

## 第一章 气体、液体和固体

### 习题

1. 一个体积  $50.0\text{ m}^3$  的氧气钢瓶，在  $20^\circ\text{C}$  时，使用前的压力为  $12\text{ MPa}$ ，使用后压力变为  $10\text{ MPa}$ 。试计算用掉的氧气的质量。

$$pV = \frac{m}{M}RT$$

$$\Delta pV = \frac{\Delta m}{M}RT$$

$$\Delta m = \frac{(2-10) \times 10^6 \times 50.0 \times 32}{8.314 \times 293}$$

$$= 1.313 \times 10^6 (\text{g})$$

2. 在相同温度下，将压力为  $400\text{ kPa}$  的  $\text{O}_2$   $5.0\text{ dm}^3$  和  $100\text{ kPa}$  的  $\text{H}_2$   $20.0\text{ dm}^3$  充入一个  $40\text{ dm}^3$  的密闭容器中。试求该温度下混合气体的总压力以及两种气体的分压力。

$$p_2V_2 = p_1V_1$$

$$p_{\text{O}_2} = \frac{400 \times 5.0}{40} = 50 (\text{kPa})$$

$$p_{\text{H}_2} = \frac{100 \times 20.0}{40} = 50 (\text{kPa})$$

$$p_{\text{total}} = p_{\text{O}_2} + p_{\text{H}_2} = 100 (\text{kPa})$$

3. 在  $20^\circ\text{C}$ 、标准大气压下，用排水法收集氢气  $0.10\text{ g}$ 。若此温度下水的蒸气压为  $2.70\text{ kPa}$ ，求此时收集到的  $\text{H}_2$  的体积。

$$pV = \frac{m}{M}RT$$

$$V = \frac{0.10 \times 8.314 \times 293}{2 \times (101325 - 2.70 \times 10^3)} = 1.235 \times 10^{-3} (\text{m}^3)$$

4.  $300\text{ K}$  的温度下，在体积为  $1.00\text{ dm}^3$  的密闭容器中加入  $1.00\text{ mol CO}_2$ 。试分别用理想气体状态方程和范德华方程计算其压力（范德华常数见答案）。

$$pV = nRT$$

$$p = \frac{1.00 \times 8.314 \times 300}{1.00 \times 10^{-3}} = 2.49 \times 10^6 \text{ (Pa)}$$

$$(p + \frac{a}{V_m^2})(V_m - b) = RT$$

$$\text{where: } a = 0.364 \text{ m}^6 \cdot \text{Pa} \cdot \text{mol}^{-2} \quad b = 4.27 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$p = 2.2 \text{ (MPa)}$$

5. 试计算外压为 670kPa 时水的沸点。已知水的摩尔蒸发焓为  $40.67 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\ln \frac{p_s(T_2)}{p_s(T_1)} = -\frac{\Delta H_{vap}}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$T_2 = 436.0 \text{ (K)}$$

6.  $20^\circ\text{C}$  时, 苯和甲苯的蒸气压分别为 9.96kPa 和 2.98kPa, 将等物质的量的苯和甲苯在该温度下混合。分别计算两者的分压。

$$p_A = p_A^* x_A$$

$$p_{\text{toluene}} = 0.5 \times 2.98 = 1.49 \text{ (kPa)}$$

$$p_{\text{benzene}} = 0.5 \times 9.96 = 4.98 \text{ (kPa)}$$

7. 将 12.20g 苯甲酸溶于 100g 乙醇中, 溶液沸点升高了 1.13K; 若将 12.20g 苯甲酸溶于 100g 苯中, 溶液沸点升高了 1.39K。分别计算苯甲酸在两种溶剂中的分子量。

$$\Delta T_b = K_b m_B$$

In alcohol

$$m_B = \frac{1.13}{1.20} = 0.94 \text{ (mol} \cdot \text{kg}^{-1})$$

$$M = \frac{12.20}{0.94 \times 0.1} = 129.8 \quad \text{monomer}$$

In benzene

$$m_B = \frac{1.39}{2.57} = 0.54 \text{ (mol} \cdot \text{kg}^{-1})$$

$$M = \frac{12.20}{0.54 \times 0.1} = 225.9 \quad \text{dimer}$$

8. 将内径为 0.1mm 的毛细管插入水银中, 试求管内液面和管外液面的高度差。  
(已知此温度下水银的表面张力为  $0.48 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ , 密度为  $13.5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 接触角约  $180^\circ$ )

$$\rho gh = 2\sigma \cos \theta / |r|$$

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{|r| \rho g} = \frac{2 \times 0.48 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} \times (-1)}{(0.5 \times 10^{-4} \text{ m}) \times (13.5 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}) \times (9.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2})} = 0.145(\text{m})$$

即水银面下降了 0.145m

9. 标准大气压下, 水中含有直径为 0.001mm 的空气泡, 试问这样的水在什么温度下才开始沸腾。(已知 100℃ 的水的表面张力为  $0.059 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ , 摩尔蒸发焓为  $40.67 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

$$\Delta p = \frac{2\sigma}{r} = \frac{2 \times 0.059}{0.001 \times 0.5 \times 10^{-3}} = 2.36 \times 10^5 (\text{Pa})$$

$$p_s(T_2) = 101325 + 2.36 \times 10^5 = 3.37 \times 10^5 (\text{Pa})$$

$$\ln \frac{p_s(T_2)}{p_s(T_1)} = -\frac{\Delta H_{\text{vap}}}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$T_2 = 410.7(\text{K})$$

注: 此题是在假定水的表面张力与温度无关的条件下求解的; 另外, 克-克方程中的饱和蒸气压是平面表面的饱和蒸气压, 如果考虑弯曲表面下的饱和蒸气压, 情况就更复杂了。

水的表面张力与温度的关系可以下式表示:

$$\sigma = (132.2 - 0.198T) \times 10^{-3} \quad \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$