دورة الوحدة (04)	سلسلة تمارين: "تطوّر جملة كيميائيّة نحو حالة توازن"	BAC 2023

amine.zeddoun

التمرين الأوّل:

حمض البنزويك (C_6H_5-COOH) جسم صلب أبيض اللون معروف بخصائصه المبيدة للفطريات والمضادة للبكتيريا، لذا يستعمل كمادة حافظة في بعض المواد الغذائية وخاصة المشروبات.

يهدف هذا التمرين إلى تحديد النسبة المئوية الكتلية لحمض البنزويك النقّي الموجود في بلوراته.

معطيات:

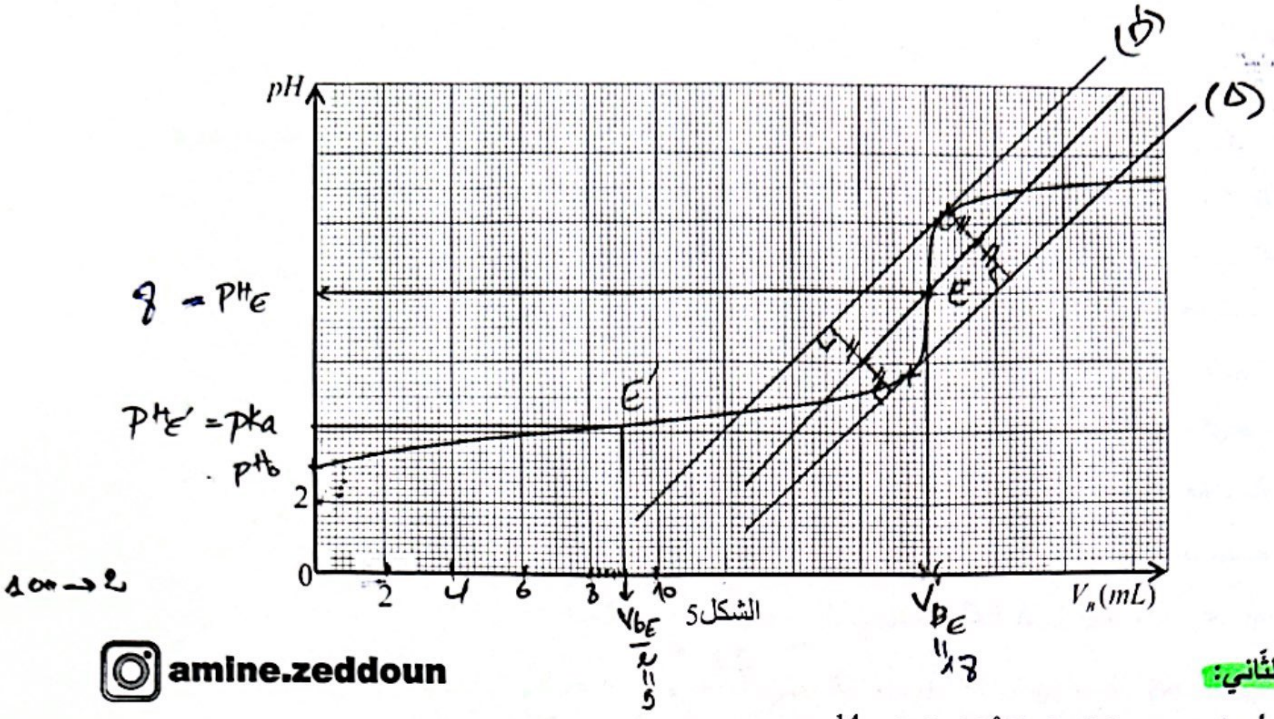
- الكتلة المولية الجزيئية لحمض البنزويك: $M(C_6H_5-CO_2H)=122g\cdot mol^{-1}$ ؛
- ثابت حموضة الثنائية $C_6H_5-COOH(aq)/C_6H_5-COO^-(aq)$: $K_a=6,31\times10^{-5}$ ؛

لتحضير محلول مائي (S_0) لحمض البنزويك $C_6H_5-COOH(aq)$، نقوم بإذابة كتلة $m_0=244mg$ من بلورات حمض البنزويك في حجم $V_0=100mL$ من الماء المقطر. قمنا بقياس pH المحلول (S_0) فوجدناه $pH=2,95$.

1. اقترح بروتوكولا تجريبيا (المواد والزجاجيات، خطوات العمل، الاحتياطات الأمنية) لتحضير المحلول (S_0).
2. اكتب المعادلة المُنمذجة للتحول الكيميائي الحادث بين حمض البنزويك والماء.
3. احسب pK_a الثنائية $C_6H_5-COOH(aq)/C_6H_5-COO^-(aq)$.
4. حدّد النوع الغالب للثنائية $C_6H_5-COOH(aq)/C_6H_5-COO^-(aq)$ في المحلول (S_0) مع التعليل.
5. لمعرفة قيمة m كتلة الحمض النقي الموجود في البلورات المذابة سابقا، قمنا بمعايرة pH ـ مترية لحجم $V_A=10mL$ من المحلول (S_0) بواسطة محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم ($Na^+(aq)+HO^-(aq)$) تركيزه المولي $c_B=10^{-2}mol\cdot L^{-1}$. فتحصلنا على المنحنى البياني الممثّل في الشكل5.
   1.5. ما المقصود من معايرة المحلول (S_0)؟
   2.5. ارسم بشكل تخطيطي التركيب التجريبي لعملية المعايرة مع تسمية الأدوات والمحاليل.
   3.5. اكتب معادلة تفاعل المعايرة.
   4.5. احسب c_A التركيز المولي للمحلول المحضر (S_0).
   5.5. جد m كتلة حمض البنزويك النّقي الموجود في المحلول (S_0) الذي حجمه V_0.
   6.5. حدّد النسبة المئوية الكتلية p لحمض البنزويك النّقي الموجود في البلورات المذابة سابقا.

amine.zeddoun

Scanned with CamScanner



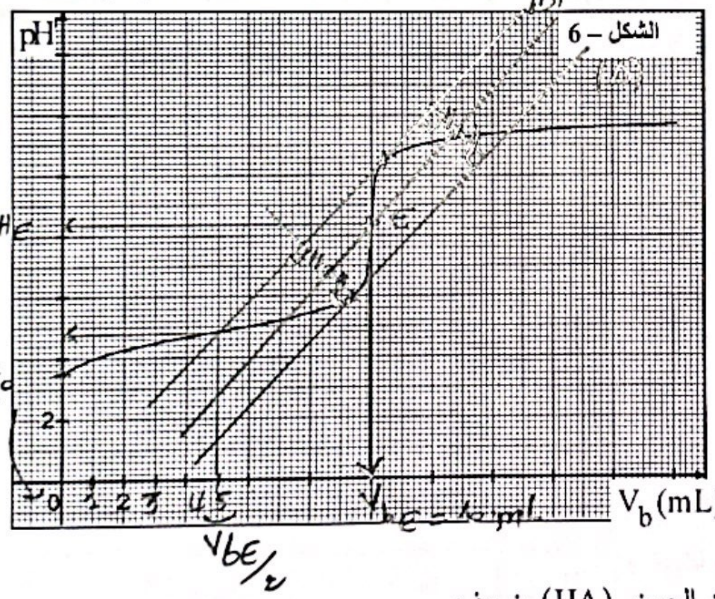
الشكل5

amine.zeddoun

التمرين الثّاني:

المحاليل مأخوذة عند درجة الحرارة $25\ ^0C$. يُعطى $K_e = 10^{-14}$.

اثناء عملية تنظيم محتويات مخبر الثانوية، عثر التلاميذ على قارورات لمحاليل أحماض عضوية أتلفت بطاقياتُها المحددة للاسم و الصيغة الجزيئية والتركيز المولي C_a للحمض (HA). للتعرف على أحدها، قام التلاميذ بمعايرة الحجم $V_a = 20\ mL$ من محلول أحد هذه الاحماض بمحلول مائي لهيدروكسيد البوتاسيوم $(K^+(aq) + HO^-(aq))$ تركيزه المولي $C_b = 2\times10^{-2}\ mol/L$. باستعمال لاقط pH متر و واجهة دخول موصولة بجهاز إعلام آلي مزود ببرمجية مناسبة، تحصلنا على المنحنى البياني $pH = f(V_b)$ حيث V_b حجم الأساس المضاف أثناء المعايرة، (الشكل-6)



الشكل – 6

1. اعْط المفهوم الكيميائي لنقطة التكافؤ.
2. عين إحداثيي نقطة التكافؤ واستنتج التركيز المولي C_a للحمض المعايَر.
3. عين بيانيا pK_a الثنائية (HA/A^-) ثم تعرف على الحمض المعايَر. يعطى الجدول

الثنائية HA/A^-	pKa
$CH_3CO_2H / CH_3CO_2^-$	4,8
HCO_2H / HCO_2^-	3,8
$C_6H_5CO_2H / C_6H_5CO_2^-$	4,2

4. اعتمادا على البيان، بين دون اي حساب ان الحمض (HA) ضعيف.
5. أ – اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث اثناء المعايرة.
   ب – احسب ثابت التوازن K لهذا التفاعل. ماذا تستنتج؟
   جـ – ما هو الكاشف الملون المناسب لهذه المعايرة ؟

الكاشف	مجال التغير اللوني
أزرق البروموتيمول	6,2 – 7,6
الفينول فتالين	8,2 – 10,0
أحمر الميثيل	4,2 – 6,2

amine.zeddoun

Scanned with CamScanner

التمرين الثالث:

يستعمل النشادر NH_3 في عدة مجالات منها تصنيع الأسمدة الأزوتية وكذلك في صناعة الأدوية والبلاستيك وغيرها من المنتجات.

معطيات:

amine.zeddoun

- تمت القياسات عند درجة الحرارة $25^{\circ}C$
- الجداء الشاردي للماء $K_e = 10^{-14}$

1. نعتبر محلولا مائيا (S_B) للنشادر NH_3 تركيزه المولي $c_B = 2\times10^{-2} mol\cdot L^{-1}$ ذو $pH = 10,75$.

1.1. اكتب معادلة انحلال النشادر في الماء.

2.1. احسب نسبة التقدم النهائية τ_f لهذا التفاعل، ماذا تستنتج؟

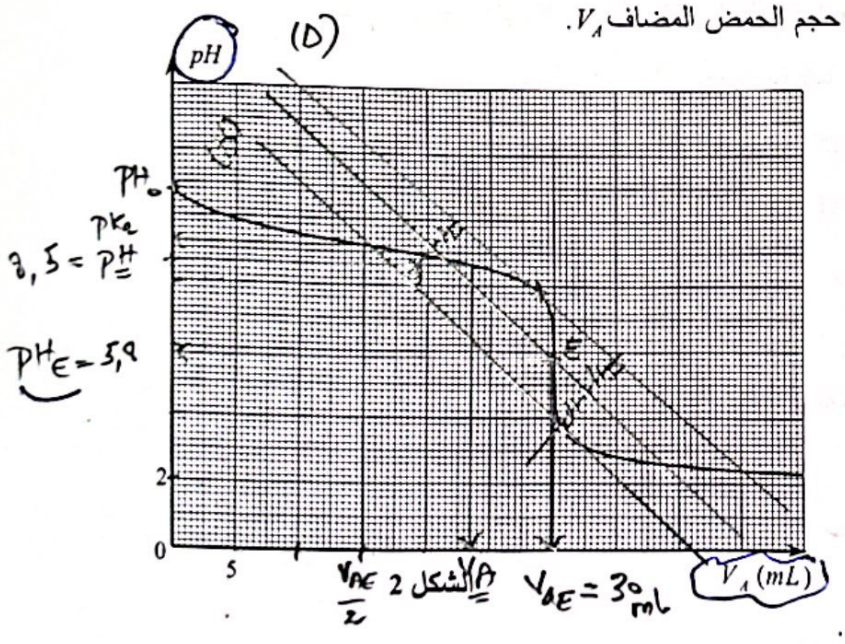
3.1. عبّر عن ثابت التوازن K لهذا التفاعل بدلالة c_B و τ_f ثم احسب قيمته.

4.1. بيّن أنّ pKa الثنائية $NH_4^+(aq)/NH_3(aq)$ يحقق العلاقة $pKa = log\frac{K}{K_e}$ ثم احسبه.

2. نقوم بمعايرة pH مترية لحجم $V_B = 30mL$ من المحلول (S_B) وذلك بواسطة محلول (S_A) لحمض كلور الهيدروجين $\left(H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)\right)$ تركيزه المولي c_A.

اكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الحادث أثناء المعايرة.

3. يمثل منحنى الشكل 2 تطور pH المزيج بدلالة حجم الحمض المضاف V_A.



الشكل 2

1.3. عرّف نقطة التكافؤ ثم عيّن إحداثيتيها.

2.3. احسب التركيز المولي c_A.

3.3. في غياب جهاز الـ pH متر نستعمل الكاشف الملون أحمر الكلوروفينول مجال تغيره اللوني $[4,8-6,4]$.

1.3.3. عرّف الكاشف الملون.

2.3.3. هل الكاشف أحمر الكلوروفينول مناسب في هذه المعايرة؟ علّل.

3.3.3. حدّد حجم الحمض المضاف لكي تتحقق النسبة $[NH_4^+]_f = 5[NH_3]_f$.

4. تأكّد بيانيا من قيمة pKa الثنائية $NH_4^+(aq)/NH_3(aq)$ مع شرح الطريقة المتبعة.

amine.zeddoun

Scanned with CamScanner

حل سلسلة التمارين: تطور ج. كيميائية نحو حالة توازن

حل التمرين (01):

1/ البروتوكول التجريبي لتحضير محلول (S) انطلاقا من مادة صلبة:

1- الاحتياطات الأمنية: - لبس المئزر والقفازات، وضع النظارات.

2- التجهيزات والمواد المستعملة: - ج. عيارية 100 mL، ممحاة زجاجية.
- م. ثمن البنزويك، الماء المقطر، ميزان إلكتروني، ملعقة.

3- خطوات العمل: - نزن كمية من صندوق البنزويك كتلتها $m_0 = 244\,mg$ بواسطة ميزان إلكتروني.
- نضع الكتلة في جاج عيارية سعتها 100 mL تحتوي على كمية من الماء المقطر.
- نذيبها ج. ثم نهزها بدرجها من أجل الحصول على محلول متجانس.
- نكمل الحجم بالماء المقطر حتى خط العيار.

2/ $C_6H_5COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = C_6H_5COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

3/ $pK_a = -\log(K_a) = -\log(6{,}31\times10^{-5})$

$\Rightarrow pK_a = 4{,}2$.

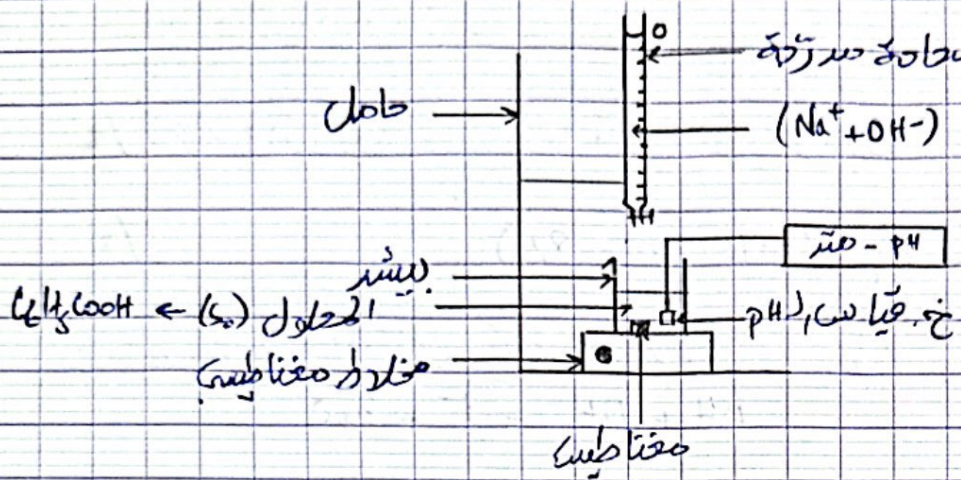
4/ لدينا: $pH = 2{,}95 < pK_a = 4{,}2$

ومنه: النوع الكيميائي الغالب هو: C_6H_5COOH.

Scanned with CamScanner

1- /5 المقصود بالمعايرة: تحديد تركيز المحلول المعاير (C_A) المجهول.

2-



3- $C_6H_5COOH_{(aq)} + OH^-_{(aq)} = C_6H_5COO^-_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$

4- لتحديد C_A: نجد إحداثيات نقطة التكافؤ E:

$$E(V_{BE} = 18mL \; ; \; pH_E = 8)$$

ومنه: نعلم أنه عند نقطة التكافؤ يكون المزيج ستوكيومتري:

$$\frac{n_A}{1} = \frac{n_{BE}}{1}$$

$$\Rightarrow C_A V_A = C_B V_{BE}$$

$$\Rightarrow C_A = \frac{C_B V_{BE}}{V_A} = \frac{10^{-2} \times 18 mL}{10 mL}$$

$$\Rightarrow C_A = 1,8 \times 10^{-2} \; mol/L.$$

5- لدينا: $\frac{m}{M} = C_A \times V_A \Rightarrow m = C_A . V_A . M$

$$\Rightarrow m = 1,8 \times 10^{-2} \times 0,1 \times 122 = 0,22g = 220 \; mg.$$

Scanned with CamScanner

$$p = \frac{m}{m_0} \times 100 = \frac{220}{244} \times 100 \Rightarrow p = 90,2\%$$ -6

حل التمرين (02):

1/ نقطة التكافؤ: هي نقطة التغير اللوني، حيث يكون المزيج ستوكيومتري.

2/ $E(V_{bE} = 10mL ; pH_E = 8,4)$.

عند نقطة التكافؤ يكون المزيج ستوكيومتري ⇐

$$AH + OH^- = A^- + H_2O$$

$$\frac{n_a}{1} = \frac{n_{bE}}{1}$$

$$\Rightarrow C_a V_a = C_b V_{bE}$$

$$\Rightarrow C_a = \frac{C_b \cdot V_{bE}}{V_a} = \frac{2 \times 10^{-2} \times 10}{20}$$

$$\Rightarrow C_a = 10^{-2} mol/L.$$

3/ عند نقطة نصف التكافؤ E' يكون:

$$\frac{V_{bE}}{2} = \frac{10}{2} = 5mL$$

$$pH_{E'} = pK_a = 4,8.$$ ومنه:

CH_3COOH ومنه: الكحض الموافق للقيمة pKa السابقة هو:

4/ بما أن $pH_E > 7$ فإن الكحض الموايد هو: كما هو مذكور.

5/ أ-

$$AH_{(aq)} + OH^-_{(aq)} = A^-_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

ب-

$$K = \frac{[A^-]_f}{[AH]_f \cdot [OH^-]_f} \times \frac{[H_3O^+]_f}{[H_3O^+]_f} = K_a \times \frac{1}{K_e} = \frac{K_a}{K_e}$$

$$\Rightarrow K = \frac{10^{-pK_a}}{10^{-14}} = 10^{-pK_a} \cdot 10^{14} \Rightarrow K = 10^{14-pK_a} = 10^{14-4,8}$$

$$\Rightarrow K = 1,58 \times 10^9 > 10^4$$

(3)

Scanned with CamScanner

إذن: تفاعل المعايرة تام.

ج- لدينا: $pH_E = 8,4 \in [9,2 - 10,0]$

ومنه: الكاشف المناسب هو: الفينول فتالين.

حل التمرين (03):

1- / 1

$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} = NH_{4(aq)}^+ + OH_{(aq)}^-$$

2-

	NH_3	H_2O	NH_4^+	OH^-
$t=0$	$C_B V_B$	بوفرة	0	0
t	$C_B V_B - x$	/	x	x
t_f	$C_B V_B - x_f$	/	x_f	x_f

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{n_f(OH^-)}{n_0(NH_3)} = \frac{[OH^-]_f V_B}{C_B V_B} = \frac{[OH^-]_f}{C_B} \quad \ldots (*)$$ لدينا:

$$\Rightarrow \tau_f = \frac{10^{pH-14}}{C_B} = \frac{10^{10,7-14}}{2 \times 10^{-2}} \Rightarrow \tau_f = 2,81 \times 10^{-2}$$

$$\Rightarrow \tau_f = 2,81\% < 100\%$$

ومنه: أساس ضعيف يتحلل جزئيا في الماء.

3-

$$K = \frac{[NH_4^+]_f . [OH^-]_f}{[NH_3]_f}$$

$$\tau_f = \frac{[OH^-]_f}{C_B} \Rightarrow [OH^-]_f = \tau_f . C_B \quad : (*)$$ من

- $[NH_4^+]_f = [OH^-]_f = \tau_f . C_B$
- $[NH_3]_f = \frac{C_B V_B}{V_B} - \frac{x_f}{V_B} = C_B - [OH^-]_f = C_B - \tau_f . C_B = C_B(1 - \tau_f)$ لدينا:

Scanned with CamScanner

$$\Rightarrow K = \frac{(\tau_f \cdot C_B)^2}{C_B(1-\tau_f)} = \frac{\tau_f^2 \cdot C_B^2}{C_B \cdot (1-\tau_f)}$$

$$\Rightarrow K = C_B \cdot \frac{\tau_f^2}{1-\tau_f} = 2\times10^{-2} \times \frac{(2,81\times10^{-2})^2}{1-2,81\times10^{-2}}$$

$$\Rightarrow K = 1,62\times10^{-5}$$

$$pKa = -\log(K_a) \quad -4$$

$$K_a = [H_3O^+]_f \cdot \frac{[NH_3]_f}{[NH_4^+]_f} \times \frac{[OH^-]_f}{[OH^-]_f} = K_e \cdot \frac{1}{K} = \frac{K_e}{K}$$

$$pKa = -\log\left(\frac{K_e}{K}\right) \quad \text{: ومنه}$$

$$\Rightarrow pKa = \log\left(\frac{K}{K_e}\right)$$

$$\Rightarrow pKa = \log\left(\frac{1,62\times10^{-5}}{10^{-14}}\right)$$

$$\Rightarrow pKa = 9,2$$

$$NH_{3(aq)} + H_3O^+_{(aq)} = NH_4^+_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \quad /2$$

3/ 1- تعريف نقطة التكافؤ. (ب ت ع).

- باستعمال طريقة المماسين المتوازيين (Δ) و (Δ') نجد:

$$E(V_{AE} = 30mL \; ; \; pH_E = 5,8).$$

2- عند نقطة التكافؤ يكون المزيج ستوكيومتري:

$$\frac{n_B}{1} = \frac{n_{AE}}{1}$$

$$\Rightarrow C_B \cdot V_B = C_A \cdot V_{AE} \Rightarrow C_A = \frac{C_B \cdot V_B}{V_{AE}} = \frac{2\times10^{-2} \times 36}{36} \Rightarrow C_A = 2\times10^{-2} mol/L.$$

Scanned with CamScanner

3-1- تعريف الكاشف الملون : هو مركب كيميائي نستعمله للكشف عن نقطة التكافؤ E.

3-2- الكاشف الأحمر الكلوروفينول هنا سبب لهذه المعايرة لأن :
$pH_E = 5,8 \in [4,8 - 6,4]$.

3-3- من أجل $V_A = ?$ حيث $[NH_4^+]_f = 5[NH_3]_f$.

لدينا : $pH = pka + \log \frac{[NH_3]_f}{[NH_4^+]_f}$.

$\Rightarrow pH = pka + \log \frac{[NH_3]_f}{5[NH_3]_f} = pka + \log\left(\frac{1}{5}\right)$

$\Rightarrow pH = pka - \log(5) = 9,2 - \log(5)$

$\Rightarrow pH = 8,5$.

بالإسقاط نجد : $V_A = 83,5\,mL$.

/4 عند نقطة نصف التكافؤ E' يكون : $\frac{V_{AE}}{2} = \frac{30}{2} = 15\,mL$.

ومنه : $pH_{E'} = pka = 9,2$.

Scanned with CamScanner