

سلاسل المنجد - دروس و تمارين



السلسلة 2-01-3

المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

عرض نظري و تمارين محلولة

يمكن تحميل السلسلة بصيغة pdf من موقع المنجد :
www.sites.google.com/site/faresfergani

للمزيد (عرض نظري مفصل - تمارين - فيديوهات)
يرجى زيارتنا على صفحة الوحدة في نفس الموقع الإلكتروني .

لكي يصلك جديد موقع المنجد تابع صفحة الفيسبوك
التالية :

facebook.com/elmoundjidff

الأستاذ فرقاني فارس
ثانوية مولود قاسم نانت بلقاسم - الخروب - قسنطينة
fares_fergani@yahoo.fr
0771998109

الإصدار : سبتمبر/2022

ملف
نظري
و
تمارين
محلولة



المتابعة الزمنية لتطور كيمياء

إعداد الأستاذ فرقاني فارس
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم - الخروب - قسنطينة
www.sites.google.com/site/faresfergani

السلسلة 3 – 01 – 01

مفاهيم أساسية في الكيمياء و تمارين

1- المقادير المولية

• المول و عدد أفوقادرو :

- المول هو كمية من المادة قدرها 1 mol تحتوي على العدد $6.02 \cdot 10^{23}$ (عدد أفوقادرو) من الأفراد الكيميائية لهذه المادة .

• الكتلة المولية و الحجم المولي للغاز :

- الكتلة المولية الذرية لعنصر كيميائي X التي يرمز لها بـ M و وحدتها الغرام على المول (g/mol) ، هي كتلة 1 مول (1mol) من ذرات هذا العنصر .
- الكتلة المولية الجزيئية لنوع كيميائي هي كتلة 1 mol من جزيئات هذا النوع الكيميائي
- الحجم المولي للغاز في شروط معينة من درجة الحرارة و الضغط هو حجم 1mol من هذا الغاز في هذه الشروط ، يرمز له بـ V_M و وحدته L/mol .
- في الشرطين النظاميين أين يكون الضغط مساوي للضغط الجوي العادي ($P = 1 \text{ atm}$) ، و درجة الحرارة المساوية 0°C يكون الحجم المولي مساوي $V_M = 22.4 \text{ L/mol}$.
- العلاقة بين المقادير المولية نلخصها في العلاقة التالية :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{V_{\text{gaz}}}{V_M} = \frac{N}{N_A} = \frac{\rho_\ell \cdot V_\ell}{M}$$

حيث : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

التمرين (1) : (التمرين : 001 في بنك التمارين على الموقع) (*)الجزء الأول

النشادر هو غاز صيغته الجزيئية المجملة NH_3 .

- 1- أحسب كتلته المولية الجزيئية .
- 2- ما هي كمية المادة الموجودة في g 0.68 من النشادر ؟
- 3- ما هي كمية المادة الموجودة في L 15.68 من غاز النشادر في الشرطين النظاميين ؟
- 4- أحسب كتلة L 8.96 من غاز النشادر في الشرطين النظاميين .
- 5- أحسب كتلة $3.01 \cdot 10^{22}$ جزيء من غاز النشادر .

الجزء الثاني :

حمض الخل هو سائل صيغته الجزيئية المجملة $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$.

- 1- أحسب كتلته المولية .
 - 2- ما هي كمية المادة في mL 200 من حمض الخل ؟
- المعطيات : $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$, $M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$, $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$, $M(\text{N}) = 14 \text{ g/mol}$
 $\rho(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2) = 1050 \text{ g/L}$

الأجوبة :الجزء الأول

1- الكتلة المولية لـ NH_3 :

$$M(\text{NH}_3) = M(\text{N}) + 3M(\text{H})$$

$$M(\text{NH}_3) = 14 + (3 \cdot 1) = 17 \text{ g/mol}$$

2- كمية المادة في g 0.68 من NH_3 :

$$n(\text{NH}_3) = \frac{m(\text{NH}_3)}{M} \rightarrow n(\text{NH}_3) = \frac{0,68}{17} = 0,04 \text{ mol}$$

3- كمية المادة في L 15,68 من NH_3 في الشرطين النظاميين :

$$n(\text{NH}_3) = \frac{V(\text{NH}_3)}{V_M} \rightarrow n(\text{NH}_3) = \frac{15,68}{22,4} = 0,7 \text{ mol}$$

4- كتلة L 8,96 من NH_3 في الشرطين النظاميين :

$$\frac{m(\text{NH}_3)}{M(\text{NH}_3)} = \frac{V(\text{NH}_3)}{V_M} \rightarrow m(\text{NH}_3) = \frac{V(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3)}{V_M} \rightarrow m(\text{NH}_3) = \frac{8,96 \cdot 17}{22,4} = 6,8 \text{ g}$$

5- كتلة $3.01 \cdot 10^{22}$ جزيء من NH_3 :

$$\frac{m(\text{NH}_3)}{M} = \frac{N}{N_A} \rightarrow m(\text{NH}_3) = \frac{M \cdot N}{N_A} \rightarrow m(\text{NH}_3) = \frac{17 \cdot 3,01 \cdot 10^{22}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,85 \text{ g}$$

الجزء الثاني :

1- الكتلة المولية لحمض الخل :

$$M(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2) = M(\text{C}) + 3M(\text{H}) + M(\text{C}) + 2M(\text{O}) + M(\text{H})$$

$$M(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2) = 12 + (3 \cdot 1) + 12 + (2 \cdot 16) + 1 = 60 \text{ g/mol}$$

2- كمية المادة في mL 200 من حمض الخل :

$$n(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2) = \frac{\rho \cdot V(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)}{M} \rightarrow n(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2) = \frac{1050 \cdot 0,2}{60} = 3,5 \text{ mol}$$

2- قانون الغاز المثالي و عبارة الحجم المولي لغاز

● قانون الغاز المثالي :

- يتميز الغاز المثالي بعدة مقادير :
 - الضغط P يقدر بالباسكال (Pa) و يقدر أيضا بوحدة أخرى مثل البار bar (1 bar = 10⁵ Pa) ، الضغط الجوي atm (1 atm = 1.013 . 10⁵ Pa) .
 - الحجم V و يقدر بالمتر مكعب (m³) و نذكر بأن : 1 m³ = 10³ L .
 - كمية المادة n و تقدر بالمول (mol) .
 - درجة الحرارة المطلقة T تقدر بالدرجة كلفن °K و تتعلق بدرجة الحرارة المئوية °C وفق العلاقة : T°K = θ°C + 273 .
- تتعلق المقادير المميزة للغاز المثالي ببعضها وفق قانون يسمى قانون الغاز المثالي الذي يعبر عنه بالعلاقة :

$$PV = nRT$$

حيث R هو الثابت العام للغازات المثالية و المقدر بـ 8.31 وحدة دولية .

● تطبيق قانون الغاز المثالي في تحديد الحجم المولي لغاز في شروط كيفية من الضغط و درجة الحرارة :

- بتطبيق قانون الغاز المثالي PV = nRT و تعريف الحجم المولي (V = V_M L → n = 1 mol) يمكن استنتاج عبارة الحجم المولي V_M في شروط كيفية من الضغط P و درجة الحرارة (T = θ + 273) كما يلي :

$$V_M = \frac{RT}{P}$$

التمرين (2) : (التمرين : 002 في بنك التمارين على الموقع) (*)

- 1- عرف الحجم المولي V_M لغاز .
- 2- بتطبيق قانون الغاز المثالي أثبت أن الحجم المولي في شرطين كفيين من الضغط P و درجة الحرارة θ يعبر عنه بالعلاقة :

$$V_M = \frac{R(\theta + 273)}{P}$$

- حيث : R هو ثابت الغازات المثالية ، θ هي درجة الحرارة المئوية .
 - 3- عينة من غاز تشغل الحجم V = 6,15 L في شروط يكون فيها الضغط مساوي P = 2 atm و درجة الحرارة θ = 27°C .
 - أ- أحسب الحجم المولي في هذه الشروط .
 - ب- أوجد بطريقتين مختلفتين كمية مادة هذه العينة .
 - 4- كتلة هذه العينة هي m = 8 g . أوجد الكتلة المولية لهذا الغاز و عين صيغته الجزيئية المجملية من بين الصيغ الجزيئية التالية : CO₂ ، CH₄ ، O₂ .
- يعطى : M(C) = 12 g/mol ، M(H) = 1 g/mol ، M(O) = 16 g/mol ، 1 atm = 1,013 . 10⁵ Pa ، R = 8,31 (SI) .

الأجوبة :

1- تعريف الحجم المولي لغاز :

الحجم المولي V_M لغاز هو حجم مول من هذا الغاز في شرطين معينين من درجة الحرارة و الضغط .

$$2- \text{إثبات أن الحجم المولي } V_M \text{ يعبر عنه بالعلاقة : } \underline{V_M = \frac{R(\theta + 273)}{P}}$$

- بتطبيق قانون الغاز المثالي لدينا :

$$PV = n.R.T$$

و حسب التعريف السابق للحجم المولي V_M يمكن كتابة :

$$P V_M = R T \rightarrow V_M = \frac{R T}{P} \rightarrow V_M = \frac{R(\theta + 273)}{P}$$

3- أ. الحجم المولي للغاز :

مما سبق :

$$V_M = \frac{R(\theta + 273)}{P}$$

في الشروط التي يكون فيها : $\theta = 27^\circ\text{C}$ ، $P = 2 \text{ atm}$ نجد :

$$V_M = \frac{8,31 \cdot (27 + 273)}{2 \times 1,013 \cdot 10^5} = 1,23 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{mol} = 12,3 \text{ L/mol}$$

ب- كمية مادة العينة :

الطريقة الأولى :

$$n = \frac{V_{\text{gaz}}}{V_M} \rightarrow n = \frac{6,15}{12,3} = 0,50 \text{ mol}$$

الطريقة الثانية :

بتطبيق قانون الغاز المثالي :

$$PV = nRT \rightarrow n = \frac{PV}{RT} \rightarrow n = \frac{2 \cdot 1,013 \cdot 10^5 \cdot 6,15 \cdot 10^{-3}}{8,31(27 + 273)} = 0,50 \text{ mol}$$

4- الصيغة الجزيئية المجملة للغاز :

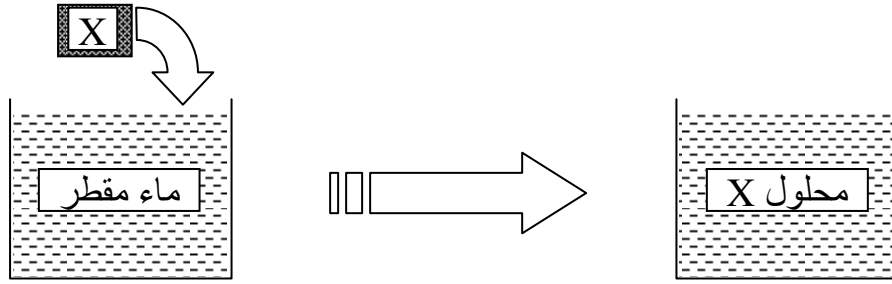
$$n = \frac{m}{M} \rightarrow M = \frac{m}{n} \rightarrow M = \frac{8}{0,5} = 16 \text{ g/mol}$$

الصيغة الجزيئية المجملة للغاز هي : CH_4 لأن :

$$M(\text{CH}_4) = M(\text{C}) + 4M(\text{H}) = 12 + (4 \cdot 1) = 16 \text{ g/mol}$$

3- المحاليل المائية و تراكيزها**• المحلول المائي :**

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



- حجم المحلول الناتج مساوي لحجم المذيب (يهمل الزيادة في الحجم بفعل الانحلال) .

• التركيز المولي لمحلول مائي :

- يتميز المحلول المائي بمقدار فيزيائي يدعى **التركيز المولي** ، يرمز له بـ C و وحدته المول على اللتر (mol/L) ، يعبر عنه بالعلاقة :

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

حيث : n_X كمية مادة النوع الكيميائي X المنحلة و V هو حجم المذيب (الماء المقطر) .

• التركيز الكتلي لمحلول مائي :

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

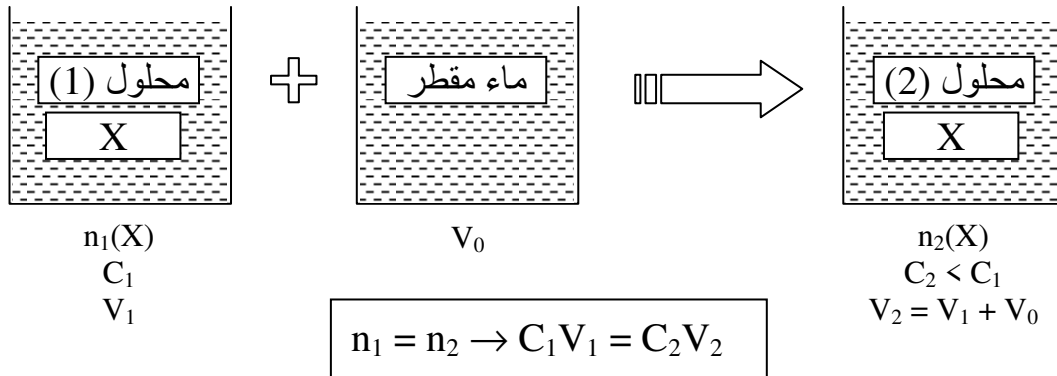
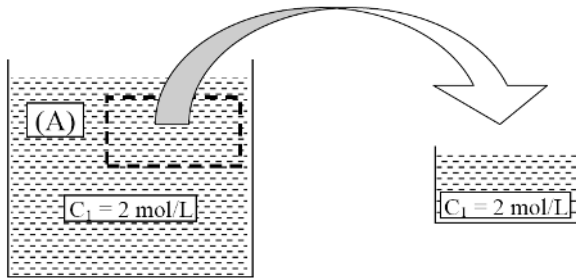
$$C_m = \frac{m_X}{V} = MC$$

ملاحظة مهمة :

عندما نأخذ عينة من محلول (A) تركيزه المولي C_1 يكون التركيز المولي للعينة هو نفسه التركيز المولي للمحلول (A) الذي أخذت منه العينة أي C_1 .

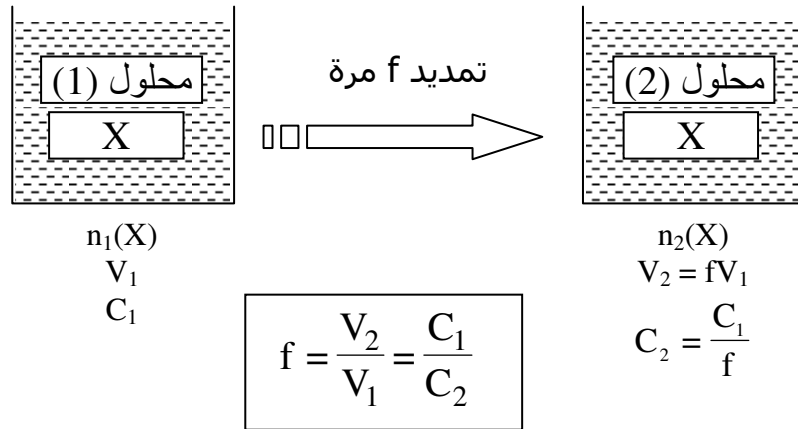
• تمديد محلول و معامل التمديد :

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



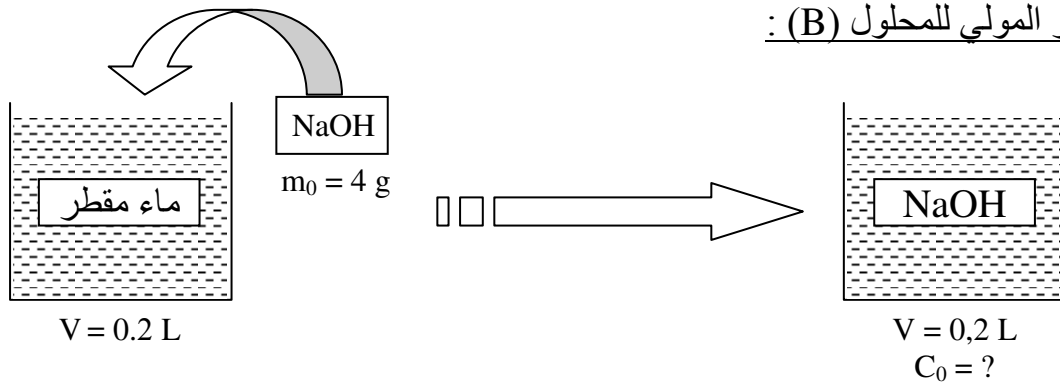
- تسمى هذه العلاقة بقانون التمديد .

● معامل التمديد f :

**التمرين (3) :** (التمرين : 003 في بنك التمارين على الموقع) (*)

- لتحضير محلول (B) لهيدروكسيد الصوديوم NaOH قمنا بخل $m_0 = 4 \text{ g}$ من هيدروكسيد الصوديوم النقي في حجم $V = 200 \text{ mL}$ من الماء المقطر .
- أوجد التركيز المولي C_0 للمحلول (B) .
 - أوجد بطريقتين مختلفتين التركيز الكتلي C_{m0} للمحلول (B) .
 - ما هي كمية مادة NaOH المنحلة في عينة من المحلول (B) حجمها $V' = 50 \text{ mL}$.
 - بواسطة ماصة مدرجة نسحب حجم $V_1 = 10 \text{ mL}$ من المحلول (B) و نضعها في كأس بيشر ثم نضيف لها حجم $V_0 = 90 \text{ mL}$ من الماء المقطر .
- أ- كيف تسمى هذه العملية .
- ب- ما هو حجم المحلول الجديد ، استنتج معامل التمديد f .
- ج- أوجد بطريقتين مختلفتين التركيز المولي C_2 للمحلول الجديد .
- 5- بواسطة ماصة مدرجة نسحب من المحلول (B) عينة أخرى حجمها $V_1 = 10 \text{ mL}$ و نضعها في كأس بيشر ثم نضيف لها قطعة صغيرة من هيدروكسيد الصوديوم NaOH كتلتها $m_s = 0,4 \text{ g}$ ، أوجد التركيز المولي C_2 للمحلول الجديد .
- يعطى :

$$M(\text{Na}) = 23 \text{ g/mol} , M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol} , M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$$

الاجوبة :**1- أوجد التركيز المولي للمحلول (B) :**

$$C_0 = \frac{n_0(\text{NaOH})}{V} = \frac{\frac{m_0}{M}}{V} = \frac{m_0}{M \cdot V}$$

$$\bullet M(\text{NaOH}) = 23 + 26 + 1 = 40 \text{ g/mol}$$

$$\bullet C_0 = \frac{4}{40 \cdot 0,2} = 0,5 \text{ mol/L}$$

2- التركيز الكتلي للمحلول (B) :

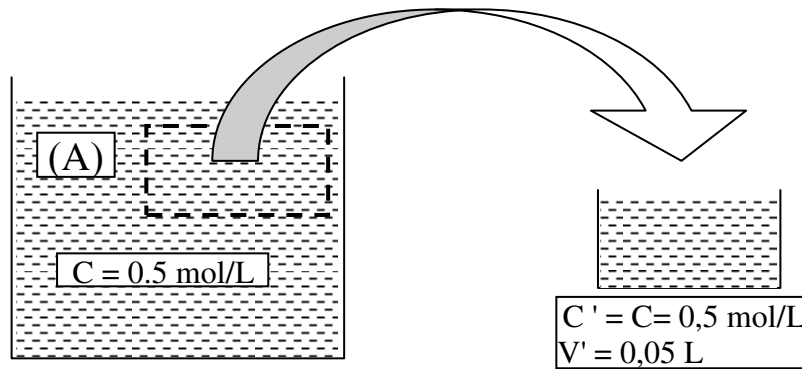
الطريقة الأولى :

$$C_{m0} = \frac{m_0}{V} \rightarrow C_{m0} = \frac{4}{0,2} = 20 \text{ g/L}$$

الطريقة الثانية :

$$C_{m0} = M \cdot C = 40 \cdot 0,5 = 20 \text{ g/L}$$

3- كمية مادة NaOH المنحلة في 50 mL من المحلول (B) :



$$n'(\text{NaOH}) = C' \cdot V' = 0,5 \cdot 0,05 = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

4- أ- تسمى هذه العملية بالتمديد .

ب- حجم المحلول الجديد :

باعتبار V_1 ، V_2 هو حجم المحلول قبل التمديد و بعده على الترتيب ، V_0 حجم الماء المقطر المضاف يكون :

$$V_2 = V_1 + V_0 = 0,01 + 0,09 = 0,1 \text{ L}$$

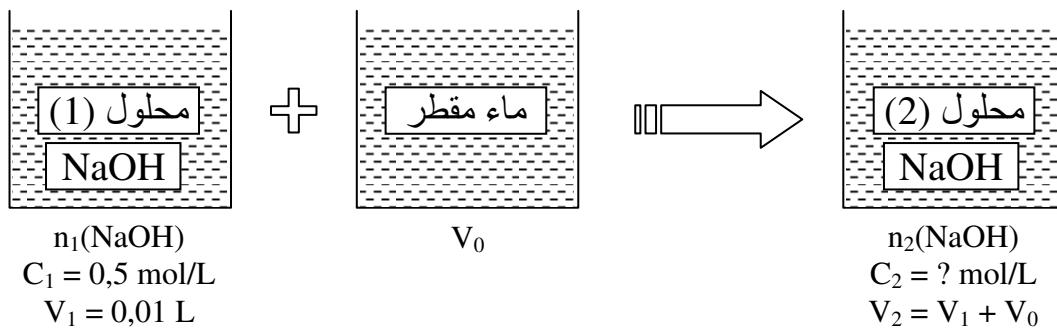
معامل التمديد :

عندما نمدد المحلول f مرة يكون حجمه الجديد (f ضعف) حجم المحلول الابتدائي أي :

$$V_2 = f V_1 \rightarrow f = \frac{V_2}{V_1} \rightarrow f = \frac{0,1}{0,01} = 10$$

ج- تركيز المحلول الجديد :

الطريقة الأولى :



- حسب قانون التمدد :

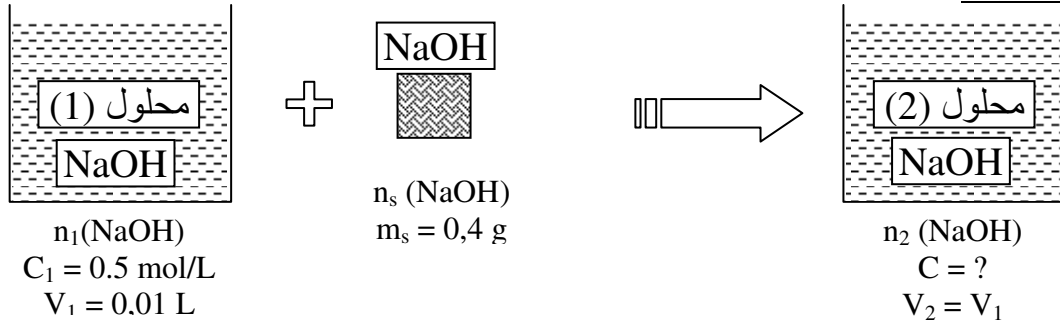
$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \rightarrow C_2 = \frac{C_1 V_1}{V_2} \rightarrow C_2 = \frac{0,5 \cdot 0,01}{0,1} = 0,05 \text{ mol/L}$$

الطريقة الثانية :

عند نمدد المحلول 10 مرات يكون :

$$C_2 = \frac{C_1}{10} = \frac{0,5}{10} = 0,05 \text{ mol/L}$$

5- تركيز المحلول الجديد :



في هذه الحالة تكون كمية مادة NaOH في المحلول الجديد (B) مساوية لكمية مادة NaOH الموجودة في المحلول الابتدائي (A) مضاف إليها كمية مادة NH₃ الموجود في الكتلة المضافة أي :

$$n_1(\text{NaOH}) + n_s(\text{NaOH}) = n_2(\text{NaOH})$$

$$C_1 V_1 + \frac{m_s}{M} = C_2 V_2 \rightarrow C_2 = \frac{C_1 V_1 + \frac{m_s}{M}}{V_2} \quad (V_2 = V_1)$$

$$C_2 = \frac{(0,5 \cdot 0,01) + \frac{0,4}{40}}{0,01} = 1,5 \text{ mol/L}$$

التمرين (4) : (التمرين : 009 في بنك التمارين على الموقع) (**)

للحصول على محلول (A) لكlor الهيدروجين HCl تركيزه المولي $C = 2 \text{ mol/L}$ ، قمنا عند الشرطين النظاميين بجل حجم $V_{(\text{HCl})}$ من غاز كلور الهيدروجين في 100 mL من الماء المقطر .

- 1- أوجد قيمة $V_{(\text{HCl})}$.
- 2- أوجد حجم الماء المقطر V_0 اللازم إضافته إلى عينة من المحلول (A) حجمها $V_1 = 10 \text{ mL}$ حتى نحصل على محلول تركيزه المولي $C_2 = 0,5 \text{ mol/L}$.
- 3- نأخذ عينة أخرى من المحلول (A) حجمها $V_1 = 10 \text{ mL}$ و نضيف لها حجم $V_2 = 40 \text{ mL}$ من محلول آخر لكlor الهيدروجين تركيزه $C_2 = 1 \text{ mol/L}$. أوجد التركيز المولي C للمحلول الجديد .
- 4- نريد تحضير محلول (S) حجمه $V = 500 \text{ mL}$ بتمديد عينة من المحلول (A) 100 مرة ، و لدينا الزجاجيات التالية :

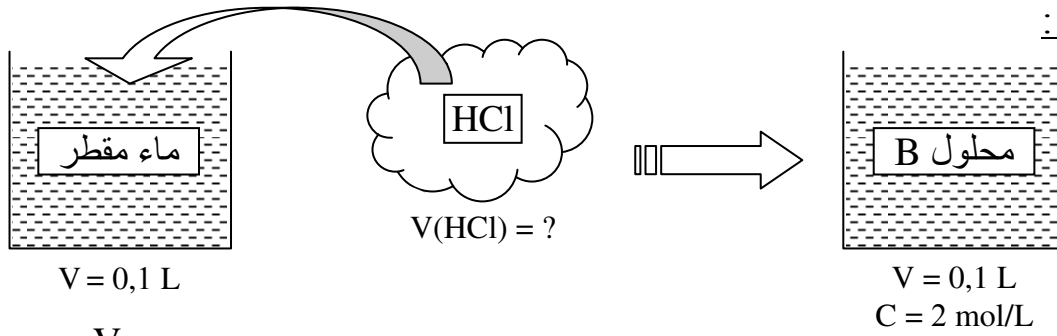
- حوجلات عيارية (50 mL ، 100 mL ، 500 mL) .

- ماصات عيارية (5 mL ، 10 mL ، 20 mL) .

أ- ما يعني مصطلح " عيارية " المقترن بالماصات و الحوجلات المذكورة .

ب- أكتب البروتوكول التجريبي لتحضير المحلول (S) مبينا الزجاجيات المستعملة من بين ما ذكر .

الأجوبة :

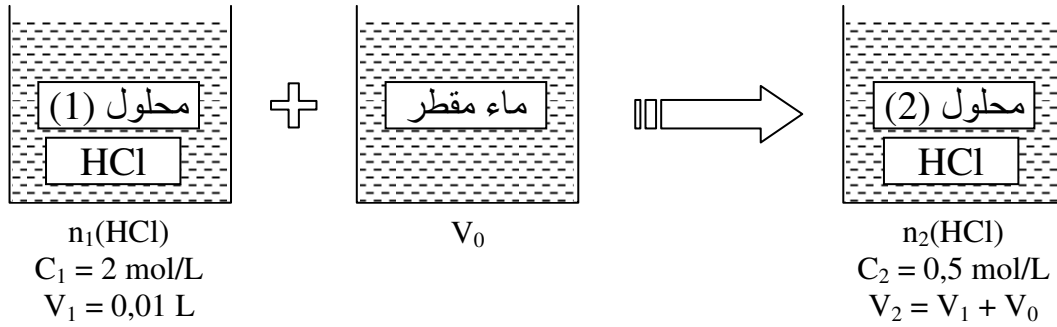
1- قيمة $V_{(HCl)}$:

$$C_0 = \frac{n_0(HCl)}{V} = \frac{V_{(HCl)}}{V_M} = \frac{V_{(HCl)}}{V_M \cdot V} \rightarrow V_{(HCl)} = C_0 \cdot V_M \cdot V$$

$$V_{(HCl)} = 2 \cdot 22,4 \cdot 0,1 = 4,48 \text{ L}$$

2- حجم الماء المقطر اللازم إضافته :

الطريقة (1) :



أثناء التمديد لا تتغير كمية المادة لذا يكون :

$$n_2(HCl) = n_1(HCl) \rightarrow C_1 V_1 = C_2 V_2 \rightarrow C_1 V_1 = C_2 (V_1 + V_0)$$

$$V_1 + V_0 = \frac{C_1 V_1}{C_2} \rightarrow V_0 = \frac{C_1 V_1}{C_2} - V_1 \rightarrow V_0 = \frac{2 \cdot 0,01}{0,5} - 0,01 = 0,03 \text{ L} = 30 \text{ mL}$$

الطريقة (2) :

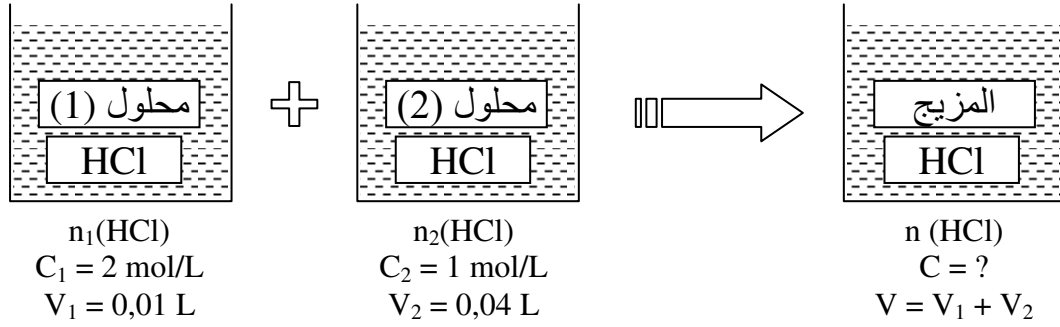
نحسب معامل التمديد :

$$f = \frac{C_2}{C_1} = \frac{2}{0,5} = 4$$

من جهة أخرى :

- $f = \frac{V_2}{V_1} \rightarrow V_2 = f V_1 = 4 \cdot 0,01 = 0,04 \text{ L}$
- $V_2 = V_1 + V_0 \rightarrow V_0 = V_2 - V_1 = 0,04 - 0,01 = 0,03 \text{ L} = 30 \text{ mL}$

3- تركيز المحلول الجديد :



بما أنه لم يحدث تحول كيميائي بين المحلولين (1) ، (2) يكون :

$$n_1(\text{HCl}) + n_2(\text{HCl}) = n(\text{HCl})$$

$$C_1 V_1 + C_2 V_2 = C (V_1 + V_2) \rightarrow C = \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

$$C = \frac{(2 \cdot 0,01) + (1 \cdot 0,04)}{0,01 + 0,04} = 1,2 \text{ mol/L}$$

4- أ- معنى مصطلح العيارية :

هو خط دائري في أعلى الزجاجية يدل على حجم المحلول عنده .

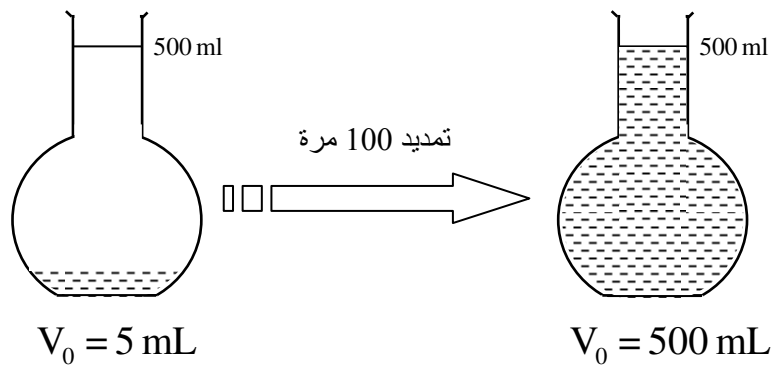
البروتوكول التجريبي :

- نحسب أولاً حجم محلول (HCl) اللازم أخذه من المحلول (A) و ليكن V_0 .

$$f = \frac{V}{V_0} \rightarrow v_0 = \frac{V}{f} = \frac{500}{100} = 5 \text{ mL}$$

- بواسطة ماصة عيارية سعتها 5 ml مزودة بإجاصة مص ، نسحب الحجم $V_0 = 5 \text{ mL}$ من المحلول (A) و نضعه في حوجة عيارية سعتها 500 mL تحتوي على قليل من الماء المقطر .

- نكمل الحجم بالماء المقطر إلى غاية بلوغ الخط العياري مع الرج المستمر من أجل تجانس المحلول .



ي- درجة النقاوة و النسبة الكتلية لمحلول

• درجة النقاوة :

- درجة نقاوة مادة تجارية هي نسبة المادة النقية في المادة التجارية و يعبر عنها بالعلاقة :

$$P = \frac{m}{m_0} \cdot 100$$

حيث : m هي كتلة المادة النقية و m_0 كتلة المادة التجارية غير النقية .
- لتحديد درجة نقاوة مادة تجارية نحل كتلة m_0 من المادة التجارية في حجم V من الماء المقطر ، و لحساب درجة النقاوة نحسب كتلة المادة النقية m في المادة التجارية من خلال التركيز المولي للمحلول الناتج وفق العلاقة :

$$m = M \cdot C_0 \cdot V$$

علما أن التركيز المولي C_0 يمكن تحديده عن طريق قياس الناقلية أو عن طريق المعايرة .

مثال :

تحتوي قارورة على يود الصوديوم التجاري في شكل مسحوق ، و مسجل عليه ما يلي :

▪ درجة النقاوة $P = 90\%$.

▪ الكتلة المولية $M = 149.9 \text{ g/mol}$.

▪ صيغته الجزيئية NaI .

1- طلب الأستاذ من المخبري تحضير محلول (S_0) ليود الصوديوم حجمه $V = 100 \text{ mL}$ و تركيزه المولي $C_0 = 0,1 \text{ mol/L}$. أحسب كتلة يود الصوديوم التجاري m_0 اللازمة لتحضير المحلول (S_0) .

الجواب :

1- كتلة يود الصوديوم التجاري اللازمة لتحضير المحلول (S_0) :

نحسب أولا كتلة يود الصوديوم النقية التي يجب أن تكون منحلة في المحلول (S) .

$$C_0 = \frac{n_0}{V} = \frac{\frac{m}{M}}{V} = \frac{m}{M \cdot V} \rightarrow m = C \cdot M \cdot V \rightarrow m = 0,1 \cdot 149,9 \cdot 0,1 = 1,5 \text{ g}$$

نحسب الآن الكتلة m_0 .

$$P = \frac{m}{m_0} \cdot 100 \rightarrow m_0 = \frac{m \cdot 100}{P} \rightarrow m_0 = \frac{1,5 \cdot 100}{90} = 1,67 \text{ g}$$

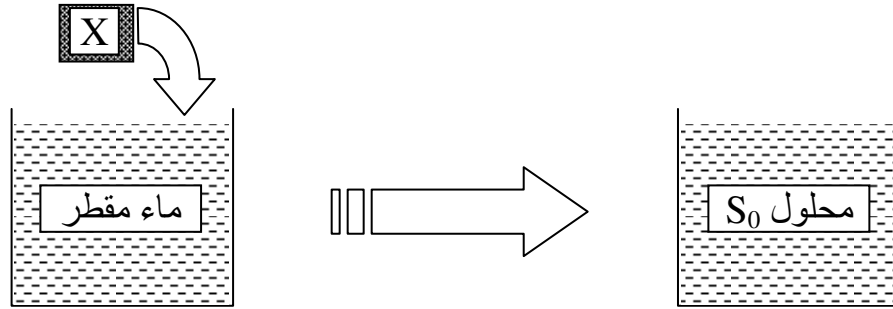
2- درجة النقاوة :

$$P = \frac{m}{m_0} \cdot 100 = \frac{1,5}{1,67} \cdot 100 = 89,8\%$$

• النسبة الكتلية لمحلول :

- النسبة الكتلية لمحلول P هي نسبة المادة النقية (X) في المحلول ، و يمكن القول أيضا ، النسبة الكتلة لمحلول هي كتلة النوع الكيميائي X النقية المنحلة في كل 100 g من المحلول ، و نكتب :

$$P = \frac{m}{m_0} . 100$$



- إذا كانت ρ هي الكتلة الحجمية للمحلول (S_0) نكتب :

$$\rho = \frac{m_0}{V_s} \rightarrow m_0 = \rho . V_s$$

- إذا كان C_0 هو التركيز المولي للمحلول (S_0) يكون :

$$C_0 = \frac{n_0}{V_s} = \frac{\frac{m_0}{M}}{V} = \frac{m_0}{MV} \rightarrow m_0 = MC_0 V_s$$

و منه تصبح عبارة النسبة الكتلية P كما يلي :

$$P = \frac{MC_0 V_s}{\rho . V_s} . 100 \rightarrow P = \frac{MC_0}{\rho} . 100$$

- لدينا

$$d = \frac{\rho}{\rho_0} \rightarrow \rho = \rho_0 . d$$

و حيث أن $\rho_0 = 1000 \text{ g/L}$ (الكتلة الحجمية للماء) يكون :

$$\rho = 1000 . d$$

و منه يصبح :

$$P = \frac{MC_0}{1000 . d} . 100$$

إذن :

$$P = \frac{M . C_0}{10 . d}$$

مثال :

عينة مخبرية S_0 لمحلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي C_0 تحمل المعلومات التالية :
 $P = 20\%$ ، $d = 1.3$ ، $M = 40 \text{ g/mol}$ ، $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1000 \text{ g/L}$

حيث :

▪ M هي كتلة المولية لهيدروكسيد الصوديوم .

▪ d كثافة المحلول .

▪ P هي النسبة الكتلية للمحلول ، تمثل كتلة هيدروكسيد الصوديوم المنحلة في 100g من محلول العينة المخبرية .

المطلوب :

حساب قيمة C_0 .

الجواب :

- قيمة C_0 :

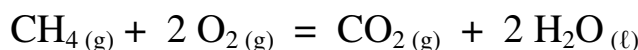
$$C_0 = \frac{10 \cdot d \cdot P}{M} \rightarrow C_0 = \frac{10 \cdot 1.3 \cdot 20}{40} = 6.5 \text{ mol/L}$$

4- تقدم التفاعل و جدول التقدم**• مفهوم تقدم التفاعل :**

تقدم التفاعل x هو عدد مرات حدوث التفاعل مقدرا بـ (أفوقادرو مرة) أو بالمول (mol) ، يستعمل في المستوى العياني فقط .

مثال :

في التحول الكيميائي المنمذج بالمعادلة الكيميائية التالية :



تقدم التفاعل x يعني هذا التفاعل حدث ($x N_A$ جزيء) مرة و عليه يتفاعل $x N_A$ جزيء ($x \text{ mol}$) من CH_4 ، و $2x N_A$ جزيء ($2x \text{ mol}$) من O_2 ليتشكل $x N_A$ جزيء ($x \text{ mol}$) من CO_2 ، $2x N_A$ جزيء ($2x \text{ mol}$) من الماء

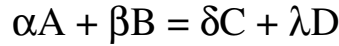
• جدول التقدم و التقدم الأعظمي :

جدول التقدم هو جدول وصفي للجملة الكيميائية يمكن خلاله تناول الحصيلة الكمية لهذه الجملة الكيميائية (المتبقي من المتفاعلات و النواتج) من حالة ابتدائية إلى حالة نهائية ، مروراً بحالة انتقالية لحظية كما موضح في المثال التالي :

حالة الجملة	التقدم x (mol)	$\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NH}_3(\text{g})$		
الحالة الابتدائية $t = 0$	0	1	4	0
الحالة الانتقالية t	x	$1 - x$	$4 - 3x$	$2x$
الحالة النهائية t_f	$x_f = x_{\max}$	$1 - x_{\max}$	$4 - 3x_{\max}$	$2x_{\max}$

- قيمة تقدم التفاعل عندما يختفي أحد المتفاعلات أو جميعها تدعى التقدم الأعظمي $x_{\max}$ ، و يسمى المتفاعل الذي اختفى كلياً و الذي كان سبب في توقف تطور الجملة الكيميائية بالمتفاعل المحد .

- إذا اختفت كلياً جميع المتفاعلات في نهاية التفاعل يقال عن التفاعل أنه في شروط ستوكيومترية و يقال عن المزيج الابتدائي أنه ستوكيومتري .
- نعتبر التحول الكيميائي المعبر عنه بمعادلة التفاعل التالية :



يكون التحول في شروط ستوكيومترية (مزيج ابتدائي ستوكيومتري) إذا تحققت العلاقة :

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

• التركيز المولي لمحلول بشوارده :

نعتبر نوع كيميائي شاردي من الشكل $A_{\alpha}B_{\beta}$ ، ينحل في حجم V من الماء المقطر ، المحلول الناتج شاردي يعبر عنه بصيغة شاردية من الشكل $(\alpha A^{n+} + \beta B^{m-})$.
- التركيز المولي للمحلول الناتج بالشوارد A^{n+} ، B^{m-} و الذي يرمز له بالترتيب بـ $[A^{n+}]$ ، $[B^{m-}]$ ، يعبر عنه بالعلاقين :

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

حيث $n(A^{n+})$ ، $n(B^{m-})$ هي كمية مادة كل من A^{n+} و B^{m-} في المحلول الناتج ، C : التركيز المولي للمحلول .
مثال :

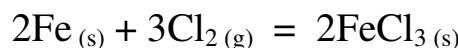
في محلول كلور الحديد الثلاثي $(Fe^{3+} + 3Cl^-)$ ذو التركيز المولي C ، يكون : $[Fe^{3+}] = C$ ، $[Cl^-] = 3C$

التمرين (5) : (التمرين : 004 في بنك التمارين على الموقع) (*)

نسخن سلكاً من الحديد Fe حتى الإحمرار ، ثم ندخله بسرعة داخل قارورة تحتوي على غاز الكلور Cl_2 ، نلاحظ تشكل دخان يميز كلور الحديد الثلاثي $FeCl_3$.
1- أكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج لهذا التحول الكيميائي .
2- نعتبر الجملة الكيميائية تتكون في الحالة الابتدائية من $44,8 \text{ g}$ من الحديد ، و $20,16 \text{ L}$ من غاز الكلور Cl_2 مقاس في الشرطين النظاميين .
أ- أحسب كمية مادة كل من الحديد Fe و غاز الكلور Cl_2 في الحالة الابتدائية .
ب- بين إن كان هذا التحول الكيميائي في الشروط الستوكيومترية أم لا .
ج- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل الحادث ، ثم جد قيمة التقدم الأعظمي $x_{\max}$ و عين المتفاعل المحد إن وجد .
3- ما هي الأنواع الكيميائية المتواجد في الجملة الكيميائية عند نهاية التفاعل . أحسب كتلتها ثم أحسب حجم غاز الكلور Cl_2 المتفاعل عند نهاية التفاعل في الشرطين النظاميين .
يعطى : $M(Fe) = 56 \text{ g/mol}$ ، $M(Cl) = 35,5 \text{ g/mol}$.

الأجوبة :

1- معادلة التفاعل :



2- أ- كمية مادة Fe ، Cl₂ في الحالة الابتدائية :

$$\bullet n_0(\text{Fe}) = \frac{m}{M} = \frac{44,8}{56} = 0,8 \text{ mol}$$

$$\bullet n_0(\text{Cl}_2) = \frac{V(\text{Cl}_2)}{V_M} = \frac{20,16}{22,4} = 0,9 \text{ mol}$$

ب- إثبات أن التحول الكيميائي في الشروط الستوكيومترية أم لا :

يكون التحول الكيميائي المنمذج بالمعادلة السابقة في الشروط الستوكيومترية إذا تحقق :
مما سبق :

$$\bullet \frac{n_0(\text{Fe})}{2} = \frac{0,8}{2} = 0,4 \text{ mol}$$

$$\bullet \frac{n_0(\text{Cl}_2)}{3} = \frac{0,9}{3} = 0,3 \text{ mol}$$

نلاحظ : $\frac{n_0(\text{Fe})}{2} \neq \frac{n_0(\text{Cl}_2)}{3}$ ، إذن التفاعل الكيميائي الحادث المنمذج بالمعادلة السابقة ليس في الشروط الستوكيومترية .
ج- جدول التقدم :

حالة الجملة	التقدم	$2\text{Fe}_{(s)} + 3\text{Cl}_{2(g)} = 2\text{FeCl}_{3(s)}$		
ابتدائية	$x = 0$	0,8	0,9	0
انتقالية	x	$0,8 - 2x$	$0,9 - 3x$	$2x$
نهائية	$x_f =$	$0,8 - 2 x_{\max}$	$0,9 - 3 x_{\max}$	$2 x_{\max}$

• التقدم الأعظمي :

- بفرض أن Fe متفاعل محدد :

$$0,8 - 2 x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = 0,4 \text{ mol}$$

- بفرض أن Cl₂ متفاعل محدد :

$$0,9 - 3 x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = 0,3 \text{ mol}$$

إذن $x_{\max} = 0,3 \text{ mol}$ و المتفاعل المحد هو Cl₂ .

3- الأنواع الكيميائية المتواجدة في الجملة و كتلتها :

الأنواع الكيميائية :

• كلور الحديد الثلاثي FeCl₃ الناتج .

• الحديد Fe المتبقي من التفاعل .

الكتل :

• من جدول التقدم كمية مادة كلور الحديد الثلاثي الناتج في نهاية التفاعل هو :

$$n_f(\text{FeCl}_3) = 2 x_{\max} = 2 \cdot 0,3 = 0,6 \text{ mol}$$

$$n_f(\text{FeCl}_3) = \frac{m_f(\text{FeCl}_3)}{M} \rightarrow m_f(\text{FeCl}_3) = n_f(\text{FeCl}_3) \cdot M(\text{FeCl}_3)$$

$$\bullet M(\text{FeCl}_3) = 25 + (3 \cdot 35,5) = 162,5 \text{ g/mol}$$

$$\bullet m_f(\text{FeCl}_3) = 0,6 \times 162,5 = 97,5 \text{ g}$$

■ من جدول التقدم كمية مادة الحديد الناتج في نهاية التفاعل هو :

$$n_f(\text{Fe}) = 0,8 - 2 x_{\max} = 0,8 - (2 \cdot 0,3) = 0,2 \text{ mol}$$

$$n_f(\text{Fe}) = \frac{m_f(\text{Fe})}{M} \rightarrow m_f(\text{Fe}) = n_f(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe})$$

$$m_f(\text{Fe}) = 0,2 \cdot 56 = 11,2 \text{ g}$$

- حجم غاز الكلور Cl_2 في نهاية التفاعل :

من جدول التقدم كمية مادة Cl_2 المتفاعلة في نهاية التفاعل هي :

$$n_f(\text{Cl}_2) = 3 x_{\max} = 3 \cdot 0,3 = 0,9 \text{ mol}$$

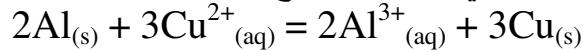
و لدينا :

$$n_f(\text{Cl}_2) = \frac{V_f(\text{Cl}_2)}{V_M} \rightarrow V_f(\text{Cl}_2) = n_f(\text{Cl}_2) \cdot V_M$$

$$V_f(\text{Cl}_2) = 0,9 \cdot 22,4 = 20,16 \text{ L}$$

التمرين (6) : (التمرين : 005 في بنك التمارين على الموقع) (*)

لدينا محلول من كبريتات النحاس ($\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}$) ذو اللون الأزرق حجمه 600 mL ، تركيزه المولي $C = 0.6 \text{ mol/L}$ ، أدخلنا فيه صفيحة من الألمنيوم كتلتها $m = 13,5 \text{ g}$. نلاحظ حدوث تحول كيميائي مرفق باختفاء كلي للون الأزرق . التحول الكيميائي الحادث منمذج بالمعادلة الكيميائية التالية :



- 1- على ماذا يدل اختفاء اللون الأزرق .
- 2- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل .
- 3- جد قيمة التقدم الأعظمي $x_{\max}$ و حدد المتفاعل المحد .
- 4- اعتماداً على جدول التقدم ، جد ما يلي في الحالة النهائية :
 - أ- كتلة النحاس Cu المترسبة .
 - ب- كتلة الألمنيوم Al المتبقية .
 - ج- كتلة الألمنيوم Al المتفاعلة .
 - د- تركيز المحلول الناتج بالشوارد Al^{3+} .
- 5- عند ترشيح المحلول الناتج و تبخيره نحصل على نوع كيميائي . ما اسمه ؟ و ما هي صيغته الجزيئية ؟
يعطى : $M(\text{Al}) = 27 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g/mol}$.

رموز بعض الشوارد و أسمائها			
الشاردة	اسمها	الشاردة	اسمها
Na^+	الصوديوم	Cl^-	الكلور
Al^{3+}	الألمنيوم	NO_3^-	النترات
Fe^{2+}	الحديد الثنائي	SO_4^{2-}	الكبريتات

الأجوبة :

- 1- يدل اختفاء اللون الأزرق على اختفاء كلي لشوارد النحاس Cu^{2+} (أصل هذا اللون) .

2- جدول التقدم :

حالة الجملة	التقدم	$2\text{Al}_{(s)} + 3\text{Cu}^{2+}_{(aq)} = 2\text{Al}^{3+}_{(s)} + 3\text{Cu}_{(s)}$			
ابتدائية	$x = 0$	0,5	0,36	0	0
انتقالية	x	$0,5 - 2x$	$0,36 - 3x$	$2x$	$3x$
نهائية	$x_{\max}$	$0,5 - 2x_{\max}$	$0,36 - 3x_{\max}$	$2x_{\max}$	$3x_{\max}$

$$n_0(\text{Cu}^{2+}) = CV = 0,6 \cdot 0,6 = 0,36 \text{ mol}$$

$$n_0(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{M} = \frac{13,5}{27} = 0,5 \text{ mol}$$

3- مقدار التقدم الأعظمي $x_{\max}$ و المتفاعل المحد :
- بفرض أن Al متفاعل محد :

$$0,5 - 2x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = 0,25$$

- بفرض أن Cu^{2+} متفاعل محد :

$$0,36 - 3x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = 0,12 \text{ mol}$$

إذن $x_{\max} = 0,12 \text{ mol}$ و المتفاعل المحد هو Cu^{2+} .

4- أ- كتلة النحاس المترسبة :
من جدول التقدم كمية مادة النحاس المترسبة في نهاية التفاعل هي :

$$n_f(\text{Cu}) = 3x_{\max} = 3 \cdot 0,12 = 0,36 \text{ mol}$$

و منه :

$$n_f(\text{Cu}) = \frac{m_f(\text{Cu})}{M} \rightarrow m_f(\text{Cu}) = n_f(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu})$$

$$m_f(\text{Cu}) = 0,36 \cdot 63,5 = 22,86 \text{ g}$$

ب- كتلة الألمنيوم المتبقية :

من جدول التقدم كمية مادة الألمنيوم المتبقية في نهاية التفاعل هي :

$$n_f(\text{Al}) = 0,5 - 2x_{\max} = 0,5 - (2 \cdot 0,12) = 0,26 \text{ mol}$$

$$n_f(\text{Al}) = \frac{m_f(\text{Al})}{M} \rightarrow m_f(\text{Al}) = n_f(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}) \rightarrow m_f(\text{Al}) = 0,26 \cdot 27 = 7,02 \text{ g}$$

ج- كتلة الألمنيوم المتفاعلة :

من جدول التقدم كمية مادة الألمنيوم المتفاعلة في نهاية التفاعل هي :

$$n_f(\text{Al}) = 2x_{\max} = 2 \cdot 0,12 = 0,24 \text{ mol}$$

و منه :

$$n_f(\text{Al}) = \frac{m_f(\text{Al})}{M} \rightarrow m_f(\text{Al}) = n_f(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}) \rightarrow m_f(\text{Al}) = 0,24 \cdot 27 = 6,48 \text{ g}$$

د- تركيز المحلول الناتج بالشوارد $[\text{Al}^{3+}]_f$ في نهاية التفاعل :

$$[\text{Al}^{3+}]_f = \frac{n_f(\text{Al}^{3+})}{V} \quad (V = 600 \text{ mL} = 0,6 \text{ L})$$

من جدول التقدم كمية مادة شوارد الألمنيوم المتشكلة عند نهاية التفاعل هي :

$$n_f(\text{Al}^{3+}) = 2x_{\max} = 2 \cdot 0,12 = 0,24 \text{ mol}$$

إذن :

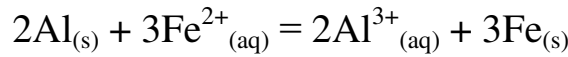
$$[Al^{3+}]_f = \frac{0,24}{0,6} = 0,4 \text{ mol/L}$$

هـ- اسم و صيغة المحلول الناتج :

المحلول الناتج يحتوي على شوارد الألمنيوم Al^{3+} الناتجة عن التفاعل و شوارد الكبريتات SO_4^{2-} التي لم تدخل في التفاعل و عليه اسم المحلول الناتج هو كبريتات الألمنيوم صيغته الشاردية : $(2Al^{3+} + 3SO_4^{2-})$ و صيغته الإحصائية : $Al_2(SO_4)_3$

التمرين (7) : (التمرين : 010 في بنك التمارين على الموقع) (**)

لدينا محلول من كبريتات الحديد الثنائي $(Fe^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)})$ حجمه 200 mL ، تركيزه المولي C_0 ، أدخلنا فيه صفيحة من الألمنيوم Al كتلتها m_0 . نلاحظ حدوث تحول كيميائي مرفق باختفاء كلي للون الأخضر كما نلاحظ أيضا اختفاء كلي لقطعة الألمنيوم Al و تشكل راسب نزنه بعد ترشيح المحلول الناتج فنجد $m = 6,72 \text{ g}$. التحول الكيميائي الحادث نمذج بالمعادلة :



- 1- على ماذا يدل اختفاء اللون الأخضر .
 - 2- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل .
 - 3- هل التفاعل الحادث في شروط ستوكيومترية ؟ أوجد قيمة التقدم الأعظمي X_{max} .
 - 4- اعتماداً على جدول التقدم ، جد :
 - أ- كتلة الألمنيوم Al الابتدائية m_0 .
 - ب- التركيز المولي C_0 لمحلول كبريتات الحديد الثنائي .
 - ج- تركيز المحلول الناتج بالشوارد Al^{3+} و بالشوارد SO_4^{2-} في نهاية التفاعل .
- يعطى : $M(Al) = 27 \text{ g/mol}$ ، $M(Fe) = 56 \text{ g/mol}$.

الأجوبة :

- 1- يدل اختفاء اللون الأخضر على اختفاء كلي لشوارد الحديد الثنائي Fe^{2+} أصل هذا اللون .

2- جدول التقدم :

حالة الجملة	التقدم	$2Al_{(s)} + 3Fe^{2+}_{(aq)} = 2Al^{3+}_{(aq)} + 3Fe_{(s)}$			
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(Al)$	$n_0(Fe^{2+})$	0	0
انتقالية	x	$n_0(Al) - 2x$	$n_0(Fe^{2+}) - 3x$	$2x$	$3x$
نهائية	x_{max}	$n_0(Al) - 2x_{max}$	$n_0(Fe^{2+}) - 3x_{max}$	$2x_{max}$	$3x_{max}$

3- المتفاعل المحد :

- كل من المتفاعلين Al و Fe^{2+} اختفى كلياً في نهاية التفاعل و عليه التفاعل الحادث في شروط ستوكيومترية .

• التقدم الأعظمي X_{max} :

النوع الكيميائي الذي قمنا بترشيحه هو النوع الكيميائي المترسب في نهاية التفاعل و هو الحديد (علماً أن الألمنيوم تفاعل كلياً و لا يوجد في نهاية التفاعل) و عليه كتلة الحديد المترسبة في نهاية التفاعل هي $m_f(Fe) = 6,72 \text{ g}$ و لدينا :

$$n_f(Fe) = \frac{m_f(Fe)}{M(Fe)} = \frac{6,72}{56} = 0,12 \text{ mol}$$

من جدول التقدم و عند نهاية التفاعل يكون :

$$n_f(\text{Fe}) = 3x_{\max} \rightarrow x_{\max} = \frac{n_f(\text{Fe})}{3} \rightarrow x_{\max} = \frac{0,12}{3} = 0,04 \text{ mol}$$

4- أ- كتلة الألمنيوم الابتدائية :

الألمنيوم إختفى كلياً في نهاية التفاعل و عليه يكون :

$$n_0(\text{Al}) - 2x_{\max} = 0 \rightarrow n_0(\text{Al}) = 2x_{\max} = 2 \cdot 0,04 = 0,08 \text{ mol}$$

و لدينا :

$$n_0(\text{Al}) = \frac{m_0(\text{Al})}{M(\text{Al})} \rightarrow m_0(\text{Al}) = n_0(\text{Al}) \cdot M \rightarrow m_0(\text{Al}) = 0,08 \cdot 27 = 2,16 \text{ g}$$

ب- التركيز المولي C_0 لمحلول كبريتات الحديد الثنائي :

بما أن شوارد الحديد الثنائي اختفت كلياً في نهاية التفاعل يكون :

$$n_0(\text{Fe}^{2+}) - 3x_{\max} = 0 \rightarrow n_0(\text{Fe}^{2+}) = 3x_{\max} = 3 \cdot 0,04 = 0,12 \text{ mol}$$

و لدينا :

$$n_0(\text{Fe}^{2+}) = C_0 V \rightarrow C_0 = \frac{n_0(\text{Fe}^{2+})}{V} \rightarrow C_0 = \frac{0,12}{0,2} = 0,6 \text{ mol/L}$$

ج- التركيز المولي للمحلول الناتج بالشوارد SO_4^{2-} ، Al^{3+} :

$$\bullet [\text{Al}^{3+}] = \frac{n_f(\text{Al}^{3+})}{V}$$

من جدول التقدم كمية مادة شوارد الألمنيوم الناتجة عند نهاية التفاعل هي :

$$n_f(\text{Al}^{3+}) = 2x_{\max} = 2 \cdot 0,04 = 0,08 \text{ mol}$$

- حجم المحلول أثناء التحول الكيميائي لا يتغير و يبقى على حاله كما كان في الحالة الابتدائية أي $V = 0,2 \text{ L}$ ومنه :

$$[\text{Al}^{3+}]_f = \frac{0,08}{0,2} = 0,4 \text{ mol/L}$$

$$\bullet [\text{SO}_4^{2-}]_f = \frac{n_f(\text{SO}_4^{2-})}{V}$$

شوارد SO_4^{2-} لم تدخل إلى التفاعل و عليه فإن كمية مادة SO_4^{2-} في نهاية التفاعل هي نفسها كمية مادة SO_4^{2-} في الحالة الابتدائية و عليه يكون :

$$n_f(\text{SO}_4^{2-}) = n_0(\text{SO}_4^{2-}) = C_0 V = 0,6 \cdot 0,2 = 0,12 \text{ mol}$$

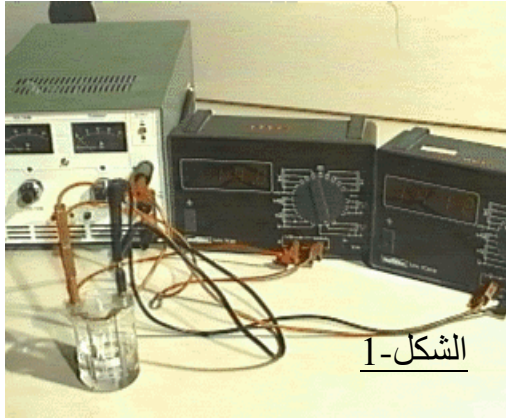
إذن :

$$[\text{SO}_4^{2-}]_f = \frac{0,12}{0,2} = 0,6 \text{ mol/L}$$

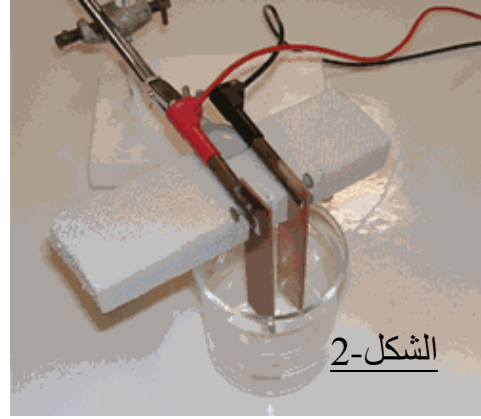
5- الناقلية الكهربائية للمحاليل المائية الشاردية

● الناقلية G لمحلول مائي شاردية :

- المحاليل المائية الشاردية هي محاليل مائية تحتوي على شوارد موجبة و شوارد سالبة و بالتالي هي ناقلية للتيار الكهربائي كون أنها تحتوي على هذه الشوارد .
- تزداد ناقلية محلول شاردية للتيار الكهربائي بازدياد التراكيز المولية لشوارد .
- يعبر عن ناقلية المحلول للتيار الكهربائي بمقدار يدعى **الناقلية** يرمز له بـ G ووحدته السيمنس (S) ، حيث يكون المحلول ناقل للتيار الكهربائي أكثر كلما كانت قيمة G أكبر .
- لقياس الناقلية G لمحلول شاردية ما نقوم بحصر حجم من هذا المحلول بين صفيحتين معدنيتين متماثلتين مساحة سطح كل منها S وتفصل بينهما مسافة L ، ثم نطبق عليهما بواسطة مولد من نوع GBF توترا كهربائيا (الشكل-1) .
- تسمى جملة الصفيحتين المذكورتين و المحلول المحصور بينهما **خلية** قياس الناقلية (الشكل-2) و تدعى الصفيحتين بلبوسي الخلية .



الشكل-1



الشكل-2

- تتميز خلية قياس الناقلية بثابت يدعى ثابت الخلية ، يرمز له بـ K ، ووحدته المتر (m) و يعبر عنه بالعلاقة :

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

- حيث S مساحة أحد اللبوسين (تقدر بالمتر مربع m^2) ، L البعد بين اللبوسين (يقدر بالمتر m)
- إذا كانت U هي قيمة التوتر الذي يشير إليه مقياس الفولط الموصول على التفرع مع خلية قياس الناقلية ، و I هي قيمة شدة التيار الكهربائي التي يشير إليها مقياس الأمبير الموصول على التسلسل مع خلية قياس الناقلية ، يعبر عن ناقلية المحلول بالعلاقة التالية :

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

• المقاومة R :

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

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

- وحدة المقاومة R هي الأوم (Ω) .

• الناقلية النوعية σ لمحلول شاردي :

- تجربيا وجد أن الناقلية G لمحلول شاردي تتناسب طرديا مع ثابت الخلية K أي : $G = a K$ ، ثابت التناسب a هو ثابت يميز المحلول يدعى الناقلية النوعية للمحلول يرمز لها بـ δ و وحدتها السيمنس على المتر (S/m) و نكتب :

$$G = \delta K \rightarrow \sigma = \frac{G}{K}$$

• الناقلية النوعية المولية λ :

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

$$\sigma = \lambda C$$

حيث C التركيز المولي للمحلول و يقدر بـ (mol/m^3) . (نذكر أن : $1mol/L = 10^3 mol/m^3$) .

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

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

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

- نذكر أنه في محلول ذو الصيغ الشاردية $(aX^{n+} + bY^{m-})$ و التركيز المولي C و الذي نحصل عليه بحل كمية من النوع الكيميائي $X_a Y_b$ في حجم V من الماء المقطر يكون :

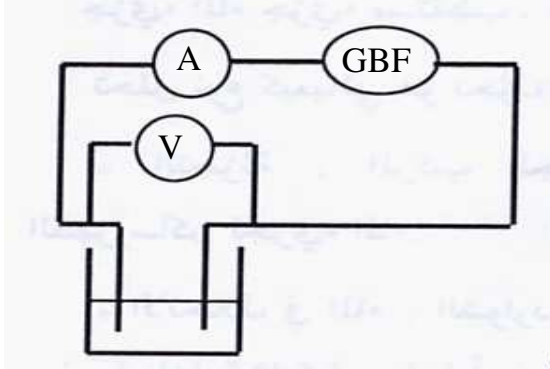
$$C = \frac{n(X_a Y_b)}{V}$$

$$[X^{n+}] = \frac{n(X^{n+})}{V} = a C$$

$$[Y^{m-}] = \frac{n(Y^{m-})}{V} = b C$$

التمرين (8) : (التمرين : 006 في بنك التمارين على الموقع) (*)

نحقق التركيبة المبينة في الشكل المقابل و التي تسمح بقياس الناقلية G لمحلول كلور الصوديوم ($\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$) تركيزه المولي $C = 10^{-3} \text{ mol/L}$.



- يشير كل من مقياس الأمبير و الفولط إلى القيمتين $I = 0,126$ و $U = 1 \text{ V}$ ، mA

يعطى : مساحة لبوس خلية قياس الناقلية : $S = 1 \text{ cm}^2$ ، المسافة بينهما $L = 1 \text{ cm}$.

- 1- أحسب :
 - ناقلية المحلول G .
 - مقاومة المحلول R .
 - ثابت الخلية المستعملة K .
 - الناقلية النوعية للمحلول σ .

2- علما أن الناقلية النوعية المولية الشاردية للصوديوم هي : $\lambda(\text{Na}^+) = 5,01 \text{ mS.m}^2/\text{mol}$. أوجد الناقلية النوعية المولية لشاردة الكلور Cl^- .

الأجوبة :1- ناقلية المحلول :

$$G = \frac{I}{U} \rightarrow G = \frac{0,126 \cdot 10^{-3}}{1} = 0,126 \cdot 10^{-3} \text{ S}$$

• مقاومة المحلول :

$$R = \frac{1}{G} \rightarrow R = \frac{1}{0,126 \cdot 10^{-3}} = 7,94 \cdot 10^3 \Omega$$

• ثابت الخلية :

$$K = \frac{S}{L} \rightarrow K = \frac{10^{-4}}{10^{-2}} = 10^{-2} \text{ m} = 1 \text{ cm}$$

• الناقلية النوعية δ للمحلول :

$$G = \delta K \rightarrow \sigma = \frac{G}{K} \rightarrow \sigma = \frac{0,126 \cdot 10^{-3}}{10^{-2}} = 1,26 \cdot 10^{-2} \text{ S/m}$$

2- الناقلية النوعية المولية الشاردية لشاردة الكلور $\lambda(\text{Cl}^-)$:

$$\sigma = \lambda(\text{Na}^+) [\text{Na}^+] + \lambda(\text{Cl}^-) [\text{Cl}^-]$$

$$\lambda(\text{Cl}^-) [\text{Cl}^-] = \sigma - \lambda(\text{Na}^+) [\text{Na}^+]$$

$$\lambda(\text{Cl}^-) = \frac{\sigma - \lambda(\text{Na}^+) [\text{Na}^+]}{[\text{Cl}^-]}$$

$$\bullet C = 10^{-3} \text{ mol/L} = 1 \text{ mol/m}^3$$

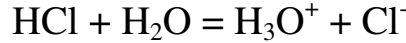
$$\bullet [\text{Na}^+] = C = 1 \text{ mol/m}^3$$

$$\bullet [\text{Cl}^-] = C = 1 \text{ mol/m}^3$$

$$\lambda(\text{Cl}^-) = \frac{1,26 \cdot 10^{-2} - (5,01 \cdot 10^{-3} \cdot 1)}{1} = 7,59 \cdot 10^{-3} \text{ Sm}^2/\text{mol}$$

التمرين (9) : (التمرين : 072 في بنك التمارين على الموقع) (**))

نحل كمية من غاز كلور الهيدروجين HCl حجمها V_{HCl} عند الشرطين النظاميين في حجم $V = 100 \text{ mL}$ من الماء المقطر فنحصل على محلول مائي (S) لحمض كلور الهيدروجين HCl تركيزه المولي C . التفاعل الكيميائي النمذج لهذا الانحلال يعبر عنه بالمعادلة :



- 1- مثل جدول التقدم لهذا التفاعل .
- 2- المحلول (S) ناقل للتيار الكهربائي ، لماذا ؟ هل ناقلية المحلول الناتج تزداد أثناء الانحلال أم تتناقص ؟ علل .
- 3- كمية مادة الماء في المحلول (S) معتبرة أمام كمية مادة كلور الهيدروجين HCl في نفس المحلول نقول عن الماء في هذه الحالة أنه بوفرة . عبر عن التقدم الأعظمي $x_{\max}$ بدلالة التركيز المولي للمحلول C و حجمه V .
- 4- عبر عن الناقلية النوعية $\sigma_{\max}$ للمحلول (S) في نهاية التفاعل بدلالة التقدم الأعظمي $x_{\max}$ و الحجم V للمحلول (S) و الناقلية النوعية المولية الشاردية $\lambda(\text{Cl}^-)$ ، $\lambda(\text{H}_3\text{O}^+)$ ، (يهمل تركيز شوارد الهيدروكسيد HO^- في المحلول أمام التراكيز الأخرى)
- 5- قسنا الناقلية النوعية للمحلول (S) عند نهاية التفاعل فكانت النتيجة : $\sigma_{\max} = 42.63 \text{ mS/m}$ أحسب :
 - أ- التقدم الأعظمي $x_{\max}$.
 - ب- التركيز المولي C للمحلول .
 - ج- حجم غاز كلور الهيدروجين V_{HCl} المنحل في المحلول (S) .

يعطى :

$$\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) = 35.0 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1} , \lambda(\text{Cl}^-) = 7.63 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

الأجوبة :**1- جدول التقدم :**

الحالة		HCl	+	H ₂ O	=	H ₃ O ⁺	+	Cl ⁻
ابتدائية	x = 0	n ₀ (HCl)		n ₀ (H ₂ O)		0		0
انتقالية	x	n ₀ (HCl) - x		n ₀ (H ₂ O) - x		x		x
نهائية	x _{max}	n ₀ (HCl) - x _{max}		n ₀ (H ₂ O) - x _{max}		x _{max}		x _{max}

- 2- المحلول (S) ناقل للتيار الكهربائي لأنه يحتوي على الشوارد الموجبة H_3O^+ و الشوارد السالبة Cl^- (تهمل الشوارد HO^-).
- ناقلية المحلول تتزايد أثناء الانحلال ، لأن الشوارد المسؤولة عن الناقلية موجودة ضمن النواتج و لا أحد منها ضمن المتفاعلات و النواتج تراكيزها تتزايد أثناء الانحلال .
- 3- عبارة $x_{\max}$ بدلالة C و V :

الماء بوفرة و بالتالي HCl يكون حتما متفاعل محد لذلك يكون من جدول التقدم :

$$n_0(\text{HCl}) - x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = n_0(\text{HCl})$$

كمية مادة HCl المنحلة في حالة غازية هي نفسها كمية مادة HCl المتواجدة في المحلول عند نهاية التفاعل أي :

$$n_0(\text{HCl}) = \frac{V_g(\text{Cl})}{V_M} = CV$$

و كون أنه طلب منا عبارة $x_{\max}$ بدلالة C و V ، نكتب : $x_{\max} = CV$.

4- عبارة $\sigma_{\max}$ بدلالة $x_{\max}$ ، $\lambda(\text{H}_3\text{O}^+)$ ، $\lambda(\text{Cl}^-)$:

$$\sigma_{\max} = \lambda(\text{H}_3\text{O}^+)[\text{H}_3\text{O}^+]_f + \lambda(\text{Cl}^-)[\text{Cl}^-]_f$$

$$\delta_{\max} = \lambda(\text{H}_3\text{O}^+) \frac{n_f(\text{H}_3\text{O}^+)}{V} + \lambda(\text{Cl}^-) \frac{n_f(\text{Cl}^-)}{V}$$

من جدول التقدم :

$$\bullet n_f(\text{H}_3\text{O}^+) = X_{\max}$$

$$\bullet n_f(\text{Cl}^-) = X_{\max}$$

يصبح لدينا :

$$\sigma_{\max} = \lambda(\text{H}_3\text{O}^+) \frac{X_{\max}}{V} + \lambda(\text{Cl}^-) \frac{X_{\max}}{V} \rightarrow \sigma_{\max} = \frac{\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) + \lambda(\text{Cl}^-)}{V} X_{\max}$$

5- أ- قيمة $X_{\max}$:
من العلاقة السابقة :

$$X_{\max} = \frac{\delta_{\max} V}{\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) + \lambda(\text{Cl}^-)} \rightarrow X_{\max} = \frac{42,63 \cdot 10^{-3} \times 0,1 \cdot 10^{-3} (\text{m}^3)}{35 \cdot 10^{-3} + 7,63 \cdot 10^{-3}} = 10^{-4} \text{ mol}$$

ب- التركيز المولي C :
وجدنا سابقا $X_{\max} = CV$ ومنه :

$$C = \frac{X_{\max}}{V} \rightarrow C = \frac{10^{-4}}{0,1 (\text{L})} = 10^{-3} \text{ mol/L}$$

ج- حجم غاز كلور الهيدروجين $V(\text{HCl})$ المنحل في (S) :

$$C = \frac{V(\text{HCl})}{V_M} = \frac{V(\text{HCl})}{V_M \cdot V} \rightarrow V(\text{HCl}) = C \cdot V_M \cdot V$$

$$V(\text{HCl}) = 10^{-3} \times 22,4 \times 0,1 = 2,24 \cdot 10^{-3} \text{ L}$$

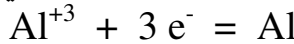
6- المعايرة اللونية أكسدة-إرجاع

● مفهوم تفاعلي الأكسدة و الإرجاع و تفاعل الأكسدة الإرجاعية :

- الأكسدة : هي عملية فقدان إلكترون أو أكثر من طرف فرد كيميائي خلال تفاعل كيميائي ، مثل :



- الإرجاع : هو عملية اكتساب إلكترون أو أكثر من طرف فرد كيميائي خلال تفاعل كيميائي ، مثل :



- المرجع : هو الفرد الكيميائي الذي يفقد الإلكترونات في تفاعل الأكسدة ، مثل Cu سابقا .

- المؤكسد : هو الفرد الكيميائي الذي يكتسب الإلكترونات في تفاعل الإرجاع ، مثل Al^{+3} سابقا .

- الأكسدة الإرجاعية : هو تفاعل كيميائي يحدث فيه انتقال إلكترون أو أكثر من المرجع إلى المؤكسد .

ملاحظة :

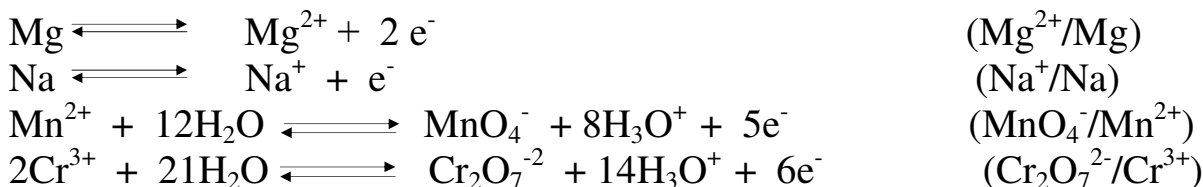
تفاعلي الأكسدة و الإرجاع في تفاعل الأكسدة الإرجاعية يحدثان في آن واحد و لا يحدث تفاعل أكسدة بدون إرجاع كما لا يحدث تفاعل إرجاع من دون تفاعل أكسدة .

● مفهوم الثنائية مؤكسد - مرجع (مر/مؤ) :

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



● أمثلة عن الثنائيات (مر/مؤ) :



● ملاحظة :

- إن حدوث الأكسدة أو الإرجاع في المثالين الأخيرين لا يتم إلا في وجود وسط حمضي الذي يتوفر على شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ ، لذا ظهرت في المعادلة النصفية الإلكترونية الشاردة H_3O^+ .

● كيفية كتابة معادلة الأكسدة الإرجاعية في وسط حمضي :

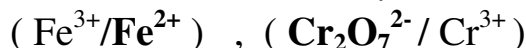
لكتابة معادلة الأكسدة الإرجاعية في وسط حمضي نتبع الخطوات التالية :

- نقسم معادلة الأكسدة الإرجاعية إلى معادلتين نصفيتين إحداها أكسدة و الأخرى إرجاع .
- نوازن في كل معادلة نصفية الذرات التي عانت الأكسدة و الذرات التي عانت الإرجاع (الذرات الأساسية ، أو الذرات ما عدا الأكسجين و الهيدروجين) .
- نوازن في كل معادلة نصفية ذرات الأكسجين و ذلك بإضافة جزيئة ماء H_2O واحدة مقابل كل ذرة أكسجين ناقصة في الطرف الذي يحتوي على العدد الأصغر من ذرات الأوكسجين.
- نوازن في كل معادلة نصفية ذرات الهيدروجين و ذلك بإضافة شاردة هيدروجين H^+ مقابل كل ذرة هيدروجين ناقصة في المكان المناسب ، و يمكن أيضا إضافة شاردة هيدرونيوم (H_3O^+) مقابل كل ذرة هيدروجين ناقصة في الطرف الذي يحتوي على العدد الأصغر من ذرات الهيدروجين ، و في نفس الوقت نضيف و بنفس العدد جزيئات الماء H_2O إلى الطرف الآخر .
- لتحقيق مبدأ إنحفاظ الشحنة (مجموع الشحنات قبل التفاعل يساوي مجموع الشحنات بعد التفاعل) ، نوازن في كل معادلة نصفية الشحنات و ذلك بإضافة الإلكترونات في الطرف ذو الشحنة الأكبر .
- بهدف الحصول على عدد الإلكترونات المفقودة في تفاعل الأكسدة مساوي لعدد الإلكترونات المكتسبة في تفاعل الإرجاع نضرب طرفي معادلة الأكسدة في عدد مناسب و طرفي معادلة الإرجاع في عدد مناسب آخر ، و بجمع المعادلتين الناتجتين طرفا إلى طرف ، نحصل على معادلة الأكسدة الإرجاعية .

● مثال على كيفية كتابة معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية في وسط حمضي :

مثال : إرجاع شاردة ثنائي الكرومات $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ، إلى شاردة الكروم Cr^{3+} ، بواسطة شاردة الحديد الثنائي Fe^{2+} :

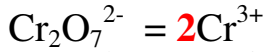
- الثنائيتين (مر/مؤ) المشاركتين في التفاعل هما :



- في هذا التفاعل تأكسدت شوارد الحديد الثنائي Fe^{2+} إلى شوارد الحديد الثلاثي Fe^{3+} وفق معادلة الأكسدة التالية :

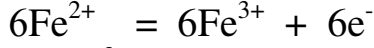


- في الوقت الذي تتأكسد فيه شوارد الحديد الثنائي Fe^{2+} ترجع شوارد ثنائي الكرومات $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ إلى شوارد الكروم Cr^{3+} وفق معادلة الإرجاع ذات الخطوات التالية :

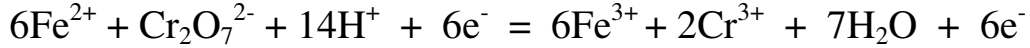


معادلة الأكسدة الإرجاعية :

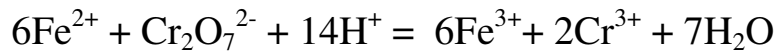
- بضرب طرفي معادلة الأكسدة في العدد (6) و طرفي معادلة الإرجاع في العدد (1) نجد :



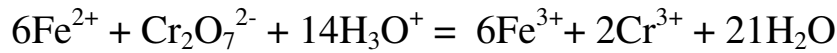
- بجمع المعادلتين الناتجتين طرف إلى طرف نجد :



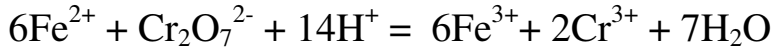
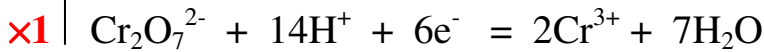
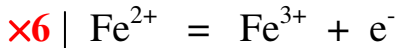
و باختزال عدد الإلكترونات ، نحصل على معادلة الأكسدة الإرجاعية التالية :



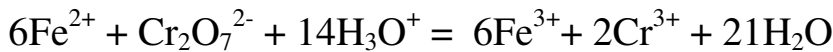
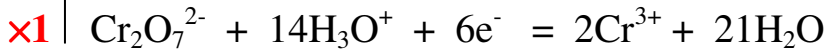
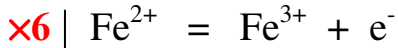
- إذا وازنا ذرات الهيدروجين بشوارد الهيدرونيوم H_3O^+ و بنفس الخطوات السابقة نحصل على المعادلة التالية :



نكتب باختصار المعادلات كما يلي :



أو :



التمرين (10) : (التمرين : 007 في بنك التمارين على الموقع) (**)

أكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة و الإرجاع ثم معادلات الأكسدة الإرجاعية في الحالات التالية :

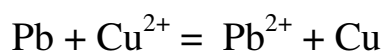
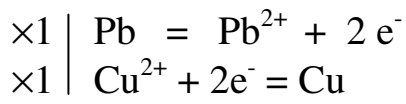
الحالة	الشائيتين (مر/مؤ) الداخلتين في التفاعل	الفردين الكيميائيين المتفاعلين
(1)	$(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb})$ $(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu})$	Cu^{2+} , Pb
(2)	$(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe})$ $(\text{Cl}_2/\text{Cl}^-)$	Fe , Cl_2
(3)	(I_2/I^-) $(\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{SO}_4^{2-})$	I^- , $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$

(4)	$(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+})$ $(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+})$	Fe^{2+} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ في وسط حمضي
(5)	$(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+})$ $(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+})$	Fe^{2+} , MnO_4^- في وسط حمضي
(6)	$(\text{Al}^{3+}/\text{Al})$ $(\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2)$	Al , H_3O^+
(7)	$(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}_2)$ $(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+})$	H_2O_2 , MnO_4^- في وسط حمضي
(8)	(H^+/H_2) (CuO/Cu)	CuO , H_2 في وسط حمضي
(9)	$(\text{BrO}_3^-/\text{Br}_2)$ $(\text{Br}_2/\text{Br}^-)$	BrO_3^- , Br^- في وسط حمضي
(10)	$(\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH})$ $(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+})$	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ في وسط حمضي

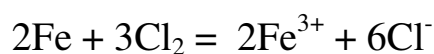
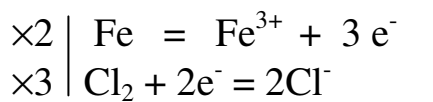
الأجوبة :

المعادلتين النصفيتين للأكسدة و الإرجاع و معادلة الأكسدة الإرجاعية :

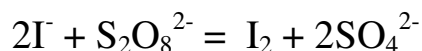
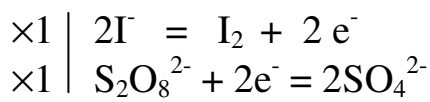
• التفاعل (1) بين Pb و Cu^{2+} :



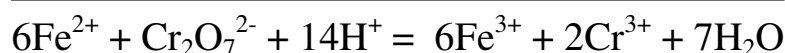
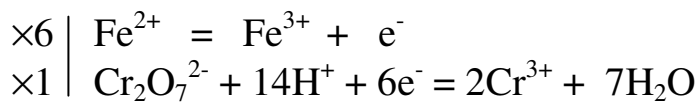
• التفاعل (2) بين Fe و Cl_2 :



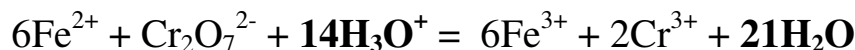
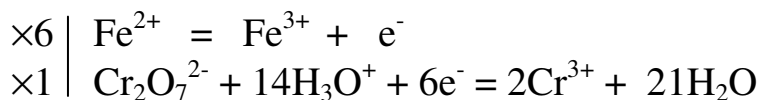
• التفاعل (3) بين I^- و $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$:



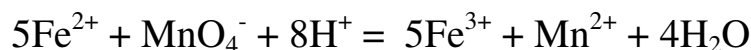
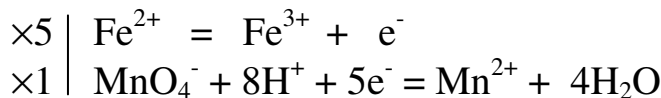
• التفاعل (4) بين Fe^{2+} و $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$:



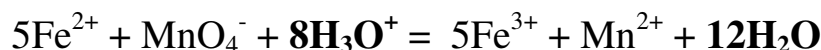
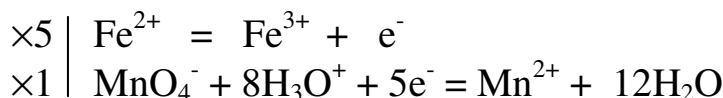
عندما نوازن الهيدروجين بـ H_3O^+ بدل H^+ :



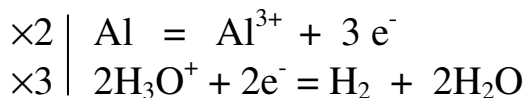
• التفاعل (5) بين Fe^{2+} و MnO_4^- :



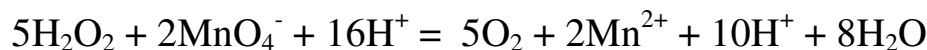
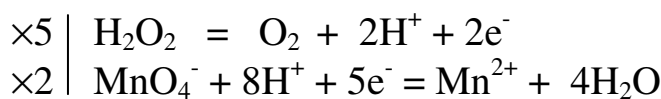
عندما نوازن الهيدروجين بـ H_3O^+ بدل H^+ :



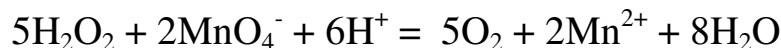
• التفاعل (6) بين Al و H_3O^+ :



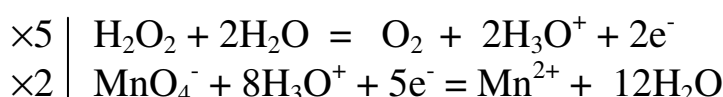
• التفاعل (7) بين H_2O_2 و MnO_4^- :



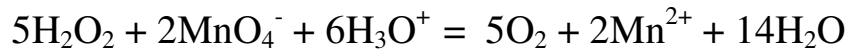
و باختزال H^+ يصبح :



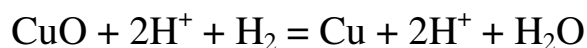
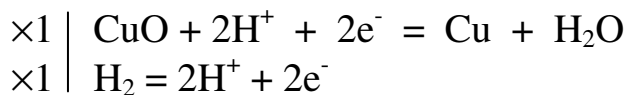
عندما نوازن الهيدروجين بـ H_3O^+ بدل H^+ :



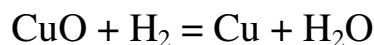
و باختزال H^+ يصبح :



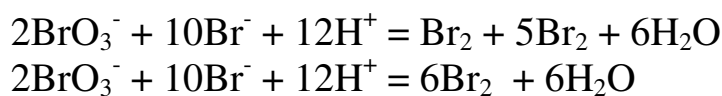
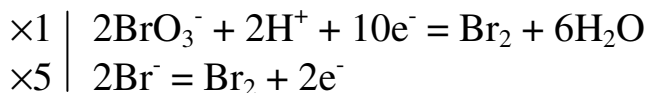
• التفاعل (8) بين CuO و H_2 :



و باختزال H^+ يصبح :



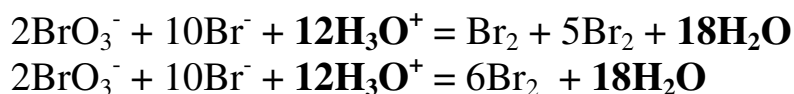
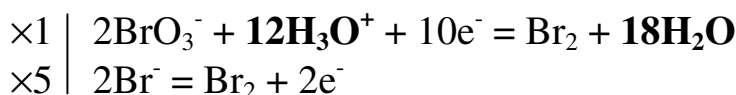
• التفاعل (9) بين Br^- و BrO_3^- :



و بالاختزال نجد :



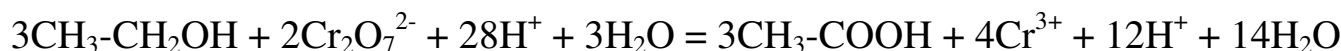
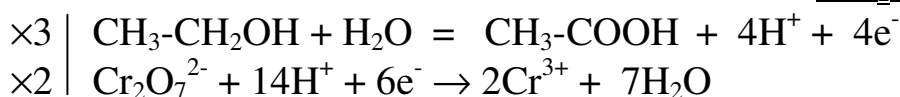
عندما نوازن الهيدروجين بـ H_3O^+ بدل H^+ :



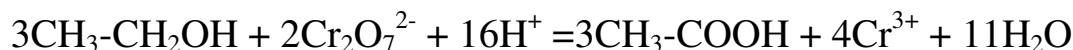
و بالاختزال نجد :



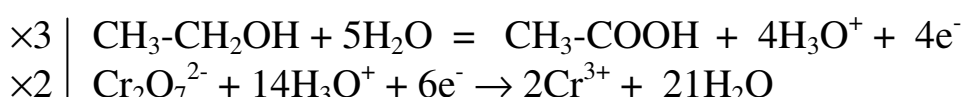
• التفاعل (10) بين $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$ و $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$:



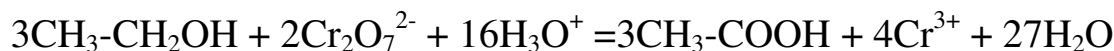
و باختزال H^+ يصبح :



عندما نوازن الهيدروجين بـ H_3O^+ بدل H^+ :



و باختزال H_3O^+ يصبح :



التمرين (11) : (التمرين : 075 في بنك التمارين على الموقع) (**)



يحضر ثنائي كرومات البوتاسيوم $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ بشكل تقني من عملية صهر مشترك لمعدن الكروميت مع كربونات البوتاسيوم و كربونات الكالسيوم ، وبإجراء عملية الأكسدة بتيار من الهواء ، أما مخبرياً ، فإن عملية تحضير ثنائي كرومات البوتاسيوم تتم من خلال تفاعل نترات البوتاسيوم KNO_3 مع أكسيد الكروم الثلاثي Cr_2O_3 ، و يكون ثنائي كرومات البوتاسيوم على شكل بلورات برتقالية اللون .

1- لتحضير محلول (A) لثنائي كرومات البوتاسيوم ($2\text{K}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) قمنا بحل 2,94 g من ثنائي كرومات البوتاسيوم النقي $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ في 100 mL من الماء المقطر .

أ- أكتب البروتوكول التجريبي لتحضير المحلول (A) .

ب- أوجد التركيز المولي C_0 للمحلول الناتج :

يعطى : $M(\text{Cr}) = 52 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{K}) = 39 \text{ g/mol}$.

2- للتأكد من قيمة التركيز المولي C_0 السابقة نأخذ 10 mL من المحلول (A) و نمدها 10 مرات فنحصل على محلول ممدد تركيزه المولي C_1 ، نأخذ $V_1 = 20 \text{ mL}$ من هذا المحلول الممدد و نعايرها بمحلول كبريتات الحديد الثنائي $(\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-})$ المحمض تركيزه المولي $C_2 = 0,2 \text{ mol/L}$ ، نلاحظ أنه يلزم للتكافؤ إضافة $V_{2E} = 6 \text{ mL}$ من محلول كبريتات الحديد الثنائي .

أ- أكتب معادلة التفاعل المنمذج لتفاعل المعايرة إذا علمت أن الثنائيتين (مر/مؤ) الداخلتين في التفاعل هما : $(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+})$ ، $(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+})$

ب- أوجد التركيز المولي C_1 للمحلول الممدد المعايير ثم استنتج التركيز المولي C_0 للمحلول (A) الابتدائي .

الأجوبة :

1- أ- البروتوكول التجريبي :

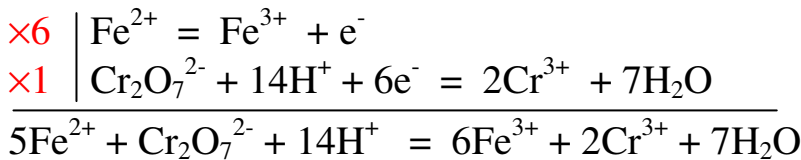
- وزن بواسطة ميزان إلكتروني الكتلة $m = 2,94 \text{ g}$ من ثنائي كرومات البوتاسيوم .
- بواسطة قمع زجاجي نضع هذه الكتلة في حوض عيارية سعتها 100 mL تحتوي على كمية قليلة من الماء المقطر ، ثم نرج المزيج حتى تختفي كليا كتلة ثنائي كرومات البوتاسيوم .
- نضيف الماء المقطر حتى بلوغ الخط العياري مع الرج المستمر من أجل تجانس المحلول .
- ب- التركيز المولي C_0 للمحلول الناتج :

$$C_0 = \frac{n_0(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4)}{V} = \frac{\frac{m_0}{M}}{V} = \frac{m_0}{M.V}$$

$$M = (2 \cdot 39) + (2 \cdot 52) + (7 \cdot 16) = 294 \text{ g/mol}$$

$$C_0 = \frac{2,94}{294 \cdot 0,1} = 0,1 \text{ mol/L}$$

2- أ- معادلة التفاعل :



ب- التركيز C_1 للمحلول الممدد و التركيز C_0 للمحلول الابتدائي :
اعتمادا على معادلة التفاعل يكون عند التكافؤ :

$$\frac{n_0(\text{Fe}^{2+})}{6} = n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$$

$$\frac{C_2 V_{2E}}{6} = C_1 V_1 \rightarrow C_1 = \frac{C_2 V_{2E}}{6 V_1} \rightarrow C_1 = \frac{0,2 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 20 \cdot 10^{-3}} = 10^{-2} \text{ mol/L}$$

و كون أن المحلول الممدد المعايير مدد 10 مرات يكون :

$$C_1 = \frac{C_0}{10} \rightarrow C_0 = 10 C_1 = 10 \cdot 10^{-2} = 0,1 \text{ mol/L}$$

و هي نفس النتيجة المتحصل عليها سابقا .

التمرين (12): (التمرين : 019 في بنك التمارين على الموقع) ()**

لتحديد التركيز المولي C لمحلول الماء الأكسجيني H_2O_2 نتبع الطريقتين التاليتين :

الطريقة الأولى :

نأخذ حجما $V = 14 \text{ mL}$ من الماء الأكسجيني H_2O_2 و نعايره في وسط حمضي بمحلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)$ ذو التركيز المولي $C' = 0,1 \text{ mol/L}$ فيكون الحجم اللازم للتكافؤ $V'_E = 20 \text{ mL}$.

1- إذا كانت الثنائيتان (ox/red) الداخلتان في الفاعل هما (MnO_4^-/Mn^{2+}) و (O_2/H_2O_2) ، أكتب معادلة الأكسدة الإرجاعية للتفاعل الحادث .

2- لماذا عايرنا الماء الأكسجيني في وسط حمضي ؟

3- أذكر البروتوكول التجريبي لتحقيق عملية المعايرة .

4- أثبت أن تركيز الماء الأكسجيني يعطى بالعلاقة $C = \frac{5C'V'_E}{2V}$ و أحسب قيمته .

الطريقة الثانية :

نمزج حجما $V = 250 \text{ mL}$ من الماء الأكسجيني ذو التركيز المولي C مع حجم $V' = 500 \text{ mL}$ من برمنغنات البوتاسيوم ذو التركيز $C' = 0,1 \text{ mol/L}$ في وسط حمضي فيكون حجم غاز الأكسجين المنطلق في نهاية التفاعل هو $V(O_2) = 2 \text{ L}$ في الشرطين النظاميين .

1- احسب كمية المادة الابتدائية لشاردة البرمنغنات MnO_4^- .

2- أنجز جدول التقدم للتفاعل الكيميائي الحادث .

3- أثبت أن التقدم الأعظمي هو $x_{\max} = 1,79 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ و بين أن الماء الأكسجيني هو المتفاعل المحد .

4- استنتج اعتمادا على جدول التقدم أحسب التركيز المولي C للماء الأكسجيني و قارنه مع النتيجة السابقة .

5- احسب تركيز المزيج بالشاردة Mn^{2+} في نهاية التفاعل .

التمرين (13): (التمرين : 031 في بنك التمارين على الموقع) ()**

يحفظ الماء الأكسجيني (محلول لبروكسيد الهيدروجين $H_2O_2(aq)$ في قارورات خاصة بسبب التفكك الذاتي البطيء) . تحمل الورقة الملصقة على قارورة من الماء الأكسجيني منتجة حديثا موجودة في مخبر الثانوية في المختبر الكتابة ماء أكسجيني (10V) ، و تعني (1L) من الماء الأكسجيني ينتج بعد تفككه 10L من غاز ثنائي الأكسجين في الشرطين النظاميين حيث الحجم المولي $V_M = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$.

1- ينمذج التفكك الذاتي للماء الأكسجيني بالتفاعل ذي المعادلة الكيميائية التالية :



أ- بين أن التركيز المولي للماء الأكسجيني هو : $C_0 = 0,893 \text{ mol.L}^{-1}$.

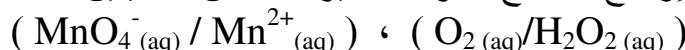
ب- نضع في حوجة حجما V_i من الماء الأكسجيني و نكمل الحجم بالماء المقطر إلى 100 mL .

• كيف تسمى هذه العملية ؟

• استنتج الحجم V_i علما أن المحلول الناتج تركيزه المولي $C_1 = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.

2- لغرض التأكد من الكتابة السابقة (10V) عايرنا 20 mL من المحلول الممدد بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+(aq) + MnO_4^-(aq))$ المحمض ، تركيزه المولي $C_2 = 0,02 \text{ mol.L}^{-1}$ فكان الحجم المضاف عند التكافؤ $V_E = 40 \text{ mL}$.

أ- أكتب معادلة التفاعل أكسدة- إرجاع المنمذج لتحول المعايرة علما أن الثنائيتين الداخلتين في هذا التفاعل هما :



ب- استنتج التركيز المولي لمحلول الماء الأكسجيني الابتدائي ، و هل تتوافق هذه النتيجة التجريبية مع ما كتب على ملصوقة القارورة ؟

3- توجد في مخبر الثانوية قارورة أخرى للماء الأكسجيني تحمل الكتابة 10V أيضا و لكنها قديمة استلمها مخبر الثانوية قبل سنتين ، باعتبار التركيز المولي للماء الأكسجيني في هذه القارورة هو C' .

أ- اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات التالية مع التعليل : $C' = C_0$ ، $C' > C_0$ ، $C' < C_0$.

ب- اقترح طريقة تمكن مخبري الثانوية من معرفة إن كان الماء الأكسجيني في مخبر الثانوية الذي يحمل الكتابة 10V محضر حديثا أم قديما .

الأجوبة :

1- أ- إثبات أن التركيز المولي للماء الأكسجيني هو $C = 0.893 \text{ mol.L}^{-1}$:

الحالة	التقدم	$2\text{H}_2\text{O}$	$=$	$2\text{H}_2\text{O}$	$+$	O_2
ابتدائية	$x = 0$	n_0		بوفرة		0
انتقالية	x	$n_0 - 2x$		بوفرة		x
نهائية	$x_{\max}$	$n_0 - 2x_{\max}$		بوفرة		$x_{\max}$

- نحسب التقدم الأعظمي $x_{\max}$ عندما يتفكك $V(\text{H}_2\text{O}) = 1\text{L}$ من الماء الأكسجيني و ينتج عن ذلك $V(\text{O}_2) = 10\text{L}$ من غاز الأكسجين في الشرطين النظاميين :
- من جدول التقدم و عند نهاية التفاعل :

$$n_f(\text{O}_2) = x_{\max} \rightarrow x_{\max} = \frac{V(\text{O}_2)}{V_M} = \frac{10}{22,4} = 0,446 \text{ mol}$$

- من جدول التقدم أيضا و عند نهاية التفاعل :

$$n_0(\text{H}_2\text{O}_2) - 2x_{\max} = 0$$

$$C_0 V(\text{H}_2\text{O}_2) = 2x_{\max} \rightarrow C_0 = \frac{2x_{\max}}{V(\text{H}_2\text{O}_2)}$$

$$C_0 V(\text{H}_2\text{O}_2) = 2x_{\max} \rightarrow C_0 = \frac{2 \cdot 0,446}{1} = 0,89 \text{ mol/L}$$

ب- تسمى العملية بالتخفيف (أو التمديد) .

ج- قيمة V_1 :

أثناء التمديد لا تتغير كمية المادة و عليه :

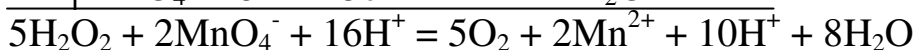
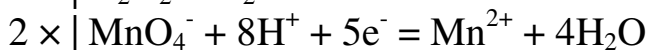
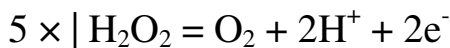
$$n_1(\text{H}_2\text{O}_2) = n_i(\text{H}_2\text{O}_2)$$

$$C_1 V_1 = C V_i$$

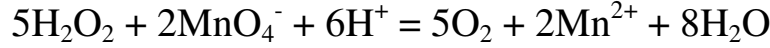
(V_1 هو الحجم الكلي : $V_1 = 100 \text{ mL}$)

$$V_i = \frac{C_1 V_1}{C} \rightarrow V_i = \frac{0.1 \cdot 0.1}{0.893} = 1.12 \cdot 10^{-2} \text{ L} \approx 11 \text{ mL}$$

2- أ- معادلة التفاعل أكسدة- إرجاع المنذج لتحول المعايرة :



و باختزال H^+ تصبح المعادلة الإجمالية للتفاعل المنمذج للمعايرة كما يلي :



ب- التركيز المولي للماء الأكسجيني :

عند التكافؤ و من المعادلة يكون :

$$\frac{n_0(H_2O_2)}{5} = \frac{n_0(MnO_4^-)}{2} \rightarrow \frac{CV}{5} = \frac{C_2 V_E}{2} \rightarrow C = \frac{5 C_2 V_E}{2V}$$

$$C = \frac{5 \cdot 0.02 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 20 \cdot 10^{-3}} = 0.1 \text{ mol/L}$$

و هو تركيز محلول الماء الأكسجيني المخفف ، نحسب الآن تركيز محلول الماء الأكسجيني الابتدائي :

$$CV_i = C_1 V_1 \rightarrow C = \frac{C_1 \cdot V_1}{V_i} \rightarrow C = \frac{0.1 \cdot 0.1}{1.12 \cdot 10^{-2}} = 0.893 \text{ mol/L}$$

و هي نفس القيمة المتحصل عليها سابقا $C_0 = 0.893 \text{ mol/L}$.

3- اختيار الإجابة الصحيحة :

بما أن القارورة مكتوب عليها 10V هذا يعني أن التركيز المولي للماء الأكسجيني الموجود بها يساوي $C_0 = 0.893 \text{ mol.L}^{-1}$ عندما تم تحضيره و قد تم حساب هذه القيمة سابقا ، و كون أن الماء الأكسجيني يتفكك ذاتيا بمرور الزمن ، هذا يعني أن التركيز المولي C للماء الأكسجيني يتناقص بمرور الزمن ، لذا يكون $C' < C_0$.

ب- الطريقة تمكن مخبري الثانوية من معرفة إن كان الماء الأكسجيني في مخبر الثانوية محضر حديثا أم قديما :

كنا ذكرنا سابقا ، الكتابة 10V تعني أن التركيز المولي للماء الأكسجيني عندما تم تحضيره يساوي $C_0 = 0.893 \text{ mol.L}^{-1}$ ، و لمعرفة إن كان هذا الماء الأكسجيني محضر حديثا أم لا نحدد تركيزه المولي الحالي و نقارنه بالتركيز C_0 المولي الموافق للكتابة 10V إذا كان أقل فهو محضر قديما و إذا كان يساوي فهو محضر حديثا و مستحيل يكون أكبر .

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

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

لتحميل نسخة من هذا الملف و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ :

www.sites.google.com/site/faresfergani