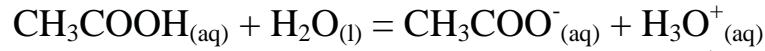


## التمرين الاول

I- نمذج التحول الكيميائي المحدود لحمض الإيثانويك (حمض الخل) مع الماء بتفاعل كيميائي معادلته :



- 1- أعط تعريفا للحمض وفق نظرية برونشستد .
  - 2- أكتب الثنائيتين (أساس/ حمض) الداخلتين في التفاعل الحاصل .
  - 3- أكتب عبارة ثابت التوازن K الموافق للتفاعل الكيميائي السابق .
- II- نحضر محلولاً مائياً لحمض الإيثانويك حجمه  $V = 100 \text{ mL}$  ، و تركيزه المولي  $C = 2.7 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$  ، و قيمة الـ pH له في الدرجة  $25^\circ\text{C}$  تساوي 3.7 .
- 1- استنتج التركيز المولي النهائي لشوارد الهيدرونيوم في محلول حمض الإيثانويك .
  - 2- انشئ جدولاً لتقدم التفاعل ، ثم أحسب كلا من التقدم النهائي  $X_f$  و التقدم الأعظمي  $X_{\text{max}}$  .
  - 3- أحسب قيمة النسبة النهائية  $(\tau_f)$  لتقدم التفاعل . ماذا تستنتج ؟
  - 4- أحسب :
- أ- التركيز المولي النهائي لكل من  $(\text{CH}_3\text{COOH})$  و  $(\text{CH}_3\text{COO}^-)$  .
  - ب- قيمة  $pK_a$  للثنائية  $(\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-)$  ، و استنتج النوع الكيميائي المتغلب في المحلول الحمضي .

## التمرين الثاني

- 1- نعتبر محلول S لغاز النشادر تركيزه المولي  $C=10^{-1} \text{ mol/l}$  وله  $\text{PH}=11.1$
- 2- اكتب معادلة تفاعل غاز النشادر مع الماء
- 3- احسب نسبة تقدم التفاعل ماذا تستنتج؟
- 4- اقترح طريقة تمكن من تحضير محلول  $S_2$  لغاز النشادر حجمه  $V_2=100\text{ml}$  وتركيزه  $C_2=2.5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$  و هذا انطلاقاً من المحلول  $S_1$
- 5- اذا كان  $\text{PH}$  المحلول هو 10.8 احسب نسبة التقدم النهائي للمحلول  $S_2$  ماذا تستنتج
- 6- أعط عبارة ثابت الحموضة (Ka) للثنائية  $(\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3)$  .
- 5- أحسب قيمة الـ  $pK_a$  الموافق للمحلول  $S_2$

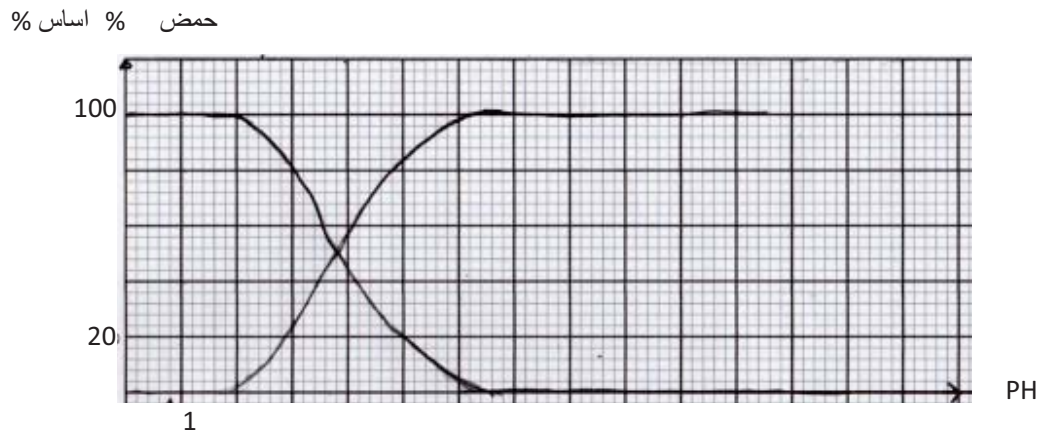
### التمرين الثالث

- I- نأخذ محلولاً مائياً ( $S_1$ ) لحمض البنزويك  $C_6H_5-COOH$  تركيزه المولي  $C_1 = 1.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ . نقيس عند التوازن في الدرجة  $25^\circ C$  ناقلية النوعية فنجدها  $\sigma = 0.86 \cdot 10^{-2} \text{ S.m}^{-1}$ .
- 1- أكتب معادلة التفاعل المنمذج لتحويل حمض البنزويك في الماء .
  - 2- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل .
  - 3- أحسب التراكيز المولية لأنواع الكيمائية المتواجدة في المحلول ( $S_1$ ) عند التوازن .  
تعطى الناقلية المولية للشاردة  $H_3O^+$  و الشاردة  $C_6H_5COO^-$  :  
 $\lambda(C_6H_5COO^-) = 3.24 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$  ،  $\lambda(H_3O^+) = 35.0 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$  (نهمل التشرّد الذاتي للماء) .
  - 4- أوجد النسبة النهائية  $\tau_{If}$  لتقدم التفاعل . ماذا تستنتج ؟
  - 5- أحسب ثابت التوازن الكيميائي  $K_1$  .
- II- نعتبر محلولاً مائياً ( $S_2$ ) لحمض الساليسيليك ، الذي يمكن أن نرمز له (HA) ، تركيزه المولي  $C_1 = C_2$  و له  $pH = 3.2$  في الدرجة  $25^\circ C$ .
- 1- أوجد النسبة النهائية  $\tau_{2f}$  لتقدم تفاعل حمض الساليسيليك مع الماء .
  - 2- قارن بين  $\tau_{If}$  و  $\tau_{2f}$  . استنتج أي الحمضين أقوى .

### التمرين الرابع

المحاليل ماخوذة في الدرجة  $25^\circ$

1- يمثل البيان التالي مخطط الصفة الغالبة للثنائية  $HCOOH/HCOO^-$



• استنتج  $pK_a$  للثنائية  $HCOOH/HCOO^-$

حدد النوع الكيميائي الغالب في الحالات التالية

- (-1)  $pH=2$  (-2)  $pH=3.8$  (-3)  $pH=9$

2- لدينا محلول  $S_A$  من حمض الميثانويك تركيزه  $C_A$  له  $PH=2.9$

• اكتب معادلة تفاعل الحمض مع الماء

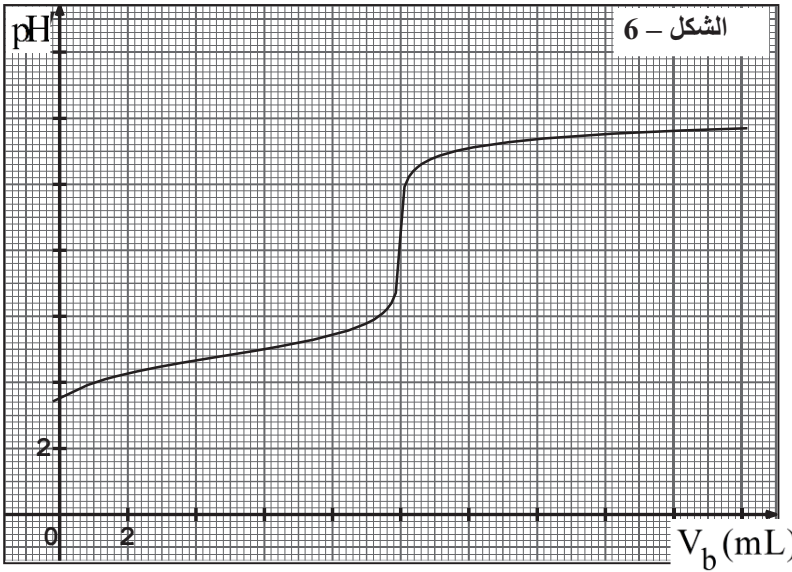
• بين ان نسبة تقدم التفاعل النهائي تكتب على الشكل  $K_a$   $\tau_f = \frac{K_a}{K_a + 10^{-PH}}$

• احسب قيمة  $\tau_f$  واستنتج قيمة  $C_A$

### التمرين الخامس

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

اثناء عملية تنظيم محتويات مخبر الثانوية، عثر التلاميذ على قارورات لمحاليل أحماض عضوية أتلقت بطاقياتها المحددة للاسم و الصيغة الجزيئية والتركيز المولي  $C_a$  للحمض (HA). للتعرف على أحدها، قام التلاميذ بمعايرة الحجم  $V_a = 20 \text{ mL}$  من محلول أحد هذه الاحماض بمحلول مائي لهيدروكسيد البوتاسيوم ( $K^+(aq) + HO^-(aq)$ ) تركيزه المولي  $C_b = 2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ . باستعمال لاقط pH متر و واجهة دخول موصولة بجهاز إعلام آلي مزود



برمجية مناسبة، تحصلنا على المنحنى البياني  $pH = f(V_b)$  حيث  $V_b$  حجم الأساس المضاف أثناء المعايرة، (الشكل-6).  
1. اعط المفهوم الكيميائي لنقطة التكافؤ.  
2. عين إحداثيي نقطة التكافؤ واستنتج التركيز المولي  $C_a$  للحمض المعايير.  
3. عين بيانيا  $pK_a$  الثنائية ( $HA/A^-$ ) ثم تعرف على الحمض المعايير. يعطى الجدول

ثنائية $HA/A^-$	$pK_a$
$CH_3CO_2H / CH_3CO_2^-$	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 المنذج للتحويل الكيميائي الحادث اثناء المعايرة.

ب - احسب ثابت التوازن  $K$  لهذا التفاعل. ماذا تستنتج؟

ج - 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

د- عين من البيان قيمة  $PH$  من اجل  $V_b = 6 \text{ mL}$  ثم استنتج  $[OH^-]$  وكذلك كمية مادة  $n(OH^-)$

و- احسب  $\tau_f$  نسبة التقدم النهائي لتفاعل المعايرة من اجل  $V_b = 6 \text{ mL}$

هل يتوافق ذلك مع النتيجة التي وجدتها سابقا

في حصة الأعمال التطبيقية، طلب الأستاذ من تلامذته تحضير محاليل مائية لأحد الأحماض الصلبة  $HA$  بتركيز مولية مختلفة وقياس  $pH$  كل محلول في درجة الحرارة  $25^\circ C$ ، فكانت النتائج كالتالي:

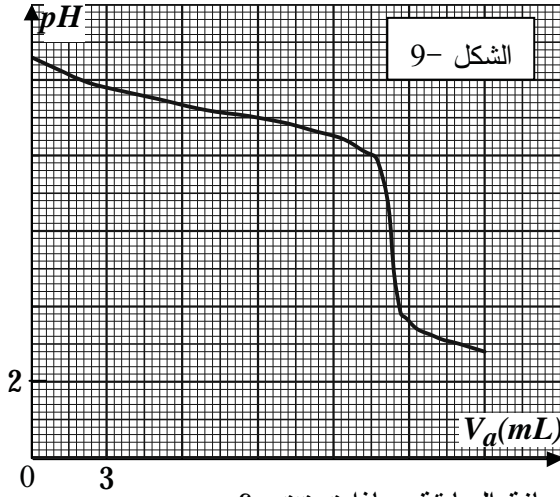
$c (mol/L)$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$
$pH$	3,10	3,28	3,65	3,83	4,27
$[H_3O^+]_{\acute{e}q} (mol \cdot L^{-1})$					
$[A^-]_{\acute{e}q} (mol \cdot L^{-1})$					
$[HA]_{\acute{e}q} (mol \cdot L^{-1})$					
$Log \frac{[A^-]_{\acute{e}q}}{[HA]_{\acute{e}q}}$					

- (1) أعط بروتوكولا تجريبيا توضح فيه كيفية تحضير محلول للحمض الصلب  $HA$  تركيزه المولي  $c$  وحجمه  $V$ .
  - (2) عرّف الحمض  $HA$  حسب برونشتد واكتب معادلة تفاعله مع الماء.
  - (3) أكمل الجدول السابق.
  - (4) جد عبارة  $pH$  المحلول المائي للحمض  $HA$  بدلالة الثابت  $pK_a$  للثنائية  $(HA / A^-)$ .
  - (5) أ- ارسم المنحنى:  $pH = f \left( Log \frac{[A^-]_{\acute{e}q}}{[HA]_{\acute{e}q}} \right)$  واكتب معادلته.
- ب- حدّد بيانيا قيمة الثابت  $pK_a$  للثنائية  $(HA / A^-)$  ثم استنتج صيغة الحمض  $HA$  من الجدول التالي:

الثنائية	$HCOOH / HCOO^-$	$C_2H_5COOH / C_2H_5COO^-$	$C_6H_5COOH / C_6H_5COO^-$
$pK_a$	3,8	4,87	4,2

ج- رتّب هذه الأحماض حسب تزايد قوتها الحمضية مع التعليل.

- نريد تحديد تجريبيا التركيز المولي  $c_b$  لمحلول مائي (S) للنشادر  $NH_3$  عن طريق المعايرة الـ  $pH$  مترية، لذلك نعاير حجما  $V_b = 20mL$  من المحلول (S) بواسطة حمض كلور الماء  $(H_3O^+ + Cl^-)_{aq}$  تركيزه المولي  $c_a = 0,015 mol \cdot L^{-1}$
- 1- أ- أعط البروتوكول التجريبي لهذه المعايرة مع رسم تخطيطي للتجهيز المستعمل.
  - ب- أنجز جدول تقدم التفاعل الذي يندرج التحول الكيميائي الحادث بين محلول النشادر وحمض كلور الماء.
  - 2- النتائج المحصل عليها عند  $25^\circ C$  سمحت برسم المنحنى (الشكل-9). بالاعتماد على المنحنى



جد: أ- إحدائي نقطة التكافؤ.  
ب- التركيز المولي الابتدائي  $c_b$  لمحلول النشادر.  
ج- قيمة الـ  $pKa$  للتثنائية  $(NH_4^+ / NH_3)$ .  
3- احسب قيمة ثابت التوازن  $K$  لهذا التفاعل.  
4- عند إضافة حجم  $V_a = 9\text{mL}$  من المحلول الحمضي:  
أ - احسب النسبة  $\frac{[NH_3]_f}{[NH_4^+]_f}$  للمزيج التفاعلي النهائي.  
ب - عبّر عن النسبة السابقة بدلالة  $V_b$  و  $c_b$  و  $c_f$  والتقدم النهائي  $x_f$ .  
ج - احسب قيمة نسبة التقدم النهائي  $\tau_f$  لتفاعل المعايرة عند الإضافة السابقة. ماذا تستنتج؟

### التمرين الثامن

1- بين العلاقات التالية في ما يلي:

$$\tau_f = \frac{1}{Ka 10^{PH} + 1}$$

ا- عند تفاعل أساس ضعيف في الماء يكون:

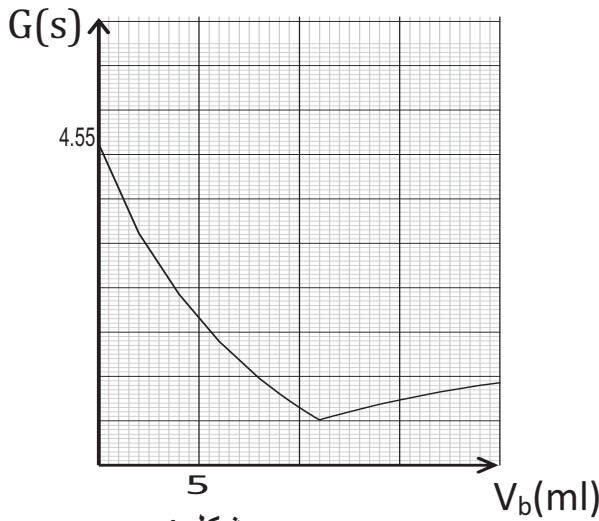
$$\frac{[AH]_f}{[A^-]} = C 10^{PH} - 1$$

ب- عند تفاعل حمض ضعيف في الماء يكون:

ج- عند مزج مزيج متساوي المولات من حمض  $CH_3COOH$  و  $NH_3$  يكون:

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

2- توجد في مخبر الثانوية قارورة لحمض كلور الماء المركز مكتوب عليها  $A_0$  ، 34% على الأقل كتليا من حمض كلور الماء ، الكتلة الحجمية لـ  $A_0$  هي  $\rho = 1180\text{g/L}$  . النسبة المئوية الكتلية للحمض تعني كتلة الحمض المنحلة في 100 g لهذا المحلول .



شكل 1

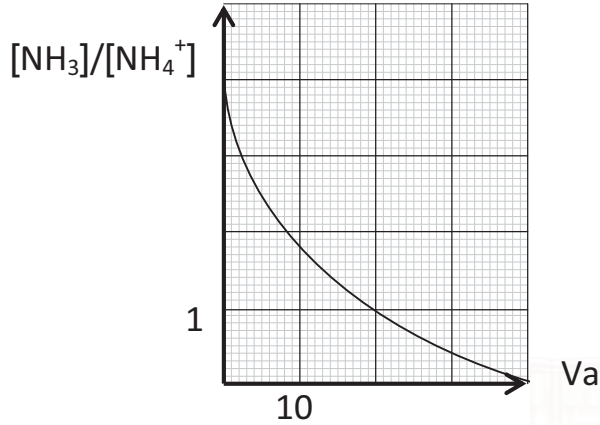
المرحلة الأولى : نمدد عينة من المحلول  $A_0$  100 مرة فنحصل على محلول  $A_1$  تركيزه  $C_1$  .

المرحلة الثانية : نأخذ من المحلول  $A_1$  :  
 $V_1 = 10\text{ mL}$  و نعايره بمحلول الصود تركيزه  
 $C_B = 0.1\text{ mol/L}$   
و بمتابعة تطور الناقلية و  $pH$  المحلول نحصل على المنحنيين :

أ- اكتب معادلة تفاعل معايرة  $S_1$  .  
ب- حدد بيانيا بواسطة المنحنى  $G = f(V)$  التركيز المولي  $C_1$  لمحلول حمض كلور الماء الممدد - استنتج التركيز المولي  $C_0$  و التركيز الكتلي  $S_0$

لمحلول حمض كلور الماء المركز  $A_0$  بالنوع الكيميائي النقي المنحل .  
ج- احسب النسبة الكتلية للمحلول  $A_0$  هل تتوافق مع الكتابة الموجودة على القارورة يعطى :  $M(H) = 1\text{ g/mol}$  ،  $M(Cl) = 35.5\text{ g/mol}$  .

I- نحضر عند الدرجة  $25^{\circ}\text{C}$  محلول مائيا النشادر (NH) حجمه  $V_b = 20 \text{ mL}$  و تركيزه المولي  $C_b$  ، ثم نضيف له تدريجيا محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي  $C_a = 1.89 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$  مع بعض قطرات من الهليانتين ، يتغير لون الكاشف بعد سكب حجم  $V_{aE}$  من المحلول الحمضي . (الشكل-1) المقابل يمثل تغيرات النسبة بين التركيز المولي لمحلول النشادر المتبقي  $[\text{NH}_3]$  و التركيز المولي لحمضه المرافق  $[\text{NH}_4^+]$  بدلالة حجم المحلول الحمضي المضاف  $V_a$  .



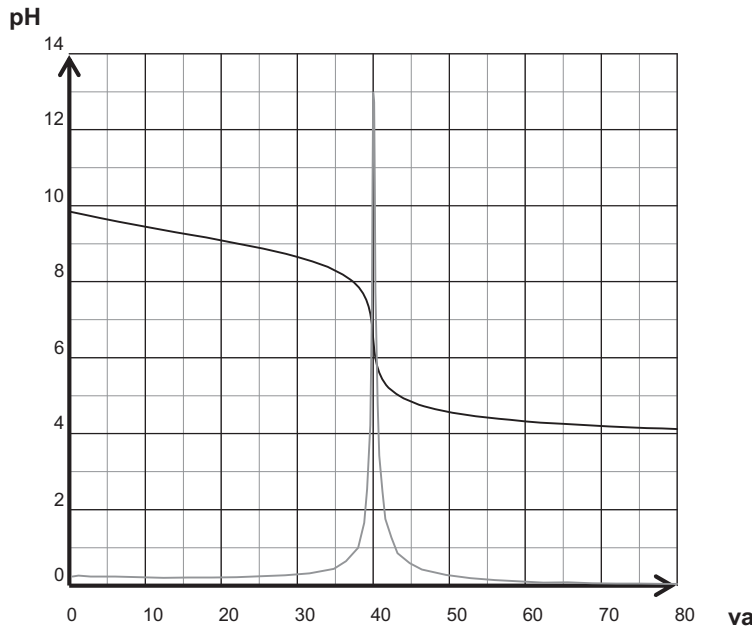
1- أوجد :

أ- حجم المحلول الحمضي  $V_{aE}$  اللازم للتكافؤ ؟

ب استنتج  $C_b$  التركيز المولي الابتدائي لمحلول النشادر .

2- استنتج من الشكل المعطى قيمة الـ  $Pka$  للثنائية حمض  $(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3)$  ، علما أن  $\text{pH}$  محلول النشادر قبل المعايرة هو 9.8 .

II- عند استعمال جهاز الـ  $\text{pH}$  متر في المعايرة السابقة ، تحصلنا على منحنى تغيرات الـ  $\text{pH}$  بدلالة حجم المحلول الحمضي المضاف ( الشكل -2) .



1- أكتب معادلة التفاعل الحادث .

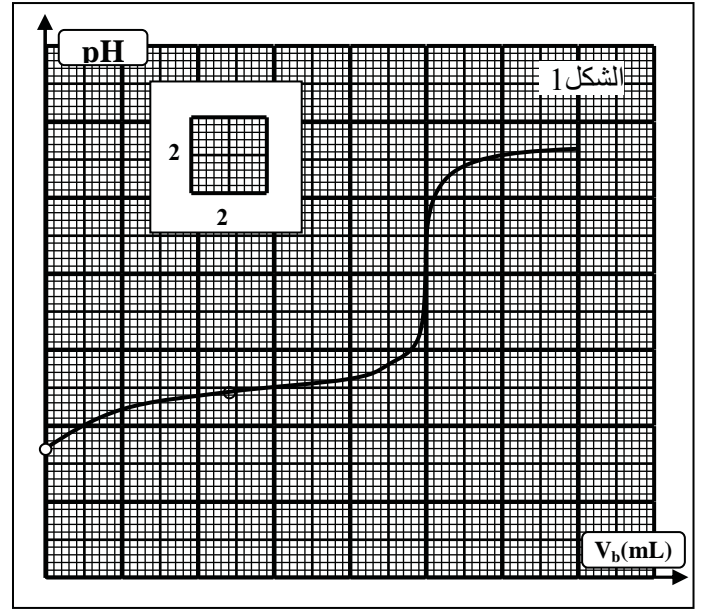
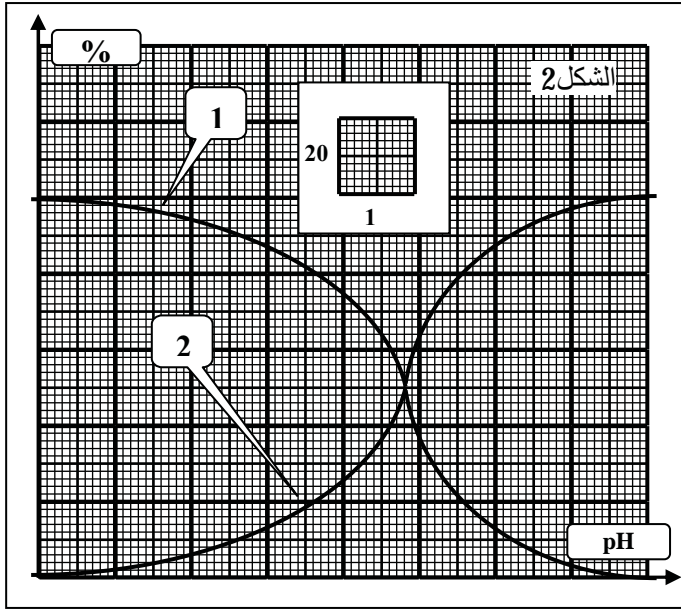
2- استنتج إحداثيات نقطة التكافؤ .

التالية ماهو الكاشف المناسب:

الكاشف	أزرق البروموتيمول	الفينول فتالين	أحمر المثيل
مجال تغير اللون	6.2 - 7.6	8.2 - 9.5	6.2 - 4.4

التمرين 10

نضع في كأس بيشر  $V_a = 10 \text{ mL}$  من حمض الإيثانويك تركيزه المولي  $C_a$  ، ثم نضيف له تدريجيا بواسطة سحاحة محلول الصود  $\text{NaOH}$  تركيزه المولي  $C_b = 10^{-2} \text{ mol/L}$  ، الدراسة التجريبية لهذه المعايرة أعطت البيانيين التاليين :



- 1- أكتب معادلة التفاعل الحادث أثناء المعايرة مبينا الثنائيات (أساس/حمض) الداخلة في التفاعل .
- 2- من (الشكل-2) أي البيانيين (1) ، (2) يعبر عن الصفة الأساسية و أيهما يعبر عن الصفة الحمضية . علل .
- 3- اعتمادا على الشكلين :

- حدد احداثيتي نقطة التكافؤ (  $V_b$  ,  $pH$  ) ، ثم استنتج  $C_a$  تركيز المحلول الحمضي ( $S_1$ ) .
  - استنتج ثابت الحموضة  $K_a$  للثنائية ( $CH_3COOH/CH_3COO^-$ ) .
  - حدد مجال الـ  $pH$  الذي فيه يتغلب الحمض  $CH_3COOH$  على أساسه المرافق  $CH_3COO^-$  .
  - استنتج النسبة المئوية للصفة الحمضية و كذا النسبة المئوية للصفة الأساسية عند إضافة  $V_b = 6ml$  من  $V_b$  من الصود .
- 4- من بين الكواشف الملونة المذكورة في الجدول الآتي ، ما هو الكاشف المناسب لهذه المعايرة .

الكاشف	أزرق البروموتيمول	الفينول فتالين	الهيلياتين
$PH$ مجال تغير لونه	6.2–7.6	8.2–9.5	3.1–4.4

### التمرين 11

نقترح معايرة مُنتج منزلي (روح الملح) حمض كلور الهيدروجين المتواجد في هذا المحلول التجاري بمحلول هيدروكسيد الصوديوم.

- تحمل بطاقة قارورة المحلول التجاري  $S_0$  المعلومات التالية:

$$d = 1,068 \text{ الكثافة}$$

النسبة المئوية الكتلية لحمض كلور الهيدروجين 13,5%

$$M(HCl) = 36,5 \text{ g / mol}$$

- الوسائل: ماصات عيارية: 5 mL, 10 mL, 20 mL

حجرات عيارية: 100mL, 250 mL, 500mL

ساحة مدرجة: 10 mL , 25 mL , 50 mL

جهاز  $pH$  متر معاير، مخلاط مغناطيسي.

بياشر وأرلينة ماير مختلفة السعة.

(1) عرّف كل من الحمض والأساس حسب برونشند.

(2) احسب  $c_0$  التركيز المولي لحمض كلور الهيدروجين في المحلول التجاري  $S_0$ .

(3) ضع بروتوكولاً تجريبياً لتمديد المحلول  $S_0$  التجاري 50 مرة للحصول على محلول  $S_1$  حجمه  $V_1 = 250 \text{ mL}$ .

(4) نُعاير حجماً  $V_A = 10 \text{ mL}$  من المحلول  $S_1$  مع إضافة الماء المقطر لغمر مسبار الـ  $pH$  متر بواسطة محلول

هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي  $c_B = 0,10 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ . المتابعة الـ  $pH$  مترية أعطت الجدول الآتي:

$V_B$ ( mL )	0	1	2	5	6	7	7,5	8	8,5	9	11	12
$pH$	1,7	2,0	2,3	2,8	3,0	3,3	3,8	7,1	10,1	10,5	11,2	11,5

(أ) ارسم شكلاً تخطيطياً لعملية المعايرة مع تسمية الوسائل المستعملة.

(ب) اكتب معادلة تفاعل المعايرة.

(ج) ارسم المنحنى البياني  $pH = f(V_B)$  لتطور  $pH$  الوسط التفاعلي بدلالة الحجم  $V_B$ .

(د) عين احداثي نقطة التكافؤ  $E$ .

(هـ) جد التركيز المولي  $c_A$  للمحلول  $S_1$ ، ثم استنتج  $c_0$  التركيز المولي للمحلول التجاري  $S_0$ .

(و) هل المعلومات المكتوبة على القارورة صحيحة؟

## التمرين 12

جميع المحاليل مأخوذة عند الدرجة  $25^\circ\text{C}$  حيث:  $K_e = 10^{-14}$

نعاير على التوالي حجماً  $V_1 = 30 \text{ mL}$  لمحلول حمض كلور الهيدروجين ذي التركيز المولي  $c_1$ ، ثم حجماً

$V_2 = 20 \text{ mL}$  من محلول حمض الميثانويك  $\text{HCOOH}$  تركيزه المولي  $c_2$ ، بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم

$(\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}))$  تركيزه المولي  $c_b = 0,1 \text{ mol/L}$ .

نتابع تطور  $pH$  الوسط التفاعلي بواسطة جهاز الـ  $pH$  متر بدلالة حجم الاساس المضاف  $V_b$  من السحاحة، فتحصلنا

على البيانيين (1) و(2) المُمثلين في الشكل-6.

(1) ضع بروتوكولاً تجريبياً للمعايرة باستعمال رسم تخطيطي.

(2) اكتب معادلة تفاعل المعايرة لكل حمض.

(3) حدّد إحداثيات نقطة التكافؤ لكل منحنى ثم انسب كل منحنى للحمض الموافق له مع التعليل.

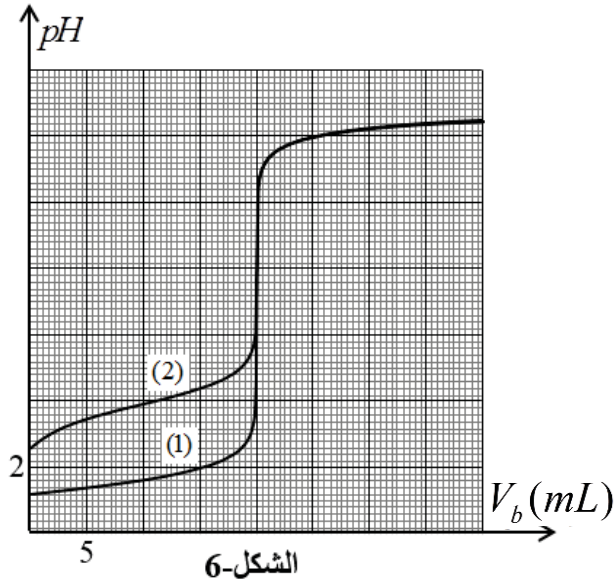
(4) استنتج قيمة كل من  $c_1$  و  $c_2$ .

(5) حدّد ثابت الحموضة  $pK_a$  للثنائية  $(\text{HCOOH}/\text{HCOO}^-)$ .

(6) احسب ثابت التوازن  $K$  لتفاعل معايرة حمض الميثانويك.

ماذا تستنتج؟





7) نريد استعمال كاشفا ملونا في كل معايرة، ما هو الكاشف المناسب لكل معايرة من بين الكواشف التالية؟

الكاشف الملون	مجال التغير اللوني
الهلياننتين	3,1 - 4,4
ازرق البروموتيمول	6,2 - 7,6
فينول فتاليين	8,0 - 10,0