

ذ: أيوب مرضي

الشعبة: الثانية بكالوريا علوم الحياة و الأرض - العلوم الفيزيائية

الثانوية التأهيلية محمد السادس - سيدي مومن

التحولات المقرونة بالتفاعلات حمض - قاعدة في محلول مائي

سلسلة التمارين

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 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  $V_0=100mL$  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  $\tau$  بدلالة  $[H_3O^+]_{eq}$  و  $C_A$ . أحسب قيمته. استنتج.
- (5) 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  $Q_{r,eq}$ .
- (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  $25^\circ C$  :  $pK_A=4,2$  . الجداء الأيوني للماء :  $K_e=10^{-14}$

### تمرين 2:

نمزج محلولاً مائياً 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 والتركيز عند التوازن .
- (3) حدد المزدوجتان قاعدة/حمض المتدخلتان في هذا التفاعل .
- (4) أعط العلاقات بين التراكيز عند التوازن وثابتي الحمضية  $K_{A1}$  للمزدوجة الأولى و  $K_{A2}$  للمزدوجة الثانية .
- (5) عبر عن  $K$  بدلالة  $K_{A1}$  و  $K_{A2}$  وأحسب قيمتها .
- (6) استنتج ما إذا كان التفاعل كلياً أم محدوداً .

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 الأسيتيل 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 الأسيتيل 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 الأسكوريك :  $M(C_6H_8O_6)=176g/mol$  - الثابتة الحمضية :  $pK_A(C_6H_8O_6/C_6H_7O_6^-)=4,05$

### I. تحديد خارج تفاعل حمض الأسكوريك مع الماء بقياس pH .

نعتبر محلولاً مائياً لحمض الأسكوريك  $C_6H_8O_6$  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 الأسكوريك مع الماء .
  - 2) أنشئ الجدول الوصفي لهذا التفاعل .
  - 3) أحسب  $\tau$  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 الأسكوريك 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  $C_B=1,5 \cdot 10^{-2}mol/L$  . يحصل التكافؤ حمض - قاعدة عند صب الحجم  $V_{B,E}=9,5mL$  .

- 1) أكتب معادلة التفاعل حمض - قاعدة بين حمض الأسكوريك وأيونات الهيدروكسيد  $HO^-_{(aq)}$  .
  - 2) أوجد قيمة  $C_A$  .
  - 3) استنتج قيمة  $m$  كتلة حمض الأسكوريك الموجودة في القرص . فسر التسمية "فيتامين C500"
- ### التمرين 5:

يعتبر الخل التجاري محلولاً مائياً لحمض الإيثانويك  $CH_3COOH$  ويتميز بدرجة حمضية  $(X^\circ)$  ، 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  $S \cdot m^{-1} \cdot mol^{-1}$  :  $\lambda(H_3O^+)=3,46 \cdot 10^{-2}$  و  $\lambda(CH_3COO^-)=4,09 \cdot 10^{-3}$
- دراسة ذوبان حمض الإيثانويك في الماء :

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

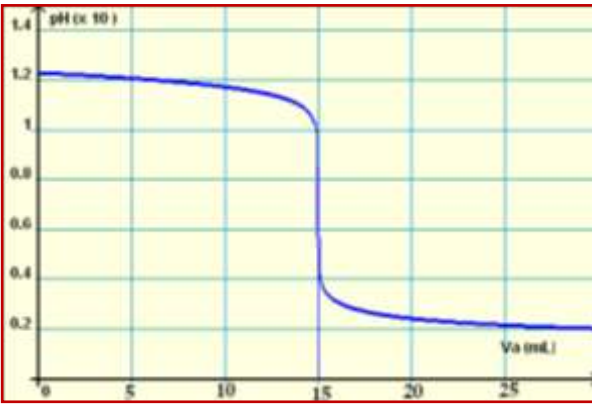
- ❖ المحلول  $(S_1)$  تركيزه المولي  $C_1=5 \cdot 10^{-2}mol/L$  وموصلية  $\sigma_1=3,5 \cdot 10^{-2}S \cdot m^{-1}$
  - ❖ المحلول  $(S_2)$  تركيزه المولي  $C_2=5 \cdot 10^{-3}mol/L$  وموصلية  $\sigma_2=1,1 \cdot 10^{-2}S \cdot m^{-1}$  .
- 1) أكتب معادلة التفاعل للنموذج لذوبان حمض الإيثانويك في الماء .
  - 2) أوجد تعبير التركيز المولي الفعلي  $[H_3O^+]_{eq}$  لأيونات الأوكسونيوم عند التوازن بدلالة  $\sigma$  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  $\tau_1$  و  $\tau_2$  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  $(7^\circ)$  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  $C_B=1,5 \cdot 10^{-2}mol/L$  . 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 حجماً  $V_B=20mL$  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 .



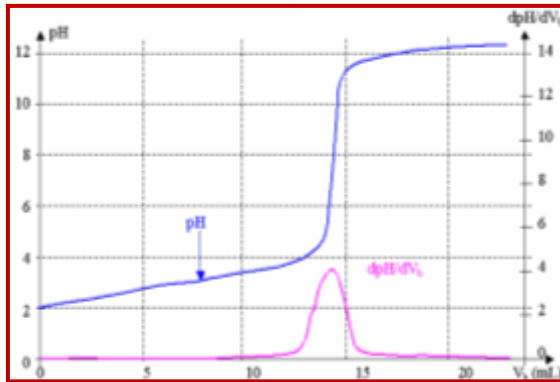
- 1) لماذا تمت إضافة الماء المقطر في الكأس .
- 2) أكتب معادلة تفاعل المعايرة .
- 3) حدد مبيانيا إحدائيتي نقطة التكافؤ .
- 4) استنتج التركيز  $C_B$  للمحلول  $S_B$  .
- 5) إختار من بين الكواشف الملونة المدونة في الجدول أسفله ، الكاشف الملون الأنسب لهذه المعايرة .

الكاشف الملون	الهيلياتين	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  $\text{pH}$  المحلول القيمة  $\text{pH}=2,5$ .



- 1) أعط تعريفا للحمض حسب بروشتند .
- 2) أكتب المعادلة الكيميائية لتفاعل الحمض  $C_7H_6O_3$  مع الماء علما أن التحول غير تام .
- 3) أنجز جدول تقدم التفاعل .
- 4) أحسب  $\tau$  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.

أ. أكتب المعادلة الحصيلة لتفاعل المعايرة .

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

ب. حدد إحدائيات 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 )  $\text{HNO}_2$  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  $\text{pH}$  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 الإيثانوات والماء ثم أعط تعبير ثابتة التوازن .
- 3) على محور مدرج بسلم  $\text{pH}$  ، 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 الإيثانوات 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 هو  $x_{eq}=3,2 \cdot 10^{-2}\text{mol}$  .
- 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  $\text{HClO}$  وقاعدته المرافقة  $\text{ClO}^-$  والمسماة أيون تحت الكلوريت (ion hypochlorite).
- 1) حدد مبيانيا الثابتة  $pK_A$  للمزدوجة  $\text{HClO}/\text{ClO}^-$ .
  - 2) استنتج مخطط هيمنة هذه المزدوجة.
  - 3) أي من المنحنيين (أ) أو (ب) يوافق أيون تحت الكلوريت؟
  - 4) أكتب معادلة تفاعل  $\text{HClO}$  مع الماء.
- II. نمزج حجما  $V_1=20\text{mL}$  من محلول مائي  $S_1$  لحمض تحت الكلوروز 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  $\text{pH}$  الخليط فنجد:  $\text{pH}=7,2$

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

- 1) أكتب معادلة تفاعل حمض تحت الكلوروز مع أيونات الهيدروكسيد.
- 2) أحسب النسبة  $([\text{ClO}^-]_{\text{eq}}/[\text{HClO}]_{\text{eq}})$  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  $\text{HClO}/\text{ClO}^-$ ، ثم أحسب قيمتها العددية. ماذا تستنتج؟

