

www.sites.google.com/site/faresfergani
Fares_Fergani@yahoo.Fr

تمارين مقترحة

3AS U04 - Exercice 002

المحتوى المعرفي : تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن .

تاريخ آخر تحديث : 2015/04/20

نص التمرين : (*)

أربعة محاليل مائية لها نفس التركيز المولي الابتدائي $C = 10^{-2} \text{ mol/L}$ هي :

S_1 : محلول حمض كلور الهيدروجين $(\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-)$.

S_2 : محلول حمض الإيثانويك CH_3COOH .

S_3 : محلول النشادر NH_3 .

S_4 : محلول هيدروكسيد الصوديوم $(\text{Na}^+ + \text{HO}^-)$.

نقيس pH كل محلول عند الدرجة 25°C ، نسجل النتائج التالية من غير ترتيب $\text{pH} = 2$ ، $\text{pH} = 10.6$ ،

$\text{pH} = 3.4$ ، $\text{pH} = 12$.

1- أرفق كل محلول بقيمة الـ pH الموافقة له و دون النتائج في الجدول التالي :

المحلول	S_1	S_2	S_3	S_4
قيمة الـ pH				

2- أكتب معادلة تفاعل غاز النشادر مع الماء . هل هو تفاعل حمض أساس ؟ اذكر الثنائيتين (أساس/حمض) الداخليتين في التفاعل .

3- مثل جدول التقدم لهذا التفاعل .

4- أوجد العبارات التالية :

أ- عبارة τ_f بدلالة $[\text{HO}^-]_f$.

ب- عبارة ثابت الحموضة K_a للثنائية $(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3)$ بدلالة $[\text{HO}^-]_f$.

ج- عبارة ثابت الحموضة K_a للثنائية $(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3)$ بدلالة τ_f .

5- اعتمادا على قيمة pH محلول النشادر المدونة في الجدول السابق بين أن النسبة النهائية للتقدم هي $\tau_f = 4\%$.

6- أحسب عند حدوث التوازن الكيميائي تركيز الوسط التفاعلي بكل من NH_3 ، NH_4^+ .

7- أحسب قيمة ثابت الحموضة K_a للثنائية $(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3)$ بطريقتين ثم استنتج قيمة الـ pK_a الموافقة .

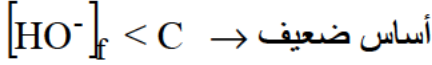
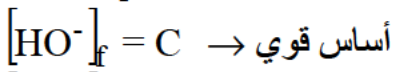
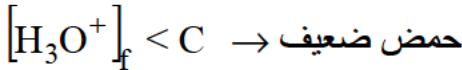
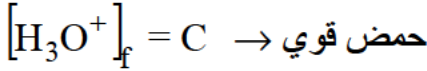
8- قارن بين الأساسين NH_3 ، CH_3NH_2 من حيث القوة علما أن $\text{pK}_a(\text{CH}_3\text{NH}_3^+/\text{CH}_3\text{NH}_2) = 10.7$.

يعطى : الجداء الشاردي للماء عند 25°C : $K_e = 10^{-14}$

حل التمرين

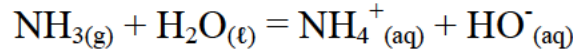
1- إكمال الجدول :

يمكن أن نعتد في ملء الجدول على ما يلي :

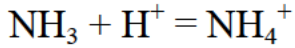
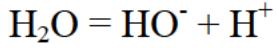


المحلول	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
قيمة الـ pH	2	3.4	10.6	12

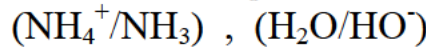
2- معادلة تفاعل النشادر مع الماء :



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



و الثنائيتين (أساس/حمض) الداخلتين في هذا التفاعل هي :



3- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	NH ₃ + H ₂ O = NH ₄ ⁺ + HO ⁻			
ابتدائية	x = 0	n ₀ = CV	زيادة	0	0
انتقالية	x	CV - x	زيادة	x	x
نهائية	x _f	CV - x _f	زيادة	x _f	x _f

4- أ- عبارة τ_f بدلالة [HO⁻]_f :

$$\bullet \tau_f = \frac{x_f}{x_{\max}}$$

اعتمادا على جدول التقدم :

$$[HO^-]_f = \frac{x_f}{V} \rightarrow x_f = [HO^-]_f \cdot V$$

بفرض أن التفاعل تام يكون في نهاية التفاعل :

$$CV - x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = CV$$

ومنه تصبح عبارة τ_f كما يلي :

$$\tau_f = \frac{[\text{HO}^-]_f V}{CV} \rightarrow \tau_f = \frac{[\text{HO}^-]_f}{C}$$

ب- عبارة ثابت الحموضة K_a بدلالة $[\text{HO}^-]_f$:

$$K_a = \frac{[\text{NH}_3]_f [\text{H}_3\text{O}^+]_f}{[\text{NH}_4^+]_f} = \frac{[\text{NH}_3]_f [\text{HO}^-]_f}{[\text{NH}_4^+]_f}$$

اعتماد على جدول التقدم : $[\text{HO}^-]_f = \frac{x_f}{V}$ ومنه :

$$\begin{aligned} \bullet [\text{NH}_4^+]_f &= \frac{n_f(\text{NH}_4^+)}{V} = \frac{x_f}{V} = [\text{HO}^-] \\ \bullet [\text{NH}_3]_f &= \frac{CV - x_f}{V} = C - \frac{x_f}{V} = C - [\text{HO}^-] \end{aligned}$$

بالتعويض في عبارة K_a نجد :

$$K_a = \frac{(C - [\text{HO}^-]_f) [\text{HO}^-]_f}{[\text{HO}^-]_f}$$

ج- عبارة K_a بدلالة τ_f :

مما سبق $\tau_f = \frac{[\text{HO}^-]_f}{C} \rightarrow [\text{HO}^-]_f = \tau_f C$ بالتعويض في عبارة ثابت الحموضة K_a السابقة نجد :

$$K_a = \frac{(C - \tau_f C) \frac{Ke}{\tau_f C}}{\tau_f C} = \frac{C(1 - \tau_f) \frac{Ke}{\tau_f C}}{\tau_f C} = \frac{(1 - \tau_f) \frac{Ke}{\tau_f}}{\tau_f C} \rightarrow K_a = \frac{(1 - \tau_f) Ke}{\tau_f^2 C}$$

5- إثبات أن $\tau_f = 4\%$:

وجدنا سابقا : $\tau_f = \frac{[\text{HO}^-]_f}{C}$ ومنه :

$$\bullet \text{pH} = 10.6 \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]_f = 10^{-10.6} = 2.50 \cdot 10^{-11} \text{ mol/L}$$

$$[\text{HO}^-]_f = \frac{Ke}{[\text{H}_3\text{O}^+]_f} = \frac{10^{-14}}{2.5 \cdot 10^{-11}} = 4.0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$\tau_f = \frac{4.0 \cdot 10^{-4}}{10^{-2}} = 4 \cdot 10^{-2} \quad (4\%)$$

6- تراكيز الوسط التفاعل بكل من NH_3 ، NH_4^+ :
اعتمادا على ما سبق :

- $[\text{NH}_4^+]_f = [\text{HO}^-]_f = 4.0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$
- $[\text{NH}_3]_f = C - [\text{HO}^-]_f = 10^{-2} - 4.0 \cdot 10^{-4} = 9.6 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$

7- قيمة K_a :
الطريقة الأولى :

$$K_a = \frac{(1 - \tau_f) K_e}{\tau_f^2 C} = \frac{(1 - 0.04) 10^{-14}}{(0.04)^2 \cdot 10^{-2}} = 6 \cdot 10^{-10}$$

الطريقة الثانية :

$$K_a = \frac{[\text{NH}_3]_f [\text{H}_3\text{O}^+]_f}{[\text{NH}_4^+]_f} = \frac{9.6 \cdot 10^{-3} \cdot 2.5 \cdot 10^{-11}}{4.0 \cdot 10^{-4}} = 6 \cdot 10^{-10}$$

قيمة الـ pKa :

$$\text{pKa} = - \log K_a = 9.2$$

8- المقارنة بين الأساسين NH_3 ، CH_3NH_2 من حيث القوة :

$$\text{pKa}_1(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3) = 9.2$$

$$\text{pKa}_2(\text{CH}_3\text{NH}_2/\text{CH}_3\text{NH}_3^+) = 10.7$$

. $\text{pKa}_2 > \text{pKa}_1$ إذن الأساس CH_3NH_2 أقوى من NH_3 .