الوحدة الاولى : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي .

التمارين

التمرين 01 :

- عرف ما يلي .

-تفاعل الاكسدة الارجاعية -المتفاعل المحد -التقدم النهائي -زمن نصف التفاعل
-المعايرة اللونية -سرعة التفاعل -السرعة الحجمية

التمرين 02 :

- وازن المعادلات الاتية ,ثم استنتج الثنائيتن(ox/red) الداخلتين في كل تفاعل.

$$Mg_{(s)} + H^+ = Mg^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$$
$$S_2O_{8(aq)}^{2-} + I_{(aq)}^- = SO_{4(aq)}^{2-} + I_{2(aq)}$$
$$MnO_{4(aq)}^- + 5H_2O_{2(aq)} + H_{(aq)}^+ = 2Mn_{(aq)}^{2+} + O_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$
$$C_2H_2O_{4(aq)} + Cr_2O_{7(aq)}^{2-} + H_{(aq)}^+ = 6CO_{2(aq)} + Cr_{(aq)}^{3+} + H_2O_{(l)}$$

التمرين03 :

- ان معدن الصوديوم يتفاعل بشدة عندما يلامس الماء ,فنلاحظ انطلاق غاز .

الثنائيتان الداخلتان في التفاعل هي $(Na_{(aq)}^+/Na_{(s)})$ و $(H_2O/H_{2(g)})$

1-ماهو الغاز المنطلق وكيف نتعرف عليه .
2-اكتب المعادلتين النصفيتين .
3-اكتب معادلة الاكسدة الارجاعية .

التمرين04 ☺ بكالوريا 2011

- لدراسة تطور حركية التحول بين شوارد البيكرومات $Cr_2O_{7(aq)}^{2-}$ ومحلول حمض الاكساليك $C_2H_2O_{4(aq)}$. نمزج في اللحظة $t = 0s$ حجما $V = 40ml$ من محلول بيكرومات البوتاسيوم $(Cr_2O_{7(aq)}^{2-} + 2K_{(aq)}^+)$ تركيزه المولي $c_1 = 0.2\ mol.L^-$ مع حجم $V_2 = 60ml$ من محلول حمض الاوكساليك تركيزه المولي مجهول c_2 .

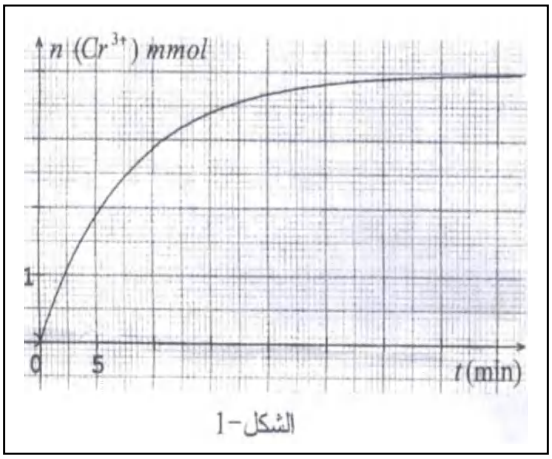
1/اذا كانت الثنائيتان المشاركتان في التفاعل هما $(CO_{2(aq)}/C_2H_2O_{4(aq)})$ و $(Cr_2O_{7(aq)}^{2-}/Cr_{(aq)}^{3+})$

-اكتب المعادلة المعبرة عن اكسدة_ارجاع المنمذج للتحول الكيميائي الحادث .

الوحدة الاولى : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي .

-انشئ جدول التقدم .

2/يمثل (الشكل1) المنحنى البياني لتطور كمية مادة $Cr^{3+}_{(aq)}$ بدلالة الزمن .



الشكل-1

اوجد من البيان :

-سرعة تشكل شوارد $Cr^{3+}_{(aq)}$في اللحظة $t = 20min$.

-التقدم النهائي للتفاعل X_f .

-زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

3/ -باعتبار التحول تاما عين المتفاعل المحد .

-اوجد التركيز المولي لمحلول حمض الاكساليك c_2 .

التمرين05 :

- لدراسة حركية تحول كيميائي تام . غمرنا في لحظة $t = 0$ صفيحة من النحاس كتلتها $m = 3.175g$ في حجم قدره $V = 200ml$ من محلول نترات الفضة $(Ag^{+}_{(aq)} + NO^{-}_{3(aq)})$تركيزه المولي c_0 . سمحت لنا متابعة تطور هذا التحول من رسم البيان الممثل في الشكل الذي يعبر عن تغيرات كتلة الفضة المتشكلة بدلالة الزمن$m_{Ag} = f(t)$.

معادلة التفاعل المنمذج لهذا التحول هي $Cu_{(s)} + 2Ag^{+}_{(aq)} = Cu^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$

1/ -هل التحول الحادث سريع ام بطيئ , برر اجابتك .

2/ -حدد الثنائيتين (ox/red) المشاركتين في التفاعل .

-اكتب المعادلتين النصفيتين للاكسدة والارجاع .

3/ -انشئ جدول التقدم .

-احسب قيمة التقدم الاعظمي X_{max} , استنتج المتفاعل المحد .

4/ -احسب c_0 التركيز المولي الابتدائي لنترات الفضة .

5/ -جد التركيب المولي للمزيج في اللحظة $t = 22.5min$

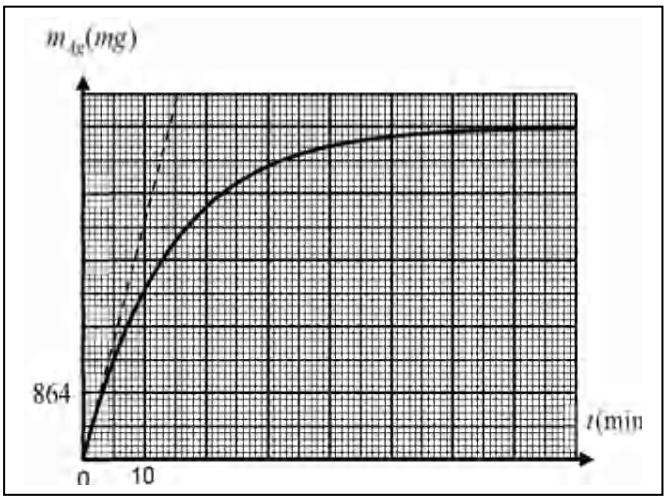
6/ -بين ان كتلة الفضة المتشكلة في زمن نصف التفاعل تعطى بالعلاقة $m_{Ag}(t_{1/2}) = \frac{m_f}{2}$

-استنتج قيمة $t_{1/2}$ بيانيا .

7/ -بين ان سرعة التفاعل في اللحظة t تعطى بالعلاقة $v = \frac{1}{2M_{Ag}} \times \frac{dm_{Ag}}{dt}$.

-احسب قيمتها عند اللحظة $t = 0$.

8/ -استنتج السرعة الحجمية لاختفاء شوارد Ag^+ في نفس اللحظة .



يعطى :

$M_{Cu} = 63.5g.mol^-$

$M_{Ag} = 108g.mol^-$

التمرين06 :

- من أجل تحقيق دراسة حركية تحول بطيئ بين شوارد اليود (I^-) و الماء الأكسجيني (H_2O_2) ، لهما نفس التركيز $c = 0.1mol/L$ نحقق الخليطين التاليين:

الماء الاكسجيني	شوارد اليود	الخليط
2ml	18ml	الاول
1ml	10ml	الثاني

نضيف لكل خليط كمية من الماء المقطر وقطرات من حمض الكبريت فيصبح الحجم التفاعلي الكلي $V = 30ml$ نكتب معادلة التفاعل الحادث في كل خليط كمايلي:

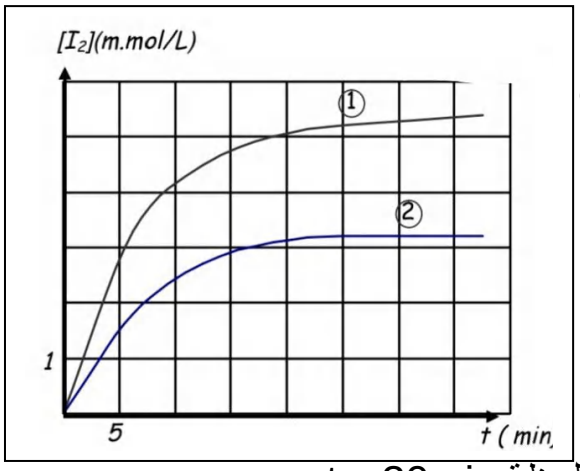
$$2I^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} + H_2O_{2(aq)} = I_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

1/ - أكتب المعادلتين النصفتين للتفاعل الحادث . ثم استنتج الثنائيتين الداخلتين في التفاعل

2/ - أحسب من أجل كل خليط الكميات الابتدائية.

- هل التفاعل الحادث في الخليط الاول ستوكيومتري

- أنشئ جدول التقدم للتفاعل الحادث في الخليط الأول .



3/ يعطي البيان المقابل تركيز ثنائي اليود المتشكل بدلالة الزمن في كل خليط .

- أحسب تركيز اليود المتشكل في الحالة النهائية . في الخليط الأول .

- استنتج من البيان الأول تركيز اليود المتشكل في اللحظة $t = 30min$.

-هل انتهى التفاعل في الخليط الأول عند $t = 30min$, علل .

4/ - احسب و قارن السرعتين في اللحظة $t = 0min$.

-حدد العامل الحركي المسؤول عن تغير السرعة .

التمرين07 ☺ بكالوريا 2015

- لدراسة حركية تطور التحول الكيميائي بين محلول ثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+_{(aq)} + S_2O^{2-}_{3(aq)})$ومحلول حمض كلور الماء $(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$. في اللحظة $t = 0$ نمزج حجما $V_1 = 480ml$ من محلول ثيوكبريتات الصوديوم تركيزه $c_1 = 0.5mol/L$ مع حجم $V_2 = 20ml$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه $c_2 = 5mol/L$. ننمذج التحول الحادث بالمعادلة الكيميائية التالية :

$$S_2O^{2-}_{3(aq)} + 2H_3O^+_{(aq)} = S_{(s)} + SO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$$

1/ -انشئ جدولا لتقدم التفاعل .

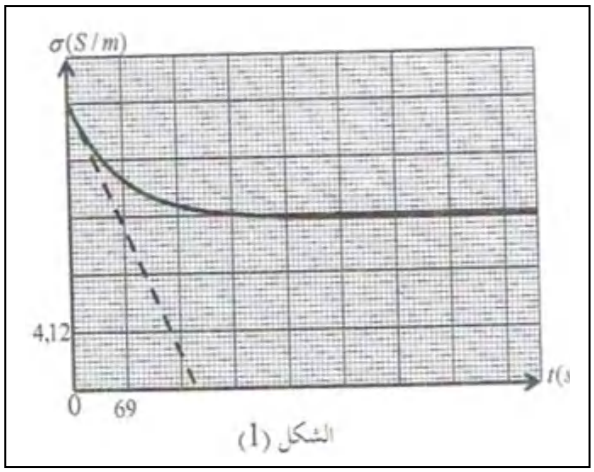
2/ -حدد المتفاعل المحد .

3/ان متابعة التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية للمزيج التفاعلي مكنت من رسم بيان الشكل (1) و الممثل 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:

$$\sigma(t) = 20.6 - 170x$$



-عرف السرعة الحجمية للتفاعل .

-بين ان السرعة الحجمية للتفاعل تكتب بالشكل :

$$v = -\frac{1}{170V} \times \frac{d\sigma(t)}{dt}$$

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

-عرف زمن نصف التفاعل ثم حدد قيمته بيانيا .

التمرين08 :

- لمتابعة التطور الزمني للتحول الكيميائي الحادث بين محلول حمض كلور الماء$(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$ ومعدن الزنك $Zn_{(s)}$. نضيف عند اللحظة $t = 0$ كتلة من الزنك $m(Zn) = 0.654g$ الى دورق به حجم $V = 100ml$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي $c = 0.01mol/L$. نعتبر ان حجم الوسط التفاعلي ثابت خلال مدة

الوحدة الاولى : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي .

التحول . نقيس حجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق مع مرور الزمن في الشروط التجريبية التالية :

$$\mathbf{P} = 1.013 \times 10^5 \mathrm{Pa} \qquad \mathbf{T} = 20°\mathrm{C}$$

1/ -عرف كل من المؤكسد و المرجع .

-اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث , علما ان الثنائيتين المشاركتين في التفاعل هما : $(H_3O^+_{(aq)}/H_{2(g)})$ و $(Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(s)})$

2/ -انشئ جدول التقدم وحدد المتفاعل المحد .

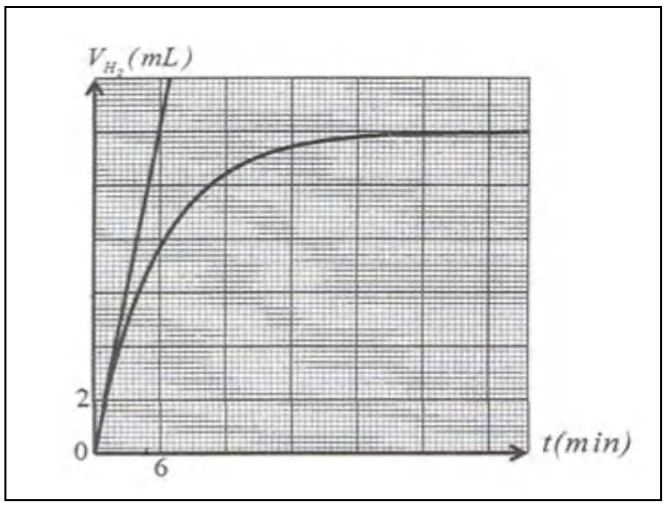
3/ الدراسة التجريبية لهذا التحول مكنت من الحصول على البيان الموضح في الشكل .

-بين انه يمكن كتابة عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بالشكل: $v = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{VRT}} \times \frac{dV_{H_2}}{dt}$

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

-استنتج سرعة اختفاء شوارد $H_3O^+_{(aq)}$ عند نفس اللحظة .

4/ - اوجد بيانيا قيمة زمن نصف التفاعل .



يعطى :

$R = 8.314\ (SI)$

$M(Zn) = 65.4g/mol$

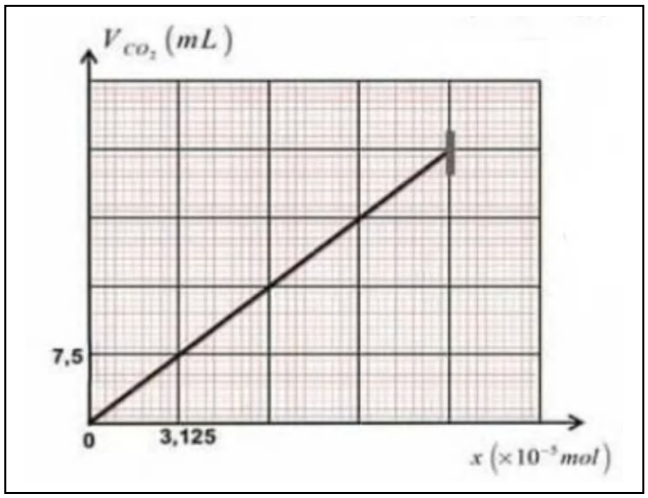
التمرين09 :

- ان تفاعل شاردة البرمنغنات $(MnO^-_{4(aq)})$ مع حمض الاكساليك $(C_2H_2O_{4(aq)})$ في وسط حمضي هو تفاعل تام و بطيئ معادلة التفاعل هي :

$$2MnO^-_{4(aq)} + 5C_2H_2O_{4(aq)} + 6H^+_{(aq)} = 2Mn^{2+}_{(aq)} + 10CO_{2(g)} + 8H_2O_{(l)}$$

نمزج في اللحظة $t = 0$ حجما $V_1 = 25ml$ من محلول مائي محمض لبرمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO^-_4)$ تركيزه المولي c_1 مع حجم $V_2 = 20ml$ من حمض الاكساليك تركيزه المولي $c_2 = 0.1mol/L$. ان المتابعة الزمنية لهذا التفاعل مكنتنا من تمثيل البيان $V(CO_2) = f(x)$ حيث x هو تقدم التفاعل الحجم المولي للغازات في شروط قياس حجم CO_2 هو V_m .

الوحدة الاولى : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي .



1/ -انشئ جدول التقدم لهذا التفاعل .
-جد قيمة التقدم الاعظمي X_{max} .
-حدد المتفاعل المحد , ثم احسب قيمة c_1 .
2/ -جد بيانيا $V_f(CO_2)$ ثم استنتج الحجم المولي للغازات V_m.
3/ -اوجد التركيب المولي للمزيج عند زمن نصف التفاعل .
4/ -بين انه في اللحظة t يكون :

$$[C_2H_2O_4] = \frac{c_2V_2}{V_1+V_2} - \frac{1}{2V_m(V_1+V_2)} \times V(CO_2)$$

5/ علما ان عند اللحظة $t = t_{1/2}$ تكون سرعة تشكل ثنائي اكسيد الكربون

$$\frac{dV_{CO_2}}{dt} = 5 \times 10^{-3} L/min$$

-احسب السرعة الحجمية لاختفاء حمض الاكساليك عند نفس اللحظة .

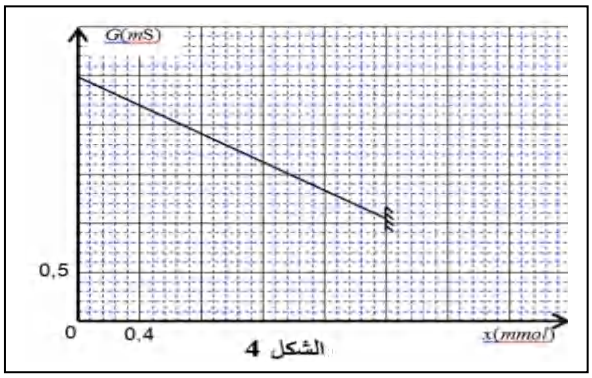
التمرين10 ☺ بكالوريا 2020

- ندرس حركية التفاعل الحادث بين نوع كيميائي $HCOOCH_2CH_3$ومحلول الصودا $(Na^+ + OH^-)$عن طريق قياس ناقلية المزيج التفاعلي بدلالة الزمن .

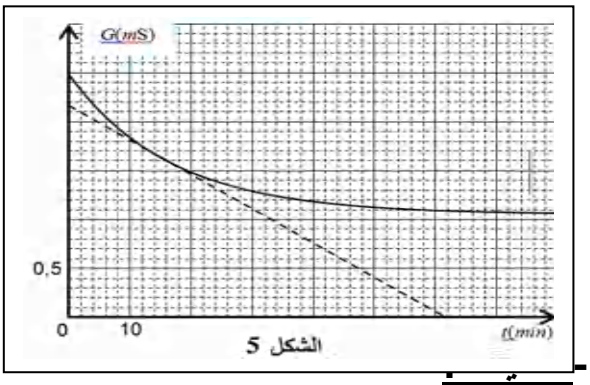
نحقق عند اللحظة $t = 0$ مزيجا من محلول الصودا حجمه $V_0 = 200ml$ تركيزه المولي c_0 و $n_0 = 2mmol$ من النوع الكيميائي$HCOOCH_2CH_3$ نعتبر حجم المزيج التفاعلي هو $V = V_0 = 200ml$. معادلة التفاعل التام المنمذج للتحول الحاصل هي :

$$HCOOCH_2CH_3 + OH^- = HCOO^- + CH_3CH_2OH$$

باستعمال برمجية مناسبة تحصلنا على المنحنيين الموضحين في الشكل 4 والشكل 5.



الشكل 4



الشكل 5

-الناقليات النوعية المولية الشاردية عند درجة الحرارة 25°C .

الوحدة الاولى : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي .

-يهمل التركيز المولي لشوارد الهيدرونيوم امام التركيز المولي لشوارد الهيدروكسيد .

1/ -هل التفاعل الكيميائي الحادث سريع ام بطي. علل.

2/ -اذكر الانواع الكيميائية المسؤولة عن ناقلية المزيج التفاعلي .

3/ -انشئ جدولا لتقدم التفاعل .

4/ -بين ان ناقلية المزيج التفاعلي في لحظة t تكتب بالشكل :

$G = \frac{K}{V}(\lambda_{HCOO^-} - \lambda_{OH^-})x + K.c_0(\lambda_{OH^-} + \lambda_{Na^+})$.حيث K ثابت خلية قياس الناقلية .

5/ اعتمادا على الشكل 4 .

-جد قيمة كل من ثابت الخلية K والتركيز المولي الابتدائي c_0 .

6/ انطلاقا من المنحنيين السابقين .

-جد التركيب المولي للمزيج التفاعلي عند اللحظة $t = 15min$.

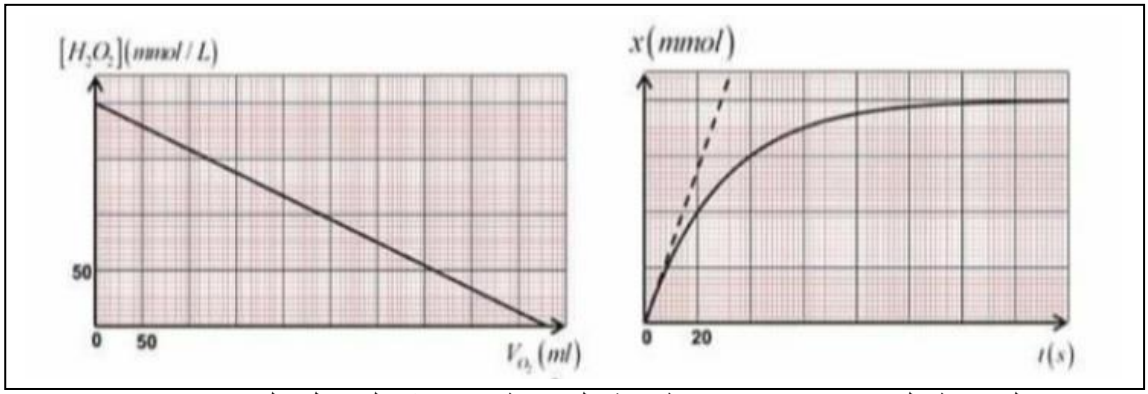
7/ -بين ان عبارة السرعة الحجمية للتفاعل عند لحظة تكتب بالشكل : $v =$.

$$\frac{1}{K(\lambda_{HCOO^-} - \lambda_{OH^-})} \times \frac{dG}{dt}$$

-ثم احسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 15min$.

التمرين11 :

- لدينا قارورة تحتوي على محلول للماء الاكسجيني(H_2O_2) تركيزه المولي c_0 وحجمه V نصب محتوى القارورة في بيشر ونضيف له في اللحظة $t = 0$ بعض القطرات من محلول كلور الحديد الثلاثي$(Fe^{3+} + 3Cl^-)$(وسيط) .بحيث لا يتغير الحجم نتابع تطور التحول الكيميائي عن طريق قياس حجم غاز الاكسجين الناتج نمثل البيانين التاليين .



1/ -عرف الوسيط الكيميائي . ماهي طبيعة الوسيط في هذا التحول الكيميائي .

2/ -اكتب معادلة تفكك الماء الاكسجيني الثنائيتين المتفاعلتان هما (O_2/H_2O_2)

(H_2O_2/H_2O).

3/ -انشئ جدولا لتقدم التفاعل .

4/ -بين ان التركيز المولي للماء الاكسجين في اللحظة $t = 0$ يكتب بالشكل :

$$[H_2O_2] = c_0 - \frac{2}{VV_m}V_{O_2}$$

5/ باستعمال علاقة السؤال 4 واحد البيانين اوجد:

- التركيز المولي الابتدائي للماء الاكسجيني c_0 .
- حجم المحلول V.
- التقدم الاعظمي X_{max} .

6/ -ضع سلما لمحور التراتيب في البيان 1 .

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

يعطى :

الحجم المولي للغازات في شروط التجربة $V_m = 24L/mol$.

التمرين12 :

- يتفاعل محلول حمض كلور الهيدروجين$(H_3O^+ + Cl^-)$ مع الالمنيوم Al وفق تفاعل تام منتجا غاز ثنائي الهيدروجين وشوارد الامنيومAl^{3+} . في اللحظة $t = 0$ ندخل عينة كتلتها $m_0 = 0.81g$ من حبيبات الالمنيوم في بالون يحتوي على حجم $V = 100ml$ من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي $c = 0.3mol/L$. باستعمال تجهيز مناسب نتابع حجم غاز الهيدروجين المنطلق خلال لحظات زمنية مختلفة .

ندون النتائج المتحصل عليها في الجدول التالي :

t(min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$V_{H_2}(ml)$	0.0	65.2	118.6	162.4	198.2	227.5	251.5	271.2	287.3
$[Al^{3+}](mmol/L)$									

1/ -اقترح مخططا تجريبيا يمكن من قياس حجم غاز الهيدروجين المنطلق .

2/ -اكتب المعادلتين النصفيتين للاكسدة والارجاع ثم معادلة اكسدة _ارجاع علما ان الثنائيات الداخلة في التفاعل هي : $(H_3O^+/H_2)(Al^{3+}/Al)$.

3/ -انشئ جدولا لتقدم التفاعل الكيميائي الحادث ثم جد قيمة التقدم الاعظمي X_{max} .

-بين ان تركيز شوارد الالمنيوم الناتجة تعطى بالعلاقة التالية : $[Al^+](t) = \frac{V_{H_2}(t)}{3VV_m}$

حيث $V_{H_2}(t)$ حجم غاز الهيدروجين المنطلق V_m, الحجم المولي .

-اكمل الجدول ثم ارسم المنحنى البياني $[Al^+] = f(t)$.

-احسب تركيز $[Al^+]_f$. هل انتهى التفاعل عند اللحظة $t = 8min$.

4/ -عرف السرعة الحجمية للتفاعل ثم بين انها في اللحظة t تعطى بالعلاقة :

$$v = \frac{1}{2} \times \frac{d[Al^{3+}]}{dt}$$

-احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 6min$.

-كيف تتطور السرعة مع الزمن . فسر ذلك مجهريا .

-استنتج سرعتي اختفاء H_3O^+ عند نفس اللحظة السابقة .

5/ -عرف زمن نصف التفاعل ثم استنتج قيمته بيانيا .

6/ -اعط تراكيز الافراد المتواجدة في المزيج التفاعلي عند اللحظة $t = 5min$

معطيات :

$V_m = 24L/mol \; M(Al) = 27\ g/mol$

التمرين13 :

- نضع 100mL من محلول بيروكسود يكبريتات البوتاسيوم $(2K^+ + S_2O_8^{2-})$ذو التركيز $C2 = 0.036\ mol/L$ في بيشر موضوع فوق مخلاط مغناطيسي ثم نضع 100 mL من محلول يود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)$ الشفاف ذي التركيز المولي $C1 = 0.4mol/L$ لتعيين كمية ثنائي اليود المتشكلة في لحظات زمنية مختلفة نتبع الخطوات التالية:

في اللحظة $t = 0$ (لحظة تشغيل الكرونومتر) نمزج المحلولين ونرج لجعل المزيج متجانسا ثم نجزأ المزيج (الجملة S) إلى 9 عيينات متماثلة حجم كل منها 10mL . (الحجم الكلي للمزيج 200mL).

في اللحظة t1 نقوم بسقي العينة "1" بإضافة الماء البارد أو المثلج ثم نعاير ثنائي اليود $I_2(aq)$ الناتج والذي تحويه العينة "1" بواسطة محلول ثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+(aq) + S_2O_3^{2-}(aq))$تركيزه $C3 = 0.02mol/L$ ونسجل قيمة الحجم V_{eq} لمحلول الثيوكبرتات المضاف عند التكافؤ . نضيف قطرات من صمغ النشأ أو التيودان حيث يصبح المحلول أزرقا ثم نواصل عملية المعايرة . ثم نسجل الحجم المضاف عند التكافؤ V_{eq} . (عند التكافؤ يزول اللون الأزرق دلالة على اختفاء ثنائي اليود كليا).

في اللحظة t2 نقوم بسقي العينة "2"، ثم نعاير نعاير ثنائي اليود $I_2(aq)$ الذي تحويه العينة "2" ونسجل قيمة الحجم V_{eq} وهكذا بعد معايرة جميع العينات سجلنا قيم V_{eq} لمحلول الثيوكبريتات اللازم للتكافؤ في الجدول التالي.

t (min)	0	3	6	9	12	16	20	30	40	50	60
(mL) V_{eq}	0.0	2.5	5.1	7.1	8.4	10.6	11.4	14.1	15.6	16.1	16.4

1/ -كيف يظهر عمليا تطور الجملة الكيميائية .

-اكتب معادلة التفاعل (1) الحادث علما أن الثنائيات Ox / Red الداخلة في التفاعل هي : I_2 / I^- , $S_2O_8^{2-}$ / SO_4^{2-}

2/ -أنجز جدولا لتقدم التفاعل (1).

3/ -أوجد العلاقة بين كمية اليود $n(I_2)$ المتشكلة وتقدم التفاعل $x(t)$.

4/ - لماذا نضيف الماء البارد إلى العينة المأخوذة قبل المعايرة.

-ماهو البروتوكول التجريبي الذي يمكن إتباعه في عملية المعايرة .

5/ -أكتب معادلة تفاعل (2) .الممثل للتفاعل الحادث علما أن الثنائيات Ox / Red الداخلة في التفاعل هي : ($S_4O_6^{2-}$ / $S_2O_3^{2-}$), (I_2 / I^-) .

-أنجز جدولا لتقدم التفاعل (2).

6/ -أوجد العلاقة بين كمية اليود $n_0(I_2)$ المتشكلة من أجل الوسط التفاعلي $V = 10\ mL$ والحجم V_{eq} .

-أوجد العلاقة بين كمية اليود $n(I_2)$ المتشكلة من أجل الوسط التفاعلي $V = 200\ mL$ والحجم V_{eq} .واستنتج العلاقة بين تقدم التفاعل $x(t)$ و الحجم V_{eq} .

7/ -باستخدام العلاقة السابقة أكمل الجدول التالي :

t (min)	0	3	6	9	12	16	20	30	40	50	60
X(m moL)											

8/ -أرسم المنحنى البياني $X = f(t)$. ماذا تستنتج من هذا النشاط التجريبي؟

9/ -انشيء المماسين لهذا المنحنى في اللحظتين $t = 0$ و $t = 15\ min$ ثم احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند هاتين اللحظتين.

حلول التمارين

التمرين01:

-تعاريف :

-تفاعل الاكسدة الارجاعية : هو تبادل الكتروني بين الثنائيتين (ox_1/red_1) و (ox_2/red_2) .

-المتفاعل المحد : هو المتفاعل الذي تستهلك كمية مادته قبل كل المتفاعلات الاخرى .

-التقدم النهائي : هو قيمة التقدم لما تتوقف الجملة الكيميائية عن التطور X_f .

-زمن نصف التفاعل : هو المدة الازمة لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي .

-المعايرة اللونية : هي عبارة عن عملية مخبرية تستخدم لتحديد كمية بعض مكونات عينة ما .

-سرعة التفاعل : هي مقدار تغير التقدم x في وحدة الزمن .

-السرعة الحجمية : هي سرعة التفاعل في وحدة الحجم .

التمرين02:

-موازنة المعادلات الكيميائية واستخراج الثنائيات (ox/red) الداخلتين في كل تفاعل.

$$Mg_{(s)} + 2H^+_{(aq)} = Mg^{2+}{}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

$$(Mg^{2+}{}_{(aq)}/Mg_{(s)})\ (H^+_{(aq)}/H_{2(g)})$$

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

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

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

$$(MnO^-_{4(aq)}/Mn^{2+}_{(aq)})\ \ (O_{2(g)}/H_2O_{2(aq)})$$

$$3C_2H_2O_{4(aq)} + Cr_2O^{2-}_{7(aq)} + 8H^+_{(aq)} = 6CO_{2(aq)} + 2Cr^{3+}_{(aq)} + 7H_2O_{(l)}$$

$$(CO_{2(aq)}/C_2H_2O_{4(aq)})\ \ (Cr_2O^{2-}_{7(aq)}/Cr^{3+}_{(aq)})$$

التمرين03:

1/ -الغاز المنطلق : هو غاز ثنائي الهيدروجين .

-يتم التعرف عليه : بتقريب عود ثقاب فيحدث فرقعة .

2/ -المعادلتين النصفيتين :

اكسدة $Na \rightarrow Na^+ + e^-$

ارجاع $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2HO^-$

3/ - معادلة الاكسدة الارجاعية :

$$2Na + 2H_2O \rightarrow 2Na^+ + H_2 + 2HO^-$$

التمرين04:

1/ -المعادلة المعبرة عن اكسدة_ارجاع المنمذج للتحول الكيميائي الحادث :

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

$$3 \times (C_2H_2O_4 \rightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-)$$

$$3C_2H_2O_4 + 8H^+ + Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 6CO_2 + 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

-جدول التقدم :

المعادلة		$3C_2H_2O_4 + Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ \rightarrow 6CO_2 + 2Cr^{3+} + 7H_2O$					
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)					
$t = 0$	0	C_2V_2	C_1V_1	بالزيادة	0	0	بالزيادة
$t \neq 0$	x	$C_2V_2 - 3x$	$C_1V_1 - x$	بالزيادة	6x	2x	بالزيادة
t_f	x_f	$C_2V_2 - 3x_f$	$C_1V_1 - x_f$	بالزيادة	$6x_f$	$2x_f$	بالزيادة

2/ -من البيان :

-سرعة تشكل شوارد $Cr^{3+}_{(aq)}$ في اللحظة $t = 20min$:

$$v'(20) = \frac{dn(Cr^{3+}_{(aq)})}{dt} = 3.5 \times 10^{-5} mol/min$$

-حساب التقدم النهائي :

$$2x_f = 4 \times 10^{-3} mol \rightarrow x_f = 2 \times 10^{-3} mol$$

-حساب زمن نصف التفاعل :

$$x = \frac{x_f}{2} \quad \text{فان} \quad t_{1/2} \approx 5min$$

3/ -المتفاعل المحد : باعتبار التفاعل التام $x_{max} = x_f = 2 \times 10^{-3} mol$

$$x_{max} = C_1 V_1 = 8mmol \neq x_f$$

ليس متفاعل محد .وعليه المتفاعل المحد هو حمض الاكساليك .

-تركيز محلول حمض الاكساليك :

$$C_2 = \frac{3x_{max}}{V_2} = 0.1mol/L$$

التمرين05:

1/ -التحول الحادث بطيء **لأنه** يستغرق بضع دقائق (حسب البيان).

2/ - تحديد الثنائيتين (ox/red) المشاركتين في التفاعل : $(Ag^+/Ag)\ ,(Cu^{2+}/Cu)$

-المعادلتين النصفيتين للاكسدة والارجاع :

اكسدة $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

ارجاع $2 \times (Ag^+ + e^- \rightarrow Ag)$

3/ - جدول التقدم :

$$n(Cu) = \frac{m}{M} = 0.05mol$$

حالة الجملة	تقدم التفاعل (mol)	$Cu_{(s)} + 2Ag^+_{(aq)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$			
ح. الابتدائية	$X = 0$	0.05	C_0V_0	0	0
ح. الانتقالية	$X(t)$	$0.05 - x$	$C_0V_0 - 2x$	x	$2x$
ح. النهائية	X_{max}	$0.05 - X_{max}$	$C_0V_0 - 2X_{max}$	X_{max}	$2X_{max}$

-حساب قيمة التقدم الاعظمي X_{max} :

لدينا من جدول التقدم : $n(Ag)_f = 2x_{max}$

$$x_{max} = \frac{n(Ag)_f}{2} = \frac{m(Ag)_f}{2M} = 0.02mol$$

-استنتاج المتفاعل المحد :

$$n(Cu)_f = 0.05 - x_{max} = 0.05 - 0.02 \rightarrow n(Cu)_f \neq 0$$

اذن Ag^+ هو المتفاعل المحد .

4/ -حساب c_0 التركيز المولي الابتدائي لنترات الفضة :

بما ان Ag^+ هو المتفاعل المحد فان .

$$C_0V - 2x_{max} = 0 \rightarrow C_0 = \frac{2x_{max}}{V} = 0.2mol/L$$

5/ -ايجاد التركيب المولي للمزيج في اللحظة $t = 22.5min$:

$$n(Ag) = 2x \rightarrow x(22.5) = \frac{n(Ag)_{22.5}}{2} = \frac{m(Ag)_{22.5}}{2M} = 0.016mol$$

$n(Cu)_{22.5}$	$n(Ag^+)_{22.5}$	$n(Ag)_{22.5}$	$n(Cu^{2+})_{22.5}$
0.05-x	0.04-2x	2x	x
0.05-0.016	0.04-2(0.016)	2×0.016	0.016
0.034 mol	0.008 mol	0.032 mol	0.016 mol

6/ -بين ان كتلة الفضة المتشكلة في زمن نصف التفاعل تعطى بالعلاقة $m_{Ag}(t_{1/2}) = \frac{m_f}{2}$:

$$m_f(Ag) = 2Mx_f n(Ag) = 2x \rightarrow m(Ag) = 2Mx \quad ,$$

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

-استنتاج قيمة $t_{1/2}$ بيانيا :

$m_{Ag}(t_{\frac{1}{2}}) = \frac{m_f}{2} = 2160mg$ بالاسقاط على محور الفواصل نجد $t_{1/2} = 10min$

7/ -بين ان سرعة التفاعل في اللحظة t تعطى بالعلاقة $v' = \frac{1}{2M_{Ag}} \times \frac{dm_{Ag}}{dt}$:

$$n(Ag) = 2x = \frac{m_{Ag}}{M_{Ag}} \rightarrow x = \frac{m_{Ag}}{2M_{Ag}} \rightarrow \frac{dx}{dt} = \frac{1}{2M_{Ag}}\frac{dm_{Ag}}{dt} v' = \frac{dx}{dt} \quad ,$$

$$\rightarrow v' = \frac{1}{2M_{Ag}} \times \frac{dm_{Ag}}{dt}$$

-حساب قيمتها عند اللحظة $t = 0$:

$$v'(0) = \frac{1}{2M_{Ag}} \times \frac{dm_{Ag}}{dt} = \frac{1}{2 \times 108}\left(\frac{3.024 - 0}{10 - 0}\right)$$

$$v'(0) = 1.4 \times 10^{-3} mol/min$$

8/ - استنتاج السرعة الحجمية لاختفاء شوارد Ag^+ في نفس اللحظة :

$$v = -\frac{1}{V}\frac{dn(Ag^+)}{dt} \quad , \quad n(Ag^+) = n_0 - 2x \rightarrow \frac{dn(Ag^+)}{dt} = -2\frac{dx}{dt}$$

$$v(0) = \frac{2}{V}\frac{dx}{dt} = \frac{2}{0.2} \times 1.4 \times 10^{-3} = 14 \times 10^{-3} mol/min$$

التمرين06:

1/ -المعادلتين النصفيتين للاكسدة والارجاع :

اكسدة $2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$

ارجاع $H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$

-الثنائيتين (ox/red) المشاركتين في التفاعل : (I_2/I^-) , (H_2O_2/H_2O).

2/ -حساب من أجل كل خليط الكميات الابتدائية :

$$n = C.V$$

الخليط	شوارد اليود $n(I^-)$	الماء الاكسجيني $n(H_2O_2)$
الاول	1.8mmol	0.2mmol
الثاني	1mmol	0.1mmol

-ستوكيومترية المزيج :

$$\frac{n(I^-)}{2} \neq \frac{n(H_2O_2)}{1}$$

ومنه المزيج ليس ستوكيومتري .

-جدول التقدم :

المعادلة		$2I^-_{(aq)} + H_2O_{2(aq)} + 2H^+_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$				
الحالة	التقدم	كمية المادة (mmol)				
$t = 0$	0	1.8	0.2	بالزيادة	0	بالزيادة
$t \neq 0$	x	$1.8 - 2x$	$0.2 - x$	بالزيادة	x	بالزيادة
t_f	x_f	$1.8 - 2x_f$	$0.2 - x_f$	بالزيادة	x_f	بالزيادة

3/ -حساب تركيز ثنائي اليود المتشكل في الحالة النهائية :

بما ان المتفاعل المحد هو شوارد اليود اذن : $x_f = 0.2mmol$, $V_T = 30ml$

$$[I_2]_f = \frac{n(I_2)}{V} = \frac{x_f}{V_T} = 6.67 \times 10^{-3} mol/L$$

-استنتاج تركيز ثنائي اليود المتشكل في الحالة $t = 30min$:

$$[I_2]_{(30min)} = 5.3 \times 10^{-3} mol/L$$

نلاحظ $[I_2]_{(30min)} < [I_2]_f$ وبالتالي لا يمكن ان نقول التفاعل منتهي في اللحظة $t = 30min$

4/ -حساب ومقارنة السرعتين عند اللحظة $t = 0$:

العامل الحركي هو التركيز الابتدائي للمتفاعلات .

جـ - سرعة تفاعل الخليط (1) اكبر من سرعة الخليط (2)

التمرين07 ☺ بكالوريا 2015

1/ -جدول التقدم :

المعادلة		$S_2O_{3(aq)}^{2-} + 2H_3O_{(aq)}^{+} = S_{(s)} + SO_{2_{(g)}} + 3H_2O_{(l)}$				
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)				
$t = 0$	0	0.24	0.1	0	0	بالزيادة
$t \neq 0$	x	$0.24 - x$	$0.1 - 2x$	x	x	بالزيادة
t_f	x_f	$0.24 - x_f$	$0.1 - 2x_f$	x_f	x_f	بالزيادة

2/ -تحديد المتفاعل المحد :

$$n_{01} - X_{max} = 0 \rightarrow X_{max} = n_{01} = C_1V_1 = 0.24mol$$

$$n_{02} - 2X_{max} = 0 \rightarrow X_{max} = \frac{n_{02}}{2} = \frac{C_2V_2}{2} = 0.05mol$$

ومنه المتفاعل المحد هو $H_3O_{(aq)}^{+}$ و $X_{max} = 0.05mol$.

3/ -تتناقص الناقلية بسبب اختفاء شوارد $H_3O_{(aq)}^{+}$ و $S_2O_{3(aq)}^{2-}$.

4/ -تعريف السرعة الحجمية للتفاعل : هي مقدار تغير تقدم التفاعل بدلالة الزمن في وحدة الحجوم وتعطى العلاقة $v = \frac{1}{V_T} \times \frac{dx}{dt}$

-البرهان :

$$\sigma(t) = 20.6 - 170x \rightarrow x = \frac{20.6 - \sigma(t)}{170} \rightarrow \frac{dx}{dt} = -\frac{1}{170} \times \frac{d\sigma(t)}{dt}$$

$$v = -\frac{1}{170V_T} \times \frac{d\sigma(t)}{dt}$$

ملاحظة :

$$\frac{1}{V_T} \times \frac{dx}{dt} = v(\text{السرعة الحجمية})$$

-قيمة السرعة الحجمية :

$$v = -\frac{1}{170 \times 0.5 \times 10^{-3}} \times \frac{0 - 5 \times 4.12}{158.7 - 0} = 1.53\ mol/m^3.s$$

-تعريف زمن نصف التفاعل : هو الزمن الازم لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته النهائية.

$$\sigma(t_{1/2}) = 20.6 - 170 \times 0.025 = 16.35(S/m)$$

من البيان نجد $t_{1/2} = 48.3\ s$

التمرين08:

1/ -تعاريف :

المؤكسد : هو فرد كيميائي يمكن ان يكتسب الكترون او اكثر .

المرجع : هو فرد كيميائي يمكن ان يفقد الكترون او اكثر .

-معادلة التفاعل :

$$Zn = Zn^{2+} + 2e^-$$
$$2H_3O^+ + 2e^- = H_2 + 2H_2O$$
$$Zn + 2H_3O^+ = H_2 + Zn^{2+} + 2H_2O$$

2/ -جدول التقدم :

المعادلة		$Zn + 2H_3O^+ = H_2 + Zn^{2+} + 2H_2O$				
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)				
$t = 0$	0	0.01	10^{-3}	0	0	بالزيادة
$t \neq 0$	x	$0.01 - x$	$10^{-3} - 2x$	x	x	بالزيادة
t_f	x_{max}	$0.01 - x_{max}$	$10^{-3} - 2x_{max}$	x_{max}	x_{max}	بالزيادة

-تحديد المتفاعل المحد :

$$n_{01} - X_{max} = 0 \rightarrow X_{max} = \frac{m}{M} = 0.01mol$$

$$n_{02} - 2X_{max} = 0 \rightarrow X_{max} = \frac{C.V}{2} = 5 \times 10^{-4}mol$$

ومنه المتفاعل المحد هو H_3O^+ و $X_{max} = 5 \times 10^{-4}mol$.

3/ -اثبات العلاقة $v = \frac{P}{VRT} \times \frac{dV_{H_2}}{dt}$:

$$n_{H_2} = x \rightarrow xRT = PV_{H_2} \rightarrow x = \frac{PV_{H_2}}{RT} \rightarrow \frac{dx}{dt} = \frac{P}{RT} \times \frac{dV_{H_2}}{dt}$$

ومنه :

$$v = \frac{P}{V_T RT} \times \frac{dV_{H_2}}{dt}$$

ملاحظة :

$$\frac{1}{V_T} \times \frac{dx}{dt} = v(\text{السرعة الحجمية})$$

-السرعة الحجمية للتفاعل عند النقطة :

$$v = \frac{1.013 \times 10^5}{0.1 \times 8.314 \times 293} \times \frac{(12-0) \times 10^{-6}}{6-0} = 8.32 \times 10^{-4} \text{mol/L.min}$$

- سرعة اختفاء شوارد $H_3O^+_{(aq)}$ عند نفس اللحظة :

$$v' = -\frac{dn_{H_3O^+}}{dt} = -\frac{d(n_{02} - 2x)}{dt} = -\frac{d(n_{02})}{dt} + \frac{d(2x)}{dt}$$

$$\rightarrow 2\frac{dx}{dt} = 2.V_T.v_{(\text{السرعة الحجمية})} = 2 \times 0.1 \times 8.32 \times 10^{-4}$$

$$= 16.64 \times 10^{-5} \text{mol/min}$$

4/ - ايجاد بيانيا قيمة زمن نصف التفاعل :

$$V_{H_2}(t_{1/2}) = 6\text{ml} \rightarrow t_{1/2} = 4.2\text{min}$$

التمرين09:

1/ - جدول التقدم :

المعادلة		$2MnO^-_{4(aq)} + 5C_2H_2O_{4(aq)} + 6H^+_{(aq)} = 2Mn^{2+}_{(aq)} + 10CO_{2(g)} + 8H_2O_{(l)}$					
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)					
$t = 0$	0	$0.025C_1$	0.002	بالزيادة	0	0	بالزيادة
$t \neq 0$	x	$0.025C_1 - 2x$	$0.002 - 5x$	بالزيادة	2x	10x	بالزيادة
t_f	x_{max}	$0.025C_1 - 2x_{max}$	$0.002 - 5x_{max}$	بالزيادة	$2x_{max}$	$10x_{max}$	بالزيادة

-تحديد كل من التقدم الاعظمي والمتفاعل المحد:

لدينا من البيان $X_{max} = 1.25 \times 10^{-4}\text{mol}$

$$n_f(H_2C_2O_4) = 2 \times 10^{-3} - 5x_{max} = 2 \times 10^{-3} - (5 \times 1.25 \times 10^{-4})$$

$$n_f(H_2C_2O_4) = 1.37 \times 10^{-3}mol \neq 0$$

ومنه المتفاعل المحد هو $MnO_{4(aq)}^-$

-حساب قيمة C_1 :

بما ان المتفاعل المحد هو $MnO_{4(aq)}^-$ فان .

$$0.025C_1 - 2x_{max} = 0 \rightarrow C_1 = 0.01mol/L$$

2/ -ايجاد بيانيا قيمة $V_f(CO_2)$:

$$V_f(CO_2) = 4 \times 7.5 = 30ml$$

-الحجم المولي للغازات V_m :

$$\frac{V_f(CO_2)}{V_m} = 10x_{max} \rightarrow V_m = 24L/mol$$

3/ -ايجاد التركيب المولي للمزيج عند زمن نصف التفاعل :

$$x(t_{1/2}) = \frac{X_{max}}{2} \rightarrow x(t_{1/2}) = 6.25 \times 10^{-5}mol$$

$n_f(MnO_{4(aq)}^-)$	$n_f(C_2H_2O_{4(aq)})$	$n_f(Mn_{(aq)}^{2+})$	$n_f(CO_{2(g)})$
$-2x(t_{1/2})0.025C_1$	$0.002-5x(t_{1/2})$	$2\,x(t_{1/2})$	$10\,x(t_{1/2})$
$1.25 \times 10^{-4}mol$	$1.68 \times 10^{-3}mol$	$1.25 \times 10^{-4}mol$	$6.25 \times 10^{-4}mol$

4/ -بين انه في اللحظة t يكون : $[C_2H_2O_4] = \frac{c_2V_2}{V_1+V_2} - \frac{1}{2V_m(V_1+V_2)} \times V(CO_2)$

$$n(C_2H_2O_{4(aq)}) = C_2V_2 - 5x \rightarrow [C_2H_2O_{4(aq)}] = \frac{C_2V_2}{V_1+V_2} - \frac{5x}{V_1+V_2}$$

$$n(CO_{2(g)}) = 10x = \frac{V_{CO_2}}{V_m} \rightarrow x = \frac{V_{CO_2}}{10V_m}$$

$$\left[C_2H_2O_{4(aq)}\right] = \frac{C_2V_2}{V_1+V_2} - \frac{5x}{V_1+V_2}$$

$$[C_2H_2O_4] = \frac{c_2V_2}{V_1+V_2} - \frac{1}{2V_m(V_1+V_2)} \times V(CO_2)$$

5/ -السرعة الحجمية لاختفاء حمض الاكساليك عند نفس اللحظة :

علما ان $\frac{dV_{CO_2}}{dt} = 5 \times 10^{-3}L/min$

$$v = -\frac{d[C_2H_2O_4]}{dt} = -\frac{1}{2V_m(V_1+V_2)} \times \frac{dV(CO_2)}{dt} = 2.3 \times 10^{-3}mol/L.min$$

التمرين10 ☺ بكالوريا 2020

1/ -التفاعل الحادث :

بطيئ **لان** مدته تقدر بعدة دقائق "الشكل5" .

2/ -الافراد الكيميائية المسؤولة عن الناقلية : $Na^+ \ . HCOO^- \ . OH^-$

3/ -جدول التقدم :

حالة الجملة	تقدم التفاعل (mol)	$HCOOCH_2CH_3 + OH^- = HCOO^- + CH_3CH_2OH$			
ح. الابتدائية	$X = 0$	n_0	C_0V	0	0
ح. الانتقالية	$X(t)$	$n_0 - x$	$C_0V - x$	x	x
ح. النهائية	X_f	$n_0 - x_f$	$C_0V - X_f$	x_f	x_f

4/ -عبارة الناقلية :

$$G = K \times \sigma \quad : \quad \sigma = \lambda_{HCOO^-}.[HCOO^-] + \lambda_{OH^-}.[OH^-] + \lambda_{Na^+}.[Na^+]$$

$$G = K \times (\lambda_{HCOO^-}.[HCOO^-] + \lambda_{OH^-}.[OH^-] + \lambda_{Na^+}.[Na^+])$$

$$G = K \times \left(\lambda_{HCOO^-}.\frac{x}{V} + \lambda_{OH^-}.\frac{C_0V - x}{V} + \lambda_{Na^+}.C_0\right)$$

$$G = \frac{K}{V} \times (\lambda_{HCOO^-} - \lambda_{OH^-})x + KC_0(\lambda_{OH^-} + \lambda_{Na^+})$$

5/ -قيمة ثابت الخلية K :

من الشكل 4: $G = ax + b$

حيث a الميل $a = -0.75 \ S/mol$

و $b = 2.5 \times 10^{-3} S$

بالمطابقة مع العلاقة النظرية

$$\frac{aV}{(\lambda_{HCOO^-} - \lambda_{OH^-})} = K \leftarrow a = \frac{K}{V} \times (\lambda_{HCOO^-} - \lambda_{OH^-})$$

$$C_0 = \frac{2.5 \times 10^{-3}}{K(\lambda_{OH^-} + \lambda_{Na^+})}$$

6/ -التركيب المولي للمزيج عند اللحظة $t = 15min$:

من الشكل 5 عند $t = 15min$ يكون $G = 1.6mS$

من الشكل 4 عند $G = 1.6mS$ $x = 1.2mmol$

لدينا $n_0 = 2mmol$

	$HCOOCH_2C$	OH^-	$HCOO^-$	CH_3CH_2OH
$t = 15min$	$n_0 - x$ 0.8 mmol	$C_0V - x$ 0.8 mmol	x 1.2mmol	x 1.2 mmol

7/-عبارة السرعة الحجمية للتفاعل :

$$v = \frac{1}{V_T} \times \frac{dx}{dt}$$

لدينا

$$G = \frac{K}{V} \times (\lambda_{HCOO^-} - \lambda_{OH^-})x + KC_0(\lambda_{OH^-} + \lambda_{Na^+})$$

$$x(t) = \frac{G(t) - KC_0(\lambda_{OH^-} + \lambda_{Na^+})}{\frac{K}{V} \times (\lambda_{HCOO^-} - \lambda_{OH^-})}$$

$$\frac{dx(t)}{dt} = \frac{1}{\frac{K}{V} \times (\lambda_{HCOO^-} - \lambda_{OH^-})} \times \frac{dG(t)}{dt}$$

$$v = \frac{1}{V \times \frac{K}{V} \times (\lambda_{HCOO^-} - \lambda_{OH^-})} \times \frac{dG(t)}{dt} = \frac{1}{K \times (\lambda_{HCOO^-} - \lambda_{OH^-})} \times \frac{dG(t)}{dt}$$

$$v(15) = -\frac{1}{725.02} \times \frac{0 - 2.15}{(61 - 0) \times 60} = 4.05 \times 10^{-6} mol/L.s$$

التمرين11:

1/ -تعريف الوسيط : مادة كيميائية تزيد من سرعة التفاعل دون ان تهر في النواتج .

-طبيعة الوسيط : وسيط متجانس .

2/ -معادلة تفكك الماء الاكسجيني الثنائيتين المتفاعلتان هما (H_2O_2/H_2O) (O_2/H_2O_2)

$$H_2O_2 = O_2 + 2H^+ + 2e^-$$

$$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- = 2H_2O$$

$$2H_2O_2 = O_2 + 2H_2O$$

3/ -جدول التقدم :

حالة الجملة	تقدم التفاعل (mol)	$2H_2O_2$	= O_2	+ $2H_2O$
ح. الابتدائية	$X = 0$	c_0V	0	بالزيادة
ح. الانتقالية	$X(t)$	$c_0V - 2x$	x	بالزيادة
ح. النهائية	X_f	$c_0V - 2x_f$	x_f	بالزيادة

4/ -تبيان ان التركيز المولي للماء الاكسجين في اللحظة $t = 0$ يكتب بالشكل :

$$[H_2O_2] = c_0 - \frac{2}{VV_m}V_{O_2}$$

$$n(2H_2O_2) = [H_2O_2]V = c_0V - 2x \rightarrow [H_2O_2] = c_0 - \frac{2}{V}x$$

لدينا : $x = \frac{V_{O_2}}{V_m}$ اذن : $[H_2O_2] = c_0 - \frac{2}{VV_m}V_{O_2}$

5/ -ايجاد التركيز المولي الابتدائي للماء الاكسجيني c_0 :

انطلاقا من علاقة السؤال "4" و احد البيانيين نجد $c_0 = 0.2mol/L$

-ايجاد حجم المحلول :

$$[H_2O_2]_f = c_0 - \frac{2}{VV_m}(V_{O_2})_f \rightarrow 0 = c_0 - \frac{2}{VV_m}(V_{O_2})_f$$

$$c_0 = \frac{2}{VV_m}(V_{O_2})_f \rightarrow V = \frac{2}{c_0V_m}(V_{O_2})_f = 0.2\ L$$

-التقدم الاعظمي X_{max} :

$$x_{max} = \frac{(V_{O_2})_f}{V_m} = \frac{0.48}{24} = 0.02\ mol$$

6/ -وضع سلما لمحور التراتيب في البيان "1" :

$4cm = 20mmol$

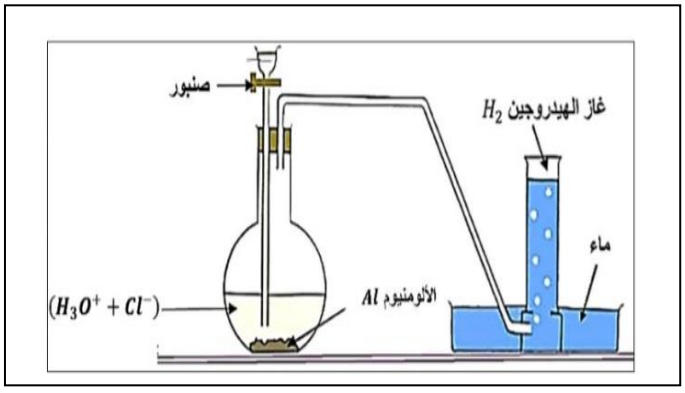
$1cm = 5mmol$

7/ -السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 0$:

$$v(0) = \frac{1}{V_T}\frac{dx}{dt} = \frac{1}{0.2} \times \frac{12.5 \times 10^{-3}}{20} = 3.1 \times 10^{-3}mol/L.s$$

التمرين12 :

1/ -المخطط :



2/ -المعادلات :

$$2\times(Al = Al^{3+} + 3e^-)$$
$$3\times(2H_3O^+ + 2e^- = H_2 + 2H_2O)$$
$$2Al + 6H_3O^+ = 2Al^{3+} + 3H_2 + 6H_2O$$

3/ -جدول التقدم :

$$n_0(Al) = \frac{m}{M} = 0.03mol$$
$$n_0(H_3O^+) = C.V = 0.03mol$$

المعادلة		$2Al + 6H_3O^+ = 2Al^{3+} + 3H_2 + 6H_2O$				
الحالة	التقدم	كمية المادة (mol)				
$t=0$	0	0.03	0.03	0	0	بالزيادة
$t\neq 0$	x	$0.03-2x$	$0.03-6x$	$2x$	$3x$	بالزيادة
t_f	x_{max}	$0.03-2x_{max}$	$0.03-6x_{max}$	$2x_{max}$	$3x_{max}$	بالزيادة

-التقدم الاعظمي :

$$n_0(Al) - 2x_{max} = 0 \quad \rightarrow \quad x_{max} = \frac{n_0(Al)}{2} = 0.015mol$$
$$n_0(H_3O^+) - 6x_{max} = 0 \quad \rightarrow \quad x_{max} = \frac{n_0(H_3O^+)}{6} = 0.005mol$$

ومنه التقدم الاعظمي هو $x_{max} = 0.005mol$.

-بيان ان تركيز شوارد الالمنيوم الناتجة تعطى بالعلاقة التالية : $[Al^+](t) = \frac{V_{H_2}(t)}{3VV_m}$

لدينا $[Al^{3+}](t) = \frac{2x}{V}$

$$n(H_2) = \frac{V_{H_2}(t)}{V_m} = 3x \rightarrow x = \frac{V_{H_2}(t)}{3V_m}$$

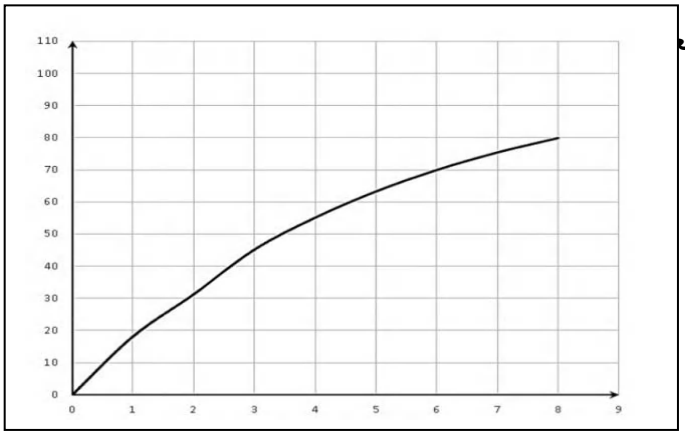
ومنه $[Al^{3+}](t) = \frac{2x}{V} = \frac{V_{H_2}(t)}{3VV_m}$

-اكمال الجدول : $[Al^{3+}](t) = \frac{2x}{V} = \frac{V_{H_2}(t)}{3VV_m} = \frac{2}{7.5}\times V_{H_2}(t)$

t(min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$V_{H_2}(ml)$	0.0	65.2	118.6	162.4	198.2	227.5	251.5	271.2	287.3
$[Al^{3+}](mmol/L)$	00	18.11	31.21	45.11	55.05	63.19	69.86	75.33	79.8

-رسم البيان : $[Al^{3+}] = f(t)$

 المتابع



-حساب تركيز $[Al^{3+}]_f$:

$$[Al^{3+}]_f = \frac{2x_{max}}{V} = \frac{2 \times 0.005}{0.1} = 100mmol/L$$

لم ينتهي التفاعل عند اللحظة $t = 8min$.

4/ -تعريف السرعة الحجمية : هي سرعة التفاعل في وحدة الحجم .

$$v = \frac{1}{V_T} \times \frac{dx}{dt}$$

$$[Al^{3+}] = \frac{2x}{V} \rightarrow x = \frac{[Al^{3+}].V}{2}$$

$$v = \frac{1}{2} \times \frac{d[Al^{3+}]}{dt}$$

-حساب السرعة الحجمية عند اللحظة $t = 6min$:

$$v(6) = \frac{1}{2} \times \frac{d[Al^{3+}]}{dt} = \frac{1}{2} \times \frac{(75-63) \times 10^{-3}}{7-5} = 0.003mol/L.min$$

-السرعة تتناقص مع مرور الزمن وذالك راجع لتناقص تراكيز المتفاعلات مما يؤدي الى تناقص التصادمات الفعالة .

- استنتاج سرعتي اختفاء H_3O^+ عند نفس اللحظة السابقة :

$$v' = -\frac{dn_{H_3O^+}}{dt} = -\frac{d(n_0(H_3O^+) - 6x)}{dt} = 6\frac{dx}{dt}$$

ولدينا :

$$\frac{1}{V_T} \times \frac{dx}{dt} = v(\text{السرعة الحجمية})$$

اذن

$$v' = 6 \times V_T \times v(\text{السرعة الحجمية})$$

$$v\,(6) = 0.0018 mol/min$$

5/ -تعريف زمن نصف التفاعل : هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي .

من البيان

$$t = t_{1/2} \rightarrow x = \frac{x_f}{2} \rightarrow [Al^{3+}] = \frac{[Al^{3+}]_f}{2} = \frac{100}{2} = 50 mmol/L$$

$$\rightarrow t_{1/2} \approx 3.5 min$$

6/ - تراكيز الافراد المتواجدة في المزيج التفاعلي عند اللحظة $t = 5min$:

$$t = 5min \rightarrow x = \frac{[Al^{3+}].V}{2} = \frac{63.19 \times 10^{-3} \times 0.1}{2} = 3.16 \times 10^{-3} mol$$

$$[Al^{3+}] = 0.063 mol/L$$

$$[H_3O^+] = \frac{n_0(H_3O^+) - 6x}{V} = \frac{0.03 - 6 \times 3.16 \times 10^{-3}}{0.1} 0.11 mol/L$$

$$[Cl^-] = 0.3 mol/L$$

التمرين13 :

1/ -يظهر عمليا تطور الجملة الكيميائية : يتغير اللون ببطء في البيشر حيث يتطور تدريجيا من اللون الأصفر الى اللون الأسمر دليل على تشكل ثنائي اليود وبالتالي التحول الكيميائي الحادث بطيء .

-معادلة التفاعل (1) الحادث :

$$I_2 + 2e^- 2I^- =$$

$$2e^- = 2SO_4^{2-} S_2O_8^{2-} +$$

$$2I^- + S_2O_8^{2-} = I_2 + 2SO_4^{2-}$$

2/ -جدول تقدم التفاعل :

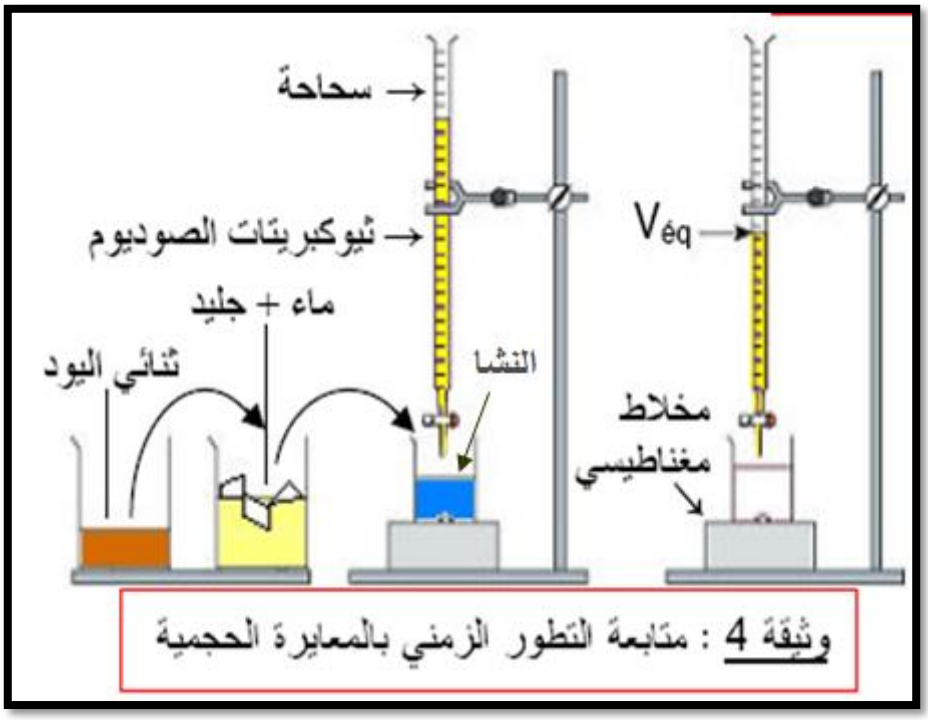
حالة الجملة	تقدم التفاعل (mol)	$2I^- + S_2O_8^{2-} = I_2 + 2SO_4^{2-}$			
ح. الابتدائية	$X = 0$	0.04	0.0036	0	0
ح. الانتقالية	$X(t)$	$0.04 - 2x$	$0.0036 - x$	x	$2x$
ح. النهائية	X_f	$0.04 - 2x_f$	$0.0036 - X_f$	x_f	$2x_f$

3/ -العلاقة بين كمية اليود $n(I_2)$ المتشكلة وتقدم التفاعل $x(t)$:

من جدول التقدم لدينا $x(t) = n(I_2)$

4/ -نضيف الماء البارد للعينة: لتوقيف التفاعل وباستعمال المعايرة نتمكن من معرفة كمية ثنائي اليود المتشكلة بالضبط عند تلك اللحظة .

-البروتوكول التجريبي :



وثيقة 4 : متابعة التطور الزمني بالمعايرة الحجمية

5/ -معادلة التفاعل (2) الحادث :

$$2e^- 2S_2O_3^{2-} = S_4O_6^{2-} +$$

$$I_2 + 2e^- = 2I^-$$

$$2S_2O_3^{2-} + I_2 = S_4O_6^{2-} + 2I^-$$

الوحدة الاولى : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي .

-جدول تقدم التفاعل :

حالة الجملة	تقدم التفاعل (mol)	$2S_2O_3^{2-}$ +	I_2 =	$S_4O_6^{2-}$ +	$2I^-$
ح. الابتدائية	$X = 0$	$n_0(S_2O_3^{2-})$	$n_0(I_2)$	0	0
ح. الانتقالية	$X(t)$	$n_0(S_2O_3^{2-}) - 2x$	$n_0(I_2) - x$	x	2x
ح. النهائية	X_{eq}	$n_0(S_2O_3^{2-}) - 2\,x_{eq}$	$n_0(I_2) - x_{eq}$	x_{eq}	$2x_{eq}$

6/ -العلاقة بين كمية اليود $n_0(I_2)$ المتشكلة من أجل الوسط التفاعلي $IV = 10\ mL$ والحجم V_{eq} :

$$x_{eq} = n_0(I_2) = \frac{n_0(S_2O_3^{2-})}{2} = \frac{C3.\ V_{eq}}{2}$$

- العلاقة بين كمية اليود $n_0(I_2)$ المتشكلة من أجل الوسط التفاعلي $IV = 200\ mL$ والحجم V_{eq} :

$$n(I_2) = 20n_0(I_2) = 20 \times \frac{C3.\ V_{eq}}{2} = 10 \times C3.\ V_{eq}$$

-استنتاج العلاقة بين تقدم التفاعل $x(t)$ و الحجم V_{eq} :

لدينا $x(t) = n(I_2)$

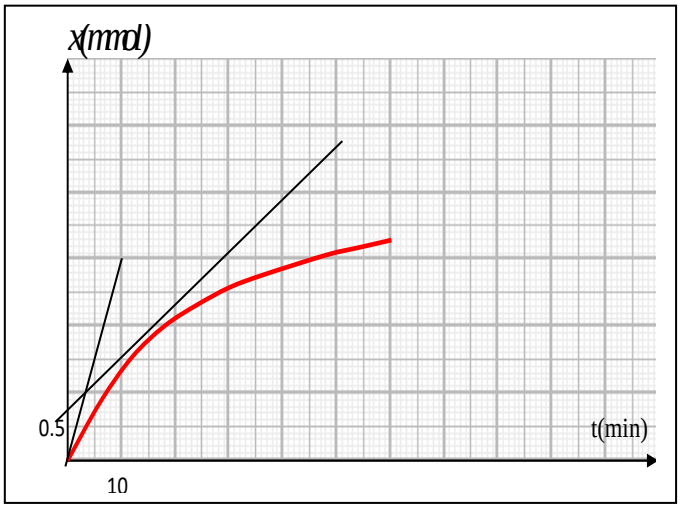
$$x(t) = 10 \times C3.\ V_{eq}$$

7/-اكمال الجدول :

$$x(t) = 10 \times C3.\ V_{eq} = 0.2 \times V_{eq}$$

t (min)	0	3	6	9	12	16	20	30	40	50	60
X(m moL)	0	0.5	1.0	1.4	1.7	2.1	2.3	2.8	3.1	3.2	3.3

8/ -رسم المنحنى البياني $X = f(t)$:



-استنتاج : عملية المعايرة تمكن من المتابعة الزمنية لتطور جملة كيميائية .

9/ -رسم المماسين وحساب السرعة الحجمية عند اللحظتين :

$$v = \frac{1}{V_T} \times \frac{dx}{dt}$$

تمارين اضافية

التمرين 01

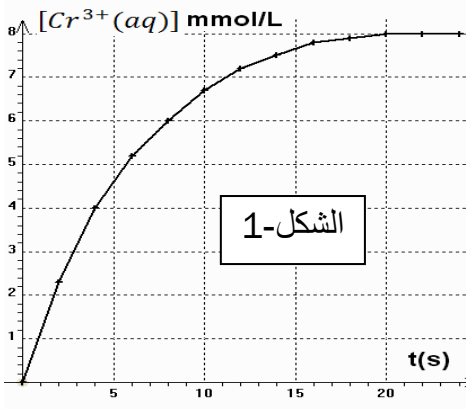
لدراسة تطور التفاعل الحادث بين محلول حمض الأوكساليك $H_2C_2O_4(aq)$ ومحلول بيكرومات البوتاسيوم. $(2K^+ + Cr_2O_7^{2-})(aq)$ بدلالة الزمن، حضرنا مزيجا تفاعليا يحتوي على حجم V_1=100mL من محلول حمض الأوكساليك الذي تركيزه المولي C_1=3×10^{-2}moL.L^{-1} وحجم V_2=100mL من محلول بيكرومات البوتاسيوم الذي تركيزه المولي C_2=0,8×10^{-2}moL.L^{-1} وبضع قطرات من حمض الكبريت المركز.
نتابع تطور المزيج التفاعلي من خلال معايرة شوارد الكروم $Cr^{3+}(aq)$ المتشكلة بدلالة الزمن فنحصل على المنحنى البياني (الشكل -1) الذي يمثل تطور التركيز المولي لشوارد الكروم $[Cr^{3+}(aq)]$ بدلالة الزمن t.

1- كيف نصنف هذا التفاعل من حيث مدة استغراقه؟

2- اعتمادا على المعطيات والمنحنى البياني أكمل جدول التقدم المميز لهذا التفاعل (انقل الجدوّل على ورقة الإجابة).

المعادلة	$3H_2C_2O_4(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 8H^+(aq) = 2Cr^{3+}(aq) + 6CO_2(aq) + 7H_2O(\ell)$					
الحالة	كمية المادة (mmoL)					
الابتدائية	بوفرة		بوفرة			بوفرة
الانتقالية	بوفرة		بوفرة			بوفرة
النهائية	بوفرة		بوفرة			بوفرة

-هل التفاعل تام أم غير تام؟ لماذا؟



الشكل-1

3- عرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$، ثمّقدر قيمته بيانيا.

4- أ/ عرّف السرعة الحجمية v للتفاعل، ثمّ عبّر عنها بدلالة التركيز المولي لشوارد الكروم $[Cr^{3+}(aq)]$

ب/ احسب السرعة الحجمية في اللحظتين t=0 و t=8s .

جـ/ فسّر على المستوى المجهري تناقص هذه السرعة مع مرور الزمن.

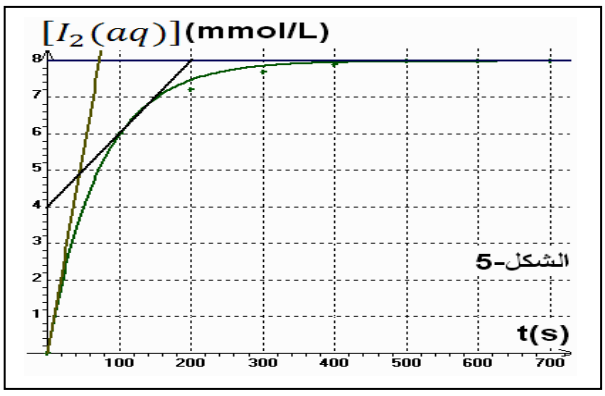
التمرين02

لأجل الدراسة الحركية لتفاعل محلول يود البوتاسيوم مع الماء الأكسجيني نحضر في بيشر في اللحظة t=0 المزيج التفاعلي S المشكل من الحجم V_1=368mL من محلول يود البوتاسيوم الذي تركيزه المولي C_1=0,05mol.L^{-1} والحجم V_2=32mL من الماء الأكسجيني الذي تركيزه المولي C_2=0.10mol.L^{-1} وكمية كافية من حمض الكبريت المركز، فيتم إرجاع الماء الأكسجيني بواسطة شوارد اليود $I^-(aq)$ وفق تفاعل بطيء ينتج عنه ثنائي اليود. ننمذج التفاعل بالمعادلة:

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

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

نأخذ في اللحظة t عيّنة حجمها V=40ml من المزيج التفاعلي S ونسكبها في بيشر يحتوي الجليد المنصهر والنشاء، فيتلون المزيج بالأزرق، بعد ذلك نضيف تدريجيا إلى هذه العيّنة محلولا مائيا لثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+(aq) + S_2O_3^{2-}(aq))$ الذي تركيزه المولي C_3=0,10mol.L^{-1} إلى غاية اختفاء اللون الأزرق. باستغلال الحجم V_E لثيوكبريتات الصوديوم المضاف ومعادلة تفاعل المعايرة نستنتج التركيز المولي لثنائي اليود في اللحظة t. نعيد العملية في لحظات متعاقبة، ثم نرسم تطور التركيز المولي لثنائي اليود $[I_2(aq)]$ المتشكل بدلالة الزمن t فنحصل على المنحنى البياني (الشكل-5).



الشكل-5

1- أ/ ارسم بشكل تخطيطي عملية المعايرة.

ب/ ما هي الوسيلة التي نستعملها لأخذ 40ml من المزيج التفاعلي؟

جـ/ اكتب معادلة تفاعل المعايرة علما أن الثنائيتان Ox/Red المساهمتان في هذاالتحوّل هما: $I_2(aq)/I^-(aq)$ و $S_4O_6^{2-}(aq)/S_2O_3^{2-}(aq)$

2- عرّف التكافؤ، ثم جد العبارة الحرفية الموافقة للتركيزالمولي لثنائي اليود $[I_2(aq)]$ بدلالة الحجم V والحجم V_E والتركيز المولي C_3 لثيو كبريتات الصوديوم.

3- أنشئ جدولا للتقدم المميز لتفاعل يود البوتاسيوم و الماء الأكسجيني وبيّن أن الماء الأكسجيني هو المتفاعل المحد.

4- عرّف السرعة الحجمية v للتفاعل، ثم احسب قيمتها في اللحظة t=100s.

-جد بيانيا زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

التمرين03

نسكب في بيشر حجما $V_1=50mL$ من محلول يود البوتاسيوم $(K^+(aq) + I^-(aq))$ تركيزه المولي $C_1=3,2\times10^{-1}mol.L^{-1}$، ثم نضيف له حجما $V_2=50mL$ من محلول بيروكسوديكبريتات البوتاسيوم $(2K^+(aq) + S_2O_8^{2-}(aq))$ تركيزه المولي $C_2=0.20mol.L^{-1}$. نلاحظ أن المزيج التفاعلي يصفّر، ثم يأخذ لونا بنيا نتيجة التشكل التدريجي لثنائي اليود $I_2(aq)$ وأن الثنائيتين OX/RED المشاركتين في التفاعل هما : $S_2O_8^{2-}(aq)/SO_4^{2-}(aq)$ و $I_2(aq)/I^-(aq)$.

1- اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحوّل الكيميائي الحادث.

2- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل، ثم عيّن المتفاعل المحد.

3- بيّن أن التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل $I_2(aq)$ في كل لحظة t يعطى بالعلاقة:

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

4- سمحت إحدى طرق متابعة التحوّل الكيميائي بحساب التركيز المولي لشوارد اليود $[I^-(aq)]$ كل 5min في المزيج التفاعلي ودوّنت النتائج في الجدوّل التالي:

t(min)	0	5	10	15	20	25
$[I^-(aq)](mol.L^{-1}) \times 10^{-2}$	16,0	12,0	9,6	7,7	6,1	5,1
$[I_2(aq)](mol.L^{-1}) \times 10^{-2}$						

أ/ أكمل الجدوّل، ثم ارسم المنحنى البياني $[I_2(aq)] = f(t)$ على ورقة ميليمترية ترفق مع ورقة الإجابة.

ب/ عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$، ثم عيّن قيمته.

جـ/ احسب سرعة التفاعل في اللحظة t=20min، ثم استنتج سرعة اختفاء شوارد اليود في نفس اللحظة.

التمرين 04

يعرف محلول بيروكسيد الهيدروجين بالماء الأكسجيني، الذي يستعمل في تطهير الجروح وتنظيف العدسات اللاصقة وكذلك في التبييض. يتفكك الماء الأكسجيني ذاتيا وفق التفاعل المنمذج بالمعادلة الكيميائية التالية $2H_2O_2(aq) = 2H_2O(\ell) + O_2(g)$

1- أقترح على التلاميذ في حصة الأعمال التطبيقية دراسة حركية التحوّل السابق، فوضع الأستاذ في متناولهم ما يلي:

-قارورة تحتوي على 500ml من الماء الأكسجيني S_0 منتج حديثا كتب عليها ماء أكسجيني 10V. (كل 1L من الماء الأكسجيني يحرر 10L من غاز ثنائي الأكسجين في الشرطين النظاميين، الحجم المولي $V_M=22,4L/moL$).

الوحدة الاولى : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي .

- **الزجاجيات:**
  - حوجلات عيارية: 50mL ، 100mL ، 200mL ، 250mL
  - ماصات عيارية: 1mL ، 5mL ، 10mL وإجاصة ماصة.
  - سحاحة مدرجة سعتها: 50mL
  - بيشر سعته: 250mL.
- قارورة محلول برمنغنات البوتاسيوم محضر حديثا تركيزه المولي بشوارد البرمنغنات $C'=2\times10^{-3}mol.L^{-1}$.
- ماء مقطر - حامل - قارورة حمض الكبريت المركز 98%.

قام الأستاذ بتفويج التلاميذ إلى أربع مجموعات مصغرة (A , B , C , D) ثم طلب منهم القيام بما يلي:

أولا: تحضير محلول S بحجم 200mL أي بتمديد عيّنة من المحلول S_0 40 مرة.

1- ضع بروتوكولا تجريبيا لتحضير المحلول S.

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

3- احسب التركيز المولي للمحلول S_0. استنتج التركيز المولي للمحلول S.

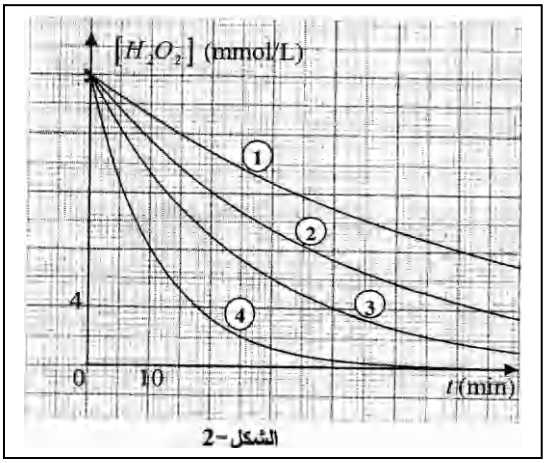
ثانيا: تأخذ كل مجموعة حجما من المحلول S، وتضيف إليه حجما معينا من محلول يحتوي على شوارد الحديد الثلاثي كوسيط وفق الجدوّل التالي:

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

1- ما دور الوسيط؟ ما نوع الوساطة؟

2- تأخذ كل مجموعة، في لحظات زمنية مختلفة، حجما مقداره 10mL من الوسط التفاعلي الخاص بها ويوضع في الماء البارد والجليد وتجرى له عملية المعايرة بمحلول برمنغنات البوتاسيوم المحمضة بقطرات من حمض الكبريت المركز.

أ/ ما الغرض من استعمال الماء البارد والجليد.



الشكل-2

3- سمحت المعايرة برسم المنحنيات (الشكل-2).

أ/ حدد البيان الخاص بكل مجموعة.

ب/ أوجد بيانيا التركيز المولي للمحلول S.

استنتج التركيز المولي للمحلول S_0.

جـ/ هل النتائج المتوصل إليها متطابقة ما هو مسجل على القارورة؟

التمرين05

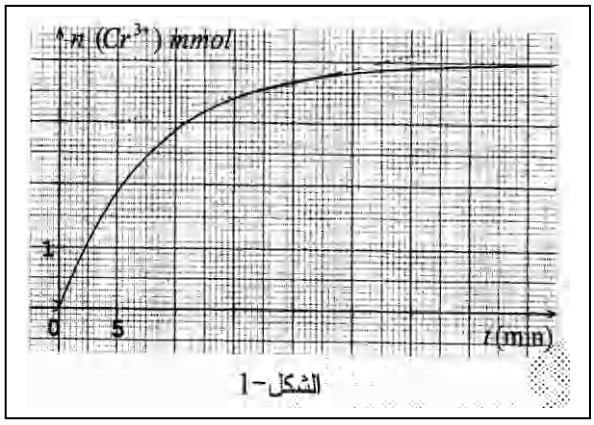
لدراسة تطور حركية التحوّل بين شوارد البيكرومات $Cr_2O_7^{2-}(aq)$ ومحلول حمض الأوكساليك $C_2H_2O_4(aq)$.

نمزج في اللحظة t=0s حجما V_1=40mL من محلول بيكرومات البوتاسيوم $(2K^+(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq))$ تركيزه المولي C_1=0,2oml.L^{-1} مع حجم V_2=60mL من محلول حمض الأوكساليك تركيزه المولي مجهول C_2.

1- إذا كانت الثنائيتان المشاركتان في التفاعل هما: $CO_2(aq)/C_2H_2O_4(aq)$ و $Cr_2O_7^{2-}(aq)/Cr^{3+}(aq)$

أ/ اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل أكسدة – إرجاع المنمذج للتحوّل الكيميائي الحادث.

ب/ أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.



الشكل-1

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=20min.

ب/ التقدم النهائي للتفاعل X_f.

جـ/ زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

3- أ/ باعتبار التفاعل تام عين المتفاعل المحد.

ب/ أوجد التركيز المولي C_2 .

التمرين06

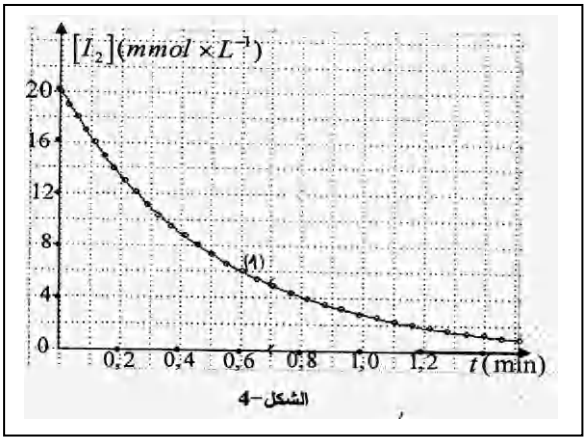
نأخذ عيّنة من منظف طبي للجروح عبارة عن سائل يحتوي أساسا على ثنائي اليود $I_2(aq)$ تركيزه المولي C_0.

نضيف إليها قطعة من الزنك $Zn(s)$ فنلاحظ تناقص الشدة اللونية للمنظف.

1- اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحوّل الكيميائي الحادث، علما أن الثنائيتين الداخلتين في التفاعل هما: $(I_2(aq)/I^-(aq))$ و $(Zn^{2+}(aq)/Zn(s))$

2- **التجربة الأولى:** عند درجة الحرارة 20°C نضيف إلى حجم V=50mL من المنظف قطعة من $Zn(s)$، ونتابع عن طريق المعايرة تغيرات $[I_2(aq)]$ بدلالة الزمن t فنحصل على البيان $[I_2(aq)] = f(t)$ (الشكل-4).

أ/ اقترح بروتوكولا تجريبيا للمعايرة المطلوبة مع رسم الشكل التخطيطي.



الشكل-4

الوحدة الاولى : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي .

ب/ عرف السرعة الحجمية لاختفاء I_2 مبينا طريقة حسابها بيانيا.

جـ/ كيف تتطور السرعة الحجمية لاختفاء I_2 مع الزمن؟ فسر ذلك.

3- **التجربة الثانية:** نأخذ نفس الحجم V من نفس العينة عند الدرجة 20°C، نضعها في حوجلة عيارية سعتها 100mL ثم نكمل الحجم بواسطة الماء المقطر إلى خط العيار ونسكب محتواه في بيشر ونضيف إلى المحلول قطعة من الزنك.

-توقع شكل البيان (2) $[I_2(aq)] = g(t)$ وارسمه كيفيا في نفس المعلم مع البيان السابق. علل.

4- **التجربة الثالثة:** نأخذ نفس الحجم V من نفس العيّنة، ترفع درجة الحرارة إلى 80°C، -توقع شكل البيان (3) $[I_2(aq)] = h(t)$ وارسمه كيفيا في نفس المعلم السابق.

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

التمرين07

إن احتراق وقود السيارات ينتج غاز SO_2 الملوث للجو من جهة والمسبب للأمطار الحامضية من جهة أخرى.

من أجل معرفة التركيز الكتلي لغاز SO_2 في الهواء، نحل $20m^3$ من الهواء في 1L من الماء لنحصل على محلول S_0 (نعتبر أن كمية SO_2 تنحل كليا في الماء). نأخذ حجما V=50mL من (S_0) ثم نعايرها بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+(aq) + MnO_4^-(aq))$ تركيزه المولي $C_1=2\times10^{-4}mol.L^{-1}$.

1- اكتب معادلة التفاعل المنمذج للمعايرة علما أن الثنائيتين الداخلتين في التفاعل هما:

$(SO_4^{2-}(aq)/SO_2(aq))$ و $(MnO_4^-(aq)/Mn^{2+}(aq))$

2- كيف تكشف تجريبيا عن حدوث التكافؤ؟

3- إذا كان حجم محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+(aq) + MnO_4^-(aq))$ المضاف عند التكافؤ $V_E=9,5mL$ استنتج التركيز المولي (C) للمحلول المعايَر.

4- عين التركيز الكتلي لغاز SO_2 المتواجد في الهواء المدروس.

5- إذا كانت المنظمة العالمية للصحة تشترط أن لا يتعدى تركيز SO_2 في الهواء $250\mu g.m^{-3}$. هل الهواء المدروس ملوث ؟ برر.

يعطى: M(O)=16g/mol ، M(S)=32g/mo

التمرين08

ينمذج التحوّل الكيميائي الذي يحدث بين شوارد البيروكسوديكبريتات $(S_2O_8^{2-})$ وشوارد اليود $I^-(aq)$ في الوسط المائي بتفاعل تام معادلته:

$$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$$

❶ لدراسة تطور هذا التفاعل في درجة حرارة ثابتة (θ=35°C) بدلالة الزمن، نمزج في اللحظة (t=0) حجما V_1=100mL من محلول مائي لبيروكسو ديكبريتات البوتاسيوم $(2K^+ + S_2O_8^{2-})$ تركيزه المولي $C_1=4\times10^{-2}mol.L^{-1}$ مع حجم V_2=100mL من محلول مائي ليود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)$ تركيزه المولي $C_2=8\times10^{-2}mol.L^{-1}$ فنحصل على مزيج حجمه V_T=200mL .

أ/ أنشئ جدولا لتقدم التفاعل الحاصل.

ب/ اكتب عبارة التركيز المولي $[S_2O_8^{2-}]$ لشوارد البيروكسو ديكبريتات في المزيج خلال التفاعل بدلالة: C_1 ، V_1 ، V_2 و $[I_2]$ التركيز المولي لثنائي اليود (I_2) في المزيج.

جـ / احسب قيمة $[S_2O_8^{2-}]_0$ التركيز المولي لشوارد البيروكسو ديكبريتات في اللحظة (t=0).

❷ لمتابعة التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل بدلالة الزمن. نأخذ في أزمنة مختلفة t_1 ، t_2 ، t_3 ، ..... عيّنات من المزيج حجم كل عيّنة V_0=10mL ونبردها مباشرة بالماء البارد والجليد وبعدها نعاير ثنائي اليود المتشكل بواسطة محلول مائي لثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+ + S_2O_3^{2-})$ تركيزه المولي $C'=1,5\times10^{-2}mol.L^{-1}$ وفي كل مرة نسجل V' حجم محلول ثيوكبريتات الصوديوم اللازم لاختفاء ثنائي اليود فنحصل على جدوّل القياسات التالي:

t(min)	0	5	10	15	20	30	45	60
V'(mL)	0	4,0	6,7	8,7	10,4	13,1	15,3	16,7
(mmol/L)$[I_2]$								

أ/ لماذا نبرد العيّنات مباشرة بعد فصلها عن المزيج؟

ب/ في تفاعل المعايرة تدخل الثنائيتان: $S_4O_6^{2-}(aq)/S_2O_3^{2-}(aq)$ و $I_2(aq)/I^-(aq)$

اكتب معادلة تفاعل الأكسدة – إرجاع الحاصل بين الثنائيتين.

جـ/ بيّن مستعينا بجدول التقدم لتفاعل المعايرة أن التركيز المولي لثنائي اليود في العينة عند نقطة التكافؤ يعطى بالعلاقة:

$$[I_2] = \frac{1}{2} \times \frac{C' \times V'}{V_0}$$

د/ أكمل جدوّل القياسات.

هـ/ ارسم على ورقة ميليمترية البيان $[I_2] = f(t)$.
و/ احسب بيانيا السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة t=20min.

التمرين09

ندرس تفكك الماء الأكسجيني H_2O_2 ، عند درجة حرارة ثابتة θ=12°C ، وفي وجود وسيط مناسب. ننمذج التحوّل الكيميائي الحاصل بتفاعل كيميائي معادلته:

$$2H_2O_2(aq) = 2H_2O(\ell) + O_2(g)$$

(نعتبر أن حجم المحلول يبقى ثابتا خلال مدة التحوّل، وأن الحجم المولي للغاز في شروط التجربة، V_m=24L/mol).

نأخذ في اللحظة t=0 حجما V_S=500ml من الماء الأكسجيني تركيزه المولي الابتدائي $[H_2O_2]_0 = 8 \times 10^{-2} mol/L$ نجمع ثنائي الأكسجين المتشكل ونقيس حجمه V_{O_2} تحت ضغط ثابت كل أربع دقائق، ونسجل النتائج في الجدوّل التالي:

t(min)	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
$V_{O_2}(ml)$	0	60	114	162	204	234	253	276	288	294	300
$[H_2O_2]mol/L$											

1- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل الكيميائي الحاصل.
2- اكتب عبارة التركيز المولي $[H_2O_2]$ للماء الأكسجيني في اللحظة t بدلالة:
$[H_2O_2]_0$ ، V_S ، V_M ، V_{O_2} .
3- أ- أكمل الجدول السابق .
ب- ارسم المنحنى البياني $[H_2O_2] = f(t)$ باستعمال سلم رسم مناسب.
جـ- أعط عبارة السرعة الحجمية للتفاعل الكيميائي.
د- احسب سرعة التفاعل الكيميائي في اللحظتين t_1=16min و t_2=24min. كيف تتغير السرعة مع الزمن.
هـ- عين زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ بيانيا.
4- إذا أجريت التجربة السابقة في الدرجة θ'=35°C . ارسم كيفيا شكل منحنى تغير $[H_2O_2]$ بدلالة الزمن في نفس معلم البيان السابق مع التبرير.

التمرين10

في حصة للأعمال المخبرية، أراد فوج من التلاميذ دراسة التحوّا الكيميائي الذي يحدث للجملة (مغنزيوم صلب، محلول حمض كلور الماء). فوضع أحد التلاميذ شريطا من المغنزيوم ($Mg_{(S}$ كتلته m=36 mg في دورق، ثم أضاف إليه محلولا لحمض كلور

الماء بزيادة، حجمه 30 ml، وسد الدورق بعد أن أوصله بتجهيز يسمح بحجز الغاز المنطلق وقياس حجمه من لحظة لأخرى.

1- مثل مخططا للتجربة، مع شرح الطريقة التي تسمح للتلاميذ بحجز الغاز المنطلق، وقياس حجمه والكشف عنه.

2- اكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الكيميائي التام الحادث في الدورق علما أن الثنائيتين المشاركتين هما : $(H^+_{(aq)}/H_{2(g)})$ ، $(Mg^{2+}_{(aq)}/Mg_{(s)})$.

3- يمثل الجدوّل الآتي نتائج القياسات التي حصّل عليها الفوج:

t(min)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
$V(H_2)$(mL)	0	12,0	19,2	25,2	28,8	32,4	34,8	36,0	37,2	37,2
x(mol)										

أ- مثل جدولا لتقدم التفاعل، ثم استنتج قيم تقدم التفاعل x في الأزمنة المبينة في الجدوّل.

ب-املأ الجدول ثم مثل البيان x=f(t) بسلم مناسب.

ت-عيّن سرعة التفاعل في اللحظة t=0.

4- للوسط التفاعلي في الحالة النهائية pH=1، استنتج التركيز المولي الابتدائي لمحلول حمض كلور الماء المستعمل.

يعطى:

- الحجم المولي للغاز في شروط التجربة V_M=24,0 L/mol

- الكتلة المولية M(Mg)=24g.mol^{-1}.

التمرين11

ننمذج التحوّل الكيميائي الحاصل بين المغنيزيوم Mg ومحلول حمض كلور الهيدروجين بتفاعل أكسدة-إرجاع معادلته :

$$Mg_{(S)} + 2H_3O^+ = 2H_2O_{(\ell)} + H_{2(g)} + Mg^{2+}_{(aq)} .$$

ندخل كتلة من معدن المغنيزيوم m=1,0 g في كأس به محلول من حمض كلور الهيدروجين حجمه V=60 ml وتركيزه المولي C=5,0 mol/L، فنلاحظ انطلاق غاز ثنائي الهيدروجين وتزايد حجمه تدريجيا حتى اختفاء كتلة المغنيزيوم كليا.

نجمع غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق ونقيس حجمه كل دقيقة فنحصل خلى النتائج المدونة في الجدوّل التالي:

t(min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$V(H_2)$(ml)	0	336	625	810	910	970	985	985	985
x(mol)									

الوحدة الاولى : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي .

1) أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.
2) أكمل جدوّل القياسات حيث x يمثل تقدم التفاعل.
3) ارسم المنحنى البياني x=f(t) بسلم مناسب.
4) عيّن التقدم النهائي x_f للتفاعل اتلكيميائي وحدد المتفاعل المحد.
5) احسب سرعة تشكل ثنائي الهيدروجين في اللحظتين (t=0min) ، (t=3min).
6) عيّن زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

في الوسط التفاعلي عند انتهاء التحوّل (H_3O^+)احسب تركيز شوارد الهيدرونيوم الكيميائي .

يعطى:

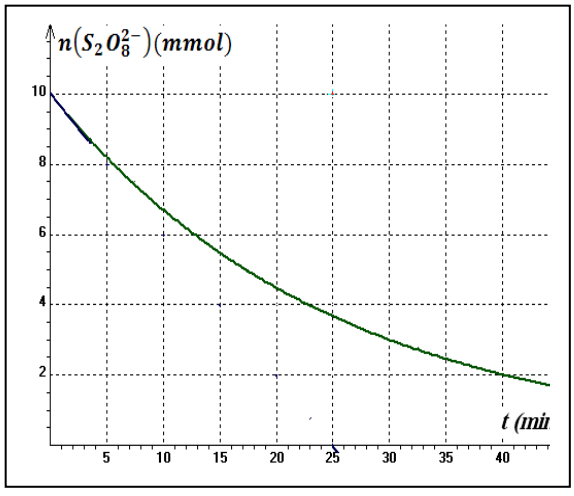
- الحجم المولي للغاز في شروط التجربة $V_M=24,0\ L/mol$
- الكتلة المولية $M(Mg)=24g.mol^{-1}$

التمرين12

نريد دراسة تطور التحول الكيميائي الحاصل بين شوارد محلول (S_1) لبيروكسوديكبريتات البوتاسيوم $(2K^+_{(aq)} + S_2O_8^{2-}{}_{(aq)})$ وشوارد محلول (S_2) ليود البوتاسيوم $(K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)})$ في درجة حرارة ثابتة. لهذا الغرض نمزج في اللحظة t=0 حجما $V_1=50\ ml$ من المحلول (S_1) تركيزه المولي $C_1=2,0\times10^{-1}mol.L^{-1}$ مع حجم $V_2=50\ ml$ من المحلول (S_2) تركيزه المولي $C_2=1,0\ mol.L^{-1}$.
نتابع تغيرات كمية مادة $S_2O_8^{2-}$ المتبقية في الوسط التفاعلي في لحظات زمنية مختلفة، فنحصل على البيان الشكل-3, ننمذج التحول الكيميائي الحاصل بتفاعل معادلته :

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

1 حدد الثنائيتين ox/red المشاركتين في التفاعل.
2 أنشئ جدولا لتقدم التفاعل
3 حدد المتفاعل المحد علما أن التحول تام.
4 عرّف زمن نصف التفاعل وحدده قيمته بيانيا.
5 أوجد التراكيز المولية للأنواع الكيميائية المتواجدة في الوسط التفاعلي عند اللحظة $t_{1/2}$.
6 استنتج بيانيا قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة t=10 min .



الشكل-3

التمرين13

لمتابعة التطور الزمني للتحوّل الكيميائي الحاصل بين محلول حمض كلور الهيدروجين ومعدن الزنك، الذي ينمذج بتفاعل كيميائي معادلته:

$$Zn(s) + 2H^+(aq) = Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$$

ندخل في اللحظة t=0 كتلة m=1,0 g من معدن الزنك في دورق به V=40 ml من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي : $C=5,0\times10^{-1}\ mol.L^{-1}$. (نعتبر حجم الوسط التفاعلي ثابت و الحجم المولي للغاز $V_M=25\ mol.L^{-1}$).

نقيس حجم غاز ثنائي الهيدروجين V_{H_2} المنطلق في نفس الشرطين من الضغط ودرجة الحرارة، فنحصل على النتائج أدناه.

t(s)	0	50	100	150	200	250	300	400	500	750
$V_{H_2}(ml)$	0	36	64	86	104	120	132	154	170	200
x(mol)										

1- أنجز جدولا لتقدم التفاعل واستنتج العلاقة بين التقدم x وحجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق V_{H_2} .

2- أكمل الجدول أعلاه ثمّ مثل البيان x=f(t) بالسلم:1cm→100s و $1cm\rightarrow1,0\times10^{-3}\ mol$.

3- احسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظتين $t_1=100s$ و $t_2=400s$. كيف تتطور هذه السرعة مع الزمن؟ علل.

4- أ- احسب التقدم الأعظمي x_{max} واستنتج المتفاعل المحد.

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

M(Zn)=65 g/mol

التمرين14

يهدف تتبع تطور التحول الكيميائي التام لتأثير حمض كلور الماء $(H^+ + Cl^-)$ على كربونات الكالسيوم. نضع قطعة كتلتها 2,0 g من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ داخل 100ml من حمض كلور الماء تركيزه المولي $C=1,0\times10^{-1}mol/l$.

الطريقة الأولى: نقيس ضغط غاز ثنائي أوكسيد الكربون المنطلق والمحجوز في دورق حجمه لتر واحد (1 L) تحت درجة حرارة ثابتة θ=25°C، فكانت النتائج المدونة في الجدوّل التالي:

الوحدة الاولى : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي .

t(s)	20	60	100
$P_{(CO_2)}(pa)$	0,080	0,056	0,040
$n_{(CO_2)}(mol)$			
x(mol)			

المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل المنمذج للتحوّل الكيميائي السابق:

$$CaCO_{3\,(s)} + 2H^+_{(aq)} = CO_{2\,(g)} + Ca^{2+}_{(aq)} + H_2O_{\,(\ell)}$$

1- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل السابق.

2- ما العلاقة بين (n_{CO_2}) كمية مادة الغاز المنطلق و (x) تقدم التفاعل؟

3- بتطبيق قانون الغاز المثالي والذي يعطي بالشكل $(P.V = n.R.T)$ ، أكمل الجدوّل السابق.

4- مثّل بيان الدالة x=f(t). يعطى R=8,31 SI ، $1L=10^{-3}\ m^3$.

الطريقة الثانية: تتبع قيمة تركيز شوارد الهيدروجين (H^+) في وسط التفاعل بدلالة الزمن أعطت النتائج المدونة في الجدوّل:

t(s)	20	60	100
$[H^+](mol.L^{-1})$	2280	5560	7170
$n_{(H^+)}(mol)$			
x(mol)			

1- احسب $(n_{(H^+)})$ كمية مادة شوارد الهيدروجين في كل لحظة.

2- مستعينا بجدوّل تقدم التفاعل، أوجد العبارة الحرفية التي تعطي $(n_{(H^+)})$ بدلالة التقدم (x) وكمية المادة الابتدائية (n_0) لشوارد الهيدروجين الموجبة.

3- احسب قيمة التقدم (x) في كل لحظة ثم أنشئ البيان x=f(t) ، ماذا تستنتج؟

4- حدد المتفاعل المحد.

5- استنتج $t_{1/2}$ زمن نصف التفاعل.

6- احسب السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة t=50s.

M(O)=16 g/mol ; M(C)=12 g/mol ; M(Ca)=40 g/mol

التمرين15

يحفظ الماء الأكسجيني (محلول لبيروكسيد الهيدروجين H_2O_2) في قارورات خاصة بسبب تفككه الذاتي البطيء. تحمل الورقة الملصقة على قارورته في المختبر الكتابة ماء

اكسجيني (10V)، وتعني أن 1L من الماء الاكسجيني يُنتج بعد تفككه 10L من غاز ثنائي الأكسجين في الشرطين النظاميين حيث الحجم المولي $V_M=22,4L.mol^{-1}$.

1- ينمذج التفكك الذاتي للماء الأكسجيني بالتفاعل ذي المعادلة:

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

أ- بيّن أن التركيز المولي الحجمي للماء الأكسجيني هو $C=0,893\ mol.L^{-1}$.

ب-نضع في حوجلة حجما V_1 من الماء الاكسجيني ونكمل الحجم بالماء المقطر إلى 100 ml.

- كيف تسمى هذه العملية؟
- استنتج الحجم V_1 علما أن المحلول الناتج تركيزه المولي $C_1=0,1\ mol.L^{-}$

2- لغرض التأكد من الكتابة السابقة (10V) عايرنا 20 ml من المحلول الممدد بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+_{(aq)} + MnO^-_{4\,(aq)})$ المحمض، تركيزه المولي $C_2=0,02\ mol.L^{-1}$ فكان الحجم المضاف عند حصول التكافؤ $V_E=$ 38 ml.

أ- اكتب معادلة التفاعل أكسدة- إرجاع المنمذج لتحوّل المعايرة علما أن الثنائيتين الداخلتين في التفاعل هما: $(O_{2\,(g)}/H_2O_{2\,(aq)})$ و $(MnO^-_{4\,(aq)}/Mn^{2+}_{(aq)})$.

ب-استنتج التركيز المولي الحجمي لمحلول الماء الاكسجيني الابتدائي. وهل تتوافق هذه النتيجة التجريبية مع ما كتب على ملصوقة القارورة؟

التمرين16

نمزج في اللحظة t=0 حجما $V_1=200$ ml من محلول مائي لبيروكسوديكبريتات البوتاسيوم $(2K^+_{(aq)} + S_2O_8^{2-}{}_{(aq)})$ تركيزه المولي $C_1=4,00\times10^{-2}\ mol.L^{-1}$ مع حجم $V_2=200$ ml من محلول ليود البوتاسيوم $(K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)})$ تركيزه المولي $C_2=4,0\times10^{-1}\ mol.L^{-1}$.

1- إذا علمت أن الثنائيتين (Ox/Red) الداخلتين في التحوّل الكيميائي الحاصل هما: $(S_2O_8^{2-}(aq)/SO_4^{2-}(aq))$ و $(I_2(aq)/I^-(aq))$.

أ- اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل أكسدة – إرجاع المنمذج للتحول الكيميائي الحاصل.

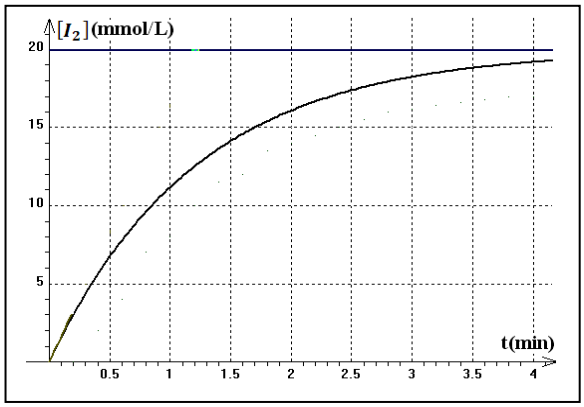
ب-أنجز جدولا لتقدم التفاعل الحادث. استنتج المتفاعل المحد.

2- توجد عدة تقنيات لمتابعة تطور تشكل ثنائي اليود I_2 بدلالة الزمن. استخدمت واحدة منها في تقدير كمية ثنائي اليود ورسم البيان $[I_2] = f(t)$ كما في الشكل -1.

أ- كم يستغرق التفاعل من الوقت لإنتاج

الوحدة الاولى : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي .

الشكل-1



نصف كمية ثنائي اليود النهائية ؟

ب-احسب قيمة السرعة الحجمية لتشكل ثنائي اليود في اللحظة $t=t_{1/2}$.

3- إن الطريقة التي أدت نتائجها إلى رسم البيان السابق، تعتمد في تحديد تركيز ثنائي اليود المتشكل عن طريق المعايرة، حيث تؤخذ عينات متساوية، حجم كل منها $V=10\ ml$ من الوسط التفاعلي في أزمنة مختلفة(تبرد مباشرة) ثم تعاير بمحلول مائي لثيو كبريتات الصوديوم $(2Na^+(aq) + S_2O_3^{2-}(aq))$ تركيزه المولي $C'=1,0\times10^{-2}\ mol.L^{-1}$.

معادلة التفاعل المنمذج للتحول الحادث هي:

$$I_2(aq) + 2S_2O_3^{2-}(aq) = 2I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$$.

أ- اذكر الخواص الأساسية لهذا التحوّل(ثيوكبريتات مع ثنائي اليود).

ب-أوجد عبارة $[I_2]$ بدلالة كل من V ، V_E ، C. (V_E : حجم ثيوكبريتات اللازم لبلوغ نقطة التكافؤ E)

ت-احسب الحجم المضاف V_E في اللحظة $t=1,2\ min$.

التمرين17

نحضر محلولا (S) بمزج $V_1=100\ ml$ من الماء الأكسجيني H_2O_2 تركيزه المولي $C_1=4,5\times10^{-2}mol.L^{-1}$ مع حجم $V_2=100ml$ من محلول يود البوتاسيوم $(K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)})$ تركيزه المولي $C_2=2,0\times10^{-1}mol.L^{-1}$. تعطى الثنائيتان: $(I_2(aq)/I^-(aq))$ ، $(H_2O_2(aq)/H_2O(\ell))$.

1- أ- اكتب معادلة التفاعل أكسدة – إرجاع معتمدا على المعادلتين النصفيتين.

ب – أنشئ جدولا لتقدم التفاعل واستنتج المتفاعل المحد.

2- نقسم المحلول (S) على عدة أنابيب متماثلة كل منها يحتوي على حجم $V=20ml$ وفي اللحظة $t=3min$ نضيف إلى الأنبوب الأوّل ماء وقطع من الجليد ثم نعاير ثنائي اليود $I_2(aq)$ المتشكل بواسطة ثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+(aq) + S_2O_3^{2-}(aq))$ تركيزه المولي $C=1,0mol.L^{-1}$ نكرر التجربة السابقة كل ثلاث دقائق مع بقية الأنابيب، علما أن حجم الثيوكبريتات المضاف عند التكافؤ V_E.

-لماذا نضيف الماء وقطع الجليد لكل أنبوب قبل المعايرة؟

3- ننمذج التحول الكيميائي الحادث أثناء المعايرة بالمعادلة:

$$I_2(aq) + 2S_2O_3^{2-}(aq) = 2I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$$.

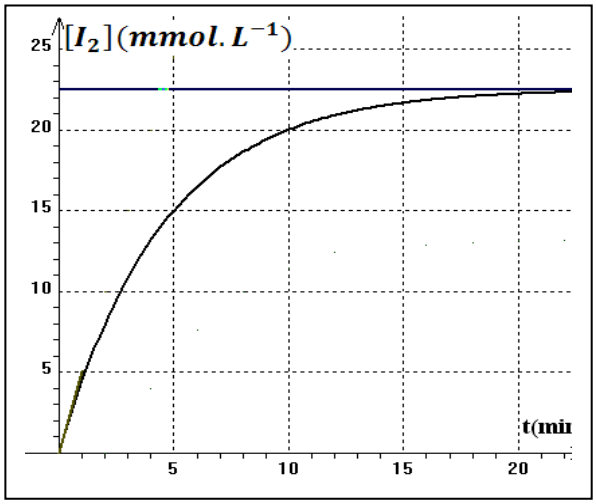
-بيّن أن التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل في أي لحظة t يعطى بالعلاقة $[I_2] =$ $\frac{CV_E}{2V}$.

4- إن دراسة تغيرات التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل بدلالة الزمن أعطى البيان (الشكل-1).

أ- استنتج قيمة $[I_2]_f$ في نهاية التفاعل.

ب-احسب قيمة السرعة الحجمية لتشكل I_2 في اللحظة t=8min.

جـ - استنتج سرعة اختفاء الماء الأكسجيني في نفس اللحظة t=8min .



الشكل-1