المستوى : السنة الثانية ثـانوي

الوحدة **07** **قيـــاس الناقلية**

GUEZOURI A. Lycée Maraval – Oran

حسب الطبعة الجديدة للكتاب المدرسي 2010 - 2011

1 – الإجابة بصحيح أو خطأ :

1 - **خطأ** : الخطأ يكمُن فقط في العبارة الأخيرة ، .... حركة الشوارد الموجبة نحو المهبط والسالبة نحو المصعد .

2 - **صحيح**

3 – **صحيح**

4 - **الخطأ** يكمن فقط في العبارة الأولى ، وهي أن الناقلية النوعية σ تخصّ كل المحلول وليس جزءا منه .

5 - **الخطأ** يكمن فقط في العبارة الأخيرة ، وهو أن λ_i لا علاقة لها بأبعاد الخلية المستعملة (الأبعاد هي L و S)

6 - **خطأ** . المقدار $\frac{L}{S}$ هو $\frac{1}{K}$

7 - **صحيح**

2 – اختيـار الإجـابة الصحيحة :

1 - يتغيّر ثابت الخلية إذا : أ) تغيّر سطحا اللبوسين أو البعد بينهما أو الاثنين معا بشرط أن لا تبقى النسبة $\frac{L}{S}$ ثابتة في هذه الحالة الأخيرة .

2 - أ) **صحيح** جـ) **صحيح**

ب) **خطأ** ، لأن عندما نقيس ناقلية جزأين مختلفين من المحلول ، فالذي تغيّر هو K وليس σ .

– **العبارات الصحيحة والخاطئة :**

- خلية القياس تتكوّن من مصعد ومهبط معدنيين (**صحيحة**)
- الناقلية هي مقلوب المقاومة وحدتها Siemens / mètre (الجزء الأول **صحيح** ، لكن الوحدة هي Siemens)
- للشوارد ذات الشحنة (+ 1) نفس الناقلية النوعية المولية الشاردية . **خطأ**

3 –

المطلوب هو حساب الناقلية النوعية .

- كلور البوتاسيوم (K^+ , Cl^-) :

$$[KCl]=[K^+]=[Cl^-]=C=0,0352\times10^3=35,2mol/m^3$$

$$\sigma=\lambda_{K^+}[K^+]+\lambda_{Cl^-}[Cl^-]=C\left(\lambda_{K^+}+\lambda_{Cl^-}\right)=35,2\times10^{-3}(7,35+7,63)=0,527S.m^{-1}$$

- كلور البوتاسيوم $(Ca^{2+} , 2\ OH^-)$:

يتحلل هيدروكسيد الكلسيوم في الماء حسب المعادلة : $Ca(OH)_2 \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+}+2OH^-$

$$[Ca(OH_2)]=[Ca^{2+}]=C=0,0268\times10^3=26,8mol/m^3 \quad ، \quad [OH^-]=2C$$

$$\sigma=\lambda_{Ca^{2+}}[Ca^{2+}]+\lambda_{OH^-}[OH^-]=C\left(\lambda_{Ca^{2+}}+2\lambda_{OH^-}\right)=26,8\times10^{-3}(11,9+39,8)=1,385S.m^{-1}$$

www.guezouri.org

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

– 4

1 - ثابت الخلية : $K = \frac{S}{L} = \frac{1}{1,5} = 0,67\,cm$

2 - $\sigma = \frac{G}{K} = \frac{0,128}{0,67\times10^{-2}} = 19,1\ S.m^{-1}$

– 5

1 - **تمرين ناقص !** (الناقلية النوعية تتعلق بتركيز الجسم المنحل ، وهذا التركيز غير مُعطى في التمرين)

2 - **النص الجديد للسؤال** : نقيس ناقلية جزء من محلول برمنغنات البوتاسيوم (K^+ , MnO_4^-) بواسطة خلية ثابتها $K = 4\ cm$ ، فنجد $G = 5,38\ mS$. احسب التركيز الكتلي لهذا المحلول .

يُعطى : $\lambda_{K^+} = 7,35m\,S.m^2.mol^{-1}$ ، $\lambda_{MnO_4^-} = 6,10m\,S.m^2.mol^{-1}$

$K = 39\ g.mol^{-1}$ ، $Mn = 55\ g.mol^{-1}$ ، $O = 16\ g.mol^{-1}$

الحل : يتحلل برمنغنات البوتاسيوم في الماء حسب المعادلة : $KMnO_4 \xrightarrow{H_2O} K^+ + MnO_4^-$ ، حيث

$$[KMnO_4] = [K^+] = [MnO_4^-] = C$$

ومنه : $G = K\,\sigma = K\left(\lambda_{K^+}[K^+] + \lambda_{MnO_4^-}[MnO_4^-]\right) = KC\left(\lambda_{K^+} + \lambda_{MnO_4^-}\right)$ ،

$$C = \frac{G}{K\left(\lambda_{K^+} + \lambda_{MnO_4^-}\right)} = \frac{5,38\times10^{-3}}{4\times10^{-2}\times10^{-3}(6,1+7,35)} = 10\,mol/m^3$$

التركيز الكتلي $C_m = C\times M = 10\times158 = 1580\ g/m^3$

- 6

يتحلل يود الصوديوم في الماء حسب المعادلة : $NaI \xrightarrow{H_2O} Na^+ + I^-$

1 - التركيز المولي للجسم المنحل (NaI) هو : $[NaI] = C = \frac{C_m}{M}$ ، حيث C_m هو تركيزه الكتلي و M كتلته الجزيئية المولية

$M = 23 + 127 = 150\ g.mol^{-1}$ ، وبالتالي $C = \frac{2}{150} = 13,3\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$

2 – الناقلية النوعية للمحلول :

$$\sigma = \lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{I^-}[I^-] = C\left(\lambda_{Na^+} + \lambda_{I^-}\right) = 13,3\times10^{-3}\times10^3\times10^{-3}(5,01+7,7) = 0,169\,S.m^{-1}$$

– 7

- 1

المحلول S_1 : $NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$

المحلول S_2 : $KCl \rightarrow K^+ + Cl^-$

المحلول S_3 : $KNO_3 \rightarrow K^+ + NO_3^-$

المحلول S : $NaNO_3 \rightarrow Na^+ + NO_3^-$

ناقلية المحلول S_1 :

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM
www.guezouri.org

من معادلة التحلل في الماء نلاحظ أن $\left[Na^+\right]=\left[Cl^-\right]=C$

ناقلية الجزء المحصور بين مسريي الخلية هي : $G_1=K\sigma=K\left(\lambda_{Na^+}\left[Na^+\right]+\lambda_{Cl^-}\left[Cl^-\right]\right)=KC\left(\lambda_{Na^+}+\lambda_{Cl^-}\right)$

ناقلية المحلول S2 :

من معادلة التحلل في الماء نلاحظ أن $\left[K^+\right]=\left[Cl^-\right]=C$

ناقلية الجزء المحصور بين مسريي الخلية هي : $G_2=K\sigma=K\left(\lambda_{K^+}\left[K^+\right]+\lambda_{Cl^-}\left[Cl^-\right]\right)=KC\left(\lambda_{K^+}+\lambda_{Cl^-}\right)$

ناقلية المحلول S3 :

من معادلة التحلل في الماء نلاحظ أن $\left[K^+\right]=\left[NO_3^-\right]=C$

ناقلية الجزء المحصور بين مسريي الخلية هي : $G_3=K\sigma=K\left(\lambda_{K^+}\left[K^+\right]+\lambda_{NO_3^-}\left[NO_3^-\right]\right)=KC\left(\lambda_{K^+}+\lambda_{NO_3^-}\right)$

ناقلية المحلول S :

من معادلة التحلل في الماء نلاحظ أن $\left[Na^+\right]=\left[NO_3^-\right]=C$

ناقلية الجزء المحصور بين مسريي الخلية هي : $G=K\sigma=K\left(\lambda_{Na^+}\left[Na^+\right]+\lambda_{NO_3^-}\left[NO_3^-\right]\right)=KC\left(\lambda_{Na^+}+\lambda_{NO_3^-}\right)$

يمكن كتابة هذه الناقلية بالشكل :

$$G=KC\left(\lambda_{Na^+}+\lambda_{NO_3^-}+\lambda_{K^+}-\lambda_{K^+}+\lambda_{Cl^-}-\lambda_{Cl-}\right)$$

إضافة وطرح نفس المقدار لا يغيّر شيئا ، لكنه ينفع أحيانا . نطوّر هذه العلاقة لنكتبها على الشكل :

$$G=KC\left(\lambda_{Na^+}+\lambda_{Cl^-}\right)-KC\left(\lambda_{K^+}+\lambda_{Cl^-}\right)+KC\left(\lambda_{K^+}+\lambda_{NO_3^-}\right)$$

وبالتالي : $G=G_1-G_2+G_3$

إذن يمكن أن نستنتج ناقلية المحلول (Na^+ , NO_3^-) بواسطة قياس ناقليات المحاليل السابقة بنفس الخلية بشرط أن يكون للمحاليل كلها نفس التركيز المولي للجسم المنحل وفي نفس درجة الحرارة .

- 2 $G=G_1-G_2+G_3=1,16-1,37+1,33=1,12\ mS$

– 8

- 1 المحلول : (Na^+ , OH^-) : $G_1=K\sigma_1=\frac{S}{L}\left(\lambda_{Na^+}\left[Na^+\right]+\lambda_{OH^-}\left[OH^-\right]\right)=\frac{S}{L}C\left(\lambda_{Na^+}+\lambda_{OH^-}\right)$

المحلول : (Na^+ , Cl^-) : $G_2=K\sigma_2=\frac{S}{L}\left(\lambda_{Na^+}\left[Na^+\right]+\lambda_{Cl^-}\left[Cl^-\right]\right)=\frac{S}{L}C\left(\lambda_{Na^+}+\lambda_{Cl^-}\right)$

المحلول : (K^+ , Cl^-) : $G_3=K\sigma_3=\frac{S}{L}\left(\lambda_{K^+}\left[K^+\right]+\lambda_{Cl^-}\left[Cl^-\right]\right)=\frac{S}{L}C\left(\lambda_{K^+}+\lambda_{Cl^-}\right)$

2 – **يجب أن يكون السؤال كما يلي** : بيّن أنه من القياسات السابقة ، يمكن الحصول على ناقلية جزء من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم (K^+ , OH^-) له نفس تركيز المحاليل السابقة وفي نفس درجة الحرارة ، وذلك بنفس خلية القياس .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM
www.quezoun.org

الجواب :

ناقلية محلول هيدروكسيد البوتاسيوم

$$G=\frac{S}{L}\sigma=\frac{S}{L}\times C\left(\lambda_{K^+}+\lambda_{OH^-}\right)=\frac{S}{L}\times C\left(\lambda_{K^+}+\lambda_{OH^-}+\lambda_{Na^+}-\lambda_{Na^+}+\lambda_{Cl^-}-\lambda_{Cl^-}\right)$$

$$G=\frac{S}{L}\times C\left(\lambda_{K^+}+\lambda_{Cl^-}\right)+\frac{S}{L}\times C\left(\lambda_{Na^+}+\lambda_{OH^-}\right)-\frac{S}{L}\times C\left(\lambda_{Na^+}+\lambda_{Cl^-}\right)=G_3+G_1-G_2=1,85+3,19-1,56=3,48\,mS$$

– 9

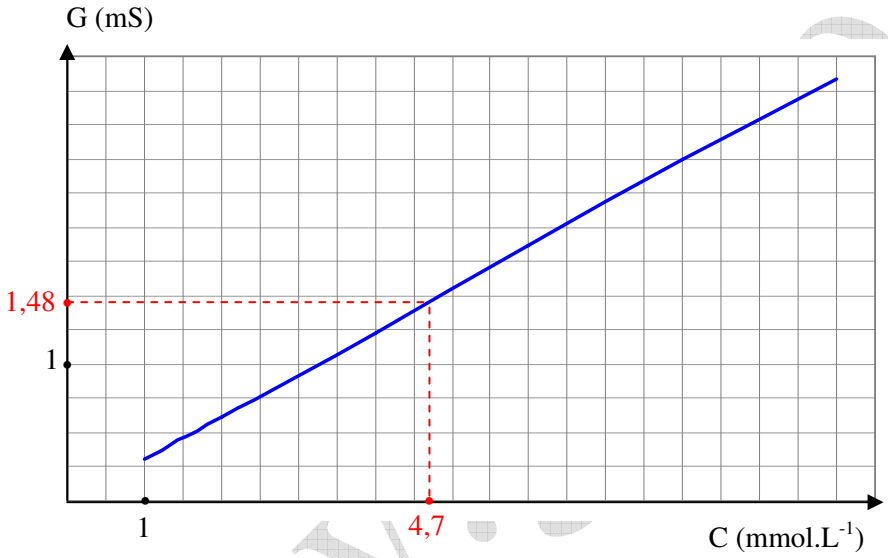
معادلة تحلل NH_4Cl : $NH_4Cl \xrightarrow{H_2O} NH_4^+ + Cl^-$

1 - البيان $G=f(C)$ مع تصحيح القياس الرابع لـ G في الجدول :

C (mmol.L^{-1})	1	2	4	6	8	10
G (mS)	0,31	0,62	1,23	**1,87**	2,50	3,09

2 - لكي يتسنى لنا استعمال مخطط المعايرة لتحديد التركيز المولي لمحلول كلور الأمونيوم يجب أن يكون تركيزه المولي محصورا بين القيمتين الحدّيتين للتراكيز في الجدول ، أي بين 1 mmol.L^{-1} و 10 mmol.L^{-1} .

3 - انظر للبيان (نسقط قيمة الناقلية على البيان ونستنتج التركيز المولي للمحلول).



– 10

1 – معادلة التحلل في المـاء : $KNO_3 \xrightarrow{H_2O} K^+ + NO_3^-$

2 - **يجب أن نقول** : اشرح كيف نحسب تركيز محلول نترات البوتاسيوم اعتمادا على هذه النتائج .

الجواب : نقيس ناقلية هذا المحلول باستعمال نفس الخلية ، ثم نستعمل بيان المعايرة ونستنتج منه التركيز المولي الموافق لقيمة الناقلية المقاسة .

www.dzpen.com

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

3 - البيان :



4 - نحسب الناقلية :

$$G = \frac{I_{eff}}{U_{eff}} = \frac{0,88\times10^{-3}}{1} = 0,88\times10^{-3}S$$

$$G = 0,88\,mS$$

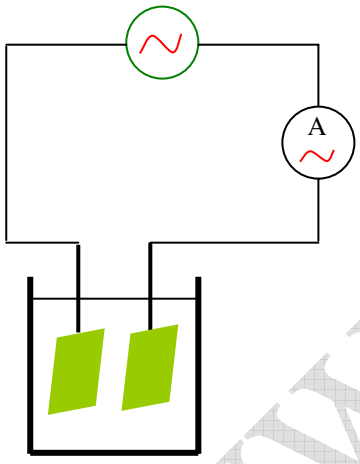
نحدّد هذه القيمة على محور الناقلية ونستنتج على محور التركيز المولي قيمة التركيز المولي لمحلول نترات البوتاسيوم .

– 11

الصيغة الكيميائية لكبريتات الصوديوم هي Na_2SO_4

1 - معادلة التحلل في الماء هي : $Na_2SO_4 \xrightarrow{H_2O} 2Na^+ + SO_4^{2-}$

2 - مخطط الدارة في الشكل المقابل . (لا تهتم بالعبارة : فرق كمون جيبي تواتره 500 Hz)

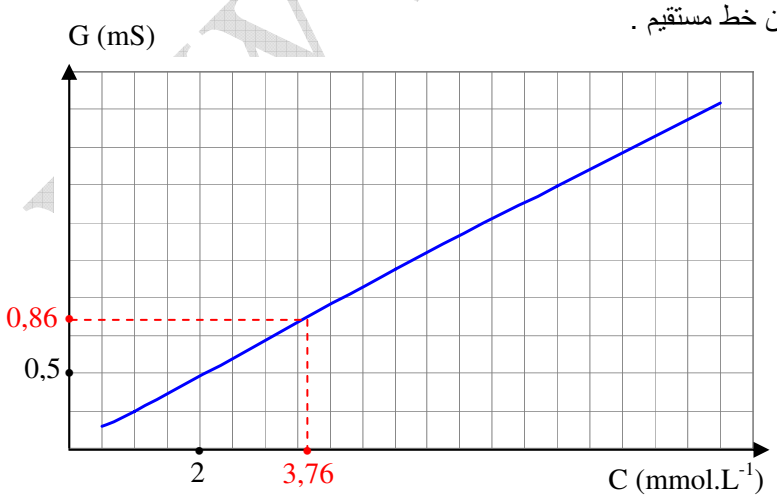


- $G = \frac{I_{eff}}{U_{eff}}$ ، حيث U_{eff} : Volt ، I_{eff} : Ampère ، G : Siemens .

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
C (mmol.L^{-1})	10,0	7,5	5,0	1,0	0,5	C_6
U_{eff} (V)	0,904	0,850	0,851	0,851	0,851	0,808
I_{eff} (mA)	2,070	1,485	1,010	0,212	0,125	0,700
G (mS)	2,290	1,747	1,187	0,249	0,147	0,866

- رسم البيان : (في الشكل)

نلاحظ أن الناقلية تتناسب مع التركيز المولي ، لأن البيان عبارة عن خط مستقيم .



- التراكيز المولية للشوارد في المحلول S_6 :

لدينا $C_6 = 3,76\ mmol.L^{-1}$ ، وحسب معادلة التحلل في الماء

فإن : $[Na_2SO_4] = [SO_4^{2-}] = C = 3,76\,mmol.L^{-1}$

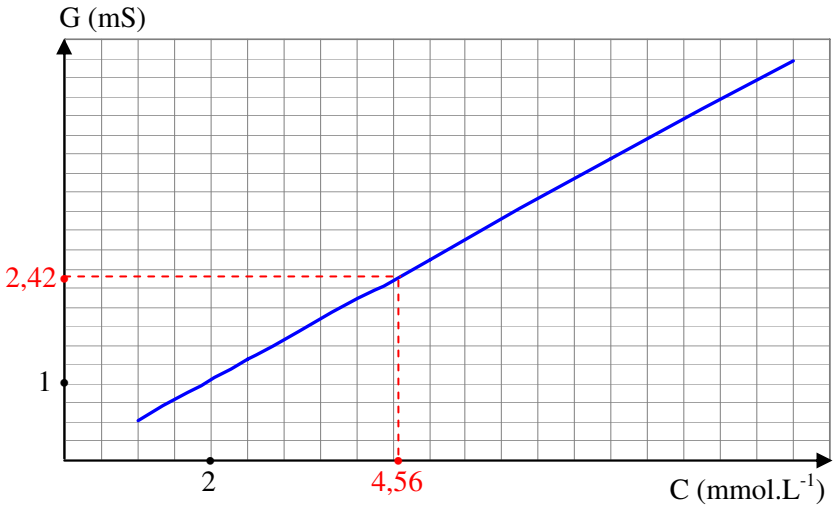
$$[Na^+] = 2C = 2\times3,76 = 7,52\,mmol.L^{-1}$$

www.elezoun.org

– 12

- رسم البيـان :

- نستنتج من البيان التركيز بعد التخفيف الموافق للناقلية G = 2,42 mS



قيمة هذا التركيز هي $C' = 4,56\ mmol.L^{-1}$

التركيز الأصلي هو

$C = 4,56 \times 100 = 456\ mmol.L^{-1} = 0,456\ mol.L^{-1}$

- كتلة كلور الكلسيوم المحتواة في الحقنة هي 1 g .

قيمة x :

لدينا $C = \frac{m}{MV}$ ، ومنه :

$$M = \frac{m}{CV} = \frac{1}{0,456 \times 0,010} = 219$$

$219 = 40 + 71 + 18\,x$ ، ومنه $x = 6$

ونكتب صيغة كلور الكلسيوم المماهة بالشكل $CaCl_2, 6H_2O$

– 13

- الكتلة المولية لنترات الكلسيوم هي $M = 40 + 124 = 164\ g.mol^{-1}$

معادلة تحلل نترات الكلسيوم في المـاء : $Ca(NO_3)_2 \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+} + 2NO_3^-$

$\left[Ca(NO_3)_2\right] = C = \frac{C_m}{M} = \frac{1,5}{164} = 9,1 \times 10^{-3}\ mol.L^{-1}$ ، وبالتالي :

$$\left[Ca^{2+}\right] = C = 9,1 \times 10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

$$\left[NO_3^-\right] = 2C = 2 \times 9,1 \times 10^{-3} = 18,2 \times 10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

- المطلوب الناقلية النوعية للمحلول وليس ناقلية المحلول ، لأن هذه الأخيرة تتعلق بالخلية (وهنا الخلية مجهولة) .

$$\sigma = \lambda_{Ca^{2+}}\left[Ca^{2+}\right] + \lambda_{NO_3^-}\left[NO_3^-\right] = C\left(\lambda_{Ca^{2+}} + 2\lambda_{NO_3^-}\right) = 9,1 \times 10^{-3} \times 10^3 \times (11,9 + 2 \times 7,14) \times 10^{-3} = 0,238\,S.m^{-1}$$

– 14 في الطبعة الجديدة للكتاب نُزع التمرين 14 (في الطبعة القديمة يوجد 16 تمرينا أما في الجديدة يوجد فقط 15 تمرينا)

- صيغة فلور الكلسيوم هي CaF_2 ، المقصود هنا بالناقلية المولية هو ناقلية المحلول الذي تركيزه المولي $C = 1\ mol.L^{-}$

$G = KC\left(\lambda_{Ca^{2+}} + 2\lambda_{F^-}\right)$ ، لكن ثابت الخلية مجهول ، فلا يمكن حساب هذه الناقلية !!

معادلة تحلل فلـور الكلسيوم في الماء : $CaF_2 \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+} + 2F^-$

$$\left[CaF_2\right] = \left[Ca^{2+}\right] = C \quad ، \quad \left[F^-\right] = 2C$$

- $\sigma = C\left(\lambda_{Ca^{2+}} + 2\lambda_{F^-}\right)$ ، ومنه : $C = \frac{\sigma}{\lambda_{Ca^{2+}} + 2\lambda_{F^-}} = \frac{3,71 \times 10^{-3}}{10^{-3} \times (10,5 + 8,08)} = 0,2 mol/m^3$

وبالتالي : $\left[Ca^{2+}\right] = 0,2\ mol/m^3$ و $\left[F^-\right] = 2C = 2 \times 0,2 = 0,4\ mol/m^3$

www.guezzouri.org

1 - تخفيف المحلول 200 مرّة معناه أن معامل التمديد هو 200 ، أي أن $\frac{V_2}{V_1} = 200$ ، حيث V_2 هو حجم المحلول بعد تخفيفه ، V_1 هو حجم المحلول قبل تخفيفه .

نضع الحجم V_1 في إناء مدرّج ونضيف له الماء المقطّر إلى أن يصبح حجمه $V_2 = 200\ V_1$.

مثلا نأخذ $V_1 = 2\ mL$ ونضيف له الماء المقطر إلى أن يصبح حجمه $V_2 = 400\ mL$ ، أي نضيف له 398 mL من الماء المقطّر .

نشرح طريقة المعايرة الحجمية (لأن هذا الدرس سيأتي لاحقا في برنامج وزارة التربية الوطنية)

مثلا : معايرة محلول حمضي مثل حمض كلور الهيدروجين (H_3O^+ , Cl^-) بواسطة محلول أساسي (قاعدي) مثل (Na^+ , OH^-) .

باختصار : الهدف من المعايرة هو تحديد التركيز المولي للمحلول الذي نعايره

نضع حجما V_a من المحلول الحمضي في بيشر ونضيف له كاشفا ملونا مثل أزرق البروموتيمول ، فيتلوّن في هذه الحالة بالأصفر .

نملأ السحاحة بالمحلول الأساسي ، ثم نشرع في إضافته قطرة بعد فقطرة للبيشر . نلاحظ أن لون المزيج في البيشر في لحظة ما ينقلب للون الأزرق ، حيث أن في تلك اللحظة انتقل المزيج من طبيعة حمضية إلى طبيعة أساسية ، ونسمي حجم المحلول الأساسي الموافق الحجم اللازم للتكافؤ حمض – أساس .

2 - معادلة التفاعل في البيشر هي : $(H_3O^+ , Cl^-) + (Na^+ , OH^-) \rightarrow 2\ H_2O + (Na^+ , Cl^-)$

أو اختصارا : $H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2\ H_2O$

عند التكافؤ يكون $n_{H_3O^+} = n_{OH^-}$

ويكون حينذاك المزيج معتدلا ، أي $pH = 7$ (هل تتذكر هذا في أول درس في الكيمياء في السنة الأولى ؟ نعم أتذكره .. طيّب !)

هذا يوافق في تمريننا النقطة التي فاصلتها $V_b = 11\ mL$.

أي أن لما $V_b \in [0 , 11mL[$ يكون المزيج في البيشر حامضيا .

لما $V_b = 11mL$ يكون المزيج معتدلا .

لما $V_b > 11mL$ يكون المزيج قاعديا .

3 - **تطور الناقلية خلال المعايرة** :

نعلم أن الناقلية تتعلّق بالتراكيز المولية للشوارد في المزيج والناقلية النوعية المولية الشاردية لكل شاردة ، وحتى لا نعقّد الأمور كثيرا نأخذ حجما كبيرا من المحلول الحمضي في البيشر بالنسبة للحجم الذي نضيفه من السحاحة حتى يتسنى لنا إهمال تغير التراكيز المولية بفعل التمديد .

- قبل $V_b = 11\ mL$ ، كل ما يحدث هو استبدال شاردة الهيدرونيوم (H_3O^+) بشاردة الصوديوم Na^+ ، لأن H_3O^+ تُستَهلَكُ من طرف OH^- .

ونعلم أن الناقلية النوعية المولية الشاردية $\lambda_{H_3O^+} > \lambda_{Na^+}$ ، وبالتالي الناقلية تتناقص .

- عند $V_b = 11\ mL$ ، لا يوجد في المزيج بصورة محسوسة إلا شوارد الكلور Cl^- وشوارد Na^+ ونعلم أن هاتين الشاردتين تملكان ناقلية نوعية مولية شاردية أصغر من شوارد الهيدرونيوم والهيدروكسيد OH^- ، وبالتالي تمر الناقلية بأصغر قيمة لها .

- بعد $V_b = 11\ mL$ ، تزداد في المزيج شوارد OH^- وشوارد Na^+ ، فتزداد الناقلية وفق منحنى ميله أقل من ميل المنحنى الموافق لتناقص الناقلية ، لأن هذا يتبع للناقلية النوعية المولية الشاردية لـ OH^- ($\lambda_{H_3O^+} > \lambda_{OH^-}$) .

4 - الحجم المسكوب من المحلول الأساسي هو $V_{b,0} = 11mL$

ليكن التركيز المولي للمحلول الحمضي C_a والتركيز المولي للمحلول الأساسي C_b .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

عند التكافؤ يكون لدينا ، كما أشرنا لذلك سابقا : $n_{H_3O^+} = n_{OH^-}$ ، ومنه : $C_a V_a = C_b V_b$ وبالتالي

$$C_a = \frac{C_b V_b}{V_a} = \frac{0,096 \times 11}{100} = 1,056 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$$

التركيز المولي للمحلول الأصلي هو $C'_a = C_a \times 200 = 1,056 \times 10^{-2} \times 200 = 2,112 mol.L^{-1}$

www.guezouri.org