☒ تمريـــن ❶ : 2BACSVT_N2020

⊂ دراسة محلول مائي لحمض الأسكوربيك.

نعتبر حمض الأسكوربيك $C_6H_8O_{6(aq)}$، تركيزه المولي $C = 4{,}0.10^{-3}\ mol.L^{-1}$ وحجمه $V = 100mL$ وله $pH = 3{,}25$ عند $25°C$.

يتفاعل حمض الأسكوربيك مع الماء حسب المعادلة الكيميائية : $C_6H_8O_{6(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_7O_6^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

❶ تعرف على المزدوجتين حمض – قاعدة المتدخلتين.

❷ أنشئ الجدول الوصفي لتقدم التفاعل باستعمال المقدارين C و V والتقدم x والتقدم $x_{éq}$ عند حالة التوازن المجموعة الكيميائية.

❸ أنقل على ورقة تحريرك رقم السؤال، واكتب الحرف الموافق للاقتراح الصحيح. قيمة نسبة التقدم النهائي هي :

A	$\tau \approx 0{,}34$	B	$\tau \approx 0{,}47$	C	$\tau \approx 0{,}55$	D	$\tau \approx 0{,}14$

❹ أنقل على ورقة تحريرك رقم السؤال، واكتب الحرف الموافق للاقتراح الصحيح. نسبة التقدم النهائي تتعلق :

A	بثابتة التوازن K المقرونة بمعادلة التفاعل وبالتركيب البدئي للمجموعة الكيميائية.
B	بالتركيب البدئي للمجموعة الكيميائية فقط.
C	بثابتة التوازن K المقرونة بمعادلة التفاعل فقط.
D	تتعلق فقط بدرجة حرارة المجموعة الكيميائية.

☒ تمريـــن ❷ : 2BACSVT_R2020

⊂ دراسة محلول مائي لحمض البوتانويك.

نحضر عند $25°C$، محلولا مائيا (S_A) لحمض البوتانويك $C_3H_7CO_2H_{(aq)}$ تركيزه المولي $C_A = 2{,}0.10^{-3}\ mol.L^{-1}$ وحجمه $V_A = 1{,}0L$، أعطى قياس pH المحلول (S_A) القيمة $pH = 3{,}76$.

❶ أكتب المعادلة الكيميائية المنمذجة لتفاعل حمض البوتانويك الماء.

❷ أنشئ الجدول الوصفي لهذ التفاعل باستعمال المقادير C_A و V_A والتقدم x والتقدم $x_{éq}$ عند حالة التوازن المجموعة الكيبيائية.

❸ حدد قيمة التقدم الأقصى x_{max}.

❹ تحقق أن التقدم عند حالة التوازن هي $x_{éq} = 1{,}74.10^{-4}\ mol$

❺ احسب قيمة نسبة التقدم النهائي τ. ماذا تستنتج؟

❻ أحسب قيمة ثابتة التوازن K الموافقة لمعادلة التفاعل.

❼ أنقل على ورقة تحريرك رقم السؤال ثم أكتب الحرف الموافق للاقتراح الصحيح.

في الشروط التجربة، ثابتة التوازن K الموافقة لمعادلة هذا التفاعل :

A	تتعلق بالتركيب البدئي للمجموعة الكيميائية ودرجة الحرارة.
B	تتعلق فقط بالتركيب البدئي للمجموعة الكيميائية.
C	تتعلق فقط بـ pH المحلول.
D	تتعلق فقط بدرجة حرارة المجموعة الكيميائية.

☒ تمريـــن ❸ : 2BACPC_R2008

⊂ دراسة ذوبان حمض الإيثانويك $CH_3COOH_{(aq)}$ في الماء :

- المعطيات :

- الكتلة الحجمية لحمض الإيثانويك : $\rho = 1\text{g}/mL$
- الكتلة المولية لحمض الإيثانويك: $M(CH_3COOH_{(aq)}) = 60\ \text{g}.mol^{-1}$
- الموصليات المولية الأيونية : $\lambda_{H_3O^+} = 3{,}49.10^{-2}\ S.m^2.mol^{-1}$ و $\lambda_{CH_3COO^-} = 4{,}09.10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$.

نتوفر على محلولين مائيين (S_1) و (S_2) لحمض الإيثانويك :

- المحلول (S_1) تركيزه المولي $C_1 = 5{,}0.10^{-2}\ mol.L^{-1}$ وموصليته $\sigma_1 = 3{,}5.10^{-2}\ S.m^{-1}$.
- المحلول (S_2) تركيزه المولي $C_2 = 5{,}0.10^{-3}\ mol.L^{-1}$ وموصليته $\sigma_2 = 1{,}1.10^{-2}\ S.m^{-1}$.

نعتبر ذوبان حمض الإيثانويك في الماء تفاعلا محدودا.

❶ اكتب معادلة التفاعل المنمذج لذوبان حمض الإيثانويك في الماء.

❷ أوجد تعبير التركيز المولي الفعلي $[H_3O^+]_{éq}$ لأيونات الأوكسونيوم عند التوازن بدلالة σ و $\lambda_{H_3O^+}$ و $\lambda_{CH_3COO^-}$.

❸ احسب $[H_3O^+]_{éq}$ في كل من (S_1) و (S_2).

❹ 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.

❺ حدد ثابتة التوازن لتفاعل حمض الإيثانويك مع الماء بالنسبة لكل من (S_1) و (S_2). ماذا تستنتج؟

☒ تمريـــن ❹ : 2BACSVT_N2008

⊂ تحديد خارج تفاعل حمض الأسكوربيك مع الماء بقياس pH.

نعتبر محلولا مائيا لحمض الأسكوربيك $C_6H_8O_{6(aq)}$ حجمه V وتركيزه المولي $C = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$.

◆ معطيات :

- الكتلة المولية لحمض الأسكوربيك : $M(C_6H_8O_6) = 176\ \text{g}.mol^{-1}$

أعطى قياس pH هذا المحلول عند 25°C القيمة $pH = 3{,}01$.

❶ اكتب معادلة تفاعل الأسكوربيك مع الماء.

❷ أنشئ الجدول الوصفي لهذ التفاعل.

❸ احسب نسبة التقدم النهائي τ للتفاعل. هل التحول كلي؟

❹ المجموعة الكيميائية في حالة توازن، أوجد قيمة خارج التفاعل $Q_{réq}$.

استنتج قيمة ثابتة التوازن K المقرونة بهذا التفاعل.

☒ تمريـــن ❺ : 2BACPC_N2008

⊂ تحديد ثابتة التوازن لتفاعل حمض الإيبوبروفين مع الماء :

نذيب محتوى كيس من الإيبوبرفين $C_{13}H_{18}O_2$ والذي يحتوي على $200mg$ من الحمض في الكأس من الماء الخالص، فنحصل على محلول مائي (S_0) تركيزه C_0 وحجمه $V_0 = 100mL$.

- نعطي : الكتلة المولية لحمض الإيبوبروفين هي : $M = 206\ \text{g}.mol^{-1}$.

❶ احسب C_0.

❷ أعطى قياس pH المحلول (S_0) القيمة $pH = 3{,}17$.

تحقق باستعانتك بالجدول الوصفي، أن تفاعل الإيبوبوفين مع الماء تفاعل محدود.

❸ اكتب تعبير Q_r خارج التفاعل لهذا التحول.

❹ بين أن تعبير Q_r عند التوازن يكتب على الشكل التالي : $Q_{r,éq} = \dfrac{x_{max}.\tau^2}{V_0(1-\tau)}$

حيث τ : نسبة التقدم النهائي للتفاعل و x_{max} : التقدم الأقصى ويعبر عنه بالمول.

❺ استنتج قيمة ثابتة التوازن K المقرونة بمعادلة التفاعل المدروس.

☒ تمريـــن ❻ :

نذيب كتلة $m = 1{,}48g$ من حمض البروبانويك الخالص C_2H_5COOH في الماء المقطر لحمض البوبانويك تركيزه المولي C وحجمه $V = 400mL$.

أعطى قياس pH هذا المحلول عند 25°C القيمة $pH = 3{,}09$.

- نعطي : الكتلة المولية لحمض البروبانويك هي : $M = 74\ g.mol^{-1}$.

❶ احسب كمية مادة الحمض البدئية واستنتج تركيزه C.

❷ اكتب المعادلة الحصيلة للتفاعل.

❸ أنشئ الجدول الوصفي لتقدم التفاعل مبرزا فيه الحالة عند التوازن.

❹ بين أن تعبير نسبة التقدم النهائي τ هو : $\tau = \dfrac{10^{-pH}}{C}$

❺ احسب قيمة τ، هل التحول المدروس كلي أم محدود؟

☒ تمريـــن ❼ :

حمض الفورميك *(acide formique)* أو حمض الميثانويك $HCOOH$ سائل عديم اللون ذو رائحة مميزة تفرزه النملة *(fourmi)* لتتبع أثرها في جحرها أو عند إحساسها بالخطر. كما يوجد كما يوجد في سم النحل.

نذيب كتلة m من هذا الحمض في حجم $V = 100mL$ من الماء المقطر. فنحصل على محلول مائي (S) لحمض الميثانويك تركيزه المولي $C = 1{,}0.10^{-2}\ mol.L^{-1}$. أعطى قياس pH هذا المحلول القيمة $pH = 2{,}9$.

◆ نعطي :

- الكتلة المولية لحمض الفورميك هي : $M = 46g.mol^{-1}$.
- الموصليات المولية الأيونية عند 25°C : $\lambda_{H_3O^+} = 35mS.m^2.mol^{-1}$ و $\lambda_{HCOO^-} = 5{,}46mS.m^2.mol^{-1}$.

❶ احسب الكتلة m.

❷ اكتب المعادلة الحصيلة للتفاعل

❸ أنشئ الجدول الوصفي لتقدم التفاعل مستعملا المقادير التالية : تقدم التفاعل x والتقدم عند حالة التوازن $x_{éq}$ و C و V.

❹ حدد قيمة التقدم النهائي τ لهذا التفاعل. لهذا التفاعل. ماذا تستنتج؟

❺ بين أن تعبير خارج التفاعل $Q_{r,éq}$ عند حالة توازن المجموعة الكيميائية يكتب على الشكل التالي : $Q_{r,éq} = \dfrac{C.\tau^2}{1-\tau}$

❻ استنتج ثابتة التوازن K لهذا التفاعل.

❼ أوجد قيمة $Q_{éq}$ موصلية المحلول عند التوازن.

❽ نخفف المحلول (S)، فنحصل على محلول (S′) تركيزه $C' = 1{,}0.10^{-3}\ mol.L^{-1}$.

a. أحسب ثابتة التوازن K' للمحلول (S′).

b. أحسب نسبة التقدم النهائي τ' للمحلول (S′).

تحويـــل

$1mol.m^{-3} = 10^{-3}\ mol.L^{-1}$

$\times 10^{-3}$

$mol.m^{-3}$ ⇄ $mol.L^{-1}$

$\times 10^{3}$

تصحيح سلسلة رقم 6

☒ تمريـــن ❶ :

❶ المزدوجتين حمض – قاعدة المتدخلتين :

$C_6H_8O_{6(aq)}/C_6H_7O_6^-{}_{(aq)}$ و $H_3O^+_{(aq)}/H_2O_{(l)}$

❷ الجدول الوصفي :

معادلة التفاعل	$C_6H_8O_{6(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_7O_6^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
حالة المجموعة	تقدم التفاعل	كميات المادة بالمول *(mol)*		
الحالة البدئية	0	0	0	CV
الحالة الوسطية	x	x	x	$CV - x$
عند التوازن	$x_{éq}$	$x_{éq}$	$x_{éq}$	$CV - x_{éq}$

❸ نسبة التقدم النهائي :

لدينا $\tau = \dfrac{x_{éq}}{x_{max}}$

من خلال الجدول الوصفي لدينا :

$[H_3O^+]_{éq} = \dfrac{x_{éq}}{V} \Longrightarrow x_{éq} = [H_3O^+]_{éq}.V$

حمض الأسكوربيك هو المتفاعل المحد

أي $CV - x_{max} = 0$.

وبالتالي $x_{max} = CV$

$$\tau = \frac{[H_3O^+]_{éq}.V}{C.V} = \frac{[H_3O^+]_{éq}}{C}$$

لدينا $[H_3O^+]_{éq} = 10^{-pH}$

وبالتالي $\tau = \dfrac{10^{-pH}}{C}$

تطبيق عددي $\tau = \dfrac{10^{-3,25}}{4,0.10^{-3}}$

$\tau = 0,14$

❹ نسبة التقدم النهائي تتعلق :

بثابتة التوازن K المقرونة بمعادلة التفاعل وبالتركيب البدئي للمجموعة الكيميائية.

☒ تمريـــن ❷ :

❶ المعادلة الكيميائية :

$$C_3H_7CO_2H_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_3H_7CO_2O^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

❷ الجدول الوصفي :

معادلة التفاعل			$C_3H_7CO_2H + H_2O \rightleftharpoons C_3H_7CO_2O^- + H_3O^+_{(aq)}$		
حالة المجموعة	تقدم التفاعل	كميات المادة بالمول *(mol)*			
الحالة البدئية	0	0	0	وافر	C_AV_A
الحالة الوسطية	x	x	x		$C_AV_A - x$
عند التوازن	$x_{éq}$	$x_{éq}$	$x_{éq}$		$C_AV_A - x_{éq}$

❸ قيمة التقدم الأقصى x_{max} :

حمض البوتانويك هو المتفاعل المحد أي $C_AV_A - x_{max} = 0$. وبالتالي $x_{max} = C_AV_A$

$$x_{max} = 2{,}0.10^{-3} \times 1 \quad \Longrightarrow \quad \boxed{x_{max} = 2{,}0.10^{-3}mol}$$

❹ التحقق من التقدم النهائي :

من خلال الجدول الوصفي لدينا :

$$[H_3O^+]_{éq} = \frac{x_{éq}}{V_A} \quad \Longrightarrow \quad x_{éq} = [H_3O^+]_{éq}.V_A$$

لدينا $[H_3O^+]_{éq} = 10^{-pH}$

$$x_{éq} = 10^{-pH}.V_A = 10^{-3{,}76} \times 1$$

$$\boxed{x_{éq} = 1{,}74.10^{-4}mol}$$

❺ نسبة التقدم النهائي :

لدينا $\tau = \dfrac{x_{éq}}{x_{max}}$

تطبيق عددي $\tau = \dfrac{1{,}74.10^{-4}}{2{,}0.10^{-3}}$

$$\boxed{\tau = 0{,}087 = 8{,}7\%}$$

$\tau < 1$ – نستنتج أن التفاعل محدود.

❻ قيمة ثابتة التوازن K :

لدينا $K = \dfrac{[C_3H_7CO_2O^-]_{éq}, [H_3O^+]_{éq}}{[C_3H_7CO_2H]_{éq}}$

من خلال الجدول الوصفي لدينا :

$$\begin{cases} [H_3O^+]_{éq} = [C_3H_7CO_2O^-]_{éq} = \dfrac{x_{éq}}{V_A} \\ [C_3H_7CO_2H]_{éq} = \dfrac{C_AV_A - x_{éq}}{V_A} = C_A - \dfrac{x_{éq}}{V_A} = C_A - [H_3O^+]_{éq} \end{cases} \Longrightarrow \quad K = \frac{[H_3O^+]_{éq}{}^2}{C_A - [H_3O^+]_{éq}}$$

لدينا $[H_3O^+]_{éq} = 10^{-pH}$

إذن $K = \dfrac{10^{-2pH}}{C_A - 10^{-pH}}$

تطبيق عددي $K = \dfrac{10^{-2\times 3,76}}{2,0.10^{-3} - 10^{-3,76}}$

$K = 1,65.10^{-5}$

❼ ثابتة التوازن K الموافقة لمعادلة هذا التفاعل :

☚ تتعلق فقط بدرجة حرارة المجموعة الكيميائية.

☒ تمريـــن ❸ :

❶ المعادلة الكيميائية :

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)_{(aq)}} + H_3O^+_{(aq)}$$

❷ تعبير التركيز المولي الفعلي $[H_3O^+]_{éq}$:

الجدول الوصفي :

لدينا $\sigma = \lambda_{H_3O^+}.[H_3O^+]_{éq} + \lambda_{CH_3COO^-}.[CH_3COO^-]_{éq}$

نعلم أن $[H_3O^+]_{éq} = [CH_3COO^-]_{éq}$

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+}.[H_3O^+]_{éq} + \lambda_{CH_3COO^-}.[H_3O^+]_{éq}$$

$$= [H_3O^+]_{éq}\left(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-}\right)$$

إذن $[H_3O^+]_{éq} = \dfrac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-}}$

❸ تطبيق عددي :

$$[H_3O^+]_{éq} = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-}}$$

في المحلول (S_1) ⬅

$$[H_3O^+]_{éq1} = \frac{\sigma_1}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-}}$$

$$= \frac{3{,}5.10^{-2}}{3{,}49.10^{-2} + 4{,}09.10^{-3}}$$

$$= 0{,}89\ mol.m^{-3}$$

$$[H_3O^+]_{éq1} = 0{,}88.10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

في المحلول (S_2) ⬅

$$[H_3O^+]_{éq2} = \frac{\sigma_2}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-}}$$

$$= \frac{1{,}1.10^{-2}}{3{,}49.10^{-2} + 4{,}09.10^{-3}}$$

$$= 0{,}28\ mol.m^{-3}$$

$$[H_3O^+]_{éq2} = 0{,}28.10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

❹ نسبة التقدم النهائي :

لدينا $\tau = \dfrac{x_{éq}}{x_{max}}$

$[H_3O^+]_{éq} = \dfrac{x_{éq}}{V} \quad \Longrightarrow \quad x_{éq} = [H_3O^+]_{éq}.V$

حمض الإيثانويك هو المتفاعل المحد أي $CV - x_{max} = 0$.

وبالتالي $x_{max} = CV$

$$\tau = \frac{[H_3O^+]_{éq}.V}{C.V} = \frac{[H_3O^+]_{éq}}{C}$$

✷ تطبيق عددي

🡸 في المحلول (S_1)

$$\tau_1 = \frac{[H_3O^+]_{éq1}}{C_1} = \frac{0{,}89.10^{-3}}{5{,}0.10^{-2}}$$

$\tau_1 = 0{,}0178 = 1{,}78\%$

🡸 في المحلول (S_2)

$$\tau_2 = \frac{[H_3O^+]_{éq2}}{C_2} = \frac{0{,}28.10^{-3}}{5{,}0.10^{-3}}$$

$\tau_2 = 0{,}056 = 5{,}6\%$

✷ استنتاج :

تتعلق قيمة نسبة التقدم النهائي τ بالحالة البدئية للمجموعة، فكلما كانت التراكيز البدئية صغيرة، كانت نسبة التقدم النهائي كبيرة.

❺ تابتة التوازن لتفاعل :

لدينا $K = \dfrac{[C_6H_7O_6^-]_{éq}, [H_3O^+]_{éq}}{[C_3H_7CO_2H]_{éq}}$

$[H_3O^+]_{éq} = [CH_3COO^-]_{éq}$

$[CH_3COOH]_{éq} = C - [H_3O^+]_{éq}$

$\Longrightarrow \quad K = \dfrac{[H_3O^+]_{éq}{}^2}{C - [H_3O^+]_{éq}}$

🡸 في المحلول (S_1)

$$K_1 = \frac{[H_3O^+]_{éq1}{}^2}{C_1 - [H_3O^+]_{éq1}} = \frac{(0{,}89.10^{-3})^2}{5{,}0.10^{-2} - 0{,}89.10^{-3}}$$

$K_1 = 1{,}61.10^{-5}$

🡸 في المحلول (S_2)

$$K_2 = \frac{[H_3O^+]_{éq2}{}^2}{C_2 - [H_3O^+]_{éq2}} = \frac{(0{,}28.10^{-3})^2}{5{,}0.10^{-3} - 0{,}28.10^{-3}}$$

$K_2 = 1{,}66.10^{-5}$

نلاحظ أن $K_1 = K_2$

نستنتج أن ثابتة التوازن لا تتعلق بالحالة البدئية للمجموعة.

☒ تمريـــن ❹ :

❶ المعادلة الكيميائية :

$$C_6H_8O_{6(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_7O_6^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

❷ الجدول الوصفي :

معادلة التفاعل				$C_6H_8O_{6(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_7O_6^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$
حالة المجموعة	تقدم التفاعل	كميات المادة بالمول *(mol)*		
الحالة البدئية	0	0	0	CV
الحالة الوسطية	x	x	x	$CV - x$
عند التوازن	$x_{éq}$	$x_{éq}$	$x_{éq}$	$CV - x_{éq}$

❸ نسبة التقدم النهائي :

لدينا $\tau = \dfrac{x_{éq}}{x_{max}}$

من خلال الجدول الوصفي لدينا :

$$[H_3O^+]_{éq} = \frac{x_{éq}}{V} \quad \Longrightarrow \quad x_{éq} = [H_3O^+]_{éq}.V$$

حمض الأسكوربيك هو المتفاعل المحد أي $CV - x_{max} = 0$. وبالتالي $x_{max} = CV$

$$\tau = \frac{[H_3O^+]_{éq}.V}{C.V} = \frac{[H_3O^+]_{éq}}{C}$$

لدينا $[H_3O^+]_{èq} = 10^{-pH}$

وبالتالي $\tau = \dfrac{10^{-pH}}{C}$

تطبيق عددي $\tau = \dfrac{10^{-3,01}}{10^{-2}}$

$$\tau = 0,0977 = 9,77\%$$

$\tau < 1$ − نستنتج أن التفاعل محدود.

❹ قيمة ثابتة التوازن K المقرونة بهذا التفاعل:

لدينا $Q_{éq} = \dfrac{[C_6H_7O_6^-]_{éq}, [H_3O^+]_{éq}}{[C_6H_8O_6]_{éq}}$

$$\begin{cases} [H_3O^+]_{éq} = [C_6H_7O_6^-]_{éq} \\ [C_6H_8O_6]_{éq} = C - [H_3O^+]_{éq} \end{cases} \Rightarrow Q_{éq} = \frac{[H_3O^+]_{éq}{}^2}{C - [H_3O^+]_{éq}}$$

$$Q_{éq} = \frac{[H_3O^+]_{éq}{}^2}{C - [H_3O^+]_{éq}}$$

لدينا $[H_3O^+]_{èq} = 10^{-pH}$ إذن $Q_{éq} = \dfrac{10^{-2pH}}{C - 10^{-pH}}$

✷ تطبيق عددي

$$Q_{éq} = \frac{10^{-2\times 3,01}}{10^{-2} - 10^{-3,01}}$$

$$Q_{éq} = 1,06.10^{-4}$$

وبالتالي $K = Q_{éq} = 1,06.10^{-4}$

☒ تمريـــن ❺ :

❶ التركيز C_0 :

لدينا $C_0 = \frac{n}{V_0}$

نعلم أن $n = \frac{m}{M}$ بالتالي $C_0 = \frac{m}{V_0 . M}$

تطبيق عددي $C_0 = \frac{200.10^{-3}}{100.10^{-3} \times 206} \Rightarrow C_0 = 9{,}7.10^{-3} mol.L^{-1}$

❷ التحقق من أن تفاعل الإيبوبوفين مع الماء تفاعل محدود :

🡸 الجدول الوصفي :

معادلة التفاعل	$C_{13}H_{18}O_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_{13}H_{17}O_{2\ (aq)}^{-} + H_3O_{(aq)}^{+}$			
حالة المجموعة	تقدم التفاعل	كميات المادة بالمول *(mol)*		
الحالة البدئية	0	0	0	C_0V_0
الحالة الوسطية	x	x	x	$C_0V_0 - x$
عند التوازن	$x_{éq}$	$x_{éq}$	$x_{éq}$	$C_0V_0 - x_{éq}$

لدينا $\tau = \frac{x_{éq}}{x_{max}}$

من خلال الجدول الوصفي لدينا :

$[H_3O^+]_{éq} = \frac{x_{éq}}{V_0} \Rightarrow x_{éq} = [H_3O^+]_{éq}.V_0$

حمض الإيبوبروفين هو المتفاعل المحد أي $C_0V_0 - x_{max} = 0$.

وبالتالي $x_{max} = C_0V_0$

لدينا $[H_3O^+]_{èq} = 10^{-pH}$

وبالتالي $\tau = \frac{10^{-pH}}{C_0}$

تطبيق عددي $\tau = \frac{10^{-3{,}17}}{9{,}7.10^{-3}}$

$\tau = 0{,}0696 = 6{,}96\%$

$\tau < 1$ — نستنتج أن التفاعل محدود.

❷ تعبير Q_r خارج التفاعل :

لدينا $Q_r = \dfrac{[C_{13}H_{17}O_2^-].[H_3O^+]}{[C_{13}H_{18}O_2]}$

❸ تعبير Q_r خارج التفاعل بدلالة τ :

لدينا $Q_{r,éq} = \dfrac{[C_{13}H_{17}O_2^-]_{éq}.[H_3O^+]_{éq}}{[C_{13}H_{18}O_2]_{éq}}$

من خلال الجدول الوصفي لدينا :

$$\begin{cases}[H_3O^+]_{éq} = [C_{13}H_{17}O_2^-]_{éq} \\ [C_{13}H_{18}O_2]_{éq} = C_0 - [H_3O^+]_{éq}\end{cases}$$

$$Q_{éq} = \frac{[H_3O^+]_{éq}^{\ 2}}{C_0 - [H_3O^+]_{éq}}$$

لدينا $\tau = \dfrac{[H_3O^+]_{éq}}{C_0}$

أي $[H_3O^+]_{éq} = \tau.C_0$

$$Q_{éq} = \frac{(\tau.C_0)^2}{C_0 - \tau.C_0}$$

$$Q_{éq} = \frac{\tau^{\,2}C_0^{\,2}}{C_0(1-\tau)}$$

$$Q_{éq} = \frac{\tau^{\,2}C_0}{(1-\tau)}$$

لدينا $C_0 = \dfrac{x_{max}}{V_0}$ أي $x_{max} = C_0V_0$

$$Q_{éq} = \frac{x_{max}\tau^{\,2}}{C_0(1-\tau)}$$

❹ قيمة ثابتة التوازن K :

لدينا $K = Q_{éq} = \dfrac{\tau^{\,2}C_0}{(1-\tau)}$

تطبيق عددي $K = \dfrac{0{,}0696^2 \times 9{,}7.10^{-3}}{(1-0{,}0696)}$ أي $K = 5.10^{-5}$

☒ تمريـــن ❻ :

❶ كمية مادة الحمض البدئية :

لدينا $n = \frac{m}{M}$ تطبيق عددي $n = \frac{1,48}{74}$ أي $n = 0,2\ mol$

☚ تركيز C.

لدينا $C = \frac{n}{V}$ تطبيق عددي $C_0 = \frac{0,2}{400.10^{-3}}$ أي $C = 0,5 mol.L^{-1}$

❷ المعادلة الكيميائية :

$$C_2H_5COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_2H_5COO^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

❸ الجدول الوصفي :

معادلة التفاعل		$C_2H_5COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_2H_5COO^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
حالة المجموعة	تقدم التفاعل	كميات المادة بالمول (mol)			
الحالة البدئية	0	0	0	وفير	CV
الحالة الوسطية	x	x	x		$CV - x$
عند التوازن	$x_{éq}$	$x_{éq}$	$x_{éq}$		$CV - x_{éq}$

❹ تعبير نسبة التقدم النهائي τ :

لدينا $\tau = \frac{x_{éq}}{x_{max}}$

من خلال الجدول الوصفي لدينا :

$[H_3O^+]_{éq} = \frac{x_{éq}}{V} \Rightarrow x_{éq} = [H_3O^+]_{éq}.V$

حمض البوبانويك هو المتفاعل المحد أي $CV - x_{max} = 0$.

وبالتالي $x_{max} = CV$

لدينا $[H_3O^+]_{èq} = 10^{-pH}$

وبالتالي $\tau = \frac{10^{-pH}}{C}$

❺ تطبيق عددي $\tau = \frac{10^{-3,09}}{0,2}$

$\tau = 4.06.10^{-4}$

– $\tau < 1$ نستنتج أن التفاعل محدود.

☒ تمرين ❼ :

❶ الكتلة m :

لدينا $C = \frac{n}{V}$

نعلم أن $n = \frac{m}{M}$ بالتالي $C = \frac{m}{V.M}$ أي $m = C.V.M$

تطبيق عددي $m = 1{,}0.10^{-2} \times 100.10^{-3} \times 46$

أي $\boxed{m = 0{,}045g}$

❷ المعادلة الكيميائية :

$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCOO^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

❸ الجدول الوصفي :

معادلة التفاعل	$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCOO^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
حالة المجموعة	تقدم التفاعل	كميات المادة بالمول (mol)		
الحالة البدئية	0	0	0	وافر
الحالة الوسطية	x	x	x	$CV - x$
عند التوازن	$x_{éq}$	$x_{éq}$	$x_{éq}$	$CV - x_{éq}$

❹ نسبة التقدم النهائي τ :

لدينا $\tau = \frac{x_{éq}}{x_{max}}$

من خلال الجدول الوصفي لدينا :

$[H_3O^+]_{éq} = \frac{x_{éq}}{V} \quad \Longrightarrow \quad x_{éq} = [H_3O^+]_{éq}.V$

حمض الفورميك هو المتفاعل المحد أي $CV - x_{max} = 0$.

وبالتالي $x_{max} = CV$

لدينا $[H_3O^+]_{èq} = 10^{-pH}$

وبالتالي $\tau = \frac{10^{-pH}}{C}$

تطبيق عددي $\tau = \frac{10^{-2{,}9}}{1{,}0.10^{-2}}$

$\boxed{\tau = 0{,}1258 = 12{,}58\%}$

$\tau < 1$ – نستنتج أن التفاعل محدود.

❺ تعبير $Q_{r,éq}$ خارج التفاعل عند التوازن :

لدينا $Q_{r,éq} = \dfrac{[HCOO^-]_{éq}.[H_3O^+]_{éq}}{[HCOOH]_{éq}}$

من خلال الجدول الوصفي لدينا :

$$[H_3O^+]_{éq} = [HCOO^-]_{éq}$$
$$[HCOOH]_{éq} = C - [H_3O^+]_{éq}$$

$$Q_{éq} = \frac{[H_3O^+]_{éq}{}^2}{C - [H_3O^+]_{éq}}$$

لدينا $\tau = \dfrac{[H_3O^+]_{éq}}{C}$

أي $[H_3O^+]_{éq} = \tau.C$

$$Q_{éq} = \frac{(\tau.C)^2}{C - \tau.C}$$

$$Q_{éq} = \frac{\tau^2 C^2}{C(1-\tau)}$$

$$Q_{éq} = \frac{C\tau^2}{1-\tau}$$

❻ قيمة ثابتة التوازن K :

لدينا $K = Q_{éq} = \dfrac{C\tau^2}{1-\tau}$

تطبيق عددي $K = \dfrac{1{,}0.10^{-2} \times 0{,}1258^2}{(1 - 0{,}1258)}$

أي $K = 1{,}81.10^{-4}$

❼ قيمة $\sigma_{éq}$ موصلية المحلول عند التوازن :

لدينا $\sigma_{éq} = \lambda_{H_3O^+}.[H_3O^+]_{éq} + \lambda_{HCOO^-}.[CH_3COO^-]_{éq}$

من خلال الجدول الوصفي لدينا : $[H_3O^+]_{éq} = [HCOO^-]_{éq}$

$$\sigma_{éq} = \lambda_{H_3O^+}.[H_3O^+]_{éq} + \lambda_{HCOO^-}.[H_3O^+]_{éq}$$

وبالتالي $\sigma_{éq} = [H_3O^+]_{éq}(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{HCOO^-})$

لدينا $[H_3O^+]_{èq} = 10^{-pH}$

$[H_3O^+]_{èq} = 10^{-pH} = 10^{-2,9} = 1,26.10^{-3} mol.L^{-1}$

$= 1,26.10^{-3}.10^3$

$= 1,26\ mol.m^{-3}$

تطبيق عددي $\sigma_{éq} = 1,26.(35 + 5,46).10^{-3}$

أي $\sigma_{éq} = 5,1.10^{-3}\ S.m^{-1}$

❽ :

a. قيمة ثابتة التوازن K' :

ثابتة التوازن لا تتعلق بالحالة البدئية

إذن $K' = K = 1,81.10^{-4}$

b. نسبة التقدم النهائي τ' :

نعلم أن $K = \frac{C\tau^2}{1-\tau}$ أي $K' = \frac{C'\tau'^2}{1-\tau'}$

$C'\tau'^2 = K'(1-\tau')$

$C'\tau'^2 = K' - K'\tau'$

$C'\tau'^2 + K'\tau - K' = 0$

$1,0.10^{-3}\,\tau'^2 + 1,81.10^{-4}\,\tau - 1,81.10^{-4} = 0$

$\underbrace{1,0.10^{-3}}_{a}\tau'^2 + \underbrace{1,81.10^{-4}}_{b}\tau' + \underbrace{-1,81.10^{-4}}_{c} = 0$

$\Delta = b^2 - 4ac$

$= (1,81.10^{-4})^2 - 4 \times 1,0.10^{-3} \times (-1,81.10^{-4})$

$\Delta = 7,57.10^{-7}$

$\tau'_1 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}$

$\tau'_1 = \frac{-(1,81.10^{-4}) + \sqrt{7,57.10^{-7}}}{2 \times 1,0.10^{-3}}$

$\tau'_1 = 0,34$

$\tau'_2 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a}$

$\tau'_2 = \frac{-(1,81.10^{-4}) - \sqrt{7,57.10^{-7}}}{2 \times 1,0.10^{-3}}$

$\tau'_2 = -0,53$

نعلم أن $\tau > 0$ أي $\tau' = 0,34$