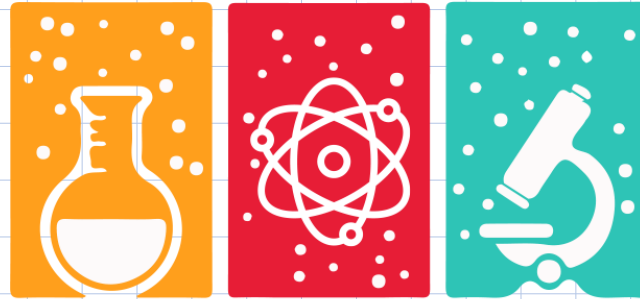


# دروس الدعم والتقوية عن بعد (تطبيق zoom)

الوحدة 04: تطور جملة ميكانيكية نحو حالة التوازن

سلسلة تمارين مقترحة



أكاديمية طواهرية

للعلوم الفيزيائية

WWW.TOUAHRIA.COM

هيدروكسيلاмин هو مركب كيميائي من المركبات اللاعضوية له الصيغة  $NH_2OH$  ويكون على هيئة صلب بلوري أبيض اللون.

**1- دراسة تفاعل هيدروكسيلامين مع الماء:**

**أ-** أكتب معادلة تفاعل هيدروكسيلامين مع الماء.

**ب-** أنشئ جدول تقدم التفاعل السابق.

**ج-** أثبت أن عبارة نسبة التقدم النهائي  $\tau_f$  للتفاعل المدروس، تكتب من الشكل التالي:

$$\tau_f = \frac{1}{1 + K_A \cdot 10^{pH}}$$

**د-** أعطى قياس  $pH$  لمحلول مائي ( $S_B$ ) القيمة 9,0. أحسب قيمة  $\tau_f$ ، ماذا تستنتج؟

**2- معايرة محلول هيدروكسيلامين:**

لتحديد التركيز المولي  $C_B$  لمحلول مائي ( $S_B$ ) لهيدروكسيلامين  $NH_2OH$ ، نجز المعايرة بقياس  $pH$  لحجم  $V_B = 30 \text{ mL}$  من هذا المحلول بواسطة محلول ( $S_A$ ) لحمض كلور الهيدروجين ( $H_3O^+ + Cl^-$ ) تركيزه المولي  $C_A = 1,5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

تمكن النتائج المتحصل عليها من رسم المنحنيات

$pH = f(V_A)$  الممثلين في الشكل -1-.

**أ-** أرسم التركيب التجريبي لعملية المعايرة، مع تحديد البيانات عليه.

**ب-** أكتب معادلة تفاعل المعايرة الحاصل.

**ج-** أحسب النسبة  $\frac{[NH_2OH]}{[NH_3OH^+]}$  عند إضافة الحجم  $V_A = 24 \text{ mL}$  من المحلول ( $S_A$ ).

**د-** أوجد قيمة  $C_B$ .

**هـ-** باستعمال قيمة الـ  $pH$  بالنسبة للحجم المضاف

$V_A = 5 \text{ mL}$  من المحلول ( $S_A$ )، بين أن عبارة

ثابت التوازن  $K$  لتفاعل المعايرة تكتب على

الشكل التالي:

$$K = \frac{C_A \cdot V_A}{(C_B \cdot V_B - C_A \cdot V_A) \cdot 10^{-pH}}$$

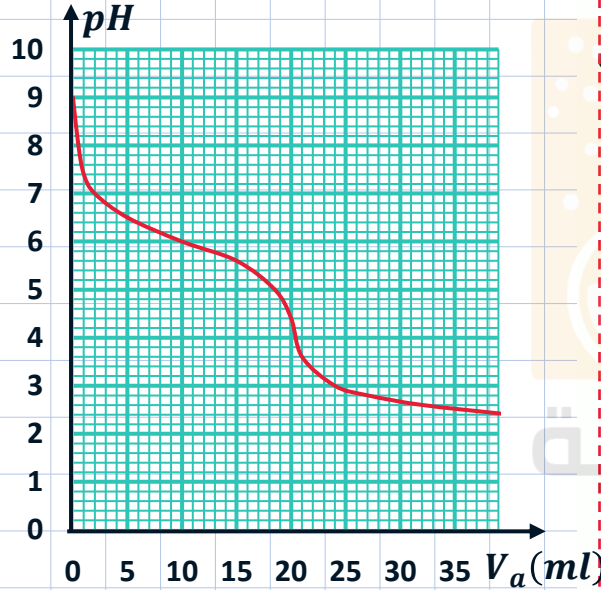
أحسب قيمته. ماذا تستنتج؟

المعطيات:  $pK_A(NH_3OH^+/NH_2OH) = 6$

## تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن



أكاديمية طواهرية  
للعلوم الفيزيائية  
WWW.TOUAHRIA.COM



الشكل -1-

رمز لثنائي أكسيد الكربون المنحل في الماء بالصيغة الكيميائية ( $CO_2, H_2O$ )، وهو حمض، أساسه المرافق هو شاردة البيكربونات  $HCO_3^- (aq)$ . كذلك يمكن للشاردة  $HCO_3^- (aq)$  أن تسلك سلوكا حمضيا وأساسها المرافق في هذه الحالة هو شاردة الكربونات  $CO_3^{2-} (aq)$ .

1- عرف الحمض والأساس حسب برونشتد.  
2- اكتب المعادلتين الموافقتين للتفاعلين الممكنين بين شاردة البيكربونات  $HCO_3^- (aq)$  والماء. مع تحديد الثنائيات (أساس/حمض) الداخلة في التفاعلين.

يمثل الشكل 1- مخطط تغيرات النسب المئوية الموافقة لمختلف الأفراد الكيميائية المشكلة للثنائيتين السابقتين بدلالة الـ  $pH$ .

4-أ عين مجال الـ  $pH$  الذي تكون فيه:  
- النسبة المئوية لتواجد النوع الكيميائي  $CO_2, H_2O$  أكبر من 90%.  
- النسبة المئوية لتواجد النوع الكيميائي  $HCO_3^- (aq)$  أكبر من 90%.  
- النسبة المئوية لتواجد النوع الكيميائي  $CO_3^{2-} (aq)$  أكبر من 90%.

ب- عين بيانيا القيمتين  $pK_{a1}$  و  $pK_{a2}$  الموافقتين للثنائيتين المميزتين لشاردة البيكربونات  $HCO_3^- (aq)$ .  
ج- لدينا بمخبر الكيمياء محلولين هما:

المحلول ( $S_1$ ) بطاقته:  $(Na^+_{(aq)} + HCO_3^-_{(aq)})$  تركيزه المولي  $C$ .

المحلول ( $S_2$ ) بطاقته:  $(2Na^+_{(aq)} + CO_3^{2-}_{(aq)})$  تركيزه المولي  $0,1 mol.L^{-1}$ .

علما ان قياس الـ  $pH$  المميز لهذين المحلولين أعطى القيمتين  $pH_a = 8,5$  و  $pH_b = 11,5$ . أرفق كل قيمة منهما بالمحلول الموافق لها مع التبرير.

5- من أجل التأكد من التركيز المولي للمحلول ( $S_1$ )، قام المخبري بأخذ حجم  $V_1 = 20 mL$  من المحلول ( $S_1$ ) ونقوم بمعيارته بمحلول كلور الهيدروجين

$(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$  تركيزه  $C_2 = 0,1 mol.L^{-1}$  باستخدام جهاز قياس الـ  $pH$  والاعلام الآلي تحصلنا على البيان الممثل في الشكل 2-.

أ- ضع رسم تخطيطي للتركيب التجريبي المستعمل في المعايرة مع وضع البيانات.

ب- اكتب معادلة تفاعل المعايرة.

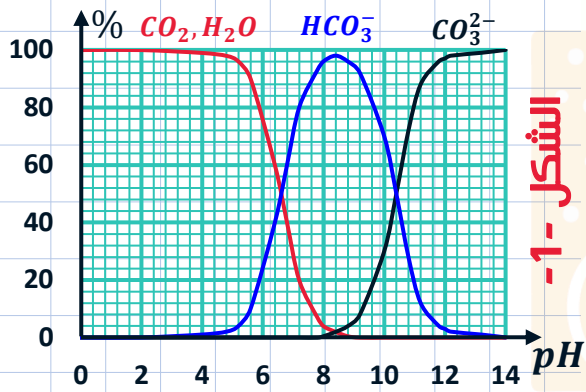
ج- ما هي مميزات تفاعل المعايرة؟

د- احسب التركيز المولي  $C_1$  للمحلول ( $S_1$ ).

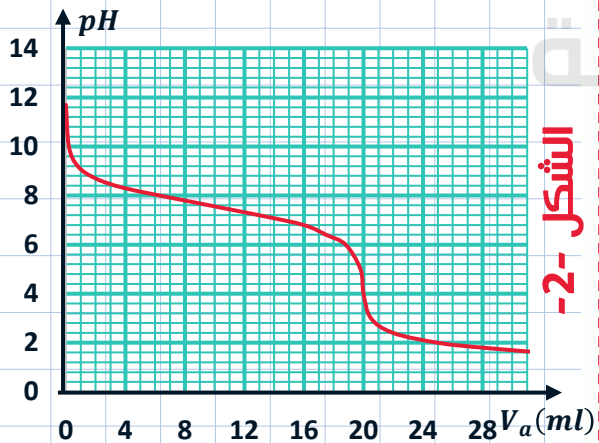
هـ- عين معلا جوابك، الكاشف الملون الملائم لإنجاز هذه المعايرة.

## تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن

أكاديمية طواهرية للعلوم الفيزيائية  
WWW.TOUAHRIA.COM



الشكل 1-1



الشكل 2-2

يوجد حمض البنزويك  $C_6H_5COOH$  على شكل مسحوق أبيض يستعمل كمادة حافظة في الصناعة الغذائية.

**1-** نذيب كتلة  $m$  من حمض البنزويك في الماء المقطر، فنحصل على محلول  $S$  حجمه  $V$  وتركيزه  $C = 10^{-2} \text{ mol/L}$ . نقيس الناقلية النوعية للمحلول المحصل عليه فنجد  $\sigma = 29 \text{ mS.m}^{-1}$ .

**أ-** أحسب قيمة الكتلة  $m$ .  
**ب-** أكتب معادلة تفاعل الحمض مع الماء.  
**ج-** أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل واحسب قيمة نسبة التقدم النهائي  $\tau$  للتفاعل الحاصل.  
**د-** أوجد عبارة  $pH$  المحلول  $S$  بدلالة  $C$  و  $\tau$ ، ثم احسب قيمته.

**هـ-** استنتج قيمة ثابت الحموضة  $K_a$  للثنائية  $(C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-)$ .

**2-** لتحديد درجة نقاوة مسحوق حمض البنزويك، نضيف كتلة  $m' = 1 \text{ g}$  من مسحوق حمض البنزويك إلى حجم  $V_B = 20 \text{ mL}$  من محلول هيدروكسيد الصوديوم  $(Na^+ + OH^-)$

تركيزه  $C_B = 1 \text{ mol/L}$  بحيث تكون شوارد  $OH^-$  أكثر بكثير من جزيئات الحمض  $C_6H_5COOH$ . نرسم لكمية مادة الحمض البنزويك الابتدائية  $n_0$ .

اكتب عبارة كمية مادة شوارد  $OH^-$  المتبقية بدلالة  $C_B$ ،  $V_B$  و  $n_0$  عند نهاية التفاعل.

**3-** نعاير فائض الشوارد  $OH^-$  بواسطة محلول حمض الهيدروجين  $(H_3O^+ + Cl^-)$  تركيزه  $C_A = 0,5 \text{ mol/L}$ . نستخدم لذلك جهاز قياس الـ  $pH$  فنحصل على البيان  $pH = f(V_A)$  الممثل في الشكل (01).

**أ-** أكتب معادلة تفاعل معايرة شوارد الهيدروكسيد المتبقية. **ب-** أحسب كمية مادة شوارد الهيدروكسيد المتبقية. **ج-** احسب  $n_0$ .  
**د-** استنتج النسبة الكتلية لحمض البنزويك الخالص في المسحوق.

### المعطيات:

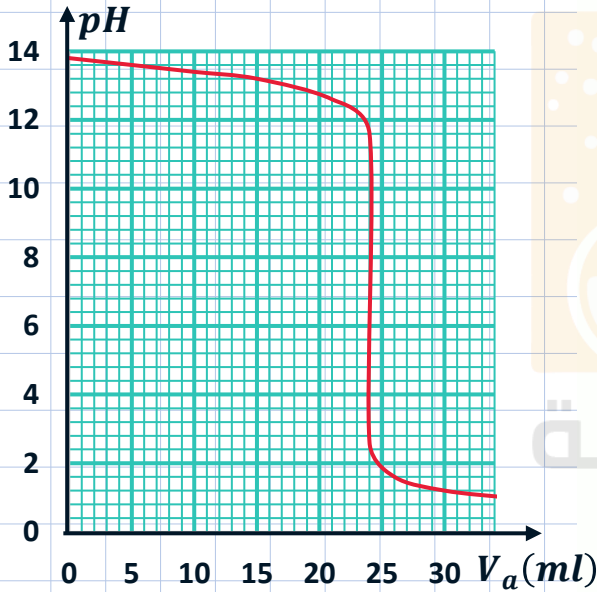
الكتلة المولية للبنزويك  $M = 122 \text{ g.mol}^{-1}$ .  
الناقلية النوعية المولية الشاردية عند  $25^\circ C$ :

$$\lambda(H_3O^+) = 35 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

$$\lambda(C_6H_5COO^-) = 3,25 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

## تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن

أكاديمية طواهرية  
للعلوم الفيزيائية  
WWW.TOUAHRIA.COM



الشكل -1-

في المختبر لدينا 3 محاليل مائية:

(S<sub>1</sub>): حمض النتروز HNO<sub>2</sub>.

(S<sub>2</sub>): ميثانات الصوديوم (HCOO<sup>-</sup> + Na<sup>+</sup>).

(S<sub>3</sub>): حمض الميثانويك HCOOH.

بواسطة جهاز قياس الـ pH حصلنا على النتائج

الموجودة في الجدول التالي:

المحلول	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
C (mol.L <sup>-1</sup> )	0,2	0,4	C <sub>3</sub>
pH	2,0	8,7	2,2

1- أكتب معادلة التفاعل بين المحلول (S<sub>1</sub>)

والماء وبين المحلول (S<sub>3</sub>) والماء.

2- أعط عبارة ثابت التوازن لكل منهما.

3- باستخدام مخطط الصفة الغالبة، حدد الفرد

الكيميائي الغالب في كل من (S<sub>1</sub>) و(S<sub>2</sub>).

4- في بيشر نقوم بمرج حجم V = 200 mL من

المحلول (S<sub>1</sub>) مع حجم V = 200 mL من

المحلول (S<sub>2</sub>).

أ- اكتب معادلة التفاعل الناتج عن مرج

المحلولين.

ب- أكتب عبارة كسر التفاعل Q<sub>r,i</sub> للحالة

الابتدائية الموافق لهذه المعادلة.

ج- أوجد عبارة كسر التفاعل Q<sub>r,eq</sub> عند حالة

التوازن بدلالة ثوابت الحموضة للثنائيات

(أساس/حمض)، ثم أحسب قيمته.

د- استنتج جهة تطور التفاعل المنمذج في

معادلة السؤال 4-أ.

5- لتحديد تركيز المحلول (S<sub>3</sub>) بواسطة المعايرة،

نأخذ حجما V<sub>A</sub> = 10 mL من المحلول (S<sub>3</sub>)

ونعائره بمحلول (S<sub>B</sub>) لهيدروكسيد الصوديوم

(Na<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup>) تركيزه C<sub>B</sub> = 0,20 mol.L<sup>-1</sup>.

بواسطة برمجية الإعلام الآلي نتحصل على

المنحنيات pH = f(V<sub>B</sub>) الممثلة في الشكل 1-1.

أ- أكتب معادلة تفاعل المعايرة.

ب- حدد حجم التكافؤ V<sub>E</sub>.

ج- استنتج التركيز C<sub>3</sub> للمحلول (S<sub>3</sub>).

د- أحسب كمية شوارد الهيدروكسيد OH<sup>-</sup> في

المزيج عند إضافة V<sub>B</sub> = 2,5 mL من المحلول

الأساسي.

ه- حدد الأفراد الكيميائية المتواجدة في المزيج،

وأحسب تراكيزها من أجل pH = 3,8.

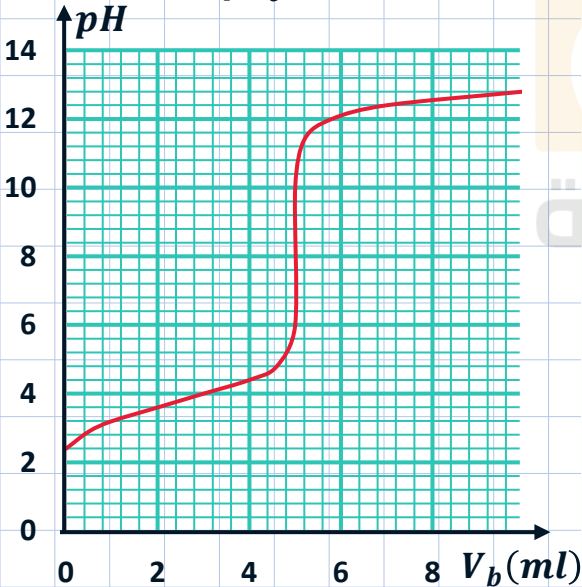
## تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن

المعطيات:

$$pK_{A1}(HNO_2/NO_2^-) = 3,3$$

$$pK_{A2}(HCOOH/HCOO^-) = 3,8$$

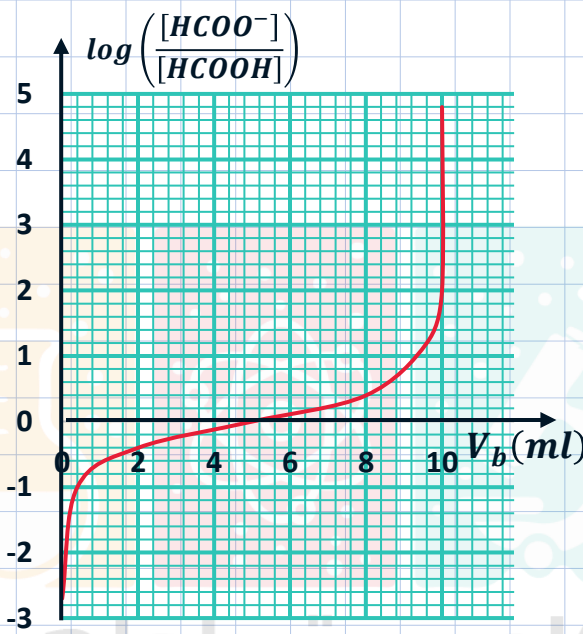
$$pK_e = 14$$



الشكل 1-1



تطور جملة كيميائية  
نحو حالة التوازن



الشكل -1-

- نحل كمية كتلتها  $m = 0,046 \text{ g}$  من حمض الميثانويك في الماء المقطر، فنحصل على محلول حجمه  $V = 100 \text{ mL}$  وناقليته النوعية  $\sigma = 0,049 \text{ S.m}^{-1}$ .
- 1- أحسب  $pH$  المحلول.
  - 2- بين أن النسبة النهائية للتقدم تكتب على الشكل:

$$\tau_f = \frac{K_A}{K_A + 10^{-pH}}$$

ثم احسب قيمتها، ماذا تستنتج؟

- 3- نعاير حجما  $V_A = 10 \text{ mL}$  من المحلول السابق بمحلول هيدروكسيد الصوديوم  $(Na^+, OH^-)$  تركيزه المولي  $C_B$ . نمثل في الشكل -1- البيان  $\log\left(\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}\right) = f(V_B)$ .

4- أ- اكتب معادلة التفاعل.

ب- أوجد حجم التكافؤ، ثم احسب  $C_B$ .

ج- احسب قيمة  $pH$  المزيج عند التكافؤ.

المعطيات:

$$\lambda_{H_3O^+} = 35 \text{ (mS.m}^{-1}.mol^{-1}\text{)}$$

$$\lambda_{HCO_2^-} = 5,46 \text{ (mS.m}^{-1}.mol^{-1}\text{)}$$

تتوفر على محلول مائي لحمض البروبانويك تركيزه المولي  $C$  وحجمه  $V$ . أعطى قياس  $pH$  المحلول القيمة 2,9.

1- أكتب المعادلة المنمذجة لتفاعل حمض البروبانويك مع الماء.

2- عبر عن  $pH$  المحلول بدلالة  $pK_A$  للثنائية  $(C_2H_5COOH/C_2H_5COO^-)$  وتركيز النوعين الكيميائيين  $C_2H_5COOH$  و  $C_2H_5COO^-$  في المحلول.

3- بين أن نسبة التقدم النهائي للتفاعل تكتب على الشكل:

$$\tau_f = \frac{1}{1 + 10^{pK_A - pH}}$$

أحسب قيمتها.

4- نأخذ حجما  $V_A$  من محلول مائي للحمض  $C_2H_5COOH$  تركيزه المولي  $C_A$  ونعايره بواسطة محلول مائي  $(S_B)$  لهيدروكسيد الصوديوم  $(Na^+ + OH^-)$  تركيزه المولي  $C_B$ . ونتابع تغير  $pH$  الخليط التفاعلي بدلالة الحجم  $V_B$  للمحلول  $(S_B)$  المضاف. اعتمادا على النتائج المحصل عليها، تم رسم المنحنى البياني الممثل في الشكل (01) مع  $V_B < V_{BE}$  حيث  $V_{BE}$  هو

حجم هيدروكسيد الصوديوم المضاف عند التكافؤ.

أ- أرسم البروتوكول التجريبي للمعايرة، مع تحديد البيانات.

ب- أكتب المعادلة المنمذجة لتفاعل المعايرة.

ج- أوجد، عند إضافة حجم  $V_{BE}$  من المحلول

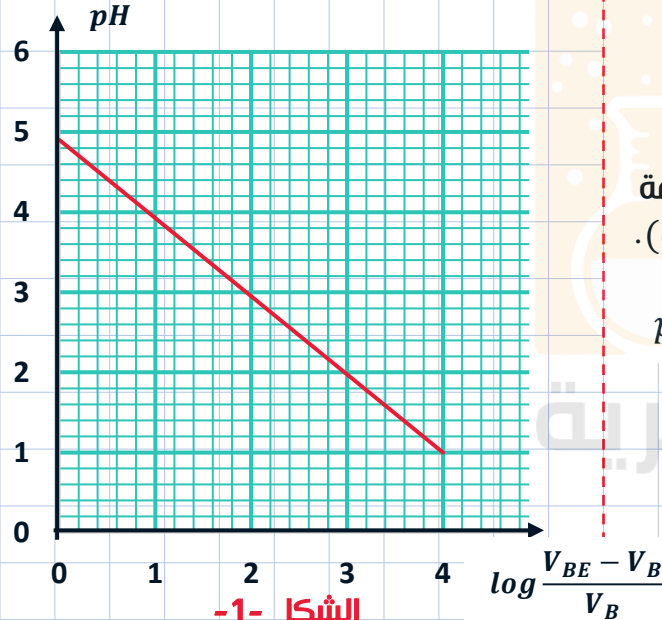
$(S_B)$ ، عبارة النسبة  $\frac{[C_2H_5COO^-]}{[C_2H_5COOH]}$  بدلالة  $V_B$  و  $V_{BE}$ .

د- اعتمادا على الشكل (03)، تحقق من قيمة

$pK_A$  للثنائية  $(C_2H_5COOH/C_2H_5COO^-)$ . المعطيات:

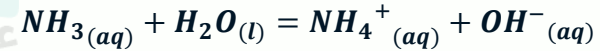
$$pK_A(C_2H_5COOH/C_2H_5COO^-) = 4,9$$

## تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن



الإنتاج العالمي من مادة النشادر  $NH_3$  بحوالي 160 طن سنويا وتستهلك 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.

**1-** نعتبر محلولاً مائياً للنشادر حجمه  $V$  وتركيزه  $C_B = 2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ . أعطى قياس  $pH$  لهذا المحلول القيمة 10,75. نمذج التحول الكيميائي الذي يحدث بين النشادر والماء بالمعادلة الكيميائية التالية:



**1.1-** حدد نسبة التقدم النهائي  $\tau$  لهذا التفاعل. ماذا تستنتج؟

**2.1-** اكتب عبارة كسر التفاعل  $Q_r(eq)$  عند توازن الجملة الكيميائية بدلالة  $C_B$  و  $\tau$ . أحسب قيمته.

**3.1-** تحقق من قيمة ثابت الحموضة  $pK_A$  للثنائية ( $NH_4^+/NH_3$ )

**2-** نقوم بمعايرة الحجم  $V_b = 30 \text{ mL}$  من محلول مائي للنشادر ( $S'_B$ )، تركيزه  $C'_B$ ، بواسطة محلول مائي ( $S_a$ ) لحمض كلور الماء ذي التركيز  $C_A = 2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  بقياس الـ  $pH$ .

**1.2-** أكتب المعادلة الكيميائية المنمذجة لهذه المعايرة.

**2.2-** يمثل المنحنى الممثل في الشكل (01) تغير  $pH$  الخليط بدلالة الحجم  $V_A$  للمحلول ( $S_A$ ) لحمض كلور الماء المضاف.

**أ-** حدد إحداثيات نقطة التكافؤ  $E$ .

**ب-** أحسب التركيز  $C'_B$ .

**ج-** عين، معلا جوابك، الكاشف الملون الملائم لإنجاز هذه المعايرة.

**د-** حدد الحجم  $V_{A1}$  من محلول حمض كلور الماء الذي يجب إضافته لكي تتحقق العلاقة  $[NH_4^+] = [NH_3]$  في المزيج التفاعلي.

المعطيات:

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

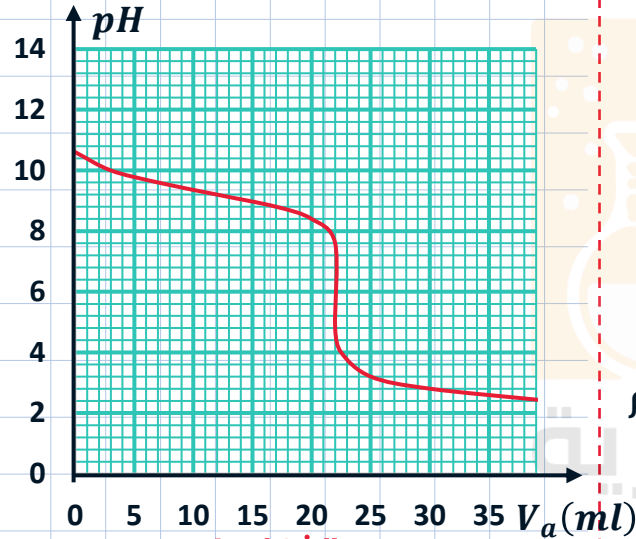
ثابت الحموضة للثنائية:

$$pK_A(NH_4^+/NH_3) = 9,2$$

## تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن



أكاديمية طواهرية  
للعلوم الفيزيائية  
WWW.TOUAHRIA.COM



الشكل 1-

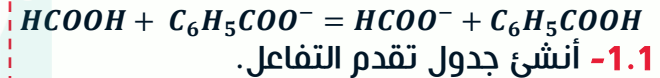
الكاشف الملون	$pH$ مجال تغير الـ
الهيلينتين	3,1 - 4,4
أحمر الكلوروفينول	5,4 - 6,8
أزرق البروموتيمول	6 - 7,6
الفينول فتالين	8,2 - 10



يهدف هذا التمرين إلى دراسة تفاعل حمض الميثانويك ( $HCOOH$ ) مع شاردة البنزوات ( $C_6H_5COO^-$ ) ثم مع هيدروكسيد الصوديوم ( $Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$ ).

### 1- تفاعل حمض الميثانويك مع شاردة البنزوات:

نحضر خليطا ( $S$ ) حجمه  $V$  بمزج  $n_1 = 10^{-3} mol$  من حمض الميثانويك و  $n_2 = 10^{-3} mol$  من بنزوات الصوديوم، فيحصل تحول كيميائي نمذجه بالمعادلة التالية:



2.1- أوجد عبارة ثابت التوازن  $K$  للتفاعل بدلالة

$pK_{a1}$  و  $pK_{a2}$ . ثم تحقق أن قيمته  $2,82$ .

3.1- بين أن عبارة نسبة التقدم النهائي  $\tau_f$

تكتب على الشكل التالي:

$$\tau_f = \frac{\sqrt{K}}{1+\sqrt{K}}$$

ثم أحسب قيمة  $\tau_f$ . ماذا تستنتج؟

4.1- علما أن  $pH$  الخليط هو  $3,97$ ، حدد

الأنواع الكيميائية الغالبة من بين:  $HCOO^-$ ،

$HCOOH$ ،  $C_6H_5COO^-$ ،  $C_6H_5COOH$ .

### 2- تفاعل حمض الميثانويك مع هيدروكسيد الصوديوم:

لتحديد قيمة  $C_a$  تركيز حمض الميثانويك  $HCOOH$ ، نأخذ حجما  $V_a = 10 mL$  من هذا الحمض ونعايره بواسطة محلول مائي ( $S_b$ ) لهيدروكسيد الصوديوم ( $Na^+ + OH^-$ ) ذي التركيز المولي  $C_b = 5 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$ .

يمثل المنحنى تغير  $pH$  الخليط بدلالة الحجم  $V_b$  للمحلول ( $S_b$ ) المبين في الشكل (01).

1.2- اكتب معادلة تفاعل المعايرة.

2.2- حدد بيانيا  $V_{bE}$  و  $pH_E$ .

3.2- استنتج قيمة  $C_a$  تركيز حمض الميثانويك.

4.2- اختر معلا جوابك، الكاشف الملون المناسب لهذه المعايرة.

5.2- حدد الحجم  $V_b$  من محلول هيدروكسيد

الصوديوم الذي يجب إضافته إلى الخليط لكي

تتحقق العلاقة:  $[HCOO^-] = 5[HCOOH]$

المعطيات:

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

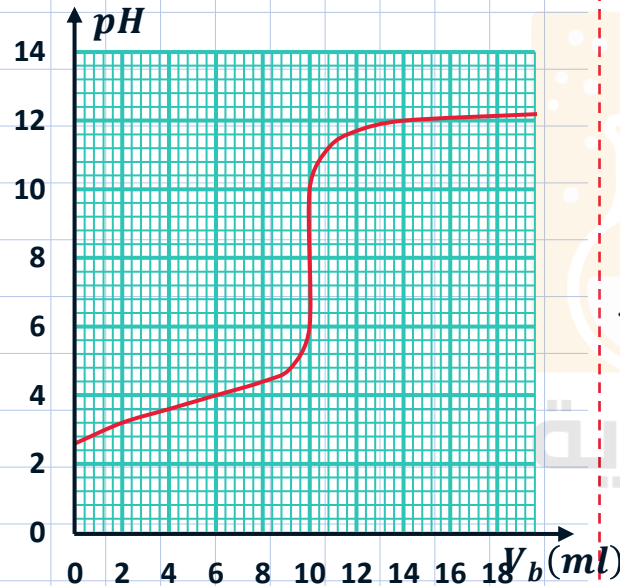
$pK_{a1} = 3,75$ : ( $HCOOH/HCOO^-$ )

$pK_{a2} = 4,2$ : ( $C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-$ )

### تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن



أكاديمية طواهرية  
للعلوم الفيزيائية  
WWW.TOUAHRIA.COM



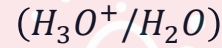
الشكل -1-

الكاشف الملون	الهيلينتين	أحمر الكريزول	أزرق البروموثيمول	الفينول فتالين
3,1 - 4,4	7,2 - 8,8	6 - 7,6	8,2 - 10	مجال تغير الـ pH

تؤخذ كل المحاليل عند الدرجة  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

$$\lambda_{H_3O^+} = 35 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\lambda_{CH_3COO^-} = 4,1 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$



انطلاقا من محلول مائي ( $S_0$ ) لحمض الإيثانويك  $CH_3COOH$  تركيزه المولي  $C_0$ ، قمنا بتحضير 3 محاليل بتراكيز معلومة. بواسطة جهاز قياس الناقلية حصلنا على النتائج الموجودة في الجدول التالي:

المحلول	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
C (mmol. L <sup>-1</sup> )	10	5	2	1
$\sigma$ (mS. m <sup>-1</sup> )	15,6	11,0	6,9	5,0
$[H_3O^+]$ (mmol. L <sup>-1</sup> )				

- 1- اكتب معادلة تفاعل حمض الإيثانويك مع الماء.
- 2- أنشئ جدول تقدم التفاعل.
- 3- أوجد عبارة  $[H_3O^+]$  بدلالة  $\sigma$ ،  $\lambda_{CH_3COO^-}$ .
- 4- أكمل الجدول السابق.
- 5- اكتب عبارة كسر التفاعل  $Q_{r,eq}$  عند التوازن بدلالة  $[H_3O^+]$  و  $C_0$ .
- 6- أحسب قيمة  $Q_{r,eq}$  بالنسبة للمحلولين ( $S_1$ ) و ( $S_3$ ). هل يتعلق بالتركيز المولي للحمض؟

تطور جملة كيميائية  
نحو حالة التوازن