

习题 8 答案

8-1 B

8-2 D

8-3 B

8-4 C

8-5 1:8, 1:1, 5:24

8-6 $\frac{3}{2}kT, \frac{3}{2}kT, \frac{3}{2}kT; \frac{3}{2}kT, \frac{5}{2}kT, 3kT$

8-7 在相同的速率区间内分子所出现的概率最大

8-8 能, 不能

8-9

解析: 一个氧分子每秒对器壁的冲量:

$$dF = dI = 2mv_x = 2mv \cos \theta$$

N 个氧分子每秒对器壁的冲量:

$$F = Ndf = 2 N m v \cos \theta = 2 N \frac{M}{N_A} v \cos \theta$$

所以分子作用在器壁上的压强为:

$$\begin{aligned} P &= \frac{F}{S} \\ &= \frac{2 N M v \cos \theta}{N_A S} \\ &= \frac{2 \times 10^{23} \times 32 \times 10^{-3} \times 500 \cos 45^\circ}{6.023 \times 10^{23} \times 2 \times 10^{-4}} \\ &= 1.88 \times 10^4 \text{ Pa} \end{aligned}$$

8-10

解析:

(1) $\because T$ 相等

$\therefore$ 氧气分子平均平动动能 = 氢气分子平均平动动能

即

$$\overline{W} = 6.21 \times 10^{-21} \text{ J}$$

氧气分子的方均根速率

$$\sqrt{v^2} = (2\overline{W}/m)^{\frac{1}{2}} = 483 \text{ m/s}$$

(2) 氧气温度为

$$T = 2\overline{W}/(3 \text{ K}) = 300 \text{ K}$$

8-11

解析:

$$(1) \overline{\epsilon}_{\text{总}} = \frac{3}{2} NKT$$

$$(2) T = \frac{2E_K}{3K}$$

$$(3) P = \frac{N}{V}KT$$

8-12

解析:

(1) 根据题意可知, 气体的温度 $T = 237 \text{ K}$,

故分子的平均平动能为:

$$\epsilon_{kt} = \frac{3}{2}KT = 5.65 \times 10^{-21} \text{ J}$$

氧分子的平均转动动能为:

$$\bar{\epsilon}_{kr} = \frac{2}{2}KT = 3.77 \times 10^{-21} \text{ J}$$

$$(2) \text{氧气的内能 } E = \frac{m'}{M} \cdot \frac{i}{2}RT = 7.09 \times 10^2$$

8-13

解析: 由 $E = \frac{m}{M_{\text{mol}}} \frac{i}{2}RT = \frac{i}{2}PV$, 氧气自由度 i 为 5, 氢气自由度 i 为 3

得:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\frac{i_1}{2}PV_1}{\frac{i_2}{2}PV_2} = \frac{i_1}{i_2} \frac{V_1}{V_2} = \frac{5}{6}^\circ$$

8-14

解析: 1 mol 的水分解为 1 mol 的氢气和 0.5 mol 的氧气。

$\therefore$ 氢气和氧气的自由度都是 $i=5$, 水的自由度 $i=6$ 。

$\therefore$ 水蒸汽的内能:

$$E = \frac{6}{2}RT = 3RT$$

氢气的内能:

$$E_H = \frac{5}{2}RT$$

氧气的内能:

$$E_O = \frac{5}{2}RT$$

内能增加的百分比为:

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{E_H + E_O - E}{E} = \frac{\frac{5}{2}RT + \frac{5}{2}RT - 3RT}{3RT} = 25\%$$

8-15

解析: (1) 由 $v_p = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$ 可知, 在相同的温度下, 最概然速率 v_p 与气体的摩尔质量 $\sqrt{M}$ 成反比。因 $M_{H_2} <$

M_{He} , 故氢气比氦气的 v_p 要大, 由此可判定图中曲线 II 所标数据为氢气分子的最概然速率, 即

$$(v_p)_{\text{H}_2} = \sqrt{2} \times 10^3 \text{ m/s}$$

(2) 因为 $\frac{M_{\text{He}}}{M_{\text{H}_2}} = 2$, 可得氦气分子的最概然速率为:

$$\begin{aligned}(v_p)_{\text{He}} &= \sqrt{\frac{M_{\text{H}_2}}{M_{\text{He}}}} (v_p)_{\text{H}_2} \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} \times \sqrt{2} \times 10^3 \\ &= 1 \times 10^3 \text{ m/s}\end{aligned}$$

$$(3) \because v_p = \sqrt{\frac{2RT}{M}}, \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

$$\therefore \sqrt{\frac{RT}{M}} = \frac{v_p}{\sqrt{2}}$$

$\therefore$ 氦气分子的方均根速率为:

$$\begin{aligned}\sqrt{\overline{v^2}} &= \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} v_p \\ &= \frac{1.73}{1.41} \times 10^3 \\ &= 1.2 \times 10^3\end{aligned}$$

8-16

(1) **解析:** 最概然速率 $v_p = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$, 方均根速率 $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$,

依题意得:

$$\begin{aligned}\sqrt{\frac{2RT_2}{M}} &= \sqrt{\frac{3RT_1}{M}} \\ \therefore \frac{T_2}{T_1} &= \frac{3}{2}\end{aligned}$$

(2) 设气体分子为理想气体, 则有 $PV = nRT = \frac{m}{M}RT$

$$\therefore \frac{RT}{M} = \frac{PV}{m} = \frac{P}{\rho}$$

$\therefore$ 气体分子的平均速率为

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = \sqrt{\frac{8P}{\pi \rho}}$$

8-17

解析: 平均自由程

$$\bar{\lambda} = \frac{kT}{\sqrt{2} \pi d^2 P}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1.38 \times 10^{-23} \times 273}{\sqrt{2} \pi (3.28 \times 10^{-10})^2 \times 1.01 \times 10^5} \\
&= 7.8 \times 10^{-8} \\
\bar{V} &= \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = \sqrt{\frac{8 \times 8.31 \times 273}{3.14 \times 0.028}} = 454 \text{ m/s} \\
n &= \frac{P}{kT} = \frac{1.01 \times 10^5}{1.38 \times 10^{-23} \times 273} = 2.69 \times 10^{25} \text{ 个/m}^3
\end{aligned}$$

∴ 碰撞频率为:

$$\begin{aligned}
Z &= \sqrt{2} \pi d^2 n \bar{v} \\
&= \sqrt{2} \times 3.14 \times (3.28 \times 10^{-10})^2 \times 2.69 \times 10^{25} \times 45 \\
&= 5.84 \times 10^9 \text{ s}^{-1}
\end{aligned}$$

8-18

解析: (1) 气体分子热运动的平均自由程:

$$\bar{\lambda} = \frac{kT}{\sqrt{2} \pi d^2 P}$$

当温度、压强一定时, 平均自由程 $\bar{\lambda} \propto \frac{1}{d^2}$, 所以

$$\frac{d_{Ne}}{d_{Ar}} = \sqrt{\frac{\lambda_{Ar}}{\lambda_{Ne}}} = 0.71$$

(2) 平均自由程 $\bar{\lambda} = \frac{kT}{\sqrt{2} \pi d^2 P}$, 设温度为 15°C 为 T_1 , 压强 P_1 为 1.01×10^5 , 得:

$$d^2 = \frac{K}{\sqrt{2} \pi} \cdot \frac{T_1}{P_1 \bar{\lambda}_{Ar}}$$

当温度 T_2 为 20°C , 压强 P_2 压强为 2×10^4 时, 氩分子的平均自由程为:

$$\bar{\lambda} = \frac{kT}{\sqrt{2} \pi d^2 P} = \frac{P_1 \bar{\lambda}}{T_1} \cdot \frac{T_2}{P_2} = 3.44 \times 10^{-7}$$

8-19

解析: CO_2 的摩尔质量 u 为 44 g/mol , 1 mol 的 u 质量为 44 g/mol , 1 mol 的 CO_2 质量为 $M = un = 44 \text{ g}$, 温度为 $273 + 13 = 286 \text{ K}$,

根据范德瓦斯方程得:

$$\begin{aligned}
P_V &= \frac{MRT}{uV - Mb} - \frac{M^2 a}{u^2 V^2} \\
&= \frac{44 \times 8.31 \times 286}{44 \times 20 - 44 \times 0.0427} - \frac{44^2 \times 3.64 \times 10^5}{44^2 \times 20^2} \\
&= 1.18 \times 10^5 \text{ Pa}
\end{aligned}$$

内压强为

$$P_{\text{内}} = \frac{M^2 a}{u^2 V^2} = \frac{44^2 \times 3.64}{44^2 \times 20^2} = 910 \text{ Pa}$$