

第十六章：气体分子运动论与热力学 (2003年-2017年)

选择题：

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad \frac{1}{2} m \bar{v}^2 &= \frac{f}{2} kT \\ \sqrt{\bar{v}^2} &= \sqrt{\frac{fkT}{m}} \\ &= \sqrt{\frac{3k \times 300}{0.0027 \times 6.02 \times 10^{23}}} \\ &= 1.93 \times 10^3 \text{ ms}^{-1} \# \end{aligned}$$

C.

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad W &= P \Delta V \\ &= 1.2 \times 10^5 \times 5 \\ &= 6 \times 10^5 \text{ J} \# \end{aligned}$$

C.

$$\textcircled{3} \quad U = \frac{f}{2} nRT$$

温度不变，内能不变。

B.

④ D.

⑤ A.

⑥ A.

⑦ A.

⑧ A.

$$\begin{aligned} \textcircled{9} \quad U &= \frac{f}{2} nRT \\ &= \frac{5}{2} \times 1 \times RT \\ &= \frac{5}{2} RT. \end{aligned}$$

D.

⑩ A.

$$\begin{aligned} \textcircled{11} \quad \frac{\Delta U}{Q} &= \frac{\frac{f}{2} nR \Delta T}{n C_p \Delta T} \\ &= \frac{\frac{f}{2} R}{\frac{f+2}{2} R} \\ &= \frac{3}{5} \# \end{aligned}$$

A.

⑫ A.

⑬ A.

作答题

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \text{ (i)} \quad \Delta U_{ab} &= Q_{ab} + W_{ab} \\ &= 150 + 0 \\ &= 150 \text{ J} \# \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ii)} \quad \Delta U_{abd} &= \Delta U_{ab} + \Delta U_{bd} \\ &= 150 + Q_{bd} + P \Delta V \\ &= 150 + 600 - 8 \times 10^4 (5 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-3}) \\ &= 510 \text{ J} \# \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(iii)} \quad \Delta U_{acd} &= Q_{acd} + W_{acd} \\ 510 &= Q_{acd} - 3 \times 10^4 (5 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-3}) \\ Q_{acd} &= 600 \text{ J} \# \end{aligned}$$

② (a) $\Delta U > 0$ ，系统的内能增加
 $Q > 0$ ，系统吸热
 $W > 0$ ，外力对系统做功

$$\begin{aligned} \text{(b)} \quad \Delta U &= Q + W \\ 0 &= Q + W \\ Q &= -W \end{aligned}$$

当温度保持不变，系统吸热时，气体会对外做功，体积膨胀。反之，外力对气体做功，系统体积减少，系统会放热。

$$(c) (i) \quad PV = nRT$$

$$90 \times 10^3 \times 0.02 = 0.73 \times 8.31 \times T$$

$$T = 296.7 \text{ K} \#$$

$$(ii) \quad W = P \Delta V$$

$$= 40 \times 10^3 \times (0.1 - 0.045)$$

$$= 2200 \text{ J} \#$$

③ (a) 除了加热外,也可利用外界对气体做功的方式使气体的温度上升,即压缩体积。

$$(b)(i) P_1 V_1 = 300 \times 1000 \times 2 \div 1000$$

$$= 600 \text{ J} \#$$

$$P_2 V_2 = 150 \times 1000 \times 4 \div 1000$$

$$= 600 \text{ J} \#$$

$P_1 V_1 = P_2 V_2$, 因此可判断它是一个等温变化过程。

$$(ii) \quad PV = nRT$$

$$300 \times 1000 \times 2 \div 1000 = 0.25 \times R \times T$$

$$T = 288.8 \text{ K} \#$$

$$(iii) \quad U = \frac{f}{2} nRT$$

$$= \frac{3}{2} \times 0.25 \times 8.31 \times 288.8$$

$$= 900 \text{ J} \#$$

$$(iv) \quad U = \frac{1}{2} m \bar{v}^2$$

$$900 = \frac{1}{2} \times 0.04 \times 0.25 \times \bar{v}^2$$

$$\bar{v}^2 = 424.3 \text{ ms}^{-2} \#$$

$$(4) (a) \quad PV = nRT$$

$$4.3 \times 10^6 \times 1.2 \times 10^{-3} = 3 \times 8.31 \times T$$

$$T = 207 \text{ K} \#$$

$$(b) \quad PV = nRT$$

$$2.2 \times 10^6 \times 8.6 \times 10^{-3} = 3 \times 8.31 \times T$$

$$T = 759 \text{ K}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR \Delta T$$

$$= \frac{3}{2} \times 3 \times 8.31 \times (759 - 207)$$

$$= 20.6 \text{ kJ} \#$$

(c) 气体对外界所做的功
= 底部面积
 $= \frac{1}{2} \times (8.6 \times 10^{-3} - 1.2 \times 10^{-3}) \times$
 $(4.3 \times 10^6 + 2.2 \times 10^6)$
 $= 24050 \text{ J} \#$

$$(d) \quad W = nRT \ln\left(\frac{V_0}{V_A}\right)$$

$$= 3 \times 8.31 \times 207 \times \ln\left(\frac{1.2 \times 10^{-3}}{8.6 \times 10^{-3}}\right)$$

$$= -1.016 \times 10^4 \text{ J} \#$$

$$\Delta U = Q + W$$

$$Q = 1.016 \times 10^4 \text{ J} \#$$

- ⑤ (a) 气体分子在不停地随机运动着,除了碰撞的瞬间,每个气体分子的运动都可看作是由惯性支配的匀速直线运动。
- 气体分子碰撞的时间极短,与其在空间运动的时间相比,可忽略不计。
 - 气体分子的体积与其占有的空间相比,可忽略不计。
 - 气体分子间的碰撞,是完全弹性碰撞。
 - 气体分子间没有相互作用力,其势能为零。
- 气体内能即是气体分子的动能。

(b) (i) $P_1 = \frac{1}{3} \rho_1 \bar{v}_1^2$
 $P_2 = \frac{1}{3} \rho_2 \bar{v}_2^2$
 $\frac{75}{75+10} = \frac{1.29}{P_2}$

$P_2 = 1.462 \text{ kgm}^{-3} \#$

(ii) $P = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2$
 $h \rho g = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2$
 $0.85 \times 13600 \times 10 = \frac{1}{3} \times 1.462 \times \bar{v}^2$
 $\bar{v}_{rms} = 487 \text{ ms}^{-1} \#$

(iii) $P_1 V_1 = P_2 V_2$ $P_1' V_1' = P_2' V_2'$
 $85 \times 20 = P_2 V_2$ $75 \times 20 = P_2' V_2'$
 $P_2 = \frac{1700}{V_2}$ ① $P_2 = \frac{1500}{V_2'}$ ②

把①带八②
 $\frac{1700}{V_2} = \frac{1500}{V_2'}$
 $1700 V_2' = 1500 V_2$
 $1700(50 - 10 - V_2) = 1500 V_2$
 $68000 - 1700 V_2 = 1500 V_2$
 $V_2 = 21.25 \text{ cm} \#$
 $V_2 = 21.25 \text{ cm} ; V_2' = 18.75 \text{ cm}$

⑥ (a) $\Delta U = Q + W$
 $\Delta U =$ 气体内能的增加量
 $Q =$ 从外界吸收的热量
 $W =$ 外界对气体做的功

(b) (i) $PV = nRT$
 $26.4 \times 1000 \times 400 = n \times 8.31 \times 223$
 $n = 5698 \text{ mol/s} \#$

(ii) $P_A V_A^\gamma = P_B V_B^\gamma$
 $26.4 \times 1000 \times 400^{1.4} = P_B \left(\frac{400}{15}\right)^{1.4}$
 $P_B = 1.17 \times 10^6 \text{ Pa}$

$PV = nRT$
 $1.17 \times 10^6 \times \frac{400}{15} = 5698 \times 8.31 T$
 $T = 658.8 \text{ K} \#$

(iii) $\Delta U = Q + W ; W=0$
 $Q = \frac{f}{2} nRT$
 $6 \times 10^7 = \frac{5}{2} \times 5698 \times 8.31 \times (T_c - 658.8)$
 $T_c = 1165.7 \text{ K} \#$

(iv) (至D是绝热过程, 所以 $\Delta Q=0$, 因此 $\Delta U=\Delta W$ 。
 由于气体膨胀对外做功, ΔW 为负, 气体温度下降。

⑦ a 至 b 的过程是一个等容过程, 因而 $W=0 \text{ J}$ (不做功)。a 至 b 过程中, 温度增加, 内能也随着增加。从热力学第一定律, $\Delta U = Q + W, \Delta Q > 0$ (吸热)

- ⑧ (a) • 气体分子间没有相互作用力, 分子的势能可视为零。
 • 气体分子间的碰撞以及分子与侧壁的碰撞为完全弹性碰撞, 动量与动能守恒。
 • 气体分子碰撞的时间相对于在空间飞行的时间可以忽略不计。
 • 除碰撞的瞬间, 分子在空间的运动可看成匀速直线运动。
 • 气体分子的体积相对于容器的体积可忽略不计。

(b) (i) $U = \frac{f}{2} nRT$
 $U = \frac{5}{2} \times 5 \times 8.31 \times (200+273)$
 $= 4.91 \times 10^4 \text{ J}$

$$\begin{aligned} \text{(ii)} \quad \frac{1}{2} m \bar{v}^2 &= \frac{3}{2} kT \\ \sqrt{\bar{v}^2} &= \sqrt{\frac{f k T}{m}} \\ &= \sqrt{\frac{3 \times k \times 473}{0.028 \div 6.02 \times 10^{23}}} \\ &= 649 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(iii)} \quad p &= \frac{F}{A} \\ F &= pA \\ &= \frac{1}{3} \frac{m \bar{v}^2}{V} A \\ &= \frac{1}{3} \frac{m \bar{v}^2}{Lx} \\ &= \frac{1}{3} \frac{0.028 \div 6.02 \times 10^{23} \times 649^2}{0.2} \\ &= 3.27 \times 10^{-20} \text{ N} \end{aligned}$$

Copyright © Ong Choong Min. All rights reserved

Copyright © Ong Choong Min. All rights reserved

Copyright © Ong Choong Min. All rights reserved