

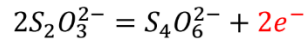
الوحدة 1
المتابعة الزمنية لتحول
كيميائي

منه اعداد الأستاذ :
بنه فيلاله كماله

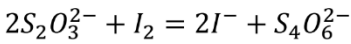
الثالث ثانوي
• علوم تجريبية
• تقني رياضي
• رياضيات

1. الأكسدة والإرجاع

- تفاعل الأكسدة: تحول كيميائي يتم فيه فقدان إلكترون أو أكثر.
- تفاعل الإرجاع: تحول كيميائي يتم فيه اكتساب إلكترون أو أكثر.
- المؤكسد Ox : فرد كيميائي قادر على اكتساب إلكترون أو أكثر .
- المرجع Red : فرد كيميائي قادر على فقدان إلكترون أو أكثر .
- تفاعل الأكسدة الإرجاعية : هو تحول كيميائي يتم فيه انتقال للإلكترونات.
- التثنائية (مرجع / مؤكسد) : (Ox / Red).

مثال :
أكسدة :

إرجاع :

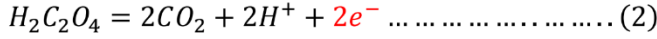
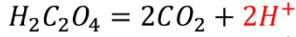
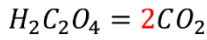
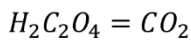
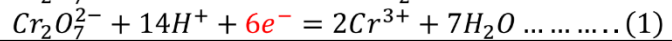
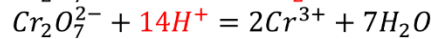
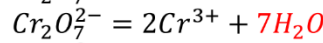
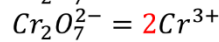
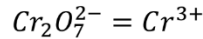


أكسدة إرجاعية (إجمالية):

التثنيتين : $(S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-})$ و (I_2/I^-)

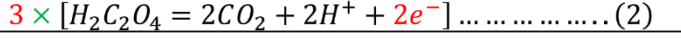
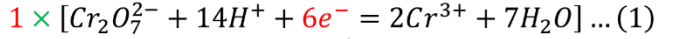
2. موازنة المعادلة النصفية للأكسدة أو الإرجاع في وسط حمضي.

- نوازن كل الذرات ماعدا ذرتي O و H.
- نوازن ذرة الاوكسجين O بإضافة جزيئات الماء H_2O .
- نوازن ذرة الهيدروجين H بإضافة بروتونات H^+ .
- نوازن الشحن بإضافة إلكترونات e^- .

مثال 2: التثنائية $(CO_2/H_2C_2O_4)$ مثال 1: التثنائية $(Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+})$ 

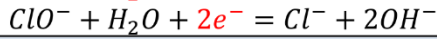
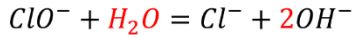
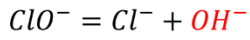
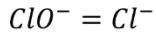
3. كتابة معادلة الإجمالية (معادلة الأكسدة الإرجاعية)

- نوازن عدد الإلكترونات في المعادلتين النصفيتين بضرب المعادلتين في اعداد
- نجمع المعادلتين النصفيتين للأكسدة و الإرجاع طرفا لطرف.



4. موازنة المعادلة النصفية للأكسدة أو الإرجاع في وسط قاعدي.

- نوازن كل الذرات ماعدا ذرتي O و H.
- نوازن ذرة الاوكسجين O بإضافة شوارد الهيدروكسيد OH^- .
- نوازن ذرة الهيدروجين H بإضافة جزيئات الماء H_2O .
- نوازن الشحن بإضافة إلكترونات e^- .

مثال: التثنائية (ClO^-/Cl^-) 

5. أهم التثنائيات (Ox/Red)

Red المرجع	المؤكسد Ox	التثنائية (Ox/Red)
شاردة المنغنيز (لا لون)	شاردة البرمنغنات (بنفسجي)	(MnO_4^-/Mn^{2+})
شاردة الكروم (خضراء زمردية)	شاردة البيكرومات (برتقالي)	$(Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+})$
شاردة الكبريتات (لا لون)	شاردة البيروكسوديكرينات (لا لون)	$(S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-})$
شاردة ثيوكبريتات (لا لون)	شاردة تيتراثيونات (لا لون يتحول للبني)	$(S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-})$
شاردة الكلور (لا لون)	شاردة الهيكلوريت (خضراء مصفرة)	(ClO^-/Cl^-)
الماء (لا لون)	الماء الاوكسجيني (لا لون)	(H_2O_2/H_2O)
حمض الاوكساليك (لا لون)	ثنائي اوكسيد الكربون (لا لون)	$(CO_2/H_2C_2O_4)$
شاردة اليود (لا لون)	ثنائي اليود (اسمر)	(I_2/I^-)

6. جدول تقدم التفاعل

مثال						جدول التقدم للتفاعل			
المعادلة	$Cr_2O_7^{2-} + 3H_2C_2O_4 + 8H^+ = 2Cr^{3+} + 6CO_2 + 7H_2O$					المعادلة	aA	$+ bB$	$= cC + dD$
ح !	n_1	n_2	0	0	ح !	n_1	n_2	0	0
ح !	$n_1 - x$	$n_2 - 3x$	$2x$	$6x$	ح !	$n_1 - ax$	$n_2 - bx$	cx	dx
ح ن	$n_1 - x_f$	$n_2 - 3x_f$	$2x_f$	$6x_f$	ح ن	$n_1 - ax_f$	$n_2 - bx_f$	cx_f	dx_f

7. المتفاعل المحد

$$\begin{cases} n_1 - ax_f = 0 \\ n_2 - bx_f = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_f = \frac{n_1}{a} \\ x_f = \frac{n_2}{b} \end{cases}$$

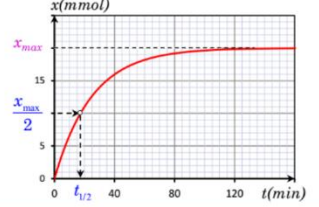
- المتفاعل المحد : المتفاعل الذي تستهلك كمية مادته قبل بقية المتفاعلات و يتسبب في توقف التفاعل.
- إيجاد المتفاعل المحد: نأخذ اصغر قيمة لـ x_f و المتفاعل المحد هو المتفاعل المقابل لهذه القيمة .

1. المدة المستغرقة في تحول كيميائي

- التحولات السريعة : تحولات كيميائية تبلغ نهايتها مباشرة بعد تلامس المتفاعلات ومدتها اقل من 0.1s .
- التحولات البطيئة: تحولات كيميائية تبلغ نهايتها تدريجيا بعد تلامس المتفاعلات وتستغرق عدة ثواني او دقائق او ساعات.
- التحولات البطيئة جدا : تحولات كيميائية تستغرق عدة ايام او اشهر ... ومنه تعتبر عاطلة حركيا .

2. زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$

- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$: الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه الأعظمي $\frac{x_{max}}{2}$.
- أهمية زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:
- يمكننا من المقارنة بين تفاعلين من حيث السرعة .
- يمكننا من اختيار الطريقة المناسبة للمتابعة الزمنية لتحول الكيميائي .

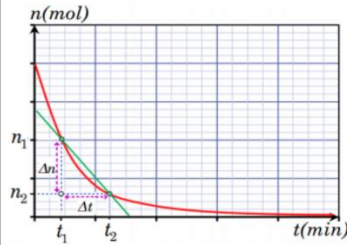
3. السرعة المتوسطة v_m

السرعة المتوسطة v_m : تطور كمية مادة متفاعل او ناتج بين لحظتين زمنيتين t_1 و t_2 .

$$v_m = \frac{\Delta n}{\Delta t}$$

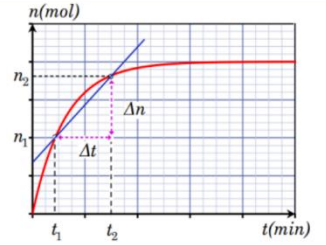
السرعة المتوسطة لاختفاء متفاعل v_m

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



السرعة المتوسطة لتشكل ناتج v_m

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

4. السرعة اللحظية v

السرعة اللحظية v : تطور كمية مادة متفاعل او ناتج عند لحظة زمنية t .

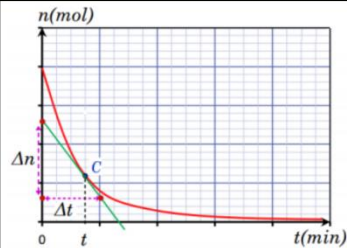
$$v = \frac{dn}{dt}$$

السرعة اللحظية لاختفاء متفاعل v

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

باستعمال طريقة المماس

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

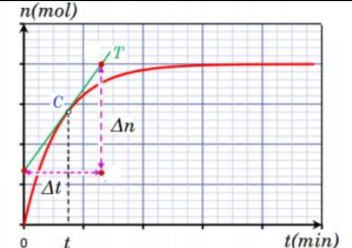


السرعة اللحظية لتشكل ناتج v

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

باستعمال طريقة المماس

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

5. السرعة الحجمية v_{Vol}

السرعة الحجمية v_{vol} : تطور كمية مادة متفاعل او ناتج عند لحظة زمنية t بالنسبة لوحدة الحجم.

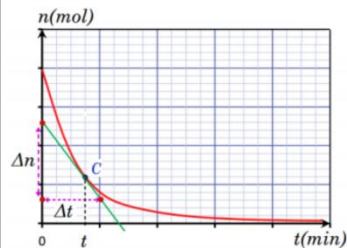
$$v_{vol} = \frac{1}{V} \times \frac{dn}{dt}$$

السرعة الحجمية لاختفاء متفاعل v_{Vol}

$$v_{Vol} = -\frac{dn}{dt}$$

باستعمال طريقة المماس

$$v_{Vol} = -\frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta n}{\Delta t} = -\frac{1}{V} \cdot \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1} \Rightarrow v_{Vol} = -\frac{1}{V} \cdot \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$

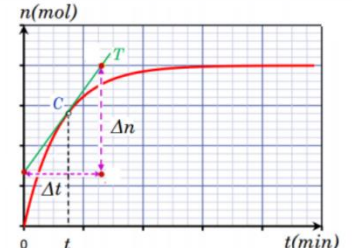


السرعة الحجمية لتشكل ناتج v_{Vol}

$$v_{Vol} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dn}{dt}$$

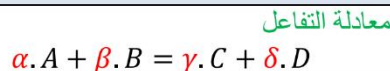
باستعمال طريقة المماس

$$v_{Vol} = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{1}{V} \cdot \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1} \Rightarrow v_{Vol} = \frac{1}{V} \cdot \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$



6. العلاقة بين سرعة تشكل ناتج و اختفاء متفاعل

معاملات ستوكيومترية $\alpha; \beta; \gamma; \delta$:



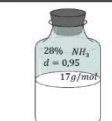
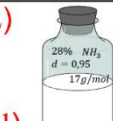
$$\frac{1}{\alpha} \times v_A = \frac{1}{\beta} \times v_B = \frac{1}{\gamma} \times v_C = \frac{1}{\delta} \times v_D$$

أهم القوانين و العلاقات

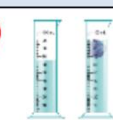
1. كمية المادة "عدد المولات": n

كمية المادة (mol) C: التركيز المولي (mol/L) V: حجم المذيب (L) 	كمية المادة بدلالة التركيز $n = C \times V$	كمية المادة (mol) m: الكتلة (g) M: الكتلة المولية (g/mol) 	كمية المادة بدلالة الكتلة $n = \frac{m}{M}$
كمية المادة (mol) T: درجة الحرارة (°K) V_g: حجم الغاز (m³) $1L = 10^{-3} m^3$ P: الضغط (Pa) $1bar = 10^5 Pa$ R: ثابت الغازات المثالية $R = 8.314 SI$ 	كمية المادة بدلالة ضغط غاز $n = \frac{P \times V_g}{R \times T}$ $T(^{\circ}K) = T(^{\circ}C) + 273$	كمية المادة (mol) V_g: حجم الغاز (L) V_M: الحجم المولي (L/mol) في الشروط النظامية: $V_M = 22.4 L/mol$ 	كمية المادة بدلالة حجم غاز $n = \frac{V_g}{V_M}$

2. التركيز المولي C و التركيز الكتلي C_m

التركيز الكتلي (g/L) m: كتلة المذاب (g) V: حجم المذيب (L) 	التركيز الكتلي $C_m = \frac{m}{V}$	التركيز المولي (mol/L) n: كمية مادة المذاب (mol) V: حجم المذيب (L) 	التركيز المولي $C = \frac{n}{V}$
درجة النقاوة (%) m: كتلة المذاب النقي (g) m_0: كتلة المذاب الخام (g) 	درجة النقاوة $P \% = \frac{m}{m_0} \cdot 100$	التركيز المولي (mol/L) $p\%$: درجة النقاوة (%) d: الكثافة M: الكتلة المولية (g/mol) 	التركيز المولي لمحلول تجاري $C = \frac{10 \times p \times d}{M}$

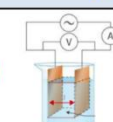
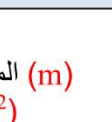
3. الكثافة d و الكثافة الحجمية ρ

الكثافة ρ_1: الكثافة الحجمية للجسم 1 (g/L) ρ_2: الكثافة الحجمية للجسم 2 (g/L) 	الكثافة $d = \frac{\rho_1}{\rho_2}$	الكثافة الحجمية (g/L) V: حجم المذيب (L) m: كتلة المذاب (g) 	الكثافة الحجمية $\rho = \frac{m}{V}$
الكثافة M: الكتلة المولية (g/mol) $M_{\text{الهواء}} = 29 g/mol$	كثافة غاز بالنسبة للهواء $d = \frac{M}{29}$	الكثافة ρ: الكثافة الحجمية (g/L) $\rho_{\text{ماء}} = 1000 g/l$	كثافة سائل بالنسبة للماء $d = \frac{\rho}{1000}$

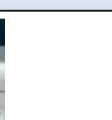
4. التمديد " التخفيف "

الحجم بعد التمديد: V_2 (L) الحجم قبل التمديد: V_1 (L) حجم الماء المضاف: V_{H_2O} (L)	حجم الماء المضاف $V_2 = V_1 + V_{H_2O}$	الحجم بعد التمديد: V_2 (L) الحجم قبل التمديد: V_1 (L) التركيز قبل التمديد: C_1 (mol/L) التركيز بعد التمديد: C_2 (mol/L) 	قانونه التمديد $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$
معامل التمديد V_2: الحجم بعد التمديد (L) V_1: الحجم قبل التمديد (L)	معامل التمديد $F = \frac{V_2}{V_1}$	معامل التمديد C_1: التركيز قبل التمديد (mol/L) C_2: التركيز بعد التمديد (mol/L)	معامل التمديد $F = \frac{C_1}{C_2}$

5. الناقلية G و الناقلية النوعية σ

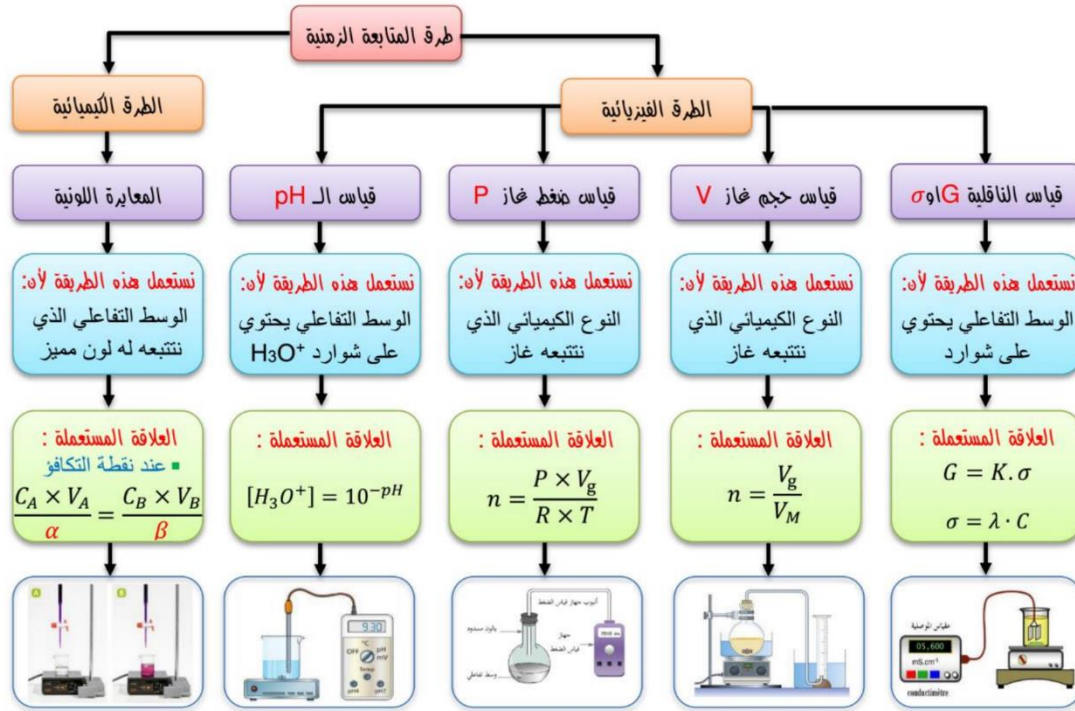
ثابت الخلية (m) L: المسافة بين لبوسي الخلية (m) S: مساحة لبوس الخلية (m²)	ثابت الخلية $K = \frac{S}{L}$	الناقلية (S) σ: الناقلية النوعية (S/m) K: ثابت الخلية (m) 	الناقلية $G = K \cdot \sigma$
الناقلية النوعية الشاردية: λ (S.m²/mol) σ: الناقلية النوعية (S/m) C: التركيز المولي (mol/L) 	الناقلية النوعية $\sigma = \lambda \cdot C$ $\sigma = \lambda_{X^+} \cdot [X^+] + \lambda_{X^-} \cdot [X^-]$	الناقلية (S) I: شدة التيار (A) R: المقاومة (Ω) U: فرق الكمون (التوتر) (V)	الناقلية $G = \frac{1}{R} = \frac{I}{U}$

6. نقطة التكافؤ

معاملات ستوكيومترية: $\alpha; \beta; \gamma; \delta$ 	معادلة التفاعل $\alpha \cdot A + \beta \cdot B = \gamma \cdot C + \delta \cdot D$	تركيز المتفاعل A (mol/L): C_A حجم المتفاعل A (L): V_A تركيز المتفاعل B (mol/L): C_B حجم المتفاعل B (L): V_B	عند نقطة التكافؤ $\frac{C_A \times V_A}{\alpha} = \frac{C_B \times V_B}{\beta}$
--	--	---	--

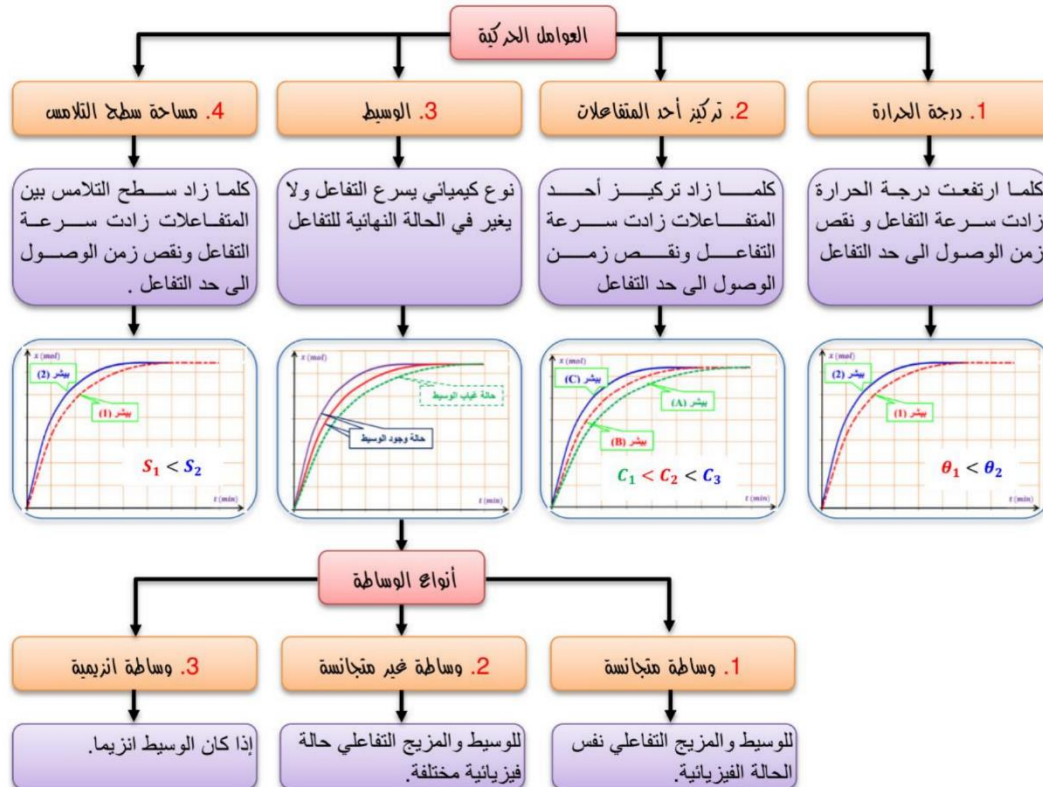
1. طرق المتابعة الزمنية

■ المتابعة الزمنية : متابعة تطور كمية مادة متفاعل او ناتج بدلالة الزمن .



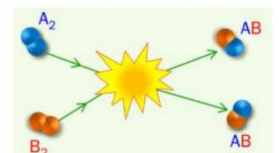
2. العوامل الحركية

العوامل الحركية : هي عوامل تؤثر على سرعة التفاعل .



3. التفسير المجعري

- الحركة البرونية : هي الحركة العشوائية للأفراد الكيميائية .
- الحركة الحرارية : تزداد الطاقة الحركية للأفراد الكيميائية بازدياد درجة الحرارة .
- الاصطدام الفعال : للتصادم الذي ينتج عنه تفاعل كيميائي و تزداد التصادمات الفعالة بارتفاع درجة الحرارة و زيادة التركيز المولية الابتدائية للمتفاعلات .



اهم البرتوكولات التجريبية للمتابعة الزمنية لتحول كيميائي

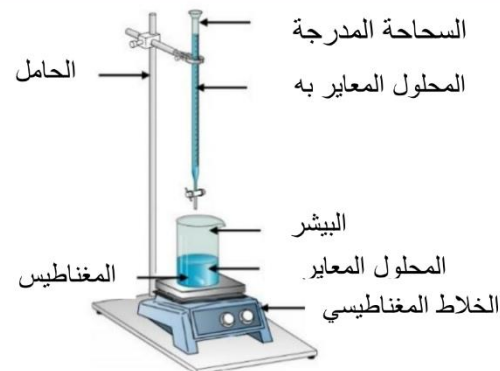
المعايرة

- نضيف الماء و الجليد : لإيقاف التفاعل .
- السقي الفيزيائي : تبريد الكأس الذي يحتوي على المزيج التفاعلي بوضعه في الجليد المهشم . السقي الكيميائي : إضافة الماء البارد إلى المزيج التفاعلي .
- نستعمل الخلاط المغناطيسي : للحصول على خليط متجانس .
- الهدف من المعايرة : المتابعة الزمنية لتطور جملة كيميائية و تعيين التركيز المولي للمحلول المعايير . **مميزات تفاعل المعايرة : سريع و تام .**
- نقطة التكافؤ : نقطة التغير اللوني و المزيج التفاعلي يحقق الشروط الستوكيومترية .

1. المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية

- البرتوكول التجريبي :**
- 1. الأدوات المستعملة : الزجاجيات :** سحاحة مدرجة ، بيشر ، ماصة عيارية ، أنابيب اختبار . **المحاليل :** المحلول المعايير ، المحلول المعايير به ، الماء ، كاشف لوني .
 - 2. الهدف من التجربة :** تعيين تركيز المحلول المجهول C .
 - 3. خطوات العمل :**

1. نملأ السحاحة بالمحلول المعايير به تركيزه معلوم C' و نضبطه على خط الصفر .
2. نأخذ حجم V بالماصة العيارية من المزيج التفاعلي ثم نضعه في البيشر و نضيف له الماء البارد و قطع الجليد و نضيف له قطرات من الكاشف اللوني ثم نضعه فوق الخلاط المغناطيسي .
3. نبدأ المعايرة قطرة بقطرة و نوقف التفاعل عند نقطة التكافؤ و نسجل حجم التكافؤ V_E .
4. نكرر التجربة عند لحظات مختلفة $t_1, t_2, \dots, t_n$ و ندون النتائج في جدول .

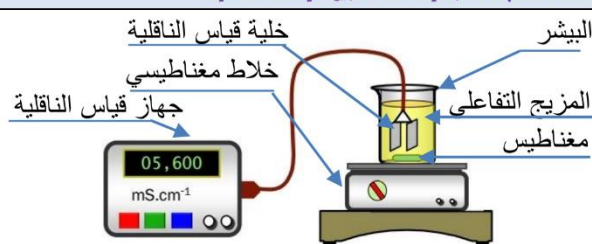


التجهيز التجريبي للمعايرة اللونية

2. المتابعة الزمنية عن طريق قياس الناقلية

- البرتوكول التجريبي :**
- 1. الأدوات المستعملة : الزجاجيات :** بيشر ، ماصة عيارية . **المحاليل :** مزيج تفاعلي شاردني حجمه V ، الماء .
 - 2. الهدف من التجربة :** مراقبة تطور كمية مادة الشوارد .
 - 3. خطوات العمل :**

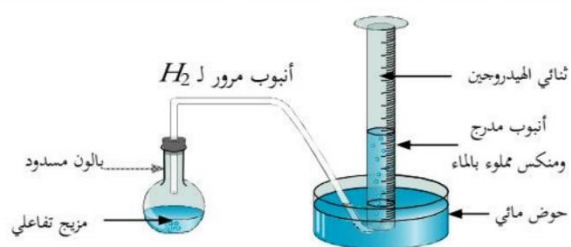
1. نضع بيشر يحتوي على مزيج تفاعلي شاردني حجمه V فوق خلاط مغناطيسي .
2. نغمر خلية قياس جهاز قياس الناقلية في البيشر .
3. نقيس قيم الناقلية في لحظات مختلفة $t_1, t_2, \dots, t_n$ و ندون النتائج في جدول .



التجهيز التجريبي لقياس الناقلية

3. المتابعة الزمنية عن طريق قياس حجم غاز

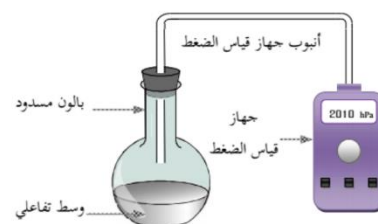
- البرتوكول التجريبي :**
- 1. الأدوات المستعملة : الزجاجيات :** أنبوب مدرج ، أنبوب على شكل حرف S ، حوالة (بالون) مسدودة بسدادة ، حوض مائي ، ماصة عيارية . **المحاليل :** مزيج تفاعلي حجمه V ، الماء . **الأجهزة :** مقيائية .
 - 2. الهدف من التجربة :** مراقبة تطور كمية مادة الغاز المنطلق .
 - 3. خطوات العمل :** 1. نضع المزيج التفاعلي في حوالة مسدودة بسدادة موصولة بأنبوب على شكل حرف S ، الطرف الثاني للأنبوب مغمور في حوض مملوء بالماء ننكس فوقه أنبوب مدرج مملوء بالماء .
 2. نقيس حجم الغاز المنطلق المحجوز في الأنبوب المدرج في لحظات زمنية مختلفة $t_1, t_2, \dots, t_n$ و ندون النتائج في جدول .



التجهيز التجريبي لقياس حجم غاز

4. المتابعة الزمنية عن طريق قياس ضغط غاز

- البرتوكول التجريبي :**
- 1. الأدوات المستعملة : الزجاجيات :** حوالة (بالون) مسدودة بسدادة ، أنبوب جهاز قياس الضغط ، ماصة عيارية . **المحاليل :** مزيج تفاعلي حجمه V ، الماء .
 - 2. الهدف من التجربة :** مراقبة تطور كمية مادة الغاز المنطلق .
 - 3. خطوات العمل :** 1. نضع المزيج التفاعلي في حوالة مسدودة بسدادة موصولة بأنبوب ، الطرف الثاني للأنبوب موصول بجهاز قياس الضغط .
 2. نقيس ضغط الغاز المنطلق في لحظات زمنية مختلفة $t_1, t_2, \dots, t_n$ و ندون النتائج في جدول .



التجهيز التجريبي لقياس ضغط غاز

1. عملية التمديد (التخفيف)

■ الهدف من التجربة : تحضير محلول مخفف حجمه V وتركيزه C انطلاقا من محلول مركز حجمه V_0 وتركيزه C_0 .

■ مثال :

تحضير محلول حجمه $V=100\text{ml}$ وتركيزه $C=0,02 \text{ mol.l}^{-1}$ انطلاقا من محلول برمنغنات البوتاسيوم (KMnO_4) تركيزه $C_0=0,5 \text{ mol.l}^{-1}$.

■ خطوات العمل :

- نقوم بحساب الحجم V_0 الواجب اخذه

$$V_0 = \frac{C \cdot V}{C_0} = \frac{0,02 \cdot 100}{0,5} = 1 \text{ ml}$$



1. بواسطة ماصة عيارية نأخذ حجما V_0 من المحلول الام S_0 تركيزه C_0 .
2. نسكب الحجم V_0 في حوجة عيارية حجمها V .
3. نملاً ثلاث ارباع الحوجة العيارية بالماء المقطر ثم نغلق الحوجة العيارية بسدادة ثم نرجها .
4. نضيف الماء المقطر الى الحوجة العيارية الى غاية خط العيار .

2. تحضير محلول انطلاقا من مادة صلبة نقية

■ الهدف من التجربة : تحضير محلول حجمه V وتركيزه C انطلاقا من مادة صلبة نقية كتلتها m و كتلتها المولية M

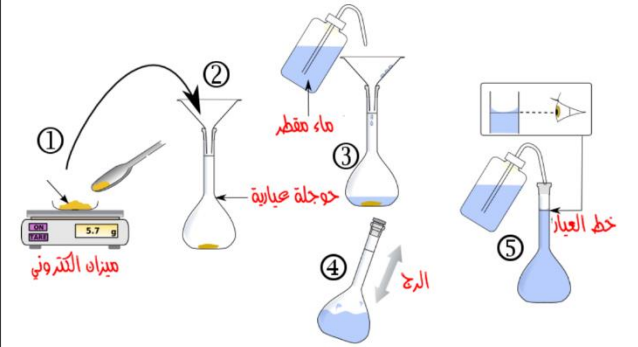
■ مثال :

تحضير محلول حجمه $V=100\text{ml}$ وتركيزه $C=0,01 \text{ mol.l}^{-1}$ انطلاقا من كبريتات النحاس الثنائي ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) كتلته المولية $M=249,7 \text{ g.mol}^{-1}$

■ خطوات العمل :

- نقوم بحساب الكتلة m الواجب اخذها

$$m = C \cdot V \cdot M = 0,01 \cdot 0,1 \cdot 249,7 = 0,25 \text{ g}$$



1. بواسطة ميزان الكتروني نقوم بوزن الكتلة m باستعمال جفنة .
2. نفرغ محتوى الجفنة في حوجة عيارية حجمها V .
3. نملاً ثلاث ارباع الحوجة العيارية بالماء المقطر .
4. نغلق الحوجة العيارية بسدادة ثم نرجها .
5. نضيف الماء المقطر الى الحوجة العيارية الى غاية خط العيار .

3. تحضير محلول انطلاقا من محلول تجاري

■ الهدف من التجربة : تحضير محلول حجمه V وتركيزه C انطلاقا من محلول تجاري درجة نقاوته $P\%$ وكثافته d و كتلته المولية M .

■ مثال :

تحضير محلول حجمه $V=100\text{ml}$ وتركيزه $C=0,2 \text{ mol.l}^{-1}$ انطلاقا من محلول تجاري لحمض كلور الهيدروجين (HCl) درجة نقاوته $P\% = 34\%$ وكثافته $d=1,16$ كتلته المولية $M=36,5 \text{ g.mol}^{-1}$.

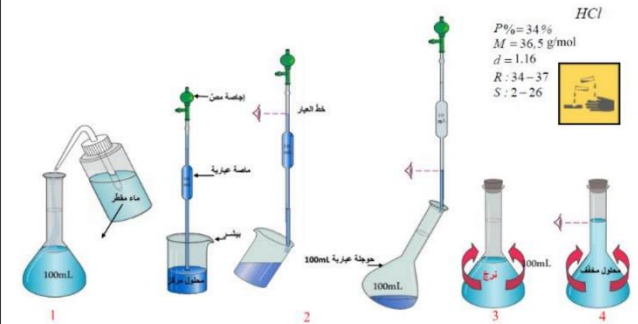
■ خطوات العمل :

- نقوم بحساب تركيز المحلول التجاري C_0 .

$$C_0 = \frac{10 \cdot P \cdot d}{M} = \frac{10 \cdot 34 \cdot 1,16}{36,5} = 10,81 \text{ mol.l}^{-1}$$

- نقوم بحساب الحجم V_0 الواجب اخذه .

$$V_0 = \frac{C \cdot V}{C_0} = \frac{0,2 \cdot 100}{10,81} = 1,85 \text{ ml}$$



ملاحظة :

نستعمل القفازات و النظارات للحماية لان المحلول التجاري لحمض كلور الهيدروجين مركز و أكال .

المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية



تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية

التمرين الأول : باك 2008 ت.ر

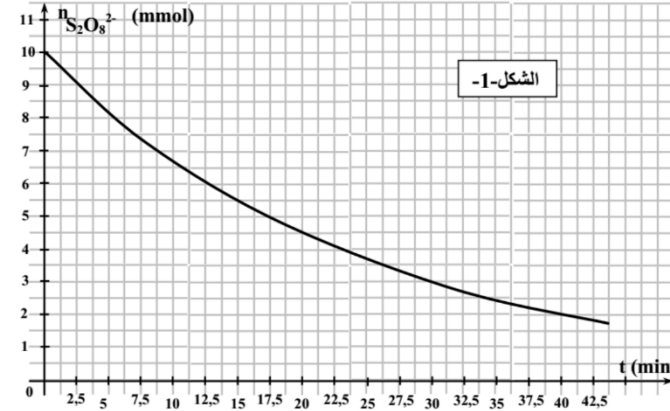
نريد دراسة تطور التحول

الكيميائي الحاصل بين شوارد

محلول (S_1) لبيروكسوديكبريتاتالبوتاسيوم ($2K^+_{(aq)} + S_2O_8^{2-}_{(aq)}$)وشوارد محلول (S_2) ليودالبوتاسيوم ($K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$)

في درجة حرارة ثابتة.

لهذا الغرض نمزج في اللحظة

 $V_1 = 50 \text{ mL}$ حجمًا $t = 0$ من المحلول (S_1) تركيزه المولي $c_2 = 1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ تركيزه المولي (S_2) من المحلول $V_2 = 50 \text{ mL}$ مع حجم $c_1 = 0,2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ نتابع تغيرات كمية مادة $S_2O_8^{2-}$ المتبقية في الوسط التفاعلي في لحظات زمنية مختلفة، فنحصل على البيان الموضح في الشكل-1.ننمذج التحول الكيميائي الحاصل بالتفاعل الذي معادلته: $2I^-(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) = I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$

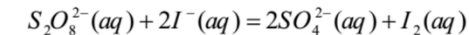
1- حدّد الثنائيتين Ox / Red المشاركتين في التفاعل.

2- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل.

3- حدّد المتفاعل المحد علمًا أن التفاعل تام.

4- عرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ واستنتج قيمته بيانياً.5- أوجد التراكيز المولية للأنواع الكيميائية المتواجدة في الوسط التفاعلي عند اللحظة $t_{1/2}$.استنتج بيانياً قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $t = 10 \text{ min}$.

التمرين الثاني : باك 2009 ع.ت.ر

ينمذج التحول الكيميائي الذي يحدث بين شوارد البرأوكسوديكبريتات ($S_2O_8^{2-}$) وشوارد اليود (I^-) في الوسط المائي بتفاعل

تام معادلته:

I- لدراسة تطور هذا التفاعل في درجة حرارة ثابتة $\theta = 35^\circ\text{C}$ بدلالة الزمن، نمزج في اللحظة $t = 0$ حجمًا $V_1 = 100 \text{ mL}$ من محلول مائي لبرأوكسوديكبريتات البوتاسيوم ($2K^+ + S_2O_8^{2-}$) تركيزه المولي $c_1 = 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ معحجم $V_2 = 100 \text{ mL}$ من محلول مائي ليود البوتاسيوم ($K^+ + I^-$) تركيزه المولي $c_2 = 8,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ فنحصل على مزيج حجمه $V_T = 200 \text{ mL}$.

أ- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل الحاصل.

ب- أكتب عبارة التركيز المولي $[S_2O_8^{2-}]$ لشوارد البرأوكسوديكبريتات في المزيج خلال التفاعل بدلالة: V_2 , V_1 , c_1 و $[I_2]$ التركيز المولي لثنائي اليود (I_2) في المزيج.ج- احسب قيمة $[S_2O_8^{2-}]$ التركيز المولي لشوارد البرأوكسوديكبريتات في اللحظة $t = 0$ لحظة انطلاق التفاعل بينشوارد ($S_2O_8^{2-}$) و شوارد (I^-).II- لمتابعة التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل بدلالة الزمن، نأخذ في أزمنة مختلفة t_1 , t_2 , t_3 , ... عينات منالمزيج حجم كل عينة $V_0 = 10 \text{ mL}$ ونبردها مباشرة بالماء البارد والجليد وبعدها نعاير ثنائي اليود المتشكل خلال المدة t_i بواسطة محلول مائي لثيوكبريتات الصوديوم ($2Na^+ + S_2O_3^{2-}$) تركيزه المولي $c' = 1,5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ وفيكل مرة نسجل V' حجم محلول ثيوكبريتات الصوديوم اللازم لاختفاء ثنائي اليود فنحصل على جدول القياسات التالي:

$t \text{ (min)}$	0	5	10	15	20	30	45	60
$V' \text{ (mL)}$	0	4,0	6,7	8,7	10,4	13,1	15,3	16,7
$[I_2] \text{ (mmol} \cdot \text{L}^{-1})$								

أ- لماذا تُبرّد العينات مباشرة بعد فصلها عن المزيج؟

ب- في تفاعل المعايرة تتدخل الثنائيتان $S_4O_6^{2-}(aq) / S_2O_3^{2-}(aq)$ و $I_2(aq) / I^-(aq)$. أكتب المعادلة الإجمالية

لتفاعل الأكسدة - إرجاع الحاصل بين الثنائيتين.

ج- بيّن مستعينا بجدول التقدم لتفاعل المعايرة أن التركيز المولي لثنائي اليود في العينة عند التكافؤ يعطى بالعلاقة:

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

د- أكمل جدول القياسات.

هـ- أرسم على ورقة ملليمترية البيان $[I_2] = f(t)$.و- أحسب بيانياً السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $t = 20 \text{ min}$.

التمرين الثالث : باك 2010 ت.ر

نمزج في اللحظة $t = 0$ حجمًا $V_1 = 200 \text{ mL}$ من محلول مائي لبرأوكسوديكبريتات البوتاسيوم ($2K^+_{(aq)} + S_2O_8^{2-}_{(aq)}$)تركيزه المولي $c_1 = 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ مع حجم $V_2 = 200 \text{ mL}$ من محلول مائي ليود البوتاسيوم ($K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$)تركيزه المولي $c_2 = 4,0 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.1- إذا علمت أن الثنائيتين (Ox / Red) الداخلتين في التحول الكيميائي الحاصل هما: ($S_2O_8^{2-}_{(aq)} / SO_4^{2-}_{(aq)}$) وو ($I_{2(aq)} / I^-_{(aq)}$)

أ- أكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل أكسدة - إرجاع النمذج للتحول الكيميائي الحاصل.

تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية

ب- أنجز جدولاً لنقدم التفاعل الحادث. استنتج التفاعل المحد.

2- توجد عدة تقنيات لمتابعة تطور تشكل ثنائي اليود I_2 بدلالة الزمن. استخدمت واحدة منها في تقدير كمية ثنائي اليود

ورسم البيان: $[I_2] = f(t)$ (الشكل - 2).

أ- كم يستغرق التفاعل من الوقت لإنتاج 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

(الشكل - 2)، تعتمد في تحديد تركيز ثنائي اليود

المتشكل عن طريق المعايرة، حيث تؤخذ عينات متساوية، حجم كل منها $V = 10 \text{ mL}$ من الوسط التفاعلي في أزمنة مختلفة (توضع العينة مباشرة لحظة أخذها في الماء والجليد) ثم تعابر بمحلول مائي لثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+_{(aq)} + S_2O_3^{2-}_{(aq)})$ تركيزه المولي $c' = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$.

معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحويل الحادث هي: $I_{2(aq)} + 2S_2O_3^{2-}_{(aq)} = 2I^-_{(aq)} + S_4O_6^{2-}_{(aq)}$

أ- أذكر الخواص الأساسية للتفاعل الكيميائي المنمذج للتحويل الكيميائي الحاصل بين ثيوكبريتات الصوديوم وثنائي اليود.

ب- أوجد عبارة $[I_2]$ بدلالة كل من: V و V_E و c' . حيث: V_E هو حجم ثيوكبريتات الصوديوم اللازم لبلوغ نقطة التكافؤ E .

ج- احسب الحجم المضاف V_E في اللحظة $t = 1,2 \text{ min}$.

التمرين الرابع : باك 2010 ت. ر

نحضر محلولاً (S) بمزج حجم $V_1 = 100 \text{ mL}$ من الماء الأكسجيني H_2O_2 تركيزه المولي $c_1 = 4,5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$

مع حجم $V_2 = 100 \text{ mL}$ من محلول يود البوتاسيوم $(K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)})$ تركيزه المولي $c_2 = 2,0 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot L^{-1}$.

تعطى الثنائيتان: $(I^-_{(aq)})$ و $(H_2O_{2(aq)})/H_2O_{(l)}$.

1- أ- أكتب معادلة التفاعل أكسدة - إرجاع معتمداً على المعادلتين النصفيتين.

ب- أنشئ جدولاً لنقدم التفاعل واستنتج المتفاعل المحد.

2- نقسم المحلول (S) على عدة أنابيب متماثلة كل منها يحتوي على حجم $V = 20 \text{ mL}$ وفي اللحظة $t = 3 \text{ min}$

نضيف إلى الأنبوب الأول ماء وقطع من الجليد ثم نعاير ثنائي اليود $I_{2(aq)}$ المتشكل بواسطة ثيوكبريتات الصوديوم

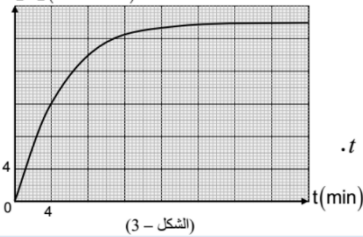
$(2Na^+_{(aq)} + S_2O_3^{2-}_{(aq)})$ تركيزه المولي $c = 1,0 \text{ mol} \cdot L^{-1}$. نكرر التجربة السابقة كل ثلاث دقائق مع بقية

الأنابيب، علماً أن حجم الثيوكبريتات المضاف عند التكافؤ هو V_E .

لماذا نضيف الماء وقطع الجليد لكل أنبوب قبل المعايرة؟

3- نمذج التحويل الكيميائي الحادث أثناء المعايرة بالمعادلة: $I_{2(aq)} + 2S_2O_3^{2-}_{(aq)} = 2I^-_{(aq)} + S_4O_6^{2-}_{(aq)}$

بين أن التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل في أي لحظة t يعطى بالعلاقة: $[I_2] = \frac{c \cdot V_E}{2V}$



4- إن دراسة تغيرات التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل بدلالة الزمن أعطت البيان (الشكل - 3).

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

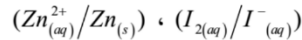
ب- احسب قيمة السرعة الحجمية لتشكل I_2 في اللحظة $t = 8 \text{ min}$.

ج- استنتج سرعة اختفاء الماء الأكسجيني في نفس اللحظة.

التمرين الخامس : باك 2010 ع. ت

نأخذ عينة من منظف طبّي للجروح عبارة عن سائل يحتوي أساساً على ثنائي اليود $I_{2(aq)}$ تركيزه المولي c_0 . نضيف إليها قطعة من الزنك $Zn_{(s)}$ ، فنلاحظ تناقص الشدة اللونية للمنظف.

1- أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحويل الكيميائي الحادث، علماً أن الثنائيتين الداخلتين في التفاعل هما:



2- التجربة الأولى: عند درجة الحرارة $20^\circ C$ نضيف إلى حجم $V = 50 \text{ mL}$ من المنظف قطعة من Zn ، ونتابع عن

طريق المعايرة تغيرات $[I_{2(aq)}]$ بدلالة الزمن t ، فنحصل على البيان $[I_{2(aq)}] = f(t)$ (الشكل - 4).

أ- اقترح بروتوكولاً تجريبياً للمعايرة المطلوبة مع رسم الشكل التخطيطي.

ب- عرّف السرعة الحجمية لاختفاء I_2 مبيناً طريقة حسابها بيانياً.

ج- كيف تتطور السرعة الحجمية لاختفاء I_2 مع الزمن؟

فسّر ذلك.

3- التجربة الثانية: نأخذ نفس الحجم V من نفس العينة

عند الدرجة $20^\circ C$ ، نضعها في حوجلة عيارية سعتها

100 mL ثم نكمل الحجم بواسطة الماء المقطر إلى خط

العيار ونسكب محتواها في بيشر ونضيف إلى المحلول

قطعة من الزنك. توقع شكل البيان (2) $[I_2] = g(t)$ وارسمه، كيفاً، في نفس المعلم مع البيان (1) للتجربة الأولى.

علّل.

4- التجربة الثالثة: نأخذ نفس الحجم V من نفس العينة، نرفع درجة الحرارة إلى $80^\circ C$. توقع شكل البيان (3)

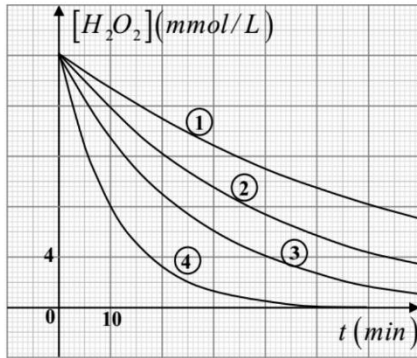
$[I_2] = h(t)$ وارسمه، كيفاً، في نفس المعلم السابق.

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

تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية

2- تأخذ كل مجموعة، في لحظات زمنية مختلفة، حجما مقداره 10 mL من الوسط التفاعلي الخاص بها ويوضع في الماء البارد والجليد وتجرى له عملية المعايرة بمحلول برمنغنات البوتاسيوم المحمضة (بإضافة قطرات من حمض الكبريت المركز). ما الغرض من استعمال الماء البارد والجليد؟

3- سمحت عمليات المعايرة برسم المنحنيات البيانية (الشكل-5).



الشكل-5

أ- حدّد البيان الخاص بكل مجموعة.

ب- أوجد من البيان التركيز المولي للمحلول S_0 المعايير.

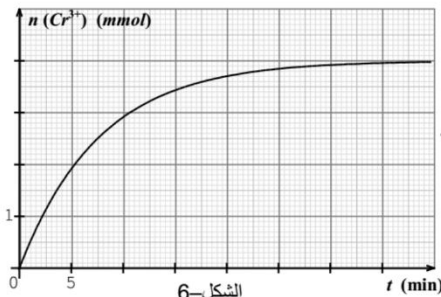
ج- هل النتائج المتوصل إليها متطابقة مع ما هو مسجل على القارورة؟

التمرين السابع : باك 2011 ع تب

لدراسة تطور حركية التحول بين شوارد البيكرومات $Cr_2O_7^{2-}(aq)$ ومحلول حمض الأوكساليك $C_2H_2O_4(aq)$ ، نمذج في اللحظة $t = 0s$ حجما $V_1 = 40 mL$ من محلول بيكرومات البوتاسيوم $(2K^+(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq))$ تركيزه المولي $c_1 = 0,2 mol \cdot L^{-1}$ مع حجم $V_2 = 60 mL$ 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- أكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل أكسدة - إرجاع النمذج للتحول الكيميائي الحادث.



الشكل-6

ب- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.

2- يمثل (الشكل-6) 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_r .

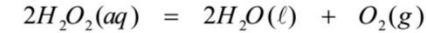
ج- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

3- أ - باعتبار التحول تاما عيّن المتفاعل المحد.

ب - أوجد التركيز المولي لمحلول حمض الأوكساليك c_2 .

التمرين السادس : باك 2011 ع تب

يعرف محلول بيروكسيد الهيدروجين بالماء الأكسجيني، الذي يستعمل في تطهير الجروح وتنظيف العدسات اللاصقة وكذلك في التبييض. يتفكك الماء الأكسجيني ذاتيا وفق التفاعل النمذج بالمعادلة الكيميائية التالية:



أفترض على التلاميذ في حصة الأعمال التطبيقية دراسة حركية التحول السابق. وضع الأستاذ في متناولهم المواد والوسائل التالية:

- قارورة تحتوى على 500 mL من الماء الأكسجيني S_0 منتج حديثا كتب عليها ماء أكسجيني 10V (كل 1 L من الماء الأكسجيني يحرر 10 L من غاز ثنائي الأكسجين في الشرطين النظاميين، الحجم المولي: $V_M = 22,4 L/mol$).
- الزجاجيات: • حوجلات عيارية: 250 mL ؛ 200 mL ؛ 100 mL ؛ 50 mL .
- ماصات عيارية: 1 mL ؛ 5 mL ؛ 10 mL و إجاصة مص.
- سحاحة مدرجة سعتها: 50 mL .
- بيشر سعته: 250 mL .

- قارورة محلول برمنغنات البوتاسيوم محضر حديثا تركيزه المولي بشوارد البرمنغنات $c' = 2,0 \times 10^{-3} mol \cdot L^{-1}$.
- ماء مقطر.
- قارورة حمض الكبريت المركز 98%.
- حامل.

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

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

1- ضع بروتوكولا تجريبيا لتحضير المحلول S.

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

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

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

رمز المجموعة	A	B	C	D
حجم الوسيط المضاف (mL)	1	5	0	2
حجم H_2O_2 (mL)	49	45	50	48
حجم الوسط التفاعلي (mL)	50	50	50	50

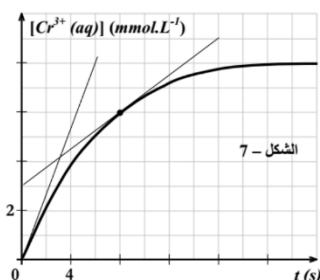
1- ما دور الوسيط؟ ما نوع الوساطة؟

تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية

2- اعتمادا على المعطيات والمنحنى البياني أكمل جدول التقدم المميز لهذا التفاعل.

(انقل الجدول الآتي على ورقة الإجابة):

كمية المادة (mmol)					
$3H_2C_2O_4(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 8H^+(aq) = 2Cr^{3+}(aq) + 6CO_2(aq) + 7H_2O(l)$					
البوفرة		بوفرة		بوفرة	
الانقالية		بوفرة		بوفرة	
النهائية		بوفرة		بوفرة	



هل التفاعل تام أم غير تام؟ لماذا؟

3- عرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، ثم قّدّر قيمته ببيانها.

4- أ- عرّف السرعة الحجمية v للتفاعل، ثم عرّف عنها

بدلالة التركيز المولي لشوارد الكروم $[Cr^{3+}(aq)]$.

ب- أحسب السرعة الحجمية في اللحظتين $t = 0$ و $t = 8 s$.

ج- فسر على المستوى المجهرى تناقص هذه السرعة مع مرور الزمن.

التمرين العاشر : بالك 2012 ع تب

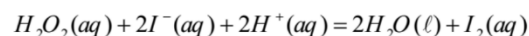
لأجل الدراسة الحركية لتفاعل يود البوتاسيوم مع الماء الأكسجيني، نحضر في بيشر في اللحظة $t = 0$ المزيج التفاعلي S

المشكل من الحجم $V_1 = 368 mL$ من محلول يود البوتاسيوم الذي تركيزه المولي $c_1 = 0,05 mol \cdot L^{-1}$ والحجم

$V_2 = 32 mL$ من الماء الأكسجيني الذي تركيزه المولي $c_2 = 0,10 mol \cdot L^{-1}$ وكمية كافية من حمض الكبريت المركز،

فيتم إرجاع الماء الأكسجيني بواسطة شوارد اليود $I^- (aq)$ وفق تفاعل بطيء ينتج عنه ثنائي اليود.

ننمذج التفاعل الكيميائي الحادث بالمعادلة الآتية:



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 عينة حجمها $V = 40,0 mL$ من المزيج التفاعلي S ونسكبها في بيشر يحتوي الجليد المنصهر والنشاء،

فيتلون المزيج بالأزرق، بعد ذلك نضيف تدريجيا إلى هذه العينة محلولاً مائياً لثيوكبريتات الصوديوم

$(2Na^+(aq) + S_2O_3^{2-}(aq))$ الذي تركيزه المولي $c_3 = 0,10 mol \cdot L^{-1}$ إلى غاية اختفاء اللون الأزرق. باستغلال

الحجم V_E لثيوكبريتات الصوديوم والمضاف ومعادلة تفاعل المعايرة نستنتج التركيز المولي لثنائي اليود في اللحظة t .

التمرين التاسع : بالك 2012 ع تب

نسكب في بيشر حجما $V_1 = 50 mL$ من محلول يود البوتاسيوم $(K^+(aq) + I^-(aq))$ تركيزه المولي

$c_1 = 3,2 \times 10^{-1} mol \cdot L^{-1}$ ، ثم نضيف له حجما $V_2 = 50 mL$ من محلول بيروكسوديكبريتات البوتاسيوم

$(2K^+(aq) + S_2O_8^{2-}(aq))$ تركيزه المولي $c_2 = 0,20 mol \cdot L^{-1}$. نلاحظ أن المزيج التفاعلي يصفر، ثم يأخذ لونا بنيا

نتيجة التشكل التدريجي لثنائي اليود $I_2(aq)$ وأن الثنائيتين المشاركتين في التفاعل هما: $S_2O_8^{2-}(aq) / SO_4^{2-}(aq)$ و

$I_2(aq) / I^-(aq)$

1- اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحويل الكيميائي الحادث.

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

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

$$[I_2(aq)] = \frac{c_1 \cdot V_1}{2V} - \frac{[I^-(aq)]}{2} \quad \text{حيث: } V = V_1 + V_2$$

4- سمحت إحدى طرق متابعة التحويل الكيميائي بحساب التركيز المولي لشوارد $[I^-(aq)]$ كل $5 min$ في المزيج التفاعل

ودونّت النتائج في الجدول التالي:

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

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

ب- عرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، ثم عيّّن قيمته.

ج- احسب سرعة التفاعل في اللحظة $t = 20 min$ ، ثم استنتج سرعة اختفاء شوارد اليود في نفس اللحظة.

التمرين التاسع : بالك 2012 ع تب

لدراسة تطور التفاعل الحادث بين محلول حمض الأوكساليك $H_2C_2O_4(aq)$ ومحلول بيكرومات البوتاسيوم

$(2K^+(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq))$ بدلالة الزمن، حصرنا مزيجا تفاعليا يحتوي على حجم $V_1 = 100 mL$ من محلول حمض

الأوكساليك الذي تركيزه المولي $c_1 = 3,0 \times 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$ وحجم $V_2 = 100 mL$ من محلول بيكرومات البوتاسيوم الذي

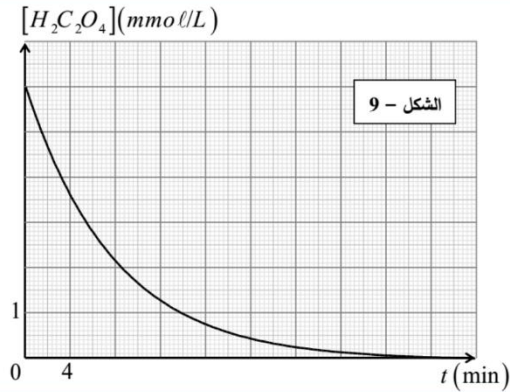
تركيزه المولي $c_2 = 0,8 \times 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$ وبضع قطرات من حمض الكبريت المركز. نتابع تطور المزيج التفاعلي من

خلال معايرة شوارد الكروم $Cr^{3+}(aq)$ المتشكلة بدلالة الزمن فنحصل على المنحنى البياني (الشكل - 7) الذي يمثل تطور

التركيز المولي لشوارد الكروم $[Cr^{3+}(aq)]$ بدلالة الزمن t .

1- كيف نصنف هذا التفاعل من حيث مدة استغراقه؟

تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية



التمرين الثاني عشر : باك 2013 ت. ر

كتب على قارورة ماء جافيل المعلومات التالية:

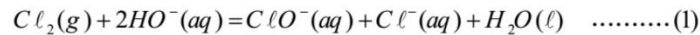
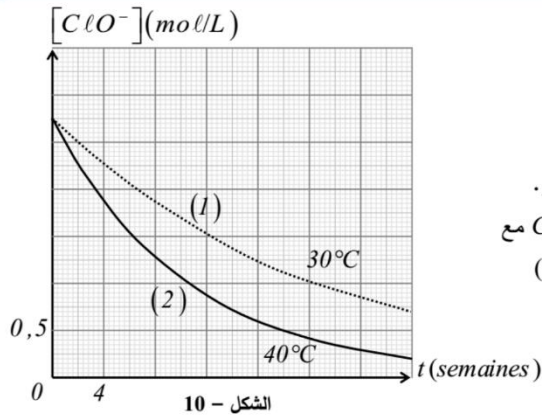
- يحفظ في مكان بارد معزولا عن الأشعة الضوئية.
- لا يمزج مع منتجات أخرى.
- بملاسته لمحلول حمضي ينتج غاز سام.

إن ماء جافيل منتج شائع، يستعمل في التنظيف والتطهير.

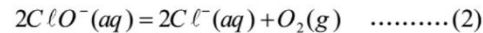
نحصل على ماء جافيل من تفاعل غاز ثنائي الكلور Cl_2 مع

محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+(aq) + HO^-(aq))$

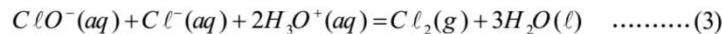
ينمذج هذا التحول بالمعادلة (1):



يتفكك ماء جافيل ببطء في الشروط العادية وفق المعادلة (2):



أما في وسط حمضي ينمذج التفاعل وفق المعادلة (3):

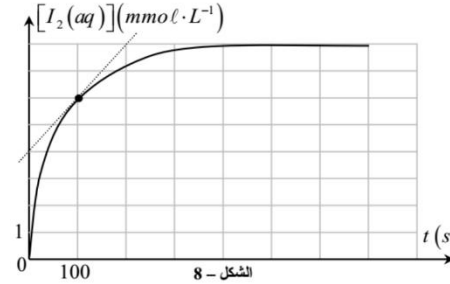


1- أنجز جدول التقدم للتفاعل المنمذج وفق المعادلة (2).

2- اعتمادا على البيانيين (الشكل-10)، المعبرين عن تغيرات تركيز شوارد $ClO^-(aq)$ في التفاعل المنمذج بالمعادلة (2)

بدلالة الزمن.

نعيد العملية في لحظات متعاقبة، ثم نرسم تطور التركيز المولي لثنائي اليود $[I_2(aq)]$ المتشكل بدلالة الزمن t فنحصل على المنحنى البياني (الشكل - 8).



1- أ- ارسم بشكل تخطيطي عملية المعايرة.

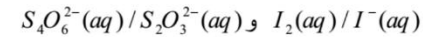
ب- ما هي الوسيلة التي نستعملها لأخذ 40 mL

من المزيج التفاعلي؟

ج- اكتب معادلة تفاعل المعايرة.

الثانيتين مرجع/مؤكسد المساهمتان في هذا التحول

هما:



2- عرّف التكافؤ، ثم جد العبارة الحرفية الموافقة للتركيز المولي لثنائي اليود $[I_2(aq)]$ بدلالة الحجم V والحجم V_E والتركيز

المولي c_3 لثيوكبريتات الصوديوم.

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

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

5- جد بيانيا زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

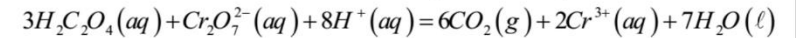
التمرين الرابع عشر : باك 2013 ت. ر

لمتابعة تطور تفاعل حمض الأكساليك $H_2C_2O_4(aq)$ مع شوارد ثنائي الكرومات $Cr_2O_7^{2-}(aq)$ ، نمزج في اللحظة:

$t = 0 \text{ min}$ حجما: $V_1 = 50 \text{ mL}$ من محلول حمض الأكساليك، تركيزه المولي: $c_1 = 12 \text{ mmol/L}$ مع حجم:

$V_2 = 50 \text{ mL}$ من محلول ثاني كرومات البوتاسيوم $(2K^+(aq) + S_2O_8^{2-}(aq))$ تركيزه المولي: $c_2 = 16 \text{ mmol/L}$ و

بوجود وفرة من حمض الكبريت المركز. ننمذج التحول الحاصل بالمعادلة التالية:



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

ب- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل، ثم حدّد المتفاعل المُحد.

2- البيان يمثل تغيرات التركيز المولي لحمض الأكساليك بدلالة الزمن (الشكل-9).

أ- عرّف السرعة الحجمية للتفاعل.

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

ج- احسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة: $t = 12 \text{ min}$

3- عرّف زمن نصف التفاعل، ثم احسبه.

تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية

أ- استنتج تركيز شوارد $ClO^-(aq)$ في اللحظة $t = 8 \text{ semaines}$ من أجل درجتي الحرارة $\theta_1 = 30^\circ C$ و $\theta_2 = 40^\circ C$.

ب- عرّف السرعة الحجمية للتفاعل، وبين أن عبارتها تكتب بالشكل التالي: $v(t) = -\frac{1}{2} \times \frac{d[ClO^-]}{dt}$

ج- احسب قيمة السرعة الحجمية في اللحظة $t = 0$ من أجل درجتي الحرارة $\theta_1 = 30^\circ C$ و $\theta_2 = 40^\circ C$.

د- هل النتائج المتحصل عليها في السؤالين (2) و (أ) (ج) تبرر المعلومة "يحفظ في مكان بارد؟" علّل.

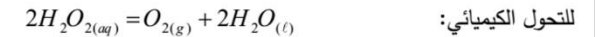
3- عرّف زمن نصف التفاعل، ثم جّد قيمته انطلاقاً من المنحنى (2)، علماً أن التفكك تام.

4- أعط رمز واسم الغاز السام المشار على القارورة.

التمرين الثالث عشر : باك 2014 ن 3

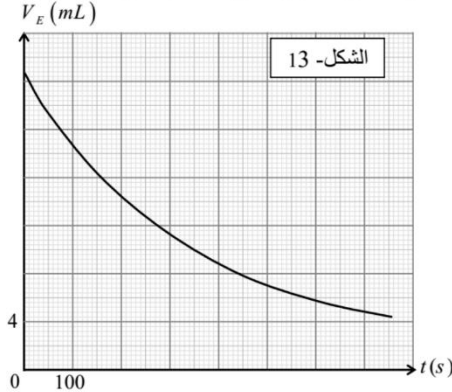
للماء الأكسجيني H_2O_2 أهمية بالغة، فهو مُعالج للمياه المُستعملة ومُطهر للجروح ومُعقم في الصناعات الغذائية.

الماء الأكسجيني يتفكك بتحول بطيء جداً في الشروط العادية مُعطياً غاز ثنائي الأكسجين والماء وفقاً للمعادلة المُتمذجة



للتحول الكيميائي:

لدراسة تطور التفكك الذاتي للماء الأكسجيني بدلالة الزمن، نأخذ مجموعة أنابيب اختبار يحتوي كل منها على حجم



لدراسة تطور التفكك الذاتي للماء الأكسجيني بدلالة الزمن، نأخذ مجموعة أنابيب اختبار يحتوي كل منها على حجم

في حمام مائي درجة حرارته ثابتة.

عند كل لحظة t ، نُفَرِّغ أنبوبة اختبار في بيشر ونُضيف

إليه ماء وقطع جليد وقطرات من حمض الكبريت المركز

$(H_2SO_4)_{(aq)}$ ثم نعاير المزيج بمحلول مائي لثنائي كرومات

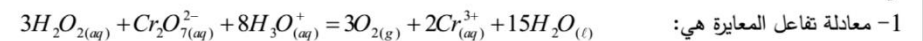
البوتاسيوم $(2K^+_{(aq)} + Cr_2O_7^{2-}_{(aq)})$ تركيزه المولي

$c = 0,1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ فنحصل في كل مرة على الحجم V_E

اللازم لبلوغ التكافؤ.

سمحت النتائج المحصل عليها برسم المنحنى الممثل

في الشكل-13.



1- معادلة تفاعل المعايرة هي:

أ- اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع الموافقتين لهذا التفاعل.

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

ج- هل يؤثر إضافة الماء وقطع الجليد على قيمة حجم التكافؤ V_E ؟ لماذا؟

2- عبّر عن التركيز المولي $[H_2O_2]$ للماء الأكسجيني بدلالة c ، V_0 و V_E .

3- القارورة التي أخذ منها الماء الأكسجيني المُستخدم في هذه التجربة كُتِب عليها الدلالة $(10V)$ أي:

(كل 1L من محلول الماء الأكسجيني يحرر 10L من غاز ثنائي الأكسجين O_2 في الشرطين النظاميين)

- هل هذا المحلول مُحَضَّر حديثاً؟ علّل.

4- بالاعتماد على المنحنى والعبارة المتوصل إليها في السؤال-2 جّد:

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 الأكسجيني عند اللحظتين $t_1 = 200 \text{ s}$ ؛ $t_2 = 600 \text{ s}$. ماذا تلاحظ؟ علّل.

يعطى: $V_m = 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

التمرين الرابع عشر : باك 2014 ع 3

لدراسة التفاعل الكيميائي البطيء والتام بين الماء الأكسجيني $H_2O_2(aq)$ ومحلول يود البوتاسيوم $(K^+(aq) + I^-(aq))$

في وسط حمضي والنموذج بالمعادلة: $H_2O_2(aq) + 2I^-(aq) + H_3O^+(aq) = I_2(aq) + 4H_2O(l)$

مزجنا في بيشر عند اللحظة $t = 0$ ودرجة الحرارة $25^\circ C$ ، حجماً $V_1 = 100 \text{ mL}$ من محلول الماء الأكسجيني تركيزه المولي

$c_1 = 4,5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ مع حجم $V_2 = 100 \text{ mL}$ من محلول يود البوتاسيوم تركيزه المولي

$c_2 = 6 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ وبضع قطرات من محلول حمض الكبريت المركز $(2H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq))$.

I-1 اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع.

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

3- أعد كتابة جدول التقدم للتفاعل وأكمل.

معادلة التفاعل		$H_2O_2(aq) + 2I^-(aq) + H_3O^+(aq) = I_2(aq) + 4H_2O(l)$			
حالة الجملة	التقدم	كميات المادة بـ (mol)			
الابتدائية	0				
الانتقالية	x				
النهائية	x_f			3×10^{-3}	

- استنتج المتفاعل المحد.

II- لتحديد كمية ثنائي اليود $I_2(aq)$ المتشكلة في لحظات زمنية مختلفة t ، نأخذ في كل مرة نفس الحجم من المزيج

التفاعلي ونضع فيه (ماء + جليد) وبضع قطرات من صمغ النشاء ونعايره بمحلول لثيوكبريتات الصوديوم

$(2Na^+(aq) + S_2O_3^{2-}(aq))$ معلوم التركيز.

معالجة النتائج المتحصل عليها مكنتنا من رسم المنحنى $x = f(t)$ الممثل لتطور تقدم التفاعل الكيميائي المدروس في

المزيج الأصلي بدلالة الزمن (الشكل-14).

تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية

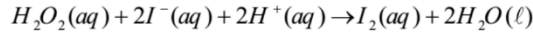
التمرين السادس عشر : باك 2016 ع تب (دورة عادية)

لأجل إجراء دراسة حركية للتحويل الكيميائي التام والبطيء بين محلول يود البوتاسيوم $(K^+(aq) + I^-(aq))$ والماء الأكسجيني $H_2O_2(aq)$ لهما نفس التركيز المولي $c = 0,1 mol \cdot L^{-1}$ ، 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 $V = 60 mL$. يُنمذجُ التحويل الحادث في كل مزيج بالمعادلة الكيميائية التالية:



1. اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع، ثم استنتج الثنائيتين (Ox/Red) المشاركتين في التفاعل.

2. أ- احسب كمية المادة الابتدائية للمفاعلات في كل مزيج.

ب- انشئ جدول تقدم للتفاعل الحادث في المزيج الأول.

3. البيانان (1) و (2) في الشكل-17 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 $t = 30 min$.

ج- هل يتوقف التفاعل في المزيج الأول عند $t = 30 min$ ؟

علل.

4. أ- اوجد عبارة السرعة الحجمية لتشكّل ثنائي اليود بدلالة

التركيز $[I_2]$.

ب- احسب السرعة الحجمية للتفاعل في كلا المزيجين عند

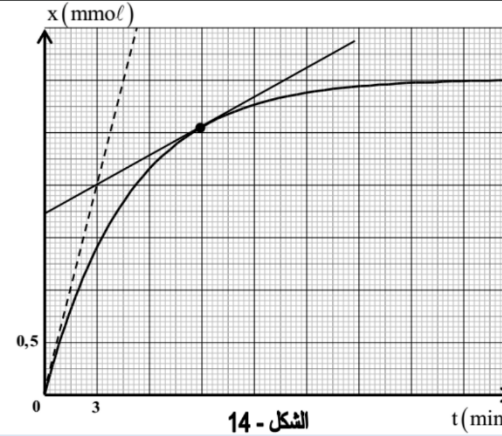
اللحظة $t = 10 min$. ماذا تستنتج؟

التمرين السابع عشر : باك 2016 ع تب (دورة عادية)

نحضر ماء جافيل من تفاعل غاز ثنائي الكلور $Cl_2(g)$ مع محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+(aq) + HO^-(aq))$ بتفاعل كيميائي تام يُنمذجُ بمعادلة التفاعل التالية: $Cl_2(g) + 2HO^-(aq) = C\ell O^-(aq) + C\ell^-(aq) + H_2O(\ell)$

1. تُعرّف الدرجة الكلورومترية ($^\circ Chl$) بأنها توافق عدد لترات غاز ثنائي الكلور في الشرطين النظاميين اللزيم استعمالها

لتحضير لتر واحد من ماء جافيل. بين أن: $^\circ Chl = C_0 \cdot V_M$



الشكل - 14

1- أ- ما الهدف من إضافة الماء والجليد؟

ب- ضع رسماً تخطيطياً للتجهيز التجريبي المستخدم في عملية المعايرة.

2- أ- عرّف واكتب عبارة السرعة الحجمية للتفاعل.

ب- احسب السرعة الحجمية للتفاعل في

اللحظتين $t_0 = 0$ و $t_1 = 9 min$.

ج- عبّر عن سرعة اختفاء شوارد $I^-(aq)$ بدلالة السرعة الحجمية للتفاعل واحسب قيمتها في اللحظة t_1 .

التمرين الخامس عشر : باك 2015 ع تب

عند اللحظة $t = 0$ نمزج حجماً $V_1 = 50 mL$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)$ المحمض تركيزه المولي $c_1 = 0,2 mol/L$ وحجماً $V_2 = 50 mL$ من محلول لحمض الأوكساليك $H_2C_2O_4$ تركيزه المولي $c_2 = 0,6 mol/L$.

تعطى الثنائيات (Ox / Red) الداخلة في التفاعل: $(CO_{2(aq)} / H_2C_2O_{4(aq)})$ و $(MnO_{4(aq)}^- / Mn^{2+}_{(aq)})$

1- أعط تعريف كل من المؤكسد والمرجع.

2- اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع واستنتج معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية.

3- أنشئ جدول تقدم للتفاعل.

4- هل المزيج الابتدائي في الشروط الستوكيومترية للتفاعل؟

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

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

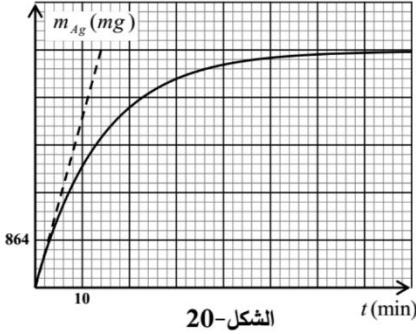
أ- احسب التركيز المولي الابتدائي لـ MnO_4^- و $H_2C_2O_4$ في المزيج.

ب- بين أن التركيز المولي $[Mn^{2+}]$ عند اللحظة (t) يعطى بالعلاقة: $[Mn^{2+}](t) = \frac{c_1}{2} - [MnO_4^-](t)$

ج- ارسم منحنى تغيرات $[MnO_4^-]$ بدلالة الزمن على ورقة ميليمترية ترفق مع ورقة الإجابة.

د- أوجد عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة $[MnO_4^-](t)$ ثم احسب قيمتها في اللحظة $t = 2 min$.

تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية



الشكل-20

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

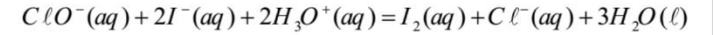
التمرين التاسع عشر : باك 2018 تهر

1. هل التحول الحادث سريع أم بطيء؟ برر إجابتك.
 2. حدّد الثنائيتين Ox/Red المشاركتين في التفاعل واكتب عندئذ المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع.
 3. انشئ جدولاً لتقدم التفاعل واحسب قيمة التقدم الأعظمي x_{max} .
 4. احسب c_0 التركيز المولي الابتدائي لمحلول نترات الفضة.
 5. جد التركيب المولي (حصولية المادة) في الحالة النهائية.
 6. عرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ وحدّد قيمته ببيان.
 7. أ- بين أن السرعة اللحظية لتشكل الفضة تعطى بالعلاقة:

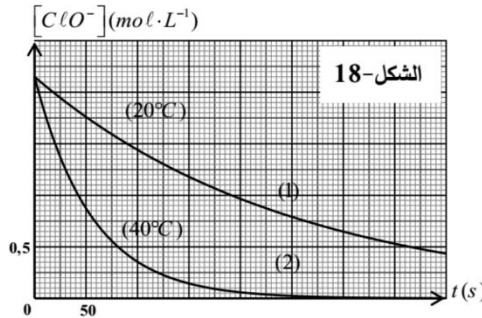
$$v_{Ag}(t) = \frac{1}{M_{Ag}} \cdot \frac{dm_{Ag}(t)}{dt}$$
 حيث: M_{Ag} الكتلة المولية للفضة.
 ب- احسب سرعة التفاعل في اللحظة $t = 0$.
 يعطى: $M(Cu) = 63,5g \cdot mol^{-1}$ ، $M(Ag) = 108g \cdot mol^{-1}$
1. اكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الحادث علماً أنّ الثنائيتين (ox/red) الداخلتين في التفاعل هما: $(S_2O_8^{2-}(aq)/SO_4^{2-}(aq))$ ، $(I_2(aq)/I^-(aq))$ ،
2. أنجز جدول تقدم التفاعل، ثم بين إن كان المزيج الابتدائي ستوكيومترى.
3. نتابع تطور هذا التحول عن طريق المعايرة اللونية لثنائي اليود $I_2(aq)$ المتشكل بأخذ في كل مرة عينة من المزيج التفاعلي حجمها $V_0 = 10mL$ ، نسكبها في كأس بيشر به ماء بارد و بعض قطرات من صبغ النشا ثم نعايرها بمحلول مائي لثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+(aq) + S_2O_3^{2-}(aq))$ ، تركيزه المولي $c_3 = 0,02mol.L^{-1}$ و نسجل في كل مرة الحجم المضاف V_E عند التكافؤ.
- معادلة التفاعل الكيميائي المنمذجة لتحول المعايرة هي: $I_2(aq) + 2S_2O_3^{2-}(aq) = 2I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$
- 1.3. أرسم التركيب التجريبي المستعمل في المعايرة موضحاً عليه البيانات الكافية.
- 2.3. ما هو الغرض من إضافة الماء البارد قبل المعايرة؟

حيث: $V_M = 22,4L \cdot mol^{-1}$ هو الحجم المولي للغاز و c_0 هو التركيز المولي لماء جافيل.

2. نأخذ العينة (A) من ماء جافيل المحفوظ عند درجة الحرارة $20^\circ C$ تركيزه المولي بشوارد الهيپوكلوريت ClO^- هو c_0 ، ونمدها 4 مرات ليصبح تركيزه المولي c_1 . نأخذ منها حجماً $V_1 = 2mL$ ونضيف إليها كمية كافية من يود البوتاسيوم $(K^+(aq) + I^-(aq))$ في وسط حمضي فيشكل ثنائي اليود $I_2(aq)$ وفق تفاعل تام يُنمذج بالمعادلة التالية:



نعاير ثنائي اليود المتشكل في نهاية التفاعل بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+(aq) + S_2O_3^{2-}(aq))$ تركيزه بالشوارد $S_2O_3^{2-}$ هو $c_2 = 10^{-1}mol \cdot L^{-1}$ بوجود كاشف ملون (صبغ النشا أو التيودان) فيكون حجم ثيوكبريتات الصوديوم المضاف عند التكافؤ $V_E = 20mL$.



الشكل-18

تعطى الثنائيتين (Ox/Red) الداخلتين في تفاعل المعايرة: $(S_4O_6^{2-}(aq)/S_2O_3^{2-}(aq))$ و $(I_2(aq)/I^-(aq))$

أ- اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع ثم معادلة التفاعل أكسدة-إرجاع المنمذج لتحول المعايرة.

ب- بين أن: $c_1 = \frac{c_2 \cdot V_E}{2V_1}$

ج- احسب c_1 ثم استنتج c_0 و chl .

3. يتفكك ماء جافيل وفق تحول تام ويطيء، معادلته الكيميائية: $2ClO^-(aq) = 2Cl^-(aq) + O_2(g)$

يمثل الشكل-18 أعلاه المنحنيين البيانيين لتغيرات تركيز شوارد ClO^- بدلالة الزمن الناتجين عن المتابعة الزمنية لتطور عينتين من ماء جافيل حضرتا بنفس الدرجة الكلورومتريّة للعينة (A) عند درجتَي الحرارة $20^\circ C$ بالنسبة للعينة (1) و $40^\circ C$ بالنسبة للعينة (2). العيّنات حديثاً الصنع عند اللحظة $t = 0$.

أ- استنتج بيانياً التركيب الابتدائي للعينتين (1) و (2)

بالشوارد ClO^- . هل العينة (A) السابقة حديثة الصنع؟

ب- اكتب عبارة السرعة الحجمية لاختفاء الشوارد ClO^- ، ثم احسب قيمتها في اللحظة $t = 50 \text{ jours}$ بالنسبة لكل عينة. قارن بين القيمتين، ماذا تستنتج؟

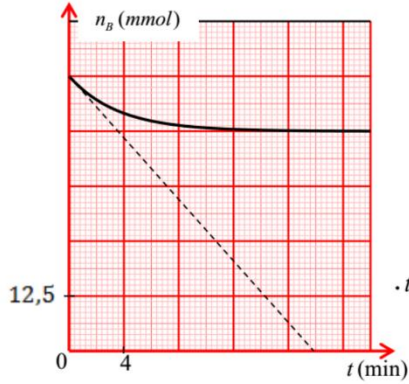
ج- ما هي النتيجة التي نستخلصها من هذه الدراسة للحفاظ على ماء جافيل لمدة أطول؟

التمرين العاشر : باك 2016 ع تهر (دورة جزئية)

لدراسة حركية تحول كيميائي تام، غمرنا في لحظة $t = 0$ صفيحة من النحاس كتلتها $m = 3,175g$ في حجم قدره $V = 200mL$ تام 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-20 الذي يعبر عن تغيرات كتلة الفضة المتشكلة بدلالة الزمن $m_{Ag} = f(t)$.

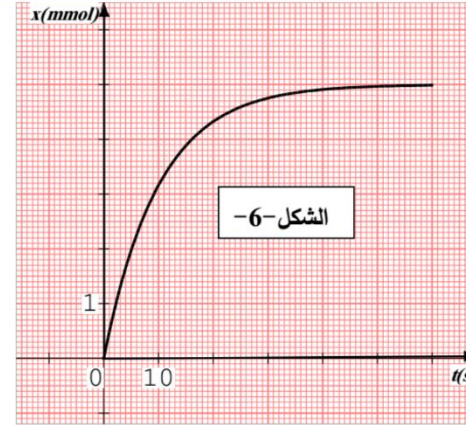
معادلة التفاعل المنمذج لهذا التحول هي: $Cu(s) + 2Ag^+(aq) = Cu^{2+}(aq) + 2Ag(s)$

تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية



الشكل 3. تطور كمية مادة الكحول (B) بدلالة الزمن

4. أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل واحسب قيمة التقدم الأعظمي x_{max} .
5. المتابعة الزمنية لتطور كمية مادة الكحول (B)، مكنتنا من رسم المنحنى البياني الممثل بالشكل 3.
- 1.5. حدّد قيمة التقدم النهائي x_f ثم أثبت أن هذا التفاعل تام.
- 2.5. عرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ثم حدّد بيانياً قيمته.
- 3.5. احسب السرعة الحجمية لاختفاء الكحول (B) في اللحظة $t = 0$.



- 3.3. كيف يمكننا التعرف على نقطة التكافؤ تجريبياً؟
- 4.3. بيّن أنه يمكن التعبير عن تقدم التفاعل المدروس $x(t)$ في كل لحظة t بالعلاقة:
$$x(\text{mmol}) = \frac{V_E(\text{mL})}{10}$$
- 5.3. من العلاقة السابقة تمكّننا من رسم المنحنى البياني الممثل لتغيرات تقدم التفاعل المدروس بدلالة الزمن المبين في الشكل -6- .
- أ) استنتج زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.
- ب) بيّن كيف يمكن تحديد سرعة اختفاء شوارد اليود (I^-) من البيان في لحظة t ؟

التمرين العشرون : باك 2019 ع ٦

تُصنّف التحولات الكيميائية إلى تامة وغير تامة.

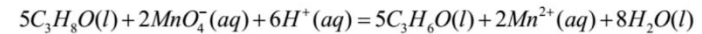
نقترح في هذا التمرين دراسة تحولين أحدهما تام والآخر غير تام.

أولاً: دراسة تفاعل الكحول (B) ذي الصيغة المجعلة C_3H_8O مع شوارد البرمنغنات MnO_4^-

المعطيات:

$$M(B) = 60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad (B) \text{ الكتلة المولية الجزيئية للكحول}$$

نضع في إبرلينة ماير موضوعة فوق مخلاط مغناطيسي حجماً $V_0 = 50 \text{ mL}$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+(aq) + MnO_4^-(aq))$ تركيزه المولي $c_0 = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ، المحمّض بحمض الكبريت المركز. في اللحظة $t = 0$ نضيف للمزيج كتلة قدرها $m = 3,75 \text{ g}$ من الكحول (B) ذي الصيغة الجزيئية المجعلة C_3H_8O ، حيث يصبح حجم الوسط التفاعلي $V_T = 60 \text{ mL}$. التحول الكيميائي الحادث بطيء، نُمنّجه بالمعادلة الكيميائية:



1. عرّف كل من المؤكسد والمُرجع.

2. بيّن أن التفاعل الحادث هو تفاعل أكسدة-إرجاع، ثم اكتب التائنتين Ox/Red المشاركتين في التفاعل.

3. وضح دور حمض الكبريت المركز في هذا التفاعل.

حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية

$$[SO_4^{2-}](t_{1/2}) = \frac{2x}{V_1 + V_2} = 1 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[K^+](t_{1/2}) = \frac{2c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} = 7 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

6- تعيين السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $t = 10 \text{ min}$:

لدينا: $x = n_{01} - n_{S_2O_8^{2-}}$ ، $v_{vol} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$ ، سرعة التفاعل هي سرعة الاختفاء

$$\frac{dx}{dt}(10 \text{ min}) = -\frac{dn_{S_2O_8^{2-}}}{dt} = -\frac{5 \times 10^{-3}}{7,5 \times 2,5} = -2,7 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$v_{vol} = \frac{2,7 \times 10^{-4}}{0,1} = 2,7 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

ملح التمرين الثاني : باك 2009 ع ٢٦

I- أ- جدول التقدم:

معادلة التفاعل		$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$			
حالة الجملة	التقدم	كمية المادة (mol)			
الابتدائية	0	$c_1 \cdot V_1 = 4,0 \times 10^{-3}$	$c_2 \cdot V_2 = 8,0 \times 10^{-3}$	0	0
الانتقالية	x	$4,0 \times 10^{-3} - x$	$8,0 \times 10^{-3} - 2x$	$2x$	x
النهائية	x_f	$4,0 \times 10^{-3} - x_f$	$8,0 \times 10^{-3} - 2x_f$	$2x_f$	x_f

ب- عبارة التركيز المولي $[S_2O_8^{2-}]$ كل لحظة (الحالة الانتقالية):

من جدول التقدم في الحالة الانتقالية نجد أن كمية مادة شوارد البيروكسوديكبريتات المتبقية في المزيج هي: $c_1 \cdot V_1 - x$.

ومنه التركيز المولي لهذه الشوارد في المزيج الذي حجمه $V_T = V_1 + V_2$ كل لحظة t :

$$[S_2O_8^{2-}]_t = \frac{c_1 \cdot V_1}{V_1 + V_2} - [I_2] \quad \text{بحيث أن: } x = n(I_2) \quad \text{وحيث أن: } [S_2O_8^{2-}]_t = \frac{n(S_2O_8^{2-})}{V_T} = \frac{c_1 \cdot V_1}{V_T} = \frac{x}{V_T}$$

ج- قيمة $[S_2O_8^{2-}]$ التركيز المولي لشوارد البيروكسوديكبريتات في اللحظة $t = 0$:

$$[S_2O_8^{2-}]_0 = \frac{c_1 \cdot V_1}{V_1 + V_2}$$

$$[S_2O_8^{2-}]_0 = \frac{4,0 \times 10^{-2} \times 0,1}{0,2} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

ملح التمرين الأول : باك 2008 ع ٢٦

1- الثنائيتان هما: $(I_{2(aq)} / I_{(aq)}^-)$ و $(S_2O_8^{2-} / SO_4^{2-})$

2- جدول تقدم التفاعل:

معادلة التفاعل		$2I^-(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) = I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$			
حالة الجملة	التقدم	$n(I^-)$	$n(S_2O_8^{2-})$	$n(I_2)$	$n(SO_4^{2-})$
الابتدائية	0	$n_{02} = c_2 \cdot V_2$	$n_{01} = c_1 \cdot V_1$	0	0
الانتقالية	x	$n_{02} - 2x$	$n_{01} - x$	x	x
النهائية	x_f	$n_{02} - 2x_f$	$n_{01} - x_f$	x_f	x_f

3- تحديد المتفاعل المحد: من جدول التقدم أعلاه نجد:

$$x_f = c_1 \cdot V_1 = 2,0 \times 10^{-1} \times 50 \times 10^{-3} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \quad \Leftarrow \quad n_{01} - x_f = 0$$

$$x_f = \frac{1}{2} c_2 \cdot V_2 = \frac{1}{2} \times 1,0 \times 50 \times 10^{-3} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol} \quad \Leftarrow \quad n_{02} - 2x_f = 0$$

مما سبق $\Leftarrow x_f = 10^{-2} \text{ mol}$ ، والمتفاعل المحد هو شوارد $S_2O_8^{2-}$.

4- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$: هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي (الأعظمي)

$$\text{أي: لأجل } t_{1/2} \quad \Leftarrow \quad x = \frac{x_f}{2}$$

$$n(S_2O_8^{2-}) = \frac{n_{01}}{2} = \frac{x_{\max}}{2} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad \text{يوافق } t_{1/2} \text{ يوافق}$$

$$\text{ومنه: } t_{1/2} = 17,5 \text{ min}$$

5- حساب التراكيز المولية للأنواع الكيميائية المتواجدة في الوسط التفاعلي عند اللحظة $t_{1/2}$:

$$[S_2O_8^{2-}](t_{1/2}) = \frac{c_1 \cdot V_1 - x}{V_1 + V_2} = \frac{5 \times 10^{-3}}{0,1} = 5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

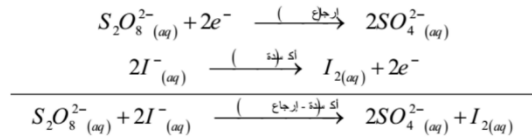
$$[I_2](t_{1/2}) = \frac{x}{V_1 + V_2} = 5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[I^-](t_{1/2}) = \frac{c_2 \cdot V_2 - 2x}{V_1 + V_2} = \frac{50 \times 10^{-3} - 2 \times 5 \times 10^{-3}}{0,1} = 4 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية

ملح التمرين الثالث : باك 2010 ن ب

1- أ- المعادلة المعبرة عن التفاعل أكسدة - إرجاع النمذج للتحول الكيميائي الحاصل:



ب- جدول التقدم:

معادلة التفاعل		$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) \xrightarrow{\text{أكسدة - إرجاع}} 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$				
حالة الجملة	التقدم: $x (mmol)$	كميات المادة: $n (mmol)$				
الابتدائية ($t = 0$)	0	$c_1 \cdot V_1 = 8$	$c_2 \cdot V_2 = 80$	0	0	
الانتقالية (t)	x	$8 - x$	$80 - 2x$	$2x$	x	
النهائية (t_f)	x_f	$8 - x_f = 0$	$80 - 2x_f = 64$	$2x_f = 16$	$x_f = 8$	

من الجدول: المتفاعل المحد هو شوارد " البيروكسوتثائي كبريتات: $S_2O_8^{2-}$ " ، حيث: $x_f = 8 mmol$

2- أ- المدة التي يستغرقها التفاعل لإنتاج نصف كمية ثنائي اليود النهائية:

بالتعريف: $n(I_2) = x = \frac{x_f}{2}$ عند اللحظة: $t = t_{1/2} \Leftrightarrow$ بيانيا: $t_{1/2} = 0,84 min$ ب- قيمة السرعة الحجمية لتشكل ثنائي اليود في اللحظة $t = t_{1/2}$: عبارة السرعة الحجمية $v = \frac{d[I_2]}{dt}$ وتمثل ميل

المماس عند اللحظة المعنبرة

بيانيا: $v = 10,0 mmol \cdot L^{-1} \cdot min^{-1}$ عند اللحظة $t_{1/2} = 0,84 min$

3- أ- الخواص الأساسية للتفاعل الكيميائي النمذج للتحول الكيميائي الحاصل بين ثيوكبريتات الصوديوم وثنائي اليود:

" تفاعل معايرة: سريع و تام "

ب- عبارة $[I_2]$ بدلالة كل من: V_E, V, c' :

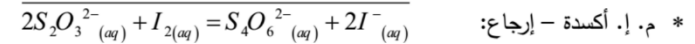
$$[I_2] = \frac{c' \cdot V_E}{2V} \Leftrightarrow [I_2] \cdot V = \frac{1}{2} \cdot c' \cdot V_E$$

ج- الحجم المضاف V_E في اللحظة $t = 1,2 min$:

$$V_E = \frac{2 \times 13 \times 10^{-3} \times 10}{1,0 \times 10^{-2}} = 26 mL \Leftrightarrow V_E = \frac{2[I_2] \cdot V}{c' \cdot V_E}$$

II - أ- تُبرد العينات مباشرة بعد أخذها من المزيج لإبطاء التفاعل والمحافظة على تركيب العينة على ما هو عليه لحظة فصلها عن المزيج.

ب- المعادلة الإجمالية لتفاعل الأكسدة - إرجاع:



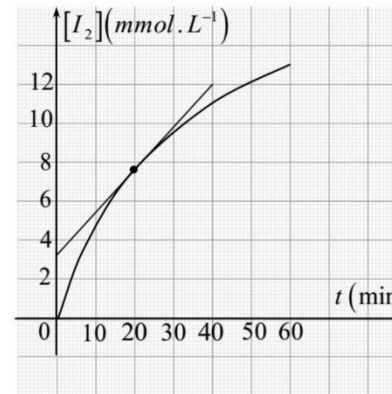
$$[I_2] = \frac{1}{2} \times \frac{c' \cdot V'}{V_0}$$

عند التكافؤ: $n(I_2) - x = 0$ ؛ $n(S_2O_8^{2-}) - 2x = 0$

$$[I_2]_t = \frac{1}{2} \times \frac{c' \cdot V'}{V_0} \text{ ومنه: } n(I_2) = x = \frac{1}{2} n(S_2O_8^{2-})$$

د- تكملة جدول القياسات:

$t (min)$	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
$[I_2] (mmol \cdot L^{-1})$	0	3,0	5,0	6,5	7,8	9,8	11,5	12,5

هـ- رسم البيان $[I_2] = f(t)$:و- حساب السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $(t = 20 min)$:

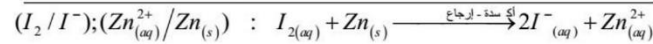
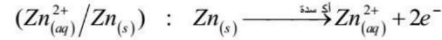
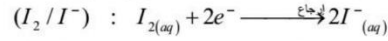
$$v_{(t=20 min)} = \frac{\Delta[I_2]}{\Delta t}$$

بيانيا:

$$v_{(t=20 min)} = \frac{(12-3)10^{-3}}{40-0} = 2,25 \times 10^{-4} mol \cdot L^{-1} \cdot min^{-1}$$

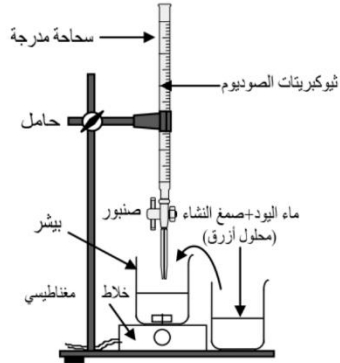
حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية

ملح التمرين الخامس : بالك 2010 ع ٢٥

1- معادلة التفاعل النموذجي للتحويل الكيميائي الحادث بين الثنائيتين (I_2 / I^-) ، $(Zn^{2+} / Zn_{(s)})$:

2- أ- البروتوكول التجريبي للمعايرة:

الأدوات والمواد المستعملة: سحاحة مدرجة، ماصة عيارية، بيشر، خلط مغناطيسي، محلول معاير لمحلول ثنائي اليود المتبقي من التفاعل الحادث (محلول ثيوكبريتات الصوديوم: $(2Na^+ + S_2O_3^{2-})$)، ماء مقطر، صمغ النشاء أو محلول التيودان.



طريقة العمل: باستخدام التجهيز التجريبي الموضح بالشكل

نقوم بمعايرة $I_{2(aq)}$ في عينة مأخوذة من الوسط التفاعلي

ذات حجم محدد بواسطة الماصة العيارية مضافا إليها قطرات

من صمغ النشاء عند لحظات زمنية مختلفة بمحلول معاير

 $(2Na^+ + S_2O_3^{2-})$ وحساب التركيز $[I_{2(aq)}]$ عند التكافؤ(زوال اللون الأزرق للمزيج التفاعلي) في اللحظة t ،ورسم البيان $[I_{2(aq)}] = f(t)$ اعتمادا على النتائج المحصل عليها.ب- تعريف السرعة الحجمية لاختفاء I_2 :هي سرعة التفاعل من أجل وحدة الحجم للوسط التفاعلي. $v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt} \Leftrightarrow v = -\frac{d[I_2]}{dt}$

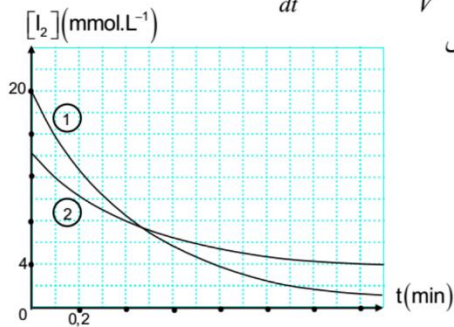
طريقة حسابها بيانيا: تحسب السرعة بيانيا بحساب ميل المماس

للمنحنى $[I_{2(aq)}] = f(t)$ في كل لحظة.ج- كيفية تطور السرعة الحجمية لاختفاء I_2 مع الزمن:

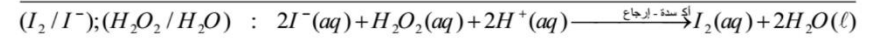
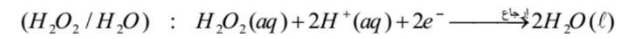
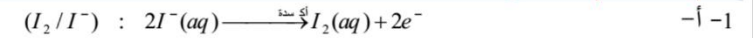
السرعة الحجمية تتناقص بمرور الزمن بسبب تناقص تراكيز

المتفاعلات نتيجة تناقص التصادمات الفعالة للأفراد الكيميائية

المتفاعلة.

3- شكل البيان (2) $[I_2] = g(t)$:

ملح التمرين الرابع : بالك 2010 ع ٢٥



ب- جدول التقدم للتفاعل:

معادلة التفاعل	$2I^-_{(aq)} + H_2O_{2(aq)} + 2H^+_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2H_2O(l)$					
حالة الجملة	التقدم: x (mmol)	كميات المادة: n (mmol)				
الابتدائية ($t=0$)	0	20	4,5	زيادة	0	زيادة
الانتقالية (t)	x	$20-2x$	$4,5-x$	زيادة	x	زيادة
النهائية (t_f)	x_f	$20-2x_f$	$4,5-x_f$	زيادة	x_f	زيادة

$$H_2O_2 : x_{\max} = 10 \text{ mmol} \Leftrightarrow 20 - 2x_{\max} = 0 \quad x_{\max} = 4,5 \text{ mmol} \Leftrightarrow 4,5 - x_{\max} = 0$$

2- نضيف الماء و قطع الجليد لكل أنبوب قبل المعايرة من أجل إيقاف التفاعل (إيقاف تشكل $I_{2(aq)}$) عند اللحظة المعتبرة.

3- إثبات أن: $[I_2] = \frac{c \cdot V_E}{2V}$

$$\text{معادلة تفاعل المعايرة} \quad [I_2] = \frac{c \cdot V_E}{2V} \Leftrightarrow [I_2] \cdot V = \frac{c \cdot V_E}{2} \Leftrightarrow n(I_2) = \frac{n(S_2O_3^{2-})}{2}$$

4- أ- استنتاج قيمة $[I_2]_f$ في نهاية التفاعل:

$$\text{بيانيا: } [I_2]_f = 5,5 \text{ div} \times \frac{4 \text{ mmol.L}^{-1}}{\text{div}} = 22 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

ب- قيمة السرعة الحجمية لتشكل I_2 في اللحظة $t = 8 \text{ min}$:

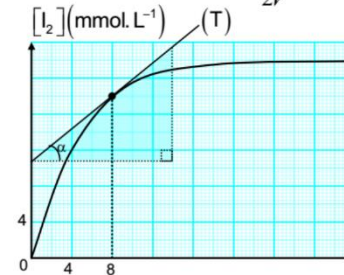
$$v = \frac{d[I_2]}{dt} \quad \text{و تمثل ميل المماس (T)} \quad v = \text{tg} \alpha = \frac{\Delta[I_2]}{\Delta t} \Leftrightarrow (T)$$

$$\Leftrightarrow v = 1,0 \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \quad (\text{تقبل النتائج في مجال محدد}).$$

ج- سرعة اختفاء الماء الأكسجيني في نفس اللحظة $t = 8 \text{ min}$:

$$v_{H_2O_2} = -\frac{dn(H_2O_2)}{dt} = \frac{dx}{dt} = (v_{I_2})_{\text{vol}} \cdot V$$

$$v_{H_2O_2} = 0,2 \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \quad \leftarrow V = 0,2 \text{ L}$$



$$\text{tg} \alpha = \frac{\Delta[I_2]}{\Delta t} = \frac{3,5 \times 4}{3,5 \times 4} = 1,0 \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية

3-أ- تحديد البيانات:

البيان	(1)	(2)	(3)	(4)
المجموعة	C	A	D	B

ب - تركيزي S و S_0 :

$$c = 5 \times (4 \times 10^{-3}) = 2 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

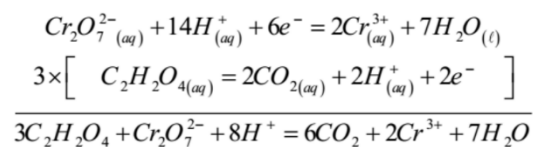
من الرسم:

$$c_0 = 40c = 40 \times (2 \times 10^{-3}) = 0,8 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

ج - النتائج: مطابقة في حدود أخطاء التجربة و القياس.

ملح التمرين السابع : باك 2011 ع ٦

1-أ- المعادلة النمذجة للتحويل:



ب - جدول التقدم:

المعادلة	$3C_2H_2O_4 + Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ = 6CO_2 + 2Cr^{3+} + 7H_2O$					
الحالة	كميات المادة $n(mol)$					
$t = 0$	$n_2 = c_2 \cdot V_2$	$n_1 = c_1 \cdot V_1$	بالزيادة	0	0	بالزيادة
t	$n_2 - 3x$	$n_1 - x$		6x	2x	
t_f	$n_2 - 3x_f$	$n_1 - x_f$		6x _f	2x _f	

2-أ- سرعة تشكل الشوارد Cr^{3+} :

$$v(t) = \frac{dn(Cr^{3+})}{dt} = 3,5 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

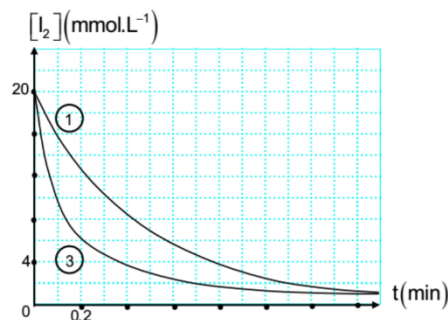
ملاحظة: تقبل القيم $(3-4) \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$.

ب - التقدم النهائي x_f : $2x_f = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$ $\Leftarrow$ $x_f = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ج - زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$: من أجل: $x = \frac{x_f}{2}$ فإن: $t_{1/2} = 5,5 \text{ min}$

3-أ- المتفاعل المحد:

$$x_{\max} = x_f = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

باعتبار التفاعل تام:

السرعة عند $t = 0$ أقل من السرعة في التجربة (1)

في نفس اللحظة بسبب النقص في التركيز الابتدائي

للمتفاعلات بين التجريبتين.

4- شكل البيان (3) $[I_2] = h(t)$:

5- العوامل الحركية هي:

- التركيز المولي للمفاعلات (التجربة (1) و (2)).

- درجة الحرارة (التجربة (1) و (3)).

ملح التمرين السادس : باك 2011 ع ٦

أولاً: تحضير المحلول S :1- البروتوكول التجريبي: حسب قانون التمديد: $\frac{c_0}{c} = \frac{V}{V_0} = 40$ ومنه: $V_0 = 5 \text{ mL}$ الأدوات المستعملة + المواد المستعملة + طريقة العمل (نأخذ 5 mL من المحلول S_0 ونضعها في حوجة سعتها 200 mL ،

نضيف الماء المقطر حتى خط العيار مع الزج للحصول على محلول متجانس)

2- جدول التقدم:

المعادلة	$2H_2O_{2(aq)} = 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$			
الحالة	التقدم	كميات المادة $n(mol)$		
$t = 0$	0	$n_0 = c \cdot V$	بالزيادة	0
t	x	$n_0 - 2x$		x
t_f	x_f	$n_0 - 2x_f$		x_f

3- التركيز المولي للمحلول S_0 : $c_0 = \frac{n_0(H_2O_2)}{V_0} = 0,892 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ التركيز المولي للمحلول S : $c = \frac{c_0}{40} = 2,23 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$

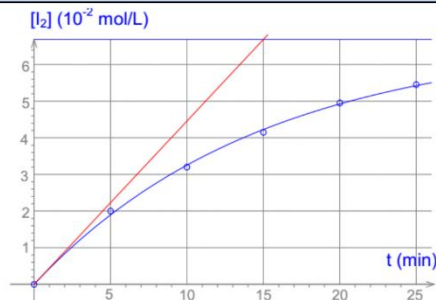
ثانياً: المعايرة والوساطة

1- الوسيط: عامل حركي يعمل على تسريع التفاعل.

نوع الوساطة: متجانسة لأن الوسيط والمحلول يشكلان طوراً واحداً.

2- الغرض من إضافة الماء البارد والجليد: إيقاف تطور التفاعل.

حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية



رسم البيان $[I_2] = f(t)$
 ب- زمن نصف التفاعل $(t_{1/2})$:
 هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه الأعظمي
 لما $t = t_{1/2}$ فإن: $x_{t_{1/2}} = \frac{x_{\max}}{2}$
 $\frac{[I_2]_{\max}}{2} = 4 \times 10^{-2}$ توافق $t_{1/2}$
 من البيان هي: $t_{1/2} = 14 \text{ min}$ (تقبل $13,5 \leq t_{1/2} \leq 15 \text{ min}$)
 ج- سرعة التفاعل عند $t = 20 \text{ min}$:

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d([I_2]V_s)}{dt} = V_s \cdot \frac{d[I_2]}{dt} = 0,15 \times 10^{-3} \text{ mol} / \text{min}$$

سرعة اختفاء شوارد I^- :

$$\text{من العلاقة: } \frac{v_{I_2}}{1} = \frac{v_{I^-}}{2} \Rightarrow v_{I^-} = 2v_{I_2} = 0,3 \times 10^{-3} \text{ mol} / \text{min}$$

ملح التمرين التاسع : باك 2012 ع تب

1- تفاعل بطيء.

2- جدول التقدم:

المعادلة	$3H_2C_2O_4 + Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ = 2Cr^{3+} + 6CO_2 + 7H_2O$					
t_0	3 mmol	$0,8 \text{ mmol}$	$\begin{matrix} 3 \\ 2 \end{matrix}$	0	0	$\begin{matrix} 3 \\ 2 \end{matrix}$
t	$3 - 3x$	$0,8 - x$		$2x$	$6x$	
t_f	0,6	0		1,6	4,8	

من البيان: $x_f = 0,8 \text{ mmol}$

التفاعل تام لأن $Cr_2O_7^{2-}$ متفاعل محدود. (أو: من البيان $x_f = x_{\max} = 0,8 \text{ mmol}$)

3- $t_{1/2}$: هو المدة الزمنية المستغرقة ليصبح تقدم التفاعل مساوياً نصف قيمته الأعظمية (النهائية).

من البيان نجد: $t_{1/2} = 4 \text{ s}$

4- أ- السرعة الحجمية هي مقدار تغير تقدم التفاعل بالنسبة للزمن في 1 L من الوسط التفاعلي. $v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$

$$x = \frac{1}{2} \cdot [Cr^{3+}] \cdot V \Leftarrow n(Cr^{3+}) = [Cr^{3+}] \cdot V = 2x$$

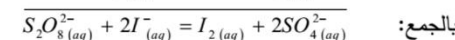
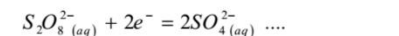
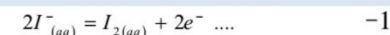
$$v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{1}{2} \cdot \frac{d[Cr^{3+}]}{dt} \therefore$$

$x_{\max} = c_1 \cdot V_1 = 8 \text{ mmol} \neq x_f$ ($Cr_2O_7^{2-}$ ليس متفاعل محدود)

وعليه: المتفاعل المحد هو حمض الأكساليك ($C_2H_2O_4$).

ب - تركيز محلول حمض الأكساليك: $c_2 = \frac{3x_{\max}}{V_2} = 0,1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$

ملح التمرين الثامن : باك 2012 ع تب



2- جدول التقدم:

معادلة التفاعل		$S_2O_8^{2-}_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2SO_4^{2-}_{(aq)}$			
الحالة	التقدم	كميات المادة بـ (mol)			
الابتدائية	0	10^{-2}	$1,6 \times 10^{-2}$	0	0
الانتقالية	x	$10^{-2} - x$	$1,6 \times 10^{-2} - x$	x	$2x$
النهائية	x_f	$10^{-2} - x_f$	$1,6 \times 10^{-2} - x_f$	x_f	$2x_f$
الأعظمية	$x_{\max}$	$10^{-2} - x_{\max}$	$1,6 \times 10^{-2} - x_{\max}$	$x_{\max}$	$2x_{\max}$

$$x_{\max} = c_2 \cdot V_2 = 10^{-2} \text{ mol} \quad (\text{مرفوض})$$

$$x_{\max} = \frac{c_1 \cdot V_1}{2} = 0,8 \times 10^{-2} \text{ mol} \quad (\text{مقبول})$$

المتفاعل المحد شوارد اليود.

3- العلاقة: من الجدول: $n(I^-) = c_1 \cdot V_1 - 2x$

بالقسمة على V :

$$\frac{x}{V} = [I_2]_{(t)} \quad \text{وحيث أن: } [I_2]_{(t)} = \frac{c_1 V_1}{V} - \frac{x}{V} \quad \text{ومنه: } [I_2]_{(t)} = \frac{c_1 V_1}{2V} - \frac{[I^-]_{(t)}}{2}$$

$$[I_2] = 8 \times 10^{-2} - \frac{1}{2} [I^-]_{(t)} \text{ mol} \cdot L^{-1} \quad -4 \quad \text{أكمل الجدول:}$$

$t \text{ (min)}$	0	5	10	15	20	25
$[I^-_{(aq)}] (10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1})$	16,0	12,0	9,6	7,7	6,1	5,1
$[I_{2(aq)}] (10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1})$	0,0	2,0	3,2	4,15	4,95	5,45

حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية

$$x_f = \frac{n_{01}}{3} = \frac{C_1 \cdot V_1}{3} = \frac{12 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3}}{3} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$x_f = n_{02} = C_2 \cdot V_2 = 16 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

أو: ومنه المتفاعل المحد هو $H_2C_2O_4$ وبالتالي: $x_f = 2 \times 10^{-4} \text{ mol}$

2- أ- السرعة الحجمية:

$$v_{vol} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt} \text{ تعريف: هي سرعة التفاعل في وحدة الحجم}$$

$$\text{ب- إثبات أن: } v = -\frac{1}{3} \times \frac{d[H_2C_2O_4]}{dt}$$

$$\text{لدينا من جدول التقدم: } n_{H_2C_2O_4} = n_{01} - 3x \text{ ومنه: } \frac{dx}{dt} = -\frac{V}{3} \times \frac{d[H_2C_2O_4]}{dt}$$

$$\text{ومنه: } v = -\frac{1}{3} \times \frac{d[H_2C_2O_4]}{dt}$$

$$\text{ج- حساب قيمتها: } v(12 \text{ min}) = -\frac{1}{3} \times \frac{(0-3,1) \times 10^{-3}}{20,8-0} = 5,0 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \cdot \text{min}$$

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

$$[H_2C_2O_4](t_{1/2}) = \frac{C_1 \cdot V_1}{V} - \frac{3x_{\max}}{2} = \frac{12 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3}}{0,1} - \frac{3 \times 2 \times 10^{-4}}{0,2} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$\text{حسابه: من البيان نجد: } t_{1/2} = 5,6 \text{ min}$$

حل التمرين الثاني عشر : بالك 2013 تهر

1- جدول تقدم التفاعل:

معادلة التفاعل	$2C\ell O_{(aq)}^- = 2C\ell_{(aq)}^- + O_{2(g)}$			
حالة الجملة	التقدم			
الابتدائية	0	n_0	0	0
الانتقالية	x	$n_0 - x$	$2x$	x
النهائية	$x_{\max}$	$n_0 - x_{\max}$	$2x_{\max}$	$x_{\max}$

2- أ- إيجاد $[C\ell O^-](8 \text{ semaines})$:

$$\text{من المنحنى (1): } \theta_1 = 30^\circ C : [C\ell O^-](8 \text{ semaines}) = 1,85 \text{ mol/L}$$

$$\text{من المنحنى (2): } \theta_2 = 40^\circ C : [C\ell O^-](8 \text{ semaines}) = 1,25 \text{ mol/L}$$

$$\text{ب- من البيان: } v = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta[Cr^{3+}]}{\Delta t} \text{ ومنه: } v(t=0s) = \frac{1}{2} \times \frac{8}{6} = 0,667 \text{ mmol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$$

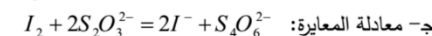
$$v(t=8s) = \frac{1}{2} \times \frac{6-3}{8-0} = 0,187 \text{ mmol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$$

ج- التفسير: تناقص تركيز المتفاعلات يقود إلى تناقص التصادمات الفعالة و بالتالي تناقص سرعة التفاعل.

حل التمرين العاشر : بالك 2012 ع تهر

1- أ- يحتوي الرسم على الأقل: سحاحة ؛ بيشر ؛ حامل ؛ خلاط مغناطيسي.

ب- الوسيلة: ماصة معيزة بحجم 20 mL (مخبر مزج بسعة 40 mL ...)



2- التكافؤ: هو النقطة التي يتم فيها الاختفاء الكلي للمحلول المعيز وفق المعاملات الستوكيومترية.

$$[I_2] = \frac{c_3 \cdot V_E}{2V} \leftarrow \frac{[I_2] \cdot V}{1} = \frac{c_3 \cdot V_E}{2}$$

3- جدول التقدم:

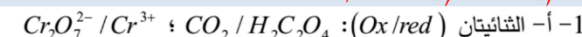
$H_2O_2 + 2I^- + 2H^+ = 2H_2O + I_2$				
t_0	3,2 mmol	18,4 mmol		0
t	3,2 - x	18,4 - 2x	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$
t_f	0	12,0 mmol		3,2 mmol

$$\text{4- السرعة الحجمية: مقدار تغير تقدم التفاعل بالنسبة للزمن في 1 L من الوسط التفاعلي. } v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$$

$$\text{لما: } t = 100 \text{ s فإن: } v = \frac{d[I_2]}{dt} = \frac{\Delta[I_2]}{\Delta t} = 2 \times 10^{-2} \text{ mmol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$$

$$\text{5- من البيان (أو: } x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2} \text{ نجد: } t_{1/2} \in [40 - 50] \text{ s}$$

حل التمرين الحادي عشر : بالك 2013 تهر



ب- جدول التقدم:

معادلة التفاعل	$3H_2C_2O_{4(aq)} + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 8H^+ = 6CO_{2(g)} + 2Cr_{(aq)}^{3+} + 7H_2O_{(l)}$					
ح. الجملة	التقدم	كميات المادة بـ (mol)				
الابتدائية	0	n_{01}	n_{02}		0	0
الانتقالية	x	$n_{01} - 3x$	$n_{02} - x$	زيادة	$6x$	$2x$
النهائية	x_f	$n_{01} - 3x_f$	$n_{02} - x_f$		$6x_f$	$2x_f$

حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية

ج- إضافة الماء قطع الجليد لا تؤثر في قيمة V_E لأن كمية الماء الأكسجيني H_2O_2 لا تتغير (التكافؤ يتعلق بكمية المادة وليس التركيز).

2- عبارة التركيز المولي $[H_2O_2]$ عند نقطة التكافؤ :

جدول التقدم: (يمكن عدم استعماله)

المعادلة	$3H_2O_2 + Cr_2O_7^{2-} + 8H_3O^+ = 3O_2 + 2Cr^{3+} + 15H_2O$				
ح. الابتدائية	n_1	n_2		0	0
ح. الانتقالية	$n_1 - 3x$	$n_2 - x$	بوفرة	$3x$	$2x$
ح. النهائية	$n_1 - 3x_E$	$n_2 - x_E$		$3x_E$	$2x_E$

عند نقطة التكافؤ المزيج ستيكيومتري:

$$\frac{n_1}{3} = \frac{n_2}{1} \Rightarrow \frac{[H_2O_2] \cdot V_0}{3} = c \cdot V_E \Rightarrow [H_2O_2] = \frac{3c \cdot V_E}{V_0}$$

3- صحة المعلومات المكتوبة على القارورة:

حساب $[H_2O_2]$ من البيان: عند $t = 0$ لدينا: $V_E(0) = 6,2 \times 4 mL = 24,8 mL$
 بالتعويض في العبارة السابقة نجد: $[H_2O_2]_0 = \frac{3 \times 0,1 \times 28,4 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-3}} = 0,744 mol \cdot L^{-1}$

حساب التركيز من المعلومات المكتوبة:

جدول التقدم للتفكك الذاتي للماء الأكسجيني: $V = 1L$ / $[H_2O_2]_0 = \frac{n}{V}$

المعادلة	$2H_2O_2(aq) = O_2(g) + 2H_2O(l)$		
ح. الابتدائية	n	0	
ح. الانتقالية	$n - 2x$	x	بوفرة
ح. النهائية	$n - 2x_{max}$	x_{max}	

قيمة n : من أجل H_2O_2 متفاعل محد فإن:

$$n - 2x_{max} = 0 \Rightarrow n = 2x_{max} = 2n_{max}(O_2) = 2 \times \frac{V(O_2)}{V_m}$$

$$n = 2 \times \frac{10}{22,4} = 0,892 mol \Rightarrow [H_2O_2]_0 = 0,892 mol/L > 0,744 mol/L$$

إذن المحلول غير حديث التحضير.

4- أ- زمن نصف التفاعل: $t_{1/2} \rightarrow x = \frac{x_{max}}{2} \rightarrow \frac{[H_2O_2]_0}{2} \rightarrow \frac{V_E(0)}{2}$

من البيان نجد: $t_{1/2} = 2,6 \times 100 = 260s$ $[255s - 265s]$ المجال

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

- إثبات العبارة: $v(t) = -\frac{1}{2} \times \frac{d[C\ell O^-]}{dt}$

من جدول التقدم لدينا: $x = \frac{n_0 - n_{C\ell O^-}}{2} \Leftrightarrow n_{C\ell O^-} = n_0 - 2x$
 $\frac{dx}{dt} = -\frac{dn_{C\ell O^-}}{2dt} \Leftrightarrow$

$v_{vol} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt} = -\frac{1}{2} \times \frac{d[C\ell O^-]}{dt} \Leftrightarrow \frac{dx}{dt} = -\frac{V}{2} \cdot \frac{d[C\ell O^-]}{dt}$

ج- حساب قيمتها عند $t = 0$ semaine

من المنحنى (1): $v_1(30^\circ C) = -\frac{1}{2} \times \left(\frac{0 - 2,75}{20 - 0} \right) = 6,875 \times 10^{-2} mol \cdot L^{-1} \cdot sem^{-1}$

من المنحنى (2): $v_2(40^\circ C) = -\frac{1}{2} \times \left(\frac{0 - 2,75}{12 - 0} \right) = 1,146 \times 10^{-1} mol \cdot L^{-1} \cdot sem^{-1}$

د- نعم هذه النتائج تبرر ما كتب على اللاصقة (يحفظ في مكان بارد).

- درجة الحرارة عامل حركي تزيد من سرعة التفاعل.

$$[C\ell O^-](30^\circ C, t = 8sem) > [C\ell O^-](40^\circ C, t = 8sem)$$

$$v_{vol}(30^\circ C, t = 0sem) < v_{vol}(40^\circ C, t = 0sem)$$

3- تعريف زمن نصف التفاعل: هو الزمن اللازم لبلوغ تقدم التفاعل نصف تقدمه النهائي.

من المنحنى (2): $[C\ell O^-](t_{1/2}) = \frac{n_0}{V} - \frac{2}{V} = [C\ell O^-]_0 - \frac{n_0}{2V}$

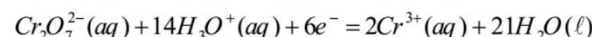
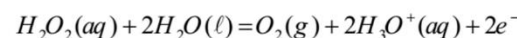
ومنه: $[C\ell O^-](t_{1/2}) = [C\ell O^-]_0 - \frac{[C\ell O^-]_0}{2} = \frac{[C\ell O^-]_0}{2} = 1,375 mol/L$

ومن البيان نجد: $t_{1/2} = 7,2 sem$

4- الغاز الخائف هو غاز ثنائي الكلور Cl_2 .

ملح الترسب الثالث عشر: بالك 2014 ن ب ر

1- أ- المعادلتان النصفيتان:



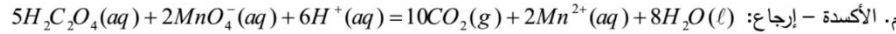
ب- لا يمكن اعتبار حمض الكبريت كوسيط لأنه يشارك في التفاعل بالشاردة H_3O^+ .

حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية

حل التمرين الخامس عشر : باك 2015 ع ٢٥

1- المؤكسد: كل فرد كيميائي يكتب إلكترونات أو أكثر خلال تفاعل كيميائي.

المرجع: كل فرد كيميائي يتخلى عن إلكترونات أو أكثر خلال تفاعل كيميائي.

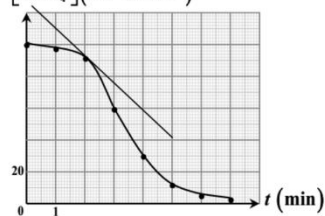


3- جدول التقدم:

المعادلة	$5H_2C_2O_4(aq) + 2MnO_4^-(aq) + 6H^+(aq) = 10CO_2(g) + 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l)$				المدة
ح. ابتدائية	$c_2 \cdot V_2$	$c_1 \cdot V_1$	0	0	
ح. انتقالية	$c_2 \cdot V_2 - 5x$	$c_1 \cdot V_1 - 2x$	10x	2x	
ح. نهائية	$c_2 \cdot V_2 - 5x_f$	$c_1 \cdot V_1 - 2x_f$	10x _f	2x _f	

4- المزيج ليس ستوكيومتريا لأن: $\frac{c_1 \cdot V_1}{2} = 5 \text{ mmol}$ و $\frac{c_2 \cdot V_2}{5} = 6 \text{ mmol}$ ومنه: $\frac{c_1 \cdot V_1}{2} \neq \frac{c_2 \cdot V_2}{5}$

$$[MnO_4^-]_0 = \frac{c_1 \cdot V_1}{V_1 + V_2} = 0,1 \text{ mol/L} \quad \text{و} \quad [H_2C_2O_4]_0 = \frac{c_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} = 0,3 \text{ mol/L}$$



ب- إثبات العلاقة:

$$[Mn^{2+}] = \frac{2x}{V_T} \quad \text{و} \quad [MnO_4^-] = \frac{c_1 \cdot V_1 - 2x}{V_T} \quad \text{حيث: } V_T = 2V_1$$

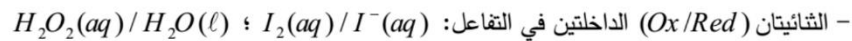
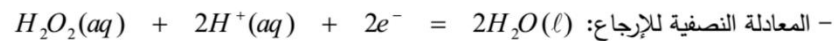
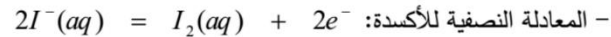
$$[Mn^{2+}](t) = \frac{c_1}{2} - [MnO_4^-](t) \quad \text{ومنه:}$$

ج- رسم المنحنى:

$$v_{vol} = -\frac{1}{2} \times \frac{d[MnO_4^-]}{dt} \quad \text{ومنه: } v_{vol} \in [7,3 \rightarrow 8,3] \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

حل التمرين السادس عشر : باك 2016 ع ٢٥ (دورة عادية)

1. المعادلتين النصفيتين للأوكسدة والإرجاع، واستنتاج الثنائيتين (Ox/Red) المشاركتين في التفاعل:



2. أ- حساب كمية المادة الابتدائية للمتفاعلات في كل مزيج:

$$\begin{aligned} \text{المزيج الأول:} \quad n_0(H_2O_2) &= C \cdot V = 0,1 \times 4 \times 10^{-3} = 4 \times 10^{-4} \text{ mol} \\ n_0(I_2) &= C \cdot V = 0,1 \times 36 \times 10^{-3} = 36 \times 10^{-4} \text{ mol} \end{aligned}$$

ب- عبارة السرعة الحجمية لاختفاء H_2O_2 بدلالة V_E :

$$v = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dn(H_2O_2)}{dt} = -\frac{d}{dt} \left(\frac{n(H_2O_2)}{V} \right) = -\frac{d[H_2O_2]}{dt} = -30 \frac{dV_E}{dt}$$

ج- قيمة السرعة الحجمية لاختفاء H_2O_2 :

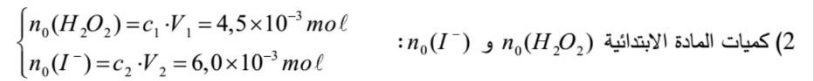
$$v_1 = 1,17 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1} \quad t_1 = 200s$$

$$v_2 = 0,42 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1} \quad t_2 = 600s$$

- نلاحظ أن: $v_1 > v_2$

- التعليل: تتناقص السرعة بسبب تناقص التركيز المولي للماء الأكسجيني.

حل التمرين الرابع عشر : باك 2014 ع ٢٥



(3) جدول تقدم التفاعل:

معادلة التفاعل	$H_2O_2(aq) + 2I^-(aq) + 2H_3O^+(aq) = I_2(aq) + 4H_2O(l)$			
حالة الجملة	التقدم	كميات المادة بـ (mol)		
الابتدائية	0	$4,5 \times 10^{-3}$	$6,0 \times 10^{-3}$	0
الانتقالية	x	$4,5 \times 10^{-3} - x$	$6,0 \times 10^{-3} - 2x$	x
النهائية	x _f	$1,5 \times 10^{-3}$	0	3×10^{-3}

من الجدول وفي الحالة النهائية لدينا: $n_0(I^-) = 0$ ومنه شوارد اليود $I^-(aq)$ هي المتفاعل المحد.

II:

1- أ- التوقيف الآتي لتفاعل تشكل ثنائي اليود $I_2(aq)$ في اللحظة المعتبرة.

ب- لاحظ الشكل.

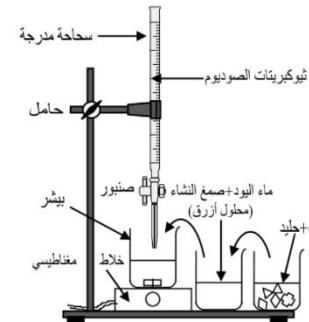
2- أ- السرعة الحجمية هي سرعة التفاعل في وحدة الحجم.

$$v_{vol}(t) = \frac{1}{V} \cdot v(t) = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx(t)}{dt}$$

ب- بيانها:

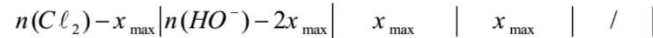
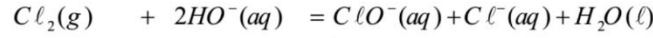
$$\begin{aligned} v_{vol}(0 \text{ min}) &= 3,33 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \\ v_{vol}(9 \text{ min}) &= 0,55 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \end{aligned}$$

$$v(I^-)(9 \text{ min}) = 0,22 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \quad , \quad v(I^-) = V \cdot v_{vol}$$



حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية

حل التمرين السابع عشر : باك 2016 ع ن (دورة عادية)

1. اثبات أن $^{\circ}Chl = c_0 \cdot V_M$ بالتعريف: $^{\circ}Chl = V(C\ell_2)$ وفي الحالة النهائية: $n(C\ell_2) = n(C\ell O^-)$ لكن: $V(C\ell_2) = n(C\ell_2) \cdot V_M = c_0 \cdot V_M$ و $n(C\ell O^-) = c_0 \cdot V = c_0$; ($V = 1L$)وبالتالي: $^{\circ}Chl = c_0 \cdot V_M$

2. أ- المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع ثم معادلة التفاعل أكسدة-إرجاع المُنْمِذُج لتحول المعايرة:

المعادلة النصفية للأكسدة ؛ المعادلة النصفية للإرجاع

معادلة التفاعل أكسدة-إرجاع للمعايرة: $2S_2O_3^{2-}(aq) + I_2(aq) = S_4O_6^{2-}(aq) + 2I^-(aq)$ ب- اثبات أن $c_1 = \frac{c_2 \cdot V_E}{2V_1}$

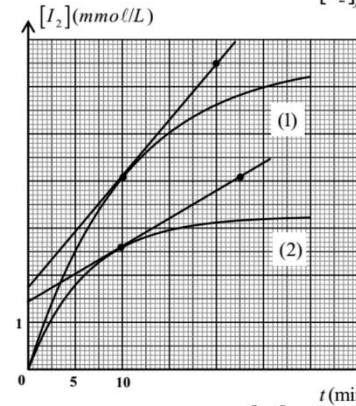
المعادلة	$C\ell O^-(aq) + 2I^-(aq) + 2H_3O^+(aq) = I_2(aq) + C\ell^-(aq) + 3H_2O(l)$					
الحالة	التقدم	كميات المادة بـ (mol)				
الابتدائية	0	$n_1 = c_1 \cdot V_1$	n_2	0	0	بوفرة
الانتقالية	x	$n_1 - x$	$n_2 - 2x$	x	x	
النهائية	x_f	$n_1 - x_f$	$n_2 - 2x_f$	x_f	x_f	

في نهاية التفاعل، لدينا: $n_1 - x_f = 0 \rightarrow x_f = n_1 = c_1 \cdot V_1 \rightarrow x_f = c_1 \cdot V_1 = n_f(I_2)$ من تفاعل الأكسدة-إرجاع للمعايرة لدينا: $n_f(I_2) = \frac{1}{2} n_f(S_2O_3^{2-}) = \frac{1}{2} c_2 \cdot V_E$ بالتالي: $c_1 \cdot V_1 = \frac{1}{2} c_2 \cdot V_E \rightarrow c_1 = \frac{c_2 \cdot V_E}{2V_1}$ ج- حساب c_1 ثم استنتاج c_0 و $^{\circ}Chl$: $n_f(Ag) = \frac{4,32}{108} = 0,04 mol$ و منه: $x_{\max} = 0,02 mol$ أولاً: $c_1 = \frac{0,1 \times 20}{4} = 0,5 mol/L \rightarrow c_1 = 0,5 mol/L$ ثانياً: $c_0 = F \cdot c_1 = 4 \times 0,5 = 2 mol/L \rightarrow c_0 = 2 mol/L$ ثالثاً: $^{\circ}Chl = c_0 \cdot V_M = 2 \times 22,4 = 44,8^{\circ} \rightarrow ^{\circ}Chl = 44,8^{\circ}$ المزيج الثاني: $n_0(H_2O_2) = C \cdot V = 0,1 \times 2 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-4} mol$
 $n_0(I_2) = C \cdot V = 0,1 \times 20 \times 10^{-3} = 20 \times 10^{-4} mol$

ب- جدول تقدم للتفاعل الحادث في المزيج الأول:

المعادلة	$H_2O_2(aq) + 2I^-(aq) + 2H^+(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2H_2O(l)$			
الحالة الابتدائية	4×10^{-4}	36×10^{-4}	0	بوفرة
الحالة الانتقالية	$4 \times 10^{-4} - x$	$36 \times 10^{-4} - 2x$	x	

3. أ- تركيز ثنائي اليود المتشكل في الحالة النهائية في المزيج الأول:

من جدول التقدم وفي الحالة النهائية لدينا: $n_f(I_2) = x_f \leftarrow [I_2]_f = \frac{x_f}{V_t}$ لدينا في المزيج الأول: $\frac{n_0(H_2O_2)}{1} < \frac{n_0(I_2)}{2}$ ومنه: المتفاعل المحد هو H_2O_2 بالتالي: $x_f = 4 \times 10^{-4} mol \leftarrow 4 \times 10^{-4} - x_f = 0$ إذن: $[I_2]_f = \frac{x_f}{V_t} \rightarrow [I_2]_f = \frac{4 \times 10^{-4}}{60 \times 10^{-3}} = 6,67 \times 10^{-3} mol \cdot L^{-1}$ ب- تركيز ثنائي اليود المتشكل في اللحظة $t = 30 min$:من البيان (1)، نقرأ في اللحظة $t = 30 min$: $[I_2](30 min) = 6,2 \times 10^{-3} mol \cdot L^{-1}$ ج- نلاحظ أن: $[I_2](30 min) < [I_2]_f$ بالتالي: لا يتوقف التفاعل في المزيج الأول عند $t = 30 min$.4. أ- عبارة السرعة الحجمية لتشكل ثنائي اليود بدلالة التركيز $[I_2]$:بالتعريف: $v_{vol}(I_2) = \frac{1}{V_t} \cdot \frac{dn(I_2)}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{n(I_2)}{V_t} \right) = \frac{d[I_2]}{dt}$ ومنه: $v_{vol}(I_2) = \frac{d[I_2]}{dt}$ ب- السرعة الحجمية للتفاعل في كلا المزيجين عند اللحظة $t = 10 min$ لدينا: $v_{vol} = v_{vol}(I_2) = \frac{d[I_2]}{dt}$ المزيج الأول: $(v_{vol})_1(10 min) = \frac{2,5 \times 10^{-3}}{2 \times 5} = 2,5 \times 10^{-4} mol \cdot L^{-1} \cdot min^{-1}$ المزيج الثاني: $(v_{vol})_2(10 min) = \frac{1,5 \times 10^{-3}}{2,5 \times 5} = 1,2 \times 10^{-4} mol \cdot L^{-1} \cdot min^{-1}$ نستنتج: $(v_{vol})_1(10 min) > (v_{vol})_2(10 min)$

السرعة الحجمية للتفاعل في المزيج الأول أكبر لأن التراكيز الابتدائية في هذا المزيج أكبر مما في المزيج الثاني (حجمي)

المزيجين متساويين و كميات المادة الابتدائية للمفاعلات أكبر في المزيج الأول

حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية

حساب قيمة التقدم الأعظمي $x_{\max}$:من جدول التقدم: $n_f(Ag) = 2x_{\max}$ ومن البيان نجد: $n_f(Ag) = \frac{4,32}{108} = 0,04 \text{ mol}$ ومنه: $x_{\max} = 0,02 \text{ mol}$

4. حساب التركيز المولي الابتدائي لمحلول نترات الفضة:

من جدول التقدم: $n_f(Cu) = n_1 - x_f = \frac{m}{M_{Cu}} - x_{\max}$ بالتعويض نجد: $n_f(Cu) = 0,03 \text{ mol}$ ومنه: Cu ليس متفاعل محد إذن: Ag^+ متفاعل محد ومنه تصبح: $n_2 - 2x_f = n_0(Ag) - 2x_{\max} = 0$ ومنه: $c_0 \cdot V = 2x_{\max}$ نجد: $c_0 = \frac{2x_{\max}}{V} = \frac{2 \times 0,02}{0,2} = 0,2 \text{ mol} \cdot L^{-1}$

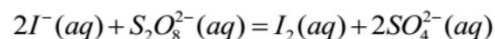
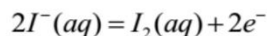
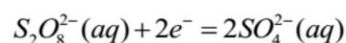
5. حصيلة المادة في الحالة النهائية:

الأفراد	Ag^+	Cu	Ag	Cu^{2+}
$n(\text{mol})$	0	0,03	0,04	0,02

6. تعريف وتعيين $t_{1/2}$: هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي.من البيان: $t_{1/2} = 10 \text{ min}$ مع توضيح الطريقة.7. أ- التحقق من أن $v_{Ag}(t) = \frac{1}{M_{Ag}} \cdot \frac{dm_{Ag}(t)}{dt}$ لدينا: $v_{Ag}(t) = \frac{dn_{Ag}(t)}{dt}$ ولدينا: $n_{Ag} = \frac{m_{Ag}}{M_{Ag}}$ بالتعويض نجد: $v_{Ag}(t) = \frac{1}{M_{Ag}} \cdot \frac{dm_{Ag}(t)}{dt}$ وهو المطلوبب- قيمة السرعة الحجمية في اللحظة $t=0$: لدينا $v = \frac{dx}{dt}$ ومن معادلة التفاعل لدينا: $v = \frac{1}{2}v_{Ag}(t)$ بالتعويض نجد: $v = \frac{1}{2}v_{Ag}(t) = \frac{1}{2M_{Ag}} \cdot \frac{dm_{Ag}(t)}{dt} = \frac{1}{2 \times 108} \times \frac{3,5 \times 0,864}{10} = 1,4 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$

حل التمرين التاسع عشر: بك 2018 ت.ر

I-1- كتابة معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحويل الحادث:

3. أ- استنتاج التركيز المولي الابتدائي للعنيتين (1) و (2) بالشوارد ClO^- :بإانيا العنيتان لهما نفس التركيز المولي الابتدائي: $[ClO^-] = 4,3(\text{div}) \times 0,5 \left(\frac{\text{mol} \cdot L^{-1}}{\text{div}} \right) = 2,15 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ E العينة (A) ليست حديثة الصنع لأن $c_0 < [ClO^-]$.ب- عبارة السرعة الحجمية لاختفاء الشوارد ClO^- ، وحساب قيمتها في اللحظة $t = 50 \text{ jours}$ بالنسبة لكل عينة:

$$\text{بالتعريف: } v_{vol}(ClO^-) = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dn(ClO^-)}{dt} = -\frac{d[ClO^-]}{dt}$$

كما هو مبين على الشكل المقابل:

العينة (1) عند $20^\circ C$:

$$v_{vol}(50j) = -\frac{1,5 \times 0,5}{2 \times 50} = -7,5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot j^{-1}$$

العينة (2) عند $40^\circ C$:

$$v_{vol}(50j) = -\frac{3,2 \times 0,5}{2,2 \times 50} = -1,45 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot j^{-1}$$

المقارنة والاستنتاج: السرعة الحجمية لاختفاء الشوارد ClO^- في العينة (2) أكبر من السرعة الحجمية لاختفاء الشوارد ClO^- في العينة (1) فنستنتج أن درجة الحرارة عامل حركي للتحكم في سرعة التفاعل، أي يكون تفكك ماء جافيل أسرع بارتفاع درجة الحرارة.

ج- للحفاظ على ماء جافيل لمدة أطول يجب وضعه في مكان بارد بعيدا عن أشعة الشمس.

حل التمرين الثامن عشر: بك 2016 ع.ت.ر (دورة جزئية)

1. التحويل الكيميائي الحادث بطيء لأنه يمكن متابعته زمنيا (مدة التفاعل من رتبة الدقائق ...)

2. الثنائيتان (Ox/Red) الداخلتين في التفاعل: $Ag^+(aq)/Ag(s)$ ؛ $Cu^{2+}(aq)/Cu(s)$

المعادلة النصفية للأكسدة ؛ المعادلة النصفية للإرجاع



3. جدول التقدم:

المعادلة	$Cu(s) + 2Ag^+(aq) = Cu^{2+}(aq) + 2Ag(s)$				
الحالة	التقدم	كميات المادة بـ (mol)			
الابتدائية	0	n_1	n_2	0	0
الانتقالية	x	$n_1 - x$	$n_2 - 2x$	x	$2x$
النهائية	x_f	$n_1 - x_f$	$n_2 - 2x_f$	x_f	$2x_f$

حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية

2- جدول تقدم التفاعل :

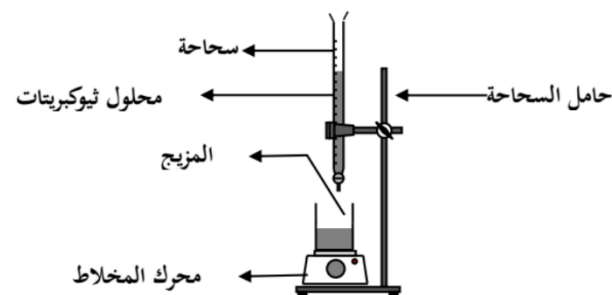
معادلة التفاعل		$2I^-(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) = I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$			
التقدم		كميات المادة			
ح ج					
ابتدائية	0	c_1V_1	c_2V_2	0	0
انتقالية	$x(t)$	$c_1V_1 - 2x(t)$	$c_2V_2 - x(t)$	$x(t)$	$2x(t)$
نهائية	X_f	$c_1V_1 - 2X_f$	$c_2V_2 - X_f$	X_f	$2X_f$

حساب كمية المادة الابتدائية للمتفاعلات :

$$n_0(S_2O_8^{2-}) = c_2V_2 = 0,005mol \quad , \quad n_0(I^-) = c_1V_1 = 0,01mol$$

$$\frac{n_0(I^-)}{2} = \frac{n_0(S_2O_8^{2-})}{1} = 0,005mol \quad \text{فالمزيج ستوكيومترى}$$

1.3- رسم التركيب التجريبي المستعمل في المعايرة :



2.3- الغرض من إضافة الماء البارد : توقيف التفاعل المدروس

3.3- التعرف على نقطة التكافؤ تجريبيا : اختفاء اللون الأزرق لصبغ النشا

4.3- إستنتاج العلاقة بين التقدم x للتفاعل المدروس والحجم V_E :

عند التكافؤ يكون المزيج التفاعلي بنسب ستوكيومترية أي :

$$n_0(I_2) = \frac{n_E(S_2O_3^{2-})}{2} \Rightarrow n_0(I_2) = \frac{c_3V_E}{2} \dots\dots\dots V_0 = 10mL \quad \text{في العينة}$$

في المزيج التفاعلي $V_T = V_1 + V_2 = 100mL$ $n(I_2) = x(t)$

$$x(mmole) = \frac{V_E(mL)}{10} \quad \text{أي} \quad x(t) = \frac{c_3V_E}{2} \times \frac{V_T}{V_0} = \frac{0,02 \times 100}{2 \times 10} \times V_E = 0,1 \times V_E$$

$$5.3- \text{أ) - استنتاج زمن نصف التفاعل } t_{1/2} : \text{لما } t = t_{1/2} \text{ فإن } x = \frac{X_f}{2} = \frac{5}{2} = 2,5mmol \text{ و بالاسقاط}$$

$$t_{1/2} = 7s \quad \text{نجد}$$

$$\text{ب) - تحديد سرعة اختفاء شوارد اليود } I^- : \frac{dx}{dt} = 2 \frac{d(c_1V_1 - 2x)}{dt} = 2 \frac{d(c_1V_1 - 2x)}{dt} = 2 \frac{d(c_1V_1 - 2x)}{dt}$$

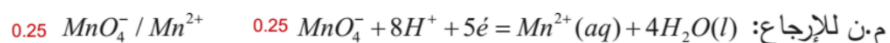
حيث $\frac{dx}{dt}$ يمثل ميل مماس المنحنى في اللحظة t المعتبرة

حل التمرين العشرين : باك 2019 ع ب

1. المؤكسد: هو كل فرد كيميائي يكتسب إلكترون أو أكثر خلال تحول كيميائي

المرجع: هو كل فرد كيميائي يفقد إلكترون أو أكثر خلال تحول كيميائي.

2. المعادلتين النصفيتين والثنائيتين Ox/Red :



التفاعل الحادث تفاعل أكسدة إرجاع لأن هناك انتقال في الإلكترونات.

3. دور حمض الكبريت المركز هو توفير شوارد H_3O^+ اللازمة للتفاعل ولا يُعتبر وسيطا لأن H_3O^+ تشارك في التفاعل.

4. جدول التقدم: يكفي ملء الحالة ح ! وإحدى الحالات الأخرى 0.5

حالة الجملة		تقدم					
		$5C_3H_8O(l) + 2MnO_4^-(aq) + 6H^+(aq) = 5C_3H_6O(l) + 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l)$					
		كمية المادة ب (mmol)					
ح. ن	ح. و	ح. !	$\frac{C_3H_8O}{5}$		$\frac{MnO_4^-}{2}$		$\frac{C_3H_6O}{5}$
	$x=0$		62,5	5	0	0	
	$x(t)$		$62,5 - 5x(t)$	$5 - 2x(t)$	$5x(t)$	$2x(t)$	
	x_f		$62,5 - 5x_f$	$5 - 2x_f$	$5x_f$	$2x_f$	

- حساب قيمة التقدم الأعظمي x_{max}

$$\begin{cases} 62,5 - 5x_{max} = 0 \\ 5 - 2x_{max} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{max} = 12,5mmol \\ x_{max} = 2,5mmol \end{cases} \quad \text{ومنه: } x_{max} = 2,5mmol \quad 0,25$$

حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية

1.5. إيجاد قيمة التقدم النهائي x_f والتحقق أن التفاعل تام:

من جدول التقدم لدينا: $n_f(B) = n_0(B) - 5x_f$ ومن المنحنى لدينا: $n_f(B) = 50 \text{ mmol}$

0.25

ومنه نجد: $x_f = 2,5 \text{ mmol}$

بما أن $x_f = x_{\max}$ فإن التفاعل تام. 0.25

2.5. تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$: هو المدة الزمنية اللازمة لبلوغ تقدم التفاعل نصف

قيمتة الأعظمية. 0.25

تحديد قيمة $t_{1/2}$ بيانياً: من العلاقة $n_B(t_{1/2}) = \frac{n_0(B) + n_f(B)}{2}$ وبالإسقاط نجد $t_{1/2} = 2,4 \text{ min}$

0.25

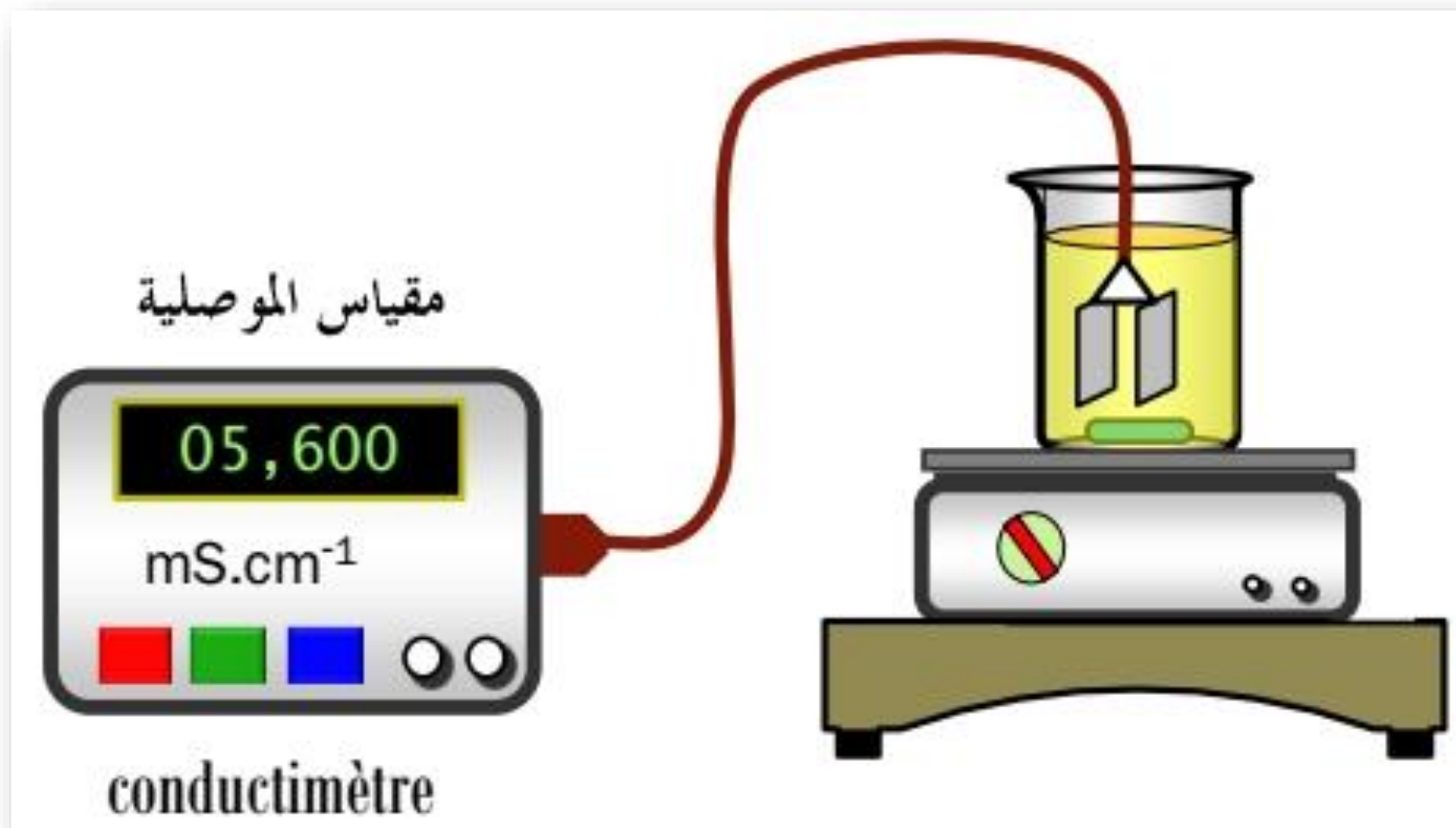
3.5. حساب السرعة الحجمية لاختفاء الكحول (B) عند اللحظة $t = 0$:

$$v_{\text{Vol}}(B) = -\frac{1}{V_T} \cdot \frac{dn(B)}{dt}, \quad v_{\text{Vol}(B)}(0) = -\frac{1}{0,06} \cdot \frac{0 - 62,5}{18 - 0} = 57,87 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

0.25

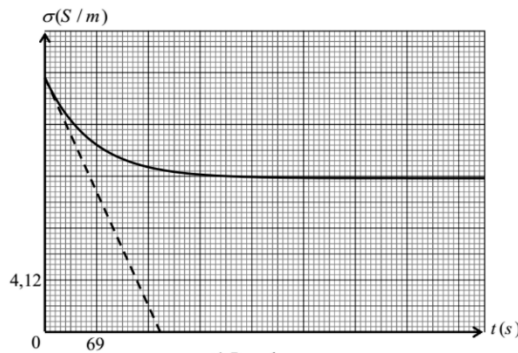
0.25

المتابعة الزمنية عن طريق قياس الناقلية



تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق قياس الناقلية

3- إن متابعة التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية للمزيج التفاعلي مكنت من رسم بيان الشكل (15) والممثل لتغيرات



الشكل (15)

الناقلية النوعية بدلالة الزمن $\sigma = f(t)$.

- علّل دون حساب تناقص الناقلية النوعية.

4- تعطى الناقلية النوعية للمزيج التفاعلي عند لحظة t

$$\sigma(t) = 20,6 - 170x$$

أ- عرّف السرعة الحجمية للتفاعل.

ب- بيّن أن السرعة الحجمية للتفاعل تكتب

$$\text{بالشكل: } v_{vol} = -\frac{1}{170V} \times \frac{d\sigma(t)}{dt}$$

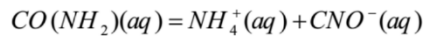
حيث V حجم الوسط التفاعلي المعتبر ثابتاً.

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

د- عرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ثم حدّد قيمته ببياناً.

التمرين الثالث : باك 2017 تـ ر (دورة عادية)

اليوريا أو البولة $CO(NH_2)_2$ هي من الملوثات، تتواجد في فضلات الكائنات الحية وتتفكك ذاتياً وفق تفاعل بطيء وتام ينتج عنه شوارد الأمونيوم NH_4^+ وشوارد السيانات CNO^- وفق معادلة التفاعل التالية:



I- لمتابعة تطور هذا التحول نُخَصِّرُ حجماً $V = 100 \text{ mL}$ من محلول اليوريا تركيزه $c = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ونضعه

في حمام مائي درجة حرارته 50°C ثم نقيس الناقلية النوعية للمحلول عند أزمنة مختلفة (نهمل تأثير الشوارد H_3O^+ و HO^- في ناقلية المحلول).

1) أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل الحاصل ثم حدّد قيمة التقدم الأعظمي x_{max} للتفاعل.

2) اكتب عبارة تركيز شوارد الأمونيوم NH_4^+ بدلالة الناقلية النوعية σ للمحلول والناقلات المولية الشاردية.

3) اكتب العلاقة بين تركيز شوارد NH_4^+ في المحلول وتقدم التفاعل x وحجم المحلول V .

4) استنتج العلاقة بين الناقلية النوعية σ وتقدم التفاعل x .

واحسب قيمة الناقلية العظمى σ_{max} عند نهاية التفاعل.

5) أثبت أن تقدم التفاعل في اللحظة t يعطى بالعلاقة: $x(t) = x_{max} \frac{\sigma(t)}{\sigma_{max}}$

6) يمثل الشكل-2 منحنى تطور تقدم التفاعل بدلالة الزمن.

أ) اكتب عبارة السرعة الحجمية للتفاعل ثم

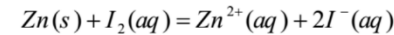
بيّن اعتماداً على المنحنى كيفية تطورها مع الزمن.

التمرين الأول : باك 2014 ع تـ

وضعتنا في بيشر حجماً $V_0 = 250 \text{ mL}$ من مادة مطهرة تحتوي على ثنائي اليود $I_2(aq)$ بتركيز

$$c_0 = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ ثم أضفنا له عند درجة حرارة ثابتة، قطعة من معدن الزنك } Zn(s) \text{ كتلتها } m = 0,5 \text{ g}.$$

التحول الكيميائي البطيء والتام الحادث بين ثنائي اليود والزنك ينمذج بتفاعل كيميائي معادلته:



متابعة التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية σ للمزيج التفاعلي في لحظات زمنية مختلفة مكنتنا من الحصول على جدول

القياسات التالي:

$t(\times 10^2 \text{ s})$	0	1	2	4	6	8	10	12	14	16
$\sigma(S \cdot m^{-1})$	0	0,18	0,26	0,38	0,45	0,49	0,50	0,51	0,52	0,52
$x(\text{mmol})$										

1) اشرح لماذا يمكن متابعة هذا التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية.

2) احسب كمية المادة الابتدائية للمتفاعلين.

3) انجز جدولاً لتقدم التفاعل الحادث.

4) أ- اكتب عبارة الناقلية النوعية σ للمزيج التفاعلي بدلالة التقدم x .

ب- أكمل الجدول السابق.

ج- ارسم المنحنى البياني $x = f(t)$.

5) أ- عرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ثم عيّن قيمته.

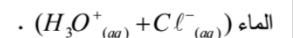
ب- جد قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظتين $t_1 = 400 \text{ s}$ و $t_2 = 1000 \text{ s}$.

ج- فسر مجرباً تطور السرعة الحجمية للتفاعل.

يعطى: $M(Zn) = 65,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ؛ $\lambda_{Zn^{2+}} = 10,56 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$ ؛ $\lambda_{I^-} = 7,70 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$.

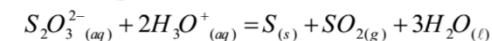
التمرين الثاني : باك 2015 تـ ر

لدراسة حركية تطور التحول الكيميائي بين محلول ثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+_{(aq)} + S_2O_3^{2-}_{(aq)})$ ومحلول حمض كلور



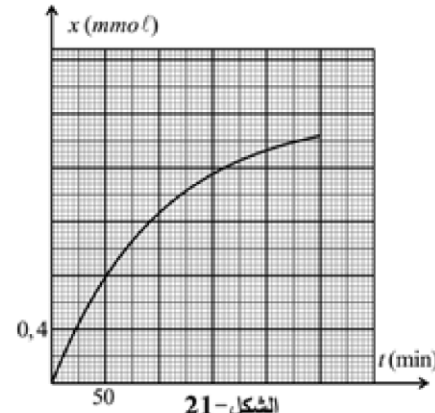
في اللحظة $t = 0$ نمزج حجماً $V_1 = 480 \text{ mL}$ من محلول ثيوكبريتات الصوديوم تركيزه $c_1 = 0,5 \text{ mol/L}$ مع حجم

$V_2 = 20 \text{ mL}$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه $c_2 = 5,0 \text{ mol/L}$. نمذج التحول الحادث بالمعادلة الكيميائية التالية:



1- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل.

2- حدّد المتفاعل المحد.



يبيّن اعتماداً على المنحنى كيفية تطورها مع الزمن.
 ب) عرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، ثم حدد قيمته بيانياً.
 7) احسب تركيز شوارد NH_4^+ المتشكلة عند نهاية التفاعل.
 II- للتحقق من تركيز شوارد الأمونيوم NH_4^+ المتشكلة عند
 نهاية التفاعل السابق، نعاير حجماً $V = 10\text{mL}$ من
 المحلول السابق بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم
 تركيزه المولي $c_b = 1,0 \times 10^{-2} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ فيحدث التكافؤ
 عند إضافة حجم قدره $V_{be} = 20\text{mL}$.

- 1) أذكر البروتوكول التجريبي المناسب لهذا التفاعل مدعماً إجابتك برسم تخطيطي.
- 2) اكتب معادلة تفاعل منمنجة لتحول المعايرة.
- 3) احسب تركيز شوارد الأمونيوم في المحلول.
- 4) قارن قيمتها مع المحسوبة سابقاً في السؤال (7-I).

يعطى: عند الدرجة 50°C : $\lambda_{NH_4^+} = 11,01 \text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$ ، $\lambda_{CNO^-} = 9,69 \text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$

حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق قياس الناقلية

$$v_{400} = \frac{1}{V_0} \left(\frac{dx}{dt} \right)_{400} = \frac{1}{250 \times 10^{-3}} \left(\frac{3,7 - 2}{400 - 0} \right) = 1,7 \times 10^{-2} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_{1000} = \frac{1}{V_0} \left(\frac{dx}{dt} \right)_{1000} = \frac{1}{250 \times 10^{-3}} \left(\frac{4,9 - 4,3}{1000 - 0} \right) = 2,4 \times 10^{-3} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

ج- التفسير المجري لتطور السرعة الحجمية:

- نلاحظ أن: $v_{400} > v_{1000}$ أي أن السرعة الحجمية تتناقص بتناقص تراكيز المتفاعلات خلال التفاعل.

ملح التفسير الثاني: بـ 2015

1- جدول تقدم التفاعل:

المعادلة		$S_2O_3^{2-}(aq) + 2H_3O^+(aq) = S_{(s)} + SO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$				
حالة الجمله	التقدم	كميات المادة بـ (mol)				
ابتدائية	$x = 0$	n_{01}	n_{02}	0	0	3
انتقالية	x	$n_{01} - x$	$n_{02} - 2x$	x	x	
نهائية	$x_{\max}$	$n_{01} - x_{\max}$	$n_{02} - 2x_{\max}$	$x_{\max}$	$x_{\max}$	

2- تحديد المتفاعل المحد:

$$n_{01} - x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = n_{01} = c_1 \cdot V_1 = 0,5 \times 0,480 = 0,24 \text{ mol}$$

$$n_{02} - 2x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = \frac{n_{02}}{2} = \frac{c_2 \cdot V_2}{2} = \frac{5 \times 0,02}{2} = 0,05 \text{ mol}$$

ومنه المتفاعل المحد هو H_3O^+ و $x_{\max} = 0,05 \text{ mol}$ 3- تتناقص الناقلية بسبب اختفاء شوارد: H_3O^+ ، $S_2O_3^{2-}$

4- أ- تعريف السرعة الحجمية للتفاعل: هي مقدار تغير تقدم التفاعل بدلالة الزمن في وحدة الحجم وتعطى بالعلاقة:

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

$$\text{ب- البرهان: } v_{\text{vol}} = -\frac{1}{170V} \times \frac{d\sigma(t)}{dt} \Leftarrow \frac{dx}{dt} = -\frac{1}{170} \times \frac{d\sigma(t)}{dt} \Leftarrow x = \frac{20,6 - \sigma(t)}{170}$$

$$\text{أو من العبارة } \sigma(t) = 20,6 - 170x \text{ نجد } \frac{d\sigma(t)}{dt} = -170 \frac{dx}{dt}$$

$$\text{ومنه: } v_{\text{vol}} = -\frac{1}{170V} \times \frac{d\sigma(t)}{dt} \Leftarrow \frac{d\sigma(t)}{dt} = -170 \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} = -170 \times v_{\text{vol}}$$

ملح التفسير الأول: بـ 2014 ع ٢

1. الشرح: يمكن متابعة هذا التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية كون:

الوسط التفاعلي شاردني (ناقل) ؛ اختلاف ملحوظ في قيم $\lambda_{I_2^-}$ ، $\lambda_{Zn^{2+}}$ ؛ هناك علاقة بين x و σ (جدول التقدم).2. حساب كمية المادة الابتدائية: $n_i(I_2) = 5 \times 10^{-3} \text{ mol}$ و $n_i(Zn) = 7,65 \times 10^{-3} \text{ mol}$

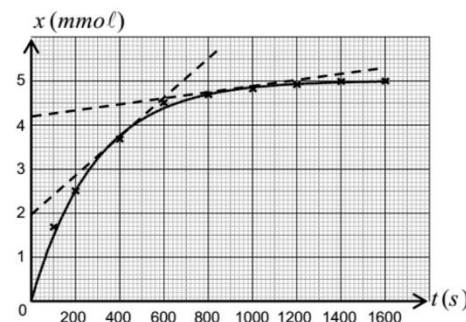
3. جدول التقدم:

معادلة التفاعل		$I_2(aq) + Zn(s) \rightarrow 2I^-(aq) + Zn^{2+}(aq)$			
ح. ابتدائية	0	$n_i(I_2)$	$n_i(Zn)$	0	0
ح. انتقالية	x	$n_i(I_2) - x$	$n_i(Zn) - x$	$2x$	x
ح. نهائية	x_f	$n_i(I_2) - x_f$	$n_i(Zn) - x_f$	$2x_f$	x_f

$$4. \text{ أ- كتابة العبارة الحرفية: } \sigma = \lambda_{I^-} [I^-] + \lambda_{Zn^{2+}} [Zn^{2+}] \rightarrow \sigma = (2\lambda_{I^-} + \lambda_{Zn^{2+}}) \frac{x}{V_0}$$

$$\text{ب- تكمل الجدول: } x = \frac{V_0}{(2\lambda_{I^-} + \lambda_{Zn^{2+}})} \cdot \sigma = 9,63 \times 10^{-3} \times \sigma$$

$t(\times 10^2 \text{ s})$	0	1	2	4	6	8	10	12	14	16
$x(\text{mmol})$	0	1,7	2,5	3,7	4,5	4,7	4,8	4,9	5,0	5,0

ج- رسم المنحنى البياني $x(t)$:5. أ- تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

هو المدة الزمنية اللازمة لوصول تقدم التفاعل إلى نصف قيمته النهائية.

تعيين قيمته: $t_{1/2} = 200 \text{ s}$ ب- إيجاد قيمة السرعة الحجمية في اللحظتين $t = 400 \text{ s}$ و $t = 1000 \text{ s}$:

$$v = \frac{1}{V_0} \cdot \frac{dx}{dt}$$

حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق قياس الناقلية

ج- قيمة السرعة الحجمية:

$$v_{vol} = -\frac{1}{170 \times 0,5 \times 10^{-3}} \times \frac{0 - 5 \times 4,12}{158,7 - 0} = 1,53 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1} = 1,53 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

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

$$\text{قيمته: } t_{1/2} = 48,3 \text{ s} \quad \sigma(t_{1/2}) = 20,6 - 170 \times 0,025 = 16,35 \text{ S/m}$$

ملاحظة: تقبل القيم القريبة من هذه القيمة.

التمرين الثالث: بالك 2017 (دورة عادية)

(I) 1- جدول التقدم:

المعادلة		$CO(NH_2)(aq) = NH_4^+(aq) + CNO^-(aq)$		
الحالة	التقدم	كميات المادة (mol)		
ح ابتدائية	0	$n_0 = c \cdot V$	0	0
ح انتقالية	x	$n_0 - x$	x	x
ح نهائية	$x_{\max}$	$n_0 - x_{\max}$	$x_{\max}$	$x_{\max}$

تحديد التقدم الأعظمي $x_{\max}$: لدينا $x_{\max} = n_0 = c \cdot V = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 2- عبارة تركيز NH_4^+ بدلالة σ :

$$\sigma = \lambda_{NH_4^+} \cdot [NH_4^+] + \lambda_{CNO^-} \cdot [CNO^-] = [NH_4^+] (\lambda_{NH_4^+} + \lambda_{CNO^-})$$

$$[NH_4^+] = \frac{\sigma}{\lambda_{NH_4^+} + \lambda_{CNO^-}}$$

3- العلاقة بين $[NH_4^+]$ و x : لدينا V :

$$[NH_4^+] = \frac{x}{V} \Rightarrow \sigma = [NH_4^+] (\lambda_{NH_4^+} + \lambda_{CNO^-}) \Rightarrow \sigma = \frac{x}{V} (\lambda_{NH_4^+} + \lambda_{CNO^-})$$

$$\text{حساب قيمة } \sigma_{\max}: \sigma_{\max} = \frac{x_{\max}}{V} (\lambda_{NH_4^+} + \lambda_{CNO^-}) = \frac{2 \times 10^{-3} \times (9,69 + 11,02) \times 10^{-3}}{0,1 \times 10^{-3}} = 0,41 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$5- \text{إثبات العلاقة: } x(t) = x_{\max} \frac{\sigma(t)}{\sigma_{\max}}$$

$$\begin{cases} \sigma = \frac{x}{V} (\lambda_{NH_4^+} + \lambda_{CNO^-}) \\ \sigma_{\max} = \frac{x_{\max}}{V} (\lambda_{NH_4^+} + \lambda_{CNO^-}) \end{cases} \Rightarrow \frac{\sigma(t)}{\sigma_{\max}} = \frac{x(t)}{x_{\max}} \Rightarrow x(t) = x_{\max} \frac{\sigma(t)}{\sigma_{\max}}$$

$$6- \text{أ- تعريف السرعة الحجمية للتفاعل: هي مشتق تقدم التفاعل في وحدة الحجم. أو: } v_{vol}(t) = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx(t)}{dt}$$

- السرعة تتناقص مع مرور الزمن لأن ميل المماس للمنحنى يتناقص مع مرور الزمن.

ب- تعريف $t_{1/2}$: هو الزمن اللازم لبلوغ تقدم التفاعل نصف تقدمه الأعظمي.

$$\text{تحديده بيانيا: } x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2} = 10^{-3} \text{ mol} \Rightarrow t_{1/2} = 70 \text{ min}$$

$$7- \text{حساب } [NH_4^+]_f: [NH_4^+]_f = \frac{x_{\max}}{V} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

(II) 1- البرتوكول التجريبي:

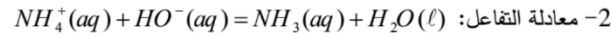
- نأخذ من المزيج بواسطة ماصة عيارية حجما $V = 10 \text{ mL}$.

- نضيف للبيشر قطرات من كاشف ملون مناسب.

- نقوم بإضافة الصودا من السحاحة إلى غاية تغير اللون.

- نسجل حجم التكافؤ.

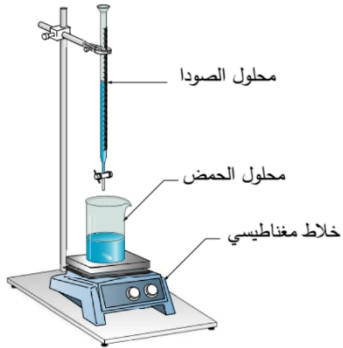
الرسم:



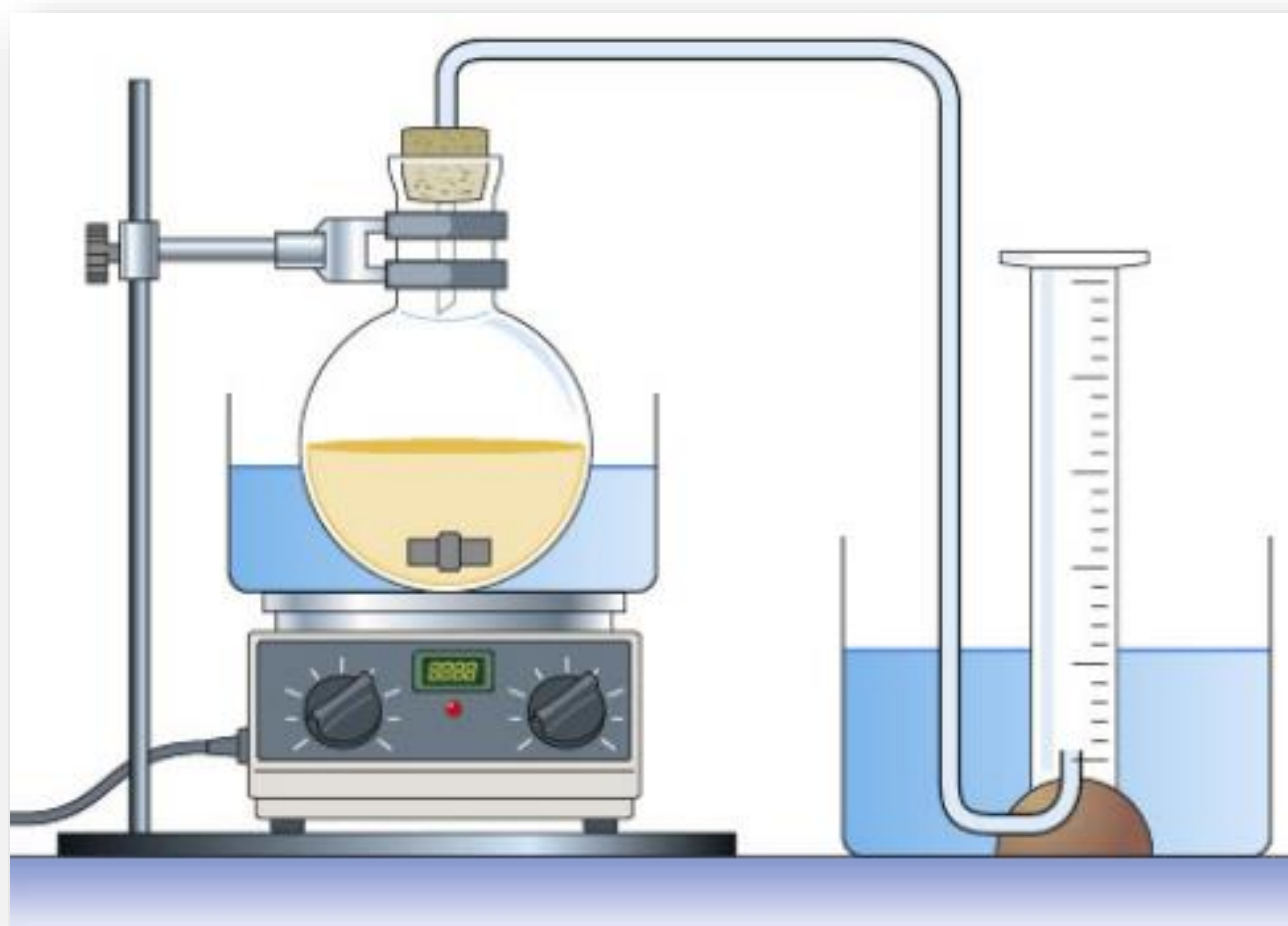
$$3- \text{حساب } [NH_4^+] \text{ في المحلول: نضع } [NH_4^+] = c'$$

$$\text{عند التكافؤ يكون: } c' \cdot V = c_b \cdot V_{bE} \Rightarrow c' = c_b \cdot \frac{V_{bE}}{V} = \frac{20 \times 10^{-2}}{10} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

4- المقارنة: القيمة نفسها.



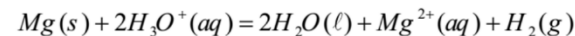
المتابعة الزمنية عن طريق قياس الحجم



تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق قياس الحجم

التمرين الأول : باك 2008 ن ب ر

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



ندخل كتلة من معدن المغنيزيوم $m = 1,0g$ في كأس به محلول من حمض كلور الهيدروجين حجمه $V = 60 mL$ وتركيزه المولي $c = 5,0 mol \cdot L^{-1}$ ، فنلاحظ انطلاق غاز ثنائي الهيدروجين وتزايد حجمه تدريجياً حتى اختفاء كتلة المغنيزيوم كلياً.

نجمع غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق ونقيس حجمه كل دقيقة فنحصل على النتائج المدونة في جدول القياسات أدناه.

1- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل.

2- أكمل جدول القياسات حيث x يمثل تقدم التفاعل.

$t(\text{min})$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$V_{H_2}(mL)$	0	336	625	810	910	970	985	985	985
$x(10^{-2} mol)$									

3- أرسم المنحنى البياني $x = f(t)$ بسلم رسم مناسب.

4- عيّن التقدم النهائي x_f للتفاعل الكيميائي وحدد المتفاعل المحد.

5- احسب سرعة تشكل ثنائي الهيدروجين في اللحظتين $t = 0 \text{ min}$ ، $t = 3 \text{ min}$.

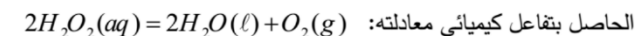
6- عيّن زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

7- احسب تركيز شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ في الوسط التفاعلي عند انتهاء التحول الكيميائي.

نأخذ: $M(Mg) = 24,3 g / mol$ ، الحجم المولي في شروط التجربة $V_M = 24 L / mol$.

التمرين الثاني : باك 2008 ع ن ب

ندرس تفكك الماء الأكسجيني H_2O_2 عند درجة حرارة ثابتة $\theta = 12^\circ C$ وفي وجود وسيط مناسب. ننمذج التحول الكيميائي



الحاصل بتفاعل كيميائي معادلته: (نعتبر أن حجم المحلول يبقى ثابتاً خلال مدة التحول وأن الحجم المولي للغاز في شروط التجربة $V_M = 24 L \cdot mol^{-1}$)

نأخذ في اللحظة $t = 0$ حجماً $V_S = 500 mL$ من الماء الأكسجيني تركيزه المولي الابتدائي:

$$[H_2O_2]_0 = 8,0 \times 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$$

نجمع ثنائي الأكسجين المتشكل ونقيس حجمه V_{O_2} تحت ضغط ثابت كل أربع دقائق ونسجل النتائج كما في الجدول التالي:

$t(\text{min})$	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
$[H_2O_2](mol \cdot L^{-1})$											

1- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل الكيميائي الحاصل.

2- أكتب عبارة التركيز المولي $[H_2O_2]$ للماء الأكسجيني في اللحظة t بدلالة: $[H_2O_2]_0$ ؛ V_S ؛ V_M و V_{O_2} .

3- أ- أكمل الجدول السابق.

ب- أرسم المنحنى البياني $[H_2O_2] = f(t)$ باستعمال سلم رسم مناسب.

ج- أعط عبارة السرعة الحجمية للتفاعل الكيميائي.

د- احسب سرعة التفاعل الكيميائي عند اللحظتين $t_1 = 16 \text{ min}$ و $t_2 = 24 \text{ min}$. واستنتج كيف تتغير سرعة

التفاعل مع الزمن؟

هـ- عيّن زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ بيانياً.

إذا أجريت التجربة السابقة في الدرجة $\theta' = 35^\circ C$ ، أرسم كيفياً شكل منحنى تغير $[H_2O_2]$ بدلالة الزمن على البيان

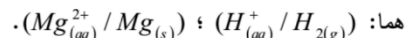
السابق مع التبرير.

التمرين الثالث : باك 2008 ع ن ب

في حصة للأعمال المخبرية، أراد فوج من التلاميذ دراسة التحول الكيميائي الذي يحدث للجملة (مغنيزيوم صلب، محلول حمض كلور الماء) فوضع أحد التلاميذ شريطاً من المغنيزيوم $Mg(s)$ كتلته $m = 36 mg$ في دورق ثم أضاف إليه محلولاً لـ حمض كلور الماء بزيادة، حجمه $30 mL$ وسدّ الدورق بعد أن أوصله بتجهيز يسمح بحجز الغاز المنطلق وقياس حجمه من لحظة لأخرى.

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

2- أكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الكيميائي التام الحادث في الدورق علماً أن الثنائيين المشاركين



3- يمثل الجدول الآتي نتائج القياسات التي حصل عليها الفوج:

$t(\text{min})$	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 جدولاً لتقدم التفاعل، ثم استنتج قيم تقدم التفاعل x في الأزمنة المبينة في الجدول.

ب- أملأ الجدول ثم مثل البيان $x = f(t)$ بسلم رسم مناسب.

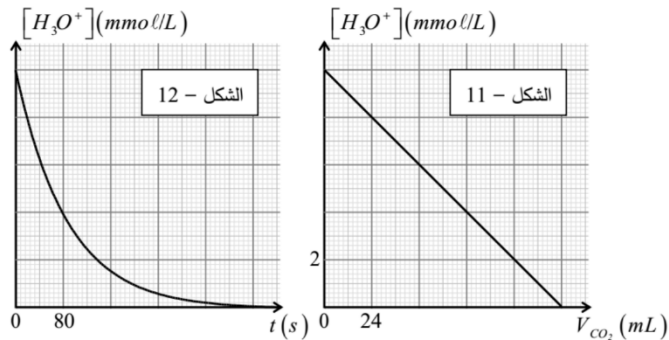
ج- عيّن سرعة التفاعل في اللحظة $t = 0$.

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

يعطى: ● الحجم المولي للغاز في شروط التجربة: $V_M = 24 L \cdot mol^{-1}$.

● الكتلة المولية الذرية للمغنيزيوم: $M(Mg) = 24 g \cdot mol^{-1}$.

تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق قياس الحجم



1- أنجز جدولاً لتقدم التفاعل.

2- أثبت أن التركيز المولي

لشوارد H_3O^+ في أية لحظة

يعطى بالعلاقة :

$$[H_3O^+] = c - \frac{2V_{CO_2}}{V \cdot V_m}$$

حيث V_m الحجم المولي للغازات.(نعتبر : $V_m = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$)

3- بالاعتماد على المنحنى الموافق للشكل-11 جد :

أ- كلا من التركيز المولي الابتدائي c للمحلول الحمضي وحجم الوسط التفاعلي V .

ب- القيمة النهائية لتقدم التفاعل واستنتج المتفاعل المحد.

4- المنحنى $[H_3O^+] = f(t)$ الموضح في الشكل-12 ينقصه سلم الرسم الخاص بالتركيز $[H_3O^+]$.

أ- حدّد السلم الناقص في الرسم.

ب- احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 80 \text{ s}$.

ج- جد من المنحنى زمن نصف التفاعل وحدّد أهميته.

يعطى : $M_C = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ؛ $M_{Ca} = 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ؛ $M_O = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

التمرين السادس : باك 2016 ت. ر

نريد إجراء متابعة زمنية لتحول كيميائي بين الألمنيوم Al ومحلول حمض كلور الماء $(H_3O^+(aq) + Cl^-(aq))$ الذييُتمدّجُ بتفاعل كيميائي تام معادلته : $2Al(s) + 6H_3O^+(aq) = 2Al^{3+}(aq) + 3H_2(g) + 6H_2O(l)$ نضع في حوالة قطعة من الألمنيوم Al كتلتها m_0 مملّغة ثم نضيف إليها في اللحظة $t = 0$ الحجم $V = 100 \text{ mL}$ منمحلول حمض كلور الماء تركيزه المولي c .لمتابعة تطور التفاعل الكيميائي عند درجة حرارة ثابتة وضغط ثابت، نسجل في كل لحظة t حجم غاز الهيدروجين المنطلق،

ثم نستنتج كتلة الألمنيوم المتبقية، وندون النتائج في الجدول التالي:

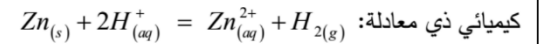
$t(\text{min})$	0	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
$m(\text{g})$	4,05	2,84	2,27	1,94	1,78	1,70	1,64	1,62	1,62

1. أ- ارسم على ورق مليمتري منحنى تغيرات الكتلة $m(t)$ للألمنيوم المتبقية بدلالة الزمن باعتماد السلم: $1 \text{ cm} \rightarrow 0,5 \text{ g}$ و $1 \text{ cm} \rightarrow 1 \text{ min}$

ب- حدّد المتفاعل المحد.

التمرين الرابع : باك 2010 ع. ت. ر

لمتابعة التطور الزمني للتحويل الكيميائي الحاصل بين محلول حمض كلور الهيدروجين ومعدن الزنك، الذي يمدّج بتفاعل

ندخل في اللحظة $t = 0$ كتلة $m = 1,0 \text{ g}$ من معدن الزنك في دورق به $V = 40 \text{ mL}$ من محلول حمض كلور الهيدروجينتركيزه المولي $c = 5,0 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. نعتبر حجم الوسط التفاعلي ثابتاً خلال مدة التحويل وأن الحجم المولي للغاز فيشروط التجربة : $V_M = 25 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$. نقيس حجم غاز ثنائي الهيدروجين V_{H_2} المنطلق في نفس الشرطين من الضغط

ودرجة الحرارة، ندون النتائج في الجدول التالي:

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

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

2- أكمل الجدول أعلاه.

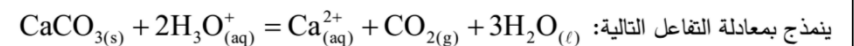
3- مثل البيان $x = f(t)$ باعتماد سلم الرسم التالي : $1 \text{ cm} \rightarrow 100 \text{ s}$ ؛ $1 \text{ cm} \rightarrow 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$.4- احسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظتين : $t_1 = 100 \text{ s}$ ؛ $t_2 = 400 \text{ s}$.

كيف تتطور هذه السرعة مع الزمن؟ علّل.

5- إن التحويل الكيميائي السابق تحول تام:

أ- احسب التقدم الأعظمي $x_{\max}$ واستنتج المتفاعل المحد.ب- عرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ وأوجد قيمته.يعطى : $M_{Zn} = 65 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

التمرين الخامس : باك 2014 ت. ر

من أجل المتابعة الزمنية لتحويل كربونات الكالسيوم $CaCO_{3(s)}$ الصلبة مع حمض كلور الماء $(H_3O^+ + Cl^-)_{aq}$ ، الذينضع في دورق حجماً V من حمض كلور الماء تركيزه المولي c ونضيف إليه 2 g من كربونات الكالسيوم.يسمح تجهيز مناسب بقياس حجم غاز ثنائي أكسيد الكربون V_{CO_2} المنطلق عند لحظات زمنية مختلفة، تمت معالجة النتائج

المتحصل عليها بواسطة برمجية خاصة، فأعطت المنحنيين الموافقين للشكلين-11 و-12.

تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق قياس الحجم

$$4. \text{ أ- بين أن سرعة التفاعل في اللحظة } t \text{ تعطى بالعلاقة: } v = \frac{1}{3V_M} \cdot \frac{dV_{H_2}(t)}{dt}$$

ب- احسب قيمة هذه السرعة في اللحظة $t = 300s$.

$$\text{المعطيات: } M(A\ell) = 27g \cdot mol^{-1}, \text{ الحجم المولي في شروط التجربة } V_M = 24L \cdot mol^{-1}$$

2. أ- أنشئ جدول التقدم للتفاعل الحادث.

ب- احسب كميات المادة الابتدائية $n_0(A\ell)$ و $n_0(H_3O^+)$ للمتفاعلات ثم استنتج التركيز المولي c لمحلول حمض كلور الماء.

تُعطى الكتلة المولية للألمنيوم $M = 27g \cdot mol^{-1}$.

$$3. \text{ بين أن كتلة الألمنيوم المتبقية في اللحظة } t_{1/2} \text{ (زمن نصف التفاعل) تعطى بالعلاقة: } m_{1/2} = \frac{m_0 + m_f}{2}$$

حيث m_f هي كتلة الألمنيوم المتبقية في الحالة النهائية. استنتج بياناً قيمة $t_{1/2}$.

$$4. \text{ بين أن عبارة السرعة الحجمية للتفاعل تعطى بـ: } v_{vol} = -\frac{1}{2 \cdot V \cdot M} \cdot \frac{dm(t)}{dt}$$

احسب قيمتها في اللحظة $t = 3min$.

التفسير السابع : بالك 2016 ع تب (دورة مزيّة)

يتفاعل محلول حمض كلور الهيدروجين $(H_3O^+(aq) + Cl^-(aq))$ مع الألمنيوم وفق تفاعل تام منتجاً غاز ثنائي

الهيدروجين وشوارد الألمنيوم $(A\ell^{3+})$.

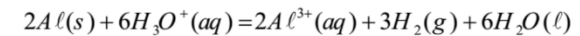
في اللحظة $t = 0$ ندخل عينة كتلتها $m = 0,810g$ من حبيبات الألمنيوم في بالون (دورق) يحتوي على حجم $V = 60mL$

من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي $c = 0,180mol \cdot L^{-1}$. نغلق البالون بسدادة مزودة بأنبوب انطلاق

موصول بمقياس غاز مدرج ومنكس فوق حوض مائي لجمع الغاز الناتج وقياس حجمه في لحظات مختلفة. النتائج

المتحصل عليها مكنتنا من رسم البيان الممثل لتطور حجم الغاز المنطلق بدلالة الزمن $V_{H_2} = f(t)$ (الشكل-19).

نمذج التحول الكيميائي الحادث بالمعادلة الكيميائية التالية:



1. اكتب المعادلتين النصفيتين للإلكترونيتين للأكسدة والإرجاع مع تحديد الثنائيتين (Ox/Red) المشاركتين في التفاعل.

2. أ- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل الكيميائي الحادث.

ب- جد قيمة التقدم الأعظمي x_{max} ثم حدّد

المتفاعل المحد.

3. أ- جد العلاقة بين تقدم التفاعل $x(t)$ وحجم

غاز ثنائي الهيدروجين الناتج V_{H_2} .

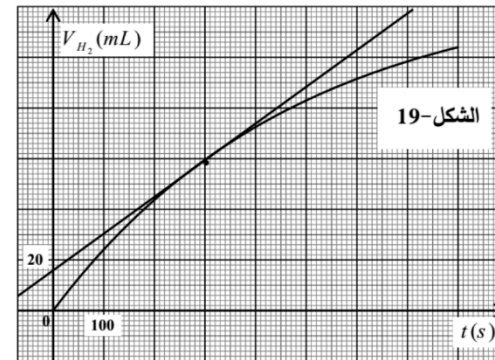
ب- استنتج حجم غاز ثنائي الهيدروجين

المنطلق عند نهاية التفاعل $V_f(H_2)$.

ج- بين أن حجم غاز ثنائي الهيدروجين

المنطلق في زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ يعطى

$$\text{بالعلاقة: } V_{H_2}(t_{1/2}) = \frac{V_f(H_2)}{2}, \text{ ثم استنتج قيمة } t_{1/2}.$$



حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق قياس الحجم

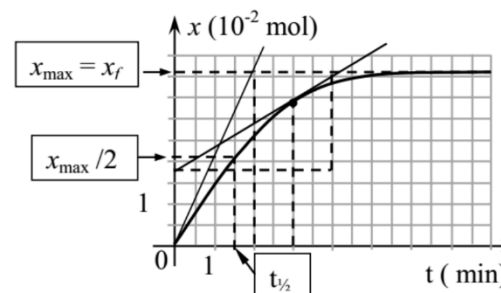
ملح التمرين الأول : باك 2008 ر

1- جدول التقدم:

معادلة التفاعل	$Mg(s) + 2H_3O^+(aq) = 2H_2O(l) + Mg^{2+}(aq) + H_2(g)$					
حالة الجملة	التقدم	$n(Mg)$	$n(H_3O^+)$	$n(Mg^{2+})$	$n(H_2O)$	$n(H_2)$
الابتدائية	0	$\frac{m}{M} = 0,041$	$c \cdot V = 0,30$	0	بزيادة	0
الانتقالية	x	$0,041 - x$	$0,3 - 2x$	x		x
النهائية	x_f	$0,041 - x_f$	$0,3 - 2x_f$	x_f		x_f

2- ملء الجدول: $n(H_2) = x = \frac{V_{H_2}}{V_M}$

$t (min)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$V_{H_2} (mL)$	0	336	625	810	910	970	985	985	985
$x (10^{-2} mol)$	0	1,4	2,6	3,4	3,8	4,0	4,1	4,1	4,1

3- رسم المنحنى البياني $x = f(t)$ 4- التقدم النهائي x_f :من البيان: $x_f = x_{max} = 0,041 mol$ لدينا: $x_f = x_{max} = 0,041 mol$ أي: $n_{Mg} = x_f$ بالتالي، المتفاعل المحد هو Mg (معدن المغنيزيوم)5- سرعة تشكل ثنائي الهيدروجين في اللحظتين $t = 0 min$ ، $t = 3 min$:هي نفسها سرعة التفاعل لأن: $v = \frac{dx}{dt} = \frac{dn(H_2)}{dt}$ وتمثل ميل المماس للمنحنى $x = f(t)$ عند اللحظة المعتبرة.- عند اللحظة $t = 0 min$ (لاحظ البيان أعلاه): $v(t = 0 min) = \frac{\Delta x}{\Delta t} = 2 \times 10^{-2} mol \cdot min^{-1}$ - عند اللحظة $t = 3 min$: $v(t = 3 min) = \frac{\Delta x}{\Delta t} = 0,6 \times 10^{-2} mol \cdot min^{-1}$ $\Leftarrow v(t = 3 min) < v(t = 0 min)$ لأن تراكيز المتفاعلات تتناقص مع الزمن.6- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$: هو المدة التي يبلغ فيها التفاعل نصف تقدمه الأعظمي (النهائي) $x_f = x_{max}$.لأجل: $t = t_{1/2}$ $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} = \frac{x_{max}}{2} = 0,025 mol$ نقرأ من البيان: $t_{1/2} = 1,5 min$ 7- تركيز شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ في الوسط التفاعلي عند انتهاء التحول الكيميائي:لدينا: $n_{H_3O^+} = c \cdot V - 2x_f = 0,218 mol$ بالتالي: $[H_3O^+]_f = \frac{n_{H_3O^+}}{V} = 3,63 mol \cdot L^{-1}$

ملح التمرين الثاني: باك 2008 ع تب

1- جدول التقدم:

معادلة التفاعل	$2H_2O_{2(aq)} = 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$			
حالة الجملة	التقدم	كميات المادة: $n(mol)$		
الحالة الابتدائية	0	$c \cdot V = 4 \times 10^{-2}$	0	
الحالة الانتقالية	x	$4 \times 10^{-2} - 2x$	بوفرة	x
الحالة النهائية	x_f	$4 \times 10^{-2} - 2x_f$		x_f

2- عبارة التركيز المولي $[H_2O_2]$ بدلالة $[H_2O_2]_0$ ، V_S ، V_M و V_{O_2} :كمية مادة H_2O_2 في كل لحظة هي: $n(H_2O_2) = [H_2O_2]_0 \cdot V_S - 2x$ حيث: $x = n(O_2) = \frac{V_{O_2}}{V_M}$ ؛ $[H_2O_2] = \frac{n(H_2O_2)}{V_S}$ ومنه: $[H_2O_2] = [H_2O_2]_0 - 2 \times \frac{V_{O_2}}{V_S \cdot V_M}$

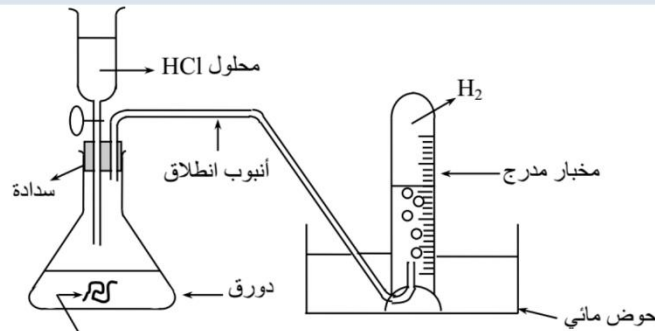
3- أ- تكمل الجدول:

$t (min)$	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
$[H_2O_2] (mol \cdot L^{-1})$	8,0	7,0	6,1	5,3	4,6	4,1	3,7	3,4	3,2	3,1	3,1

حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق قياس الحجم

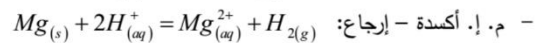
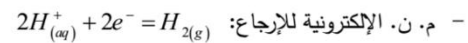
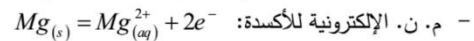
ملح التمرين الثالث : باك 2008 ع ب

1- مخطط التجربة:



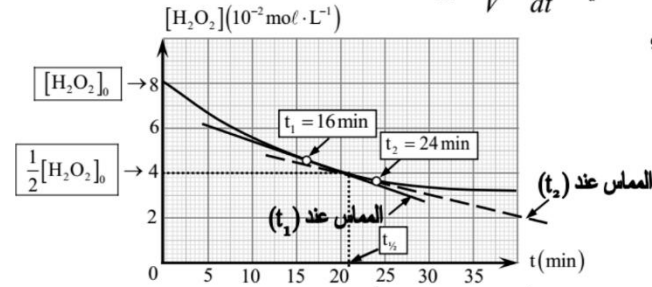
الطريقة:

- يوضع شريط المغنيزيوم $Mg_{(s)}$ في دورق، يسد هذا الأخير بسدادة ينفذ منها أنبوب انطلاق و قمع مزود بصنبور صغير بحيث ينتهي أنبوب الانطلاق في حوض مائي.
- يملأ القمع بمحلول الحمض (حمض كلور الماء) ثم يقطر قليل منه في الدورق لإخراج الهواء المحبوس داخل الدورق.
- ينكس فوق أنبوب الانطلاق مخبر مدرج مملوء بالماء لتجميع الغاز المنطلق من التفاعل.
- يقاس حجم الغاز المنطلق تحت ضغط ثابت (غاز H_2) على تدريجات المخبر.
- للكشف على طبيعة الغاز المنطلق من التفاعل الحادث بين محلول الحمض و المعدن، يتم تقريب عود ثقاب مشتعل من فوهة أنبوب الانطلاق فتحدث فرقة حيث يحترق غاز ثنائي الهيدروجين بلهب أزرق خافت في وجود الأكسجين.
- معادلة التفاعل الكيميائي النموذجي للتحويل الكيميائي التام الحادث في الدورق:



3- أ- جدول التقدم:

معادلة التفاعل		$Mg_{(s)} + 2H_{(aq)}^+ = Mg_{(aq)}^{2+} + H_{2(g)}$			
ح. الجمله	التقدم	$n \text{ (mmol)}$ كميات المادة:			
ح. الابتدائية	0	$m/M = 1,5$	$n_0 = C \cdot V$	0	0
ح. الانتقالية	x	$1,5 - x$	$n_0 - 2x$	x	x
ح. النهائية	x_f	$1,5 - x_f$	$n_0 - 2x_f$	x_f	x_f

ب- رسم البيان $[H_2O_2] = f(t)$: لاحظ الشكل أدناه.ج- عبارة السرعة الحجمية للتفاعل الكيميائي: $v_{vol} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$ حيث: V هو حجم الوسط التفاعلي؛ $\frac{dx}{dt}$ هي سرعة الاختفاء.د- سرعة التفاعل الكيميائي: $v = \frac{dx}{dt} = v_{vol} \cdot V = \frac{1}{2} v_{vol} (H_2O_2) \cdot V$ حيث: $v_{vol} (H_2O_2)$ تمثل ميل المماس للمنحنى $[H_2O_2] = f(t)$ عند اللحظة المعتمدة.عند اللحظة $t_1 = 16 \text{ min}$: $v_1 = 0,36 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$ عند اللحظة $t_2 = 24 \text{ min}$: $v_2 = 2,66 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$

نلاحظ أن سرعة التفاعل تتناقص بتقدم التفاعل بسبب تناقص تراكيز المتفاعلات أثناء التطور.

هـ- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

زمن نصف التفاعل هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه الأعظمي لأن التفاعل تام.

أي: $x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2}$. نقرأ من البيان: $t_{1/2} = 21 \text{ min}$ 4- شكل المنحنى $[H_2O_2] = f(t)$ في الدرجة $\theta' = 35^\circ C$:

تزداد سرعة التفاعل بارتفاع درجة الحرارة عند نفس الزمن

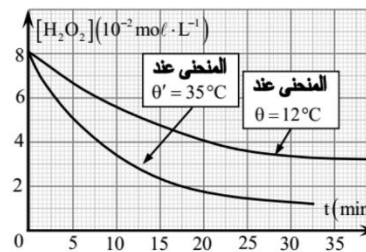
من التجربة، بالتالي:

$$v' > v \Leftrightarrow \theta' > \theta$$

لذلك يكون شكل المنحنى عند درجتي الحرارة:

 $\theta = 12^\circ C$ ؛ $\theta' = 35^\circ C$ كما هو مبين

في الشكل المقابل (كيفيًا).



حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق قياس الحجم

ملح التمرين الرابع : باك 2010 ع ٢٥

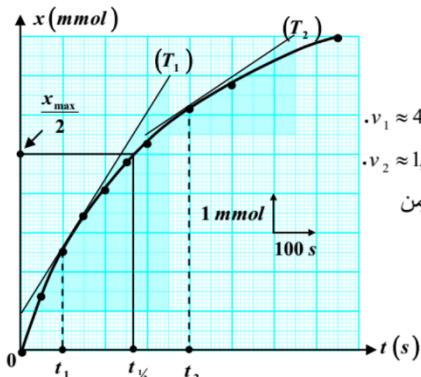
1- جدول التقدم:

معادلة التفاعل		$Zn_{(s)} + 2H_{(aq)}^+ \xrightarrow{\text{لا رجوع}} Zn_{(aq)}^{2+} + H_{2(g)}$			
حالة الجملة	التقدم: $x \text{ (mmol)}$	كميات المادة: $n \text{ (mmol)}$			
الابتدائية ($t = 0$)	0	$\frac{m}{M} = 15,4$	$c \cdot V = 20$	0	0
الانتقالية (t)	x	$15,4 - x$	$20 - 2x$	x	x
النهائية (t_f)	$x_f = x_{\max}$	$15,4 - x_f = 5,4$	$20 - 2x_f = 0$	$x_f = 10$	$x_f = 10$

العلاقة بين التقدم x وحجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق V_{H_2} : من الجدول: $x = n_{H_2} = \frac{V_{H_2}}{V_M}$

2- تكملة الجدول:

$t \text{ (s)}$	0	50	100	150	200
$x \text{ (mmol)}$	0	1,44	2,56	3,44	4,16
$t \text{ (s)}$	250	300	400	500	750
$x \text{ (mmol)}$	4,80	5,28	6,16	6,80	8,00

3- البيان $x = f(t)$: (لاحظ الشكل جانبه)• في اللحظة $t_1 = 100 \text{ s}$: بياننا: $v_1 \approx 4,3 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$ • في اللحظة $t_2 = 400 \text{ s}$: بياننا: $v_2 \approx 1,8 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$

يلاحظ أن: قيمة السرعة الحجمية للتفاعل تتناقص بمرور الزمن

خلال التفاعل بسبب تناقص تراكيز المتفاعلات.

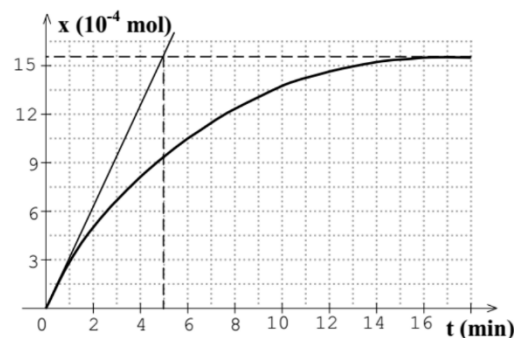
5- أ- المتفاعل المحد:

من جدول التقدم، لدينا: $x_f = x_{\max} = 10 \text{ mmol}$ ومنه: المتفاعل المحد هو حمض كلور الهيدروجين HCl .ب- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

هو الزمن الموافق لتقدم التفاعل إلى نصف

تقدمه الأعظمي: $x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2}$ بياننا: $t_{1/2} = 270 \text{ s} \Leftarrow x(t_{1/2}) = 5 \text{ mmol}$ تقدم التفاعل x : جدول التقدم $\Leftarrow x = n(H_2) = \frac{V_{H_2}}{V_M}$ ب- ملء الجدول و تمثيل البيان $x = f(t)$:

$t \text{ (min)}$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
$x \text{ (} 10^{-4} \text{ mol)}$	0	5	8	10,5	12	13,5	14,5	15	15,5	15,5

البيان $x = f(t)$:ج- سرعة التفاعل في اللحظة $t = 0$:تمثل ميل المماس للمنحنى عند المبدأ (لاحظ الشكل أعلاه) بياننا نجد: $v = 3,1 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$

4- التركيز المولي الابتدائي لمحلول حمض كلور الماء المستعمل:

$$[H_3O^+]_f = 10^{-pH} = 10^{-1} \text{ mol} \cdot L^{-1} = 0,1 \text{ mol} \cdot L^{-1} \Leftarrow pH = 1$$

لدينا:

$$n_f(H_3O^+) = [H_3O^+]_f \cdot V = 0,1 \times 30 \times 10^{-3} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

الحمض بزيادة $\Leftarrow Mg$ هو المتفاعل المحد

$$x_f = x_{\max} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol} \therefore$$

لدينا من جدول التقدم للتفاعل: $n_f(H_3O^+) - 2x_f$

ومنه:

$$n_0 = n_f(H_3O^+) + 2x_f = 3 \times 10^{-3} + 2 \times 1,5 \times 10^{-3} = 6,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$c_0 = [H_3O^+]_0 = \frac{n_0}{V} = \frac{6 \times 10^{-3}}{30 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot L^{-1} \text{ بالتالي:}$$

حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق قياس الحجم

حل التمرين الخامس : باك 2014 ت. ر

1- جدول التقدم:

معادلة التفاعل		$CaCO_3(s) + 2H_3O^+(aq) = Ca^{2+}(aq) + CO_2(g) + 3H_2O(l)$				
حالة الجملة	التقدم	كميات المادة بـ (mol)				
الابتدائية	0	$n_1 = \frac{m}{M} = 0,02$	$n_2 = c \cdot V$	0	0	3
الانتقالية	x	$n_1 - x$	$n_2 - 2x$	x	x	
النهائية	x_f	$n_1 - x_f$	$n_2 - 2x_f$	x_f	x_f	

$$2- \text{إثبات العلاقة: } [H_3O^+] = c - \frac{2V_{CO_2}}{V \cdot V_m}$$

$$\text{من جدول التقدم: } n_{H_3O^+} = c \cdot V - 2x \Leftrightarrow [H_3O^+] = \frac{c \cdot V - 2x}{V} \Leftrightarrow [H_3O^+] = c - \frac{2x}{V}$$

$$[H_3O^+] = c - \frac{2V_{CO_2}}{V \cdot V_m} \Leftrightarrow [H_3O^+] = c - \frac{2}{V} \cdot \frac{V_{CO_2}}{V_m} \Leftrightarrow x = n_{CO_2} = \frac{V_{CO_2}}{V_m} \text{ و}$$

$$3- \text{أ- إيجاد } c: \text{ لدينا بياني: } [H_3O^+] = a \cdot V_{CO_2} + b$$

$$\text{لدينا نظريا: } [H_3O^+] = -\frac{2}{V \cdot V_m} V_{CO_2} + c$$

$$\text{بالمطابقة نجد: } c = b = 10 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$$

- إيجاد قيمة الحجم V:

$$\text{بالمطابقة أيضا نجد: } V = -\frac{2}{a \cdot V_m} \Leftrightarrow a = -\frac{2}{V \cdot V_m} \text{ حيث } a \text{ قيمة ميل المنحنى.}$$

$$\text{حساب } a: a = \frac{\Delta[H_3O^+]}{\Delta V_{CO_2}} = 0,0833 \text{ mol} \cdot L^{-2} \text{ ومنه: } V = 1 \text{ L}$$

ب- المتفاعل المحد وقيمة x_f :

$$\text{المتفاعل المحد } H_3O^+ \text{ (الاعتماد على البيان أو جدول التقدم) و } x_f = 5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

4- أ- تحديد السلم الناقص في الرسم:

$$\text{لما } t = 0: [H_3O^+] = c = 10 \text{ mmol} \cdot L^{-1} \text{ ومن البيان 2 نجد أن هذه القيمة ممثلة بـ: } 5 \text{ cm}$$

$$\text{ومنه: } 1 \text{ cm} \longrightarrow 2 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$$

ب- حساب السرعة الحجمية لما $t = 80 \text{ s}$:

$$v_{\text{vol}}|_{(80\text{s})} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}|_{(80\text{s})} = -\frac{1}{2} \frac{d[H_3O^+]}{dt}|_{(80\text{s})} = 0,015 \text{ mmol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$$

(تقبل في المجال: $[0,014 \leftrightarrow 0,016]$)

$$\text{ج- تحديد زمن نصف التفاعل: } x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} \Leftrightarrow [H_3O^+]_{t_{1/2}} = \frac{[H_3O^+]_0}{2} = 5 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$$

(تقبل القيم: $[50 \text{ s} \leftrightarrow 60 \text{ s}]$)

$$t_{1/2} = 56 \text{ s} \text{ نجد: } 2$$

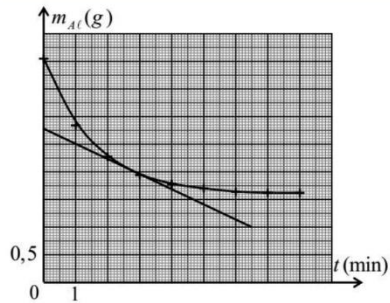
أهميته: - المقارنة بين تفاعلين من ناحية السرعة.

- تحديد القيمة التقريبية لمدة التفاعل (من $4t_{1/2}$ إلى $7t_{1/2}$)

حل التمرين السادس : باك 2016 ت. ر

1. أ- رسم المنحنى البياني $m_{Al} = f(t)$:ب- المتفاعل المحد: يتبقى من الألمنيوم كتلة $m_f(Al) = 1,62 \text{ g}$

وبما أن التفاعل تام فالمتفاعل المحد

هو: H_3O^+ (حمض كلور الماء)

2. أ- جدول التقدم:

المعادلة		$2Al(s) + 6H_3O^+(aq) = 2Al^{3+}(aq) + 3H_2(g) + 6H_2O(l)$				
الحالة	التقدم	كميات المادة بـ (mol)				
الابتدائية	0	n_0	$C \cdot V$	0	0	زيادة
الانتقالية	x	$n_0 - 2x$	$C \cdot V - 6x$	2x	3x	
النهائية	x_f	$n_0 - 2x_f$	$C \cdot V - 6x_f$	$2x_f$	$3x_f$	

$$\text{ب- حساب كميات المادة الابتدائية: } n_0(Al) = \frac{m}{M} = 0,15 \text{ mol}$$

$$n_f(Al) = n_0(Al) - 2x_{\text{max}} \Rightarrow x_{\text{max}} = \frac{n_0(Al) - n_f(Al)}{2} = 4,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\text{لدينا: } n_0(H_3O^+) = 0,27 \text{ mol} \text{ ومنه: } n_0(H_3O^+) = c \cdot V = 6x_{\text{max}}$$

$$c = \frac{n_0(H_3O^+)}{V} = 2,7 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق قياس الحجم

ب- استنتاج $V_f(H_2)$: لدينا: $V_f(H_2) = 3x_f \cdot V_M \rightarrow V_f(H_2) = 0,13L$ و $x_f = \frac{V_f(H_2)}{3V_M}$ ومنه:

ج- التحقق من العلاقة: $V_{H_2}(t_{1/2}) = \frac{V_f(H_2)}{2}$ ، واستنتاج قيمة $t_{1/2}$: لدينا: $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} = \frac{x_{\max}}{2} = \frac{V_{H_2}(t_{1/2})}{3V_M}$

ومنه: $V_{H_2}(t_{1/2}) = x(t_{1/2}) \cdot 3V_M = \frac{x_{\max}}{2} \cdot 3V_M = \frac{V_f(H_2)}{2}$

قيمة $t_{1/2}$: $t_{1/2} = 350s$ $\Rightarrow V_{H_2}(t_{1/2}) = \frac{V_f(H_2)}{2} = 65mL$

4. أ- التحقق من العلاقة $v = \frac{1}{3V_M} \cdot \frac{dV_{H_2}(t)}{dt}$: $v = \frac{1}{3V_M} \cdot \frac{dV_{H_2}(t)}{dt} \rightarrow v = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{V_{H_2}}{3V_M} \right)$

ب- قيمة هذه السرعة في اللحظة $t = 300s$: $v(300s) = 2,0 \times 10^{-6} mol \cdot s^{-1}$

3. التحقق من أن $m(t_{1/2}) = \frac{m_0 + m_f}{2}$

لما: $x = \frac{x_f}{2}$ لدينا: $n_i(A\ell) = n_0(A\ell) - 2x(t) = n_0(A\ell) - \frac{2x_f}{2}$

بالتالي: $x_f = \frac{n_0(A\ell) - n_f(A\ell)}{2}$ ومنه: $m(t_{1/2}) = \frac{m_0 + m_f}{2}$ من البيان نجد: $t_{1/2} = 1min$

4. إثبات عبارة السرعة الحجمية $v_{vol} = -\frac{1}{2 \cdot V \cdot M} \cdot \frac{dm(t)}{dt}$

لدينا: $v_{vol} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$ ولدينا: $m = m_0 - 2M \cdot x$; $n(t) = n_0 - 2x$

ومنه: $\frac{dx}{dt} = -\frac{1}{2M} \cdot \frac{dm}{dt} \Rightarrow \frac{dm}{dt} = -2M \cdot \frac{dx}{dt}$ بالتالي: $v_{vol} = -\frac{1}{2 \cdot V \cdot M} \cdot \frac{dm(t)}{dt}$

قيمة السرعة الحجمية عند اللحظة $t = 3min$ من البيان أو بحسابها من الجدول بين اللحظتين 2min و 4min :

تقبل النتائج المحصورة في المجال: $[0,042 ; 0,046] mol \cdot min^{-1} \cdot L^{-1}$

ملحوظة التمرين السابع : باك 2016 ع ت (دورة جزئية)

1. المعادلتين النصفيتين الإلكترونيتين للأكسدة والإرجاع وتحديد الثنائيتين (Ox/Red) المشاركتين في التفاعل:

المعادلتين النصفيتين: $Al(s) = Al^{3+}(aq) + 3e^-$ ؛ $2H_3O^+(aq) + 2e^- = H_2(g) + 2H_2O(l)$ ؛

الثنائيتين (Ox/Red): $Al^{3+}(aq) / Al(s)$ ؛ $H_3O^+(aq) / H_2(g)$

2. أ- جدول تقدم التفاعل:

المعادلة	$2Al(s) + 6H_3O^+(aq) = 2Al^{3+}(aq) + 3H_2(g) + 6H_2O(l)$				
حالة الجملة	التقدم	كميات المادة بال: (mol)			
الابتدائية	0	$\frac{m}{M} = 0,03$	$c \cdot V = 1,08 \times 10^{-2}$	0	0
الانتقالية	x	$0,03 - 2x$	$1,08 \times 10^{-2} - 6x$	2x	3x
النهائية	x_f	$0,03 - 2x_f$	$1,08 \times 10^{-2} - 6x_f$	$2x_f$	$3x_f$

ب- قيمة التقدم الأعظمي $x_{\max}$ وتحديد المتفاعل المحد: لدينا: $\frac{0,03}{2} > \frac{1,08 \times 10^{-2}}{6}$

التقدم الأعظمي $x_{\max}$: $x_{\max} = x_f = 1,8 \times 10^{-3} mol$ ؛ المتفاعل المحد: شوارد $H_3O^+(aq)$

3. أ- العلاقة بين تقدم التفاعل V_{H_2} و pH : من الجدول: $n(H_2) = \frac{V_{H_2}}{V_M} = 3x$ ومنه: $x = \frac{V_{H_2}}{3V_M}$

المتابعة الزمنية عن طريق قياس الضغط



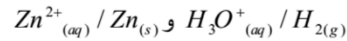
تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق قياس الضغط

القسم الثاني : باك 2015 ع ٢ ر

لمتابعة التطور الزمني للتحويل الكيميائي الحادث بين محلول حمض كلور الماء $(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$ ومعدن الزنك $Zn_{(s)}$. نضيف عند اللحظة $t = 0$ كتلة من الزنك $m(Zn) = 0,654g$ إلى دورق به حجم $V = 100mL$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي $c = 1,0 \times 10^{-2} mol/L$ ، نعتبر أن حجم الوسط التفاعلي ثابت خلال مدة التحويل. نقيس حجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق مع مرور الزمن في الشروط التجريبية التالية:

درجة الحرارة $\theta = 20^\circ C$ والضغط $P = 1,013 \times 10^5 Pa$

1- اكتب معادلة التفاعل الممنذج للتحويل الكيميائي الحادث، علما أن الثنائيتين المشاركتين في التفاعل هما:



2- أنشئ جدولاً لتقديم التفاعل وحدد المتفاعل المحد.

3- الدراسة التجريبية لهذا التحويل مكنت من الحصول على البيان الموضح بالشكل (16).

أ- عرّف السرعة الحجمية للتفاعل.

ب- بين أنه يمكن كتابة عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بالشكل:

$$v_{vol} = \frac{P}{VRT} \times \frac{dV_{H_2}}{dt}$$

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

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

4- عرّف زمن نصف التفاعل، وحدد قيمته ببياناً.

تعطى عبارة قانون الغاز المثالي بالعلاقة: $PV = nRT$

حيث $M(Zn) = 65,4g/mol$ ، $R = 8,314(SI)$

القسم الثالث : باك 2018 ع ٢ ر

نقرأ على لصيقة منظف تجاري يحتوي على حمض اللاكتيك ذي الصيغة الجزيئية $C_3H_6O_3$ المعلومات التالية:

- الكتلة المولية الجزيئية لحمض اللاكتيك: $M(C_3H_6O_3) = 90g \cdot mol^{-1}$

- الكتلة الحجمية للمنظف التجاري: $\rho = 1,13kg \cdot L^{-1}$

- يُفرغ المنظف التجاري المركّز في الجهاز المراد تنظيفه مع التسخين.

يُستعمل هذا المنظف لإزالة الطبقة الكلسية المترسبة على جدران سخّان مائي والمشكلة أساساً من كربونات

الكالسيوم $CaCO_3(s)$.

أجل دراسة فعالية هذا المنظف التجاري وتحديد نسبته المئوية الكتلية %P، نحقق التجريبتين الآتيتين:

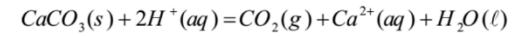
القسم الأول : باك 2009 ع ٢ ر

بهدف تتبع تطور التحويل الكيميائي التام لتأثير حمض كلور الماء $(H^+ + Cl^-)$ على كربونات الكالسيوم. نضع قطعة كتلتها $2,0g$ من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ داخل $100mL$ من حمض كلور الماء تركيزه المولي $c = 1,0 \times 10^{-1} mol \cdot L^{-1}$.

الطريقة الأولى: نقيس ضغط غاز ثنائي أكسيد الكربون المنطلق والمحموز في دورق حجمه لتر واحد (1L) تحت درجة حرارة ثابتة $T = 25^\circ C$ ، فكانت النتائج المدونة في الجدول التالي:

$t(s)$	20	60	100
$P_{(CO_2)}(Pa)$	2280	5560	7170
$n_{(CO_2)}(mol)$			
$x(mol)$			

المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل الممنذج للتحويل الكيميائي السابق:



1- أنشئ جدولاً لتقديم التفاعل السابق.

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

3- بتطبيق قانون الغاز المثالي والذي يعطى بالشكل $(P \cdot V = n \cdot R \cdot T)$ ، أكمل الجدول السابق.

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

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

$t(s)$	20	60	100
$[H^+](mol \cdot L^{-1})$	0,080	0,056	0,040
$n_{(H^+)}(mol)$			
$x(mol)$			

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

2- مستعينا بجدول تقدم التفاعل، أوجد العبارة الحرفية التي تعطي $(n_{(H^+)})$ بدلالة التقدم (x) و كمية المادة الابتدائية

(n_0) لشوارد الهيدروجين الموجبة.

3- احسب قيمة التقدم (x) في كل لحظة.

4- أنشئ البيان $x = f(t)$. ماذا تستنتج؟

5- حدّد المتفاعل المحد.

6- استنتج $t_{1/2}$ زمن نصف التفاعل.

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

يعطى: $M(Ca) = 40g \cdot mol^{-1}$ ؛ $M(C) = 12g \cdot mol^{-1}$ ؛ $M(O) = 16g \cdot mol^{-1}$

تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق قياس الضغط

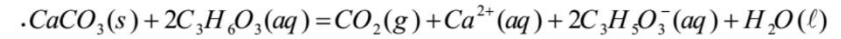
التجربة الأولى:

1. نُحضّر محلولاً (S) حجمه $V_S = 500\text{mL}$ وتركيزه المولي c_a مخففاً 100 مرة، انطلاقاً من المنظف التجاري الذي تركيزه المولي c_0 .

1.1. ما هو حجم المحلول التجاري V_0 الواجب استعماله لتحضير المحلول (S)؟

2.1. اذكر البروتوكول التجريبي اللازم لتحضير المحلول (S).

2. لدراسة حركية تفاعل حمض اللاكتيك مع كربونات الكالسيوم $\text{CaCO}_3(s)$ ، النمذج بالمعادلة:



نُدخل في دورق حجمه $V_S = 600\text{mL}$ ، الكتلة $m = 0,3\text{g}$ من كربونات الكالسيوم $\text{CaCO}_3(s)$ ، ونسكب فيه عند

اللحظة $t = 0$ حجماً $V_a = 120\text{mL}$ من المحلول (S). نقيس في كل لحظة ضغط غاز ثاني أكسيد الفحم $p(\text{CO}_2)$

داخل الدورق عند درجة حرارة ثابتة 25°C .

بواسطة لاقط الضغط لجهاز الـ ExAO تحصلنا على البيان

الممثل في الشكل-3.

2.1. في ظروف التجربة يمكن اعتبار الغاز CO_2 مثالي.

بالاعتماد على جدول التقدم، أوجد عبارة التقدم $x(t)$ للتفاعل

عند لحظة t بدلالة: V_{CO_2} ، T ، $p_{\text{CO}_2}(t)$ و R .

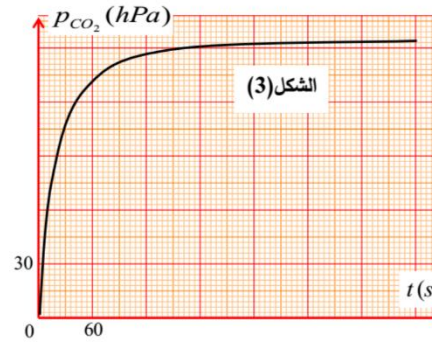
2.2. حدّد قيمة التقدم النهائي x_f ، ثم أثبت أنّ هذا التفاعل تام.

3.2. حدّد بيانياً زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

4.2. خلال عملية إزالة الترسبات الكلسية يُطلب استعمال المنظف التجاري مركّزاً مع التسخين، ما هو أثر هذين

العاملين على المدة الزمنية اللازمة لإزالة الراسب؟ علّل إجابتك.

يُعطى: $M(\text{CaCO}_3) = 100\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ، ثابت الغازات العامة: $R = 8,314\text{SI}$.



حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق قياس الضغط

ملح التمرين الأول : باك 2009 ع ٦

I- الطريقة الأولى:

1- جدول تقدم التفاعل:

المعادلة	$CaCO_{3(s)} + 2H^+_{(aq)} = CO_{2(g)} + Ca^{2+}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$				
حالة الجملة	كميات المادة بالمول				
ح. الابتدائية	2×10^{-2}	10^{-2}	0	0	بوفرة
ح. النهائية	$2 \times 10^{-2} - x$	$10^{-2} - 2x$	x	x	بوفرة
ح. النهائية	$2 \times 10^{-2} - x_{\max}$	$10^{-2} - 2x_{\max}$	$x_{\max}$	$x_{\max}$	بوفرة

2- العلاقة بين $n_{(CO_2)}$ و x : من جدول التقدم، لدينا: $n_{(CO_2)} = x$ ، $n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$

3- تكمة الجدول:

$n_{(CO_2)} (mol)$	0,92	2,24	2,89
$x (mol)$	0,92	2,24	2,89

4- تمثيل البيان $x = f(t)$: أنظر الشكل أدناه.

II- الطريقة الثانية:

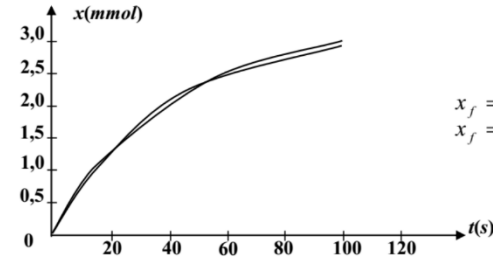
1- كمية الشوارد H^+ المتبقية في كل لحظة:

$n_{(H^+)} (mmol)$	8,0	5,6	4,0
$x (mmol)$	1,0	2,2	3,0

2- من جدول التقدم، لدينا: $n_f(H^+) = n_0 - 2x$ 3- حساب مقدار التقدم x في كل لحظة: $x = \frac{n_0(H^+) - n_f(H^+)}{2}$ 4- البيان $x = f(t)$: أنظر الشكل المقابل. الاستنتاج: نحصل على نفس مقدار التقدم في كل لحظة.

5- تحديد المتفاعل المحد:

من جدول التقدم،

لدينا: $\left. \begin{aligned} x_f &= 2 \times 10^{-2} mol \Leftrightarrow 2 \times 10^{-2} - x_f = 0 \\ x_f &= 0,5 \times 10^{-2} mol \Leftrightarrow 10^{-2} - 2x_f = 0 \end{aligned} \right\}$ إذن المتفاعل المحد هو شوارد H^+ .

6- استنتاج زمن نصف التفاعل:

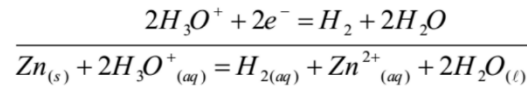
$$x = \frac{5}{2} = 2,5 mmol \Leftrightarrow x = \frac{x_f}{2}$$

بالإسقاط نجد: $t_{1/2} = 70 s$ 7- حساب السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $t = 50 s$:

$$v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{1}{10^{-1}} \times 3 \times 10^{-5} = 3 \times 10^{-4} mol \cdot l^{-1} \cdot s^{-1}$$

ملح التمرين الثاني : باك 2015 ع ٦ ر

1- معادلة التفاعل:



2- جدول التقدم:

المعادلة	$Zn_{(s)} + 2H_3O^+_{(aq)} = H_{2(aq)} + Zn^{2+}_{(aq)} + 2H_2O_{(l)}$				
حالة الجملة	التقدم	كميات المادة بوحدة (mol)			
الابتدائية	0	n_{01}	n_{02}	0	0
الانتقالية	x	$n_{01} - x$	$n_{02} - x$	x	x
النائية	$x_{\max}$	$n_{01} - x_{\max}$	$n_{02} - x_{\max}$	$x_{\max}$	$x_{\max}$

- تحديد المتفاعل المحد:

$$n_{01} - x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = n_{01} = \frac{m}{M} = \frac{0,654}{65,4} = 10^{-2} mol$$

$$n_{02} - 2x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = \frac{n_{02}}{2} = \frac{c \cdot V}{2} = \frac{0,1 \times 10^{-2}}{2} = 5 \times 10^{-4} mol$$

ومن المتفاعل المحد هو $H_3O^+_{(aq)}$ وبالتالي: $x_{\max} = 5 \times 10^{-4} mol$

3- أ- تعريف السرعة الحجمية للتفاعل:

هي تغير تقدم التفاعل بالنسبة للزمن في وحدة الحجم، وتكتب بالعلاقة: $v_{vol} = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt}$

$$b- \text{إثبات أن: } v_{vol} = \frac{P}{VRT} \times \frac{dV_{H_2}}{dt}$$

حل تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق قياس الضغط

من جدول التقدم لدينا:

$$v_{vol} = \frac{P}{VRT} \times \frac{dV_{H_2}}{dt} \text{ ومنه: } \frac{dx}{dt} = \frac{P}{RT} \times \frac{dV_{H_2}}{dt} \Leftrightarrow x = \frac{PV_{H_2}}{RT} \Leftrightarrow PV_{H_2} = xRT \Leftrightarrow n_{H_2} = x$$

ج- السرعة الحجمية للتفاعل عند $t = 0$:

$$v_{vol} = \frac{1,013 \times 10^5}{0,1 \times 8,314 \times 293} \times \frac{(12-0) \times 10^{-6}}{(6-0)} = 8,32 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

د- حساب سرعة اختفاء شوارد H_3O^+ عند نفس اللحظة:

$$v_{H_3O^+} = -\frac{dn_{H_3O^+}}{dt} = -\frac{d(n_{02} - 2x)}{dt} = 2 \frac{dx}{dt} = 2V \times v_{vol}$$

$$v_{H_3O^+} = 2 \times 0,1 \times 8,32 \times 10^{-4} = 16,64 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

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

$$\text{قيمته بيانياً: } t_{1/2} = 4,2 \text{ min} \text{ ومنه: } V_{H_2}(t_{1/2}) = \frac{8,314 \times 293 \times 2,5 \times 10^{-4}}{1,013 \times 10^5} = 6 \text{ mL}$$

ملح التمرين الثالث: باك 2018 ع تب

$$1.1. \text{ حساب الحجم } V_0 : V_0 = 5 \text{ mL} ; F = \frac{V}{V_0} \Rightarrow V_0 = \frac{V}{F} = \frac{500}{100}$$

2.1. البروتوكول التجريبي : نأخذ بواسطة ماصة عيارية حجماً قدره $V_0 = 5 \text{ mL}$ من المحلولالتجاري ثم نسكبه في حوض عيارية سعتها 500 mL بها كمية من الماء المقطر، و نكمل الحجم بالماء المقطر حتى الخط العياري مع الرج.1.2. عبارة $x(t)$ بدلالة t , , $P(t)$ R

جدول التقدم:

معادلة التفاعل		$\text{CaCO}_3 + 2\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 = \text{CO}_2 + \text{Ca}^{2+} + 2\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^- + \text{H}_2\text{O}$					
الحالة	التقدم	كميات المادة (m.mol)					
ابتدائية	0	3	$c_a V_a$	0	0	0	بوفرة
انتقالية	$x(t)$	$3-x$	$c_a V_a - 2x$	x	x	$2x$	
نهائية	x_f	$3-x_f$	$c_a V_a - 2x_f$	x_f	x_f	$2x_f$	

$$x(t) = \frac{V_{CO_2}}{R.T} \cdot p(t) \Leftrightarrow \begin{cases} n_{CO_2}(t) = \frac{p.V}{R.T} : \text{ من المعادلة العامة للغاز المثالي} \\ n_{CO_2}(t) = x(t) : \text{ من جدول التقدم} \end{cases}$$

2.2. حساب X_f و إثبات أن التفاعل تام:

$$V_{CO_2} = 480 \text{ mL} , V_{CO_2} = V - V_a = 600 - 120 \text{ و } p_f(\text{CO}_2) \equiv 156 \text{ hpa} \text{ حيث } X_f = \frac{V_{CO_2}}{R.T} \cdot p_f$$

$$\text{ومنه } X_f = \frac{480 \times 10^{-6} \times 156 \times 10^2}{8,314 \times 298} ; X_f \approx 3 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

حساب التقدم الأعظمي X_{max} :المزيج الابتدائي ستوكيومترى وفي كلتا الحالتين $n_f(\text{CaCO}_3) = 3 - X_f = 3 - 3 = 0 \text{ mmol}$ إما CaCO_3 هو المتفاعل المحد وإماالمزيج الابتدائي ستوكيومترى وفي كلتا الحالتين $x_{max} = 3 \text{ mmol}$ أي $X_f = x_{max}$ ومنه التفاعلتام . (يكفي أن نبين $n_f(\text{CaCO}_3) = 0 \text{ mmol}$ لنستنتج أن التفاعل تام)3.2. - ايجاد بيانياً قيمة $t_{1/2}$:

$$\text{لدينا } p(t) = \frac{R.T}{V_{CO_2}} \cdot x(t) \text{ ومن أجل } t = t_{1/2} \text{ نجد } p(t_{1/2}) = \frac{R.T}{V_{CO_2}} \cdot \frac{X_f}{2} \text{ أي } p(t_{1/2}) = \frac{p_f}{2}$$

 $p(t_{1/2}) = 78 \text{ hpa}$ بعد تحديد القيمة و الاسقاط نجد $t_{1/2} = 15 \text{ s}$. (تقبل القيم بين 12 s و 18 s)

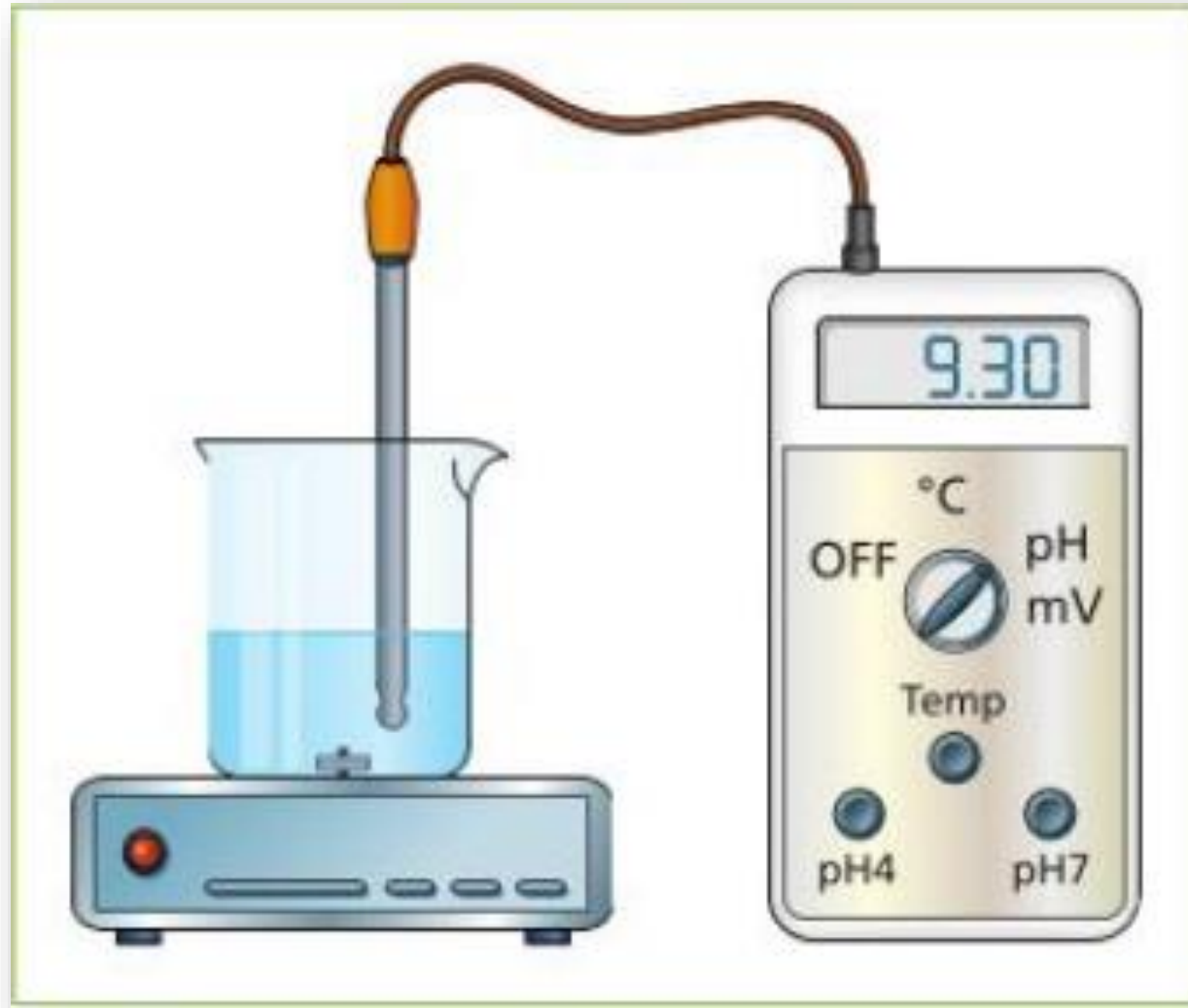
4.2- أثر عاملي التركيز و التسخين على المدة الزمنية اللازمة لإزالة الراسب:

- عند استعمال المنظف التجاري المركز تزداد سرعة التفاعل لأن التركيز هو عامل حركي.

- عند استعمال المنظف المسخن تزداد سرعة التفاعل لأن درجة الحرارة هي عامل حركي.

كلا العاملين يساعدان في تقليص المدة الزمنية اللازمة لإزالة الراسب .

المتابعة الزمنية عن طريق قياس الـ pH



تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق قياس الـ pH

التمرين الأول : بالك 2017 ع تـ (دورة عادية)

ندخل في اللحظة $t = 0$ كتلة قدرها $m = 2g$ من المغنيزيوم في بيشر يحتوي على $50mL$ من محلول حمض كلور الهيدروجين $(H_3O^+(aq) + Cl^-(aq))$ تركيزه المولي $c_0 = 10^{-2} mol/L$ ، فيحدث التحول الكيميائي الممنهج بالمعادلة التالية: $Mg(s) + 2H_3O^+(aq) = Mg^{2+}(aq) + 2H_2O(l) + H_2(g)$

(1) اكتب المعادلتين النصفيتين الإلكترونيتين للأكسدة والإرجاع ثم استنتج الثابنتين (Ox / Red) المشاركتين في هذا التحول الكيميائي.

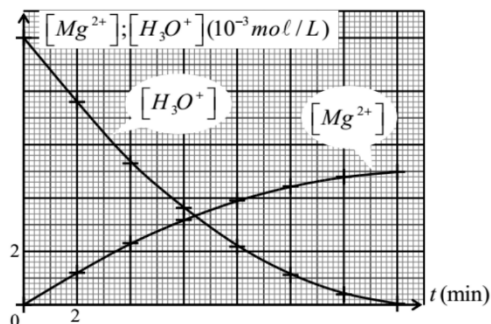
(2) إن قياس الـ pH للمحلول الناتج في لحظات مختلفة أعطى النتائج المدونة في الجدول التالي:

t (min)	0	2	4	6	8	10	12	14
pH	2,00	2,12	2,27	2,44	2,66	2,95	3,41	4,36
$[H_3O^+] \times 10^{-3} mol/L$								
$[Mg^{2+}] \times 10^{-3} mol/L$								

- (أ) أنجز جدول التقدم للتفاعل الممنهج للتحول الكيميائي الحادث.
- (ب) بين أن المغنيزيوم موجود بالزيادة في المحلول.
- (ج) بين أن التركيز المولي للشوارد Mg^{2+} يعطى في كل لحظة بالعلاقة التالية:
- $$[Mg^{2+}](t) = \frac{1}{2} (10^{-2} - [H_3O^+](t))$$
- (د) ارسم في نفس المعلم البيان (1) الموافق لـ $[Mg^{2+}] = f(t)$ والبيان (2) الموافق لـ $[H_3O^+] = g(t)$.
- (هـ) باستعمال البيان (1) احسب السرعة الحجمية لتشكل شوارد المغنيزيوم Mg^{2+} في اللحظة $t = 2 \text{ min}$ ثم استنتج السرعة الحجمية لاختفاء شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ عند نفس اللحظة.
- (و) تأكد من قيمة السرعة الحجمية لاختفاء شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ باستعمال المنحنى (2).
- 3- أ) عَرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.
- (ب) احسب التركيز المولي لكل من شوارد الهيدرونيوم وشوارد المغنيزيوم في اللحظة $t = t_{1/2}$ ثم استنتج قيمة $t_{1/2}$ بيانياً.
- تعطى: الكتلة المولية الذرية للمغنيزيوم $M(Mg) = 24g/mol$

تمارين حول : المتابعة الزمنية عن طريق قياس الـ pH

د- رسم البيانين



$$[H_3O^+] = g(t) \text{ و } [Mg^{2+}] = f(t)$$

هـ- السرعة الحجمية لتشكل Mg^{2+} :

$$v_{vol}(Mg^{2+}) = \frac{d[Mg^{2+}]}{dt} = 0,54 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

(تقبل القيم القريبة)

السرعة الحجمية لاختفاء H_3O^+

$$[Mg^{2+}] = 0,5(10^{-2} - [H_3O^+])$$

$$\frac{d[Mg^{2+}]}{dt} = \frac{d}{dt}(0,5(10^{-2} - [H_3O^+])) = 0,5 \times \frac{d[H_3O^+]}{dt}$$

$$v_{vol}(H_3O^+) = 2v_{vol}(Mg^{2+}) = 2 \times 0,54 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 1,08 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

و- التأكد من قيمة $v_{vol}(H_3O^+)$: برسم المماس للمنحنى $[H_3O^+] = g(t)$ نجد:

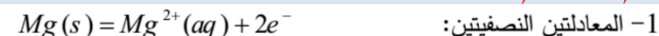
$$v_{vol}(H_3O^+) = \frac{d[H_3O^+]}{dt} = 1,08 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

3- أ- تعريف زمن نصف التفاعل: $t_{1/2}$ هو المدة اللازمة لبلوغ قيمة التقدم $x(t)$ نصف قيمته النهائية x_f

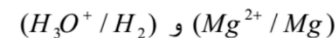
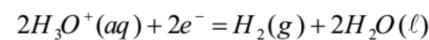
$$[H_3O^+](t_{1/2}) = \frac{0,0005 - \frac{2x_{\max}}{2}}{V} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$t_{1/2} = 4,4 \text{ min} \text{ بيانيا نجد } [Mg^{2+}](t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2V} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

ملح التمرين الأول: : باك 2017 ع تـ (دورة عادية)



1- المعادلتين النصفيتين:



الثائيتين:

$$\begin{cases} n_0(Mg) = \frac{m}{M} = \frac{2}{24} = 8,33 \times 10^{-2} \text{ mol} \\ n_0(H_3O^+) = c_0 \cdot V = 10^{-2} \times 50 \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol} \end{cases}$$

2- أ- جدول التقدم:

المعادلة	$Mg(s) + 2H_3O^+(aq) = Mg^{2+}(aq) + 2H_2O(l) + H_2(g)$				
الحالة	التقدم	كميات المادة (mol)			
ح ابتدائية	0	$8,33 \times 10^{-2}$	5×10^{-4}	0	0
ح انتقالية	x	$8,33 \times 10^{-2} - x$	$5 \times 10^{-4} - 2x$	x	x
ح نهائية	$x_{\max}$	$8,33 \times 10^{-2} - x_{\max}$	$5 \times 10^{-4} - 2x_{\max}$	$x_{\max}$	$x_{\max}$

ب- نبين ان المغنيزيوم موجود بالزيادة نعين المتفاعل المحد:

$$8,33 \times 10^{-2} - x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = 8,33 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$5 \times 10^{-4} - 2x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = 2,5 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

ومنه شوارد الهيدرونيوم متفاعل محد وعليه المغنيزيوم موجود بالزيادة.

$$x(t) = \frac{5 \times 10^{-4} - n(H_3O^+)}{2}, [Mg^{2+}] = \frac{x(t)}{V}$$

$$[Mg^{2+}] = 0,5(10^{-2} - [H_3O^+])$$

تكملة الجدول:

t (min)	0	2	4	6	8	10	12	14
pH	2,00	2,12	2,27	2,44	2,66	2,95	3,41	4,36
$[H_3O^+] \times 10^{-3} \text{ mol/L}$	10,00	7,60	5,30	3,63	2,18	1,12	0,39	0,04
$[Mg^{2+}] \times 10^{-3} \text{ mol/L}$	0,00	1,20	2,31	3,18	3,91	4,44	4,80	4,98