

IQF - Resolução dos Minitestes

Felipe B. Pinto 61387 - MIEQB

11 de janeiro de 2022

Conteúdo

I Miniteste	2	III Miniteste	9
Questão 1 a)	2	Questão 1	9
Questão 2	2	Questão 5	14
Questão 5	2	Questão 6	16
Questão 7	3	Questão 7	17
Questão 8	3	Questão 10	18
Questão 9	3	IV Miniteste	19
II Miniteste	4	Questão 2	19
1	4	Questão 3	22
Questão 1	4	Questão 4	22
Questão 2	5	Questão 5	26
Questão 5	6	Questão 6	27
Questão 6	7	Questão 7	28
Questão 12	8	Questão 8	29
		Questão 11	30

I Miniteste

Questão 1 a)

Questão 2



$$\begin{aligned}
 &= \frac{n_C \text{ mol}_C}{n_{\text{sys}} \text{ mol}_{\text{sys}}} = \frac{\text{mol}_C}{\text{mol}_A} \frac{45.4\% \text{ mol}_A}{\text{mol}_A} n_A \text{ mol}_A (n_A \text{ mol}_A + \\
 &+ \frac{2 \text{ mol}_B}{\text{mol}_A} \frac{(100 - 45.4)\% \text{ mol}_A}{\text{mol}_A} n_A \text{ mol}_A + \frac{\text{mol}_C}{\text{mol}_A} \frac{45.4\% \text{ mol}_A}{\text{mol}_A} n_A \text{ mol}_A + \\
 &+ \frac{\text{mol}_D}{\text{mol}_A} \frac{45.4\% \text{ mol}_A}{\text{mol}_A} n_A \text{ mol}_A)^{-1} = \\
 &= 45.4\% (1 + 2(100 - 45.4)\% + 45.4\% + 45.4\%)^{-1} \text{ mol}_C \text{ mol}_{\text{sys}}^{-1} \cong \\
 &\cong 15.13\% \text{ mol}_C \text{ mol}_{\text{sys}}^{-1}
 \end{aligned}$$

Questão 5

$$\begin{aligned}
 &(T_f - 20.41^\circ\text{C}) \left(\frac{4.184 \text{ J}}{^\circ\text{C g}_{\text{H}_2\text{O}_{(l)}}} 1034 \text{ g}_{\text{H}_2\text{O}_{(l)}} + \frac{1.75 \text{ kJ}}{^\circ\text{C}} \right) = \\
 &= \frac{-726 \text{ kJ}}{\text{mol}_{\text{CH}_3\text{OH}}} \frac{\text{mol}_{\text{CH}_3\text{OH}}}{32 \text{ g}_{\text{CH}_3\text{OH}}} 1.740 \text{ g}_{\text{CH}_3\text{OH}} \Rightarrow \\
 &\Rightarrow T_f = 20.41^\circ\text{C} + \left(\frac{1.75 \text{ kJ}}{^\circ\text{C}} + \frac{4.184 \text{ J}}{^\circ\text{C g}_{\text{H}_2\text{O}_{(l)}}} 1034 \text{ g}_{\text{H}_2\text{O}_{(l)}} \right)^{-1} * \\
 &* \frac{-726 \text{ kJ}}{\text{mol}_{\text{CH}_3\text{OH}}} \frac{\text{mol}_{\text{CH}_3\text{OH}}}{32 \text{ g}_{\text{CH}_3\text{OH}}} 1.740 \text{ g}_{\text{CH}_3\text{OH}} \cong \\
 &\cong 26.91^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Questão 7

$$= \Delta(H)_1 - 3 \Delta H_2 = -3920 - 3(-566) = -2222 \text{ kJ}$$

Questão 8

$$\begin{aligned} &= (8(-393.5) + 9(-241.8) - (-249.9) - (8 + 9 - 25/2) 8.314 * 10^{-3} * \\ &* 298) \frac{\text{kJ}}{\text{mol}(\text{C}_8\text{H}_{18(l)})} * \frac{\text{mol}_{\text{C}_8\text{H}_{18(l)}}}{114 \text{ g}_{\text{C}_8\text{H}_{18(l)}}} 228 \text{ g}_{\text{C}_8\text{H}_{18(l)}} \cong \\ &\cong -10.17 \text{ E3 kJ} \end{aligned}$$

Questão 9

$$\begin{aligned} v L_{\text{HCl}_{\text{sol.i}}} &= \frac{L_{\text{HCl}_{\text{sol.i}}}}{1.189 \text{ kg}_{\text{HCl}_{\text{sol.i}}}} \frac{\text{g}_{\text{HCl}_{\text{sol.i}}}}{0.38 \text{ g}_{\text{HCl}}} \frac{36.46 \text{ g}_{\text{HCl}}}{\text{mol}_{\text{HCl}}} \frac{0.5 \text{ mol}_{\text{HCl}}}{L_{\text{HCl}_{\text{sol.f}}}} 250 \text{ mL}_{\text{HCl}_{\text{sol.f}}} \cong \\ &\cong 10.09 \text{ mL}_{\text{HCl}_{\text{sol.f}}} \end{aligned}$$

II Miniteste

1

Questão 1

Temp (°C)	138	140	144
Metanol (bar)	10.43	10.97	12.12
Etanol (bar)	7.36	7.78	8.68

(i)

$$\begin{aligned}
 x \%_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)}} &= P_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(g)}} / P_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(g)}}^* \wedge \\
 \wedge P_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(g)}} &= P_{tot} - (1 - X_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)}}) P_{\text{CH}_3\text{OH}_{(g)}}^* \Rightarrow \Rightarrow \\
 x \%_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)}} &= \frac{P_{tot} - P_{\text{CH}_3\text{OH}_{(g)}}^*}{P_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(g)}}^* - P_{\text{CH}_3\text{OH}_{(g)}}^*} = \frac{10 - 10.43}{7.36 - 10.43} \cong 14.01 \%_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)}}
 \end{aligned}$$

(ii)

$$\begin{aligned}
 y \%_{\text{CH}_3\text{OH}_{(g)}} &= P_{\text{CH}_3\text{OH}_{(g)}} / P_{tot} \wedge \\
 \wedge P_{\text{CH}_3\text{OH}_{(g)}} &= (1 - X_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)}}) P_{\text{CH}_3\text{OH}_{(g)}}^* \Rightarrow \\
 \Rightarrow y \%_{\text{CH}_3\text{OH}_{(g)}} &= (1 - X_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)}}) P_{\text{CH}_3\text{OH}_{(g)}}^* / P_{tot} \cong \\
 \cong (1 - 14.07\%) & 10.47 / 10 \cong 90.04 \%_{\text{CH}_3\text{OH}_{(g)}}
 \end{aligned}$$

Questão 2

$$y \%(g/g) (C_2H_5OH_{(g)}) = m_{C_2H_5OH_{(g)}} / m_{tot (g)} \wedge$$

$$\wedge m_{tot (g)} = m_{C_2H_5OH_{(g)}} + m_{H_2O_{(g)}} \wedge$$

$$\wedge m_{H_2O} = \frac{18.0 \text{ g}_{H_2O}}{\text{mol}_{H_2O}} n_{H_2O} \text{ mol}_{H_2O} \wedge$$

$$\wedge m_{C_2H_5OH} = \frac{46.0 \text{ g}_{C_2H_5OH}}{\text{mol}_{C_2H_5OH}} n_{C_2H_5OH} \text{ mol}_{C_2H_5OH} \wedge$$

$$\wedge N_{C_2H_5OH} = Y_{C_2H_5OH} N_{tot} \wedge$$

$$\wedge N_{H_2O} = (1 - Y_{C_2H_5OH}) N_{tot} \wedge$$

$$\wedge Y_{C_2H_5OH} = \frac{X_{C_2H_5OH} P_{C_2H_5OH_{(g)}}^*}{P_{tot}} \wedge$$

$$\wedge P_{tot} = X_{C_2H_5OH} P_{C_2H_5OH_{(g)}}^* + (1 - X_{C_2H_5OH}) P_{H_2O_{(g)}}^* \wedge$$

$$\wedge X_{C_2H_5OH} = N_{C_2H_5OH_{(l)}} / N_{tot (l)} \wedge$$

$$\wedge N_{C_2H_5OH_{(l)}} = [C_2H_5OH_{(l)}] \frac{\text{mol}_{C_2H_5OH}}{46.0 \text{ g}_{C_2H_5OH}} \wedge$$

$$\wedge N_{tot (l)} = N_{C_2H_5OH_{(l)}} + N_{H_2O_{(l)}} \wedge$$

$$\wedge N_{H_2O_{(l)}} = (1 - [C_2H_5OH_{(l)}]) \frac{\text{mol}_{H_2O}}{18.0 \text{ g}_{H_2O}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y \%(g/g) (C_2H_5OH_{(g)}) =$$

$$= \left(1 + \frac{18.0 \text{ g}_{H_2O}}{46.0 \text{ g}_{C_2H_5OH} \left(1 + \frac{P_{H_2O_{(g)}}^*}{\left(\frac{\text{mol}_{H_2O}}{18.0 \text{ g}_{H_2O}} + \frac{\text{mol}_{H_2O}}{18.0 \text{ g}_{H_2O}} \frac{\text{mol}_{C_2H_5OH}}{[C_2H_5OH_{(l)}] 46.0 \text{ g}_{C_2H_5OH}} - \frac{\text{mol}_{H_2O}}{18.0 \text{ g}_{H_2O}} \frac{\text{mol}_{C_2H_5OH}}{46.0 \text{ g}_{C_2H_5OH}} \right)^{-1} P_{C_2H_5OH_{(g)}}^*} \right)} - \frac{P_{H_2O_{(g)}}^*}{P_{C_2H_5OH_{(g)}}^*} \right)$$

$$= \left(1 + \frac{18.0 \text{ g}_{H_2O}}{46.0 \text{ g}_{C_2H_5OH} \left(1 + \frac{223.7}{0.117 \frac{\text{mol}_{H_2O}}{18.0 \text{ g}_{H_2O}} + \frac{\text{mol}_{H_2O}}{18.0 \text{ g}_{H_2O}} \frac{\text{mol}_{C_2H_5OH}}{46.0 \text{ g}_{C_2H_5OH}} - \frac{\text{mol}_{H_2O}}{18.0 \text{ g}_{H_2O}} \frac{\text{mol}_{C_2H_5OH}}{46.0 \text{ g}_{C_2H_5OH}} \right)^{-1} - \frac{233.7}{542}} \right)^{-1} - \frac{18.0}{46.0} \right)$$

$$\cong 25.28 \%(g/g) (C_2H_5OH_{(g)})$$

Questão 5

$$m \text{ (g/mol) (X)} = m_2 \text{ g}_X / n_2 \text{ mol}_X \wedge$$

$$\wedge n_2 \text{ mol}_X = \Delta T_{2f} m_2 \text{ g}_{\text{H}_2\text{O}} / K_b \wedge$$

$$\wedge K_b = \Delta T_{1f} m_1 \text{ g}_{\text{H}_2\text{O}} / n_1 \text{ mol}_X \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m \text{ (g/mol) (X)} = \frac{50.012 \text{ g}_X}{\frac{\Delta T_{2f} m_2 \text{ g}_{\text{H}_2\text{O}}}{\Delta T_{1f} m_1 \text{ g}_{\text{H}_2\text{O}} / n_1 \text{ mol}_X}} = \frac{50.012}{\frac{(-5.14) 120}{(-0.46) 500 / 0.1251}} \text{ (g/mol) (X)} \cong$$

$$\cong 149.07 \text{ (g/mol) (X)}$$

Questão 6



	$\frac{\Delta H_{f,298\text{ K}}^\circ}{\text{kJ mol}^{-1}}$	$\frac{\Delta S_{f,298\text{ K}}^\circ}{\text{kJ mol}^{-1}}$
$A_{(s)}$	0	18.3
$B_{(g)}$	-380	397
$C_{(s)}$	0	38.3
$D_{(g)}$	-192	200

(i)

$$\begin{aligned}
 K_c &= \exp(-\Delta H_r^\circ/RT + \Delta S_r^\circ/R) = \\
 &= \exp\left(-\frac{(2(-192) - (-380))}{8.31(-20 + 273)} + \frac{(38.3 + 2(200) - (18.3397))}{8.31}\right) \cong \\
 &\cong 15.93
 \end{aligned}$$

(ii)

$$\begin{aligned}
 y_B(\text{mol/g})(B) &= P_B/P_{tot} \wedge \\
 \wedge P_{tot} &= P_C + P_B \wedge \\
 \wedge P_B &= 15 - x \wedge \\
 \wedge P_C &= 2x \wedge \\
 \wedge (2x)^2/(15 - x) &= K_p \implies \\
 &\implies
 \end{aligned}$$

Questão 12

III Miniteste

Questão 1

Titulou-se 12 mL de uma solução de 0.09 M de ibuprofeno ($(\text{CH}_3)_2\text{CHC}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOH}$, $K_a = 3.72 \text{ E} - 5$) (princípio activo anti-inflamatório) com uma solução 0.15 M de NaOH, a 25 °C.

1. Titulado

2. Titulante

3. Solução final

(i) O pH da solução de ibuprofeno antes de se iniciar a titulação é ____

$$\begin{aligned}
 [\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})1}] &= x \wedge \\
 \wedge \frac{x^2}{[\text{HA}_{(\text{aq})1}]_i - x} &= K_a \implies \\
 \implies \text{pH} &= -\log(x) \wedge \\
 \implies \wedge x^2 + K_a x - K_a [\text{HA}_{(\text{aq})1}]_i &= 0 \implies \\
 \implies \text{pH} &= -\log \left(\frac{-K_a \pm \sqrt{K_a^2 - 4(-K_a [\text{HA}_{(\text{aq})1}]_i)}}{2} \right) = \\
 &= -\log \left(\frac{-3.72 \text{ E} - 5 \pm \sqrt{(3.72 \text{ E} - 5)^2 - 4(-3.72 \text{ E} - 5 * 0.09)}}{2} \right) \cong \\
 &\cong 2.74
 \end{aligned}$$

(ii) Para que o pH da solução seja igual a 4.43 temos que adicionar ____ mL de solução de $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$.

$$\begin{aligned}
 pK_a &= -\log(K_a) = 4.43 = pH \wedge \\
 \wedge K_a [\text{HA}] &= [\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+] \implies \\
 \implies Vol_2 &= N_{\text{NaOH}_{(\text{aq})2}}/2 [\text{NaOH}_{(\text{aq})2}] = [\text{HA}]_{t0} Vol_1/2 [\text{NaOH}_{(\text{aq})2}] = \\
 &= \frac{0.09 * 0.120}{2 * 0.15} = 36.00 \text{ mL}_{\text{NaOH}_{(\text{aq})2}}
 \end{aligned}$$

(iii) O pH da solução após a adição de 4.0 mL da solução de NaOH é ____

	HA	+	OH ⁻	⇌	A ⁻	+	H ₂ O
t0	[HA] _{t0}		[OH ⁻] _{t0}		0		–
t1	[HA] _{t1}		0		[OH ⁻] _{t0}		–
	HA	+	H ₂ O	⇌	A ⁻	+	H ₃ O ⁺
t2	[HA] _{t1}		–		[OH ⁻] _{t0}		[H ₃ O ⁺] _{t2}

Concentrações(M) para solução final

$$\begin{aligned}
 pH &= -\log \left(K_a \frac{[\text{HA}]_{t0} - [\text{OH}^-]_{t0}}{[\text{OH}^-]_{t0}} \right) \wedge \\
 \wedge [\text{HA}]_{t0} &= [\text{HA}]_1 * Vol_1 / Vol_3 \wedge [\text{OH}^-]_{t0} = [\text{OH}^-]_2 * Vol_2 / Vol_3 \Rightarrow \\
 \Rightarrow pH &= -\log \left(K_a \left(\frac{[\text{HA}]_1 * Vol_1 / Vol_3}{[\text{OH}^-]_2 * Vol_2 / Vol_3} - 1 \right) \right) = \\
 &= -\log \left(3.72 \text{ E } -5 \left(\frac{0.09 * 0.012}{0.15 * 0.004} - 1 \right) \right) \cong 4.53
 \end{aligned}$$

(iv) O pH da solução após a adição de 9.0 mL da solução de NaOH é ____

	HA	+	OH ⁻	⇌	A ⁻	+	H ₂ O
<i>t</i> 0	[HA] _{<i>t</i>0}		[OH ⁻] _{<i>t</i>0}		0		–
<i>t</i> 1	0		[OH ⁻] _{<i>t</i>1}		[HA] _{<i>t</i>0}		–

Concentrações(M) para solução final

$$\begin{aligned}
 pH &= 14 + \log \left([\text{OH}^-]_{t1} \right) = \\
 &= 14 + \log \left([\text{OH}^-]_{t0} - [\text{HA}]_{t0} \right) = \\
 &= 14 + \log \left(\left([\text{OH}^-]_2 \text{Vol}_2 / \text{Vol}_3 \right) - \left([\text{HA}]_1 \text{Vol}_1 / \text{Vol}_3 \right) \right) = \\
 &= 14 + \log \left(\frac{[\text{OH}^-]_2 \text{Vol}_2 - [\text{HA}]_1 \text{Vol}_1}{\text{Vol}_1 + \text{Vol}_2} \right) = \\
 &= 14 + \log \left(\frac{0.15 * 0.0090 - 0.009 * 0.012}{0.012 + 0.0090} \right) \cong \\
 &\cong 12.77
 \end{aligned}$$

(v) No ponto de equivalência o pH da solução é ____

	HA	+	OH ⁻ ⇌	A ⁻	+	H ₂ O
t0	[HA] _{t0}		[HA] _{t0}	0		—
t1	0		0	[HA] _{t0}		—
t2	[HA] _{t2}		[HA] _{t2}	[A ⁻] _{t2}		—

Concentrações(M) para solução final

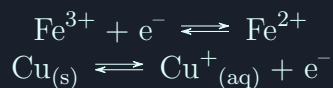
$$\begin{aligned}
 pH &= 14 + \log ([\text{HA}]_{t2}) \wedge \\
 \wedge [\text{HA}]_{t2} &= [\text{HA}]_{t0} - [\text{A}^-]_{t2} \wedge \\
 \wedge \frac{[\text{A}^-]_{t2}}{[\text{HA}]_{t2}^2} &= K_a \Rightarrow \\
 \Rightarrow pH &= 14 + \log ([\text{HA}]_{t2}) \wedge \\
 \wedge \frac{[\text{HA}]_{t0} - [\text{HA}]_{t2}}{[\text{HA}]_{t2}^2} &= K_a \Rightarrow \\
 \Rightarrow [\text{HA}]_{t2} &= \frac{-2 \pm \sqrt{1 - 4 * K_a * (-[\text{HA}]_{t0})}}{2 K_a} \wedge \\
 \wedge pH &= 14 + \log \left(\frac{-1 \pm \sqrt{1 - 4 * K_a * (-[\text{HA}]_{t0})}}{2 K_a} \right) = \\
 &= 14 + \log \left(\frac{-1 \pm \sqrt{1 - 4 * 3.72 \text{ E } -5 * (-0.09)}}{2 * 3.72 \text{ E } -5} \right) \cong \\
 &\cong 12.95
 \end{aligned}$$

Questão 5

Responda às seguintes questões com base nas constantes do produto de solubilidade e nos dados de potencial de redução padrão fornecidos

- $K_{ps}(\text{CuCl}) = 1.0 \text{ E } -6$
- $E^\circ(\text{Cu}^+_{(\text{aq})}/\text{Cu}_{(\text{s})}) = 0.36 \text{ V}$
- $E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0.77 \text{ V}$

Considere a pilha constituída pelo acoplamento da semi-célula



- (i) A 25°C o valor do potencial padrão de redução da pilha assim formada será $E^\circ = \text{---} \text{ V}$

$$E^\circ = E^\circ_{\text{catodo}} - E^\circ_{\text{anodo}} = (0.77 - 0.36) \text{ V} = 0.41 \text{ V}$$

- (ii) Calcule o quociente da reação que ocorre na pilha, $Q = \text{---}$

$$\begin{aligned} Q &= \frac{[\text{Fe}^{2+}][\text{Cu}^+]}{[\text{Fe}^{3+}]} \wedge \\ &\wedge [\text{Cu}^+][\text{Cl}^-] = [\text{Cu}^+]^2 = K_{ps} \implies \\ \implies Q &= \frac{[\text{Fe}^{2+}]\sqrt{K_{ps}}}{[\text{Fe}^{3+}]} = \\ &= \frac{1.0 \text{ E } -3 \sqrt{1.0 \text{ E } -6}}{1.0 \text{ E } -5} = \\ &= 0.1 \end{aligned}$$

(iii) A pilha apresenta uma diferença de potencial $E = \underline{\hspace{2cm}}$

$$\begin{aligned} E &= E^\circ - 0.0257 \ln(Q)/n = \\ &= 0.41 - 0.0257 \ln(0.1) \text{ V}/1 \cong \\ &\cong 0.46918 \text{ V} \end{aligned}$$

(iv) A constante de equilíbrio da reação que ocorre na pilha é $K = \underline{\hspace{2cm}}$

$$\begin{aligned} 0.0257 \ln K/n &= E^\circ \Rightarrow \\ \Rightarrow K &= \exp\left(\frac{n E^\circ}{0.0257}\right) = \\ &= \exp\left(\frac{1 * 0.41}{0.0257}\right) = \\ &= 2.72 \end{aligned}$$

Considere agora uma nova pilha onde se utilizou uma solução com $[\text{Cu}^+] = 0.01 \text{ M}$ ao invés da solução saturada de CuCl no eletrodo de cobre, mantendo todas as outras condições constantes.

(v) A nova pilha assim formada tem uma força eletromotriz de $E = \text{---} \text{ V}$

$$E = E^\circ - 0.0257 \ln(Q_2)/n$$

$$Q_2 = \frac{[\text{Fe}^{2+}][\text{Cu}^+]}{[\text{Fe}^{3+}]} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = E^\circ - 0.0257 \ln \left(\frac{[\text{Fe}^{2+}][\text{Cu}^+]}{[\text{Fe}^{3+}]} \right) / n =$$

$$= 0.41 \text{ V} - 0.0257 \ln \left(\frac{1.0 \text{ E} - 2 * 0.01}{1.0 \text{ E} - 5} \right) / 1 \cong$$

$$\cong 350.82 \text{ E} - 3 \text{ V}$$

Questão 6

Para preparar 250 mL de uma solução de ácido nítrico 0.39 M, partindo de uma solução concentrada do ácido nítrico (70 % (g/g) e densidade = 1.420 kg L^{-1}) que volume de solução de HNO_3 concentrada necessito?

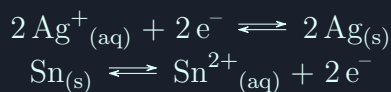
$$Vol_{\text{HNO}_3} = \frac{L_{\text{HNO}_{3(\text{aq})1}}}{1.420 \text{ kg}_{\text{HNO}_{3(\text{aq})1}}} \frac{g_{\text{HNO}_{3(\text{aq})1}}}{0.7 g_{\text{HNO}_3}} \frac{63.01 g_{\text{HNO}_3}}{\text{mol}_{\text{HNO}_3}} \frac{0.39 \text{ mol}_{\text{HNO}_3}}{L_{\text{HNO}_{3(\text{aq})2}}} *$$

$$* 250 \text{ mL}_{\text{HNO}_{3(\text{aq})2}} \cong 6.181 \text{ mL}_{\text{HNO}_{3(\text{aq})1}}$$

Questão 7

Qual a diferença de potencial de uma pilha constituída por um eletrodo de prata e um eletrodo de estanho mergulhados respectivamente numa solução $9.09 \text{ E} - 2 \text{ M}$ em Ag^+ e numa solução $3.87 \text{ E} - 2 \text{ M}$ em Sn^{2+} , a 25°C ?

- $E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0.800 \text{ V}$
- $E^\circ(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0.136 \text{ V}$



$$\begin{aligned} E &= E^\circ - 0.0257 \ln(Q)/n = \\ &= (0.800 - (-0.0136)) \text{ V} - 0.0257 \ln \left(\frac{3.87 \text{ E} - 2}{(9.09 \text{ E} - 2)^2} \right) \text{ V}/2 \cong \\ &\cong 824.57 \text{ E} - 3 \text{ V} \end{aligned}$$

Questão 10

Qual a concentração de amónia aquosa (NH_3) em mol dm^{-3} (M) necessária para iniciar a precipitação de $\text{Fe}(\text{OH})_2$ de uma solução 0.0025 M em FeCl_2 ?

- $K_b(\text{NH}_3) = 1.8 \text{ E} - 5$
- $K_{ps}(\text{Fe}(\text{OH})_2) = 1.6 \text{ E} - 14$

	$\text{NH}_{3(\text{aq})} +$	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightleftharpoons$	$\text{NH}_4^+_{(\text{aq})} +$	$\text{OH}^-_{(\text{aq})}$
t_0	$[\text{NH}_3]_{t_0}$	–	0	0
t_1	$[\text{NH}_3]_{t_1}$	–	$[\text{NH}_4^+]_{t_1}$	$[\text{OH}^-]_{t_1}$
	$\text{Fe}(\text{OH})_{2(\text{s})}$	\rightleftharpoons	$\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} +$	$2 \text{OH}^-_{(\text{aq})}$
t_1	–		$[\text{Fe}^{2+}]_{t_1}$	$[\text{OH}^-]_{t_1}$

$$\begin{aligned}
 [\text{NH}_3]_{t_0} &= [\text{NH}_3]_{t_1} + [\text{OH}^-]_{t_1} \wedge \\
 \wedge \frac{[\text{OH}^-]_{t_1}^2}{[\text{NH}_3]_{t_1}} &= K_b \wedge \\
 \wedge [\text{Fe}^{2+}]_{t_1} [\text{OH}^-]_{t_1}^2 &= K_{ps} \Rightarrow \\
 \Rightarrow [\text{NH}_3]_{t_0} &= \frac{|K_{ps}/[\text{Fe}^{2+}]_{t_1}|}{K_b} + \sqrt{K_{ps}/[\text{Fe}^{2+}]_{t_1}} = \\
 &= \frac{|1.6 \text{ E} - 14/0.0025|}{1.8 \text{ E} - 5} + \sqrt{1.6 \text{ E} - 14/0.0025} \cong \\
 &\cong 2.89 \text{ E} - 6 \text{ M}
 \end{aligned}$$

IV Miniteste

Questão 2

Responda as seguintes questões com base nas constantes do produto de solubilidade e nos dados de potencial de redução padrão fornecidos

- $E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = +0.80 \text{ V}$
- $E^\circ(\text{Cu}^+/\text{Cu}) = +0.34 \text{ V}$
- $K_{ps}(\text{AgCl}) = 1.6 \text{ E } -10$

Considere a pilha constituída pela acoplamento da seim-célula:



(i)

A 25°C o valor do potencial padrão de reduçã da pilha assim formada será $E^\circ = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

$$\Delta E^\circ = E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) - E^\circ(\text{Cu}^+/\text{Cu}) = (0.80 - 0.34) \text{ V} = 0.44 \text{ V}$$

(ii)

Calcule o quociente da reação que ocorre na pilha, $Q = \underline{\hspace{2cm}}$

$$\left. \begin{array}{l} Q = [\text{Cu}^+]/[\text{Ag}^+] \wedge \\ \wedge [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = K_{ps}(\text{AgCl}) \wedge \\ \wedge [\text{Cl}^-] = [\text{Ag}^+] \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = \frac{[\text{Cu}^+]}{\sqrt{K_{ps}(\text{AgCl})}} = \frac{1.0 \text{ E } -2}{\sqrt{1.6 \text{ E } -10}} \cong 790.57$$

(iii)

A pilha apresenta uma diferença de potencial $E = \text{_____ V}$

$$E = E^\circ - \frac{RT}{N\mathcal{F}} \ln(Q) = 0.44 - \frac{8.31 * (25 + 273.15)}{1 * 9.65 \text{ E}4} \ln(7.91 \text{ E}2) \cong 2.69 \text{ E} - 1 \text{ V}$$

(iv)

A constante de equilíbrio da reação que ocorre na pilha é $K = \text{_____}$

$$K = \exp(N\mathcal{F} E^\circ / RT) = \exp(1 * 96.49 \text{ E}3 * 0.44 / 8.31 * (25 + 273.15)) \cong 27.39 \text{ E}6$$

Considere agora uma nova pilha onde se utilizou uma solução com $[\text{Ag}^+] = 1 \text{ E} - 10 \text{ M}$ ao invés da solução saturada de AgCl no elétodo de prata, mantendo todas as outras condições constantes.

(v)

A nova pilha assim formada tem uma força eletromotriz de $E = \text{_____ V}$

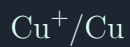
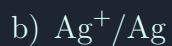
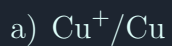
$$\left. \begin{array}{l} E = E^\circ - \frac{RT}{N\mathcal{F}} \ln(Q) \\ Q = [\text{Ag}^+]/[\text{Cu}^+] \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = E^\circ - \frac{RT}{N\mathcal{F}} \ln\left(\frac{[\text{Ag}^+]}{[\text{Cu}^+]}\right) =$$

$$= -0.44 - \frac{8.31 * 298}{1 * 96.49 \text{ E}3} \ln\left(\frac{1.0 \text{ E} - 10}{1.0 \text{ E} - 2}\right) \cong 33.27 \text{ E} - 3 \text{ V}$$

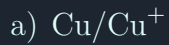
(vi)

No cátodo desta nova pilha ocorre a seguinte semi-reação de redução:



(vii)

Enquanto no ânodo a semi-reação de oxidação é:



Questão 3

A constante cinética de hidrólise do etanoato de metilo a 35°C é 1.82 vezes maior que a 25°C , enquanto que para a hidrólise da sacarose essa relação é de 4.13. Qual a relação entre as energias de ativação destas duas reações?

Selecione uma opção de resposta:

A energia de ativação para a hidrólise do etanoato de metile é _____vezes a energia de ativação para a hidrólise da sacarose.

- a) 2.37 b) 0.42 c) 0.44 d) 2.27

$$\begin{aligned}
 k &= A \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \Rightarrow E_a = \frac{RK \ln \frac{k_{35^{\circ}\text{C}}}{k_{25^{\circ}\text{C}}}}{(35 + 273.15)^{-1} - (25 + 273.15)^{-1}} \Rightarrow \\
 &\Rightarrow \frac{E_a(\text{etanoato de metilo})}{E_a(\text{sacarose})} = \frac{\frac{RK \ln \frac{k_{35^{\circ}\text{C}}}{k_{25^{\circ}\text{C}}}}{(35 + 273.15)^{-1} - (25 + 273.15)^{-1}}}{\frac{RK \ln \frac{k_{35^{\circ}\text{C}}}{k_{25^{\circ}\text{C}}}}{(35 + 273.15)^{-1} - (25 + 273.15)^{-1}}} = \\
 &= \frac{\ln(1.82)}{\ln(4.13)} \cong 0.42
 \end{aligned}$$

Questão 4

Os produtos de solubilidade para uma série de iodetos são os seguintes:

- $k_{sp}(\text{TlI}) = 6.5 \text{ E} - 8$
- $k_{sp}(\text{PbI}_2) = 7.1 \text{ E} - 9$
- $k_{sp}(\text{AgI}) = 8.3 \text{ E} - 17$
- $k_{sp}(\text{BiI}_3) = 8.1 \text{ E} - 19$

Quais das seguintes afirmações em relação à ordem de solubilidade estão corretas? Selecione uma ou mais opções de resposta:

- A. Em água: $\text{PbI}_2 > \text{TlI} > \text{AgI} > \text{BiI}_3$
- B. Numa solução 0.1 M do cation: $\text{PbI}_2 > \text{BiI}_3 > \text{TlI} > \text{AgI}$
- C. Numa solução 0.1 M em NaI: $\text{PbI}_2 > \text{BiI}_3 > \text{AgI} > \text{TlI}$
- D. O AgI é o sal mais insolúvel da série em duas das condições.

(i) Em água

$\text{XI}_{n(s)} \rightleftharpoons \text{X} + n\text{I}$			
t	$\text{XI}_{n(s)}$	X	I
0	—	0	0
1	—	x	n x

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned} & [\text{X}]_1 [\text{I}]_1^n = k_{sp}(\text{XI}_n) \wedge \\ & \wedge [\text{X}]_1 = x \wedge \\ & \wedge [\text{I}]_1 = n x \end{aligned} \right\} \Rightarrow x = \sqrt[n+1]{k_{sp}(\text{XI}_n)/n^n} \Rightarrow \\
 & \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} & x([\text{PbI}_2]) = \sqrt[3]{7.1 \text{ E } -9/2^2} \cong 1.21 \text{ E } -3 \wedge \\ & \wedge x([\text{TlI}]) = \sqrt[2]{6.5 \text{ E } -8/1^1} \cong 2.55 \text{ E } -4 \wedge \\ & \wedge x([\text{AgI}]) = \sqrt[2]{8.3 \text{ E } -17/1^1} \cong 9.11 \text{ E } -9 \wedge \\ & \wedge x([\text{BiI}_3]) = \sqrt[4]{8.1 \text{ E } -19/3^3} \cong 1.32 \text{ E } -5 \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

(ii) Numa solução 0.1 M do cation

$XI_{n(s)} \rightleftharpoons X + n I$			
t	$XI_{n(s)}$	X	I
0	–	0.1	0
1	–	0.1+x	n x

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{array}{l} [X]_1 [I]_1^n = k_{sp}(XI_n) \wedge \\ \wedge [X]_1 = x + 0.1 \cong 0.1 : k_{sp}(XI_n) \leq 1 \text{ E } -3 \wedge \\ \wedge [I]_1 = n x \end{array} \right\} \Rightarrow \\
 & \Rightarrow x(XI_n) \cong \sqrt[n]{k_{sp}(XI_n)/0.1/n} : k_{sp}(XI_n) \leq 1 \text{ E } -3 \Rightarrow \\
 & \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} x([PbI_2]) = \sqrt[3]{7.1 \text{ E } -9/0.1/2} \cong 2.07 \text{ E } -3 \wedge \\ \wedge x([TlI]) = \sqrt[2]{6.5 \text{ E } -8/0.1/1} \cong 8.06 \text{ E } -4 \wedge \\ \wedge x([AgI]) = \sqrt[2]{8.3 \text{ E } -17/0.1/1} \cong 2.88 \text{ E } -8 \wedge \\ \wedge x([BiI_3]) = \sqrt[4]{8.1 \text{ E } -19/0.1/3} \cong 1.78 \text{ E } -5 \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

(iii) Numa solução 0.1 M em NaI

$\text{XI}_{n(s)} \rightleftharpoons \text{X} + n \text{I}$			
t	$\text{XI}_{n(s)}$	X	I
0	–	0	0.1
1	–	x	0.1

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned} & [\text{X}] [\text{I}]^n = k_{sp}(\text{XI}_n) \wedge \\ & \wedge [\text{X}]_1 = x \wedge \\ & \wedge [\text{I}]_1 = 0.1 + x \cong 0.1 : k_{sp}(\text{XI}_n) \leq 1 \text{ E } -3 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \\
 & \Rightarrow x(\text{XI}_n) \cong k_{sp}(\text{XI}_n)/0.1^n \Rightarrow \\
 & \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} & x([\text{PbI}_2]) = 7.1 \text{ E } -9/0.1^2 \cong 7.10 \text{ E } -7 \wedge \\ & \wedge x([\text{TlI}]) = 6.5 \text{ E } -8/0.1^1 \cong 6.50 \text{ E } -7 \wedge \\ & \wedge x([\text{AgI}]) = 8.3 \text{ E } -17/0.1^1 \cong 8.30 \text{ E } -16 \wedge \\ & \wedge x([\text{BiI}_3]) = 8.1 \text{ E } -19/0.1^3 \cong 8.10 \text{ E } -16 \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

(iv) O AgI é o sal mais insolúvel da série em duas das condições.

Em água e em 0.1 M do cátion.

Questão 5

Qual a concentração de amónia aquosa (NH_3) em mol/dm^3 (M) necessária para iniciar a precipitação de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ de uma solução 0.041 M em Mg_2^{+} ? (Na resposta indique apenas o resultado numérico)

$$\bullet \quad k_b(\text{NH}_3) = 1.8 \text{ E } -5$$

$$\bullet \quad k_{sp}(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 1.2 \text{ E } -11$$

$\text{NH}_{3(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+_{(\text{aq})} + \text{OH}^-_{(\text{aq})}$				
t	$\text{NH}_{3(\text{aq})}$	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	$\text{NH}_4^+_{(\text{l})}$	$\text{OH}^-_{(\text{l})}$
0	$[\text{NH}_3]_0$	–	0	0
1	$[\text{NH}_3]_1$	–	$[\text{OH}^-]_1$	$[\text{OH}^-]_1$

$\text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{s})} \rightleftharpoons \text{Mg}^+_{(\text{aq})} + 2 \text{OH}^-_{(\text{aq})}$			
t	$\text{OH}^-_{(\text{aq})}$	$\text{Mg}^+_{(\text{l})}$	$\text{NH}_4^+_{(\text{l})}$
1	$[\text{OH}^-]_1$	$[\text{Mg}^+]_1$	–

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned}
 & [\text{NH}_3]_0 = [\text{NH}_3]_1 + [\text{OH}^-]_1 \wedge \\
 & \wedge [\text{NH}_3]_1 = [\text{OH}^-]_1^2 / k_b([\text{NH}_3]) \wedge \\
 & \wedge [\text{OH}^-]_1 > \sqrt{k_{sp}(\text{Mg}(\text{OH})_2) / [\text{Mg}^+]_1}
 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \\
 & \Rightarrow [\text{NH}_3]_0 = \frac{\left(\sqrt{k_{sp}(\text{Mg}(\text{OH})_2) / [\text{Mg}^+]_1} \right)^2}{k_b([\text{NH}_3])} + \sqrt{k_{sp}(\text{Mg}(\text{OH})_2) / [\text{Mg}^+]_1} = \\
 & = \frac{1.2 \text{ E } -11 / 0.041}{1.8 \text{ E } -5} + \sqrt{1.2 \text{ E } -11 / 0.041} \cong 33.37 \text{ E } -6
 \end{aligned}$$

Questão 6

Qual a constante de equilíbrio, a 25 °C, para a seguinte reação:



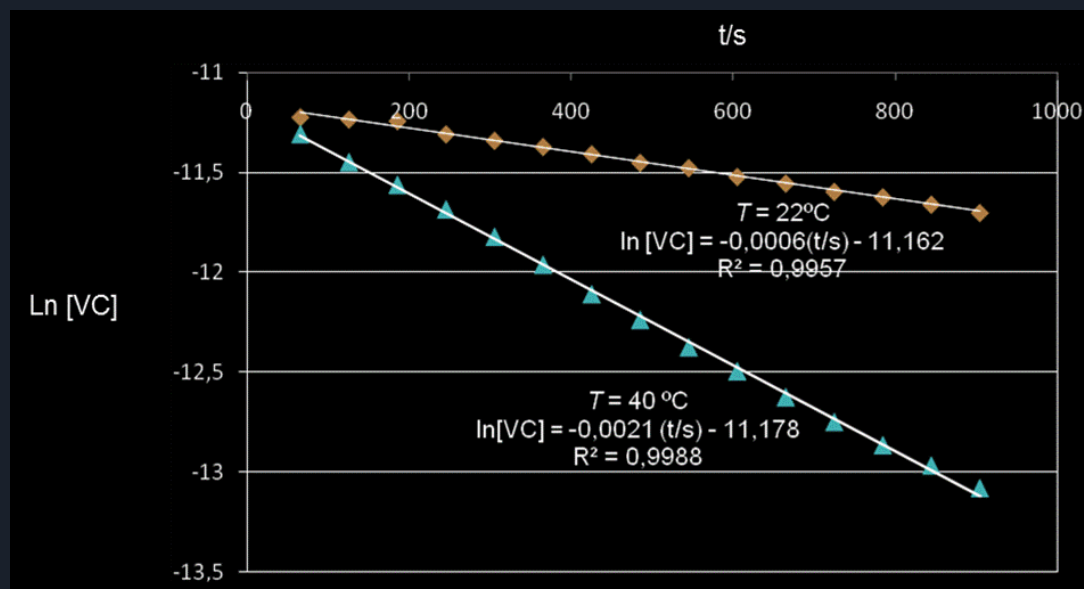
- $E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = +0.800 \text{ V}$
- $E^\circ(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0.136 \text{ V}$

Utilize notação científica na resposta (exemplo: 0.00010 será 1.0 E -4)

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned} k &= \exp\left(\frac{-\Delta G^\circ}{RT}\right) \\ \Delta G^\circ &= -n \mathcal{F} E^\circ \end{aligned} \right\} \Rightarrow k = \exp\left(\frac{n \mathcal{F} E^\circ}{RT}\right) = \\
 &= \exp\left(\frac{2 * 96.49 \text{ E}3 (0.800 - (-0.136))}{8.31 * (25 + 273.15)}\right) \cong 43.99 \text{ E}30
 \end{aligned}$$

Questão 7

A reação do violeta de cristal (VC) com o ion hidroxilo é uma reação elementar bimolecular, com uma velocidade que obedece a uma cinética de 2ª ordem global, correspondendo à expressão: $v = -\frac{d[VC]}{dt} = k [OH^-][VC]$. A reação foi realizada em condições tais que a reação apresenta uma aparente cinética de 1ª ordem. A concentração do VC ao longo do tempo foi seguida por espectroscopia de UV-Vis a 22 °C e 40 °C e os resultados experimentais estão representados no gráfico abaixo:



Sabendo que a concentração do ion hidroxilo em ambas as misturas rescionais foi 0.01 M, calcule a velocidade da reação a 40 °C ao fim de 2.5 min. (responda em $M s^{-1}$, não escreva a unidade na resposta indique só o valor, tolerância 5%)

$$\left. \begin{aligned}
 v &= k [OH^-][VC] \wedge \\
 \wedge \quad k [OH^-] &= -(-0.0021) \wedge \\
 \wedge \quad [VC]_{t,40^\circ C} &= \exp(-0.0021 t - 11.178)
 \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow v &= k [OH^-] \exp(-0.0021 t - 11.178) = \\
 &= 0.0021 \exp(-0.0021 (2.5 * 60) - 11.178) \cong 21.42 E - 9
 \end{aligned}$$

Questão 8

Recorrendo a uma tabela de potenciais de eletrodos padrões, indique se cada uma das semi-células se comporta como ânodo ou cátodo quando acoplada com um eletrodo padrão de hidrogênio para formar uma célula galvânica e calcule a diferença de potencial da célula.

Dados

- $k_{sp}(\text{AgBr}) = 5.2 \text{ E } -13$
- $E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0.8 \text{ V}$
- $E^\circ(\text{Pb}^{+2}/\text{Pb}) = -0.13 \text{ V}$
- $E^\circ(\text{Sn}^{+4}/\text{Sn}^{+2}) = 0.13 \text{ V}$

Opções

- Cátodo, 0.139 V
- Cátodo, 0.311 V
- Ânodo, 0.038 V
- Ânodo, 0.235 V

(i) $\text{Pt}|\text{Sn}^{4+} (0.2 \text{ M}), \text{Sn}^{2+} (0.1 \text{ M})$

$$\begin{aligned} E &= E^\circ - \frac{RT}{N\mathcal{F}} \ln(Q) = \\ &= 0.13 \text{ V} - \frac{8.314 * (25 + 273.15)}{2 * 96\,485.332} \ln\left(\frac{0.1}{0.2}\right) \text{ V} \cong 0.139 \end{aligned}$$

(ii) $\text{Pt}|\text{Sn}^{4+} (1.0 \text{ E } -6 \text{ M}), \text{Sn}^{2+} (0.5 \text{ M})$

$$\begin{aligned} E &= E^\circ - \frac{RT}{N\mathcal{F}} \ln(Q) = \\ &= -0.13 \text{ V} - \frac{8.314 * (25 + 273.15)}{2 * 96\,485.332} \ln\left(\frac{1.0 \text{ E } -6}{0.5}\right) \text{ V} \cong 0.039 \end{aligned}$$

(iii) $\text{Pb}|\text{Pb}^{2+} (2.00 \text{ E } -4 \text{ M})$

$$\begin{aligned} E &= E^\circ - \frac{RT}{N\mathcal{F}} \ln(Q) = \\ &= 0.13 \text{ V} - \frac{8.314 * (25 + 273.15)}{2 * 96485.332} \ln(2.00 \text{ E } -4) \text{ V} \cong 0.239 \end{aligned}$$

(iv) $\text{Ag}|\text{AgBr}_{(\text{sat})}, \text{KBr} (1 \text{ E } -4 \text{ M})$

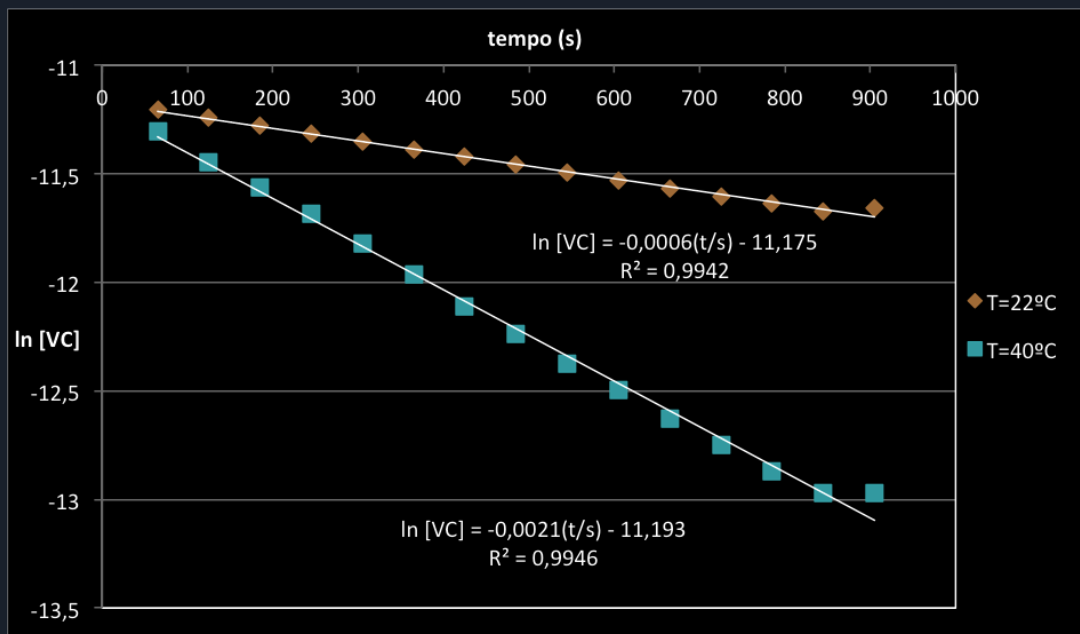
$$\left. \begin{aligned} E &= E^\circ - \frac{RT}{N\mathcal{F}} \ln(Q) \wedge \\ \wedge \quad Q &= [\text{Ag}^+]^2 \wedge \\ \wedge \quad [\text{Ag}^+] &= k_{sp}(\text{AgBr})/[\text{Br}^+] \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow E &= E^\circ - \frac{RT}{N\mathcal{F}} \ln \left(\left(\frac{k_{sp}(\text{AgBr})}{[\text{Br}^+]} \right)^2 \right) = \\ &= -0.8 - \frac{8.314 * (25 + 273.15)}{2 * 96485.332} \ln \left(\left(\frac{5.2 \text{ E } -13}{1 \text{ E } -4} \right)^2 \right) \cong 0.490 \end{aligned}$$

Questão 11

A reação do violeta de cristal (VC) com o ion hidroxilo é uma reação elementar bimolecular, com uma velocidade que obedece a uma cinética de 2ª ordem global, correspondendo à expressão: $v = -\Delta \text{VC} / \Delta t = k [\text{OH}^-][\text{VC}]$. Quando $[\text{OH}^-] \gg [\text{VC}]$, podemos escrever a seguinte expressão $v = -d[\text{VC}] / dt = k' [\text{VC}]$, $k' = k[\text{OH}^-]$

A concentração do VC ao longo do tempo foi seguida por espectroscopia de UV-Vis a 22 °C e 40 °C e os resultados experimentais estão representados no gráfico abaixo:



b)

Calcule o tempo necessário para reduzir a concentração de violeta de cristal a 20% do seu valor inicial, a 22 °C, $t = __\text{s}$

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned} t &= -(\ln [VC] + 11.175)/6 \text{ E } -4 \\ \wedge [VC]_t &= 20\% [VC]_0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \\
 & \Rightarrow t = -(\ln (20\% \exp(-11.175)) + 11.175)/6 \text{ E } -4 \cong 2.68 \text{ E}3
 \end{aligned}$$

c)

Sabendo que a concentração do ion hidroxilo em ambas as misturas reacionais foi 0.01 M, calcule a velocidade da reação a 22 °C ao fim de 8 min, $v = \text{--- M s}^{-1}$

$$\left. \begin{array}{l} v = k [\text{OH}^-][\text{VC}] \wedge \\ \wedge \quad k [\text{OH}^-] = -(-6 \text{ E } -4) \wedge \\ \wedge \quad [\text{VC}](t) = \exp(-6 \text{ E } -4 t - 11.175) \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{8\text{min}} = 6 \text{ E } -4 \exp(-6 \text{ E } -4 (8 * 60) - 11.175) \cong 6.31 \text{ E } -9$$

d)

A energia de ativação da reação é --- J mol^{-1}

$$\left. \begin{array}{l} E_a = -R (22 + 273.15) \ln(k_{22^\circ\text{C}}/A) \wedge \\ \wedge \quad k_{22^\circ\text{C}} = k'_{22^\circ\text{C}}/[\text{OH}^-] \wedge \\ \wedge \quad [\text{OH}^-] = k'_{40^\circ\text{C}}/k_{40^\circ\text{C}} \wedge \\ \wedge \quad k_{40^\circ\text{C}} = A \exp\left(\frac{-E_a}{R(40+273.15)}\right) \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_a = \frac{R \ln(k'_{40^\circ\text{C}}/k'_{22^\circ\text{C}})}{295.15^{-1} - 313.15^{-1}} = \frac{8.31 \ln(2.1 \text{ E } -3/0.6 \text{ E } -3)}{295.15^{-1} - 313.15^{-1}} \cong 53.48 \text{ E } 3$$

e)

A constante cinética da reação de hidroxilação do violeta de cristal a 28 °C é, $k = __\text{M}^{-1}\text{s}^{-1}$

$$\left. \begin{aligned}
 & k_{28^\circ\text{C}} = A \exp(-E_a/R(28 + 273.15)) \wedge \\
 & \wedge A = k_{22^\circ\text{C}} / \exp(-E_a/R(22 + 273.15)) \wedge \\
 & \wedge k_{22^\circ\text{C}} = k'_{22^\circ\text{C}} / [\text{OH}^-] \wedge \\
 & \wedge E_a = \frac{R \ln(k'_{40^\circ\text{C}}/k'_{22^\circ\text{C}})}{295.15^{-1} - 313.15^{-1}}
 \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow k_{28^\circ\text{C}} = \frac{k'_{22^\circ\text{C}}}{[\text{OH}^-]} *$$

$$* \exp\left(\frac{\ln(k'_{40^\circ\text{C}}/k'_{22^\circ\text{C}})}{295.15^{-1} - 313.15^{-1}} ((22 + 273.15)^{-1} - (28 + 273.15)^{-1})\right) =$$

$$= \frac{0.6 \text{ E} - 3}{0.01} \exp\left(\frac{\ln(2.1 \text{ E} - 3/0.6 \text{ E} - 3)}{295.15^{-1} - 313.15^{-1}} ((295.15)^{-1} - (301.15)^{-1})\right) \cong$$

$$\cong 92.63 \text{ E} - 3$$