التمرين (1)

تتميز المحاليل المائية بأهمية بالغة في مجال الكيمياء، واعتبارا لطبيعتها الحمضية أو القاعدية أو المؤكسدة أوالمرجعة يمكن توظيفها في مجالات عدة منها مجال الصناعة .فحمض الميثانويك $HCOOH$ المعروف بحمض النمل يستعمل مثلا في الدباغة.

نتوفر في مختبر الكيمياء على محلول مائي $HCOOH(aq)$ (S) حجمه V وتركيزه المولي $C = 1,0 \times 10^{-3} mol/L$. أعطى قياس pH هذا المحلول القيمة $pH = 3,46$.

1) أعط تعريف الحمض حسب برونشتد.
2) أُكتب المعادلة الكيميائية المنمذجة لتفاعل حمض الميثانويك $HCOOH(aq)$ مع الماء .
3) أنشئ جدولا لتقدم التفاعل باستعمال المقادير V و C والتقدم x والتقدم x_f عند حالة التوازن.
4) عبر عن τ_f نسبة التقدم النهائي للتفاعل الحاصل بدلالة : C و $[H_3O^+(aq)]_f$.
5) أُحسب قيمة τ_f . ماذا تستنتج؟
6) أثبت أن عبارة $Q_{r,f}$ كسر التفاعل عند حالة توازن المجموعة الكيميائية يكتب كما يلي $Q_{r,f} = \frac{10^{-2pH}}{C-10^{-pH}}$
7) استنتج قيمة K_a ثابت الحموضة للثنائية $(HCOOH(aq)/HCOO^-(aq))$.

التمرين (2)

نعتبر محلولا مائيا لحمض النمل $HCOOH$ تركيزه $C = 3 \times 10^{-2} mol/L$

نقيس pH هذا المحلول عند درجة الحرارة 25°C فنجد $pH = 2,65$

1) أكتب معادلة التفاعل الذي يحدث عند إذابة هذا الحمض في الماء.
2) حدد التراكيز المولية الفعلية للأنواع الكيميائية المتواجدة في هذا المحلول.
3) استنتج قيمة ثابت الحموضة K_A والثابتة pk_A للثنائية $HCOOH/HCOO^-$
4) نمزج محلول حمض النمل ومحلول ميثانوات الصوديوم $HCOONa$ ، ونقيس pH الخليط فنحصل على $pH = 6,5$.
عين معللا جوابك النوع الكيميائي الغالب للثنائية أساس / حمض في هذا الخليط.

التمرين (3)

نعتبر محلول حمض البنزويك C_6H_5COOH تركيزه $C = 5 \times 10^{-3} mol/L$ ناقليته $G = 2,03 \times 10^{-4}\ S$ عند إستعمال خلية قياس أبعادها $(S = 1cm^2\ ;\ L = 1cm)$.

1) أكتب معادلة التفاعل .
2) أنشئ جدول التقدم لهذا التفاعل .
3) أوجد تراكيز الأفراد الموجودة في المحلول .
4) أحسب قيمة نسبة التقدم النهائي τ .
5) أحسب K قيمة ثابتة التوازن لهذا التفاعل .

نعطي : $\lambda_{C_6H_5COO^-} = 3,23.10^{-3}\ S.m^2/mol$ ، $\lambda_{H_3O^+} = 35.10^{-3} S.m^2/mol$.

التمرين (4)

تحمل لصيقة قارورة حمض النتريك المتوفرة في المخبر الإشارات التالية : حمض النتريك 71% ، $d = 1,41$.

1) أحسب التركيز المولي C_0 للمحلول S_0 الموجود في القارورة .
2) ينتج عن ذوبان حمض النتريك في الماء شاردة H_3O^+ والشاردة NO_3^- .أكتب معادلة تفاعل حمض النتريك مع الماء .
3) نأخذ حجما $V_0 = 10mL$ من المحلول S_0 بواسطة ماصة ونضيفه الى حجم $V = 990mL$ من الماء المقطر للحصول على محلول S ذي $pH = 0,8$.
أ. أنشئ جدول التقدم لهذا التفاعل . ثم حدد x_{max} و التقدم النهائي x_f للتفاعل الحاصل .
ب. أحسب قيمة نسبة التقدم النهائي τ . ماذا تستنتج ؟
نعطي : الكتلة المولية لحمض النتريك $M(HNO_3) = 63g/moL$ ، $\rho_{H2O} = 1g/mL$

التمرين (5)

يحتوي الخل 7^0 على $7g$ من حمض الإيثانويك CH_3COOH في كل $100g$ من الخل. نعتبر كثافة الخل مساوية لكثافة الماء $d = 1$.

1) أكتب معادلة تفاعل حمض الإيثانويك مع الماء.
2) أنشئ جدول التقدم للتفاعل الحاصل.
3) أحسب قيمة التركيز المولي الابتدائي C لحمض الإيثانويك في الخل.
4) أعط العبارة الحرفية لثابتة التوازن K الموافقة لمعادلة التفاعل بدلالة C والتركيز النهائي لشوارد الهيدرونيوم.
5) تساوي قيمة ثابتة التوازن عند 25^0C $K = 1,8 \times 10^{-3}$ ، استنتج قيمة pH الخل .
الكتلة الحجمية للماء: $\rho_{H_2O} = 1g/mL$.

التمرين (6)

في محلول مائي ،يتفاعل غاز الأمونياك NH_3 مع الماء حسب المعادلة :

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

1) هل يسلك الأمونياك في محلول مائي سلوك حمض أم أساس ؟ علل الجواب.
2) في $25°C$ ندرس محلولا مائيا للأمونياك تركيزه الابتدائي $C_i = 0,10mol/L$ و تركيزه عند التوازن $C_{éq} = 9,9 \times 10^{-2}mol/L$. pH هذا المحلول هو 11,2 .
- بين أن تركيز شوارد الهيدرونيوم $H_3O_{(aq)}^+$ مهمل أمام تراكيز الشوارد الأخرى في المحلول.
3) أحسب الناقلية النوعية للمحلول عند التوازن.
معطيات: $\lambda_{NH_4^+} = 7,4 \times 10^{-3}Sm^2/mol$ ، $\lambda_{OH^-} = 2,0 \times 10^{-2}Sm^2/mol$.
4) أحسب ناقلية المحلول إذا كان ثابت الخلية $k = 1.10^{-2}m$.
5) أحسب ثابتة التوازن لهذا التفاعل.

التمرين(7)

1) نحل في لترمن الماء المقطر $0,6g$ من حمض عضوي صيغته $R - COOH$ (حيث $R = C_nH_{2n+1}$) وتتحصل بذلك على محلول مائي S_A .
أ- أعط عبارة ال K_a لانحلال الحمض في الماء.
ب- استنتج عبارة الـ pH بدلالة الـ pK_a و $log\ \frac{[RCOO^-]}{[RCOOH]}$
2) نأخذ $20mL$ من المحلول S_A و نعايرها بمحلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي

$C_b = 2 \times 10^{-2} mol/L$

و عند كل إضافة للمحلول الأساسي نأخذ قياسات معينة عند الدرجة $25°C$ فتمكنا من تمثيل البيان المرفق حيث $[RCOOH]$ هو التركيز التركيز المولي للحمض المتبقي .

احسب تراكيز الافراد الكيميائية عند النقطة A (بداية المعايرة) تراكيز الأفراد الكيميائية التالية :

$RCOOH$، $RCOO^-$ ، H_3O^+

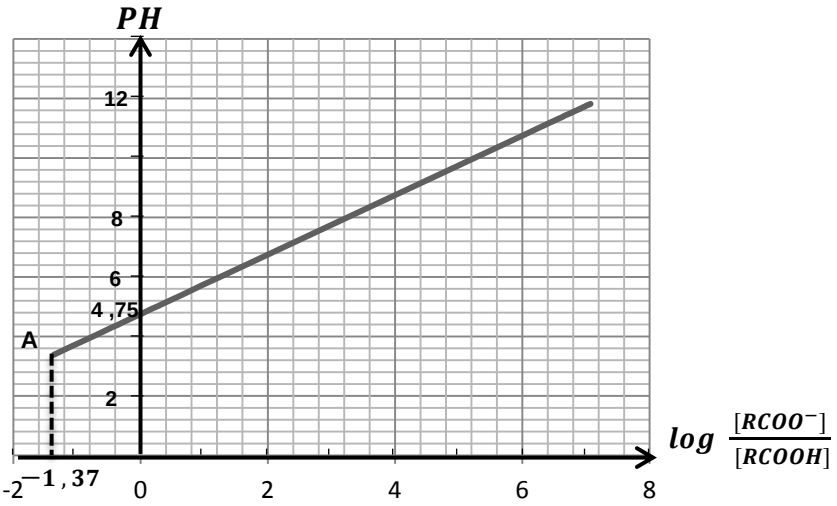
3) إنّ حجم الصود المضاف عند التكافؤ هو $V_b = 10mL$.

ا – احسب التركيز المولي للمحلول الحمضي .

ب- اوجد الصيغة المجملة للحمض العضوي ثم اكتب صيغته نصف المفصلة واذكر أسمه .يعطى:

$M_O = 16g/mol$ ،

$M_H = 1g/mol$ ، $M_C = 12g/mol$

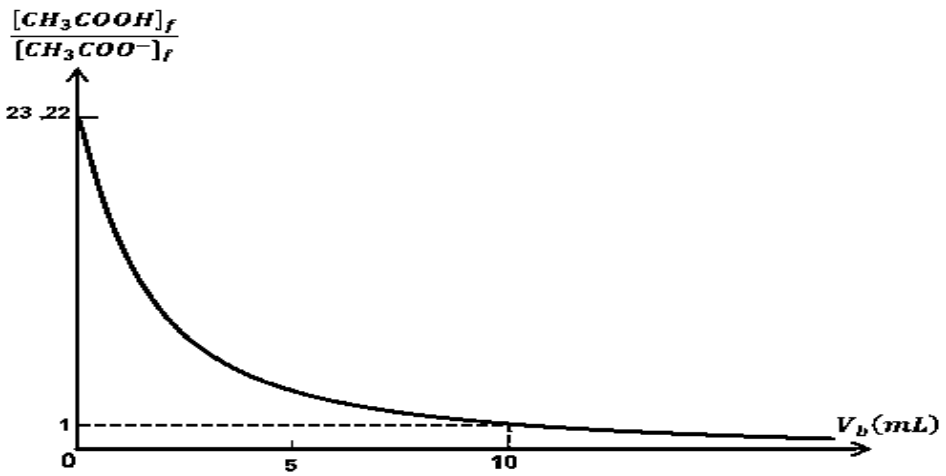


التمرين(8)

محلول مائي لحمض الخل CH_3COOH حجمه V_a وتركيزه المولي C_a حيث $PH = 3,38$ نعايره (معايرة PH مترية)

بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)})$ وتركيزه المولي $C_b = 10^{-2} mol/L$ بالاعتماد على نتائج المعايرة نمثل البيان المقابل :

1) أكتب معادلة انحلال حمض الخل في الماء ، وأنجز جدولا لتقدم التفاعل .
2) أوجد العلاقة بين التركيز المولي C_a والتركيزين $[CH_3COOH]_f$ ، $[CH_3COO^-]_f$.
3) بالاعتماد على البيان حدد قيمة التركيز المولي C_a لمحلول حمض الخل .
4) أحسب قيمة ال PK_a للثنائية (CH_3COOH/CH_3COO^-) ، واستنتج قيمة الثابت K_a لها .
5) معادلة تفاعل المعايرة هي $CH_3COOH + OH^- = CH_3COO^- + H_2O$
   أ. استنتج قيمة الحجم V_E اللازم لبلوغ التكافؤ (بالاعتماد على البيان) .
   ب. أحسب قيمة الحجم V_a لمحلول حمض الخل .



التمرين(9)

I- نذيب كتلة قدرها $m = 0{,}046g$ من حمض الميثانويك $HCOOH$ في $100\ mL$ من الماء المقطر

إن قياس الناقلية النوعية للمحلول أعطى القيمة $\sigma = 0{,}0492\ S/m$ عند الدرجة 25^0C .

1) أكتب معادلة انحلال الحمض في الماء، ثم أنشئ جدول تقدم التفاعل ؟

2) احسب التركيز المولي للمحلول C_a ؟

3) احسب PH المحلول ثم احسب نسبة التقدم النهائي τ_f؟ ماذا تستنتج؟

4) احسب ثابت التوازن K ماذا يمثل ؟ استنتج قيمة pK_a للثنائية $HCOOH/HCOO^-$

II– نعاير حجم قدره $V_0 = 20\ mL$ من المحلول السابق بمحلول هيدروكسيد الصوديوم $NaOH$ تركيزه المولي C_b

و نرسم البيان $log\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} = f(V_b)$ أنظر البيان .

1) أكتب معادلة تفاعل المعايرة ؟

2) باستغلال البيان اوجد

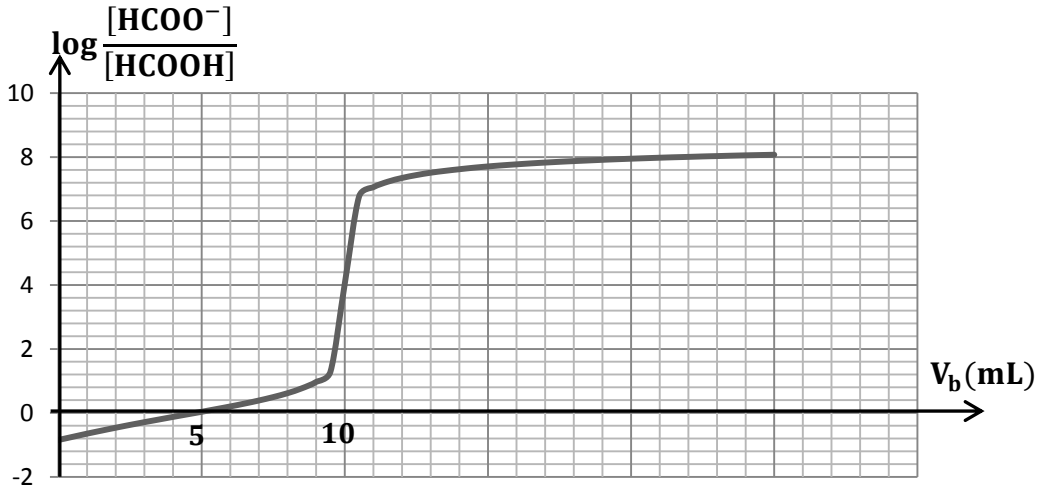
أ–حجم محلول الصودا $(NaOH)$ اللازم للتكافؤ ؟ ثم استنتج قيمة C_b ؟

ب–قيمة pH المحلول عند التكافؤ؟

3) احسب تراكيز الأفراد الكيميائية المتواجدة في المحلول عند سكب حجم قدره $V_b = 10\ mL$ من محلول الصودا ؟

4) من بين الكواشف الملونة التالية بين الكاشف المناسب لهذه المعايرة مع التعليل؟

الكاشف	الهليانتين	أحمر الكريزول	فينول فتالين
مجال التغير اللوني	$4{,}4 - 3{,}1$	$8{,}8 - 7{,}2$	$10 - 8{,}2$



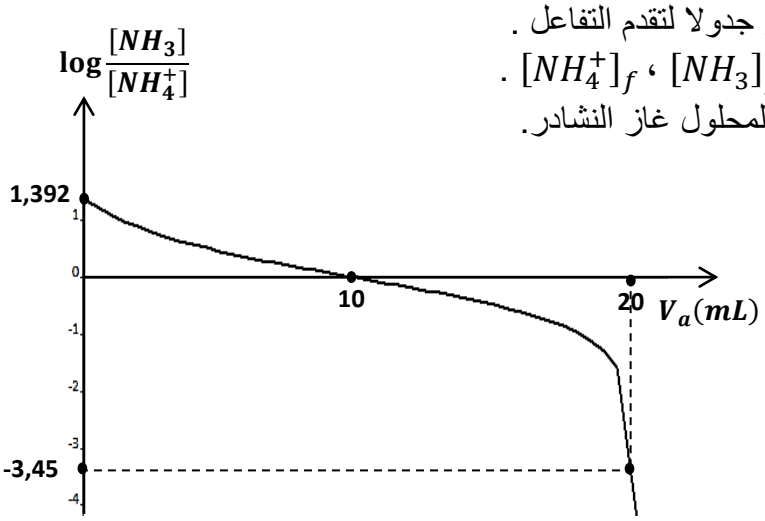
يعطى:

$\lambda_{H_3O^+} = 35mS.m^2/mol$ ، $\lambda_{HCOO^-} = 5{,}46\ mS.m^2/mol$ ، $M_O = 16g/mol$ ،

$M_C = 12g/mol$ ، $M_H = 1g/mol$

التمرين (10)

محلول مائي لغاز النشادر NH_3 حجمه V_b وتركيزه المولي C_b حيث $PH = 10,59$ نعايره (معايرة PH مترية) في الدرجة 25^0c . بواسطة محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي $C_a = 10^{-2}mol/L$ بالاعتماد على نتائج المعايرة نمثل البيان المقابل :



6) أكتب معادلة انحلال غاز النشادر في الماء ، وأنجز جدولا لتقدم التفاعل .
7) أوجد العلاقة بين التركيز المولي C_b والتركيزين $[NH_3]_f$ ، $[NH_4^+]_f$.
8) بالاعتماد على البيان حدد قيمة التركيز المولي C_b لمحلول غاز النشادر.
9) بين أن غاز النشادر أساس ضعيف .
10) أحسب قيمة ال PK_a للثنائية (NH_4^+/NH_3)، واستنتج قيمة الثابت K_a لها .
11) معادلة تفاعل المعايرة هي

$$H_3O^+_{(aq)} + NH_{3(aq)} = NH_4^+{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

ج. استنتج قيمة الحجم V_E اللازم لبلوغ التكافؤ (بالاعتماد على البيان) مع التعليل .
د. أحسب قيمة الحجم V_b لمحلول النشادر.
ه. أحسب تراكيز مختلف الأفراد الكيميائية عند التكافؤ.
و. أحسب ثابت التوازن K لتفاعل المعايرة .

التمرين(11)

يقدر الإنتاج العالمي من مادة الأمونياك بحوالي 160 مليون طن سنويا و تستعمل 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.
يهدف هذا التمرين إلى دراسة محلول مائي للأمونياك و معايرته بواسطة قياس pH .

معطيات:

تمت جميع القياسات عند درجة الحرارة 25^0C .
الجداء الشاردي للماء: $K_e = 10^{-14}$.
ثابتة الحموضة للثنائية (NH_4^+/NH_3) : $pK_a = 9,2$.
جدول مجالات التغير اللوني لبعض الكواشف الملونة:

الملون الكاشف	الهيليانتين	أحمر الكلوروفينول	أزرق البروموتيمول	الفينول فيتالين
مجال التغيراللوني	$3,1 - 4,4$	$5,2 - 6,8$	$6 - 7,6$	$8,2 - 10$

i. **دراسة المحلول المائي للأمونياك**

نعتبر محلولا مائيا (S_B) للأمونياك حجمه V وتركيزه $C_B = 2 \times 10^{-2}mol/L$. أعطى قياس pH هذا المحلول القيمة $pH = 10,74$.

1) اكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الكيميائي الذي يحدث بين الأمونياك والماء.
2) حدّد نسبة التقدم النهائي τ_f لهذا التفاعل . ماذا تستنتج ؟
3) عبر عن عبارة كسر التفاعل $Q_{r,f}$ عند توازن المجموعة الكيميائية بدلالة C_B و τ_f . ا حسب قيمته.
4) تحقق من قيمة pK_a للثنائية (NH_4^+/NH_3).

ii. **معايرة محلول الأمونياك بواسطة محلول حمض كلور الماء**

نقوم بمعايرة الحجم $V_B = 20mL$ من محلول مائي للأمونياك $(\acute{S}_B)$ تركيزه $\acute{C}_B$ بواسطة محلول مائي (S_A) لحمض كلور الماء ذي التركيز $C_A = 2 \times 10^{-2} mol/L$ بقياس pH .

1) ا كتب المعادلة الكيميائية المنمذجة لهذه المعايرة .

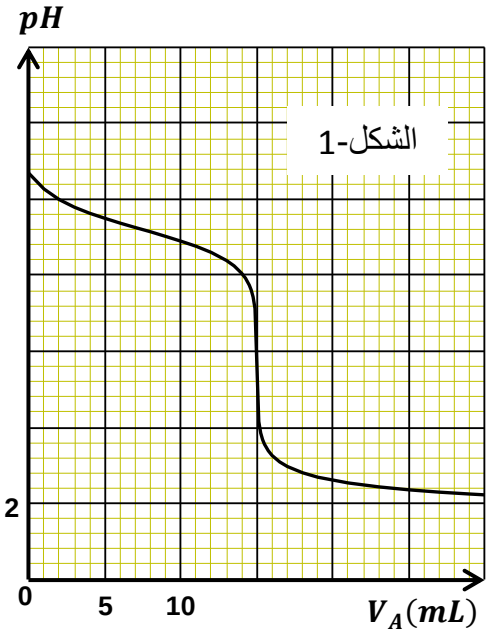
2) يمثل المنحنى الممثل في الشكل تغير pH الخليط بدلالة الحجم V_A للمحلول (S_A) لحمض كاور الماء المضاف.

أ) حدّ د الإحداثيتين V_{AE} و pH_E لنقطة التكافؤ.

ب) ا حسب $\acute{C}_B$.

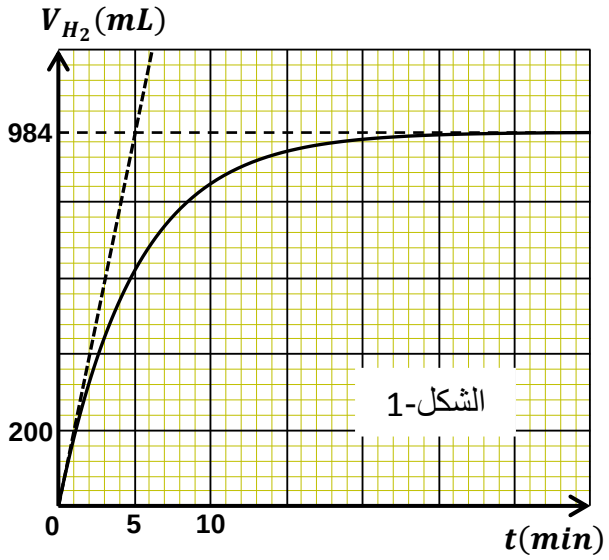
ج) عيّن ، معللا جوابك ، الكاشف الملائم لإنجاز هذه المعايرة في غياب جهاز pH متر .

د) حدّ د الحجم V_{A1} من محلول حمض كلور الماء الذي يجب إضافته لكي تتحقق العلاقة $[NH_4^+] = 15[NH_3]$ في الخليط التفاعلي.



التمرين(12)

i. لمتابعة التطور الزمني للتحول الكيميائي الحادث بين محلول حمض كلور الماء$(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$ ومعدن الألمنيوم $Al_{(s)}$. نضيف عند اللحظة $t = 0$ كتلة $m = 1g$ من مسحوق الألمنيوم غير النقي (يحتوي على شوائب لا تتفاعل) إلى دورق به حجم$V_0 = 200mL$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي $C_0 = 0,6mol/L$ ، نعتبر أن حجم الوسط التفاعلي ثابت خلال مدة التحول . نقيس حجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق مع مرور الزمن في الشروط التجريبية التالية : درجة الحرارة $\theta = 37^0C$ والضغط $P = 1,013 \times 10^5 Pa$. الدراسة التجريبية لهذا التحول مكنت من الحصول على البيان الموضح (الشكل -1) .



1) أكتب معادلة تفاعل الألمنيوم مع محلول حمض كلور الماء علما أن الثنائيتين$(Ox / Réd)$ الداخلتين في التفاعل هما : $(Al^{3+}_{(aq)}/Al_{(s)})$ ، $(H_3O^+_{(aq)}/H_{2(g)})$.

2) أنشئ جدولا لتقدم التفاعل و احسب التقدم الاعظمي x_{max} ، ثم عين المتفاعل المحد.

3) عرف السرعة الحجمية للتفاعل .

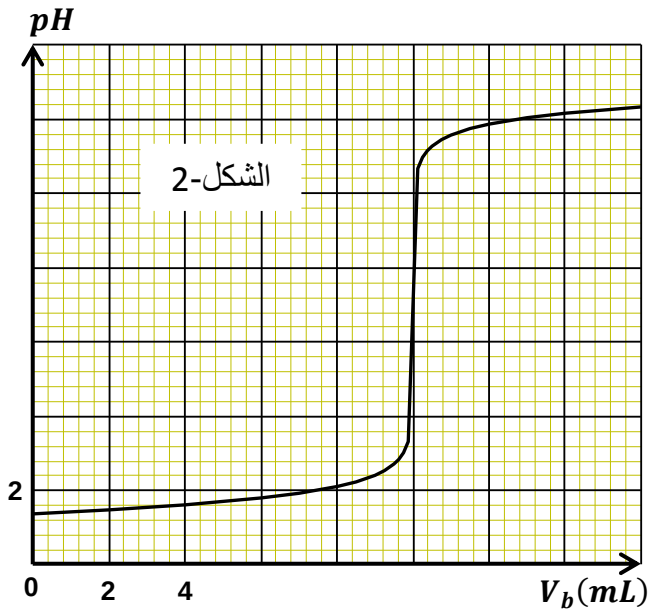
4) بين أنه يمكن كتابة عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بالشكل : $v_{vol} = \frac{P}{3VRT} \times \frac{dV_{H_2}}{dt}$. حيث V حجم المزيج التفاعلي .

5) احسب سرعة التفاعل في اللحظة $t_1 = 0$ ثم في في اللحظة $t_2 = 30min$. اشرح اختلاف السرعتين على المستوى المجهري .

6) احسب نسبة نقاوة عينة الألمنيوم .

ii. في نهاية التفاعل أخذنا حجما $V_1 = 20mL$ من المزيج الناتج ووضعناه في بيشر و أضفنا له $80mL$ من الماء المقطر ، فحصلنا بذلك على محلول (S') و ذلك من أجل معايرة الحمض الموجود في المزيج بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم$(Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)})$ تركيزه المولي

$C_B = 0,42mol/L$. و بواسطة النتائج المتحصل عليها مثلنا المنحنى البياني الذي يمثل تغيرات الـ pH بدلالة حجم هيدروكسيد الصوديوم المضاف V_B(الشكل - 2) .



1) أذكر البروتوكول التجريبي لعملية المعايرة ، مع ذكر الزجاجيات المستعملة .
2) عين نقطة التكافؤ، و حدد طبيعة المزيج عندها .
3) احسب التركيز المولي لشوارد الهيدرونيوم (H_3O^+) في المحلول (S').
4) احسب كمية مادة (H_3O^+) في المزيج المتفاعل في التجربة الأولى عند نهاية التفاعل .
5) احسب نسبة نقاوة عينة الألمنيوم ، و قارنها مع القيمة المحسوبة سابقا .

تعطى : الكتلة المولية للألمنيوم $M_{Al} = 27g \cdot moL^{-1}$ ، ثابت الغازات المثالية $R = 8,31SI$

التمرين(13)

في حصة الأعمال التطبيقية أراد فوجان من التلاميذ تحديد التركيز الكتلي (C_m)لمحلول حمض الأسكوربيك $(C_6H_8O_6)$ بطريقتين . يملك حمض الأسكوربيك خاصية حمضية وخاصية مرجعة.

الثنائيات (مر / مؤ) : $(C_6H_6O_6 / C_6H_8O_6),(I_2 / I^-),(S_4O_6^{2-} / S_2O_3^{2-})$.

الثنائيات (أساس / حمض) : $(C_6H_8O_6 / C_6H_7O_6^-),(H_2O / HO^-)$.

الفوج الأول:

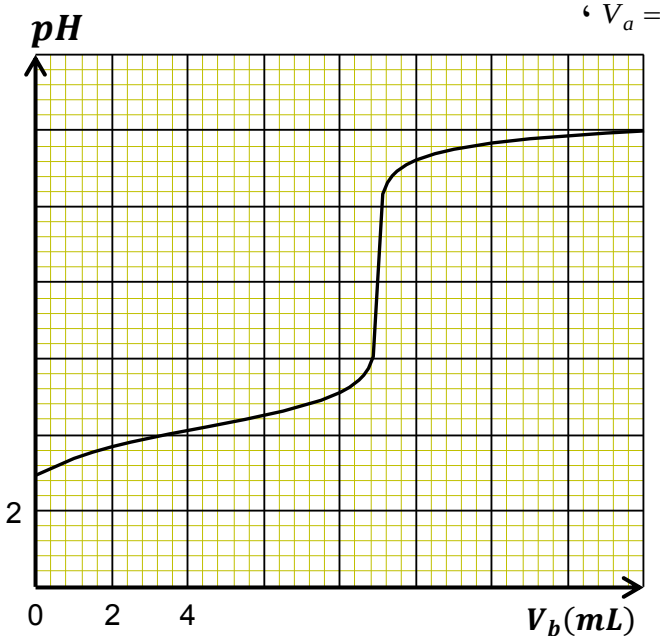
قام التلاميذ بأكسدة حمض الأسكوربيك ، وذلك بإضافة كميّة زائدة من محلول ثنائي اليود I_2إلى بيشر يحتوي على حجم $V_1 = 10mL$ من حمض الأسكوربيك . حجم ثنائي اليود المضاف هو $V_2 = 20mL$ وتركيزه المولي $C_2 = 3,5\times10^{-2}mol / L$ وفي نهاية التفاعل قام التلاميذ بمعايرة ثنائي اليود في البيشر بواسطة محلول مائي لثيوكبريتات الصوديوم$(2Na^+, S_2O_3^{2-})$ تركيزه المولي $C_3 = 2,5\times10^{-2}mol / L$، فاحتاجوا إلى حجم منه $V_E = 20mL$ لاستهلاك كل ثنائي اليود الموجود في البيشر

1) اكتب معادلة التفاعل بين حمض الأسكوربيك وثنائي اليود.
2) أنشئ جدول التقدم لهذا التفاعل.
3) اكتب معادلة تفاعل معايرة ثنائي اليود بثيوكبريتات الصوديوم .
4) احسب كمية مادة ثنائي اليود غير المتفاعل مع حمض الأسكوربيك.
5) احسب التركيز الكتلي (C_m)لحمض الأسكوربيك .

$pK_a(C_2H_5COOH / C_2H_5COO^-) = 4,9$, $(C = 12, H = 1O = 16)g / mol$

الفوج الثاني:

قام بالمعايرة الـ pH مترية لحمض الأسكوربيك ، حيث أخذ التلاميذ في بيشر حجما V_0 من الحمض وأضافوا له نفس الحجم من الماء المقطر، ثم أخذوا من المحلول الجديد حجما $V_a = 20mL$ ، وملئوا سحاحة مدرّجة بمحلول مائي لهيدروكسيد البوتاسيوم (K^+, OH^-) تركيزه المولي $C_B = 5\times10^{-2} mol/L$ ، وبعد الحصول على القياسات قاموا بتمثيل البيان $pH = f(V_B)$.



1) اكتب معادلة تفاعل المعايرة.
2) عرّف التكافؤ حمض – أساس ، ثم حدّد إحداثي نقطة التكافؤ حمض – أساس.
3) عين pK_a الثنائية $(C_6H_8O_6 / C_6H_7O_6^-)$.
6) احسب التركيز الكتلي (C_m) لحمض الأسكوربيك. قارن نتيجتي الفوجين.
4) بيّن بطريقتين أن حمض الأسكوربيك ضعيف في الماء .
5) احسب التركيز المولي لحمض الأسكوربيك في البيشر عند التكافؤ ، ثم استنتج أنه يمكن اعتبار تفاعل المعايرة تاما.
6) قارن قوة حمض الأسكوربيك مع حمض البروبانويك (C_2H_5COOH).
7) في حالة استعمال كاشف ملوّن لتحديد نقطة التكافؤ ، ما هو الكاشف الأنسب من بين الكواشف التالية لهذه المعايرة ؟

الهليانتين : مجال تغير اللون $[3,1-4,4]$.

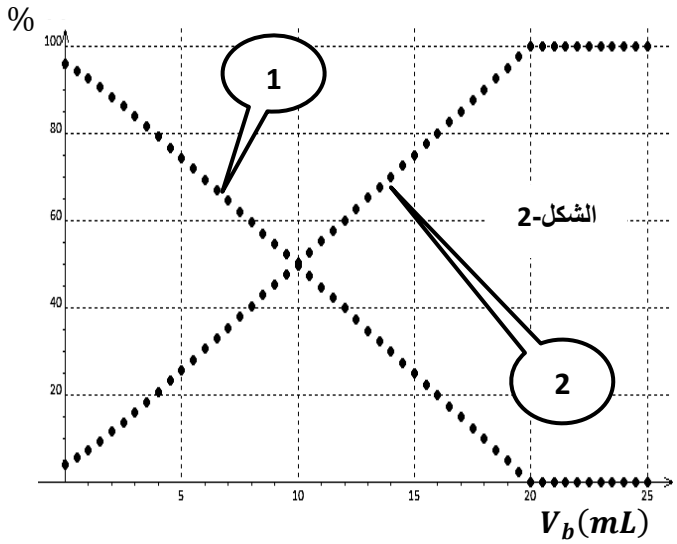
الفينول فتالين : مجال تغير اللون $[8,2-10]$.

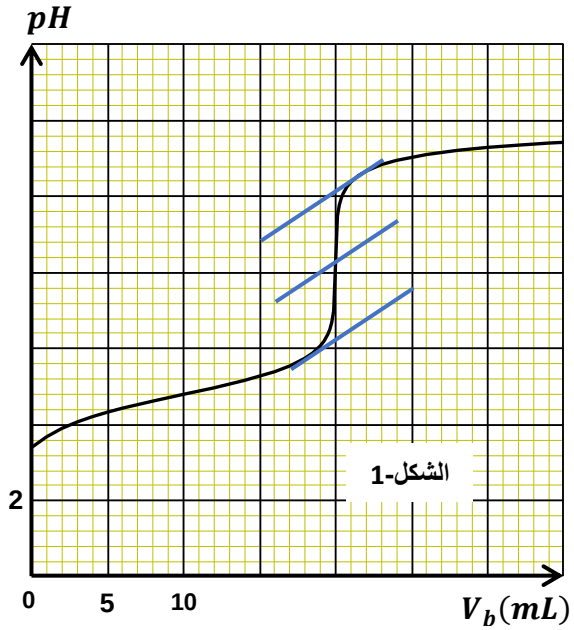
أزرق البروموتيمول : مجال تغير اللون $[6-7,6]$.

التمرين(14)

نضع في كأس بيشر $V_a = 20mL$ من حمض الإيثانويك تركيزه المولي C_a ، ثم نضيف له تدريجيا بواسطة سحاحة محلول الصود $NaOH_{(aq)}$ تركيزه المولي $C_b = 10^{-2} mol/L$ الدراسة التجريبية اعطت البيانين التاليين

1) أكتب معادلة التفاعل الحادث أثناء المعايرة مبينا الثنائيتين (أساس/حمض) الداخلة في التفاعل .





2) أي البيانين من الشكل -2 يعبر عن الصفة الحمضية وأيهما يعبر عن الصفة الأساسية ؟ علل.
3) اعتمادا على الشكلين :
أ- حدد إحداثيتي نقطة التكافؤ . ثم استنتج التركيز المولي C_a .
ب- استنتج ثابت الحموضة K_a للثنائية (CH_3COOH/CH_3COO^-) .
ج- حدد مجال ال pH الذي يتغلب فيه الحمض على أساسه المرافق .
د- استنتج النسبة المئوية للصفة الحمضية وكذا النسبة المئوية للصفة الأساسية عند إضافة $V_b = 6mL$ من الصود.
ه- احسب تركيز الفرد CH_3COOH في نقطة نصف التكافؤ ثم في نقطة التكافؤ.

التمرين(15)

تم الحصول على الحجم $V = 100mL$ بمزج $n_1 = 1{,}00mmol$ من المثيل أمين CH_3NH_2 و $n_2 = 1{,}50mmol$ من كلور الأمونيوم NH_4Cl الناقلية النوعية للمحلول المحصل عليه هي $\sigma = 210{,}5mS/m$.

1) أكتب معادلة التفاعل بين المثيل أمين وشاردة الأمونيوم.
2) أوجد باستعمال جدول التقدم ، العلاقة بين تركيز شوارد الأمونيوم وتركيز المثيل أمونيوم.
3) أعط عبارة الناقلية النوعية للمحلول عند التوازن بدلالة تركيز شوارد مثيل أمونيوم.
4) أوجد تراكيز الأنواع الكيميائية المساهمة في هذا التفاعل.
5) أحسب ثابتة التوازن.

معطيات: $\lambda_{NH_4^+} = 7{,}34 \times 10^{-3} Sm^2/mol$ ، $\lambda_{Cl^-} = 7{,}63 \times 10^{-3} Sm^2/mol$.

$$\lambda_{NH_3NH_3^+} = 5{,}87 \times 10^{-3} Sm^2/mol$$

التمرين(16)

نمزج محلولا مائيا لكلور الأمونيوم $(NH_{4(aq)}^+, Cl_{(aq)}^-)$ ومحلولا مائيا لإيثانوات الصوديوم $(CH_3COO_{(aq)}^-, Na_{(aq)}^+)$.

1) أكتب معادلة التفاعل الحاصل.
2) أعط عبارة ثابت التوازن K لهذا التفاعل بدلالة تراكيز الأنواع الكيميائية عند التوازن.
3) أعط الثنائيات أساس/حمض المشاركة في هذا التفاعل.
4) أعط عبارة ثابت الحموضة K_{a1} و K_{a2} لكل ثنائية بدلالة التراكيز عند التوازن.
5) أوجد عبارة الثابت K بدلالة K_{a1} و K_{a2} واحسب قيمتها عند 25^0C .
6) استنتج هل التحول تام أم محدود.

معطيات: عند 25^0C $pK_{a1}(NH_{4(aq)}^+/NH_{3(aq)}) = 9{,}2$.

$$pK_{a2}(CH_3COOH_{(aq)}/CH_3COO_{(aq)}^-) = 4{,}8$$

الحل

التمرين (1)

1) تعريف الحمض حسب برونشتد.

الحمض هو كل فرد كيميائي(جزيء ، شاردة) يتخلى عن بروتون H^+ أو أكثر أثناء تحول كيميائي .

2) المعادلة الكيميائية المنمذجة لتفاعل حمض الميثانويك $HCOOH(aq)$ مع الماء .

$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

3) انشاء جدولا لتقدم التفاعل باستعمال المقادير V و C والتقدم x والتقدم $x_{éq}$ عند حالة التوازن.

	$HCOOH_{(aq)}$	$+ \; H_2O_{(l)}$	$= \; HCOO^-_{(aq)}$	$+ \; H_3O^+_{(aq)}$
$t = 0$	CV	بزيادة	0	0
t	$CV - x$	بزيادة	x	x
t_f	$CV - x_f$	بزيادة	x_f	x_f

4) عبارة τ نسبة التقدم النهائي للتفاعل الحاصل بدلالة : C و $[H_3O^+(aq)]_f$.

المتفاعل المحد هو $HCOOH_{(aq)}$ وبالتالي $CV - x_m = 0$.

$x_m = CV$.

من جدول التقدم $[H_3O^+_{(aq)}]_f = \frac{x_f}{V}$. وبالتالي $x_f = [H_3O^+_{(aq)}]_f V$.

لدينا $\tau = \frac{x_f}{x_m}$.

$$\tau_f = \frac{[H_3O^+_{(aq)}]_f V}{CV} = \frac{[H_3O^+_{(aq)}]_f}{C}$$

$$\tau_f = \frac{[H_3O^+_{(aq)}]_f}{C} .$$

5) أُحسب قيمة τ_f . ماذا تستنتج؟

$$\tau_f = \frac{[H_3O^+_{(aq)}]_f}{C} = \frac{10^{-pH}}{C} = \frac{10^{-3,46}}{1,0\times10^{-3}} = 10^{-0,46}$$

$\tau_f = 0,35$.

نلاحظ أن $\tau_f < 1$ وبالتالي التفاعل غير تام ومنه حمض النمل حمض ضعيف .

6) أثبت أن عبارة $Q_{r,f}$ كسر التفاعل عند حالة توازن المجموعة الكيميائية يكتب كما يلي $Q_{r,f} = \frac{10^{-2pH}}{C-10^{-pH}}$

$Q_{r,f} = \frac{[HCOO^-_{(aq)}]_f [H_3O^+_{(aq)}]_f}{[HCOOH_{(aq)}]_f}$.

من جدول التقدم $[HCOOH_{(aq)}]_f = \frac{CV-x_f}{V} = C - \frac{x_f}{V} = C - [H_3O^+_{(aq)}]_f = C - 10^{-pH}$

$Q_{r,f} = \frac{10^{-pH}\times10^{-pH}}{C-10^{-pH}}$.

$Q_{r,f} = \frac{10^{-2pH}}{C-10^{-pH}}$.

7) استنتاج قيمة K_a ثابت الحموضة للثنائية $(HCOOH(aq)/HCOO^-(aq))$.

$$K_a = \frac{[HCOO^-_{(aq)}]_f[H_3O^+_{(aq)}]_f}{[HCOOH_{(aq)}]_f} = Q_{r,f}$$

$$Q_{r,f} = \frac{10^{-2\times3,46}}{10^{-3}-10^{-3,46}} = \frac{1,2\times10^{-7}}{0,653\times10^{-3}} = 1,84\times10^{-4}$$

$K_a = 1,84\times10^{-4}$.

التمرين (2)

1) معادلة التفاعل الذي يحدث عند إذابة هذا الحمض في الماء.

$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

2) تحديد التراكيز المولية الفعلية للأنواع الكيميائية المتواجدة في هذا المحلول.

$$[H_3O^+_{(aq)}]_f = [HCOO^-_{(aq)}]_f = 10^{-pH} = 10^{-2,65}$$

$[H_3O^+_{(aq)}]_f = [HCOO^-_{(aq)}]_f = 2,24\times10^{-3}mol/L$.

$$[HCOOH_{(aq)}]_f = \frac{CV-x_f}{V} = C - \frac{x_f}{V} = C - [H_3O^+_{(aq)}]_f = C - 10^{-pH}$$

$$[HCOOH_{(aq)}]_f = C - 10^{-pH} = 3\times10^{-2} - 10^{-2,65} = 3\times10^{-2} - 2,24\times10^{-3}$$

$[HCOOH_{(aq)}]_f = 2,77\times10^{-2}mol/L$.

3) قيمة ثابت الحموضة K_A والثابتة pk_A للثنائية $HCOOH/HCOO^-$

$$K_a = \frac{[HCOO^-_{(aq)}]_f[H_3O^+_{(aq)}]_f}{[HCOOH_{(aq)}]_f}$$

$$K_a = \frac{(2,24\times10^{-3})^2}{2,77\times10^{-2}} = 1,81\times10^{-4}$$

$K_a = 1,81\times10^{-4}$.

$pk_A = -\log K_a$.

$$pk_A = -\log 1,81\times10^{-4} = 3,75$$

4) نمزج محلول حمض النمل ومحلول ميثانوات الصوديوم $HCOONa$ ، ونقيس pH الخليط فنحصل على $pH = 6,5$.

- عين معللا جوابك النوع الكيميائي الغالب للثنائية أساس / حمض في هذا الخليط.

$$HCOOH_{(aq)} + HCOO^-_{(aq)} = HCOO^-_{(aq)} + HCOOH_{(aq)}$$

$pk_A = 3,75$ للثنائية $HCOOH/HCOO^-$.

بمأن $pH > pk_A$ فإن الأساس $HCOO^-$ هو الغالب .

التمرين (3)

1) كتابة معادلة التفاعل .

$$C_6H_5COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = C_6H_5COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$.

2) جدول التقدم لهذا التفاعل .

	$C_6H_5COOH_{(aq)}$	$+ H_2O_{(l)}$	$= C_6H_5COO^-_{(aq)}$	$+ H_3O^+_{(aq)}$
$t = 0$	CV	بزيادة	0	0
t	$CV - x$	بزيادة	x	x
t_f	$CV - x_f$	بزيادة	x_f	x_f

3) تراكيز الأفراد الموجودة في المحلول .

$$[H_3O^+_{(aq)}]_f = [C_6H_5COO^-_{(aq)}]_f$$.

حساب الناقلية النوعية للمحلول .

$G = \sigma k$ وبالتالي $\sigma = \frac{G}{k}$.

$k = \frac{10^{-4}}{10^{-2}} = 10^{-2}m$.

$\sigma = \frac{2,03\times10^{-4}}{10^{-2}} = 2,03 \times 10^{-2}\ S/m$.

$\sigma = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+]_f + \lambda_{C_6H_5COO^-}[C_6H_5COO^-]_f$.

$$[H_3O^+_{(aq)}]_f = [C_6H_5COO^-_{(aq)}]_f = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+}+\lambda_{C_6H_5COO^-}} = \frac{2,03\times10^{-2}}{35.10^{-3}+3,23.10^{-3}}$$

$$[H_3O^+_{(aq)}]_f = [C_6H_5COO^-_{(aq)}]_f = 0,53mol/m^3$$

$$[H_3O^+_{(aq)}]_f = [C_6H_5COO^-_{(aq)}]_f = 5,3 \times 10^{-4}mol/L$$

$$[C_6H_5COOH_{(aq)}]_f = \frac{CV - x_f}{V} = C - \frac{x_f}{V} = C - [H_3O^+_{(aq)}]_f$$

$$[C_6H_5COOH_{(aq)}]_f = 5 \times 10^{-3} - 5{,}3 \times 10^{-4} = 4{,}47 \times 10^{-3} mol/L$$

4) قيمة نسبة التقدم النهائي τ .

المتفاعل المحد هو $C_6H_5COOH_{(aq)}$ وبالتالي $CV - x_m = 0$.

$x_m = CV$.

من جدول التقدم $[H_3O^+_{(aq)}]_f = \frac{x_f}{V}$. وبالتالي $x_f = [H_3O^+_{(aq)}]_f V$.

لدينا $\tau = \frac{x_f}{x_m}$.

$$\tau_f = \frac{[H_3O^+_{(aq)}]_f V}{CV} = \frac{[H_3O^+_{(aq)}]_f}{C}$$

$$\tau_f = \frac{[H_3O^+_{(aq)}]_f}{C} .$$

8) أ $\tau_f = \frac{[H_3O^+_{(aq)}]_f}{C} = \frac{5{,}3\times10^{-4}}{5\times10^{-3}} = 10^{-0{,}46}$

$\tau_f = 0{,}11$.

5) حساب K قيمة ثابتة التوازن لهذا التفاعل .

$$K = Q_{r,f} = \frac{[C_6H_5COO^-_{(aq)}]_f [H_3O^+_{(aq)}]_f}{[C_6H_5COOH_{(aq)}]_f}$$

$$K = \frac{(5{,}3\times10^{-4})^2}{4{,}47\times10^{-3}} = 6{,}28 \times 10^{-5} .$$

التمرين (4)

1) حساب التركيز المولي C_0 للمحلول S_0 الموجود في القارورة .

$C_0 = \frac{10pd}{M}$ العلاقة التي نحسب بها تركيز المحلول التجاري .

$$C_0 = \frac{10\times71\times1{,}41}{63} = 15{,}89 mol/L .$$

2) معادلة تفاعل حمض النتريك مع الماء .

$$HNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} = NO^-_{3(aq)} + H_3O^+_{(aq)} .$$

3) نأخذ حجما $V_0 = 10mL$ من المحلول S_0 بواسطة ماصة ونضيفه الى حجم $V = 990mL$ من الماء المقطر للحصول على محلول S ذي $pH = 0{,}8$.

أ) جدول التقدم لهذا التفاعل . ثم حدد x_{max} و التقدم النهائي x_f للتفاعل الحاصل .

قانون التمديد .

$C_0V_0 = CV$ حيث كمية المادة نفسها .

	$C_6H_5COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = C_6H_5COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
$t = 0$	CV	بزيادة	0	0
t	$CV - x$	بزيادة	x	x
t_f	$CV - x_f$	بزيادة	x_f	x_f

$CV - x_m = 0$ ومنه

$$x_m = CV = C_0V_0 = 15{,}89 \times 10 \times 10^{-3} = 0{,}16\text{mol}$$

$$x_f = [H_3O^+_{(aq)}]_f V = 10^{-0{,}8} \times 1 = 0{,}16\text{mol}$$

ب) قيمة نسبة التقدم النهائي τ . ماذا تستنتج ؟

$$\tau = \frac{x_f}{x_m}$$

$$\tau = \frac{0{,}16}{0{,}16} = 1 \text{ .}$$

نستنتج ان التفاعل تام وبالتالي حمض النتريك حمض قوي .

التمرين (5)

1) معادلة تفاعل حمض الإيثانويك مع الماء.

$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$.

2) جدول التقدم للتفاعل الحاصل.

	$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
$t = 0$	CV	بزيادة	0	0
t	$CV - x$	بزيادة	x	x
t_f	$CV - x_f$	بزيادة	x_f	x_f

3) قيمة التركيز المولي الابتدائي C لحمض الإيثانويك في الخل.

نستطيع تطبيق العلاقة $C = \frac{10pd}{M}$ وباعتبار $p = 7\%$.

$$C = \frac{10 \times 7 \times 1}{60} = 1{,}16mol/L$$

4) العبارة الحرفية لثابتة التوازن K الموافقة لمعادلة التفاعل بدلالة C والتركيز النهائي لشوارد الهيدرونيوم.

$$K = Q_{r,f} = \frac{[CH_3COO^-_{(aq)}]_f [H_3O^+_{(aq)}]_f}{[CH_3COOH_{(aq)}]_f} .$$

$$K = \frac{\left([H_3O^+_{(aq)}]_f\right)^2}{C - [H_3O^+_{(aq)}]_f} .$$

5) تساوي قيمة ثابتة التوازن عند 25^0C $K = 1,8 \times 10^{-3}$ ، استنتج قيمة pH الخل .

$K = \frac{\left([H_3O^+_{(aq)}]_f\right)^2}{C - [H_3O^+_{(aq)}]_f}$ ومنه $\left([H_3O^+_{(aq)}]_f\right)^2 = KC - K[H_3O^+_{(aq)}]_f$.

$$\left([H_3O^+_{(aq)}]_f\right)^2 + K[H_3O^+_{(aq)}]_f - KC = 0 .$$

$$\left([H_3O^+_{(aq)}]_f\right)^2 + K[H_3O^+_{(aq)}]_f - KC = 0 .$$

$$\left([H_3O^+_{(aq)}]_f\right)^2 + 1,8 \times 10^{-3}[H_3O^+_{(aq)}]_f - 1,8 \times 10^{-3} \times 1,16 = 0$$

$$\left([H_3O^+_{(aq)}]_f\right)^2 + 1,8 \times 10^{-3}[H_3O^+_{(aq)}]_f - 2,1 \times 10^{-3} = 0 .$$

معادلة من الدرجة الثانية .

$$\Delta = (1,8 \times 10^{-3})^2 + 4 \times 2,1 \times 10^{-3} = 8,4 \times 10^{-3} .$$

$$[H_3O^+_{(aq)}]_f = \frac{-1,8\times10^{-3} + 9,16\times10^{-2}}{2} = 4,49 \times 10^{-2} mol/L .$$

$$pH = -\log[H_3O^+_{(aq)}]_f$$

$$pH = -\log 4,49 \times 10^{-2}$$

$$pH = 1,34 .$$

التمرين (6)

1) هل يسلك الأمونياك في محلول مائي سلوك حمض أم أساس ؟ علل الجواب.

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} = NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

يسلك الأمونياك في محلول مائي سلوك أساس لأنه اكتسب بروتون H^+ .

2) في $25°C$ ندرس محلولا مائيا للأمونياك تركيزه الابتدائي $C_i = 0,10 mol/L$ و تركيزه عند التوازن $C_{éq} = 9,9 \times 10^{-2} mol/L$. pH هذا المحلول هو 11,2 .

- بين أن تركيز شوارد الهيدرونيوم $H_3O^+_{(aq)}$ مهمل أمام تراكيز الشوارد الأخرى في المحلول.

$$[H_3O^+_{(aq)}]_f = 10^{-pH} = 10^{-11,2} = 6,3 \times 10^{-12} mol/L$$

ولدينا $[OH^-_{(aq)}] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+_{(aq)}]_f} = \frac{10^{-14}}{10^{-11,2}} = 1,58 \times 10^{-3} mol/L$

- نلاحظ أن $[H_3O^+_{(aq)}]_f \ll [OH^-_{(aq)}]$ وبالتالي تركيز شوارد الهيدرونيوم $H_3O^+_{(aq)}$ مهمل أمام تراكيز الشوارد الأخرى في المحلول.

3) أحسب الناقلية النوعية للمحلول عند التوازن.

$\sigma = \lambda_{OH^-}[OH^-]_f + \lambda_{NH_4^+}[NH_4^+]$.

$$[OH^-]_f = [NH_4^+]$$

$\sigma = (\lambda_{OH^-} + \lambda_{NH_4^+})[OH^-]_f$.

$$[OH^-_{(aq)}] = 1,58\, mol/m^3$$

$$\sigma = (2,0 \times 10^{-2} + 7,4 \times 10^{-3}) \times 1,58$$

$\sigma = 4,33 \times 10^{-2} S/m$.

4) ناقلية المحلول إذا كان ثابت الخلية $k = 1.10^{-2} m$.

$$G = \sigma k$$

$G = 4,33 \times 10^{-2} \times 10^{-2} = 4,33 \times 10^{-4} S$.

5) ثابتة التوازن لهذا التفاعل.

$$K = Q_{r,f} = \frac{[NH^+_{4(aq)}]_f [OH^-_{(aq)}]_f}{[NH_{3(aq)}]_f}$$

$$K = Q_{r,f} = \frac{(1,58 \times 10^{-3})^2}{0,099} = 2,52 \times 10^{-5}$$

التمرين(7)

1) نحل في لترمن الماء المقطر $0,6g$ من حمض عضوي صيغته $R - COOH$.

أ) عبارة ال K_a لانحلال الحمض في الماء.

$RCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = RCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$.

لدينا الثنائية : $RCOOH_{(aq)}/RCOO^-_{(aq)}$.

$K_a = \frac{[RCOO^-_{(aq)}]_f [H_3O^+_{(aq)}]_f}{[RCOOH_{(aq)}]_f}$.

ب) الـ pH بدلالة الـ pK_a و $\log\frac{[RCOO^-]}{[RCOOH]}$.

$$K_a = \frac{[RCOO^-_{(aq)}]_f[H_3O^+_{(aq)}]_f}{[RCOOH_{(aq)}]_f}$$

$$\frac{K_a}{[H_3O^+_{(aq)}]_f} = \frac{[RCOO^-_{(aq)}]_f}{[RCOOH_{(aq)}]_f}$$

$$\log\frac{K_a}{[H_3O^+_{(aq)}]_f} = \log\frac{[RCOO^-_{(aq)}]_f}{[RCOOH_{(aq)}]_f}$$

$$\log K_a - \log[H_3O^+_{(aq)}]_f = \log\frac{[RCOO^-_{(aq)}]_f}{[RCOOH_{(aq)}]_f} .$$

$$pH = -\log[H_3O^+_{(aq)}]_f .$$

$$-\log[H_3O^+_{(aq)}]_f = -\log K_a + \log\frac{[RCOO^-_{(aq)}]_f}{[RCOOH_{(aq)}]_f} .$$

$$pH = pK_a + \log\frac{[RCOO^-_{(aq)}]_f}{[RCOOH_{(aq)}]_f} .$$

2) نأخذ $20mL$ من المحلول S_A و نعايرها بمحلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_b = 2\times10^{-2}mol/L$ و عند كل إضافة للمحلول الأساسي نأخذ قياسات معينة عند الدرجة $25°C$ فتمكنا من تمثيل البيان المرفق حيث $[RCOOH]$ هو التركيز التركيز المولي للحمض المتبقي .

حساب تراكيز الافراد الكيميائية عند النقطة A (بداية المعايرة) تراكيز الأفراد الكيميائية التالية :

$RCOOH$، $RCOO^-$ ، H_3O^+ .

$$RCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = RCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

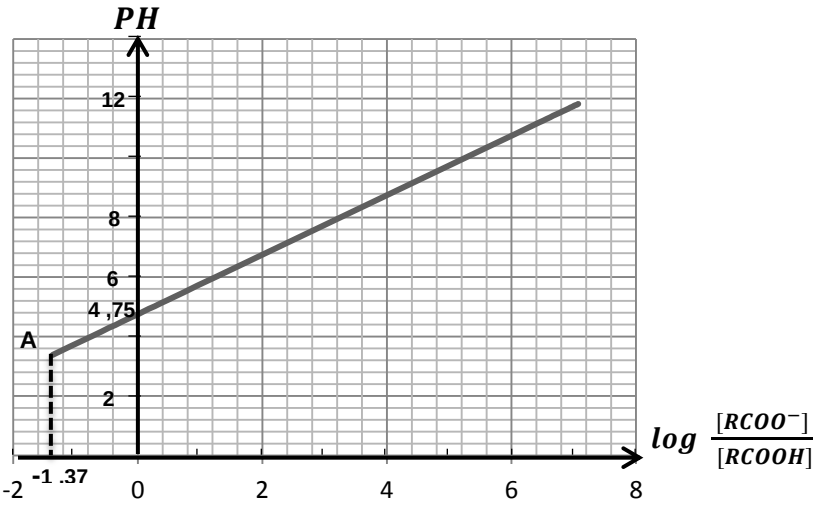
بداية المعايرة أي عند النقطة A .

لما $\log\frac{[RCOO^-_{(aq)}]_f}{[RCOOH_{(aq)}]_f} = 0$ يكون $pH = pK_a$

أي $pK_a = 4,75$.

عند النقطة A $\log\frac{[RCOO^-_{(aq)}]_f}{[RCOOH_{(aq)}]_f} = -1,37$

علاقة اندرسون



$$pH = pK_a + \log\frac{[RCOO^-_{(aq)}]_f}{[RCOOH_{(aq)}]_f}$$

$pH = 4,75 - 1,37 = 3,38$.

$$[H_3O^+]_f = 10^{-pH} = 10^{-3,38} = 4,17 \times 10^{-4} mol/L$$

$\log\frac{[RCOO^-_{(aq)}]_f}{[RCOOH_{(aq)}]_f} = -1,37$.

$$\frac{[RCOO^-_{(aq)}]_f}{[RCOOH_{(aq)}]_f} = 10^{-1,37} = 4,26 \times 10^{-2}$$

$[RCOOH_{(aq)}]_f = \frac{[RCOO^-_{(aq)}]}{4,26\times10^{-2}} = \frac{4,17\times10^{-4}}{4,26\times10^{-2}} = 9,7 \times 10^{-3} mol/L$.

$$[H_3O^+]_f = [RCOO^-_{(aq)}]_f = 4,17 \times 10^{-4} mol/L$$

$[RCOOH_{(aq)}]_f = 9,7 \times 10^{-3} mol/L$.

3) إنّ حجم الصود المضاف عند التكافؤ هو $V_b = 10mL$.

أ) حساب التركيز المولي للمحلول الحمضي

	$RCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = RCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
$t = 0$	CV	بزيادة	0	0
t	$CV - x$	بزيادة	x	x
t_f	$CV - x_f$	بزيادة	x_f	x_f

$$[RCOOH_{(aq)}]_f = \frac{CV - x_f}{V} = C_a - \frac{x_f}{V} = C_a - [H_3O^+_{(aq)}]_f$$

$C_a = [RCOOH_{(aq)}]_f + [H_3O^+_{(aq)}]_f$.

$C_a = 9,7 \times 10^{-3} + 4,17 \times 10^{-4} = 1,01 \times 10^{-2} mol/L$.

ب) الصيغة المجملة للحمض العضوي

ثم اكتب صيغته نصف المفصلة واذكر أسمه .

$C_a = \frac{n}{V}$ ومنه $n = C_aV$.

$$n = 1,01 \times 10^{-2} \times 1 = 1,01 \times 10^{-2} mol$$

الصيغة العامة للحمض $C_nH_{2n+1}COOH$.

$M = 14n + 46$.

$n = \frac{m}{M} = \frac{0,6}{14n+46}$

$0,6 = 1,01 \times 10^{-2} \times (14n + 46)$

$60 = 14n + 46$ ومنه $n = 1$.

الصيغة المجملة للحمض هي CH_3COOH هو حمض الخل .

التمرين(8)

1) معادلة انحلال حمض الخل في الماء ، وأنجز جدولا لتقدم التفاعل .

$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$.

	$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
$t = 0$	C_aV_a	بزيادة	0	0
t	$C_aV_a - x$	بزيادة	x	x
t_f	$C_aV_a - x_f$	بزيادة	x_f	x_f

2) العلاقة بين التركيز المولي C_a والتركيزين $[CH_3COOH]_f$ ، $[CH_3COO^-]_f$.

من جدول التقدم . $[CH_3COO^-]_f = [H_3O^+_{(aq)}] = \frac{x_f}{V_a}$.

$[CH_3COOH]_f = \frac{C_aV_a - x_f}{V_a} = C_a - \frac{x_f}{V_a}$

$[CH_3COOH]_f = C_a - [CH_3COO^-]_f$.

$C_a = [CH_3COOH]_f + [CH_3COO^-]_f$.

3) بالاعتماد على البيان حدد قيمة التركيز المولي C_a لمحلول حمض الخل .

$[CH_3COO^-]_f = [H_3O^+_{(aq)}] = 10^{-pH} = 10^{-3,38} = 4,17 \times 10^{-4} mol/L$.

من البيان $\frac{[CH_3COOH]_f}{[CH_3COO^-]_f} = 23,22$.

$[CH_3COOH]_f = 23,22[CH_3COO^-]_f$.

$C_a = 23,22[CH_3COO^-]_f + [CH_3COO^-]_f = 24,22[CH_3COO^-]_f$.

$C_a = 24,22 \times 4,17 \times 10^{-4} = 0,01 mol/L$.

4) أحسب قيمة ال PK_a للثنائية (CH_3COOH/CH_3COO^-) ، واستنتج قيمة الثابت K_a لها .

$$pH = pK_a + \log\frac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f}.$$

$$pK_a = pH - \log\frac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f}$$

$$pK_a = 3{,}38 - \log\frac{1}{23{,}22} = 4{,}75$$

$$K_a = 10^{-pK_a} = 10^{-4{,}75} = 1{,}77 \times 10^{-5}.$$

5) معادلة تفاعل المعايرة هي $CH_3COOH + OH^- = CH_3COO^- + H_2O$

أ) استنتج قيمة الحجم V_E اللازم لبلوغ التكافؤ (بالاعتماد على البيان) .

$$pH = pK_a + \log\frac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f}.$$

عند نقطة نصف التكافؤ يكون الحجم المضاف من المحلول الموجود في السحاحة هو $\left(\frac{V_E}{2}\right)$ و $pH = pK_a$.

أي $\log\frac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f} = 0$ وبالتالي $\frac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f} = 1$.

من البيان $\frac{V_E}{2} = 10mL$ ومنه $V_E = 20mL$.

ب) أحسب قيمة الحجم V_a لمحلول حمض الخل .

عند التكافؤ $C_aV_a = C_bV_E$.

$$V_a = \frac{C_bV_E}{C_a} = \frac{0{,}01\times20}{0{,}01} = 20mL.$$

التمرين(9)

i. نذيب كتلة قدرها $m = 0{,}046g$ من حمض الميثانويك $HCOOH$ في $100\ mL$ من الماء المقطر إن قياس الناقلية النوعية للمحلول أعطى القيمة $\sigma = 0{,}0492\ S/m$ عند الدرجة 25^0C .

1) معادلة انحلال الحمض في الماء، ثم أنشاء جدول تقدم التفاعل .

$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}.$$

جدول تقدم التفاعل .

	$HCOOH_{(aq)}$	$+\ H_2O_{(l)}$	$=\ HCOO^-_{(aq)}$	$+\ H_3O^+_{(aq)}$
$t = 0$	C_aV	بزيادة	0	0
t	$C_aV - x$	بزيادة	x	x
t_f	$C_aV - x_f$	بزيادة	x_f	x_f

حساب التركيز المولي للمحلول C_a .

$$C_a = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV}.$$

$$M = 46g/mol.$$

$$C_a = \frac{0,046}{46\times0,1} = 0,01mol/L.$$

2) احسب pH المحلول ثم احسب نسبة التقدم النهائي τ_f؟ ماذا تستنتج؟.

$$pH = -\log[H_3O^+]_f.$$

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+]_f + \lambda_{HCOO^-}[HCOO^-]_f.$$

$$[H_3O^+]_f = [HCOO^-]_f = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+}+\lambda_{HCOO^-}}.$$

$$[H_3O^+]_f = \frac{0,0492}{(35+5,46)\times10^{-3}} = 1,21mol/m^3.$$

$$[H_3O^+]_f = 1,21\times10^{-3}mol/L$$

$$pH = -\log 1,21\times10^{-3}.$$

$$pH = 2,91.$$

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_m} = \frac{[H_3O^+_{(aq)}]_f V}{C_a V} = \frac{[H_3O^+_{(aq)}]_f}{C_a}.$$

$$\tau_f = \frac{1,21\times10^{-3}}{0,01} = 0,121$$

نستنتج أن أن $\tau_f < 1$ وبالتالي التفاعل غير تام ومنه حمض الميثانويك حمض ضعيف .

3) احسب ثابت التوازن K ماذا يمثل ؟ استنتج قيمة pK_a للثنائية $HCOOH/HCOO^-$

$$K = \frac{[HCOO^-_{(aq)}]_f[H_3O^+_{(aq)}]_f}{[HCOOH_{(aq)}]_f} = \frac{\left([H_3O^+_{(aq)}]_f\right)^2}{[HCOOH_{(aq)}]_f}.$$

$$[HCOOH_{(aq)}]_f = \frac{C_aV-x_f}{V} = C_a - \frac{x_f}{V} = C_a - [H_3O^+_{(aq)}]_f$$

$$K = \frac{\left([H_3O^+_{(aq)}]_f\right)^2}{C_a-[H_3O^+_{(aq)}]_f}.$$

$$K = \frac{(1,21\times10^{-3})^2}{0,01-1,21\times10^{-3}} = 1,66\times10^{-4}.$$

يمثل K ثابت الحموضة K_a للثنائية $HCOOH/HCOO^-$.

$pK_a = -\log K_a$.

$pK_a = -\log 1{,}66 \times 10^{-4} = 3{,}78$.

i. نعاير حجم قدره $V_0 = 20\ mL$ من المحلول السابق بمحلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + OH^-)$ تركيزه المولي C_b .

1) معادلة تفاعل المعايرة .

$HCOOH_{(aq)} + OH^-_{(aq)} = HCOO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$.

2) باستغلال البيان اوجد.

أ) حجم محلول الصودا $(NaOH)$ اللازم للتكافؤ ؟ ثم استنتج قيمة C_b ؟.

$pH = pK_a + \log\frac{[HCOO^-]_f}{[HCOOH]_f}$.

عند نقطة نصف التكافؤ يكون الحجم المضاف من المحلول الموجود في السحاحة هو $\left(\frac{V_E}{2}\right)$ و $pH = pK_a$.

أي $\log\frac{[HCOO^-]_f}{[HCOOH]_f} = 0$.

من البيان $\frac{V_{bE}}{2} = 5mL$ ومنه $V_{bE} = 10mL$.

عند التكافؤ $C_aV_0 = C_bV_{bE}$ ومنه $C_b = \frac{C_aV_0}{V_{bE}}$.

$C_b = \frac{0{,}01\times 20}{10} = 0{,}02mol/L$.

ب) قيمة pH المحلول عند التكافؤ .

$pH = pK_a + \log\frac{[HCOO^-]_f}{[HCOOH]_f}$.

عند التكافؤ من البيان $\log\frac{[HCOO^-]_f}{[HCOOH]_f} = 4$.

أي $V_{bE} = 10mL$ تقابلها من البيان $\log\frac{[HCOO^-]_f}{[HCOOH]_f} = 4$.

$pH_E = 3{,}78 + 4 = 7{,}78$.

3) حساب تراكيز الأفراد الكيميائية المتواجدة في المحلول عند سكب حجم قدره $V_b = 10\ mL$ من محلول الصودا أي عند التكافؤ .

	$HCOOH_{(aq)} + OH^-_{(aq)} = HCOO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$			
بزيادة	0	C_bV_b	C_aV_0	$t = 0$
بزيادة	x_f	$C_bV_{bE} - x_f$	$C_aV_0 - x_f$	عند التكافؤ

$[H_3O^+]_f = 10^{-pH_E} = 10^{-7,78} = 1,66 \times 10^{-8} mol/L$.

$[OH^-]_f = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]_f} = \frac{10^{-14}}{10^{-7,78}} = 6,02 \times 10^{-7} mol/L$.

$[Na^+]_f = \frac{C_b V_{bE}}{V_0 + V_{bE}} = \frac{0,02 \times 10}{30} = 6,66 \times 10^{-3} mol/L$.

$[HCOOH]_f = \frac{C_a V_0 - x_f}{V_0 + V_{bE}}$.

$[OH^-]_f = \frac{C_b V_{bE} - x_f}{V_0 + V_{bE}}$ ومنه $x_f = C_b V_{bE} - [OH^-]_f (V_0 + V_{bE})$.

$[HCOOH]_f = \frac{C_a V_0 - x_f}{V_0 + V_{bE}} = \frac{C_a V_0 - \left(C_b V_{bE} - [OH^-]_f (V_0 + V_{bE})\right)}{V_0 + V_{bE}} = [OH^-]_f$.

$[HCOOH]_f = 6,02 \times 10^{-7} mol/L$.

4) من بين الكواشف الملونة التالية بين الكاشف المناسب لهذه المعايرة مع التعليل؟

الكاشف المناسب هو أحمر الكريزول لأن pH_E ينتمي الى مجال التغير اللوني لهذا الكاشف .

التمرين (10)

1) معادلة انحلال غاز النشادر في الماء ، وأنجز جدولا لتقدم التفاعل .

$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} = NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$

	$NH_{3(g)}$	$+ H_2O_{(l)}$	$= NH_4^+{}_{(aq)}$	$+ OH^-{}_{(aq)}$
$t = 0$	$C_b V_b$	بزيادة	0	0
t	$C_b V_b - x$	بزيادة	x	x
t_f	$C_b V_b - x_f$	بزيادة	x_f	x_f

2) أوجد العلاقة بين التركيز المولي C_b والتركيزين $[NH_3]_f$ ، $[NH_4^+]_f$

من جدول التقدم $[NH_4^+]_f = \frac{x_f}{V_b}$

$[NH_3]_f = \frac{C_b V_b - x_f}{V_b} = C_b - \frac{x_f}{V_b}$

$[NH_3]_f = C_b - [NH_4^+]_f$ ومنه

$C_b = [NH_3]_f + [NH_4^+]_f$

3) تحديد قيمة التركيز المولي C_b لمحلول غاز النشادر

$[H_3O^+]_f = 10^{-PH} = 10^{-10,59} mol/L$

$[OH^-]_f = \frac{10^{-14}}{10^{-10,59}} == 3,89 \times 10^{-4} mol/L$

من البيان $\log \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} = 1,392$ ومنه $\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} = 10^{1,392}$

$\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} = 24,66$ ومنه $[NH_3]_f = 24,66 [NH_4^+]_f$

$$c_b = [NH_3]_f + [NH_4^+]_f$$
$$c_b = 24,66[NH_4^+]_f + [NH_4^+]_f$$
$$c_b = 25,66[NH_4^+]_f = 25,66 \times 3,89 \times 10^{-4}$$
$$c_b = 10^{-2} mol/L$$

4) بين أن غاز النشادر أساس ضعيف $\tau_f = \frac{[OH^-]_f}{c_b}$

$\tau_f = \frac{3,89\times10^{-4}}{10^{-2}} = 3,89 \times 10^{-2} < 1$ ومنه غاز النشادر أساس ضعيف .

5) قيمة ال PK_a للثنائية (NH_4^+/NH_3)

$$pH = pK_a + \log\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$$
$$pK_a = 10,59 - 1,392 = 9,2$$
$$K_a = 10^{-pK_a} = 10^{-9,2} = 6,3 \times 10^{-10}$$

6) معادلة تفاعل المعايرة هي

$$H_3O^+_{(aq)} + NH_{3(aq)} = NH_4^+{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

أ- عند نقطة نصف التكافؤ يكون $\log\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} = 0$

من البيان $\frac{V_E}{2} = 10mL$ ومنه حجم التكافؤ $V_E = 20mL$

ب- قيمة الحجم V_b لمحلول النشادر. $C_aV_E = C_bV_b$

$$V_b = 20mL$$

ج- تراكيز مختلف الأفراد الكيميائية عند التكافؤ.

الأفراد الكيميائية : H_3O^+ ، NH_4^+ ، NH_3 ، Cl^- ، OH^-

عند التكافؤ $pH_E = pK_a + \log\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$

$$pH_E = 9,2 - 3,45 = 5,75$$

$$[H_3O^+]_f = 10^{-5,75} = 1,778 \times 10^{-6} mol/L$$

$$[OH^-]_f = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]_f} = 5,62 \times 10^{-9} mol/L$$

$$[Cl^-] = \frac{C_aV_E}{V_b+V_E} = 5 \times 10^{-3} mol/L$$

$$[NH_4^+] = [Cl^-] = 5 \times 10^{-3} mol/L$$

$$[NH_3] = [H_3O^+] = 1,778 \times 10^{-6} mol/L$$

د- ثابت التوازن K لتفاعل المعايرة .

$$K = \frac{[NH_4^+]_f}{[NH_3]_f \times [H_3O^+]_f} = \frac{1}{K_a} = 10^{9,2} = 1,58 \times 10^9 .$$

التمرين(11)

i. دراسة المحلول المائي للأمونياك .

1) معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الكيميائي الذي يحدث بين الأمونياك والماء.

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

2) حدّد نسبة التقدم النهائي τ_f لهذا التفاعل . ماذا تستنتج ؟

	$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} = NH_{4(aq)}^{+} + OH_{(aq)}^{-}$			
$t = 0$	C_BV	بزيادة	0	0
t	$C_BV - x$	بزيادة	x	x
t_f	$C_BV - x_f$	بزيادة	x_f	x_f

المتفاعل المحد هو $NH_{3(aq)}$ وبالتالي $C_BV - x_m = 0$. ومنه $x_m = C_BV$.

من جدول التقدم $[OH_{(aq)}^{-}]_f = \frac{x_f}{V}$. وبالتالي $x_f = [OH_{(aq)}^{-}]_f V$.

لدينا $\tau = \frac{x_f}{x_m}$.

$$\tau_f = \frac{[OH_{(aq)}^{-}]_f V}{C_BV} = \frac{[OH_{(aq)}^{-}]_f}{C_B}$$

$$\tau_f = \frac{K_e}{C_B 10^{-pH}} .$$

$$\tau_f = \frac{10^{-14}}{2\times10^{-2}\times10^{-10,74}} = 2,75 \times 10^{-2}$$

نلاحظ أن $\tau_f < 1$ وبالتالي التفاعل غير تام ومنه $NH_{3(aq)}$ أساس ضعيف .

3) عبر عن عبارة كسر التفاعل $Q_{r,f}$ عند توازن المجموعة الكيميائية بدلالة C_B و τ_f . ا حسب قيمته.

$$Q_{r,f} = \frac{[NH_{4(aq)}^{+}]_f [OH_{(aq)}^{-}]_f}{[NH_{3(aq)}]_f}$$

$$Q_{r,f} = \frac{\left([OH_{(aq)}^{-}]_f\right)^2}{C_B - [OH_{(aq)}^{-}]_f} = \frac{\tau_f^2 C_B^2}{C_B - \tau_f C_B}$$

$$Q_{r,f} = \frac{\tau_f^2 C_B}{1-\tau_f} .$$

$$Q_{r,f} = K = \frac{(2,75\times10^{-2})^2\times2\times10^{-2}}{1-2,75\times10^{-2}} = 1,55 \times 10^{-5}$$

4) تحقق من قيمة pK_a للثنائية (NH_4^{+}/NH_3).

$$K = \frac{[NH_{4(aq)}^{+}]_f [OH_{(aq)}^{-}]_f}{[NH_{3(aq)}]_f}$$

$$K_a = \frac{[NH_{3(aq)}]_f [H_3O^+_{(aq)}]_f}{[NH^+_{4(aq)}]_f}$$

$$K = \frac{[NH^+_{4(aq)}]_f [OH^-_{(aq)}]_f [H_3O^+_{(aq)}]_f}{[NH_{3(aq)}]_f [H_3O^+_{(aq)}]_f} = \frac{K_e}{K_a} .$$

$K = \frac{K_e}{K_a}$ ومنه $K_a = \frac{K_e}{K}$.

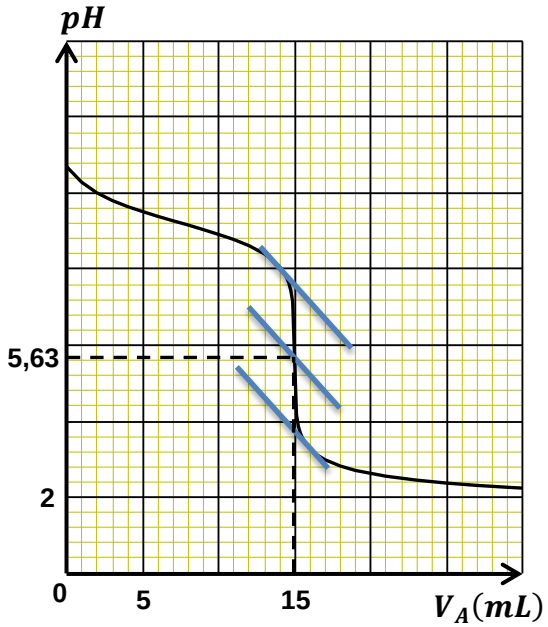
$$pK_a = -\log K_a = -\log \frac{K_e}{K} = \log K - \log K_e .$$

$$pK_a = \log 1{,}55 \times 10^{-5} - \log 10^{-14} = 9{,}2$$

ii. **معايرة محلول الأمونياك بواسطة محلول حمض كلور الماء.**

1) المعادلة الكيميائية المنمذجة لهذه المعايرة .

$$NH_{3(aq)} + H_3O^+_{(aq)} = NH^+_{4(aq)} + H_2O_{(l)}.$$



2) يمثل المنحنى الممثل في الشكل تغير pH الخليط بدلالة الحجم V_A للمحلول (S_A) لحمض كاور الماء المضاف.

أ) حدّ د الإحداثيتين V_{AE} و pH_E لنقطة التكافؤ.

طريقة المماسين المتوازيين .

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

ب) احسب $\acute{C}_B$.

$$C_A V_{AE} = \acute{C}_B V_B$$

$$\acute{C}_B = \frac{C_A V_{AE}}{V_B} = \frac{2\times10^{-2}\times15}{20} = 1{,}5 \times 10^{-2} mol/L$$

ج) الكاشف الملائم لإنجاز هذه المعايرة في غياب جهاز pH متر .

الكاشف الملائم لإنجاز هذه المعايرة هو أحمر الكلورو فينول لأن pH_E يقع في مجال التغير اللوني لهذا الكاشف .

د) حدّ د الحجم V_{A1} من محلول حمض كلور الماء الذي يجب إضافته لكي تتحقق العلاقة $[NH_4^+] = 15[NH_3]$ في الخليط التفاعلي .

$$pH = pK_a + \log \frac{[NH_3]_f}{[NH_4^+]_f}$$

$$pH = 9{,}2 + \log \frac{1}{15} = 8{,}02 .$$

من البيان $pH = 8{,}02$ تقابلها $V_{A1} = 14mL$.

التمرين(12)

i. لمتابعة التطور الزمني للتحول الكيميائي الحادث بين محلول حمض كلور الماء $(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$ ومعدن Al

1) معادلة تفاعل الألمنيوم مع محلول حمض كلور الماء .

$$Al_{(s)} = Al^{3+}_{(aq)} + 3e^-$$

$$2H_3O^+_{(aq)} + 2e^- = H_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

$$2Al_{(s)} + 6H_3O^+_{(aq)} = 2Al^{3+}_{(aq)} + 3H_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

2) أنشئ جدولا لتقدم التفاعل و احسب التقدم الاعظمي x_{max} ، ثم عين المتفاعل المحد.

	$2Al_{(s)}$ +	$6H_3O^+_{(aq)}$ =	$2Al^{3+}_{(aq)}$ +	$3H_{2(g)}$ +	$6H_2O_{(l)}$
$t=0$	$n_1 = \frac{m_0}{M}$	C_0V_0	0	0	بوفرة
t	$n_1 - 2x$	$C_0V_0 - 6x$	$2x$	$3x$	بوفرة
t_f	$n_1 - 2x_m$	$C_0V_0 - 6x_m$	$2x_m$	$3x_m$	بوفرة

لدينا : $n_2 = C_0V_0 = 0,6.0,2 = 0,12mol$

تعيين قيمة التقدم الأعظمي :

من جدول التقدم نجد $n(H_2) = 3x$.

من قانون الغاز المثالي $PV_{H_2} = n_{H_2}RT$ ومنه $3x = \frac{PV_{H_2}}{RT}$ وبالتالي $x = \frac{PV_{H_2}}{3RT}$.

$V_f(H_2) = 984mL$.

$$x_m = \frac{1,013\times10^5\times984\times10^{-6}}{3\times8,31\times310} = 1,29\times10^{-2}mol$$.

تحديد المتفاعل المحد :لدينا من جدول التقدم $n_f(H_3O^+) = n_2 - 6x_f = 0,12 - 6\cdot1,29\cdot10^{-2} = 4,26\cdot10^{-2}mol$

بما أن التفاعل تام و $n_f(H_3O^+) \neq 0$ و فإن المتفاعل المحد هو الألمنيوم $Al_{(s)}$.

3) عرف السرعة الحجمية للتفاعل .

السرعة الحجمية للتفاعل هي مقدار تغير سرعة التفاعل في وحدة الحجم .

4) بين أنه يمكن كتابة عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بالشكل : $v_{vol} = \frac{P}{3VRT}\times\frac{dV_{H_2}}{dt}$. حيث V حجم المزيج التفاعلي .

$v_{vol} = \frac{1}{V}\times\frac{dx}{dt}$ ولدينا $x = \frac{PV_{H_2}}{3RT}$.

$\frac{dx}{dt} = \frac{P}{3RT}\times\frac{dV_{H_2}}{dt}$.

$v_{vol} = \frac{P}{3VRT}\times\frac{dV_{H_2}}{dt}$.

5) احسب سرعة التفاعل في اللحظة $t_1 = 0$ ثم في في اللحظة $t_2 = 30min$. اشرح اختلاف السرعتين على المستوى المجهري .

$$v(0) = \frac{P}{3RT}\times\left(\frac{dV_{H_2}}{dt}\right)_{t=0} = \frac{1,013\times10^5}{3\times8,31\times310}\left(\frac{984\times10^{-6}}{5}\right)$$

$v(0) = 2,58\times10^{-3}mol/min$.

عند اللحظة $t_2 = 30min$: $v(30) = 0$ توقف التفاعل .

يرجع اختلاف السرعتين على المستوى المجهري إلى تناقص عدد التصادمات الفعالة بين المتفاعلات بسبب تناقص التركيز الابتدائي للمتفاعلات .

6) احسب نسبة نقاوة عينة الألمنيوم .

$n_1 - 2x_m = 0$ ومنه $n_1 = 2x_m = 2{,}58 \times 10^{-2} mol$.

$n_1 = \frac{m_0}{M}$ ومنه $m_0 = n_1 M = 2{,}58 \times 10^{-2} \times 27 = 0{,}697 g$.

لدينا :

$$\left.\begin{array}{l} 1g \rightarrow 100\% \\ 0{,}697g \rightarrow P\% \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{P\% = 69{,}7\%}$$

i. في نهاية التفاعل أخذنا حجما $V_1 = 20mL$ من المزيج الناتج ووضعناه في بيشر و أضفنا له $80mL$ من الماء المقطر ، فحصلنا بذلك على محلول (S') .

1) اذكر البروتوكول التجريبي لعملية المعايرة مع ذكر الزجاجيات المستعملة :

ـ نملأ السحاحة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_B = 0{,}42 mol/L$ ثم نضبط سطح المحلول داخل السحاحة عند الصفر .

ـ نضع حجما قدره $100mL$ من المحلول (S') في كأس بيشر سعته $100mL$ و نضع هذا الأخير فوق مخلاط مغناطيسي ، ثم نضبط جهاز الـ pH متر ونضع مسباره داخل البيشر .

ـ نبدأ في إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم الموجود في السحاحة على المحلول (S') الموجود في البيشر قطرة قطرة مع تشغيل المخلاط المغناطيسي ونسجل قيمة الـ pH بعد كل إضافة ثم ندون النتائج في جدول.

2) تعيين نقطة التكافؤ E وتحديد طبيعة المزيج عندها :

باستعمال طريقة المماسات المتوازية نجد: $E\left(V_{BE} = 10mL, pH_E = 7\right)$

طبيعة المزيج هو معتدل لأنّ : $pH_E = 7$.

3) حساب التركيز المولي لشوارد الهيدرونيوم $\left(H_3O^+\right)$ في المحلول (S'):

$$\left[H_3O^+\right] \cdot V_a = C_B \cdot V_{BE} \Rightarrow \left[H_3O^+\right] = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{V_a} = \frac{0{,}42 \cdot 10}{100} = 0{,}042 mol/L$$

4) حساب كمية مادة $\left(H_3O^+\right)$ في المزيج المتفاعل في التجربة الأولى عند نهاية التفاعل :

نبحث أولا عن التركيز المولي لشوارد الهيدرونيوم $\left(H_3O^+\right)$ في الحجم $V_1 = 20mL$: $\left[H_3O^+\right] = \frac{0{,}042 \cdot 100}{20} = 0{,}21 mol/L$

$$n_f\left(H_3O^+\right) = \left[H_3O^+\right] \cdot V_0 = 0{,}21 \cdot 0{,}2 = 0{,}042 mol \Rightarrow n_f\left(H_3O^+\right) = 0{,}042 mol$$

5) حساب نسبة نقاوة عينة الالمنيوم :

لدينا : $n_f\left(H_3O^+\right) = C_0 \cdot V_0 - 6x_{max} = 0{,}042 mol \Rightarrow x_{max} = 0{,}013 mol$

$$n_f(AL) = n_1(AL) - 2x_{max} = 0 \Rightarrow n_1(AL) = 2x_{max} = 0{,}026 mol \Rightarrow m_0(AL) = 0{,}702 g$$

لدينا :

$$\left.\begin{array}{l} 1g \rightarrow 100\% \\ 0{,}702g \rightarrow P\% \end{array}\right\} \Rightarrow P\% = 70{,}2\%$$

ـ المقارنة مع القيمة المحسوبة في التجربة الأولى : القيمتين متساويتن في حدود أخطاء القياس

التمرين(13)

التمرين الأول:

الفوج الأول:

1) معادلة التفاعل بين حمض الأسكوربيك وثنائي اليود.

$$C_6H_8O_{6(aq)} = C_6H_6O_{6(aq)} + 2H^+ + 2e^-$$

$$I_{2(aq)} + 2e^- = 2I^-_{(aq)}$$

$$C_6H_8O_{6(aq)} + I_{2(aq)} = C_6H_6O_{6(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2H^+$$

2) جدول التقدم لهذا التفاعل.

	$C_6H_8O_{6(aq)}$	$+ I_{2(aq)}$	$= C_6H_6O_{6(aq)}$	$+ 2I^-_{(aq)}$	$+ 2H^+$
$t = 0$	C_1V_1	C_2V_2	0	0	بوفرة
t	$C_1V_1 - x$	$C_2V_2 - x$	x	$2x$	بوفرة
t_f	$C_1V_1 - x_f$	$C_2V_2 - x_f$	x_f	$2x_f$	بوفرة

3) معادلة تفاعل معايرة ثنائي اليود بثيوكبريتات الصوديوم .

$$2S_2O^{2-}_{3(aq)} = S_4O^{2-}_{6(aq)} + 2e^-$$

$$I_{2(aq)} + 2e^- = 2I^-_{(aq)}$$

$$I_{2(aq)} + 2S_2O^{2-}_{3(aq)} = 2I^-_{(aq)} + S_4O^{2-}_{6(aq)}$$

4) كمية مادة ثنائي اليود غير المتفاعل مع حمض الأسكوربيك.

عند التكافؤ يكون المزيج ستوكيومتري .

$$. n_f(I_2) = \frac{n_E\left(S_2O^{2-}_{3(aq)}\right)}{2}$$

$$. n_f(I_2) = \frac{C_3V_E}{2}$$

$$. n_f(I_2) = \frac{2{,}5\times10^{-2}\times20\times10^{-3}}{2} = 2{,}5\times10^{-4}mol$$

5) التركيز الكتلي (C_m) لحمض الأسكوربيك .

لدينا $. n_f(I_2) = C_2V_2 - x_f = 2{,}5\times10^{-4}mol$

$$. x_f = 3{,}5\times10^{-2}\times20\times10^{-3} - 2{,}5\times10^{-4} = 4{,}5\times10^{-4}mol$$

$$. x_m = 4{,}5\times10^{-4}mol$$

المتفاعل المحد هو $C_6H_8O_{6(aq)}$ وبالتالي $. C_1V_1 - x_m = 0$

$$C_1 = \frac{x_m}{V_1} = \frac{4{,}5\times10^{-4}}{10\times10^{-3}} = 4{,}5\times10^{-2}mol/L$$

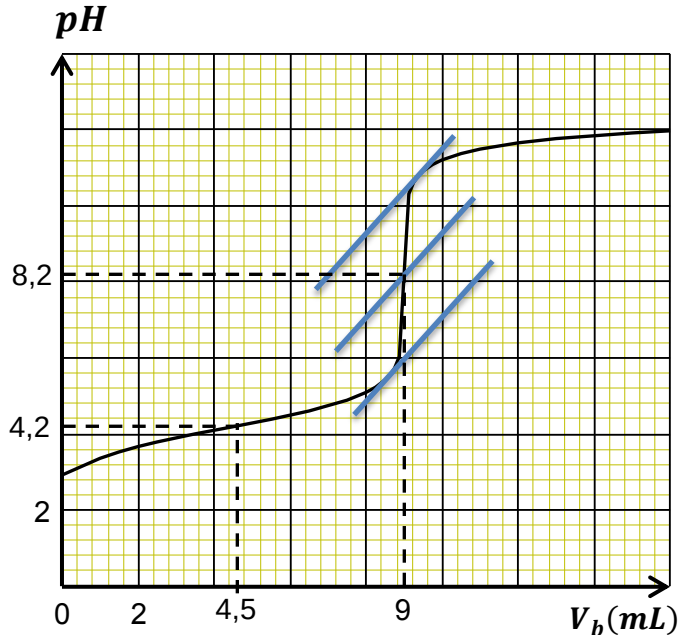
$C_m = C_1 \times M = 4{,}5 \times 10^{-2} \times 176 = 7{,}92\ g/L$

. $C_m = 7{,}92\ g/L$

الفوج الثاني:

1) اكتب معادلة تفاعل المعايرة.

$C_6H_8O_{6(aq)} + OH^-_{(aq)} = C_6H_7O^-_{6(aq)} + H_2O_{(l)}$



2) عرّف التكافؤ حمض – أساس ، ثم حدّد إحداثي نقطة التكافؤ حمض – أساس.

التكافؤ حمض – أساس يكون المزيج ستوكيومتري .

بواسطة طريقة المماسين المتوازيين .

$(V_E, pH_E) = (9mL, 8{,}2)$

عين pK_a الثنائية $(C_6H_8O_6 / C_6H_7O_6^-)$.

من البيان $pK_a = 4{,}2$.

3) احسب التركيز الكتلي (C_m) لحمض الأسكوربيك. قارن نتيجتي الفوجين.

عند التكافؤ .

. $C_BV_E = C_AV_A$

. $C_A = \frac{C_BV_E}{V_A} = \frac{5\times10^{-2}\times9}{20} = 2{,}25 \times 10^{-2} mol/L$

قانون التمديد

$C_1 \times V_0 = C_A \times 2V_0$

. $C_1 = 2C_A = 4{,}5 \times 10^{-2} mol/L$

$C_m = C_1 \times M = 4{,}5 \times 10^{-2} \times 176 = 7{,}92\ g/L$

الفوجين حصلا على نفس النتيجة .

4) بيّن بطريقتين أن حمض الأسكوربيك ضعيف في الماء .

$\tau = \frac{10^{-pH_0}}{C_1}$ حيث من البيان $pH_0 = 2{,}95$.

. $\tau = \frac{10^{-2{,}95}}{4{,}5\times10^{-2}} = 2{,}55 \times 10^{-2}$

بمأن $\tau < 1$ فإن حمض الأسكوربيك ضعيف في الماء .

التمرين(14)

الحل

1) معادلة التفاعل الحادث أثناء المعايرة مبينا الثنائيات (أساس/حمض) الداخلة في التفاعل .

$$CH_3COOH_{(aq)} + OH^-_{(aq)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

الثنائيتين (أساس/حمض) هما :

$(CH_3COOH_{(aq)}/CH_3COO^-_{(aq)})$ و $(H_2O_{(l)}/OH^-_{(aq)})$.

2) أي البيانين من الشكل -2 يعبر عن الصفة الحمضية وأيهما يعبر عن الصفة الأساسية ؟ علل.

البيان (1) من الشكل -2 يعبر عن الصفة الحمضية .

البيان (2) من الشكل -2 يعبر عن الصفة الأساسية .

3) اعتمادا على الشكلين :

أ) تحديد إحداثيتي نقطة التكافؤ . ثم استنتاج التركيز المولي C_a .

$(V_{bE}\ , pH_E) = (20mL, 8,2)$.

ب) استنتج ثابت الحموضة K_a للثنائية (CH_3COOH/CH_3COO^-) .

من الشكل -1 عند $\frac{V_{bE}}{2} = 10mL$ تقابلها $pK_a = 4,8$.

$$K_a = 10^{-pK_a} = 10^{-4,8} = 1,58 \times 10^{-5}$$

ج) مجال ال pH الذي يتغلب فيه الحمض على أساسه المرافق .

$pH < 4,8$.

د) النسبة المئوية للصفة الحمضية وكذا النسبة المئوية للصفة الأساسية عند إضافة $V_b = 6mL$ من الصود.

عند إضافة $V_b = 6mL$ يكون :

$\%(CH_3COOH) = 70\%$.

$\%(CH_3COO^-) = 30\%$.

ه) احسب تركيز الفرد CH_3COOH في نقطة نصف التكافؤ ثم في نقطة التكافؤ.

في نقطة نصف التكافؤ .

$[CH_3COOH] = [CH_3COO^-]$. و يكون $pH = 4,8$.

	$CH_3COOH_{(aq)} + OH^-_{(aq)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$			
بزيادة	C_AV_A	C_BV_B	0	
بزيادة	$C_AV_A - x$	$C_BV_B - x$	x	
بزيادة	$C_AV_A - x_f$	$C_BV_B - x_f$	x_f	

من جدول التقدم $[OH^-_{(aq)}] = \frac{C_BV_B - x_f}{V_A + V_B}$

$[OH^-_{(aq)}] = \frac{10^{-14}}{10^{-4,8}} = 6,3 \times 10^{-10} mol/L$.

$\frac{C_BV_B - x_f}{30 \times 10^{-3}} = 6,3 \times 10^{-10}$.

$$10^{-2} \times 10 \times 10^{-3} - x_f = 1,89 \times 10^{-11}$$

$x_f \approx 10^{-4} mol$.

$[CH_3COOH] = [CH_3COO^-] = \frac{x_f}{V_A+V_B} = \frac{10^{-4}}{30\times10^{-3}} = 3{,}33 \times 10^{-3} mol/L$.

في نقطة التكافؤ.

$[CH_3COOH] = [OH^-_{(aq)}]$.

$[H_3O^+_{(aq)}] = 10^{-pH_E} = 10^{-8{,}2} = 6{,}3 \times 10^{-9} mol/L$.

$[OH^-_{(aq)}] = \frac{10^{-14}}{10^{-8{,}2}} = 1{,}58 \times 10^{-6} mol/L$ ومنه $[CH_3COOH] = 1{,}58 \times 10^{-6} mol/L$.

التمرين(15)

1) معادلة التفاعل بين المثيل أمين وشاردة الأمونيوم.

$CH_3NH_{2(aq)} + NH^+_{4(aq)} = CH_3NH^+_{3(aq)} + NH_{3(aq)}$.

2) أوجد باستعمال جدول التقدم ، العلاقة بين تركيز شوارد الأمونيوم وتركيز المثيل أمونيوم.

	$CH_3NH_{2(aq)} + NH^+_{4(aq)} = CH_3NH^+_{3(aq)} + NH_{3(aq)}$.			
$t = 0$	n_1	n_2	0	0
t	$n_1 - x$	$n_2 - x$	x	x
t_f	$n_1 - x_f$	$n_2 - x_f$	x_f	x_f

$[NH^+_{4(aq)}] = \frac{n_2-x}{V}$ و $[CH_3NH^+_{3(aq)}] = \frac{x}{V}$

$[NH^+_{4(aq)}] = \frac{n_2}{V} - \frac{x}{V} = [NH^+_{4(aq)}]_i - [CH_3NH^+_{3(aq)}]$

$[NH^+_{4(aq)}] = [NH^+_{4(aq)}]_i - [CH_3NH^+_{3(aq)}]$.

3) عبارة الناقلية النوعية للمحلول عند التوازن بدلالة تركيز شوارد مثيل أمونيوم.

$\sigma = \lambda_{NH_4^+}[NH^+_{4(aq)}]_f + \lambda_{NH_3NH_3^+}[CH_3NH^+_{3(aq)}]_f + \lambda_{Cl^-}[Cl^-]_f$

$[Cl^-]_f = \frac{n_2}{V} = \frac{1{,}50\times10^{-3}}{10^{-1}} = 1{,}50 \times 10^{-2} mol/L$

$[Cl^-]_f = 15\ mol/m^3$.

$\sigma = 7{,}34 \times 10^{-3}[NH^+_{4(aq)}]_f + 5{,}87 \times 10^{-3}[CH_3NH^+_{3(aq)}]_f + 7{,}63 \times 10^{-3} \times 15$

$[NH^+_{4(aq)}] = [NH^+_{4(aq)}]_i - [CH_3NH^+_{3(aq)}] = 15 - [CH_3NH^+_{3(aq)}]$.

$\sigma = 7{,}34 \times 10^{-3}(15 - [CH_3NH^+_{3(aq)}]) + 5{,}87 \times 10^{-3}[CH_3NH^+_{3(aq)}]_f + 7{,}63 \times 10^{-3} \times 15$

$\sigma = 224{,}55 \times 10^{-3} - 1{,}47 \times 10^{-3}[CH_3NH^+_{3(aq)}]_f$.

4) أوجد تراكيز الأنواع الكيميائية المساهمة في هذا التفاعل.

$$\sigma = 224{,}55 \times 10^{-3} - 1{,}47 \times 10^{-3}\left[CH_3NH^+_{3(aq)}\right]_f$$

$$\left[CH_3NH^+_{3(aq)}\right]_f = \frac{224{,}55\times10^{-3}-\sigma}{1{,}47\times10^{-3}} = \frac{224{,}55\times10^{-3}-210{,}5\times10^{-3}}{1{,}47\times10^{-3}}$$

$$\left[CH_3NH^+_{3(aq)}\right]_f = 9{,}55 mol/m^3$$

$$\left[CH_3NH^+_{3(aq)}\right]_f = 9{,}55 \times 10^{-3} mol/L$$

$$\left[NH^+_{4(aq)}\right] = 15 - \left[CH_3NH^+_{3(aq)}\right] = 15 - 9{,}55 = 5{,}45 mol/m^3$$

$$\left[NH^+_{4(aq)}\right] = 5{,}45 \times 10^{-3} mol/L$$

$\left[CH_3NH^+_{3(aq)}\right] = \frac{x_f}{V}$ ومنه $x_f = V\left[CH_3NH^+_{3(aq)}\right]$.

$$x_f = 9{,}55 \times 10^{-4} mol$$

$$\left[NH_{3(aq)}\right]_f = \frac{x_f}{V} = 9{,}55 \times 10^{-3} mol/L$$

$$\left[CH_3NH_{2(aq)}\right]_f = \frac{n_1 - x_f}{V} = \frac{10^{-3} - 9{,}55\times10^{-4}}{10^{-1}}$$

$$\left[CH_3NH_{2(aq)}\right]_f = 4{,}5 \times 10^{-4} mol/L$$

5) أحسب ثابتة التوازن.

$$K = \frac{\left[CH_3NH^+_{3(aq)}\right]_f\left[NH_{3(aq)}\right]_f}{\left[CH_3NH_{2(aq)}\right]_f\left[NH^+_{4(aq)}\right]_f} = \frac{(9{,}55\times10^{-3})^2}{4{,}5\times10^{-4}\times5{,}45\times10^{-3}}$$

. $K = 37{,}1$

التمرين(16)

1) معادلة التفاعل الحاصل.

. $CH_3COO^-_{(aq)} + NH^+_{4(aq)} = CH_3COOH_{(aq)} + NH_{3(aq)}$

2) عبارة ثابت التوازن K لهذا التفاعل .

. $K = \frac{\left[CH_3COOH_{(aq)}\right]_f\left[NH_{3(aq)}\right]_f}{\left[CH_3COO^-_{(aq)}\right]_f\left[NH^+_{4(aq)}\right]_f}$

3) الثنائيات أساس/حمض المشاركة في هذا التفاعل.

$\left(CH_3COOH_{(aq)}/CH_3COO^-_{(aq)}\right)$ و $\left(NH^+_{4(aq)}/NH_{3(aq)}\right)$.

4) أعط عبارة ثابت الحموضة K_{a1} و K_{a2} لكل ثنائية بدلالة التراكيز عند التوازن

. $K_{a1} = \frac{\left[NH_{3(aq)}\right]_f\left[H_3O^+_{(aq)}\right]_f}{NH^+_{4(aq)}}$

$$K_{a2} = \frac{[CH_3COO^-_{(aq)}]_f [H_3O^+_{(aq)}]_f}{[CH_3COOH_{(aq)}]_f}.$$

5) عبارة الثابت K بدلالة K_{a1} و K_{a2} واحسب قيمتها عند 25^0C .

$$K = \frac{[CH_3COOH_{(aq)}]_f [NH_{3(aq)}]_f [H_3O^+_{(aq)}]_f}{[CH_3COO^-_{(aq)}]_f [NH^+_{4(aq)}]_f [H_3O^+_{(aq)}]_f}$$

$$K = \frac{K_{a1}}{K_{a2}}.$$

$$K = \frac{10^{-pK_{a1}}}{10^{-pK_{a2}}} = 10^{pK_{a2}-pK_{a1}} = 10^{-4,4} = 3,98 \times 10^{-5}.$$

6) استنتج هل التحول تام أم محدود.

بمأن $K < 10^4$ فإن التفاعل محدود .