

الوحدة 04: تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن	
<p>المستوى: نهائي جميع الشعب</p> <p>المجال: التطورات الريبية.</p> <p>الوحدة 04: تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن</p>	<p>الأستاذ: ملكي علي.</p> <p>المدة الإجمالية للوحدة: (6.م + 10سا نظري)</p>
<p>مؤشرات الكفاءة:</p> <p>✓ يقيس pH لتحديد طبيعة محلول</p> <p>✓ يميز بين الأحماض والأسس القوية والضعيفة</p> <p>✓ يكتب معادلة التفاعل بين حمض وأساس</p> <p>✓ يقارن التقدم النهائي والأعظمي ليرز التوازن الكيميائي</p> <p>✓ يستعمل Ka و PKa لمقارنة بعض الثنائيات</p> <p>✓ يوظف المنحنى pH بدلالة الحجم لتعيين تركيز محلول</p>	<p>تدرج تعليمات الوحدة:</p> <p>✓ من خلال تذكير بمفاهيم السنة الثانية يتطرق الى مفهوم ال pH وقياسه بطرق مختلفة</p> <p>✓ يتعرف على نسبة التقدم النهائي</p> <p>✓ يعرف كسر التفاعل وثابت التوازن الكيميائي</p> <p>✓ إنجاز تجارب للمعايرة pH مترية</p>
<p>مراحل سير الوحدة:</p> <p><u>pH-1 محلول مائي</u></p> <p>1-1-تعريف ال pH والخاصية المميزة له</p> <p>2-1-شروط قياس ال pH</p> <p>3-1-مفهوم الحمض والأساس حسب لوري – برونشتد</p> <p><u>2-مقارنة قوة المحاليل الحمضية والأساسية مخبري</u></p> <p>أ- تحضير محلول حمضي أو أساسي وقياس ال pH له</p> <p>ب- مقارنة قوة المحاليل الحمضية والأساسية</p> <p><u>3-تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن</u></p> <p>1-3-مقارنة التقدم النهائي والتقدم الأعظمي</p> <p>2-3-مفهوم حالة التوازن</p> <p>أ- اتجاه تطور جملة كيميائية</p> <p>ب- حالة التوازن لجملة كيميائية</p> <p>ج-كسر التفاعل Q_r -د-ثابت التوازن K</p> <p>- تأثير الحالة الابتدائية لجملة كيميائية على حالة التوازن</p> <p>ه- حالة التوازن الديناميكي لجملة كيميائية</p> <p><u>4-التحولات حمض -أساس</u></p> <p>1-4المحاليل المائية</p> <p>أ-التفكك الذاتي للماء ب-الجداء الشاردي ج-سلم ال pH</p> <p>2-4-ثوابت الحموضة Ka, pKa للثنائيات (أساس/حمض)</p> <p>3-4-تطبيق على الكواشف الملونة</p> <p><u>5-المعايرة ال pH -مترية</u></p>	<p>أهداف التعلم:</p> <p>✓ يعرف مفهوم pH وقياسه</p> <p>✓ يتعامل مع المحاليل المائية</p> <p>✓ يعرف التفاعل التام والمحدود من خلال نسبة التقدم النهائي</p> <p>✓ يعرف الصفة الغالبة في محلول</p> <p>✓ يحقق عمليا المعايرة</p> <p>المراجع:</p> <p>◀ الكتاب المدرسي-الوثيقة المرافقة-المنهاج-وثائق الأنترنت</p> <p>التقويم: تمارين من الكتاب المدرسي</p> <p>الوسائل المستعملة:</p> <p>حوجلة سعتها 100mL -ميزان-حمض الإيثانويك</p> <p>CH_3COOH -ماصة عيارية-الماء المقطر-حمض كلور</p> <p>الهيدروجين HCl -محلول هيدروكسيد الصوديوم</p> <p>$(Na^+ + OH^-)$ - محلول مثيل أمين (CH_3NH_2) -</p> <p>مقياس ال pH متر-محلول لحمض البروبانويك</p> <p>C_2H_5COOH -جهاز قياس الناقلية - بيشر سخته</p> <p>100mL-سحاحة -محلول هيدروكسيد الصوديوم</p> <p>$(Na^+ + OH^-)$ -مخلوط مغناطيسي</p>

المستوى: نهائي علوم تجريبية وتقني	ثانوية الشهيد داسي خليفة بالوادي	الأستاذ: ملكي علي
بطاقة الحصة -1- نظري		
الوحدة: تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن	الموضوع: يميز بين الأحماض والأسس القوية والضعيفة	

مؤشرات الكفاءة:

- ◀ قياس pH محاليل مائية ممددة بواسطة جهاز pH -متر.
- ◀ يميز بين الأحماض والأسس القوية والضعيفة
- ◀ يكتب معادلة التفاعل بين حمض وأساس

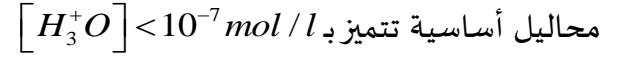
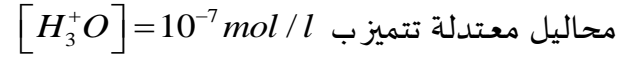
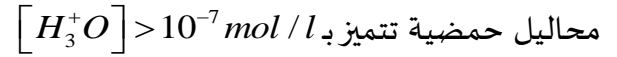
الوسائل /الأدوات والوثائق المستعملة:

- ◀ المنهاج + الوثيقة المرفقة+ دليل الأستاذ+ كتاب مدرسي
- ◀ حوجلة سعتها 100mL-ميزان-حمض الإيثانويك CH_3COOH -ماصة عيارية- الماء المقطر- حمض كلور الهيدروجين HCl - محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + OH^-)$ - محلول مثيل أمين (CH_3NH_2) -مقياس ال pH متر

المدة	عناصر الدرس	ما يقوم به التلميذ	ما يقوم به الأستاذ	التقويم
60د	<u>1- pH محلول مائي</u> 1-1-تعريف ال pH والخاصية المميزة له 2-1-شروط قياس ال pH 3-1-مفهوم الحمض والأساس حسب لوري - برونشتد	استرجاع المعلومات والكفاءات القبلية للسنة الثانية حول درس الأحماض والأسس	يطرح الإشكالية: هل كل التحولات تامة؟ والتذكير بما درس في الوحدة الأولى يعرف pH محلول مائي ويعطي العلاقة بين قيمة ال pH وتركيز شاردة الهيدرونيوم.	رقم 23ص223
60د	<u>2-مقارنة قوة المحاليل الحمضية والأساسية مخبري</u> تحضير محلول حمضي أو أساسي وقياس ال pH له ثانيا مقارنة قوة المحاليل الحمضية والأساسية	ينجز التلاميذ التجربة ويستدعون الأستاذ بعد انتهائهم من الإجابة على أسئلة النشاط التجريبي.	توجيه الإجابات وتصحيحها	

1-1- pH محلول مائي:

1-1-تعريف الـ pH والخاصية المميزة له: تصنف المحاليل المائية إلى ثلاثة أصناف:



نلاحظ أن الأرقام السابقة صغيرة جدا ومن الصعب التمييز بينها ولذلك تم الاعتماد على مقدار جديد يسمى الـ pH حيث

$$[H_3O^+]_f = 10^{-pH}$$
 نعتبر أن

وتعطى الـ pH المحاليل المائية كذلك بالعلاقة: $pH = -\log [H_3O^+]_f$ وذلك من أجل المحاليل الممددة فقط

نعرف الجداء الشاردي للماء Ke في المحاليل المائية كما يلي $Ke = [H_3O^+]_f \cdot [OH^-]_f$ عند $25^\circ C$: $Ke = 10^{-14}$

2-1-شروط قياس الـ pH:

لمعرفة تركيز أيونات الهيدرونيوم في محلول مائي، نقوم بقياس الـ pH المحلول بواسطة جهاز الـ pH-متر ويشترط لذلك:

1-أن يكون في البيشر كمية كافية من المحلول.

2-التأكد من التوصيل الجيد لمسبار الجهاز. الجزء الذي يمكن من القياس يجب أن يكون مغمورا كليا.

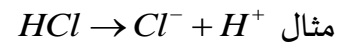
3-معايرة الجهاز قبل استعماله.

4-غسل المسبار كليا بواسطة الماء المقطر ثم تجفيفه بواسطة ورق ماص، ثم غسله بالماء المقطر ووضع في المحلول

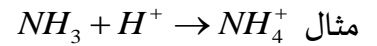
الحافظ بعد كل قياس

3-3- مفهوم الحمض والأساس حسب لوري – برونشتد**أ- مفهوم لوري برونشتد للحمض:**

الحمض هو كل مركب كيميائي جزئي أو شاردة يفقد H^+ أو أكثر أثناء تفاعل كيميائي ونكتب $AH \rightarrow A^- + H^+$

**ب- مفهوم لوري – برونشتد للأساس:**

الأساس هو كل فرد كيميائي جزئي أو شاردة يكتسب H^+ أو أكثر أثناء تفاعل كيميائي ونكتب $A^- + H^+ \rightarrow AH$

**2-مقارنة قوة المحاليل الحمضية والأساسية عمل مخبري**

المستوى: نهائي علوم تجريبية وتقني	ثانوية الشهيد داسي خليفة بالوادي	الأستاذ: ملكي علي
الوحدة: تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن	الموضوع: مقارنة قوة المحاليل الحمضية والأساسية	

بطاقة عمل الأستاذ

الإشكالية: هل كل التحولات تامة؟

الأدوات المستعملة: حوجلة سعتها 100mL-ميزان-حمض الإيثانويك CH_3COOH - ماصة عيارية-الماء المقطر-حمض كلور الهيدروجين HCl - محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + OH^-)$ - محلول مثيل أمين (CH_3NH_2) - مقياس pH متر

نشاط تجريبي 1: تأثير حمض على الماء

أولا تحضير محلول حمضي وقياس الـ pH له

املاً حوجلة سعتها 100mL إلى منتصفها، ثم ضع الحوجلة على ميزان. ادخل داخل الحوجلة 0,60g من حمض الإيثانويك CH_3COOH النقي وذلك بواسطة ماصة عيارية. قم بالرج ليتجانس المحلول ثم أكمل بالماء إلى خط العيار. نسجل قيمة الـ pH لمحلول حمض الإيثانويك $pH = 3,4$. وبنفس الطريقة نحضر محلول لحمض كلور الهيدروجين فنجد $pH = 2$

ثانيا مقارنة قوة المحاليل الحمضية

عند $25^\circ C$ نعتبر محلولين عند نفس درجة الحرارة.

المحلول	تركيزه $C(mol/l)$	قياس pH له	تركيز $[H_3O^+]_f (mol/l)$
محلول لكلور الهيدروجين HCl	$C_1 = 10^{-2}$	$pH_1 = 2$	$[H_3O^+]_f = 10^{-pH_1} = 10^{-2}$
محلول لحمض الايثانويك CH_3COOH	$C_2 = 10^{-2}$	$pH_2 = 3,4$	$[H_3O^+]_f = 10^{-pH_2} = 10^{-3,4} = 3,9.10^{-4}$

1. قارن بين $[H_3O^+]_f$ و C في كل محلول ؟

- في المحلول (S_1) نجد أن $[H_3O^+]_f = 10^{-2} = C_1$

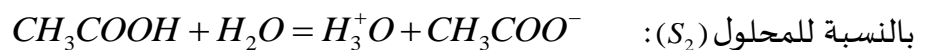
- في المحلول (S_2) نجد أن $[H_3O^+]_f = 3,9.10^{-4} < C_2$

2. ماذا تستنتج بالنسبة لكل محلول؟

من العلاقة $[H_3O^+]_f = C_1$ نستنتج أن حمض HCl يتشرد كلياً في الماء أي انه حمض قوي

من العلاقة $[H_3O^+]_f < C_2$ نستنتج أن حمض CH_3COOH يتشرد جزئياً في الماء أي انه حمض ضعيف

3. كتابة معادلتى التفاعل:



نتيجة:

نقول عن حمض أنه قوي إذا تشرد كلياً في الماء ويكون التفاعل تام

نقول عن حمض أنه ضعيف إذا تشرد جزئياً في الماء ويكون التفاعل غير تام

نشاط تجريبي 2: تأثير أساس على الماء

أولا تحضير محلول أساسي وقياس الـ pH له

بواسطة ملعقة، ادخل كمية صغيرة 0,2 g من هيدروكسيد الصوديوم في حجم من الماء المقطروقم بالرج. ونسجل قيمة الـ pH للمحلول، وبنفس الطريقة نحضر محلول لمثيل أمين ونقيس الـ pH له

ثانيا مقارنة قوة المحاليل الأساسية

عند 25°C نعتبر محلولين عند نفس درجة الحرارة.

المحلول	تركيزه $C(mol/l)$	قياس PH له	تركيز $[OH^-]_f (mol/l)$
محلول هيدروكسيد الصوديوم ($Na^+ + OH^-$)	$C_1 = 10^{-2}$	$PH_1 = 12$	ولدينا عند $[H_3O^+]_f = 10^{-PH_1} = 10^{-12} mol/l$ عند 25°C: الجداء الأشاردي $Ke = [H_3O^+]_f \cdot [OH^-]_f$ ومنه نجد: $[OH^-]_f = 10^{-2} mol/l$
محلول مثيل أمين (CH_3NH_2)	$C_2 = 10^{-2}$	$PH_2 = 10,8$	وحسب الجداء الأشاردي نجد: $[OH^-]_f = 6,33 \cdot 10^{-4} mol/l$

1. قارن بين $[OH^-]_f$ و C في كل محلول ؟

في المحلول (S_1) نجد $[OH^-]_f = 10^{-2} = C_1$

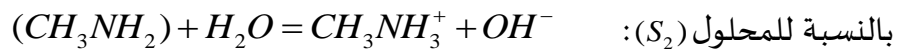
في المحلول (S_2) نجد $[OH^-]_f = 6,33 \cdot 10^{-4} < C_2$

2. ماذا تستنتج بالنسبة لكل محلول؟

من العلاقة $[OH^-]_f = C_1$ نستنتج أن ($NaOH$) ينحل كلياً في الماء أي انه أساس قوي.

من العلاقة $[OH^-]_f < C_2$ نستنتج أن (CH_3NH_2) ينحل جزئياً في الماء أي أنه أساس ضعيف .

3. كتابة معادلتى التفاعل:



نتيجة:

نقول عن أساس أنه قوي إذا تشرّد كلياً في الماء ويكون التفاعل تام

نقول عن أساس أنه ضعيف إذا تشرّد جزئياً في الماء ويكون التفاعل غير تام

المستوى: نهائي علوم تجريبية وتقني	ثانوية الشهيد داسي خليفة بالوادي	الأستاذ: ملكي علي
الوحدة: تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن	الموضوع: مقارنة قوة المحاليل الحمضية والأساسية	

بطاقة عمل التلميذ

الإشكالية: هل كل التحولات تامة؟

الأدوات المستعملة: حوجلة سعتها 100mL - ميزان - حمض الإيثانويك CH_3COOH - ماصة عيارية - الماء المقطر - حمض كلور الهيدروجين HCl - محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + OH^-)$ - محلول مثيل أمين (CH_3NH_2) - مقياس pH متر

نشاط تجريبي 1: تأثير حمض على الماء

أولا تحضير محلول حمضي وقياس الـ pH له

املاً حوجلة سعتها 100mL إلى منتصفها، ثم ضع الحوجلة على ميزان. أدخل داخل الحوجلة 0,60g من حمض الإيثانويك CH_3COOH النقي وذلك بواسطة ماصة. قم بالرج ليتجانس المحلول ثم أكمل بالماء إلى خط العيار. و نسجل قيمة الـ pH لمحلول حمض الإيثانويك: $pH = 3,4$. وبنفس الطريقة نحضر محلول لحمض كلور الهيدروجين فنجد $pH = 2$

ثانيا مقارنة قوة المحاليل الحمضية

عند $25^\circ C$ نعتبر محلولين عند نفس درجة الحرارة.

المحلول	تركيزه $C(mol/l)$	قياس pH له	تركيز $[H_3O^+]_f (mol/l)$
محلول لكلور الهيدروجين HCl	$C_1 = 10^{-2}$	$pH_1 = 2$
محلول لحمض الايثانويك CH_3COOH	$C_2 = 10^{-2}$	$pH_2 = 3,4$

1. قارن بين $[H_3O^+]_f$ و C في كل محلول؟

- في المحلول (S_1) نجد أن

- في المحلول (S_2) نجد أن

2. ماذا تستنتج بالنسبة لكل محلول؟

من العلاقة..... نستنتج أن حمض HCl في الماء أي انه حمض

من العلاقة..... نستنتج أن حمض CH_3COOH في الماء أي انه حمض

3. كتابة معادلي التفاعل:

..... بالنسبة للمحلول (S_1) :

..... بالنسبة للمحلول (S_2) :

نتيجة:

نقول عن حمض أنه إذا تشرّد في الماء ويكون التفاعل

نقول عن حمض أنه إذا تشرّد في الماء ويكون التفاعل

نشاط تجريبي 2: تأثير أساس على الماء

أولا تحضير محلول أساسي وقياس الـ pH له

بواسطة ملعقة، ادخل كمية صغيرة: 0,2 g من هيدروكسيد الصوديوم في حجم من الماء المقطر وقم بالرج. ونسجل قيمة الـ pH للمحلول، وبنفس الطريقة نحضر محلول مثيل أمين ونقيس الـ pH له

ثانيا مقارنة قوة المحاليل الأساسية

عند 25°C نعتبر محلولين عند نفس درجة الحرارة.

المحلول	تركيزه $C(mol/l)$	قياس P_H له	تركيز $[OH^-]_f (mol/l)$
محلول هيدروكسيد الصوديوم ($Na^+ + OH^-$)	$C_1 = 10^{-2}$	$P_H_1 = 12$
محلول مثيل أمين (CH_3NH_2)	$C_2 = 10^{-2}$	$P_H_2 = 10,8$

1. قارن بين $[OH^-]_f$ و C في كل محلول؟

في المحلول (S_1) نجد
في المحلول (S_2) نجد

2. ماذا تستنتج بالنسبة لكل محلول؟

من العلاقة نستنتج أن ($NaOH$) ينحل في الماء أي انه أساس
من العلاقة نستنتج أن (CH_3NH_2) ينحل في الماء أي أنه أساس

3. كتابة معادلتي التفاعل:

بالنسبة للمحلول (S_1):

بالنسبة للمحلول (S_2):

نتيجة:

نقول عن أساس أنه إذا تشرد في الماء ويكون التفاعل

نقول عن أساس أنه إذا تشرد في الماء ويكون التفاعل

المستوى: نهائي علوم تجريبية وتقني	ثانوية الشهيد دامي خليفة بالوادي	الأستاذ: ملكي علي
بطاقة الحصة -2- نظري		
الوحدة: تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن	الموضوع: مقارنة التقدم النهائي والتقدم الأعظمي	

3-تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن:

1-3-مقارنة التقدم النهائي والتقدم الأعظمي:

نشاط تجريبي 1:

نحضر $V = 1l$ من محلول كلور الهيدروجين وذلك بإذابة $V = 240ml$ من غاز HCl في الماء المقطر. نقيس PH المحلول

فنجده 2 في الشروط التجريبية يكون الحجم المولي $V_M = 22,4l / mol$

1. كتابة معادلة التفاعل الكيميائي الحادث: $HCl + H_2O \rightarrow H_3^+O + Cl^-$

2. انجاز جدول تقدم التفاعل:

معادلة التفاعل		$HCl + H_2O \rightarrow H_3^+O + Cl^-$			
حالة الجملة	التقدم	كميات المادة mol			
الحالة الابتدائية	0	$n = 0,01mol$	زيادة	0	0
الحالة الانتقالية	x	$0,01 - x$	زيادة	x	x
الحالة النهائية	x_{max}	$0,01 - x_{max}$	زيادة	x_{max}	x_{max}

3. تعيين قيمة التقدم الأعظمي x_{max} :

نتحصل على التقدم الأعظمي عندما يختفي المتفاعل المحد تماما $0,01 - x_{max} = 0$ أي $x_{max} = 0,01mol$

4. تعيين قيمة التقدم النهائي x_f :

لدينا $PH = 2$ يعني $[H_3^+O]_f = 10^{-PH} = 10^{-2} mol / l$ فيكون التقدم النهائي $x_f = [H_3^+O]_f \cdot V$

أي: $x_f = 10^{-2} \cdot 1 = 10^{-2} mol$

5. حساب النسبة $\frac{x_f}{x_{max}}$: $\frac{x_f}{x_{max}} = 1$ يعني $\frac{x_f}{x_{max}} = 100\%$

6. مما سبق نستنتج أن تفاعل غاز HCl مع الماء تاما.

نشاط تجريبي 2: في درجة حرارة اعتيادية نذيب $0,1mol$ من حمض الخل CH_3COOH في لتر من الماء المقطروبعده الرج

نقيس PH المحلول فنجد 2,9

1. كتابة معادلة التفاعل الكيميائي الحادث: $CH_3COOH + H_2O = H_3^+O + CH_3COO^-$

2. انجاز جدول تقدم التفاعل:

معادلة التفاعل		$CH_3COOH + H_2O = H_3^+O + CH_3COO^-$			
حالة الجملة	التقدم	كميات المادة mol			
الحالة الابتدائية	0	$n = 0,1mol$	زيادة	0	0
الحالة الانتقالية	x	$0,1 - x$	زيادة	x	x
الحالة النهائية	x_{max}	$0,1 - x_{max}$	زيادة	x_{max}	x_{max}

3. تعيين قيمة التقدم الأعظمي x_{\max} :

نتحصل على التقدم الأعظمي عندما يختفي المتفاعل المحد تماما $0 = 1 - x_{\max}$ أي: $x_{\max} = 0,1 \text{ mol}$

4. تعيين قيمة التقدم النهائي x_F :

لدينا $PH = 2,9$ يعني $10^{-PH} = 10^{-2,9} = 10^{-2,9} \text{ mol/l}$ فيكون التقدم النهائي $x_F = [H_3^+O]_f \cdot V$

أي: $x_F = 10^{-2,9} \cdot 1 = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

5. حساب النسبة $\frac{x_F}{x_{\max}}$: $\frac{x_F}{x_{\max}} = 0,0126$ يعني $\frac{x_F}{x_{\max}} = 1,6\%$

6. الاستنتاج:

المتفاعل المحد CH_3COOH لم يستهلك كليا وهذا يعني أن التفاعل غير تام أي أن عند الحالة النهائية للجملة تكون المتفاعلات والنواتج متواجدة في الوسط التفاعلي في نفس الوقت .

خلاصة:

تعرف نسبة التقدم في اللحظة (t) بـ $\tau_F = \frac{x_F}{x_{\max}}$ حيث τ_F عددا دون وحدة يعبر عنه بنسبة مئوية ($0 < \tau_F \leq 1$) وتتغير

هذه النسبة خلال تطور الجملة. تسمى النسبة النهائية للتقدم عند بلوغ الجملة حالتها النهائية $\tau_F = \frac{x_F}{x_{\max}}$

يكون التحول تاما إذا كان $\tau_F = 1$ أي $\tau_F = 100\%$

يكون التحول غير تاما محدودا إذا كان $\tau_F < 1$ أي $\tau_F < 100\%$

المستوى: نهائي علوم تجريبية وتقني	ثانوية الشهيد دامي خليفة بالوادي	الأستاذ: ملكي علي
بطاقة الحصة -3- نظري		
الوحدة: تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن	الموضوع: مفهوم حالة التوازن	

مؤشرات الكفاءة:

- يعرف كسر التفاعل Q_r وثابت التوازن الكيميائي K
- يعرف تأثير الحالة الابتدائية لجملة كيميائية على حالة التوازن

الوسائل / الأدوات والوثائق المستعملة:

- المناهج + الوثيقة المرفقة + دليل الأستاذ + كتاب مدرسي
- محلول لحمض البروبانويك C_2H_5COOH - مقياس الـ pH متر - جهاز قياس الناقلية - حوجلة سعتها $100mL$ - ميزان - حمض الإيثانويك CH_3COOH - ماصة عيارية - الماء المقطر -

المدة	عناصر الدرس	ما يقوم به التلميذ	ما يقوم به الأستاذ	التقويم
120د	<p><u>2-3- مفهوم حالة التوازن</u></p> <p>أ- اتجاه تطور جملة كيميائية</p> <p>ب- حالة التوازن لجملة كيميائية</p> <p>ج- كسر التفاعل Q_r</p> <p>د- ثابت التوازن K</p>	<p>يدرس تحولات مختلفة (تامة ومحدودة) ويسجلون مفاهيم كسر التفاعل وثابت التوازن الكيميائي على السبورة</p>	<p>يراقب عمل التلاميذ. وفي النهاية يعرف كسر التفاعل وثابت التوازن الكيميائي</p>	
60د	<p><u>- تأثير الحالة الابتدائية لجملة كيميائية على حالة التوازن</u></p> <p>* النسبة النهائية لتقدم التفاعل والحالة الابتدائية</p> <p>* النسبة النهائية لتقدم التفاعل وثابت التوازن</p> <p>هـ- حالة التوازن الديناميكي لجملة كيميائية</p> <p>* التفسير المجبري لحالة التوازن</p> <p>* حالة التوازن الديناميكي لجملة كيميائية</p>	<p>ينجز التلاميذ التجارب المختلفة للأنشطة ويستدعون الأستاذ بعد انتهائهم من الإجابة على أسئلة النشاط.</p> <p>استخراج العلاقة بين ثابت التوازن، النسبة النهائية لتقدم التفاعل والتركيز المولي للمحلول مع توجيهه.</p> <p>أسئلة النشاط.</p> <p>استخراج العلاقة بين ثابت التوازن، النسبة النهائية لتقدم التفاعل والتركيز المولي</p>	<p>يطلب من أحد التلاميذ استخراج العلاقة بين ثابت التوازن، النسبة النهائية لتقدم التفاعل والتركيز المولي للمحلول مع توجيهه.</p> <p>ثم يطرح الأسئلة على التلاميذ لاستنتاج كيفية تغير النسبة النهائية لتقدم التفاعل بدلالة ثابت التوازن ويسجل ذلك على السبورة.</p> <p>يراقب عمل التلاميذ. توجيه الإجابات وتصحيحها</p>	رقم 15 ص 220

2-3- مفهوم حالة التوازن:

أ- اتجاه تطور جملة كيميائية:

يمكن أن تحدث عدة تفاعلات كيميائية في نفس الوقت وفي نفس الوسط في الاتجاه المباشر أو الاتجاه العكسي وذلك حسب الشروط المفروضة حيث الرمز = لا يعين اتجاه التطور أما معادلة التفاعل فهي تعبر عن انحفاظ الكتلة والشحنة فقط

ب- حالة التوازن لجملة كيميائية:

عند تحضير محلول حمض الايثانويك ذي التركيز المولي $C = 0,1 \text{ mol/l}$ وجد أن قيمة الـ pH للمحلول هي 2,9 .



2. الأفراد الكيميائية المتواجدة في المحلول هي: $CH_3COOH, H_2O, H_3^+O, CH_3COO^-, OH^-$

$$[H_3^+O]_f = [CH_3COO^-]_f = 10^{-pH} = 1,26.10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$[CH_3COOH]_f = C - [CH_3COO^-]_f = 9,8.10^{-2} \text{ mol/l}$$

3. الاستنتاج: نستنتج أن جميع الأفراد الكيميائية متواجدة في الجملة عند الحالة النهائية وبكميات ثابتة، إذا الجملة في حالة توازن لأن التحول غير تاما.

نتيجة: في تحول كيميائي لجملة إذا كانت المتفاعلات والنواتج متواجدة في الحالة النهائية بكميات ثابتة فان الجملة في حالة توازن.

ج- كسر التفاعل Q_r :

إن كسر التفاعل Q_r مقدار يميز الجملة الكيميائية وهي في حالة ما. قيمته خلال التفاعل تدلنا على مدى تقدم التفاعل وعبارته تتعلق بطبيعة الجملة

$$Q_r = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

لنعتبر التفاعل ذي المعادلة: $aA + bB = cC + dD$ كسر التفاعل في أية حالة:

إذا كان المتفاعل أو الناتج مادة صلبة أو مذيب كالماء فإنه لا يدخل في عبارة كسر التفاعل ونكتب $[X] = 1 \text{ mol/l}$.

* اصطلاحات في كيفية كتابة Q_r :

معادلة التفاعل للميثانويك مع الماء هي: $HCOOH + H_2O = H_3^+O + HCOO^-$ كسر التفاعل هو:

$$Q_r = \frac{[H_3^+O] \cdot [HCOO^-]}{[HCOOH].1}$$

معادلة التفاعل لمعدن الزنك مع شوارد النحاس: $Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} = Cu_{(s)} + Zn^{2+}_{(aq)}$ كسر التفاعل هو: $Q_r = \frac{[Zn^{2+}].1}{[Cu^{2+}].1}$

* علاقة كسر التفاعل بتقدم التفاعل: ليكن التفاعل التالي: $CH_3COOH + H_2O = H_3^+O + CH_3COO^-$

1. جدول التقدم للتفاعل:

معادلة التفاعل		$CH_3COOH + H_2O = H_3^+O + CH_3COO^-$			
حالة الجملة	التقدم	كميات المادة (mole)			
الحالة الابتدائية	0	n_0	زيادة	0	0
الحالة الانتقالية	x	$n_0 - x$	زيادة	x	x
الحالة النهائية	x_m	$n_0 - x_m = 0$	زيادة	x_m	x_m

2. التراكيز المولية للأفراد الكيميائية بدلالة التقدم في التفاعل X:

$$Q_r = \frac{[H_3^+O] \cdot [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = \frac{x^2}{V(n_0 - x)} \Leftrightarrow [CH_3COOH] = \frac{n_0 - x}{V}, [H_3^+O] = \frac{x}{V}, [CH_3COO^-] = \frac{x}{V}$$

ملاحظة: خلال التحول الكيميائي التقدم x يتغير من 0 إلى التقدم النهائي x_f فهذا يعني أن Q_r يتغير من Q_{ri} إلى Q_{rf} .

د- ثابت التوازن K:

نعتبر محلولين لحمض الايثانويك عند نفس درجة الحرارة:

محلول (S_1) تركيزه المولي: $C_1 = 10^{-2} mol/l$ وله $pH_1 = 3,40$

محلول (S_2) تركيزه المولي: $C_2 = 5.10^{-3} mol/l$ وله $pH_2 = 3,56$

1. كتابة معادلة التفاعل الكيميائي الحادث: $CH_3COOH + H_2O = H_3^+O + CH_3COO^-$

2. حساب كسر التفاعل النهائي لكل محلول:

$$Q_{rf} = 1,65.10^{-5} mol/l \Leftrightarrow \begin{cases} [H_3^+O]_f = [CH_3COO^-]_f = 10^{-pH} = 3,98.10^{-4} mol/l \\ [CH_3COOH]_f = C - [CH_3COO^-]_f = 9,6.10^{-3} mol/l \end{cases} \text{ بالنسبة للمحلول } (S_1)$$

$$Q_{rf} = 1,65.10^{-5} mol/l \Leftrightarrow \begin{cases} [H_3^+O]_f = [CH_3COO^-]_f = 10^{-pH} = 2,75.10^{-4} mol/l \\ [CH_3COOH]_f = C - [CH_3COO^-]_f = 4,72.10^{-3} mol/l \end{cases} \text{ بالنسبة للمحلول } (S_2)$$

3. الملاحظة: نلاحظ أن قيمة (Q_{rf}) ثابتة بالنسبة للمحلولين

4. الاستنتاج: تفاعل حمض الايثانويك مع الماء يتميز بنفس كسر التفاعل النهائي ولا يتعلق بالتركيز الابتدائي للحمض في المحلول.

خلاصة: عند حالة التوازن لجملة كيميائية، كسر التفاعل النهائي لا يتعلق بالتركيب الابتدائي للجملة، كل معادلة تفاعل ترفق بثابت (K) يسمى ثابت التوازن قيمته تساوي إلى (Q_{rf}) ولا يتعلق الا بدرجة الحرارة. من أجل تفاعل في وسط مائي:

$$K = Q_{rf}$$

حيث الحالة النهائية تمثل حالة التوازن

- تأثير الحالة الابتدائية لجملة كيميائية على حالة التوازن:

* النسبة النهائية لتقدم التفاعل والحالة الابتدائية:

نعتبر محلولين $(S_1), (S_2)$ لحمض البروبانويك تركيزهما المولي على الترتيب $(C_2 = 10^{-3} \text{ mol/l}, C_1 = 10^{-2} \text{ mol/l})$ نقيس الناقلية النوعية لكل محلول بواسطة جهاز قياس الناقلية، فنجد $(\sigma_2 = 43.10^{-4} \text{ s/m}, \sigma_1 = 143.10^{-4} \text{ s/m})$

نعطي: $(\lambda_{H_3O^+} = 35 \text{ ms.m}^2 / \text{mol}, \lambda_{C_2H_5COO^-} = 3,58 \text{ ms.m}^2 / \text{mol})$

1. كتابة معادلة التفاعل الكيميائي الحادث: $C_2H_5COOH + H_2O = H_3O^+ + C_2H_5COO^-$

2. الأفراد الكيميائية المتواجدة في كل محلول هي: $(OH^-, C_2H_5COOH, H_2O, H_3O^+, C_2H_5COO^-)$

3. حساب التراكيز المولية للأفراد الكيميائية المتواجدة في كل محلول:

بالنسبة للمحلول (S_1)

$$\sigma_1 = \lambda_{H_3O^+} \cdot [H_3O^+] + \lambda_{C_2H_5COO^-} \cdot [C_2H_5COO^-] = [H_3O^+] \cdot (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_2H_5COO^-})$$

$$[H_3O^+] = \frac{\sigma_1}{(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_2H_5COO^-})} = 3,71.10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} [H_3O^+]_f = [C_2H_5COO^-]_f = 3,71.10^{-3} \text{ mol/l} \\ [C_2H_5COOH]_f = C_1 - [C_2H_5COO^-]_f = 9,63.10^{-3} \text{ mol/l} \end{array} \right.$$

بالنسبة للمحلول (S_2)

$$\left\{ \begin{array}{l} [H_3O^+]_f = [C_2H_5COO^-]_f = 1,11.10^{-4} \text{ mol/l} \\ [C_2H_5COOH]_f = C_2 - [C_2H_5COO^-]_f = 8,89.10^{-4} \text{ mol/l} \end{array} \right.$$

4. استنتاج (τ_f) بدلالة $[H_3O^+]_f$ و C في كل محلول:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_m = n_0 = C_1 \cdot V \\ x_f = n(H_3O^+) = [H_3O^+] \cdot V \end{array} \right. \Rightarrow \tau_f = \frac{x_f}{x_m} = \frac{[H_3O^+] \cdot V}{C_1 \cdot V} = \frac{[H_3O^+]}{C_1} \quad \text{بما أن} \quad \tau_f = \frac{x_f}{x_m} \quad \text{للمحلول } (S_1) \text{ يكون}$$

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_m} = \frac{[H_3O^+] \cdot V}{C_2 \cdot V} = \frac{[H_3O^+]}{C_2} \quad \text{للمحلول } (S_2) \text{ يكون}$$

5. حساب قيمة (τ_f) في كل محلول:

للمحلول (S_1) : تكون $\tau_{f1} = 3,7\%$ للمحلول (S_2) : تكون $\tau_{f2} = 11\%$

6. الاستنتاج: النسبة النهائية لتقدم التفاعل تتعلق بالحالة الابتدائية للجملة.

*** النسبة النهائية لتقدم التفاعل وثابت التوازن:**

نعتبر التفاعل بين حمض عضوي نرمز له اختصاراً AH والماء: $AH + H_2O = H_3O^+ + A^-$

$$K = \frac{[H_3O^+] \cdot [A^-]}{[AH]} \quad \text{ثابت التوازن لهذا التفاعل:}$$

$$\text{النسبة النهائية لتقدم التفاعل} \quad \tau = \frac{[H_3O^+]}{C} \quad \text{ومنه } [H_3O^+] = \tau \cdot C \quad \text{وكذلك } [A^-] = \tau \cdot C$$

$$\text{اذن } [AH] = C - [H_3O^+] = C - \tau \cdot C \quad \text{ومنه } K = \frac{\tau C \cdot \tau C}{C - \tau C} = \frac{\tau^2 \cdot C}{1 - \tau}$$

3. الاستنتاج: النسبة النهائية لتقدم التفاعل تتعلق بثابت التوازن

ه-حالة التوازن الديناميكي لجملة كيميائية:**التفسير المجري لحالة التوازن:**

ينتج عن التصادم الفعال بين أفراد المتفاعلات انكسار الروابط لتتشكل روابط جديدة فتظهر نواتج ولكن أفراد النواتج تتصادم مع بعضها البعض كذلك لتتشكل المتفاعلات الابتدائية. من الناحية الإحصائية في البداية ظهور النواتج يكون أسرع من اختفائها ولكن بعد مدة تكون سرعة تشكل النواتج مساوية إلى سرعة اختفائها بحيث كمية المادة للمتفاعلات والنواتج لا تتغير فتكون حالة الجملة في توازن لهذا ينمذج التحول الكيميائي المحدود (غير التام) بتفاعل يحدث في اتجاهين متعاكسين في نفس الوقت

*** حالة التوازن الديناميكي لجملة كيميائية:**

عند حالة التوازن لجملة كيميائية كميات المادة للمتفاعلات والنواتج لا تتغير على المستوى العياني. لكن على المستوى المجري ونظراً للحركة المستمرة للأفراد الناتجة عن الحرارة تحدث اصطدامات فعالة بين أفراد المتفاعلات من جهة وبين أفراد النواتج من جهة أخرى، لهذا نتكلم عن توازن ديناميكي.

المستوى: نهائي علوم تجريبية وتقني	ثانوية الشهيد دامي خليفة بالوادي	الأستاذ: ملكي علي
بطاقة الحصة -4-نظري		
الوحدة: تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن	الموضوع: التحولات حمض أساس	

مؤشرات الكفاءة:

يستعمل ثابتي الحموضة Ka و pKa لمقارنة بعض الثنائيات

يعرف الصفة الغالبة في محلول

الوسائل /الأدوات والوثائق المستعملة:

المناهج + الوثيقة المرفقة+ دليل الأستاذ+ كتاب مدرسي

محلول لحمض البروبانويك C_2H_5COOH -مقياس ال pH متر- جهاز قياس الناقلية -حوجلة سعتها $100mL$ -

ميزان-حمض الإيثانويك CH_3COOH -ماصة عيارية- الماء المقطر-

المدة	عناصر الدرس	ما يقوم به التلميذ	ما يقوم به الأستاذ	التقويم
120د	<p><u>4-التحولات حمض - أساس:</u></p> <p>1-4 المحاليل المائية: أ-التفكك الذاتي للماء ب-الجداء الشاردي للماء ج-سلم ال pH 2-4-ثوابت الحموضة pKa, Ka لثنائيات (أساس/حمض) *العلاقة بين pKa, pH</p>	<p>يتذكر التفكك الذاتي للماء وسلم ال pH ويسجل ذلك على السبورة. يعرف التشرذ الذاتي للماء وسلم ال pH يعرف ثوابت الحموضة pKa, Ka</p>	<p>يراقب عمل التلاميذ. وفي النهاية يعرف ثوابت الحموضة pKa, Ka (أساس/حمض)</p>	
60د	<p>* مجالات تغلب الصفة الحمضية أو الأساسية لثنائية (AH / A^-) *مخطط توزيع الصفة الغالبة 3-4-تطبيق على الكواشف الملونة</p>	<p>الإجابة على أسئلة النشاط. ورسم مخططات توزيع الصفة الغالبة ومجالات التغلب</p>	<p>يطرح الأسئلة على التلاميذ لاستنتاج كيفية تتوزع الصفة الغالبة ويسجل ذلك على السبورة. يراقب عمل التلاميذ. توجيه الإجابات وتصحيحها</p>	

4-التحولات حمض . أساس:1-4المحاليل المائية:أ-التفكك الذاتي للماء:

الماء المقطر يتفكك ذاتيا إلى شوارد H_3O^+ و OH^- وفق التفاعل ذي المعادلة $2H_2O = H_3O^+ + OH^-$

ب-الجداء الشاردي للماء:

نعرف الجداء الشاردي للماء Ke في المحاليل المائية كما يلي: $Ke = [H_3O^+].[OH^-] = 10^{-14}$ عند $25^\circ C$
من أجل كل محلول مائي، عند $25^\circ C$ نعرف $pKe = -\log Ke$ أي $Ke = 10^{-pKe}$ ومنه: $pKe = 14$

ج-سلم ال pH:

يتغير pH المحاليل المائية عمليا من 0 إلى 14 وحسب قيم ال pH نصنف المحاليل المائية إلى ثلاثة أصناف :

المحلول المائي المعتدل : يتميز بـ $[H_3O^+] = [OH^-]$ وهذا يعني $pH = 7$

المحلول المائي الحمضي : يتميز بـ $[H_3O^+] > [OH^-]$ وهذا يعني $pH < 7$

المحلول المائي الأساسي : يتميز بـ $[H_3O^+] < [OH^-]$ وهذا يعني $pH > 7$

2-4-ثوابت الحموضة (pKa, Ka) للثنائيات (أساس/حمض):

نعتبر التفاعل بين حمض AH والماء: $AH + H_2O = H_3O^+ + A^-$

ثابت التوازن K لهذا التفاعل الموافق للمعادلة يسمى أيضا ثابت الحموضة Ka للثنائية (AH / A^-) :

$$Ka = K = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [A^-]_f}{[AH]_f}$$

نعرف ال pKa للثنائية (AH / A^-) كالتالي: $pKa = -\log Ka \Leftrightarrow Ka = 10^{-pKa}$

ملاحظة:

ثوابت الحموضة Ka و pKa تمكن من مقارنة قوة الأحماض فيما بينها وكذلك قوة الأسس فيما بينها .

. كلما كان Ka أكبر كان pKa أصغر فكان الحمض أقوى والأساس أضعف.

. كلما كان Ka أصغر كان pKa أكبر فكان الأساس أقوى والحمض أضعف.

*العلاقة بين pH و pKa : من أجل كل ثنائية (AH / A^-) لدينا

$$pKa = -\log Ka = -\left(\log \frac{[H_3O^+]_f \cdot [A^-]_f}{[AH]_f}\right) = -\left(\log [H_3O^+]_f + \frac{[A^-]_f}{[AH]_f}\right)$$

$$pKa = -\log [H_3O^+]_f - \log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f} \Rightarrow pKa = pH - \log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f} \Rightarrow pH = pKa + \log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f}$$

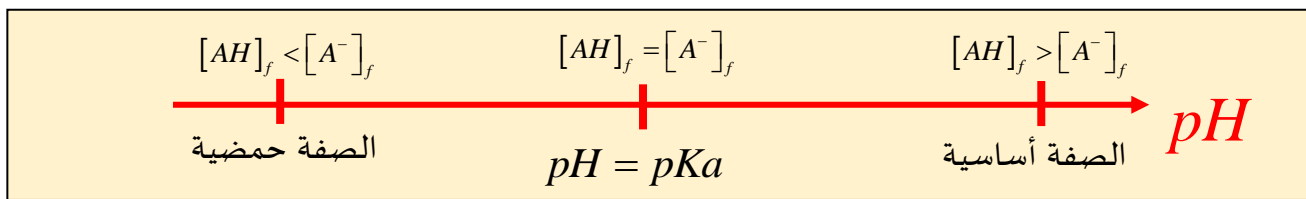
*** مجالات تغلب الصفة الحمضية أو الأساسية لثنائية (AH / A⁻)**

العلاقة $pH = pKa + \log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f}$ تبرز ثلاث حالات .

إذا كان $pH = pKa$ يعني $\log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f} = 0$ ومنه $\frac{[A^-]_f}{[AH]_f} = 1$ ومنه $[AH]_f = [A^-]_f$ ومنه لا توجد صفة غالبية .

إذا كان $pH > pKa$ يعني $\log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f} > 0$ ومنه $\frac{[A^-]_f}{[AH]_f} > 1$ ومنه $[AH]_f < [A^-]_f$ ومنه الصفة غالبية أساسية.

إذا كان $pH < pKa$ يعني $\log \frac{[A^-]_f}{[AH]_f} < 0$ ومنه $\frac{[A^-]_f}{[AH]_f} < 1$ ومنه $[AH]_f > [A^-]_f$ ومنه الصفة غالبية حمضية.



مجالات تغلب الصفة الحمضية أو الأساسية لثنائية (AH / A⁻)

*** مخطط توزيع الصفة الغالبة**

نسمي مخطط التوزيع للشكل الحمضي أو الشكل الأساسي، المخطط الذي يعطي نسبة كل شكل بدلالة الـ pH .

نسبة الحمض المتفككة يساوي إلى كمية مادة الحمض المتفككة (كمية مادة

$$\alpha_1 = \frac{[A^-]}{C} = \frac{[A^-]}{[A^-] + [HA]}$$

الأساس الناتجة) إلى كمية الحمض الابتدائية.

نسبة الحمض المتبقية دون تفكك تساوي إلى كمية مادة الحمض المتبقي إلى

$$\alpha_2 = \frac{[HA]}{C} = \frac{[HA]}{[A^-] + [HA]}$$

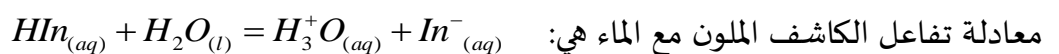
كمية مادة الحمض الإبتدائية. حيث $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$

في مثال حمض الميثانويك عند تقاطع المنحنيين يكون ($HCOOH\% = HCOO^-\%$) ويكون ($pH = Pka = 4,8$)

3-4-تطبيق على الكواشف الملونة:

الكاشف الملون عبارة عن ثنائية (أساس/حمض) حيث الصفة الحمضية والصفة الأساسية ليس لهما نفس اللون ونرمز

للثنائية بالرمز: (HIn / In^-)

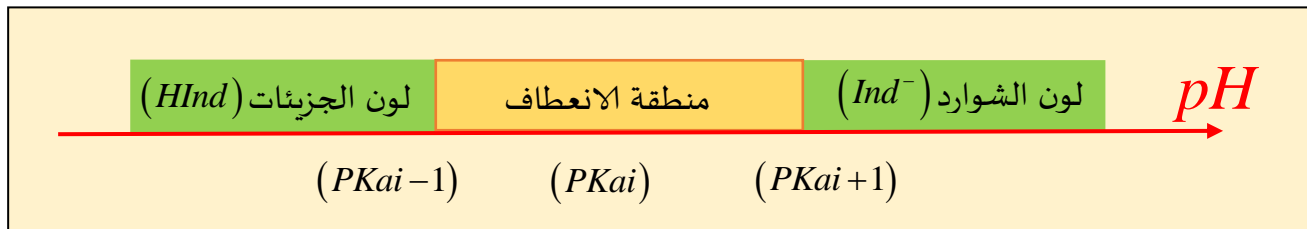


يعطي أزرق البروموتيمول اللون الأخضر في الوسط المعتدل واللون الأصفر في الوسط أحمضي واللون الأزرق في الوسط القاعدي.

ملاحظات: نرسم لثابت الحموضة للثنائية (HIn / In^-) بالرمز K_i حيث: $K_i = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [In^-]_f}{[HIn^-]_f}$ وأيضا

$$pH = pK_i + \log \frac{[In^-]_f}{[HIn^-]_f}$$

- الصفة (In^-) تشكل أغلبية إذا كان: $pH > pK_i + 1$ يأخذ الكاشف لون الأساس
- الصفة (HIn) تشكل أغلبية إذا كان: $pH < pK_i - 1$ يأخذ الكاشف لون الحمض



المستوى: نهائي علوم تجريبية وتقني	ثانوية الشهيد داسي خليفة بالوادي	الأستاذ: ملكي علي
بطاقة الحصة -6- عملي		
الوحدة: تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن	الموضوع: المعايرة pH مترية	

مؤشرات الكفاءة:

- يوظف المنحنى $pH = f(V)$ لتعيين تركيز محلول
- يستغل منحنى المعايرة في تعيين نقطة التكافؤ ونصف التكافؤ

الوسائل /الأدوات والوثائق المستعملة:

- المنهاج + الوثيقة المرفقة + دليل الأستاذ + كتاب مدرسي
- بيشر سعته 100mL -سحاحة -ميزان -حمض الإيثانويك CH_3COOH - ماصة عيارية -الماء المقطر - محلول هيدروكسيد الصوديوم ($Na^+ + OH^-$) - مقياس pH متر-مخلائ مغناطيسي

المدة	عناصر الدرس	ما يقوم به التلميذ	ما يقوم به الأستاذ	التقويم
120د	<u>5-المعايرة الـ pH -مترية</u>	ينجز التلاميذ التجربة ضمن أفواج ثم يجيبون على أسئلة التجربة.	1- يذكر بتفاعل حمض - أساس تعريف المعايرة وطرق المعايرة المدرسة في السنة الماضية ويشرح باختصار المعايرة الـ pH - مترية يقوم الأستاذ بالتأكد من كون الطريقة المتبعة من طرف التلميذ لإجراء القياسات صحيحة. يراقب عمل التلاميذ باستمرار.	

المستوى: نهائي علوم تجريبية وتقني	ثانوية الشهيد داسي خليفة بالوادي	الأستاذ: ملكي علي
الوحدة: تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن	الموضوع: المعايرة pH مترية	

بطاقة عمل الأستاذ

الأدوات المستعملة: بيشر سعته 100mL - سحاحة - ميزان - حمض الإيثانويك CH_3COOH - ماصة عيارية - الماء المقطر - محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + OH^-)$ - مقياس pH متر - مخلوط مغناطيسي

نشاط تجريبي: المعايرة الـ pH - مترية

أولا البروتوكول التجريبي

* قم بمعايرة جهاز الـ pH - متر.

* ضع في السحاحة محلول هيدروكسيد الصوديوم

تركيزه المولي $C_b = 2.10^{-1} mol/l$.

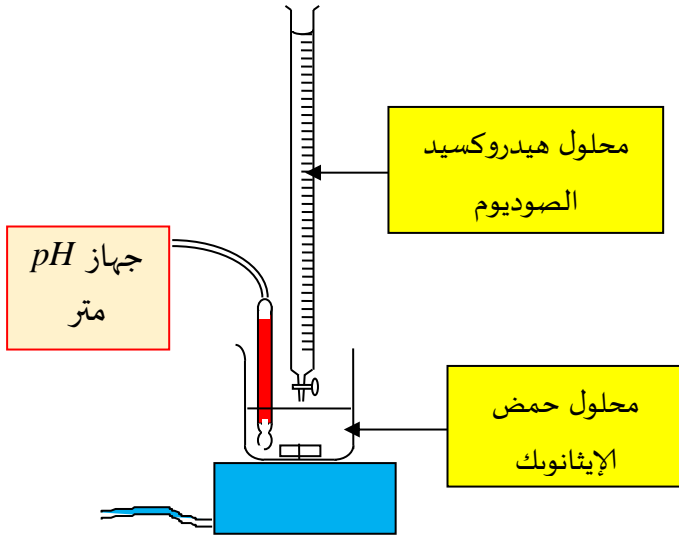
* ضع في بيشر حجم $V_A = 20mL$ من محلول حمض الإيثانويك

تركيزه المولي C_A وأضف إليه 20mL من الماء.

ثانيا تسجيل النتائج

أسكب تدريجيا محلول هيدروكسيد الصوديوم في البيشر وسجل قيمة

الـ pH بعد كل إضافة



$V_{bE} (ml)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH	2,9	3,9	4,2	4,4	4,6	4,8	5	5,2	5,4	5,8
$a_i = \frac{d(pH)}{d(V_B)}$	/	0,65	0,25	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	1,7

$V_{bE} (ml)$	10	11	12	13	14	16	18	19	20
pH	8,8	11,8	12,1	12,3	12,4	12,5	12,6	12,7	12,7
$a_i = \frac{d(pH)}{d(V_B)}$	3	1,25	0,25	0,15	0,06	0,05	0,06	0,05	/

1- هل إضافة الماء تؤثر على عملية المعايرة لا تغير من كمية الحمض الابتدائية وهو يسمح بجعل المسبار مغمورا في المحلول.

2- أنجز جدول تقدم التفاعل

معادلة التفاعل		$CH_3COOH + OH^- = CH_3COO^- + H_2O$			
الحالة	التقدم $x(t)$	كميات المادة			
الابتدائية	$x(0) = 0$	$C_A \cdot V_A$	$C_b \cdot V_b$	0	0
قبل التكافؤ	$x(t)$	$C_A \cdot V_A - x$	$C_b \cdot V_b - x$	$x(t)$	$x(t)$
التكافؤ	x_E	$C_A \cdot V_A - x_E$	$C_b \cdot V_b - x_E$	x_E	x_E

3- أرسم البيان $pH = f(V_B)$ - أنظر البيان

4- أوجد من البيان احداثيات نقطة التكافؤ (E). ماذا تلاحظ فيما يخص موقع (E)؟

نلاحظ أن نقطة التكافؤ تقع في منطقة التغير المفاجئ لـ pH واحداثياتها هي $E: (pH_E = 8,8 - V_{bE} = 10ml)$

5- اكتب عبارة تركيز المحلول الحمضي C_A الممدد بدلالة V_A, C_b, V_{bE} واحسبه.

عند التكافؤ يكون المزيج ستوكيومترى اذن

$$\begin{cases} C_A \cdot V_A - x_E \\ C_b \cdot V_{bE} - x_E \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_E = C_A \cdot V_A \\ x_E = C_b \cdot V_{bE} \end{cases} \Leftrightarrow C_A \cdot V_A = C_b \cdot V_{bE} \Rightarrow C_A = \frac{C_b \cdot V_{bE}}{V_A} = \frac{10^{-1} \cdot 10}{20} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

6- حساب التركيز المولي للحمض المركز قبل التمديد

$$C_A \cdot V_A = C_A' \cdot V_A' \Rightarrow C_A' = \frac{C_A \cdot V_A}{V_A'} = \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 40}{20} = 10^{-1} \text{ mol/l}$$

7- للبيان عبارة مشتقة وهي تساوي تقريبا $a_i = \frac{d(pH)}{d(V_B)} = \frac{pH_{i+1} - pH_{i-1}}{V_{i+1} - V_{i-1}}$ أحسبها عند كل نقطة من النقاط واتمم ملأ الجدول.

ب- كيف تتطور مشتقة البيان بالنسبة للجزء من البيان المجاور لنقطة التكافؤ؟

تزداد قيمة المشتقة وتبلغ قيمة حدية عظيمة ثم يتناقص.

ج- مثل على نفس البيان السابق بيان المشتقة $\frac{d(pH)}{d(V_B)}$ أنظر البيان

د- من أجل أية نقطة من نقاط البيان تكون المشتقة عظيمة؟ وكيف نسمي هذه النقطة

تكون المشتقة عظيمة عند نقطة التكافؤ وفاصلتها هي فاصلة أكبر قيمة للمشتقة. ونسميها نقطة انعطاف البيان

8- ما هو الكاشف الملون المناسب لهذه المعايرة من بين الكواشف التالية؟

الكاشف	الهليانتين	أزرق البروموتيمول	أحمر الميثيل	الفينول فتالين
مجال التغير اللوني	4.4 – 3.2	7.6 – 6.0	6.0 – 4.8	10.0 – 8.2

بما أن ترتيبية نقطة التكافؤ E هي $pH = 8,8$ والكاشف الملون الذي تنتمي إلى مجاله هذه القيمة هو الفينول فتالين.

9- عبر عن ثابت التوازن لتفاعل المعايرة وأحسبه عند $(25^\circ C)$ حيث $pK_a = 4,8, pK_e = 14$

$$K = \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH] \cdot [HO^-]} = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H_3O^+]}{[CH_3COOH] \cdot [HO^-] \cdot [H_3O^+]} = \frac{K_a}{K_e} = \frac{10^{-pK_a}}{10^{-pK_e}} = 10^{-pK_a + pK_e}$$

$$K = 10^{-pK_a + pK_e} = 10^{-4,8 + 14} = 10^{9,2}$$

10- تأكد من حساباتك أن التحول الحاد ممكن الحدوث.

لكي يكون التحول ممكنا يجب أن يتحقق $(K > 10^4)$ وهو كذلك

فالتحول ممكن الحدوث.

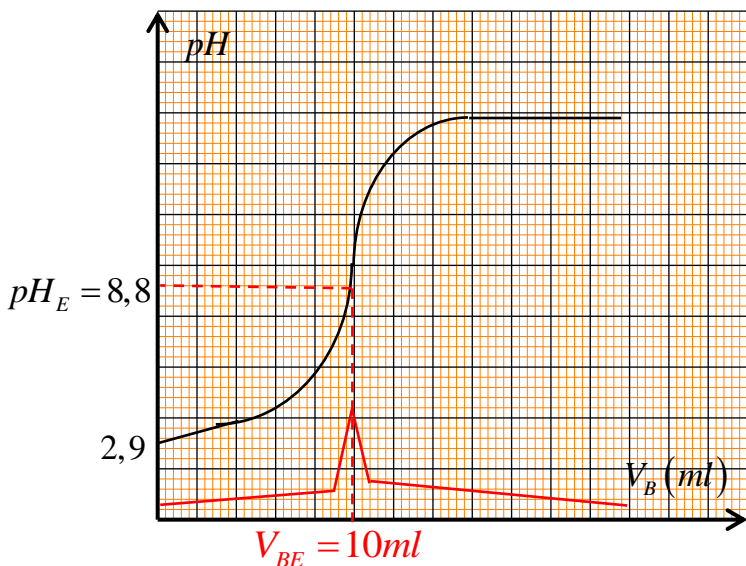
11- مثل على البيان النقطة التي فاصلتها $V_B = \frac{V_{BE}}{2}$ ماذا تمثل

$$V_B = \frac{V_{BE}}{2} = \frac{10}{2} = 5ml \text{ والنقطة التي فاصلتها}$$

ترتيبها $pH = 4,8 = pK_a$

12- تأكد أن تحديد نقطة التكافؤ (E) يمكن أن يتم بطريقة المماسات

المتوازية. أنظر البيان



المستوى: نهائي علوم تجريبية وتقني	ثانوية الشهيد داسي خليفة بالوادي	الأستاذ: ملكي علي
الوحدة: تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن	الموضوع: المعايرة pH مترية	

بطاقة عمل التلميذ

الأدوات المستعملة: بيشر سعته 100mL - سحاحة - ميزان - حمض الإيثانويك CH_3COOH - ماصة عيارية - الماء المقطر - محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + OH^-)$ - مقياس pH متر - مخلوط مغناطيسي

نشاط تجريبي: المعايرة الـ pH - مترية

أولا البروتوكول التجريبي

* قم بمعايرة جهاز الـ pH - متر.

* ضع في السحاحة محلول هيدروكسيد الصوديوم

تركيزه المولي $C_b = 2.10^{-1} mol/l$.

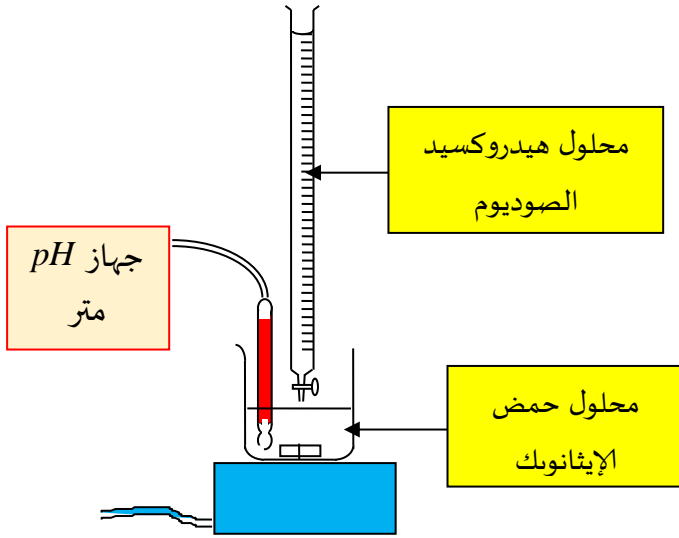
* ضع في بيشر حجم $V_A = 20mL$ من محلول حمض الإيثانويك

تركيزه المولي C_A وأضف إليه 20mL من الماء.

ثانيا تسجيل النتائج

أسكب تدريجيا محلول هيدروكسيد الصوديوم في البيشر وسجل قيمة

الـ pH بعد كل إضافة



$V_{bE} (ml)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH										
$a_i = \frac{d(pH)}{d(V_B)}$										

$V_{bE} (ml)$	10	11	12	13	14	16	18	19	20
pH									
$a_i = \frac{d(pH)}{d(V_B)}$									

1- هل إضافة الماء تؤثر على عملية المعايرة

2- أنجز جدول تقدم التفاعل

معادلة التفاعل		$CH_3COOH + OH^- = CH_3COO^- + H_2O$		
الحالة	التقدم $x(t)$	كميات المادة		
الإبتدائية	$x(0) = 0$			
قبل التكافؤ	$x(t)$			
التكافؤ	x_E			

3- أرسم البيان $pH = f(V_B)$

4- أوجد من البيان احدائيات نقطة التكافؤ E . ماذا تلاحظ فيما يخص موقع E ؟

5- أكتب عبارة تركيز المحلول الحمضي C_A الممدد بدلالة V_A, C_b, V_{bE} واحسبه.

6- حساب التركيز المولي للحمض المركز قبل التمديد

7- للبيان عبارة مشتقة وهي تساوي تقريبا $a_i = \frac{d(pH)}{d(V_B)} = \frac{pH_{i+1} - pH_{i-1}}{V_{i+1} - V_{i-1}}$ أ- أحسبها عند كل نقطة من النقاط واتمم ملأ الجدول.

ب- كيف تتطور مشتقة البيان بالنسبة للجزء من البيان المجاور لنقطة التكافؤ؟

ج- مثل على نفس البيان السابق بيان المشتقة $\frac{d(pH)}{d(V_B)}$

د- من أجل أية نقطة من نقاط البيان تكون المشتقة عظمى؟ وكيف نسمي هذه النقطة

8- ما هو الكاشف الملون المناسب لهذه المعايرة من بين الكواشف التالية؟

الكاشف	الهلينتين	أزرق البروموتيمول	أحمر الميثيل	الفينول فتالين
مجال التغير اللوني	4.4 – 3.2	7.6 – 6.0	6.0 – 4.8	10.0 – 8.2

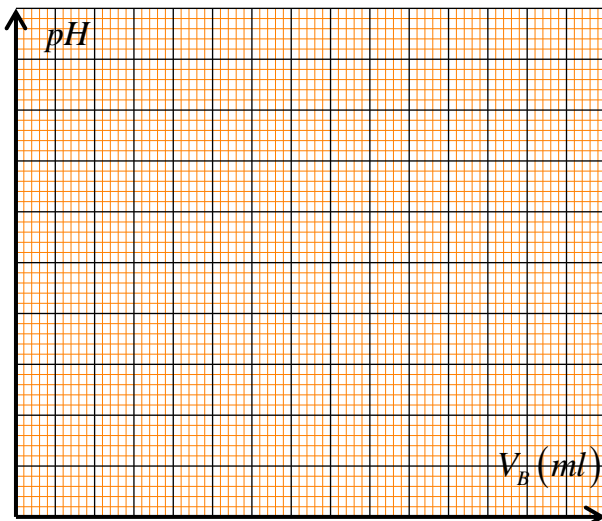
9- عبر عن ثابت التوازن لتفاعل المعايرة واحسبه عند $(25^\circ C)$. حيث $pK_a = 4.8, pK_e = 14$

10- تأكد من حساباتك أن التحول الحادث ممكن الحدوث.

11- مثل على البيان النقطة التي فاصلتها $V_B = \frac{V_{BE}}{2}$ ماذا تمثل

واستنتج ترتيبتها

12- تأكد أن تحديد نقطة التكافؤ (E) يمكن أن يتم بطريقة المماسات المتوازية.



المستوى: 3 ثانوي جميع الشعب	ثانوية الشهيد داسي خليفة	الأستاذ: ملكي علي
البطاقة التربوية للحصة التعليمية 04		
المجال: التطورات الرتيبة	الوحدة 04: تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن	الموضوع: تقويم الوحدة 4

التمرين الأول:

المحاليل عند درجة الحرارة ($25^{\circ}C$)

1- تأخذ حجما V_0 من محلول (S_0) لحمض الخل ($CH_3 - COOH$) تركيزه C_0 البطاقة المثبتة على قارورته مكتوب عليها الإشارة: $6,5^{\circ}$

أ- ماذا تعني الإشارة $6,5^{\circ}$ وماذا تسمى؟

ب- احسب التركيز المولي C_0 لمحلول حمض الإيثانويك في الخل التجاري. تعطى الكتلة الحجمية للخل التجاري $\rho = 1,02 \times 10^3 \text{ g/l}$

ج- صف بوضوح البروتوكول التجريبي الذي يسمح لنا بالحصول على محلول (S_1) حجمه $V = 200 \text{ mL}$ من الخل الممدد 50 مرة. ما هو التركيز المولي (S_1) لهذا المحلول؟

2- نقيس عند التوازن ناقلية النوعية فنجدها $\sigma = 8,6.10^{-3} \text{ s/m}$

أ- اكتب معادلة التفاعل لتحول حمض الخل في الماء
ب- أنشئ جدول التقدم التفاعل الحادث.

ج- احسب التراكيز المولية للأنواع الكيميائية المتواجدة في المحلول (S_1) عند التوازن.

تعطى الناقلية المولية الشاردية: $\lambda_{H_3O^+} = 35 \text{ ms.m}^2 / \text{mol}$, $\lambda_{C_6H_5COO^-} = 3,24 \text{ ms.m}^2 / \text{mol}$

د- احسب النسبة النهائية τ_{f1} لتقدم التفاعل. ماذا تستنتج؟

هـ- احسب ثابت التوازن الكيميائي (K_1)

2- نعتبر محلولاً مائياً (S_2) لحمض الساليسيليك الذي يمكن ان يرمز له (AH) تركيزه المولي ($C_2 = C_1$) وله قيمة ($pH = 3,2$)

أ- برهن العلاقة التالية $\tau_{f2} = \frac{10^{-pH}}{C_2}$ ثم احسب قيمة τ_{f2} نسبة تقدم تفاعل حمض الساليسيليك مع الماء.

ب- قارن بين τ_{f1} و τ_{f2} ماذا تستنتج ؟ .

التمرين الثاني:

الميثيل أمين نوع عضوي غازي ينتهي إلى عائلة تسمى الأمينات صيغته $CH_3 - NH_2$ وهو أساس ينحل جزئياً في الماء المقطر

1- أكتب معادلة انحلاله في الماء. حدد الحمض المرافق لهذا الأساس ثم استنتج الثنائية ($acide / base$)

2- نحضر محلولاً (S) لميثيل أمين تركيزه $C = 1,5 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ نقيس PH فنجد أنه يساوي 11,4

أ- أنشئ جدول تقدم التفاعل

ب- حدد الأفراد الكيميائية للمحلول (S) عند حالة التوازن ثم احسب التركيز المولي لكل منها عند الدرجة 25° .

ج- أثبت أن نسبة التقدم النهائي τ_f يمكن كتابتها على الشكل $\tau_f = \frac{Ke}{C_B \cdot [H_3O^+]_f}$

د- احسب قيمة τ_f النسبة النهائية لتقدم التفاعل. ماذا تستنتج؟

هـ- احسب PK_{a1} الموافقة للثنائية التي ينتهي إليها هذا الأساس

3- من عائلة الأمينات كذلك الإيثيل أمين $C_2H_5 - NH_2$ ينتهي إلى الثنائية $(C_2H_5 - NH_3^+ / C_2H_5 - NH_2)$ لها $pK_{a_2} = 10,67$ قارن بين قوتي الأساسين المدروسين من حيث القوة

التمرين الثالث:

الإيثيل أمين $C_2H_5 - NH_2$ أساس ضعيف. نذيب كمية منه في الماء المقطر، فنحصل على محلول مائي (S)

1- عرف الأساس الضعيف

2- أكتب معادلة تفاعل الأمين مع الماء.

3- نضع في بيشر حجما $V_s = 40\text{cm}^3$ من المحلول المائي (S) ونضيف إليه بالتدريج محلولاً من حمض كلور الماء تركيزه

$C = 10^{-1}\text{mol/l}$. البيان المعطى في الشكل (01) يمثل تغيرات pH المحلول في البيشر بدلالة حجم حمض كلور الماء المضاف.

أ- أكتب معادلة التفاعل الحادث.

ب- بالاعتماد على البيان:

- استنتج إحداثي نقطة التكافؤ.

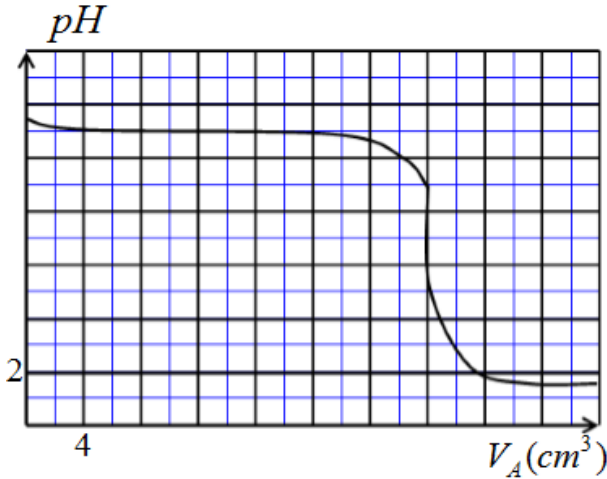
- أحسب تركيز الإيثيل أمين المجهول؟

- استنتج قيمة الـ pK_a للثنائية (أساس/حمض) المعتبرة.

4- أحسب التراكيز المولية لمختلف الأفراد الكيميائية المتواجدة في

المائي (S) عند إضافة 20ml من المحلول الحمضي

تؤخذ المحاليل في الدرجة 25°C أين $K_e = 10^{-14}$



المستوى: 3 ثانوي جميع الشعب	ثانوية الشهيد داسي خليفة	الأستاذ: ملكي علي
الإجابة النموذجية للبطاقة التقويمية للوحدة التعليمية 4		
المجال: التطورات الرتبوية	الوحدة: تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن	الموضوع: حل تقويم الوحدة

جواب التمرين الأول:

1-أ-ماذا تعني الإشارة $6,5^\circ$ وماذا تسمى؟

تعني أن 6,5g من حمض الإيثانويك النقي في 100 g من الخل التجاري وتسمى درجة النقاوة

ب-حساب التركيز المولي C_0 لمحلول حمض الإيثانويك في الخل التجاري لدينا $C_0 = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \times V}$

$$\text{نحسب حجم } 100 \text{ g لدينا } \rho = \frac{m}{V_0} \text{ اذن } V_0 = \frac{m}{\rho} = \frac{100}{1.02 \times 10^3} \approx 0,1l \text{ ومنه } C_0 = \frac{6,5}{60 \times 0,1} = 1,08 \text{ mol/l}$$

ج-البروتوكول التجريبي

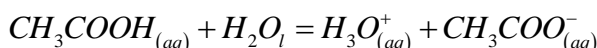
نأخذ بيشر سعته 200ml نضع فيه 4ml من الخل بواسطة ماصة، نظيف الماء المقطر حتى العيار 200ml وهكذا نكون حضرنا محلول

مخفف 50 مرة حجمه 200ml

التركيز المولي لهذا المحلول (S_1)

$$\text{من خلال علاقة معمل التمديد نجد } C_1 = \frac{C_0}{50} = 2,21 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$$

أ-معادلة التفاعل لتحول حمض الخل في الماء



ب-جدول التقدم التفاعل الحادث.

المعادلة		$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_l = H_3O^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$			
حالة الجملة	التقدم	كمية المادة			
ح. الابتدائية	0	$C_1 \cdot V_1$	متوفر	0	0
ح. الانتقالية	x	$C_1 \cdot V_1 - x$	متوفر	x	x
ح. النهائية	x_f	$C_1 \cdot V_1 - x_f$	متوفر	x_f	x_f

ج-حساب التراكيز المولية للأنواع الكيميائية المتواجدة في المحلول (S_1) عند التوازن.

$$\sigma = [H_3O^+_{(aq)}] \lambda_1 + [CH_3COO^-_{(aq)}] \lambda_2 = [H_3O^+_{(aq)}] \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) \Rightarrow [H_3O^+_{(aq)}] = [CH_3COO^-_{(aq)}] = \frac{\sigma}{\lambda_1 + \lambda_2} = 2,2 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$$

$$[CH_3COOH]_f = C_1 - [CH_3COO^-]_f = 2,21 \times 10^{-2} - 2,2 \times 10^{-4} = 2,18 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

د-حساب النسبة النهائية τ_{f1} لتقدم التفاعل

$$\tau_{f1} = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{[H_3O^+]_f}{C_1} = \frac{2,2 \times 10^{-4}}{2,21 \times 10^{-2}} = 1\%$$

الإستنتاج بما أن $\tau_{f1} < 100\%$ فإن التحول غير تام ومنه حمض الخل حمض ضعيف

ه-حساب ثابت التوازن الكيميائي (K_1)

$$K_1 = \frac{[H_3O^+]_f \times [CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f} = \frac{(2,2 \times 10^{-4})^2}{2,18 \cdot 10^{-2}} = 2,2 \cdot 10^{-6}$$

$$\tau_{f2} = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{[H_3O^+]_f \cdot V}{C_2 \cdot V} = \frac{[H_3O^+]_f}{C_2} = \frac{10^{-pH}}{C_2} \text{ لدينا } \tau_{f2} = \frac{10^{-pH}}{C_2}$$

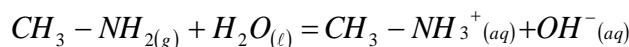
$$\tau_{f2} = \frac{[H_3O^+]_f}{C_2} = \frac{10^{-pH}}{2,21 \times 10^{-2}} = \frac{10^{-3.2}}{2,21 \times 10^{-2}} = 2,85\% \text{ حساب قيمة } \tau_{f2}$$

ب-المقارنة بين τ_{f1} و τ_{f2} وماذا تستنتج ؟

بما أن $C_1 = C_2$ و $\tau_{f2} > \tau_{f1}$ فإن حمض الساليسيليك أقوى من حمض الخل

جواب التمرين الثاني:

1-معادلة انحلال الأساس في الماء



الحمض المرافق لهذا الأساس هو $CH_3 - NH_3^+_{(aq)}$ والثنائية هي $(CH_3 - NH_3^+ / CH_3 - NH_2)$

2-جدول تقدم التفاعل

المعادلة	$CH_3 - NH_{2(g)} + H_2O_{(l)} = CH_3 - NH_3^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$				
الحالات	التقدم	كميات المادة mol			
ح ابتدائية	0	$C.V$	المولات	0	0
ح انتقالية	x	$C.V - x$		x	x
ح توازن	x_f	$C.V - x_f$		x_f	x_f

ب-تحديد الأفراد الكيميائية للمحلول (S) عند حالة التوازن $H_3O^+, CH_3 - NH_3^+, OH^-, CH_3 - NH_2$

حساب التركيز المولي لكل منها عند الدرجة 25^0 .

$$PH = 11.4 \Rightarrow [H_3O^+]_f = 3,98 \times 10^{-12} mol / l$$

$$[CH_3 - NH_3^+]_f = [OH^-]_f = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]_f} = 2,51 \times 10^{-3} mol / l$$

$$[CH_3 - NH_2]_f = C - [OH^-]_f = 1,24 \times 10^{-2} mol / l$$

ج-اثبات أن نسبة التقدم النهائي τ_f يمكن كتابتها على الشكل $\tau_f = \frac{Ke}{C_B \cdot [H_3O^+]_f}$

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_m} = \frac{[OH^-] \cdot V}{C_B \cdot V} = \frac{[OH^-]}{C_B} = \frac{Ke}{C_B \cdot [H_3O^+]_f}$$

د-حساب قيمة τ_f النسبة النهائية لتقدم التفاعل

$$\tau_f = \frac{[OH^-]}{C_B} = \frac{2,51 \cdot 10^{-3}}{1,5 \cdot 10^{-2}} = 16,73\%$$

الاستنتاج $\tau_f < 1 \Leftrightarrow CH_3 - NH_2 \Leftarrow$ يتفكك في الماء وفق تفاعل محدود (غير تام) أي أن هذا الاساس ضعيف

ه-حساب PK_{a1} الموافقة للثنائية التي ينتمي إليها هذا الأساس

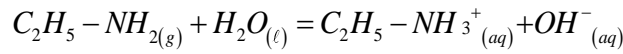
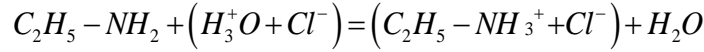
$$PK_{a1} = pH - \log \frac{[CH_3 - NH_2]_f}{[CH_3 - NH_3^+]_f} = 11,4 - \log \left(\frac{1,24 \cdot 10^{-2}}{2,51 \cdot 10^{-3}} \right) = 10,7$$

3-المقارنة بين قوتي الأساسين

لدينا $PK_{a1} > PK_{a2}$ هذا يعني أن $CH_3 - NH_3^+$ أضعف من $C_2H_5 - NH_3^+$ وبالتالي يكون $CH_3 - NH_2$ أقوى من $C_2H_5 - NH_2$

جواب التمرين الثالث:**1- الأساس الضعيف**

هو كل فرد كيميائي قادر على تثبيت بروتون هيدروجين أو أكثر ولا ينحل كلياً في الماء أي:

2- معادلة تفاعل الأمين مع الماء.**3- معادلة تفاعل المعايرة الحادث****ب- بالاعتماد على البيان:****استنتاج إحداثي نقطة التكافؤ**

بالاعتماد على طريقة المماسين المتوازيين نجد ($V_{BE} = 28cm^3$, $pH_E = 6,5$)

حساب تركيز الايثيل أمين المحيول؟

$$C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_B \Rightarrow C_B = \frac{C_A \cdot V_A}{V_B} = \frac{10^{-1} \cdot 28}{40} = 0,07 mol / l$$

استنتاج قيمة الـ pKa للثنائية (أساس/حمض) المعتبرة.

$$pKa = pH_{1/2} = 11 \text{ ومنه } \frac{V_{AE}}{2} = 14cm^3 \text{ ومن المنحنى: } pH_{1/2} = pKa \text{ يكون } \frac{V_{AE}}{2}$$

4- حساب التراكيز المولية لمختلف الأفراد الكيميائية المتواجدة في المحلول المائي (S) عند إضافة 20ml من المحلول الحمضي

عند الاضافة 20ml من الحمض وبالإسقاط على المنحنى نجد:

$$PH = 11 \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-PH} = 10^{-11} mol / l$$

$$[HO^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} = 10^{-3} mol / l \quad \text{تركيز } [OH^-]:$$

$$[Cl^-] = \frac{C_A \cdot V_A}{V_A \cdot V_B} = \frac{10^{-1} \cdot 20}{20 + 40} = 3,3 \cdot 10^{-2} mol / l \quad \text{تركيز } [Cl^-] \text{ في المزيج:}$$

تركيز $[C_2H_5-NH_3^+]$: لدينا من العلاقة:

$$[C_2H_5-NH_3^+] + [H_3O^+] = [HO^-] + [Cl^-]$$

$$[C_2H_5-NH_3^+] = [HO^-] + [Cl^-] - [H_3O^+] = 10^{-3} + 3,3 \cdot 10^{-2} - 10^{-11} = 3,4 \cdot 10^{-2} mol / l$$

$$[C_2H_5-NH_2] = \frac{C_B \cdot V_B}{V_B + V_A} - [C_2H_5-NH_3^+] = \frac{0,07 \cdot 40}{40 + 20} - 3,4 \cdot 10^{-2} = 1,2 \cdot 10^{-2} mol / l \quad \text{تركيز الأساس المتبقي:}$$