

تمارين المعايرة المباشرة

تمرين 1 :

لتحديد كمية المادة n_0 لأيونات H_3O^+ الموجودة في محلول حمض الكلوريدريك ، نعاير هذا المحلول بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم ذي تركيز $C_1 = 1,0 \cdot 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$.

- 1- ما المحلول الذي يجب صبه في السحاحة وفي الكأس .
- 2- اكتب المعادلة الحصيلة للتفاعل الذي يحدث خلال هذه المعايرة .
- 3- اقترح بروتوكولا تجريبيا يمكن من معاينة التكافؤ الحمضي القاعدي .
- 4- نحصل على التكافؤ عند صب حجم $5,3 mL$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم المضاف .

- 4.1- أنشئ الجدول الوصفي للتفاعل عند التكافؤ .
- 4.2- حدد كمية المادة n_0 لأيونات H_3O^+ المعايرة .

تمرين 2 :

نعاير حجما $V_1 = 20 mL$ من محلول مائي (S) للماء الأوكسيجيني الذي يباع في الصيدلية ، بواسطة محلول مائي (S₂) لبرمنغنات البوتاسيوم في وسط حمضي تركيزه المولي $C_2 = 1,04 mol \cdot L^{-1}$.

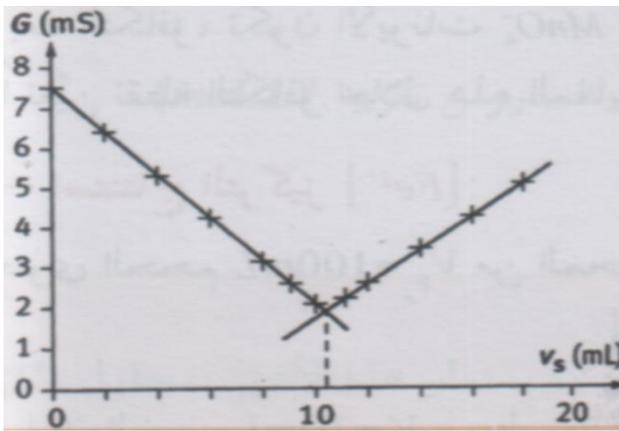
- 1- أكتب المعادلة الحصيلة للتفاعل .
- 2- نحصل على التكافؤ عند إضافة حجما $V_2 = 18,4 mL$ من (S₂) .
 - 2.1- أنجز الجدول الوصفي للتحويل الكيميائي .
 - 2.2- استنتج كمية مادة الماء الأوكسيجيني .
 - 2.3- أحسب التركيز المولي للمحلول الجديد .
 - 2.4- مالون الخليط المحصل عليه عند التكافؤ .

تمرين 3 :

يحتوي محلول الخل التجاري على حمض الإيثانويك . لتحديد التركيز المولي C_0 لحمض الإيثانويك الموجود في محلول الخل ، نحضر محلولاً مخففاً 100 مرة . نأخذ حجماً $10,0 mL$ من هذا المحلول المخفف ونعايره بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم ($Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$) ذي تركيز مولي $C_1 = 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$.

- يساوي حجم المتفاعل المعايير المضاف عند التكافؤ 9,7mL .
- 1- حدد المزدوجتين حمض- قاعدة الداخلتين في التفاعل الذي يحدث خلال هذه المعايرة . واكتب المعادلة الحصيلة .
 - 2- فسر لماذا يكون من الضروري إضافة كاشف ملون في الخليط .
 - 3- أنجز جدول التقدم للمجموعة الكيميائية عند التكافؤ ، ثم حدد كمية مادة حمض الإيثانويك المعايير .
 - 4- استنتج التركيز C_0 لحمض الإيثانويك الموجود في الخل التجاري .

تمرين 4 :



نجز ، في مختبر معايرة ، بقياس المواصلة G ، لمحلول حمض الكلوريدريك بمحلول هيدروكسيد الصوديوم ذي تركيز $C_S = 0,100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
 نأخذ حجما $V = 10,0 \text{ mL}$ من المحلول المعايير ونخففه بالماء المقطر للحصول على 100mL .
 يمثل المنحنى جانبه تغيرات المواصلة G للمحلول المعايير بدلالة الحجم V_s للمحلول المعايير.

- 1- أكتب معادلة تفاعل المعايرة .
- 2- أنشئ الجدول الوصفي لتطور المجموعة الكيميائية .
- 3- استنتج التركيز C لمحلول حمض الكلوريدريك المعايير .

تمرين 5 :

تكتب صيغة كبريتات الحديد II المميه والصلب كالتالي $(\text{FeSO}_4, n\text{H}_2\text{O})_{(s)}$. لتحديد العدد الصحيح n ، نتبع الطيقة التالية :
 نذيب 27,8g من كبريتات الحديد II المميه في الماء المقطر للحصول على لتر من المحلول . نأخذ عينة ذات حجم $V_1 = 10 \text{ mL}$ من هذا المحلول ، ونعايرها بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم ذي التركيز $C_2 = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 نحصل على التكافؤ بعد إضافة الحجم $V_2 = 16,0 \text{ mL}$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم .

- 1- أكتب معادلة تفاعل المعايرة .

- 2- أحسب كمية مادة أيونات $Fe^{2+}_{(aq)}$ الموجودة بدئيا في العينة المعايرة من محلول كبريتات الحديد II المميه .
- 3- استنتج تركيز الأيونات $Fe^{2+}_{(aq)}$ في المحلول المعاير .
- 4- استنتج قيمة n .
- معطيات :

$$M(O)=16 \text{ g.mol}^{-1} , M(S)=32\text{g.mol}^{-1} , M(Fe)=56\text{g.mol}^{-1}$$

$$M(H)=1\text{g.mol}^{-1}$$

تمرين 6 :

نعاير حجما $V_2 = 25,0\text{mL}$ من حمض الأوكساليك $C_2O_4H_2(aq)$ بمحلول برمنغنات البوتاسيوم المحمض تركيزه $C_1 = 1,00.10^{-1}\text{mol.L}^{-1}$ نحصل عند نقطة التكافؤ عند إضافة الحجم $V_{\acute{e}q} = 10,0\text{mL}$ من المحلول المعاير .

علما أن حمض الأوكساليك يمثل مختزل مزدوجة $CO_2, H_2O(aq)/C_2O_4H_2(aq)$.

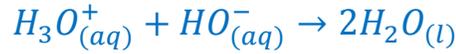
- 1- صف التجربة التي تمكن من القيام بهذه المعايرة .
- 2- أكتب معادلة تفاعل المعايرة .
- 3- كيف يتم التعرف على حجم التكافؤ ؟
- 4- أنجز جدولا وصفيا لتطور التحول حتي نقطة التكافؤ.
- 5- عين C_1 التركيز المولي لمحلول حمض الأوكساليك .
- 6- تم الحصول على محلول حمض الأوكساليك بوضع الكتلة m من الحمض في حوجلة من فئة 100mL ثم إضافة الماء حتى الخط المعياري . أحسب m نعطي :

$$M(H)=1\text{g.mol}^{-1} , M(O)=16\text{g.mol}^{-1} , M(C)=12\text{g.mol}^{-1}$$

تصحيح تمارين المعايرة المباشرة

تمرين 1:

- 1- تحديد المحلول المتواجد في كل من الكاس والسحاحة :
 ▪ في السحاحة : نصب محلول (المعاير) هيدروكسيد الصوديوم .
 ▪ في الكأس : نصب محلول (المعاير) حمض الكلوريدريك .
 2- المعادلة الحصيلة :



- 3- البروتوكول التجريبي :
 يمكن معاينة نقطة التكافؤ بالمعايرة الملوانية مثلا استعمال الكاشف أرزق البروموتيمول B.B.T أو المعايرة بقياس المواصلة للخليط في الكأس .

- 4- جدول التقدم :
 كمية مادة أيونات OH^- المضافة عند التكافؤ :

$$n_e = C_1 \cdot V_e = 10,0 \cdot 10^{-2} \text{mol} \cdot L^{-1} \times 5,3 \cdot 10^{-3} L$$

$$n_e = 5,3 \cdot 10^{-4} \text{mol}$$

الجدول الوصفي عند التكافؤ :

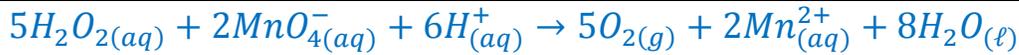
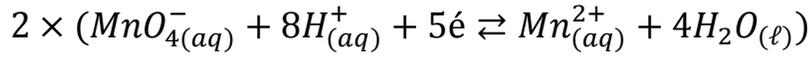
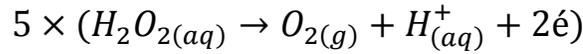
$H_3O^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$			معادلة التفاعل	
$n(H_3O^+)$	$n(HO^-)$	$n(H_2O)$	التقدم	حالة المجموعة
n_0	$5,3 \cdot 10^{-4}$	وفير	0	البدئية
$n_0 - x$	$5,3 \cdot 10^{-4} - x$	وفير	x	خلال التطور
$n_0 - x_{\text{éq}}$	$5,3 \cdot 10^{-4} - x_{\text{éq}}$	وفير	$x_{\text{éq}}$	التكافؤ

- 5- كمية المادة n_0 :
 6- عند التكافؤ نكتب :

$$\begin{cases} n_0 - x_e = 0 \\ 5,3 \cdot 10^{-4} - x_e = 0 \end{cases} \Rightarrow n_0 = x_e = 5,3 \cdot 10^{-4} \text{mol}$$

التمرين 2 :

1- المعادلة الحصيلة للتفاعل :



2- 2.1- الجدول الوصفي :

$5H_2O_{2(aq)} + 2MnO_4^-_{(aq)} + 6H^+_{(aq)} \rightarrow 5O_{2(g)} + 2Mn^{2+}_{(aq)} + 8H_2O_{(l)}$						معادلة التفاعل	
$n(H_2O_2)$	$n(MnO_4^-)$	$n(H^+)$	$n(O_2)$	$n(Mn^{2+})$	$n(H_2O)$	التقدم	حالة المجموعة
n_1	n_2	n_3	0	0	وفير	0	البدئية
$n_1 - 5x$	$n_2 - 2x$	$n_3 - 6x$	$5x$	$2x$	وفير	x	خلال التحول
$n_1 - 5x_e$	$n_2 - 2x_e$	$n_3 - 6x_e$	$5x_e$	$2x_e$	وفير	x_e	النهائية

2.2- عند التكافؤ يختفي كل من المتفاعلين H_2O_2 و MnO_4^- نكتب :

$$\begin{cases} n_1 - 5x_e = 0 \\ n_2 - 2x_e = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_e = \frac{n_1}{5} \\ x_e = \frac{n_2}{2} \end{cases}$$

نستنتج: $\frac{n_1}{5} = \frac{n_2}{2}$
كمية مادة الماء الأوكسيجيني :

$$n_1 = \frac{5}{2}n_2 = \frac{5}{2}C_2 \cdot V_2$$

ت.ع:

$$n_1 = \frac{5}{2} \times 1,04 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times 18,4 \cdot 10^{-3} L$$

$$n_1 = 4,78 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

3.2- التركيز المولي C_1 للمحلول (S_1) :

$$C_1 = \frac{n_1}{V_1}$$

$$C_1 = \frac{4,78 \cdot 10^{-2} \text{ mol}}{20 \cdot 10^{-3} \text{ L}}$$

$$C_1 = 2,39 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

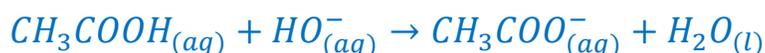
2.4- لون الخليط بنفسجي فاتح يوضح ظهور بعض الأيونات البرمنغنات MnO_4^- التي بقيت في الكأس دون أن تتفاعل .

تمرين 3 :

1- المزدوجتان المتفاعلتان والمعادلة الحصيلة :

• المزدوجتان : CH_3COOH/CH_3COO^- و H_2O/HO^- .

• معادلة التفاعل :



2- تفسير ضرورة اضافة كاشف ملون :

بما أن جميع الأنواع المتفاعلة عديمة اللون ، فإنه من الضوري إضافة كاشف ملون مثلا الفينولفتاليين لمعلمة نقطة التكافؤ .

3- جدول التقدم :

كمية مادة المتفاعل المعايير HO^- هي :

$$n_e = C_1 \cdot V_e = C_1 = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 9,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 9,7 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$CH_3COOH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$				معادلة التفاعل	
$n(CH_3COOH)$	$n(HO^-)$	$n(CH_3COO^-)$	$n(H_2O)$	التقدم	حالة المجموعة
n_0	$9,7 \cdot 10^{-5}$	0	وفير	0	الحالة البدئية (mol)
$n_0 - x$	$9,7 \cdot 10^{-5} - x$	x	وفير	x	الحالة خلال التحول
$n_0 - x_{\acute{e}q}$	$9,7 \cdot 10^{-5} - x_{\acute{e}q}$	$x_{\acute{e}q}$	وفير	$x_{\acute{e}q}$	الحالة النهائية (mol)

نستنتج أن كمية مادة حمض الإيثانويك المعايير هي :

$$n_0 = x_{\acute{e}q} = 9,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

-4 التركيز C_0 :

التركيز المولي لحمض الإيثانويك في المحلول المخفف :

$$C_0 = \frac{n_0}{V_0} \Rightarrow C_0 = \frac{9,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}{10 \cdot 10^{-3} \text{ L}}$$

$$C_0 = 9,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

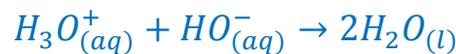
ليكن C التركيز المولي لحمض الإيثانويك في الخل التجاري حيث :

$$C = 100C_0$$

$$C = 0,95 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

تمرين 4:

-1 معادلة تفاعل المعايرة :



-2 الجدول الوصفي :

$H_3O^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$			معادلة التفاعل	
$n(H_3O^+)$	$n(HO^-)$	$n(H_2O)$	التقدم	حالة المجموعة
$n_i(H_3O^+)$	$C_S \cdot V_{\acute{e}q}$	وفير	0	البدئية
$n_i(H_3O^+) - x$	$C_S \cdot V_{\acute{e}q} - x$	وفير	x	خلال التطور
$n_i(H_3O^+) - x_{\acute{e}q}$	$C_S \cdot V_{\acute{e}q} - x_{\acute{e}q}$	وفير	$x_{\acute{e}q}$	عند التكافؤ

$V_{\acute{e}q}$: حجم الملول المعيار المضاف عند التكافؤ .

3- استنتاج التركيز C للمحلول المعيار :

مبيانيا نجد $V_e \simeq 10,3mL$ أفصول نقطة التكافؤ التي تمثل تقاطع الجزأين المستقيمين للمنحنى $G=f(V_S)$.

تفاعل المعايرة كلي وسريع حيث يستهلك التفاعلين H_3O^+ و HO^- كليا عند التكافؤ ، حسب الجدول الوصفي نكتب :

$$\begin{cases} n_i(H_3O^+) - x_{\acute{e}q} = 0 \\ C_S \cdot V_{\acute{e}q} - x_{\acute{e}q} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n_i(H_3O^+) = x_{\acute{e}q} \\ C_S \cdot V_{\acute{e}q} = x_{\acute{e}q} \end{cases}$$

$$\Rightarrow n_i(H_3O^+) = C_S \cdot V_{\acute{e}q} = x_{\acute{e}q}$$

بالنسبة للمحلول المعيار (H_3O^+) تركيزه يكتب :

$$C = \frac{n_i(H_3O^+)}{V}$$

$$C = \frac{C_S \cdot V_{\acute{e}q}}{V}$$

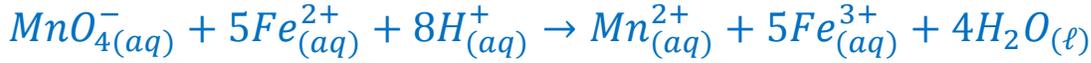
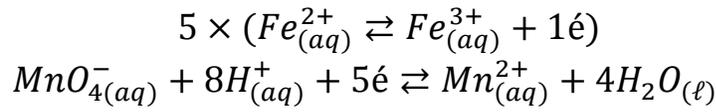
$$C = \frac{0,100 \times 10,3}{10,0}$$

$$C = 0,103mol \cdot L^{-1}$$

تمرين 5:

1- معادلة تفاعل المعايرة :

-2



3- حساب كمية المادة البدئية ل Fe^{2+} :

عند التكافؤ لدينا :

$$\frac{n_i(Fe^{2+})}{5} = \frac{n_v(MnO_4^-)}{1}$$

$$n_i(Fe^{2+}) = 5n_v(MnO_4^-)$$

$$n_i(Fe^{2+}) = 5C_2 \cdot V_2$$

ت.ع:

$$n_i(Fe^{2+}) = 5 \times 1,25 \cdot 10^{-2} mol \cdot L^{-1} \times 16 \cdot 10^{-3} L$$

$$n_i(Fe^{2+}) = 10^{-3} mol$$

4- تركيز الايونات $Fe^{2+}_{(aq)}$ في المحلول المعاير:

$$C_1 = \frac{n_i(Fe^{2+})}{V_1}$$

$$C_1 = \frac{10^{-3}}{10 \cdot 10^{-3}}$$

ت.ع:

$$C_1 = 0,10 mol \cdot L^{-1}$$

5- حساب n :

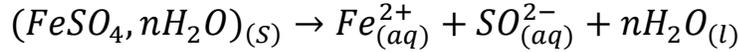
تعبير الكتلة المولية للمركب الأيوني $(FeSO_4, nH_2O)_{(s)}$ بدلالة n :

$$M = M(Fe) + M(S) + 4M(O) + n(2M(H) + M(O))$$

$$M = 56 + 32 + 4 \times 16 + 2n + 16 \times 2n$$

$$M=152+18n$$

معادلة ذوبان المركب $(FeSO_4, nH_2O)_{(s)}$ في الماء تكتب :



من المعادلة يتبين أن مول واحد من المركب الأيوني يعطي مول واحد من الأيونات $Fe_{(aq)}^{2+}$ أي :

$$n(FeSO_4, nH_2O) = n(Fe^{2+})$$

$$C_1 = \frac{n(Fe^{2+})}{V} = \frac{n(FeSO_4, nH_2O)}{V}$$

$$C_1 = \frac{m}{M \cdot V} \Rightarrow M = \frac{m}{C_1 \cdot V}$$

$$M = \frac{27,8}{0,1 \times 1} = 278g \cdot mol^{-1}$$

$$M = 152 + 18n$$

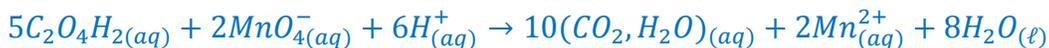
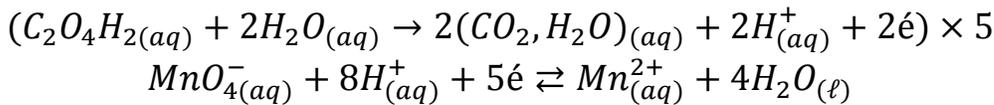
$$n = \frac{M - 152}{18} = \frac{278 - 152}{18}$$

$$n = 7$$

صيغة المركب الايوني هي $(FeSO_4, 7H_2O)$

تمرين 6 :

- 1- نصب الحجم V_2 من محلول حمض الأوكساليك في الكأس ، ونصب تدريجيا محلول برمنغنات البوتاسيوم من السحاحة حتى نقطة التكافؤ .
- 2- معادلة تفاعل المعايرة :



3- تتميز نقطة التكافؤ بعدم اختفاء اللون البنفسجي المميز لمحلول برمنغنات البوتاسيوم في الكأس .

4- الجدول الوصفي لتفاعل المعايرة :

$5C_2O_4H_2(aq) + 2MnO_4^-(aq) + 6H^+(aq) \rightarrow 10(CO_2, H_2O)_{(aq)} + 2Mn^{2+}_{(aq)} + 8H_2O_{(l)}$						معادلة التفاعل	
$n(C_2O_4H_2)$	$n(MnO_4^-)$	$n(H^+)$	$n(CO_2)$	$n(Mn^{2+})$	$n(H_2O)$	التقدم	حالة المجموعة
$n_i(C_2O_4H_2)$	$n_{\text{المضاف}}(MnO_4^-)$	وفير	0	0	وفير	0	الحالة البدئية
$n_i(C_2O_4H_2) - 5x$	$n_{\text{المضاف}}(MnO_4^-) - 2x$	وفير	$10x$	$2x$	وفير	x	خلال التطور
$n_i(C_2O_4H_2) - 5x_{\text{éq}}$	$n_{\text{المضاف}}(MnO_4^-) - 2x_{\text{éq}}$	وفير	$10x_{\text{éq}}$	$2x_{\text{éq}}$	وفير	$x_{\text{éq}}$	الحالة النهائية

5- عند التكافؤ نكتب :

$$\begin{cases} n_{\text{المضاف}}(MnO_4^-) - 2x_{\text{éq}} = 0 \\ n_i(C_2O_4H_2) - 5x_{\text{éq}} = 0 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} n_{\text{المضاف}}(MnO_4^-) = 2x_{\text{éq}} = 0 \\ n_i(C_2O_4H_2) = 5x_{\text{éq}} \end{cases}$$

$$\frac{n_i(C_2O_4H_2)}{5} = \frac{n_{\text{المضاف}}(MnO_4^-)}{2} = x_{\text{éq}}$$

$$n_i(C_2O_4H_2) = \frac{5}{2} n_{\text{المضاف}}(MnO_4^-)$$

$$n_i(C_2O_4H_2) = \frac{5}{2} C_1 V_{\text{éq}}$$

$$n_i(C_2O_4H_2) = \frac{5}{2} \times 10^{-1} \times 10.10^{-3}$$

$$n_i(C_2O_4H_2) = 2,5.10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

6- تركيز الحمض في المحلول المائي البدئي:

$$C_2 = \frac{n_i(C_2O_4H_2)}{V_2}$$
$$\Rightarrow C_2 = \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-3}}$$

$$C_2 = 0,1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

حساب الكتلة m للحمض التي يجب إذابتها في $V=100\text{mL}$ للحصول على هذا المحلول المدرس :

$$\begin{cases} C_2 = \frac{n}{V} \\ n = \frac{m}{M} \end{cases} \Rightarrow C_2 = \frac{m}{M \cdot V}$$

$$m = C_2 \cdot M \cdot V$$

$$M = M(C_2O_4H_2) = 2M(C) + 4M(O) + 2M(H) = 2 \times 12 + 4 \times 16 + 2 \times 1 = 90 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

ت.ع:

$$m = 0,1 \times 90 \times 100 \cdot 10^{-3}$$

$$m = 0,9 \text{ g}$$