

第4章练习题参考答案

基础练习

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

12. 快; 剧烈; 温度; 热运动。

13. 加剧; 增大; 平均动能。

14. 物体的内能; 分子数、温度、体积。

15. 做功; 热传递; 能的转化; 能的转移。

16. $\sqrt[3]{\frac{6M}{\pi\rho N_A}}$ 。

17. 1.16×10^{-25} ; 1.18×10^{-29} ; 9.5×10^{21} ; 8.4×10^{22} 。

18. 4×10^{-5} ; 3×10^{19} 。

19. 解:

1 cm^3 的油酸溶于酒精, 制成 200 cm^3 的油酸酒精溶液, 已知 1 cm^3 溶液有 50 滴, 现取 1 滴油酸酒精溶液滴到水面上, 那么就是 $1/50\text{ cm}^3$ 溶液, 即有 $1/50\times 1/200=1/10000\text{ cm}^3$ 的油酸, 体积除以面积, 直径是 $1/2000000000\text{ cm}$ 。

综合进阶

1. C 2. D 3. B 4. D 5. A 6. A 7. D 8. D 9. B

10. $\frac{5}{2}RT$ 。

11. $p=\frac{2}{3}\overline{n\varepsilon}$; $\overline{\varepsilon}$ 。

12. $T=\frac{2\overline{\varepsilon}}{3k}$; 分子热运动剧烈程度的量度。

13. $n=\frac{P}{kT}=2.4\times 10^{25}$; $\overline{\varepsilon}=\frac{3}{2}kT=6.2\times 10^{-21}\text{ J}$ 。

14. $1.33\times 10^5\text{ Pa}$ 。

15. $\sqrt{\frac{3P}{\rho}}$; $\frac{3}{2}P$ 。

16. $\int_{v_0}^{\infty} Nf(v)\text{d}v$; $\frac{\int_{v_0}^{\infty} vf(v)\text{d}v}{\int_{v_0}^{\infty} f(v)\text{d}v}$; $\int_{v_0}^{\infty} f(v)\text{d}v$ 。

17. 2。

18. 解:

(1) 由 $p = n_v kT$ 得

$$n_v = \frac{p}{kT} = 3.44 \times 10^{20} \text{ m}^{-3}$$

(2) 由理想气体状态方程, 得 $\rho = \frac{M}{V} = \frac{p\mu}{RT} = 1.6 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$ 。

19. 解:

$$\text{氧气: } \bar{\varepsilon}_t = \frac{3}{2}kT = 6.21 \times 10^{-21} \text{ J}; \bar{\varepsilon} = \frac{5}{2}kT = 1.035 \times 10^{-20} \text{ J}; \bar{E} = \frac{5}{2}RT = 6232 \text{ J}。$$

$$\text{氦气: } \bar{\varepsilon}_t = \frac{3}{2}kT = 6.21 \times 10^{-21} \text{ J}; \bar{\varepsilon} = \frac{3}{2}kT = 6.21 \times 10^{-21} \text{ J}; \bar{E} = \frac{3}{2}RT = 3740 \text{ J}。$$

20. 解:

因温度和压强相同, 由 $p = n_v kT$ 知 n_v 相同, 单位体积的内能之比为 $\frac{5}{3}$; 质量为 1 kg 的氢

气与氦气的内能之比为 $\frac{E_{\text{氢}}}{E_{\text{氦}}} = \frac{5}{3} \cdot \frac{4}{2} = \frac{10}{3}$ 。

21. 解:

$$\bar{\varepsilon}_t = \frac{3}{2}kT = 7.72 \times 10^{-21} \text{ J}, \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = 718.8 \text{ m/s}, E = n \frac{6}{2}RT = 9298.9 \text{ J}$$

22. 解:

(1) 由内能 $E = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2}RT = \frac{5}{2}pV$, 得

$$p = \frac{2E}{5V} = 1.35 \times 10^5 \text{ Pa}$$

(2) 由知 $\bar{\varepsilon} = \frac{E}{N} = 1.25 \times 10^{-20} \text{ J}$ 。因为 $\bar{\varepsilon} = \frac{5}{2}kT$, 所以

$$T = \frac{2\bar{\varepsilon}}{5k} = 362 \text{ K}$$

23. 解:

1 : 4 : 16。

24. 解:

(1) 分子出现在 $v_1 \sim v_2$ 速率区间的概率;

(2) 分子的平均速率;

(3) 分子的平均平动动能。

25. 解:

(1) 由内能 $E = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2}RT = \frac{5}{2}pV$, 得 $p = \frac{2E}{5V} = 1.35 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

(2) 由知 $\bar{\varepsilon} = \frac{E}{N} = 1.25 \times 10^{-20} \text{ J}$, 因为 $\bar{\varepsilon} = \frac{5}{2}kT$, 所以 $T = \frac{2\bar{\varepsilon}}{5k} = 362 \text{ K}$ 。

$$(3) \sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = 1.73 \sqrt{\frac{RT}{\mu}} \approx 530 (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$

26. 解:

$$\text{由 } \bar{v} = 1.6 \sqrt{\frac{RT_1}{\mu_{\text{氮}}}} = 1.6 \sqrt{\frac{RT_2}{\mu_{\text{氧}}}}, \text{ 得 } \frac{T_1}{T_2} = \frac{\mu_{\text{氮}}}{\mu_{\text{氧}}} = \frac{7}{8}。$$

27. 解:

$$\text{由 } \sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}, \text{ 得 } \frac{\mu}{RT} = \frac{3}{v^2}, \rho = \frac{M}{V} = \frac{p\mu}{RT} = \frac{3p}{v^2} = 1.9 \text{ kg/m}^3。$$

28. 解:

(1) 气体的密度为 $\rho = 1.24 \times 10^{-2} (\text{kg/m}^3)$, 根据气体压强和能量的公式 $p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2$, 得气体的方均根速度为 $\sqrt{v^2} = \sqrt{3p/\rho} = 491.87 (\text{m/s})$ 。

(2) 根据理想气体状态方程 $pV = \frac{M}{\mu} RT$, 由于气体密度为 $\rho = M/V$, 所以方程可变为 $p = \frac{\rho}{\mu} RT$, 气体的摩尔品质为 $\mu = \rho RT/p = 0.0283 (\text{kg})$ 。这种气体是氮气 N_2 。

29. 解:

(1) 由公式 $dN/N = f(v) dv$ 可知: $f(v) dv$ 表示分子数在速率区间 $v \sim v+dv$ 之中分子数的比率 dN/N 。

(2) 由于 $n = N/V$, 可得 $ndN/N = dN/V$, 因此 $nf(v) dv$ 表示分子数在速率区间 $v \sim v+dv$ 之中分子数密度。

(3) $\int_{v_1}^{v_2} vf(v) dv$ 表示分子在速率区间 v_1 到 v_2 之间的平均速率。

(4) $\int_{v_1}^{v_p} vf(v) dv$ 表示分子速率小于最概然速率的分子占分子总数的比率。

(5) $\int_{v_p}^{\infty} v^2 f(v) dv$ 表示分子速率大于最概然速率的速率平方的平均值。

30. 解:

(1) 由 $p = nkT$ 得单位体积中的分子数为: $n = p/kT = 2.45 \times 10^{25} (\text{m}^{-3})$ 。

(2) 氧分子的原子质量单位是 32, 一质量单位是 $u = 1.66055 \times 10^{-27} \text{ kg}$, 分子的品质为 $m = 32u = 5.31 \times 10^{-26} (\text{kg})$ 。

(3) 根据理想气体状态方程 $pV = \frac{M}{\mu} RT$, 氧的摩尔品质 $\mu = 0.032 \text{ kg/mol}$, 其密度为 $\rho = \frac{M}{V}$

$$\frac{p\mu}{RT} = 1.30 (\text{kg/m}^3)。$$

(4) 一个分子占有体积为 $v = 1/n$, 设想分子整齐排列, 则分子间的平均距离为 $l = (1/n)^{1/3} = 3.445 \times 10^{-9} (\text{m})$ 。

(5) 最概然速率为: $v_p = \sqrt{\frac{2kT}{m}} = 394.7 (\text{m/s})$ 。

(6) 平均速率为: $\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} = 445.4 \text{ (m/s)}。$

(7) 方均根速率为: $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = 483.5 \text{ (m/s)}。$

(8) 分子的自由度为 $i=5$, 平均总动能为 $\bar{\varepsilon} = \frac{i}{2}kT = 1.035 \times 10^{-20} \text{ (J)}。$

(9) 分子平均碰撞频率为: $\bar{z} = \sqrt{2} \pi d^2 n \bar{v} = 4.07 \times 10^9 \text{ (s}^{-1}\text{)}。$

(10) 分子平均自由程为: $\bar{\lambda} = \frac{kt}{\sqrt{2} \pi d^2 p} = 1.09 \times 10^{-7} \text{ (m)}。$