سلسلة تمارين الوحدة الرابعة :

تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن

التمرين الأول :

يتفاعل حمض الميثانويك مع الماء وفق تحول (حمض – أساس) محدود. نقيس عند التوازن ناقلية حجم $v = 100\ mL$ من محلول مائي لحمض الميثانويك تركيزه $C = 2,5.10^{-3} mol/L$ بواسطة خلية قياس الناقلية ثابتها $K = 0,0125\ m$ فنحصل على $G_{eq} = 2,2.10^{-4} S$.

1/ ضع جدولا يصف هذا التحول.

2/ عبر عن الناقلية عند التوازن بدلالة x_{eq} و v . استنتج قيمة x_{eq} .

3/ عبر عن كسر التفاعل عند التوازن بدلالة x_{eq} و v . أحسب قيمته.

يعطى: $\lambda_{H_3O^+} = 34,98.10^{-4} S.m^2 mol^{-1}$; $\lambda_{HCOO^-} = 54,6.10^{-4} S.m^2 mol^{-1}$

التمرين الثاني :

من بين الأحماض الكربوكسيلية هناك حمض الميثانويك و يطلق عليه كذلك اسم حمض الفورميك لكونه يفرز من طرف النمل للدفاع عن نفسها صيغته الكيميائية $HCOOH$.

لدينا في المخبر قارورة تحتوي على حجم $1L$ من سائل لحمض الفورميك حيث تحمل لاصقتها المعلومات التالية:

درجة النقاوة: $P = 90\%$ ، الكثافة: $d = 1.22$.

1. بين أن التركيز المولي لحمض الفورميك الموجود في القارورة هو: $C_A = 23.8\ mol/L$

2. أعط تعريف الحمض حسب برونستد.

3. بتخفيف متوالي للحمض نحضر محلولا S_1 لحمض الفورميك تركيزه $C_1 = 2.10^{-2} mol/L$ ، أعطى قياس pH هذا المحلول $pH = 2.7$ عند درجة الحرارة، $25°C$ المعادلة المنمذجة لتفاعل الحمض مع الماء هي:

$$HCOOH(aq) + H_2O(l) = HCOO^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

1.3. أنشئ جدولا لتقدم هذا التفاعل.

2.3 أكتب عبارة ثابت التوازن لهذا التفاعل.

3.3 أحسب التراكيز المولية للأنواع الكيميائية الموجودة في المحلول عند التوازن،استنتج نسبة التقدم النهائي τ_{f1}

4.3 تحقق من أن قيمة ثابت التوازن لهذا التفاعل هي: $K = 2,2 \cdot 10^{-4}$

للحصول على محلول S_2 حجمه $v_2 = 1L$ وتركيزه المولي C_2 نقوم بتخفيف المحلول S_1 ذي التركيز C_1 ، نقيس pH المحلول المخفف S_2 فنجد $pH = 3$

1.4 أكتب عبارة ثابت التوازن، واستنتج التركيز المولي C_2

2.4 استنتج الحجم الذي يجب أخذه للحصول على المحلول S_2

3.4 أحسب نسبة التقدم النهائي τ_{f2}

4.4 قارن بين τ_{f1} و τ_{f2} وما تأثير التخفيف على نسبة التقدم النهائي τ_f ؟ ماهو استنتاجك؟.

التمرين الثالث :

الجزء I :

1. محلول لغاز النشادر تركيزه المولي $C_0 = 0,10 mol/L$ وقيمة الـ pH هي 11,1 .

1.1. أكتب معادلة تفاعل غاز النشادر NH_3 مع الماء.

2.1. عبر عن $[H_3O^+]_f$ بدلالة C_0 و النسبة النهائية لتقدم التفاعل τ_f .

3.1. أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.

4.1. بين أن ثابت الحموضة للثنائية (NH_4^+ / NH_3) يعطى بالعبارة : $K_a = 10^{-14}(1-\tau_f)/C_0 \cdot \tau_f^{\,2}$ ، أحسبه.

2ـ نسكب في بيشر حجما $v_B = 40mL$ من محلول النشادر ثم نضيف حجما v_A من محلول غاز كلور الهيدروجين تركيزه المولي $C_A = 0,5 \cdot 10^{-1} mol/L$.

1.2. أكتب معادلة التفاعل للتحول الحاصل.

2.2. ما هو الحجم v_{AE} الذي يجب إضافته للحصول على التكافؤ.

3.2. ما هو الحجم v_A الواجب إضافته حتى يكون pH المزيج يساوي pK_a للثنائية NH_4^+ / NH_3 . عند 25°C

الجزء II :

أربعة محاليل مائية لها نفس التركيز المولي $C = 10^{-2} mol/L$ وهي:

المحلول S_1 : محلول حمض الايثانويك (CH_3COOH) ، المحلول S_2 : محلول غاز ميثان أمين (CH_3NH_2)

المحلول S_3 : محلول ماءات البوتاسيوم $(K^+ + OH^-)$ المحلول S_4 : محلول حمض الآزوت $(H_3O^+ + NO_3^-)$

نقيس pH كل محلول و نسجل النتائج في الجدول التالي:

المحلول	S_1	S_2	S_3	S_4
قيمة الـ pH	12	3.4	10.6	2

1. حدث خلط لقيم الـ pH أثناء تسجيلها في الجدول ، أنقل الجدول مع تصحيحه ، مبررا عملك .

2. أكتب معادلتي تفاعل كل من حمض الايثانويك و غاز ميثان أمين مع الماء .

التمرين الرابع (بكالوريا ع ت 2011):

إنحلال حمض الإيثانويك CH_3COOH في الماء هو تحول كيميائي ينمذج بالتفاعل ذي المعادلة التالية:

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

نقيس في الدرجة $25^\circ C$ الناقلية النوعية للمحلول الذي تركيزه المولي الإبتدائي : $c_0 = 1,0 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$ فنجدها $\sigma = 1,6 \times 10^{-2} S.m^{-1}$.

1ـ حدد الثنائيات حمض/ أساس المشاركة في هذا التحول.

2ـ أكتب عبارة ثابت التوازن الكيميائي K بدلالة c_0 و $\left[H_3O^+_{(aq)}\right]$.

3ـ يعطى الشكل العام لعبارة الناقلية النوعية في كل لحظة بدلالة التراكيز المولية و الناقليات النوعية المولية الشاردية لمختلف الأفراد الكيميائية المتواجدة في المحلول بالصيغة : $\sigma(t) = \sum_{i=1}^{i=n} \lambda_i [x_i]$.

أكتب العبارة الحرفية للناقلية النوعية $\sigma(t)$ للمحلول السابق ، (يهمل التفكك الذاتي للماء).

4ـ أنشء جدولا لتقدم التفاعل الحادث.

5ـ أ- أحسب التراكيز المولية لمختلف الأفراد الكيميائية المتواجدة في المحلول عند توازن الجملة الكيميائية.

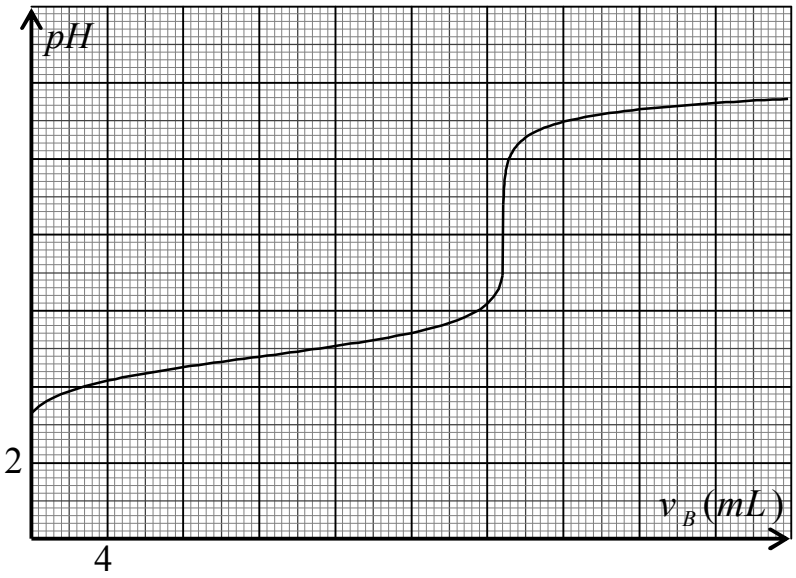
ب – أحسب ثابت التوازن الكيميائي K .

جـ- عين النسبة النهائية للتقدم τ_f . ماذا تستنتج؟

المعطيات: $\lambda_{H_3O^+} = 35,9 \times 10^{-3} S.m^2.mol^{-1}; \lambda_{CH_3COO^-} = 4,10 \times 10^{-3} S.m^2.mol^{-1}$.

التمرين الخامس :

نعاير حجما قدره $v_A = 40cm^3$ من محلول لحمض الإيثانويك CH_3COOH تركيزه C_A بمحلول البوتاس $(K^+ + OH^-)$ تركيزه المولي $C_B = 0.02mol/L$ معايرة pH مترية مكنتنا من رسم المنحنى البياني المبين بالشكل المقابل .



1. عين إحداثيات نقطة التكافؤ E .
2. استنتج التركيز C_A و بين انه الحمض ضعيف .
3. عين pKa للثنائية $\left(CH_3COOH\,/\,CH_3COO^-\right)$
4. اكتب معادلة تفاعل المعايرة.
5. احسب ثابت التوازن لهذا التفاعل يعطى:
$K_e = 10^{-14}$
6. لنعتبر الجملة الكيميائية عند سكب $v_B = 16mL$ من $\left(K^+ + OH^-\right)$ حيث $pH = 5$.
-احسب نسبة التقدم النهائي لتفاعل المعايرة τ_f (%)
ماذا يمكنك أن تقول عن هذا التفاعل .
7. في غياب جهاز الـ pH متر ماهو الكاشف المناسب لهذا النوع من المعايرة ؟ علل .

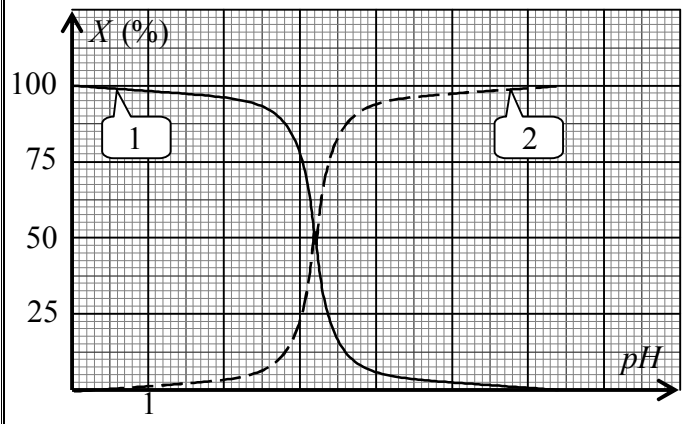
كاشف ملون	أزرق بروموتيمول	فينول فتالين	الهليانتين	أحمر الميثيل
مجال التغير اللوني	6.2 - 7.6	8.2 - 10	3.1 - 4.4	4.2 - 6.2

التمرين السادس :

إن pKa الثنائية $HF(aq)\,/\,F^-(aq)$ يساوي 3,2 في $25°C$

1ـ على محور أفقي مدرج بوحدة الـ pH ، ضع مجالات تغلب الأفراد حمض أو أساس للثنائية $HF(aq)\,/\,F^-(aq)$.

2ـ إن المخطط التالي يمثل النسب المئوية للأفراد حمض و أساس لهذه الثنائية بدلالة الـ pH . تعرف على المنحنيين 1 و 2 .



3ـ ماهو توزيع الأفراد $HF(aq)$ و $F^-(aq)$ عند $pH = 2$ و عند $pH = 5$.

4ـ كيف نستطيع أن نجد بواسطة هذا المخطط، ثابت الحموضة Ka للثنائية المدروسة.

التمرين السابع :

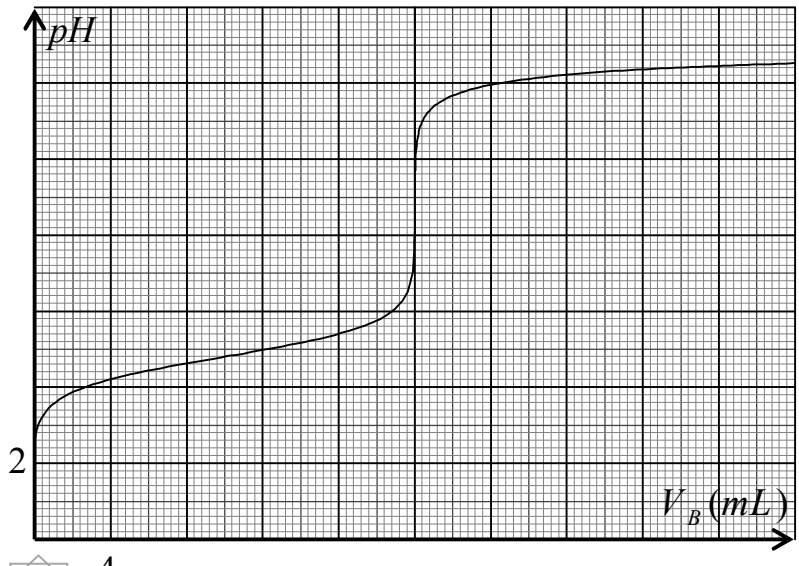
قارورة من خل تجاري تحمل لاصقتها المعلومة : 6° ، نريد التحقق من الدرجة المكتوبة على القارورة .

بالتعريف الخل ذو الدرجة X° (النقاوة P(%)) يعني أن 100 g منه تحتوي على X(g) من الحمض النقي.

انطلاقا من هذا الخل نحضر محلولا (S) ممددا 10 مرات .

تعطى الكتلة الحجمية للخل النقي :

$\rho = 1,02.10^{+3}\,g\,/\,L$



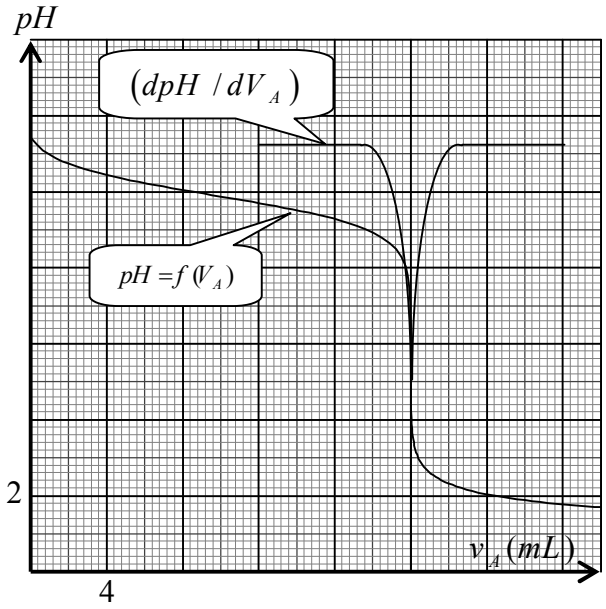
نعاير حجما $v_s = 20mL$ من المحلول (S) بواسطة محلول الصود تركيزه $C_B = 0.1mol/L$ ، فنحصل على المنحنى $pH = f(v_B)$ حيث v_B هو حجم محلول الصود المضاف .

1. ضع رسما تخطيطيا يجسد عملية المعايرة مع تسمية أجزاءه.
2. هل البيان يدل على أن الحمض المستعمل ضعيف؟ علل.
1.3 . أكتب معادلة تفاعل المعايرة
2.3 .أحسب كسر التفاعل Q_r عند التوازن .
1.4 . حدد إحداثيات نقطة التكافؤ و استنتج تركيز الحمض في المحلول (S) و التركيز C للخل المدروس.
2.4. أحسب درجة الخل التجاري $X°$ ، هل المعلومة المكتوبة فوق قارورة الخل صحيحة أم مغشوشة ؟ .

التمرين الثامن :

معايرة محلول النشادر $NH_3(aq)$ بمحلول حمض كلور الماء $\left(H_3O^+ + CL^-\right)$.

نضع في بيشر $v_B = 20mL$ من محلول (S) للنشادر تركيزه مجهول C_B، و بواسطة سحاحة، نضيف تدريجيا محلول لحمض كلور الماء تركيزه $C_A = 0.1mol/L$. كل التجربة تحقق في $25°C$ بواسطة برنامج نرسم المنحنى: $pH = f(v_A)$ و $\frac{dpH}{dV_a} = g(v_a)$



1. ضع بروتوكولا تجريبيا يوضح خطوات إجراء التجربة.
2. أكتب معادلة تفاعل المعايرة.
3. أحسب الثابت K الموافق لهذا التفاعل.

نعطي : $pKa(NH_4^+ / NH_3) = 9,9$.

4. عين من المنحنى حجم الحمض المضاف عند التكافؤ، ثم استنتج تركيز C_B لمحلول النشادر.
5. اشرح لماذا الـ pH أصغر من 7 عند نقطة التكافؤ.
6. ما هو الكاشف الملون المناسب في هذه المعايرة.

يعطى مجالات التغير اللوني للكواشف الملونة :

كاشف ملون	أزرق بروموتيمول	فينول فتالين	الهليانتين	أحمر الميثيل
مجال التغير اللوني	6.2 - 7.6	8.2 - 10	3.1 - 4.4	4.2 - 6.2

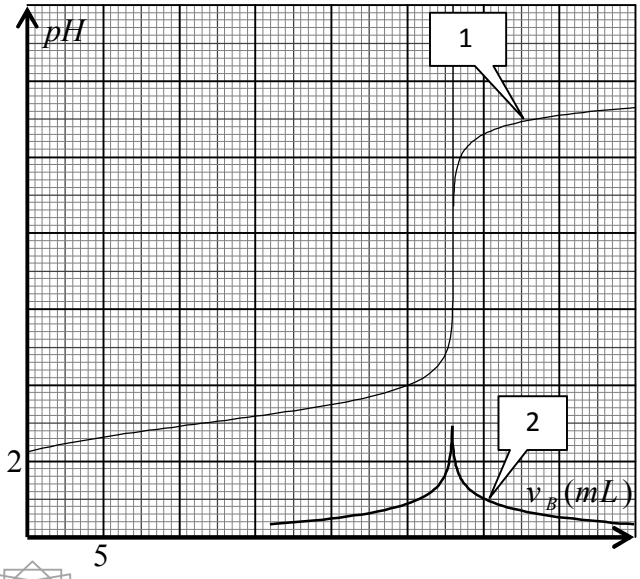
التمرين التاسع :

يعتبر دواء الأسبرين أحد الأدوية الأكثر شهرة و أكثر شعبية ، يستعمل لعلاج الحمى و الصداع و داء المفاصل ،... و يعتبر أكثر الأدوية مبيعا حول العالم ، يرجع تاريخ الأسبرين إلي القرن الخامس قبل الميلاد حيث أكتشف من طرف الإغريق و كان يستخرج من لحاء شجر الصفصاف.

الأسبرين و هو حمض الأستيل ساليسيليك رمزه AH ، تفاعله مع الماء محدود، و ثابت حموضته $pKa = 3$.

نعاير محلولا من الأسبرين حجمه $V_A = 20mL$ و تركيزه C_A بمحلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم $\left(Na^+ + OH^-\right)$ تركيزه المولي $C_B = 0.01mol/L$. إن منحنى هذه المعايرة الـ pH متريه ممثل في الشكل اسفله.

ليكن v_B حجم المحلول المعاير.

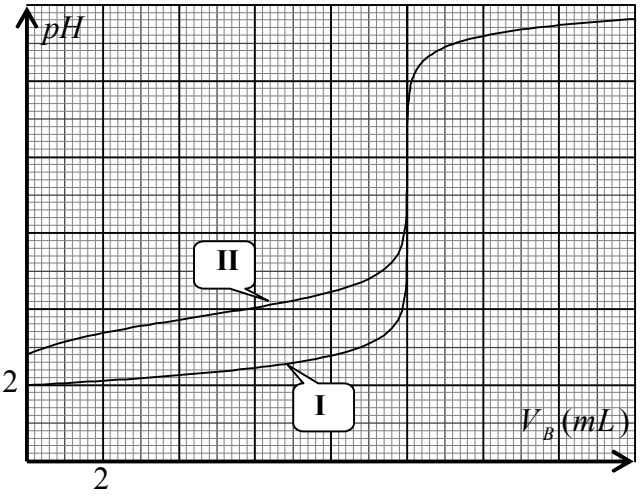


نمثل كذلك بواسطة الحاسوب و برنامج المشتق $\frac{d(pH)}{dV_B}$.

1. عين الأفراد المعايرة و المعايرة.
2. أكتب معادلة تفاعل المعايرة.
3. حدّد منحنى المعايرة و عين خصائصه.
4. حدّد المنحنى $\frac{d(pH)}{dv_B}$ و اذكر لماذا نمثله ؟
5. أعط إحداثيات نقطة التكافؤ و الطريقة المستعملة لإيجادها.
6. أحسب التركيز المولي للحمض C_A.
7. بين أنه يمكن حساب ثابت توازن تفاعل المعايرة بالعلاقة $K = 10^{pKe-pKa}$ ، ماذا يمكن القول عن هذا التفاعل.
8. أحسب معدل التقدم النهائي للتفاعل τ_f من أجل $v_B = 25mL$

التمرين العاشر :

نعاير $40\ mL$ من محلول لحمض الميثانويك $HCOOH$ (حمض ضعيف) ثم $40\ mL$ من محلول لحمض كلور الهيدروجين (H_3O^+, Cl^-) وهو حمض قوي. نعاير بنفس المحلول الأساسي (Na^+, OH^-) تركيزه المولي C_B ،نمثل البيانين I و II .

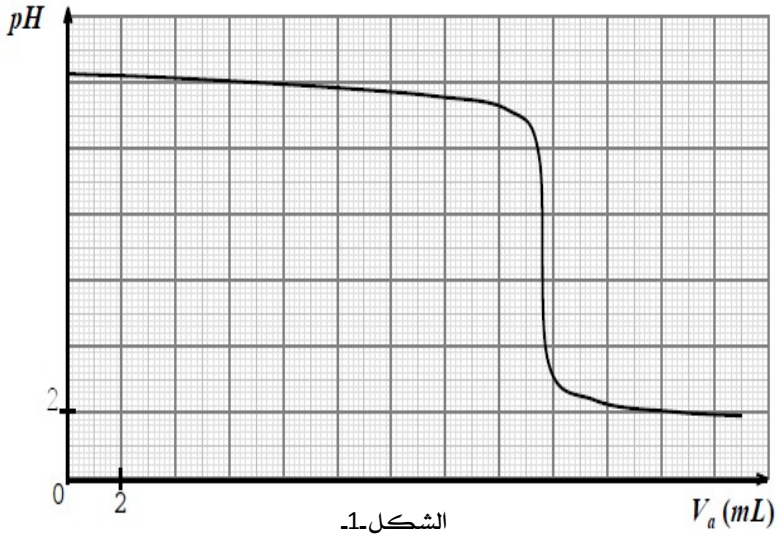


1. تعرف على البيان الموافق لكل معايرة، مع التعليل.
2. اكتب معادلة التفاعل لكل معايرة.
3. احسب قيمة C_B .
4. احسب التركيز المولي لمحلول حمض الميثانويك.
5. احسب كتلة حمض الميثانويك المنحلة في 1L من محلول حمض الميثانويك .

تعطى : $M_O 16\ g/mol$; $M_H = 1g/mol$; $M_C = 12g/mol$

التمرين الحادي عشر BAC 2011(ت ر) :

عينة مخبرية S_0 لمحلول هيدروكسيد الصوديوم تحمل المعلومات التالية: 27% و $d = 1,3$.



الشكل-1-

1- أ- بين بالحساب أن التركيز المولي للمحلول يقارب $c_0 = 8,8mol.L^{-1}$.

ب- ما هو حجم محلول حمض كلور الهيدروجين الذي تركيزه المولي $c_a = 0,10mol.L^{-1}$ اللازم لمعايرة $V_0 = 10ml$ من العينة المخبرية؟.

جـ- هل يمكن تحقيق هذه المعايرة بسهولة ؟ علل.

2- نحضر محلولا S بتمديد العينة المخبرية 50 مرة. صف البروتوكول التجريبي الذي يسمح بتحضير $500mL$ من المحلول S.

3- نأخذ بواسطة ماصة حجما $V_b = 10,0mL$ من المحلول S، نضعها في بيشر، نضع مسبار جهاز الـ PH متر في البيشر و نضيف إليه كمية مناسبة من الماء

المقطر تجعل المسبار مغمورا بشكل ملائم. نقيس الـ PH ، بعدها نسكب بواسطة سحاحة حجما من المحلول الحمضي ثم نعيد قياس الـ PH. نكرر العملية مما سمح لنا برسم المنحني البياني (الشكل 1)

أ- كيف نضع مسبار الـPH متر حتى يكون مغمورا بشكل ملائم في البيشر؟ لماذا؟.

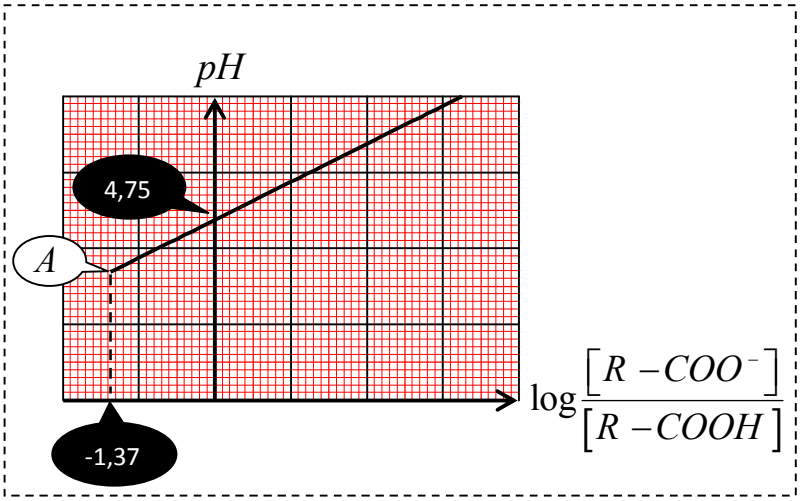
ب- أكتب المعادلة المنمذجة للتحول الحادث أثناء المعايرة .

جـ- عين الإحداثيتين (V_{aE}, PH_E) لنقطة التكافؤ E مع ذكر الطريقة المتبعة.

د- إستنتج التركيز المولي للعينة المخبرية. $M(Na)=23g.mol^{-1}, M(O)=16g.mol^{-1}, M(H)=1g.mol^{-1}$

التمرين الثاني عشر :

1. نحل في لتر من الماء المقطر $0,6g$ من حمض عضوي صيغته $R-COOH$ صيغته المجملة $C_nH_{2n}O_2$ و نحصل بذلك على محلول مائي S_A.



1.1. أعط عبارة الـ K_A لانحلال الحمض في الماء.

2.1. استنتج عبارة الـ pH بدلالة الـ pK_A و $\log\frac{[R-COO^-]}{[R-COOH]}$

2. نأخذ $20mL$ من المحلول S_A و نعايرها بمحلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $c_B = 2\times10^{-2}mol\cdot L^{-1}$ و من أجل كل إضافة للمحلول الأساسي نأخذ قياسات معينة عند الدرجة $25^\circ C$ فتمكنا من تمثيل البيان المقابل ، حيث $[R-COOH]$ هو التركيز المولي للحمض المتبقي.

1.2. احسب تراكيز الأفراد الكيميائية عند النقطة (بداية المعايرة) تراكيز الأفراد الكيميائية التالية : $[R-COOH]$، $[R-COO^-]$، $[H_3O^+]$.

3. إن حجم الصود المضاف عند نقطة التكافؤ هو $V_B = 10mL$

1.3. احسب التركيز المولي للحمض المعاير c_A.

1.3. جد الصيغة المجملة للحمض العضوي ، اذكر اسمه.

تعطى : $M_O 16\ g/mol$; $M_H = 1g/mol$; $M_C = 12g/mol$