تعريف الحمض هو كل فرد كيميائي يتخلى عن بروتون H^+ أو أكثر

حسب تعريف Bronsted et Lory

الحمض نرمز له بـ (HA)

$$HA = H^+ + A^-$$

حمض — أساس مرافق

الثنائية حمض/أساس

(HA/A^-)

حمض — أساس مرافق

مثال: حمض الميثانويك (حمض النمل)

$$HCOOH = H^+ + HCOO^-$$

شاردة الميثانوات

حمض — أساس مرافق

$(HCOOH/HCOO^-)$

مثال:

$$NH_4^+ = H^+ + NH_3$$

شاردة الأمونيوم — النشادر

حمض — أساس مرافق

(NH_4^+/NH_3)

مثال:

الماء يلعب دور حمض:

$$H_2O = H^+ + HO^-$$

شاردة الهيدروكسيد — حمض — أساس مرافق

(H_2O/HO^-)

أساس — حمض مرافق

تعريف الأساس

هو كل فرد كيميائي (شاردة أو جزيئة) يكتسب بروتون (H^+) أو أكثر حسب تعريف Bronsted et lory

$$B + H^+ = BH^+$$

أساس — حمض مرافق

مثال:

$$NH_3 + H^+ = NH_4^+$$

أساس — حمض مرافق

NH_4^+/NH_3

حمض — أساس

مثال:

$$H_2O + H^+ = H_3O^+$$

شاردة oxonium — حمض — أساس

الماء: متذبذب "Amphotère"

معناه تارة يسلك سلوك حمض وتارة أخرى يسلك سلوك أساس حسب الوسط

تفكك الماء:

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

تعريف الـ pH:

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

$$[H_3O^+] = 10^{-pH}$$

العلاقة صالحة منه أجل المحاليل المخففة فقط

مثال: محلول له $[H_3O^+] = 10^{-3}$ احسب الـ pH

$$pH = -\log[H_3O^+] \Rightarrow pH = -\log[10^{-3}] \Rightarrow$$

$$pH = -(-3)\log 10 = 3$$

خصائص اللوغاريتم العشري:

$\log 10 = 1$

$\log 100 = 2$

$\log 1000 = 3$

$\log(AB) = \log A + \log B$

$$\log\frac{A}{B} = \log A - \log B$$

$$\log A^n = n\log A$$

الجداء الشاردي للماء:

عند $(25°C)$

$$[H_3O^+][HO^-] = 10^{-14} = K_e$$

ثابت الماء

$$pK_e = -\log K_e \Rightarrow pK_e = -\log 10^{-14} \Rightarrow$$

$$pK_e = 14$$

$$\Rightarrow K_e = [H_3O^+][HO^-]$$

الحمض القوي

هو الذي يتشرد في الماء تشرد كلي معناه

$[H_3O^+] = C$

التركيز المولي للحمض

مثال: حمضه له pH=2 و تركيزه المولي $C = 10^{-2}\ mol/L$

* اثبت أنه حمضه قوي

الحل: نقارن بين $[H_3O^+]$ و C_{pH}

$[H_3O^+] = 10^{-pH} \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-2}\ mol/L$

نلاحظ أنه: $[H_3O^+] = C$ هو حمضه قوي

كذلك لدينا علاقة أخرى: ندخل (log) منه الطرفين

$\log[H_3O^+] = \log C$

نضرب الطرفين في (-)

$-\log[H_3O^+] = -\log C$

الحمضه القوي يحقق هذه العلاقة

$pH = -\log C$

الحمضه الضعيف:

هو الحمضه الذي يتشرد جزئيا

معناه $[H_3O^+] < C$

مثال: لدينا حمضه الخل CH_3COOH تركيزه المولي $C = 10^{-1}\ mol/L$ و له $pH = 3,4$

* أثبت أنه حمضه ضعيف

الحل: نقارن بين $[H_3O^+]$ و C

$[H_3O^+] = 10^{-pH} \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-3,4} = 3,98 \times 10^{-4}\ mol/L$

نلاحظ أنه $[H_3O^+] < C$

معناه هو حمضه ضعيف

الحمضه الضعيف يحقق العلاقة بإدخال اللوغاريتم العشري من الطرفين

$\log[H_3O^+] < \log C \Rightarrow$

بالضرب $\times (-)$

$-\log[H_3O^+] > -\log C$

$pH > -\log C$

الحمضه القوي معادلته:

$HA_{aq} + H_2O_{(l)} \longrightarrow A^-_{aq} + H_3O^+_{aq}$

الحمضه الضعيف معادلته

$HA_{aq} + H_2O_{(l)} = A^-_{aq} + H_3O^+_{aq}$

الأساس القوي:

$B_{aq} + H_2O_{(l)} \longrightarrow BH^+_{aq} + HO^-_{aq}$

يتشرد كليا

$[HO^-] = C$

مثال: لدينا أساس تركيزه المولي $C = 10^{-2}\ mol/L$ و له $pH = 12$

* اثبت أنه أساس قوي

الحل: نقارن بين $[HO^-]$ و C

منه الجداء الشاردي للماء

$[H_3O^+][HO^-] = 10^{-14} \Rightarrow$

$[HO^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-pH}} \Rightarrow$

$[HO^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-12}} = 10^{-2}\ mol/L$

$[HO^-] = C$ معناه الأساس قوي

الأساس الضعيف:

هو الذي يتشرد جزئيا

معناه $[HO^-] < C$

$B_{(aq)} + H_2O_{(l)} = BH^+_{aq} + HO^-_{(aq)}$

يمكن البرهان على أن الأساس الضعيف يحقق العلاقة التالية

$\log[HO^-] < \log C$

$\log \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} < \log C \Rightarrow$

$\log 10^{-14} - \log[H_3O^+] < \log C \Rightarrow$

$-14 + pH < \log C \Rightarrow pH < 14 + \log C$

المحاليل الحمضية: نقول أن المحلول حمضي إذا كان $[H_3O^+] > [OH^-]$

معناه $[H_3O^+] > \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} \Rightarrow [H_3O^+]^2 > 10^{-14} \Rightarrow$

$[H_3O^+]^2 > K_e$

ندخل الـ (log)

$\log[H_3O^+]^2 > \log K_e$

$2\log[H_3O^+] > \log K_e \Rightarrow \log[H_3O^+] > \frac{1}{2}\log K_e$

بالضرب $\times(-)$

$-\log[H_3O^+] < -\frac{1}{2}\log K_e \Rightarrow$

$pH < -\frac{1}{2}\log 10^{-14} \Rightarrow \boxed{pH < 7}$

المحاليل الأساسية: $[HO^-] > [H_3O^+]$

معناه: $\frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} > [H_3O^+] \Rightarrow 10^{-14} > [H_3O^+]^2 \Rightarrow$

$\log 10^{-14} > \log[H_3O^+]^2 \Rightarrow$ بالضرب $\times(-)$

$-\log 10^{-14} < -\log[H_3O^+]^2 \Rightarrow$

$14 < -2\log[H_3O^+] \Rightarrow \frac{14}{2} < -\log[H_3O^+]$

$7 < pH \Rightarrow \boxed{pH > 7}$

المحاليل المعتدلة:

$[H_3O^+] = [HO^-]$

نجد $\boxed{pH = 7}$

مفهوم التقدم الأعظمي (x_{max})

نذيب 0,1 mol من حمض الخل CH_3COOH في (1L) ماء مقطر

ثم نقوم بقياس الـ pH فنجده $pH = 2,9$

1/ معادلة التفاعل

2/ جدول التقدم

3/ التقدم الأعظمي

4/ التقدم النهائي

5/ نسبة التقدم

الحل:

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

معادلة التفاعل		$CH_3COOH_{aq} + H_2O_{(\ell)} = CH_3COO^-_{aq} + H_3O^+_{aq}$			
الحالة	التقدم				
E_i	$x=0$	n_0	بزيادة	0	0
E_{int}	$x>0$	$n_0 - x$	بزيادة	x	x
E_f	x_{MAX}	$n_0 - x_{MAX}$	بزيادة	x_{MAX}	x_{MAX}

لدينا $n_0 - x_{max} = 0 \Rightarrow n_0 = x_{max} \Rightarrow \boxed{x_{max} = 0,1\ mol}$

2/ حساب التقدم النهائي x_f

لدينا $pH = 2,9$

$[H_3O^+]_f = 10^{-pH} \Rightarrow [H_3O^+]_f = 1,25\times10^{-3}\ mol/L$

ولدينا $[H_3O^+]_f = \frac{x_f}{V} \Rightarrow x_f = [H_3O^+].V \Rightarrow$

$x_f = 1,25\times10^{-3}\times 1 \Rightarrow \boxed{x_f = 1,25\times10^{-3}\ mol}$

5/ نسبة التقدم

$\boxed{\tau = \frac{x_f}{x_{max}}} \Rightarrow \tau = \frac{1,25\times10^{-3}}{0,1}$

$\tau = 1,25\times10^{-2} \Rightarrow \boxed{\tau = 0,0125}$

معناه نسبة التقدم

معناه التفاعل $\tau = 1,25\ \%$

(غير تام) معناه CH_3COOH لم يستهلك (كاتيا)

عند الحالة النهائية:

المتفاعلات و النواتج متواجدة في الوسط التفاعلي في نفس الوقت

x_f: هو التقدم الملاحظ عند توقف تطور حالة المجموعة الكيميائية

x_{max}: التقدم الموافق لاستهلاك المتفاعل المحد

عندما يكون التفاعل غير تام:

يمكن للمجموعة أن تتطور في الاتجاهين المباشر Sens directe

أو المعاكس

مفهوم كسر التفاعل:

$\alpha A_{aq} + \beta B_{aq} = \gamma C_{aq} + \theta D_{aq}$

$Q_r = \frac{[C]^\gamma [D]^\theta}{[A]^\alpha [B]^\beta}$

مثال:

$S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} + 2I^-_{aq} = I_{2(aq)} + 2SO_4^{2-}{}_{aq}$

$$Q_r = \frac{[I_2][SO_4^{-2}]}{[S_2O_8^{-2}][I^-]^2}$$

مثال:

$$Zn_{(s)} + Cu^{+2}_{aq} = Cu_{(s)} + Zn^{+2}_{aq}$$

$$Q_r = \frac{[Cu]_s[Zn^{+2}]}{[Zn]_s[Cu^{+2}]}$$

نعوض على مايلي: $[Cu]_s = 1$, $[Zn]_s = 1$

يصبح $Q_r = \frac{[Zn^{+2}]_{aq}}{[Cu^{+2}]_{aq}}$

مثال:

$$H_2O_{2(aq)} + 2I^-_{aq} + 2H_3O^+_{aq} = I_{2\,aq} + 4H_2O$$

$$Q_r = \frac{[I_2]_{aq}}{[H_2O_2]_{aq}[I^-]^2_{aq}[H_3O^+]^2_{aq}}$$

علاقة الـ pH بـ الـ pKa:

$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$ ندخل اللوغاريتم النيبيري من الطرفين فنجد:

$\log K_a = \log \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$

$\log K_a = \log \frac{[A^-]}{[HA]} + \log[H_3O^+]$

$\log K_a - \log \frac{[A^-]}{[HA]} = \log[H_3O^+]$

بالضرب $\times(-)$

$-\log K_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]} = -\log[H_3O^+]$

$pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]} = pH$

مجال تغلب الصفة:

1/ إذا كانت $pH > pK_a$

$pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]} > pK_a \Rightarrow$

$\log \frac{[A^-]}{[HA]} > pK_a - pK_a \Rightarrow$

$\log \frac{[A^-]}{[HA]} > 0 \Rightarrow$ exponentiel

$\frac{[A^-]}{[HA]} > 1 \Rightarrow$

$[A^-] > [HA]$ معناه الصفة الغالبة هي الصفة الأساسية

2/ إذا كانت $pH < pK_a$

$pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]} < pK_a \Rightarrow$

$\log \frac{[A^-]}{[HA]} < 0 \Rightarrow \frac{[A^-]}{[HA]} < 1$

$\Rightarrow [A^-] < [HA]$

$[HA] > [A^-]$ معناه

ومنه الصفة الغالبة هي الصفة الحمضية

3/ إذا كانت $pH = pK_a$

$\log \frac{[A^-]}{[HA]} = 0 \Rightarrow \frac{[A^-]}{[HA]} = 1 \Rightarrow$

$[A^-] = [HA]$

ثابت التوضيح K_a:

لدينا حمض (HA) ينشرد في الماء وفق التفاعل $HA_{aq} + H_2O_{(\ell)} = A^-_{aq} + H_3O^+_{aq}$

$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[AH]}$ ثابت الحمضية

عبارة الـ pK_a:

$\begin{cases} pK_a = -\log[K_a] \\ K_a = 10^{-pK_a} \end{cases}$

فائدة الـ K_a:

هي المقارنة بين قوة حمضين، معناه K_a كبيرة الحمض يكون أقوى

فائدة الـ pK_a:

هي عكس K_a: معناه pK_a صغيرة الحمض يكون أقوى

مثال: حمضين الأول له:

$10^{-4} = K_{a_1}$ الحمض الأقوى هو الذي له أكبر قيمة لـ K_a معناه

$10^{-5} = K_{a_2}$

$K_{a_1} > K_{a_2}$

مثال: حمضين

الأول له $pK_{a_1} = 3,8$ الحمض الأقوى

الثاني له $pK_{a_2} = 4,8$ هو الذي له أصغر قيمة لـ pK_a

pK_a يكون الحمض أقوى

الحمض الأول أقوى من الحمض الثاني

① محلول حمض الإيثانويك تركيزه المولي $C = 10^{-2}\ mol/L$
ناقليته $\sigma = 1,6 \times 10^{-2}\ S/m$
النوعية نقوم بقياس الـ pH فنجد 3,4
عند 25°C
نعطي الناقلية النوعية المولية الشاردية
$\lambda_{H_3O^+} = 35,9 \times 10^{-3}\ S.m^2/mol$
$\lambda_{CH_3COO^-} = 4,1 \times 10^{-3}\ S.m^2/mol$

1/ أكتب معادلة التفاعل المنمذج لهذا التحول

2/ أنجز جدول التقدم

3/ أوجد عبارة تراكيز مختلف الشوارد

4/ أوجد العلاقة بين $[CH_3COO^-]$ و $[H_3O^+]$ و بينه $[CH_3COOH]_f$ و $[H_3O^+]$

5/ أكتب عبارة الناقلية النوعية بدلالة تراكيز الشوارد و $\lambda_{H_3O^+}$ و $\lambda_{CH_3COO^-}$

6/ أ حسب $[H_3O^+]_f$
ب تثبت أنها تتفق مع pH المحسوب سابقا

7/ أ تثبت أنه التقدم النهائي
$\tau_f = \frac{[H_3O^+]_f}{C}$

8/ هل التفاعل تام علل

9/ أ حسب كسر التفاعل Q_{rf}

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

2/ جدول التقدم:

معادلة التفاعل		$CH_3COOH + H_2O = CH_3COO^- + H_3O^+$			
الحالة	التقدم				
E_i	$x=0$	n_0	بزيادة	0	0
E_{inter}	x	$n_0 - x$	//	x	x
E_f	x_{MAX}	$n_0 - x_{MAX}$	//	x_{MAX}	x_{MAX}

3/ $[H_3O^+] = \frac{x}{V}$, $[CH_3COO^-] = \frac{x}{V}$

$[CH_3COOH]_f = \frac{n_0 - x}{V} = \frac{CV - x}{V}$

$[CH_3COOH]_f = C - \frac{x}{V}$

4/ نلاحظ أنه $[H_3O^+] = [CH_3COO^-]$
و $[CH_3COOH]_f = C - [H_3O^+]$

5/ $\sigma = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{CH_3COO^-}[CH_3COO^-]$

$\sigma = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{CH_3COO^-}[H_3O^+]$ ⇐

$\sigma = [H_3O^+](\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-})$

6/ $[H_3O^+]_f = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-}}$

$[H_3O^+]_f = \frac{1,6 \times 10^{-2}}{10^3(35,9 + 4,1)} \Rightarrow$

$[H_3O^+]_f = 4 \times 10^{-4}\ mol/L$

لدينا $pH = 3,4$ معناه $[H_3O^+] = 10^{-pH}$

$\Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-3,4} \Rightarrow$

$[H_3O^+] = 3,98 \times 10^{-4}\ mol/L$

معناه تتفق مع (pH)

7/ لدينا $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}}$ بدلالة x_{max} حيث

بجدول التقدم، $n_0 - x_{MAX} = 0 \Rightarrow n_0 = x_{max}$

$CV = x_{max}$

حساب x_f من علاقة الـ pH:

$[H_3O^+]_f = \frac{x_f}{V} \Rightarrow x_f = V[H_3O^+]_f$

$\tau_f = \frac{V[H_3O^+]_f}{CV} \Rightarrow \tau_f = \frac{[H_3O^+]_f}{C}$

8/ لمعرفة إذا كان التفاعل تام، نقوم بحساب (τ_f)

$\tau_f = \frac{3,98 \times 10^{-4}}{10^{-2}} = 3,98 \times 10^{-2}$

$\tau_f = 3,98\ \%$

التفاعل غير تام لأن $\tau_f < 1$

9/ كسر التفاعل $Q_{rf} = K = \frac{[H_3O^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]_f}$

$Q_{rf} = \frac{[H_3O^+][H_3O^+]}{C - [H_3O^+]} = \frac{(3,98 \times 10^{-4})^2}{10^{-2} - 3,98 \times 10^{-4}} \Rightarrow$

$Q_{rf} = K = 1,7 \times 10^{-5}$

② ندرس ناقلية محلول حمض البروبانويك $C_3H_6O_2$ في الماء عند $25°C$، نعطى:

$\lambda_{H_3O^+} = \lambda_1 = 35\times10^{-3}$ S.m²/mol

$\lambda_{C_3H_5O_2^-} = \lambda_2 = 3{,}58\times10^{-3}$ S.m²/mol

1/ نذيب $0{,}10$ mol من حمض البروبانويك النقي في 500 ml ماء مقطر المحلول نسميه (S_0)

2/ احسب التركيز المولي C_0

3/ لقياس الناقلية نستعمل محاليل مخففة

نريد الحصول على محلول حجمه $(1L)$ تركيزه $C = 2\times10^{-3}$ mol/L نسميه محلول (S)

ما حجم البروبانويك الذي يجب أخذه من المحلول (S_0) لتحضير $(1L)$ من (S)

3/ اكتب معادلة التفاعل المنمذج لهذا التحول

4/ أنجز جدول التقدم

5/ أوجد علاقة بين الناقلية σ و λ_1 و λ_2 و V و x_f

6/ قياس الناقلية أعطى $\sigma = 6{,}20\times10^{-3}$ S/m

7/ أحسب التقدم النهائي x_f

8/ أحسب تراكيز مختلف الشوارد والجزيئات

9/ أحسب كسر التفاعل النهائي

1/ لدينا $C_0 = \frac{n_0}{V_0} \Rightarrow C_0 = \frac{0{,}10}{0{,}5L} \Rightarrow C_0 = 0{,}2$ mol/L

2/ نلاحظ أن المحلول (S) تركيزه أقل من تركيز المحلول (S_0) معناه العملية تسمى عملية "تخفيف"

لدينا معامل التخفيف $\delta = \frac{C_0}{C} = \frac{V'}{V}$

$\delta = \frac{0{,}2}{2\times10^{-3}} \Rightarrow \delta = 100$

معناه مددنا المحلول الأم 100 مرة

كذلك: $\delta = \frac{V'}{V}$ حجم المحلول الناتج / حجم المحلول الأم

$100 = \frac{1L}{V} \Rightarrow V = \frac{1}{100}$

$V = 0{,}01\,L \Rightarrow (V = 10\,mL)$

محلول بواسطة ماصة مدرجة مزودة بالة ماصة نأخذ 10ml من المحلول الأم وضعه داخل حوجلة سعتها $(1L)$ ونضيف لها الماء المقطر حتى الوصول الى $(1L)$ ثم نرج حتى الحصول على محلول متجانس

3/ معادلة التفاعل:

$C_3H_6O_{2,aq} + H_2O_{\ell} = C_3H_5O_{2,aq}^- + H_3O^+_{aq}$

4/ جدول التقدم:

التفاعل		$C_3H_6O_{2aq} + H_2O_{(\ell)} = C_3H_5O_{2aq}^- + H_3O^+_{aq}$			
Ec	$x=0$	n_0	بزيادة	0	0
Evinte	x	$n_0 - x$	بزيادة	x	x
Ef	x_{max}	$n_0 - x_{max}$	بزيادة	x_{max}	x_{max}

5/ $\sigma = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{C_3H_5O_2^-}[C_3H_5O_2^-]$

نهمل $[HO^-]$ أمام $[H_3O^+]$ لأنه لدينا حمض

من جدول التقدم نلاحظ:

$[H_3O^+] = \frac{x}{V}$ $\quad [C_3H_5O_2^-] = \frac{x}{V}$

$[C_3H_6O_2]_f = \frac{n_0 - x}{V}$

$\sigma = \lambda_1\frac{x}{V} + \lambda_2\frac{x}{V} \Rightarrow$

$\sigma = \frac{x}{V}(\lambda_1 + \lambda_2)$

6/ حساب x_f: نسمح لأنفسنا عليها تجريبيا من قياس الناقلية

$\sigma V = x_f(\lambda_1 + \lambda_2) \Rightarrow$

$x_f = \frac{\sigma V}{\lambda_1 + \lambda_2} = \frac{6{,}20\times10^{-3}\times1\times10^{-3}}{10^{-3}(35+3{,}58)}$

$x_f = 1{,}61\times10^{-4}$ mol

7/ حساب التراكيز: $[H_3O^+]_f = [C_3H_5O_2^-] = \frac{x_f}{V}$

$\Rightarrow [H_3O^+]_f = \frac{1{,}61\times10^{-4}}{1} = 1{,}61\times10^{-4}$ mol

⑤ لدينا حمضه (HA) ثابت التوازن له $K_a = 1,3\times10^{-4}$ الموضة ؟

1p / أكتب معادلة إنحلاله في الماء

ب/ أحسب التركيز المولي (C) بعد إنجاز جدوله التقدم علما أنه pH=2,7

$HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$

حمضه أساسه مرافقه

الثنائية (HA/A^-)

ب/ جدول التقدم

معادلة التفاعل	$HA_{aq} + H_2O_{\ell} = H_3O^+_{aq} + A^-_{aq}$				
E_i t=0	$x=0$	n_0	بزيادة	0	0
E int t>0	$x>0$	n_0-x	بزيادة	x	x
E_f t_f	$x=x_{max}$	n_0-x_{max}	بزيادة	x_{max}	x_{max}

لدينا ثابت الحموضة (Ka)

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$ متبقي

منه جدول التقدم:

$$[H_3O^+] = \frac{x}{V}, \quad [A^-] = \frac{x}{V}, \quad [HA] = \frac{n_0 - x}{V} \Rightarrow [HA] = \frac{n_0}{V} - \frac{x}{V}$$

$$\Rightarrow [HA] = C - [H_3O^+]$$

فتصبح عبارة ثابت الحموضة

$$K_a = \frac{[H_3O^+][H_3O^+]}{C - [H_3O^+]}$$

ولدينا: $[H_3O^+] = 10^{-pH} \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-2,7} = 2\times10^{-3}\ mol/L$

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

$$\Rightarrow C - 2\times10^{-3} = \frac{(2\times10^{-3})^2}{1,3\times10^{-4}} \Rightarrow$$

$$C - 2\times10^{-3} = \frac{4\times10^{-6}\times10^4}{1,3} \Rightarrow$$

$$C - 2\times10^{-3} = 3,1\times10^{-2} \Rightarrow C = 3,3\times10^{-2}\ mol/L$$

④ لدينا حمضه الكلورو ايثانويك

acide chloroethanoique $(ClCH_2COOH)$

له $(pH=2,1)$ ونسبة تقدم $(\tau=0,2)$

1p / أكتب معادلة إنحلاله في الماء

ب/ أحسب ثابت الحموضة K_a و pK_a

$ClCH_2COOH + H_2O = ClCH_2COO^- + H_3O^+$ /p

مزمزله (HA) ، مزمزله (A^-) /ب

ثابت الحموضة: $K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$ متبقي

ولدينا: نسبة التقدم $\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$

باستخدام جدول التقدم:

$$x_{max} = n_0 = CV$$

ولدينا

$$[H_3O^+] = \frac{x_f}{V} \Rightarrow x_f = V[H_3O^+]$$

$$\tau = \frac{[H_3O^+]V}{CV} \Rightarrow \tau = \frac{[H_3O^+]}{C}$$ * معناه:

ويصبح ثابت الحموضة

$$K_a = \frac{[H_3O^+][H_3O^+]}{C - [H_3O^+]} \Rightarrow$$

$$K_a = \frac{(\tau C)(\tau C)}{C - (\tau C)} \Rightarrow K_a = \frac{\tau^2 C^2}{C(1-\tau)}$$

$$K_a = \frac{\tau^2 \cdot C}{1-\tau}$$

لدينا: منه العلاقة * $C = \frac{[H_3O^+]}{\tau} = \frac{10^{-pH}}{\tau}$

$$C = \frac{10^{-2,1}}{0,2} = \frac{8\times10^{-3}}{2\times10^{-1}} \Rightarrow C = 4\times10^{-2}\ mol/L$$ فنجد:

$$K_a = \frac{(0,2)^2 \times 4\times10^{-2}}{1-0,2} = 2\times10^{-3}$$

حساب pK_a:

$$pK_a = -\log[K_a] \Rightarrow$$

$$pK_a = -\log(2\times10^{-3}) \Rightarrow$$

$$pKa = -(\log 2 + \log 10^{-3}) = -(\log 2 - 3)$$

$$pKa = -\log 2 + 3 = -0,30 + 3 = 2,7$$

⑤ لدينا محلول حمضه النمل $HCOOH$ تركيزه المولي $C = 2\times10^{-2}\ mol/L$ وله $pH = 2,7$

1/ أثبت أنه حمض ضعيف
2/ نريد تحضير محلول حجمه $V'=1L$ و له $pH=3$
ما هو حجم الحمض (HCOOH) الواجب استعماله للحصول على هذا المحلول

الحمض القوي هو الذي يتشرد كليا في الماء معناه يكون $[H_3O^+]=C$
ومنه نقارن بينهما:
$[H_3O^+]=10^{-pH} \Rightarrow [H_3O^+]=10^{-2,7}=2\times10^{-3}\ mol/L$
$\Rightarrow \begin{cases}[H_3O^+]=0,002\ mol/L\\ C=0,02\ mol/L\end{cases} \Rightarrow [H_3O^+]<C$
معناه الحمض ضعيف يتشرد جزئيا

2/ نلاحظ أنه pH ↗ معناه $[H_3O^+]$ ↘ معناه قمنا بتمديد المحلول معناه إضافة الماء ولدينا قانون التخفيف:

$C_1V_1=C_2V_2$

C_1: تركيز محلول البنت
V_1: الحجم الواجب أخذه من المحلول الأم
C_2: تركيز المحلول الأم
V_2: حجم محلول البنت

$CV=C'V'$
معلوم، معلوم، مجهول، مجهول

$C=2\times10^{-2}\ mol/L$
$V'=1L$

ملاحظة: الحمض ضعيف لا يمكن القول $[H_3O^+]=10^{-pH}=C$ إلا إذا

ومنه:

$HCOOH + H_2O \rightleftharpoons HCOO^- + H_3O^+$

$K_a=\dfrac{[H_3O^+][HCOO^-]}{[HCOOH]_{متبقي}}$

منه جدول التقدم:

معادلة التفاعل	$HCOOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HCOO^-$				
	كمية المادة (mol)				
الحالة البدئية $t=0$	$x=0$	n_0	بزيادة	0	0
الحالة الانتقالية $t>0$	x	n_0-x	بزيادة	x	x
الحالة النهائية t_f	x_{max}	n_0-x_{max}	بزيادة	x_{max}	x_{max}

$[H_3O^+]=\dfrac{x}{V}$, $[HCOO^-]=\dfrac{x}{V} \Rightarrow$

ولدينا كذلك: $[H_3O^+]=[HCOO^-]$

$[HCOOH]_{متبقي}=\dfrac{n_0-x}{V}=\dfrac{n_0}{V}-\dfrac{x}{V}$

$[HCOOH]_{متبقي}=C-[H_3O^+]$

$K_a=\dfrac{[H_3O^+][H_3O^+]}{C-[H_3O^+]}=\dfrac{(10^{-pH})(10^{-pH})}{C-10^{-pH}}$

$K_a=\dfrac{(10^{-2,7})^2}{C-10^{-2,7}}=\dfrac{(2\times10^{-3})^2}{2\cdot10^{-2}-2\times10^{-3}}$

$K_a=\dfrac{4\times10^{-6}}{1,8\times10^{-2}}=2,22\times10^{-4}$

المحلول المحدد: لا نفسر ثابت الحموضة (K_a)

$K_a=\dfrac{[H_3O^+][HCOO^-]}{[HCOOH]_{متبقي}}$

$K_a=\dfrac{[H_3O^+]^2}{C'-[H_3O^+]}=\dfrac{(10^{-pH'})^2}{C'-10^{-pH'}}$

$2,22\times10^{-4}=\dfrac{(10^{-3})^2}{C'-10^{-3}} \Rightarrow$

$2,22\times10^{-4}=\dfrac{10^{-6}}{C'-10^{-3}} \Rightarrow C'-10^{-3}=\dfrac{10^{-6}}{2,22\times10^{-4}}$

$\Rightarrow C'-10^{-3}=4,5\times10^{-3} \Rightarrow C'=4,5\times10^{-3}+10^{-3} \Rightarrow C'=5,5\times10^{-3}\ mol/L$

ومنه $\delta=\dfrac{C}{C'}=\dfrac{V'}{V}$

$\Rightarrow \dfrac{2\times10^{-2}}{5,5\times10^{-3}}=\dfrac{1000\ mL}{V} \Rightarrow$

$V=\dfrac{5,5}{2\times10^{-2}} \Rightarrow V=275\ mL$

معناه يجب أخذ (275 mL) من المحلول الأم وإضافة الماء المتبقي ($V_0=725\ mL$) للحصول على محلول محدد حجمه (1L) وتركيزه C'

⑥ لدينا خلوة قياس الناقلية: نقوم بقياس ناقلية محلول حمض الإيثانويك CH_3-COOH فنجد $G=162\ \mu S$ وتركيزه المولي $C_1=0,01\ mol/L$
ونقيس ناقلية محلول

محمض حمض الميثانويك $HCOOH$ فنعتبرها
$C_2 = 0,01\ mol/L$ و تركيزه المولي $G_2 = 525\ \mu S$
1/ نعبر عنه بالنسبة:
G_2 بدلالة تراكيز الشوارد و الناقلية المولية الشاردية G_1
2/ علما أن نسبة التقدم النهائي لهذه الإيثانويك هي $\tau_f = 0,04$
3/ احسب ثابت الحموضة K_2 لهذه الحمض الميثانويك
$\lambda_{H_3O^+} = 35 \times 10^{-3}$ و $\lambda_{CH_3COO^-} = 4,1 \times 10^{-3}$
$\lambda_{HCOO^-} = 5,46 \times 10^{-3}$ S.m².mol

$CH_3-COOH_{aq} + H_2O_\ell \rightleftharpoons CH_3-COO^-_{aq} + H_3O^+_{aq}$

$\sigma_1 = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{CH_3COO^-}[CH_3COO^-]$

من جدول التقدم: $[H_3O^+] = [CH_3COO^-] = \frac{x}{V}$

$\sigma_1 = [H_3O^+](\lambda_1 + \lambda_2) \Rightarrow$

$\sigma_1 = [CH_3-COO^-](35 + 4,1) \times 10^{-3}$

$\sigma_1 = 39,1 \times 10^{-3}[CH_3-COO^-]$ ..... (1)

$HCOOH_{aq} + H_2O_\ell = HCOO^-_{aq} + H_3O^+_{aq}$

من جدول التقدم:

$[H_3O^+] = [HCOO^-] = \frac{x}{V}$

$\sigma_2 = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{HCOO^-}[HCOO^-]$

$\sigma_2 = [HCOO^-](\lambda_1 + \lambda_3) \Rightarrow$

$\sigma_2 = (35 + 5,46) \times 10^{-3}[HCOO^-] \Rightarrow$

$\sigma_2 = 40,46 \times 10^{-3}[HCOO^-]$ ..... (2)

لدينا: $G_1 = \sigma_1 K_1$ و $G_2 = \sigma_2 K_2$

نقيس خلية القياس معناه $(K_1 = K_2) \Rightarrow$

$G_1 = \sigma_1 K_1$
$G_2 = \sigma_2 K_2$ } بالقسمة

$\frac{G_2}{G_1} = \frac{\sigma_2 K_2}{\sigma_1 K_1} \Rightarrow \frac{G_2}{G_1} = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$

$\frac{G_2}{G_1} = \frac{40,46 \times 10^{-3}[HCOO^-]}{39,1 \times 10^{-3}[CH_3COO^-]} = 1,034\frac{[HCOO^-]}{[CH_3COO^-]}$

$\frac{525}{162} = 1,034\frac{[HCOO^-]}{[CH_3COO^-]} \Rightarrow$

$3,24 = 1,034\frac{[HCOO^-]}{[CH_3COO^-]} \Rightarrow$

$[HCOO^-] = 3,13[CH_3-COO^-]$

2/ حساب ثابت الحموضة K_2:
لحمض الميثانويك:

$K_2 = \frac{[H_3O^+][HCOO^-]}{[HCOOH]}$ متبقي $\Rightarrow$

$K_2 = \frac{[HCOO^-]^2}{C - [HCOO^-]}$

ولدينا:

$\tau_{f_1} = \frac{[CH_3COO^-]}{C_1}$ $(C_1 = C_2)$
$\tau_{f_2} = \frac{[HCOO^-]}{C_2}$

$\frac{\tau_{f_1}}{\tau_{f_2}} = \frac{[CH_3COO^-]}{[HCOO^-]}$

$\frac{\tau_{f_1}}{\tau_{f_2}} = \frac{3,13[HCOO^-]}{[HCOO^-]} \Rightarrow \frac{\tau_{f_1}}{\tau_{f_2}} = 3,13$

ومنه يصبح $\tau_{f_2} = \frac{\tau_{f_1}}{3,13}$

$K_2 = \frac{\tau_{f_2}^2 C^2}{C - \tau_{f_2} C} \Rightarrow K_2 = \frac{\tau_{f_2}^2 C}{1 - \tau_{f_2}}$

$0,04 = \frac{\tau_{f_1}}{3,13} \Rightarrow \tau_{f_2} = 0,125 \Rightarrow$

$Ka = \frac{(0,125)^2 \times 0,01}{1 - 0,125} = 1,78 \times 10^{-4}$

⑦ لدينا حمضين لهما نفس الـ (pH = 2,4) عند $25°C$.
نأخذ حجما $V = 10\ mL$ من كل حمض ونخففه بالماء المقطر حتى يصبح الحجم $V' = 50\ mL$ نقوم بقياس الـ (pH)
فنجده الحمض الأول $pH_1 = 3,1$
والحمض الثاني $pH_2 = 2,75$
أي الحمض أقوى (الذي يتشرد كليا) أحسب التركيز المولي للحمض القوي

الحمض القوي يحقق العلاقة

$(n_{H_3O^+})$ قبل إضافة الماء $= n_{(H_3O^+)}$ بعد إضافة الماء

معناه نقوم بحساب $(n_{H_3O^+})$ قبل و $(n_{H_3O^+})$ بعد ثم نقارنه

الحمض الأول: $[H_3O^+] = 10^{-pH} = \frac{n_{H_3O^+}}{V}$

$\Rightarrow (n_{H_3O^+}) = V \cdot 10^{-pH} = 10 \times 10^{-3} \times 10^{-3,4}$

$(n_{H_3O^+})_{\text{قبل}} = 4 \times 10^{-5}\ mol$

بعد إضافة الماء:

$[H_3O^+] = 10^{-pH_1} = \frac{(n_{H_3O^+})_{\text{بعد}}}{V'} \Rightarrow$

$(n_{H_3O^+})_{\text{بعد}} = 10^{-pH_1} \times V' = 10^{-3,1} \times 50 \times 10^{-3}$

$(n_{H_3O^+})_{\text{بعد}} = 4 \times 10^{-5}\ mol$

ومنه

$(n_{H_3O^+})_{\text{بعد}} = (n_{H_3O^+})_{\text{قبل}}$

طريقة رقم 2: الحمض القوي يحقق العلاقة

$[H_3O^+] = C$

قمنا بالتخفيف معناه

$C.V = C' \times V' \Rightarrow$

$[H_3O^+].V = [H_3O^+]'V' \Rightarrow$

$[H_3O^+]V = [H_3O^+] \times SV \Rightarrow$

$[H_3O^+] = S[H_3O^+]'$

نطبق (log)

$\log[H_3O^+] = \log S + \log[H_3O^+]'$ (بالضرب $\times(-)$)

$-\log[H_3O^+] = -\log S - \log[H_3O^+]'$

$pH = -\log S + pH' \Rightarrow$

$pH' = pH + \log S$

ونعلم أن معامل التمديد $S = \frac{V'}{V} = \frac{50}{10} = 5$

فالعلاقة تصبح $pH' = pH + \log\delta$

العلاقة التي يحققها الحمض القوي

الحمض الأول: $pH' = 3,1$

معناه $pH + \log S \overset{?}{=} 3,1$

$2,4 + 0,7 \overset{?}{=} 3,1$

$3,1 = 3,1$ هو حمض قوي

⑧ محلول حمضي له $pH = 4,5$ و تركيزه المولي $C = 10^{-3}\ mol/L$

ا/ أكتب معادلة الانحلال في الماء

ب/ أثبت أنه حمض ضعيف

جـ/ احسب τ_f و احسب K_a

و أثبت أن $pH = pK_a + \log\frac{\tau_f}{1-\tau_f}$

$HA_{aq} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons A^-_{aq} + H_3O^+_{aq}$ /ا

ب/ نقارن بين $[H_3O^+]$ و C

$[H_3O^+] = 10^{-pH} \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-4,5} = 3,16 \times 10^{-5}\ mol/L$

ومنه $[H_3O^+] < C$

$3,16 \times 10^{-5} < 10^{-3}$

الحمض ضعيف يتشرد جزئيا

جـ/ حساب τ_f:

$\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[H_3O^+]V}{CV} \Rightarrow$

$\tau_f = \frac{[H_3O^+]}{C} \Rightarrow \tau_f = \frac{3,16 \times 10^{-5}}{10^{-3}}$

$\tau_f = 3,16 \times 10^{-2} = 3,16\ \%$

د/ حساب ثابت الحموضة:

$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]} \Rightarrow$ متبقي

من جدول التقدم لدينا:

$[H_3O^+] = [A^-]$

$[HA] = \frac{n_0 - x}{V} = C - [H_3O^+]$

$K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{C - [H_3O^+]} = \frac{(\tau.C)^2}{C(1-\tau)}$

$K_a = \frac{C^2\tau^2}{C(1-\tau)} \Rightarrow K_a = \frac{\tau^2 C}{1-\tau}$

$K_a = \frac{(3,16 \times 10^{-2})^2}{1 - 3,16 \times 10^{-2}} \Rightarrow K_a = 10^{-6}$

إثبات صحة العلاقة:

لدينا : $pH = pk_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]} \Rightarrow$

$pH = pk_{a2} + \log \frac{[H_3O^+]}{C - [H_3O^+]} \Rightarrow$

$pH = pk_{a2} + \log \frac{C\tau_f}{C - C\tau_f} \Rightarrow$

$pH = pk_{a2} + \log \frac{\tau_f}{1 - \tau_f} \Rightarrow$

⑨ قارورة تحتوي على بطاقة معلومات كتب عليها (حمض كلور الماء) حملنا عليه بإذابة غاز (HCl) في الماء المقطر

$\rho = 1190\ g/L$ كثافة المحلول

$P = 37\%$ نسبة النقاوة

1/ نأخذ حجم قدره $V_0 = 4,2\ mL$ من المحلول (الحمض التجاري) ونضعه داخل حوجلة (fiole) سعتها 500 mL ثم نكمل بالماء المقطر

2/ نشرح البروتوكول التجريبي

3/ نحسب تركيز المحلول التجاري

$H = 1\ g/mol$ $Cl = 35,5\ g/mol$

بواسطة ماصة زجاجية مزودة بإجاصة نأخذ حجما $V = 4,2\ mL$ من المحلول التجاري ونضعه داخل حوجلة سعتها 500 mL تحتوي على كمية قليلة من الماء.

ثم نكمل بالماء المقطر حتى الوصول إلى 500 mL نسد الحوجلة ونقلبها قليلا أو أكثر لكي يتجانس المزيج

4/ حساب التركيز المولي.

$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho . V \Rightarrow$

$m = 1190 \times 4,2 \times 10^{-3}$

$m = 5\ g$ هي كتلة المحلول التجاري

حساب كتلة المحلول النقي

100 g محلول تجاري ⟶ 37 g محلول نقي

5 g " " ⟶ m'

$m' = \frac{5 \times 37}{100} = 1,85\ g$ ونعلم أن

$C = \frac{n}{V} = \frac{m'}{M \cdot V} = \frac{1,85}{36,5 \times 0,5} \Rightarrow$

تركيز المحلول $C = 0,096\ mol/L \Rightarrow C_0 V_0 = CV \Rightarrow$

⑧ نمزج حجما $V_1 = 20\ mL$ من محلول حمض كلور الماء (تركيزه المولي $C_1 = 0,1\ mol/L$) مع محلول هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ حجمه $V_2 = 30\ mL$ و التركيز المولي $[Ca^{2+}] = 0,1\ mol/L$

1/ معادلة التفاعل

2/ جدول التقدم حمضي أم أساسي أم معتدل

3/ أحسب الـ pH للمزيج

1/ $2H_3O^+ + 2HO^- = 4H_2O$

2/ طبيعة المزيج :

نقوم بحساب (n_{HO^-}) و $(n_{H_3O^+})$

$n_{H_3O^+} = [H_3O^+] . V_1 \Rightarrow$

$(n_{H_3O^+}) = 0,1 \times 20 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3}\ mol$

$n_{HO^-} = [HO^-] \times V_2$

ولدينا :

$[HO^-] = 2[Ca^{++}] = 0,2\ mol/L$

لأن $1\ Ca(OH)_2 = 1\ Ca^{++} + 2\ HO^-$

$(n_{HO^-}) = 0,2 \times 30 \times 10^{-3} = 6 \times 10^{-3}\ mol$

ومنه نلاحظ أن

$n_{(HO^-)} > n_{(H_3O^+)}$

معناه المحلول الناتج محلول أساسي .

حساب الـ pH :

$[HO^-] = \frac{(n_{HO^-}) \text{ متبقي}}{V_{total}}$

$[HO^-] = \frac{(n_{HO^-})_0 - (n_{H_3O^+})}{V_{total}} \Rightarrow$

$[HO^-] = \frac{6 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} \Rightarrow$

$[HO^-] = 0,08\ mol/L$

من الجداء الشاردي للماء

$[H_3O^+][HO^-] = 10^{-14} \Rightarrow [H_3O^+] = \frac{10^{-14}}{0,08}$

$[H_3O^+] = 0,125 \times 10^{-12}\ mol/L$

$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(0,125\times10^{-12})$

$pH = -(\log 0,125 + \log 10^{-12}) \Rightarrow$

$pH = -(-0,90 - 12) = 12,9$

11 نعتبر محلول (S_1) لغاز النشادر NH_3 تركيزه المولي $C_1 = 0,10\ mol/L$ و $pH = 11,1$

1/ معادلة تفاعل غاز النشادر مع الماء

2/ أثبت أنه لا يتفاعل كليا مع الماء

3/ نريد تحضير محلول النشادر (S_2) حجمه $V_2 = 100\ mL$ وتركيزه المولي $C_2 = 2,5\times10^{-2}\ mol/L$

وهذا انطلاقا من المحلول (S_1)

ما هي طريقة التحضير المبرو تكول التجريبي

4/ المحلول (S_2) له $pH = 10,7$

عين نسبة التقدم للمحلول (S_2)

5/ ماذا يمكن القوله عنه

ناثير عملية التمديد على تفاعل NH_3 مع الماء

1/

$NH_3(g) + H_2O_{(l)} = NH_4^+ + HO^-$

(aq) (aq)

2/ لا يتفاعل كليا مع الماء معناه أساس ضعيف

نبرهن أنه أساس ضعيف

$[HO^-] < C$ ⇒

$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-11,1} = 7,94\times10^{-12}\ mol/L$

نبحث على تركيز $[HO^-]$ منه الجناء الشاردي

$[H_3O^+][HO^-] = 10^{-14} \Rightarrow$

$[HO^-] = \frac{10^{-14}}{7,94\times10^{-12}} = 1,25\times10^{-3}\ mol/L$

$\Rightarrow [HO^-] = 1,25\times10^{-3}\ mol/L < C$

معناه الأساس ضعيف

يتشرد جزئيا

الطريقة الثانية : نقوم بحساب (τ_f)

$\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}}$ ⇒ من جدول التقدم

$[HO^-] = [NH_4^+] = \frac{x}{V}$

$x_{max} = n_0 = CV$

ولدينا $[HO^-]_f = \frac{x_f}{V} \Rightarrow x_f = [HO^-]V$

$\tau = \frac{[HO^-]V}{CV} \Rightarrow \tau = \frac{[HO^-]}{C}$

$\tau = \frac{1,25\times10^{-3}}{10^{-1}} = 1,25\times10^{-2}$

$\tau = 1,25\%$: أساس ضعيف يتشرد جزئيا

3/ لدينا تمديد معناه

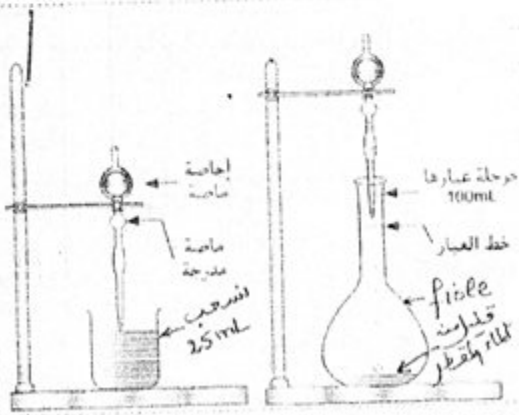
$C_1V_1 = C_2V_2$ ⇒

C_1 تركيز المحلول الأم، C_2 تركيز المحلول البنش

$V_1 = \frac{C_2V_2}{C_1} = \frac{2,5\times10^{-2}\times100\ mL}{10^{-1}}$

$V_1 = 25\ mL$

بواسطة : ماصة زجاجية مزودة بإجاصة لنسحب 25mL منه



ونضعها داخل موجلة سعتها 100mL ثم نكمل بالماء المقطر معناه نضيف 75mL ماء مقطر ثم نمزج فيصبح المحلول متجانس

4/ نسبة التقدم

$\tau_f = \frac{[HO^-]}{C_2} \Rightarrow [HO^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-10,8}} \Rightarrow$

$[HO^-] = 6,30 \times 10^{-4}\ mol/L$

$\tau = \frac{6,30 \times 10^{-4}}{2,5 \times 10^{-2}} \Rightarrow \tau_f = 2,52 \times 10^{-2}$

$\tau_f = 2,52\ \%$

نلاحظ أنه (τ) يتزايد مع التمديد

نمزج حجما $V_1 = 30\ mL$ من محلول كبريتيد الصوديوم تركيزه $(2Na^+ + SO_3^{-2})$ المولي $C_1 = 10^{-1}\ mol/L$

مع حجما $V_2 = 30\ mL$ من محلول لحمض الإيثانويك (CH_3COOH) تركيزه المولي $C_2 = 10^{-1}\ mol/L$

1/ أكتب معادلة التفاعل

2/ قدم جدول لتقدم التفاعل

3/ عند التوازن عبر عن Q_{rf} بدلالة τ ثم احسب Q_{ri}

4/ علما أنه ثابت التوازن المواقفة للتفاعل $K = 251$

استنتج τ في الشروط التجريبية

(CH_3COOH/CH_3COO^-)

(HSO_3^-/SO_3^{-2})

1/

$CH_3COOH_{(l)} + SO_3^{-2}{}_{aq} = CH_3COO^-_{aq} + HSO_3^-{}_{aq}$

1 مقبض أساسية — 2 أساسية مرافقة — 1 مقبض مرافقة

2/ جدول التقدم

معادلة التفاعل	$CH_3COOH + SO_3^{-2} = CH_3COO^- + HSO_3^-$				
الحالة	التقدم				
E_i	$x=0$	n_1	n_2	0	0
E_{inter}	$x>0$	$n_1 - x$	$n_2 - x$	x	x
E_f	x_{MAX}	$n_1 - x_{MAX}$	$n_2 - x_{MAX}$	x_{MAX}	x_{MAX}

3/ كسر التفاعل:

$Q_{ri} = \frac{[CH_3COO^-]_i [HSO_3^-]_i}{[CH_3COOH]_i [SO_3^{-2}]_i}$

$[CH_3COO^-]_i = 0 \quad [HSO_3^-]_i = 0$

$Q_{ri} = 0$

$Q_{rf} = \frac{[CH_3COO^-]_f [HSO_3^-]_f}{[CH_3COOH]_f [SO_3^{-2}]_f}$

$Q_{rf} = \frac{\left(\frac{x_f}{V}\right)\left(\frac{x_f}{V}\right)}{\left(\frac{n_1 - x_f}{V}\right)\left(\frac{n_2 - x_f}{V}\right)}$

$Q_{rf} = \frac{x_f^2 / V^2}{(n_1 - x_f)(n_2 - x_f)/V^2}$

$Q_{rf} = \frac{x_f^2}{(n_1 - x_f)(n_2 - x_f)}$

نلاحظ أن: $n_1 = C_1 V_1 = 10^{-1} \times 30 \times 10^{-3}$

$\Rightarrow n_1 = 3\ m.mol$

$n_2 = C_2 V_2 = 10^{-1} \times 30 \times 10^{-3}$

$n_2 = 3\ m.mol$

$Q_{rf} = \frac{x_f^2}{(n_1 - x_f)^2}$ نعمم البسط والمقام على $(x_{MAX})^2$

$Q_{rf} = \frac{x_f^2 / x_{MAX}^2}{(n_1 - x_f)^2 / x_{MAX}^2} \Rightarrow$

$Q_{rf} = \frac{\left(\frac{x_f}{x_{MAX}}\right)^2}{\left(\frac{n_1 - x_f}{x_{MAX}}\right)^2}$ من جدول التقدم $(n_1 - x_{MAX})$

$Q_{rf} = \frac{(\tau)^2}{\left(\frac{n_1}{x_{MAX}} - \frac{x_f}{x_{MAX}}\right)^2} \Rightarrow$

$Q_{rf} = \frac{(\tau)^2}{(1-\tau)^2} \Rightarrow Q_{rf} = \left(\frac{\tau}{1-\tau}\right)^2$

نعلم أن $(Q_{rf} = K)$

$K = \left(\frac{\tau}{1-\tau}\right)^2 \Rightarrow 251 = \left(\frac{\tau}{1-\tau}\right)^2 \Rightarrow$

بجذر الطرفين نجد

$\sqrt{251} = \frac{\tau}{1-\tau} \Rightarrow 15{,}84 = \frac{\tau}{1-\tau} \Rightarrow$

$15{,}84 - 15{,}84\tau = \tau \Rightarrow$

$15{,}84 = 16{,}84\tau \Rightarrow \tau = \frac{15{,}84}{16{,}84}$

$\tau = 0{,}94 = 94\%$

(13) نحضر محلول (S) من حمض البنزويك C_6H_5COOH حجمه $V = 500\ mL$

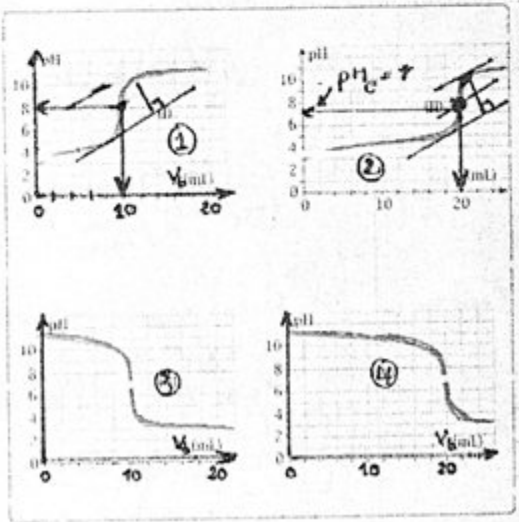
وذلك بإذابة كتلة (m) من الحمض

1/ أحسب التركيز المولي للمحلول (S)

2/ نأخذ حجما $V_a = 10\ mL$ من المحلول (S) ثم نضيف له محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_b = 5\times10^{-3}\ mol/L$ من أجل حجم مضاف (V_b)

نقيس pH المزيج ثم نرسم البيان $pH = f(V_b)$

من البيانات التالية ماهو البيان الموافق لعملية المعايرة ، استنتج pH التكافؤ ، استنتج الـ pK_a بعد كتابة معادلة التفاعل



لدينا: $C = \frac{n}{V} = \frac{m}{M.V} \Rightarrow$

$C = \frac{0{,}305}{122\times0{,}5} = 5\times10^{-3}\ mol/L$

$M = 7\times12 + 6\times1 + 2\times16 = 122\ g/mol$

معادلة التفاعل:

$C_6H_5COOH_{aq} + (Na^+ + HO^-)_{aq} =$ (Spectateur)

$C_6H_5COOH + HO^- = C_6H_5COO^- + H_2O$

حمض فقد بروتون — أساس، القاعدة (H^+)

قبل إضافة محلول الصودا كانت لدينا داخل الكأس حمض معناه له $pH < 7$

البيانة رقم III و رقم IV ملغية لأن $pH_0 > 7$

و حمض البنزويك حمض ضعيف يمكن البرهان أنه حمض ضعيف بالمقارنة بين $[H_3O^+]$ و (C)

من البيانة (I) و (II) عندما $(V_b = 0\ mL)$ معناه قبل سكب الصودا كانت

$(pH_0 = 3) \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-pH_0}$

$\Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-3}\ mol/L$

بالمقارنة نجد

$C = 5\times10^{-3}$ و $[H_3O^+] = 10^{-3} \Rightarrow [H_3O^+] < C$

وعندما يكون الحمض ضعيف مع أساس قوي مثل هيدروكسيد الصوديوم فإنه عند نقطة التكافؤ يكون $(pH_0 > 7)$ لأن الأساس القوي فالملح الناتج له صفة قاعدية معناه:

تزيح المنحنيات وتعيين إحداثيات التكافؤ

البيانة ①: عند التكافؤ $V_b = 10\ mL$ و $pH = 8$

البيانة ②: $V_b = 20\ mL$ و $pH = 7$

البيانة الموافقة هو رقم (1) (كذلك) يمكن التأكد بالعلاقة عند التكافؤ التي تحققها البيانة ①

$C_a V_a = C_b V_b$

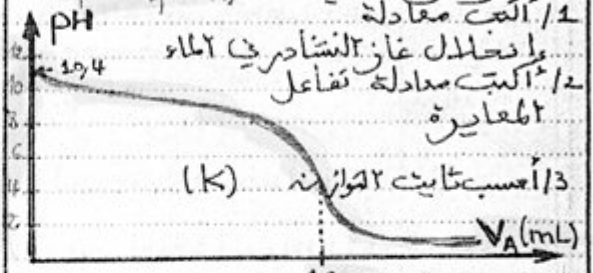
(14) نضع في بيشر حجما $V_B = 20\,mL$ من محلول غاز النشادر تركيزه المولي C_B يسكب تدريجيا محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي $C_A = 0{,}1 \times 10^{-1}\ mol/L$

منه أجل كل حجم مسكوب V_A للمحلول الحمضي نقيس (pH) المزيج لنحصل على المنحنى $pH = f(V_A)$

1/ اكتب معادلة إنحلال غاز النشادر في الماء

2/ اكتب معادلة تفاعل المعايرة

3/ أحسب ثابت التوازن (K)



4/ عين بيانيا نقطة التكافؤ (pH_E, V_E)

5/ ما هي الأنواع التي تشكل أغلبية منه المحلول عند pH=3,2 و عند pH=9,2

$pK_{a_1}(NH_4^+/NH_3) = 9{,}2$

$pK_{a_2}(H_3O^+/H_2O) = 0$

$pK_{a_3}(H_2O/HO^-) = 14$

1/ معادلة إنحلال غاز النشادر في الماء

$NH_{3(g)} + H_2O_{(\ell)} = NH_{4(aq)}^+ + HO_{(aq)}^-$

K ثابتة التوازن — شاردة أمونيوم

$K = \frac{[NH_4^+][HO^-]}{[NH_3][H_2O]}$

$K = \frac{1}{K_{a_2}} = \frac{1}{10^{-9,2}}$

$K = 1{,}58 \times 10^9$

2/ معادلة تفاعل المعايرة

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

بيانيا، نقطة التكافؤ:

نرسم مماسا عند الانعراج الأول و مماسا عند الانعراج الثاني نقوم بقياس المسافة الموجودة بين المماسين ثم نقسم إلى قسمين متساويين

ونقوم بالإسقاط فنجد:

$(pH_E = 5{,}3)$ $(V_A = 18\,mL)$

1/ لما (pH=2) المحلول حمضي معناه $pH < pK_{a_1}$

ونعلم أنه $pH = pK_{a_1} + \log\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$

$pK_{a_1} + \log\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} < pK_{a_1} \Rightarrow$

$\log\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} < 0 \Rightarrow \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} < 1$

$[NH_3] < [NH_4^+] \Rightarrow [NH_4^+] > [NH_3]$ الأساس هو الغالب

لما (pH=5,2) كذلك $pH < pK_{a_1}$ الصفة الغالبة هي الصفة الحمضية

ولما (pH=9,2) معناه $pH = pK_{a_1}$

$9{,}2 = 9{,}2 + \log\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} \Rightarrow$

$0 = \log\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} \Rightarrow [NH_3] = [NH_4^+]$ متواجدان بنفس الكمية

(15) لدينا حمض الميثانويك HCOOH يوجد طبيعيا في جسم النمل الأحمر مرفق البيان (الذي يوضح % الحمض و % الأساس للثنائية $(HCOOH/HCOO^-)$

بدلالة pH المحلول

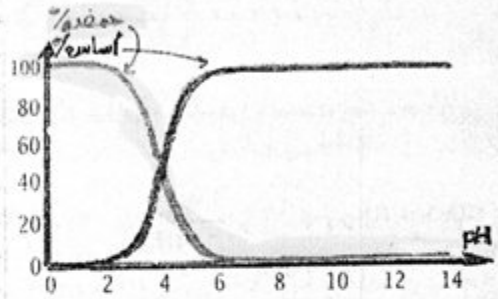
1/ في أي نقطة يكون $pH = pK_a$ للثنائية المدروسة

2/ برر الإجابة واستنتج pK_a للثنائية المدروسة

2/ منه أجل (pH=5) عين النسبة المئوية للأساس و للحمض

3/ عين (pH) المحلول منه أجل $[HCOOH]_{eq} = 2[HCOO^-]$

وهل يمكن إيجاد (pH) باستخدام العلاقة بين pH و pK_a



لدينا $pH = pK_a + \log\frac{[A^-]}{[HA]}$

لما $\log\frac{[A^-]}{[HA]} = 0$ معناه $(pK_a = pH)$

$\Rightarrow [A^-] = [HA]$

معناه $[HCOO^-] = [HCOOH]$

نقطة التقاطع بالإسقاط نجد: $(pH = pK_a = 3,8)$

2/ لما (pH=5) بالإسقاط نجد: معناه $[HCOOH] = 6\%$ حمض، $[HCOO^-] = 94\%$ أساس

3/ لما: $[HCOOH] = 2[HCOO^-]$

معناه $\%$ حمض + $\%$ أساس = 100

$2[HCOO^-] + [HCOO^-] = 100 \Rightarrow$

$3[HCOO^-] = 100 \Rightarrow [HCOO^-] = \frac{100}{3}$

معناه من البيان $[HCOO^-] = 33\%$ لما $[HCOO^-]$ = الأساس تساوي 33٪

$[HCOOH] = 67\%$

بالإسقاط نجد $pH = 3,5$

لذلك يمكن حساب الـ (pH) من العلاقة $pH = pK_a + \log\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}$

$pH = 3,8 + \log\frac{[HCOO^-]}{2[HCOO^-]} \Rightarrow$

$pH = 3,8 + \log 0,5 \Rightarrow$

$pH = 3,8 - 0,30 = 3,5$

(16) معايرة محلول منظف آلة القهوة

منظف آلة تحضير القهوة التجاري يباع على شكل مسحوق أبيض فهو يحتوي على هذه السولفاميك (H_2N-SO_3H) يمكن أن نرمز له بالرمز (HA)

1/ أكتب معادلة تفاعله التام مع الماء

2/ نذيب (1,80 g) من هذا المنظف في الماء المقطر نضع المحلول الناتج في حوجلة عيارها 200 mL ثم نكمل بالماء المقطر حتى الوصول للخط العياري نحصل على محلول (S) تركيزه المولي C_A

نعاير (20 mL) من (S) بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_B = 0,1\ mol/L$

عادة المتابعة (pH متري) لحمية المعايرة

منه أجل عشر مسبار الجهاز حصلنا على البيان التالي

1/1 أكتب معادلة التفاعل

2/ أوجد إحداثيات نقطة التكافؤ

3/ أحسب التركيز المولي (C_A) للمحلول (S) ثم استنتج كتلة الحمض (HA) المتواجدة في المحلول (S)

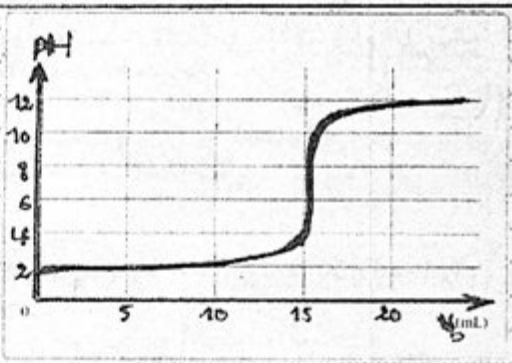
4/ عين النسبة المئوية لنقاوة الحمض (HA) في المنظف التجاري

5/ انقل الكاشف المناسب لهذه المعايرة بدون الإجابة

الهيليانتين	B.B.T	الفينولفتالين
$3,1 < pH < 4,4$	$6 < pH < 7,6$	$8,1 < pH < 10$

انجز: معادلة التفاعل مع الماء

$HA_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \rightarrow A^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$



معادلة تفاعل المعايرة:

$(H_3O^+ + A^-) + (Na^+ + HO^-) \rightleftharpoons$

متفاعل ↑ متفاعل ↑

$H_3O^+ + HO^- = 2H_2O$

حمض أساس

لمعايرة المحاليل الكأفي: نستعمل طريقة المماسات المتوازية وبالإسقاط نجد:

$(pH_E = 7,6 \quad , \quad V_E = 15,4\ mL)$

3/ حساب التركيز المولي: عند التكافؤ

لدينا $(C_A V_A = C_B V_B) \Rightarrow$

$C_A = \frac{C_B V_B}{V_A} \Rightarrow C_A = \frac{0,10 \times 15,4}{20} \Rightarrow$

$C_A = 7,7 \times 10^{-2}\ mol/L$

لدينا:

$C_A = \frac{n}{V} \Rightarrow n = C_A V_A$

$n = 7,7 \times 10^{-2} \times 200 \times 10^{-3} \Rightarrow$

$n = 15,4 \times 10^{-3}\ mol$ كمية مادة الحمض (HA) الموجودة في (200 mL)

$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = n.M$

$m = 15,4 \times 10^{-3}(2+14+32+48+1)$

$m = 15,4 \times 10^{-3}(97) \Rightarrow m = 1,50\ g$

كتلة الحمض النقي الموجودة في محلول حمضي (200 mL)

حساب نسبة النقاوة:

أذ بنا 1,80 g حمض تجاري معناه

نسبة النقاوة $P = \frac{m_{نقي}}{m_{تجاري}} \times 100 \Rightarrow P = \frac{1,50}{1,80} \times 100$

$P = 83,3\ \%$ /5

الكاشف الواجب إستعماله هو أزرق البروموتيمول لأنه عند التكافؤ (pH) ينتمي (pH=7,6) طجال تغير B.B.T

(17) بطاقة منظف تجاري (débouchem)

تحمل المعلومات التالية

$\rho = 1,23\ kg/L$ ، 20% نسبة النقاوة

$M_{NaOH} = 40\ g.mol^{-1}$

نريد التأكد من هذه المعلومات

1/ أحسب التركيز المولي لهيدروكسيد الصوديوم في المحلول التجاري

2/ نضع المحلول التجاري 100 مرة للحصول على المحلول (S) ونشرح البروتوكول التجريبي

3/ نغاير حجما $V_a = 20\ mL$ من المحلول (S) بواسطة محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي $C_A = 0,10\ mol/L$ المتابعة الـ (pH) مترية أعطت مايلي

V_A(mL)	2	4	6	8	10	11	12	12,5
pH	12,7	12,6	12,5	12,3	12,0	11,6	10,8	10,0
V_A(mL)	13,5	14	15	16	17	20	22	25
pH	2,9	2,4	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3

4/ أكتب معادلة تفاعل المعايرة

ب/ أرسم البيان $pH = f(V_A)$

ج/ حدد إحداثي نقطة التكافؤ

د/ إستنتج التركيز المولي للمحلول (S) وكذلك للمحلول التجاري

هـ/ قارن بين النتيجة التجريبية والنتيجة المحسوبة في السؤال (1)

حساب التركيز المولي للمحلول التجاري:

$\rho = 1,23\ kg/L = 1230\ g/L$

لدينا نسبة النقاوة 20%

100 g	⟶	20 g
1230 g	⟶	m

أساس نقي / تجاري ⇒ $m = \frac{1230 \times 20}{100}$

معناه: $(m = 246\ g)$ من المحلول التجاري $(1L)$
يحتوي على أساس نقي $(246\ g)$ و منه: التركيز الكتلي:

$$C_m = \frac{m}{V} = \frac{246\ g}{1L} = 246\ g/L$$

ومنه التركيز المولي:

$$C = \frac{C_m}{M} \Rightarrow C = \frac{246}{40} = 6,15\ mol/L$$

الصودا $NaOH$: $23 + 16 + 1$

2/ نأخذ من المحلول الأم $(10\ mL)$ بواسطة ماصة نزاعية مزودة بإجاصة نضع داخل حوجلة سعتها $(1000\ mL)$ لأننا مددنا $(100$ مرة$)$ معناه:

$$S = \frac{V'}{V} \Rightarrow 100 = \frac{V'}{10} \Rightarrow$$

$(V' = 1000\ mL)$ حجم المحلول البنت

، تبعت مدخنة $(hotte)$ وباستعمال بظارات و قفاز حماية الأيدي نأخذ $(10\ mL)$ من المحلول التجاري بواسطة ماصة $(Fiole)$ سعتها $1000\ mL$ داخل حوجلة ونكمل بالماء المقطر حتى الوصول للخط العياري ثم نسد الحوجلة و نقلب قلبتين أو ثلاثة لتجانس المزيج ويكون المحلول جاهز

3/ معادلة تفاعل المعايرة:

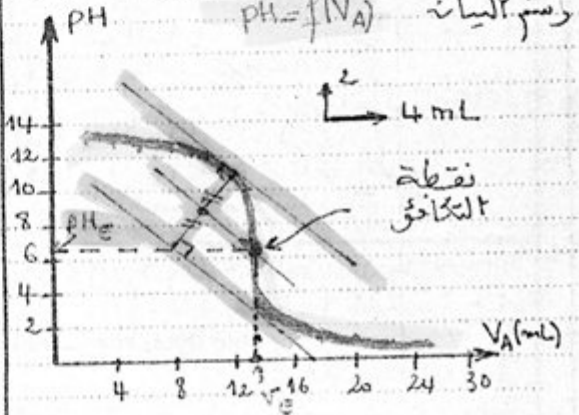
$$(H_3O^+ + Cl^-) + (Na^+ + HO^-) =$$

(متفرج) (متفرج)

$$H_3O^+ + HO^- = 2H_2O$$

هذه مكتفية

4/ جـ/ رسم البيان $pH = f(V_A)$



جـ/ 1 إعدادات التكافؤ: باستخدام طريقة المماسات المتوازية

$(V_E = 13,5\ mL)$ $(pH_E = 7)$

2/ باستنتاج تركيز المحلول لدينا عند التكافؤ:

$(C_A V_A = C_B V_B) \Rightarrow$

$0,10 \times 13,50 = C_B \times 20 \Rightarrow (C_B = 0,067\ mol/L)$

وهو تركيز المحلول البنت ولدينا

$$S = \frac{C}{C'} \Rightarrow 100 = \frac{C}{0,067} \Rightarrow$$

$(C = 6,7\ mol/L)$ تركيز المحلول التجاري تجريبيا

المقارنة بين النتيجتين معناه: البطاقة: $C = 6,15\ mol/L$
التجربة: $C = 6,70\ mol/L$

الخطأ النسبي:

$$\frac{\Delta C}{C} = ?$$

$$= \frac{|16,70 - 6,15|}{6,15} = 0,089 \Rightarrow$$

$$\Delta\% = 8,9\ \%$$

(18) تفاعل حمض (HA_1) مع أساس (A_2^-) الثنائيات هي

(HA_1/A_1^-) , (HA_2/A_2^-)

1/ أكتب معادلة التفاعل الحادث،

2/ أكتب عبارة ثابت التوازن بدلالة تركيز الشوارد المتبقية في المحلول

3/ أكتب عبارة ثابت التوازن بدلالة pK_{a_2} و pK_{a_1} وبدلالة K_{a_2} و K_{a_1}

1/

$$HA_1\ (aq) = H^+ + A_1^-$$
$$A_2^- + H^+ = A_2H$$

$$HA_1 + A_2^- = HA_2 + A_1^-$$

2/

$$K = \frac{[HA_2][A_1^-]}{[HA_1][A_2^-]}$$

3/ لدينا:

$$K_{a_1} = \frac{[H_3O^+][A_1^-]}{[HA_1]}\ ,\ K_{a_2} = \frac{[H_3O^+][A_2^-]}{[HA_2]}$$

بالقسمة (K_{a_1}/K_{a_2})

$$K = \frac{[H_3O^+][A_1^-]}{[HA_1]} \Rightarrow K = \frac{Ka_1}{Ka_2} = \frac{[HA_2][A_1^-]}{[HA_1][A_2^-]}$$

$$\frac{Ka_1}{Ka_2} = K$$

$$K = \frac{Ka_1}{Ka_2} = \frac{10^{-pka_1}}{10^{-pka_2}} \quad /3$$

$$K = 10^{pka_2 - pka_1}$$

$$K = 10^{4,8-3,8} \Rightarrow (K = 10)$$

/3 جدول التقدم

	$CH_3COO^-_{(aq)} + HCOOH_{(aq)} = CH_3COOH_{(aq)} + HCOO^-_{(aq)}$			
الحالة				
E_i	CV	CV	0	0
E_f (théorique)	$CV - x_{MAX}$	$CV - x_{MAX}$	x_{MAX}	x_{MAX}
E_f (réel)	$CV - x_f$	$CV - x_f$	x_f	x_f

/4

$$[HCOO^-] = \frac{x_f}{2V}, \quad [CH_3COOH] = \frac{x_f}{2V}$$

$$K = \frac{(x_f/2V)(x_f/2V)}{\left(\frac{CV - x_f}{2V}\right)\left(\frac{CV - x_f}{2V}\right)}$$

$$K = \frac{x_f^2}{(CV - x_f)^2} \Rightarrow \sqrt{K} = \frac{x_f}{CV - x_f}$$

$$x_f = CV\sqrt{K} - x_f\sqrt{K} \Rightarrow$$

$$x_f + x_f\sqrt{K} = CV\sqrt{K} \Rightarrow$$

$$x_f(1 + \sqrt{K}) = CV\sqrt{K} \Rightarrow$$

$$x_f = \frac{CV\sqrt{K}}{1 + \sqrt{K}}$$

$$x_f = \frac{10^{-2} \times 10^{-2}\sqrt{10}}{1 + \sqrt{10}} = 7,6 \times 10^{-5}\ mol$$

/6 حساب التقدم الأعظمي

$$CV = x_{MAX} \Rightarrow x_{MAX} = 10^{-2} \times 10^{-2}$$

$$x_{MAX} = 10^{-4}\ mol$$

/7 نسبة التقدم

$$\tau = \frac{x_f}{x_{MAX}} \Rightarrow \tau = \frac{7,6 \times 10^{-5}}{10^{-4}}$$

$$\tau = 0,76 \Rightarrow \tau = 76\%$$

التحول غير تام لأن $\tau \neq 100\%$

(19) داخل كأس يحتوي على حجم $V = 10\ mL$ من محلول إيثانوات الصوديوم $(CH_3COO^- + Na^+)_{aq}$ تركيزه المولي $C = 1,0 \times 10^{-2}\ mol/L$ نضيف إليه $10\ mL$ من محلول حمض الميثانويك $(HCOOH)$ تركيزه المولي $C = 1,0 \times 10^{-2}\ mol/L$

/1 أكتب معادلة التفاعل المنمذج لهذا التحول

/2 أحسب ثابت التوازن (K) لهذا التفاعل

/3 أنجز جدول التقدم

/4 أكتب عبارة K بدلالة x_f و C و V

/5 استنتج قيمة x_f

/6 أحسب التقدم الأعظمي x_{MAX}

/7 أحسب نسبة التقدم النهائي

ماذا يمكننا القول عن هذا التحول

$(CH_3COOH_{(aq)} / CH_3COO^-)$ $pka_2 = 4,8$

$(HCOOH_{(aq)} / HCOO^-_{(aq)})$ $pka_1 = 3,8$

/1 $CH_3COO^-_{(aq)} + HCOOH_{(aq)} = CH_3COOH_{(aq)} + HCOO^-_{(aq)}$

/2

$$K = \frac{([CH_3COOH][HCOO^-])_{(aq)}}{([CH_3COO^-][HCOOH])_{(aq)}}$$

بالقسمة

$$Ka_2 = \frac{[H_3O^+][HCOO^-]}{[HCOOH]}$$

$$Ka_1 = \frac{[H_3O^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

$$K = \frac{Ka_2}{Ka_1} \Rightarrow K = \frac{10^{-pka_2}}{10^{-pka_1}} = 10^{pka_1 - pka_2}$$

(20) توجد في مخبر الثانوية حوجلة تحتوي على محلول مركز لحمض كلور الماء تحمل المعلومات التالية: 33% لتليا منه حمض كلور الهيدروجين نسمي هذا المحلول (S_0)

نريد معرفة التركيز المولي للمحلول (S_0)

المرحلة I: نمدد 1000 مرة المحلول (S_0) فنحصل على محلول (S_1) تركيزه المولي (C_1)

المرحلة II: نأخذ حجما $V_1 = 100\ mL$ منه ونعاير العينة عن طريق قياس الناقلية بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_B = 1,0\times10^{-1}\ mol/L$

نرفق البيان $G = f(V_B)$

1/ أكتب معادلة تفاعل المعايرة

2/ عين بيانيا حجم (V_{BE}) عند التكافؤ

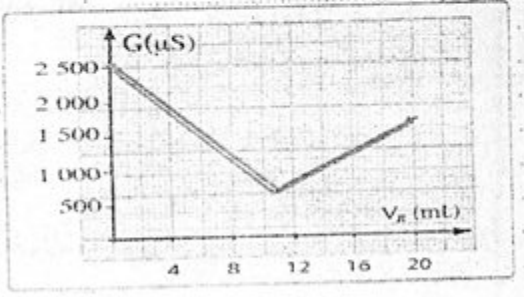
3/ أوجد علاقة بين C_1، V_1، C_B، V_{BE} عند التكافؤ واستنتج C_1

4/ عين التركيز المولي (C_0) للمحلول (S_0)

5/ أحسب الكتلة (m_0) لكلور الهيدروجين المذابة في (1L) من المحلول

6/ إذا كانت الكتلة الحجمية لـ (S_0) $\rho_0 = 1160\ g/L$ عين الكتلة (m) لـ (1L) من S_0

7/ عين نسبة النقاوة وهل تتوافق مع المعلومات المكتوبة على البطاقة



1/ معادلة تفاعل المعايرة

$(H_3O^+ + Cl^-) + (Na^+ + HO^-) \longrightarrow$

H_3O^+ حمض قوي، HO^- أساس قوي

$H_3O^+ + HO^- = 2H_2O$

2/ عند التكافؤ تكون الناقلية عند أدنى قيمة لها بالاسقاط نجد: $(V_{BE} = 10,6\ mL)$

3/ عند التكافؤ: $(n_{H_3O^+} = n_{HO^-})$

$C_A V_1 = C_B V_B \Rightarrow (C_1 V_1 = C_B V_{BE})$

$C_1 = \frac{1,0\times10^{-1}\times 10,6}{100} = 0,106\times10^{-1}\ mol/L$

4/ حساب تركيز المحلول (S_0)

$S = \frac{C_0}{C_1} \Rightarrow 1000 = \frac{C_0}{0,106\times10^{-1}} \Rightarrow$

$C_0 = 0,106\times10^{-1}\times1000 \Rightarrow$

$(C_0 = 10,6\ mol/L)$

5/ حساب كتلة (Hcl) المذابة في (1L) من المحلول:

$C_1 = \frac{n_1}{V_1} \Rightarrow n_1 = C_1 V_1 \Rightarrow$

$\frac{m}{M} = C_1 V_1 \Rightarrow (m = C_1 V_1 . M) \Rightarrow$

$m = 0,106\times10^{-1}\times100\times10^{-3}\times36,5$

$(m = 3,87\times10^{-2}\ g)$ الكتلة المذابة في 100 mL

$\begin{cases} 3,87\times10^{-2} \longrightarrow 100\ mL \\ m' \longrightarrow 1000\ mL = 1L \end{cases}$

$m' = \frac{3,87\times10^{-2}\times10^3}{100} \Rightarrow (m' = 3,87\times10^{-1}\ g)$

6/ لدينا: $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho . V$

$m = 1160\times1L \Rightarrow$

$m = 1160\ (g)$ محلول تجاري

7/ حساب نسبة النقاوة، لدينا $C_0 = 10,6\ mol/L$ التركيز الكتلي،

$C_m = C_0 \times M = 10,6\times36,5 \Rightarrow$

التركيز الكتلي لمحلول كلور الهيدروجين

$(C_m = 386,9\ g/L)$

حساب نسبة التقاوة :

$$P = \frac{m_{pure}}{m_{impure}} \times 100 \Rightarrow P = \frac{3869}{1160} \times 100$$

$P = 33,35\%$

نـ هذه النسبة تتنافى مع الكتابة العلمية على البطاقة بخطأ فيما سبق مقبول

(21) نمزج حجما $V_1 = 30\ mL$ من محلول بيكربونات الصوديوم $(Na^+ + HCO_3^-)$ تركيزه المولي $C_1 = 0,15\ mol/L$ وحجما $V_2 = 20\ mL$ من محلول النشادر (NH_3) تركيزه المولي $C_2 = 0,10\ mol/L$

1/ معادلة التفاعل

2/ جدول التقدم

3/ كسر التفاعل الإبتدائي $Q_{r,i}$

4/ عبر عنه Q_{rf} في حالة التوازن بدلالة التقدم النهائي للتفاعل τ

5/ علما أن ثابت التوازن $K = 7,9 \times 10^{-2}$ استنتج $\tau = ?$

(HCO_3^-/CO_3^{2-}) (NH_4^+/NH_3)

معادلة التفاعل :

$$HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$$

$$NH_3 + H^+ \rightleftharpoons NH_4^+$$

$$HCO_3^-{}_{(aq)} + NH_{3\,(aq)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)}$$

2/ جدول التقدم

Jdd'Avancement	$HCO_3^- + NH_3 = NH_4^+ + CO_3^{2-}$			
E_i $t=0$	n_{01}	n_{02}	0	0
E_{inter}	$n_{01}-x$	$n_{02}-x$	x	x
E_f(théor)	$n_{01}-x_{MAX}$	$n_{02}-x_{MAX}$	x_{MAX}	x_{MAX}
E_f(réelle)	$n_{01}-x_f$	$n_{02}-x_f$	x_f	x_f

3/ كسر التفاعل الإبتدائي

$$Q_{r,i} = \frac{[NH_4^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-][NH_3]} = 0$$

4/ كسر التفاعل النهائي،

$$Q_{rf} = \frac{[NH_4^+]_f [CO_3^{2-}]_f}{[HCO_3^-]_f [NH_3]_f}$$

$$Q_{rf} = \frac{(x_f/V)(x_f/V)}{\frac{(n_{01}-x_f)}{V}\frac{(n_{02}-x_f)}{V}}$$

$$Q_{rf} = \frac{x_f^2}{(n_{01}-x_f)(n_{02}-x_f)}$$

لدينا من جدول التقدم : $n_{01} - x_{MAX} = 0 \Rightarrow x_{MAX} = n_{01} = C_1 V_1$

$$n_{01} = 0,15 \times 30 \times 10^{-3} = 4,5\ m.mol$$

$$n_{02} = C_2 V_2 = 0,10 \times 20 \times 10^{-3} \Rightarrow n_{02} = 2 \cdot 10^{-3}\ mol = 2\ mmol$$

$\begin{cases} x_{MAX_1} = 4,5\ m.mol \rightarrow \text{مرفوضة} \\ x_{MAX_2} = 2\ m.mol \rightarrow \text{مقبولة} \end{cases}$

$\tau = \frac{x_f}{x_{MAX_2}} \Rightarrow x_f = \tau x_{MAX_2} \Rightarrow$

$x_f = 2\tau$ ، Q_{rf} نعوض في نجد

$$Q_{rf} = \frac{(2\tau)^2}{(4,5-2\tau)(2-2\tau)} \Rightarrow$$

$$Q_{rf} = \frac{4\tau^2}{(9-13\tau+4\tau^2)} \Rightarrow$$

$$Q_{rf} = \frac{4\tau^2}{4\tau^2-13\tau+9}$$

ونعلم أنه $Q_{rf} = K$

$$K = \frac{4\tau^2}{4\tau^2-13\tau+9} \Rightarrow$$

$$7,9 \times 10^{-2} = \frac{\tau^2}{\tau^2-3,25\tau+2,25}$$

$\tau^2 = 7,9\times10^{-2}\tau^2 - 0,256\tau + 0,177$ ⇐

$\tau^2 - 0,079\tau^2 + 0,256\tau - 0,177 = 0$

$\tau^2 \times 0,921 + 0,256\tau - 0,177 = 0 \Rightarrow$

$\tau^2 + 0,28\tau - 0,192 = 0$

$\Delta = 0,0784 - 4(1)(-0,192) = 0,846 > 0$

$\tau_1 = \frac{-0,28+0,92}{2} = 0,32 = 32\%$

$\tau_2 = \frac{-0,28-0,92}{2} = -0,60$ سالب مرفوض

$\tau = 32\%$ ⇐ نسبة التقدم

(22) محلول $V = 100\ ml$ يحتوي على عند $t=0$:
- $1\ mmol$ $(HCOOH)$
- $2\ mmol$ (CH_3COO^-) و
- $1\ mmol$ (CH_3COOH) و
- $1\ mmol$ $(HCOO^-)$ و

التفاعل يتطور في اتجاه تشكل حمض الإيثانويك

1/ معادلة التفاعل بين حمض النمل و شاردة الإيثانوات

2/ جدول التقدم

3/ أوجد عبارة Q_{rf} لكسر التفاعل

4/ علما أن $k=10$ أحسب x_f و أحسب (τ)

$HCOOH_{(aq)} + CH_3COO^-_{aq} = HCOO^-_{aq} + CH_3COOH$

1/ جدول التقدم

معادلة التفاعل	$HCOOH + CH_3COO^- = HCOO^- + CH_3COOH$			
E_i	$1\ mmol$	$2\ mmol$	$1\ mmol$	$1\ mmol$
E_{int}	$1-x$	$2-x$	$1+x$	$1+x$
E_f (Théorique)	$1-x_{max}$	$2-x_{max}$	$1+x_{max}$	$1+x_{max}$
E_f (réel)	$1-x_f$	$2-x_f$	$1+x_f$	$1+x_f$

3/ عبارة كسر التفاعل:

$$Q_{rf} = \frac{[HCOO^-][CH_3COOH]}{[HCOOH][CH_3COO^-]}$$

$$Q_{rf} = \frac{(1+x)/V\ (1+x)/V}{(1-x)/V\ (2-x)/V}$$

$$Q_{rf} = K = \frac{(1+x_f)^2}{(1-x_f)(2-x_f)}$$

$$10 = (1+x)^2/(1-x)(2-x)$$

$10(1-x)(2-x) = (1+x)^2 \Rightarrow$

$10(2-3x+x^2) = 1+2x+x^2$

$20-30x+10x^2 = x^2+2x+1 \Rightarrow$

$9x^2 - 32x + 19 = 0$

$\Delta = 1024 - 4(9)(19) = 340$

$\sqrt{\Delta} = 18,43 > 0 \Rightarrow$

$x_1 = \frac{32+18,43}{2(9)} = 2,80\ m.mol$

$x_2 = \frac{32-18,43}{2(9)} = 0,75\ m.mol$

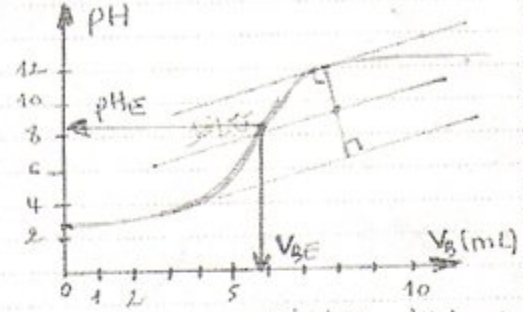
$x_1 = 2,80\ m.mol$ مرفوض لأنه أكبر من (x_{MAX})

$x_2 = x_f = 0,75\ m.mol$

$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{0,75}{1} = 75\%$

(23) المشروبات الغازية السكرية (la limonade)
مكونة من الغليكوز (Glucose) $(C_6H_{12}O_6)$ و CO_2 و حمض الستريك الذي صيغته (H_3A) حمضي ثلاثي نأخذ حجما $V = 200\ ml$ من المشروب الخالي من غاز CO_2 نضيف له هيدروكسيد الصوديوم $(NaOH)$ التركيز المولي عند كل إضافة للصودا تقوم بقياس الـ pH المزيج فنحصل على جدول القياسات التالي

رسم البيانة: $pH = f(V_B)$



إحداثيات التكافؤ:
$(V_{BE} = 5,8\ mL)$ $(pH_E = 8,3)$

V_B(mL)	0	1	1,5	2	2,5	3,0	3,5
pH	2,7	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2

V_B(mL)	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7
pH	5,6	6,0	6,4	6,9	9,3	10,0	10,5

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

1/ أكتب معادلة التفاعل المنمذجة لهذا التحول

2/ أرسم البيانة $pH = f(V_B)$

3/ عين إحداثيات نقطة التكافؤ

4/ أتمم جدول التقدم

5/ استنتج العلاقة بين V_A, C_A, C_B, V_{BE}

6/ أحسب التركيز المولي لحمض الستريك

7/ ما هو الكاشف المناسب لهذه المعايرة

أحمر الميثيل $4,2 \leq pH \leq 6,2$

أزرق البروموتيمول $6,0 \leq pH \leq 7,6$

الفينولفتالين $8,2 \leq pH \leq 10,0$

8/ ما هي كتلة حمض الستريك الواجب استعمالها لتحضير (1L) منه

المستزوب الغازي

معادلة التفاعل	$H_3A_{(aq)} + 3HO^-_{(aq)} = A^{-3}_{(aq)} + 3H_2O_{(\ell)}$			
E_i (mol)	C_AV_A	C_BV_B	0	بزيادة
$E_{quelconque}$	$C_AV_A - x_E$	$C_BV_B - 3x_E$	x_E	بزيادة

5/ العلاقة: عند التكافؤ:
لا نكتب $C_AV_A = C_BV_B$
لأنه لدينا حمض ثلاثي (H_3A)

معناه من جدول التقدم

$$\begin{cases} C_AV_A - x_E = 0 \\ C_BV_B - 3x_E = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_E = C_AV_A \\ 3x_E = C_BV_B \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x_E = C_AV_A \\ x_E = \dfrac{C_BV_B}{3} \end{cases} \quad \boxed{\frac{C_AV_A}{1} = \frac{C_BV_B}{3}}$$

6/ حساب التركيز المولي لحمض الستريك

$$C_A = \frac{C_BV_{BE}}{3V_A} = \frac{10^{-1} \times 5,8}{3(20)} = 9,6 \times 10^{-3}\ mol/L$$

7/ الكاشف المناسب هو الفينولفتالين لأن $(pH_E = 8,3)$ ينتمي لمجال تغير لون الكاشف

8/ حساب الكتلة:

$$n = CV$$

$$\frac{m}{M} = CV \Rightarrow m = CV.M \Rightarrow$$

$$m = 9,6 \times 10^{-3} \times 1 \times 210 = 2\ g$$

معادلة التفاعل:

$H_3A + HO^- =$ أساسه $(N_a^+ + HO^-)$

$H_3A = 3H^+ + A^{-3}$ كاشف ملون

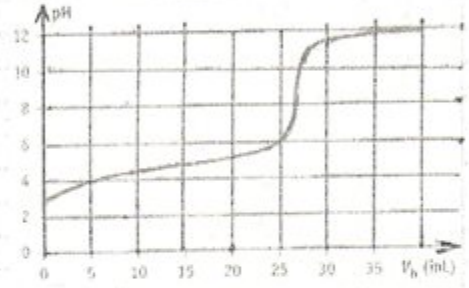
$3HO^- + 3H^+ = 3H_2O$

$H_3A + 3HO^- = 3H_2O + A^{-3}$

(21) لدينا خل تجاري درجته (8°)
معناه لدينا (8g حمض الإيثانويك نقي) في 100g خل تجاري)

1/ نحضر محلول حجمه $V = 100\ mL$ وهذا بتمديد المحلول 10 لأن $C = \frac{C_0}{10}$ (تركيز المحلول البنت) حيث

2/ الشرح البروتوكول التجريبي
1/ نأخذ حجما معينا $V_A = 20\ mL$ من المحلول المحدد و نضيف له محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + HO^-)$ تركيز $C_B = 0,10\ mol/L$ نقوم بقياس الـ (pH) المزيج بعد كل إضافة نحصل على البيانة



ب/ ما معنى التكافؤ عند المعايرة
ج/ باستنتج ما هذا ثابت التكافؤ
ج/ أكتب معادلة التفاعل المنمذج لهذا التحول
د/ أنجز جدول التقدم
ه/ باستنتج العلاقة البسيطة لكميات المادة للوصول للتكافؤ
و/ باستنتج التركيز المولي للحمض
ز/ أحسب درجة الحموضة للخل
ح/ قارنه مع الكتابة السابقة

$\rho = 1,01\ g/mL$
$M = 60\ g/mol$

1/ لدينا $S = \frac{C_0}{C} \Rightarrow S = \frac{10C}{C} = 10$

معناه تمديد 10 مرات معناه لو أخذنا حجم $V_0 = 10\ mL$ من المحلول الأم فإنه حجم المحلول البنت هو $V = 100\ mL$
معناه بواسطة ماصة نأخذ حجم 10 mL من المحلول الأم و نضعه داخل حوجلة سعتها (100 ml)

نكمل بالماء المقطر حتى الوصول للخط الجاري ثم نمزج للحصول على محلول متجانس

1/ معنى التكافؤ: عند التكافؤ (H_3O^+) تلغى مفعول (HO^-) معناه كمية مادة الحلول المعايَر و الحلول المعايِر تلغى بعضهما البعض

ب/ إحداثيات التكافؤ باستخدام طريقة المماسات المتوازية نجد:
$(pH_E = 8,7 \quad ; \quad V_{BE} = 26,8\ mL)$

2/ معادلة التفاعل المنمذج:

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

3/ جدول التقدم

	$CH_3COOH + HO^- = CH_3COO^- + H_2O$			
état initial	$C_A V_A$	$C_B V_B$	0	وفيرة
état final	$C_A V_A - x_E$	$C_B V_B - x_E$	x_E	//

العلاقة بين كميات المادة

$$\begin{cases} C_A V_A - x_E = 0 \\ C_B V_B - x_E = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_E = C_A V_A \\ x_E = C_B V_B \end{cases}$$

$$\Rightarrow C_A V_A = C_B V_B$$

4/ حساب تركيز العينة

$$C_A = \frac{C_B V_B}{V_A} = \frac{0,10 \times 26,8}{20} \Rightarrow C_A = 0,134\ mol/L$$

حساب تركيز المحلول الأم: $C = \frac{C_0}{10} \Rightarrow C_0 = 10C = 10 \times 0,134$

$$\Rightarrow C_0 = 1,34\ mol/L$$

التركيز الكتلي $C_m = C_0 \times M \Rightarrow C_m = 1,34 \times 60 = 80,4\ g/L$

3/ درجة الحموضة: $\begin{cases} \rho = 1010\ g/L \\ C_m = 80,4\ g/L \end{cases}$ معناه

درجة الحموضة = كتلة الحمض النقي / كتلة الخل التجاري $= \frac{100 \times 80,4}{1010} = 8°$