

第6章 气体动理论

本章错误较少，错误稍多：二、9 四、4

一、选择题：

1. D; 2. C; 3. C; 4. B; 5. C; 6. D; 7. D; 8. D; 9. B; 10. B 11. B

二、填空题：

1. $pV = \frac{m}{M_{mol}}RT$ 或 $p = nkT$ 。

2. $p = \frac{2}{3}n\bar{E}_k$ ；分子数密度 n ；分子平均平动动能 $\bar{E}_t = \frac{1}{2}m_0\bar{v}^2$ ；大量气体分子热运动不断碰撞器壁。

3. $\epsilon = 3/2kT$ ，分子热运动的剧烈程度的量度。

4. 气体处于平衡态时，分子任何一个自由度的平均能量都相等，均为 $kT/2$ 。

5. 温度 T ；1 摩尔理想气体的内能；摩尔数为 μ 的理想气体的内能。

6. 1.25。 7. 1.01×10^4 K 8. 氧； 氢。

9. $Nf(v)dv$ ； $\int_0^{v_p} f(v)dv$ ； $\int_0^\infty vf(v)dv$ 。

10. $e^{-\frac{E}{kT}}$ ；愈小；低能量。 11. 3603(g=9.8)/3531(g=10)m

三、问答题

答：在波意耳定律中：当温度 T 不变，体积 V 减小， p 会增大，由 $p = nkT$ 知，这是由于 n 变大所致；在查利定律中：当体积 V 不变，即 n 不变， p 也增大，由 $p = nkT$ 知，这是由于 T 增加所致。

从微观上看，两者共同之处：两者都是由于碰撞频率增加导致压强升高。

从微观上看，两者是有区别的，差异之处：波意耳定律中，是由分子数密度 n 增加而引起频率变大；查利定律中是由于速率 v 增加而引起频率变大，另外随着 v 增大使在提高碰撞频率的同时，也使得单次碰撞传递的冲量增加。

四、计算与证明

1. 解: ① $p = nkT$, $n = \frac{p}{kT} = \frac{8.31 \times 10^5}{1.38 \times 10^{-23} \times 300} = 2.00 \times 10^{26} / \text{m}^3$

② 分子的平均平动动能: $\bar{E}_t = \frac{3}{2}kT = \frac{3}{2} \times 1.38 \times 10^{-23} \times 300 = 6.21 \times 10^{-21} \text{J}$

③ 气体内能 E 理想气体内能 $E = \frac{m}{M_{\text{mol}}} \frac{i}{2} RT = \frac{i}{2} pV$

氧气 $i = 5$, $E = \frac{5}{2} pV = \frac{5}{2} \times 8.31 \times 10^5 \times 1.20 \times 10^{-2} = 2.49 \times 10^4 \text{J}$

2. 解: 由题意知, 全部运动动能变为气体热运动的动能 (即内能), 则有

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{m}{M_{\text{mol}}} \frac{5}{2} R \Delta T$$

得 $\Delta T = \frac{M_m v_l^2}{5R} = 7.7 \text{K}$

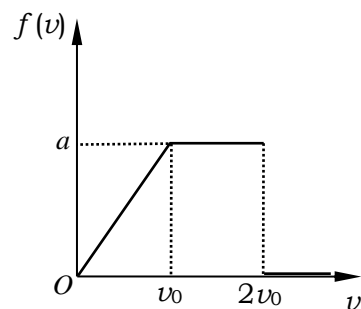
标准状态 $T_0 = 273.2 \text{K}$, $p_0 = 1 \text{atm} = 1.013 \times 10^5 \text{Pa}$

$$T = T_0 + \Delta T = 273.2 + 7.7 = 280.9 \text{K}$$

体积不变时, 有 $p = p_0 \frac{T}{T_0} = 1.04 \times 10^5 \text{Pa}$

3. 解: (1) 由图示可知速率分布函数为:

$$f(v) = \begin{cases} \frac{a}{v_0} v & (0 \leq v \leq v_0) \\ a & (v_0 \leq v \leq 2v_0) \\ 0 & (v > 2v_0) \end{cases}$$



第3题图

(2) 由速率分布函数的归一化条件可得:

$$\int_0^\infty f(v) dv = \int_0^{v_0} \frac{a}{v_0} v \cdot dv + \int_{v_0}^{2v_0} a \cdot dv = 1 \quad \frac{1}{2} v_0 a + v_0 a = 1 \quad \text{所以有} \quad a = \frac{2}{3v_0}$$

或者: 由曲线和 v 轴围成的面积应为 1: $\frac{1}{2} v_0 a + v_0 a = 1$ 所以有 $a = \frac{2}{3v_0}$

(3) 粒子的平均速率:

$$\bar{v} = \int_0^{\infty} v f(v) dv = \int_0^{v_0} v \frac{a}{v_0} v dv + \int_{v_0}^{2v_0} v a dv = \frac{2}{3v_0^2} \int_0^{v_0} v^2 dv + \frac{2}{3v_0} \int_{v_0}^{2v_0} v dv = \frac{11}{9} v_0$$

4.

解：由平均速率的定义： $\bar{v} = \int_0^{\infty} v f(v) dv$ ，考虑到： $f(v) dv = \frac{dN}{N}$ ，

有： $\bar{v} = \int_0^{v_m} v \cdot A v^2 dv = \frac{1}{4} A v_m^4$ 。

$$\int_0^{\infty} f(v) dv = \int_0^{v_m} A v^2 dv = \frac{1}{3} A v_m^3 = 1$$

故 $\bar{v} = 3/4 v_m = 3000 \text{ m/s}$