

الأستاذ: إديون.ع

الوحدة الرابعة:

سلسلة تمارين رقم: 01

تمرین رقم: 01

كل القياسات مأخوذة في درجة الحرارة 25°C .

I - حضرنا محلول (S_0) لمحلول حمض الايثانويك ($CH_3COOH(aq)$) تركيزه المولي $c_0 = 0,1 mol/L$. بإذابة كتلة m من الايثانويك النقي في حجم $V = 100 mL$ من الماء المقطر، نقيس قيمة الـ pH له نجد $2,9$.

1- أ- حد قيمة الكتلة m .

ب- اذكر البروتوكول التحريبي لتحضير المحلول (S_0) .

2- أ- اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحويل الكيميائي بين حمض الايثانويك والماء.
 ب- هل التفاعل السابق تم: بين حمض وأساسه المرافق أو حمض الشائبة وأساس لشائبة أخرى؟

3- أ- انشئ جدول تقدم التفاعل .

ب- احسب قيمة نسبة التقدم النهائي للفاعل τ_f ، ماذا تستنتج؟.

جـ- احسب قيمة ثابت التوازن K للتفاعل.

$$M(CH_3COOH) = 60 \text{ g/mol} \text{ : يعطى}$$

II - انطلاقا من المحلول (S_0) السابق نحضر محاليل (S_i) ممددة وذلك بأخذ في كل مرة حجما $V_0 = 10 mL$ من المحلول الأصلي (S_0) ونضيف له حجما مناسباً من الماء المقطر V_{H_2O} .

وعند حدوث التوازن الكيميائي للمحاليل (S_i) المحضرة نقوم بقياس الـ pH لكل محلول فنحصل على النتائج المدونة في الجدول التالي :

(S_i) المحاليل	(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
$c(mol/L)$						
$-\log(c)$						

1- أ- اكتب عبارة التركيز المولي c للمحاليل (S_i) بدلالة c_0 و V_0 و V_{H_2O} .
 ب- اكمل الجدول.

جـ- اذكر الخطوات العملية لتحضير المحلول (S_3).

2. أ- اعتماداً على سلم رسم مناسب، ارسم البيان $pH = f(-\log(c))$.
 ب- اكتب المعادلة الرياضية للبيان.

3- أ- جد العلاقة النظرية بين pH و pKa للثنائية $(CH_3COOH(aq) / CH_3COO^-(aq))$.
 ب- باهمال $[CH_3COO^-]$ أمام c بين أن: $pKa = 2pH + \log(c)$.

4- استنتج قيمة pK_a للثنائية $(CH_3COOH(aq) / CH_3COO^-(aq))$.

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 $pH_0 = 2,61$.

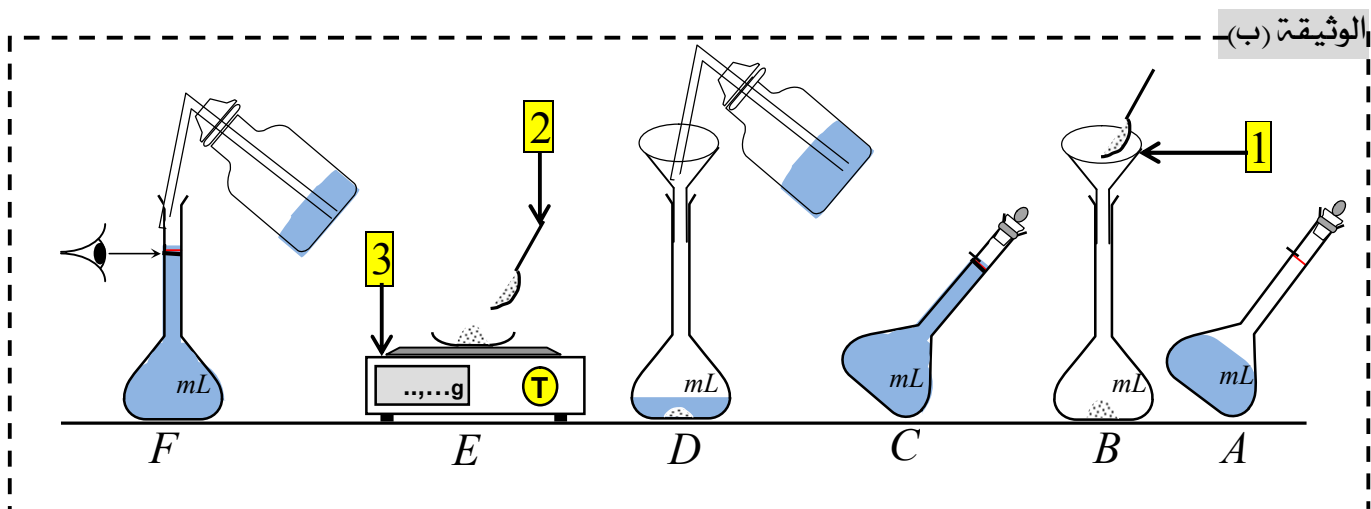
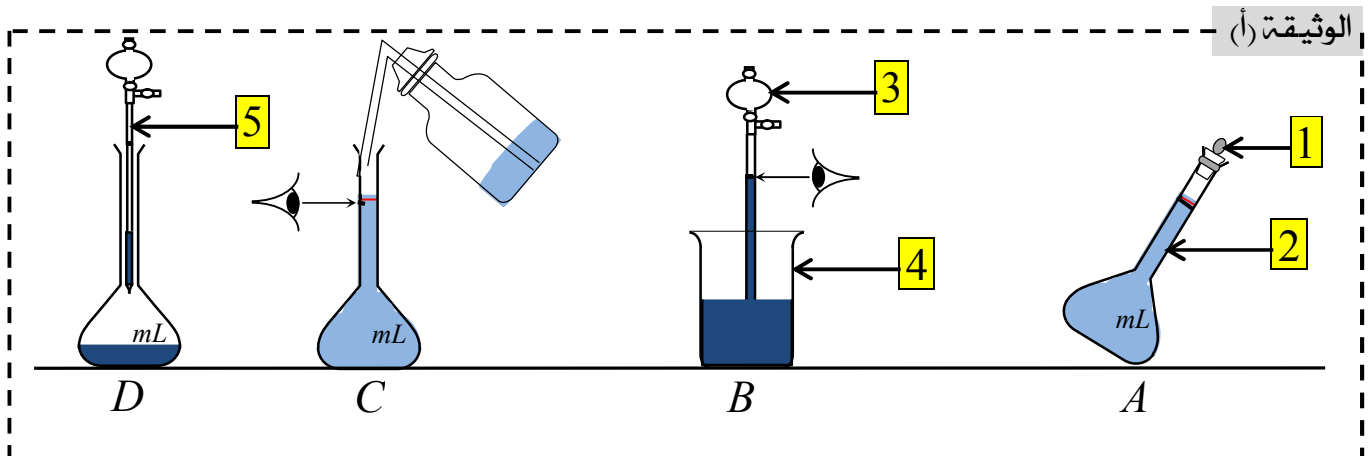
1- اكتب معادلة التفاعل للتحويل الكيميائي الحادث بين حمض البنزويك والماء.

2- اعتمادا على جدول تقدم التفاعل بين أن عبارة النسبة النهائية لتقدم التفاعل τ_{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

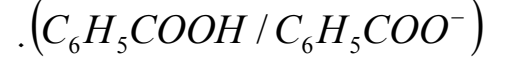
محلول الصود ($Na^+ + OH^-$) (aq) تركيزه المولي $c_b = 2 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$ ، وبناء على النتائج التجريبية

تمكنا من رسم المنحنى البنائي $pH = f(V_b)$ الموضح في شالكل-3.
1-أ اكتب معادلة تفاعل المعاير.

ب- شأى جدقذولدم التفاعل. شالكل-3

2-أ جد بيانيا إحداثيتي نقطة التكافؤ E .

ب- استنتج قيمة ثابت الحموضة pK_a للشأئية



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

أ- بين أن عبارة نسبة التقدّم النهائي τ_{2f} لتفاعل المعايرة تكتب بالشكل:

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

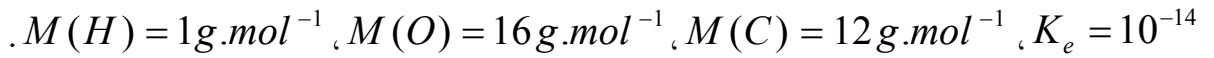
ب- جد قيمة τ_{2f} ماذا تستنتج؟

4-أ جد قيمة C_a ثم استنتج قيمة C_0 .

5-أ جد قيمة τ_{1f} ماذا تستنتج؟

ب- احسب قيمة m_0 .

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



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 و تستخدم كذلك كمادة أولية في صناعة الأدوية والبلاستيك وغيرها

I - دراسة المحلول المائي للأمونياك :

نعتبر محلولاً مائياً (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 التقدّم النهائي (τ_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 τ_f ، احسب قيمته.

5- تحقق من قيمة pK_a للشأئية (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 $V_B = 20 mL$ 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:

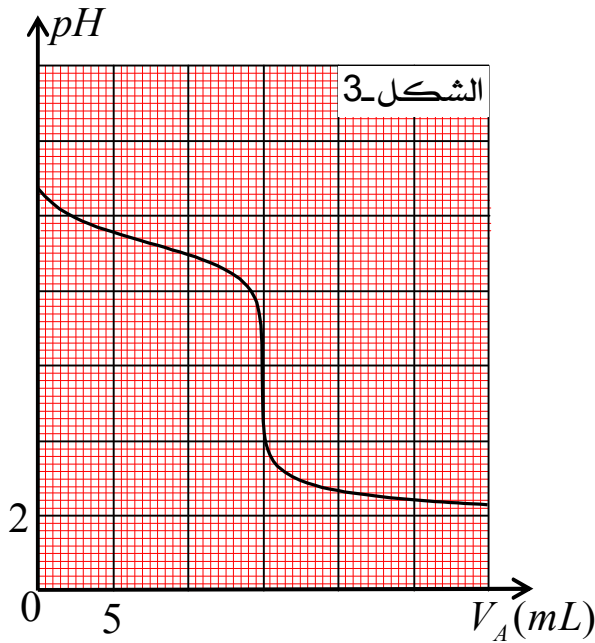
تمت جميع القياسات عند درجة حرارة $25^\circ C$.

الجاء 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
الهيلانتين	3,1 – 4,4
أحمر الكلوروفينول	5,2 – 6,8
أزرق البروموتيمول	6 – 7,6
الفينول فيتالين	8,8 – 10



حل التمرين رقم: 01

I - 1. - قيمة الكتلة m : لدينا: $n = \frac{m}{M}$ و $n = c_0 V$ ومنه: $c_0 V = \frac{m}{M}$ أي: $m = c_0 V M$

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

ب- البروتوكول التجريبي لتحضير المحلول (S_0) :

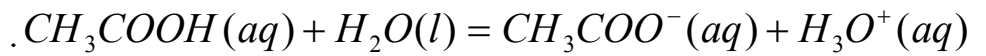
- بواسطة ميزان الكتروني حساس مضبوط وزن الكتلة $m = 0,6 \text{ g}$ من مسحوق حمض الايثانويك.

- نضيف الكتلة $m = 0,6 \text{ g}$ بالاعتماد على قمع في حوجلة عيارية سعتها 100 mL فيها 30 mL من الماء المقطر مع الرج.

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

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

2. - معادلة التفاعل النمذج للتحويل الكيميائي بين حمض الايثانويك والماء:



ب- التفاعل السابق تم بين حمض الشنائية ($CH_3COOH(aq) / CH_3COO^-(aq)$) وأساس الشنائية 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 τ_f :

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

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

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

III- 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: $c_0 V_0 = c_i V_i$ ومنه: $c_i = c = \frac{c_0 V_0}{(V_0 + V_{H_2O})}$ حيث: $V_i = V_0 + V_{H_2O}$.

$$c = \frac{c_0 V_0}{(V_0 + V_{H_2O})} = \frac{0,1 \times 10}{(10 + V_{H_2O})}$$

ب- اكمال الجدول: بالاعتماد على العلاقة

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

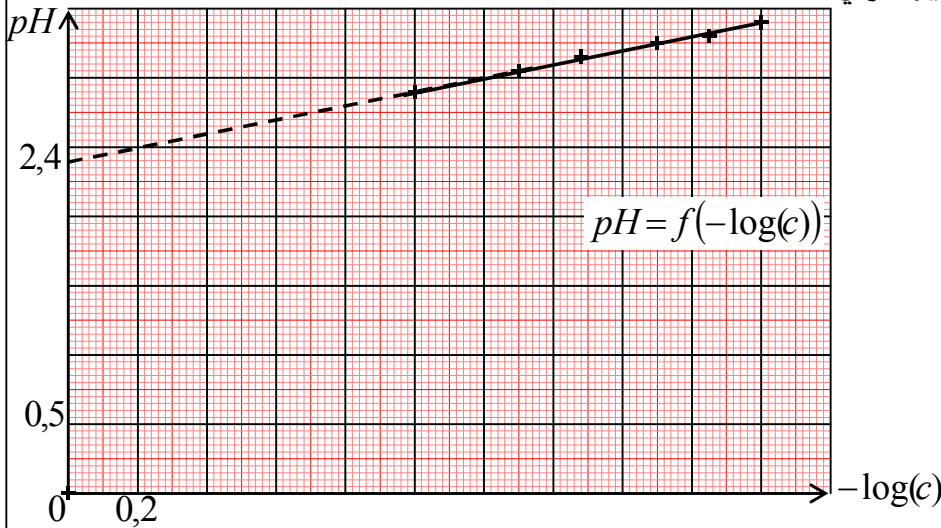
المحاليل (S_i)	(S_1)	(S_2)	(S_3)	(S_4)	(S_5)	(S_6)
$V_{H_2O}(mL)$	0	10	20	40	60	90
pH	2,9	3,05	3,15	3,25	3,30	3,40
$c(mol/L)$	0,10	0,05	0,033	0,02	0,014	0,01
$-\log(c)$	1	1,3	1,48	1,7	1,85	2

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 لا يشمل 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: $Ka = \frac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f} \times [H_3O^+]_f$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{4- استنتاج قيمة } pKa \text{ للشثائية } (CH_3COOH(aq) / CH_3COO^-(aq))$$

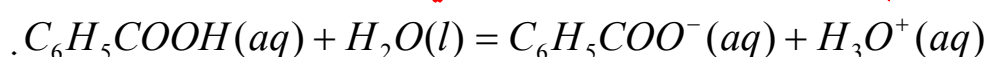
$$\text{لدينا: } pKa = 2pH + \log(c) \text{ ومنه: } pH = \frac{1}{2} pKa - \frac{1}{2} \log(c)$$

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

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

حل التمرين رقم: 02

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



2- جدول تقدم التفاعل:

الحالة	تقدم التفاعل بـ mol	$C_6H_5COOH(aq) + H_2O(l) = C_6H_5COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$			
الابتدائية	$x = 0$	$n_0 = c_0 V_0$	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 τ_{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
حوجة 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 نتمكن من التحضير الجيد لكل محلول:

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

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

الشرح:

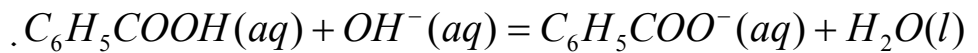
- بواسطة ميزان الكتروني حساس مضبوط واعتمادا على ملعقة نزن الكتلة m_0 من مسحوق حمض البنزويك النقي
- اعتمادا على قمع نضع الكتلة الموزونة في حوجة عيارية سعتها 100 mL .
- نسكب في محتوى الحوجة 30 mL من الماء المقطر مع الرج الجيد بعد غلقها بسدادة.
- نكمل بالماء المقطر حتى نصل لخط العيار مع الرج المستمر.
- نغلق فوهة الحوجة 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 حوجة عيارية.
- نكمل بالماء المقطر حتى نصل لخط العيار مع الرج المستمر.
- نغلق فوهة الحوجة جيدا بسدادة مع كتابة اسم المحلول (S_a) وتركيزه المولي.



ب- جدول تقدم التفاعل:

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

2- أ- جد بيانيا إحداثيتي نقطة التكافؤ E :

اعتمادا على طريقة المماسين المتوازيين نجد: $E(V_{bE} = 10 mL; pH_E = 8)$

ب- استنتاج قيمة ثابت الحموضة pKa للثنائية $(C_6H_5COOH / C_6H_5COO^-)$:

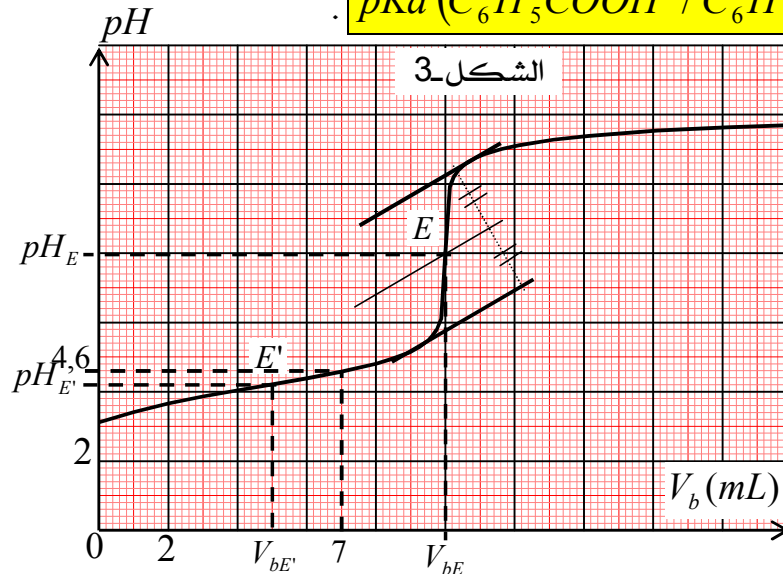
$$pH = pKa + \log \left(\frac{[C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH]} \right)$$

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 τ_{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.

$$x_{max} = c_b V_b \dots (2)$$

إذن:

ولدينا من جدول تقدم التفاعل: $n(OH^-) = n_a - x_f$ ومنه: $[OH^-]_T = c_b V_b - x_f$

أي: $[OH^-](V_a + V_b) = c_b V_b - x_f$ وعليه: $x_f = c_b V_b - [OH^-](V_a + V_b) \dots (3)$

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: $K_e = [OH^-] \times 10^{-pH}$ 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 τ_{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 بيانيا: $pH = 4,6$

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 ستيكيومتري:

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 τ_{1f} : لدينا: $\tau_{1f} = \frac{1}{c_0 \times 10^{pH_0}} = 0,025$ 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 وتفاعله مع الماء محدود.

ب- حساب قيمة m_0 :

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

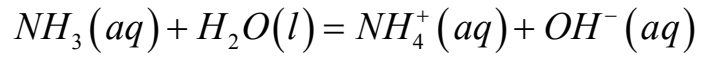
حيث: $M(C_6H_5COOH) = 7M(C) + 2M(O) + 6M(H) = 122 \text{ g/mol}$

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 للأمونيak:

1- معادلة تفاعل الكيميائي بين الأمونيak 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- تبين 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:

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} \text{ و } [OH^-] = \frac{Ke}{[H_3O^+]} : \text{حيث } \tau_f = \frac{Ke}{C_B [H_3O^+]} \text{ ومنه } \tau_f = \frac{[OH^-]_f \times V}{C_B V}$$

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

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

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

4- التعبير عن كسر التفاعل Q_{rf} عند توازن المجموعة الكيميائية بدلالة C_B و τ_f .

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

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

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

حساب قيمة Q_{rf} :

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

5- التحقق من قيمة pKa 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: $K \times Ka = \frac{[NH_4^+]_f [OH^-]_f}{[NH_3]_f} \times \frac{[NH_3]_f [H_3O^+]_f}{[NH_4^+]_f}$

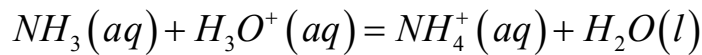
ومنه: $K \times Ka = [H_3O^+]_f [OH^-]_f = Ke$

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:

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

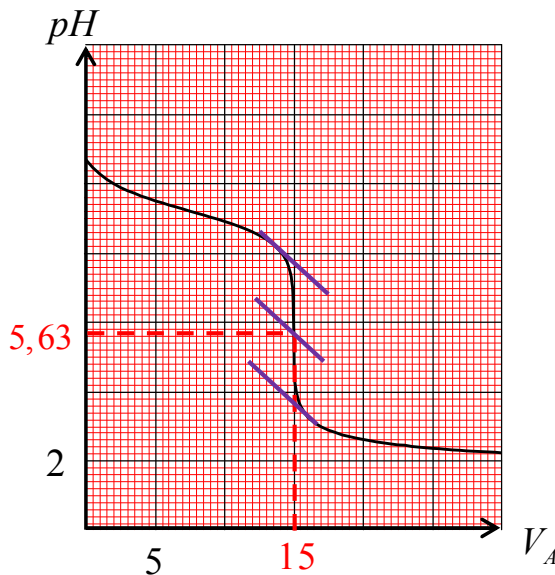
ب- حساب التركيز المولي C'_B

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.