



المستوى الثالثة ثانوي رياضي و تقني رياضي (3ASM/TM) مارس 2024

إمتحان الفصل الثاني في مادة العلوم الفيزيائية المدة: 2 سا

التمرين الأول :

يعتبر الخل التجاري محلولاً مائياً لحمض الإيثانويك (CH_3COOH) ، و يتميز بدرجة الحموضة (X°) ، و التي تمثل الكتلة X ب (g) لحمض الإيثانويك الموجودة في 100g من حمض الخل .

الجزء الأول : دراسة ذوبان حمض الإيثانويك في الماء

لدينا محلولين مائيين S_1 و S_2 لحمض الإيثانويك حيث : - المحلول S_1 تركيزه المولي $\text{C}_1 = 5.10^{-2} \text{ mol/L}$ و ناقلتيه النوعية $\sigma_1 = 3,5.10^{-2} \text{ S/m}$ ، و المحلول S_2 تركيزه المولي $\text{C}_2 = 5.10^{-3} \text{ mol/L}$ و ناقلتيه النوعية $\sigma_2 = 1,1.10^{-2} \text{ S/m}$.

1/ أكتب معادلة انحلال الحمض في الماء .

2/ مثل جدول تقدم التفاعل .

3/ أوجد العلاقة بين التركيز المولي لشوارد الأوكزونيوم $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$ عند التوازن بدلالة σ و $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}$ و $\lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-}$.

4/ احسب $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$ في كل محلول (S_1) و (S_2) .

5/ احسب نسبتي التقدم النهائي τ_{f1} و τ_{f2} لتفاعل حمض الإيثانويك مع الماء ، و استنتج تأثير التركيز الابتدائي للمحلول على نسبة التقدم النهائي .

6/ احسب ثابت التوازن لكل محلول . ماذا تستنتج .

الجزء الثاني : التحقق من درجة حموضة الخل التجاري

نأخذ حجماً $V_0 = 1 \text{ ml}$ من خل تجاري درجة حموضته 7° و تركيزه المولي C_0 ، و نضيف له الماء المقطر لتحضير محلول (S) تركيزه C_S و حجمه $V_S = 100 \text{ ml}$. نعاير الحجم $V_A = 20 \text{ ml}$ من المحلول S بمحلول S_B لهيدروكسيد الصوديوم (Na^+_{aq} , OH^-_{aq}) تركيزه $\text{C}_B = 1,5.10^{-2} \text{ mol/L}$.

عند نقطة التكافؤ يكون حجم المحلول S_B هو $V_{BE} = 15,7 \text{ ml}$.

1/ أكتب معادلة تفاعل الحمض مع الأساس .

2/ احسب C_S .

3/ احسب درجة حموضة الخل المدروس ، ثم استنتج هل تتوافق هذه النتيجة مع القيمة المسجلة على الخل التجاري .

المعطيات : في درجة 25°C

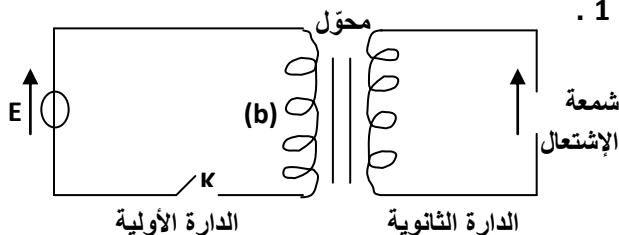
الكتلة الحجمية للخل $p = 1 \text{ g/ml}$ ، الكتلة المولية لحمض الإيثانويك $M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \text{ g/mol}$ ،

الناقلية النوعية المولية : $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 3,49.10^{-2} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$ ، $\lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-} = 4,09.10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$.

التمرين الثاني : مبدأ إحداث شرارة في محرك السيارة

يعتمد نظام إحداث شرارة في محرك سيارة على دارتين كهربائيتين : دائرة أولية تتكون من وشيعة ذاتيتها L و مقاومتها r تغذيها بطارية السيارة ، و دائرة ثانوية تتكون من وشيعة أخرى و شمعة الإشتعال (bougie d'allumage). يؤدي فتح الدائرة الأولية إلى ظهور شرارة تنبعث بين مربي شمعة الإشتعال و ينتج عنها إحتراق الخليط (الهواء مع البنزين) . تظهر هذه الشرارة عندما تتعدى القيمة المطلقة للتوتر بين مربي شمعة الإشتعال $U = 10000 \text{ V}$.

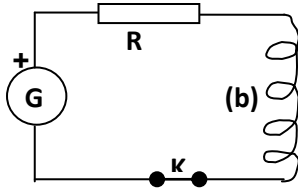
ننمذج نظام إحداث شرارة في محرك سيارة بالتركيب الممثل في الشكل 1 .



شكل 1

الجزء الأول: إقامة التيار الكهربائي في الدارة الأولية

نمذج الدارة الأولية بالتركيب الممثل في الشكل 2 :



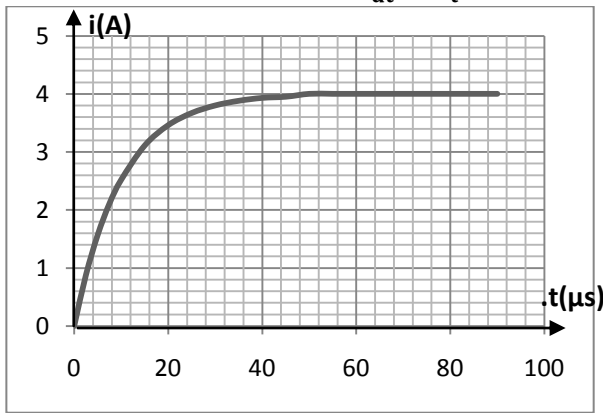
شكل 2

- G بطارية السيارة و التي تمثل بمولد لتوتر مستمر $E=12V$.
- (b) وشيعة ذاتيتها L و مقاومتها $r=1,5\Omega$.
- R يمثل ناقل أومي مقاومته $R=4,5\Omega$.
- K قاطعة.

1/ نوصل مدخلي راسم الإهتزاز المهبطي ذي ذاكرة ، في اللحظة $t=0$ نغلق القاطعة K فنشاهد على الشاشة المنحني البياني (شكل) .

1-1/ أعد رسم الدارة (شكل 2) مبينا عليها جهة التيار الكهربائي المار في الدارة ، ثم مثل بالأسهم التوترين U_R و U_b و وضح كيفية ربط راسم الاهتزاز المهبطي لمشاهدة هذا المنحني .

2-1/ بين أن المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار $i(t)$ تكتب على الشكل : $\frac{di(t)}{dt} + \frac{i}{\tau} = A$ محددا عبارة كل من الثابتين A و τ .



3-1/ حدّد وحدة τ .

4-1/ عين بيانيا ثابت الزمن τ و شدة التيار (I_0) في النظام الدائم.

5-1/ استنتج قيمة ذاتية الوشيعة.

الجزء الثاني: إنعدام التيار في الدارة الأولية

نفتح الدارة الأولية (فتح القاطعة) في لحظة نعتبرها مبدأ الزمن ، فتنقص شدة التيار $i(t)$ المار في الدارة و تظهر شرارة بين مربطي الشمعة في الدارة الثانوية .

1/ حدّد من بين العبارتين : $i(t)=I_0(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$ ، $i(t)=I_0e^{-\frac{t}{\tau}}$ الموافقة لهذه الحالة مع التعليل .

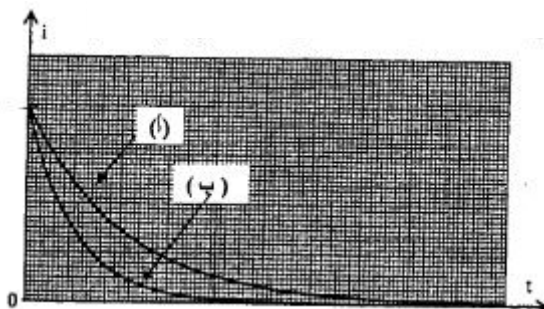
2/ أحسب الطاقة المخزنة في الوشيعة في اللحظات : $t=0$ ، $t=\tau$ ، $t \rightarrow \infty$.

3/ ارسم كيفيا البيان $E_b=f(t)$ أي منحني الطاقة المخزنة في الوشيعة بدلالة الزمن .

4/ بين أن زمن تناقص الطاقة المخزنة في الوشيعة إلى النصف هو : $t_{1/2} = \tau \frac{\ln 2}{2}$.

5/ يمثل الشكل المقابل المنحنيين (أ) و (ب) تغيرات شدة التيار بدلالة الزمن بالنسبة لوشيعتين (أ) و (ب) لهما نفس المقاومة الداخلية

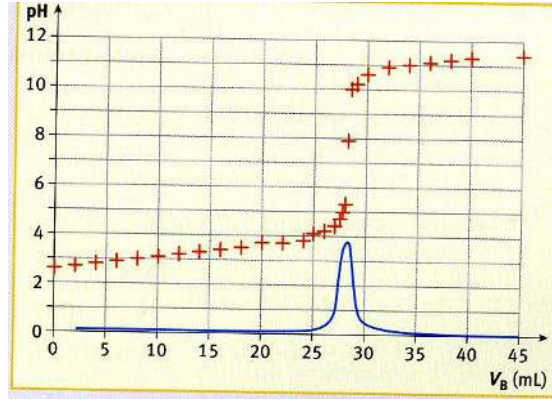
r و مختلفتين في قيمة الذاتية (L) . علما أن التوتر U في الدارة الثانوية يتناسب طرذا مع $\frac{di}{dt}$ ، و إن إشعال الشمعة يتم بكيفية جيدة كلما كان التوتر U كبيرا . حدّد الوشيعة التي يتم بواسطتها إشعال الشمعة بكيفية أفضل .



التمرين الثالث :

الأسبرين هو حمض الساليسيليك رمزه AH ، تفاعله مع الماء محدود، و ثابت حموضته هو $pK_A = 3,5$.
نعاير محلولاً من الأسبرين حجمه $V_A = 20 \text{ mL}$ وتركيزه c_A بمحلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم تركيزه $c_B = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$.
إن منحنى هذه المعايرة الـ pH مترية عند 20°C ممثل في الشكل التالي .

ليكن V_B حجم المحلول المعاير و نمثل كذلك بواسطة الحاسوب و برنامج المشتق $\frac{d(pH)}{dV_B}$.



1/ ضع رسماً تخطيطياً للتركيب التجريبي المستعمل مع توضيح البيانات عليه.

2/ أكتب معادلة تفاعل المعايرة.

3/ V_{BE} هو حجم المحلول الأساسي اللازم للتكافؤ و V_B هو حجم المحلول الأساسي المضاف قبل التكافؤ .

$$\text{بين أن : } \frac{V_{BE}}{V_B} = 10^{pK_A - pH} + 1$$

4/ أعط إحداثيات نقطة التكافؤ.

5/ ما هو الكاشف الملون المناسب. يعطى مجالات التغير اللوني للكواشف الملونة:

الفينول فتالين: (8,1 ، 9,8) ، الهيليانتين: (3,2 ، 4,4) ، أحمر الميثيل: (4,2 ، 6,2) ، أزرق البروموتيمول : (6,0 ، 7,6).

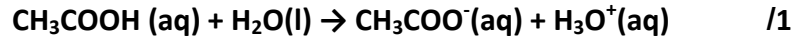
6/ أحسب التركيز المولي للحمض (C_A) .

7/ أحسب نسبة التقدم النهائي من أجل $V_B = 25 \text{ mL}$.

***** بالتوفيق *****

التصحيح النموذجيالتمرين الأول :

الجزء الأول : دراسة ذوبان حمض الإيثانويك في الماء



المعادلة الكيميائية		$\text{CH}_3\text{COOH (aq)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-\text{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+\text{(aq)}$ /2			
الحالات	التقدم (mol)	كمية المادة (mol)			
.t=0	0	C.V	بوفرة	0	0
.t>0	.x	C.V – x(t)	بوفرة	X(t)	X(t)
.t _f	.x _{eq}	C.V – x _{eq}	بوفرة	X _{eq}	X _{eq}

$$\sigma_{eq} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{eq} \cdot \lambda(\text{H}_3\text{O}^+) + [\text{CH}_3\text{COOH}]_{eq} \cdot \lambda(\text{CH}_3\text{COOH}) \quad /3$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}]_{eq} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{eq} \quad \text{من جدول تقدم التفاعل}$$

$$\sigma_{eq} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{eq} \cdot \lambda(\text{H}_3\text{O}^+) + [\text{H}_3\text{O}^+]_{eq} \cdot \lambda(\text{CH}_3\text{COOH}) \quad \text{و منه}$$

$$\sigma_{eq} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{eq} (\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) + \lambda(\text{CH}_3\text{COOH})) \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]_{eq} = \frac{\sigma_{eq}}{\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-}}$$

$$/4 \text{ المحلول } S_1 : [\text{H}_3\text{O}^+]_{eq} (S_1) = 0,897(\text{mol/m}^3) = 0,897 \cdot 10^{-3} (\text{mol/L})$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{eq} (S_2) = 0,282(\text{mol/m}^3) = 0,282 \cdot 10^{-3} (\text{mol/L})$$

$$\tau_{f2} = \frac{0,282 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-3}} = 0,0564 = 5,64\% \quad , \quad \tau_{f1} = \frac{0,897 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-2}} = 0,0179 = 1,79\% \quad \text{و منه} : \tau_f = \frac{X_f}{X_{\max}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{eq}}{C} \quad /5$$

نتيجة : لدينا $C_2 < C_1$ و كان $\tau_{f2} > \tau_{f1}$ و منه كلما كان التركيز أقل (محلول مخفف) كلما زاد نسبة التقدم النهائي أي كلما تفكك المحلول في الماء أكثر .

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{eq} [\text{H}_3\text{O}^+]_{eq}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{eq}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{eq}^2}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{eq}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{eq}^2}{C - [\text{H}_3\text{O}^+]_{eq}} \quad /6$$

$$K_2 = \frac{(0,282 \cdot 10^{-3})^2}{5 \cdot 10^{-3} - 0,282 \cdot 10^{-3}} = 1,68 \cdot 10^{-5} \quad , \quad K_1 = \frac{(0,897 \cdot 10^{-3})^2}{5 \cdot 10^{-2} - 0,897 \cdot 10^{-3}} = 1,638 \cdot 10^{-5}$$

الإستنتاج : نلاحظ $K_1 \approx K_2$ في حدود أخطاء الحساب و منه التراكيز الابتدائية للمفاعلات لا تؤثر على ثابت التوازن .

الجزء الثاني : التحقق من درجة حموضة الخل التجاري



2/ حساب C_S : حسب قانون المعايرة عند نقطة التكافؤ $C_S \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE}$

$$C_S = \frac{C_B V_{BE}}{V_S} = \frac{1,5 \cdot 10^{-2} \cdot 15,7}{20} = 11,77 \cdot 10^{-3} \text{ (mol/L)}$$

3/ حساب درجة حموضة الخل :

نعلم أن X هي درجة الحموضة أي كتلة الحمض النقي ($m_{\text{acide pure}}$) الموجودة في 100g من الحمض التجاري .

$$\text{إذاً } X = \frac{m_{\text{acide pure}}}{m_0} \cdot 100 \quad \text{فيكون} \quad m_{\text{acide pure}} = \frac{X \cdot m_0}{100} \quad \text{و لدينا} \quad C_0 = \frac{n_0}{V_S} \quad \text{كذلك} \quad n_0 = n_{\text{acide pure}}$$

$$\text{و منه} \quad \rho = \frac{m_0}{V} \quad \text{حيث} \quad C_0 = \frac{n_{\text{acide pure}}}{V} = \frac{m_{\text{acide pure}}}{100 \text{ M} \cdot V} = \frac{X \cdot m_0}{100 \text{ M} \cdot V} = \frac{X \cdot \rho}{100 \text{ M}}$$

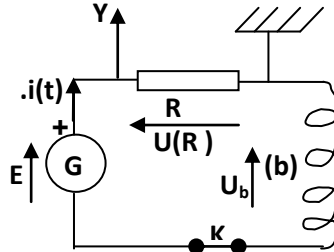
$$\text{و منه} \quad X = \frac{100 \text{ M} \cdot C_0}{\rho} \quad \text{مع} \quad C_0 = \frac{C_S \cdot V_S}{V_0} \quad \text{فيكون} \quad X = \frac{100 \text{ M} \cdot C_S \cdot V_S}{\rho \cdot V_0}$$

$$\text{ت.ع :} \quad X = \frac{100 \cdot 60 \cdot 11,77 \cdot 10^{-3} \cdot 100}{1 \cdot 10^3 \cdot 1} = 7,06$$

و منه هذه القيمة تتوافق مع القيمة المسجلة على الخل التجاري .

التمرين الثاني : مبدأ إحداث شرارة في محرك السيارة

الجزء الأول : إقامة التيار الكهربائي في الدارة الأولية



شكل 2

2-1/ حسب قانون جمع التوترات : $E = U(R) + U_b$

$$\frac{di(t)}{dt} + \frac{R+r}{L} i(t) = \frac{E}{R+r} \quad \text{و منه} \quad E = R i(t) + L \frac{di(t)}{dt} + r i(t)$$

$$\text{بالمطابقة مع العلاقة المعطاة في التمرين نجد :} \quad A = \frac{E}{R+r} \quad \text{و} \quad \tau = \frac{L}{R+r}$$

$$3-1/ \quad \text{تحديد وحدة } \tau : \quad \tau = \frac{L}{R+r} \quad \text{و منه :} \quad [\tau] = \frac{[L]}{[R]} = \frac{[U]}{[U]} \frac{[t]}{[I]} = [t] = (S)$$

4-1/ في النظام الدائم : $I_0 = 4 \text{ (A)}$

من البيان $i(\tau) = 0,63 I_0 = 0,63 \cdot 4 = 2,52 \text{ (A)}$. نعين هذه القيمة و عن طريق الإسقاط نجد : $\tau = 10 \text{ (}\mu\text{S)}$

$$5-1/ \quad \text{إستنتاج قيمة } L : \quad \tau = \frac{L}{R+r} \quad \Leftarrow \quad L = \tau \cdot (R+r) = 10 \cdot (4,5 + 1,5) = 60 \text{ (}\mu\text{H)}$$

الجزء الثاني : إنعدام التيار في الدارة الأولية

1/ العبارة : $i(t) = I_0(1 - e^{-t/\tau})$ ، $i(0) = 0$ ، $i(\tau) = 0,63 I_0$

، $i(\tau) = 0,37 I_0$ ، $i(0) = I_0 \Leftarrow i(t) = I_0 e^{-t/\tau}$

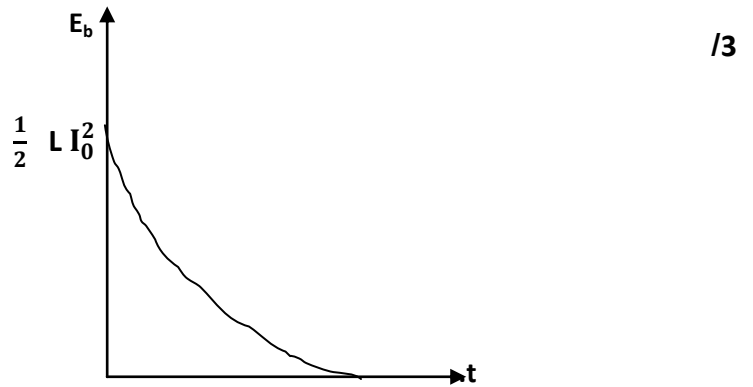
و بم أن التيار يتناقص عند فتح القاطعة فإن العبارة الصحيحة هي : $i(t) = I_0 e^{-t/\tau}$

2/ حساب الطاقة المخزنة في الوشيعية : $E_b = \frac{1}{2} L i^2(t) = \frac{1}{2} L I_0^2 e^{-2t/\tau}$

لما $t=0$ فإن : $E_b(0) = \frac{1}{2} L I_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 60 \cdot 10^{-6} \cdot 4^2 = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

لما $t = \tau$ فإن : $E_b(\tau) = \frac{1}{2} L I_0^2 e^{-2} = \frac{1}{2} \cdot 60 \cdot 10^{-6} \cdot 4^2 \cdot e^{-2} = 6,49 \cdot 10^{-5} \text{ J}$

لما $t = \tau$ فإن : $E_b(\infty) = \frac{1}{2} \cdot 60 \cdot 10^{-6} \cdot 4^2 \cdot e^{-\infty} = 0$



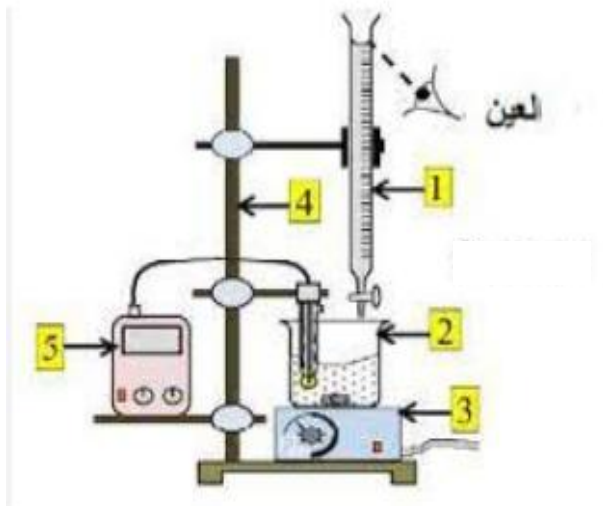
4/ $-\frac{t_{1/2}}{\tau} = \ln \frac{1}{2} \Leftarrow e^{-\frac{t_{1/2}}{\tau}} = \frac{1}{2} \Leftarrow E_b(t_{1/2}) = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I_0^2 \cdot e^{-\frac{t_{1/2}}{\tau}} = \frac{L I_0^2}{2}$

و منه : $t_{1/2} = \tau \frac{\ln 2}{2}$

5/ لدينا $U_b = L \frac{di}{dt} + r i(t)$ ، حيث $\frac{di}{dt}$ يمثل معامل توجيه المنحنى

المنحنى (أ) قيمة معامل توجيهه > من معامل توجيه المنحنى (ب) ، و منه المنحنى (ب) هو الذي يظهر إشتعال الشمعة بكيفية أفضل .

التمرين الثالث : 1/ الرسم التخطيطي :



1 ← سحاحة بها هيدروكسيد الصوديوم تركيزه C_B معلوم .

2 ← بيشر به حمض الساليسيليك تركيزه C_A مجهول .

3 ← مخلوط مغناطيسي .

4 ← حامل .

5 ← جهاز قياس ال PH .

2/ معادلة تفاعل المعايرة : $\text{AH}_{(\text{aq})} + \text{OH}^{-}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{A}^{-}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

3/ إثبات العلاقة : $\frac{V_{\text{BE}}}{V_{\text{B}}} = 10^{\text{PKa}-\text{PH}} + 1$

لدينا العلاقة : $\text{PH} = \text{PKa} + \log \frac{[\text{A}^{-}]_{\text{f}}}{[\text{AH}]_{\text{f}}}$ ، علما أن قبل التكافؤ المفاعل المحد هو OH^{-} و منه $n(\text{A}^{-})_{\text{f}} = \text{C}_{\text{B}} V_{\text{B}}$

أي $[\text{A}^{-}]_{\text{f}} = \frac{\text{C}_{\text{B}} V_{\text{B}}}{V_{\text{total}}}$ ، و $n(\text{AH})_{\text{f}} = \text{C}_{\text{A}} V_{\text{A}} - \text{C}_{\text{B}} V_{\text{B}}$ إذاً $[\text{AH}]_{\text{f}} = \frac{\text{C}_{\text{A}} V_{\text{A}} - \text{C}_{\text{B}} V_{\text{B}}}{V_{\text{total}}}$

بالتعويض تصبح العلاقة : $\text{PH} = \text{PKa} + \log \frac{\text{C}_{\text{B}} V_{\text{B}}}{\text{C}_{\text{A}} V_{\text{A}} - \text{C}_{\text{B}} V_{\text{B}}}$ و منه $\log \frac{\text{C}_{\text{B}} V_{\text{B}}}{\text{C}_{\text{A}} V_{\text{A}} - \text{C}_{\text{B}} V_{\text{B}}} = \text{PH} - \text{PKa}$

فيصبح $10^{\text{PH}-\text{PKa}} = \frac{\text{C}_{\text{B}} V_{\text{B}}}{\text{C}_{\text{A}} V_{\text{A}} - \text{C}_{\text{B}} V_{\text{B}}}$ ، نقلب الكسر ، $10^{-\text{PH}+\text{PKa}} = \frac{\text{C}_{\text{A}} V_{\text{A}} - \text{C}_{\text{B}} V_{\text{B}}}{\text{C}_{\text{B}} V_{\text{B}}}$

$10^{-\text{PH}+\text{PKa}} + 1 = \frac{\text{C}_{\text{A}} V_{\text{A}}}{\text{C}_{\text{B}} V_{\text{B}}}$ إذاً $10^{-\text{PH}+\text{PKa}} = \frac{\text{C}_{\text{A}} V_{\text{A}}}{\text{C}_{\text{B}} V_{\text{B}}} - 1$

عند نقطة التكافؤ $\text{C}_{\text{A}} V_{\text{A}} = \text{C}_{\text{B}} V_{\text{BE}}$ ، نعوض في العلاقة السابقة فنجد : $10^{-\text{PH}+\text{PKa}} + 1 = \frac{\text{C}_{\text{B}} V_{\text{BE}}}{\text{C}_{\text{B}} V_{\text{B}}}$

بالإختزال نجد : $\frac{V_{\text{BE}}}{V_{\text{B}}} = 10^{-\text{PH}+\text{PKa}} + 1$ و هو المطلوب

4/ إحداثيات نقطة التكافؤ : $E (28,3 \text{ ml} ; 7,4)$

5/ الكاشف الملون المناسب هو : أزرق البروموتيمول لأن ال PH يدخل في المجال التغير اللوني (6,0 ; 7,6) .

6/ عند نقطة التكافؤ : $\text{C}_{\text{A}} \cdot V_{\text{A}} = \text{C}_{\text{B}} \cdot V_{\text{BE}}$ و منه $\text{C}_{\text{A}} = \frac{\text{C}_{\text{B}} V_{\text{BE}}}{V_{\text{A}}}$ نطبق عدديا نجد : $\text{C}_{\text{A}} = \frac{10^{-2} \cdot 28,3}{20} = 0,014 \text{ (mol/L)}$

7/ حساب نسبة التقدم النهائي (τ) : $\tau_{\text{f}} = \frac{X_{\text{f}}}{X_{\text{max}}}$

إيجاد X_{f} : لدينا $\text{PH} = \text{PKa} + \log \frac{[\text{A}^{-}]_{\text{f}}}{[\text{AH}]_{\text{f}}}$ حيث $[\text{A}^{-}]_{\text{f}} = \frac{X_{\text{f}}}{V_{\text{total}}}$ و $[\text{AH}]_{\text{f}} = \frac{\text{C}_{\text{A}} V_{\text{A}} - X_{\text{f}}}{V_{\text{total}}}$

و عند التعويض نجد $\text{PH} = \text{PKa} + \log \frac{X_{\text{f}}}{\text{C}_{\text{A}} V_{\text{A}} - X_{\text{f}}}$ تصبح $\frac{X_{\text{f}}}{\text{C}_{\text{A}} V_{\text{A}} - X_{\text{f}}} = 10^{\text{PH}-\text{PKa}}$

و منه $X_{\text{f}} (1 + 10^{\text{PH}-\text{PKa}}) = \text{C}_{\text{A}} V_{\text{A}} \cdot 10^{\text{PH}-\text{PKa}}$ $X_{\text{f}} = \frac{\text{C}_{\text{A}} V_{\text{A}} \cdot 10^{\text{PH}-\text{PKa}}}{1 + 10^{\text{PH}-\text{PKa}}}$

ت.ع $X_{\text{f}} = \frac{0,014 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{7,4-3,5}}{1 + 10^{7,4-3,5}} = 2,79 \cdot 10^{-4} \text{ (mol)}$

بينما $X_{\text{max}} = \text{C}_{\text{B}} V_{\text{B}}$ لأن $V_{\text{B}} = 25 \text{ (ml)} < V_{\text{BE}} = 28,3 \text{ (ml)}$ و منه المفاعل المحد هو OH^{-}

و بالتالي $X_{\text{max}} = 0,01 \cdot 25 \cdot 10^{-3} \text{ (mol)} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ (mol)}$

بالتعويض نجد $\tau_{\text{f}} = \frac{2,79 \cdot 10^{-4}}{2,5 \cdot 10^{-4}} = 1,1 \approx 1$ و منه التفاعل تام