سلاسل المنجد - دروس و تمارين

2AS

الشعب العلمية و الرياضية

السلسلة 2-07-1

علوم فيزيائية

تعيين كمية المادة عن طريق المعايرة

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 الفايسبوك التالية :

الأستاذ فرقاني فارس أستاذ العلوم الفيزيائية Fergani Fares

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

الإصدار : أفريل/2022

www.dzexams.com

www.dzexams.com

تعيين كمية المادة عن 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 برونشتد الحمض HA هو كل فرد كيميائي جزيئيا كان أم شارديا قادر على التخلي عن بروتون H^+ خلال تفاعل كيميائي . وفق المعادلة :

$$HA = H^+ + A^-$$

- ينحل الحمض HA في الماء وفق المعادلة :

$$HA + H_2O = H_3O^+ + A^-$$

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 :

$$HCl + H_2O = H_3O^+ + Cl^-$$

• كل الأحماض التي من الشكل RCOOH (مثل حمض الميثانويك HCOOH ، الإيثانويك CH_3COOH ، حمض البنزويك C_6H_5COOH) هي أحماض ضعيفة تنحل في الماء وفق المعادلة الكيميائية التالية :

$$RCOOH + H_2O = RCOO^- + H_3O^+$$

www.dzexams.com

• مفهوم الأساس :

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

$$B + H^+ = BH^+$$

- ينحل الأساس B في الماء وفق المعادلة :

$$B + H_2O = BH^+ + HO^-$$

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 :

$$NaOH = Na^+ + HO^-$$

• النشادر NH_3 أساس ضعيف ينحل في الماء وفق المعادلة :

$$NH_3 + H_2O = NH_4^+ + HO^-$$

• 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 :

$$HA = A^- + H^+$$

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

$$B + H^+ = BH^+$$

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

أمثلة لبعض الثنائيات :

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

ملاحظة :

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

$$H_2O = HO^- + H^+$$

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

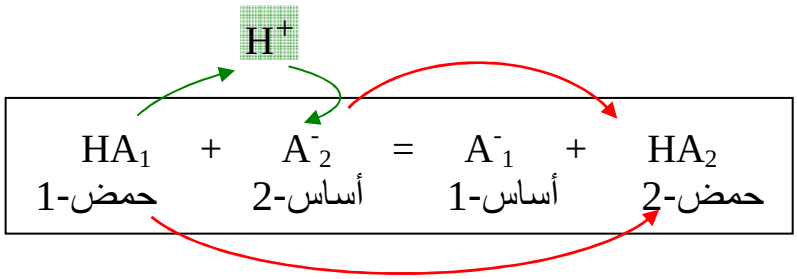
$$H_2O + H^+ = H_3O^+$$

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

www.dzexams.com

• 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 ، ليلتقطه 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 :

$$CH_3COOH + H_2O = CH_3COO^- + H_3O^+$$

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

$$CH_3COOH = CH_3COO^- + H^+$$
$$H_2O + H^+ = H_3O^+$$

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

$$(H_3O^+/H_2O) \ ، \ (CH_3COOH/CH_3COO^-)$$

• ينحل النشادر NH_3 في الماء وفق المعادلة :

$$NH_3 + H_2O = NH_4^+ + HO^-$$

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

$$NH_3 + H^+ = NH_4^+$$
$$H_2O = HO^- + H^+$$

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

$$(H_2O/HO^-) \ ، \ (NH_4^+/NH_3)$$

- التفاعل الكيميائي المنمذج بالمعادلة التالية :

$$CH_3COOH + CH_3COH = CH_3COOCH_3 + H_2O$$

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		
	لون 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

www.dzexams.com

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) $NH_3 + H_2O = NH_4^+ + HO^-$
b) $CH_4 + 2O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$
c) $H_2O + H_2O = H_3O^+ + OH^-$
d) $Cu + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$
e) $HCl + H_2O = H_3O^+ + Cl^-$
f) $C_2H_5OH + Na = C_2H_5O^- + Na^+ + 1/2H_2$
g) $HCOOH + H_2O = HCOO^- + H_3O^+$
h) $Cu^{2+}_{(aq)} + 2HO^-_{(aq)} = Ca(OH)_{2\,(s)}$
i) $CH_3NH_2 + CH_3COOH = CH_3NH_3^+ + CH_3COO^-$
j) $CH_3COOH + CH_3OH = CH_3COOCH_3 + H_2O$
k) $HCl + NH_3 = NH_4^+ + Cl^-$
l) $Fe + H_2O_4 = FeSO_4 + H_2$

الأجوبة :

التفاعل حمض أساس :

التفاعل	تفاعل حمض أساس أم لا	التبادل البروتوني الحادث	الثنائيات (أساس/حمض)
a	نعم	$NH_3 + H^+ = NH_4^+$ $H_2O = HO^- + H^+$	(NH_4^+/NH_3) (H_2O/HO^-)
b	لا		
c	نعم	$H_2O + H^+ = H_3O^+$ $H_2O = HO^- + H^+$	(H_3O^+/H_2O) (H_2O/HO^-)
d	لا		
e	نعم	$HCl = H^+ + Cl^-$ $H_2O + H^+ = H_3O^+$	(HCl/Cl^-) (H_3O^+/H_2O)
F	لا		
g	نعم	$HCOOH = HCOO^- + H^+$ $H_2O + H^+ = H_3O^+$	$(HCOOH/HCOO^-)$ (H_3O^+/H_2O)
h	لا		
i	نعم	$CH_3NH_2 + H^+ = CH_3NH_3^+$ $CH_3COOH = CH_3COO^- + H^+$	$(CH_3NH_3^+/CH_3NH_2)$ (CH_3COOH/CH_3COO^-)
j	لا		
k	نعم	$HCl = H^+ + Cl^-$ $NH_3 + H^+ = NH_4^+$	(HCl/Cl^-) (NH_4^+/NH_3)
l	لا		

www.dzexams.com

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

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

1) $CH_3COOH = CH_3COO^-$
2) $SO_3^{2-} = HSO_3^-$
3) $HCl = Cl^-$
4) $H_2O = H_3O^+$
5) $H_2O = HO^-$
6) $NH_4^+ = NH_3$

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

1) …… $+ H_2O = NH_3 + H_3O^+$
2) ..... $+ H_2O = NH_4^+ + HO^-$
3) $S^{2-} + H_2O =$ ..... $+ HO^-$
4) ..... $+ H_2O = H_3O^+ + SO_4^{2-}$
5) ..... $+ H_2O = CH_3COO^- + H_3O^+$.

3- الإيثانويك هو حمض صيغته CH_3COOH و الإيثيل أمين هو أساس صيغته $C_2H_5\text{-}NH_2$.

أ- أكتب معادلتي انحلال كل من حمض الإيثانويك و إيثيل أمين في الماء .

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

جـ- 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 الثنائية (أساس/حمض) :

	المعادلة	الثنائية
(1)	$CH_3COOH = CH_3COO^- + H^+$	(CH_3COOH/CH_3COO^-)
(2)	$SO_3^{2-} + H^+ = HSO_3^-$	(HSO_3^-/SO_3^{2-})
(3)	$HCl = Cl^- + H^+$	(HCl/Cl^-)
(4)	$H_2O + H^+ = H_3O^+$	(H_3O^+/H_2O)
(5)	$H_2O = HO^- + H^+$	(H_2O/HO^-)
(6)	$NH_4^+ = NH_3 + H^+ +$	(NH_4^+/NH_3)

2- إكمال المعادلات :

1) $\mathbf{NH_4^+} + H_2O = NH_3 + H_3O^+$
2) $\mathbf{NH_3} + H_2O = NH_4^+ + HO^-$
3) $S^{2-} + H_2O = \mathbf{HS^-} + HO^-$
4) $\mathbf{HSO_4^-} + H_2O = H_3O^+ + SO_4^{2-}$
5) $\mathbf{CH_3COOH} + H_2O = CH_3COO^- + H_3O^+$

3- أ- معادلتي الانحلال :

$CH_3COOH + H_2O = CH_3COO^- + H_3O^+$
$C_2H_5\text{-}NH_2 + H_2O = C_2H_5\text{-}NH_3^+ + HO^-$

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

(CH_3COOH/CH_3COO^-) , (H_3O^+/H_2O)
$(C_2H_5\text{-}NH_3^+/C_2H_5\text{-}NH_2)$, (H_2O/HO^-)

www.dzexams.com

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

د- معادلة التفاعل الحادث بين CH_3COOH و $C_2H_5\text{-}NH_2$:

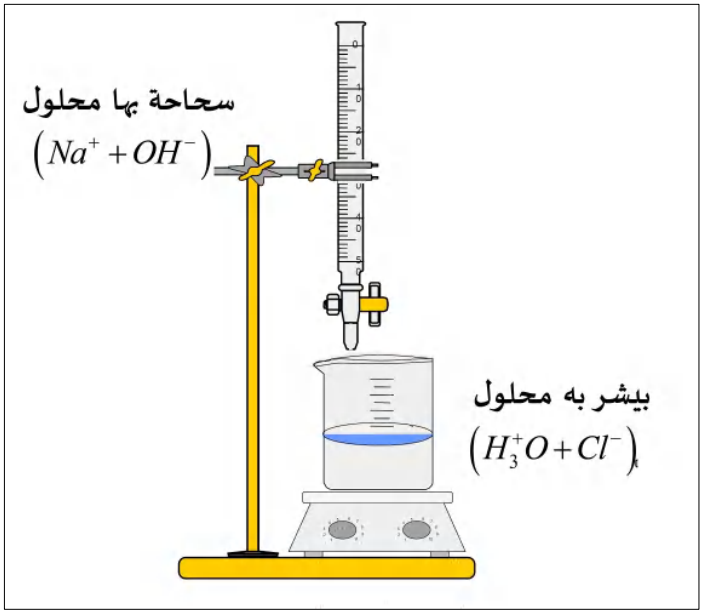
$$CH_3COOH + C_2H_5\text{-}NH_2 = CH_3COO^- + C_2H_5\text{-}NH_3^+$$

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 معايَر** .

▪ سحاحة تحتوي على المحلول المستعمل في المعايرة و الذي يسمى **محلول معايِر** .

▪ رجاج أومخلاط مغناطيسي يستعمل لخلط المزيج المتحصل عليه في كأس بيشر .

- أثناء المعايرة نضيف تدريجيا بواسطة السحاحة المحلول **المعايِر** إلى المحلول **المعايَر** 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 المعايَر مع كل كمية مادة النوع الكيميائي في المحلول المعايِر المضاف .

- نعتبر أن التفاعل الكيميائي المنمذج للمعايرة من الشكل :

$$\alpha\ A + \beta\ B = \delta\ C + \lambda\ D$$

نمثل جدول التقدم لتفاعل المعايرة :

المرحلة	التقدم	α A	+ β B	= δ C	+ λ D
ابتدائية	x = 0	n_{0A}	n_{0B}	0	0
انتقالية	x	$n_{0A} - \alpha\ x$	$n_{0B} - \beta\ x$	$\delta\ x$	$\lambda\ x$
تكافؤ	$x = x_E$	$n_{0A} - \alpha\ x_E$	$n_{0B} - \beta\ x_E$	$\delta\ x_E$	$\lambda\ x_E$

www.dzexams.com

حيث : x_E هو مقدار التقدم عند حدوث التكافؤ ، n_{0A} هي كمية مادة النوع الكيميائي المنحلة في المحلول المعايَر ، n_{0B} هي كمية مادة النوع الكيميائي المنحلة في المحلول المعايِر .
- 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 :

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

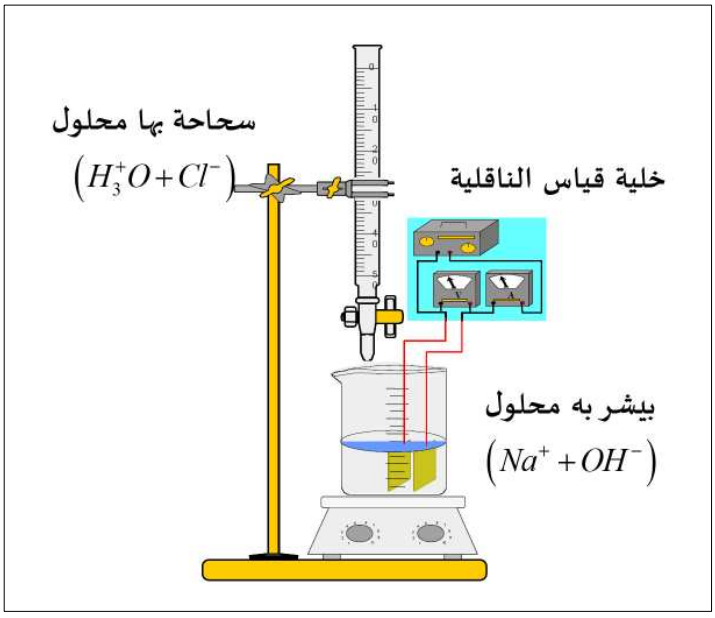
حيث : V_A هو حجم المحلول المعايَر ، و V_{BE} هو حجم المحلول المعايـِر المضاف عند التكافؤ .
- هناك أنواع من المعايرة نتطرف في درسنا هذا إلى نوعين هما : المعايرة اللونية و المعايرة بواسطة الناقلية .

● المعايرة اللونية حمض – أساس :

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

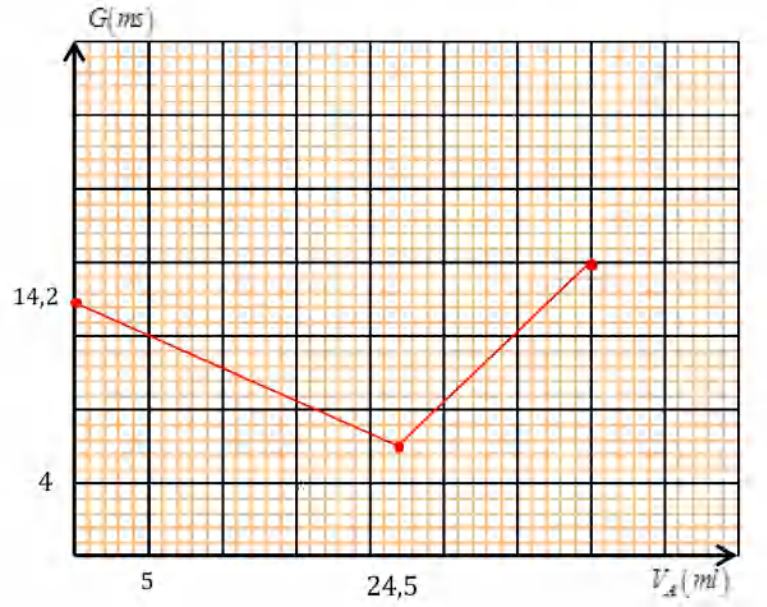
● المعايرة عن طريق قياس الناقلية :

- 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 .



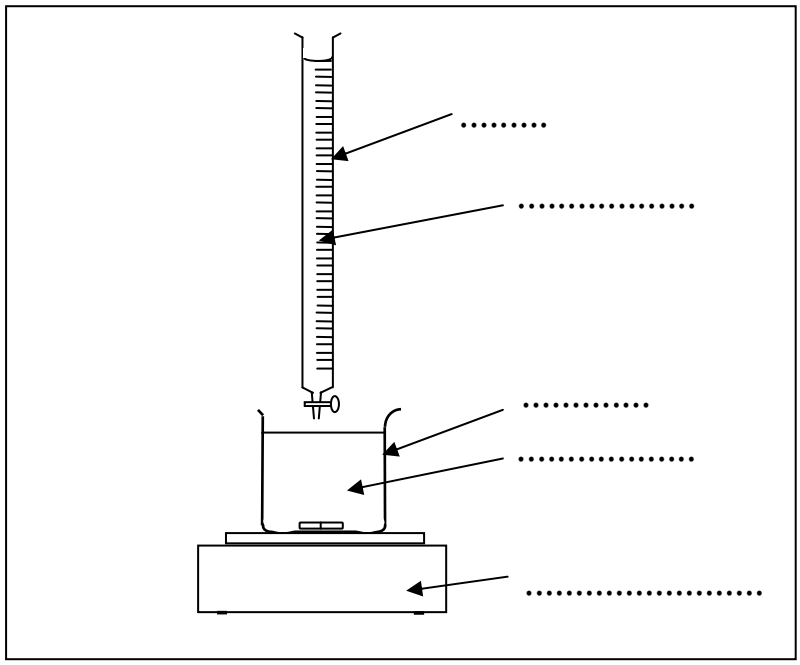
- و أثناء المعايرة بواسطة الناقلية G أو الناقلية النوعية σ للمزيج الموجود في البيشر و ذلك عند كل إضافة من المحلول المعايِر الموجود بالسحاحة ، نسجل النتائج في جدول ثم نرسم المنحنى البياني الممثل لتغيرات الناقلية G أو الناقلية النوعية σ بدلالة الحجم V_2 المضاف ، ففي حالة قياس الناقلية عند معايرة حمض قوي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

www.dzexams.com



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

أجريت المعايرة لحجم $V_a = 10\ mL$ من محلول حمض كلور الهيدروجين $(H_3O^+ + Cl^-)$ ذي التركيز المولي C_a بمحلول لهيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + HO^-)$ ذي التركيز المولي $C_b = 5.\ 10^{-3}\ mol/L$ باستعمال أزرق البروموتيمول ككاشف لنقطة التكافؤ ، لوحظ أن لون الكاشف يتغير عند إضافة $V_{bE} = 20\ mL$ 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 للتحول الكيميائي الحادث أثناء المعايرة كما يلي :

$$H_3O^+ + HO^- = 2H_2O$$

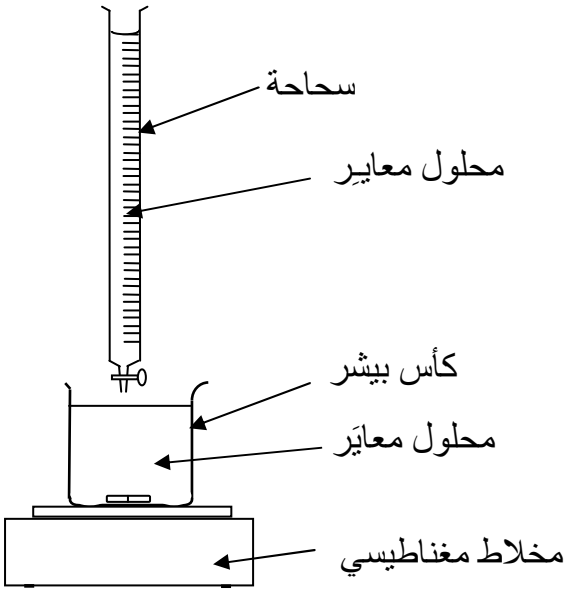
www.dzexams.com

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 المعايَر (الحمض في هذه الحالة) في كأس بيشر .
- نضيف قطرات من كاشف مناسب و هو أزرق البروموتيمول إلى الكأس .
- نضع المحلول المعايِر (الأساس في هذه الحالة) في سحاحة مدرجة ثم نضبط مستوى في المحلول عند التدريجة 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 الشرقط الستوكيومترية ، و لهذا يكون :

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

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 : $[HO^-]_0 = C_b$

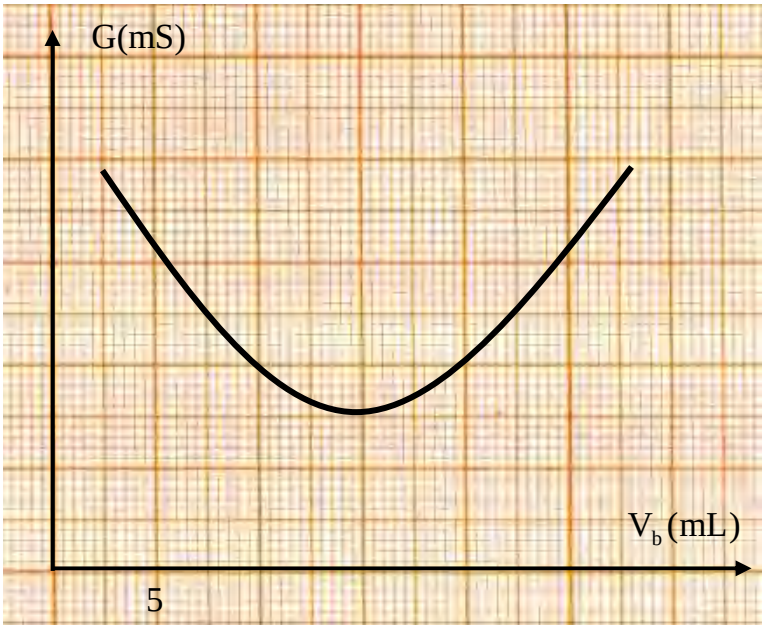
و منه يصبح :

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

www.dzexams.com

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 $V_a = 20\ mL$ و نعايره بمحلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + HO^-)$ تركيزه المولي $C_b = 1.6 .10^{-2}\ mol/L$. منحنى الشكل التالي يمثل تغيرات الناقلية G للوسط التفاعلي (المزيج) بدلالة V_b حجم محلول هيدروكسيد الصوديوم المضاف :



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

الأجوبة :

1- عند التكافؤتبلغ الناقلية G أصغر قيمة لها ، و بالتالي من البيان حجم محلول هيدروكسيد الصوديوم المضاف عند التكافؤ هو : $V_{bE} = 15\ mL$

2- تركيز المحلول الحمضي C_a :

عند التكافؤ :

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

$$C_a = \frac{C_b \cdot V_{bE}}{V_a} \rightarrow C_a = \frac{1,6.10^{-2} .15.10^{-3}}{20 \ . \ 10^{-3}} = 1,2.10^{-2}\ mol/L$$

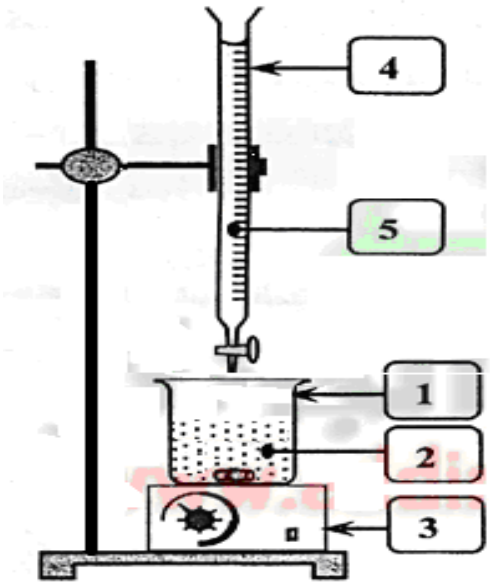
- تركيز المحلول الأصلي C_0 :

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

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

www.dzexams.com

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



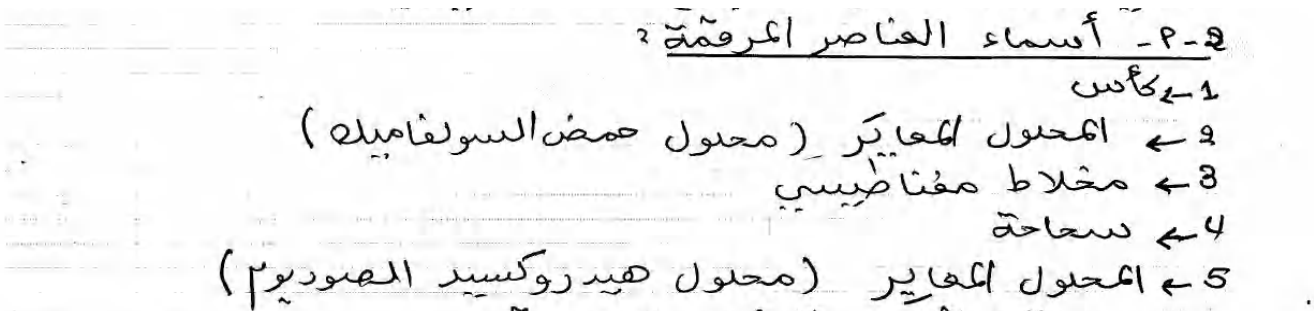
المحاليل مأخوذة عند الدرجة 25°C .
لإزالة الطبقة الكلسية المترسبة على جدران أدوات الطهي المنزلية يمكن استعمال منظف تجاري لمسحوق حمض السولفاميك القوي ذي الصيغة الجزيئية الكيميائية HSO_3NH_2 و الذي نرمز له اختصارا HA ونقاوته (P%) .
1- للحصول على المحلول (S_A) لحمض السولفاميك ذي التركيز المولي C_A ، نحضر محلولا (S) حجمه $V = 100\ mL$ و يحتوي الكتلة $m = 0.9\ g$ 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 حجما $V_A = 10\ mL$ و باستعمال التركيب التجريبي المبين في الشكل التالي نعايره بواسطة هيدروكسيد الصوديوم ($Na^+ + HO^-$) ذي التركيز المولي $C_B = 0.1\ mol/L$. نبلغ نقطة التكافؤ عند إضافة الحجم $V_{BE} = 7.63\ mL$ 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 المنذمج للمعايرة ، إذا علمت أن الثنائيتين (أساس/حمض) المشاركتين في التفاعل هما : (H_3O^+/H_2O) ، (H_2O/HO^-) .
جـ- أحسب التركيز المولي C_A لمحلول حمض السولفاميك المعايَر 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 : $M = 97\ g.mol^{-1}$.

الأجوبة :

1- أ- معادلة انحلال HA في الماء :

$$HA + H_2O = H_3O^+ + A^-$$

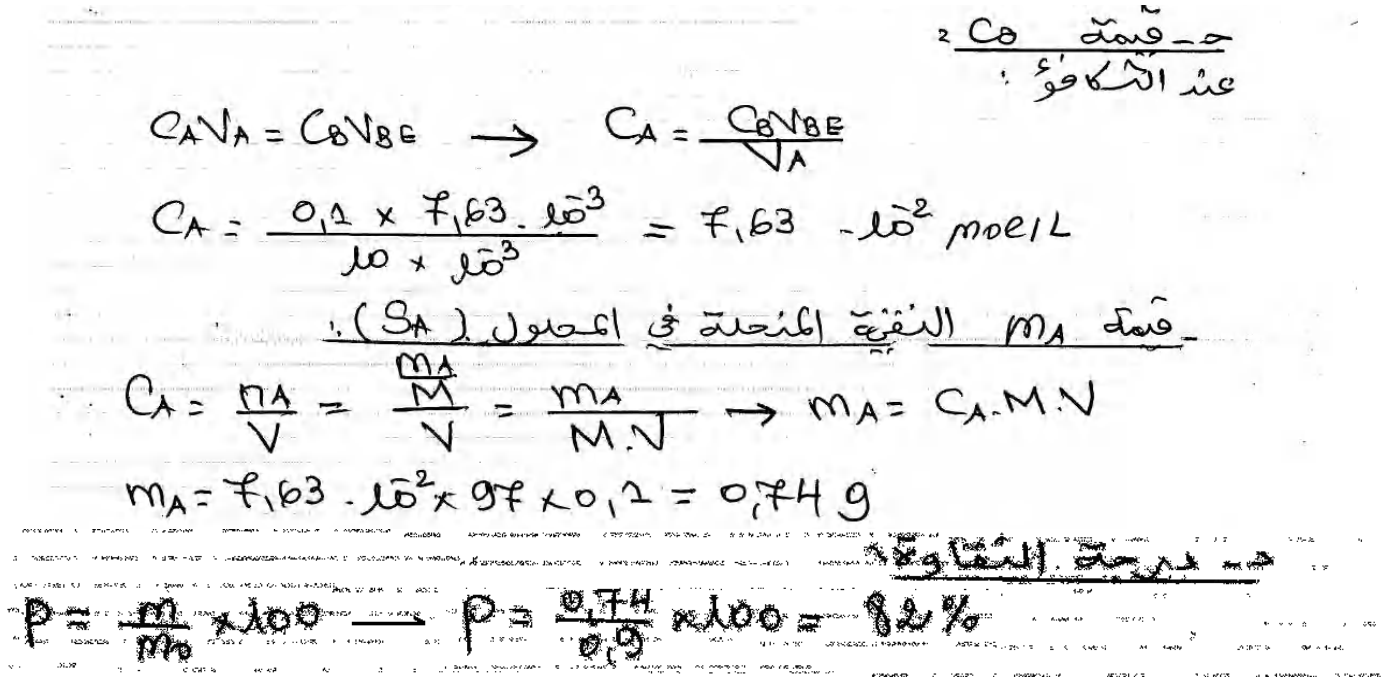
ب- البروتوكول التجريبي لتحضير المحلول(S_A):
- نزن الكتلة المطلوبة $m = 0,9\ g$ من مسحوق حمض السولفاميك و نفرغها في حوجلة عيارية سعتها 100 mL تحتوي على كمية من الماء المقطر .
- نحرك المزيج حتى تنحل كل كتلة حمض السولفاميك ويصبح المزيج متجانس .
- نضيف الماء المقطر حتى بلوغ الخط العياري مع الرج المستمرمن أجل تجانس المحلول .



www.dzexams.com

ب- معادلة التفاعل المنمذج للمعايرة :

$$H_3O^+ + HO^- = 2H_2O$$



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 تمكننا من معرفة الصيغة العامة لهذا الحمض .

الجزء الأول :

نذيب قرص من فيتامين C النقي كتلته m = 4 g في حجم V = 100 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 $V_a = 10$ mL و نعايره بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم ($Na^+ + HO^-$) تركيزه المولي $C_b = 2,19 \cdot 10^{-2}$ mol/L و باستعمال كاشف مناسب يتغير لون الكاشف عند إضافة حجم $V_b = 5,2$ 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 :

$(C_nH_{n+2}O_n/C_nH_{n+1}O_n)$ ، (H_2O/HO^-)

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

6- استنتج الصيغة الجزيئية المجملة لحمض الأسكوربيك .

www.dzexams.com

الجزء الثاني :

قارورة من حمض الأسكوربيك تحمل الدلالة التالية :

P = 11 % ، درجة النقاوة ، d = 1,6 ، الكثافة V = 250 mL

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

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

يعطى : M(H) = 1 g/mol ، M(O) = 16 g/mol ، M(C) = 12 g/mol .

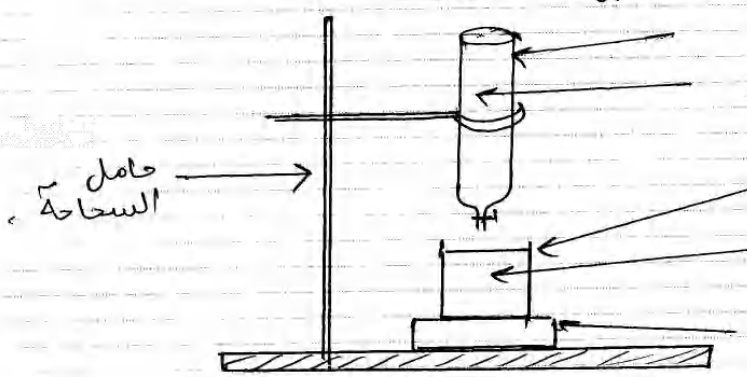
الأجوبة :

I-1- تعريف الحمض والأساس حسب برونشتد :

- الحمض كل فرد كيميائي جزيئيا كان أم شارديا قادر على ان يتخلى على بروتون H^+ خلال تفاعل كيميائي

- الأساس هو كل فرد كيميائي جزيئيا كان أم شاردي قادر على اكتساب بروتون H^+ خلال تفاعل كيميائي .

2- البروتوكول التجريبي للمعايرة :



- نملأ السحاحة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم ونضبط مستوى المحلول عند التدريجة صفر .

- نضع في البيشر حجم $V_b = 10mL$ مع اضافة قطرات من الكاشف ملون مناسب .

- نضيف تدريجيا بواسطة السحاحة محلول هيدروكسيد الصوديوم حتى يتغير لون الكاشف الملون

3- معادلة المعايرة :

$$C_nH_{n+2}O_n + HO^- = C_nH_{n+1}O_n^- + H_2O$$

4- جدول التقدم :

		$C_nH_{n+2}O_n$	+ HO^- =	$C_nH_{n+1}O^-$	+ H_2O
الابتدائية	$x=0$	$n_{0a} = C_aV_a$	$n_{0b} = C_bV_b$	0	
الحالة	x	$C_aV_a - x$	$C_bV_b - x$	x	
النهائية	x_{max}	$C_aV_a - x_{max}$	$C_bV_b - x_{max}$	x_{max}	

www.dzexams.com

عبارة C_a بدلالة C_b ، V_a و V_{bE} :
عند التكافؤ يكون المتفاعل المعايَر في شروط ستوكيومترية
وعليه ومن جدول التقدم يكون :

$C_a V_a - x_{max1} = 0 \rightarrow x_{max1} = C_a V_a$ ....(1)

$C_b V_b - x_{max2} = 0 \rightarrow x_{max1} = C_b V_{bE}$ ...(2)

من (1) و (2) :

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

قيمة C_a :

$C_a = \frac{2,19.10^{-2} \times 5,2.10^{-3}}{10 \times 10^{-3}} = 1,14.10^{-2}$ mol/L

قيمة C_0 :

$C_0 = f C_a = 20 \times 1,14.10^{-2} = 9228$ mol/L

3- الصيغة الجزيئية المجملة لحمض الاسكوربيك :
من جهة :

$M(C_nH_{2n+2}O_n) = 12n + n + 2 + 16n$
$= 29n + 2$

من جهة أخرى :

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

$M(C_nH_{2n+2}O_n) = \frac{4}{0,228 \times 0,1} \approx 176$ g/mol

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

ومنه الصيغة الجزيئية المجملة لحمض الاسكوربيك هي :

$\boxed{C_6H_8O_6}$

II - تركيز المحلول الحمضي :

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

2- عدد الأقراص الواجب إذابتها :
حسب أحد كتلة الاسكوربيك المذكورة في القارورة :

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

وعليه عدد الأقراص :
كتلة القرص الواحد 4g

$n_D = \frac{44}{4} = 11$ (قرص 11)

www.dzexams.com

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

المسخنة الكيميائية

المسخنة الكيميائية (chaufferette chimique) عبارة عن كيس بلاستكي مملوء بسائل شفاف من إيثانوات الصوديوم ($CH_3COO^- + Na^+$) بداخله قرص معدني ، يستخدمها المتجول بالمناطق الثلجية عندما تبدا الأيادي 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 pour la science 2008 "

المعطيات : $M(CH_3COONa) = 82\ g.mol^{-1}$.
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_3COON^- أساس حسب برونشتد ؟ 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 ($CH_3COO^- + Na^+$) حيث كتب على بطاقة الكيس : حجم المحلول $V = 100\ mL$ ، كتلة المادة المنحلة **m = 130 g** .
من أجل التأكد من الكتلة المدونة على البطاقة ، نأخذ كمية من محلول المسخة (S_0) ثم نمدده 100 مرة. نأخذ حجم $V_1 = 25\ mL$ من المحلول الممدد و نعايره بواسطة محلول حمض كلور الماء ($H_3O^+ + Cl^-$) تركيزه المولي $C_A = 4,5 . 10^{-1}\ mol.L^{-1}$ فكان الحجم اللازم للتكافؤ هو $V_{aE} = 8,8\ mL$
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 $V_{aE} = 8,8\ mL$ ، أحسب التركيز C_1 للمحلول المعايَر ثم استنتج التركيز C_0 لمحلول إيثانوات الصوديوم في المسخنة .
جـ- تأكد بالحساب من مطابقة كتلة إيثانوات الصوديوم في المسخنة مع ما هو مدون على البطاقة .

الأجوبة :

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

$$CH_3COO^- + H^+ = CH_3COOH$$

والثنائية (أساس / حمض) المواقفة هي : (CH_3COOH / CH_3COO^-)

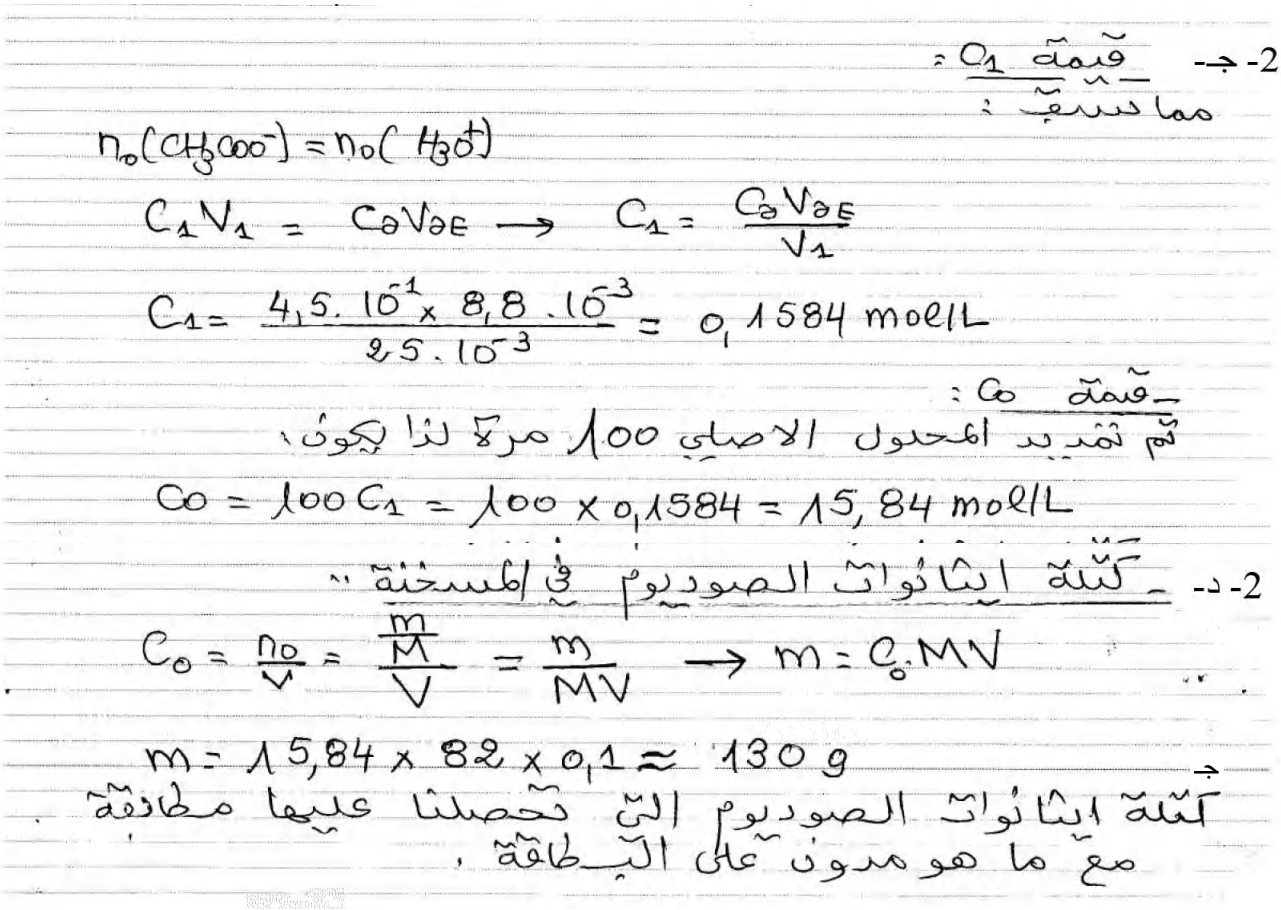
1- ب- معادلة انحلال الشاردة CH_3COO^- في الماء :

$$CH_3COO^- + H_2O = CH_3COOH + HO^-$$

2- أ- تعريف نقطة التكافؤ : هي النقطة التي تكون عندها المتفاعلات في الشروط الستوكيومترية .
- العلاقة بين كمية المادة للمتفاعلين عند التكافؤ :

$$\frac{n_0(CH_3COO^-)}{1} = \frac{n_0(H_3O^+)}{1} \rightarrow n_0(CH_3COO^-) = n_0(H_3O^+)$$

www.dzexams.com



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 :

$$Cu = Cu^{+2} + 2e^-$$

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

$$Al^{+3} + 3\,e^- = Al$$

- 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 و هذه الثنائية توافقها **معادلة نصفية إلكترونية** تكون من الشكل :

$$\text{مر} \rightleftharpoons \text{مؤ} + n\,e^-$$

● أمثلة عن الثنائيات (مر/ مؤ) :

www.dzexams.com

$Mg \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2e^-$ (Mg^{2+}/Mg)

$Na \rightleftharpoons Na^+ + e^-$ (Na^+/Na)

$Fe \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2e^-$ (Fe^{2+}/Fe)

$Fe^{2+} \rightleftharpoons Fe^{3+} + e^-$ (Fe^{3+}/Fe^{2+})

$2Cl^- \rightleftharpoons Cl_2 + e^-$ (Cl_2/Cl^-)

$H_2 \rightleftharpoons 2H_3O^+ + 2e^-$ (H_3O^+/H_2)

$Mn^{2+} + 12H_2O \rightleftharpoons MnO_4^- + 8H_3O^+ + 5e^-$ (MnO_4^-/Mn^{2+})

$2Cr^{3+} + 21H_2O \rightleftharpoons Cr_2O_7^{-2} + 14H_3O^+ + 6e^-$ $(Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+})$

ملاحظة :

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

• كيفية كتابة معادلة الأكسدة الإرجاعية في وسط حمضي :

لكتابة معادلة الأكسدة الإرجاعية في وسط حمضي نتبع الخطوات التالية :

- نقسم معادلة الأكسدة الإرجاعية إلى معادلتين نصفيتين 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 المعايَر الموجود في البيشر عندما يكون لهذه الشاردة لون ، أو باستعمال كاشف مثل صمغ النشاء الذي يلون المحلول بالأرزق البنفسجي في المحلول الذي يحتوي ثنائي اليود I_2 .

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

www.dzexams.com

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^-) $(S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-})$	I^- , $S_2O_8^{2-}$
(4)	(Fe^{3+}/Fe^{2+}) $(Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+})$	Fe^{2+} , $Cr_2O_7^{2-}$ **في وسط حمضي**
(5)	(Fe^{3+}/Fe^{2+}) (MnO_4^-/Mn^{2+})	Fe^{2+} , MnO_4^- **في وسط حمضي**
(6)	(Al^{3+}/Al) (H_3O^+/H_2)	Al , H_3O^+
(7)	(O_2/H_2O_2) (MnO_4^-/Mn^{2+})	H_2O_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)	$(CH_3COOH/CH_3\text{-}CH_2OH)$ $(Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+})$	$CH_3\text{-}CH_2OH$, $Cr_2O_7^{2-}$ **في وسط حمضي**

الأجوبة :

المعادلتين النصفيتين للأكسدة و الإرجاع و معادلة الأكسدة الإرجاعية :

• التفاعل (1) بين Pb و Cu^{2+} :

$\times 1 \mid Pb = Pb^{2+} + 2e^-$

$\times 1 \mid Cu^{2+} + 2e^- = Cu$

$Pb + Cu^{2+} = Pb^{2+} + Cu$

• التفاعل (2) بين Fe و Cl_2 :

$\times 2 \mid Fe = Fe^{3+} + 3e^-$

$\times 3 \mid Cl_2 + 2e^- = 2Cl^-$

$2Fe + 3Cl_2 = 2Fe^{3+} + 6Cl^-$

• التفاعل (3) بين I^- و $S_2O_8^{2-}$:

www.dzexams.com

$\times 1 \mid 2I^- = I_2 + 2e^-$
$\times 1 \mid S_2O_8^{2-} + 2e^- = 2SO_4^{2-}$

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

• التفاعل (4) بين Fe^{2+} و $Cr_2O_7^{2-}$:

$\times 6 \mid Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^-$
$\times 1 \mid Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- = 2Cr^{3+} + 7H_2O$

$6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ = 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$

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

$\times 6 \mid Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^-$
$\times 1 \mid Cr_2O_7^{2-} + 14H_3O^+ + 6e^- = 2Cr^{3+} + 21H_2O$

$6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + \mathbf{14H_3O^+} = 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + \mathbf{21H_2O}$

• التفاعل (5) بين Fe^{2+} و MnO_4^- :

$\times 5 \mid Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^-$
$\times 1 \mid MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O$

$5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ = 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$

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

$\times 5 \mid Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^-$
$\times 1 \mid MnO_4^- + 8H_3O^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 12H_2O$

$5Fe^{2+} + MnO_4^- + \mathbf{8H_3O^+} = 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + \mathbf{12H_2O}$

• التفاعل (6) بين Al و H_3O^+ :

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

$2Al + 6H_3O^+ = 2Al^{3+} + 3H_2 + 6H_2O$

• التفاعل (7) بين H_2O_2 و MnO_4^- :

$\times 5 \mid H_2O_2 = O_2 + 2H^+ + 2e^-$
$\times 2 \mid MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O$

$5H_2O_2 + 2MnO_4^- + 16H^+ = 5O_2 + 2Mn^{2+} + 10H^+ + 8H_2O$

و باختزال H^+ يصبح :

$5H_2O_2 + 2MnO_4^- + 6H^+ = 5O_2 + 2Mn^{2+} + 8H_2O$

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

$\times 5 \mid H_2O_2 + 2H_2O = O_2 + 2H_3O^+ + 2e^-$
$\times 2 \mid MnO_4^- + 8H_3O^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 12H_2O$

$5H_2O_2 + 2MnO_4^- + \mathbf{16H_3O^+} + 10H_2O = 5O_2 + 2Mn^{2+} + 10H_3O^+ + \mathbf{24H_2O}$

و باختزال H^+ يصبح :

$5H_2O_2 + 2MnO_4^- + 6H_3O^+ = 5O_2 + 2Mn^{2+} + 14H_2O$

• التفاعل (8) بين CuO و H_2 :

www.dzexams.com

$\times 1 \mid CuO + 2H^+ + 2e^- = Cu + H_2O$
$\times 1 \mid H_2 = 2H^+ + 2e^-$

$CuO + 2H^+ + H_2 = Cu + 2H^+ + H_2O$

و باختزال H^+ يصبح :

$CuO + H_2 = Cu + H_2O$

• التفاعل (9) بين BrO_3^- و Br^- :

$\times 1 \mid 2BrO_3^- + 2H^+ + 10e^- = Br_2 + 6H_2O$
$\times 5 \mid 2Br^- = Br_2 + 2e^-$

$2BrO_3^- + 10Br^- + 12H^+ = Br_2 + 5Br_2 + 6H_2O$
$2BrO_3^- + 10Br^- + 12H^+ = 6Br_2 + 6H_2O$

و بالاختزال نجد :

$BrO_3^- + 5Br^- + 6H^+ = 3Br_2 + 3H_2O$

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

$\times 1 \mid 2BrO_3^- + \mathbf{12H_3O^+} + 10e^- = Br_2 + \mathbf{18H_2O}$
$\times 5 \mid 2Br^- = Br_2 + 2e^-$

$2BrO_3^- + 10Br^- + \mathbf{12H_3O^+} = Br_2 + 5Br_2 + \mathbf{18H_2O}$

و منه :

$2BrO_3^- + 10Br^- + \mathbf{12H_3O^+} = 6Br_2 + \mathbf{18H_2O}$

و بالاختزال نجد :

$BrO_3^- + 5Br^- + \mathbf{6H_3O^+} = 3Br_2 + \mathbf{9H_2O}$

• التفاعل (10) بين $CH_3\text{-}CH_2OH$ و $Cr_2O_7^{2-}$:

$\times 3 \mid CH_3\text{-}CH_2OH + H_2O = CH_3\text{-}COOH + 4H^+ + 4e^-$
$\times 2 \mid Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$

$3CH_3\text{-}CH_2OH + 2Cr_2O_7^{2-} + 28H^+ + 3H_2O = 3CH_3\text{-}COOH + 4Cr^{3+} + 12H^+ + 14H_2O$

و باختزال H^+ يصبح :

$3CH_3\text{-}CH_2OH + 2Cr_2O_7^{2-} + 16H^+ = 3CH_3\text{-}COOH + 4Cr^{3+} + 11H_2O$

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

$\times 3 \mid CH_3\text{-}CH_2OH + 5H_2O = CH_3\text{-}COOH + 4H_3O^+ + 4e^-$
$\times 2 \mid Cr_2O_7^{2-} + 14H_3O^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 21H_2O$

$3CH_3\text{-}CH_2OH + 2Cr_2O_7^{2-} + 28H_3O^+ + 15H_2O = 3CH_3\text{-}COOH + 4Cr^{3+} + 12H^+ + 42H_2O$

و باختزال H_3O^+ يصبح :

$3CH_3\text{-}CH_2OH + 2Cr_2O_7^{2-} + 16H_3O^+ = 3CH_3\text{-}COOH + 4Cr^{3+} + 27H_2O$

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

www.dzexams.com

نعاير $V_1 = 100\ mL$ من محلول كبريتات الحديد الثنائي $(Fe^{2+} + SO_4^{2-})$ تركيزه المولي C_1 (مجهول) ، بمحلول محمض لثنائي كرومات البوتاسيوم $(2K^+ + Cr_2O_7^{2-})$ تركيزه المولي $C_2 = 0.40\ mol/L$ ، نلاحظ أنه يلزم للتكافؤ إضافة حجم $V_{2E} = 10\ ml$ من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم .

1- أكتب معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية الحادث أثناء التفاعل . علما أن الثنائيتين (مر/مؤ) الداخلتين في التفاعل هما : $(Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+})$, (Fe^{3+}/Fe^{2+})

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 :

$6\times|\ Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^-$

$1\times|\ Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- = 2Cr^{3+} + 7H_2O$

$6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ = 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$

2- جدول التقدم :

حالة الجملة	التقدم	$6Fe^{2+}$ +	$Cr_2O_7^{2-}$ +	$14H^+$ =	$6Fe^{3+}$ +	$2Cr^{3+}$ +	$7H_2O$
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(Fe^{2+})$	$n_0(Cr_2O_7^{2-})$	بوفرة	0	0	بوفرة
انتقالية	x	$n_0(Fe^{2+}) - 6x$	$n_0(Cr_2O_7^{2-}) - x$	بوفرة	6x	2x	بوفرة
نهائية	x_E	$n_0(Fe^{2+}) - 6x_E$	$n_0(Cr_2O_7^{2-}) - x_E$	بوفرة	$6x_{max}$	$2x_{max}$	بوفرة

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

عند التكافؤ يكون التفاعل في الشروط الستوكيومترية و عليه :

- $n_0(Fe^{2+}) - 6x_E = 0 \rightarrow x_E = \dfrac{n_0(Fe^{2+})}{6}$
- $n_0(Cr_2O_7^{2-}) - x_E = 0 \rightarrow x_E = n_0(Cr_2O_7^{2-})$

و منه :

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

$$\frac{[Fe^{2+}]_0\ V_1}{6} = [Cr_2O_7^{2-}]_0\ V_{2E} \rightarrow \frac{C_1V_1}{6} = C_2V_{2E} \rightarrow C_1V_1 = 6\,C_2V_{2E}$$

$$C_1 = \frac{6\,C_2V_{2E}}{V_1} = \frac{6\,.\,0{,}4\,.\,0{,}01}{0{,}1} = 0{,}24\ mol/L$$

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

1- لتحضير محلول (A) لثنائي كرومات البوتاسيوم $(2K^+ + Cr_2O_7^{2-})$ ، قمنا بحل $2.94\ g$ من ثنائي كرومات البوتاسيوم النقي $K_2Cr_2O_7$ 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 : $M(K) = 39\ g/mol$ ، $M(O) = 16\ g/mol$ ، $M(Cr) = 52\ g/mol$.

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 $V_1 = 20\ mL$ من هذا المحلول الممدد و نعايرها بمحلول كبريتات الحديد الثنائي

www.dzexams.com

$(Fe^{2+} + SO_4^{2-})$ تركيزه المولي $C_2 = 0.2\ mol/L$ ، نلاحظ أنه يلزم للتكافؤ إضافة $V_{2E} = 6\ mL$ من محلول كبريتات الحديد الثنائي .

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

(Fe^{3+}/Fe^{2+}) , $(Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+})$

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

الأجوبة :

1- أ- معادلة انحلال $K_2Cr_2O_7$:

$$K_2Cr_2O_7 = 2K^+ + Cr_2O_7^{2-}$$

ب- التركيز المولي C_0 للمحلول الناتج :

$$C_0 = \frac{n_0(K_2Cr_2O_4)}{V} = \frac{\frac{m_0}{M}}{V} = \frac{m_0}{M.V}$$

- $M = (2 . 39) + (2 . 52) + (7 . 16) = 294\ g/mol$
- $C_0 = \frac{2,94}{294 . 0.1} = 0.1\ mol/L$

2- أ- معادلة التفاعل :

$$\begin{array}{l|l} \times 6 & Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^- \\ \times 1 & Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- = 2Cr^{3+} + 7H_2O \end{array}$$

$$5Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ = 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

ب- التركيز C_1 للمحلول الممدد و التركيز C_0 للمحلول الابتدائي :

اعتمادا على معادلة التفاعل يكون عند التكافؤ :

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

$$\frac{C_2V_{2E}}{6} = C_1V_1 \rightarrow C_1 = \frac{C_2V_{2E}}{6V_1} \rightarrow C_1 = \frac{0,2 . 6 . 10^{-3}}{6 . 20 . 10^{-3}} = 10^{-2}\ mol/L$$

و كون أن المحلول الممدد المعايَر مدد 10 مرات يكون :

$$C_1 = \frac{C_0}{10} \rightarrow C_0 = 10\ C_1 = 10 . 10^{-2} = 0.1\ mol/L$$

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 $(FeSO_4 , nH_2O)$ حيث n عدد طبيعي . نحل كتلة $m_0 = 2.224\ g$ من هذه البلورات في $V_1 = 100\ mL$ في الماء المقطر فنحصل على محلول كبريتات الحديد الثنائي ذو الصيغة الشاردية $(Fe^{2+} + SO_4^{2-})$ و تركيزه المولي C_1 ، نحمض هذا المحلول بإضافة قطرات من حمض الكبريت المركز ثم نضيف إليه تدريجيا محلولا من برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)$ تركيزه المولي $C_2 = 0.1\ mol/L$. نلاحظ زوال اللون البنفسجي المميز لشوارد البرمنغنات MnO_4^- بعد إضافة $V_2 = 16\ mL$ منه .

1- لماذا حمضنا محلول كبريتات الحديد الثنائي .

www.dzexams.com

2- أكتب معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية الحادث ، علما أن الثنائيات (مر/مؤ) الداخلية في التفاعل هي كما يلي :
(MnO_4^-/Mn^{2+}) ، (Fe^{3+}/Fe^{2+})
3- أوجد قيمة C_1 التركيز المولي لمحلول كبريتات الحديد الثنائي .
4- استنتج قيمة n ثم أكتب الصيغة الحقيقة لكبريتات الحديد الثنائي اللامائية .

يعطى :

$M(H) = 1\ g/mol$ ، $M(O) = 16\ g/mol$ ، $M(S) = 32\ g/mol$ ، $M(Fe) = 56\ g/mol$.

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 المعايَر و المعايِر .

2- معادلة التفاعل :

$$5\times|\ Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^-$$
$$1\times|\ MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O$$
$$5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ = 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$$

3- قيمة C_1 :

عند التكافؤ :

$$\frac{n_0(Fe^{2+})}{5} = \frac{n_0(MnO_4^-)}{1}$$

$$\frac{C_1V_1}{5} = \frac{C_2V_{2E}}{1} \rightarrow C_1 = \frac{5C_2V_{2E}}{V_1} \rightarrow C_1 = \frac{5.\ 0.1.\ 16\ .10^{-3}}{0.1} = 8\ .10^{-2}\ mol/L$$

4- قيمة n :

- نحسب الكتلة المولية لكبريتات الحديد الثنائي المائية :

$$C_1 = \frac{n_0}{V} = \frac{\frac{m_0}{M}}{V} = \frac{m_0}{M.V} \rightarrow M = \frac{m_0}{C_1V} \rightarrow M = \frac{2.224}{8\ .10^{-2}\ .0.1} = 278\ g/mol$$

من جهة أخرى :

$$M = M(FeSO_4 + nH_2O) = 56 + 32 + (4.16) + n(18) = 18n + 152$$

بالمطابقة نجد :

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

ومنه الصيغة الحقيقة كبريتات الحديد الثنائية المائية هي : $(FeSO_4 + 7H_2O)$.

4- تمارين متنوعة

www.dzexams.com

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

نلقي قطعة من الحديد Fe كتلتها $m_0 = 2.8\ g$ في محلول كلور الهيدروجين $(H_3O^+ + Cl^-)$ حجمه $V = 200\ mL$ و تركيزه المولي $C = 0.1\ mol/L$.

1- إذا علمت أن الثنائيتين (مر/مؤ) الداخلتين في التفاعل هما (Fe^{2+}/Fe) ، (H_3O^+/H_2) . أكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة و الإرجاع ثم استنتج معادلة الأكسدة الإرجاعية .

2- أحسب كمية المادة الابتدائية للحديد Fe و شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ ثم بين إن كان التفاعل في شروط ستوكيومترية أم لا .

3- مثل جدول التقدم ، و استنتج منه مقدار التقدم الأعظمي x_{max} وكذا المتفاعل المحد .

4- أوجد في نهاية التفاعل :

أ- حجم الغاز المنطلق مقاس في الشرطين النظاميين .

ب- تركيز المحلول الناتج بالشوارد Fe^{2+} .

جـ- كتلة الحديد المتبقي .

د- كتلة الحديد المتفاعل بطريقتين مختلفتين .

5- أكتب الصيغة الجزيئية المجملة للملح الناتج ، و أحسب كتلته في حالة إذا ما بخرنا المحلول كليا .

يعطى : $M(Cl) = 35.5\ g/mol$ ، $M(Fe) = 56\ g/mol$.

الأجوبة :

1- المعادلات :

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

2- كمية المادة الابتدائية للحديد Fe و شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ :

- $n_0(Fe) = \dfrac{m}{M} = \dfrac{2.8}{56} = 5 \cdot 10^{-2}\ mol$
- $n_0(H_3O^+) = [H_3O^+]V = CV = 0.1 \cdot 0.2 = 2 \cdot 10^{-2}\ mol$

- تبين إن كان التفاعل في شروط ستوكيومترية أم لا :

يكون التفاعل في شروط ستوكيومترية إذا تحقق : $n_0(Fe) = \dfrac{n_0(H_3O^+)}{2}$.

- $n_0(Fe) = 5 \cdot 10^{-2}\ mol$
- $\dfrac{n_0(H_3O^+)}{2} = \dfrac{2 \cdot 10^{-2}}{2} = 10^{-2}\ mol$

نلاحظ أن : $n_0(Fe) \neq \dfrac{n_0(H_3O^+)}{2}$ ، نستنتج أن التفاعل ليس في شروط ستوكيومترية (يوجد متفاعل محد) .

2- جدول التقدم :

حالة الجملة	التقدم	Fe +	$2H_3O^+$ =	Fe^{2+} +	H_2 +	$2H_2O$
ابتدائية	$x = 0$	$5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	0	0	0

www.dzexams.com

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

- مقدار التقدم الأعظمي :

- إذا اختفى Fe كليا :

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

- إذا اختفى H_3O^+ كليا :

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

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

3- أ- حجم H_2 المنطلق :

من جدول التقدم :

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

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

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

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 :

$$[Fe^{2+}]_f = \frac{10^{-2}}{0.2} = 5.10^{-2} \text{ mol/L}$$

جـ- كتلة الحديد المتبقي من التفاعل :

من جدول التقدم :

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

ومنه:

$$n_f(Fe) = \frac{m_f(Fe)}{M} \rightarrow m_f(Fe) = n_f(Fe) . M \rightarrow m_f(Fe) = 4.10^{-2} . 56 = 2.24 \text{ g}$$

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 :

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

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

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

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

www.dzexams.com

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 كليا (متفاعل محد) ، و بالتالي تشكل هاتين الشاردتين 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 :

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

حيث C هو تركيز المحلول الناتج بالملح المنحل و منه :

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

- $M(FeCl_2) = 56 + (2 . 35.5) = 127\ g/mol$
- $m(FeCl_2) = 5.10^{2-} .127 . 0.2 = 1.27\ g$

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 كلي للون الأخضر كما نلاحظ أيضا اختفاء كلي لقطعة الألمنيوم Al و تشكل راسب نزنه بعد ترشيح المحلول الناتج فنجد m = 6,72 g .

التحول الكيميائي الحادث منمذج بالمعادلة :

$$2Al_{(s)} + 3Fe^{2+}_{(aq)} = 2Al^{3+}_{(aq)} + 3Fe_{(s)}$$

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

2- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل .

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

4- اعتمادا على جدول التقدم ، جِد :

أ- كتلة الألمنيوم Al الابتدائية m_0 .

ب- التركيز المولي C_0 لمحلول كبريتات الحديد الثنائي .

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

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

الأجوبة :

1- المعادلتين النصفيتين :

$$Al = Al^{3+} + 3e^-$$
$$Fe^{2+} + 2e^- = Fe$$

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

$$(Al^{3+}/Al)\ ,\ (Fe^{2+}/Fe)$$

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}	$n_0(Al) - 2x_{max}$	$n_0(Fe^{2+}) - 3x_{max}$	$2x_{max}$	$3x_{max}$

www.dzexams.com

3- المتفاعل المحد :

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

● التقدم الأعظمي x_{max} :

النوع الكيميائي الذي قمنا بترشيحه هو النوع الكيميائي المترسب في نهاية التفاعل و هو الحديد (علما أن الألمنيوم تفاعل كليا و لايوجد في نهاية التفاعل) و عليه كتلة الحديد المترسبة في نهاية التفاعل هي $m_f(Fe) = 6,72\ g$ و لدينا :

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

من جدول التقدم و عند نهاية التفاعل يكون :

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

4- أ- كتلة الألمنيوم الابتدائية :

الألمنيوم إختفى كليا في نهاية التفاعل و عليه يكون :

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

و لدينا :

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

ب- التركيز المولي C_0 لمحلول كبريتات الحديد الثنائي :

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

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

و لدينا :

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

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

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

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

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

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

$$[Al^{3+}]_f = \frac{0,08}{0.2} = 0,4\ mol/L$$

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

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 :

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

إذن :

www.dzexams.com

$$[SO_4^{2-}]_f = \frac{0,12}{0,2} = 0,6\ mol/L$$

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

1- لماذا عايرنا الماء الأكسجيني في وسط حمضي ؟

2- إذا كانت الثنائيتان (مر/مؤ) الداخلتان في الفاعل هما (MnO_4^-/Mn^{2+}) و (O_2/H_2O_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 mL من الماء الأكسجيني ذو التركيز المولي C مع حجم V' = 500 mL من برمنغنات البوتاسيوم ذو التركيز C' = 0,1 mol/L في وسط حمضي فيكون حجم غاز الأكسجين المنطلق في نهاية التفاعل هو $V(O_2) = 2\ L$ في الشرطين النظاميين .

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

2- أنجز جدول التقدم للتفاعل الكيميائي الحادث .

3- أثبت أن التقدم الأعظمي هو $x_{max} = 1,79 . 10^{-2}\ mol$ 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 وغير موجودة في المحلولين المؤكسد والمرجع المتفاعلين .

2- معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية :

$5\times$ | $H_2O_2 = O_2 + 2H^+ + 2e^-$

$2\times$ | $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O$

$5H_2O_2 + 2MnO_4^- + 16H^+ = 5O_2 + 2Mn^{2+} + 10H^+ + 8H_2O$

$5H_2O_2 + 2MnO_4^- + 6H^+ = 5O_2 + 2Mn^{2+} + 8H_2O$

www.dzexams.com

3- إثبات أن : $C = \frac{5C'V'_E}{2V}$

عند التكافؤ يكون تفاعل المعايرة في شروط ستوكيومترية.

لذا نكتب :

$$\frac{n_0(H_2O_2)}{5} = \frac{n_0(MnO_4^-)}{2}$$

$$\frac{CV}{5} = \frac{C'V'_E}{2} \rightarrow C = \frac{5C'V'_E}{2V}$$

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

الطريقة الثانية:

1- كمية المادة الابتدائية لشاردة البرمنغنات MnO_4^-

$$n_0(MnO_4^-) = C'V' = 0,1 \times 0,5 = 5.10^{-2} \text{ mol}$$

2- جدول التقدم :

		$5H_2O_2 + 2MnO_4^- + 6H^+ = 5O_2 + 2Mn^{2+} + 8H_2O$					
الابتدائية	$x=0$	$n_0(H_2O_2)$	5.10^{-2}	وفير	0	0	وفير
التفاعلية	x	$n_0(H_2O_2) - 5x$	$5.10^{-2} - 2x$		$5x$	$2x$	
النهائية	x_{max}	$n_0(H_2O_2) - 5x_{max}$	$5.10^{-2} - 2x_{max}$		$5x_{max}$	$2x_{max}$	

3- التقدم الأعظمي x_{max}

لدينا :

$$n_g(O_2) = \frac{V_g(O_2)}{V_M} = \frac{2}{22,4} = 8,93.10^{-2} \text{ mol}$$

ومن جدول التقدم :

$$n_g(O_2) = 5x_{max} \rightarrow x_{max} = \frac{n_g(O_2)}{5}$$

$$x_{max} = \frac{8,93.10^{-2}}{5} = 1,79.10^{-2} \text{ mol}$$

- إثبات أن الماء الأكسجيني متفاعل محد :

نحسب $n_f(MnO_4^-)$ اعتمادا على جدول التقدم :

$$n_f(MnO_4^-) = 5.10^{-2} - (2 \times 1,79.10^{-2}) = 1,42.10^{-2} \neq 0$$

هذا يعني أن MnO_4^- ليس متفاعل محد ، إذا المتفاعل المحد هو H_2O_2

www.dzexams.com

4- قيمة C :
المتفاعل المحد لنا يكون من جدول التقدم ² الماء الأكسجيني

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

$$CV - 5x_{max} = 0 \longrightarrow C = \frac{5x_{max}}{V}$$

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

وهي نفس النتيجة السابقة .

5- حساب $[Mn^{2+}]_f$:

$$[Mn^{2+}] = \frac{n_f(Mn^{2+})}{V + V'}$$

من جدول التقدم ²

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

أذن :

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

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

محلول لحمض الإيثانويك CH_3COOH تركيزه المولي C_a حجمه $V_A = 100$ mL ، نضيف إليه حجم $V_b = 150$ mL من محلول النشادر NH_3 تركيزه المولي C_b ، قياس الناقلية النوعية للمحلول الناتج بشواردة أعطى : $\sigma_f = 228,8$ 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 جدولا لتقدم التفاعل .

5- أثبت أن : $[NH_4^+]_f = \frac{\sigma_f}{\lambda(CH_3COO^-) + \lambda(NH_4^+)}$ ، ثم أحسب قيمة $[NH_4^+]_f$ ، $[CH_3COO^-]_f$ مقدرا ذلك بـ mol/L .

6 - جد قيمة التقدم الأعظمي x_{max} .

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

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

www.dzexams.com

الأجوبة :

1_أ_ معادلة انحلال حمض الإيثانويك في الماء :

$CH_3COOH + H_2O = CH_3COO^- + H_3O^+$

ب_ الثنائيات (اساس/حمض) الداخلة في التفاعل :

(CH_3COOH / CH_3COO^-) ، (H_3O^+ / H_2O)

2_أ_ معادلة انحلال النشادر في الماء :

$NH_3 + H_2O = NH_4^+ + HO^-$

ب_ الثنائيات (اساس/حمض) الداخلة في التفاعل :

(NH_4^+ / NH_3) ، (H_2O / HO^-)

3_ معادلة التفاعل بين حمض الإيثانويك والنشادر :

$CH_3COOH + NH_3 = CH_3COO^- + NH_4^+$

4_ جدول التقدم :

الحالة	التقدم	$CH_3COOH + NH_3 = CH_3COO^- + NH_4^+$			
الابتدائية	$x=0$	C_aV_a	C_bV_b	0	0
الانتقالية	x	$C_aV_a - x$	$C_bV_b - x$	x	x
النهائية	x_{max}	$C_aV_a - x_{max}$	$C_bV_b - x_{max}$	x_{max}	x_{max}

5_ اثبات أن $[NH_4^+]_f = \dfrac{\sigma_f}{\lambda(CH_3COO^-) + \lambda(CH_3COO^-)}$

المزيج في نهاية التفاعل يحتوي على النواقل CH_3COO^- و NH_4^+ لذلك يكون :

$\sigma_f = \lambda(CH_3COO^-)[CH_3COO^-]_f + \lambda(NH_4^+)[NH_4^+]_f$

من جدول التقدم :

- $[NH_4^+]_f = \dfrac{x_{max}}{V_a+V_b}$
- $[CH_3COO^-]_f = \dfrac{x_{max}}{V_a+V_b} \rightarrow [CH_3COO^-]_f = [NH_4^+]_f$

ومنه يصبح :

$\sigma_f = \lambda(CH_3COO^-)[NH_4^+]_f + \lambda(NH_4^+)[NH_4^+]_f$

$\sigma_f = (\lambda(CH_3COO^-) + \lambda(NH_4^+))[NH_4^+]_f$

www.dzexams.com

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

قيمتي $[CH_3COO^-]_f$ و $[NH_4^+]_f$

- $[NH_4^+]_f = \frac{228,8 \cdot 10^{-3}}{40,9 \cdot 10^{-4} + 73,5 \cdot 10^{-4}} = 20\ mol/m^3 = 0,02\ mol/L$
- $[CH_3COO^-]_f = [NH_4^+]_f = 0,02\ mol/L$

6- قيمة x_{max} :

احسب على جدول التقدم

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

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

$$x_{max} = 0,02\ (0,10 + 0,1) = 5 \cdot 10^{-3}\ mol$$

7- قيمتي C_a و C_b :

بما أن التفاعل يبدأ في نسب ستوكيومترية يكون احسب على جدول التقدم

- $C_a V_a - x_{max} = 0 \rightarrow C_a = \frac{x_{max}}{V_a} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,1} = 5 \cdot 10^{-2}\ mol/L$
- $C_b V_b - x_{max} = 0 \rightarrow C_b = \frac{x_{max}}{V_b} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,15} = 3,33 \cdot 10^{-2}\ mol/L$

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 حديثا موجودة في مخبر الثانوية في المختبر الكتابة ماء أكسجيني (10V) ، و تعني (1L) من الماء الأكسيجيني ينتج بعد تفككه 10L من غاز ثنائي الأكسجين في الشرطين النظاميين حيث الحجم المولي $V_M = 22.4\ L.mol^{-1}$.

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

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

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

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

- كيف تسمى هذه العملية ؟
- استنتج الحجم V_i علما أن المحلول الناتج تركيزه المولي $C_1 = 0.1\ mol.L^{-1}$.

2- لغرض التأكد من الكتابة السابقة (10V) عايرنا 20 mL من المحلول الممدد بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم ($K^+_{(aq)} + MnO_4^-{}_{(aq)}$) المحمض ، تركيزه المولي $C_2 = 0.02\ mol.L^{-1}$ فكان الحجم المضاف عند التكافؤ $V_E = 40\ mL$.

www.dzexams.com

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

$(MnO_{4\,(aq)}^{-} / Mn_{(aq)}^{2+})$ ، $(O_{2\,(aq)}/H_2O_{2\,(aq)})$

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 $C = 0.893\ mol.L^{-1}$:

الحالة	التقدم	$2H_2O$	=	$2H_2O$	+	O_2
ابتدائية	$x = 0$	n_0		بوفرة		0
انتقالية	x	$n_0 - 2x$		بوفرة		x
نهائية	x_{max}	$n_0 - 2x_{max}$		بوفرة		x_{max}

- نحسب التقدم الأعظمي x_{max} عندما يتفكك $V(H_2O) = 1L$ من الماء الأكسجيني و ينتج عن ذلك $V(O_2) = 10\ L$ من غاز الأكسجين في الشرطين النظاميين :

- من جدول التقدم و عند نهاية التفاعل :

$$n_f(O_2) = x_{max} \rightarrow x_{max} = \frac{V(O_2)}{V_M} = \frac{10}{22,4} = 0,446\ mol$$

- من جدول التقدم أيضا و عند نهاية التفاعل :

$$n_0(H_2O_2) - 2x_{max} = 0$$

$$C_0V(H_2O_2) = 2x_{max} \rightarrow C_0 = \frac{2x_{max}}{V(H_2O_2)}$$

$$C_0V(H_2O_2) = 2x_{max} \rightarrow C_0 = \frac{2\,.\,0,446}{1} = 0,89\ mol/L$$

ب- تسمى العملية بالتخفيف (أو التمديد) .

جـ- قيمة V_1 :

حسب قانون التمديد :

$$C_1V_1 = CV_i$$

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

$$V_i = \frac{C_1V_1}{C} \rightarrow V_i = \frac{0.1\ .\ 0.1}{0.893} = 1.12.10^{-2}\ L \approx 11\,mL$$

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

$$5 \times | \ H_2O_2 = O_2 + 2H^+ + 2e^-$$
$$2 \times | \ MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O$$
$$5H_2O_2 + 2MnO_4^- + 16H^+ = 5O_2 + 2Mn^{2+} + 10H^+ + 8H_2O$$

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

$$5H_2O_2 + 2MnO_4^- + 6H^+ = 5O_2 + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

www.dzexams.com

ب- التركيز المولي للماء الأكسجيني :

عند التكافؤ و من المعادلة يكون :

$$\frac{n_0(H_2O_2)}{5} = \frac{n_0(MnO_4^-)}{2}$$

$$\frac{CV}{5} = \frac{C_2V_E}{2} \rightarrow C = \frac{5\,C_2V_E}{2V} \quad \rightarrow C = \frac{5\,.0.02\,.40\,.10^{-3}}{2\,.\,20\,.10^{-3}} = 0.1\,mol/L$$

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

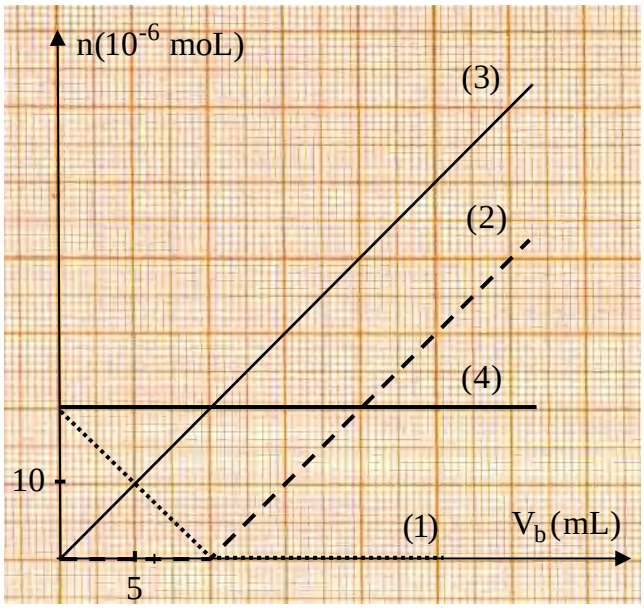
$$CV_i = C_1V_1 \rightarrow C = \frac{C_1.V_1}{V_i} \rightarrow C = \frac{0,1\,.\,0.1}{1.12\,.\,10^{-2}} = 0.893\,mol/L$$

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

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

لغرض تحديد تركيز محلول حمض الأزوت $(H_3O^+ + NO_3^-)$ أخذنا عينة منه حجمها $V_a = 20\ mL$ و قمنا بمعايرتها بمحلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + OH^-)$ ذو التركيز المولي C_b .

ترجمت النتائج في المنحيات (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 :

$$H_3O^+ + HO^- = 2H_2O$$

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

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

جـ- 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 الآزوت ثم التركيز المولي C_b لمحلول هيدروكسيد الصوديوم .

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

أ- مثل جدول تقدم التفاعل .

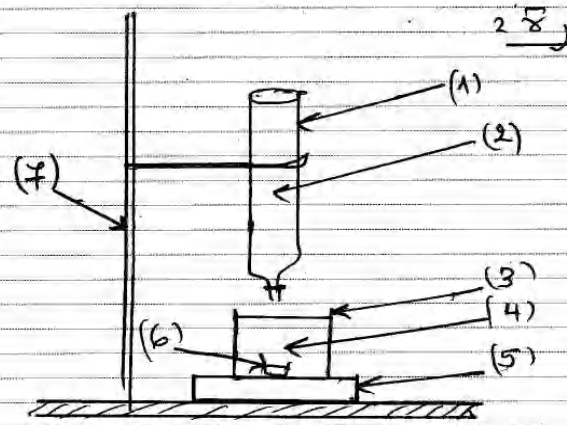
ب- حدد المتفاعل المحد و كذا التقدم الأعظمي x_{max} .

جـ- تركيز المزيج بالشوارد HO^- .

www.dzexams.com

الأجوبة :

1- المخطط التجريبي للمعايرة :



(1) ← سحاحة
(2) ← محلول معاير
(3) ← كأس بيشر
(4) ← محلول معاير
(5) ← مخلاط مغناطيسي
(6) ← مغناطيس
(7) ← حامل السحاحة .

2- أ- إثبات أن التفاعل حمض - أساس :

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

$$H_3O^+ = H_2O + H^+$$
$$HO^- + H^+ = H_2O$$

- الثنائيات (أساس/حمض) المشاركة في التفاعل :

(H_3O^+ / H_2) ; (H_2O / HO^-)

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

3- الأنواع الكيميائية الموجودة في المزيج أثناء المعايرة :

Na^+ ; NO_3^- ; HO^- ; H_3O^+

المنحنى الموافق لكل نوع كيميائي :

- NO_3^- ← موجود أصلا في المزيج ولا يشارك في التفاعل ، هذا يعني أن كمية مادته تبقى ثابتة أثناء المعايرة وهذا يتوافق مع المنحنى (4) .
- H_3O^+ ← تتناقص كمية مادتها حتى تنعدم عند التكافؤ وتظل بعد ذلك منعدمة وهذا يتوافق مع المنحنى (1)
- HO^- ← تتفاعل كليا قبل المعايرة مع شوارد H_3O^+ (كمية مادته معدومة) وعند اختفاء كل شوارد H_3O^+ عند التكافؤ ، تتجمع

www.dzexams.com

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

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

4- قيمة V_{bE} :

عند التكافؤ تختفي كل كمية H_3O^+ ومن المنحنى (1) الموافق لتغيرات $n(H_3O^+)$ يكون : $V_{bE} = 10mL$

5- قيمة C_a :

من المنحنى (1) الموافق لـ $n(H_3O^+)$ يكون :

$$n_0(H_3O^+) = 2.10.10^{-6} = 2.10^{-5} mol$$

ولدينا :

$$n_0(H_3O^+) = C_aV_a \rightarrow C_a = \frac{n_0(H_3O^+)}{V_a}$$

$$C_a = \frac{2.10^{-5}}{20.10^{-3}} = 10^{-3} mol/L$$

- قيمة C_b :

عند التكافؤ :

$$C_aV_a = C_bV_{bE} \rightarrow C_b = \frac{C_aV_a}{V_{bE}}$$

$$C_b = \frac{10^{-3} \times 20.10^{-3}}{10 \times 10^{-3}} = 2.10^{-3} mol/L$$

6- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	H_3O^+	+ HO^-	= $2H_2O$
البدائية	$x=0$	$n_0(H_3O^+) = C_aV_a$	$n_0(HO^-) = C_bV_b$	وفرة
الانتقالية	x	$C_aV_a - x$	$C_bV_b - x$	وفرة
النهائية	x_{max}	$C_aV_a - x_{max}$	$C_bV_b - x_{max}$	وفرة

- المتفاعل المحد :

طريقة (1)

- نفرض أن H_3O^+ متفاعل محد :

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

$$x_{max} = 10^{-3} \times 20.10^{-3} = 2.10^{-5} mol$$

www.dzexams.com

- بفرض أن HO^- متفاعل محد :

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

$x_{max} = 2.10^{-3} \times 15.10^{-3} = 3.10^{-5}\ mol$

إذن المتفاعل المحد H_3O^+ .

طريقة (2) :

في حدود النقطة من (بعد التكافؤ) $V_b = 15\ mL < V_{bE}$ المعايرة يكون النوع الكيميائي المعايِر الموجود بالبيشر هو المتفاعل المحد .

- قيمة $[HO^-]$:

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

من المنحنى (2) الموافق لـ $n(HO^-)$:

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

ومنه :

$$[HO^-] = \frac{10 \times 10^{-6}}{(20+15).10^{-3}} = 2,86.10^{-4}\ mol/L$$

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 للآلام و مخفض للحرارة .

التركيبة الكيميائية لهذا الدواء عبارة عن حمض كربوكسيلي صيغته الجزيئية المجملة $C_{13}H_{18}O_2$. و كتلته المولية : $M = 206\ g/mol$.

I- أذبنا محتوى كيس منه في كمية من الماء فتحصلنا على محلول (S_0) حجمه $V_0 = 100\ mL$ 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 $V_b = 60\ mL$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + HO^-)$ تركيزه المولي $C_b = 3.0 . 10^{-2}\ mol.L^{-1}$ فنحصل على مزيج (S) حجمه $V = 60\ mL$.

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

$(C_{13}H_{18}O_2/C_{13}H_{17}O^-)$, (H_2O/HO^-)

2- مثل جدول تقدم التفاعل السابق الحادث بين شوارد H_3O^+ و حمض الإيبوبروفين $C_{13}H_{18}O_2$ في المحلول (S) باعتبار كمية $C_{13}H_{18}O_2$ الابتدائية مجهولة .

3- لأجل معرفة كمية مادة شوارد HO^- المتبقية في المحلول S في نهاية التحول السابق ، أخذنا عينة من المحلول (S) حجمها $V' = 20\ mL$ و عايرناه بمحلول حمض كلور الهيدروجين $(H_3O^+ + Cl^-)$ تركيزه المولي

www.dzexams.com

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

$$H_3O^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)} = 2H_2O_{(\ell)}$$

- 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 $C_{13}H_{18}O_2$ 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 :

I- 1- إثبات أن : $C_0 = 10^{-2}\ mol/L$

$$C_0 = \frac{n_0(C_{13}H_{18}O_2)}{V} = \frac{\frac{m_0}{M}}{V} = \frac{m_0}{MV}$$

$$C_0 = \frac{0,20}{206 \times 0,1} = 9,7 \cdot 10^{-3}\ mol/L \approx 10^{-2}\ mol/L$$

2- معادلة انحلال الايبوبروفين في الماء :

$$C_{13}H_{18}O_2 + H_2O = C_{13}H_{17}O_2^- + H_3O^+$$

II- 1- معادلة التفاعل :

$$C_{13}H_{18}O_2 + HO^- = C_{18}H_{17}O_2^- + H_2O$$

2- جدول التقدم :

		$C_{13}H_{18}O_2$	+ HO^-	= $C_{18}H_{17}O_2^-$	+ H_2O
ابتدائية	$x=0$	$n_0(C_3H_{18}O_2)$	$n_0(HO^-)$.	0	
انتقالية	x	$n_0(C_{13}H_{18}O_2) - x$	$n_0(HO^-) - x$	x	
نهائية	x_{max}	$n_0(C_{13}H_{18}O_2) - x_{max}$	$n_0(HO^-) - x_{max}$	x_{max}	

3- كمية مادة HO^- المتبقية في العينة :

نفرض أن $n'(HO^-)$ هي كمية مادة HO^- في العينة ، يكون عند التكافؤ :

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

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

$$\frac{n(HO^-)}{V} = \frac{n'(HO^-)}{V'}$$

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

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

www.dzexams.com

4- قيمة x_{max} : كمية HO^- المتبقية في المزيج في نهاية التفاعل هي :

$n_f(HO^-) = 8,1 \times 10^{-4}\ mol$

ومن جدول التقدم :

$n_f(HO^-) = n_0(HO^-) - x_{max}$

$n_f(HO^-) = C_b V_b - x_{max} \rightarrow x_{max} = C_b V_b - n_f(HO^-)$

$x_{max} = 3.10^{-2} \times 60.10^{-3} - 8,1.10^{-4} = 9,90.10^{-4}\ mol$

5- كمية حمض الايبوبروفين المنحلة في المزيج (S) والموجودة في الكبس :

لما أن تتفكك HO^- في المزيج (S) فان حمض الايبوبروفين $C_{13}H_{18}O_2$ هو المتفاعل المحد ، لذا يكون من جدول التقدم :

$n_0(C_{13}H_{18}O_2) - x_{max} = 0 \rightarrow n_0(C_{13}H_{18}O_2) = x_{max} = 9,9.10^{-4}\ mol$

6- كتلة حمض الايبوبروفين $C_{13}H_{18}O_2$ في الكبس :

هي نفسها المنحلة في المحلول (S) وعليه :

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

$m = 206 \times 9,9.10^{-4} \approx 0,2\ g = 200\ mg$

وهي تواقف الكتابة الموجودة على الكبس .

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

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

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

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 و الوسائل التالية :

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

- حوجلات عيارية : 50 mL ، 100 mL ، 200 mL ، 250 mL .
- ماصات عيارية : 1 mL ، 5 mL ، 10 mL و إجاصة مص .

www.dzexams.com

- سحاحة 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 $C_0 = 0.89\ mol/L$ (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 محمض لبرمنغنات البوتاسيوم تركيزه المولي $C_2 = 10^{-2}\ mol/L$ ، لاحظ تغير لون المزيج إلى اللون البنفسجي عند أضافة $V_{2E} = 8.8$ mL من محلول برمنغنات البوتاسيوم .

أ- أكتب معادلة التفاعل أكسدة- إرجاع المنمذج 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 المعاير (المحلول S) ثم استنتج التركيز المولي C لمحلول الماء الأكسجيني الموجودة بالقارورة

جـ- قارن النتيجة بتلك التي تحصلنا 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	$2H_2O$ =	O_2 +	$2H_2O$
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 $V(H_2O) = 1L$ من الماء الأكسجيني و ينتج عن ذلك $V(O_2) = 10\ L$ من غاز الأكسجين في الشرطين النظاميين :

- من جدول التقدم و عند نهاية التفاعل :

$$n_f(O_2) = x_{max} \rightarrow x_{max} = \frac{V(O_2)}{V_M} = \frac{10}{22,4} = 0,446\ mol$$

- من جدول التقدم أيضا و عند نهاية التفاعل :

$$n_0(H_2O_2) - 2x_{max} = 0$$

$$C_0 V(H_2O_2) = 2x_{max} \rightarrow C_0 = \frac{2x_{max}}{V(H_2O_2)}$$

$$C_0 V(H_2O_2) = 2x_{max} \rightarrow C_0 = \frac{2\,.\,0,446}{1} = 0,89\ mol/L$$

www.dzexams.com

2- البروتوكول التجريبي :

- نحسب أولا 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 :

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

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

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

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

$$5 \times |\ H_2O_2 = O_2 + 2H^+ + 2e^-$$
$$2 \times |\ MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O$$
$$5H_2O_2 + 2MnO_4^- + 16H^+ = 5O_2 + 2Mn^{2+} + 10H^+ + 8H_2O$$

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

$$5H_2O_2 + 2MnO_4^- + 6H^+ = 5O_2 + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

ب- التركيز المولي C_1 :

عند التكافؤ و من المعادلة يكون :

$$\frac{n_0(H_2O_2)}{5} = \frac{n_0(MnO_4^-)}{2}$$

$$\frac{C_1V_1}{5} = \frac{C_2V_E}{2} \rightarrow C_1 = \frac{5C_2V_E}{2V_1} \rightarrow C_1 = \frac{5\ .10\ .\ 10^{-2}\ .8.8.10^{-3}}{2\ .\ 0{,}01} = 2{,}2.10^{-3}\ mol/L$$

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

$$C = 40\ C_1 = 40\ .\ 2{,}2\ .\ 10^{-2} = 0.88\ mol/L$$

جـ- المقارنة :

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

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 حاليا هي أحد أحياء باريس .

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

I- ماء جافيل هو محلول هيبوكلوريت الصوديوم $(Na^+_{(aq)} + ClO^-_{(aq)})$ ناتج عن حل غاز الكلور $Cl_{2\,(g)}$ في محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$ حسب المعادلة :

$$Cl_{2\,(g)} + 2HO^-_{(aq)} = ClO^-_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

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

www.dzexams.com

اشترى تلميذ قارورة ماء جافيل من الدكان المقابل للثانوية كتب عليها المعلومة التالية 12°Chl .

معلومة : الدرجة الكلورومترية (°Chl) تعني حجم غاز ثنائي الكلور $Cl_{2(g)}$ باللتر و الذي يلزم للحصول على 1L من ماء جافيل في الشروط النظامية ($V_M = 22,4\ L/mol$) .

1- أنجز جدولا لتقدم التفاعل و بين أن : $\mathbf{°Chl = C.V_M}$. حيث C هو التركيز المولي للمحلول بشوارد $ClO^-_{(aq)}$

2- أثبت أن التركيز المولي C الموافق لما كتب على بطاقة القارورة هو $C = 0,53\ mol/L$.

II- في حصة الأعمال المخبرية وزع الأستاذ التلاميذ على فوجين للتأكد من قيمة C بطريقتين .

الفوج الأول : وضع تلاميذ هذا الفوج حجما قدره $V = 5\ mL$ من ماء جافيل الذي تركيزه C بشوارد $ClO^-_{(aq)}$ ، في بيشر و أضافوا له كمية من محلول يود البوتاسيوم ($K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$) بزيادة .

1-أ- أكتب المعادلتين النصفيتين و المعادلة الإجمالية للتفاعل الحادث . علما أن الثنائيتين الداخلتين في التفاعل :

$$(\ ClO^-_{(aq)} / Cl^-_{aq})\ ،\ (\ I_{2(aq)} / I^-_{(aq)}\ )$$

ب- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل و أثبت أن كمية ثنائي اليود النهائية $n_f(I_2) = C.V$ و باعتبار $ClO^-_{(aq)}$ هو المتفاعل المحد .

2- لمعايرة كمية ثنائي اليود المتشكل من التفاعل وضع التلاميذ في السحاحة محلولا لثيوكبريتات الصوديوم ($2Na^+_{(aq)} + S_2O_3^{2-}_{(aq)}$) تركيزه المولي $C' = 0,265\ mol.L^{-1}$ فأضيف محلول الثيوكبريتات إلى الكأس حتى نقطة التكافؤ .

أ- أكتب معادلة تفاعل المعايرة بين $S_2O_3^{2-}_{(aq)}$ و $I_{2(aq)}$ بحيث الثنائيتين الداخلتين في التفاعل هما :

$$(\ S_4O_6^{2-}_{(aq)} / S_2O_3^{2-}_{(aq)}\ )\ ،\ (\ I_{2(aq)} / I^-_{(aq)}\ )$$

ب- من خلال تعريف التكافؤ أنشاء المعايرة أثبت أن : $n(I_2) = \dfrac{C'.V_E}{2}$

حيث V_E الحجم اللازم للتكافؤ .

جـ- استنتج قيمة C إذا كان حجم التكافؤ $V_E = 20\ mL$.

- هل النتائج مطابقة لما كتب على بطاقة القارورة ؟

الأجوبة :

1- جدول التقدم

		$Cl_2 + 2HO^- = ClO^- + Cl^- + H_2O$				
الابتدائية	$x=0$	$n_0(Cl_2) = \frac{°Chl}{V_M}$	$n_0(HO^-)$	0	0	وفرة
الانتقالية	x	$n_0(Cl_2) - x$	$n_0(HO^-) - 2x$	x	x	
النهائية	x_{max}	$n_0(Cl_2) - x_{max}$	$n_0(HO^-) - 2x_{max}$	x_{max}	x_{max}	

- إثبات أن $°Chl = C.V_M$:

نحسب x_{max} من أجل انحلال كلي لحجم من غاز الكلور قدره 1L في الشرطين النظاميين والحصول على 1L من ماء جافيل .

- من جهة

$n_f(ClO^-) = CV = C \quad (V = 1L)$

ومن جهة أخرى من جدول التقدم :

$n_f(ClO^-) = x_{max} \rightarrow x_{max} = C$ ----(1)

من جدول التقدم ايضا :

$n_0(Cl_2) - x_{max} = 0$ (تفاعل كلي)

www.dzexams.com

$\frac{n^\circ Cl_2}{V_M} - x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = \frac{n^\circ Cl_2}{V_M}$ ...(2)

من (1) ، (2) :

$\frac{n^\circ Cl_2}{V_M} = C \rightarrow \boxed{n^\circ Cl_2 = CV_M}$

ب- اثبات أن $C = 0,53\ mol/L$:

لدينا سابقا :

$n^\circ Cl_2 = CV_M \rightarrow C = \frac{n^\circ Cl_2}{V_M}$

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

II - الموجة الأولى :

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

$ClO^- + 2H^+ + 2e^- = Cl^- + H_2O$

$2I^- + ClO^- + 2H^+ = I_2 + Cl^- + H_2O$

ب- جدول التقدم :

		$2I^-$	$+ ClO^-$	$+ 2H^+$	$= I_2$	$+ Cl^-$	$+ H_2O$
الابتدائية	$x=0$	$n_0(I^-)$	$n_0(ClO^-)$	وفير	0	0	وفير
الانتقالية	x	$n_0(I^-) - 2x$	$n_0(ClO^-) - x$	وفير	x	x	وفير
النهائية	x_{max}	$n_0(I^-) - 2x_{max}$	$n_0(ClO^-) - x_{max}$		x_{max}	x_{max}	

- اثبات $n_f(I_2) = CV$:

من جدول التقدم :

$n_f(I_2) = x_{max}$ ..... (1)

ومن جهة أخرى حيث ClO^- متفاعل محد :

$n_0(ClO^-) - x_{max} = 0$

$CV - x_{max} = 0$ ... (2)

من (1) : $x_{max} = n_f(I_2)$ ، بالتعويض في (2) :

$CV - n_f(I_2) = 0 \rightarrow n_f(I_2) = CV$

ج- P - معادلة المعايرة :

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

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

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

www.dzexams.com

د- إثبات : $n(I_2) = \frac{c' V_E}{2}$

عند التكافؤ :

$n(I_2) = \frac{n_0(S_2O_3^{2-})}{2}$

$n_0(I_2) = \frac{c' V_E}{2}$ ---------- (1)

هـ- قيمة C كمية مادة I_2 الناتجة في التفاعل السابق $(n_f(I_2))$ هي نفسها كمية مادة I_2 المعاير أي $(n_0(I_2))$

$n_0(I_2) = n_f(I_2) = CV$ ---(2)

من (1) و (2) :

$CV = \frac{c' V_E}{2} \rightarrow C = \frac{c' V_E}{2V}$

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

نعم النتائج مطابقة لما كتب على القارورة

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 1L من الماء لنحصل على محلول S_0 (نعتبر أن كمية SO_2 تنحل كليا في الماء) . نأخذ حجما $V = 50\ mL$ من (S_0) ثم نعايرها بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم ($K^+_{(aq)} + MnO_4^-{}_{(aq)}$) تركيزه المولي $C_1 = 2.0 \cdot 10^{-4} mol.L^{-1}$.

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

$(SO_4^{2-}{}_{(aq)}/SO_{2\,(aq)})$ ، $(MnO_4^-{}_{(aq)} / Mn^{2+}{}_{(aq)})$

2- كيف تكشف تجريبيا عن حدوث التكافؤ ؟

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

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

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

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

www.dzexams.com

الأجوبة :

1- معادلة التفاعل :

$$5 \times | \; SO_2 + 2H_2O = SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^-$$
$$2 \times | \; MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O$$
$$5SO_2 + 2MnO_4^- + 16H^+ + 10H_2O = 5SO_4^{2-} + 2Mn^{2+} + 20H^+ + 8H_2O$$

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

$$5SO_2 + 2MnO_4^- + 2H_2O = 5SO_4^{2-} + 2Mn^{2+} + 4H^+$$

2- كيفية الكشف تجريبيا عن حدوث التكافؤ :

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

3- التركيز المولي للمحلول المعاير :

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

$$\frac{n_0(SO_2)}{5} = \frac{n_0(MnO_4^-)}{2}$$

$$\frac{CV}{5} = \frac{C_1V_E}{2} \rightarrow C = \frac{5C_1V_E}{2V} \qquad \rightarrow C = \frac{5 \times 2.10^{-4} \times 9.5.10^{-3}}{2 \times 50.10^{-3}} = 9.5.10^{-5} \text{ mol/L}$$

4- التركيز الكتلي لغاز SO_2 في الهواء المدروس :

وجدنا سابقا : $C = 9.5 \; . \; 10^{-5}$ mol/L و هو التركيز المولي لغاز SO_2 في الحجم $V = 50$ 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 :

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

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 :

$$n_0(SO_2) = C_0V = 9.5 \; . \; 10^{-5} \; . \; 1 = 9.5 \; . \; 10^{-5} \text{ mol}$$

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

$$n_0(SO_2) = \frac{m_0(SO_2)}{M(SO_2)} \rightarrow m_0(SO_2) = n_0(SO_2) \, M(SO_2)$$

- $M(SO_2) = 32 + (2 + 16) = 64$ g/mol
- $m_0(SO_2) = 9.5 \; . \; 10^{-5} \; . \; 64 = 6.08 \; . \; 10^{-3}$ g

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

$$C_m = \frac{m_0(SO_2)}{V_{air}}$$

$$C_m = \frac{6.08.10^{-3}}{2\,(m^3)} = 3.04.10^{-4} \text{ g/m}^3 = 304 \, \mu\text{g/m}^3$$

5- طبيعة الهواء المدروس :

وجدنا سابقا $C_m = 304 \; \mu g/m^3$ 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 $250 \; \mu g.m^{-3}$ ، يمكن إذن اعتبار أن الهواء المدروس ملوث .

www.dzexams.com

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 تقدّر بنحو 2750 طنا ، موجودة منذ 6 سنوات في مستودع من دون إجراءات وقائية ، فما هذه المادة ؟ وما آثارها الصحية ؟ وما الإسعافات الأولية منها ؟

تستعمل المنتوجات الصناعية الأزوتية أيضا في المجال الفلاحي لتوفرها على عنصر الأزوت الذي يعد من بين العناصر الضرورية لتخصيب التربة ، يحتوي منتوج صناعي على نترات الأمونيوم $NH_4NO_{3(s)}$ كثير الذوبان في الماء .

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

في اللحظة $t = 0$ نمزج حجما $V_1 = 20\ mL$ من محلول شوارد الأمونيوم $NH_4^+{}_{(aq)}$ تركيزه المولي $C_1 = 0.15\ mol/L$ مع حجم $V_2 = 10\ mL$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+{}_{(aq)} + HO^-{}_{(aq)})$ تركيزه المولي $C_2 = 0.15\ mol/L$ ، ننمذج التحول الحادث بالمعادلة الكيميائية التالية :

$$NH_4^+{}_{(aq)} + HO^-{}_{(aq)} = NH_{3(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

1- بين أن التفاعل السابق هو تفاعل حمض- أساس .

2- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل . حدد المتفاعل المحد و استنتج قيمة التقدم الأعظمي x_{max} .

3- بهدف التأكد من النسبة المئوية الكتلية لعنصر الأزوت في المنتوج الصناعي ، نذيب عينة كتلتها $m = 6\ g$ منه في حوجلة عيارية ، فنحصل على محلول (S_a) حجمه $250\ mL$. نأخذ حجما $V_a = 10\ mL$ من المحلول (S_a) و نعايره بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_b = 0.2\ mol/L$ ، نصل إلى نقطة التكافؤ عند إضافة الحجم $V_{bE} = 14\ mL$.

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 .

جـ- احسب النسبة المئوية الكتلية لعنصر الأزوت في العينة . ماذا تستنتج ؟

تعطى : $M(N) = 14\ g/mol$ ، $M(O) = 16\ g/mol$ ، $M(H) = 1\ g/mol$ ، $pK_a(NH_4^+/NH_3) = 9.2$.

الأجوبة :

1- أ- اثبات أن التفاعل هو تفاعل حمض- أساس :

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

$$NH_4^+ = NH_3 + H^+$$
$$HO^- + H^+ = H_2O$$

www.dzexams.com

2- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	NH_4^+ +	HO^- =	NH_3 +	H_2O
ابتدائية	x = 0	$n_{01} = C_1V_1$	$n_{02} = C_2V_2$	0	بوفرة
انتقالية	x	$C_1V_1 - x$	$C_2V_2 - x$	x	بوفرة
نهائية	x_f	$C_1V_1 - x_{éq}$	$C_2V_2 - x_{éq}$	$x_{éq}$	بوفرة

التقدم الأعظمي :

- بفرض أن NH_4^+ هو المتفاعل المحد :

$C_1V_1 - x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = C_1V_1 = 0.15 \ . \ 0.02 = 3 \ . \ 10^{-3}$ mol

- بفرض أن HO^- هو المتفاعل المحد :

$C_2V_2 - x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = C_2V_2 = 0.15 \ . \ 0.01 = 1,5 \ . \ 10^{-3}$ mol

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

3- أ- التركيز C_a :

عند التكافؤ :

$$C_aV_a = C_bV_{bE} \rightarrow C_a = \frac{C_bV_{bE}}{V_a}$$

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

ب- النسبة المئوية الكتلية للأزوت P :

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

$$C_a = \frac{n_0}{V} = \frac{\frac{m(NH_4NO_3)}{M}}{V} = \frac{m(NH_4NO_3)}{M.V} \rightarrow m(NH_4NO_3) = C_a.M.V$$

- $M = 14 + (4 \ .1) + 14 + (3 \ .16) = 80$ g/mol
- $m(NH_4NO_3) = 0.28 \ . \ 80 \ . \ 0.25 = 5.6$ g

- نحسب الأن 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 :

$$\frac{M(NH_4NO_3)}{m(NH_4NO_3)} = \frac{M(N)}{m(N)}$$

حيث M(N) هي الكتلة المولية للأزوت في المركب و في المركب NH_4NO_3 يكون :

$M(N) = 2 \ . \ 14 = 28$ g/mol

إذن :

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

www.dzexams.com

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

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

نستنتج أن النسبة الموجودة على لاصقة كيس المنتوج الصناعي صحيحة .

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

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

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

www.sites.google.com/site/faresfergani

www.dzexams.com