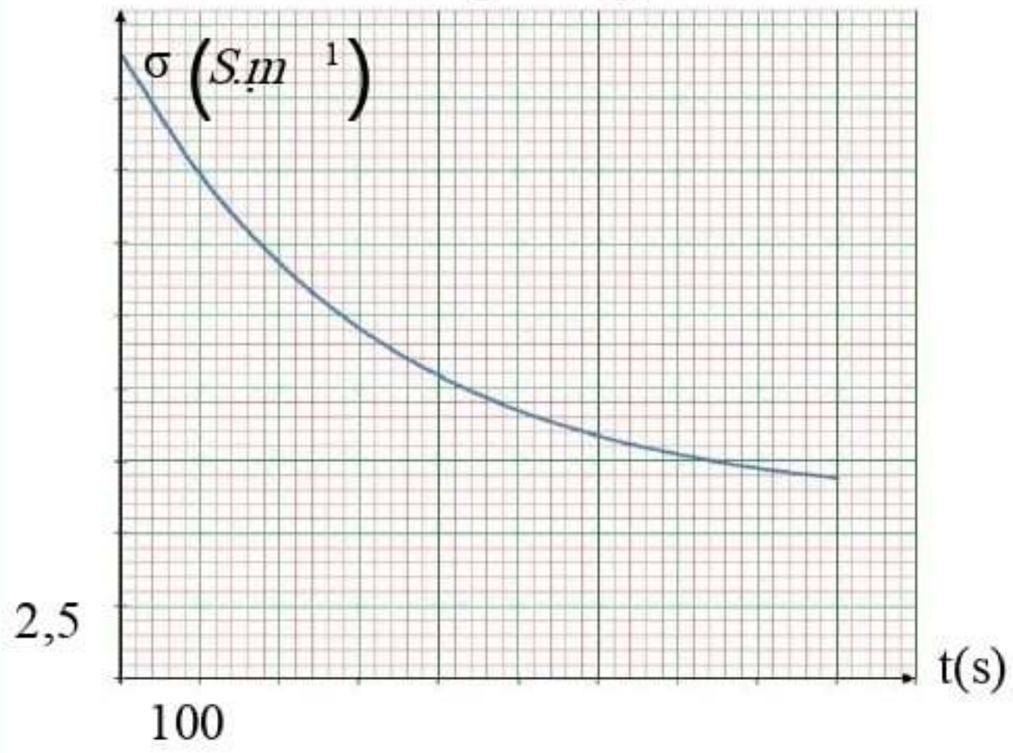
تمرين حول المتابعة بقياس الناقلية

التمرين:

يتفاعل محلول حمض كلور الهيدروجين $(H^+ + Cl^-)_{(aq)}$ مع معدن الزنك $Zn_{(s)}$ وفق تحول تام ينمذج وفق المعادلة التالية :

$$Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} = Zn^{+2}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

في اللحظة $t = 0$ نضع كتلة $m = 1g$ من الزنك في حوجلة و نضيف لها حجما $V = 40mL$ من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي $C = 0.5mol/l$ ، ولمتابعة تطور التفاعل الكيميائي الحادث نقيس الناقلية النوعية للمزيج ، النتائج المتحصل عليها موضحة بالبيان الممثل بـالشكل الجانبي.



1- علل لماذا يمكن متابعة هذا التحول الكيميائي بقياس الناقلية؟.

2 - أ- أحسب كميات المادة الإبتدائية للمتفاعلات.

ب- أنجز جدولا لتقدم التفاعل.

ج - حدد المتفاعل المحد والتقدم الأعظمي x_{max}

3 - أ- بين أن عبارة الناقلية النوعية للوسط التفاعلي بدلالة تقدم التفاعل تعطى بالعبارة : $\sigma = -1550x + 21,5$

ب- أوجد ناقلية المزيج التفاعلي عند استهلاك نصف كمية المتفاعل المحد،ثم حدد زمن نصف التفاعل .

ج - أحسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 300s$.

4- أحسب كتلة الزنك المتبقية في نهاية التحول.

تعطى: $M\,(Zn) = 65,4\,.\,g\,mol$.

$\lambda_{Zn^{+2}} = 9,0\ mS.m^2.mol^{-1}$; $\lambda_{Cl^-} = 7,5\ mS.m^2.mol^{-1}$;

$\lambda_{H_3O^+} = 35,5\ mS.m^2.mol^{-1}$

الإجابة:

1- يمكن متابعة هدا التحول عن طريق قياس الناقلية لأن المحلول يحتوي على الشوارد.

2- أ- حساب كمية المادة الابتدائية للمتفاعلات:

$$n(HCl) = C.V = 0,5 \times 40.10^{-3} = 2.10^{-2}\ mol$$

$$n(Zn) = \frac{m}{M} = \frac{1}{65,4} = 1,5.10^{-2}\ mol$$

ب- جدول تقدم التفاعل:

المعادلة الحالة		$Zn_{(S)}$	+ $2H^+_{(aq)}$	= $Zn^{+2}_{(aq)}$	+ $H_{2\,(aq)}$
الحالة الابتدائية	0	n_1	n_2	0	0
الحالة الانتقالية	x	n_1 - x	$n_2 - 2x$	x	x
الحالة النهائية	x_{max}	$n_1 - x_{max}$	n_2 - $2x_{max}$	x_{max}	x_{max}

ج- تحديد المتفاعل المحد و التقدم الاعظمي:

$$\begin{cases} n(Zn) - x_{max} = 0 \\ n(HCl) - 2x_{max} = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x_{max} = n(Zn) = 1,5.10^{-2} mol \\ x_{max} = \frac{n(HCl)}{2} = \frac{2.10^{-2}}{2} = 10^{-2}\ mol \end{cases}$$

$$\frac{n(Zn)}{1} > \frac{n(HCl)}{2}$$

ومنه المتفاعل المحد هو HCl

التقدم الأعظمي هو $x_{max} = 10^{-2}\ mol$

3- أ- اثبات عبارة الناقلية بدلالة تقدم التفاعل:

$$\sigma(t) = \sum \lambda_i [\ ]_i = \lambda_{H^+}[H^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-] + \lambda_{Zn^{+2}}[Zn^{+2}]$$

من جدول التقدم لدينا:

$$\begin{cases} n(H^+) = C.V - 2x = [H^+].V \rightarrow [H^+] = \dfrac{C.V - 2x}{V} = C - \dfrac{2x}{V} \\ \mathrm{n}(Cl^-) = C.V = [Cl^-].V \rightarrow [Cl^-] = C \\ n(Zn^{+2}) = [Zn^{+2}].V = x \rightarrow [Zn^{+2}] = \dfrac{x}{V} \end{cases}$$

$$\sigma(t) = \lambda_{(H^+)}\left(C - \frac{2x}{V}\right) + \lambda_{(Cl^-)}.C + \lambda_{(Zn^{+2})}\frac{x}{V} = \lambda_{(H^+)}C + \lambda_{(Cl^-)}.C + \left(\lambda_{(Zn^{+2})} - 2\lambda_{(H^+)}\right).\frac{x}{V}$$

$$\sigma(t) = \frac{\left(\lambda_{(Zn^{+2})} - 2\lambda_{(H^+)}\right)}{V}x + \left(\lambda_{(H^+)} + \lambda_{(Cl^-)}\right).C$$

$$\frac{\left(\lambda_{(Zn^{+2})} - 2\lambda_{(H^+)}\right)}{V} = \frac{[9 - (2 \times 35{,}5)].}{40.10^{-3}} = -1550\ mS.m^2.mol^{-1}.L^{-1}$$

$$\left(\lambda_{(H^+)} + \lambda_{(Cl^-)}\right).C = (35{,}5 + 7{,}5)10^{-3} \times 0{,}5 = 21{,}5\ mS.m^2.L^{-1}$$

$$\sigma(t) = -1550x + 21{,}5$$

ب- إيجاد الناقلية عند زمن نصف التفاعل:

$$\sigma\left(t_{1/2}\right) == -1550x_{1/2} + 21{,}5 == -1550(5.10^{-3}) + 21{,}5 = 13{,}75\ mS.m^{-1}$$

بالاسقاط على محور الازمنة نجد:

$$t_{1/2} = 200\ s$$

ج- حساب السرعة الحجمية للتفاعل:

$$\sigma(t) = -1550x + 21{,}5 \rightarrow \frac{d\sigma}{dt} = -1550\frac{dx}{dt} \rightarrow \frac{dx}{dt} = -\frac{1}{1550}\frac{d\sigma}{dt}$$

$$v = -\frac{1}{1550.V}\frac{d\sigma}{dt}$$

$$\frac{d\sigma}{dt} = \frac{10{,}0 - 15{,}0}{400 - 0} = -0{,}0125\ mS.m^{-1}.s^{-1}$$

$$v = -\frac{1}{1550.V}\frac{d\sigma}{dt} = -\frac{1}{1550 \times 0{,}04} \times (-0{,}0125) = 2.10^{-4} mol.L^{-1}.s^{-1}$$

4- حساب كتلة الزنك المتبقية:

$$n_f(Zn) = n_1 - x_{max} = 1{,}5.10^{-2} - 10^{-2} = 5.10^{-3} mol$$

$$n = \frac{m}{M} \rightarrow m = n \times M = 5.10^{-3} \times 65{,}4 = 0{,}33g$$