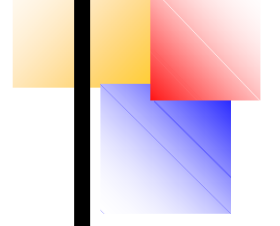


سلاسل المنجد - دروس و تمارين



2AS
التعب العلمية و الرياضية

السلسلة 2-07-1

تعين كمية المادة عن طريق المعايير

عرض نظري و تمارين

يمكن تحميل نسخة من هذا الملف من الموقع :

www.sites.google.com/site/faresfergani

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

لكي يصلك جديد الموقع تابع صفحة الفيسبوك التالية :

الأستاذ فرقاني فارس أستاذ العلوم الفيزيائية Fergani Fares

الأستاذ فرقاني فارس

ثانوية مولود قاسم نابت بلقاسم - الخروب - قسنطينة

fares_fergani@yahoo.fr

الإصدار : أبريل / 2022

العلوم الفيزيائية

العلم الفيزيائي

تهيئة كمية المادة من طريق المعايرة

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

السلسلة 2 – 07 – 01

عرض نظري و تمارين

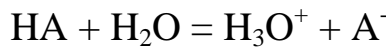
1- التفاعل بين المحاليل الحمضية

• مفهوم الحمض :

- حسب برونشند الحمض HA هو كل فرد كيميائي جزئيا كان أم شارديا قادر على التخلي عن بروتون H^+ خلال تفاعل كيميائي . وفق المعادلة :



- ينحل الحمض HA في الماء وفق المعادلة :

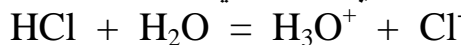


و بالتالي يمكن القول أن الحمض هو كل فرد كيميائي قادر على إعطاء شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ أثناء انحلاله في الماء .

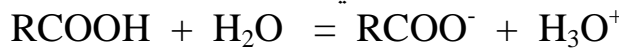
- إذا كان الحمض HA تام الانحلال في الماء يقال عنه حمض قوي ، أما إذا كان انحلاله في الماء جزئيا يقال عنه حمض ضعيف .

أمثلة :

• حمض كلور الهيدروجين HCl هو حمض قوي ، ينحل في الماء وفق المعادلة :

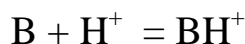


• كل الأحماض التي من الشكل RCOOH (مثل حمض الميثانويك HCOOH ، الإيثانويك CH₃COOH ، حمض البنزويك C₆H₅COOH) هي أحماض ضعيفة تنحل في الماء وفق المعادلة الكيميائية التالية :

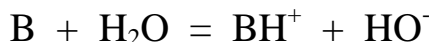


• مفهوم الأساس :

- حسب برونشند الأساس B هو كل فرد كيميائي جزئيا كان أم شارديا قادر على تثبيت بروتون H^+ خلال تفاعل كيميائي . وفق المعادلة :



- ينحل الأساس B في الماء وفق المعادلة :



و بالتالي يمكن القول أن الأساس هو كل فرد كيميائي قادر على إعطاء شوارد الهيدروكسيد HO^- أثناء انحلاله في الماء .

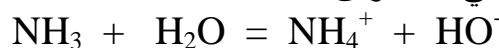
- إذا كان الأساس B تام الانحلال في الماء يقال عنه أساس قوي ، أما إذا كان انحلاله في الماء جزئيا يقال عنه أساس ضعيف .

أمثلة :

• هيدروكسيد الصوديوم NaOH هو أساس قوي ، ينحل في الماء وفق المعادلة :



• النشادر NH_3 أساس ضعيف ينحل في الماء وفق المعادلة :

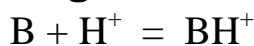
**• مفهوم الثنائية (أساس/حمض) :**

- لكل حمض أساس مرافق و لكل أساس حمض مرافق .

- في كل تفاعل يتخلى فيه حمض HA على بروتون H^+ ، نحصل على أساسه المرافق A^- وفق المعادلة :



- في كل تفاعل يثبت فيه أساس B ، بروتون H^+ ، نحصل على حمضه المرافق BH^+ وفق المعادلة :



- نرسم للحمض و أساسه المرافق أو الأساس و حمضه المرافق ثنائية من الشكل (أساس/حمض) و تدعى الثنائية حمض أساس .

أمثلة لبعض الثنائيات :

الحمض	الأساس	الثنائية (أساس/حمض)
H_2O	OH^-	(H_2O/HO^-)
HBr	Br^-	(HBr/Br^-)
NH_4^+	NH_3	(NH_4^+/NH_3)
CH_3COOH	CH_3COO^-	(CH_3COOH/CH_3COO^-)
H_3O^+	H_2O	(H_3O^+/H_2O)

ملاحظة :

يمكن للماء H_2O أن يسلك سلوك حمض وذلك بتخليه عن بروتون H^+ ليتحول إلى شاردة الهيدروكسيد HO^- ، وفق المعادلة :



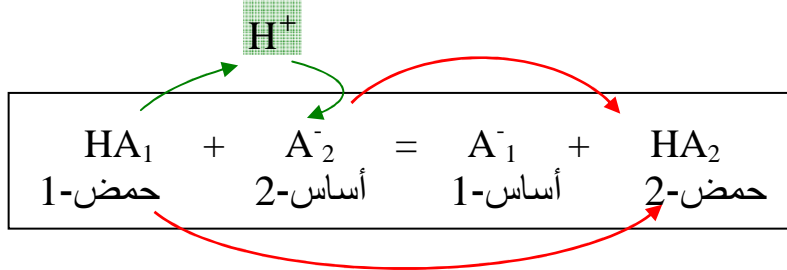
كما يمكنه أيضا أن يسلك سلوك أساس و ذلك بتثبيته لبروتون H^+ ليتحول إلى شاردة الهيدرونيوم H_3O^+ وفق المعادلة :



يقال عن الماء في هذه الحالة و كذلك كل نوع كيميائي يسلك هذا السلوك أنه مذذب .

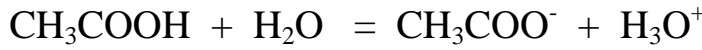
• مفهوم التفاعل حمض - أساس :

- التفاعل حمض-أساس هو كل تفاعل يحدث فيه تبادل بروتوني (فقدان و اكتساب بروتون) حيث يتخلى الحمض-1 (HA_1) عن بروتون H ، لينتقله الأساس-2 (A_2^-) ، و ينتج إثر ذلك الأساس-1 (A_1^-) المرافق للحمض-1 (HA_1) و الحمض-2 (HA_2) المرافق للأساس-2 (A_2^-) كما موضح في الآلية المبينة في المعادلة التالية :



أمثلة :

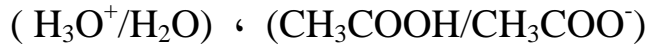
• ينحل حمض الإيثانويك CH_3COOH في الماء وفق المعادلة :



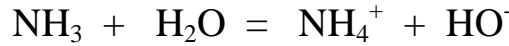
التفاعل الكيميائي الحادث هو تفاعل حمض-أساس لأنه حدث فيه تبادل بروتوني كما يلي :



و الثنائيتان (أساس/حمض) المشاركتين في التفاعل هما :



• ينحل النشادر NH_3 في الماء وفق المعادلة :



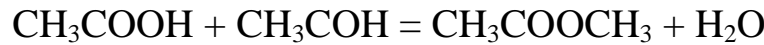
التفاعل الكيميائي الحادث هو تفاعل حمض-أساس لأنه حدث فيه تبادل بروتوني كما يلي :



و الثنائيتان (أساس/حمض) المشاركتين في التفاعل هما :



- التفاعل الكيميائي المنمذج بالمعادلة التالية :



ليس تفاعل حمض أساس ، لأنه لم يحدث فيه تبادل بروتوني .

• كيفية التمييز بين المحاليل الحمضية و الأساسية :

- تنقسم المحاليل المائية إلى ثلاث : حمضية ، معتدلة ، أساسية ، و يمكن التمييز عمليا بين هذه المحاليل بواسطة كواشف ملونة ، تأخذ ألوانا مختلفة في هذه المحاليل كما مبين في الجدول التالي :

الكاشف الملون	لون الكاشف		
	لونه في المحلول الحمضي	لونه في المحلول المعتدل	لونه في المحلول الأساسي
أزرق البروموتيمول	أصفر	أخضر	أزرق
الهيليانتين	أحمر	برتقالي	أصفر
الفينول فتالين	عديم اللون	عديم اللون	بنفسجي

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

من بين التفاعلات التالية ما هي التفاعلات التي تعتبر تفاعل حمض-أساس مبينا الثنائيات (أساس/حمض) الداخلة في التفاعل .

- a) $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4^+ + \text{HO}^-$
b) $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
c) $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$
d) $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
e) $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$
f) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{Na} = \text{C}_2\text{H}_5\text{O}^- + \text{Na}^+ + 1/2\text{H}_2$
g) $\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{HCOO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
h) $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{HO}^-_{(\text{aq})} = \text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{s})}$
i) $\text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_3\text{NH}_3^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$
j) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH} = \text{CH}_3\text{COOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
k) $\text{HCl} + \text{NH}_3 = \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$
l) $\text{Fe} + \text{H}_2\text{O}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2$

الأجوبة :

التفاعل حمض أساس :

التفاعل	تفاعل حمض أساس أم لا	التبادل البروتوني الحادث	الثنائيات (أساس/حمض)
a	نعم	$\text{NH}_3 + \text{H}^+ = \text{NH}_4^+$ $\text{H}_2\text{O} = \text{HO}^- + \text{H}^+$	$(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3)$ $(\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-)$
b	لا		
c	نعم	$\text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ = \text{H}_3\text{O}^+$ $\text{H}_2\text{O} = \text{HO}^- + \text{H}^+$	$(\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O})$ $(\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-)$
d	لا		
e	نعم	$\text{HCl} = \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ $\text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ = \text{H}_3\text{O}^+$	(HCl/Cl^-) $(\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O})$
f	لا		
g	نعم	$\text{HCOOH} = \text{HCOO}^- + \text{H}^+$ $\text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ = \text{H}_3\text{O}^+$	$(\text{HCOOH}/\text{HCOO}^-)$ $(\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O})$
h	لا		
i	نعم	$\text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{H}^+ = \text{CH}_3\text{NH}_3^+$ $\text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$	$(\text{CH}_3\text{NH}_3^+/\text{CH}_3\text{NH}_2)$ $(\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-)$
j	لا		
k	نعم	$\text{HCl} = \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ $\text{NH}_3 + \text{H}^+ = \text{NH}_4^+$	(HCl/Cl^-) $(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3)$
l	لا		

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

1- حدد الثنائيات (أساس/حمض) في كل معادلة من المعادلات النصفية التالية :

- 1) $\text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_3\text{COO}^-$
- 2) $\text{SO}_3^{2-} = \text{HSO}_3^-$
- 3) $\text{HCl} = \text{Cl}^-$
- 4) $\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+$
- 5) $\text{H}_2\text{O} = \text{HO}^-$
- 6) $\text{NH}_4^+ = \text{NH}_3$

2- أكمل كتابة المعادلات الكيميائية التالية علما أنها تفاعلات حمض-أساس .

- 1) + $\text{H}_2\text{O} = \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$
- 2) + $\text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4^+ + \text{HO}^-$
- 3) $\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} = \text{.....} + \text{HO}^-$
- 4) + $\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
- 5) + $\text{H}_2\text{O} = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$.

3- الإيثانويك هو حمض صيغته CH_3COOH و الإيثيل أمين هو أساس صيغته $\text{C}_2\text{H}_5\text{-NH}_2$.
أ- أكتب معادلتني انحلال كل من حمض الإيثانويك و إيثيل أمين في الماء .

ب- حدد الثنائيات (أساس/حمض) في كل معادلة .

ج- ماذا تلاحظ فيما يخص الماء .

د- أكتب معادلة التفاعل بين الإيثانويك و إيثيل أمين علما أنه التفاعل الحادث هو تفاعل حمض أساس .

الأجوبة :

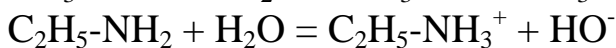
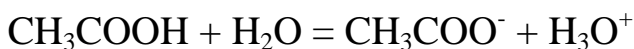
1- تحديد الثنائيات (أساس/حمض) :

المعادلة	الثنائية
(1) $\text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$	$(\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-)$
(2) $\text{SO}_3^{2-} + \text{H}^+ = \text{HSO}_3^-$	$(\text{HSO}_3^-/\text{SO}_3^{2-})$
(3) $\text{HCl} = \text{Cl}^- + \text{H}^+$	(HCl/Cl^-)
(4) $\text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ = \text{H}_3\text{O}^+$	$(\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O})$
(5) $\text{H}_2\text{O} = \text{HO}^- + \text{H}^+$	$(\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-)$
(6) $\text{NH}_4^+ = \text{NH}_3 + \text{H}^+$	$(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3)$

2- إكمال المعادلات :

- 1) $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$
- 2) $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4^+ + \text{HO}^-$
- 3) $\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} = \text{HS}^- + \text{HO}^-$
- 4) $\text{HSO}_4^- + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
- 5) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$

3- أ- معادلتني الانحلال :

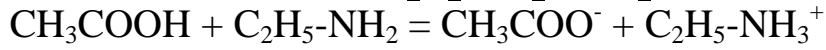


ب- الثنائيات (أساس/حمض) الداخلة في التفاعل :



ج- نلاحظ أن الماء سلك سلوك حمض و سلوك أساس في آن واحد .

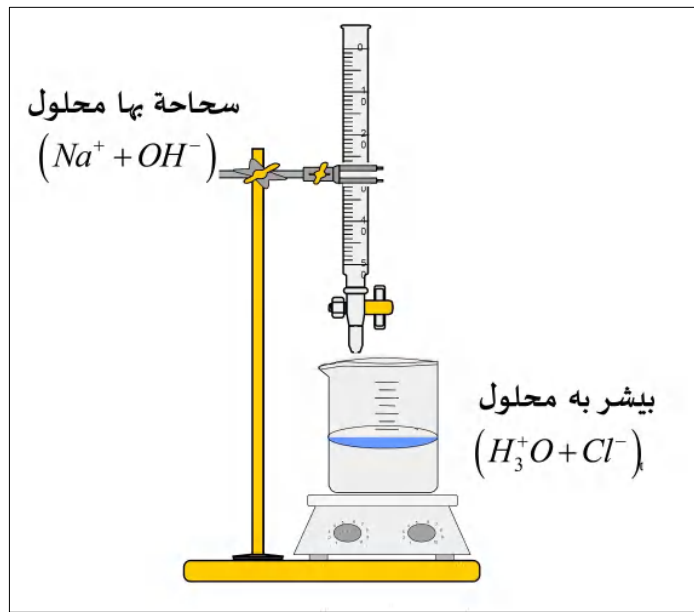
د- معادلة التفاعل الحادث بين CH_3COOH و $\text{C}_2\text{H}_5\text{-NH}_2$:



2- تفاعل المعايرة

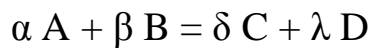
• تقنية المعايرة :

- تهدف طريقة المعايرة بصفة عامة إلى تحديد كمية مادة نوع كيميائي منحل في محلول مائي و بالتالي يمكن تحديد التركيز المولي لهذا المحلول .
- يوضح الشكل التالي التجهيز المستعمل للمعايرة :



- يتكون تجهيز المعايرة من :
 - كأس بيشر يحتوي على المحلول المراد معايرة و الذي يسمى **محلول معاير** .
 - سحاحة تحتوي على المحلول المستعمل في المعايرة و الذي يسمى **محلول معاير** .
 - رجاج أو مخلوط مغناطيسي يستعمل لخلط المزيج المتحصل عليه في كأس بيشر .
- أثناء المعايرة نضيف تدريجيا بواسطة السحاحة المحلول **المعاير** إلى المحلول **المعاير** الموجود بالبيشر إلى غاية بلوغ ما يسمى **نقطة التكافؤ** ، و عند التكافؤ يكون التحول الكيميائي الحادث في المعايرة في الشروط الستوكيومترية ، أي تتفاعل كل كمية مادة النوع الكيميائي في المحلول المعاير مع كل كمية مادة النوع الكيميائي في المحلول المعاير المضاف .

- نعتبر أن التفاعل الكيميائي المنمذج للمعايرة من الشكل :



نمثل جدول التقدم لتفاعل المعايرة :

المرحلة	التقدم	αA	+	βB	=	δC	+	λD
ابتدائية	$x = 0$	n_{0A}		n_{0B}		0		0
انتقالية	x	$n_{0A} - \alpha x$		$n_{0B} - \beta x$		δx		λx
تكافؤ	$x = x_E$	$n_{0A} - \alpha x_E$		$n_{0B} - \beta x_E$		δx_E		λx_E

حيث : x_E هو مقدار التقدم عند حدوث التكافؤ ، n_{0A} هي كمية مادة النوع الكيميائي المنحلة في المحلول المعايير ، n_{0B} هي كمية مادة النوع الكيميائي المنحلة في المحلول المعايير .
- عند التكافؤ يكون التفاعل في الشروط الستوكيومترية لذا يكون :

$$n_{0A} - \alpha x_E = 0 \rightarrow x_E = \frac{n_{0A}}{\alpha}$$

$$n_{0B} - \beta x_E = 0 \rightarrow x_E = \frac{n_{0B}}{\beta}$$

بالمطابقة نجد :

$$\frac{n_{0A}}{\alpha} = \frac{n_{0B}}{\beta} \rightarrow \frac{[A]_0 V_A}{\alpha} = \frac{[B]_0 V_{BE}}{\beta}$$

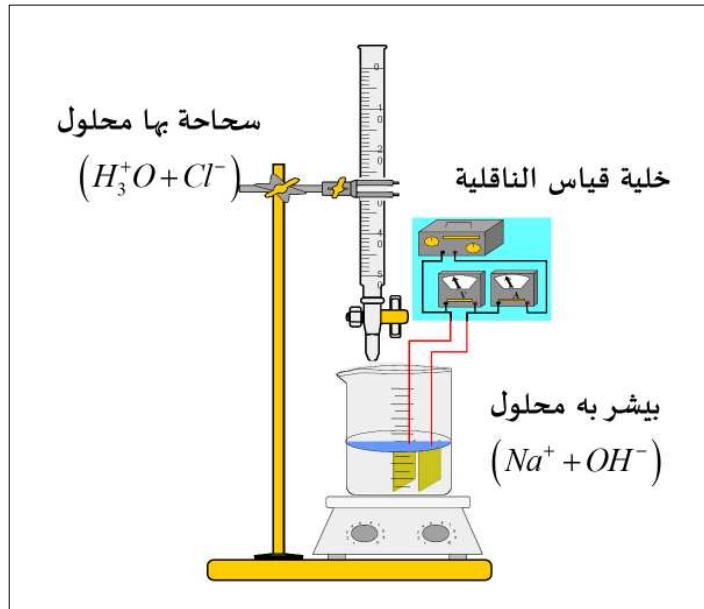
حيث : V_A هو حجم المحلول المعايير ، و V_{BE} هو حجم المحلول المعايير المضاف عند التكافؤ .
- هناك أنواع من المعايرة نتطرق في درسنا هذا إلى نوعين هما : المعايرة اللونية و المعايرة بواسطة الناقلية .

• المعايرة اللونية حمض - أساس :

- في المعايرة اللونية حمض- أساس نضيف للمحلول المعايير كاشف ملون مناسب (أزرق البروموتيمول عند معايرة حمض قوي بأساس قوي أو العكس) ، في هذه المعايرة يغير الكاشف لونه عند بلوغ التكافؤ .

• المعايرة عن طريق قياس الناقلية :

- في المعايرة بواسطة الناقلية و التي يجب أن يحتوي فيها الوسط التفاعلي على شوارد موجبة و شوارد سالبة كي تضمن مرور التيار الكهربائي .
- نرفق التجهيز السابق الخاص بالمعايرة جهاز خاص بقياس الناقلية .

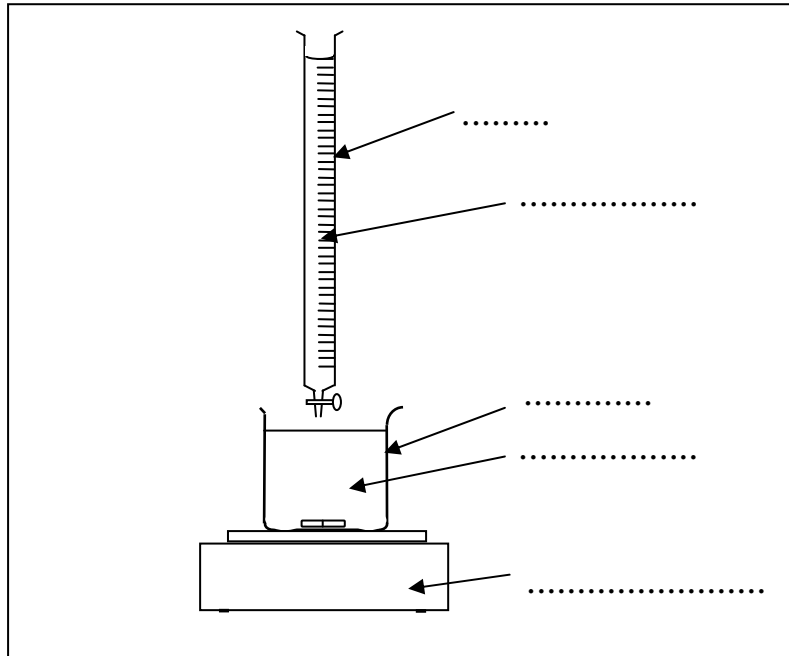


- و أثناء المعايرة بواسطة الناقلية G أو الناقلية النوعية σ للمزيج الموجود في البيشر و ذلك عند كل إضافة من المحلول المعايير الموجود بالسحاحة ، نسجل النتائج في جدول ثم نرسم المنحنى البياني الممثل لتغيرات الناقلية G أو الناقلية النوعية σ بدلالة الحجم V_2 المضاف ، ففي حالة قياس الناقلية عند معايرة حمض قوي بأساس قوي نحصل على المنحنى البياني المقابل أين تبلغ قيمة الناقلية أو الناقلية G النوعية σ قيمة دنيا عن التكافؤ .



التمرين (3) : (التمرين : 049 في بنك التمارين على الموقع) (**)

أجريت المعايرة لحجم $V_a = 10 \text{ mL}$ من محلول حمض كلور الهيدروجين ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$) ذي التركيز المولي C_a بمحلول لهيدروكسيد الصوديوم ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) ذي التركيز المولي $C_b = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$ باستعمال أزرق البروموتيمول ككاشف لنقطة التكافؤ ، لوحظ أن لون الكاشف يتغير عند إضافة $V_{bE} = 20 \text{ mL}$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم .



- 1- أكمل البيانات على الشكل التالي :
- 2- اشرح الخطوات اللازم اتباعها لإجراء المعايرة .
- 3- ما هي التغيرات اللونية التي تطرأ على الكاشف أثناء المعايرة .
- 4- معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحويل الكيميائي الحادث أثناء المعايرة كما يلي :



- أ- مثل جدول تقدم التفاعل المنمذج لهذه المعايرة .
ب- اعتمادا على جدول التقدم ، استنتج عبارة C_a بدلالة C_b ، V_a ، V_{bE} ، ثم أحسب قيمتها .

الأجوبة :

1- إكمال البيانات :

2- شرح الخطوات اللازم اتباعها لاجراء المعايرة :

- نضع المحلول المعاير (الحمض في هذه الحالة) في كأس بيشر .
- نضيف قطرات من كاشف مناسب و هو أزرق البروموتيمول إلى الكأس .

- نضع المحلول المعاير (الأساس في هذه الحالة) في سحاحة مدرجة ثم نضبط مستوى في المحلول عند التدرج صفر .
- نضيف تدريجيا المحلول الأساسي الموجود بالسحاحة إلى داخل الكأس مع التحريك حتى نلاحظ تغير لون الكاشف .
- نقرأ على السحاحة قيمة الحجم المضاف عند التكافؤ (V_{bE} في هذه الحالة) .

3- التغيرات اللونية التي تطرأ على الكاشف أثناء المعايرة :

- قبل التكافؤ يكون المزيج حمضي و لون الكاشف يكون أصفر .
- عند التكافؤ يكون المزيج معتدل و لون الكاشف يكون أخضر .
- بعد التكافؤ يكون المزيج أساسيا و لون الكاشف يكون أزرق .

4- أ- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	H_3O^+	+	HO^-	=	$2H_2O$
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(H_3O^+)$		$n_0(HO^-)$		بوفرة
انتقالية	x	$n_0(H_3O^+) - x$		$n_0(HO^-) - x$		بوفرة
نهائية	m_{max}	$n_0(H_3O^+) - x_{max}$		$n_0(HO^-) - x_{max}$		بوفرة

ب- عبارة C_a بدلالة C_b ، V_a ، V_{bE} :

- عند التكافؤ يكون التفاعل في الشرةط الستوكيومترية ، و لهذا يكون :

$$n_0(H_3O^+) - x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = n_0(H_3O^+)$$

$$n_0(HO^-) - x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = n_0(HO^-)$$

و منه :

$$n_0(H_3O^+) = n_0(HO^-)$$

$$[H_3O^+]_0 V_a = [HO^-]_0 V_{bE}$$

- في محلول كلور الهيدروجين ($H_3O^+ + Cl^-$) ذو التركيز C_a يكون : $[H_3O^+]_0 = C_a$.

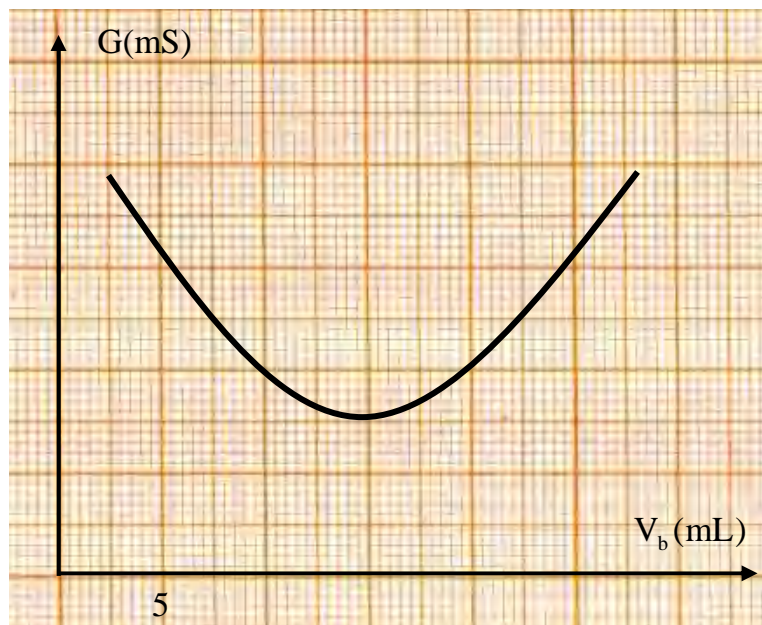
- في محلول هيدروكسيد الصوديوم ($Na^+ + HO^-$) ذو التركيز C_b يكون : $[HO^-]_0 = C_b$.

و منه يصبح :

$$C_a V_a = C_b V_b \rightarrow C_a = \frac{C_b \cdot V_{bE}}{V_a} \rightarrow C_a = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-3}} = 10^{-2} \text{ mol/L}$$

التمرين (4) : (التمرين : 006 في بنك التمارين على الموقع) (**)

لتحديد التركيز المولي الأصلي C_0 لمحلول (S_0) لكلور الهيدروجين $(H_3O^+ + Cl^-)$ ، نأخذ من المحلول (S_0) عينة حجمها V_0 و نمددها 100 مرة فنحصل على محلول (S_A) تركيزه المولي C_A ، نأخذ من المحلول الممدد (S_A) حجما قدره $V_a = 20 \text{ mL}$ و نعايره بمحلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + HO^-)$ تركيزه المولي $C_b = 1.6 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$. منحني الشكل التالي يمثل تغيرات الناقلية G للوسط التفاعلي (المزيج) بدلالة حجم محلول هيدروكسيد الصوديوم المضاف :



- 1- استنتج من البيان حجم محلول الصود لازم للتكافؤ .
- 2- أوجد التركيز المولي C_a لمحلول كلور الهيدروجين الممدد (S_A) ثم استنتج تركيز المحلول الأصلي C_0 .

الأجوبة :

- 1- عند التكافؤ تبلغ الناقلية G أصغر قيمة لها ، و بالتالي من البيان حجم محلول هيدروكسيد الصوديوم المضاف عند التكافؤ هو : $V_{bE} = 15 \text{ mL}$
- 2- تركيز المحلول الحمضي C_a :
عند التكافؤ :

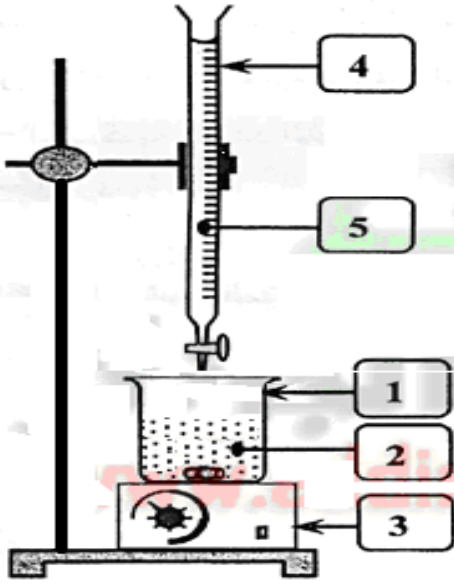
$$C_a V_a = C_b V_{bE}$$

$$C_a = \frac{C_b \cdot V_{bE}}{V_a} \rightarrow C_a = \frac{1,6 \cdot 10^{-2} \cdot 15 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-3}} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

- تركيز المحلول الأصلي C_0 :

المحلول الممدد (S_A) ذو التركيز المولي C_A تحصلنا عليه بتمديد المحلول (S_0) ذو التركيز المولي C_0 ، 100 مرة لذا يكون :

$$C_0 = 100 C_A = 10 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} = 1,2 \text{ mol/L}$$

التمرين (5) : (التمرين : 028 في بنك التمارين على الموقع) (**)

المحاليل مأخوذة عند الدرجة 25°C .
لإزالة الطبقة الكلسية المترسبة على جدران أدوات الطهي المنزلية يمكن استعمال منظف تجاري لمسحوق حمض السولفاميك القوي ذي الصيغة الجزيئية الكيميائية HSO_3NH_2 و الذي نرسم له اختصارا HA ونقاوته (P%).

1- للحصول على المحلول (S_A) لحمض السولفاميك ذي التركيز المولي C_A ، نحضر محلولاً (S) حجمه $V = 100 \text{ mL}$ و يحتوي الكتلة $m = 0.9 \text{ g}$ من المسحوق التجاري في الماء .

أ- أكتب معادلة انحلال الحمض HA في الماء .
ب- صف البروتوكول التجريبي المناسب لعملية تحضير المحلول (S_A) .

2- لمعايرة المحلول (S_A) نأخذ منه حجماً $V_A = 10 \text{ mL}$ و باستعمال التركيب التجريبي المبين في الشكل التالي نعايره بواسطة هيدروكسيد الصوديوم ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) ذي التركيز المولي $C_B = 0.1 \text{ mol/L}$. نبلغ نقطة التكافؤ عند إضافة الحجم $V_{BE} = 7.63 \text{ mL}$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم .

أ- تعرف على أسماء العناصر المرقمة في الشكل .

ب- أثناء المعايرة يحدث تفاعل كيميائي بين شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ الناتجة عن انحلال حمض السولفاميك في الماء وشوارد الهيدروكسيد HO^- الآتية من محلول الصود . أكتب معادلة التفاعل المندمج للمعايرة ، إذا علمت أن الثنائيتين (أساس/حمض) المشاركتين في التفاعل هما : ($\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-$) ، ($\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$) .

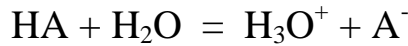
ج- أحسب التركيز المولي C_A لمحلول حمض السولفاميك المعايير ثم استنتج الكتلة m_A للحمض HSO_3NH_2 المذابة في المحلول (S) .

د- أحسب درجة النقاوة P للمنظف التجاري .

تعطى الكتلة المولية للحمض HA : $M = 97 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

الأجوبة :

1- أ- معادلة انحلال HA في الماء :



ب- البروتوكول التجريبي لتحضير المحلول (S_A):

- نزن الكتلة المطلوبة $m = 0,9 \text{ g}$ من مسحوق حمض السولفاميك و نفرغها في حوالة عيارية سعتها 100 mL تحتوي على كمية من الماء المقطر .

- نحرك المزيج حتى تنحل كل كتلة حمض السولفاميك و يصبح المزيج متجانس .

- نضيف الماء المقطر حتى بلوغ الخط العياري مع الرج المستمر من أجل تجانس المحلول .

2- 2- أسماء العناصر المرقمة :

1- كأس

2- المحلول المعايير (محلول حمض السولفاميك)

3- مخلوط معنأضيبي

4- سحاحة

5- المحلول المعايير (محلول هيدروكسيد الصوديوم)

ب- معادلة التفاعل المنذج للمعايرة :

ج- قيمة C_b
عند الشكوة :

$$C_A V_A = C_B V_B \rightarrow C_A = \frac{C_B V_B}{V_A}$$

$$C_A = \frac{0,1 \times 7,63 \cdot 10^{-3}}{10 \times 10^{-3}} = 7,63 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

قيمة m_A النقية المنحدة في المحلول (S_A) :

$$C_A = \frac{m_A}{V} = \frac{\frac{m_A}{M}}{V} = \frac{m_A}{M \cdot V} \rightarrow m_A = C_A \cdot M \cdot V$$

$$m_A = 7,63 \cdot 10^{-2} \times 97 \times 0,1 = 0,74 \text{ g}$$

د- درجة النقاوة :

$$p = \frac{m}{m_0} \times 100 \rightarrow p = \frac{0,74}{0,9} \times 100 = 82\%$$

التمرين (6) : (التمرين : 086 في بنك التمارين على الموقع) (**)

حمض الأسكوربيك أو فيتامين C ، هو مركب كيميائي يعمل على منع و معالجة مرض ضعف الشعيرات الدموية . يوجد بكثرة في الليمون و البرتقال و بعض الخضار و كذلك بعض المشتقات الحيوانية ، صيغته من الشكل $C_nH_{n+2}O_n$ حيث n عدد طبيعي ، أولا سنقوم بانجاز دراسة تمكنا من معرفة الصيغة العامة لهذا الحمض .

الجزء الأول :

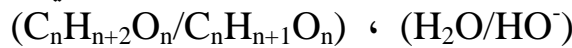
نذيب قرص من فيتامين C النقي كتلته $m = 4 \text{ g}$ في حجم $V = 100 \text{ mL}$ من الماء المقطر ، نحصل على محلول مائي (S_0) تركيزه المولي C_0 مجهول ، نقوم بتمديده 20 مرة فنحصل على محلول

(S_a) تركيزه المولي C_a نأخذ من المحلول الممدد (S_a) حجما $V_a = 10 \text{ mL}$ و نعايره بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) تركيزه المولي $C_b = 2,19 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ و باستعمال كاشف مناسب يتغير لون الكاشف عند إضافة حجم $V_b = 5,2 \text{ mL}$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم .

1- أعط تعريف برونشتد للحمض و الأساس .

2- وضح البروتوكول التجريبي المتبع في هذه المعايرة ، مدعما إجابتك برسم تخطيطي .

3- أكتب معادلة تفاعل المعايرة علما أن الثنائيتين (أساس/حمض) الداخلتين في التفاعل هما :

4- أنشئ جدولاً لتقدم تفاعل المعايرة ثم استنتج العلاقة التي تعطي التركيز المولي C_a للمحلول الممدد بدلالة V_a ، C_b ، V_b و احسب قيمته ، ثم استنتج تركيز المحلول الأصلي (S_0) .

6- استنتج الصيغة الجزيئية المجملة لحمض الأسكوربيك .

الجزء الثاني :

قارورة من حمض الأسكوربيك تحمل الدلالة التالية :

$P = 11\%$ ، درجة النقاوة ، $d = 1,6$ ، الكثافة ، $V = 250 \text{ mL}$

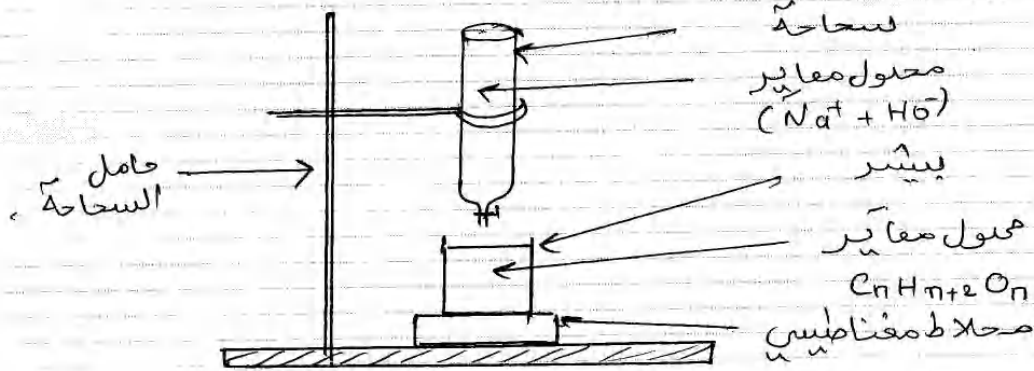
1- أحسب 'C' تركيز المحلول الحمضي في القارورة اعتمادا على المعلومات السابقة .

2- ما هو بالتقريب عدد الأقرص الواجب إذابتها للحصول على محلول له نفس تركيز المحلول الموجود بالقارورة ؟

يعطى : $M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$.

الأجوبة :I- 1- تعريف الحمض والأساس حسب برونشستد 2

- الحمض كل فرد كيميائي حُرْبِيًّا كان أم شاردِيًّا قادر على أن يتخلى عن بروتون H^+ خلال تفاعل كيميائي
 - الأساس هو كل فرد كيميائي حُرْبِيًّا كان أم شاردِيًّا قادر على اكتساب بروتون H^+ خلال تفاعل كيميائي ،
- 2- البروتوكول التحريسي للمعايرة 2



- تملأ السحاحة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم ونضبط مستوي المحلول عند التدرج صفر .
 - نضع في البيشر حجم $V_b = 10 \text{ mL}$ مع اضافة قطرات من كاشف ملون مناسب .
 - نضبط تدريجياً بواسطة السحاحة محلول هيدروكسيد الصوديوم حتى يتغير لون الكاشف املون
- 3- معادلة المعايرة 2



4- جدول التقدم 2

		$\text{C}_n\text{H}_{n+2}\text{O}_n + \text{HO}^- =$	$\text{C}_n\text{H}_{n+1}\text{O}^- + \text{H}_2\text{O}$	
انتدالية	$x=0$	$n_{\text{ob}} = C_a V_a$	$n_{\text{ob}} = C_b V_b$	0
امتلاء	x	$C_a V_a - x$	$C_b V_b - x$	x
تعاينة	x_{max}	$C_a V_a - x_{\text{max}}$	$C_b V_b - x_{\text{max}}$	x_{max}

معادلة C_0 بدلالة V_0 ، C_0 ، $V_0 E$:
 عند التساوي يكون التفاعل المعاير في شروط استوكيومترية
 وعليه ومن جدول التقيم يكون :

$$C_0 V_0 - \alpha_{max} = 0 \rightarrow \alpha_{max} = C_0 V_0 \dots (1)$$

$$C_0 V_0 - \alpha_{max} = 0 \rightarrow \alpha_{max} = C_0 V_0 E \dots (2)$$

من (1) ، (2) :

$$C_0 V_0 = C_0 V_0 E \rightarrow C_0 = \frac{C_0 V_0 E}{V_0}$$

قيمة C_0

$$C_0 = \frac{2,19 \cdot 10^{-2} \times 5,2 \cdot 10^{-3}}{10 \times 10^{-3}} = 1,14 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

قيمة C_0

$$C_0 = \int C_0 = 20 \times 1,14 \cdot 10^{-2} = 2,28 \text{ mol/L}$$

الصيغة الجزيئية المجهولة لحمض الاسكوريك

$$M(C_n H_{m+2} O_n) = 12n + n + 2 + 16n = 29n + 2$$

من جهة

$$C_0 = \frac{n_0}{V} = \frac{\frac{m}{M}}{V} = \frac{m}{MV} \rightarrow M = \frac{m}{C_0 V}$$

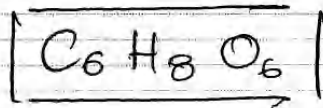
من جهة اخرى :

$$M(C_n H_{m+2} O_n) = \frac{4}{0,228 \times 0,1} \approx 176 \text{ g/mol}$$

$$29n + 2 = 176 \rightarrow n = \frac{176 - 2}{29} = 6$$

اذن :

ومن الصيغة الجزيئية المجهولة لحمض الاسكوريك هي :



II - تركيز المحلول المخفف :

$$P = \frac{MC'}{10 \cdot d} \rightarrow C' = \frac{10Pd}{M} = \frac{10 \times 1,6 \times 11}{176} = 1 \text{ mol/L}$$

عدد الأقراص الواجب اذاتها :

حسب أولا كتلة الاسكوريك المُنحلّة في القارورة :

$$C = \frac{n}{V} = \frac{\frac{m}{M}}{V} = \frac{m}{MV} \rightarrow m = CMV = 1 \times 176 \times 25 = 44 \text{ g}$$

كتلة القرص الواحد 4g وعليه عدد الأقراص :

$$n_D = \frac{44}{4} = 11 \quad (11 \text{ قرص})$$

التمرين (7) : (التمرين : 092 في بنك التمارين على الموقع) (**)

المسخنة الكيميائية (chaufferette chimique) عبارة عن كيس بلاستيكي مملوء بسائل شفاف من إيثانوات الصوديوم ($\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+$) بداخله قرص معدني ، يستخدمها المتجول بالمناطق الثلجية عندما تبدأ الأيدي بالتجمد حيث يقوم بالضغط على القرص المعدني فيبدأ السائل في الكيس بالتجمد محررا حرارة مناسبة للتدفئة .
يمكن تجديد المسخنة الكيميائية بإذابة السائل الصلب بالحرارة

" من مجلة 2008 pour la science "

المعطيات : $M(\text{CH}_3\text{COONa}) = 82 \text{ g.mol}^{-1}$.

يهدف هذا التمرين إلى معايرة محلول و التأكد من تطابق معلومات .

1- إيثانوات الصوديوم الصلب CH_3COONa لونه أبيض ينحل في الماء مشكلا شاردة الإيثانوات CH_3COO^- .

أ- لماذا يعتبر شاردة الإيثانوات CH_3COO^- أساس حسب برونشند ؟ استنتج الثنائية (أساس/حمض) التي توافقها .
ب- اكتب معادلة انحلال الشاردة CH_3COO^- في الماء .

2- تحتوي المسخة الكيميائية على محلول مركز (S_0) من إيثانوات الصوديوم ($\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+$) حيث كتب على بطاقة الكيس : حجم المحلول $V = 100 \text{ mL}$ ، كتلة المادة المنحلة $m = 130 \text{ g}$.

من أجل التأكد من الكتلة المدونة على البطاقة ، نأخذ كمية من محلول المسخة (S_0) ثم نمدده 100 مرة. نأخذ حجم $V_1 = 25 \text{ mL}$ من المحلول الممدد و نعايره بواسطة محلول حمض كلور الماء ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$) تركيزه المولي

$C_A = 4,5 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ فكان الحجم اللازم للتكافؤ هو $V_{aE} = 8,8 \text{ mL}$

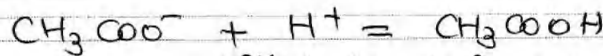
أ- أعط تعريفا لنقطة التكافؤ ثم اكتب العلاقة بين كمية المادة للمتفاعلين في المعايرة (شوارد الإيثانوات CH_3COO^- و شوارد الهيدرونيوم H_3O^+) .

ب- إذا علمت أن حجم محلول كلور الهيدروجين اللازم للمعايرة هو $V_{aE} = 8,8 \text{ mL}$ ، أحسب التركيز C_1 للمحلول المعيار ثم استنتج التركيز C_0 لمحلول إيثانوات الصوديوم في المسخة .

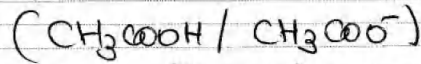
ج- تأكد بالحساب من مطابقة كتلة إيثانوات الصوديوم في المسخة مع ما هو مدون على البطاقة .

الأجوبة :

1- أ- نعتبر شاردة الإيثانوات CH_3COO^- أساسا حسب برونشند لأنها بإمكانها تثبيت بروتون H^+ وفق المعادلة:



والثنائية (أساس/حمض) المواقفة هي :



1- ب- معادلة انحلال الشاردة CH_3COO^- في الماء :



2- أ- تعريف نقطة التكافؤ :

هي النقطة التي تكون عندها تفاعل المعايرة في الشروط

الستوكيومترية .

- العلاقة بين كمية المادة للمتفاعلين

عند التكافؤ

$$\frac{n_b(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{1} = \frac{n_b(\text{H}_3\text{O}^+)}{1} \rightarrow n_b(\text{CH}_3\text{COO}^-) = n_b(\text{H}_3\text{O}^+)$$

$$-2- \rightarrow \frac{\text{قيمة } C_1}{\text{مما حسب :}}$$

$$n_0(\text{CH}_3\text{COO}^-) = n_0(\text{H}_3\text{O}^+)$$

$$C_1 V_1 = C_0 V_0 E \rightarrow C_1 = \frac{C_0 V_0 E}{V_1}$$

$$C_1 = \frac{4,5 \cdot 10^{-1} \times 8,8 \cdot 10^{-3}}{2,5 \cdot 10^{-3}} = 0,1584 \text{ mol/L}$$

قيمة C_0 :

تم تمديد المحلول الاصلى 100 مرة لذا يكون :

$$C_0 = 100 C_1 = 100 \times 0,1584 = 15,84 \text{ mol/L}$$

-2- د- كتلة ايثانوات الصوديوم في المسخنة :

$$C_0 = \frac{n_0}{V} = \frac{m}{M V} = \frac{m}{M V} \rightarrow m = C_0 M V$$

$$m = 15,84 \times 82 \times 0,1 \approx 130 \text{ g}$$

كتلة ايثانوات الصوديوم التي تحصلنا عليها مطابقة مع ما هو ممدون على البطاقة .

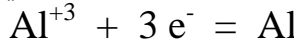
2- الأكسدة الإرجاعية

● مفهوم تفاعل الأكسدة و الإرجاع و 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 إنتقال إلكترون أو أكثر من المرجع إلى المؤكسد .

ملاحظة :

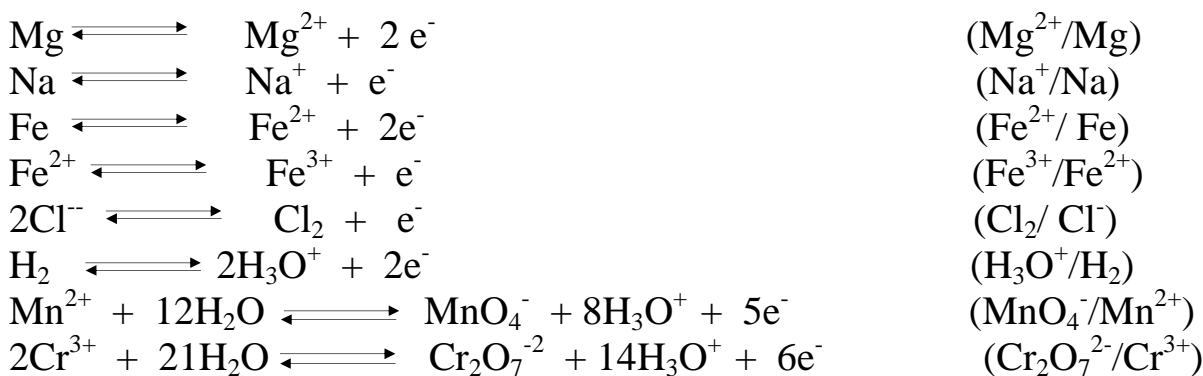
تفاعلي الأكسدة و الإرجاع في تفاعل الأكسدة الإرجاعية يحدثان في آن واحد و لا يحدث تفاعل أكسدة بدون إرجاع كما لا تفاعل إرجاع من دون تفاعل أكسدة .

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

في الحالة العامة يرمز للثنائية مؤكسد - مرجع بالرمز (مر / مؤ) أو (ox/réd) حيث (مر) أو (réd) هو المرجع و (مؤ) أو (ox) 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 :

- كتابة معادلة الأكسدة الإرجاعية في وسط حمضي تتبع الخطوات التالية :
- نقسم معادلة الأكسدة الإرجاعية إلى معادلتين نصفيتين إحداهما أكسدة و الأخرى إرجاع .
- نوازن في كل معادلة نصفية الذرات التي عانت الأكسدة و الذرات التي عانت الإرجاع (الذرات الأساسية ، أي 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 مساوي لمجموع 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 .

• المعايرة الحجمية اللونية بالأكسدة و الإرجاع :

- في المعايرة اللونية بالأكسدة و الإرجاع يمكن الكشف عن التكافؤ من خلال اختفاء لون الشاردة المتفاعلة في المحلول المعاير الموجود في البيشر عندما يكون لهذه الشاردة لون ، أو باستعمال كاشف مثل صبغ النشاء الذي يلون المحلول بالأرزق البنفسجي في المحلول الذي يحتوي ثنائي اليود I_2 .

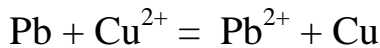
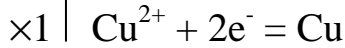
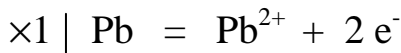
التمرين (8) : (التمرين : 003 في بنك التمارين على الموقع) (*)

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

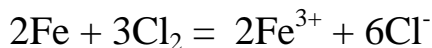
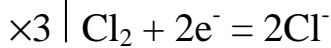
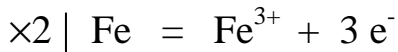
الحالة	الثنائيتين (مر/مؤ) الداخلتين في التفاعل	الفردين الكيميائيين المتفاعلين
(1)	(Pb ²⁺ /Pb) (Cu ²⁺ /Cu)	Cu ²⁺ , Pb
(2)	(Fe ³⁺ /Fe) (Cl ₂ /Cl ⁻)	Fe , Cl ₂
(3)	(I ₂ /I) (S ₂ O ₈ ²⁻ /SO ₄ ²⁻)	I ⁻ , S ₂ O ₈ ²⁻
(4)	(Fe ³⁺ /Fe ²⁺) (Cr ₂ O ₇ ²⁻ /Cr ³⁺)	Fe ²⁺ , Cr ₂ O ₇ ²⁻ في وسط حمضي
(5)	(Fe ³⁺ /Fe ²⁺) (MnO ₄ ⁻ /Mn ²⁺)	Fe ²⁺ , MnO ₄ ⁻ في وسط حمضي
(6)	(Al ³⁺ /Al) (H ₃ O ⁺ /H ₂)	Al , H ₃ O ⁺
(7)	(O ₂ /H ₂ O ₂) (MnO ₄ ⁻ /Mn ²⁺)	H ₂ O ₂ , MnO ₄ ⁻ في وسط حمضي
(8)	(H ⁺ /H ₂) (CuO/Cu)	CuO , H ₂ في وسط حمضي
(9)	(BrO ₃ ⁻ / Br ₂) (Br ₂ / Br ⁻)	BrO ₃ ⁻ , Br ⁻ في وسط حمضي
(10)	(CH ₃ COOH/CH ₃ -CH ₂ OH) (Cr ₂ O ₇ ²⁻ /Cr ³⁺)	CH ₃ -CH ₂ OH , Cr ₂ O ₇ ²⁻ في وسط حمضي

الأجوبة :

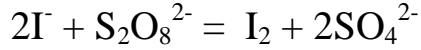
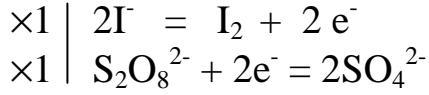
المعادلتين النصفيتين للأكسدة و الإرجاع و معادلة الأكسدة الإرجاعية :
• التفاعل (1) بين Pb و Cu²⁺ :



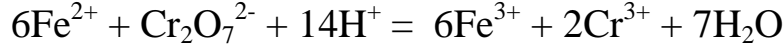
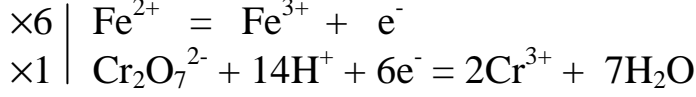
• التفاعل (2) بين Fe و Cl₂ :



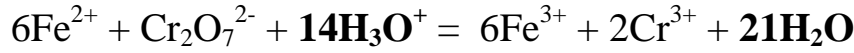
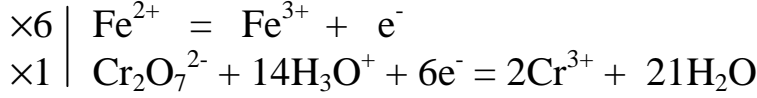
• التفاعل (3) بين I⁻ و S₂O₈²⁻ :



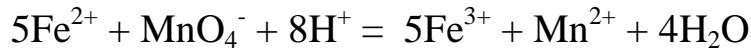
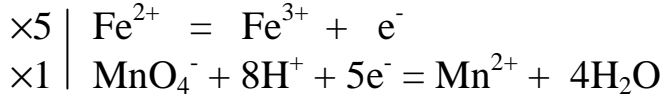
• التفاعل (4) بين Fe^{2+} و $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$:



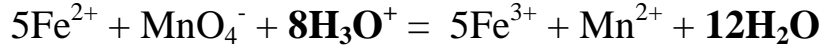
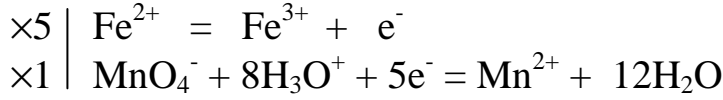
عندما نوازن الهيدروجين بـ H_3O^+ بدل H^+ :



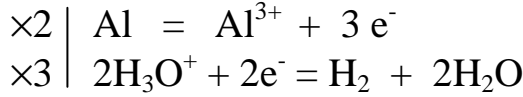
• التفاعل (5) بين Fe^{2+} و MnO_4^- :



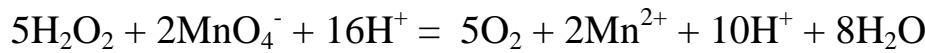
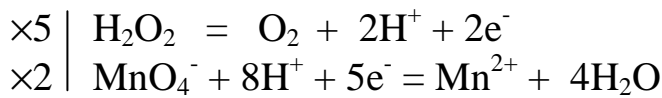
عندما نوازن الهيدروجين بـ H_3O^+ بدل H^+ :



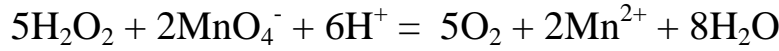
• التفاعل (6) بين Al و H_3O^+ :



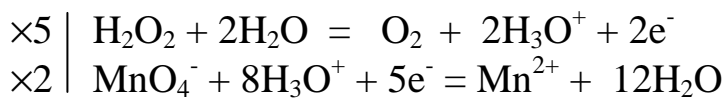
• التفاعل (7) بين H_2O_2 و MnO_4^- :



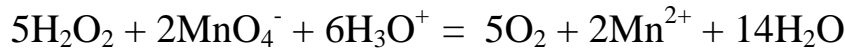
و باختزال H^+ يصبح :



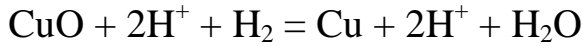
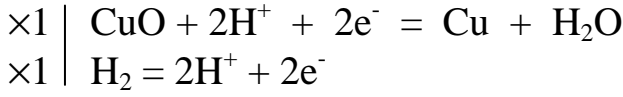
عندما نوازن الهيدروجين بـ H_3O^+ بدل H^+ :



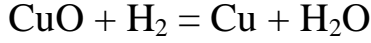
و باختزال H^+ يصبح :



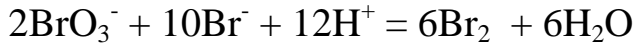
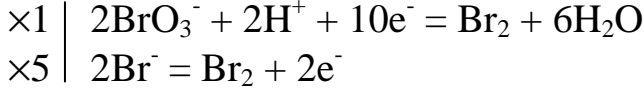
• التفاعل (8) بين CuO و H_2 :



و باختزال H^+ يصبح :



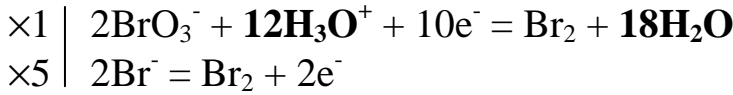
• التفاعل (9) بين Br^- و BrO_3^- :



و بالاختزال نجد :



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



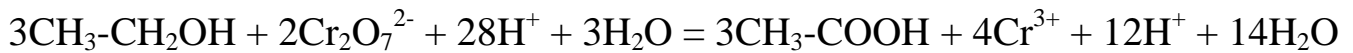
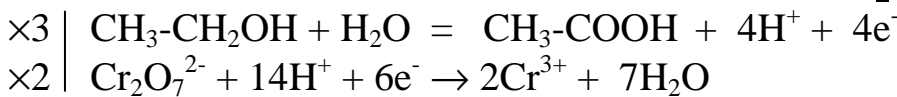
و منه :



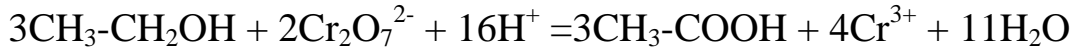
و بالاختزال نجد :



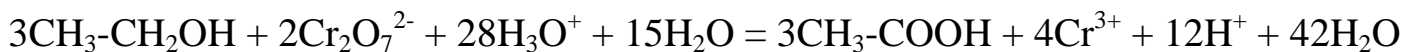
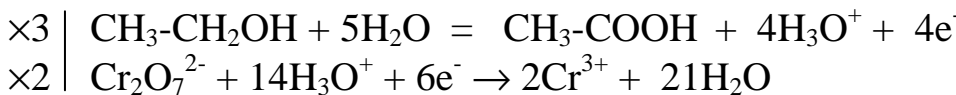
• التفاعل (10) بين $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$ و $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$:



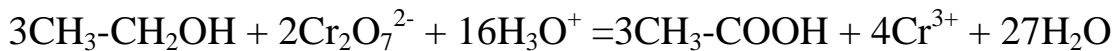
و باختزال H^+ يصبح :



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



و باختزال H_3O^+ يصبح :



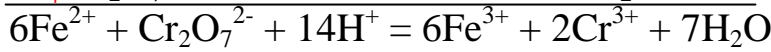
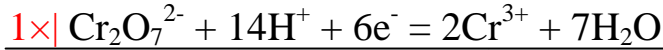
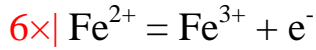
التمرين (9) : (التمرين : 004 في بنك التمارين على الموقع) (*)

نعاير $V_1 = 100 \text{ mL}$ من محلول كبريتات الحديد الثنائي $(\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-})$ تركيزه المولي C_1 (مجهول) ، بمحلول محمض لثنائي كرومات البوتاسيوم $(2\text{K}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$ تركيزه المولي $C_2 = 0.40 \text{ mol/L}$ ، نلاحظ أنه يلزم للتكافؤ إضافة حجم $V_{2E} = 10 \text{ ml}$ من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم .

- 1- أكتب معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية الحادث أثناء التفاعل . علما أن الثنائيتين (مر/مؤ) الداخلتين في التفاعل هما : $(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+})$ ، $(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+})$.
- 2- مثل جدول التقدم لتفاعل الأكسدة الإرجاعية الحادث .
- 3- اعتمادا على جدول التقدم ، عبر عن التركيز المولي C_1 بدلالة C_2 ، V_1 ، V_{2E} ثم احسب قيمة .

الأجوبة :

1- المعادلة النصفية للأكسدة و الأكسدة و الإرجاع و معادلة الأكسدة الإرجاعية :



2- جدول التقدم :

حالة الجملة	التقدم	6Fe^{2+}	$+$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	$+$	14H^+	$=$	6Fe^{3+}	$+$	2Cr^{3+}	$+$	$7\text{H}_2\text{O}$
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(\text{Fe}^{2+})$		$n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$		بوفرة		0		0		بوفرة
انتقالية	x	$n_0(\text{Fe}^{2+}) - 6x$		$n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) - x$		بوفرة		$6x$		$2x$		بوفرة
نهائية	x_E	$n_0(\text{Fe}^{2+}) - 6x_E$		$n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) - x_E$		بوفرة		$6x_{\max}$		$2x_{\max}$		بوفرة

3- العلاقة بين V_{2E} ، V_1 ، C_2 ، C_1 :

عند التكافؤ يكون التفاعل في الشروط الستوكيومترية و عليه :

$$\bullet n_0(\text{Fe}^{2+}) - 6x_E = 0 \rightarrow x_E = \frac{n_0(\text{Fe}^{2+})}{6}$$

$$\bullet n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) - x_E = 0 \rightarrow x_E = n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$$

و منه :

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

$$\frac{[\text{Fe}^{2+}]_0 V_1}{6} = [\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]_0 V_{2E} \rightarrow \frac{C_1 V_1}{6} = C_2 V_{2E} \rightarrow C_1 V_1 = 6 C_2 V_{2E}$$

$$C_1 = \frac{6 C_2 V_{2E}}{V_1} = \frac{6 \cdot 0,4 \cdot 0,01}{0,1} = 0,24 \text{ mol/L}$$

التمرين (10) : (التمرين : 023 في بنك التمارين على الموقع) (**)

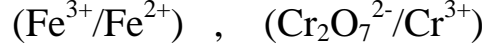
- 1- لتحضير محلول (A) لثنائي كرومات البوتاسيوم $(2\text{K}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$ ، قمنا بحل 2.94 g من ثنائي كرومات البوتاسيوم النقي $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ في 100 mL من الماء المقطر .
أ- أكتب معادلة انحلال ثنائي كرومات البوتاسيوم في الماء المقطر .
ب- أوجد التركيز المولي C_0 للمحلول 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 C_0 السابقة نأخذ 10 mL من المحلول السابق و نمددها 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

(Fe²⁺ + SO₄²⁻) تركيزه المولي C₂ = 0.2 mol/L ، نلاحظ أنه يلزم للتكافؤ إضافة V_{2E} = 6 mL من محلول كبريتات الحديد الثنائي .

أ- أكتب معادلة التفاعل المنمذج لتفاعل المعايرة إذا علمت أن الشائتين (مر/مؤ) الداخلتين في التفاعل هما :



ب- أوجد التركيز المولي C₁ للمحلول الممدد المعايير ثم استنتج التركيز المولي C₀ للمحلول (A) الابتدائي .

الأجوبة :

1- أ- معادلة انحلال K₂Cr₂O₇ :



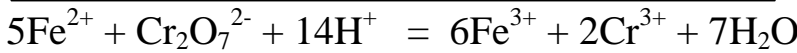
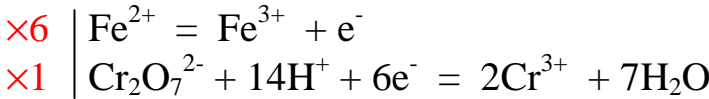
ب- التركيز المولي C₀ للمحلول الناتج :

$$C_0 = \frac{n_0(K_2Cr_2O_7)}{V} = \frac{m_0}{M \cdot V} = \frac{m_0}{M \cdot V}$$

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

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

2- أ- معادلة التفاعل :



ب- التركيز C₁ للمحلول الممدد و التركيز C₀ للمحلول الابتدائي :
اعتمادا على معادلة التفاعل يكون عند التكافؤ :

$$\frac{n_0(Fe^{3+})}{6} = n_0(Cr_2O_7^{2-})$$

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

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 (11) : (التمرين 016 في بنك التمارين على الموقع) (**)

لدينا بلورات من كبريتات الحديد الثنائي المائية ذات الصيغة (FeSO₄ , nH₂O) حيث n عدد طبيعي . نحل كتلة m₀ g = 2.224 من هذه البلورات في V₁ = 100 mL في الماء المقطر فنحصل على محلول كبريتات الحديد الثنائي ذو الصيغة الشاردية (Fe²⁺ + SO₄²⁻) و تركيزه المولي C₁ ، نحض هذا المحلول بإضافة قطرات من حمض الكبريت المركز ثم نضيف إليه تدريجيا محلولاً من برمنغنات البوتاسيوم (K⁺ + MnO₄⁻) تركيزه المولي C₂ = 0.1 mol/L . نلاحظ زوال اللون البنفسجي المميز لشوارد البرمنغنات MnO₄⁻ بعد إضافة V₂ = 16 mL منه .

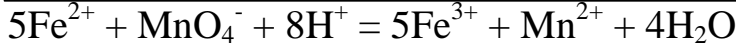
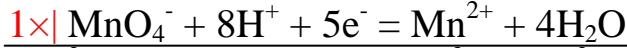
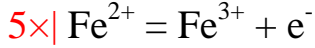
1- لماذا حمضنا محلول كبريتات الحديد الثنائي .

- 2- أكتب معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية الحادث ، علما أن الثنائيات (مر/مؤ) الداخلية في التفاعل هي كما يلي :
 $(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+})$ ، $(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+})$
- 3- أوجد قيمة C_1 التركيز المولي لمحلول كبريتات الحديد الثنائي .
- 4- استنتج قيمة n ثم أكتب الصيغة الحقيقية لكبريتات الحديد الثنائي اللامائية .
 يعطى :

$$M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol} , M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol} , M(\text{S}) = 32 \text{ g/mol} , M(\text{Fe}) = 56 \text{ g/mol}$$

الأجوبة :

- 1- الهدف من تحميض محلول كبريتات الحديد الثنائي هو توفير الشوارد H^+ في المحلول ، لأن هذا النوع من التفاعلات تحدث إلا في وجود هذه الشوارد و هي غير موجودة في المحلولين المعايير و المعايير .
- 2- معادلة التفاعل :



3- قيمة C_1 :

عند التكافؤ :

$$\frac{n_0(\text{Fe}^{2+})}{5} = \frac{n_0(\text{MnO}_4^-)}{1}$$

$$\frac{C_1 V_1}{5} = \frac{C_2 V_{2E}}{1} \rightarrow C_1 = \frac{5 C_2 V_{2E}}{V_1} \rightarrow C_1 = \frac{5 \cdot 0.1 \cdot 16 \cdot 10^{-3}}{0.1} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

4- قيمة n :

- نحسب الكتلة المولية لكبريتات الحديد الثنائي المائية :

$$C_1 = \frac{n_0}{V} = \frac{m_0}{M \cdot V} \rightarrow M = \frac{m_0}{C_1 V} \rightarrow M = \frac{2.224}{8 \cdot 10^{-2} \cdot 0.1} = 278 \text{ g/mol}$$

من جهة أخرى :

$$M = M(\text{FeSO}_4 + n\text{H}_2\text{O}) = 56 + 32 + (4 \cdot 16) + n(18) = 18n + 152$$

بالمطابقة نجد :

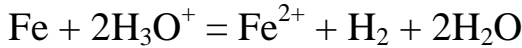
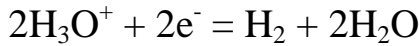
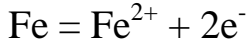
$$18n + 152 = 278 \rightarrow n = \frac{278 - 152}{18} = 7$$

ومنه الصيغة الحقيقية لكبريتات الحديد الثنائية المائية هي : $(\text{FeSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O})$.

4- تمارين متنوعة

التمرين (12) : (التمرين 024 في بنك التمارين على الموقع) (**)

- نلقي قطعة من الحديد Fe كتلتها $m_0 = 2.8 \text{ g}$ في محلول كلور الهيدروجين $(\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-)$ حجمه $V = 200 \text{ mL}$ و تركيزه المولي $C = 0.1 \text{ mol/L}$.
- إذا علمت أن الثنائيتين (مر/مؤ) الداخلتين في التفاعل هما $(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe})$ ، $(\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2)$. أكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة و الإرجاع ثم استنتج معادلة الأكسدة الإرجاعية .
 - أحسب كمية المادة الابتدائية للحديد Fe و شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ ثم بين إن كان التفاعل في شروط ستوكيومترية أم لا .
 - مثل جدول التقدم ، و استنتج منه مقدار التقدم الأعظمي X_{max} وكذا المتفاعل المحد .
 - أوجد في نهاية التفاعل :
 - أ- حجم الغاز المنطلق مقاس في الشرطين النظاميين .
 - ب- تركيز المحلول الناتج بالشوارد Fe^{2+} .
 - ج- كتلة الحديد المتبقي .
 - د- كتلة الحديد المتفاعل بطريقتين مختلفتين .
 - هـ- أكتب الصيغة الجزيئية المجملة للملح الناتج ، و أحسب كتلته في حالة إذا ما بخرنا المحلول كلياً .
- يعطى : $M(\text{Fe}) = 56 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{Cl}) = 35.5 \text{ g/mol}$.

الأجوبة :**1- المعادلات :****2- كمية المادة الابتدائية للحديد Fe و شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ :**

$$\bullet n_0(\text{Fe}) = \frac{m}{M} = \frac{2.8}{56} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\bullet n_0(\text{H}_3\text{O}^+) = [\text{H}_3\text{O}^+]V = CV = 0.1 \cdot 0.2 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

- تبين إن كان التفاعل في شروط ستوكيومترية أم لا :

$$\bullet n_0(\text{Fe}) = \frac{n_0(\text{H}_3\text{O}^+)}{2} : \text{ يكون التفاعل في شروط ستوكيومترية إذا تحقق :}$$

$$\bullet n_0(\text{Fe}) = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\bullet \frac{n_0(\text{H}_3\text{O}^+)}{2} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{2} = 10^{-2} \text{ mol}$$

نلاحظ أن : $n_0(\text{Fe}) \neq \frac{n_0(\text{H}_3\text{O}^+)}{2}$ ، نستنتج أن التفاعل ليس في شروط ستوكيومترية (يوجد متفاعل محدد) .

2- جدول التقدم :

حالة الجملة	التقدم	Fe	+	$2\text{H}_3\text{O}^+$	=	Fe^{2+}	+	H_2	+	$2\text{H}_2\text{O}$
ابتدائية	$x = 0$	$5 \cdot 10^{-2}$		$2 \cdot 10^{-2}$		0		0		0

انتقالية	x	$5 \cdot 10^{-2} - x$	$2 \cdot 10^{-2} - x$	x	x	2x
نهائية	$x_f = x_{\max}$	$5 \cdot 10^{-2} - x_{\max}$	$2 \cdot 10^{-2} - x_{\max}$	x_{\max}	x_{\max}	$2x_{\max}$

- مقدار التقدم الأعظمي :

- إذا اختفى Fe كلياً :

$$5 \cdot 10^{-2} - x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

- إذا اختفى H_3O^+ كلياً :

$$2 \cdot 10^{-2} - x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = 10^{-2} \text{ mol}$$

إذن $x_{\max} = 10^{-2} \text{ mol}$ و المتفاعل المحد هو شوارد H_3O^+ .

3- أ- حجم H_2 المنطلق :

من جدول التقدم :

$$n_f(H_2) = x_{\max} = 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_f(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_M} \rightarrow V_f(H_2) = n_f(H_2) V_M$$

$$V_f(H_2) = 10^{-2} \cdot 22.4 = 0.224 \text{ L} = 224 \text{ mL}$$

ب- تركيز المحلول الناتج بـ Fe^{2+} :

$$[Fe^{2+}]_f = \frac{n_f(Fe^{2+})}{V}$$

من جدول التقدم :

$$n_f(Fe^{2+}) = x_{\max} = 10^{-2} \text{ mol}$$

و منه :

$$[Fe^{2+}]_f = \frac{10^{-2}}{0.2} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

ج- كتلة الحديد المتبقي من التفاعل :

من جدول التقدم :

$$n_f(Fe) = 5 \cdot 10^{-2} - x_{\max} = 5 \cdot 10^{-2} - 10^{-2} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

ومنه:

$$n_f(Fe) = \frac{m_f(Fe)}{M} \rightarrow m_f(Fe) = n_f(Fe) \cdot M \rightarrow m_f(Fe) = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 56 = 2.24 \text{ g}$$

د- كتلة الحديد المتفاعل :

الطريقة (1) :

من جدول التقدم كمية مادة الحديد المتفاعل في نهاية التفاعل :

$$n_f'(Fe) = x_{\max} = 10^{-2} \text{ mol}$$

ومنه :

$$n_f'(Fe) = \frac{m_f'(Fe)}{M} \rightarrow m_f'(Fe) = n_f'(Fe) \cdot M \rightarrow m_f'(Fe) = 10^{-2} \cdot 56 = 0.56 \text{ g}$$

الطريقة (2) : كتلة الحديد الابتدائية $m_0(Fe)$ مساوية لكمية الحديد المتبقية $m(Fe)$ مضاف إليها كمية الحديد المتفاعلة $m'(Fe)$ ، لذا نكتب :

$$m_0(Fe) = m(Fe) + m'(Fe) \rightarrow m'(Fe) = m_0(Fe) - m(Fe)$$

$$m'(Fe) = 2.8 - 2.24 = 0.56 \text{ g}$$

4- الصيغة الجزيئية المجملة للملح الناتج :

يحتوي المحلول الناتج على الشوارد Fe^{2+} الناتجة من التفاعل و الشوارد Cl^- التي لم تدخل في التفاعل علما أن شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ اختفت كلياً (متفاعل محدد) ، و بالتالي تشكل هاتين الشاردين الملح في حالة تبخر المحلول ، و عليه تكون الصيغة الشاردية للمحلول الناتج هي $(Fe^{2+} + 2Cl^-)$ ، إذن تكون الصيغة الجزيئية المجملة للملح الناتج هي : $FeCl_2$.

- كتلة الملح الناتج في حالة تبخر المحلول :
من خلال صيغة الملح الشاردية يمكن كتابة :

$$C = [Fe^{2+}] = 5.10^{-2} \text{ mol/L}$$

حيث C هو تركيز المحلول الناتج بالملح المنحل و منه :

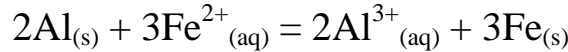
$$C = \frac{n}{V} = \frac{\frac{m(FeCl_2)}{M(FeCl_2)}}{V} = \frac{m(FeCl_2)}{M(FeCl_2) \cdot V} \rightarrow m(FeCl_2) = C \cdot M(FeCl_2) \cdot V$$

$$M(FeCl_2) = 56 + (2 \cdot 35.5) = 127 \text{ g/mol}$$

$$m(FeCl_2) = 5.10^{-2} \cdot 127 \cdot 0.2 = 1.27 \text{ g}$$

التمرين (13) : (التمرين : 030 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 كلياً للون الأخضر كما نلاحظ أيضاً اختفاء كلياً لقطعة الألمنيوم Al و تشكل راسب نزنه بعد ترشيح المحلول الناتج فنجد $m = 6,72 \text{ g}$. التحول الكيميائي الحادث منمذج بالمعادلة :



1- أكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة و الإرجاع مع ذكر الثنائيتين (ox/réd) المشاركتين في التفاعل .

2- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل .

3- هل التفاعل الجاد في شروط ستوكيومترية ؟ أوجد قيمة التقدم الأعظمي X_{max} .

4- اعتماداً على جدول التقدم ، جد :

أ- كتلة الألمنيوم Al الابتدائية m_0 .

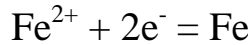
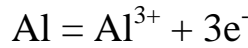
ب- التركيز المولي C_0 لمحلول كبريتات الحديد الثنائي .

ج- تركيز المحلول الناتج بالشوارد Al^{3+} و بالشوارد SO_4^{2-} في نهاية التفاعل .

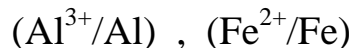
يعطى : $M(Al) = 27 \text{ g/mol}$ ، $M(Fe) = 56 \text{ g/mol}$.

الأجوبة :

1- المعادلتين النصفيتين :



- الثنائيتين (ox/réd) المشاركتين في التفاعل هما :



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 Fe^{2+} و Al اختفى كلياً في نهاية التفاعل و عليه التفاعل الحاد 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 $m_f(Fe) = 6,72$ 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 :

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

4- أ- كتلة الألمنيوم الابتدائية :

الألمنيوم إختفى كلياً في نهاية التفاعل و عليه يكون :

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

و لدينا :

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

ب- التركيز المولي C_0 لمحلول كبريتات الحديد الثنائي :

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

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

و لدينا :

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

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

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

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

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

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

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

$$\bullet [SO_4^{2-}]_f = \frac{n_f(SO_4^{2-})}{V}$$

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 :

$$n_f(SO_4^{2-}) = n_0(SO_4^{2-}) = C_0 V = 0,6 \cdot 0,2 = 0,12 \text{ mol}$$

إذن :

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

التمرين (14) : (التمرين : 054 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 $(\text{K}^+ + \text{MnO}_4^-)$ ذو التركيز المولي $C' = 0,1 \text{ mol/L}$ فيكون الحجم اللازم للتكافؤ $V'_E = 20 \text{ mL}$.

1- لماذا عايرنا الماء الأكسجيني في وسط حمضي ؟
2- إذا كانت الثنائيتان (مر/مؤ) الداخلتان في الفاعل هما $(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+})$ و $(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}_2)$ ، أكتب معادلة الأكسدة الإرجاعية للتفاعل الحادث .

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

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 $V(\text{O}_2) = 2 \text{ L}$ في الشرطين النظاميين .

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

2- أنجز جدول التقدم للتفاعل الكيميائي الحادث .

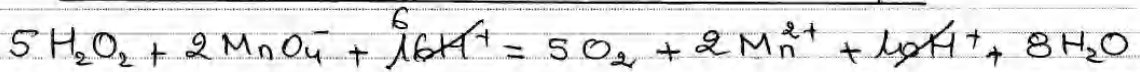
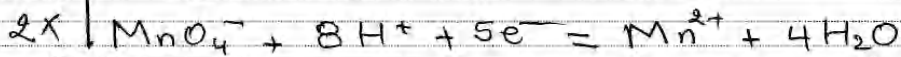
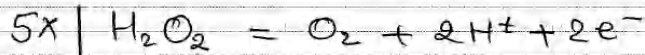
3- أثبت أن التقدم الأعظمي هو $x_{\text{max}} = 1,79 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ و بين أن الماء الأكسجيني هو المتفاعل المحد .

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 .

الأجوبة :

الطريقة الأولى :
1- عايرنا الماء الأكسجيني في وسط حمضي لتوفير الشوارد H^+ اللازمة للتفاعل و غير موجودة في المحلولين المؤكسد و المراجع اطلاقا .
2- معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية :



$$3- اثبات : \quad C = \frac{5c'VE}{2V}$$

عند التكافؤ يكون تفاعل المعايرة في شروط ستوكيومترية .
لذا نكتب :

$$n_0(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{n_0(\text{MnO}_4^-)}{2}$$

$$\frac{cV}{5} = \frac{c'VE}{2} \rightarrow C = \frac{5c'VE}{2V}$$

$$C = \frac{5 \times 0,1 \times 0,02}{2 \times 0,014} = 0,36 \text{ mol/L}$$

الطريقة الثانية :

1- كمية المادة الابتدائية لشادد البرمنغنات MnO_4^-

$$n_0(\text{MnO}_4^-) = c'V = 0,1 \times 0,5 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

في جدول التقدم :

		$5\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{MnO}_4^- + 6\text{H}^+ = 5\text{O}_2 + 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O}$					
ابتدائية	$\alpha=0$	$n_0(\text{H}_2\text{O}_2)$	$5 \cdot 10^{-2}$		0	0	
التفاعل	α	$n_0(\text{H}_2\text{O}_2) - 5\alpha$	$5 \cdot 10^{-2} - 5\alpha$	5α	2α		
نهاية	α_{max}	$n_0(\text{H}_2\text{O}_2) - 5\alpha_{\text{max}}$	$5 \cdot 10^{-2} - 5\alpha_{\text{max}}$	$5\alpha_{\text{max}}$	$2\alpha_{\text{max}}$		

3- التقدم الاعظمي $2\alpha_{\text{max}}$

لدينا :

$$n_f(\text{O}_2) = \frac{V_f(\text{O}_2)}{V_m} = \frac{2}{22,4} = 8,93 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

ومن جدول التقدم :

$$n_f(\text{O}_2) = 5\alpha_{\text{max}} \rightarrow \alpha_{\text{max}} = \frac{n_f(\text{O}_2)}{5}$$

$$\alpha_{\text{max}} = \frac{8,93 \cdot 10^{-2}}{5} = 1,79 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

- اثبات أن الماء الاكسجيني متفاعل مع :

حسب $n_f(\text{MnO}_4^-)$ اعتمادًا على جدول التقدم :

$$n_f(\text{MnO}_4^-) = 5 \cdot 10^{-2} - (2 \times 1,79 \cdot 10^{-2}) = 1,42 \cdot 10^{-2} \neq 0$$

هذا يعني أن MnO_4^- ليس متفاعل المحدد ، إنما المتفاعل المحد هو H_2O_2 .

الماء الأكسجيني صفاعل محد لنا يكون من جدول التقدّم $= e$ قيمة

$$n_0(H_2O_2)O_2 - 5x_{max} = 0$$

$$CN - 5x_{max} = 0 \rightarrow C = \frac{5x_{max}}{V}$$

$$C = \frac{5 \times 1,79 \cdot 10^{-2}}{0,25} \approx 0,36 \text{ mol/L}$$

وهي نفس النتيجة السابقة .

$$[Mn^{2+}] = \frac{n_p(Mn^{2+})}{V + V'} \quad \text{5- حساب } [Mn^{2+}]_p$$

من جدول التقدّم $n_p(Mn^{2+}) = 2x_{max} = 2 \times 1,79 \cdot 10^{-2} = 3,58 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

$$[Mn^{2+}] = \frac{3,58 \cdot 10^{-2}}{0,25 + 0,50} = 4,77 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

التمرين (15): (التمرين : 066 في بنك التمارين على الموقع) (**)

محلول لحمض الإيثانويك CH_3COOH تركيزه المولي C_a حجمه $V_A = 100 \text{ mL}$ ، نضيف إليه حجم $V_b = 150 \text{ mL}$ من محلول النشادر NH_3 تركيزه المولي C_b ، قياس الناقلية النوعية للمحلول الناتج بشوارده أعطى : $\sigma_f = 228,8 \text{ mS/m}$.

1- انحلال حمض الإيثانويك في الماء :

أ- أكتب معادلة انحلال حمض الإيثانويك في الماء .

ب- حدد الثنائيات (أساس/حمض) الداخلة في التفاعل .

2- انحلال النشادر في الماء .

أ- أكتب معادلة انحلال النشادر في الماء .

ب- حدد الثنائيات (أساس/حمض) الداخلة في التفاعل .

3- أكتب معادلة التفاعل بين حمض الإيثانويك و النشادر .

4- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل .

5- أثبت أن : $[NH_4^+]_f = \frac{\sigma_f}{\lambda(CH_3COO^-) + \lambda(NH_4^+)}$ ، ثم أحسب قيمة $[CH_3COO^-]_f$ ، $[NH_4^+]_f$

مقدراً ذلك بـ mol/L .

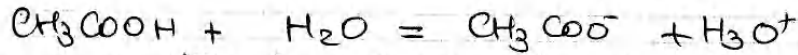
6 - جد قيمة التقدّم الأعظمي x_{max} .

7- إذا علمت أن المزيج الابتدائي ستوكيومتري أحسب التركيز المولي C_a لحمض الإيثانويك و التركيز المولي C_b لمحلول النشادر .

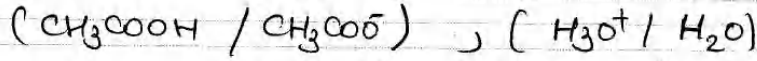
يعطى : $\lambda(NH_4^+) = 73,5 \cdot 10^{-4} \text{ S.m}^2/\text{mol}$ ، $\lambda(CH_3COO^-) = 40,9 \cdot 10^{-4} \text{ S.m}^2/\text{mol}$

الأجوبة :

1- معادلة انحلال حمض الايثانويك في الماء :



ب- الثنائيات (اساس/مف) الداخلة في التفاعل :



2- معادلة انحلال الشادر في الماء :



ب- الثنائيات (اساس/مف) الداخلة في التفاعل :



3- معادلة التفاعل بين حمض الايثانويك والشادر :



4- جدول التقدّم :

الحالة	التقدّم	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NH}_3 = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{NH}_4^+$			
التدايية	$\alpha=0$	Q_0V_0	Q_0V_0	0	0
التعالية	α	$Q_0V_0 - \alpha$	$Q_0V_0 - \alpha$	α	α
لغائية	α_{max}	$Q_0V_0 - \alpha_{max}$	$Q_0V_0 - \alpha_{max}$	α_{max}	α_{max}

$$5- اثبات أن $[\text{NH}_4^+]_f = \frac{\delta_f}{\lambda(\text{CH}_3\text{COO}^-) + \lambda(\text{NH}_4^+)}$$$

المربح في لغاية التفاعل يحوى على الشوارد $(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ و NH_4^+ لذلك يكون :

$$\delta_f = \lambda(\text{CH}_3\text{COO}^-) [\text{CH}_3\text{COO}^-]_f + \lambda(\text{NH}_4^+) [\text{NH}_4^+]_f$$

من جدول التقدّم

$$\bullet [\text{NH}_4^+]_f = \frac{\alpha_{max}}{V_0 + V_0}$$

$$\bullet [\text{CH}_3\text{COO}^-]_f = \frac{\alpha_{max}}{V_0 + V_0} \rightarrow [\text{CH}_3\text{COO}^-]_f = [\text{NH}_4^+]_f$$

ومنه يصبح :

$$\delta_f = \lambda(\text{CH}_3\text{COO}^-) [\text{NH}_4^+]_f + \lambda(\text{NH}_4^+) [\text{NH}_4^+]_f$$

$$\delta_f = (\lambda(\text{CH}_3\text{COO}^-) + \lambda(\text{NH}_4^+)) [\text{NH}_4^+]_f$$

$$[NH_4^+]_f = \frac{\delta_f}{\lambda(CH_3COO) + \lambda(NH_4^+)}$$

قيمتي $[CH_3COO]_f$ و $[NH_4^+]_f$

$$\bullet [NH_4^+]_f = \frac{228,8 \cdot 10^{-3}}{40,9 \cdot 10^{-4} + 735 \cdot 10^{-4}} = 30 \text{ mol/m}^3 = 0,02 \text{ mol/L}$$

$$\bullet [CH_3COO]_f = [NH_4^+]_f = 0,02 \text{ mol/L}$$

$$[NH_4^+] = \frac{\alpha_{NH_4}}{V_a + V_b}$$

6 - قيمة α_{NH_4} على جدول المقدم

$$\alpha_{NH_4} = [NH_4^+] \cdot (V_a + V_b)$$

$$\alpha_{NH_4} = 0,02 (0,10 + 0,1) = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

7 - قيمتي C_a و C_b بما أن الأليدي في نسبة ستوكيومترية يكون اعتماداً على جدول المقدم

$$\bullet C_a V_a - \alpha_{NH_4} = 0 \rightarrow C_a = \frac{\alpha_{NH_4}}{V_a} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,1} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$\bullet C_b V_b - \alpha_{NH_4} = 0 \rightarrow C_b = \frac{\alpha_{NH_4}}{V_b} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,15} = 3,33 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

التمرين (16) : (التمرين : 020 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 حديثاً 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 $V_M = 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.

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



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

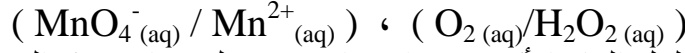
ب- نضع في حوجة حجماً V_i من الماء الأكسجيني و نكمل الحجم بالماء المقطر إلى 100 mL .

• كيف تسمى هذه العملية ؟

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

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 $C_2 = 0,02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ فكان الحجم المضاف عند التكافؤ $V_E = 40 \text{ mL}$.

أ- أكتب معادلة التفاعل أكسدة- إرجاع النمذج 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 ؟

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}	$n_0 - 2x_{\text{max}}$		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 :

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

- من جدول التقدم أيضا و عند نهاية التفاعل :

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

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

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

ب- تسمى العملية بالتخفيف (أو التمديد) .

ج- قيمة V_1 :

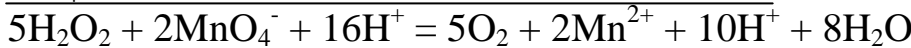
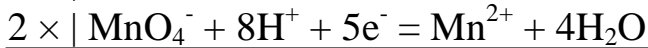
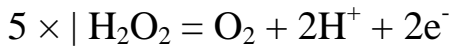
حسب قانون التمديد :

$$C_1 V_1 = C V_i$$

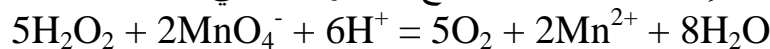
(V_1 هو الحجم الكلي : $V_1 = 100 \text{ mL}$)

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

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



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



ب- التركيز المولي للماء الأكسجيني :
عند التكافؤ و من المعادلة يكون :

$$\frac{n_0(\text{H}_2\text{O}_2)}{5} = \frac{n_0(\text{MnO}_4^-)}{2}$$

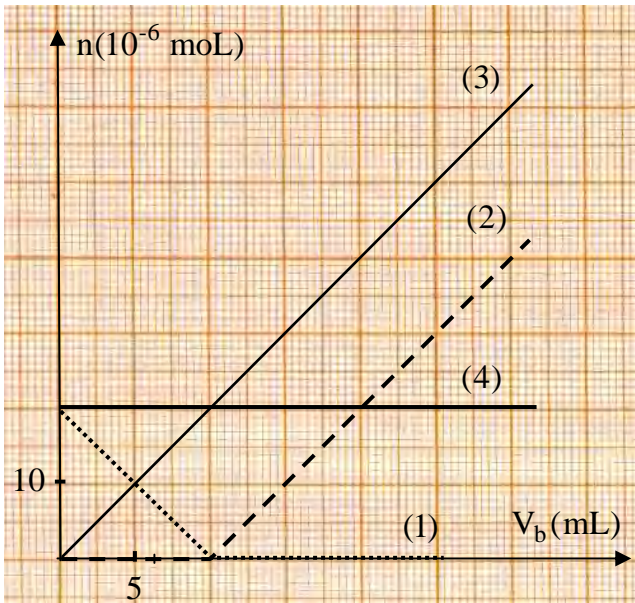
$$\frac{CV}{5} = \frac{C_2 V_E}{2} \rightarrow C = \frac{5 C_2 V_E}{2V} \rightarrow C = \frac{5 \cdot 0.02 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 20 \cdot 10^{-3}} = 0.1 \text{ mol/L}$$

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 $C_0 = 0.893 \text{ mol/L}$.

التمرين (17) : (التمرين : 047 في بنك التمارين على الموقع) (**)



لغرض تحديد تركيز محلول حمض الأزوت ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_3^-$) أخذنا عينة منه حجمها $V_a = 20 \text{ mL}$ و قمنا بمعايرتها بمحلول هيدروكسيد الصوديوم ($\text{Na}^+ + \text{OH}^-$) ذو التركيز المولي C_b .

ترجمت النتائج في المنحنيات (1) ، (2) ، (3) ، (4) التي تمثل كميات مادة الأنواع الكيميائية الموجودة في المزيج بدلالة الحجم V_b لمحلول هيدروكسيد الصوديوم المضاف .

1- أرسم المخطط التجريبي للمعايرة .
2- التفاعل الكيميائي المنمذج للمعايرة يعبر عنه بالمعادلة الكيميائية التالية :



أ- بين إن كان هذا التفاعل هو تفاعل حمض-أساس .

ب- اذكر الثنائيات (أساس/حمض) المشاركة في التفاعل ؟

ج- ماذا تلاحظ في ما يخص سلوك الماء في هذا التفاعل .

3- أذكر الأنواع الكيميائية الموجودة في المزيج أثناء المعايرة ما عدا الماء ، حدد المنحى الموافق لكل نوع مع التعليل

4- عين من البيان حجم محلول هيدروكسيد الصوديوم V_{bE} اللازم للتكافؤ مع الشرح .

5- أحسب التركيز المولي C_a لمحلول حمض الأزوت ثم التركيز المولي C_b لمحلول هيدروكسيد الصوديوم .

6- عند إضافة $V_b = 15 \text{ mL}$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم :

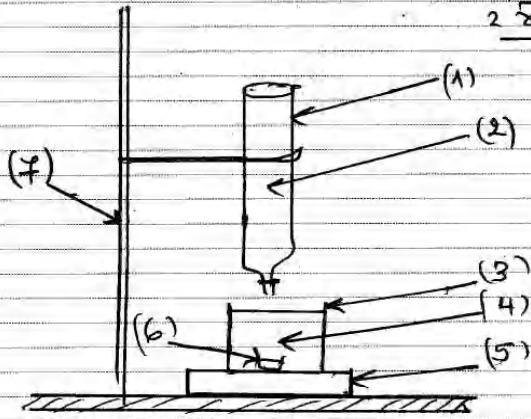
أ- مثل جدول تقدم التفاعل .

ب- حدد المتفاعل المحد و كذا التقدم الأعظمي X_{max} .

ج- تركيز المزيج بالشوارد HO^- .

الأجوبة :

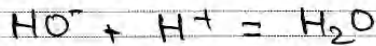
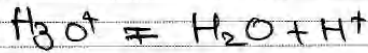
1- المخطط التحريبي للمعايرة 2



- (1) ← مساحه
- (2) ← محلول معاير
- (3) ← كأس بيثتر
- (4) ← محلول معاير
- (5) ← مخلوط مغناطيسي
- (6) ← مغناطيس
- (7) ← حامل المساحه

2- 2- أثبات أن التفاعل حمض - أساس :

التفاعل حمض-أساس لأنه حدث فيه تبادل بروتوني كما يلي :

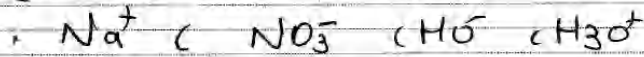


- التناحيات (أساس/ حمض) المشاركة في التفاعل :



ب- فيما يخص الماء يسلك سلوك حمض و أساس في آن واحد (متذبذب).

3- الأنواع الكيميائية الموجودة في المزيج أثناء المعايرة 2



المحتى الموافق لكل نوع كيميائي :

• NO_3^- ← موجود أصلاً في المزيج ولا يتشارك في التفاعل ، هذا يعني أن كمية مادته تبقى ثابتة أثناء المعايرة وهذا يتوافق مع المحتى (4).

• H_3O^+ ← تتناقص كمية مادتها حتى تنعدم عند السكافو وتظل

بعد ذلك منعدمة وهذا يتوافق مع المحتى (1)

• HO^- ← تتفاعل كلياً قبل المعايرة مع شوارد H_3O^+ (كمية مادته معدومة) وعند اختفاء كل شوارد H_3O^+ عند السكافو ، تتجمع

لشوارد HO^- في البيشر وتزداد كمية مادتها وهذا يتوافق مع المنحنى (2).

• Na^+ ← ليست موجودة في البيشر ولا تشارك في التفاعل
معنى هذا أن كمية مادتها تزايد أثناء المعايرة وهذا يتوافق مع المنحنى (3).

4- قيمة V_{bE} :

عند التكافؤ تختفي كل كمية H_3O^+ ومن المنحنى (1) الموافق لتغيرات $n(\text{H}_3\text{O}^+)$ يكون :

$$V_{bE} = 10 \text{ mL}$$

5- قيمة C_0 :

من المنحنى (1) الموافق لـ $n(\text{H}_3\text{O}^+)$ يكون :

$$n_0(\text{H}_3\text{O}^+) = 2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

ولدينا :

$$n_0(\text{H}_3\text{O}^+) = C_0 V_0 \rightarrow C_0 = \frac{n_0(\text{H}_3\text{O}^+)}{V_0}$$

$$C_0 = \frac{2 \cdot 10^{-5}}{20 \cdot 10^{-3}} = 10^{-3} \text{ mol/L}$$

قيمة C_0
والتكافؤ :

$$C_0 V_0 = C_b V_{bE} \rightarrow \forall C_b = \frac{C_0 V_0}{V_{bE}}$$

$$C_b = \frac{10^{-3} \times 20 \cdot 10^{-3}}{10 \times 10^{-3}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

6- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	H_3O^+	$+$	HO^-	$= 2 \text{H}_2\text{O}$
ابتدائية	$x=0$	$n_0(\text{H}_3\text{O}^+) = C_0 V_0$		$n_0(\text{HO}^-) = C_b V_b$	مفرقة
انتقالية	x	$C_0 V_0 - x$		$C_b V_b - x$	
نهاية	x_{max}	$C_0 V_0 - x_{\text{max}}$		$C_b V_b - x_{\text{max}}$	

من التفاعل المحد :

طريقة (1)

- بفرض أن H_3O^+ متفاعل محدد :

$$n_0(\text{H}_3\text{O}^+) - x_{\text{max}} = 0 \rightarrow x_{\text{max}} = n_0(\text{H}_3\text{O}^+) = C_0 V_0$$

$$x_{\text{max}} = 10^{-3} \times 20 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

- يفرض أن HO^- متفاعل محدد :

$$n_0(\text{HO}^-) - \alpha m_{\text{H}} = 0 \rightarrow \alpha m_{\text{H}} = n_0(\text{HO}^-) = C_b V_b$$

$$\alpha m_{\text{H}} = 2 \cdot 10^{-3} \times 15 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

اذن المتفاعل المحدد ، H_3O^+

صريقة (2) :

$V_b = 15 \text{ mL} < V_b E$ (بعد التساخو) في هذه النقطة من

المعايرة يكون النوع الكيميائي المتعاير الموجود بالبيسر

هو المتفاعل المحدد .

ح- قيمة $[\text{HO}^-]$

$$[\text{HO}^-] = \frac{n(\text{HO}^-)}{V_a + V_b}$$

مثالنعني (2) الموافق $n(\text{HO}^-)$

$$V_b = 15 \text{ mL} \rightarrow n(\text{HO}^-) = 10 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

ومنه

$$[\text{HO}^-] = \frac{10 \times 10^{-6}}{(20 + 15) \cdot 10^{-3}} = 2,86 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

التمرين (18) : (التمرين : 097 في بنك التمارين على الموقع) (***)

نعتبر في كل التمرين أن درجة الحرارة 25°C .

الإيبوبروفين مستحضر دوائي يباع في الصيدليات على شكل مسحوق في أكياس مكتوب عليها 200 mg ، من خصائص هذا الدواء أنه مضاد للإلتهاب و مسكن للألام و مخفض للحرارة .

التركيبية الكيميائية لهذا الدواء عبارة عن حمض كربوكسيلي صيغته الجزيئية المجدلة $\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2$. و كتلته المولية : $M = 206 \text{ g/mol}$.

I- أذينا محتوى كيس منه في كمية من الماء فتحصلنا على محلول (S_0) حجمه $V_0 = 100 \text{ mL}$ و تركيزه المولي C_0 .

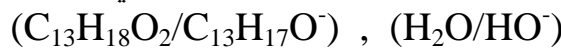
1- أثبت أن التركيز المولي C_0 مساوي بالتقريب 10^{-2} mol/L .

2- أكتب معادلة التفاعل المنمذج لتفكك الإيبوبروفين في الماء .

II- للتحقق من صحة المعلومات المكتوبة على كيس الإيبوبروفين 200 mg ، نذيب محتوى الكيس في حجم $V_b = 60 \text{ mL}$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) تركيزه المولي $C_b = 3.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

فنحصل على مزيج (S) حجمه $V = 60 \text{ mL}$.

1- أكتب معادلة التفاعل للتحويل الحادث ، علما أن الثنائيتين المشاركة في التفاعل هما :



2- مثل جدول تقدم التفاعل السابق الحادث بين شوارد H_3O^+ و حمض الإيبوبروفين $\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2$ في المحلول (S) باعتبار كمية $\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2$ الابتدائية مجهولة .

3- لأجل معرفة كمية مادة شوارد HO^- المتبقية في المحلول S في نهاية التحويل السابق ، أخذنا عينة من المحلول (S) حجمها $V' = 20 \text{ mL}$ و عايرناه بمحلول حمض كلور الهيدروجين ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$) تركيزه المولي

. $V_{aE} = 27 \text{ mL}$ فكان حجم الحمض الذي سمح لنا بالحصول على نقطة التكافؤ هو $C_a = 1.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
ننمذج التحول الحادث بين حمض كلور الهيدروجين و شوارد HO^- المتبقية بالتفاعل ذي المعادلة :



• أحسب كمية مادة شوارد HO^- المتبقية في العينة ، ثم استنتج كمية مادة شوارد HO^- المتبقية في المحلول (S) .
4- جد قيمة التقدم الأعظمي X_{max} .

5- جد كمية مادة حمض الإيبوبروفين $\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2$ الابتدائية التي قمنا بحلها و الموجودة في الكيس 200 mg من الإيبوبروفين و بين إن كانت تتوافق مع ما هو مكتوب على الكيس أم لا ؟

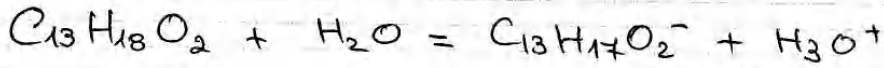
الأجوبة :

1- I - اثبات أي $C_0 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

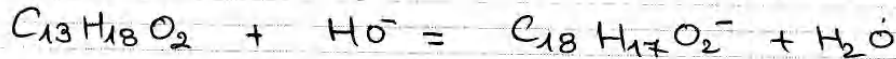
$$C_0 = \frac{n_0(\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2)}{V} = \frac{m_0}{M \cdot V} = \frac{m_0}{MV}$$

$$C_0 = \frac{0.20}{0.06 \times 0.1} = 9,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \approx 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

2- معادلة التحلل الإيبوبروفين في الماء :



II - 1- معادلة التفاعل :



3- جدول التقدم :

		$\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2 + \text{HO}^- = \text{C}_{13}\text{H}_{17}\text{O}_2^- + \text{H}_2\text{O}$			
ابتدائية	$\alpha=0$	$n_0(\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2)$	$n_0(\text{HO}^-)$	0	لحظة
انتقالية	α	$n_0(\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2) - \alpha$	$n_0(\text{HO}^-) - \alpha$	α	
نهائية	α_{max}	$n_0(\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2) - \alpha_{\text{max}}$	$n_0(\text{HO}^-) - \alpha_{\text{max}}$	α_{max}	

3- كمية مادة HO^- المتبقية في العينة :

و يفرض أن $n_1(\text{HO}^-)$ هي كمية مادة HO^- في العينة ، يكون عند التكافؤ :

$$n_0(\text{HO}^-) = C_a V_a = 10^{-2} \times 27 \cdot 10^{-3} = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

- تركيز HO^- المتبقية في العينة نفسه تركيز HO^- المتبقية في المزيج لذا يكون :

$$\frac{n(\text{HO}^-)}{V} = \frac{n_1(\text{HO}^-)}{V_1}$$

$$\frac{n(\text{HO}^-)}{0,06} = \frac{2,7 \cdot 10^{-4}}{0,02} \rightarrow n(\text{HO}^-) = \frac{0,06 \times 2,7 \cdot 10^{-4}}{0,02} = 8,1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

وهي كمية مادة HO^- المتبقية في المحلول (S) عند نهاية التفاعل

4- قِمْة $\alpha_{m_{2x}}$ =
 كمية HO^- المتبقية في المزيج في نهاية التفاعل هي ،
 $n_p(\text{HO}^-) = 8,1 \times 10^{-4} \text{ mol}$

ومن حصول التقدم ،

$$n_p(\text{HO}^-) = n_0(\text{HO}^-) - \alpha_{m_{2x}}$$

$$n_p(\text{HO}^-) = C_b V_b - \alpha_{m_{2x}} \rightarrow \alpha_{m_{2x}} = C_b V_b - n_p(\text{HO}^-)$$

$$\alpha_{m_{2x}} = 3 \cdot 10^{-2} \times 60 \cdot 10^{-3} - 8,1 \cdot 10^{-4} = 9,90 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

5- كمية حمض الايبوروفين المنحلة في المزيج (S) والموجود في الكيس :

لما أن HO^- تَبَقَّتْ في المزيج (S) فان حمض الايبوروفين $\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2$ هو المتفاعل المحد ، لذا يكون من حصول التقدم ،

$$n_0(\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2) - \alpha_{m_{2x}} = 0 \rightarrow n_0(\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2) = \alpha_{m_{2x}} = 9,9 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

6- كتلة حمض الايبوروفين $\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2$ في الكيس ، هي نفسها المنحلة في المحلول (S) وعليه ،

$$n = \frac{m}{M} \rightarrow m = M \cdot n$$

$$m = 206 \times 9,9 \cdot 10^{-4} \approx 0,2 \text{ g} = 200 \text{ mg}$$

وهي توافق الكتابة الموجود في الكيس .

التمرين (19): (التمرين : 039 في بنك التمارين على الموقع) (***)



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



أقترح أستاذ على تلاميذه في حصة الأعمال التطبيقية تحديد إن كانت قارورة الماء الأكسجيني الموجودة في المخبر محضرة حديثا أم منذ مدة كبيرة ، لذلك وضع في متناولهم المواد والوسائل التالية :

- قارورة تحتوي على 500 mL من الماء الأكسجيني S_0 كتب عليها ماء أكسجيني 10V و تعني كل 1L من الماء الأكسجيني يحرق 10L من غاز ثنائي الأوكسجين في الشرطين النظاميين ، الحجم المولي $(V_M = 22.4 \text{ L/mol})$.

- الزجاجيات :

• حوجلات عيارية : 250 mL ، 200 mL ، 100 mL ، 50 mL .

• ماصات عيارية : 1 mL ، 5 mL ، 10 mL وإجاصة مص .

- ساحة مدرجة سعتها : 50 mL .
- بيشر سعته : 250 mL .
- قارورة حمض الكبريت المركز 98% .
- حامل .

- 1- مثل جدول تقدم تفاعل تفكك الماء الأكسجيني و بناءا على الكتابة 10V و مستعينا بجدول التقدم . بين أن التركيز المولي للماء الأكسجيني الموجودة في القارورة الخاصة بالمخبر هو $C_0 = 0.89 \text{ mol/L}$ (المحلول S_0) .
 - 2- طلب الأستاذ من أحد التلاميذ تحضير محلول S بحجم 200 mL أي بتمديد عينة من المحلول S_0 40 مرة ، ضع بروتوكولا تجريبيا لتحضير المحلول S .
 - 3- أخذ هذا التلميذ حجما مقداره 10 mL من المحلول (S) و أجرى له عملية المعايرة بمحلول حمض لبرمنغنات البوتاسيوم تركيزه المولي $C_2 = 10^{-2} \text{ mol/L}$ ، لاحظ تغير لون المزيج إلى اللون البنفسجي عند إضافة $V_{2E} = 8.8$ mL من محلول برمنغنات البوتاسيوم .
- أ- أكتب معادلة التفاعل أكسدة- إرجاع النمذج لتحول المعايرة علما أن الثنائيتين المشاركتين في هذا التفاعل هما :
- (MnO_4^- (aq) / Mn^{2+} (aq)) ، (O_2 (aq) / H_2O_2 (aq))
- ب- أحسب التركيز المولي C_1 للمحلول الماء الأكسجيني المعايير (المحلول S) ثم استنتج التركيز المولي C لمحلول الماء الأكسجيني الموجودة بالقارورة
- ج- قارن النتيجة بتلك التي حصلنا عليها سابقا ، استنتج أنك إن كان الماء الأكسجيني الموجودة بقارورة المخبر محضر حديثا أم قديما .

الأجوبة :

1- التركيز المولي للماء الأكسجيني في القارورة بناءا على الكتابة 10V :
جدول التقدم :

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

التركيز المولي للمحلول S_0 :

- 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 :

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

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

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

2- البروتوكول التجريبي :

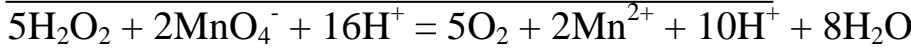
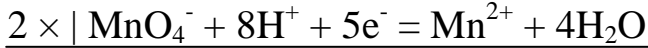
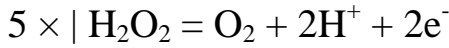
- نحسب أولاً حجم المحلول S_0 الواجب أخذه بالماصة .
- باعتبار V_0 حجم المحلول S_0 قبل التمديد و V حجم المحلول الناتج بعد التمديد ، و حيث أن معامل التمديد هو $f = 40$ يكون :

$$V = 40 V_0 \rightarrow V_0 = \frac{V}{40} = \frac{200}{40} = 5 \text{ mL}$$

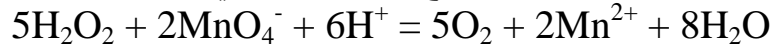
- بواسطة مادة عيارية مزودة بإجاصة مص و سعتها 5 mL نأخذ الحجم $V_0 = 5 \text{ mL}$ من المحلول S_0 و نضعها في حوالة عيارية سعتها 200 mL .

- نضيف الماء المقطر حتى خط العيار مع الرج للحصول على محلول متجانس .

3-أ- معادلة التفاعل أكسدة- إرجاع النمذج لتحول المعايرة :



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

ب- التركيز المولي C_1 :

عند التكافؤ و من المعادلة يكون :

$$\frac{n_0(\text{H}_2\text{O}_2)}{5} = \frac{n_0(\text{MnO}_4^-)}{2}$$

$$\frac{C_1 V_1}{5} = \frac{C_2 V_E}{2} \rightarrow C_1 = \frac{5 C_2 V_E}{2 V_1} \rightarrow C_1 = \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 8.8 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,01} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

و كون أن المحلول (S) تحصلنا عليه بتمديد المحلول الموجود بالكارورة 40 مرة يكون تركيز محلول الماء الأكسجيني الموجود في القارورة هو :

$$C = 40 C_1 = 40 \cdot 2,2 \cdot 10^{-2} = 0,88 \text{ mol/L}$$

ج- المقارنة :

نلاحظ أن $C = C_0$ ، أي أن التركيز المولي للماء الأكسجيني الموجود في قارورة المخبر يوافق الكتابة 10V المدونة على بطاقة القارورة ، نستنتج أن الماء الأكسجيني الموجودة في قارورة المخبر محضر حديثاً .

التمرين (20) : (التمرين : 096 في بنك التمارين على الموقع) (***)

ماء جافيل مادة كيميائية كثيرة الاستعمال ، يشيع استخدامه كمطهر و مبيض ، يتمتع بخاصية القضاء على البقع و تعقيم الملابس .

Javel : اسم القرية التي بادر فيها الكيميائي الفرنسي Claude Louis Berthelot بتصنيع ماء جافيل سنة 1775 هذه القرية حالياً هي أحد أحياء باريس .

تعتبر $\text{ClO}^-_{(aq)}$ شاردة الهيوكلوريت hypochlorite العنصر الفعال لماء جافيل . القياسات مأخوذة عند درجة حرارة 25°C .

I- ماء جافيل هو محلول هيوكلوريت الصوديوم $(\text{Na}^+_{(aq)} + \text{ClO}^-_{(aq)})$ ناتج عن حل غاز الكلور $\text{Cl}_2(g)$ في محلول هيدروكسيد الصوديوم $(\text{Na}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)})$ حسب المعادلة :



تعطي شوارد الهيوكلوريت $\text{ClO}^-_{(aq)}$ لماء جافيل الصفة المؤكسدة ، كما أنها تتميز بالصفة الأساسية .



اشترى تلميذ قارورة ماء جافيل من الدكان المقابل للثانوية كتب عليها المعلومة التالية 12°Chl .
معلومة : الدرجة الكلورومتريية ($^\circ\text{Chl}$) تعني حجم غاز ثنائي الكلور $\text{Cl}_2(\text{g})$ باللتر و الذي يلزم للحصول على 1L من ماء جافيل في الشروط النظامية ($V_M = 22,4 \text{ L/mol}$) .

- 1- أنجز جدولاً لتقدم التفاعل و بين أن : $^\circ\text{Chl} = C \cdot V_M$. حيث C هو التركيز المولي للمحلول بشوارد $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$
 - 2- أثبت أن التركيز المولي C الموافق لما كتب على بطاقة القارورة هو $C = 0,53 \text{ mol/L}$.
 - II- في حصة الأعمال المخبرية وزع الأستاذ التلاميذ على فوجين للتأكد من قيمة C بطريقتين .
- الفوج الأول :** وضع تلاميذ هذا الفوج حجماً قدره $V = 5 \text{ mL}$ من ماء جافيل الذي تركيزه C بشوارد $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$ ، في بيشر و أضافوا له كمية من محلول يود البوتاسيوم ($\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{I}^-_{(\text{aq})}$) بزيادة .

1- أ- أكتب المعادلتين النصفيتين و المعادلة الإجمالية للتفاعل الحادث . علماً أن الثنائيتين الداخلتين في التفاعل :
($\text{ClO}^-_{(\text{aq})} / \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$) ، ($\text{I}_2(\text{aq}) / \text{I}^-_{(\text{aq})}$)
ب- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل و أثبت أن كمية ثنائي اليود النهائية $n_f(\text{I}_2) = C \cdot V$ و باعتبار $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$ هو المتفاعل المحد .

2- لمعايرة كمية ثنائي اليود المتشكل من التفاعل وضع التلاميذ في السحاحة محلولاً لثيوكبريتات الصوديوم ($2\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$) تركيزه المولي $C' = 0,265 \text{ mol.L}^{-1}$ فأضيف محلول الثيوكبريتات إلى الكأس حتى نقطة التكافؤ .

أ- أكتب معادلة تفاعل المعايرة بين $\text{I}_2(\text{aq})$ و $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$ بحيث الثنائيتين الداخلتين في التفاعل هما :
($\text{S}_4\text{O}_6^{2-}_{(\text{aq})} / \text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$) ، ($\text{I}_2(\text{aq}) / \text{I}^-_{(\text{aq})}$)

ب- من خلال تعريف التكافؤ أثناء المعايرة أثبت أن : $n(\text{I}_2) = \frac{C' \cdot V_E}{2}$

حيث V_E الحجم اللازم للتكافؤ .

ج- استنتج قيمة C إذا كان حجم التكافؤ $V_E = 20 \text{ mL}$.
هل النتائج مطابقة لما كتب على بطاقة القارورة ؟

الأجوبة :

1-1 جدول التقدم

		$\text{Cl}_2 + 2\text{HO}^- = \text{ClO}^- + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$			
التهيئة	$\alpha=0$	$n_0(\text{Cl}_2) = \frac{C \cdot V_M}{V_M}$	$n_0(\text{HO}^-)$	0	0
التفاعل	α	$n_0(\text{Cl}_2) - \alpha$	$n_0(\text{HO}^-) - 2\alpha$	α	α
نهاية	α_{max}	$n_0(\text{Cl}_2) - \alpha_{\text{max}}$	$n_0(\text{HO}^-) - 2\alpha_{\text{max}}$	α_{max}	α_{max}

- اثبات أن $^\circ\text{Chl} = C \cdot V_M$:

نحسب α_{max} من أجل انحلال كلي لعجم من غاز الكلور قدره $C \cdot V_M \text{ L}$ في الشرطين النظاميين والحصول على 1L من ماء جافيل من جهة .

$$n_f(\text{ClO}^-) = C \cdot V = C \quad (V = 1 \text{ L})$$

ومن جهة أخرى من جدول التقدم :

$$n_f(\text{ClO}^-) = \alpha_{\text{max}} \rightarrow \alpha_{\text{max}} = C \quad (1)$$

من جدول التقدم أيضاً :

$$n_0(\text{Cl}_2) - \alpha_{\text{max}} = 0 \quad (\text{Cl}_2 \text{ تفاعل كلياً})$$

$$\frac{c_{\text{che}}}{V_M} - \alpha_{m2} \alpha = 0 \rightarrow \alpha_{m2} = \frac{c_{\text{che}}}{V_M} \quad \dots (2)$$

من (1) ، (2) :

$$\frac{c_{\text{che}}}{V_M} = C \rightarrow \boxed{c_{\text{che}} = C V_M}$$

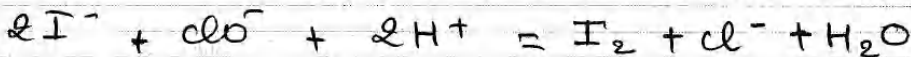
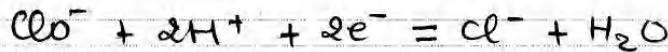
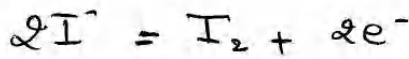
في أثناء أن $C = 0,53 \text{ mol/L}$

لدينا سابقا :

$$c_{\text{che}} = C V_M \rightarrow C = \frac{c_{\text{che}}}{V_M}$$

$$C = \frac{12}{22,4} = 0,53 \text{ mol/L}$$

II - الفوج الأول :



في جدول التقيم :

		$2\text{I}^- + \text{ClO}^- + 2\text{H}^+ = \text{I}_2 + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$				
ابتدائية	$\alpha = 0$	$n_b(\text{I}^-)$	$n_b(\text{ClO}^-)$		0	0
انتهائية	α	$n_b(\text{I}^-) - 2\alpha$	$n_b(\text{ClO}^-) - \alpha$		α	α
نهائية	α_{m2}	$n_b(\text{I}^-) - 2\alpha_{m2}$	$n_b(\text{ClO}^-) - \alpha_{m2}$		α_{m2}	α_{m2}

في أثناء أن $n_f(\text{I}_2) = C V$
من جدول التقيم :

$$n_f(\text{I}_2) = \alpha_{m2} \quad \dots (1)$$

ومن جهة أخرى حيث ClO^- متفاعل محدد :

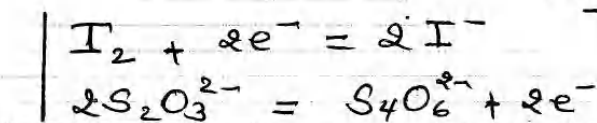
$$n_b(\text{ClO}^-) - \alpha_{m2} = 0$$

$$C V - \alpha_{m2} = 0 \quad \dots (2)$$

من (1) : $\alpha_{m2} = n_f(\text{I}_2)$ ، بالتعويض في (2) :

$$C V - n_f(\text{I}_2) = 0 \rightarrow n_f(\text{I}_2) = C V$$

في معادلة المعايرة :



$$n(I_2) = \frac{n_0(S_2O_3^{2-})}{2} \quad \text{د- إثبات عند التكاثر}$$

$$n_0(I_2) = \frac{e'Ve}{2} \quad \text{--- (1)}$$

ح- قيمة C
 - كمية مازلا I_2 الناتجة في التفاعل السابق $(n_y(I_2))$
 هي نفسها كمية مازلا I_2 المعيار $(n_0(I_2))$ أي
 $n_0(I_2) = n_y(I_2) = eV \quad \text{--- (2)}$

$$eV = \frac{e'Ve}{2} \rightarrow C = \frac{e'Ve}{2V} \quad \text{من (1) ، (2)}$$

$$C = \frac{0,265 \times 20 \times 10^{-3}}{2 \times 5 \times 10^{-3}} = 0,53 \text{ mol/L}$$

نعم النتائج مطابقة لما كتب على القارورة²

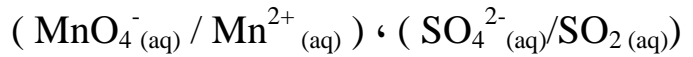
التمرين (21) : (بكالوريا 2009 - رياضيات) (التمرين : 038 في بنك التمارين على الموقع) (***)

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



من أجل معرفة التركيز الكتلي لغاز SO_2 في الهواء ، نحل 20 m^3 من الهواء في 1 L من الماء لنحصل على محلول S_0 (نعتبر أن كمية SO_2 تنحل كلياً في الماء) . نأخذ حجماً $V = 50 \text{ mL}$ من (S_0) ثم نعايرها بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+_{(aq)} + MnO_4^-_{(aq)})$ تركيزه المولي $C_1 = 2.0 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.

1- أكتب معادلة التفاعل المنمذج للمعايرة علماً أن الثنائيتين الداخليتين في التفاعل هما :



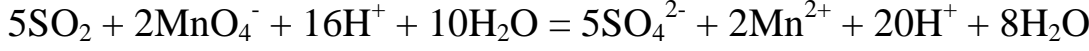
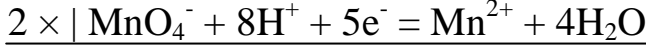
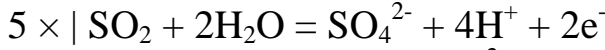
2- كيف تكشف تجريبياً عن حدوث التكافؤ ؟

3- إذا كان حجم محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+_{(aq)} + MnO_4^-_{(aq)})$ المضاف عن التكافؤ $V_E = 9.5 \text{ mL}$. أستنتج التركيز المولي (C) للمحلول المعيار .

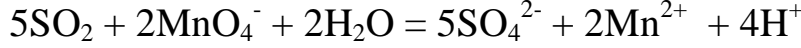
4- عين التركيز الكتلي لغاز SO_2 المتواجد في الهواء المدروس .

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

يعطى : $M(S) = 32 \text{ g.mol}^{-1}$ ، $M(O) = 16 \text{ g/mol}$.

الأجوبة :**1- معادلة التفاعل :**

و عند اختزال H_2O ، H^+ تكون معادلة التفاعل المطلوبة كما يلي :

**2- كيفية الكشف تجريبيا عن حدوث التكافؤ :**

بتغيير اللون حيث يبدأ ظهور اللون البنفسجي المستقر في الوسط التفاعلي (المزيج) .

3- التركيز المولي للمحلول المعايير :

عند التكافؤ يكون التفاعل في الشروط الستوكيومترية و منه يكون اعتمادا على المعادلة :

$$\frac{n_0(\text{SO}_2)}{5} = \frac{n_0(\text{MnO}_4^-)}{2}$$

$$\frac{CV}{5} = \frac{C_1V_E}{2} \rightarrow C = \frac{5C_1V_E}{2V} \rightarrow C = \frac{5 \times 2 \cdot 10^{-4} \times 9.5 \cdot 10^{-3}}{2 \times 50 \cdot 10^{-3}} = 9.5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$$

4- التركيز الكتلي لغاز SO_2 في الهواء المدروس :

وجدنا سابقا : $C = 9.5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$ و هو التركيز المولي لغاز SO_2 في الحجم $V = 50 \text{ mL}$ من المحلول (S_0) الذي قمنا بمعايرته ، و هو نفسه التركيز المولي للمحلول الأصلي الذي تحصلنا عليه بحل 20 m^3 من الهواء في 1L من الماء . فإذا اعتبرنا C_0 هو التركيز المولي لهذا المحلول (S_0) يكون :

$$C_0 = C = 9.5 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

و عليه كمية مادة SO_2 المتواجدة في المحلول (S_0) الذي تحصلنا عليه بحل 20 m^3 من الهواء في 1L من الماء و المساوي لكمية مادة SO_2 الموجودة في 2 m^3 من الهواء المنحل هو :

$$n_0(\text{SO}_2) = C_0V = 9.5 \cdot 10^{-5} \cdot 1 = 9.5 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

و بالتالي تكون كتلة SO_2 الموافقة لـ 2 m^3 من الهواء التي قمنا بحلها في 1L من الماء هي كما يلي :

$$n_0(\text{SO}_2) = \frac{m_0(\text{SO}_2)}{M(\text{SO}_2)} \rightarrow m_0(\text{SO}_2) = n_0(\text{SO}_2) M(\text{SO}_2)$$

$$\bullet M(\text{SO}_2) = 32 + (2 + 16) = 64 \text{ g/mol}$$

$$\bullet m_0(\text{SO}_2) = 9.5 \cdot 10^{-5} \cdot 64 = 6.08 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

و عليه يمكن حساب الآن التركيز الكتلي لـ SO_2 في 2 m^3 من الهواء المنحل كما يلي :

$$C_m = \frac{m_0(\text{SO}_2)}{V_{\text{air}}}$$

$$C_m = \frac{6.08 \cdot 10^{-3}}{2(\text{m}^3)} = 3.04 \cdot 10^{-4} \text{ g/m}^3 = 304 \mu\text{g/m}^3$$

5- طبيعة الهواء المدروس :

وجدنا سابقا $C_m = 304 \mu\text{g/m}^3$ و هو التركيز الكتلي للهواء المدروس و حسب شروط المنظمة العالمية للصحة التي تعتبر الهواء غير ملوث عندما لا يتعدى التركيز الكتلي لـ SO_2 في الهواء القيمة $250 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ، يمكن إذن اعتبار أن الهواء المدروس ملوث .

التمرين (22) : (التمرين : 036 في بنك التمارين على الموقع) (***)

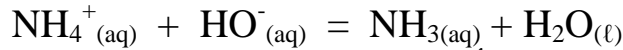
وقع انفجار بالقرب من وسط بيروت ، أدى إلى مقتل العشرات وإصابة الآلاف. ووفقا لتصريحات رسمية ، فإن الانفجار نجم عن شحنة من نترات الأمونيوم تقدر بنحو 2750 طنا ، موجودة منذ 6 سنوات في مستودع من دون إجراءات وقائية ، فما هذه المادة ؟ وما أثارها الصحية ؟ وما الإسعافات الأولية منها ؟



تستعمل المنتجات الصناعية الأزوتية أيضا في المجال الفلاحي لتوفرها على عنصر الأزوت الذي يعد من بين العناصر الضرورية لتخصيب التربة ، يحتوي منتج صناعي على نترات الأمونيوم $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ كثير الذوبان في الماء .

تشير لاصقة كيس المنتج الصناعي الأزوتي إلى النسبة المئوية الكتلية لعنصر الأزوت (33%) . القياسات تمت عند الدرجة 25°C .

في اللحظة $t = 0$ نمزج حجما $V_1 = 20 \text{ mL}$ من محلول شوارد الأمونيوم $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ تركيزه المولي $C_1 = 0.15 \text{ mol/L}$ مع حجم $V_2 = 10 \text{ mL}$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم $(\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq}))$ تركيزه المولي $C_2 = 0.15 \text{ mol/L}$ ، نمذج التحول الحادث بالمعادلة الكيميائية التالية :



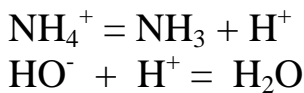
- 1- بين أن التفاعل السابق هو تفاعل حمض-أساس .
- 2- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل . حدد المتفاعل المحدد و استنتج قيمة التقدم الأعظمي x_{max} .
- 3- بهدف التأكد من النسبة المئوية الكتلية لعنصر الأزوت في المنتج الصناعي ، نذيب عينة كتلتها $m = 6 \text{ g}$ منه في حوجة عيارية ، فنحصل على محلول (S_a) حجمه 250 mL . نأخذ حجما $V_a = 10 \text{ mL}$ من المحلول (S_a) و نعايره بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_b = 0.2 \text{ mol/L}$ ، نصل إلى نقطة التكافؤ عند إضافة الحجم $V_{\text{bE}} = 14 \text{ mL}$.

- أ- احسب التركيز المولي C_a للمحلول (S_a) ، و استنتج كتلة الأزوت في العينة .
- ب- تعرف النسبة المئوية الكتلية لعنصر الأزوت بأنها : النسبة بين كتلة الأزوت في العينة و كتلة العينة .
- ج- احسب النسبة المئوية الكتلية لعنصر الأزوت في العينة . ماذا تستنتج ؟

تعطى : $pK_a(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3) = 9.2$ ، $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{N}) = 14 \text{ g/mol}$.

الأجوبة :

- 1- أ- اثبات أن التفاعل هو تفاعل حمض-أساس :
- هذا التفاعل هو تفاعل حمض-أساس لأنه حدث فيه تبادل بروتوني كما يلي :



2- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	$\text{NH}_4^+ + \text{HO}^- = \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$			
ابتدائية	$x = 0$	$n_{01} = C_1 V_1$	$n_{02} = C_2 V_2$	0	بوفرة
انتقالية	x	$C_1 V_1 - x$	$C_2 V_2 - x$	x	بوفرة
نهائية	x_f	$C_1 V_1 - x_{\text{éq}}$	$C_2 V_2 - x_{\text{éq}}$	$x_{\text{éq}}$	بوفرة

التقدم الأعظمي :

- بفرض أن NH_4^+ هو المتفاعل المحد :

$$C_1 V_1 - x_{\text{max}} = 0 \rightarrow x_{\text{max}} = C_1 V_1 = 0.15 \cdot 0.02 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

- بفرض أن HO^- هو المتفاعل المحد :

$$C_2 V_2 - x_{\text{max}} = 0 \rightarrow x_{\text{max}} = C_2 V_2 = 0.15 \cdot 0.01 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

إذن المتفاعل المحد هو HO^- و $x_{\text{max}} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

3- أ- التركيز C_a :

عند التكافؤ :

$$C_a V_a = C_b V_{bE} \rightarrow C_a = \frac{C_b V_{bE}}{V_a}$$

$$C_a = \frac{0,2 \cdot 14 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-3}} = 0,28 \text{ mol/L}$$

ب- النسبة المئوية الكتلية للأزوت P :

- نحسب أولاً كتلة نترات الأمونيوم NH_4NO_3 النقية المنحلة في المحلول (S_a) و الناتجة عن حل 6 g من العينة التجارية .

$$C_a = \frac{n_0}{V} = \frac{\frac{m(\text{NH}_4\text{NO}_3)}{M}}{V} = \frac{m(\text{NH}_4\text{NO}_3)}{M \cdot V} \rightarrow m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = C_a \cdot M \cdot V$$

$$\bullet M = 14 + (4 \cdot 1) + 14 + (3 \cdot 16) = 80 \text{ g/mol}$$

$$\bullet m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0.28 \cdot 80 \cdot 0.25 = 5.6 \text{ g}$$

- نحسب الآن كتلة الأزوت الموجودة في نترات الأمونيوم NH_4NO_3 النقية و التي بدورها الموجودة في 6 g من العينة .

- في المركب : NH_4NO_3 يكون :

$$\frac{M(\text{NH}_4\text{NO}_3)}{m(\text{NH}_4\text{NO}_3)} = \frac{M(\text{N})}{m(\text{N})}$$

حيث $M(\text{N})$ هي الكتلة المولية للأزوت في المركب و في المركب NH_4NO_3 يكون :

$$M(\text{N}) = 2 \cdot 14 = 28 \text{ g/mol}$$

إذن :

$$\frac{80}{5,6} = \frac{28}{m(\text{N})} \rightarrow m(\text{N}) = \frac{5,6 \cdot 28}{80} = 1.96 \text{ g}$$

جـ- نحسب الآن نسبة الأزوت في العينة ذات الكتلة $m_0 = 6 \text{ g}$.

$$P = \frac{m(N)}{m_0} \cdot 100 \rightarrow P = \frac{1,96}{6} \cdot 100 \approx 33 \%$$

نستنتج أن النسبة الموجودة على لاصقة كيس المنتج الصناعي صحيحة .

**** الأستاذ : فرقاني فارس ****

ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم

الخراب - 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