



## تمرين رقم: 02

حمض البنزويك ( $C_6H_5COOH$ ) مسحوق لونه أبيض يستعمل كمادة حافظة في صناعة المواد الغذائية والمشروبات الغازية خاصة.

I - 01) نقوم بتحضير محلول ( $S_0$ ) لحمض البنزويك  $C_6H_5COOH(aq)$  تركيزه المولي  $c_0$  وذلك بإذابة كتلة  $m_0$  من مسحوق حمض البنزويك النقي في حجم قدره  $V_0 = 100 mL$  من الماء المقطر، تم قياس الـ  $pH$  له عند درجة الحرارة  $\theta = 25^\circ C$  فوجد  $pH_0 = 2,61$ .

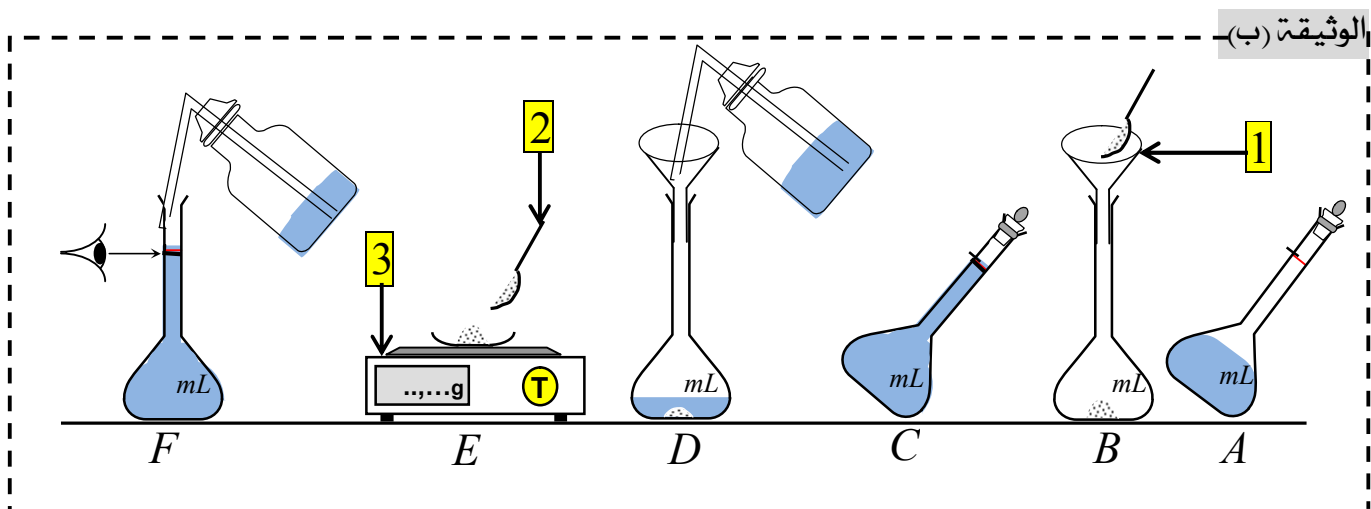
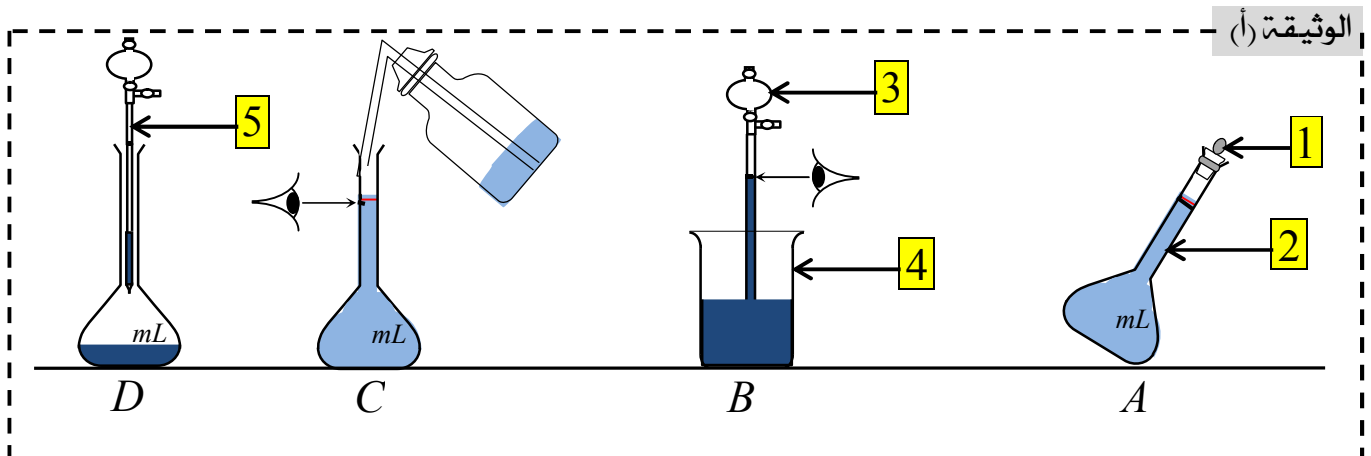
1- اكتب معادلة التفاعل للتحويل الكيميائي الحادث بين حمض البنزويك والماء.

2- اعتمادا على جدول تقدم التفاعل بين أن عبارة النسبة النهائية لتقدم التفاعل  $\tau_{1f}$  تكتب بالشكل:

$$\tau_{1f} = \frac{1}{c_0 \times 10^{pH_0}}$$

02) - نأخذ عينة من المحلول ( $S_0$ ) ونمددها 10 مرات فنحصل على المحلول ( $S_a$ ) تركيزه المولي  $c_a$ .

1- إليك الوثيقتين التاليتين التي تمثل إحداهما طريقة تحضير المحلول ( $S_0$ ) والأخرى خاصة بتحضير المحلول ( $S_a$ ).



- انسب كل وثيقة بطريقة تحضير المحلول المناسب.

2- أ- سم العناصر المرقمة المشار إليها في كل وثيقة.

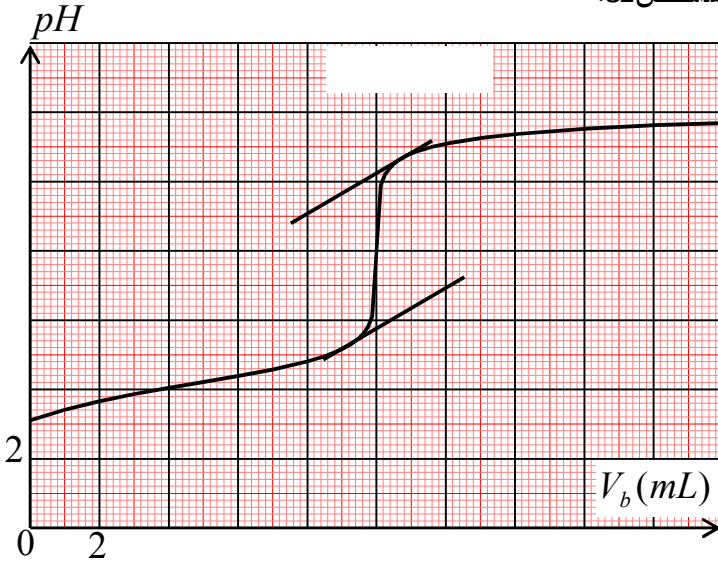
ب- رتب الخطوات ترتيبا صحيحا لكل وثيقة مع الشرح البسيط حتى نتمكن من التحضير الجيد لكل محلول.

II - لتحديد التركيز المولي  $c_0$ :

- نأخذ حجما قدره  $V_a = 20 mL$  من المحلول ( $S_a$ ) واعتمادا على تقنية المعايرة الـ  $pH$  مترية تمت معايرته بواسطة

محلول الصود ( $Na^+ + OH^-$ ) ( $aq$ ) تركيزه المولي  $c_b = 2 \times 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$ ، وبناء على النتائج التجريبية

تمكنا من رسم المنحنى البنائي  $pH = f(V_b)$  الموضح في شالكل-3.

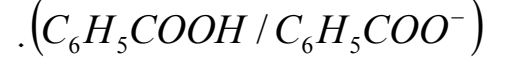


1- أكتب معادلة تفاعل المعاير.

ب- شانى جدقودلدم التفاعل. شالكل-3

2- أجد بيانيا إحداثيتي نقطة التكافؤ  $E$ .

ب- استنتج قيمة ثابت الحموضة  $pK_a$  للشائية



3- عند إضافة حجم  $V_b = 7mL$  من السحاحة:

أ- بين أن عبارة نسبة التقدم النهائي  $\tau_{2f}$  لتفاعل المعايرة تكتب بالشكل:

$$\tau_{2f} = 1 - \frac{K_e \times 10^{pH}}{c_b} \left( 1 + \frac{V_a}{V_b} \right)$$

ب- جد قيمة  $\tau_{2f}$  ماذا تستنتج؟

4- أجد قيمة  $c_a$  ثم استنتج قيمة  $c_0$ .

5- أجد قيمة  $\tau_{1f}$  ماذا تستنتج؟

ب- احسب قيمة  $m_0$ .

**المعطيات:** كل المحاليل مأخوذة عند درجة الحرارة  $\theta = 25^\circ C$ .

$$M(H) = 1g.mol^{-1}, M(O) = 16g.mol^{-1}, M(C) = 12g.mol^{-1}, K_e = 10^{-14}$$

### تمرين رقم: 03

يقدر الإنتاج العالمي من مادة الأمونياك حوالي 160 مليون طن سنويا ويستعمل هذه المادة في مجالات عدة، حيث تستخدم بالدرجة الأولى لتصنيع الأسمدة الأزوتية في ميدان الزراعة لتخصيب التربة وتستخدم كذلك كمادة أولية في صناعة الأدوية والبلاستيك وغيرها

#### I- دراسة المحلول المائي للأمونياك:

نعتبر محلولاً مائياً للأمونياك ( $S_B$ ) للأمونياك ( $NH_3$ ) (aq) حجمه  $V$  وتركيزه  $C_B = 2 \times 10^{-2} mol / L$ . أعطى قياس الـ  $pH$  هذا المحلول القيمة  $pH = 10,74$ .

1- اكتب معادلة تفاعل الأمونياك مع الماء.

2- انشئ جدول تقدم التفاعل.

3- أ- بين أن عبارة نسبة التقدم النهائي ( $\tau_f$ ) لهذا التفاعل تكتب من الشكل  $\tau_f = \frac{K_e}{C_B \times 10^{-pH}}$

ب- احسب قيمته، ماذا تستنتج؟

4- عبر عن عبارة كسر التفاعل  $Q_{rf}$  عند التوازن بدلالة  $C_B$  و  $\tau_f$ ، أحسب قيمته.

5- تحقق من قيمة  $pK_a$  للشائية ( $NH_4^+ / NH_3$ ).

## II - معايرة محلول الأمونياك بواسطة محلول حمض كلور الماء $(H_3O^+(aq) + Cl^-(aq))$ :

نقوم بمعايرة محلول مائي للأمونياك  $(S'_B)$  حجمه  $V_B = 20mL$  تركيزه  $C'_B$  بواسطة محلول مائي لحمض كلور الماء  $(S_A)$  ذي التركيز المولي  $C_A = 2 \times 10^{-2} mol / L$  بقياس الـ  $pH$ .

- 1- اكتب معادلة تفاعل المعايرة.
- 2- يمثل المنحنى الممثل في الشكل -3 تغير الـ  $pH$  الخليط بدلالة الحجم  $V_A$  للمحلول  $(S_A)$  لحمض كلور الماء المضاف.  
أ- حدد الإحداثيتين  $V_{AE}$  و  $pH_E$  لنقطة التكافؤ.  
ب- احسب التركيز المولي  $C'_B$ .  
ج- عين ، معللا جوابك ، الكاشف الملائم لانجاز هذه المعايرة في غياب جهاز الـ  $pH$  متر.

### المعطيات:

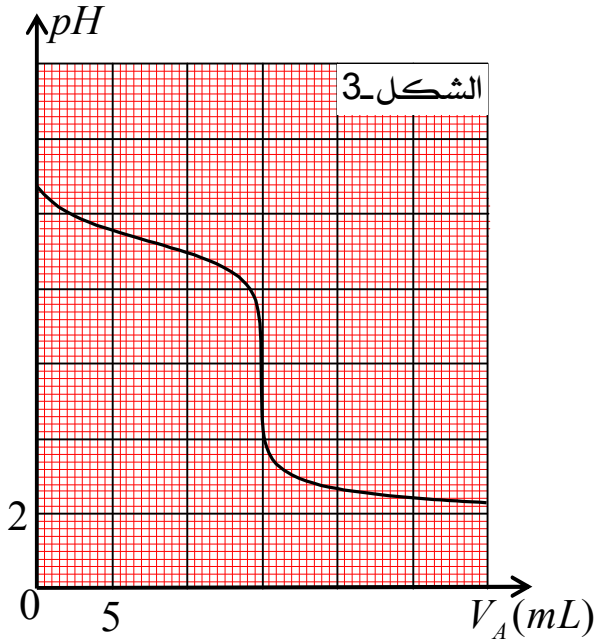
تمت جميع القياسات عند درجة حرارة  $25^\circ C$ .

الجداء الشاردي للماء:  $Ke = 10^{-14}$ .

الـ  $pKa$  للثنائية  $(NH_4^+ / NH_3)$  هي: 9,2.

- جدول مجالات التغير اللوني لبعض الكواشف الملونة:

الكاشف الملون	مجال التغير اللوني
الهيليانتين	3,1 - 4,4
أحمر الكلوروفينول	5,2 - 6,8
أزرق البروموتيمول	6 - 7,6
الفيينول فيتالين	8,8 - 10



## حل التمرين رقم: 01

**1- أ- قيمة الكتلة  $m$  :** لدينا:  $n = \frac{m}{M}$  و  $n = c_0V$  ومنه:  $c_0V = \frac{m}{M}$  أي:  $m = c_0VM$

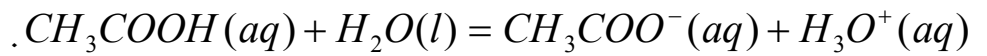
ت- ع:  $m = 0,1 \times 100 \cdot 10^{-3} \times 60 = 0,6g$  أي:  $m = 0,6g$

ب- البروتوكول التجريبي لتحضير المحلول ( $S_0$ ):

- بواسطة ميزان الكتروني حساس مضبوط وزن الكتلة  $m = 0,6g$  من مسحوق حمض الايثانويك.
- نضيف الكتلة  $m = 0,6g$  بالاعتماد على قمع في حوجلة عيارية سعتها  $100mL$  فيها  $30mL$  من الماء المقطر مع الرج.
- نكمل بالماء المقطر حتى نصل لخط العيار مع الرج المستمر.

- على ملصقة نكتب اسم المحلول ( $S_0$ ) وتركيزه المولي  $c_0 = 0,1mol/L$ .

**2- معادلة التفاعل المنمذج للتحويل الكيميائي بين حمض الايثانويك والماء:**



ب- التفاعل السابق تم بين حمض الشائبة ( $CH_3COOH(aq) / CH_3COO^-(aq)$ ) وأساس الشائبة الأخرى: ( $H_3O^+(aq) / H_2O(l)$ ).

**3- أ- جدول تقدم التفاعل :**

الحالة	تقدم التفاعل ب $mol$	$CH_3COOH(aq) + H_2O(l) = CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$			
الابتدائية	$x = 0$	$n_a$	بالزيادة	0	0
الانتقالية	$x(t)$	$n_a - x(t)$	بالزيادة	$x(t)$	$x(t)$
النهائية	$x_f$	$n_a - x_f$	بالزيادة	$x_f$	$x_f$

ب- حساب قيمة نسبة التقدم النهائي للتفاعل  $\tau_f$  :

لدينا:  $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}}$  حيث:  $x_f = [H_3O^+]_f V$  و  $x_{max} = c_0V$  ومنه:  $\tau_f = \frac{[H_3O^+]_f V}{c_0V} = \frac{[H_3O^+]_f}{c_0}$

وعليه:  $\tau_f = \frac{10^{-pH}}{c_0}$  ت- ع:  $\tau_f = \frac{10^{-(2,9)}}{0,1} = 0,013$  أي:  $\tau_f = 1,3\%$

تستنتج أن حمض الايثانويك ضعيف والتحول الكيميائي محدود (غير تام) لأن:  $\tau_f < 1$  أو  $\tau_f < 100\%$ .

ج- حساب قيمة ثابت التوازن  $K$  للتفاعل: لدينا:  $K = \frac{[CH_3COO^-]_f [H_3O^+]_f}{[CH_3COOH]_f}$

ولدينا أيضا من جدول تقدم التفاعل:  $[CH_3COO^-]_f = [H_3O^+]_f = \frac{x_f}{V}$

و  $[CH_3COOH]_f = \frac{c_0V - x_f}{V} = c_0 - [H_3O^+]_f$

ومنه:  $K = \frac{[H_3O^+]_f^2}{c_0 - [H_3O^+]_f}$  أي:  $K = \frac{10^{-2pH}}{c_0 - 10^{-pH}}$  ت- ع:  $K = \frac{10^{-2(2,9)}}{0,1 - 10^{-(2,9)}} = 1,6 \cdot 10^{-5}$

**II** - 1. أعبارة التركيز المولي  $c$  للمحاليل ( $S_i$ ) بدلالة  $c_0$  و  $V_0$  و  $V_{H_2O}$ : لدينا حسب قانون التمديد:  $n_0 = n_i$

ومنه:  $c_0V_0 = c_iV_i$  ومنه:  $c_i = c = \frac{c_0V_0}{(V_0 + V_{H_2O})}$  حيث:  $V_i = V_0 + V_{H_2O}$ .

$c = \frac{c_0V_0}{(V_0 + V_{H_2O})} = \frac{0,1 \times 10}{(10 + V_{H_2O})}$

ب- اكمال الجدول: بالاعتماد على العلاقة

- ندخل  $-\log()$  على طرفي المساواة نملاً السطر الخامس.

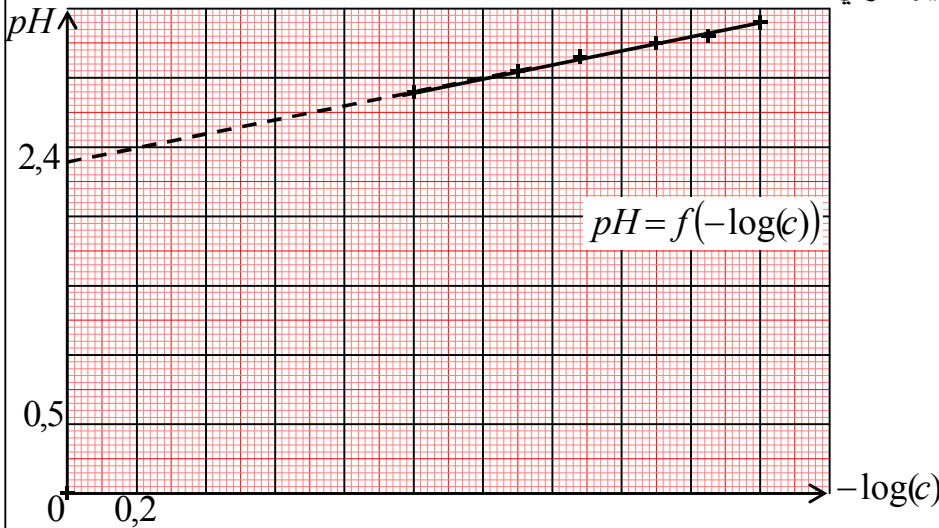
المحاليل ( $S_i$ )	( $S_1$ )	( $S_2$ )	( $S_3$ )	( $S_4$ )	( $S_5$ )	( $S_6$ )
$V_{H_2O}(mL)$	0	10	20	40	60	90
$pH$	2,9	3,05	3,15	3,25	3,30	3,40
$c(mol/L)$	0,10	0,05	0,033	0,02	0,014	0,01
$-\log(c)$	1	1,3	1,48	1,7	1,85	2

ج- الخطوات العملية لتحضير المحلول ( $S_3$ ):

- بواسطة ماصة عيارية سعتها  $10mL$  مزودة بإجاصة مص نأخذ حجماً  $V_0 = 10mL$  من المحلول ( $S_0$ ).

- نسكبه في حوالة عيارية سعتها  $20mL$  ثم نكمل بالماء المقطر حتى نصل لخط العيار مع الرج.

- على ملصقة نكتب اسم المحلول ( $S_3$ ) وتركيزه المولي.



2- رسم البيان:  $pH = f(-\log(c))$

سلم الرسم:  $\begin{cases} pH \rightarrow 0,5 \\ -\log(c) \rightarrow 0,2 \end{cases}$

ب- المعادلة الرياضية للبيان:

البيان خط مستقيم مائل لايشمل المبدأ معادلته من الشكل:  $pH = A(-\log(c)) + B$ .

حيث:  $A$  معامل توجيه البيان:  $A = \frac{\Delta pH}{\Delta(-\log(c))} = \frac{3,4 - 2,9}{2 - 1} = 0,5$

و  $B$ : نقطة تقاطع البيان مع محور الترتيب نجد:  $B = 2,4$  أي:  $pH = 0,5(-\log(c)) + 2,4 \dots (1)$

3- العلاقة النظرية بين  $pH$  و  $pKa$  للثنائية ( $CH_3COOH(aq) / CH_3COO^-(aq)$ ):

لدينا:  $Ka = \frac{[CH_3COO^-]_f [H_3O^+]_f}{[CH_3COOH]_f}$  ومنه:  $Ka = \frac{[CH_3COO^-]_f [H_3O^+]_f}{[CH_3COOH]_f}$

بادخال  $\log()$  على الطرفين نجد:  $\log(Ka) = \log\left(\frac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f}\right) + \log([H_3O^+]_f)$

$$-\log([H_3O^+]_f) = -\log(Ka) + \log\left(\frac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f}\right) \text{ ومنه:}$$

$$pH = pKa + \log\left(\frac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f}\right) \text{ حيث: } pKa = -\log(Ka) \text{ و } pH = -\log([H_3O^+]_{Eq}) \text{ . وعليه:}$$

$$\text{ب- باهمال } [CH_3COO^-] \text{ أمام } c \text{ بين أن: } pKa = 2pH - \log(c)$$

$$pH = pKa + \log\left(\frac{[CH_3COO^-]_f}{c - [CH_3COO^-]_f}\right) \text{ ومنه:} \quad pH = pKa + \log\left(\frac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f}\right) \text{ لدينا:}$$

$$pH = pKa + \log\left(\frac{[CH_3COO^-]_f}{c}\right) \text{ وباهمال } [CH_3COO^-]_f \text{ أمام } c \text{ نجد:}$$

$$pH = pKa + \log[CH_3COO^-]_f - \log(c) \text{ ومنه:}$$

$$pKa = pH - \log[CH_3COO^-]_f + \log(c) \text{ ومنه: ولدينا مما سبق:}$$

$$pKa = pH - \log[H_3O^+]_f + \log(c) \text{ ومنه: } [CH_3COO^-]_f = [H_3O^+]_f$$

$$\text{ونعلم أن: } pH = -\log[H_3O^+]_f \text{ أي: } pKa = 2pH + \log(c) \text{ وهو المطلوب.}$$

4- استنتاج قيمة  $pKa$  للشثائية  $(CH_3COOH(aq) / CH_3COO^-(aq))$ :

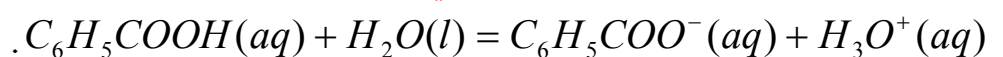
$$\text{لدينا: } pKa = 2pH + \log(c) \text{ ومنه: } pH = \frac{1}{2} pKa - \frac{1}{2} \log(c)$$

$$\text{أي: } pH = \frac{1}{2} (-\log(c)) + \frac{1}{2} pKa \dots (2)$$

بالمطابقة بين العلاقتين البيانية (1) والنظرية (2) طرف لطرف نجد:  $\frac{1}{2} pKa = 2,4$  إذن:  $pKa = 4,8$ .

## حل التمرين رقم: 02

01- 1- معادلة التفاعل للتحويل الكيميائي الحادث بين حمض البنزويك والماء:



2- جدول تقدم التفاعل:

الحالة	تقدم التفاعل ب mol	$C_6H_5COOH(aq) + H_2O(l) = C_6H_5COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$			
الابتدائية	$x = 0$	$n_0 = c_0V_0$	بالزيادة	0	0
الانتقالية	$x(t)$	$n_0 - x(t)$	بالزيادة	$x(t)$	$x(t)$
النهائية	$x_f$	$n_0 - x_f$	بالزيادة	$x_f$	$x_f$

- تبيان أن عبارة النسبة النهائية لتقدم التفاعل  $\tau_{1f}$  تكتب بالشكل:  $\tau_{1f} = \frac{1}{c_0 \times 10^{pH_0}}$  :

لدينا:  $\tau_{1f} = \frac{x_f}{x_{\max}}$  واعتمادا على جدول تقدم التفاعل نجد:  $x_f = [H_3O^+]_f V_0$  و  $x_{\max} = c_0 V_0$

ومنه:  $\tau_{1f} = \frac{[H_3O^+]_f}{c_0}$  ونعلم أن:  $[H_3O^+]_f = 10^{-pH_0}$  أي:  $\tau_{1f} = \frac{10^{-pH_0}}{c_0}$  وعليه:  $\tau_{1f} = \frac{1}{c_0 \times 10^{pH_0}}$

02 - 1- انساب كل وثيقة بطريقة تحضير المحلول المائي المناسب: - - - - -

تحضير المحلول ( $S_0$ ): الوثيقة (ب).

تحضير المحلول ( $S_a$ ): الوثيقة (أ).

2- أ- تسمية العناصر المرقمة المشار إليها في كل وثيقة: - - - - -

الوثيقة (أ)		الوثيقة (ب)	
الاسم	رقم العنصر	الاسم	رقم العنصر
سدادة	1	قمع	1
حوجلة عيارية	2	ملعقة	2
إجاصة مص	3	ميزان الكتروني حساس	3
بيشر	4		
ماصة عيارية	5		

ب- ترتيب الخطوات ترتيبا صحيحا لكل وثيقة مع الشرح البسيط حتى تتمكن من التحضير الجيد لكل محلول:

❖ بالنسبة لتحضير المحلول ( $S_0$ ) — الوثيقة (ب): - - - - -

$E \leftarrow B \leftarrow D \leftarrow A \leftarrow F \leftarrow C$

**الشرح:**

- بواسطة ميزان الكتروني حساس مضبوط واعتمادا على ملعقة وزن الكتلة  $m_0$  من مسحوق حمض البنزويك النقي

- اعتمادا على قمع نضع الكتلة الموزونة في حوجلة عيارية سعتها  $100 \text{ mL}$ .

- نسكب في محتوى الحوجلة  $30 \text{ mL}$  من الماء المقطر مع الرج الجيد بعد غلقها بسدادة.

- نكمل بالماء المقطر حتى نصل لخط العيار مع الرج المستمر.

- نغلق فوهة الحوجلة جيدا بسدادة مع كتابة اسم المحلول ( $S_0$ ) وتركيزه المولي.

❖ بالنسبة لتحضير المحلول ( $S_a$ ) — الوثيقة (أ): - - - - -

$B \leftarrow D \leftarrow C \leftarrow A$

**الشرح:**

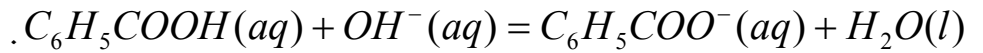
- نفرغ كمية من المحلول ( $S_0$ ) في بيشر.

- بواسطة ماصة مزودة بإجاصة مص نأخذ حجما منها ونضعه في حوجلة عيارية.

- نكمل بالماء المقطر حتى نصل لخط العيار مع الرج المستمر.

- نغلق فوهة الحوجلة جيدا بسدادة مع كتابة اسم المحلول ( $S_a$ ) وتركيزه المولي.





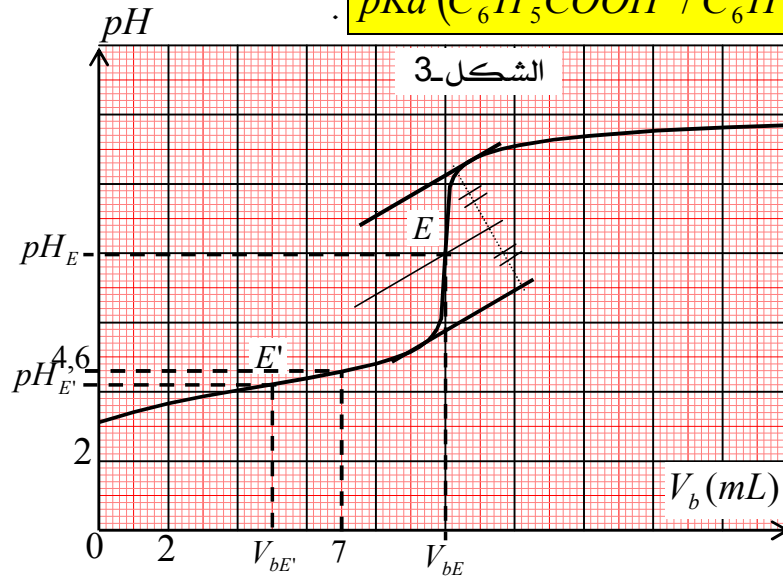
ب- جدول تقدم التفاعل :

الحالة	تقدم التفاعل ب mol	$C_6H_5COOH(aq) + OH^-(aq) = C_6H_5COO^-(aq) + H_2O(l)$		
الابتدائية	$x = 0$	$n_a$	$n_b$	0
النهائية	$x_{Eq}$	$n_a - x_{Eq}$	$n_b - x_{Eq}$	$x_{Eq}$

2- أ- جد بيانيا إحدائيتي نقطة التكافؤ  $E$  :اعتمادا على طريقة المماسين المتوازيين نجد:  $E(V_{bE} = 10 mL; pH_E = 8)$ ب- استنتاج قيمة ثابت الحموضة  $pKa$  للثنائية  $(C_6H_5COOH / C_6H_5COO^-)$  :

$$pH = pKa + \log \left( \frac{[C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH]} \right)$$

نعلم أن :

وعند نقطة نصف التكافؤ  $E'$  نجد:  $[C_6H_5COOH]_{E'} = [C_6H_5COO^-]_{E'}$  أي:  $pH_{E'} = pKa$ .ولدينا:  $V_{bE'} = \frac{V_{bE}}{2}$  ت-ع:  $V_{bE'} = \frac{10}{2} = 5 mL$  وبالإسقاط نجد:  $pH_{E'} = 4,2$  أي:  $pKa = 4,2$ وعليه:  $pKa(C_6H_5COOH / C_6H_5COO^-) = 4,2$ 3- لبيان أن عبارة نسبة التقدم النهائي  $\tau_{2f}$  لتفاعل المعايرة تكتب ب:  $\tau_{2f} = 1 - \frac{K_e \cdot 10^{pH}}{c_b} \left( 1 + \frac{V_a}{V_b} \right)$  :-نعلم أن:  $\tau_{2f} = \frac{x_f}{x_{max}} \dots (1)$  ولما  $V_b = 7 mL$  يكون:  $V_b < V_{bE}$  وعليه:  $OH^-(aq)$  هو المتفاعل المحد.إذن:  $x_{max} = c_b V_b \dots (2)$ ولدينا من جدول تقدم التفاعل:  $n(OH^-) = n_a - x_f$  ومنه:  $[OH^-] V_T = c_b V_b - x_f$ أي:  $[OH^-](V_a + V_b) = c_b V_b - x_f \dots (3)$  وعليه:  $x_f = c_b V_b - [OH^-](V_a + V_b)$

بتعويض (2) و (1) في نجد:  $\tau_{2f} = \frac{c_b V_b - [OH^-](V_a + V_b)}{c_b V_b}$  ومنه:  $\tau_{2f} = 1 - \frac{[OH^-](V_a + V_b)}{c_b V_b}$

ومنه:  $\tau_{2f} = 1 - \frac{[OH^-]}{c_b} \left(1 + \frac{V_a}{V_b}\right)$  أي:  $\tau_{2f} = 1 - \frac{[OH^-]}{c_b} \left(\frac{V_a + V_b}{V_b}\right)$

ونعلم أن:  $K_e = [OH^-][H_3O^+] = 10^{-pH}$  ومنه:  $K_e = [OH^-][H_3O^+] = 10^{-pH}$  أي:  $[OH^-] = K_e \times 10^{pH}$

وعليه:  $\tau_{2f} = 1 - \frac{K_e \times 10^{pH}}{c_b} \left(1 + \frac{V_a}{V_b}\right)$  وهو المطلوب.

**ب- إيجاد قيمة  $\tau_{2f}$ :**

لدينا:  $\tau_{2f} = 1 - \frac{K_e \times 10^{pH}}{c_b} \left(1 + \frac{V_a}{V_b}\right)$  ولما  $V_b = 7 \text{ mL}$  نجد بيانياً:  $pH = 4,6$

ت-ع:  $\tau_{2f} = 1 - \frac{10^{-14} \times 10^{(4,6)}}{2 \times 10^{-2}} \left(1 + \frac{20}{7}\right) = 0,9999$  ومنه:  $\tau_{2f} = 1$  أي:  $\tau_{2f} = 100\%$

-استنتج أن تفاعل المعايرة تام.

**4-أ- إيجاد قيمة  $c_a$ :**

عند التكافؤ يتحقق مزيج ستكيومتري:

ومنه:  $n_a = n_b$  أي:  $c_a V_a = c_b V_{bE}$  وعليه:  $c_a = \frac{c_b V_{bE}}{V_a}$

ت-ع:  $c_a = \frac{2 \times 10^{-2} \times 10}{20} = 10^{-2} \text{ mol/L}$

-استنتاج قيمة  $c_0$ : لدينا:  $F = \frac{c_0}{c_a}$  ومنه:  $c_0 = c_a \times F$  ت-ع:  $c_0 = 10^{-2} \times 10 = 10^{-1} \text{ mol/L}$

**5-أ- إيجاد قيمة  $\tau_{1f}$ :** لدينا:  $\tau_{1f} = \frac{1}{c_0 \times 10^{pH_0}}$  ت-ع:  $\tau_{1f} = \frac{1}{10^{-1} \times 10^{(2,61)}} = 0,025$

أي:  $\tau_{1f} = 2,5\%$  وعليه نستنتج أن حمض البنزويك حمض ضعيف و تفاعله مع الماء محدود.

**ب- حساب قيمة  $m_0$ :**

لدينا:  $n_0 = \frac{m_0}{M}$  ومنه:  $\frac{m_0}{M} = c_0 V_0$  أي:  $m_0 = c_0 V_0 M$

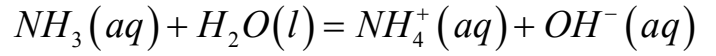
حيث:  $M(C_6H_5COOH) = 7M(C) + 2M(O) + 6M(H) = 122 \text{ g/mol}$

ت-ع:  $m_0 = 10^{-1} \times 100 \times 10^{-3} \times 122 = 1,22 \text{ g}$  أي:  $m_0 = 1,22 \text{ g}$

### حل التمرين رقم: 03

#### I- دراسة المحلول المائي للأمونيак:

#### 1- معادلة تفاعل الكيميائي بين الأمونيак والماء



#### 2- جدول تقدم التفاعل

	$NH_3(aq) + H_2O(l) = NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$			
الحالة الابتدائية	$C_B V$		0	0
الحالة الانتقالية	$C_B V - x$		$x$	$x$
الحالة النهائية	$C_B V - x_f$		$x_f$	$x_f$

#### 3- تبيان أن نسبة التقدم النهائي تكتب من الشكل $\tau_f = \frac{Ke}{C_B \times 10^{-pH}}$

لدينا (1)  $\tau_f = \frac{x_f}{x_{\max}}$ .... لدينا  $NH_3(aq)$  هو المتفاعل المحد وبالتالي  $x_{\max} = C_B V$  ومن جدول التقدم

ومنه  $[OH^-]_f = \frac{x_f}{V}$  وبتعويض عبارة  $x_f$  و  $x_{\max}$  في العلاقة (1) نجد:

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} \text{ و } [OH^-] = \frac{Ke}{[H_3O^+]}$$

حيث  $\tau_f = \frac{Ke}{C_B [H_3O^+]}$  ومنه  $\tau_f = \frac{[OH^-]_f \times V}{C_B V}$

$$\tau_f = \frac{Ke}{C_B \times 10^{-pH}} \text{ : ومنه}$$

- حساب قيمة  $\tau_f$ :  $\tau_f = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-2} \times 10^{-10,74}} = 2,75 \times 10^{-2}$

نلاحظ أن  $\tau_f < 1$  ومنه التفاعل غير تام والأساس  $NH_3(aq)$  ضعيف.

#### 4- التعبير عن كسر التفاعل $Q_{r_f}$ عند توازن المجموعة الكيميائية بدلالة $C_B$ و $\tau_f$ .

$$Q_{r_f} = \frac{([OH^-]_f)^2}{[NH_3]_f} \text{ : ومنه } [NH_4^+]_f = [OH^-]_f \text{ ولدينا } Q_{r_f} = \frac{[NH_4^+]_f [OH^-]_f}{[NH_3]_f}$$

ولدينا من جدول التقدم:  $[NH_3]_f = C_B - [OH^-]_f$  ولدينا كذلك:  $[OH^-]_f = C_B \times \tau_f$

$$Q_{r_f} = \frac{C_B^2 \tau_f^2}{C_B - C_B \tau_f} = \frac{C_B \tau_f^2}{1 - \tau_f} \text{ : اذن}$$

حساب قيمة  $Q_{r_f}$ :

$$Q_{r_f} = K = \frac{2 \times 10^{-2} \times (2,75 \times 10^{-2})^2}{1 - 2,75 \times 10^{-2}} = 1,55 \times 10^{-5}$$

**5- التحقق من قيمة  $pK_a$  للشثائية  $(NH_4^+ / NH_3)$**

لدينا:  $Ka = \frac{[NH_3]_f [H_3O^+]_f}{[NH_4^+]_f}$  و  $K = \frac{[NH_4^+]_f [OH^-]_f}{[NH_3]_f}$

بضرب العلاقتين طرف لطرف نجد:  $K \times Ka = \frac{[NH_4^+]_f [OH^-]_f}{[NH_3]_f} \times \frac{[NH_3]_f [H_3O^+]_f}{[NH_4^+]_f}$

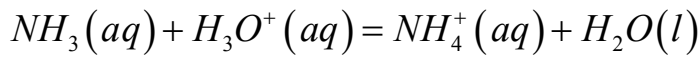
ومنه:  $K \times Ka = [H_3O^+]_f [OH^-]_f = Ke$

ومنه:  $Ka = \frac{Ke}{K}$  إذن:  $pKa = -\log Ka = -\log \frac{Ke}{K} = \log K - \log Ke$

$pKa = -\log 1,55 \times 10^{-5} - \log 10^{-14} = 9,2$

**I- معايرة محلول الأمونياك بواسطة محلول حمض كلور الماء**

**1- معادلة تفاعل المعايرة**



**2- أ- تعيين احداثيتي نقطة التكافؤ  $V_{AE}$  و  $pH_E$**

باستعمال طريقة المماسين المتوازيين:

$(V_{AE} = 15mL; pH_E = 5,63)$

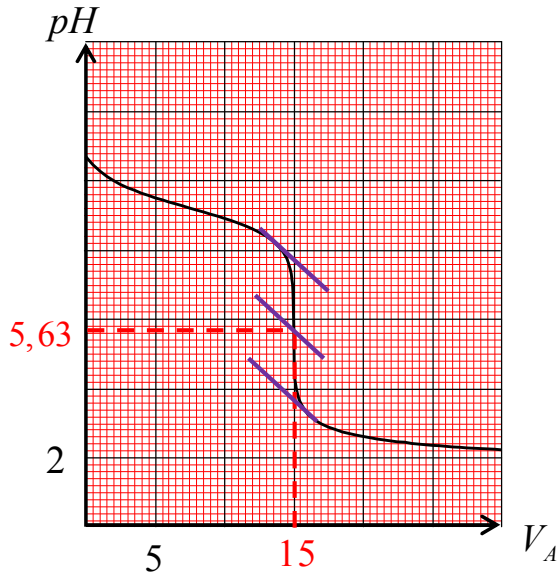
**ب- حساب التركيز المولي  $C'_B$**

عند نقطة التكافؤ (يتحقق مزيج ستوكيومتري):

أي:  $n_B = n_{AE}$

ومنه:  $C'_B V_B = C_A V_{AE}$

أي:  $C'_B = \frac{C_A V_{AE}}{V_B}$



ت-ع:  $C'_B = \frac{2 \times 10^{-2} \times 15}{20} = 1,5 \times 10^{-2} mol / L$

**ج-** الكاشف الملائم لانجاز هذه المعايرة هو **أحمر الكلوروفينول** لأن قيمة  $pH_E$  تنتمي لمجال تغيره اللوني.