin{array}{l|l} \times 6 & Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^- \\ \times 1 & Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- = 2Cr^{3+} + 7H_2O \end{array}$$

$$6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ = 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

**● الهدف من المعايرة اللونية :**

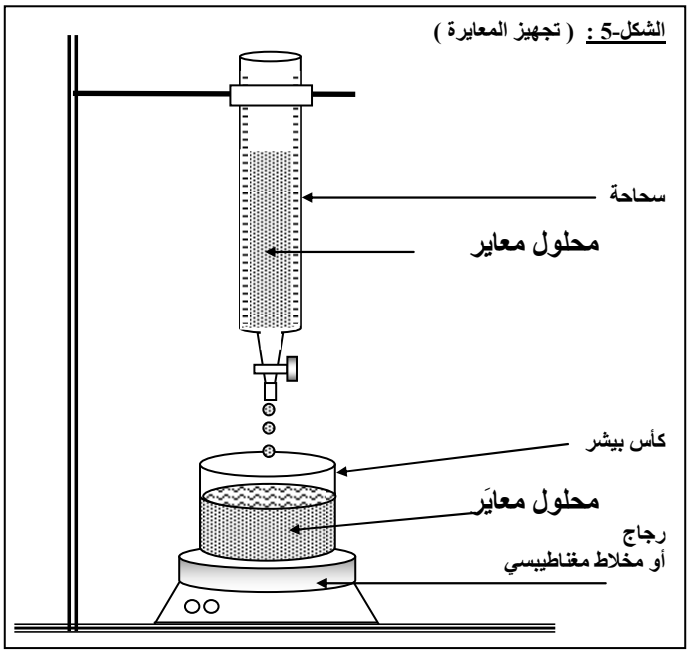
- تهدف طريقة المعايرة بصفة عامة إلى تحديد التركيز المولي لأحد المحاليل التالية : محلول حمضي ، محلول أساسي ، محلول مؤكسد ، محلول مرجع ، و بتحديد التركيز المولي لأحد هذه المحاليل يمكننا تحديد كمية مادة النوع الكيميائي (حمض ، أساس ، مؤكسد ، مرجع ) المنحل في هذا المحلول (هدف الدرس) .



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## ● تقنية المعايرة :

- يوضح (الشكل-5) التجهيز المستعمل للمعايرة ، و المتكون أساسا من :
- كأس بيشر يحتوي على المحلول المراد معايرة و الذي يسمى **محلول معايَر** .
- سحاحة تحتوي على المحلول المستعمل في المعايرة و الذي يسمى **محلول معاير** .
- رجاج أومخلاط مغناطيسي يستعمل لخلط المزيج المتحصل عليه في كأس بيشر .




- أثناء المعايرة نضيف تدريجيا بواسطة السحاحة المحلول **المعاير** إلى المحلول **المعايَر** الموجود بالبيشر إلى غاية بلوغ ما يسمى نقطة التكافؤ ، و عند التكافؤ يكون التفاعل المنمذج للمعايرة في الشروط الستوكيوتية ، أي تتفاعل كل كمية مادة النوع الكيميائي المنحل في المحلول المعايَر مع كل كمية مادة النوع الكيميائي المنحل في المحلول المعايـِر المضاف .
- نعتبر أن التفاعل المنمذج للمعايرة من الشكل :

$$\alpha\, A + \beta\, B = \delta\, C + \lambda\, D$$

نمثل جدول التقدم لتفاعل المعايرة :

| المرحلة | التقدم | $\alpha\, A$ | $+\ \beta\, B$ | $=\ \delta\, C$ | $+\ \lambda\, D$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ابتدائية | $x = 0$ | $n_{0A}$ | $n_{0B}$ | $0$ | $0$ |
| انتقالية | $x$ | $n_{0A} - \alpha\, x$ | $n_{0B} - \beta\, x$ | $\delta\, x$ | $\lambda\, x$ |
| تكافؤ | $x = x_E$ | $n_{0A} - \alpha\, x_E$ | $n_{0B} - \beta\, x_E$ | $\delta\, x_E$ | $\lambda\, x_E$ |

حيث : $x_E$ هو مقدار التقدم عند حدوث التكافؤ ، $n_{0A}$ هي كمية مادة النوع الكيميائي المنحلة في المحلول المعايَر ، $n_{0B}$ هي كمية مادة النوع الكيميائي المنحلة في المحلول المعاير .
- بما أن عند التكافؤ يكون التفاعل في الشروط الستوكيومترية يكون :

$$n_{0A} - \alpha\, x_E = 0 \rightarrow x_E = \frac{n_{0A}}{\alpha}$$

$$n_{0B} - \beta\, x_E = 0 \rightarrow x_E = \frac{n_{0B}}{\beta}$$


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

بالمطابقة نجد :

$$\frac{n_{0A}}{\alpha} = \frac{n_{0B}}{\beta} \rightarrow \frac{[A]_0 V_A}{\alpha} = \frac{[B]_0 V_{BE}}{\beta}$$

حيث : $V_A$ هو حجم المحلول المعايَر ، و $V_{BE}$ هو حجم المحلول المعايِر المضاف عند التكافؤ .

**● التحولات الكيميائية السريعة و البطيئة :**

- يكون التحول الكيميائي لحظيا أو سريعا إذا كان تطور الجملة الكيميائية يصل إلى حالته النهائية مباشرة عند التلامس بين المتفاعلات .
- يكون التحول الكيميائي بطيئا إذا كان تطور الجملة الكيميائية يصل إلى حالته النهائية بعد عدة ثواني أو عدة دقائق أو عدة ساعات كأقصى حد .
- يكون التحول الكيميائي بطيئا جدا ( لا متناهي في البطأ ) إذا كانت تطور الجملة الكيميائية يصل إلى حالته النهائية بعد عدة أيام أو أشهر أو حتى بعد سنوات .

**● المتابعة الزمنية عن طريق قياس الناقلية النوعية :**

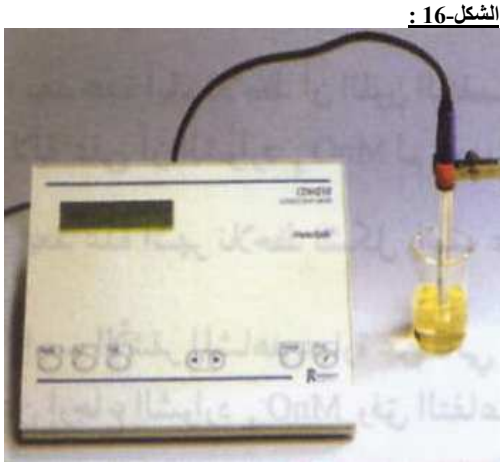
نضيف إلى مزيج يتكون من الماء و الإيثانول ، كمية من 2- كلور 2- مثيل بروبان $(CH_3)_3CCl$ و الذي يمكن أن نرمز له اختصارا بـ RCl ، نلاحظ أنه يحدث تفاعل إماهة للنوع الكيميائي RCl وفق المعادلة التالية :

$$RCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = ROH_{(aq)} + H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

هذا التفاعل ينتج الشوارد $H^+_{(aq)}$ و الشوارد $Cl^-_{(aq)}$ و التي تتحكم في قيمة الناقلية النوعية $\sigma$ للمحلول (الوسط التفاعلي) .

- من أجل متابعة هذا التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية نضع في بيشر 50mL من مزيج يتألف من 30mL من الماء و 20mL من الإيثانول ثم نغمس مسبار (Sonde) جهاز قياس الناقلية (الشكل-16) .

الشكل-16 :



- يمكن متابعة التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية لأن في المزيج (الوسط التفاعلي) توجد الشوارد $H_3O^+$ ، $Cl^-$ ونحن نعلم أن الشوارد الموجبة و السالبة هي المسؤولة عن الناقلية الكهربائية في المحاليل .
- اعتمادا على عبارة الناقلية النوعية $\delta$ و جدول تقدم التفاعل يمكننا الحصول على العلاقة التالية :

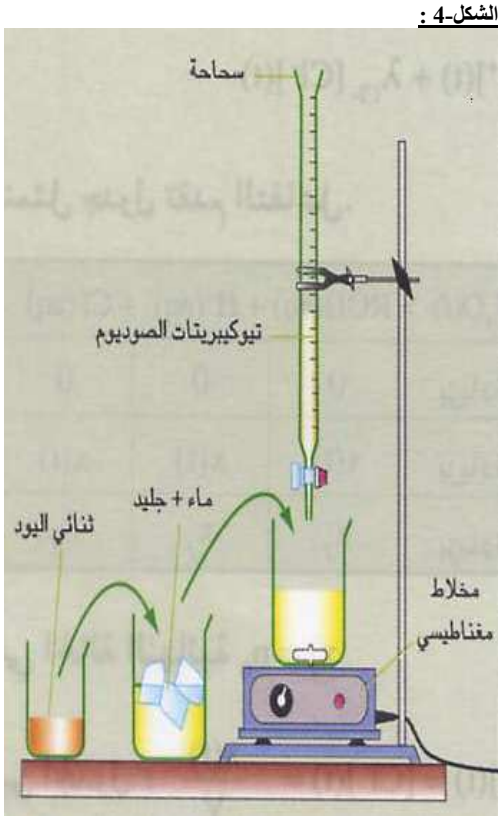
$$\sigma = \frac{\lambda(H_3O^+) + \lambda(Cl^-)}{V_S} x$$



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## ● المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة :

الشكل-4 :




نمزج $100mL = V_1$ من محلول يود البوتاسيوم ذو الصيغة $(K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)})$ و التركيز $C_1 = 0.8\ mol/L$ مع $V_2 = 100mL$ من محلول بيروكسوديكبريتات البوتاسيوم ذو الصيغة $(2K^+_{(aq)} + S_2O_8^{-2}{}_{(aq)})$ و التركيز $C_2 = 0.5\ mol/L$ لتنحصل على وسط تفاعلي نعتبره (A) .

- نلاحظ تغير اللون ببطء فهو يدل على تحول بطيء .
- التفاعل الكيميائي الحادث (1) هو عبارة عن أكسدة إرجاعية تحدث بين شوارد اليود $I^-$ و شوارد البيروكسوديكبريتات $(S_2O_8^{2-})$ وفق المعادلة التالية :

$$2I^-_{(aq)} + S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)} \quad \ldots\ldots (1)$$

- لتعيين كمية ثنائي اليود $I_2$ المتشكل في اللحظة t في المحلول (A) نأخذ 10 عينات منه حجم الواحدة منها $V_0 = 20mL$ ثم نعاير في لحظات مختلفة هذه العينات بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+_{(aq)} + S_2O_3^{-2})$ تركيزه $C_3 = 0.4\ mol/L$ .
- قبل كل معايرة نضيف في اللحظة المناسبة كمية من الماء البارد ، ثم نضع قطرات من صمغ النشأ حيث يصبح المحلول أزرقا ، و بعدها نضيف تدريجيا محلول ثيوكبريتات الصوديوم حتى بلوغ التكافؤ أين يزول اللون الأزرق دلالة على اختفاء ثنائي اليود كليا . نسجل قيمة الحجم $V_E$ المضاف عند التكافؤ بالنسبة لكل العينات و ندون النتائج في جدول .
- الغرض من إضافة الماء البارد قبل بداية كل معايرة هو توقيف التفاعل .
- اعتمادا على جدول تقدم تفاعل المعايرة و جدول تقدم التفاعل الذي بصدد متابعته يمكن الحصول على العلاقة :

$$\boxed{x = 5C_3V_E}$$

## ● سرعة التفاعل و السرعة الحجمية للتفاعل:

- نعتبر التحول الكيميائي المنمذج بمعادلة التفاعل التالية :

$$\alpha A + \beta B = \delta C + \lambda D$$

- تعرف **السرعة اللحظية لتشكل نوع كيميائي** عند اللحظة t و ليكن C على أنها قيمة مشتقة الدالة $n_C = f(t)$ عند اللحظة t أي :

$$\boxed{v_C = \frac{dn_C}{dt}}$$

- تعرف **السرعة الحجمية لتشكل نوع كيميائي** و ليكن C عند اللحظة t في وسط تفاعلي حجمه V بالعلاقة :

$$\boxed{v'_C = \frac{1}{V}\frac{dn_C}{dt} = \frac{d[n_C]}{dt}}$$

حيث V هو حجم الوسط التفاعلي وحدته L .



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- تعرف **السرعة اللحظية لاختفاء نوع كيميائي** و ليكن A عند لحظة t على أنها قيمة مشتقة التابع $n_A = f(t)$ عند اللحظة t مسبوقة بالإشارة (-) أي :

$$v_A = -\frac{dn_A}{dt}$$

- تعرف **السرعة الحجمية لاختفاء نوع كيميائي** و ليكن A عند اللحظة t في وسط تفاعلي حجمه V بالعلاقة :

$$v = -\frac{1}{V}\frac{dn_C}{dt} = -\frac{d[n_C]}{dt}$$

- تعرف **سرعة التفاعل** عند لحظة t بالعلاقة التالية :

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

حيث x هو تقدم التفاعل .

- تعرف **السرعة الحجمية للتفاعل** بالعلاقة :

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

حيث V هو حجم الوسط التفاعلي وحدته L .

- يمكن حاسب السرعة المتوسطة أو السرعة الحجمية (لتشكل C ، اختفاء A ، التفاعل) بين لحظتين فقط بتعويض المشتقة d بـ التغير $\Delta$ مثلا : تعرف **السرعة المتوسطة لتشكل نوع كيميائي** و ليكن C بين اللحظتين $t_1$ و $t_2$ بحاصل قسمة كمية المادة المتشكلة $\Delta n = n_2 - n_1$ على المدة الزمنية $\Delta t = t_1 - t_1$ أي :

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

- في برنامجنا لا نتعامل مع المشتقة بطريقة حسابية و إنما نتعامل معها فقط بطريقة هندسية ، أي لحساب قيمة المشتقة في لحظة ما نعتمد على الطريقة الهندسية ، التي فيها تكون قيمة المشتقة في لحظة ما مساوي لميل هذا المماس ، فإذا اعتبرنا $\tan\alpha$ هو ميل مماس البيان $y = f(x)$ يعبر عن ميل المماس بالعلاقة :

$$\tan\alpha = \frac{dy}{dt}$$

أمثلة :

- في البيان $n_C = f(t)$ يكون : $\tan\alpha = \frac{dn_C}{dt}$ .



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- في البيان $n_A = f(t)$ يكون : $\tan\alpha = \frac{dn_A}{dt}$ .

- في البيان $x = f(t)$ يكون : $\tan\alpha = \frac{dx}{dt}$ .

- في البيان $[A] = f(t)$ يكون : $\tan\alpha = \frac{d[A]}{dt}$ ..... إلخ .

ملاحظة-1 :

- 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 سرعة اختفاء 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 ..... .

ملاحظة-2 :

في التفاعل الكيميائي المنمذج بالمعادلة التالية :

$$\alpha A + \beta B = \delta C + \gamma D$$

يمكن إيجاد علاقة بين سرعات اختفاء المتفاعل ، و تشكل النواتج حيث نحصل على العلاقة التالية :

$$\frac{dx}{dt} = \frac{v_A}{\alpha} = \frac{v_B}{\beta} = \frac{v_C}{\delta} = \frac{v_D}{\gamma}$$

حيث : $v_A$ ، $v_B$ ، $v_C$ ، $v_D$ تمثل على الترتيب : سرعة اختفاء A ، سرعة اختفاء B ، سرعة تشكل C ، سرعة تشكل D ، أما إذا كانت : $v'_A$ ، $v'_B$ ، $v'_C$ ، $v'_D$ تمثل على الترتيب : السرعة الحجمية لاختفاء A ، السرعة الحجمية لاختفاء B ، السرعة الحجمية لتشكل C ، السرعة الحجمية لتشكل D يمكن كذلك كتابة العلاقة التالية :

$$\frac{1}{V}\frac{dx}{dt} = \frac{v'_A}{\alpha} = \frac{v'_B}{\beta} = \frac{v'_C}{\delta} = \frac{v'_D}{\gamma}$$

علما أن V هو حجم الوسط التفاعلي .

* زمن نصف التفاعل :

- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ يمثل المدة اللازمة لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي أي : $x = \frac{x_f}{2}$ أي :

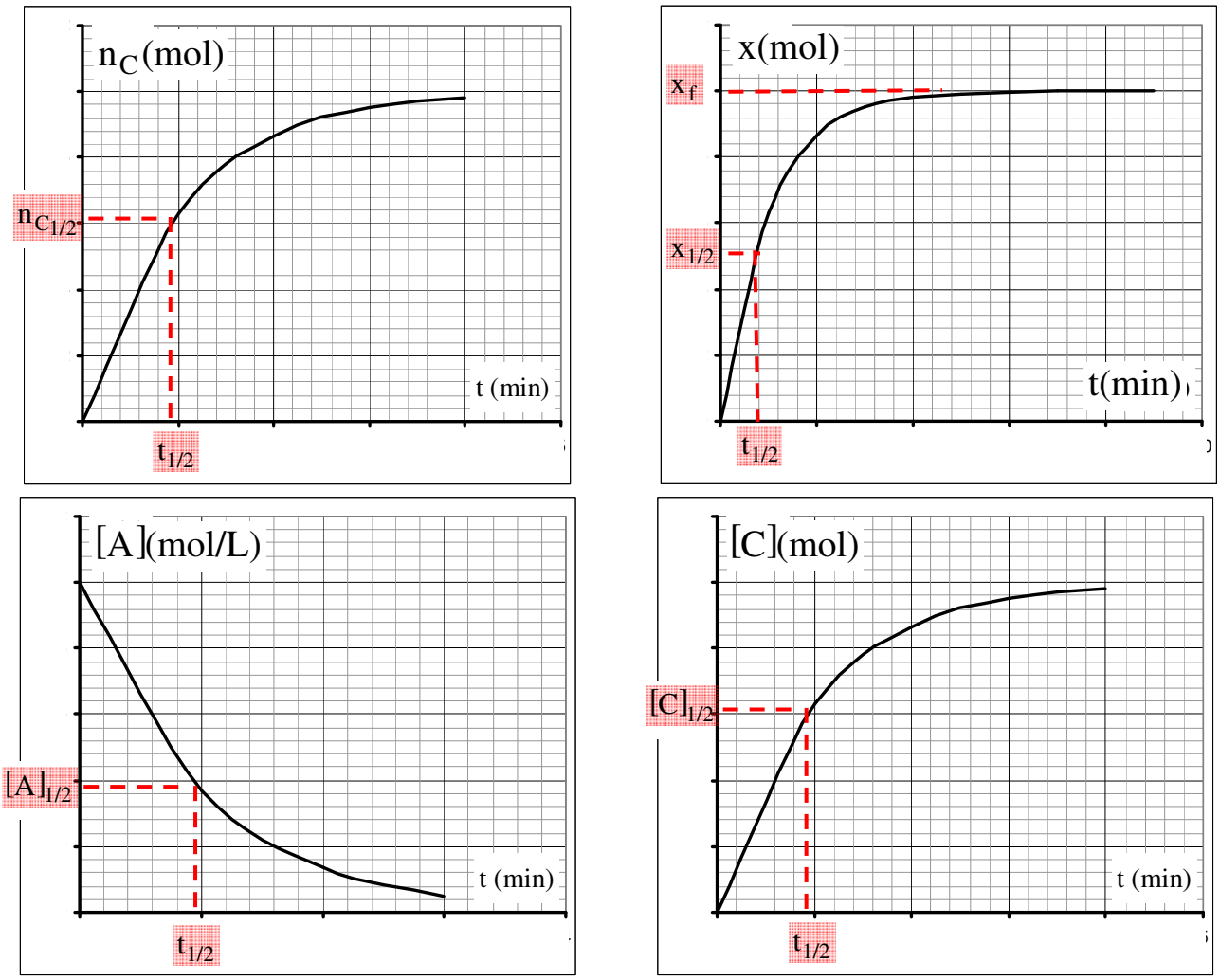
$$t = t_{1/2} \rightarrow x_{1/2} = \frac{x_f}{2}$$



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

و لحساب زمن نصف التفاعل هندسيا نحسب المقدار المتغير بدلالة الزمن أي نحسب : $n_{1/2}(C)$ ، $n_{1/2}(A)$ ، $[n_C]_{1/2}$ ، $[n_A]_{1/2}$ ، x ، .... عند زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، ثم نقوم بالإسقاط في البيان ، نحصل مباشرة على قيمة زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ مع الأخذ بعين الاعتبار سلم الرسم :

أمثلة :




ملاحظة :

- إن معرفة زمن نصف التفاعل يمكن من مقارنة تفاعلين من حيث السرعة و كذلك التحكم في التحول الكيميائي الموافق .

## ● تعريف العامل الحركي و الوساطة:

- العامل الحركي لتفاعل كيميائي هو كل عامل يمكن من تغيير سرعة التفاعل .
- من أهم العوامل الحركية نذكر :
  - درجة الحرارة .
  - التراكيز الابتدائية للمتفاعلات .
  - الوسيط .
- تطور الجملة يكون أسرع كلما :
  - ✓ كانت درجة الحرارة أكبر .
  - ✓ كانت التراكيز الابتدائية للمتفاعلات أكبر .
  - ✓ كان الوسيط مناسبا .



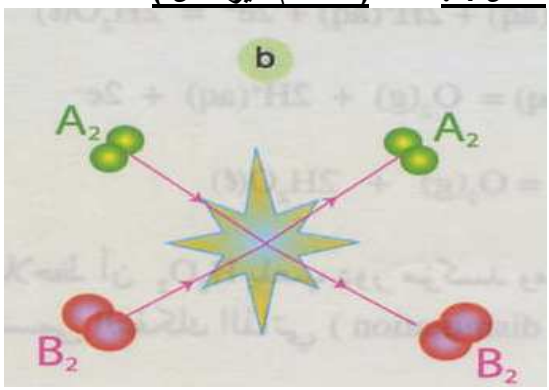
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- الوسيط هو كل نوع كيميائي يسرع التفاعل دون أن يظهر في معادلة التفاعل 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 ، وساطة غير متجانسة ، وساطة أنزيمية .

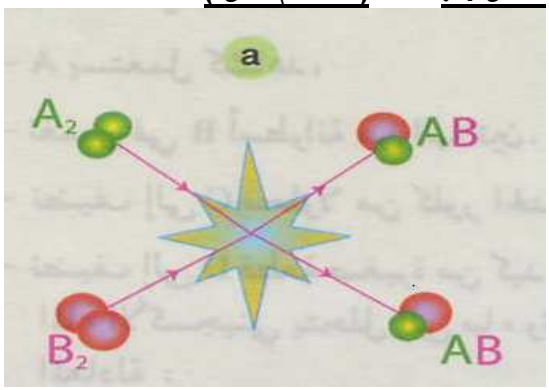
## ● التفسير المجهري لتأثير درجة الحرارة و التركيز الابتدائية للمتفاعلات :

- حدوث تفاعل كيميائي في جملة كيميائية ينتج إثر تصادمات فعالة ، و التصادم الفعال هو التصادم الذي ينتج عنه تغيير في بنية الأفراد الكيميائية للمتفاعلات كتفكك فرد كيميائي أو اندماج فردين كيميائيين .

الشكل-4 : ( تصادم غير فعال )




الشكل-4 : ( تصادم فعال )




- يكون التفاعل أسرع كلما كانت عدد التصادمات الفعالة في وحدة الزمن و في وحدة الحجم أكثر .
- بازدياد درجة الحرارة تزداد سرعة حركة الأفراد الكيميائية للمتفاعلات ، و بازدياد سرعة حركة الأفراد الكيميائية للمتفاعلات يزداد عدد التصادمات و التصادمات الفعالة و بالتالي تزداد سرعة التفاعل .
- بازدياد التراكيز المولية الابتدائية للمتفاعلات يزداد عدد الأفراد الكيميائية المتفاعلة في وحدة الحجم و بازدياد عدد الأفراد الكيميائية تزداد عدد التصادمات و التصادمات الفعالة و بالتالي تزداد سرعة التفاعل .

** الأستاذ : فرقاني فارس **
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم
الخروب - قسنطينة
Fares_Fergani@yahoo.Fr
Tel : 0771998109

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

لتحميل نسخة من هذه الوثيقة و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ ذو العنوان التالي :

**www.sites.google.com/site/faresfergani**



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

www.sites.google.com/site/faresfergani
Fares_Fergani@yahoo.Fr

# تمارين مقترحة

## 3AS U01 - E3 - Exercice 001

المحتوى المعرفي : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي .

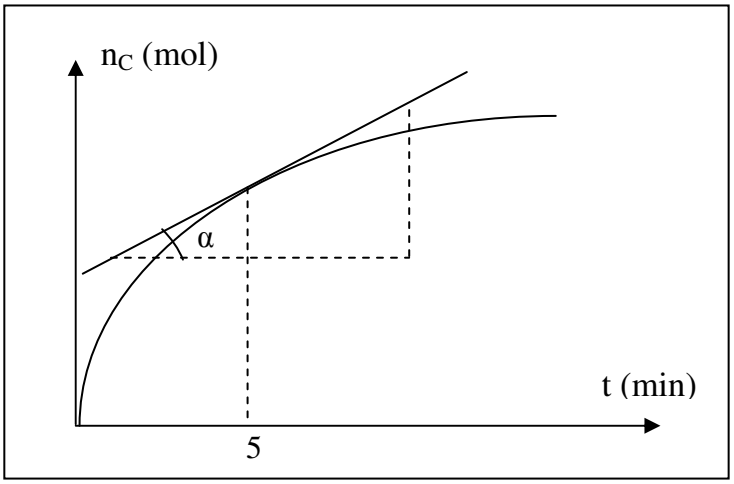
تاريخ آخر تحديث : 2013/07/01

### نص التمرين :

نعتبر التحول الكيميائي المنمذج بالمعادلة الكيميائية التالية :

$$3A + B = 2C + D$$

المنحنى المرفق يمثل تغيرات كمية المادة للنوع الكيميائي C بدلالة الزمن :




إذا علمت أن ميل المنحنى $n_C = f(t)$ عند اللحظة $t = 5\ min$ هو $(\tan\alpha = 0.2)$ و أن حجم الوسط التفاعلي هو $V = 0.25\ L$ ، مثل جدول تقدم التفاعل ثم أوجد :

1- سرعة تشكل النوع الكيميائي C .
2- السرعة الحجمية لتشكل النوع الكيميائي C .
3- سرعة التفاعل .
4- السرعة الحجمية للتفاعل .
5- سرعة اختفاء النوع الكيميائي A .
6- السرعة الحجمية لاختفاء النوع الكيميائي A .

### الأجوبة :

جدول التقدم :

| حالة الجملة | التقدم | 3A | + B | = 2C | + D |
|---|---|---|---|---|---|
| ابتدائية | x = 0 | $n_{0A}$ | $n_{0B}$ | 0 | 0 |
| انتقالية | x | $n_{0A} - 3x$ | $n_{0B} - x$ | 2x | x |
| نهائية | $x_f$ | $n_{0B} - 3x_f$ | $n_{0B} - x_f$ | $2x_f$ | $x_f$ |

1- سرعة تشكل النوع الكيميائي C :

من البيان $n_C(t)$ و باعتبار $\tan\alpha$ ميل المنحنى عند اللحظة t يمكن كتابة :

$$\tan\alpha = \frac{dn_C}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

و لدينا حسب تعريف سرعة تشكل (C) :

$$v_C = \frac{dn_C}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

من العلاقتين (1) ، (2) يكون :

$$v_C = \tan\alpha = 0.2\ mol/min$$



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2- السرعة الحجمية لتشكل النوع الكيميائي C :

من البيان $n_C(t)$ و باعتبار $\tan\alpha$ ميل المنحنى عند اللحظة t يمكن كتابة :

$$\tan\alpha = \frac{dn_C}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

و لدينا حسب تعريف السرعة الحجمية لتشكل (C) :

$$v'_C = \frac{1}{V}\frac{dn_C}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

من العلاقتين (1) ، (2) يكون :

$$v'_C = \frac{1}{V}\tan\alpha = \frac{0.2}{0.25} = 0.8\ mol/L.min$$

3- سرعة التفاعل :

من البيان $n_C(t)$ و باعتبار $\tan\alpha$ ميل المنحنى عند اللحظة t يمكن كتابة :

$$\tan\alpha = \frac{dn_C}{dt}$$

من جدول التقدم : $n_C = 2x$ و منه يصبح لدينا :

$$\tan\alpha = \frac{d(2x)}{dt} = 2\frac{dx}{dt} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

و لدينا حسب تعريف سرعة التفاعل :

$$v = \frac{dx}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

من العلاقتين (1) ، (2) يكون :

$$\tan\alpha = 2v \rightarrow\ v = \frac{\tan\alpha}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1\ mol/min$$

4- السرعة الحجمية للتفاعل :

من البيان $n_C(t)$ و باعتبار $\tan\alpha$ ميل المنحنى عند اللحظة t يمكن كتابة :

$$\tan\alpha = \frac{dn_C}{dt}$$

من جدول التقدم : $n_C = 2x$ و منه يصبح لدينا :

$$\tan\alpha = \frac{d(2x)}{dt} = 2\frac{dx}{dt} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

و لدينا حسب تعريف السرعة الحجمية للتفاعل:

$$v' = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

بقسمة العلاقة (2) على العلاقة (1) يكون :



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

$$\frac{v'}{\tan\alpha}=\frac{\frac{1}{V}\frac{dx}{dt}}{2\frac{dx}{dt}}=\frac{1}{2V}\rightarrow \quad v'=\frac{\tan\alpha}{2V}$$

$$v'=\frac{0.2}{2\,.\,0.25}=0.4\ mol/L.min$$

5- سرعة اختفاء A :

من البيان $n_C(t)$ و باعتبار $\tan\alpha$ ميل المنحنى عند اللحظة t يمكن كتابة :

$$\tan\alpha=\frac{dn_C}{dt}$$

من جدول التقدم : $n_C = 2x$ و منه يصبح لدينا :

$$\tan\alpha=\frac{d(2x)}{dt}=2\frac{dx}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (1)$$

و لدينا حسب تعريف سرعة اختفاء (A) :

$$v_A=-\frac{dn_A}{dt}$$

من جدول التقدم : $n_A = n_{0A} - 3x$ ومنه يصبح :

$$v_A=-\frac{d(n_{0A}-3x)}{dt}=-(0-(3\frac{dx}{dt}))=3\frac{dx}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (2)$$

بقسمة العلاقة (2) على العلاقة (1) يكون :

$$\frac{v_A}{\tan\alpha}=\frac{3\frac{dx}{dt}}{2\frac{dx}{dt}}=\frac{3}{2}\rightarrow \quad v_A=\frac{3}{2}\tan\alpha$$

$$v_A=\frac{3}{2}\,.\,0.2\ =0.3\ mol/min$$

6- السرعة الحجمية لاختفاء A :

من البيان $n_C(t)$ و باعتبار $\tan\alpha$ ميل المنحنى عند اللحظة t يمكن كتابة :

$$\tan\alpha=\frac{dn_C}{dt}$$

من جدول التقدم : $n_C = 2x$ و منه يصبح لدينا :

$$\tan\alpha=\frac{d(2x)}{dt}=2\frac{dx}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (1)$$

و لدينا حسب تعريف السرعة الحجمية لاختفاء (A) :

$$v'_A=-\frac{1}{V}\frac{dn_A}{dt}$$

من جدول التقدم : $n_A = n_{0A} - 3x$ ومنه يصبح :



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

$$v'_A = -\frac{1}{V}\frac{d(n_{0A} - 3x)}{dt} = -\frac{1}{V}(0 - (3\frac{dx}{dt})) = \frac{3}{V}\frac{dx}{dt} \quad \text{..... (2)}$$

بقسمة العلاقة (2) على العلاقة (1) يكون :

$$\frac{v'_A}{\tan\alpha} = \frac{\frac{3}{V}\frac{dx}{dt}}{2\frac{dx}{dt}} = \frac{3}{2V} \rightarrow \quad v'_A = \frac{3}{2V}\tan\alpha$$

$$v'_A = \frac{3}{2.0.25}.0.2 = 1.2\ \text{mol/L.min}$$



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

www.sites.google.com/site/faresfergani
Fares_Fergani@yahoo.Fr

# تمارين مقترحة

## 3AS U01 - E3 - Exercice 002

المحتوى المعرفي : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي .

تاريخ آخر تحديث : 2013/07/01

**نص التمرين :** ( فرض الثلاثي الأول – 2009/2008 )

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

$$(CH_3)_3C\text{-}Cl + 2\,H_2O = (CH_3)_3C\text{-}OH + H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

نتابع التطور الزمني لهذا التحول بطريقة قياس الناقلية النوعية . لذا ندخل في بيشر $V_1 = 20\ mL$ من محلول 2- كلور 2- مثيل بروبان تركيزه المولي : $C_1 = 0{,}10\ mol/L$ و مزيج يتكون من (ماء + acétone) حجمه $V_2 = 80\ mL$ . نوصل جهاز الناقلية بشكل مناسب و بعد القياس و إجراء الحساب نحصل على النتائج التالية :

| t(s) | 0 | 30 | 60 | 80 | 100 | 120 | 150 | 200 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| σ(S/m) | 0 | 0,246 | 0,412 | 0,502 | 0,577 | 0,627 | 0,688 | 0,760 |
| x (mmol) | | | | | | | | |

1- اشرح لماذا يمكن متابعة هذا التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية .
2- شكل جدول تقدم التفاعل .
3- استنتج أن عبارة الناقلية النوعية σ بدلالة التقدم x للتفاعل هي : $\sigma = 426\ x$ .
4- شكل جدول يعطي قيمة التقدم x للتفاعل بدلالة الزمن .
5- هل انتهى التفاعل عند اللحظة $t = 200\ s$ . بين ذلك .
6- أ رسم البيان $x = f(t)$ .
7- استنتج من المنحنى $x = f(t)$ :
- سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 50\ s$ .
- قيمة زمن نصف التفاعل .

8- بين أنه بمعرفة قيمة $\sigma_f$ يمكن كتابة العلاقة بين σ و x من دون الاستعانة $\lambda(H_3O^+)$ ، $\lambda(Cl^-)$ .
يعطى : $\lambda(H_3O^+) = 5.0 \cdot 10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$ ، $\lambda(Cl^-) = 7.6 \cdot 10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$ .

**الأجوبة :**

1- يمكن متابعة التحول عن طريق الناقلية لأن في المزيج (الوسط التفاعلي) توجد الشوارد $H_3O^+$ ، $Cl^-$ ، ونحن نعلم أن الشوارد الموجبة و السالبة هي المسؤولة عن الناقلية الكهربائية في المحاليل .

2- جدول التقدم :

نرمز اختصارا لـ $(CH_3)_3\text{-}CCl$ بـ (R-Cl) و لـ $(CH_3)_3\text{-}COH$ بـ R-OH .

| حالة الجملة | التقدم | $R\text{-}Cl + 2H_2O = R\text{-}OH + H_3O^+ + Cl^-$ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ابتدائية | $x = 0$ | $2 \cdot 10^{-3}$ | بزيادة | 0 | 0 | 0 |
| انتقالية | x | $2 \cdot 10^{-3} - x$ | بزيادة | x | x | x |
| نهائية | $x_f$ | $2 \cdot 10^{-3} - x_f$ | بزيادة | $x_f$ | $x_f$ | $x_f$ |

$n_0(R\text{-}Cl) = CV = 0.1 \cdot 0.02 = 2 \cdot 10^{-3}\ mol$



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

3- استنتاج العلاقة $\sigma = 426\ x$ :

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

$$\sigma = \lambda(H_3O^+)\frac{n(H_3O^+)}{V_S} + \lambda(Cl^-)\frac{n(Cl^-)}{V_S}$$

من جدول التقدم :

$n(H_3O^+) = x$

$n(Cl^-) = x$

ومنه يصبح :

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

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

$$\sigma = \frac{35.0.10^{-3} + 7.6.10^{-3}}{(20+80)\ .10^{-6}}\,x$$

$\sigma = 426\ x$

نذكر أنه في حساب التاقلية يقدر الحجم بـ $m^3$ .

4- جدول لقيم x بدلالة الزمن :

من العلاقة السابقة $x = \frac{\sigma}{426}$ و اعتمادا على هذه العلاقة نملأ الجدول :

| t(s) | 0 | 30 | 60 | 80 | 100 | 120 | 150 | 200 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| σ(S/m) | 0 | 0,246 | 0,412 | 0,502 | 0,577 | 0,627 | 0,688 | 0,760 |
| x (mmol) | 0 | 0.577 | 0.967 | 1.178 | 1.354 | 1.471 | 1.615 | 1.784 |

5- امكانية انتهاء التفاعل عند اللحظة $t = 200\ s$ :

نقارن بين $x_f$ و $x_{(200s)}$ ، فإذا كان $x_{(200s)} = x_f$ فالتفاعل انتهى عند اللحظة 200 s ، أما أذا كان $x_{(200s)} < x_f$ فالتفاعل لم ينته عند هذه اللحظة .

- عند نهاية التفاعل تتفاعل كل كمية (R-Cl) (الماء بزيادة) و عليه :

$2\ .\ 10^{-3} - x_f = 0 \rightarrow x_f = 2\ .\ 10^{-3}\ mol$

- من العلاقة $\sigma = 426\ x$ نكتب : $\sigma_{(200s)} = 426 x_{(200s)}$ و منه :

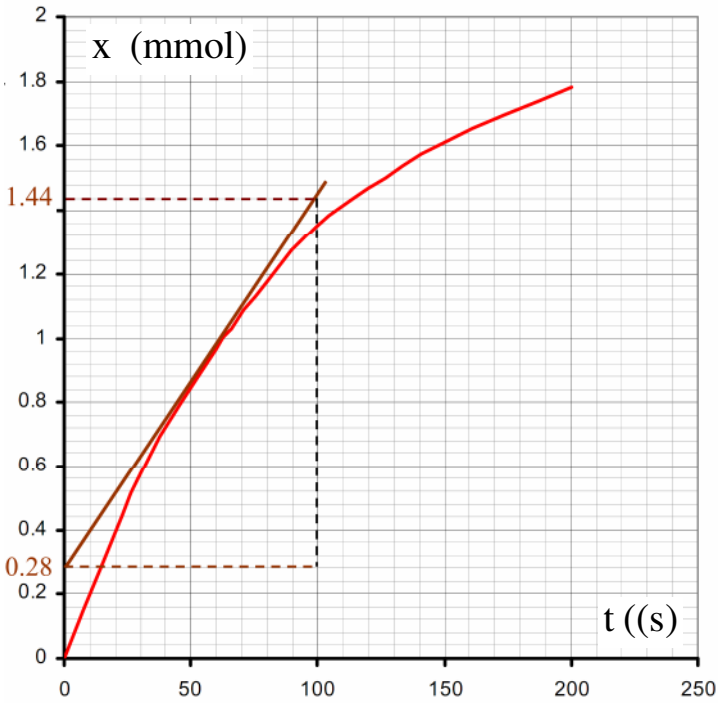
$$x_{(200s)} = \frac{\sigma_{(200s)}}{426} = \frac{0.760}{426} = 1.784.10^{-3}\ mol$$

نلاحظ $x_{(200s)} < x_f$ و منه التفاعل لم ينته عند اللحظة $t = 100\ s$ .



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

6- المنحنى البياني x = f(t) :




7- سرعة التفاعل عند اللحظة t = 50 s :

من البيان x(t) و باعتبار tanα ميل المنحنى عند اللحظة t يمكن كتابة :

$$\tan\alpha = \frac{dx}{dt} \quad \text{..... (1)}$$

و لدينا حسب تعريف سرعة التفاعل :

$$v = \frac{dx}{dt} \quad \text{..... (2)}$$

من العلاقتين (1) ، (2) يكون :

$$v = \tan\alpha$$

$$\tan\alpha = \frac{1.44.10^{-3} - 0.28.10^{-3}}{100 - 0} = 1.16.10^{-5} \rightarrow v = 1.16.10^{-5} \text{ mol/s}$$

زمن نصف التفاعل :

زمن نصف التفاعل هو الزمن اللازم لبلوغ نصف التقدم النهائي :

$$t = t_{1/2} \rightarrow x = \frac{x_f}{2} = \frac{2.10^{-3}}{2} = 10^{-3} \text{ mol}$$

بالإسقاط في البيان و بالاستعانة بالسلم نجد : $t_{1/2} = 62$ s .



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

8- إثبات أنه بمعرفة قيمة $\sigma_f$ يمكن كتابة العلاقة بين x و $\sigma$ من دون اللجوء إلى $\lambda(H_3O^+)$ ، $\lambda(Cl^-)$ :

لدينا سابقا :

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

عند نهاية التفاعل :

$$x = x_f \rightarrow \sigma = \sigma_f$$

و عليه يمكن كتابة :

$$\sigma_f = \frac{\lambda(H_3O^+) + \lambda(Cl^-)}{V_S} x_f$$

بقسمة عبارة $\sigma$ على $\sigma_f$ نجد :

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

و منه يمكن إيجاد العبارة $\sigma$ بدلالة x بمعرفة $\sigma_f$ من دون الاستعانة بـ $\lambda(H_3O^+)$ ، $\lambda(Cl^-)$ .



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

www.sites.google.com/site/faresfergani
Fares_Fergani@yahoo.Fr

# تمارين مقترحة

## 3AS U01 - E3 - Exercice 003

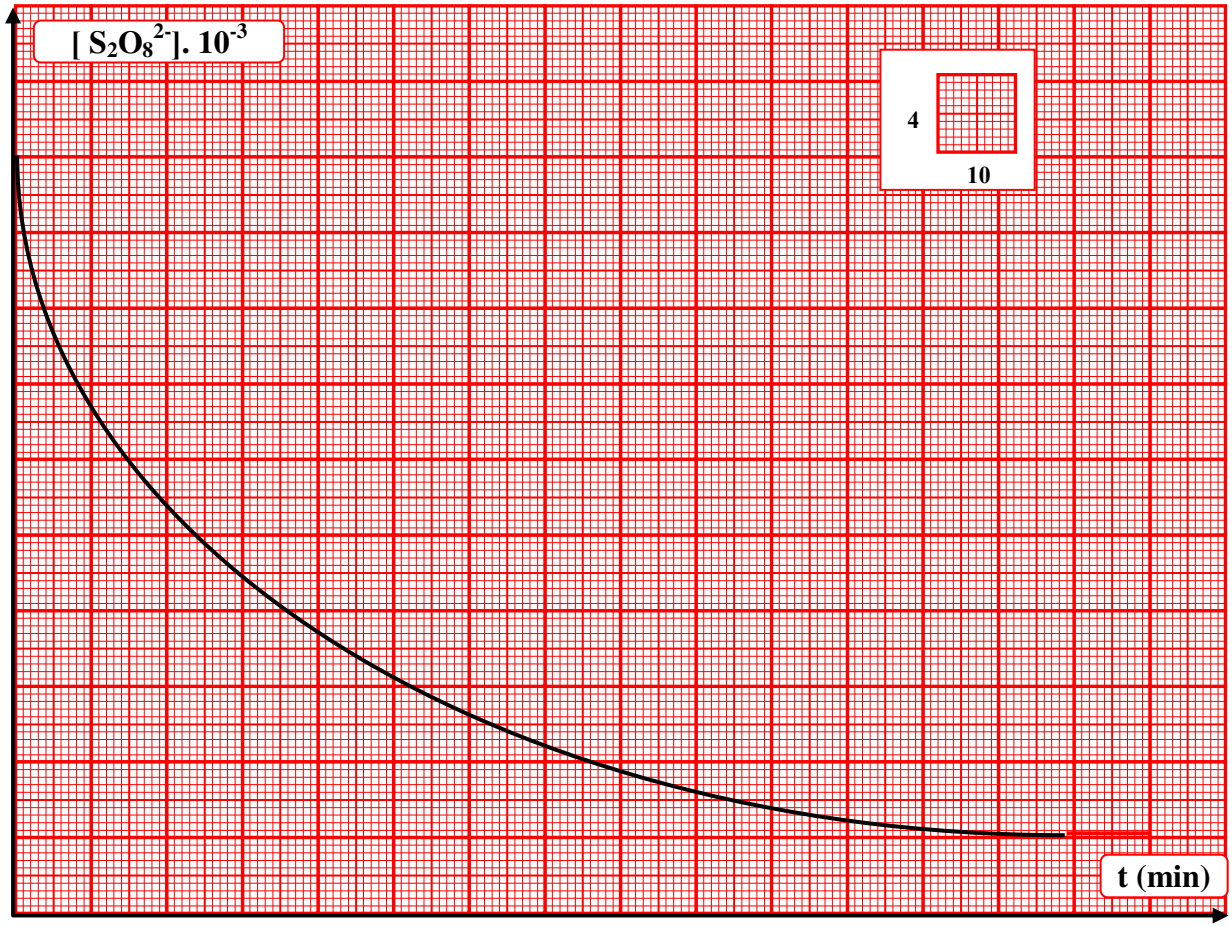
المحتوى المعرفي : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي .

تاريخ آخر تحديث : 2013/07/01

**نص التمرين :** ( فرض الثلاثي الأول – 2008/2007 )

لدراسة تطور التفاعل بين شوارد اليود $I^-$ و شوارد البروكسوديكبريتات $S_2O_8^{2-}$ ، نضيف عند اللحظة $t = 0$ حجما قدره $V_1 = 150\ mL$ من محلول $(S_1)$ ليود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)$ تركيزه المولي $C_1 = 0.06\ mol.L^{-1}$ إلى حجما قدره $V_2 = 100\ mL$ من محلول $(S_2)$ لبروكسوديكبريتات البوتاسيوم $(2K^+ + S_2O_8^{2-})$ تركيزه المولي بالشوارد $K^+$ : $[K^+] = 0.2\ mol.L^{-1}$ .

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




1- أكتب معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية الحادث . يعطى : $(I_{2\,(aq)} / I^-_{(aq)})$ ، $(S_2O_8^{-2}{}_{(aq)} / SO_4^{2-}{}_{(aq)})$

2- عين كميات المادة الابتدائية للمتفاعلات و كذا تراكيزها في الوسط التفاعلي .

3- أنشئ جدول تقدم التفاعل و استنتج منه :

- مقدار التقدم النهائي $x_f$ .
- كميات المادة للأنواع الكيميائية المتواجدة في الوسط التفاعلي عند اللحظة $t_{1/2}$ (زمن نصف التفاعل) .



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

4- استنتج من البيان :

- سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 40\ min$ .
- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ .

## الأجوبة :

1- معادلة التفاعل :

$$2I^-_{(aq)} = I_{2\,(aq)} + 2e^-$$
$$S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} + 2e^- = 2SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$
$$2I^-_{(aq)} + S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} = I_2 + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

2- كميات المادة الابتدائية للمتفاعلات :

- $n_0(I^-) = C_1\ V_1 = 0.06 \cdot 0.15 = 9 \cdot 10^{-3}\ mol$
- $n_0(S_2O_8^{2-}) = [S_2O_8^{2-}]\ V_2$

في محلول بروكسوديكبريتات البوتاسيوم ذو الصيغة الشاردية $(2K^+ + S_2O_8^{2-})$ يكون :

$$[K^+] = 2C$$
$$[S_2O_8^{2-}] = 2C$$

ومنه :

$$\frac{[K^+]}{[S_2O_8^{2-}]} = 2 \rightarrow [K^+] = 2[S_2O_8^{2-}] \rightarrow [S_2O_8^{2-}] = \frac{[K^+]}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1\,mol/L$$

و منه :

$$n_0(S_2O_8^{2-}) = \frac{[K^+]}{2}V_2 = 0.1 \cdot 0.1 = 10^{2-}\ mol$$

3- جدول التقدم :

| حالة الجملة | التقدم | $2I^-_{(aq)}$ | $+ S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} =$ | $I_{2\,(aq)}$ | $+ 2SO_4^{2-}{}_{(aq)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ابتدائية | $x = 0$ | $9 \cdot 10^{-3}$ | $10^{-2}$ | 0 | 0 |
| انتقالية | x | $9 \cdot 10^{-3} - 2x$ | $10^{-2} - x$ | x | 2x |
| نهائية | $x_f$ | $9 \cdot 10^{-3} - 2x_f$ | $10^{-2} - x_f$ | $x_f$ | $2x_f$ |

- التقدم الأعظمي :

- إذا اختفى $I^-$ كليا :

$$9 \cdot 10^{-3} - 2x = 0 \rightarrow x = 4.5 \cdot 10^{-3}\ mol$$

- إذا اختفى $S_2O_8^{2-}$ كليا :

$$10^{-2} - x = 0 \rightarrow x = 10^{-2}\ mol$$

إذن $x_f = x_{max} = 4.5 \cdot 10^{-3}\ mol$ .

- كميات المادة للمتفاعلات و النواتج عند $t_{1/2}$ :

$$t = t_{1/2} \rightarrow x = \frac{x_f}{2} = 2.25 \cdot 10^{-3}\ mol$$

و اعتمادا على جدول التقدم :

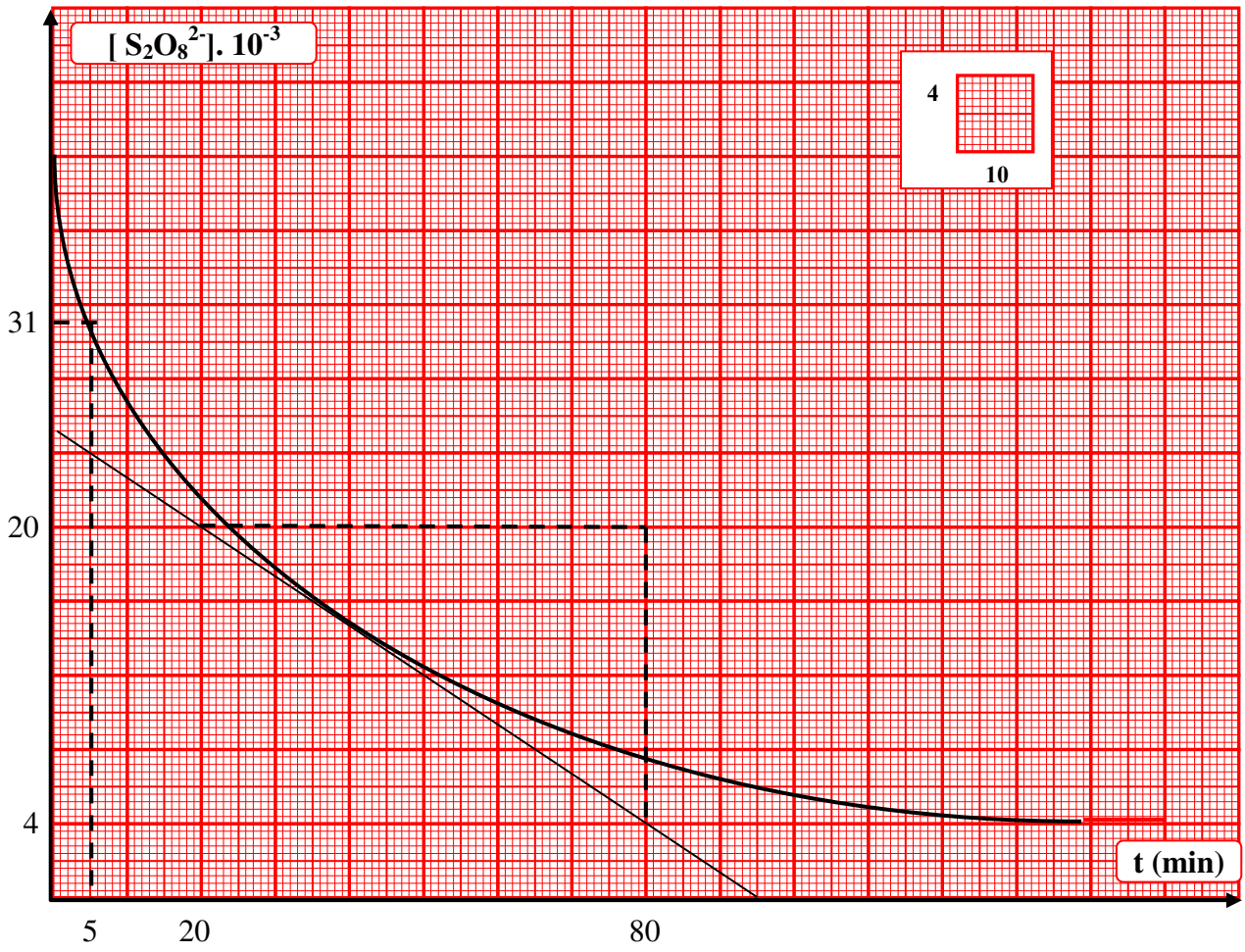
- $n_{1/2}(I^-) = 9 \cdot 10^{-3} - (2 \cdot 2.25 \cdot 10^{-3}) = 7.5 \cdot 10^{-3}\ mol$



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- $n_{1/2}(S_2O_8^{2-}) = 10^{-2} - 2.25 \cdot 10^{-3} = 7.75 \cdot 10^{-3}$ mol
- $n(SO_4^{2-}) = 2 \cdot 2.25 \cdot 10^{-3}$ mol $= 4.5 \cdot 10^{-3}$ mol
- $n(I_2) = 2.25 \cdot 10^{-3}$ mol

4- سرعة التفاعل عند t = 40 min :




من البيان x(t) و باعتبار tanα ميل المنحنى عند اللحظة t يمكن كتابة :

$$\tan\alpha = \frac{d[S_2O_8^{-2}]}{dt} = \frac{1}{V}\frac{d\,n(S_2O_8^{2-})}{dt}$$

من جدول التقدم :

$$n(S_2O_8^{2-}) = 10^{-2} - x$$

ومنه يصبح :

$$\tan\alpha = \frac{1}{V}\frac{d\,(10^{-2} - x)}{dt} = \frac{1}{V}\left(0 - \frac{dx}{dt}\right) = -\frac{1}{V}\frac{dx}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

لدينا حسب تعريف سرعة التفاعل :

$$v = \frac{dx}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

بقسمة (2) على (1) :



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

$$\frac{v}{\tan\alpha} = \frac{\frac{dx}{dt}}{-\frac{1}{V}\frac{dx}{dt}} = -V \rightarrow v = -V\tan\alpha$$

من البيان عند اللحظة $t = 40\ min$ :

$$\tan\alpha = -\frac{4\times 4.10^{-3}}{6\times 10} = -2.67.10^{-4}$$

$$v = -(0.15 + 0.1)(-2.67.10^{-4}) = 6.67 . 10^{-5}\ mol/min$$

- زمن نصف التفاعل :

نحسب $[S_2O_8^{2-}]_{1/2}$ عند زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ .

لدينا سابقا :

$$t = t_{1/2} \rightarrow n(S_2O_8^{2-}) = 7.75 . 10^{-3}\ mol$$

$$[S_2O_8^{2-}]_{1/2} = \frac{n_{1/2}(S_2O_8^{2-})}{V_1 + V_2} \rightarrow [S_2O_8^{2-}]_{1/2} = \frac{7.75.10^{-3}}{0.25} = 3.1.10^{-2}\ mol/L$$

بالاسقاط في البيان و بالاستعانة بسلم الرسم نجد : $t_{1/2} = 5\ min$



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

www.sites.google.com/site/faresfergani
Fares_Fergani@yahoo.Fr

# تمارين مقترحة

## 3AS U01 - E3 - Exercice 004

المحتوى المعرفي : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي .

تاريخ آخر تحديث : 2013/07/01

**نص التمرين :** ( امتحان الثلاثي الثالث 2009/2008 )

نمزج $V_1 = 100mL$ من محلول يود البوتاسيوم ذو الصيغة $(K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)})$ و التركيز $C_1 = 0.8\ mol/L$ مع $V_2 = 100mL$ من محلول بيروكسوديكبريتات البوتاسيوم ذو الصيغة $(2K^+_{(aq)} + S_2O_8^{-2}{}_{(aq)})$ و التركيز $C_2 = 0.5\ mol/L$ لنحصل على وسط تفاعلي نعتبره (A) . نلاحظ تغير اللون ببطء فهو يدل على تحول بطيء .
التفاعل المنمذج لهذا التحول عبارة عن أكسدة إرجاعية تحدث بين شوارد اليود $I^-$ و شوارد البيروكسوديكبريتات $(S_2O_8^{2-})$ و الثنائيتين الداخلتين في هذا التفاعل هما $(I_{2(aq)}/I^-_{(aq)})$ ، $(S_2O_8^{2-}{}_{(aq)}/SO_4^{2-}{}_{(aq)})$ .
1- أكتب معادلة الأكسدة و معادلة الإرجاع ثم بين أن معادلة التفاعل الإجمالي تكون من الشكل :

$$2I^-_{(aq)} + S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)} \ldots\ldots (1)$$

2- لتعيين كمية ثنائي اليود $I_2$ المتشكل في اللحظة t في المحلول (A) نأخذ 10 عينات منه حجم الواحدة منا $V_0 = 20mL$ ثم نعاير في لحظات مختلفة هذه العينات بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم ( $2Na^+_{(aq)} + S_2O_3^{-2}$ ) تركيزه $C_3 = 0.4\ mol/L$ .
- قبل معايرة كل عينة نضيف في اللحظة المناسبة كمية من الماء البارد ، ثم نضع قطرات من صمغ النشاء حيث يصبح المحلول أزرقا ، و بعدها نضيف تدريجيا محلول ثيوكبريتات الصوديوم حتى بلوغ التكافؤ أين يزول اللون الأزرق دلالة على اختفاء ثنائي اليود كليا . سجلنا قيمة الحجم $V_E$ المضاف عند التكافؤ بالنسبة لكل العينات فتحصلنا على النتائج المدونة في الجدول التالي :

| t(min) | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 16 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_E$(mL) | 0.0 | 2.5 | 5.1 | 6.9 | 8.4 | 10.2 | 11.4 | 14.1 | 15.6 | 16.1 | 16.4 |
| x(mmoL) | | | | | | | | | | | |

أ- ما هو الغرض من إضافة الماء البارد قبل كل معايرة .
ب- أنشئ جدول تقدم التفاعل المنمذج للمعايرة علما أن التفاعل المنمذج للمعايرة هو كما يلي :

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

جـ- أثبت أن عدد مولات ثنائي اليود $I_2$ المتشكل عند اللحظة t في الوسط التفاعلي يعبر عنه بدلالة الحجم المضاف عند التكافؤ في نفس اللحظة t بالعلاقة : $n(I_2) = 2\ V_E$ .
د- أنشئ جدول التقدم للتفاعل (1) . و اعتمادا عليه أوجد مقدار التقدم النهائي ، و كذلك علاقة التقدم x بدلالة الحجم المضاف عند التكافؤ .
3- أكمل الجدول القياسات .
4- أرسم المنحنى البياني $x = f(t)$ .
5- اعتمادا على المنحنى البياني $x = f(t)$ ، أوجد :
أ- زمن نصف التفاعل .
ب- سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 30\ min$ .

**الأجوبة :**



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1- معادلة الأكسدة و معادلة الإرجاع :

$$2I^-_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2e^-$$
$$S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} + 2e^- = 2SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$
$$2I^-_{(aq)} + S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

2- أ- الغرض من إضافة الماء البارد قبل بداية كل معايرة هو توقيف التفاعل .

ب- جدول تقدم التفاعل المنمذج للمعايرة :

| حالة الجملة | التقدم | $I_{2\,(aq)} + 2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} = 2I^-_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ابتدائية | $x = 0$ | $n_{01}$ | $n_{02}$ | 0 | 0 |
| انتقالية | $x$ | $n_{01} - x$ | $n_{02} - 2x$ | $2x$ | $x$ |
| تكافؤ | $x_E$ | $n_{01} - x_E$ | $n_{02} - 2x_E$ | $2x_E$ | $x_E$ |

جـ- إثبات أن $n(I_2) = 2V_E$ :

عند التكافؤ يكون التفاعل في الشروط الستوكيومترية أي :

$$n_{01} - x_E = 0 \rightarrow x_E = \frac{n_{01}}{1} = n_{01}$$

$$n_{02} - 2x_E = 0 \rightarrow x_E = \frac{n_{02}}{2}$$

ومنه يكون :

$$n_{01} = \frac{n_{02}}{2}$$

$$n_0(I_2) = \frac{n_2(S_2O_8^{2})}{2} \rightarrow n_0(I_2) = \frac{C_3V_E}{2}$$

و هي كمية $I_2$ المتواجدة في كل عينة ، فإذا كان $n(I_2)$ هي كمية $I_2$ المتوجدة في المحلول الأصلي ، و علما أن تركيز $I_2$ في العينة هو نفسه تركيز $I_2$ في المحلول الأصلي يكون :

$$\frac{n(I_2)}{V_S} = \frac{n_0(I_2)}{V_0}$$

$$\frac{n(I_2)}{V_S} = \frac{\frac{C_3V_E}{2}}{V_0}$$

$$\frac{n(I_2)}{V_1 + V_2} = \frac{C_3V_E}{2V_0}$$

$$\frac{n(I_2)}{0.2} = \frac{0.4V_E}{2.0.02} \quad (V_1 + V_2) = 200\ mL = 0.2\ L$$

$$n(I_2) = \frac{0.2\ .0.4\ .V_E}{2\ .\ 0.02} \rightarrow n(I_2) = 2V_E$$

د- جدول تقدم التفاعل (1) :



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

| حالة الجملة | التقدم | $2I^-_{(aq)} + S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} = I_{2\,(aq)} + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)}$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ابتدائية | $x = 0$ | $8 . 10^{-2}$ | $5 . 10^{-2}$ | 0 | 0 |
| انتقالية | x | $8 . 10^{-2} - 2x$ | $5 . 10^{-2} - x$ | x | 2x |
| نهائية | $x_f$ | $8 .10^{-2} - 2x_f$ | $5 . 10^{-2} - x_f$ | $x_f$ | $2x_f$ |

- $n_0(I^-) = C_1 V_1 = 0.8 . 0.1 = 8 . 10^{-2}$ mol
- $n_0(S_2O_8^{2-}) = C_2 V_2 = 0.5 . 0.1 = 5 . 10^{-2}$ mol

التقدم النهائي :

- إذا اختفى $I^-$ كليا :

$8 . 10^{-2} - 2x = 0 \rightarrow x = 4 . 10^{-2}$ mol

- إذا اختفى $S_2O_8^{2-}$ كليا :

$5 . 10^{-2} - x = 0 \rightarrow x = 5 . 10^{-2}$ mol

إذن : $x_{max} = x_f = 4 . 10^{-2}$ mol .

- العلاقة بين x و $V_E$ :

من جدول التقدم :

$n(I_2) = x$

و لدينا سابقا :

$n(I_2) = 2V_E$

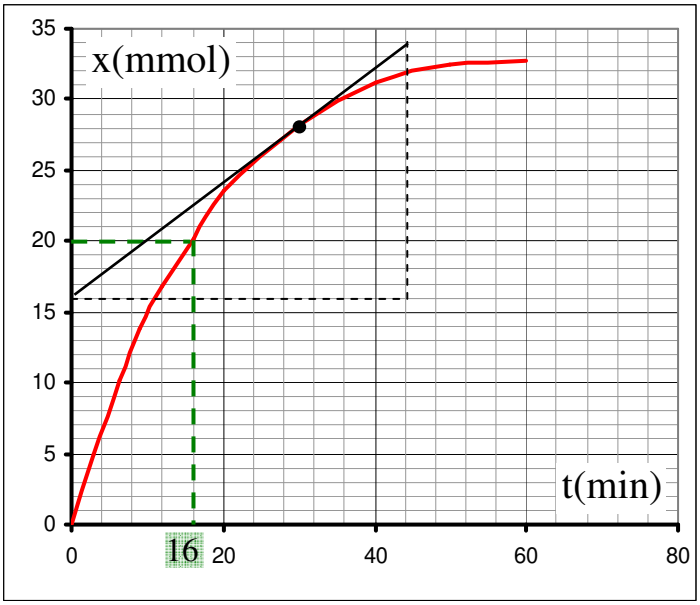
بالمطابقة يكون :

$$x = 2V_E$$

3- إكمال الجدول :

| t(min) | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 16 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_E$(mL) | 0.0 | 2.5 | 5.1 | 6.9 | 8.4 | 10.2 | 11.4 | 14.1 | 15.6 | 16.1 | 16.4 |
| x(mmoL) | 0.0 | 5.0 | 10.2 | 13.8 | 16.8 | 20.4 | 22.8 | 28.2 | 31.2 | 32.2 | 32.8 |

4- المنحنى البياني $x = f(t)$ :






قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

5 - أ- زمن نصف التفاعل :

زمن نصف التفاعل هو الزمن الذي يكون فيه التقدم مساوي للتقدم النهائي :

$$t = t_{1/2} \rightarrow x_{1/2} = \frac{x_f}{2} = \frac{4.10^{-2}}{2} = 2.10^{-2}\ mol = 20\ mmol$$

بالاسقاط في البيان $V_E = f(t)$ نجد : $t_{1/2} = 16\ min$

ب- سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 30\ min$ :

من البيان $x(t)$ و باعتبار $\tan\alpha$ ميل المنحنى عند اللحظة $t$ يمكن كتابة :

$$\tan\alpha = \frac{dx}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

و لدينا حسب تعريف سرعة التفاعل :

$$v = \frac{dx}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

من (1) ، (2) يكون :

$$v = \tan\alpha$$

من البيان :

$$\tan\alpha = \frac{34.10^{-3} - 16.10^{-3}}{44 - 0} = 4.1.10^{-4} \rightarrow v = 4.1 . 10^{-4}\ mol/min$$



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

www.sites.google.com/site/faresfergani
Fares_Fergani@yahoo.Fr

# تمارين مقترحة

## 3AS U01 - E3 - Exercice 005

المحتوى المعرفي : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي .

تاريخ آخر تحديث : 2013/07/01

**نص التمرين :** ( امتحان الثلاثي الأول – 2008/2007 )

1- نعتبر التحول الكيميائي المنمذج بالمعادلة الكيميائية التالية :

$$\alpha\, A + \beta\, B = \delta\, C + \lambda\, D$$

أثبت أن سرعة اختفاء النوع الكيميائي A يعبر عنها بدلالة سرعة تشكل C كما يلي : $\frac{v(A)}{\alpha} = \frac{v(C)}{\delta}$ .

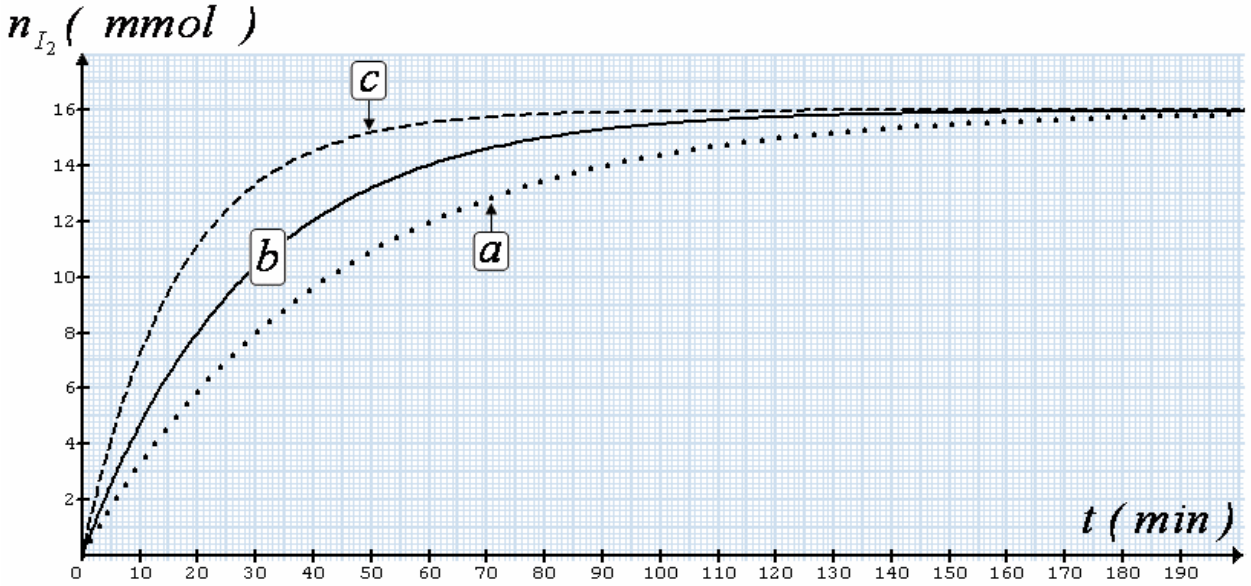
2- تتأكسد شوارد اليود $I^-$ بواسطة الماء الأكسجيني $H_2O_2$ في وسط حمضي $H_3O^+$ وفق التفاعل ذي المعادلة :

$$2\, I^-_{(aq)} + H_2O_{2\,(aq)} + 2H_3O^+_{(aq)} = I_{2\,(aq)} + 4H_2O_{(\ell)}$$

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 $H_3O^+$ . | بزيادة | بزيادة | بزيادة |
| درجة حرارة الوسط التفاعلي | 20°C | 40°C | 20°C |

بعد متابعة تطور تشكل عدد مولات ثنائي اليود $I_2$ في التجارب الثلاث تحصلنا على المنحنيات الثلاثة التالية ( a ) ، ( b ) و ( c ) .




أ- هل شوارد $H_3O^+$ تلعب دور وسيط أم متفاعل في التجارب الثلاث ؟ علل .



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ب- أنسب رقم التجربة 1 , 2 , 3 لكل منحنى a ، b ، c مع التعليل .
جـ- انطلاقا من البيان ، عيّن السرعة المتوسطة لتشكل ثنائي اليود $I_2$ . بين اللحظة $t = 20\ min$ و اللحظة $t = 60\ min$ بالنسبة للتجربة ( b ) .
د- إذا كانت سرعة اختفاء $I^-$ هي $v(I^-) = 0.4\ mmol/min$ أحسب سرعة تشكل $H_2O$ التي نعتبرها $v(H_2O)$ .

## الأجوبة :

1- إثبات أن $\frac{v(A)}{\alpha} = \frac{v(C)}{\sigma}$ :

| حالة الجملة | التقدم | $\alpha A$ | + $\beta B$ | = $\delta C$ | + $\lambda D$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ابتدائية | $x = 0$ | $n_{0A}$ | $n_{0B}$ | 0 | 0 |
| انتقالية | $x$ | $n_{0A} - \alpha x$ | $n_{0B} - \beta x$ | $\delta x$ | $\lambda x$ |
| نهائية | $x_f$ | $n_{0B} - \alpha x_f$ | $n_{0B} - \beta x_f$ | $\delta x_f$ | $\lambda x_f$ |

لدينا :

- $v(A) = -\frac{dn_A}{dt}$
- $v(C) = -\frac{dn_B}{dt}$

من جدول التقدم :

$n_A = n_{0A} - \alpha x$
$n_C = \delta x$

و منه يصبح لدينا :

- $v(A) = -\frac{d(n_{0A} - \alpha x)}{dt} = -(0 - (\alpha \frac{dx}{dt})) = \alpha \frac{dx}{dt}$ ..... (1)
- $v(C) = \frac{dn_C}{dt} = \frac{d(\sigma x)}{dt} = \sigma \frac{dx}{dt}$ ..... (2)

بقسمة العلاقة (1) على (2) :

$$\frac{v(A)}{v(C)} = \frac{\alpha}{\delta} \rightarrow \alpha\, v(C) = \delta\, v(A) \rightarrow \frac{v(A)}{\alpha} = \frac{v(C)}{\delta}$$

2- أ- الشوارد $H_3O^+$ تلعب دور متفاعل لأنها ظهرت في معادلة التفاعل الكيميائي و ما يظهر في المعادلة إلا كل نوع كيميائي دخل في التفاعل أو نتج .
ب- المنحنى الموافق لكل تجربة :
- تزداد سرعة التفاعل كلما ازدادت درجة حرارة اللتفاعل ، و كلما كانت التراكيز الابتدائية للمتفاعلات أكبر ، و على هذا الأساس فالتفاعل (2) يكون أسرع من التفاعل في التجربة (3) و هذا الأخير أي التفاعل في التجربة (3) يكون أسرع من التفاعل في التجربة (1) .
- يكون التفاعل أسرع كلما بلغ نهايته في أقل وقت ممكن ، و عليه فالتفاعل الموافق للمنحنى (C) يكون أسرع من التفاعل الموافق للمنحنى (b) ، و هذا الأخير أي التفاعل الموافق للمنحنى (b) يكون أسرع من التفاعل الموافق للمنحى (a) . بالمطابقة يكون :
التجربة (1) ← المنحنى (a) .



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

التجربة (2) ← المنحنى (c) .
التجربة (3) ← المنحنى (b) .

جـ- السرعة المتوسطة لتشكل $I_2$ بين $t = 20\ min$ و $t = 60\ min$ بالنسبة للمنحنى b :

$$v_m(I_2) = \frac{\Delta n(I_2)}{\Delta t} = \frac{n_2(I_2) - n_1(I_2)}{t_2 - t_1}$$

$$v_m(I_2) = \frac{14.10^{-3} - 8.10^{-3}}{60 - 20} = 1.50.10^{-4}\ mol/min$$

▪ سرعة اختفاء $H_2O$ :
من معادلة التفاعل :

$$\frac{v(H_2O)}{4} = \frac{v(I^-)}{2} \rightarrow v(H_2O) = \frac{4}{2}v(I^-) \rightarrow v(H_2O) = 2v(I^-)$$

$$v(H_2O) = 2.0.4.10^{-3} = 0.8.10^{-3}\ mol/min = 0.8\ mmol/min$$



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

www.sites.google.com/site/faresfergani
Fares_Fergani@yahoo.Fr

# تمارين مقترحة

## 3AS U01 - E3 - Exercice 006

المحتوى المعرفي : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي .

تاريخ آخر تحديث : 2013/07/01

**نص التمرين :** ( امتحان الثلاثي الأول – 2010/2009 )

نريد دراسة تطور تفاعل ميثانوات الإيثيل $HCOOC_2H_5$ مع محلول هيدروكسيد الصوديوم ( $Na^+ + HO^-$ ) ، و ذلك بمتابعة تغير ناقلية المزيج G خلال الزمن .

نسكب في بيشر حجم V من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$ ، ثم نغمر خلية قياس الناقلية في المحلول في اللحظة $t = 0$ ، نعتبر $G_0$ هي قيمة ناقلية المحلول في هذه اللحظة ( $t = 0$ ) .

نضيف كمية من ميثانوات الإيثيل إلى محلول هيدروكسيد الصوديوم الموجود في البيشر لنحصل على وسط تفاعلي حجمه $V_S = V = 200\ mL$ ( يهمل التغير في الحجم عند إضافة ميثانوات الإيثيل ) ، نقيس في لحظات مختلفة ناقلية المزيج مع الرج المغناطيسي المتواصل ، الجدول التالي يمثل النتائج المتحصل عليها :

| t (min) | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 45 | $t_f$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G(mS) | $G_0$ | 2.16 | 1.97 | 1.84 | 1.75 | 1.68 | 1.20 | 1.05 |
| x(mmol) | | | | | | | | |

معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث هي :

$$HCOOC_2H_5 + HO^- = HCOO^- + C_2H_5OH$$

يعطى : ثابت الخلية : $K = 1\ cm$ ، و الناقلية النوعية الشاردية المولية للشوارد المعدنية كما يلي :

$\lambda(HCOO^-) = 5.46\ ms.m^2.mol^{-1}$ ، $\lambda(HO^-) = 19.9\ ms.m^2.mol^{-1}$ ، $\lambda(Na^+) = 5.01\ ms.m^2.mol^{-1}$

1- نعتبر $n_0$ هي كمية مادة ميثانوات الإيثيل عند اللحظة $t = 0$ و هي نفسها كمية مادة هيدروكسيد الصوديوم في نفس اللحظة $t = 0$ ، نعتبر كذلك عند هذه اللحظة $t = 0$ أن حجم محلول هيدروكسيد الصوديوم هو V .

أ- بين أن ناقلية الوسط التفاعلي عند اللحظة $t = 0$ يعبر عنها بالعلاقة :

$$G_0 = \frac{Kn_0}{V}\left(\lambda(Na^+) + \lambda(OH^-)\right)$$

ب- أحسب قيمة $G_0$ .

2- مثل جدول تقدم التفاعل .

3- ندرس ناقلية الوسط التفاعلي (المزيج) بدلالة الزمن .

أ- بين أنه يمكن كتابة عبارة الناقلية G في اللحظة t بالعبارة التالية :

$$G = \frac{K}{V}\left(\lambda(Na^+).n_0 + \lambda(OH^-).(n_0 - x) + \lambda(HCOO^-).x\right)$$

ب- اختصر هذه العبارة و اكتبها على الشكل : $G = ax + b$ ، حيث a و b ثابتان يطلب التعبير عنهما . ماذا تمثل قيمة b .

جـ- ما هي إشارة a ؟

د- أرسم شكلا بيانيا تقريبيا للعلاقة $G = f(x)$ .



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

هـ- أحسب قيمة كل من a و b .
4- أكمل الجدول السابق بحساب قيم x في كل لحظة .
5- مثل البيان x = f(t) .

## الأجوبة :

1- أ- إثبات : $G_0 = \frac{Kn_0}{V}(\lambda(Na^+) + \lambda(HO^-))$ :

$$G_0 = K\delta_0 = K(\lambda(Na^+)[Na^+] + \lambda(HO^-)[HO^-])$$
$$G_0 = K(\lambda(Na^+)C + \lambda(HO^-)C)$$
$$G_0 = KC(\lambda(Na^+) + \lambda(HO^-))$$
$$G_0 = \frac{Kn_0}{V}(\lambda(Na^+) + \lambda(HO^-))$$

ب- حساب $G_0$ :

$$C = 10^{-2}\ mol/L = 10\ mol/m^3 = \frac{n_0}{V}$$
$$G_0 = 10^{-2}.10(5.01.10^{-3} + 19.9.10^{-3}) = 2.49.10^{-3}s$$

2- أ- جدول التقدم :

| الحالة | التقدم | $HCOOC_2H_5$ + | $HO^-$ | = $HCOO^-$ + | $C_2H_5OH$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ابتدائية | x = 0 | $n_0$ | $n_0$ | 0 | 0 |
| انتقالية | x | $n_0$ - x | $n_0$ - x | x | x |
| نهائية | $x_f$ | $n_0 - x_f$ | $n_0 - x_f$ | $x_f$ | $x_f$ |

3- أ- إثبات العلاقة $G = \frac{K}{V}(\lambda(Na^+)n_0 + \lambda(OH^-)(n_0 - x) + \lambda(HCOO^-)x)$ :

في هذه الحالة المحلول يحتوي على الشوارد : $HCOO^-$ الناتجة ، $HO^-$ المتبقية ، و كذلك $Na^+$ التي لم تدخل إلى التفاعل و لم تظهر في المعادلة لذا يكون :

$$G = K\delta = K(\lambda(Na^+)[Na^+] + \lambda(OH^-)[OH^-] + \lambda(HCOO^-)[HCOO^-])$$

و اعتمادا على جدول التقدم يمكن كتابة :

$$G = K(\lambda(Na^+)\frac{n_0}{V} + \lambda(HO^-)\frac{n_0 - x}{V} + \lambda(HCOO^-)\frac{x}{V})$$
$$G = \frac{K}{V} = K(\lambda(Na^+)n_0 + \lambda(HO^-)(n_0 - x) + \lambda(HCOO^-)x)$$

ب- كتابة العلاقة على الشكل $G = ax + b$ :

اعتمادا على العلاقة السابقة :

$$G = \frac{K}{V}(\lambda(Na^+)n_0 + \lambda(OH^-)n_0 - \lambda(HO^-)x + \lambda(HCOO^-)x)$$



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

$$G = \frac{K}{V}((\lambda(HCOO^-) - \lambda(OH^-))\,x + (\lambda(Na^+) + \lambda(HO^-))\,n_0)$$

$$G = \frac{K}{V}(\lambda(HCOO^-) - \lambda(OH^-))\,x + \frac{Kn_0}{V}(\lambda(Na^+) + \lambda(HO^-))$$

هي من الشكل : $G = ax + b$ حيث :

$$a = \frac{K}{V}(\lambda(HCOO^-) - \lambda(HO^-)) \quad , \quad b = \frac{Kn_0}{V}(\lambda(Na^+) + \lambda(HO^-))$$

- تمثل قيمة b الناقلية عند اللحظة $t = 0$ $(b = G_0)$ .

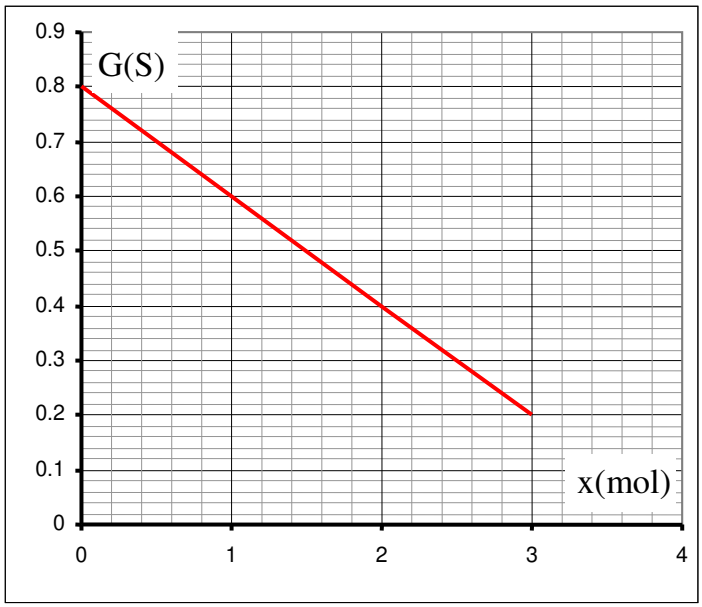
جـ- إشارة a :

تعتمد إشارة a على إشارة الفرق $(\lambda(HCOO^-) - \lambda(HO^-))$ و حيث أن : $\lambda(HCOO^-) < \lambda(HO^-)$ يكون :

$$\lambda(HCOO^-) - \lambda(HO^-) < 0 \quad \rightarrow \quad a < 0$$

د- البيان $G = f(x)$ :

بما أن عبارة G من الشكل $G = a\,x + b$ ، و حيث أن $a < 0$ (الميل سالب) يكون البيان $G = f(x)$ عبارة عن مستقيم كما يلي :




هـ- قيمة a ، b :

- $a = \frac{10^{-2}}{0.2.10^{-3}}(5.46.10^{-3} + 19.9.10^{-3}) = -0.722$
- $b = G_0 = 2.49.10^{-3}$

( نذكر أن الحجم V يقدر بـ $m^3$ ) .



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

4- إكمال الجدول :

مما سبق لدينا : $G = ax + b$ حيث $a = -0.722$ ، $b = 2.49 \cdot 10^{-3}$ و منه :

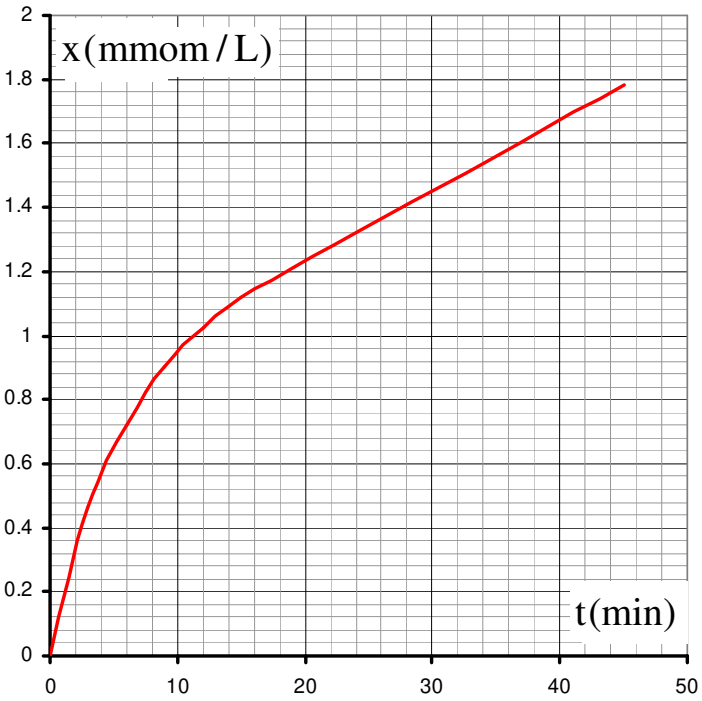
$$G = -0.722\,x + 2.49 \cdot 10^{-3} \rightarrow 0.722\,x = 2.49 \cdot 10^{-3} - G$$

$$x = \frac{2.49 \cdot 10^{-3} - G}{0.722}$$

و نملأ الجدول اعتمادا على هذه العلاقة :

| t (min) | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 45 | $t_f$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G(mS) | $G_0$ | 2.16 | 1.97 | 1.84 | 1.75 | 1.68 | 1.20 | 1.05 |
| x(mmol) | 0 | 0.46 | 0.72 | 0.90 | 1.00 | 1.12 | 1.78 | 2.00 |

5- تمثيل البيان $x = f(t)$ :






قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM