

452

华南理工大学

2007 年攻读硕士学位研究生入学考试试卷

(试卷上做答无效,请在答题纸上做答,试后本卷必须与答题纸一同交回)

科目名称:物理化学(二)

适用专业:材料物理与化学 材料学 材料加工工程 化学工程 化学工艺 应用化学 工业催化 能源环境材料及技术 制药工程 生物医学工程 应用化学

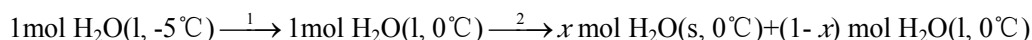
说明:本套试题难度合适,适用于工科各专业。考试内容比较全面,分布基本合理,但有个别错漏。题目已作规范化处理。本答案由本人完成,仅供参考,可能有错漏,若发现,希望在网上留言或用电子邮箱告知。谢谢!更多内容参考网站:www.huacai.net。

葛华才老师,邮箱: ge1963@126.com

2009 年 12 月 26 日修改

1. 1 mol, -5°C 的过冷水,在绝热容器中部分凝结,形成 0°C 的冰,水两相共存的平衡混合物。(已知冰在 0°C 时的摩尔熔化焓是 $\Delta H = 6009 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}$,水与冰的定压热容分别为 $4.184, 2.092 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)。

- (1) 写出体系物态的变化。
- (2) 析出多少摩尔冰?
- (3) 计算此过程的 ΔU , ΔH 和 ΔS 。
- (4) 该过程是可逆的吗? (15 分)

解: (1) 状态变化:(2) 过程恒压绝热, $Q = \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 = 18.02 \times 4.184 \times 5 \text{ J} - 6009x \text{ J} / \text{mol} = 0$

$$x = 0.06274 \text{ mol}$$

(3) $\Delta H = Q_p = 0$, $\Delta U = \Delta H - \Delta pV \approx \Delta H = 0$

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = n c_{p,m}(\text{l}) \ln(T_2/T_1) + x \Delta_{\text{凝固}} H_m / T_2$$

$$= (18.02 \times 4.184 \times \ln(273.15/268.15) - 0.06274 \times 6009 / 273.15) \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$= 0.01269 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$$

(4) 过程绝热且 $\Delta S > 0$, 为自发, 不是可逆。

2. 1 mol 的理想气体从同一始态(298.2K, 506.5kPa)分别经过下列过程到达相同的终态(298.2K, 101.3kPa), 求 ΔU , ΔH , ΔS , ΔG , Q , W , 已知气体的 $C_{p,m} = 2.5R$ 。

(1) 等压加热, 然后经过等容降温达到终态。

(2) 绝热可逆膨胀后, 等压加热到终态。(15 分)

解: (1) 状态变化: $(T_1=298.2\text{K}, p_1=506.5\text{kPa}, V_1) \xrightarrow{\text{恒压}} (T_2=?, p_2=p_1, V_2)$
 $\xrightarrow{\text{恒容}} (T_3=298.2\text{K}, p_3=101.3\text{kPa}, V_3=V_2)$

其中: $V_3=V_2=nRT_3/p_3=(1 \times 8.315 \times 298.2/101300) \text{ m}^3=0.02448\text{m}^3$

理想气体始终态温度相同, $\Delta U=\Delta H=0$

$$\Delta S=nR \ln(p_1/p_3)=\{1 \times 8.315 \times \ln(506.5/101.3)\} \text{ J K}^{-1}=13.38 \text{ J K}^{-1}$$

$$\Delta G=\Delta H-T\Delta S=(0-298.2 \times 13.38) \text{ J}=-3990 \text{ J}$$

$$W=W_p+W_V=-p(V_2-V_1)+0=\{-506500 \times (0.02448-1 \times 8.315 \times 298.2/506500)\} \text{ J}=-9920 \text{ J}$$

$$Q=\Delta U-W=0-(-9920 \text{ J})=9920 \text{ J}$$

(2) 因始终态与(1)相同, 所以状态函数变 ΔU , ΔH , ΔS , ΔG 的值与(1)相同, 不用计算。

状态变化: $(T_1=298.2\text{K}, p_1=506.5\text{kPa}, V_1) \xrightarrow{\text{绝热可逆}} (T_2=?, p_2=p_3, V_2)$
 $\xrightarrow{\text{恒压}} (T_3=298.2\text{K}, p_3=101.3\text{kPa}, V_3=0.02448\text{m}^3)$

其中: $V_1=nRT_1/p_1=(1 \times 8.315 \times 298.2/506500) \text{ m}^3=0.004895\text{m}^3$

$$\text{比热容 } \gamma = C_{p,m}/C_{V,m}=2.5R/1.5R=5/3$$

利用绝热可逆方程: $p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$

得 $V_2 = V_1 (p_1/p_2)^{1/\gamma} = \{0.004895 \times (506500/101300)^{3/5}\} \text{ m}^3 = 0.01286 \text{ m}^3$

$$T_2=p_2 V_2/nR=\{101300 \times 0.01286/(1 \times 8.315)\} \text{ K} = 156.7 \text{ K}$$

$$Q=Q_1+Q_2=0+nC_{p,m}(T_3-T_2)=\{1 \times 2.5 \times 8.315 \times (298.2-156.7)\} \text{ J} = 2941 \text{ J}$$

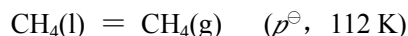
$$W=\Delta U-Q=0-2941 \text{ J}=-2941 \text{ J}$$

注意: 本题先算 Q 比算 W 要方便。

3. 在 100~120K 的温度范围内, 甲烷的蒸气压与绝对温度 T 如下式所示:

$$\lg(p/\text{Pa}) = 8.974 - 445/(TK)$$

甲烷的正常沸点为 112 K。在 10^5 Pa 下, 下列状态变化是等温可逆地进行的。



试计算: (1) 1mol 甲烷的 $\Delta_{\text{vap}}H_m^\ominus$, $\Delta_{\text{vap}}G_m^\ominus$, $\Delta_{\text{vap}}S_m^\ominus$ 及该过程的 Q , W ;

(2) 环境的 $\Delta S_{\text{环}}$ 和总熵变 ΔS 。(10 分)

解: (1) 利用克-克方程

$$\Delta_{\text{vap}}H_m^\ominus = RT^2 \text{d} \ln p / \text{d} T = 2.303 RT^2 \text{d} \lg p / \text{d} T = 2.303 RT^2 \times (445/T^2) \text{ K}$$

$$= 2.303 \times 8.315 \times 445 \text{ J mol}^{-1} = 8522 \text{ J mol}^{-1}$$

过程恒温可逆: $\Delta_{\text{vap}}G_m^\ominus = 0$

$$Q = n \Delta_{\text{vap}}H_m^\ominus = 1 \text{ mol} \times 8522 \text{ J mol}^{-1} = 8522 \text{ J}$$

$$W = -p^{\ominus}(V_g - V_l) \approx -p^{\ominus} V_g = -nRT = -1 \times 8.315 \times 112 \text{ J} = -931.3 \text{ J}$$

$$\Delta_{\text{vap}} S_m^{\ominus} = \Delta_{\text{vap}} H_m^{\ominus} / T = 8522 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} / 112 \text{ K} = 76.09 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

注意: 不能使用关系式 $\lg(p/\text{Pa}) = 8.974 - 445/(T/\text{K}) = a - b/T$ 直接计算 $\Delta_{\text{vap}} S_m^{\ominus} = 2.303 R a$,

因为后者使用的条件是 $\lg(K^{\ominus}) = a - b/T$ 。

$$(2) \Delta_{\text{环}} S = Q_{\text{环}} / T = -Q_{\text{系}} / T = -8522 \text{ J} / 112 \text{ K} = -76.09 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta S = \Delta_{\text{环}} S + \Delta_{\text{系}} S = 0$$

4. 25℃时某物质 B 溶于水溶液, 摩尔分数为 0.02 和 0.4 时 B 的蒸汽分压分别为 1.43 kPa 和 15.55 Pa。已知纯水在 25℃时的蒸汽压为 3169 Pa, 含 B 摩尔分数较小的水溶液可近似为理想稀溶液, 试求:

- (1) 含 B 摩尔分数为 0.02 的水溶液中水的蒸汽分压。
- (2) 溶质 B 的亨利常数 k_x 。
- (3) 含 B 摩尔分数为 0.4 的水溶液中 B 的活度及活度系数。(15 分)

解: (1) $p_A = p_A^* x_A = p_A^* (1 - x_B) = 3169 \text{ Pa} \times (1 - 0.02) = 3106 \text{ Pa}$

(2) B 为溶质, 服从亨利定律, $p_B = k_x a_B = k_x \gamma_B x_B$

对于稀溶液: $x_B = 0.02$, $\gamma_B = 1$, 有 $k_x = p_B / x_B = 1.43 \text{ kPa} / 0.02 = 71.5 \text{ kPa}$

(3) $x_B = 0.4$, $a_B = p_B / k_x = 15.55 \text{ kPa} / 71.5 \text{ kPa} = 0.217$

$$\gamma_B = a_B / x_B = 0.217 / 0.4 = 0.543$$

5. 某稀水溶液含有非挥发性溶质, 在 -1.4℃下凝固。假设该水溶液为理想稀溶液, 试求: (1) 该溶液的正常沸点。

(2) 25℃时该溶液的蒸汽压。

(3) 25℃时该溶液的渗透压。

已知水的 $K_b = 0.52 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, $K_f = 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, 纯水在 25℃时的蒸汽压为 3169 Pa。(15 分)

解: (1) $b_B = \Delta T_f / K_f = (1.4 / 1.86) \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1} = 0.753 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$

$$\Delta T_b = K_b b_B = (0.52 \times 0.753) ^\circ\text{C} = 0.39 ^\circ\text{C}$$

$$T_b = T_b^* + \Delta T_b = 100 ^\circ\text{C} + 0.39 ^\circ\text{C} = 100.39 ^\circ\text{C}$$

(2) $x_B = 0.753 \text{ mol} / (0.753 \text{ mol} + 1000 \text{ mol} / 18.02) = 0.0134$

$$p_A = p_A^* x_A = p_A^* (1 - x_B) = 3169 \text{ Pa} \times (1 - 0.0134) = 3127 \text{ Pa}$$

(3) $c_B \approx 0.753 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$

$$\Pi = c_B R T = (0.753 \times 10^3 \times 8.315 \times 298.15) \text{ Pa} = 1.867 \text{ MPa}$$

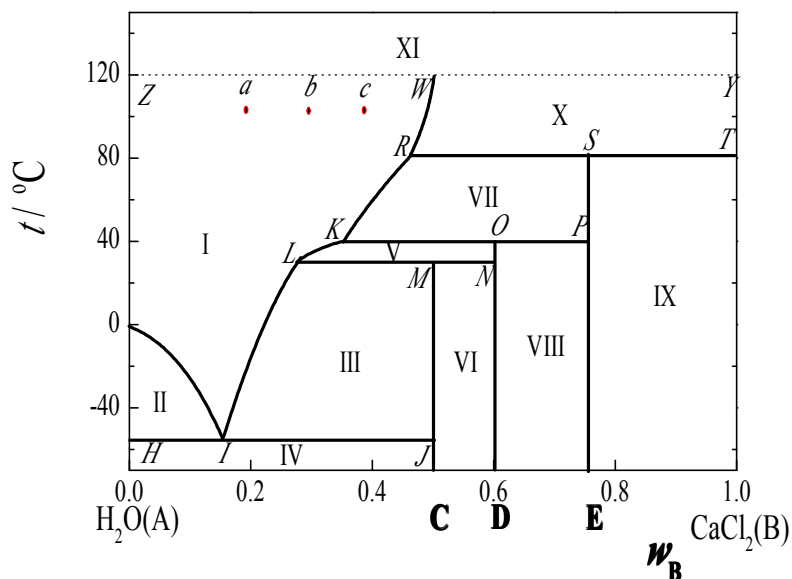
6. $\text{H}_2\text{O}-\text{CaCl}_2$ 系统存在三个含水盐 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CaCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，其相图如下，解决下列问题：

(1) 标出各相区和三相线对应的相态。

(2) 画出图中 a 、 b 、 c 三点的冷却曲线。

(3) 对 CaCl_2 水溶液，如何控制得到纯的 $\text{CaCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 固体盐？常温下能得到的是何种纯固体盐？

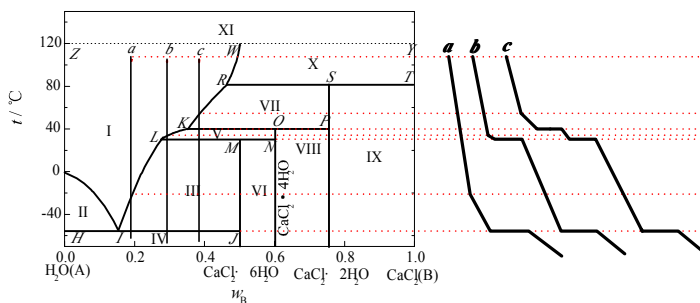
(4) 已知 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 的分解温度为 82°C ，分解得到含 CaCl_2 质量分数为 0.46 的水溶液和纯 CaCl_2 固体。当含 CaCl_2 质量分数为 0.485 的 1kg 水溶液冷却时，如何能得到最多的纯 CaCl_2 固体？具体数量多少？(15 分)



答：(1) 各相区和三相线的相态列入下表 ($\text{C}=\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，

$\text{D}=\text{CaCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ， $\text{E}=\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$):

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
l	A(s)+l	l+C(s)	A(s)+C(s)	l+D(s)	C(s)+D(s)	l+E(s)	D(s)+E(s)
IX	X	XI	HIJ	LMN	KOP	RST	ZWY
E(s)+B(s)	l+B(s)	g+B(s)	A(s)+l+C(s)	l+C(s)+D(s)	l+D(s)+E(s)	l+E(s)+B(s)	l+g+B(s)



(2)

(3) 将 CaCl_2 水溶液加热浓缩到组成在 $w_L < w < w_K$ 之间且降温到 $t_L < t < t_K$ 之间结晶时可得到四水盐。常温下结晶得到的是六水盐。

(4) 当溶液温度控制在接近 82°C 时结晶，可得到最多的纯 CaCl_2 固体，设为 m 。根据杠杆规则有

$$m \times (1 - 0.485) = (1.0 \text{ kg} - m) \times (0.485 - 0.46)$$

即

$$m = 0.0463 \text{ kg}$$

7. 对反应 $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) = \text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$, 已知 298 K 时水的标准生成焓 $\Delta_f H_m^\ominus(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = -286 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和各物质的标准摩尔燃烧焓及标准摩尔熵值如下表:

	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$
$\Delta_c H_m^\ominus / (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	-1411	-1560	
$S_m^\ominus / (\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1})$	219.5	229.5	130.6

在 298~1000K 范围内, 反应的平均热容差 $\Delta_r C_{p,m} = 10.84 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。解决下列问题:

- (1) 计算反应在 1000 K 时的标准平衡常数。
- (2) 升高温度对生成 C_2H_6 是否有利? (15 分)

解: (1) 298K 时: $\Delta_r H_m^\ominus = -\sum_B \nu_B \Delta_c H_m^\ominus(\text{B}) = -(-1560 + 1411 + 286) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -137 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\Delta_r S_m^\ominus = \sum_B \nu_B S_m^\ominus(\text{B}) = (229.5 - 219.5 - 130.6) \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = -120.6 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

其中水的标准生成焓即为 $\text{H}_2(\text{g})$ 的摩尔燃烧焓。 $\Delta_r C_{p,m}$ 为常数, 1000K 时,

$$\Delta_r H_m^\ominus = \Delta_r H_m^\ominus(298\text{K}) + \Delta_r C_{p,m} \Delta T = \{-137 + 10.84 \times (1000 - 298)\} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 7473 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\begin{aligned} \Delta_r S_m^\ominus &= \Delta_r S_m^\ominus(298\text{K}) + \Delta_r C_{p,m} \ln(T_2/T_1) = \{-0.1206 + 10.84 \times \ln(1000/298)\} \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= 13.00 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

$$\Delta_r G_m^\ominus = \Delta_r H_m^\ominus - T \Delta_r S_m^\ominus = (7473 - 1000 \times 13.00) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -5527 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$K^\ominus = \exp(-\Delta_r G_m^\ominus / RT) = \exp\{5527000 / (8.315 \times 1000)\} = 4.749 \times 10^{288}$$

- (2) 从反应焓随升温从负到正说明, 高温时反应吸热, 因此反应升温有利。

8. 在 298 K 时下述电池: $\text{Pt} | \text{H}_2(p^\ominus) | \text{HI}(a) | \text{AuI}(\text{s}) | \text{Au}(\text{s})$

当 HI 活度 $a = 1 \times 10^{-8}$ 时, 电池电动势 $E = 0.97 \text{ V}$ 。已知电极 $\text{Au}^+ | \text{Au}(\text{s})$ 的 E^\ominus 值为 1.68 V。

- (1) 写出电极反应和电池反应。
- (2) 计算在 298 K 时电池反应的 $\Delta_r G_m^\ominus$ 。
- (3) 求 $\text{AuI}(\text{s})$ 的活度积 K_a 。(15 分)

解: (1) 负极: $(1/2) \text{H}_2(p^\ominus) \rightarrow \text{H}^+ + \text{e}^-$

正极: $\text{AuI}(\text{s}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Au}(\text{s}) + \text{I}^-$

电池反应: $(1/2) \text{H}_2(p^\ominus) + \text{AuI(s)} \rightarrow \text{Au(s)} + \text{HI(a)}$

$$(2) E = E^\ominus - (RT/F) \ln \{a/[p(\text{H}_2)/p^\ominus]^{1/2}\} = E^\ominus \{\text{AuI(s)}|\text{Au(s)}\} - (RT/F) \ln \{a/[p(\text{H}_2)/p^\ominus]^{1/2}\}$$

$$E^\ominus \{\text{AuI(s)}|\text{Au(s)}\} = E + 0.05916 \lg \{a/[p(\text{H}_2)/p^\ominus]^{1/2}\}$$

$$= 0.97\text{V} + 0.05916\text{V} \times \lg \{1 \times 10^{-8}/[p^\ominus/p^\ominus]^{1/2}\} = 0.4967\text{V}$$

$$\Delta_r G_m^\ominus = -zFE^\ominus = -zFE^\ominus \{\text{AuI(s)}|\text{Au(s)}\} = (-1 \times 96500 \times 0.4967) \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} = -47.93 \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

(3) 将溶解过程 $\text{AuI(s)} \rightarrow \text{Au}^+ + \text{I}^-$ 设计成电池

正极: $\text{AuI(s)} + \text{e}^- \rightarrow \text{Au(s)} + \text{I}^-$

负极: $\text{Au(s)} \rightarrow \text{Au}^+ + \text{e}^-$

有 $\Delta_r G_m^\ominus = -zFE^\ominus = -zF\{E^\ominus \{\text{AuI(s)}|\text{Au(s)}\} - E^\ominus \{\text{Au}^+|\text{Au(s)}\}\} = -RT \ln K_a$

即 $K_a = \exp \{zF\{E^\ominus \{\text{AuI(s)}|\text{Au(s)}\} - E^\ominus \{\text{Au}^+|\text{Au(s)}\}\}/RT\}$

$$= \exp \{1 \times 96500 \times (0.4967 - 1.68)/(8.315 \times 298)\} = 9.69 \times 10^{-21}$$

9. 25℃时, 质量摩尔浓度 $b=0.20 \text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的 K_2SO_4 水溶液正负离子的平均活度系数 $\gamma_{\pm}=0.099$, 试问此水溶液中正负离子的平均活度 a_{\pm} 及 K_2SO_4 的整体活度各为若干。(10 分)

解: $\nu = \nu_+ + \nu_- = 2 + 1 = 3$

$$b_+ = 2b, \quad b_- = b, \quad b_{\pm} = \{b_+^{\nu_+} b_-^{\nu_-}\}^{1/\nu} = \{(2b)^2(b)\}^{1/3} = 4^{1/3}b$$

$$a_{\pm} = \gamma_{\pm} b_{\pm} / b^\ominus = 0.099 \times 4^{1/3} \times 0.20 \text{mol} \cdot \text{kg}^{-1} / 1 \text{mol} \cdot \text{kg}^{-1} = 0.03143$$

$$a = a_{\pm}^\nu = 0.03143^3 = 3.105 \times 10^{-5}$$

10. 某二级反应 $\text{A(g)} \rightarrow 2\text{B(g)}$ 在一个恒容容器中进行, 反应温度为 373K, 测得不同时间系统的总压如下:

t/min	0	10	∞
$p_{\text{总}}/\text{kPa}$	35.597	42.663	53.329

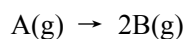
当 $t=\infty$ 时, A 消失。解决下列问题:

(1) 导出 A 的分压 p_A 与系统总压 $p_{\text{总}}$ 和 $p_{\text{总}, \infty}$ 的关系式, 并计算 A 的初始压力 $p_{A,0}$ 。

(2) 求该反应的速率常数 k_p (以压力表示) 和 k_c (以浓度表示)。

(3) 求该反应的半衰期 $t_{1/2}$ 。(15 分)

解: (1) 反应恒温恒容, $p=cRT \propto c$, 可用压力替浓度计算:



$$t=0 \quad p_{A,0} \quad p_{B,0} \quad p_{\text{总},0} = p_{A,0} + p_{B,0}$$

$$t=t \quad p_A \quad p_{B,0} + 2(p_{A,0} - p_A) \quad p_{\text{总}} = 2p_{A,0} - p_A + p_{B,0}$$

$$t \rightarrow \infty \quad 0 \quad p_{B,0} + 2p_{A,0} \quad p_{\text{总}, \infty} = 2p_{A,0} + p_{B,0}$$

可得 $p_{A,0} = p_{\text{总}, \infty} - p_{\text{总}, 0} = (53.329 - 35.597) \text{ kPa} = 17.732 \text{ kPa}$

$$p_A = p_{\text{总}, \infty} - p_{\text{总}}$$

(2) 反应为二级,

$$k_p = (p_A^{-1} - p_{A,0}^{-1}) / t = \{(53.329 - 42.663)^{-1} - 17.732^{-1}\} \text{ kPa}^{-1} / 10 \text{ min} = 3.736 \times 10^{-3} \text{ kPa}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

将 $p = cRT$ 代入 $-dp/dt = k_p p^2$ 得, $-dc/dt = (RT)^{-1} k_p c^2 = k_c c^2$

$$k_c = (RT)^{-1} k_p = (8.315 \times 373)^{-1} \times 3.736 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 11.59 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$(3) t_{1/2} = 1 / k_p p_{A,0} = 1 / (3.736 \times 10^{-3} \times 17.732 \text{ min}^{-1}) = 15.10 \text{ min}$$

11. 25℃时乙醇水溶液的表面张力与溶液中乙醇的浓度 c (单位 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) 的关系为

$$\gamma / (\text{mN} \cdot \text{m}^{-1}) = 72 - 0.5(c / \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}) + 0.2(c / \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3})^2$$

计算 $c = 0.6 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 时

(1) 乙醇在溶液表面的过剩量。

(2) 将半径为 10^{-3} m 的毛细管插入溶液, 求毛细管中液面高度。假设乙醇溶液完全润湿

毛细管, $\rho = 0.986 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $g = 9.80 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。(10 分)

解: (1) 吉布斯等温式: $\Gamma = -(cd\gamma/dc) / RT$

$$= -\{0.6 \times (-0.5 + 0.4 \times 0.6) \times 10^{-3} / (8.315 \times 298.15)\} \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} = 6.293 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$(2) \gamma / (\text{mN} \cdot \text{m}^{-1}) = 72 - 0.5 \times 0.6 + 0.2 \times (0.6)^2 = 71.77$$

根据 $\Delta p = 2\gamma/r = \rho gh$ 得

$$h = 2\gamma / r\rho g = \{2 \times 0.07177 / (0.001 \times 986 \times 9.80)\} \text{ m} = 0.01485 \text{ m}$$