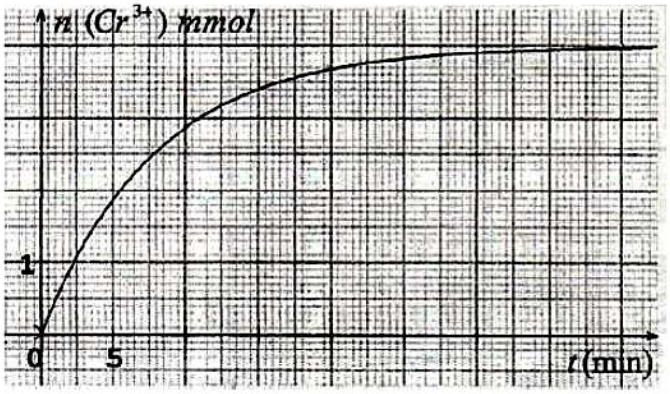
التمرين 01 : (بكالوريا 2011 ع ت)

لدراسة تطور حركية التحول بين شوارد البيكرومات $Cr_2O_{7\,(aq)}^{2-}$ ومحلول حمض الأكساليك $C_2H_2O_{4(aq)}$.نمزج في اللحظة $t=0$ حجما $V_1=40mL$ من محلول بيكرومات البوتاسيوم $\left(2K^+_{(aq)}+Cr_2O_{7\,(aq)}^{2-}\right)$ تركيزه المولي $C_1=0,2mol/L$ مع حجم $V_2=60mL$ من محلول حمض الأكساليك تركيزه المولي مجهول C_2 .



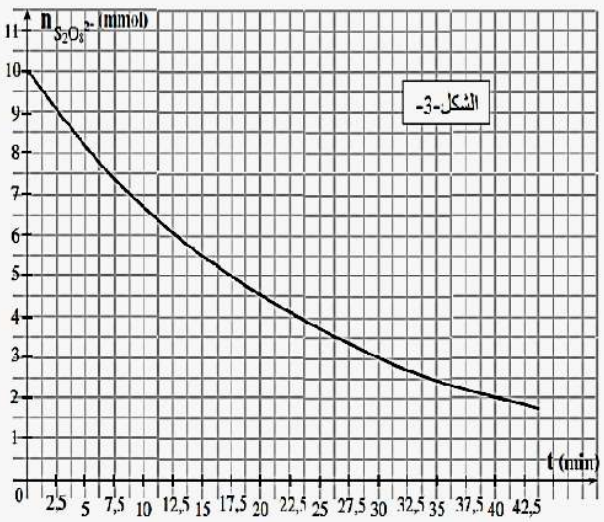
الشـــــكل-1

1. إذا كانت الثنائيتان المشاركتان في التفاعل هما:
$\left(CO_{2(aq)}/C_2H_2O_{4(aq)}\right)$ و $\left(Cr_2O_{7\,(aq)}^{2-}/Cr^{3+}_{(aq)}\right)$.
أ- اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل أكسدة-إرجاع المنمذجة للتحول الكيميائي الحادث.
ب- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.
2. يمثل (الشكل-1-) المنحنى البياني لتطور كمية مادة $Cr^{3+}_{(aq)}$ بدلالة الزمن. أوجد من البيان:
أ- سرعة تشكل شوارد $Cr^{3+}_{(aq)}$ في اللحظة $t=20\,\min$.
ب- التقدم النهائي للتفاعل x_f.
جـ- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.
3. أ- باعتبار التحول تاما عين المتفاعل المحد.
ب - اوجد التركيز المولي لمحلول حمض الأوكسليك C_2.

التمرين 02 : (بكالوريا 2008 ت ر)

نريد دراسة تطور التحول الكيميائي الحاصل بين شوارد محلول (S_1) لبيروكسوديكبريتات البوتاسيوم $\left(2K^+_{(aq)}+S_2O_{8\,(aq)}^{2-}\right)$ وشوارد محلول (S_2) ليود البوتاسيوم $\left(K^+_{(aq)}+I^-_{(aq)}\right)$ في درجة حرارة ثابتة.

لهذا الغرض نمزج في اللحظة $t=0$ حجما $V_1=50mL$ من المحلول (S_1) تركيزه المولي $C_1=2,0\times10^{-1}mol.L^{-1}$ مع حجم $V_2=50mL$ من المحلول (S_2) تركيزه المولي $C_2=1,0mol.L^{-1}$. نتابع تغيرات كمية مادة $S_2O_8^{2-}$ المتبقية في الوسط التفاعلي في لحظات زمنية مختلفة، فنحصل على البيان الموضح في الشكل -3-.



ننمذج التحول الكيميائي الحاصل بالتفاعل الذي معادلته:

$2I^-_{(aq)}+S_2O_{8\,(aq)}^{2-}=I_{2(aq)}+2SO_{4\,(aq)}^{2-}$.

1. حدد الثنائيان ox/red المشاركتين في التفاعل.
2. أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.
3. حدد المتفاعل المحد علما أن التفاعل تام.
4. عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ واستنتج قيمته بيانيا.
5. أوجد التراكيز المولية للأنواع الكيميائية المتواجدة في الوسط التفاعلي عند اللحظة $t_{1/2}$.

www.dzexams.com

6. استنتج بيانيا قيمة السرعة الحجمية للتفاعل

في اللحظة $t = 10\,min$.

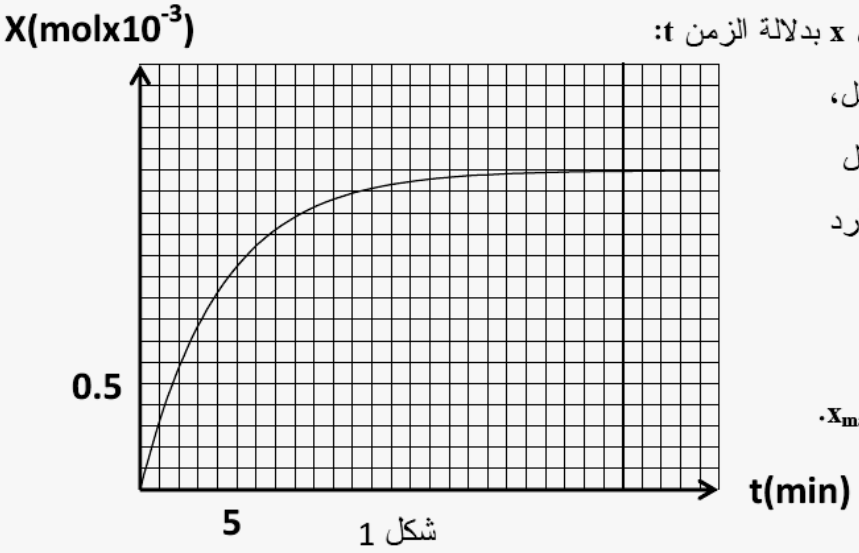
التمرين 03 :

ندرس تطور التفاعل التام الحاصل بين محلول يود البوتاسيوم $(K^+_{(aq)} , I^-_{(aq)})$ حجمه $V_1 = 100\ ml$ وتركيزه C_1، ومحلول بيروكسودي كبريتات البوتاسيوم $(2K^+_{(aq)} , S_2O_8^{2-}{}_{(aq)})$ حجمه $V_2 = 100\ ml$ وتركيزه بشوارد $(S_2O_8^{2-})$ هو $C_2 = 2.10^{-2}\ mol/l$.

تكتب معادلة المعايرة عن التفاعل المنمذج للتحول الحاصل:

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

يمثل الشكل -1- بيان تغيرات تقدم التفاعل x بدلالة الزمن t:



شكل 1

1- ما هو النوع الكيميائي المرجع؟ علل، وما هو النوع الكيميائي المؤكسد؟ علل

2- أوجد كمية المادة الابتدائية لشوارد بيروكسودي كيبريتات.

3- أنجز جدولا لتقدم التفاعل.

4- أ/ استنتج بيانيا قيمة التقدم الأعظمي x_{max}.

ب/ حدّد المتفاعل المحد.

5- أحسب التركيز المولي C_1.

6- أكتب عبارة السرعة الحجمية للتفاعل وأحسب قيمتها العددية عند اللّحظة $t = 5\ min$، استنتج السرعة الحجمية لتشكل شوارد الكبريتات $SO_4^{2-}{}_{(aq)}$ عند نفس اللحظة السابقة.

7- عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ وأحسب قيمته.

التمرين04 : (بكالوريا 2014 ع ت)

لدراسة حركية التفاعل التام والبطيء بين الماء الاكسجيني $H_2O_{2(aq)}$ ومحلول يود البوتسيوم $\left(K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}\right)$ في وسط حمضي والمنمذج بالمعادلة :

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

مزجنا في بيشر عند اللحظة $t = 0s$ ودرجة الحرارة 25°C , حجما $V_1 = 100ml$ من محلول الماء الاكسيجيني تركيزه المولي $c_1 = 4.5 \times 10^{-2}\,mol/l$: مع حجم $V_2 = 100ml$ من محلول يود البوتاسيوم تركيزه المولي : وبضع $c_2 = 6 \times 10^{-2}\,mol/l$ قطرات من محلول حمض الكبريت المركز $\left(2H_3O^+_{(aq)} + SO_4^-{}_{(aq)}\right)$.

www.dzexams.com

i. 1- اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والارجاع .

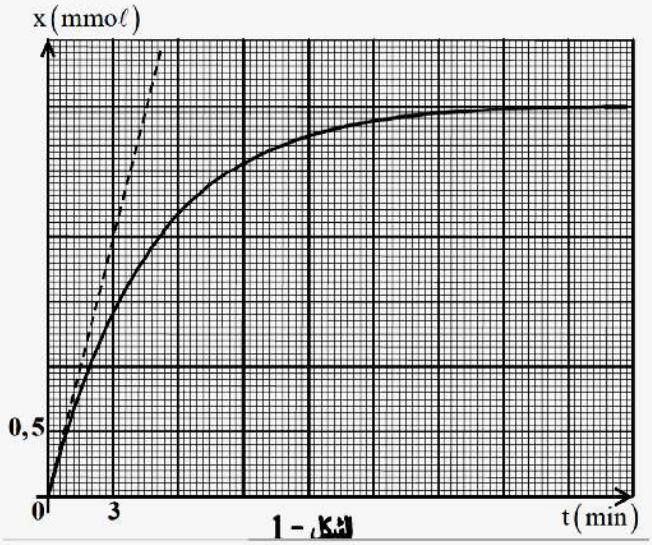
2-احسب كميتي المادة $n_0(H_2O_2)$ للماء الاكسجيني و $n_0(I^-)$ لشوراد اليود في المزيج الابتدائي.

3-أعد كتابة جدول التقدم للتفاعل وأكمله :

معادلة التفاعل		$H_2O_{2(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2H_3O^+_{(aq)} = 4H_2O_{(l)} + I_{2(aq)}$				
حالة الجملة	التقدم	كميات المادة بـ mol				
الابتدائية	0			بوفرة	بوفرة	
الانتقالية	x			بوفرة	بوفرة	
النهائية	x_f			بوفرة	بوفرة	3×10^{-3}

- استنتج المتفاعل المحد .

ii. لتحديد كمية ثناءي اليود $I_{2(aq)}$ المتشكلة عند لحظات زمنية مختلفة t , نأخذ في كل مرة نفس الحجم من المزيج التفاعلي ونضع فيه ماء وجليد ويضع قطرات من صمغ النشاء ونعايره بمحلول لثيوكبريتات الصوديوم $\left(2Na^+_{(aq)} + S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}\right)$ معلوم التركيز .معالجة النتائج المتحصل عليها مكنتنا من رسم المنحنى $x = f(t)$ الممثل لتطور تقدم التفاعل الكيميائي المدروس في المزيج الاصلي بدلالة الزمن :



الشكل - 1

1- أ- ما الهدف من اضافة الماء البارد والجليد؟

ب-ضع رسما تخطيطيا للتجهيز التجريبي المستخدم في عملية المعايرة .

2- أ- عرف واكتب عبارة السرعة الحجمية للتفاعل

ب-احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين : $t_0 = 0$ و $t_1 = 9min$.

ج-عبر عن سرعة اختفاء شوارد $I^-_{(aq)}$ بدلالة السرعة الحجمية للتفاعل واحسب قيمتها في اللحظة t_1

التمرين 05 :

I- محلول ماء الأكسجيني (H_2O_2) تركيزه $C_0 = 0.1\ mol/L$ ، تم تمد يد ه F مرة، نأخذ الحجم $V_1 = 20\ mL$ من المحلول الممدد للماء الأكسجيني تركيزه (C_1) و نعايره بوجود حمض الكبريت ، بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم ($KMnO_4$) تركيزه $C_2 = 0.02\ mol/L$. نحصل على نقطة التكافؤ بعد إضافة حجم $V_2 = 10\ mL$ من محلول ($KMnO_4$). المعادلة المنمذجة للتحول الحادث هي :

$$2MnO^-_{4\,(aq)} + 5H_2O_{2\,(aq)} + 6H^+_{(aq)} = 2\,Mn^{2+}_{(aq)} + 5\,O_{2\,(aq)} + 8\,H_2O_{(aq)}$$

1/ حدد الثنائيتين (ox / red) الداخلتين في التفاعل بعد كتابة المعادلتين النصفيتين الالكترونيتين .

2/ أنجز جدول التقدم لهذا التفاعل.

3/ اكتب عبارة C_1 بدلالة C_2 ، V_1 ، V_2.

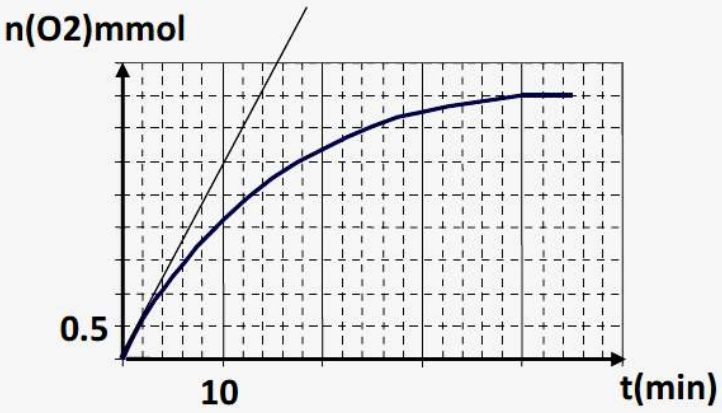
4/ احسب C_1 ، ثم استنتج معامل التمديد F .

II- الماء الأكسجيني يتفكك ببط ء شديد ، معادلة هذا التفاعل هي :

$$2\,H_2O_{2\,(aq)} = O_{2\,(g)} + 2\,H_2O_{(1)}$$

www.dzexams.com

إن إضافة محلول كلور الحديد الثلاثي يسرع التفاعل . عند اللحظة $t = 0\ s$ نمزج حجم $V_0 = 80\ mL$ من الماء الأكسجيني تركيزه C_0 ، مع حجم $V = 20\ mL$ من محلول كلور الحديد الثلاثي . البيان المجاور يبين تطور كمية ثنائي الأكسجين $n(O_2) = f(t)$.



1/ أنجز جدول التقدم لهذا التفاعل .

2/ استنتج العلاقة الموجودة بين تقدم التفاعل و كمية مادة ثنائي الأكسجين .

3/ احسب التقدم النهائي للتفاعل .

4/ عرف زمن نصف التفاعل ، وحدد قيمته .

5/ اكتب عبارة سرعة التفاعل عند اللحظة (t) .

6/ احسب هذه السرعة عند اللحظة $(t = 0)$.

7 / اذكر العوامل الحركية في هذا التحول .

التمرين 06 :

نريد دراسة تطور التحول الكيميائي الحاصل بين شوارد محلول لبرمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)$ والكحول المثيلي CH_4O في درجة حرارة ثابتة . من أجل ذلك مزجنا حجما $V_1 = 100ml$ من برمنغنات البوتاسيوم تركيزه $C_1 = 0.2mol/l$ المحمض بحمض الكبريت المركز الموجود بزيادة مع حجم قدره $2ml$ من الميثانول النقي كتلته الحجمية $\rho = 0.32g/ml$

1- أكتب المعادلتين النصفيتين الموافقتين للثنائيتين : MnO_4^-/Mn^{2+} ، CH_2O_2/CH_4O ومعادلة الاكسدة الارجاعية.

2- انجز جدول التقدم لهذا التفاعل .ثم احسب التقدم الاعظمي وعين المتفاعل المحد.

3- تتبعنا تطورات كمية مادة MnO_4^- المتبقية في لحظات زمنية مختلفة فتحصلنا على النتائج التالية :

$t\ (s)$	0	5	10	15	25	30	40	50	60
$n_{(MnO_4^-)}\ (mmol)$	20	16	14	11.5	9	8	6	5	4

أ- أرسم البيان الممثل لتغيرات $n_{(MnO_4^-)}$ بدلالة الزمن .

ب- عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ وعينه .

ج- احسب سرعة اختفاء شوارد MnO_4^- عند اللحظة $t = 10s$ و $t = 20s$. ماذا تلاحظ ؟ وبما تفسر ذلك

د- استنتج سرعتي تشكل CH_2O_2 عند نفس اللحظتين .

يعطى : $H = 1g/mol$ ، $C = 12g/mol$ ، $O = 16g/mol$

www.dzexams.com

التمرين 07 : (بكالوريا ت ر 2013)

لمتابعة تطور حمض الأوكساليك $H_2C_2O_{4\,(qa)}$ مع شوارد ثنائي الكرومات $Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}$.

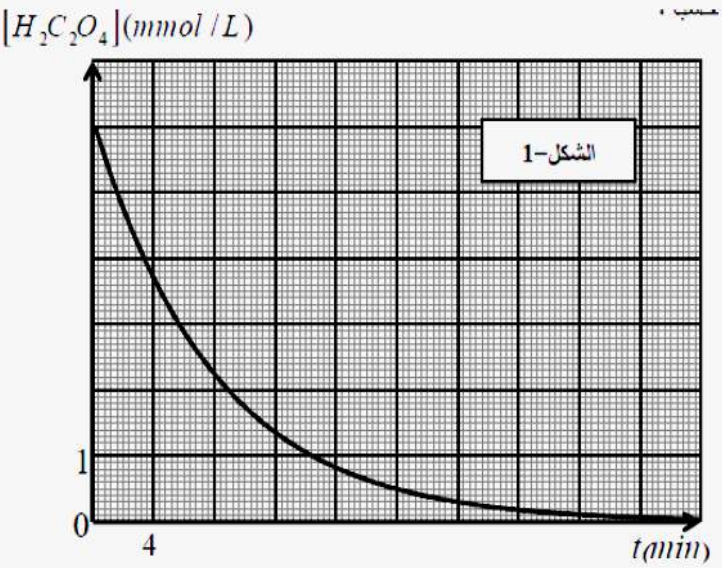
نمزج في اللحظة $t = 0min$ حجما $V_1 = 50ml$ من محلول حمض الأوكساليك تركيزه المولي : $c_1 = 12\ mmol/l$ مع حجم $V_2 = 50ml$ من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم $\left(2K^+_{(aq)} + Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}\right)$ تركيزه المولي $c_2 = 16\,mmol/l$, بوجود وفرة من حمض الكبريت المركز . ننمذج التفاعل الحاصل بالمعادة التالية:

$$3H_2C_2O_{4\,(qa)} + Cr_2O_7^{2-}{}_{(qa)} + 8\,H^+_{(aq)} = 2Cr^{3+}{}_{(aq)} + 6CO_{2(qa)} + 7H_2O_{(l)}$$

1- أ- حدد الثنائيتين Ox/Red المشاركتين في التفاعل .

ب- انشئ جدول لتقدم هذا التفاعل , ثم حدد المتفاعل المحد .

2- البيان يمثل تغيرات التركيز المولي لحمض الأوكساليك بدلالة الزمن :



أ- عرف السرعة الحجمية للتفاعل .

ب- بين ان عبارة السرعة الحجمية للتفاعل في أي لحظة تكتب بالعلاقة : $v = -\frac{1}{3} \times \frac{d[H_2C_2O_4]}{dt}$.

ج- احسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $t = 12min$.

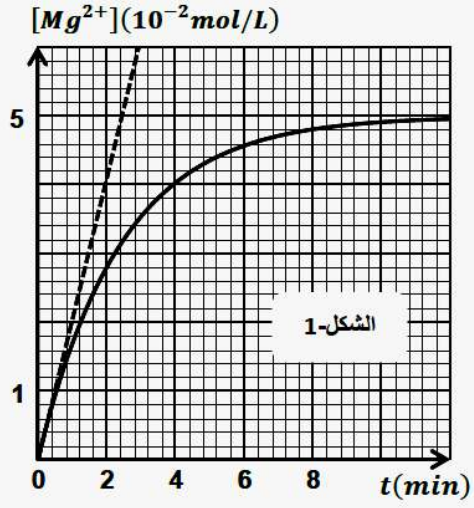
3- عرف زمن نصف التفاعل ثم احسبه.

التمرين 08 :

لدراسة سرعة تشكيل شاردة المغنيزيوم $Mg^{2+}(aq)$ نجري تفاعل لمحلول حمض كلور الماء مع معدن المغنيزيوم فينتج غاز ثنائي الهيدروجين وتتشكل شوارد Mg^{2+} وفق المعادلة :

$$Mg(s) + 2\,H_3O^+(aq) = Mg^{2+}(aq) + H_2(g) + 2H_2O(l)$$

عند اللحظة $t = 0$ نضع $1g$ من المغنيزيوم الصلب في حجم $V = 30mL$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه $C = 0{,}10mol/L$.



1) أ - حدد الثنائيتين ($Ox\ /\ Red$) الداخلتين في التفاعل مع كتابة المعادلتين النصفيتين .

ب - هل التفاعل الحادث ستيكيومتري؟.

جـ - أنجز جدول تقدم التفاعل ، وأستنتج المتفاعل المحد .

د - أستنتج تركيز شاردة Mg^{2+} عند نهاية التفاعل .

2) بمتابعة تطور تركيز شاردة $H_3O^+{}_{(aq)}$ خلال الزمن واستنتاج التركيز المولي لشاردة Mg^{2+} نحصل على البيان الذي يمثل تغيرات $[Mg^{2+}]$ بدلالة الزمن t والموضح في (الشكل – 1)

أ - هل ينتهي التفاعل عند $t = 12\ min$.

ب – عرف زمن نصف التفاعل وأحسب قيمته .

جـ - أحسب التركيب المولي للوسط التفاعلي عند $t = 2\ min$.

د - اعتمادا على البيان استنتج السرعة الحجمية لتشكل Mg^{2+} عند اللحظة $t = 0$.

ه – ارسم الشكل التقريبي للمنحني إذا وضعنا في البداية $1g$ من المغنزيوم الصلب في حجم $V = 30\ mL$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه $C = 0.30\ mol/L$.

www.dzexams.com

-ماهو العامل الحركي الذي أثر على سرعة التفاعل في هذه الحالة ؟ .
و- ماهو العامل الحركي الأخر الذي يمكن أن يؤثر على سرعة التفاعل ؟ .

$M_{Mg} = 24g/mol$

التمرين 9 : (بكالوريا ع ت 2016)

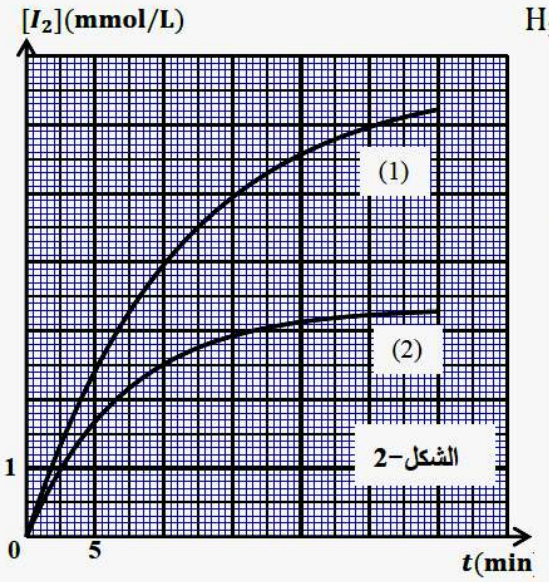
لأجل إجراء دراسة حركية للتحول الكيميائي التام والبطيء بين محلول يود البوتاسيوم $(K^+(aq) + I^-(aq))$ والماء الأكسجيني $H_2O_2(aq)$ لهما نفس التركيز المولي $C = 0{,}1\ mol/L$، نحضر في اللحظة $t = 0$ وعند نفس درجة الحرارة المزيجين التاليين:

المزيج الأول : $4\ mL$ من $H_2O_2(aq)$ و $36\ mL$ من $(K^+(aq) + I^-(aq))$

المزيج الثاني : $2\ mL$ من $H_2O_2(aq)$ و $20\ mL$ من $(K^+(aq) + I^-(aq))$

نضيف لكل مزيج كمية من الماء المقطر وقطرات من حمض الكبريت المركز، فيصبح حجم المزيج التفاعلي لكل منهما $V = 60\ mL$. يُنَمْذَجُ التحول الحادث في كل مزيج بالمعادلة الكيميائية التالية:

$$H_2O_2(aq) + 2\,I^-(aq) + 2H^+(aq) = I_2(aq) + 2H_2O(l)$$



1- اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والارجاع، ثم استنتج الثنائيتين (ox/red) المشاركتين في التفاعل.

2 – أ- احسب كمية المادة الابتدائية للمتفاعلات في كل مزيج.

ب- انشئ جدول التقدم للتفاعل الحادث في المزيج الأول.

3 – البيانان (1) و(2) في الشكل-2 يمثلان على الترتيب تطور تركيز ثنائي اليود المتشكل في كل مزيج بدلالة الزمن.

أ – احسب تركيز ثنائي اليود المتشكل في الحالة النهائية في المزيج الأول.

ب – استنتج من البيان(1) تركيز ثنائي اليود المتشكل في اللحظة $t = 30\ min$.

جـ – هل يتوقف التفاعل في المزيج(1) عند $t = 30\ min$ ؟ علل.

4 – أ – اوجد عبارة السرعة الحجمية لتشكل ثنائي اليود بدلالة التركيز $[I_2]$.

ب – احسب السرعة الحجمية للتفاعل في كلا المزيجين عند اللحظة $t = 10\ min$. ماذا تستنتج؟

التمرين 10 : (بكالوريا ع ت 2015)

عند اللحظة $t = 0$ نمزج حجما $V_1 = 50ml$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)$ المحمض تركيزه المولي $c_1 =$ $0.2\ mol/L$ و حجما $V_2 = 50ml$ من محلول لحمض الاوكساليك $H_2C_2O_4$ تركيزه المولي $c_2 = 0.6\ mol/L$.

تعطى الثنائيات الداخلة في التفاعل: $CO_2 / H_2C_2O_4$ ، MnO_4^- / Mn^{+2} .

1- أعط تعريف كلا من المؤكسد والمرجع .

2- اكتب المعادلتين النصفيتين للاكسدة والارجاع واستنتج معادلة تفاعل الاكسدة الارجاعية .

3- أنشئ جدول تقدم التفاعل .

4- هل المزيج الابتدائي في الشروط الستوكيومترية للتفاعل؟

www.dzexams.com

5- لمتابعة تطور التفاعل نسجل خلال كل دقيقة التركيز المولي لشوارد البرمنغنات MnO_4^- في الجدول التالي:

$t\ (min)$	0	1	2	3	4	5	6	7
$[MnO_4^-](\times 10^{-3} mol.L^{-1})$	100	98	92	60	30	12	5	3

أ- احسب التركيز المولي الابتدائي لـ MnO_4^- و $H_2C_2O_4$ في المزيج .

ب- بين ان التركيز المولي $[Mn^{+2}]$ عند اللحظة t يعطى بالعلاقة التالية : $[Mn^{+2}](t) = \frac{c_1}{2} - [Mn^{+2}](t)$.

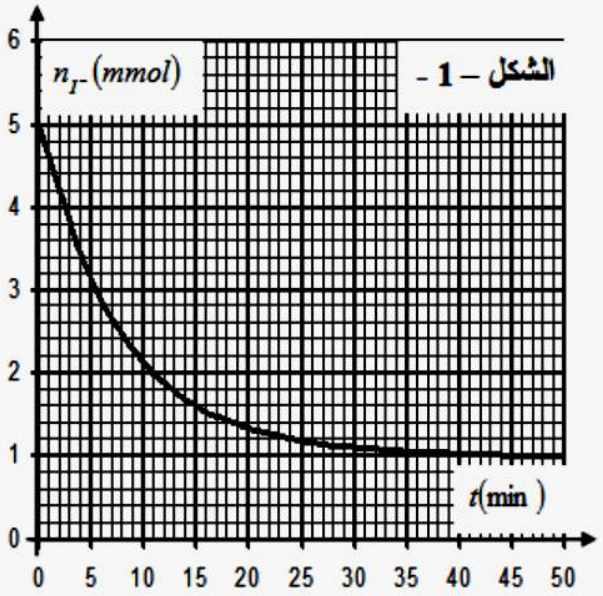
ج- ارسم منحنى تغيرات $[Mn^{+2}]$ بدلالة الزمن على ورقة مليمترية .

د- أوجد عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة $[Mn^{+2}]$ ثم احسب قيمتها في اللحظة $t = 2min$.

التمرين 11 :

من أجل دراسة التفاعل بين شوارد البيروكسيد $S_2O_8^{2-}$ و شوارد اليود I^- .نمزج في اللحظة $t=0$ حجما قدره $V_1 = 50mL$ من محلول يود البوتاسيوم$(K^+ + I^-)$ تركيزه $C_1 = 0.1mol/l$ مع حجما قدره $V_2 = 50mL$ من محلول لبيروكسوديكبريتات البوتاسيوم $(2K^+ + S_2O_8^{2-})$ تركيزه C_2 مجهول .

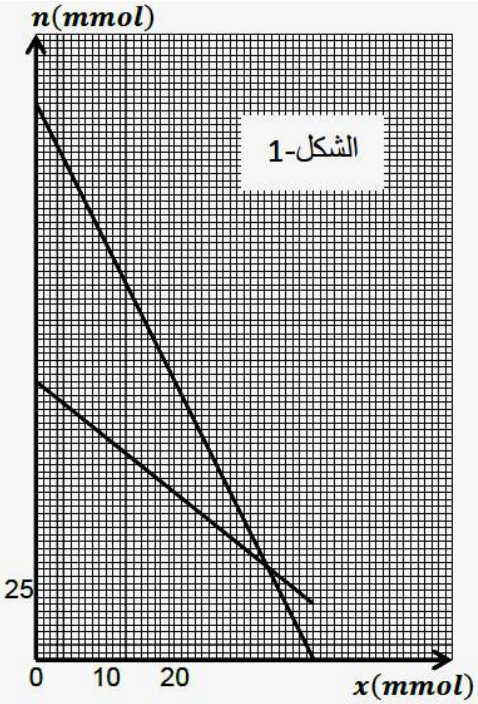
1. أكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع ثم استنتج المعادلة الإجمالية . الثنائيات (I_2/I^-) $(S_2O_8^{-2}/SO_4^{-2})$
2. مثل جدول تقدم التفاعل .
3. الشكل 1 المقابل يمثل تغيرات كمية المادة لشوارد I^- بدلالة الزمن $n_{I^-} = f(t)$ ، بالاعتماد على البيان حدد:
   أ. المتفاعل المحدد؟ مع التعليل .
   ب. التقدم الأعظمي x_{max} .
4. استنتج قيمة التركيز C_2 .
5. عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$؟ ثم حدد قيمته بيانيا.
6. أكتب العلاقة بين كمية مادة شوارد اليود n_{I^-} وتقدم x .
7. أ- أحسب سرعة اختفاء شوارد اليود I^- عند $t = 10\min$
8. اعط العلاقة بين كمية مادة شوارد $S_2O_8^{2-}$ و كمية المادة لشوارد I^-
9. ارسم كيفيا تغيرات كمية مادة شوارد $S_2O_8^{2-}$ بدلالة الزمن $n_{S_2O_8^{-2}} = f(t)$. مع توضيح القيم الابتدائية والنهائية



الشكل – 1 -

www.dzexams.com

التمرين 12 :



ننمذج تفاعل كيميائي بالمعادلة التالية:

$$aA + bB + 6H^+ = 2Mn^{2+} + 5C_3H_6O + 8H_2O$$

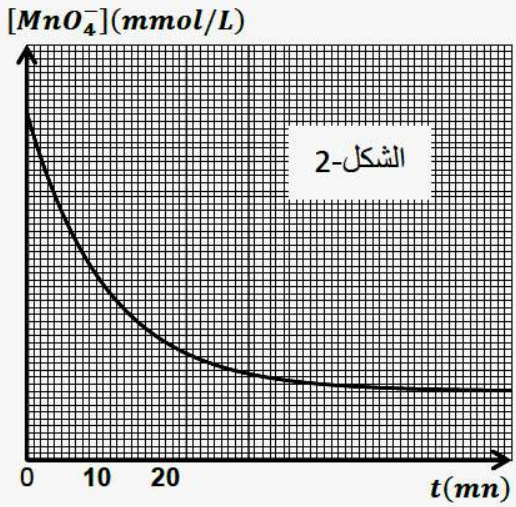
1) مثّلنا في الشكل -1 كميتي مادة المتفاعلين A و B بدلالة التقدّم x .

أ) عيّن المتفاعل المحد .

ب) أنشئ جدول التقدّم ، ثمّ احسب قيمتي a وb .

ج) احسب كمية مادة شوارد المنغنيز عند اللحظة $t = t_{1/2}$.

2) المتفاعلان A و B هما على التوالي : البروبان 2 - أول ، صيغته المجملة (C_3H_8O) وهو سائل كتلته الحجمية $\rho = 0{,}78kg/L$ ، و شاردة البرمنغنات (MnO_4^-) يتشكل المزيج المتفاعل من حجم V_1 من البروبان 2 – أول و حجم $V_2 = 100mL$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم تركيزه المولي C .مثّلنا في الشكل -2 تغيرات التركيز المولي لشاردة البرمنغنات بدلالة الزمن.



أ) احسب قيمتي V_1 و C .

ب)اعتمادا على جدول التقدم بيّن أن $[MnO_4^-]_0 + [MnO_4^-]_\infty = 2[MnO_4^-]_{t_{1/2}}$:، ثم حدّد زمن نصف التفاعل.

ج) بيّن أن السرعة الحجمية للتفاعل تكتب بالشكل :

$$v_{vol} = -\frac{1}{2}\frac{d[MnO_4^-]}{dt}$$.

احسب قيمتها عند اللحظة $t = 60mn$.

$M(H) = 1g/mol$ ، $M(O) = 16g/mol$ ، $M(C) = 12g/mol$

www.dzexams.com

التمرين 13:(بكالوريا 2015 ريا)

لدراسة حركية تطور التحول الكيميائي بين محلول ثيوكبريتات الصوديوم $\left(2Na^+_{(aq)} + {S_2O_3}^{2-}_{(aq)}\right)$ ومحلول حمض الماء $(H_3O^+ + Cl^-)$. في اللحظة $t = 0$ نمزج حجما $V_1 = 480mL$ كم كحلول ثيوكبريتات الصوديوم تركيزه $c_1 = 0.5\,mol/L$ مع حجم $V_2 = 20mL$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه $c_2 = 5\,mol/L$. ننمذج التحول الحادث بالمعادلة التالية:

$${S_2O_3}^{2-}_{(aq)} + {H_3O}^+_{(aq)} = S_{(S)} + SO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$$

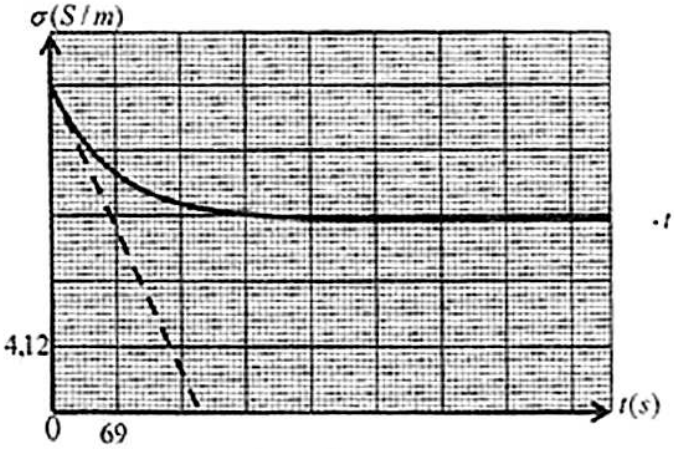
1- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل .

2- حدد المتفاعل المحد.

3- إن متابعة التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية للمزيج التفاعلي مكنت من رسم بيان الشكل 1- والممثل لتغيرات الناقلية النوعية بدلالة الزمن $\sigma = f(t)$.

- علل دون حساب سبب تناقص الناقلية النوعية .

4- تعطى الناقلية النوعية للمزيج التفاعلي عند اللحظة t بالعبارة $\sigma = 20.6 - 170x$.



أ- عرف السرعة الحجمية للتفاعل.

ب- بين ان عبارة السرعة الحجمية للتفاعل تكتب بالشكل:

$v_{vol} = -\frac{1}{170V} \times \frac{d\sigma}{dt}$, حيث V حجم الوسط التفاعلي الذي يعتبر ثابتا.

ج- احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 0$.

د- عرف زمن نصف التفاعل $t_{\frac{1}{2}}$ ثم حدد قيمته بيانيا.

التمرين 14:

من أجل المتابعة الزمنية لتحول كربونات الكالسيوم $CaCO_{3(s)}$ الصلبة مع حمض كلور الماء $(H_3O^+ + Cl^-)_{aq}$, الذي ينمذج بمعادلة التفاعل التالية : $CaCO_{3(s)} + 2H_3O^+_{(aq)} = Ca^{2+}_{(aq)} + CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$

يوجد في المخبر الوسائل, المحاليل والمواد التالية:

- قارورة حمض كلور الماء كتب عليها: $c_0 = 0.1\,mol/L$.
- مسحوق كربونات الكالسيوم . ماء مقطر , جهاز قياس الناقلية , ميزان الكتروني حساس.
- الزجاجيات: - بياشر سعتها : $100ml$, $150ml$, $200ml$.
  - ماصات عيارية سعتها: $5ml$, $10ml$, $20ml$, اجاصة مص , جفنة .

نحضر محلولا من كلور الهيدروجين تركيزه $c = 10\,mmol/L$ وحجمه $V = 200mL$.

1- ضع بروتوكولا تجريبا لتحضير هذا المحلول .

2- نضع كتلة من كربونات الكالسيوم قدرها $0.4g$ في البيشر.

- انجز جدولا لتقدم التفاعل ثم عين المتفاعل المحد.

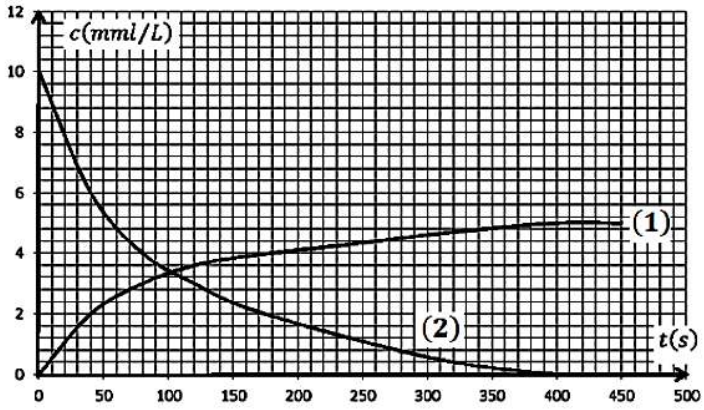
3- يمكن متابعة التحول السابق عن طريق قياس الناقلية .

www.dzexams.com

أ- اكتب عبارة الناقلية النوعية σ للوسط التفاعلي بدلالة الشوارد المتواجدة في المحلول

ب- احسب σ_0 الناقلية النوعية المحلول عند اللحظة $t = 0$.

ج- أثبت انه يمكن كتابة عبارة الناقلية النوعية عند كل لحظة t بالعلاقة : $\sigma = 0.425 - 290x$ حيث σ بـ s/m .



4- ان العلاقة السابقة مكنتنا من رسم المنحنيين التاليين:

أ- أي المنحنيين يمثل $[Ca^{2+}]$ و $[H_3O^+]$.

ب- عرف السرعة الحجمية للتفاعل وبين أنه يمكن استنتاجها من المنحنيين.

ج- عين السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظتين $t = 0$ ولحظة تقاطع المنحنيين .

د- قارن بين السرعتين , وما هو العامل الحركي المراد ابرازه؟

هـ- احسب تركيز الشوارد المتواجدة في المحلول لحظة تقاطع المنحنيين .

و- في أي لحظة يمكن اعتبار ان التفاعل قد انتهى ؟ ما هي قيمة السرعة الحجمية عندها؟

ز- عرف زمن نصف التفاعل وعينه.

$$C = 12\ g/mol\ ,O = 16\ g/mol, Ca = 40g/mol,$$
$$\lambda(Cl^-) = 7{,}5\ mS.m^2/mol\ ,\lambda(Ca^{2+}) = 12\ mS.m^2/mol\ ,\quad \lambda(H_3O^+) = 35mS.m^2/mol$$

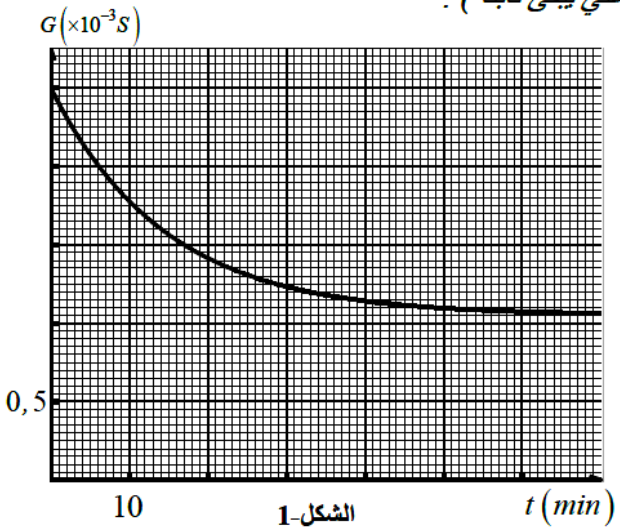
التمرين 15 :

تستعمل إماهة الأسترات في وسط أساسي لتحضير الكحولات انطلاقا من مواد طبيعية .

نريد تتبع تطور تفاعل ميثانوات المثيل مع محلول هيدروكسيد الصوديوم بواسطة قياس الناقلية G .

نضع في بيشر حجما $V = 200mL$ محلول (S_b) لهيدروكسيد الصوديوم (Na^+, HO^-) تركيزه المولي $C_b = 10^{-2} mol/L$. نضيف عند لحظة نعتبرها $(t = 0)$ كمية المادة n_E لميثانوات المثيل مساوية لكمية المادة n_b لهيدروكسيد الصوديوم في المحلول (S_b) . (نعتبر حجم المزيج التفاعلي يبقى ثابتا) .

مكنت الدراسة التجريبية من رسم البيان $G = f(t)$ (الشكل1) .



الشكل-1

ينمذج التحول الكيميائي الحادث بمعادلة التفاعل الكيميائية التالية:

$$HCOOCH_{3(aq)} + HO^-_{(aq)} = HCO^-_{2(aq)} + CH_3OH_{(aq)}$$

1- لماذا يمكن متابعة هذا التحول عن طريق قياس الناقلية G ؟

2- علل سبب تناقص الناقلية G أثناء التفاعل.

3- أنشئ جدول تقدم التفاعل المنمذج لهذا التحول .

4- بين أن عبارة الناقلية G في الوسط التفاعلي عند لحظة t تحقق العلاقة : $G(t) = -0{,}72x(t) + 2{,}5\times10^{-3}$.

5- أعط عبارة السرعة الحجمية للتفاعل ،ثم احسب قيمتها عند اللحظتين: $t_2 = 60min$ ،$t_1 = 0$.ماذا تستنتج؟

6- أوجد زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

المعطيات: *ثابت الخلية $K = 10^{-2} m$.*

$$\left(\lambda_{Na^+} = 5{,}01\times10^{-3}, \lambda_{HCO_2^-} = 5{,}46\times10^{-3}, \lambda_{HO^-} = 19{,}9\times10^{-3}\right) S.m^2/mol .$$

www.dzexams.com

التمرين 16 :

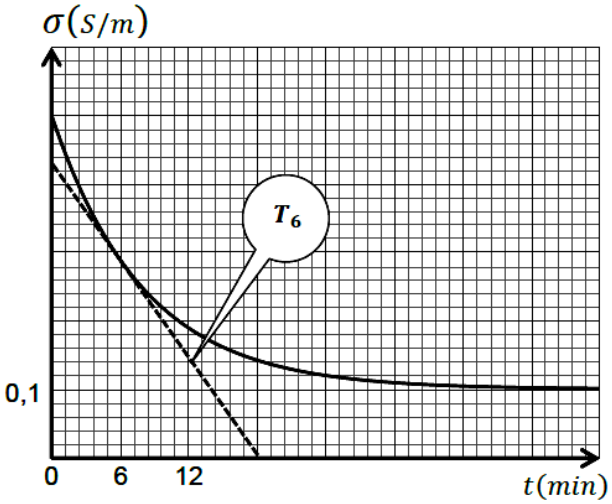
لغرض المتابعة الزمنية للتحول الكيميائي المنمذج بالمعادلة :

$$2Al_{(s)} + 6H_3O^+_{(aq)} = 2Al^{3+}_{(aq)} + 3H_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

عن طريق قياس الناقلية ، عند درجة حرارة 25^0c نضع في بيشر كتلة $m = 27mg$ من الألمنيوم $Al_{(s)}$ ونضيف اليها عند اللحظة $t = 0$ حجما $V = 20ml$ من محلول حمض كلور الماء $\left(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}\right)$ تركيزه المولي $C = 0,012mol/l$

ونتابع تغيرات الناقلية النوعية σ بدلالة الزمن t

فتحصانا على البيان الموضح الشكل .



1) مثل جدولا لتقدم التفاعل .

2) أكتب عبارة الناقلية النوعية $\sigma(t)$ للمزيج .

3) بين أن : $\sigma(t) = -1,01 \times 10^4 x + 0,511$.

4) أوجد كمية المادة لكل من : $H_3O^+_{(aq)}$ و $Al^{3+}_{(aq)}$ عند اللحظة $t = 6min$.

5) بين أن سرعة التفاعل في هذه الحالة تعطى بالعلاقة :

$$v = -\frac{1}{1,01\times10^4} \times \frac{d\sigma}{dt}$$.

6) أوجد قيمة سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 6min$

تعطى عند درجة حرارة 25^0c :

$\lambda\left(H_3O^+_{(aq)}\right) = 35 \times 10^{-3} sm^2/mol$ ، $\lambda\left(Al^{3+}_{(aq)}\right) = 4 \times 10^{-3} sm^2/mol$ ،

$\lambda\left(Cl^-_{(aq)}\right) = 7,6 \times 10^{-3} sm^2/mol$ ، $M(Al) = 27g/mol$

التمرين 17 :

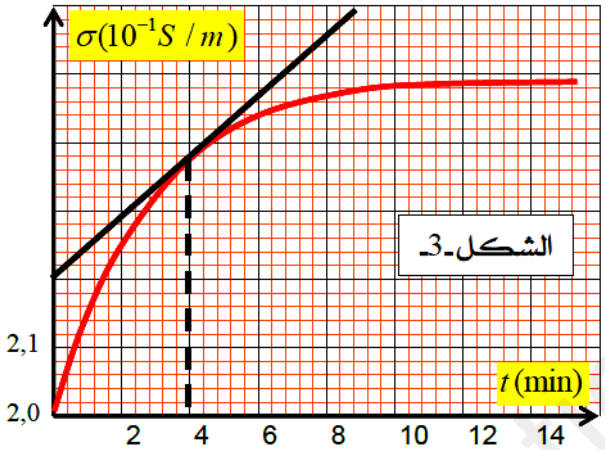
يعرف تحت كلوريت الصوديوم $(Na^+ + ClO^-)$ باسم ماء جافيل، اكتشفه الكيميائي الفرنسي كلود لويس برتولي. وهو منتوج شائع، يستعمل في التنظيف والتطهير.

يتفكك ماء جافيل تلقائيا ببطئ في وجود وسيط حسب التحول الكيميائي التام المنمذج بالمعادلة التالية:

$$2ClO^-_{(aq)} = 2Cl^-_{(aq)} + O_{2(g)}$$

لدراسة تطور هذا التحول، نأخذ عند $\theta = 25\ °C$ عينة من محلول تجاري (S_0) نخففه خمس مرات فنحصل على محلول (S_1) حجمه $V = 100\ mL$ عند اللحظة $t = 0$ نضيف للمحلول (S_1) وسيط فيبدأ التفكك .

نتابع تطور المجموعة الكيميائية باستعمال جهاز قياس الناقلية النوعية فنحصل على المنحنى البياني الممثل في الشكل (04).



الشكل-3-

1 - إشرح بإختصار البروتوكول التجريبي لعملية التمديد.

2 - أنشئ جدول تقدم التفاعل.

3 - أكتب عبارة الناقلية النوعية الإبتدائية σ_0 وأوجد قيمتها بالإعتماد على البيان.

4 - استنتج التركيز المولي C للمحلول (S_1)، ثم التركيز المولي C_0 للمحلول (S_0).

5 - أحسب قيمة التقدم الأعظمي x_{max}.

6 - بين أنه من أجل كل لحظة t :

$$\sigma(t) = 0,2 + 48,6x\ (t)$$

www.dzexams.com

حيث a ، b ثوابت يطلب حسابهم.

7 - أ- عرف السرعة الحجمية للتفاعل.ثم بين أنها تكتب على الشكل:

$$\upsilon_{vol} = \frac{1}{2(\lambda_{Cl^-} - \lambda_{ClO^-})} \frac{d\sigma}{dt}$$

ب- أحسب قيمتها من أجل $t = 4\ min$.

8 - عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$، ثم حدد قيمته.

9 - لو أجرينا التفاعل السابق عند درجة حرارة $\theta' = 40\ °C$ ، فسر كيف تتطور السرعة الحجمية للتفاعل.

تعطى النوعية المولية الشاردية للشوارد عند $25\ °C$ بـ $S.m^2.mol^{-1}$ هي:

$\lambda(Cl^-) = 7,63.10^{-3}$ $\lambda(ClO^-) = 5,2.10^{-3}$ $\lambda(Na^+) = 5\times10^{-3}$

التمرين 18 :

وجد في تحول كيميائي لمحلول شاردي أن عبارة الناقلية عند كل لحظة t على الشكل التالي : $G(t) = \frac{A + Bx(t)}{V}$

حيث حجم المزيج V=100ml و X_{max}= 4 m mol و x(t) تقدم التفاعل في كل لحظة t و A، B ثابتين .

1- حدد وحدة كل من الثابتين A و B في النظام الدولي للوحدات.

-ليكن البيان الذي يمثل تغير الناقلية G بدلالة الزمن t ، ناخذ في بقية التمرين $A=1.9.10^{-6}$(SI) و $B=4.2.10^{-5}$ (SI)

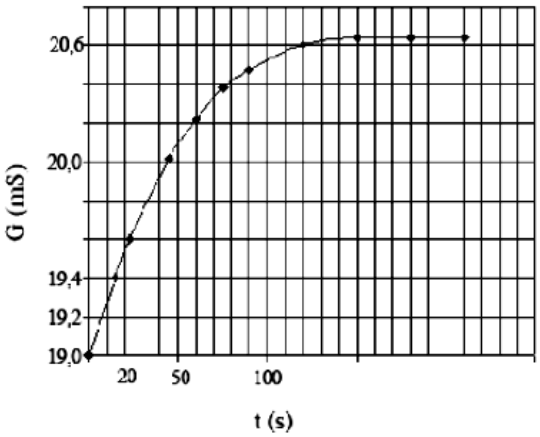
2- أعط تعريف السرعة الحجمية وعبر عنها بدلالة الناقلية G(t)

3- حدد السرعة الحجمية الابتدائية v_0 عند اللحظة t=0s

4- اوجد علاقتي الناقلية الابتدائية G_0 و الناقلية العظمى G_{max} بدلالة A و B و V و x_{max} وتاكد من قيمتها باستعمال البيان

5- عبر عن الناقلية $G_{1/2}$ في لحظة زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ بدلالة G_0 و G_{max}

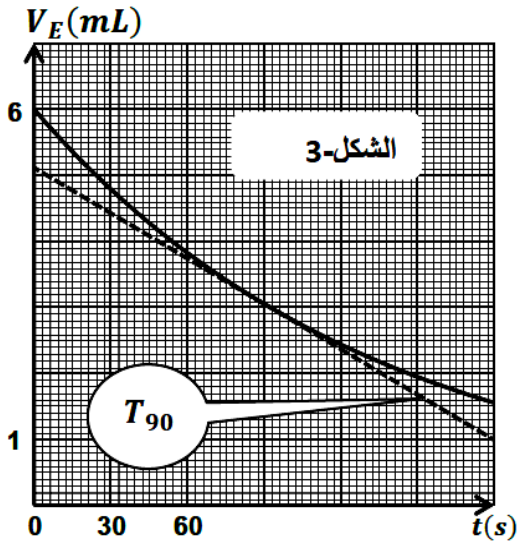
6- احسب $G_{1/2}$ وحدد بيانيا $t_{1/2}$



www.dzexams.com

التمرين 19 :

نمزج عند اللحظة $t = 0$ حجم $V_1 = 500mL$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم $\left(K^+_{(aq)} + MnO^-_{4(aq)}\right)$ تركيزه المولي $C_1 = 0,06mol/L$ مع حجم $V_2 = 500mL$ من محلول حمض الأكساليك $H_2C_2O_{4(aq)}$ تركيزه المولي $C_2 = 0,1mol/L$.



نكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي بالشكل :

$$5\,H_2C_2O_{4(aq)} + 2MnO^-_{4(aq)} + 6H^+_{(aq)} = 2Mn^{2+}_{(aq)} + 10CO_{2(g)} + 8H_2O_{(l)}$$

1) ما هما الثنائيتان Ox/Red الداخلتان في التفاعل؟.
2) أكتب جدول تقدم التفاعل .
3) هل المزيج الابتدائي ستكيومتري ؟
4) بين أنه في أي لحظة t : $[CO_2] = 0,15 - 5[MnO_4^-]$

لمتابعة التفاعل نأخذ خلال أزمنة مختلفة t حجما $V_0 = 10mL$ من المزيج ، ثم نعاير كمية مادة شوارد البرمنغنات المتبقية $MnO^-_{4(aq)}$ بواسطة محلول لكبريتات الحديد الثنائي $\left(Fe^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}\right)$ ذي التركيز $C = 0,25mol/L$. تعطى الثنائية $\left(Fe^{3+}_{(aq)}/Fe^{2+}_{(aq)}\right)$.

5) أكتب معادلة تفاعل المعايرة .
6) عرف التكافؤ ، ثم استنتج عبارة حجم محلول كبريتات الحديد الثنائي المضاف عند التكافؤ V_E بدلالة C و V_0 و $[MnO_4^-]$.
7) قسنا حجم التكافؤ خلال أزمنة مختلفة t ثم تم رسم المنحنى $V_E = f(t)$ الشكل-3
   أ- أحسب السرعة الحجمية لتشكل CO_2 عند اللحظة $t = 90s$.
   ب- أستنتج السرعة الحجمية لتشكل $Mn^{2+}_{(aq)}$ عند اللحظة $t = 90s$.
   ج- عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ثم حدد قيمته .

التمرين 20 :

ان اكسدة شوارد اليود I^- بواسطة البيروكسوديسولفات $S_2O_8{}^{2-}$ هو تفاعل بطيء وتام معادلته من الشكل:

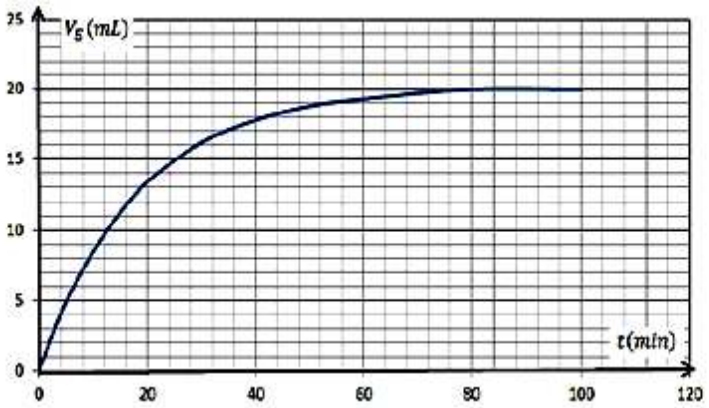
$$2I^-_{(aq)} + S_2O_8{}^{2-}_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2SO_4{}^{2-}_{(aq)}$$

في اللحظة $t = 0$ ندخل $V_1 = 20mL$ من محلول بيروكسوديسولفات ذي التركيز المولي c_1 في بيشر سعته $250mL$ ونظيف اليه $V_2 = 80mL$ من محلول يود البوتاسيوم ذي التركيز المولي $c_2 = 0.2\,mol/L$ ونقوم برجه, ثم نقوم بتقسيم هذا المزيج على 20 انبوب اختبار كل انبوب يحتوي على $5mL$ من المحلول الاصلي .

في كل لحظة مختارة نأخذ انبوب ونسكبه في بيشر سعته $150mL$ مع اضافة ماء وقطع جليد وبعض القطرات من صمغ النشاء او التيودان حتى يصبح لون المحلول ازرق. نعاير I_2 ثنائي اليود المتشكل بمحلول لتيوكبريتات الصوديوم $\left(2Na^+_{(aq)} + S_2O_3{}^{2-}_{(aq)}\right)$ ذي التركيز

www.dzexams.com

المولي $c_0 = 0.025\ mol/L$ ثم نسجل الحجم المضاف عند التكافؤ V_E . فنتحصل على البيان التالي:



1- أ- اكتب المعادلات النصفية للتفاعل.

ب-انجز جدولا لتقدم هذا التفاعل.

جـ - لماذا يجب اضافة الماء والجليد قبل المعايرة ؟

2- الثنائيات الداخلة في تفاعل المعايرة هي:

I_2/I^- , $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$

أ- اعط رسم للبروتوكول التجريبي لتفاعل المعايرة.

ب-اكتب معادلة تفاعل المعايرة وما هي مميزاته؟

3- أثبت أن x تقدم التفاعل يعطى بالعلاقة: $x = 10c_0V_E$, ثم استنتج التقدم الاعظمي والمتفاعل المحد .

4- استنتج c_1 تركيز محلول بيروكسوديسولفات $S_2O_8{}^{2-}$.

5- أ- عرف السرعة الحجمية للتفاعل واكتب عبارتها بدلالة c_0, V_E و V حجم المزيج التفاعلي.

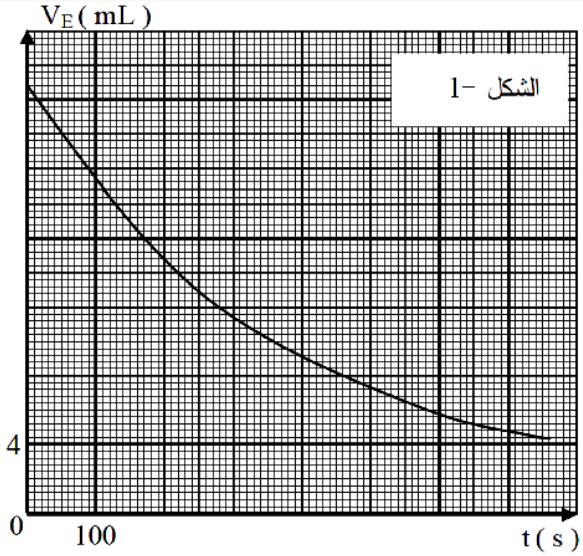
ب-احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين $t = 0$ و $t = 40$, فسر مجهريا هذا التغير .

6- عرف زمن نصف التفاعل وعين قيمته .

7- نعيد التجربة السابقة وذلك باستعمال محلول من بيروكسوديسولفات $S_2O_8{}^{2-}$ ذي التركيز المولي $c_3 = \frac{c_1}{2}$.

- مثل على نفس البيان السابق كيفيا تغيرات حجم التكافؤ بدلالة الزمن مع التعليل.

التمرين21:



للماء الاكسيجيني H_2O_2 أهمية بالغة , فهو معالج للمياه المستعملة ومطر للجروح ومعقم في الصناعات الغذائية .

الماء الاكسجيني يتفكك بتحول بطيء جدا في الشروط العادية معطيا غاز ثنائي الاكسجين والماء وفقا للمعادلة المنمذجة للتحول الكيميائي:

$$2H_2O_{2(aq)} = 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$$

لدراسة تطور التفكك الذاتي للماء الاكسجيني بدلالة الزمن , نأخذ مجموعة انابيب اختبار يحتوي كل منها على حجم $V_0 = 10ml$ من هذا المحلول ونضعها عند اللحظة $t = 0$ في حمام مائي درجة حرارته ثابتة .

عند كل t ، نفرغ انبوبة اختبار في بيشر ونضيف اليه ماء وقطع جليد وقطرات من حمض الكبريت المركز $\left(2H_3O^+_{(aq)} + SO_4{}^-_{(aq)}\right)$ ثم نعاير المزيج بمحلول مائي لثاني كرومات البوتاسيوم $\left(2K^+_{(aq)} + Cr_2O_7^{2-}\right)$ تركيزه المولي $c = 0.1mol/l$ فنحصل كل مرة على الحجم V_E اللازم لبلوغ التكافؤ.

سمحت النتائج المتحصل عليها برسم المنحنى البياني الممثل في الشكل -1-

1- معادلة تفاعل المعايرة هي:

$$3H_2O_{2(aq)} + Cr_2O_7^{2-}{}_{(qa)} + 8\,H_3O^+_{(aq)} = 2Cr^{3+}_{(aq)} + 3O_{2(g)} + 15H_2O_{(l)}$$

أ- اكتب المعادلتين النصفيتين للاكسدة والارجاع الموافقتين لهذا التفاعل .

ب- هل يمكن اعتبار حمض الكبريت كوسيط في هذا التفاعل ؟ علل.

ج- هل يؤثر اضافة الماء وقطع الجليد على قيمة حجم التكافؤ V_E ؟ علل.

2- عبر عن التركيز المولي $[H_2O_2]$ لمحلول الماء الاكسجيني بدلالة : c, V_E و V_0 .

www.dzexams.com

3- القارورة التي اخذ منها الماء الاكسجيني المستخدم في هذه التجربة كتب عليها الدلالة $10V$ أي : كل $1l$ من محلول الماء الاكسجيني يحرر $10l$ من غاز ثناءي الاكسجين O_2 في الشرطين النظاميين .

- هل هذا المحلول محضر حديثا ؟ علل.

4- بالاعتماد على المنحنى والعبارة المتوصلة في السؤال 2- جد :

أ- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

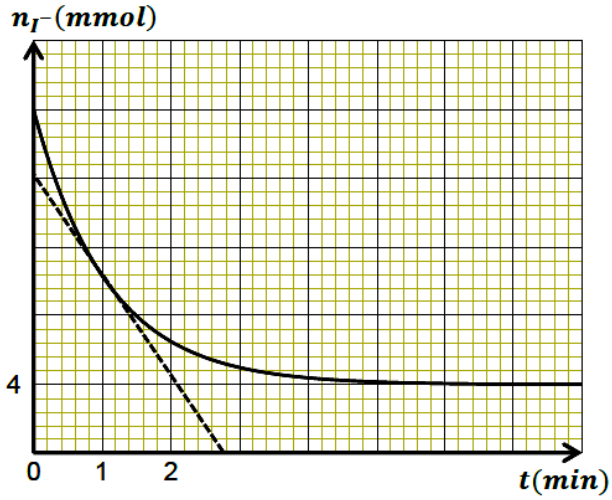
ب- عبارة السرعة الحجمية لاختفاء $H_2O_{2(aq)}$ بدلالة V_E .

ج- قيمة السرعة الحجمية لاختفاء الماء الاكسجيني عند اللحظتين : $t_1 = 200s$ و $t_2 = 600s$. ماذا تلاحظ ؟ علل.

يعطى : $V_M = 22.4\,L/mol$

التمرين 22 :

نمزج عند اللحظة $t = 0$ حجما V_1 من محلول مائي لبيروكسوديكبريتات البوتاسيوم $\left(2K^+_{(aq)} + S_2O^{2-}_{8(aq)}\right)$ تركيزه المولي C_1 مع حجم $V_2 = 200mL$ من محلول يود البوتاسيوم $\left(K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}\right)$ تركيزه المولي C_2 ، نتابع تغيرات كمية مادة $\left(I^-_{(aq)}\right)$ المتبقية في الوسط التفاعلي في لحظات زمنية مختلفة ، فتحصلنا على البيان -1-



1) إذا علمت أن الثنائيتين الداخلتين في التحول الكيميائي الحاصل هما :

$\left(S_2O^{2-}_{8(aq)}/SO^{2-}_{4(aq)}\right)$ و $\left(I_{2(aq)}/I^-_{(aq)}\right)$

أ) أكتب معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية المنمذج للتحول الكيميائي الحاصل .

ب)أنجز جدول تقدم التفاعل .

2) اعتمادا على البيان :

أ) استنتج التركيز المولي C_2 لمحلول يود البوتاسيوم .

ب)حدد المتفاعل المحد علما أن التفاعل تام .

ج) استنتج قيمة التقدم الأعظمي x_{max} .

3) من البيان

أ) استنتج قيمة سرعة اختفاء شوارد اليود $\left(I^-_{(aq)}\right)$ عند اللحظة $t = 1min$.

ب) أوجد قيمة الحجم الكلي V_T للوسط التفاعلي علما أن قيمة السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 1min$ هي : $v_{vol} = 9{,}1 \times 10^{-3} mol.L^{-1}.min^{-1}$.

ج) استنتج قيمة الحجم V_1 لمحلول بيروكسوديكبريتات البوتاسيوم و تركيزه المولي C_1 .

4) عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

5) بين أن كمية مادة شوارد اليود عند اللحظة $t_{1/2}$ تعطى بالعلاقة : $n_{I^-}\left(t_{1/2}\right) = \frac{n_0(I^-)+n_f(I^-)}{2}$.

6) استنتج قيمة $t_{1/2}$.

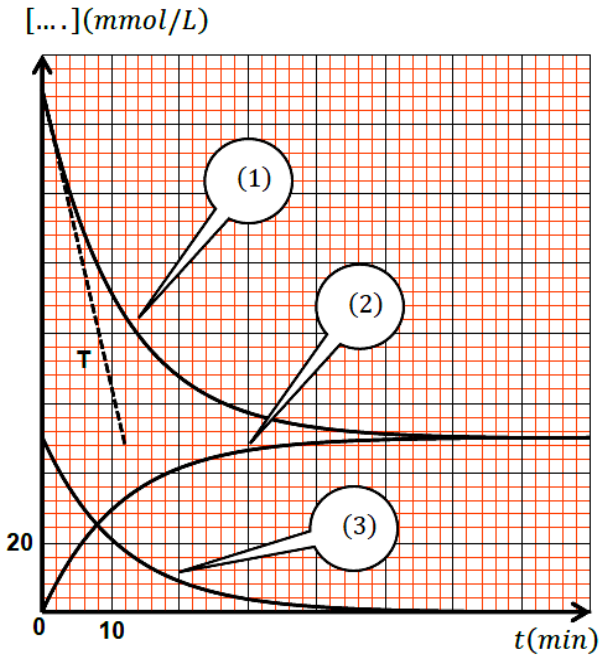
www.dzexams.com

التمرين 23 :

ندرس تطور التفاعل التام الحاصل بين محلول يود البوتاسيوم $\left(K^+_{(aq)}, I^-_{(aq)}\right)$ حجمه $V_1 = 100\ ml$ وتركيزه C_1 ، ومحلول بيروكسودي كبريتات البوتاسيوم $\left(2K^+_{(aq)}, S_2O^{2-}_{8(aq)}\right)$ حجمه $V_2 = 100\ ml$ وتركيزه C_2 $\left(S_2O^{2-}_{8(aq)}\right)$ بشوارد تكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الحاصل:

$$S_2O^{2-}_{8(aq)} + 2I^-_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2SO^{2-}_{4(aq)}$$

تمكنا عن طريق معايرة ثنائي اليود المتشكل من تمثيل البيانات $[I_2]$ و $[I^-]$ و $[S_2O_8^{2-}]$ بدلالة الزمن ورسمنا المماس (T).



1) انجز جدول تقدم التفاعل .
2) احسب قيمة التقدم الأعظمي x_m .
3) احسب كمية المادة الابتدائية للمتفاعل الموافق للبيان (1) وللمتفاعل الموافق للبيان (3) .
4) بين أن البيان (3) يوافق المتفاعل $S_2O_8^{2-}$.
5) احسب قيمة كل من C_1 و C_2 .
6) عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ واستنتج قيمته من أحد البيانات .
7) بين أن السرعة الحجمية للتفاعل تكتب بالشكل $v_{vol} = -\frac{1}{2}\frac{d[I^-]}{dt}$ ، ثم احسب قيمتها عند اللحظة $t = 0$.

www.dzexams.com