



第二章 物质的状态

任课教师：贾卫国

专 业：05级化学

时 间：2005.10.9

地 点：生化楼教室

第二章 物质的状态

教学内容：

- 1.理想气体状态方程
- 2.道尔顿气体分压定律
- 3.实际气体和 Van der Waals 方程

第二章 物质的状态

物质存在的三种状态

固体 (solid) 液体 (liquid) 气体 (gas)

等离子体 (Plasma)

液晶

第一节 气体

一、理想气体状态方程

1. 理想气体 分子不占体积，可看成几何质点，分子间无吸引力，分子与器壁之间发生的碰撞不造成动能的损失

实际气体 高温，低压

2. 理想气体状态方程式 (P, V, T)

标准状况

$$P V = n R T$$

压力 体积 物质的量 气体常数 温度

$$T = 273.15\text{k}$$

$$P = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$V = 22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$R = 8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

3. R的取值

P	V	T	R值	R的单位
Pa	m ³	K	8.314	Pa · m ³ · mol ⁻¹ · K ⁻¹ J · mol ⁻¹ · K ⁻¹
Pa	L	K	8.314	KPa · L · mol ⁻¹ · K ⁻¹
KPa	L	K	8.314	J · mol ⁻¹ · K ⁻¹
atm	L	K	0.0826	atm · L · mol ⁻¹ · K ⁻¹

4. 理想气体方程的运用

I. 求分子量（摩尔质量）M

$$PV = nRT = (m/M) RT \quad (n = m/M)$$

II. 求密度（ ρ ）

$$\rho = m/V$$

$$P(m/\rho) = nRT$$

$$\rho = Pm/nRT \quad M = m/n$$

$$\rho = (PM)/(RT)$$

例 在293K时，压力为 $9.87 \times 10^4 \text{Pa}$ 时，一气体样品占有 $4 \times 10^{-4} \text{m}^3$ 体积，其质量为0.842g，求该气体的相对分子量？

$$\begin{aligned} \text{解：} M &= \frac{mRT}{PV} = \frac{0.842\text{g} \times 8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 293\text{K}}{9.87 \times 10^4 \text{ Pa} \times 4 \times 10^{-4} \text{ m}^3} \\ &= 51.95 (\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}) \end{aligned}$$

答:该气体的相对分子量为51.95。

二、道尔顿气体分压定律

1. 在相同温度下，混合气体的总压等于各组分气体分压之和。

分压力：在同一温度下，混合气体中的某组分单独占有与混合气体相同的体积时所产生的压力。

$$P_{\text{总}} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_i$$

$$P_{\text{总}} = \sum P_i$$

证明: 当T一定时，在V体积内，设混合气体有i种，若各组分气体均为理想气体，则

$$\begin{aligned}P_{\text{总}}V &= n_{\text{总}}RT = (n_1 + n_2 + \dots + n_i)RT \\ &= n_1 RT + n_2 RT + \dots + n_i RT \\ &= P_1 V + P_2 V + \dots + P_i V \\ &= (P_1 + P_2 + \dots + P_i)V\end{aligned}$$

$$P_{\text{总}} = P_i = P_1 + P_2 + \dots + P_i$$

$$\left. \begin{array}{l} P_i V = n_i RT \\ P_{\text{总}} V = n_{\text{总}} RT \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{P_i}{P_{\text{总}}} = \frac{n_i}{n_{\text{总}}} \Rightarrow P_i = P_{\text{总}} \frac{n_i}{n_{\text{总}}}$$

定义：摩尔分数

$$X_i = \frac{n_i}{n_{\text{总}}} \longrightarrow P_i = P_{\text{总}} X_i$$

$$1 = X_1 + X_2 + \dots + X_i$$

结论：组分分压与 X_i 成正比

例 在298K时，将压力为200KPa的氧气5.0L和100KPa的氢气15.0L同时混合在20L的真空容器中，问混合气体中各组分气体的分压力和混合气体的总压力各是多少？

解:根据 $p_1V_1=p_2V_2$ 求混合气体得分压：

$$P_{H_2} = 100\text{KPa} \times \frac{15.0\text{L}}{20.0\text{L}} = 75\text{KPa}$$

$$P_{O_2} = 200\text{KPa} \times \frac{5.0\text{L}}{20.0\text{L}} = 50\text{KPa}$$

总压: $P = 50 + 75 = 125 \text{ KPa}$

想一想：能否用其他方法求得？

$$\left. \begin{aligned} P_{O_2} V &= n_{O_2} RT \\ P_{H_2} V &= n_{H_2} RT \end{aligned} \right\}$$

$$n_{\text{总}} = n_{H_2} + n_{O_2} \longrightarrow P_{\text{总}} V = n_{\text{总}} RT$$

 X_{O_2}  X_{N_2} 

$$P_{O_2} = P_{\text{总}} X_{O_2}$$

$$P_{N_2} = P_{\text{总}} X_{N_2}$$

三、气体扩散定律

1831年 英国物理学家格拉罕姆 (Graham) 指出：同温同压下，气体的扩散速度与密度的平方根成正比

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \quad \frac{\mu_1^2}{\mu_2^2} = \frac{M_2}{M_1}$$

(μ ， 分别表示气体的扩散速度和密度)

$$= m/V = nM/V$$

P、 T、 V相同时， $n_1 = n_2$ 所以 $\mu_2^2 : \mu_1^2 = M_2 : M_1$

自学例题：P22 例2 - 7

四、实际气体状态方程 Van der Waals 方程

理想气体状态方程：高温，低压状态

Van der Waals 方程

$$(P + a n^2/V^2) (V - nb) = nRT$$

其中， a 、 b 为范德华常数

a 校正压力

b 校正体积

小结

一、理想气体状态方程

1 理想气体的概念

2 $PV = nRT$ 的运用、 R 的取值

3 密度和摩尔质量的计算

$$PV = (m/M) RT, \quad \rho = (PM)/(RT)$$

二、Dalton 分压定律（混合气体）

$$P_A = (n_A / n_{\text{总}}) P_{\text{总}} \quad (T, V \text{ 不变})$$

练习题

1. 室温下，将1.0 atm、10 dm³ 的 H₂ 与1.0 atm、20 dm³ 的 N₂ 在 40 dm³ 容器中混合，
求：H₂、N₂ 的分压、及摩尔比。

作业：P₄₄₋₄₅ 1, 8, 10

本节课到此结束，谢谢！