المـــــــادة: الـــــــكـــــــيـــــــمـــــــيـــــــاء	
الـــشـــعـــبـــة: الثانية بكالوريا علوم الحياة و الأرض – العلوم الفيزيائية	ذ : أيوب مرضي
الـثـانـويـة الـتـأهـيـلـيـة مـحـمـد الـسـادس– سـيـدي مـومـن	

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 التعفنات الناتجة عن الطفيليات المجهرية. وتُعرف في المواد الغذائية وفي المشروبات برموز 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 كمواد حفيظة 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 $V_0=100mL$ وتركيزه $C_A=0,01mol/L$ ، وله $pH=3,1$.

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

معطيات :

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

تمرين 2:

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

1) أكتب معادلة التفاعل الممكن حدوثه .
2) أعط العلاقة بين ثابتة التوازن K لهذا التفاعل والتراكيز عند التوازن .
3) حدد المزدوجتان قاعدة/حمض المتدخلتان في هذا التفاعل .
4) أعط العلاقات بين التراكيز عند التوازن وثابتي الحمضية K_{A1} للمزدوجة الأولى وK_{A2} للمزدوجة الثانية .
5) عبر عن K بدلالة K_{A1} وK_{A2} وأحسب قيمتها .
6) استنتج ما إذا كان التفاعل كليا أم محدودا.

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

تمرين 3:

تتكون الأسبرين من حمض الأستيل ساليسيليك $C_7H_7O_4H$ ذي $pK_A=3,49$. نذيب نصف قرص من الأسبرين في الماء المقطر ، فنحصل على حجم V من محلول مائي له $pH=2,7$.

1) أكتب معادلة تفاعل حمض الأستيل ساليسيليك مع الماء .
2) أحسب ثابتة الحمضية للمزدوجة قاعدة/حمض .
3) 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 محلولا مائيا لحمض الأسكوربيك $C_6H_8O_6$ حجمه V وتركيزه المولي $C1=0,01mol/L$. أعطى قياس pH هذا المحلول عند 25°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 $Q_{r,éq}$.
5) استنتج قيمة ثابتة التوازن K المقرونة بهذا التفاعل.

II. تحديد كتلة حمض الأسكوربيك في قرص فيتامين C500 .

نسحق قرصا من فيتامين C500 ونذيبه في قليل من الماء ؛ ثم ندخل الكل في حوجلة معيارية من فئة 200mL نضيف الماء المقطر حتى الخط المعياري ونحرك . فنحصل على محلول مائي (S) تركيزه المولي C_A . نأخذ حجما $V_A=10mL$ 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 ـ قاعدة عند صب الحجم $V_{B,E}=9,5mL$.

1) أكتب معادلة التفاعل حمض ـ 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 محلولا مائيا 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°C .

- **الكتلة الحجمية للخل : $\rho=1g/mL$ - الكتلة المولية لحمض الإيثانويك : $M(CH_3COOH)=60g/mol$**
- **الموصليات المولية بـ $S.m^2.mol^{-1}$: $\lambda(H_3O^+)=3,46.10^{-2}$ 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 تفاعلا محدودا .

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

1) أكتب معادلة التفاعل المنمذج لذوبان حمض الإيثانويك في الماء.
2) أوجد تعبير التركيز المولي الفعلي $[H_3O^+]_{éq}$ لأيونات الأوكسونيوم عند التوازن بدلالة σ و$\lambda(H_3O^+)$ و$\lambda(CH_3COO^-)$.
3) أحسب $[H_3O^+]_{éq}$ 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 ؟

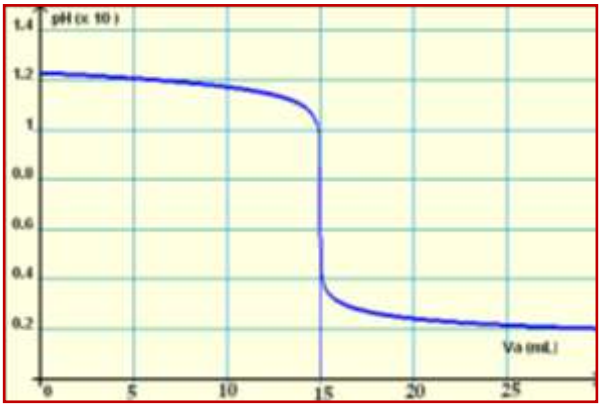
II. التحقق من درجة حمضية الخل التجاري .

نأخذ حجما $V_0=1mL$ 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 ـ 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 حجما $V_B=20mL$ من هذا المحلول ونضيف إليه 20mL من الماء المقطر .نستعمل كمحلول معاير ، محلولا S_A لحمض الكلوريدريك تركيزه $C_A=50mmol/L$. نخط ، بواسطة مجدول ، منحنى المعايرة $pH=f(V_A)$ بحيث V_A هي حجم الحمض المضاف .



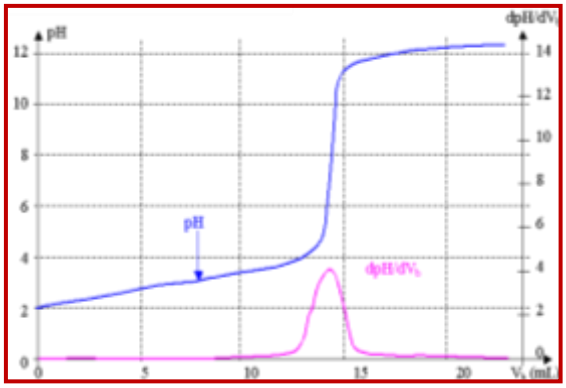
1) لماذا تمت إضافة الماء المقطر في الكأس .
2) أكتب معادلة تفاعل المعايرة .
3) حدد مبيانيا إحداثيتي نقطة التكافؤ .
4) استنتج التركيز C_B للمحلول S_B .
5) إختر من بين الكواشف الملونة المدونة في الجدول أسفله ، الكاشف الملون الأنسب لهذه المعايرة.

الكاشف الملون	الهيليانتين	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 لألام المفاصل.

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



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 $Q_{r,éq}$ 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 $V_A=20mL$ من المحلول S_A ثم نعايره باستعمال محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم $(Na^+_{(aq)}+OH^-_{(aq)})$ تركيزه $C_B=0,10mol/L$. بواسطة مجدول نحصل على المنحنى الممثل جانبه.

الكاشف الملون	أحمر البروموفينول	أزرق البروموتيمول	أحمر الكريزول	الفينول الفتالين
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.
ه. 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 لميثانوات الصوديوم $(Na^+_{(aq)}+HCOO^-_{(aq)})$، تركيزه ما من المذاب هو $C_1=0,20mol/L$ و $C_2=0,40mol/L$، على التوالي. في حين أعطى قياس pH القيمتين $pH_1=1,3$ و $pH_2=8,7$.

1) اكتب معادلة التفاعل بين حمض النترو والماء ثم أعط تعبير ثابتة التوازن.
2) أكتب معادلة التفاعل بين أيون الإيثانوات 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 $V=V_1=V_2=200mL$ من كل محلول ، فتكون كمية المادة البدئية لحمض النترو هي n_1 وكمية المادة لأيون الإيثانوات هي n_2 .

1) أحسب n_1 و n_2 .
2) أكتب معادلة التفاعل حمض ـ 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 $x_{éq}$.
5) بين أن الحل الذي له معنى فيزيائي للمعادلة المحصل عليها في السؤال 4، هو $x_{éq}=3,2.10^{-2}mol$.
6) استنتج التراكيز المولية الفعلية لمختلف الأنواع الكيميائية المتواجدة في الخليط.
7) اعتمادا على إحدى المزدوجتين المتدخلتين في التفاعل ، بين أن الخليط له pH=4.

معطيات:

$$pK_A(HNO_2/NO_2^-)=3,3$$

$$pK_A(HCOOH/HCOO^-)=3,8$$

$$pK_e=14,0$$

التمرين 9:

I. يبين الشكل أسفله مخطط توزيع حمض تحت الكلورو ر (Acide hypochloreux) ذي الصيغة HClO وقاعدته المرافقة ClO^- والمسماة أيون تحت الكلوريت (ion hypochlorite).

1) حدد مبيانيا الثابتة pK_A للمزدوجة $HClO/ClO^-$.

2) استنتج مخطط هيمنة هذه المزدوجة .

3) أي من المنحنيين (أ) أو (ب) يوافق أيون تحت الكلوريت ؟

4) أكتب معادلة تفاعل HClO مع الماء .

II. نمزج حجما $V_1=20mL$ من محلول مائي S_1 لحمض تحت الكلوروز تركيزه $C_1=0,01mol/L$ مع حجم $V_2=10mL$ من محلول مائي S_2 لهيدروكسيد الصوديوم تركيزه $C_2=C_1$. نقيس pH الخليط فنجد : pH=7,2

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

1) أكتب معادلة تفاعل حمض تحت الكلوروز مع أيونات الهيدروكسيد .

2) أحسب النسبة $([ClO^-]_{éq}/[HClO]_{éq})$ في الخليط .

3) أنشئ جدول تطور التحول الكيميائي ثم حدد التقدم النهائي لهذا التحول .

4) 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 ؟