

المادة: الكيمياء	
ذ: أيوب مرضي	الشعبة: الثانية بكالوريا علوم الحياة و الأرض - العلوم الفيزيائية
	الثانوية التأهيلية محمد السادس- سيدي مومن
سلسلة التمارين	
التحولات المقرونة بالتفاعلات حمض- قاعدة في محلول مائي	
Transformations associées aux réactions acide – base en solution aqueuse	

تمرين 1:

المواد الحافظة مواد تطيل مدة صلاحية المواد الغذائية القابلة للاستهلاك وتحميها من التلوث الناتجة عن الطفيليات المجهرية. وتُعرف في المواد الغذائية وفي المشروبات بـرموز من E200 إلى E297. فحمض البنزويك C_6H_5COOH يرمز له بالرمز E210. وبنزوات الصوديوم C_6H_5COONa يرمز له بـ E211. وهي مواد تستعمل في الصناعة كمادة حافظة للمواد الغذائية لكونها مبيدات ومضادات للبكتيريا ، ويوجدان خصوصا في المشروبات الغازية <Light>.

نذيب كتلة m_0 من حمض البنزويك C_6H_5COOH في الماء المقطر ، فنحصل على محلول مائي (S_0) لحمض البنزويك حجمه $V_0=100\text{mL}$ وتركيزه $C_A=0,01\text{mol/L}$ ، وله $\text{pH}=3,1$.

- أحسب قيمة الكتلة m_0 .
- أكتب معادلة تفاعل حمض البنزويك مع الماء.
- أنشئ جدول تقدم التفاعل.
- عبر عن نسبة التقدم النهائي للتفاعل τ بدلالة $[H_3O^+]_{eq}$ و C_A . أحسب قيمته. استنتج.
- أعط تعبير خارج التفاعل $Q_{r,eq}$ في حالة التوازن ، ثم أثبت أن $Q_{r,eq} = \frac{[H_3O^+]_{eq}^2}{C_A - [H_3O^+]_{eq}^2}$. أحسب $Q_{r,eq}$.
- تحقق من قيمة ثابتة الحمضية $K_A(C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-)$.

معطيات :

- الكتلة المولية : $M(C_6H_5COOH)=122\text{g/mol}$
- ثابتة الحمضية للمزدوجة $C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-$ عند 25°C : $\text{pK}_A=4,2$. الجدء الأيوني للماء : $K_e=10^{-14}$

تمرين 2:

نمزج محلولاً مائياً لكلورور الأمونيوم $(NH_4^+ + Cl^-)_{(aq)}$ بمحلول مائي لإيثانوات الصوديوم $(CH_3CO_2^- + Na^+)_{(aq)}$. نعتبر أن $NH_4^+_{(aq)}$ و $CH_3CO_2^-_{(aq)}$ لا يتفاعلا مع الماء .

- أكتب معادلة التفاعل الممكن حدوثه .
- أعط العلاقة بين ثابتة التوازن K لهذا التفاعل والتركيز عند التوازن .
- حدد المزدوجتان قاعدة/حمض المتدخلتان في هذا التفاعل .
- أعط العلاقات بين التراكيز عند التوازن وثابتي الحمضية K_{A1} للمزدوجة الأولى و K_{A2} للمزدوجة الثانية .
- عبر عن K بدلالة K_{A1} و K_{A2} وأحسب قيمتها .
- استنتج ما إذا كان التفاعل كلياً أم محدوداً .

معطيات: $\text{pK}_{A1}(NH_4^+/NH_3)=9,2$ و $\text{pK}_{A2}(CH_3CO_2H/CH_3CO_2^-)=4,8$

تمرين 3:

تتكون الأسبرين من حمض الأسيتيل ساليسيليك $C_7H_7O_4H$ ذي $\text{pK}_A=3,49$. نذيب نصف قرص من الأسبرين في الماء المقطر ، فنحصل على حجم V من محلول مائي له $\text{pH}=2,7$.

- أكتب معادلة تفاعل حمض الأسيتيل ساليسيليك مع الماء .
- أحسب ثابتة الحمضية للمزدوجة قاعدة/حمض .
- أحسب النسبة لتركيز الحمض على تركيز قاعدته المرافقة في المحلول . ماذا تستنتج ؟

تمرين 4:

حمض الأسكوربيك $C_6H_8O_6$ أو فيتامين C مادة طبيعية توجد في عدد كبير من المواد الغذائية ذات أصل نباتي وعلى الخصوص في المواد الطازجة والخضر والفواكه . كما يمكن تصنيعه في مختبرات الكيمياء . تباع فيتامين C في الصيدليات على شكل أقراص وهو مركب مضاد للعدوى ومنشط للجسم ويساعد على نمو العظام والأوتار والأسنان ... ويؤدي نقصه في التغذية لدى الإنسان إلى ظهور داء الحفر . يعرف فيتامين C بالرمز E300 .

معطيات : الكتلة المولية لحمض الأسكوربيك : $M(C_6H_8O_6)=176g/mol$ - الثابتة الحمضية : $pK_A(C_6H_8O_6/C_6H_7O_6^-)=4,05$

I. تحديد خارج تفاعل حمض الأسكوربيك مع الماء بقياس pH .

نعتبر محلولاً مائياً لحمض الأسكوربيك $C_6H_8O_6$ حجمه V وتركيزه المولي $C_1=0,01mol/L$. أعطى قياس pH هذا المحلول عند $25^\circ C$ القيمة $pH=3,01$.

- (1) أكتب معادلة تفاعل حمض الأسكوربيك مع الماء .
 - (2) أنشئ الجدول الوصفي لهذا التفاعل .
 - (3) أحسب τ نسبة التقدم النهائي للتفاعل . هل التحول كلي ؟
 - (4) المجموعة الكيميائية في حالة توازن : أوجد خارج التفاعل $Q_{r,eq}$.
 - (5) استنتج قيمة ثابتة التوازن K المقرونة بهذا التفاعل.
- ### II. تحديد كتلة حمض الأسكوربيك في قرص فيتامين C500 .

نسحق قرصاً من فيتامين C500 ونذيبه في قليل من الماء ؛ ثم ندخل الكل في حوضلة معيارية من فئة 200mL نضيف الماء المقطر حتى الخط المعياري ونحرك . فنحصل على محلول مائي (S) تركيزه المولي C_A . نأخذ حجماً $V_A=10mL$ من المحلول (S) ونعايره بمحلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم $(Na^+_{(aq)}+OH^-_{(aq)})$ تركيزه المولي $C_B=1,5.10^{-2}mol/L$. يحصل التكافؤ حمض - قاعدة عند صب الحجم $V_{B,E}=9,5mL$.

- (1) أكتب معادلة التفاعل حمض - قاعدة بين حمض الأسكوربيك وأيونات الهيدروكسيد $HO^-_{(aq)}$
- (2) أوجد قيمة C_A .
- (3) استنتج قيمة m كتلة حمض الأسكوربيك الموجودة في القرص . فسر التسمية "فيتامين C500"

التمرين 5:

يعتبر الخل التجاري محلولاً مائياً لحمض الإيثانويك CH_3COOH ويتميز بدرجة حمضية (X°) ، والتي تمثل الكتلة X بالغرام (g) لحمض الإيثانويك الموجودة في 100g من الخل .

المعطيات : تمت جميع القياسات عند $25^\circ C$.

- الكتلة الحجمية للخل : $\rho=1g/mL$ - الكتلة المولية لحمض الإيثانويك : $M(CH_3COOH)=60g/mol$
- الموصلية المولية بـ $S.m^{-1}$: $\lambda(H_3O^+)=3,46.10^{-2}$ و $\lambda(CH_3COO^-)=4,09.10^{-3}$
- I. دراسة ذوبان حمض الإيثانويك في الماء :

نتوفر على محلولين مائيين (S_1) و (S_2) لحمض الإيثانويك . حيث نعتبر ذوبان حمض الإيثانويك في الماء تفاعلاً محدوداً .

- ❖ المحلول (S_1) تركيزه المولي $C_1=5.10^{-2}mol/L$ وموصلية $\sigma_1=3,5.10^{-2}S.m^{-1}$
- ❖ المحلول (S_2) تركيزه المولي $C_2=5.10^{-3}mol/L$ وموصلية $\sigma_2=1,1.10^{-2}S.m^{-1}$.

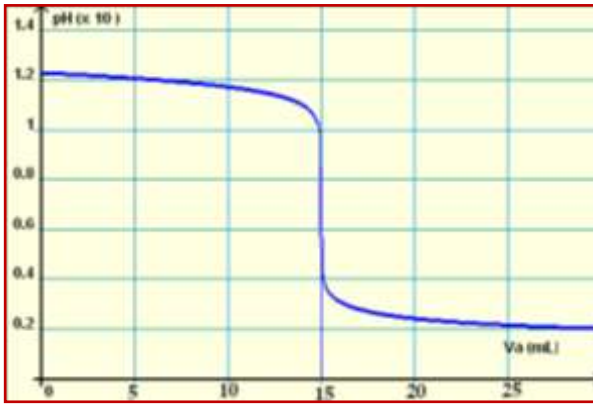
- (1) أكتب معادلة التفاعل للنموذج لذوبان حمض الإيثانويك في الماء .
 - (2) أوجد تعبير التركيز المولي الفعلي $[H_3O^+]_{eq}$ لأيونات الأوكسونيوم عند التوازن بدلالة σ و $\lambda(H_3O^+)$ و $\lambda(CH_3COO^-)$.
 - (3) أحسب $[H_3O^+]_{eq}$ في كل من (S_1) و (S_2) .
 - (4) حدد نسبتي التقدم النهائي τ_1 و τ_2 لتفاعل حمض الإيثانويك مع الماء في كل محلول واستنتج تأثير التركيز البدئي للمحلول على نسبة التقدم النهائي .
 - (5) حدد ثابتة التوازن لتفاعل حمض الإيثانويك مع الماء بالنسبة لكل من (S_1) و (S_2) . ماذا تستنتج ؟
- ### II. التحقق من درجة حمضية الخل التجاري .

نأخذ حجماً $V_0=1mL$ من خل تجاري درجة حمضيته (7°) وتركيزه المولي C_0 ونضيف إليه الماء المقطر لتحضير محلول مائي (S) تركيزه المولي C_S وحجمه $V_S=100mL$. نعاير الحجم $V_A=20mL$ من المحلول (S) بمحلول مائي (S_B) لهيدروكسيد الصوديوم $(Na^+_{(aq)}+OH^-_{(aq)})$ تركيزه $C_B=1,5.10^{-2}mol/L$. نحصل على التكافؤ عند صب الحجم $V_{B,E}=15,7mL$ من المحلول (S_B) .

- (1) أكتب المعادلة المنمذجة للتفاعل حمض - قاعدة .
- (2) أحسب C_S .
- (3) حدد درجة الحمضية للخل المدروس . واستنتج هل تتوافق النتيجة المحصل عليها مع القيمة المسجلة على الخل التجاري ؟

التمرين 6:

لمعايرة محلول S_B لهيدروكسيد البوتاسيوم $(K^+_{(aq)}+OH^-_{(aq)})$ بقياس pH ، نضع في كأس حجم $V_B=20mL$ من هذا المحلول ونضيف إليه 20mL من الماء المقطر . نستعمل كمحلول معاير ، محلولاً S_A لحمض الكلوريدريك تركيزه $C_A=50mmol/L$. نخط ، بواسطة جدول ، منحنى المعايرة $pH=f(V_A)$ بحيث V_A هي حجم الحمض المضاف .



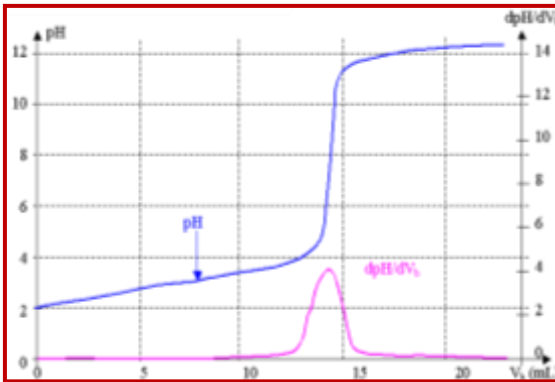
- 1 لماذا تمت إضافة الماء المقطر في الكأس .
- 2 أكتب معادلة تفاعل المعايرة .
- 3 حدد مبيانيا إحداثيتي نقطة التكافؤ .
- 4 استنتج التركيز C_B للمحلول S_B .
- 5 إختار من بين الكواشف الملونة المدونة في الجدول أسفله ، الكاشف الملون الأنسب لهذه المعايرة.

الكاشف الملون	الهيليائتين	أحمر الميثيل	أزرق البروموتيمول
منطقة الانعطاف	4,4 - 3,1	6,2 - 4,2	7,6 - 6,0

التمرين 7:

ملكة المروج نبتة معمرة تتواجد في المناطق الرطبة، يتراوح طول ساقها بين 50cm و 1,50m. و يعلو ساقها عنقود من الأزهار التي تحتوي على حمض الساليسيليك $C_7H_6O_3$ المعروف بتأثيره المهدئ للآلام المفصل.

نحضر حجما V من محلول مائي لحمض الساليسيليك $C_7H_6O_3$ ذو تركيز $C=0,01\text{mol/L}$ ، أعطى قياس pH المحلول القيمة $\text{pH}=2,5$.



- 1 أعط تعريفا للحمض حسب برونشتد .
- 2 أكتب المعادلة الكيميائية لتفاعل الحمض $C_7H_6O_3$ مع الماء علما أن التحول غير تام .
- 3 أنجز جدول تقدم التفاعل.
- 4 أحسب τ نسبة التقدم النهائي للتفاعل.
- 5 أحسب $Q_{r,eq}$ قيمة خارج التفاعل عند التوازن .
- 6 نقوم بإذابة كتلة m من حمض الساليسيليك $C_7H_6O_3$ في 100mL من الماء. فنحصل على محلول S_0 ذي تركيز C_0 ، نقوم بتخفيف المحلول 10 مرات فنحصل على محلول مخفف S_A . نأخذ حجما $V_A=20\text{mL}$ من المحلول S_A ثم نعايره باستعمال محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم $(\text{Na}^+(\text{aq})+\text{OH}^-(\text{aq}))$ تركيزه $C_B=0,10\text{mol/L}$. بواسطة جدول نحصل على المنحنى الممثل جانبه.

الكاشف الملون	أحمر البروموفينول	أزرق البروموتيمول	أحمر الكريزول	الفينول الفاتالين
منطقة الانعطاف	4,8 - 6,4	6,0 - 7,6	7,2 - 8,8	8,2 - 10

- أ. أكتب المعادلة الحصيلة لتفاعل المعايرة.
- ب. حدد إحداثيات نقطة التكافؤ.
- ج. حدد C_A تركيز المحلول S_A .
- د. حدد قيمة m كتلة حمض الساليسيليك المذابة.
- هـ. حدد الكاشف الملون المناسب للمعايرة مع تعليل الجواب. تنتج قيمة C_0 تركيز المحلول S_0 .

التمرين 8:

I. دراسة محلولين مائيين:

نعتبر محلولين مائيين S_1 لحمض النترو (Acide Nitreux) HNO_2 و S_2 لميثانات الصوديوم $(\text{Na}^+(\text{aq})+\text{HCOO}^-(\text{aq}))$ تركيزه ما من المذاب هو $C_1=0,20\text{mol/L}$ و $C_2=0,40\text{mol/L}$ ، على التوالي. في حين أعطى قياس pH القيمتين $\text{pH}_1=1,3$ و $\text{pH}_2=8,7$.

- 1 اكتب معادلة التفاعل بين حمض النترو والماء ثم أعط تعبير ثابتة التوازن.
- 2 أكتب معادلة التفاعل بين أيون الإيثانات والماء ثم أعط تعبير ثابتة التوازن .
- 3 على محور مدرج بسلم pH ، حدد مجالات الهيمنة لكل مزدوجة ثم استنتج النوع الكيميائي المهيمن في كل محلول.

II. دراسة خليط للمحلولين:

نمزج حجمين متساويين $V=V_1=V_2=200\text{mL}$ من كل محلول ، فتكون كمية المادة البدنية لحمض النترو هي n_1 وكمية المادة لأيون الإيثانات هي n_2 .

معطيات:

$$pK_A(\text{HNO}_2/\text{NO}_2^-)=3,3$$

$$pK_A(\text{HCOOH}/\text{HCOO}^-)=3,8$$

$$pK_e=14,0$$

- 1 أحسب n_1 و n_2 .
- 2 أكتب معادلة التفاعل حمض - قاعدة الحاصل عند مزج المحلولين .
- 3 عبر عن K بدلالة pK_{A1} و pK_{A2} وأحسب قيمتها .
- 4 بعد إنجاز جدول التقدم ، أعط تعبير K بدلالة تقدم التفاعل عند التوازن x_{eq} .
- 5 بين أن الحل الذي له معنى فيزيائي للمعادلة المحصل عليها في السؤال $x_{eq}=3,2 \cdot 10^{-2}\text{mol}$.
- 6 استنتج التراكيز المولية الفعلية لمختلف الأنواع الكيميائية المتواجدة في الخليط.
- 7 اعتمادا على إحدى المزدوجتين المتدخلتين في التفاعل ، بين أن الخليط له $\text{pH}=4$.

التمرين 9:

- I. يبين الشكل أسفله مخطط توزيع حمض تحت الكلور ر (Acide hypochloreux) ذي الصيغة HClO وقاعدته المرافقة ClO^- والمسماة أيون تحت الكلوريت (ion hypochlorite).
- حدد مبيانيا الثابتة pK_A للمزدوجة HClO/ClO^- .
 - استنتج مخطط هيمنة هذه المزدوجة.
 - أي من المنحنيين (أ) أو (ب) يوافق أيون تحت الكلوريت ؟
 - أكتب معادلة تفاعل HClO مع الماء.
- II. نمزج حجما $V_1=20\text{mL}$ من محلول مائي S_1 لحمض تحت الكلور تركيزه $C_1=0,01\text{mol/L}$ مع حجم $V_2=10\text{mL}$ من محلول مائي S_2 لهيدروكسيد الصوديوم تركيزه $C_2=C_1$. نقيس pH الخليط فنجد : $\text{pH}=7,2$

نعطى : $K_e=10^{-14}$ و $pK_A(\text{HClO}/\text{ClO}^-)=7,2$ عند 25°C .

- أكتب معادلة تفاعل حمض تحت الكلور مع أيونات الهيدروكسيد.
- أحسب النسبة $[\text{ClO}^-]_{\text{eq}}/[\text{HClO}]_{\text{eq}}$ في الخليط.
- أنشئ جدول تطور التحول الكيميائي ثم حدد التقدم النهائي لهذا التحول.
- عبر عن ثابتة التوازن K المقرونة بهذا التفاعل بدلالة K_e و K_A ثابتة الحمضية للمزدوجة HClO/ClO^- ، ثم أحسب قيمتها العددية. ماذا تستنتج ؟

