

# عمر بنظري و تمارين

التطورات الرتبة ٤

تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن



الشعب : علوم تجريبية  
رياضيات ، تقني رياضي

\*\*\*\*\*

[www.sites.google.com/site/faresfergani](http://www.sites.google.com/site/faresfergani)

السنة الدراسية : 2015/2014

## المحتوى المفاهيمي : 04

### سلسلة تمارين-2 (مستوى 03)

**التمرين (1) :** (الحل المفصل : تمرين مقترح 29 على الموقع)

نعتبر في كل التمرين أن درجة الحرارة  $25^{\circ}\text{C}$  .  
الإيبوبروفين مستحضر دوائي يباع في الصيدليات على شكل مسحوق في أكياس مكتوب عليها 200 mg ، من خصائص هذا الدواء أنه مضاد للإلتهاب و مسكن للألام و مخفض للحرارة .  
التركيبية الكيميائية لهذا الدواء عبارة عن حمض كربوكسيلي صيغته الجزيئية المجملية  $\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2$  .  
نرمز للإيبوبروفين اختصارا بالرمز  $\text{RCOOH}$  و لأساسه المرافق بـ  $\text{RCOO}^-$  .  
I- لأجل تحديد ثابت التوازن للتحويل الكيميائي بين هذا الدواء و الماء ، أذبنا محتوى كيس منه في كمية من الماء فتحصلنا على محلول  $S_0$  حجمه  $V_0 = 100 \text{ mL}$  و تركيزه المولي  $C_0$  ، حيث أعطى قياس pH هذا المحلول القيمة 3.17 .

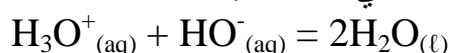
- 1- أثبت أن التركيز المولي  $C_0$  مساوي بالتقريب  $10^{-2} \text{ mol/L}$  .
- 2- أكتب معادلة التفاعل المنمذج لتفكك الإيبوبروفين في الماء .
- 3- مثل جدول التقدم ، و اعتمادا عليه تأكد من أن الدواء هذا يتفكك جزيئات في الماء ( تفكك غير تام ) .
- 4- أكتب عبارة  $Q_r$  كسر التفاعل لهذا التحول .

5- تأكد من أن عبارة كسر التفاعل عند التوازن هي :  $Q_{rf} = \frac{X_{\max} \cdot \tau_f^2}{V_0 (1 - \tau_f)}$  .

حيث :  $\tau_f$  نسبة التقدم النهائي ،  $X_{\max}$  التقدم الأعظمي .  
استنتج قيمة ثابت التوازن  $K$  الموافق للتحويل المدروس .

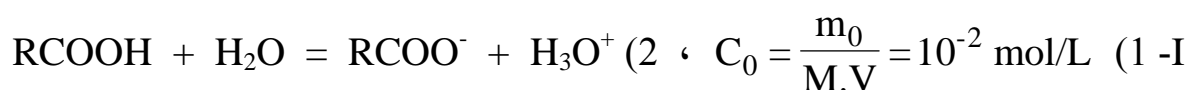
II- للتحقق من صحة المعلومات المكتوبة على كيس الإيبوبروفين 200 mg ، نذيب محتوى الكيس في حجم  $V_b = 60 \text{ mL}$  من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي  $C_b = 3.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  فنحصل على محلول  $S$  حجمه  $V = V_b = 60 \text{ mL}$ .

- 1- أكتب معادلة التفاعل للتحويل الحادث .
- 2- بين أن كمية مادة شوارد  $\text{HO}^-$  الابتدائية في محلول هيدروكسيد الصوديوم أكبر من كمية مادة الحمض الابتدائية (نعتبر أن المعلومة المكتوبة الكيس صحيحة) .
- 3- لأجل معرفة كمية مادة شوارد  $\text{HO}^-$  المتبقية في المحلول  $S$  في نهاية التحويل السابق ، أخذنا حجما  $V = 20 \text{ mL}$  من المحلول  $S$  و عايرناه بمحلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي  $C_a = 1.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  فكان حجم الحمض الذي سمح لنا بالحصول على نقطة التكافؤ هو  $V_{aE} = 27.7 \text{ mL}$  . نمذج التحويل الحادث بين حمض كلور الهيدروجين و شوارد  $\text{HO}^-$  المتبقية بالتفاعل ذي المعادلة :



- أ- أوجد كمية مادة شوارد  $\text{HO}^-$  المتفاعلة عند حدوث التكافؤ .
- ب- استنتج كمية مادة شوارد  $\text{HO}^-$  المتبقية في المحلول  $(S)$  .
- ج- مثل جدول تقدم التفاعل السابق الحادث بين شوارد  $\text{H}_3\text{O}^+$  و حمض الإيبوبروفين  $\text{RCOOH}$  في المحلول  $(S)$  باعتبار كمية  $\text{RCOOH}$  الابتدائية مجهولة .
- د- إذا علمت أن شوارد  $\text{HO}^-$  هي المتفاعل المحد و أن التفاعل المذكور ثام ، أوجد التقدم النهائي  $x_f$  .
- هـ- أوجد كمية  $\text{RCOOH}$  الابتدائية التي قمنا بحلها و الموجودة في الكيس 200 mg من الإيبوبروفين .
- و- استنتج كتلة  $\text{RCOOH}$  الموجودة في الكيس . و بين إن كانت تتوافق مع ما هو مكتوب على الكيس ؟

### أجوبة مختصرة :

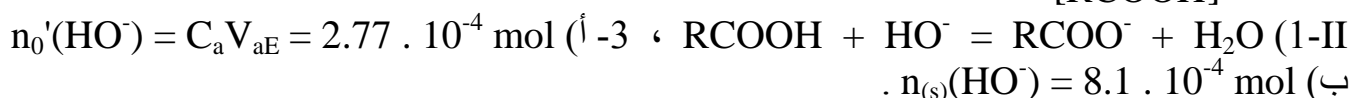


(3) جدول التقدم :

الحالة	التقدم	$\text{RCOOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{RCOO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
ابتدائية	$x = 0$	$n_0 \text{ CV}$ بزيادة    0    0
انتقالية	$x$	$\text{CV} - x$ بزيادة $x$ $x$
نهائية	$x_f$	$\text{CV} - x_f$ بزيادة $x_f$ $x_f$

نحسب نسبة التقدم النهائية فنجد :  $\tau_f = 6.76 \cdot 10^{-2}$  ، نلاحظ أن  $\tau_f < 1$  و منه التفاعل غير تام .

$$Q_r = \frac{[\text{R} - \text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{RCOOH}]} \quad (4)$$



(ب)  $n_{(s)}(\text{HO}^-) = 8.1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$  .

(ج) جدول التقدم :

الحالة	التقدم	$\text{RCOOH} + \text{HO}^- = \text{RCOO}^- + \text{H}_2\text{O}$
ابتدائية	$x = 0$	$n_0$ $1.8 \cdot 10^{-3}$ 0    بزيادة
انتقالية	$x$	$n_0 - x$ $1.8 \cdot 10^{-3} - x$ $x$ بزيادة
نهائية	$x_f$	$n_0 - x_f$ $1.8 \cdot 10^{-3} - x_f$ $x_f$ بزيادة

(د) وجدنا سابقا أن كمية مادة  $\text{HO}^-$  المتبقية في المحلول (S) هي :  $n(\text{HO}^-) = 8.1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$  ، و اعتمادا على جدول التقدم نجد :  $x_f = 10^{-3} \text{ mol}$   
 (هـ)  $n_0(\text{COOH}) = x_f = 10^{-3} \text{ mol}$   
 (و)  $m_0(\text{RCOOH}) = n_0.M = 0.2 \text{ g} = 200 \text{ mg}$  ، و هي توافق الكتابة الموجودة على كيس مسحوق الإيوبروفين .

## التمرين (2) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 30 على الموقع)

يعطى :  $\text{pKa}_2(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3) = 9.2$  ،  $\text{pKa}_1(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6/\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-) = 4.1$   
 $\lambda(\text{NH}_4^+) = 7.4 \text{ mS.m}^2/\text{mol}$  ،  $\lambda(\text{HO}^-) = 19.2 \text{ mS.m}^2/\text{mol}$

1- نضع حمض الأسكوربيك  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$  النقي في الماء فنحصل على محلول  $S_1$  تركيزه المولي  $C_a$  . يعطي قياس الـ pH للمحلول القيمة 2.8 عند الدرجة  $25^\circ\text{C}$  .  
 أ- أكتب معادلة تفاعل الحمض مع الماء .  
 ب- مثل جدول تقدم هذا التفاعل .

ج- بين العلاقة التالية :  $\tau_f = \frac{K_{a1}}{K_{a1} + 10^{-\text{pH}}}$  ، حيث  $K_{a1}$  هو ثابت الحموضة للثنائية  $(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6/\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-)$  .

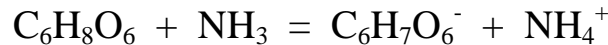
د- أحسب نسبة التقدم النهائي للتفاعل . ماذا تستنتج ؟

هـ- أوجد تركيز المحلول  $C_a$  .

2- ليكن المحلول  $S_2$  المحضر بإذابة غاز النشادر  $\text{NH}_3$  في الماء ، يعطي قياس قيمة الناقلية النوعية للمحلول القيمة  $\sigma = 10.9 \text{ mS/m}$  مع نسبة التقدم النهائي 4% .  
 أ- أكتب معادلة انحلال غاز النشادر في الماء .  
 ب- مثل جدول تقدم التفاعل المنمذج لهذا الانحلال .  
 ج- أثبت أنه يعبر عن التركيز المولي  $C_b$  لمحلول النشادر بالعلاقة التالية ثم أحسبه :

$$C_b = \frac{\sigma}{\tau_f (\lambda(\text{NH}_4^+) + \lambda(\text{HO}^-))}$$

3- نحضر مزيجا يتكون من  $2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$  من حمض الأسكوربيك و  $10^{-4} \text{ mol}$  من النشادر ، ينمذج التفاعل الحادث بالمعادلة الكيميائية التالية :



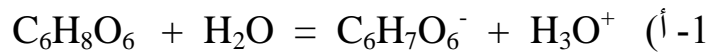
أ- أكتب عبارة ثابت التوازن K لهذا التفاعل بدلالة  $K_{a1}$  ،  $K_{a2}$  ، ثم احسبه ، ماذا تستنتج ؟

ب- مثل جدول التقدم لهذا التفاعل .

ج- التقدم النهائي لهذا التفاعل هو :  $x_f = 10^{-4} \text{ mol}$  . أوجد التركيب المولي المزيج في نهاية التفاعل ؟

د- أثبت أن قيمة pH المزيج في نهاية التفاعل تساوي 4.1 ، كما أن الصفة الغالبة في المزيج هي الصفة الحمضية .

## أجوبة مختصرة :

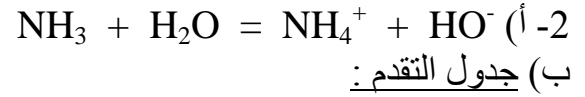


ب) جدول التقدم :

الحالة	التقدم	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 + \text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^- + \text{H}_3\text{O}^+$
ابتدائية	$x = 0$	$n_0 = C_a V_a$ بزيادة    0    0
انتقالية	$x$	$C_a V_a - x$ بزيادة $x$ $x$
نهائية	$x_f$	$C_a V_a - x_f$ بزيادة $x_f$ $x_f$

(د) (48%)  $\tau_f = 0.048$  ،  $\tau_f < 1$  نستنتج أن انحلال حمض الأسكوربيك في الماء غير تام ، كما أنه حمض ضعيف .

$$C_a = \frac{[H_3O^+]_f}{\tau_f} = 3.3 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L} \quad \text{(هـ)}$$



الحالة	التقدم	$NH_3 + H_2O = NH_4^+ + H_3O^+$
ابتدائية	$x = 0$	$n_0 = C_b V_b$ بزيادة    0    0
انتقالية	$x$	$C_b V_b - x$ بزيادة $x$ $x$
نهائية	$x_f$	$C_b V_b - x_f$ بزيادة $x_f$ $x_f$

$$C_b = \frac{\sigma}{\tau_f (\lambda(NH_4^+) + \lambda(HO^-))} = 10 \text{ mol/m}^3 = 10^{-2} \text{ mol/L} \quad \text{(ج)}$$

(أ-3)  $K = \frac{K_{a1}}{K_{a2}} = 1.26 \cdot 10^5$  ، نلاحظ أن  $K > 10^4$  ، نستنتج أن تفاعل حمض الأسكوربيك مع النشادر تام .  
(ب) جدول التقدم :

الحالة	التقدم	$C_6H_8O_6 + NH_3 = C_6H_7O_6^- + NH_4^+$
ابتدائية	$x = 0$	$2 \cdot 10^{-4}$ $10^{-4}$ 0    0
انتقالية	$x$	$2 \cdot 10^{-4} - x$ $10^{-4} - x$ $x$ $x$
نهائية	$x_f$	$2 \cdot 10^{-4} - x_f$ $10^{-4} - x_f$ $x_f$ $x_f$

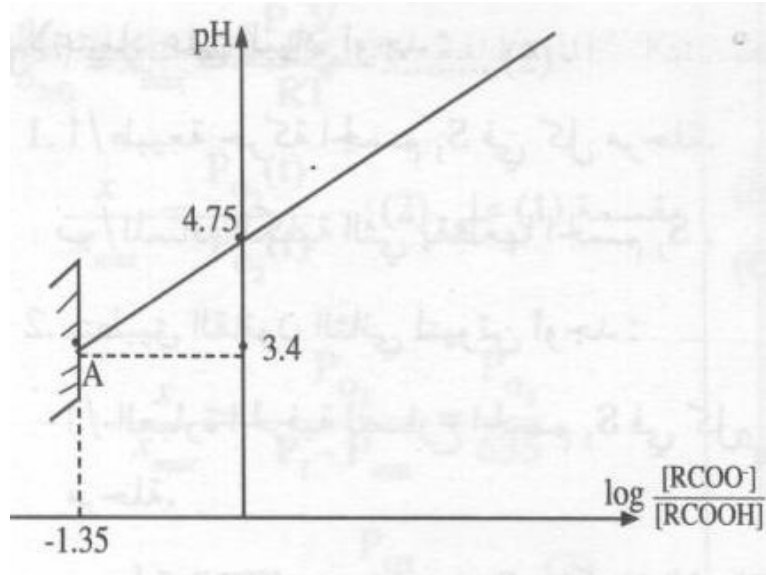
$$\text{(ج-)} n_f(NH_3) = 0 \quad , \quad n_f(C_6H_8O_6) = 10^{-4} \text{ mol} \quad , \quad n_f(NH_4^+) = n_f(C_6H_7O_6^-) = 10^{-4} \text{ mol}$$

(د) اعتمادا على النتائج السابقة يمكن إيجاد :  $[C_6H_8O_6]_f = [C_6H_7O_6^-]_f$  أي لا متغلب في هذه الثنائية ، بينما يمكن إيجاد  $[NH_4^+]_f > [NH_3]_f$  ، أي أن الحمض متغلب ، و على العموم تكون الصفة الغالبة في الوسط التفاعلي هي الصفة الحامضية .

### التمرين (3) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 31 على الموقع)

نحل في الماء المقطر كتلة  $m_0 = 0.6 \text{ g}$  من حمض عضوي صيغته من الشكل  $R-COOH$  فنحصل على محلول مائي حجمه 1L .

- أكتب معادلة الانحلال في الماء موضحا الثنائيات (أساس/حمض) الداخلة في التفاعل .
- نأخذ  $V_a = 20 \text{ mL}$  من المحلول الناتج و نعايره بمحلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم  $NaOH$  تركيزه المولي  $C_b = 0.01 \text{ mol/L}$  و عند كل إضافة للمحلول الأساسي نأخذ قياسات معينة عند الدرجة  $25^\circ C$  ، و نرسم البيان الموضح في الشكل المقابل ، حيث  $[R-COOH]$  هو التركيز المولي للحمض المتبقي .  
أ- مثل جدول تقدم التفاعل المنمذج لهذا الانحلال .  
ب- أحسب تراكيز الأفراد الكيميائية المتواجدة في المحلول المائي الناتج عند النقطة A .



- 3- عندما نضيف 10 mL من المحلول الأساسي يكون pH المزيج 4.75 (الشكل) .  
 أ- ماذا تمثل هذه النقطة ؟ استنتج حجم محلول هيدروكسيد الصوديوم المضاف عند التكافؤ .  
 ب- أحسب التركيز  $C_a$  المولي للمحلول الحمضي .  
 ج- أوجد الصيغة الجزيئية المجمل للحمض العضوي علما أن صيغته العامة  $C_nH_{2n}O_2$  ثم اذكر اسمه .

### أجوبة مختصرة :

2- أ) جدول التقدم :  $RCOOH + H_2O = H_3O^+ + RCOO^-$  ، الثنائيات :  $(H_3O^+/H_2O)$  ،  $(RCOOH/RCOO^-)$  .

الحالة	التقدم	$RCOOH + H_2O = RCOO^- + H_3O^+$			
ابتدائية	$x = 0$	$n_0 = C_a V_a$	زيادة	0	0
انتقالية	$x$	$C_a V_a - x$	زيادة	$x$	$x$
نهائية	$x_f$	$C_a V_a - x_f$	زيادة	$x_f$	$x_f$

ب)  $[H_3O^+] = 10^{-3.4} = 4.10^{-4} \text{ mol/L}$  ،  $[HO^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]_f} = 2.5.10^{-11} \text{ mol/L}$  .

$[RCOO^-]_f = [H_3O^+] = 4.10^{-4} \text{ mol/L}$  ،  $[RCOOH]_f = \frac{[RCOO^-]_f}{10^{-1.35}} = 8.9.10^{-3} \text{ mol/L}$  .

3- أ) تمثل نقطة نصف التكافؤ ،  $V_{bE} = 20 \text{ mL}$  ، ب)  $C_a = \frac{C_b V_{bE}}{V_a} = 0.01 \text{ mol/L}$  .

ج) من جهة :  $M = \frac{m_{0A}}{C_a V_a} = 60 \text{ g/mol}$  و من جهة أخرى :  $M = 14n + 32$  ، إذن :  $n = 2$  ← الصيغة  $C_2H_4O_2$  أو  $CH_3COOH$  و حمض الإيثانويك (حمض الخل) .

**التمرين (4) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 32 على الموقع)**

نذيب حجم  $V_0$  من غاز النشادر  $\text{NH}_3$  في حجم  $V = 200 \text{ mL}$  من الماء المقطر ، فنحصل على محلول ( $S_0$ ) من النشادر تركيزه المولي  $C_0$  . نأخذ  $V_b = 20 \text{ mL}$  من المحلول ( $S_0$ ) و نعايره بمحلول حمض كلور الهيدروجين ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ ) تركيزه المولي  $C_a = 12.5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$  .

عند إضافة  $4 \text{ mL}$  من محلول حمض الكلور إلى محلول النشادر يأخذ pH المزيج القيمة 9.5 .

1- أكتب معادلة تفاعل المعايرة .

2- بين أن تفاعل المعايرة هو تفاعل تام .

3- أكتب معادلة تفاعل النشادر مع الماء ثم أعط النسبة  $\frac{[\text{NH}_3]_f}{[\text{NH}_4^+]_f}$  بدلالة  $\tau_f$  .

4- أحسب نسبة التقدم النهائي  $\tau_f$  لتفاعل تفكك النشادر في هذه الحالة .

5- نتابع تطور التفاعل عن طريق معايرة pH مترية فنحصل على الجدول التالي :

$V_a \text{ (mL)}$	0	2	4	8	10	11	12
pH	10	9.7	9.5	9.2	8.8	8.7	7.6
$\text{NH}_3\%$							
$\text{NH}_4^+ \%$							

أ- أكمل الجدول السابق .

ب- ارسم كيفيا مخطط توزيع الصفة الغالبة للثنائية ( $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ ) بدلالة حجم الحمض المضاف  $V_a$  .

6- اعتمادا على الجدول عين قيمة الحجم المضاف عند التكافؤ  $V_{aE}$  .

7- عين قيمة تركيز محلول النشادر  $C_0$  ثم استنتج الحجم  $V_0$  .

المعطيات :

$$V_M = 22.4 \text{ L/mol} , \quad \text{pKa}(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3) = 9.2$$

**التمرين (5) : (الحل المفصل : تمرين مقترح 33 على الموقع)**

1- أثبت أن التركيز المولي  $C_b$  لأساس ضعيف جدا في الماء ، يعطى بالعلاقة التالية :

$$C_b = 10^{(2\text{pH} - \text{pKa} - \text{pKe})}$$

2- عند معايرة حمض قوي بأساس قوي ، بين أنه :

• قبل التكافؤ يكون :  $\text{pH} = -\log \frac{C_a V_a - C_b V_b}{V_a + V_b}$

• بعد التكافؤ يكون :  $\text{pH} = \text{pKe} - \log \frac{V_a + V_b}{C_b V_b + C_a V_a}$