

852

华南理工大学 2009 年攻读硕士学位研究生入学考试试卷

(请在答题纸上做答, 试卷上做答无效, 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, 材料加工工程, 生物医学工程, 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

说明: 本年工科类试题难度基本合适, 第 1 题部分内容稍难, 第 5 题相对综合。葛老师已对试题作了少量规范化处理并完成解答, 未参考标准答案。因此可能有不妥之处, 欢迎用电子邮件告知, 谢谢!

更多信息请看主页: www.huacai.net葛华才老师, 邮箱: ge1963@126.com

1. 在一个装有理想活塞的气缸中, 含有温度为 100°C , 压力为 140kPa 的理想气体混合物, 其中 $n(\text{N}_2)=8.1228\text{ mol}$, $n_1(\text{H}_2\text{O}, \text{g})=9.9279\text{ mol}$ 。今将该气体混合物等温 100°C , 可逆压缩到总压为 201.325 kPa 的终态。试求: (1) 此时有多少水凝结? (2) 此过程的 ΔH , ΔU , W , Q , ΔS , ΔG 及 ΔA 各为多少? 已知 100°C , 101.325 kPa 下水的摩尔汽化焓 $\Delta_{\text{vap}}H_{\text{m}}=40.67\text{ kJ mol}^{-1}$, 终态时 $V(\text{H}_2\text{O}, \text{l})$ 与 $V(\text{H}_2\text{O}, \text{g})$ 相比较 $V(\text{H}_2\text{O}, \text{l})$ 可忽略不计, 且不考虑 N_2 在水中的溶解。(15分)

解: (1) 忽略外压对蒸气压的影响, 水在 100°C 时的饱和蒸汽压为 101.325kPa , 设凝固的水量为 n_2 , 未凝固的水为 n_3 , 则终态时水蒸汽分压为

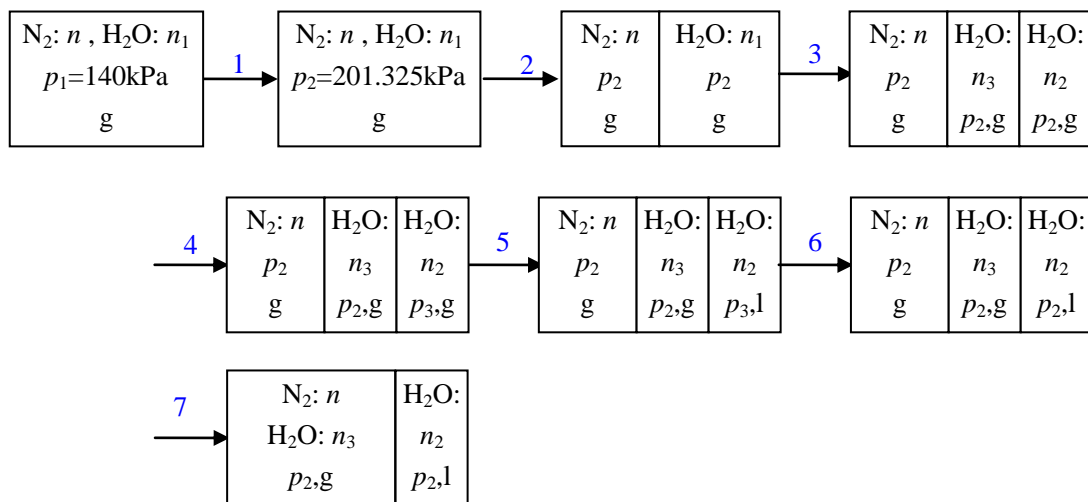
$$p_2(\text{H}_2\text{O})=py(\text{H}_2\text{O})=201.325\text{kPa}\times(9.9279\text{mol}-n_2)/(8.1228\text{mol}+9.9279\text{mol}-n_2)=101.325\text{kPa}$$

得 $n_2=1.6975\text{mol}$, $n_3=(9.9279-1.6975)\text{mol}=8.2304\text{mol}$

初始和终态时 N_2 的摩尔分数: $x=8.1228/(8.1228+9.9279)=0.4500$

$$x'=8.2304/(8.1228+8.2304)=0.5033$$

(2) 系统过程可设想如下: 恒温, $p_3=101.325\text{kPa}$, 中间部分相当于隔板或半透膜。



对理想气体, 只有水蒸气冷凝为水的相变过程对 ΔH 和 ΔU 有贡献:

$$\Delta H = n_2 \Delta_{\text{冷凝}} H_m = 1.6975 \times (-40.67) \text{ kJ} = -69.04 \text{ kJ}$$

$$\Delta U = \Delta H - \Delta p V = \Delta H - RT \Delta_{\text{冷凝}} n(g) = [-69.04 - 8.315 \times 373.15 \times (0 - 1.6975)/1000] \text{ kJ} = -63.77 \text{ kJ}$$

至于熵变计算, 过程2为恒温恒压分离(混合逆过程), 3为同物隔开(状态未变!), 5为可逆相变, 6为液相变压, 7为气相恒温恒压混合, 忽略压力对液体熵的影响时有:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 + \Delta S_5 + \Delta S_6 + \Delta S_7$$

$$= (n_1 + n_2) R \ln(p_1/p_2) + \{n R \ln x + n_1 R \ln(1-x)\} + 0 + n_2 R \ln(p_2/p_3) + n_2 \Delta_{\text{冷凝}} H_m / T + 0 + \{-n R \ln x' - n_3 R \ln(1-x')\}$$

$$= \{[(8.1228 + 9.9279) \ln(140/201.325) + 8.1228 \ln 0.4500 + 9.9279 \ln 0.5500 + 1.7561 \ln(201.325/101.325) - 8.1228 \ln(0.5033) - 8.1718 \ln(1 - 0.5033)] \times 8.315 + 1.7561 \times (-40670)/373.15\} \text{ J K}^{-1}$$

$$= -245.3 \text{ J K}^{-1}$$

过程恒温可逆: $Q = T \Delta S = 373.15 \times (-245.3) \text{ J} = -91.53 \text{ kJ}$

$$W = \Delta U - Q = (-63.77 + 91.53) \text{ kJ} = 27.76 \text{ kJ}$$

$$\Delta A = \Delta U - T \Delta S = [-63.77 - 373.15 \times (-245.3/1000)] \text{ kJ} = 27.76 \text{ kJ}$$

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S = [-69.04 - 373.15 \times (-245.30/1000)] \text{ kJ} = 22.49 \text{ kJ}$$

思考: 设想其它过程, 看计算结果是否相同! 能否根据各过程的 W 和 Q 计算功和热(不能!)? 涉及反应或多组分相变的过程亦可采用类似处理。

2. 实验测得固体和液体苯在熔点附近的蒸气压如下两式表示:

$$\ln(p_s/p^\ominus) = 16.040 - 5319.2 \text{ K}/T \quad (1)$$

$$\ln(p_l/p^\ominus) = 11.702 - 4110.4 \text{ K}/T \quad (2)$$

已知 1 mol 液体苯的体积比固体苯大 0.0094 dm^3 。

- (1) 试计算苯的三相点的温度和压力;
- (2) 求苯(固体)的摩尔熔化熵;
- (3) 计算压力增加到 101.325 kPa 时, 熔点变化为多少? (15分)

解: (1) 三相点时 $p_l = p_s$, 故有

$$16.040 - 5319.2 \text{ K}/T = 11.702 - 4110.4 \text{ K}/T$$

$$T = 278.65 \text{ K}$$

$$p_l = p_s = p^\ominus \exp(16.040 - 5319.2 \text{ K}/T) = 100 \text{ kPa} \times \exp(16.040 - 5319.2/278.65) = 4.7398 \text{ kPa}$$

(2) 若饱和蒸汽压关系式为 $\ln(p_s/p^\ominus) = a - b \text{ K}/T$, 可直接计算升华(或蒸发)熵和焓:

$$\Delta_{\text{升华}} S_m = R a, \Delta_{\text{升华}} H_m = -R b \text{ K} \quad [\text{参考教材: 葛华才等编. 《物理化学》(多媒体版)}]$$

根据式(1)和(2) 可分别计算升华和蒸发熵, 因此固体苯的熔化熵为

$$\Delta_{\text{熔化}} S_m = \Delta_{\text{升华}} S_m - \Delta_{\text{蒸发}} S_m = (16.040 - 11.702) \times 8.315 \text{ J K mol}^{-1} = 36.07 \text{ J K mol}^{-1}$$

(3) 根据克拉贝龙方程 $dp/dT = \Delta_{\text{熔化}} H_m / T \Delta_{\text{熔化}} V_m = \Delta_{\text{熔化}} S_m / \Delta_{\text{熔化}} V_m$, 可得

$$\Delta T \approx \Delta p \Delta_{\text{熔化}} V_m / \Delta_{\text{熔化}} S_m = ((101325 - 4739.8) \times 0.0094 \times 10^{-3} / 36.07) \text{K} = 0.02517 \text{K}$$

3. 苯和甲苯混合形成的液态混合物可视为理想液态混合物。(1) 在 90℃、101325 Pa 下, 混合物达到沸腾, 试求刚沸腾时液相及气相的组成。已知 90℃时, $p_{\text{甲苯}}^* = 54.22 \text{ kPa}$, 苯的正常沸点为 80.10℃, 苯的摩尔蒸发焓 $\Delta_{\text{vap}} H_m^* = 34.27 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。(2) 在 25℃、101325 Pa 下形成上述组成的液态混合物, 试求该过程的 $\Delta_{\text{mix}} V$, $\Delta_{\text{mix}} H$, $\Delta_{\text{mix}} S_m$ 。(15 分)

说明: 本题与葛华才等编《物理化学》教材 p117 页第 10 题部分类似。

3. 解: (1) 设苯、甲苯分别记为 A、B, 先求苯在 90℃时的饱和蒸气压 p_A^* , 利用克-克方程

$$\ln(p_A^* / 101.325 \text{ kPa}) = -(34270 / 8.315)(1/363.15 - 1/353.25)$$

$$p_A^* = 139.3 \text{ kPa}$$

对于 90℃时的混合物, 有

$$p = p_A^* x_A + p_B^* x_B = p_A^* x_A + p_B^* (1 - x_A) = (p_A^* - p_B^*) x_A + p_B^*$$

所以

$$x_A = (p - p_B^*) / (p_A^* - p_B^*) = (101.325 - 54.22) / (139.3 - 54.22) = 0.5537$$

$$y_A = p_A^* x_A / p = 139.3 \times 0.5537 / 101.325 = 0.7612$$

$$(2) \Delta_{\text{mix}} V = 0, \Delta_{\text{mix}} H = 0,$$

$$\Delta_{\text{mix}} S_m = -R(x_A \ln x_A + x_B \ln x_B)$$

$$= -8.315 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times (0.5537 \times \ln 0.5537 + 0.4463 \times \ln 0.4463) = 5.715 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

4. 在标准压力下, 苯酚的熔点为 40℃, 1-萘胺的熔点为 50℃, 苯酚和 1-萘胺系统的相图中有两个低共熔点 17℃和 23℃, 含苯酚的摩尔分数分别为 0.75 和 0.36, 在含苯酚的摩尔分数为 0.50 处生成稳定化合物, 其熔点为 28℃。

(1) 已知上述二组份系统形成的液相完全互溶, 试绘出该系统的相图。

(2) 在图中标明各相区的相态。

(3) 分析各相区的自由度。

(4) 描述含苯酚摩尔分数为 0.40 的熔体从 50℃冷却到 10℃过程中的冷却曲线及相变情况。(15 分)

(5) 含苯酚摩尔分数为 0.40 的 1mol 熔体从 50℃冷却时最多能得到多少纯化合物?

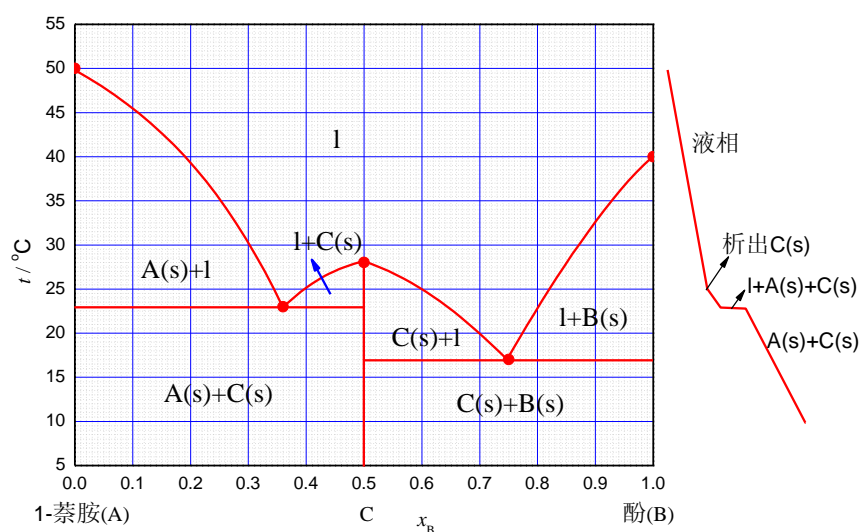
4. 解: (1) (2) (4) 见图

(3) 单相区 $F=2$, 两相区 $F=1$, 三相线 $F=0$ 。

(5) 当冷却到接近 23℃时能得到最多的纯化合物。设化合物的量为 n , 则有

$$(0.4 - 0.36) \times (1 \text{ mol} - n) = (0.5 - 0.4)n$$

即 $n = 0.04 \text{ mol} / 0.14 = 0.2857 \text{ mol}$



5. 常压下苯酚的熔点为 40°C 。在 10g 苯酚中加入 247mg 的 1-萘胺, 测得熔点为 39.13°C 。若在 10g 苯酚中加入 2.47g 的 1-萘胺, 可用什么方法估计其熔点? 数值为多少? 若根据题 4 的相图, 估计其实际熔点又应为多少? 两种方法的结果是否有差别? 原因? 已知苯酚和 1-萘胺的摩尔质量分别为 $94.11\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ 和 $143.19\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。(10 分)

5. 解: 可根据稀溶液的依数性即凝固点降低公式估算

$$(40 - t/^{\circ}\text{C}) / (40 - 39.13) = 2.47 / 0.247$$

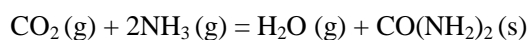
得 $t = 31.3^{\circ}\text{C}$

根据题 4 的相图, $x_{\text{苯酚}} = (10/94.110) / ((10/94.110) + (2.47/143.19)) = 0.860$

对应的熔点为 28.9°C

两者有明显的差别。主要原因是依数性仅适用于稀溶液, 而相图相对来说是比较准确的。

6. 已知在 298.15K 时的下列数据, 试求反应:



在 298.15K 和 425K 时的 $\Delta_f G_m^{\ominus}$ 及标准平衡常数 K^{\ominus} 。(15 分)

物 质	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{NH}_3(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{s})$
$\Delta_f H_m^{\ominus}(298.15\text{K})/(\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$	-393.51	-46.11	-241.82	-333.51
$S_m^{\ominus}(298.15\text{K})/(\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1})$	213.74	192.45	188.83	104.60
$C_{p,m}/(\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1})$	37.11	35.06	33.577	93.14

解: 298.15K 时:

$$\Delta_r H_m^{\ominus} = \sum_B \nu_B \Delta_f H_m^{\ominus}(\text{B}) = (-333.51 - 241.82 + 393.51 + 2 \times 46.11) \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} = -89.6 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$\Delta_r S_m^\ominus = \sum_B \nu_B S_m^\ominus(B) = (188.83 + 104.60 - 213.74 - 2 \times 192.45) \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$= -305.21 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$\Delta_r C_{p,m} = (33.577 + 93.14 - 37.11 - 2 \times 35.06) \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 19.487 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$\Delta_r G_m^\ominus = \Delta_r H_m^\ominus - T \Delta_r S_m^\ominus = [-89.6 - 298.15 \times (-0.30521)] \text{ kJ mol}^{-1} = 1.398 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$K^\ominus = \exp(-\Delta_r G_m^\ominus / RT) = \exp(-1398 / (8.315 \times 298.15)) = 0.5690$$

$$425\text{K时: } \Delta_r H_m^\ominus(425\text{K}) = \Delta_r H_m^\ominus(298.15\text{K}) + \Delta_r C_{p,m}(425\text{K} - 298.15\text{K})$$

$$= (-89.6 + 19.487 \times 0.12685) \text{ kJ mol}^{-1} = -87.13 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_r S_m^\ominus(425\text{K}) = \Delta_r S_m^\ominus(298.15\text{K}) + \Delta_r C_{p,m} \ln(425\text{K}/298.15\text{K})$$

$$= [-305.21 + 19.487 \times \ln(425/298.15)] \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = -298.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$\Delta_r G_m^\ominus = \Delta_r H_m^\ominus - T \Delta_r S_m^\ominus = [-87.13 - 425 \times (-0.2983)] \text{ kJ mol}^{-1} = 39.648 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$K^\ominus = \exp(-\Delta_r G_m^\ominus / RT) = \exp(-39648 / (8.315 \times 425)) = 1.341 \times 10^{-5}$$

7. 已知反应: $A(g) = 2B(g)$

在298.15K时 $\Delta_r G_m^\ominus = 4.25 \text{ kJ mol}^{-1}$, 假设该气体反应是理想气体反应系统。试计算:

(1) 反应开始时只有A, 求在298.15K, 标准大气压下, 物质A的解离度。

(2) 恒温下, 总压力为10 atm时, 物质A的解离度。

(3) 标准大气压下, 开始时原料气体A与惰性气体的物质的量之比为: 1:2, 求物质A的解离度。

(4) 根据(2), (3)的计算结果分析压力变化和惰性气体组分对该气体反应的影响。(10分)

解: (1) $A(g) = 2B(g)$

$$(1-x)\text{mol} \quad 2x \text{ mol} \quad n=(1+x)\text{mol}$$

$$K^\ominus = \exp(-\Delta_r G_m^\ominus / RT) = \exp(-4250 / (8.315 \times 298.15)) = 0.1801$$

$$K^\ominus = [2x/(1+x)]^2 [(1-x)/(1+x)]^{-1} (p/p^\ominus) = (p/p^\ominus) 4x^2/(1-x^2) = 4x^2/(1-x^2) = 0.1801$$

$$x = 0.2076$$

$$(2) K^\ominus = (p/p^\ominus) 4x^2/(1-x^2) = 10.1325 \times 4x^2/(1-x^2) = 0.1801$$

$$x = 0.06651$$

(3) $A(g) = 2B(g)$ 惰性气体

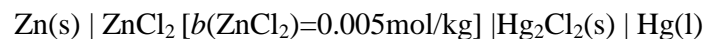
$$(1-x)\text{mol} \quad 2x \text{ mol} \quad 2\text{mol} \quad n=(3+x)\text{mol}$$

$$K^\ominus = [2x/(3+x)]^2 [(1-x)/(3+x)]^{-1} (p^\ominus/p^\ominus) = 4x^2/(3-2x-x^2) = 0.1801$$

$$x=0.3190$$

- (4) 从(2)和(3)计算可知, 对气相分子数增加的分解反应, 增加总压不利于反应的进行, 而增加惰性组分则有利于反应的进行。

8. 25℃时, 电池:



的电动势为1.227V。已知德拜-休克尔极限公式中常数 $A=0.509(\text{mol kg}^{-1})^{1/2}$ 。

- (1) 写出该电池的电极反应和电池反应;
- (2) 求出电池的标准电动势;
- (3) 计算和 $\Delta_r G_m^\ominus$ 和 K^\ominus 。(15分)

说明: 本题在以前考研题中已出过, 亦可从霍瑞贞编《物理化学解题指导》中找到!

解: (1) 负极: $\text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$

正极: $\text{Hg}_2\text{Cl}_2(\text{s}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Hg(l)} + 2\text{Cl}^-$

电池反应: $\text{Zn(s)} + \text{Hg}_2\text{Cl}_2(\text{s}) \rightarrow 2\text{Hg(l)} + \text{ZnCl}_2(b)$

(2) $b_+ = b$, $b_- = 2b$,

$$I = (1/2) \sum b_{\text{B}} z_{\text{B}}^2 = 0.5 \times [b \times 4 + 2b \times 1] = 3b = 3 \times 0.005 \text{mol} \cdot \text{kg}^{-1} = 0.015 \text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$\lg \gamma_{\pm} = -A z_+ |z_-| I^{1/2} = -0.509 \times 2 \times 0.015^{1/2} = -0.1247$$

$$\gamma_{\pm} = 0.750$$

$$a = a_{\pm}^3 = b_+^3 b_-^3 / b^{\ominus 3} = b_+ b_-^2 \gamma_{\pm}^3 / b^{\ominus 3} = (0.005) (2 \times 0.005)^2 \times 0.750^3 = 2.11 \times 10^{-7}$$

根据 Nernst 方程得

$$E^\ominus = E + (0.05916\text{V}/2) \lg a(\text{ZnCl}_2) = 1.227\text{V} + 0.02958\text{V} \times \lg(2.11 \times 10^{-7}) = 1.030\text{V}$$

$$(3) \Delta_r G_m^\ominus = -z F E^\ominus = -2 \times 96500 \times 1.021 \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} = -197.1 \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$K^\ominus = \exp(-\Delta_r G_m^\ominus / RT) = \exp(197100 / (8.315 \times 298.15)) = 3.374 \times 10^{34}$$

9. 在101325Pa外压, 100℃的某液体产生一个半径为 10^{-5}m 的小气泡。已知该温度下该液体的表面张力为 58.5mN m^{-1} , 密度为 1000kg m^{-3} , 饱和蒸气压为102000Pa, 该液体的摩尔质量为 $3 \times 10^{-2}\text{kg mol}^{-1}$, 忽略静压的作用。

- (1) 计算小气泡内的压力。
- (2) 判断该气泡能否逸出液面? (15分)

解: (1) 附加压力: $\Delta p = 2\gamma/r = (2 \times 58.5 \times 10^{-3} / 10^{-5}) \text{Pa} = 11700 \text{Pa}$

小泡内的压力为: $(101325 + 11700) \text{Pa} = 113025 \text{Pa}$

注意: 气泡曲率半径严格应取 $r = 10^{-5}\text{m}$ 。

(2) 小气泡内的饱和蒸汽压关系: $RT \ln(p_r/p) = 2\gamma M / r\rho$

$$\begin{aligned}
 p_r &= p \exp(2\gamma M / RT r \rho) \\
 &= 102000 \text{ Pa} \times \exp(2 \times 58.5 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^{-2} / (8.315 \times 373.15 \times (-10^{-5}) \times 1000)) \\
 &= 101988 \text{ Pa} < 113025 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

气泡不会逸出液面。

10. 用活性炭吸附CO气体, 符合兰格缪尔吸附等温式。在239.55K时, 饱和吸附量为 $42.2 \times 10^{-3} \text{ m kg}^{-1}$, CO气体的分压为13.466kPa时, 其平衡吸附量为 $8.54 \times 10^{-3} \text{ m kg}^{-1}$, 求: 兰格缪尔吸附等温式的具体形式。(10分)

解: 兰格缪尔吸附等温式 $V^a/V_\infty^a = bp/(1+bp)$, 已知 $V_\infty^a = 42.2 \times 10^{-3} \text{ m kg}^{-1}$, 可得

$$b = V^a / (V_\infty^a - V^a) p = (8.54 / ((42.2 - 8.54) \times 13.466)) (\text{kPa})^{-1} = 0.01884 (\text{kPa})^{-1}$$

11. 在一定温度下, 反应 $2\text{N}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow 2\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ 的半衰期 $t_{1/2}$ 与 N_2O 的起始压力 p_0 成反比。已知

$$T = 694^\circ\text{C}, p_0 = 3.87 \times 10^4 \text{ Pa}, t_{1/2} = 1520 \text{ s}$$

$$T = 757^\circ\text{C}, p_0 = 4.74 \times 10^4 \text{ Pa}, t_{1/2} = 212 \text{ s}$$

(1) 求694°C和757°C时的速率常数。

(2) 求反应的活化能。

(3) 反应在757°C, 最初只有 N_2O , 压力为 $5.26 \times 10^4 \text{ Pa}$ 进行等容反应, 127s时系统总压力为多少?

(4) 初条件与(3)相同时半衰期混合物中 N_2 的摩尔分数为多少? (15分)

解: (1) 半衰期 $t_{1/2}$ 与 N_2O 的起始压力 p_0 成反比, 说明反应为 2 级。因此

$$T = 694^\circ\text{C} \text{ 时}, k_1 = 1/(p_0 t_{1/2}) = 1/(3.87 \times 10^4 \text{ Pa} \times 1520 \text{ s}) = 1.70 \times 10^{-8} \text{ Pa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$T = 757^\circ\text{C} \text{ 时}, k_2 = 1/(p_0 t_{1/2}) = 1/(4.74 \times 10^4 \text{ Pa} \times 212 \text{ s}) = 9.951 \times 10^{-8} \text{ Pa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

(2) 计算活化能需以浓度为基准的速率常数, 而 $k_{c,1} = k_{p,1}(RT)^{n-1} = k_1(RT)$, 故

$$\begin{aligned}
 E_a &= RT_1 T_2 \ln(k_{c,2}/k_{c,1}) / (T_2 - T_1) \\
 &= (8.315 \times 967.15 \times 1030.15 \times \ln(9.951 \times 10^{-8} \times 1030.15 / (1.70 \times 10^{-8} \times 967.15))) / (757 - 694) \text{ J mol}^{-1} \\
 &= 240.7 \text{ kJ mol}^{-1}
 \end{aligned}$$

(3) $2\text{N}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow 2\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

$$t=0 \quad p_0 \quad 0 \quad 0 \quad p_{\text{总}}=p_0$$

$$t=127 \text{ s} \quad p \quad p_0-p \quad (p_0-p)/2 \quad p_{\text{总}}=(3p_0-p)/2$$

对 2 级反应, $p^{-1} - p_0^{-1} = kt$,

$$p = 1 / (p_0^{-1} + kt) = (1 / ((5.26 \times 10^4)^{-1} + 9.951 \times 10^{-8} \times 127)) \text{ Pa} = 31596 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{总}} = (3p_0 - p) / 2 = (3 \times 5.26 \times 10^4 - 31596) \text{ Pa} / 2 = 63102 \text{ Pa}$$

(4) 当 $p = p_0 / 2 = 5.26 \times 10^4 \text{ Pa} / 2 = 2.63 \times 10^4 \text{ Pa}$ 时, N_2 的摩尔分数

$$x(\text{N}_2) = (p_0 - p) / p_{\text{总}} = (p_0 / 2) / (2.5 p_0 / 2) = 0.4$$