

## تمارين التفاعلات المقرونة بتفاعلات حمض قاعدة

### تمرين 1 :

- نذيب كتلة  $m = 88 \text{ mg}$  من حمض الاسكوريك فيتامين C صيغته  $C_6H_8O_6$  في حجم  $V = 100 \text{ mL}$  من الماء ، فنحصل على محلول S ذي  $pH = 3,2$  .
- 1- أحسب C تركيز المحلول S .
  - 2- أكتب معادلة التفاعل حمض-قاعدة بين حمض الأسكوريك والماء .
  - 3- أنشئ الجدول التقدم لهذا التفاعل وحدد التقدم الأقصى  $x_{max}$  .
  - 4- أوجد قيمة التقدم النهائي  $x_f$  .
  - 5- أحسب قيمة نسبة التقدم النهائي  $\tau$  و استنتج ما إذا كان التفاعل كلياً أو محدوداً.
  - 6- أحسب K قيمة ثابتة التوازن .

### تمرين 2 :

- نذيب حجماً  $V = 1,2 \text{ L}$  من غاز كلورور الهيدروجين في لتر من الماء ، فنحصل على محلول  $S_1$  لحمض الكلوريدريك حجمه  $V_1 = 1 \text{ L}$  .
- نأخذ بواسطة ماصة حجماً  $V = 10 \text{ mL}$  من المحلول  $S_1$  ونفرغه في حوجلة معيارية من فئة  $500 \text{ mL}$  تحتوي في البداية على  $250 \text{ mL}$  من الماء المقطر . نحرك المحلول المحصل عليه ثم نضيف إليه تدريجياً الماء المقطر مع تحريك الخليط حتى الوصول الى الخط المعياري للحوجلة ، فنحصل على المحلول  $S_2$  تركيزه  $C_2$  وموصليته  $\sigma_2 = 0,0852 \text{ S.m}^{-1}$  .
- 1- أكتب معادلة تفاعل غاز كلورور الهيدروجين مع الماء .
  - 2- أحسب التركيز  $C_2$  .
  - 3- أكتب تعبير الموصلية  $\sigma_2$  للمحلول  $S_2$  بدلالة الموصليات المولية الأيونية وتراكيز الأيونات المتواجدة بالمحلول ( نهمل تركيز أيون الهيدروكسيد  $HO^-$  أمام تراكيز الأيونات الأخرى ) .
  - 4- استنتج تراكيز الأيونات المتواجدة بالمحلول بما فيها أيون الهيدروكسيد .
  - 5- تحقق أن إهمال تركيز أيون الهيدروكسيد كان في محله .
  - 6- هل التفاعل بين الماء وغاز كلورور الهيدروجين كلياً أو محدود ؟ علل جوابك .

المعطيات :

الحجم المولي للغازات :  $V_m = 24 \text{ L.m}^{-1}$

الجداء الايوني للماء :  $K_e = 10^{-14}$

الموصلية المولية الأيونية :

$$\lambda(H_3O^+) = 35.10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}; \lambda(Cl^-) = 7,6.10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

### تمرين 3 :

نحضر حجما  $V_1 = 100 \text{ mL}$  من محلول  $S_1$  بإذابة كتلة  $m = 68 \text{ mg}$  من ميثانوات الصوديوم  $\text{HCOONa}$  الصلب في الماء .

1- أكتب معادلة الذوبان .

2- أحسب  $C_1$  تركيز المحلول المحصل عليه .

3- أعط تعبير الموصلية  $\sigma$  لهذا المحلول بدلالة  $C_1$  ثم احسب قيمتها .

نضيف حجما  $V_2 = 50 \text{ mL}$  من محلول مائي  $S_2$  لحمض الكلوريدريك ذي تركيز  $C_2 = 1,10,1 \text{ mol.L}^{-1}$

للمحلول السابق ثم نغمر في الخليط السابق صفيحتين فلزيتين متوازيتين تفصل بينهما مسافة  $L = 1 \text{ cm}$  والمساحة المغمورة لكل منهما  $S = 3,21 \text{ cm}^2$  .

نقيس توترا  $U = 1 \text{ V}$  بين الصفيحتين وشدة التيار الكهربائي :  $I = 38 \text{ mA}$  التي تعبر مقطعا من المحلول بين الصفيحتين .

4- اعط المزدوجتين حمض-قاعدة المتواجدين في الخليط .

5- اكتب معادلة التفاعل حمض-قاعدة التي تحدث في الخليط .

6- أحسب كمية مادة المتفاعلات البدئية و أنشئ جدول تقدم للتفاعل الحاصل واستنتج التقدم الأقصى  $x_{max}$

7- أحسب قيمة الموصلية  $G'$  واستنتج قيمة الموصلية  $\sigma'$  للخليط ب (S/m) .

8- أعط تعبير  $\sigma'$  بدلالة  $V_2, V_1, C_1, C_2$  والموصليات المولية للأيونات المتواجدة في المحلول .  
معطيات :

$$M(\text{HCOONa}) = 68 \text{ g/mol}$$

$$G = \sigma \frac{S}{L} \quad \text{وتعبير الموصلية}$$

$$\lambda(\text{HCOO}^-) = 5,46 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \quad \text{و} \quad \lambda(\text{Na}^+) = 5,01 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

### تمرين 4 :

نتوفر على محلول مائي لحمض ثنائي كلورو إيثانويك  $\text{CHCl}_2\text{COOH}$  تركيزه  $C = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  وله  $\text{pH} = 1,3$  .

1- أكتب معادلة التفاعل الحمض مع الماء محددا المزدوجتين قاعدة / حمض المتدخلتين في التفاعل .

2- أنشئ الجدول الوصفي للتفاعل الحاصل .

3- أوجد نسبة التقدم النهائي واستنتج .

4- نضيف الى الحجم  $V = 100 \text{ mL}$  من هذا المحلول قطرة من ثنائي كلورو إيثانويك الخالص . نقبل أن الحجم الكلي للخليط لم يتغير .

4-1 بين بدون حساب منحى تغير كل من التركيز  $C'$  و  $\tau$  نسبة التقدم النهائي .

4-2 علما أن كثافة حمض ثنائي كلورو إيثانويك الخالص  $d = 1,57$  وأن حجم القطرة هو  $v = 0,05 \text{ mL}$  و  $\text{pH}$  الخليط يأخذ 1,28 أحسب نسبة التقدم النهائي للمحلول الجديد ، وقارنها مع

نسبة التقدم البدئي . ماذا تستنتج ؟

معطيات :

$$M(\text{CHCl}_2\text{COOH}) = 129 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ g.L}^{-1}$$

## تصحيح تمارين التفاعلات المقرونة بالتفاعلات حمض قاعدة

### حل التمرين 1 :

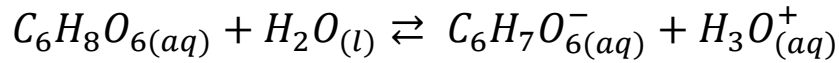
1- حساب التركيز  $C$  :

$$C = \frac{n(C_6H_8O_6)}{V} = \frac{m}{M(C_6H_8O_6) \cdot V}$$

ت.ع :

$$C = \frac{88 \cdot 10^{-3}}{176 \times 100 \cdot 10^{-3}} = 5 \cdot 10^{-3}$$

2- معادلة التفاعل :



3- الجدول الوصفي :

معادلة التفاعل		$C_6H_8O_6(aq) + H_2O(l)$ $\rightleftharpoons C_6H_7O_6^-(aq) + H_3O^+(aq)$			
حالة المجموعة	التقدم : $x(mol)$	كميات المادة بالمول			
البدئية	<b>0</b>	$C \cdot V$ $= 5 \cdot 10^{-4}$	وفير	<b>0</b>	<b>0</b>
خلال التحول	$x$	$C \cdot V - x$	وفير	$x$	$x$
النهائية	$x_f$	$C \cdot V - x_f$	وفير	$x_f$	$x_f$

بما أن الماء مستعمل بوفرة فإن المتفاعل المحد هو حمض الأسكوربيك :

$$C \cdot V - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = C \cdot V = 5 \cdot 10^{-4} mol$$

4- حساب  $x_f$  التقدم النهائي :

$$[H_3O^+]_{\acute{e}q} = [C_6H_7O_6^-]_{\acute{e}q} = \frac{x_f}{V}$$

$$x_f = V \cdot [H_3O^+]_{\acute{e}q} = V \cdot 10^{-PH}$$

ت.ع :

$$x_f = 100 \cdot 10^{-3} \times 10^{-3,2} = 6,3 \cdot 10^{-5} mol$$

5- حساب  $\tau$  نسبة التقدم النهائي :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$$

ت.ع :

$$\tau = \frac{6,3 \cdot 10^{-5}}{5 \cdot 10^{-4}} = 0,126 < 1$$

نستنتج أن الفاعل محدود .  
6-حساب  $K$  ثابتة التوازن :

$$K = \frac{[H_3O^+]_{\acute{e}q}[C_6H_8O_6^-]_{\acute{e}q}}{[C_6H_8O_6]_{\acute{e}q}}$$

من الجدول الوصفي :

$$[C_6H_8O_6]_{\acute{e}q} = \frac{C \cdot V - x_f}{V} = C - \frac{x_f}{V}$$

$$[C_6H_8O_6]_{\acute{e}q} = C - [H_3O^+]_{\acute{e}q}$$

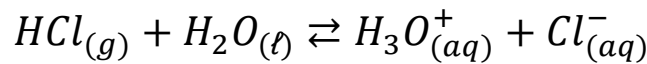
$$K = \frac{[H_3O^+]_{\acute{e}q}[C_6H_8O_6^-]_{\acute{e}q}}{[C_6H_8O_6]_{\acute{e}q}} = \frac{[H_3O^+]_{\acute{e}q}^2}{C - [H_3O^+]_{\acute{e}q}}$$

ت.ع:

$$K = \frac{\left(\frac{6,3 \cdot 10^{-5}}{0,1}\right)^2}{5 \cdot 10^{-5} - \frac{6,3 \cdot 10^{-5}}{0,1}} = 9,1 \cdot 10^{-5}$$

## تمرين 2 :

1-معادلة التفاعل :



2-حساب التركيز  $C_2$  :

لنحسب أولا  $C_1$  تركيز المحلول ( $S_1$ ) :

$$\begin{cases} n = \frac{V(HCl)}{V_m} \\ C_1 = \frac{n}{V_1} \end{cases} \Rightarrow C_1 = \frac{V(HCl)}{V_m \cdot V_1} \Rightarrow C_1 = \frac{1,2}{24 \times 1} = 5 \cdot 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$$

علاقة التخفيف :

$$C_1 \cdot V = C_2 \cdot V_2 \Rightarrow C_2 = \frac{C_1 \cdot V}{V_2} \Rightarrow C_2 = \frac{5 \cdot 10^{-2} \times 10^{-2}}{0,25} = 2 \cdot 10^{-3} mol \cdot L^{-1}$$

3-موصلية المحلول  $\sigma_2$  نكتب :

$$\sigma_2 = \lambda(H_3O^+) \cdot [H_3O^+] + \lambda(Cl^-)[Cl^-]$$

4- حساب تراكيز الأنواع الكيميائية المتواجدة في المحلول :

معادلة التفاعل		$HCl_{(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$			
حالة المجموعة	التقدم : $x(mol)$	كميات المادة بالمول			
البدئية	0	$C.V$ $= 5.10^{-4}$	وفير	0	0
خلال التحول	$x$	$C.V - x$	وفير	$x$	$x$
النهائية	$x_f$	$C.V - x_f$	وفير	$x_f$	$x_f$

حسب الجدول الوصفي لدينا :

$$[H_3O^+] = [Cl^-] = \frac{x_f}{V_2}$$

$$\sigma_2 = [H_3O^+] \{ \lambda(H_3O^+) + \lambda(Cl^-) \}$$

$$[H_3O^+] = \frac{\sigma_2}{\lambda(H_3O^+) + \lambda(Cl^-)}$$

ت.ع:

$$[H_3O^+] = [Cl^-] = \frac{0,0852 S.m^{-1}}{35.10^{-3} + 7,6.10^{-3}} S.m^2.mol^{-1} = 2 mol.m^{-3} = 2.10^{-3} mol.L^{-1}$$

لدينا :  $Ke = [H_3O^+]. [HO^-]$

$$[HO^-] = \frac{Ke}{[H_3O^+]}$$

$$[HO^-] = \frac{10^{-14}}{2.10^{-2}} = 5.10^{-12} mol.L^{-1}$$

5- مقارنة تركيز أيونات  $HO^-$  بتراكيز الأيونات الأخرى :

$$\frac{[HO^-]}{[H_3O^+]} = \frac{[HO^-]}{[Cl^-]} = \frac{5.10^{-12}}{2.10^{-3}} = 2,5.10^{-9} \ll 1$$

نستنتج أن تركيز أيونات  $HO^-$  مهمل أمام تراكيز الأيونات الأخرى المتواجدة في المحلول .

6- نلاحظ أن  $[H_3O^+] = C_2$  بالتالي التفاعل كلي.

### تصحيح تمرين 3 :

1- معادلة الذوبان :



2- حساب التركيز  $C_1$  :

$$C_1 = \frac{m}{M(HCOOH) \cdot V} = \frac{68 \cdot 10^{-3}}{68 \times 0,1} = 0,01 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

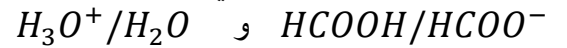
3- حسب تعريف الموصلية نكتب:

$$\sigma = \lambda(Na^+) [Na^+] + \lambda(HCOO^-) [HCOO^-] = C_1 (\lambda(Na^+) + \lambda(HCOO^-))$$

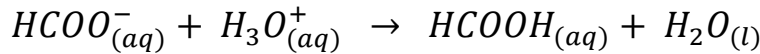
$$C_1 = 0,01 \text{ mol} \cdot L^{-1} = 0,01 \text{ mol} / 10^{-3} \cdot m^3 = 10 \text{ mol} \cdot m^{-3}$$

$$\sigma = 10 \text{ mol} \cdot m^{-3} (5,46 + 5,01) \cdot 10^{-3} S \cdot m^2 \cdot \text{mol}^{-1} = 0,105 S \cdot m^{-1}$$

4- المزدوجتين المتدخلتين في التفاعل :



5- معادلة التفاعل :



6- حساب كمية المادة البدئية للمتفاعلين :

$$n_i(HCOO^-) = C_1 \cdot V_1 = 0,01 \times 0,1 = 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_i(H_3O^+) = C_2 \cdot V_2 = 1,1 \times 0,05 = 5,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

جدول التقدم :

معادلة التفاعل		$HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)} \rightarrow HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)}$			
حالة المجموعة	التقدم : $x(\text{mol})$	كميات المادة بالمول			
البدئية	0	0,001	0,055	0	0
خلال التحول	$x$	$0,001 - x$	$0,055 - x$	$x$	$x$
النهائية	$x_f$	$0,001 - x_f$	$0,055 - x_f$	$x_f$	$x_f$

المتفاعل المحد هو  $HCOO^-$  والتقدم الأقصى :

$$0,001 - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = 0,01 \text{ mol}$$

7- الموصلية  $G$  تكتب :

$$G' = \frac{1}{R} = \frac{I}{U}$$

$$G' = \frac{38 \cdot 10^{-3}}{1} = 38 \cdot 10^{-3} S$$

استنتاج الموصلية  $\sigma$  :

$$G' = \sigma' \frac{S}{L} \Rightarrow \sigma' = G' \frac{L}{S}$$

$$\sigma' = 38 \cdot 10^{-3} S \times \frac{10^{-2} m}{3,21 \cdot 10^{-4} m^2} = 1,18 S \cdot m^{-1}$$

8-تعبير الموصلية  $\sigma'$  :

حسب السؤال 6 لدينا  $n_i(HCOO^-) = C_1 \cdot V_1$

$$n_i(H_3O^+) = C_2 \cdot V_2$$

المتفاعل المحد هو  $HCOO^-$  والتقدم الأقصى :

$$C_1 \cdot V_1 - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = C_1 \cdot V_1 = 0,01mol$$

الجدول الوصفي يكتب :

معادلة التفاعل		$HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)} \rightarrow HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)}$			
حالة المجموعة	التقدم : $x(mol)$	كميات المادة ب (mol)			
البدئية	0	$C_1 \cdot V_1$	$C_2 \cdot V_2$	0	0
خلال التحول	$x$	$C_1 \cdot V_1 - x$	$C_2 \cdot V_2 - x$	$x$	$x$
النهائية	$x_{max}$ $= C_1 \cdot V_1$	0	$C_2 \cdot V_2 - C_1 \cdot V_1$	$C_1 \cdot V_1$	$C_1 \cdot V_1$

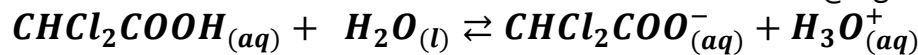
موصلية الخليط :

$$\sigma' = \lambda(H_3O^+)[H_3O^+] + \lambda(Na^+)[Na^+] + \lambda(Cl^-)[Cl^-]$$

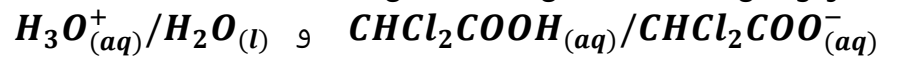
$$\sigma' = \lambda(H_3O^+) \frac{C_2 V_2 - C_1 V_1}{V_1 + V_2} + \lambda(Na^+) \frac{C_1 V_1}{V_1 + V_2} + \lambda(Cl^-) \frac{C_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

تصحيح تمرين 4 :

1-معادلة تفاعل الحمض مع الماء :



المزدوجتان قاعدة /حمض المتفاعلتان :



2-الجدول الوصفي :

معادلة التفاعل		$CHCl_2COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CHCl_2COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
حالة المجموعة	التقدم : $x(mol)$	كميات المادة بالمول			
البدئية	0	$C \cdot V$	وفير	0	0
خلال التحول	$x$	$C \cdot V - x$	وفير	$x$	$x$
النهائية	$x_{\acute{e}q}$	$C \cdot V - x_{\acute{e}q}$	وفير	$x_{\acute{e}q}$	$x_{\acute{e}q}$

4- نسبة التقدم النهائي :

$$\tau = \frac{x_{\acute{e}q}}{x_{max}}$$

بما أن الماء مستعمل بوفرة فإن المتفاعل المحد هو  $CHCl_2COOH$  وبالتالي :

$$C.V - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = C.V$$

حسب الجدول الوصفي :  $[H_3O^+] = \frac{x_{\acute{e}q}}{V}$  ومنه :  $x_{\acute{e}q} = [H_3O^+].V = 10^{-pH}.V$

$$\tau = \frac{10^{-pH}.V}{C.V} = \frac{10^{-pH}}{C}$$

$$\tau = \frac{10^{-1,3}}{0,1} = 0,5$$

نلاحظ أن  $\tau < 1$  وبالتالي التفاعل محدود .

- عند إضافة الحمض فإن تركيز  $C$  يتزايد ونسبة التقدم النهائي  $\tau' = \frac{10^{-pH'}}{C'}$  تتناقص .

4-2- كمية مادة حمض ثنائي كلورو إيثانويك الموجودة في القطرة :

$$n = \frac{\rho.V}{M} = \frac{d.\rho_{eau}.V_a}{M} = \frac{1,57 \times 1g.cm^{-3} \times 0,05cm^3}{129g.mol^{-1}} \approx 6,1.10^{-4}mol$$

حساب نسبة التقدم النهائي:

$$\tau = \frac{x'_{\acute{e}q}}{x'_{max}} = \frac{10^{-PH'}}{C'}$$

حساب  $C'$  :

$$C' = \frac{CV+n}{V} = C + \frac{n}{V} = 0,1 + \frac{6,1.10^{-4}}{0,1} = 0,106$$

$$\tau = \frac{10^{-1,28}}{0,106} = 0,495$$

نلاحظ أن التركيز قد تزايد قليلا و نسبة التقدم النهائي انخفضت قليلا عند إضافة قطرة الحمض .  
 $\tau$  تتناقص بازدياد التركيز والعكس صحيح .