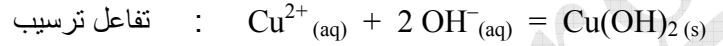


## حسب الطبعة الجديدة 2010 - 2011

## التمرين 01

التفاعل حمض - أساس هو التفاعل الذي يتم فيه تبادل البروتونات  $H^+$  بين الحمض والأساس .



$H^+$  بين حمض الإيثانويك والميثان أمين .  
تفاعل حمض - أساس لأنه حدث تبادل بروتون  $H^+$  :  $CH_3NH_2(aq) + CH_3COOH(aq) = CH_3NH_3^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$



$HCl(g) + NH_3(g) = NH_4Cl(s)$  (نحصل في هذا التفاعل على كلور الأمونيوم صلب وليس محلولاً لأن  $HCl$  و  $NH_3$  غازان) :  
تفاعل حمض - أساس لأنه حدث تبادل بروتون  $H^+$  بين غاز كلور الهيدروجين وغاز النشادر .

البنزين والماء .  
تفاعل حمض أساس لأنه حدث تبادل بروتون  $H^+$  بين حمض  $C_6H_5COOH(l) + H_2O(l) = C_6H_5COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$

## التمرين 02

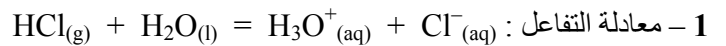
1 - بتطبيق العلاقة  $pH = -\text{Log} [H_3O^+]$  أو العلاقة العكسية لها  $[H_3O^+] = 10^{-pH}$  نملاً الجدول :

pH	1,3	3,4	4,1	6,8	1,6	9,6
$[H_3O^+]$ (mol/L)	$5,0 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-4}$	$7,4 \times 10^{-5}$	$1,6 \times 10^{-7}$	$2,6 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-10}$

2 - عندما يتناقص  $[H_3O^+]$  يزداد الـ pH ، وذلك حسب التناسب العكسي بينهما في العلاقة  $[H_3O^+] = 10^{-pH}$  .

نتحقق من ذلك مثلاً في الخانتين الأولى والثانية في الجدول .

## التمرين 03



$$pH = -\text{Log} [H_3O^+] \quad \text{2 - (1)}$$

بما أن حمض كلور الهيدروجين يتشرد كلياً في الماء ، فإن  $[H_3O^+] = [HCl]$

$$[H_3O^+] = \frac{n_{H_3O^+}}{V} = \frac{0,1}{1} = 0,1 \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{تركيز شوارد الهيدرونيوم في المحلول :}$$

$$pH = -\text{Log} 0,1 = 1 \quad \text{بالتعويض في العلاقة (1) :}$$

**ملاحظة :** التركيز  $[H_3O^+] = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  يفوق حدود مجال تطبيق العلاقة  $pH = -\text{Log} [H_3O^+]$  . لكن تماشياً مع معطيات

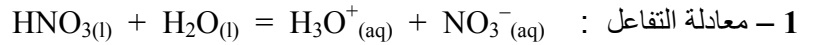
التمارين نعتبر الخطأ مهماً ونواصل حلول التمارين الأخرى على أساس أن المحاليل ممددة إذا كان  $[H_3O^+] = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  ، وهذا ما

تفعله يوم الامتحان ، احسب pH بأية قيمة لتركيز  $H_3O^+$  تعطى لك .

3 - بما أن الحمض قوي فإن  $n_{HCl} = n_{H_3O^+}$  ، ولدينا  $10^{-2} \text{ mol}$  ، ولدينا  $10^{-2} \times 1 = 10^{-2} \text{ mol}$  ، ولدينا  $n_{H_3O^+} = [H_3O^+] \times V_s = 10^{-pH} \times V_s = 10^{-2} \times 1 = 10^{-2} \text{ mol}$

وبالتالي كمية مادة غاز  $HCl$  المنحلة في 1 L من الماء هي  $10^{-2} \text{ mol}$

## التمرين 4



2 - اعتبرنا حمض الأزوت قويا ، أي أن  $C = [\text{H}_3\text{O}^+] = 0,1 \text{ mol/L}$

$$. \text{pH} = -\text{Log} [\text{H}_3\text{O}^+] = -\text{Log} 0,1 = 1$$

3 - الحمض قوي ، إذن  $n_{\text{H}_3\text{O}^+}$  لا يتغير عندما نمدد المحلول بالماء .

ليكن  $[\text{H}_3\text{O}^+]_1$  هو التركيز المولي لشوارد الهيدرونيوم قبل التمديد و  $[\text{H}_3\text{O}^+]_2$  هو التركيز المولي لشوارد الهيدرونيوم بعد التمديد .

$$V_2 = 90 + 10 = 100 \text{ mL} , \quad V_1 = 10 \text{ mL} , \quad [\text{H}_3\text{O}^+]_1 V_1 = [\text{H}_3\text{O}^+]_2 V_2$$

نستنتج :  $[\text{H}_3\text{O}^+]_2 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_1}{10} = \frac{0,1}{10} = 10^{-2} \text{ mol/L}$  . وبتطبيق العلاقة  $\text{pH} = -\text{Log} [\text{H}_3\text{O}^+]$  نجد  $\text{pH} = 2$

## التمرين 5

1 - لكي نبين إن كان التفاعل تاما أو غير تام ، نقارن بين التركيز المولي للحمض C والتركيز المولي لشوارد  $\text{H}_3\text{O}^+$

إذا كان  $[\text{H}_3\text{O}^+] = C$  فإن الحمض قوي .

إذا كان  $[\text{H}_3\text{O}^+] < C$  فإن الحمض ضعيف .

- محلول حمض الإيثانويك :  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3,9} = 1,26 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

هذه القيمة أصغر من تركيز الحمض ، ومنه التفاعل غير تام .

- محلول حمض كلور الهيدروجين :  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3} \text{ mol/L}$

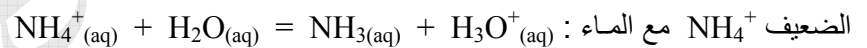
هذه القيمة تساوي تركيز الحمض ، ومنه التفاعل تام .

- كلور الأمونيوم هو ملح صيغته  $\text{NH}_4\text{Cl}$  . يتحلل في الماء إلى شوارد الأمونيوم  $\text{NH}_4^+$  وشوارد الكلور  $\text{Cl}^-$  .

$$[\text{NH}_4\text{Cl}] = [\text{NH}_4^+] = [\text{Cl}^-] = C = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \text{ أي } C = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

القوة التي نتكلم عنها هنا هي قوة تفاعل شاردة الأمونيوم  $\text{NH}_4^+$  مع الماء .

لو لم تتفاعل هاتان الشارذتان مع الماء لوجدنا  $\text{pH}$  المحلول مساويا للقيمة 7 . سبب نزول الـ  $\text{pH}$  إلى القيمة 6,2 هو تفاعل الحمض

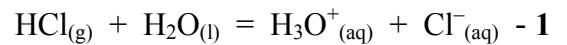


الضعيف  $\text{NH}_4^+$  مع الماء :  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-6,2} = 6,3 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$  . وبمقارنة  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  مع  $[\text{NH}_4\text{Cl}]$  نحكم على أن التفاعل غير تام .

- محلول حمض الأزوت :  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3} \text{ mol/L}$  . هذه القيمة تساوي تركيز الحمض ، ومنه التفاعل تام .

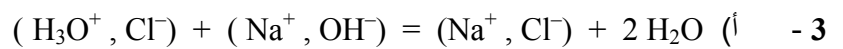
2 - التفاعل تام معناه الحمض قوي ، وبالتالي : حمض الإيثانويك ضعيف ، شاردة الأمونيوم حمض ضعيف ، حمض الأزوت قوي .

## التمرين 06



الثنائيتان هما :  $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$  ،  $\text{HCl} / \text{Cl}^-$

2 -  $\text{pH} = -\text{Log} C = -\text{Log} 10^{-3} = 3$



أو اختصارا : (1)  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) = 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

(ب)  $\text{pH} = -\text{Log} [\text{H}_3\text{O}^+]$

نحسب عدد مولات  $\text{OH}^-$  التي أضفناها :  $n(\text{OH}^-) = C_b V_b = 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3} = 0,5 \times 10^{-4} \text{ mol}$

نحسب عدد مولات  $\text{H}_3\text{O}^+$  الموجودة في محلول حمض كلور الهيدروجين :

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = C_a V_a = 10^{-3} \times 0,1 = 10^{-4} \text{ mol}$$

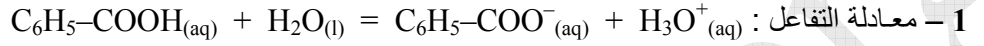
حسب التفاعل (1) ، فإن مولا واحدا من  $\text{H}_3\text{O}^+$  يتفاعل مع مول واحد من  $\text{OH}^-$  . إذن عدد مولات شوارد  $\text{H}_3\text{O}^+$  الباقية بعد التفاعل

$$n'(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-4} - 0,5 \times 10^{-4} = 0,5 \times 10^{-4} \text{ mol} \quad \text{هي :}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{n'(\text{H}_3\text{O}^+)}{V_a + V_b} = \frac{0,5 \times 10^{-4}}{0,15} = 3,3 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\text{Log } 3,3 \times 10^{-4} = 3,5 \quad \text{بالتعويض في العلاقة (2) :}$$

### التمرين 07



2 - حتى نتأكد أن التفاعل غير تام نحسب التركيز المولي لشوارد الألكسونيوم  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  ونقارنها مع التركيز C .

$$\text{لدينا} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,95} = 1,12 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \quad \text{، ولدينا} \quad C = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

بما أن التركيز المولي لشوارد الهيدرونيوم أقل من التركيز المولي C ، فإن تفاعل حمض البنزين مع الماء غير تام .

3 - المقارنة بين pH و  $-\text{Log } C$  :

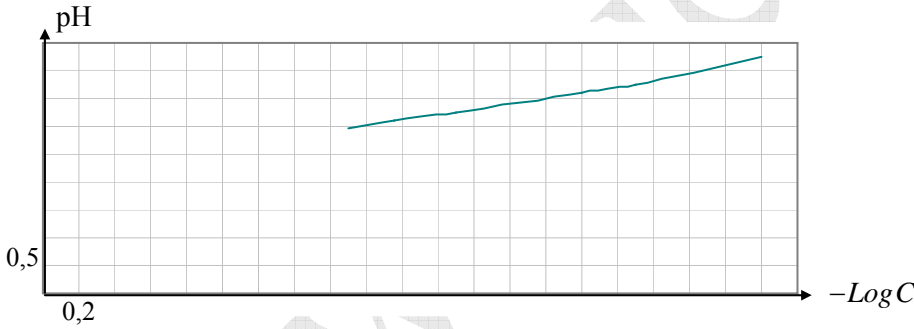
pH	2,95	3,10	3,25	3,60	3,75	4,25	4,50	5,10
$-\text{Log } C$	1,70	1,96	2,30	3,00	3,30	4,00	4,30	5,00

من الأفضل أن يكون السؤال : **فسر ما تستنتجه من مقارنتك . (ليس : علل)**

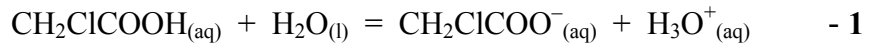
نلاحظ أن في كل محلول يكون  $\text{pH} > -\text{Log } C$  ، ونعلم أن  $\text{pH} = -\text{Log } [\text{H}_3\text{O}^+]$  ، وبالتالي :

$-\text{Log } [\text{H}_3\text{O}^+] > -\text{Log } C$  ، ومنه  $\text{Log } [\text{H}_3\text{O}^+] < \text{Log } C$  ، وهذا يؤدي لنتيجة ضعف الحمض  $[\text{H}_3\text{O}^+] < C$  .

4 - البيان  $\text{pH} = -\text{Log } C$



### التمرين 8



2 - جدول التقدم :

$\text{CH}_2\text{ClCOOH}_{(\text{aq})}$	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	$\text{CH}_2\text{ClCOO}^-_{(\text{aq})}$	$\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$
CV	زيادة	0	0
$\text{CV} - x$	زيادة	x	x
$\text{CV} - x_f$	زيادة	$x_f$	$x_f$
$\text{CV} - x_m$	زيادة	$x_m$	$x_m$

لتعيين التقدم النهائي نضع  $\text{CV} - x_{\text{max}} = 0$  لأن الحمض هو المتفاعل المد ، ومنه :

$$x_{\text{max}} = \text{CV} = 10^{-2} \times 20 \times 10^{-3} = 2,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

3 - **تصحيح** : pH = 2,4 (ليس pH = 2,37) . لا نبقى على الرقم الثاني بعد الفاصلة في قيمة الـ pH إلا إذا كان عبارة عن 5

التقدم النهائي هو كمية مادة  $H_3O^+$  في نهاية التفاعل ، أي :

$$x_f = n(H_3O^+) = [H_3O^+] \times V = 10^{-pH} \times V = 10^{-2,4} \times 20 \times 10^{-3} = 7,9 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

نسبة التقدم النهائي :  $\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{7,9 \times 10^{-5}}{2 \times 10^{-4}} = 0,40$  ، ومنه التحول الكيميائي غير تام .

### التمرين 09

1 - في 100 g من المحلول ( $S_0$ ) يوجد 28 g من الحمض النقي .

$$n(HI) = \frac{m}{M} = \frac{28}{128} = 0,22 \text{ mol}$$

(HI هي الكتلة المولية ليود الهيدروجين 128 g/mol)

$$(1) \quad \rho = \frac{m'}{V} \quad \text{حيث } V \text{ تكافئ حجما } S_0$$

ولدينا  $d = \frac{\rho}{\rho_e}$  ،  $\rho_e = 1 \text{ g/cm}^3$  ، وهي الكتلة الحجمية للماء ، ومنه  $\rho = d \times \rho_e = 1,26 \times 1 = 1,26 \text{ g/cm}^3$

$$V = \frac{m'}{\rho} = \frac{100}{1,26} = 79,4 \text{ cm}^3 = 7,94 \times 10^{-2} \text{ L} \quad : (1) \text{ بالتعويض في}$$

$$[HI] = \frac{n(HI)}{V} = \frac{0,22}{7,94 \times 10^{-2}} = 2,77 \text{ mol/L} \quad \text{حيث } [HI] \text{ هو } S_0 \text{ التركيز المولي لـ}$$

2 - عند التمديد لا يتغير عدد مولات HI ، أي :  $n_0(HI) = n(HI)$  ، حيث :

$$n_0(HI) = C_0V_0 \quad \text{عدد المولات قبل التمديد} , \quad n(HI) = CV \quad \text{عدد المولات بعد التمديد} .$$

$$C_0V_0 = CV \quad \text{ومنه} : \quad V_0 = \frac{CV}{C_0} = \frac{0,05 \times 0,5}{2,77} \approx 9 \times 10^{-3} \text{ L} = 9 \text{ mL}$$

الطريقة هي : نأخذ حجما  $V = 9 \text{ mL}$  من المحلول  $S_0$  ونضيف له الماء المقطر إلى أن يصبح حجم المحلول 500 mL ، أي نضيف 491 mL من الماء المقطر ونرجّ فنحصل على المحلول  $S_1$  .

3 - أ) تركيز المحلول  $S_2$  : لدينا  $n_1(HI) = n_2(HI)$  ، أي :  $C_1V_1 = C_2V_2$  ، ومنه :

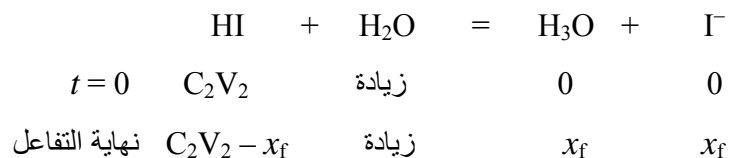
$$C_2 = \frac{0,05 \times 5}{200} = 1,25 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

ب) **تعديل** : pH المحلول  $S_2$  يساوي 2,90 . احسب نسبة التقدم النهائي للتفاعل بين الحمض والماء . هل يمكن اعتبار التفاعل

تمامًا ؟

$$(2) \quad \tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[H_3O^+] \times V_2}{C_2V_2} = \frac{[H_3O^+]}{C_2} \quad \text{الجواب : لدينا نسبة التقدم النهائي}$$

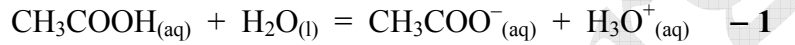
نكتب معادلة التفاعل وننشئ جدول التقدم لكي نبيّن أن  $x_f = n(H_3O^+)$  ، ولدينا  $x_{max} = C_2V_2$



بالتعويض في العلاقة (2) ،  $\tau = \frac{10^{-pH}}{C_2} = \frac{10^{-2,9}}{1,25 \times 10^{-3}} = 1$  ، وبالتالي التفاعل تام .

**المزيد :** ذرات الهالوجينات (العمود السابع في التصنيف الدوري المختصر) تكوّن مع ذرات الهيدروجين حموضا صيغتها من الشكل HA (HF ، HCl ، HBr ، HI) . إن هذه الحموض ليست كلها قوية ، بل تتناقص قوتها من HF إلى HI ، أي أن كلما كان حجم ذرة الهالوجين كبيرا كلما كان الحمض أقوى . أقوى هذه الحموض هو الذي نتحدّث عنه في التمرين 9 ، أي أن من المستحيل تفاعل شاردة اليود  $\Gamma^-$  مع الماء ، فهي أساس ضعيف جدا .

## التمرين 10



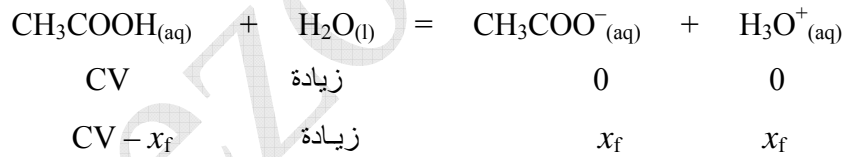
$$(1) \quad \tau = \frac{x_f}{x_{\max}} \quad \text{النسبة النهائية للتقدم هي}$$

(يجب إعطاء قيمتي الناقلتين الموليتين الشارديتين للشارديتين  $\text{H}_3\text{O}^+$  و  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  في نص التمرين)

$$\lambda_1 = \lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-} = 4,1 \times 10^{-3} \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1} \quad , \quad \lambda_2 = \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 35 \times 10^{-3} \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$$

لدينا  $\sigma_1 = \lambda_1 [\text{H}_3\text{O}^+] + \lambda_2 [\text{CH}_3\text{COO}^-] + \lambda_{\text{OH}^-} [\text{OH}^-]$  ، وبإهمال  $[\text{OH}^-]$  في المحلول يكون لدينا :

$$(2) \quad \sigma_1 = [\text{H}_3\text{O}^+] (\lambda_1 + \lambda_2) \quad , \quad \text{وبالتالي نكتب : } [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$



من جدول التقدم نستنتج أن  $x_f = n(\text{H}_3\text{O}^+)$  و  $x_{\max} = \text{CV}$  . نحسب من العلاقة (2) التركيز المولي  $[\text{H}_3\text{O}^+]$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{\sigma_1}{\lambda_1 + \lambda_2} = \frac{4,9 \times 10^{-3}}{39,1 \times 10^{-3}} = 0,125 \text{ mol} / \text{m}^3 = 1,25 \times 10^{-4} \text{ mol} / \text{L}$$

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{n(\text{H}_3\text{O}^+)}{\text{CV}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \times V}{\text{CV}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C} = \frac{1,25 \times 10^{-4}}{10^{-3}} = 0,125 \quad (1) \quad \text{من العلاقة}$$

3 - أ) المطلوب هو  $[\text{CH}_3\text{COOH}]$  وليس  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$  . (لا يمكن معرفة  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$  إلا بمعرفة pH أو  $\sigma$ )  
التمديد يؤدي إلى :  $C_2V_2 = C_1V_1$  ، حيث  $C_1V_1$  هو عدد مولات الحمض قبل التمديد ،  $C_2V_2$  عدد المولات بعد التمديد .

$$C_2 = [\text{CH}_3\text{COOH}]_0 \quad \text{مع العلم أن}$$

$$C_2 = \frac{C_1V_1}{V_2} = \frac{10^{-3} \times 10}{100} = 10^{-4} \text{ mol} / \text{L}$$

$$(ب) \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-] \quad , \quad \sigma_2 = \lambda_1 [\text{H}_3\text{O}^+] + \lambda_2 [\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{CH}_3\text{COO}^-] (\lambda_1 + \lambda_2)$$

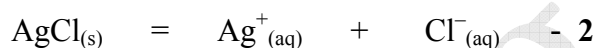
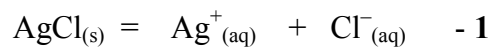
**تصحيح :** القيمة الصحيحة لـ  $\sigma_2$  هي  $1,55 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$  (ليس  $1,2 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$  ، لأن هذه القيمة لا توافق التركيز المولي بعد التمديد)

$$\text{ومنه : } [\text{CH}_3\text{COO}^-] = \frac{\sigma_2}{\lambda_1 + \lambda_2} = \frac{1,55 \times 10^{-3}}{39,1 \times 10^{-3}} = 0,038 \text{ mol} / \text{m}^3 = 3,8 \times 10^{-5} \text{ mol} / \text{L}$$

$$\tau_2 = \frac{[H_3O^+]}{C_2} = \frac{3,8 \times 10^{-5}}{10^{-4}} = 0,38 \quad \text{ج) النسبة النهائية للتقدم}$$

4 - كلما مددنا حمضا ضعيفا ازدادت نسبة التقدم النهائي ، أي  $\tau_2 > \tau_1$

## التمرين 11



$$n_0 \qquad 0 \qquad 0$$

$$n_0 - x_f \qquad x_f \qquad x_f$$

3 -  $\sigma = \lambda_{Ag^+} [Ag^+] + \lambda_{Cl^-} [Cl^-]$  ، تركيزا شارديتي الهيدرونيوم والهيدروكسيد مهملان في هذا المحلول الملحي .

$$\sigma = [Ag^+] (\lambda_{Ag^+} + \lambda_{Cl^-}) \quad \text{لأن } [Ag^+] = [Cl^-] \text{ ، ومنه :}$$

$$[Ag^+] = \frac{\sigma}{(\lambda_{Ag^+} + \lambda_{Cl^-})} = \frac{0,19 \times 10^{-3}}{(6,2 + 7,6) \times 10^{-3}} = 0,013 \text{ mol} / m^3 = 1,3 \times 10^{-5} \text{ mol} / L$$

$$[Ag^+] = [Cl^-] = 1,3 \times 10^{-5} \text{ mol} / L$$

نحسب ثابت التوازن لهذا التشرّد :  $K = [Ag^+] \times [Cl^-] = (1,3 \times 10^{-5})^2 = 1,7 \times 10^{-10}$  . القيمة الصغيرة لـ K تبين التشرّد الجزئي لكلور الفضة .

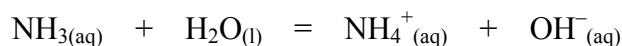
## التمرين 12



2 - لكي نبين أن غاز النشادر لا يتفاعل كليا مع الماء نقارن تركيز شوارد الهيدروكسيد  $OH^-$  مع تركيز الأساس  $C_1$  .

$$\text{لدينا } [OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-11,1}} = 1,26 \times 10^{-3} \text{ mol} / L \quad \text{، ومنه } [OH^-] < C_1 \text{ ، وبالتالي التفاعل غير تام .}$$

يمكن أن نبيّن أن التفاعل غير تام بحساب قيمة نسبة التقدم النهائية  $\tau_1$  من أجل هذا ننشئ جدول التقدم :



$$C_1 V_1 \quad \text{زيادة} \quad 0 \quad 0$$

$$C_1 V_1 - x_f \quad \text{زيادة} \quad x_f \quad x_f$$

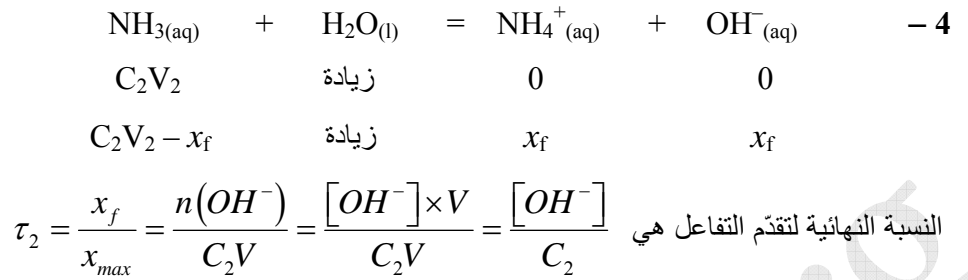
$$\tau_1 = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{n(OH^-)}{x_{max}} = \frac{[OH^-] \times V_1}{C_1 V_1} = \frac{[OH^-]}{C_1} = \frac{1,26 \times 10^{-3}}{0,1} = 1,26 \times 10^{-2}$$

، إذن التفاعل غير تام  $\tau_1 < 1$

3 - عدد مولات  $NH_3$  لا يتغير بعد التمديد ، أي أن  $C_1 V_1 = C_2 V_2$  ، حيث أن  $V_1$  هو الحجم الذي نأخذه من المحلول الأول .

$$V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1} = \frac{2,5 \times 10^{-2} \times 100}{0,1} = 25 \text{ mL}$$

الطريقة هي : نأخذ حجما  $V_1 = 25 \text{ mL}$  ونضعه في مخبر حجمه  $100 \text{ mL}$  ، ثم نكمل الحجم بالماء المقطر (أي نضيف  $75 \text{ mL}$  من الماء ) ، فنحصل بذلك على محلول  $S_2$  حجمه  $100 \text{ mL}$  وتركيزه المولي  $C_2 = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  .



لدينا  $\tau_2 = \frac{6,31 \times 10^{-4}}{2,5 \times 10^{-2}} = 2,52 \times 10^{-2}$  وبالتالي  $[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-\text{pH}}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10,8}} = 6,31 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

وجدنا  $\tau_1 < \tau_2$  ، ومنه نستخلص أنه كلما كان الأساس الضعيف ممدا يتشرد أكثر .

### التمرين 13

1 - معادلة تفاعل حمض الإيثانويك مع الماء :  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$

2 - أ) جدول التقدم :

$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$	+	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	=	$\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$	+	$\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
CV		زيادة		0		0
$CV - x$		زيادة		$x$		$x$
$CV - x_f$		زيادة		$x_f$		$x_f$
$CV - x_m$		زيادة		$x_m$		$x_m$

لدينا  $\sigma = \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} [\text{H}_3\text{O}^+] + \lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-} [\text{CH}_3\text{COO}^-] + \lambda_{\text{OH}^-} [\text{OH}^-]$  ، وبإهمال  $[\text{OH}^-]$  في المحلول يكون لدينا :

$$\sigma = [\text{H}_3\text{O}^+] (\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-}) \quad ; \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

المحلول  $S_1$  :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{\sigma_1}{\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-}} = \frac{4,7 \times 10^{-2}}{39,1 \times 10^{-3}} = 1,2 \text{ mol/m}^3$$

$$\tau_1 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C_1} = \frac{1,2 \times 10^{-3}}{0,1} = 1,2 \times 10^{-2} \quad ; \quad \text{نسبة التقدم النهائي}$$

المحلول  $S_2$  :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{\sigma_2}{\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-}} = \frac{1,55 \times 10^{-2}}{39,1 \times 10^{-3}} = 0,39 \text{ mol/m}^3$$

$$\tau_2 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C_1} = \frac{0,39 \times 10^{-3}}{0,01} = 3,9 \times 10^{-2} \quad ; \quad \text{نسبة التقدم النهائي}$$

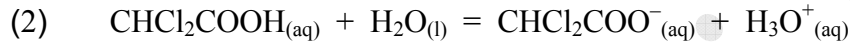
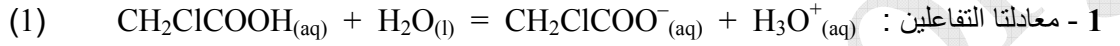
المحلول S<sub>3</sub> :

$$[H_3O^+] = \frac{\sigma_3}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-}} = \frac{4,6 \times 10^{-3}}{39,1 \times 10^{-3}} = 0,12 \text{ mol} / m^3$$

$$\tau_3 = \frac{[H_3O^+]}{C_1} = \frac{0,12 \times 10^{-3}}{0,001} = 0,12 \text{ : نسبة التقدم النهائي}$$

(ب) كلما انخفض التركيز المولي للحمض تزداد نسبة التقدم النهائي ، لأن التمديد يساعد على التشرذ (الحمض الضعيف يتفاعل مع الماء) .

## التمرين 14



**تصحيح :**  $\sigma_1 = 0,121 \text{ S m}^{-1}$  ( ليس  $0,167 \text{ mS m}^{-1}$  ) ،  $\sigma_2 = 0,33 \text{ S m}^{-1}$  ( ليس  $0,33 \text{ mS m}^{-1}$  )

2 - بالنسبة للحمض  $CH_2ClCOOH$  :

$$\sigma_1 = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+] + \lambda_{CH_2ClCOO^-} [CH_2ClCOO^-] + \lambda_{OH^-} [OH^-] \text{ : ويكون لدينا}$$

$$\sigma_1 = [H_3O^+] (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_2ClCOO^-}) \text{ : وبالتالي ، } [CH_2ClCOO^-] = [H_3O^+]$$

$$[H_3O^+] = \frac{\sigma_1}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_2ClCOO^-}} = \frac{0,121}{39,22 \times 10^{-3}} = 3,1 \text{ mol} / m^3 = 3,1 \times 10^{-3} \text{ mol} / L$$

: بالنسبة للحمض  $CHCl_2COOH$

$$\sigma_2 = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+] + \lambda_{CHCl_2COO^-} [CHCl_2COO^-] + \lambda_{OH^-} [OH^-] \text{ : ويكون لدينا}$$

$$\sigma_2 = [H_3O^+] (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CHCl_2COO^-}) \text{ : وبالتالي ، } [CHCl_2COO^-] = [H_3O^+]$$

$$[H_3O^+] = \frac{\sigma_2}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CHCl_2COO^-}} = \frac{0,33}{38,83 \times 10^{-3}} = 8,5 \text{ mol} / m^3 = 8,5 \times 10^{-3} \text{ mol} / L$$

$$\tau_1 = \frac{[H_3O^+]}{[CH_2ClCOOH]} = \frac{3,1 \times 10^{-3}}{10^{-2}} = 0,31 \text{ : } CH_2ClCOOH \text{ لتقدم تفاعل}$$

$$\tau_2 = \frac{[H_3O^+]}{[CHCl_2COOH]} = \frac{8,5 \times 10^{-3}}{10^{-2}} = 0,85 \text{ : } CHCl_2COOH \text{ لتقدم تفاعل}$$

$$K_1 = \frac{[H_3O^+]_f \times [CH_2ClCOO^-]_f}{[CH_2ClCOOH]_f} \text{ : التفاعل (1)}$$

$$K_2 = \frac{[H_3O^+]_f \times [CHCl_2COO^-]_f}{[CHCl_2COOH]_f} \text{ : التفاعل (2)}$$

عند التوازن يكون تركيز الحمض الباقي ، أي  $[CH_2ClCOOH]$  أو  $[CHCl_2COOH]$  ، مساويا للتركيز الابتدائي مطروح منه

تركيز شوارد الهيدرونيوم  $[H_3O^+]$  ، وبالتالي :



$$K_1 = \frac{[H_3O^+]_f^2}{C - [H_3O^+]_f} = \frac{(3,1 \times 10^{-3})^2}{10^{-2} - 3,1 \times 10^{-3}} = 1,4 \times 10^{-3}$$

$$K_2 = \frac{[H_3O^+]_f^2}{C - [H_3O^+]_f} = \frac{(8,5 \times 10^{-3})^2}{10^{-2} - 8,5 \times 10^{-3}} = 4,8 \times 10^{-2}$$

5 - من أجل تفاعل معين ، ثابت التوازن لا يتغير مهما كان التركيز المولي إذا أردنا المقارنة بين محلولين لحمضين مختلفين لهما نفس التركيز المولي C ، فإن الذي يوافق تفاعله مع الماء أكبر قيمة لثابت التوازن هو الذي تكون له أكبر قيمة لنسبة التقدم النهائي .

### التمرين 15



من الأحسن أن يكون السؤال : **اكتب عبارة كسر التفاعل** ، لأن كسر التفاعل عند حالة التوازن هو نفسه ثابت التوازن ، وهذا الأخير مطلوب في السؤال رقم 5 . أو مثلاً : أو مثلاً : **عين كسر التفاعل الابتدائي**

$$Q_{ri} = \frac{[H_3O^+] \times [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = \frac{0 \times 0}{C} = 0 : \text{ كسر التفاعل الابتدائي}$$

2 -  $\sigma = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+]_f + \lambda_{CH_3COO^-} [CH_3COO^-]_f + \lambda_{OH^-} [OH^-]_f$  ، وبإهمال  $[OH^-]$  نكتب :

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+]_f + \lambda_{CH_3COO^-} [CH_3COO^-]_f$$

### 3 - جدول التقدم

	$CH_3COOH_{(aq)}$	$+ H_2O_{(l)}$	$=$	$CH_3COO^-_{(aq)}$	$+ H_3O^+_{(aq)}$
$t = 0$	CV	زيادة		0	0
الحالة الانتقالية	$CV - x$	زيادة		$x$	$x$
الحالة النهائية	$CV - x_{\acute{e}q}$	زيادة		$x_{\acute{e}q}$	$x_{\acute{e}q}$

4 - عبارة  $\sigma$  : نعلم أن  $[CH_3COO^-] = [H_3O^+]$  ، وبالتالي  $\sigma = [H_3O^+] (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-})$  (1)

من جدول التقدم نستنتج أن عند نهاية التفاعل يكون  $x_{\acute{e}q} = n_{H_3O^+} = n_{CH_3COO^-}$  ، وبالتالي تصبح عبارة  $\sigma$  كالتالي :

$$\sigma = \frac{x_{\acute{e}q}}{V} (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-})$$

من العلاقة (1) نحسب التركيز المولي لشوارد الهيدرونيوم .

$$[H_3O^+] = [CH_3COO^-] = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-}} = \frac{1,6 \times 10^{-2}}{(34,9 + 4,1) \times 10^{-3}} = 0,41 \text{ mol} / m^3 = 0,41 \times 10^{-3} \text{ mol} / L$$

5 - عند حالة التوازن يكون  $[CH_3COOH] = C - [H_3O^+] = 10^{-2} - 4 \times 10^{-4} = 9,6 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

$$K = \frac{[H_3O^+]_f \times [CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f} = \frac{(4,1 \times 10^{-4})^2}{9,6 \times 10^{-3}} = 1,75 \times 10^{-5}$$

ثابت التوازن

## التمرين 16



- 2 - تصحيح :

قيم الناقلية النوعية المسجلة في الجدول خاطئة .

محلول النشادر الذي تركيزه  $C = 10^{-2} \text{ mol/L}$  تكون ناقليته النوعية  $\sigma = 10,9 \text{ mS.m}^{-1}$  وليس  $100,4 \mu \text{ S.m}^{-1}$  .

لماذا القيم المسجلة في الجدول خاطئة ؟

يجب أن نعلم أن ناقلية محلول (G) تخص فقط جزءا من المحلول ، أي الجزء المحصور بين صفيحتي الخلية :  $G = K \sigma$  حيث K هو ثابت الخلية . أما الناقلية النوعية لمحلول ( $\sigma$ ) تخص المحلول ، أي أنها تتعلق بطبيعة الشوارد الموجودة في المحلول وتراكيذها المولية في هذا المحلول ودرجة حرارة المحلول .

المقصود من هذا هو : أن محلولنا شارديا معنا بتركيز معين في درجة حرارة معينة لا تكون له إقيمة واحدة للناقلية النوعية .

الجدول بعد التصحيح :

C (mol/L)	$1,0 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$
$\sigma \text{ mS.m}^{-1}$	10,9	7,71	3,44

للمزيد : صححنا قيم الناقلية النوعية بالطريقة التالية : هناك علاقة تجمع بين التركيز المولي للأساس الضعيف والـ pH ،

$$pH = \frac{1}{2}(14 + pK_A + \text{Log } C) \quad (\text{لست مطالب بها})$$

حيث C هو التركيز المولي للأساس الضعيف (الممدد) ،  $pK_A$  هي

القيمة الخاصة بالثنائية أساس/ حمض (في مثالنا الثنائية هي  $NH_4^+ / NH_3$  و  $pK_A = 9,2$  في الدرجة  $25^\circ\text{C}$ ) .

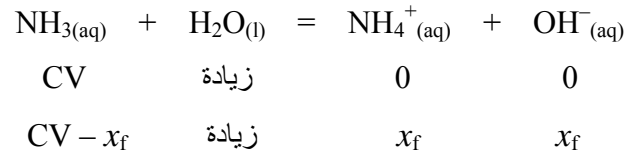
نعوض فنجد  $pH = 10,6$  ، ثم نستنتج التركيز المولي لشوارد الهيدروكسيد في المحلول :

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-pH}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10,6}} = 4,0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$\sigma = [OH^-](\lambda_{OH^-} + \lambda_{NH_4^+}) = 4 \times 10^{-4} \times 10^3 (20 + 7,35) \times 10^{-3} = 10,9 \times 10^{-3} \text{ S}$$

من جهة أخرى لدينا :

وبهذه الطريقة حسبنا كل القيم الأخرى للناقلية النوعية . وهناك الطريقة الأخرى التي تعتمد على قيمة  $pK_A$  الثنائية  $NH_4^+ / NH_3$  .



من جدول التقدم نستنتج أن  $x_f = n(OH^-)$  ، ولدينا  $[OH^-] = [NH_4^+]$  لأن  $[H_3O^+]$  مهمل .

لتعيين تركيزي الشاردين  $NH_4^+$  و  $OH^-$  نكتب عبارة الناقلية النوعية للمحلول :

$$\sigma = \lambda_{OH^-} [OH^-] + \lambda_{NH_4^+} [NH_4^+] + \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+] = \lambda_{OH^-} [OH^-] + \lambda_{NH_4^+} [NH_4^+]$$

$$\sigma = [OH^-](\lambda_{OH^-} + \lambda_{NH_4^+})$$

المحلول الأول :

$$[OH^-] = [NH_4^+] = \frac{\sigma_1}{\lambda_{OH^-} + \lambda_{NH_4^+}} = \frac{10,9 \times 10^{-3}}{27,35 \times 10^{-3}} = 0,4 \text{ mol} / m^3 = 4,0 \times 10^{-4} \text{ mol} / L$$

أما التركيز المولي للشاردة  $H_3O^+$  نحسبه من الجداء الشاردي للماء  $10^{-14}$

$$[H_3O^+] \times [OH^-] = 10^{-14} \text{ ، وهذا يؤكد سبب إهماله .}$$

المحلول الثاني :

$$[OH^-] = [NH_4^+] = \frac{\sigma_2}{\lambda_{OH^-} + \lambda_{NH_4^+}} = \frac{7,71 \times 10^{-3}}{27,35 \times 10^{-3}} = 0,28 \text{ mol} / m^3 = 2,8 \times 10^{-4} \text{ mol} / L$$

$$[H_3O^+] = \frac{10^{-14}}{2,8 \times 10^{-4}} = 3,6 \times 10^{-11} \text{ mol} / L$$

المحلول الثالث :

$$[OH^-] = [NH_4^+] = \frac{\sigma_3}{\lambda_{OH^-} + \lambda_{NH_4^+}} = \frac{3,44 \times 10^{-3}}{27,35 \times 10^{-3}} = 0,125 \text{ mol} / m^3 = 1,25 \times 10^{-4} \text{ mol} / L$$

$$[H_3O^+] = \frac{10^{-14}}{1,25 \times 10^{-4}} = 8,0 \times 10^{-11} \text{ mol} / L$$

النسبة النهائية للتقدم في كل محلول :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[OH^-]}{C} \text{ لدينا}$$

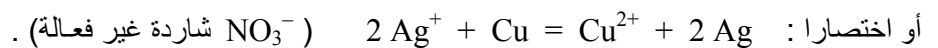
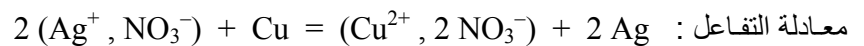
$$\tau_1 = \frac{4 \times 10^{-4}}{10^{-2}} = 0,04 \text{ : المحلول الأول}$$

$$\tau_2 = \frac{2,8 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-3}} = 0,056 \text{ : المحلول الثاني}$$

$$\tau_3 = \frac{1,25 \times 10^{-4}}{10^{-3}} = 0,125 \text{ : المحلول الثالث}$$

مما تكون نسبة التقدم النهائية أكبر .

## التمرين 17

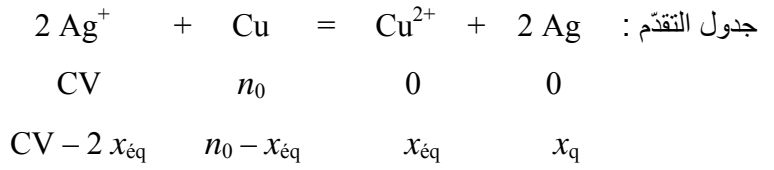


للمزيد : ذرة النحاس بإمكانها تقديم الإلكترونات لشوارد الفضة حسب الكمون النظامي المعطى في جدول الكمونات النظامية في

الوحدة الأولى .

$$1 - \text{ كسر التفاعل : } Q_r = \frac{[Cu^{2+}]}{[Ag^+]^2} \text{ ، تركيزا Cu و Ag لا يظهران في عبارة } Q_r \text{ لأنها صلبان .}$$

$$2 - \text{كمية مادة النحاس } n(\text{Cu}) = \frac{m}{M} = \frac{6,35}{63,5} = 0,1 \text{ mol}$$



$$3 - \text{ثابت التوازن } K = Q_{r,f} = \frac{[\text{Cu}^{2+}]_f}{[\text{Ag}^+]_f^2} \quad (1)$$

ولدينا من جدول التقدّم  $n(\text{Cu}^{2+}) = x_{\text{éq}}$  ، وبالتالي :  $[\text{Cu}^{2+}] = \frac{x_{\text{éq}}}{V}$

ولدينا كذلك من جدول التقدّم  $n(\text{Ag}^+) = \text{CV} - 2x_{\text{éq}}$  ، وبالتالي  $[\text{Ag}^+] = \frac{\text{CV} - 2x_{\text{éq}}}{V}$

$$(2) \quad K = \frac{\frac{x_{\text{éq}}}{V}}{\left(\frac{\text{CV} - 2x_{\text{éq}}}{V}\right)^2} = \frac{x_{\text{éq}} V}{(\text{CV} - 2x_{\text{éq}})^2} \quad \text{وبالتعويض في العلاقة (1)}$$

4 - لكي نتأكد من ذلك نعوض  $x_{\text{éq}} = 1,0 \times 10^{-3} - 4,8 \times 10^{-11} \text{ mol}$  في المعادلة (2) ، وذلك لكي نجد النتيجة

$$K = \frac{x_{\text{éq}} V}{(\text{CV} - 2x_{\text{éq}})^2} = \frac{(10^{-3} - 4,8 \times 10^{-11}) \times 0,02}{[0,1 \times 0,02 - 2(10^{-3} - 4,8 \times 10^{-11})]^2} = \frac{2 \times 10^{-5} - 9,6 \times 10^{-13}}{(9,6 \times 10^{-11})^2}$$

نهمل في البسط القيمة  $9,6 \times 10^{-13}$  أمام القيمة  $2 \times 10^{-5}$  ، فنجد  $K \approx 2,2 \times 10^{15}$ .

5 - عند التوازن يكون  $n(\text{Ag}^+) = \text{CV} - 2x_{\text{éq}} = 9,6 \times 10^{-11} \text{ mol}$  (انظر لمقام عبارة K) ، وبالتالي :

$$[\text{Ag}^+] = \frac{\text{CV} - 2x_{\text{éq}}}{V} = \frac{9,6 \times 10^{-11}}{0,02} = 4,8 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$$

لكي نحسب  $x_{\text{max}}$  يجب تحديد المتفاعل المحد أو لا ، من أجل ذلك نكتب :

$$x = 0,1 \text{ mol} \quad \text{ونستنتج } n_0 - x = 0$$

$$x = \frac{\text{CV}}{2} = \frac{0,1 \times 0,02}{2} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad \text{ونستنتج } \text{CV} - 2x = 0$$

القيمة الصغيرة للتقدم  $x$  هي الموافقة لشوارد الفضة ، وبالتالي شوارد الفضة هي المتفاعل المحد ، ومنه يكون  $x_{\text{max}} = 10^{-3} \text{ mol}$

$$\text{نسبة التقدم النهائي للتفاعل هي } \tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{10^{-3} - 4,8 \times 10^{-11}}{10^{-3}} \approx 1 \quad \text{، يمكن اعتبار التفاعل تاما .}$$

## التمرين 18

1 - معادلة التفاعل :  $(2 \text{Na}^+, \text{SO}_3^{2-})_{\text{(aq)}} + \text{CH}_3\text{COOH}_{\text{(aq)}} = \text{CH}_3\text{COO}^-_{\text{(aq)}} + (\text{Na}^+, \text{HSO}_3^-)_{\text{(aq)}}$

أو اختصارا :  $\text{SO}_3^{2-}{}_{\text{(aq)}} + \text{CH}_3\text{COOH}_{\text{(aq)}} = \text{CH}_3\text{COO}^-_{\text{(aq)}} + \text{HSO}_3^-$

- 2

$\text{SO}_3^{2-}{}_{\text{(aq)}} + \text{CH}_3\text{COOH}_{\text{(aq)}} =$		$\text{HSO}_3^-_{\text{(aq)}} + \text{CH}_3\text{COO}^-_{\text{(aq)}}$	
$C_1V_1$	$C_2V_2$	0	0
$C_1V_1 - x$	$C_2V_2 - x$	$x$	$x$
$C_1V_1 - x_f$	$C_2V_2 - x_f$	$x_f$	$x_f$

$$Q_{r,i} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{HSO}_3^-]}{[\text{SO}_3^{2-}][\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{0 \times 0}{C_1 \times C_2} = 0 \quad - 3$$

$$(1) \quad Q_{r,f} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_f [\text{HSO}_3^-]_f}{[\text{SO}_3^{2-}]_f [\text{CH}_3\text{COOH}]_f} = \frac{x_f^2}{(C_1V_1 - x_f) \times (C_2V_2 - x_f)} \quad - 4$$

لدينا النسبة النهائية للتقدم  $\tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$  ، ومن المعطيات لدينا عددا مولات المتفاعلين متساويان (نفس التركيز ونفس الحجم)

إذن  $x_{\max} = C_1V_1 = C_2V_2$  ، وبالتعويض في العلاقة (1) نكتب :

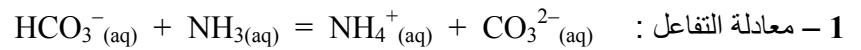
$$Q_{r,f} = \frac{x_f^2}{(x_{\max} - x_f)^2} = \left( \frac{x_f}{x_{\max} - x_f} \right)^2 = \left( \frac{x_f}{x_f \left( \frac{x_{\max}}{x_f} - 1 \right)} \right)^2 = \left( \frac{1}{\frac{1}{\tau} - 1} \right)^2$$

$$Q_{r,f} = \frac{\tau^2}{(1 - \tau)^2}$$

$$(2) \quad K = \frac{\tau^2}{(1 - \tau)^2} \quad \text{ومنه} \quad Q_{r,f} = K \quad - 5$$

$$\tau = \frac{\sqrt{K}}{1 + \sqrt{K}} = \frac{\sqrt{251}}{1 + \sqrt{251}} = 0,94 \quad \text{بجذر المعادلة (2) نكتب : } \sqrt{K} = \frac{\tau}{1 - \tau} \quad \text{، نستنتج}$$

## التمرين 19



2 - جدول التقدّم :

$\text{HCO}_3^- (\text{aq})$	$+$	$\text{NH}_3 (\text{g})$	$=$	$\text{NH}_4^+ (\text{aq})$	$+$	$\text{CO}_3^{2-} (\text{aq})$
$C_1 V_1$		$C_2 V_2$		0		0
$C_1 V_1 - x$		$C_2 V_2 - x$		$x$		$x$
$C_1 V_1 - x_f$		$C_2 V_2 - x_f$		$x_f$		$x_f$
$C_1 V_1 - x_m$		$C_2 V_2 - x_m$		$x_m$		$x_m$

$$Q_r = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-][\text{NH}_3]} \quad - 3$$

$$Q_{r,i} = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-][\text{NH}_3]} = \frac{0 \times 0}{C_1 \times C_2} = 0$$

$$(1) \quad Q_{r,f} = K = \frac{x_f^2}{(C_1 V_1 - x_f)(C_2 V_2 - x_f)} \quad - 4$$

لدينا  $\tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$  ، و لكي نحدّد التقدّم الأعظمي  $x_{\max}$  يجب تحديد المتفاعل المحد في حالة فرض أن التفاعل تام .

$$x = C_1 V_1 = 0,15 \times 0,03 = 4,5 \times 10^{-3} \text{ mol} ، \text{ ومنه } C_1 V_1 - x = 0$$

$$x = C_2 V_2 = 0,1 \times 0,02 = 2 \times 10^{-3} \text{ mol} ، \text{ ومنه } C_2 V_2 - x = 0$$

نستنتج أن المتفاعل المحد هو محلول النشادر ، وبالتالي  $x_{\max} = C_2 V_2$

من جهة أخرى لدينا  $C_1 V_1 = 2,25 C_2 V_2$  ، أي  $C_1 V_1 = 2,25 x_{\max}$

$$Q_{r,f} = \frac{x_f^2}{(2,25 x_{\max} - x_f)(x_{\max} - x_f)} = \frac{x_f^2}{x_f x_f \left( \frac{2,25 x_{\max}}{x_f} - 1 \right) \left( \frac{x_{\max}}{x_f} - 1 \right)} \quad : \text{ (1) نعوض في العلاقة}$$

$$Q_{r,f} = \frac{1}{\left( \frac{2,25}{\tau} - 1 \right) \left( \frac{1}{\tau} - 1 \right)} = \frac{\tau^2}{(2,25 - \tau)(1 - \tau)}$$

$$- 5 \quad \text{نحل المعادلة } Q_{r,f} = \frac{\tau^2}{(2,25 - \tau)(1 - \tau)} \text{ ذات المجهول } \tau .$$

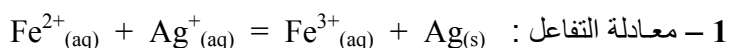
$$\tau^2 = Q_{r,f} (2,25 - 3,25 \tau + \tau^2)$$

$$Q_{r,f} = K = 7,9 \times 10^{-2} ، \text{ ولدينا } (Q_{r,f} - 1) \tau^2 - 3,25 Q_{r,f} \tau + 2,25 Q_{r,f} = 0$$

حل المعادلة من الدرجة الثانية يعطينا جذرين هما  $\tau_1 = 0,32$  ،  $\tau_2 = -0,59$  (مرفوض)

نسبة التقدّم النهائي هي % 32 .

## التمرين 20



$$(1) \quad Q_r = \frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}][Ag^+]} \quad - 2$$

ثابت التوازن المعطى في التمرين  $K = 3,2$  خاص بالتفاعل المباشر ، أي تفاعل شوارد الحديد الثنائي مع شوارد الفضة .

$$Q_r = \frac{10^{-2}}{10^{-2} \times 10^{-2}} = 100 \quad \text{الحالة الأولى :}$$

$$Q_r = \frac{5 \times 10^{-3}}{10^{-1} \times 10^{-1}} = 0,5 \quad \text{الحالة الثانية :}$$

3 - لو وجدنا في إحدى الحالتين مثلا  $Q_r = 3,2$  ، فهذا معناه أن الجملة في حالة التوازن ، أي لا تنمو .

الحالة 1 : وجدنا  $Q_r > K$  ، إذن الجملة غير متوازنة ، فلكي يصبح  $Q_r = K$  يجب أن تنمو لكي يتناقص  $Q_r$  ، فمن أجل هذا الغرض يجب أن ينقص البسط في العلاقة (1) ويزداد المقام . معنى هذا يجب أن نضيف التقدم  $(x)$  لـ  $Fe^{2+}$  و  $Ag^+$  وننقصه من  $Fe^{3+}$  ، وبالتالي تنمو الجملة نحو اليسار .

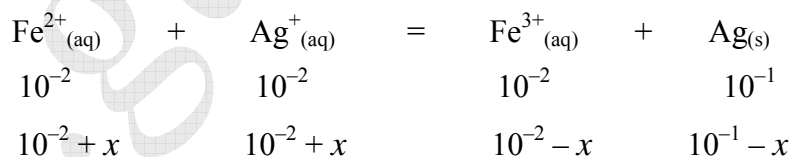
الحالة 2 : وجدنا  $Q_r < K$  ، إذن الجملة غير متوازنة ، فلكي يصبح  $Q_r = K$  يجب أن تنمو لكي يزداد  $Q_r$  ، فمن أجل هذا الغرض يجب أن يزداد البسط في العلاقة (1) وينقص المقام . معنى هذا يجب أن نضيف التقدم  $(x)$  لـ  $Fe^{3+}$  وننقصه من  $Fe^{2+}$  و  $Ag^+$  ، وبالتالي تنمو الجملة نحو اليمين .

4 - في التحول الأول (الحالة 1) التفاعل الغالب هو التفاعل غير المباشر ، لذلك يكون ثابت التوازن لهذا التفاعل هو :

$$K' = \frac{1}{K} = \frac{1}{3,2} = 0,31$$

في التحول الثاني (الحالة 2) التفاعل الغالب هو التفاعل المباشر ، أي  $K = 3,2$

5 - الحالة الأولى :



$$K = \frac{10^{-2} - x}{(10^{-2} + x)^2} = 3,2 \quad \text{وبالتالي ،}$$

$$3,2 x^2 + 1,06 x - 9,7 \times 10^{-3} = 0 \quad \text{أو} \quad 10^{-2} - x = 3,2 (10^{-2} + x)^2$$

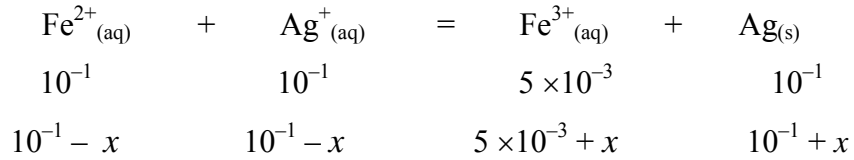
بحل هذه المعادلة من الدرجة الثانية نجد جذرين هما :  $x_1 = 8,75 \times 10^{-3}$  و  $x_2 = -0,34$  (مرفوض لأنه سالب)

التقدم النهائي هو  $x_f = 8,75 \times 10^{-3} \text{ mol}$

التركيب النهائي للوسط :

$Fe^{2+}$	$Ag^+$	$Fe^{3+}$	$Ag$
$10^{-2} + 8,75 \times 10^{-3} =$	$10^{-2} + 8,75 \times 10^{-3} =$	$10^{-2} - 8,75 \times 10^{-3} =$	$10^{-1} - 8,75 \times 10^{-3} =$
$1,87 \times 10^{-2} \text{ mol}$	$1,87 \times 10^{-2} \text{ mol}$	$1,25 \times 10^{-3} \text{ mol}$	$9,1 \times 10^{-2} \text{ mol}$

الحالة الثانية :



عند التوازن يكون كسر التفاعل مساويا لثابت التوازن ، وبالتالي :  $K = \frac{5 \times 10^{-3} + x}{(10^{-1} - x)^2} = 3,2$

$$3,2x^2 - 1,64x + 0,027 = 0 \quad \text{أو} \quad 5 \times 10^{-2} + x = 3,2(10^{-1} - x)^2$$

بحل هذه المعادلة من الدرجة الثانية نجد جذرين هما :  $x_1 = 1,71 \times 10^{-2}$  و  $x_2 = 0,49$  (مرفوض لأنه أكبر من  $10^{-1}$ )

التقدم النهائي هو  $x_f = 8,75 \times 10^{-3} \text{ mol}$

التركيب النهائي للوسط :

$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Ag}^{+}$	$\text{Fe}^{3+}$	$\text{Ag}$
$10^{-1} - 1,71 \times 10^{-2} =$	$10^{-1} - 1,71 \times 10^{-2} =$	$5 \times 10^{-3} + 1,71 \times 10^{-2} =$	$10^{-1} + 1,71 \times 10^{-2} =$
$8,3 \times 10^{-2} \text{ mol}$	$8,3 \times 10^{-2} \text{ mol}$	$2,21 \times 10^{-2} \text{ mol}$	$11,7 \times 10^{-2} \text{ mol}$

## التمرين 21

1 - معادلة التفاعل :  $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} = \text{CH}_3\text{COO}^{-}_{(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^{+}_{(\text{aq})}$

2 - جدول التقدم :

$\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$	+	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	=	$\text{CH}_3\text{COO}^{-}_{(\text{aq})}$	+	$\text{H}_3\text{O}^{+}_{(\text{aq})}$
$C_0V_0$		زيادة		0		0
$C_0V_0 - x$		زيادة		$x$		$x$
$C_0V_0 - x_f$		زيادة		$x_f$		$x_f$
$C_0V_0 - x_m$		زيادة		$x_m$		$x_m$

من جدول التقدم نستنتج  $x_f = n(\text{H}_3\text{O}^{+})$  ، ولدنا  $x_{\text{max}} = C_0V_0$

$$[H_3O^{+}] = [CH_3COO^{-}] = C_0 \times \tau \quad \text{ومنه :} \quad \tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{n_0(H_3O^{+})}{C_0V_0} = \frac{[H_3O^{+}] \times V_0}{C_0V_0} = \frac{[H_3O^{+}]}{C_0}$$

- 3

$$[CH_3COOH]_f = C_0 - [H_3O^{+}] = C_0 - C_0 \times \tau = C_0(1 - \tau)$$

$$K_A = \frac{[H_3O^{+}]_f \times [CH_3COO^{-}]_f}{[CH_3COOH]_f} \quad \text{- 4 ثابت الحموضة}$$

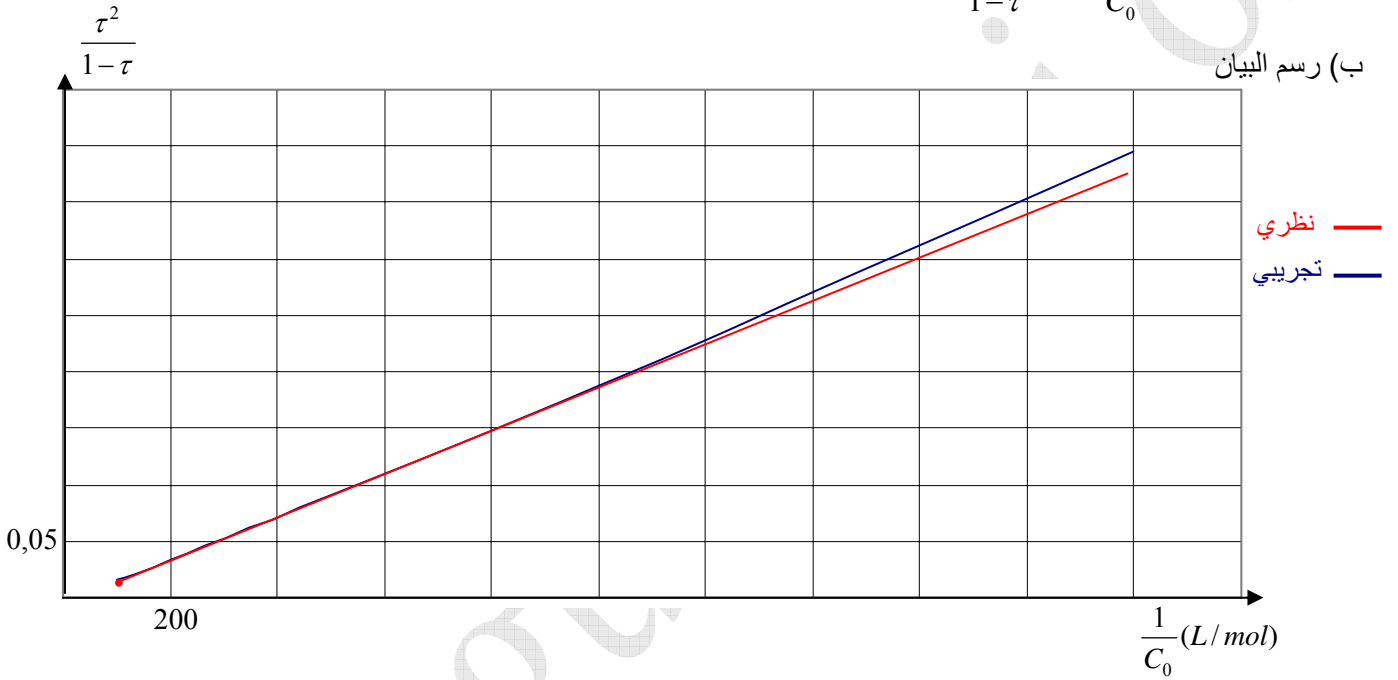
$$(1) \quad K_A = \frac{C_0^2 \times \tau^2}{C_0(1 - \tau)} = C_0 \frac{\tau^2}{1 - \tau}$$



5 - أ) إتمام الجدول :

$C_0$ (mol/L)	$1,0 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^{-4}$
$\tau \times 10^{-2}$	4,0	5,6	12,5	16,0
$X = \frac{1}{C_0}$ (L/mol)	100	200	1000	2000
$y = \frac{\tau^2}{1-\tau}$	$16,7 \times 10^{-4}$	$33,2 \times 10^{-4}$	$1,78 \times 10^{-2}$	$3,04 \times 10^{-2}$

من العلاقة (1) نستنتج  $\frac{\tau^2}{1-\tau} = K_A \frac{1}{C_0}$  ، معادلة مستقيم شكلها  $Y = aX$  ، حيث  $a = K_A$



من أجل حساب ثابت الحموضة  $K_A$  نأخذ مثلا النقطتين :

$(y_1 = 16,7 \times 10^{-4}$  ،  $X_1 = 100$  L/mol) و  $(y_2 = 33,2 \times 10^{-4}$  ،  $X_2 = 200$  L/mol)

$$K_A = \frac{16,5 \times 10^{-4}}{100} = 1,65 \times 10^{-5}$$

التمرين 22

- 1

$S_0$ المحلول	$C_0 = 0,2$ mol/ L	$V_0 = 500$ mL
S المحلول	$C = 2 \times 10^{-3}$ mol/ L	$V = 1$ L

**ملاحظة :** كان من الأفضل توفير ماصات عيارية : 5 mL ، 10 mL ، 20 mL ، 50 mL

عدد مولات حمض البروبانويك  $n_0$  ( $C_2H_5COOH$ ) لا يتغير عندما نضيف الماء ، أي  $CV = C_0V_0$  حيث  $V_0$  هو الحجم الذي نأخذه من المحلول  $S_0$  ونضيف له الماء .

$$V_0' = \frac{CV}{C_0} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 1}{0,2} = 10 \text{ mL} \quad \text{وبالتالي} \quad C_0 = \frac{n_0}{V_0} = \frac{0,1}{0,5} = 0,2 \text{ mol/L}$$

**ملاحظة :** نقول : اقترح بروتوكولا تجريبيا ، لا نقول : اقترح بروتوكول تجريبي .

**الطريقة :** نأخذ بواسطة الماصة التي سعتها 10 mL الحجم  $V_0'$  من المحلول  $S_0$  ونضعه في مخبر سعة 1 L ثم نكمل الحجم بالماء المقطر ، ونحصل بذلك على المحلول S .

- 2

جدول التقدّم :

$C_2H_5COOH_{(aq)}$	+	$H_2O_{(l)}$	=	$C_2H_5COO^-_{(aq)}$	+	$H_3O^+_{(aq)}$
$2 \times 10^{-3}$		زيادة		0		0
$2 \times 10^{-3} - x$		زيادة		$x$		$x$
$2 \times 10^{-3} - x_{\acute{e}q}$		زيادة		$x_{\acute{e}q}$		$x_{\acute{e}q}$

$$- 3 \quad \sigma = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+] + \lambda_{C_2H_5COO^-} [C_2H_5COO^-] + \lambda_{OH^-} [OH^-] \quad \text{، وباهمال } [OH^-] \text{ نكتب :}$$

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+] + \lambda_{C_2H_5COO^-} [C_2H_5COO^-] \quad \text{، وبما أن } [H_3O^+] = [C_2H_5COO^-] \text{ نكتب :}$$

$$(1) \quad \sigma = [H_3O^+] (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_2H_5COO^-})$$

$$\text{من جدول التقدّم لدينا } n(H_3O^+) = x_{\acute{e}q} \quad \text{، وبالتالي} \quad [H_3O^+] = \frac{x_{\acute{e}q}}{V}$$

$$(1) \quad \sigma = \frac{x_{\acute{e}q}}{V} (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_2H_5COO^-}) \quad \text{بالتعويض في العلاقة (1) :}$$

$$- 4 \quad \text{تصحيح : } \sigma = 6,2 \times 10^{-3} \text{ S.m}^{-1} \quad (\text{ليس } \sigma = 6,2 \times 10^{-5} \text{ S.m}^{-1})$$

(أ) كيفية قياس الناقلية النوعية :

- **الطريقة الأولى :** يوجد جهاز يسمى مقياس الناقلية النوعية ، يتألف من مسبار موصول لجهاز عرض رقمي .

لما نغمر المسبار في المحلول المراد قياس ناقلية النوعية نقرأ على شاشة الجهاز قيمة الناقلية النوعية مقدرة بـ  $S.m^{-1}$  .

- **الطريقة الثانية :** نستعمل خلية قياس الناقلية لمقياس الناقلية المحلول (G) . نضبط توترا كهربائيا متناوبا بين الصفيحتين قيمته

المنتجة  $U_{\text{eff}}$  (لا نستعمل توترا مستمرا ، لأن مرور التيار المستمر يمكن أن يسبب تحليلا كهربائيا للمحلول مما يجعل قياس ناقلية غير دقيق) .

$$\text{نقرأ شدة التيار المنتجة على مقياس الأمبير ، ثم نحسب الناقلية } G = \frac{I_{\text{eff}}}{U_{\text{eff}}} \quad \text{، ومن العلاقة } \sigma = \frac{G}{K} \text{ نستنتج الناقلية النوعية ، مع العلم}$$

أن K هو ثابت الخلية وقيمه مسجلة على الجهاز .

(ب) يجب أن نستعمل محاليل ممددة ( من الأفضل أن يكون تركيزها محصورا بين  $10^{-2} \text{ mol/L}$  و  $10^{-3} \text{ mol/L}$  ) ، لأن إذا كان

المحلول مركزا فإن الناقلية المولية الشاردية ( $\lambda$ ) تصبح تتعلق بتركيز المحلول ، وبالتالي تصبح العلاقة التي نطبقها  $\sigma = \lambda C$  غير

دقيقة ، أما إذا كان المحلول ممددا فإن  $\lambda$  تكون مستقلة عن التركيز المولي للمحلول .

مثلا  $\lambda_{H_3O^+} = 35 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2 \text{.mol}^{-1}$  من أجل محلول ممدد في الدرجة  $25^\circ\text{C}$  ، أما إذا كان مركزا فإن هذه القيمة غير ثابتة .

(ج) من العلاقة (1) نستنتج التقدم عند التوازن  $x_{eq} = \frac{V\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_2H_5COO^-}}$  ، مع العلم أن  $V = 1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$

$$x_{eq} = \frac{1 \times 10^{-3} \times 6,2 \times 10^{-3}}{38,58 \times 10^{-3}} = 1,6 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$[H_3O^+] = [C_2H_5COO^-] = \frac{x_f}{V} = \frac{1,6 \times 10^{-4}}{1} = 1,6 \times 10^{-4} \text{ mol / L}$$

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{1,6 \times 10^{-4}} = 6,25 \times 10^{-11} \text{ mol / L}$$

5 - عند حالة التوازن يكون :  $[C_2H_5COOH]_f = C - [H_3O^+]_f = 2 \times 10^{-3} - 1,6 \times 10^{-4} = 1,84 \times 10^{-3} \text{ mol / L}$

$$6 - \text{ ثابت التوازن : } K = \frac{[C_2H_5COO^-]_f \times [H_3O^+]_f}{[C_2H_5COOH]_f} = \frac{(1,6 \times 10^{-4})^2}{1,84 \times 10^{-3}} = 1,4 \times 10^{-5}$$