

1、在 1atm、27℃时，一立方米体积中理想气体的分子数  $n=$ \_\_\_\_\_；分子热运动的平均平动动能  $\bar{\epsilon}_k =$ \_\_\_\_\_。  $2.45 \times 10^{25}$  个,  $6.21 \times 10^{-21} J$

2、使高温热库的温度  $T_1$  升高  $\Delta T$ ，则卡诺循环的效率升高  $\Delta\eta_1$ ；或使低温热库的温度  $T_2$  降低  $\Delta T$ ，使卡诺循环的效率升高  $\Delta\eta_2$ ，则  $\Delta\eta_2$  \_\_\_\_\_  $\Delta\eta_1$ （填“>”或“<”或“=”）。 >

3、1mol 氮气，由状态 A ( $P_1, V$ ) 变到状态 B ( $P_2, V$ )，则气体内能的增量为\_\_\_\_\_。  $\frac{5}{2}V(P_2 - P_1)$

4、一定量某种理想气体，其分子自由度为  $i$ ，在等压过程中吸热  $Q$ ，对外作功  $W$ ，内能增加  $\Delta U$ ，则  $\frac{\Delta U}{Q} =$ \_\_\_\_\_，  $\frac{W}{Q} =$ \_\_\_\_\_。  $\frac{i}{i+2}$ ,  $\frac{2}{i+2}$

5、一定量某理想气体，先经等容过程使其热力学温度升高为原来的 4 倍，再经过等温过程使其体积膨胀为原来的 2 倍，则分子平均自由程为原来的\_\_\_\_\_倍。1

6、400J 热量传给标准状态下的 1mol 氢气，如压强保持不变，则氢气对外作功  $W =$ \_\_\_\_\_，内能增量  $\Delta U =$ \_\_\_\_\_，温度升高  $\Delta T =$ \_\_\_\_\_。  
 $114.3J$ ,  $285.7J$ ,  $13.75K$

7、氮分子的有效直径为  $3.8 \times 10^{-10} m$ ，则在标准状态下的平均自由程为\_\_\_\_\_，碰撞频率为\_\_\_\_\_。  $8.17 \times 10^{-8} m$ ,  $5.56 \times 10^9 / s$ ,  $\bar{z} = \frac{\bar{v}}{\lambda}$   
连续两次碰撞间的平均时间（**平均碰撞周期**）为\_\_\_\_\_。  $\bar{t} = \frac{\lambda}{\bar{v}}$

8、2mol 的理想气体经历了等温膨胀过程，体积增大为原来的 3 倍，在这过程中它的熵增  $\Delta S =$ \_\_\_\_\_。  $18.3J/K$

9、3mol 氦气经历了等压膨胀过程，温度升高为原来的 2 倍，在这过程中它的熵增  $\Delta S =$ \_\_\_\_\_。  $43.2 J / K$

10、密封容器内的氧气，压强为 1atm，温度为  $27^{\circ}\text{C}$ ，则气体分子的最可几速率  $v_p =$ \_\_\_\_\_；平均速率  $\bar{v} =$ \_\_\_\_\_；方均根速率  $\sqrt{\bar{v}^2} =$ \_\_\_\_\_。  
 $394.7 m / s$ ,  $445.4 m / s$ ,  $483.4 m / s$

11、一热机在 1200K 和 300K 两热源间工作，理论上该热机的最高效率  $\eta =$ \_\_\_\_\_。 75%

12、一卡诺热机的效率为 50%，高温热源的温度为 500K，则低温热源的温度为\_\_\_\_\_，若低温热源的温度变为 300K，而高温热源不变，则此时该热机的效率为\_\_\_\_\_。  $250 K$ , 40%

13、有一个电子管，管内气体压强为  $1.0 \times 10^{-5} mmHg$ ，则  $27^{\circ}\text{C}$  时管内单位体积的分子数  $n =$ \_\_\_\_\_。  $3.2 \times 10^{17} / m^3$

14、一定量理想气体，经等压过程体积从  $V_0$  膨胀到  $2V_0$ ，则末状态与初状态的平均自由程之比  $\frac{\bar{\lambda}}{\lambda_0} =$ \_\_\_\_\_，平均速率之比  $\frac{\bar{v}}{\bar{v}_0} =$ \_\_\_\_\_。 2,  $\sqrt{2}$

15、1mol 氧气储存于一氧气瓶中，温度为  $27^{\circ}\text{C}$ ，氧气分子的平均平动动能为\_\_\_\_\_；分子平均总动能为\_\_\_\_\_；这瓶氧气的内能为\_\_\_\_\_。  $6.21 \times 10^{-21} J$ ,  $1.035 \times 10^{-20} J$ ,  $6.23 \times 10^3 J$

16、若气体分子的平均平动动能等于  $1.06 \times 10^{-19} J$ ，则该气体的温度  $T =$ \_\_\_\_\_。  $7.73 \times 10^3 K$

1、在容积为  $V$  的容器内，同时盛有质量为  $M_1$  和质量为  $M_2$  的两种单原子分子理想气体，已知此混合气体处于平衡状态时它们的内能相等，且均为  $U$ 。求：（1）

混合气体的压强  $P$ ；（2）两种分子的平均速率之比为  $\frac{\bar{v}_1}{\bar{v}_2}$ 。

$$\text{解：} \because U = \frac{M}{M_{mol}} C_{v,m} T = \frac{M}{M_{mol}} \cdot \frac{3}{2} RT, \text{得} \frac{M}{M_{mol}} RT = \frac{2}{3} U.$$

$$\text{即：两种气体的摩尔数相同} \frac{M_1}{M_{mol_1}} = \frac{M_2}{M_{mol_2}}.$$

$$\text{（1）两种气体有相同的压强：} P = \frac{1}{V} \cdot \frac{M}{M_{mol}} RT = \frac{2U}{3V}$$

$$\text{混合气体压强} P_{\text{总}} = 2P = \frac{4U}{3V}$$

$$\text{（2）} \frac{\bar{v}_1}{\bar{v}_2} = \sqrt{\frac{M_{mol_2}}{M_{mol_1}}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

2、温度为  $273\text{K}$  和压强为  $1.01 \times 10^3 \text{Pa}$  时，某理想气体的密度为  $8.90 \times 10^{-4} \text{kg/m}^3$ ，求：（1）这气体的摩尔质量；（2）该气体的等容摩尔热容、等压摩尔热容；（3）当温度升高为  $373\text{K}$  时， $1\text{mol}$  该气体的内能增加多少。

$$\text{解：（1）} pV = \frac{M}{M_{mol}} RT$$

$$M_{mol} = \frac{M}{V} \cdot \frac{RT}{P} = \frac{\rho RT}{P} = 2.0 \times 10^{-3}$$

$$\text{（2）} C_{v,m} = \frac{5}{2} R = 20.8 \text{J/mol} \cdot \text{K}, \quad C_{p,m} = \frac{7}{2} R = 29.1 \text{J/mol} \cdot \text{K}$$

$$\text{（3）} \Delta U = \nu C_{v,m} \Delta T = 2080 \text{J}$$

3、 $1\text{mol}$  理想气体在  $T_1=400\text{K}$  的高温热源与  $T_2=300\text{K}$  的低温热源间作卡诺循环，在  $400\text{K}$  的等温线上起始体积为  $V_1=0.001\text{m}^3$ ，终止体积为  $V_2=0.005\text{m}^3$ ，求此气体在每一循环中：（1）从高温热源吸收的热量  $Q_1$ ；（2）气体所作的净功  $W$ ；（3）气体传给低温热源的热量  $Q_2$ 。

解：(1)  $Q_1 = RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = 5.35 \times 10^3 J$

(2)  $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 0.25 = 25\%, \therefore W = \eta Q_1 = 1.34 \times 10^3 J$

(3)  $Q_2 = Q_1 - W = 4.01 \times 10^3 J$

4、有  $2 \times 10^{-3} m^3$  刚性双原子分子理想气体，其内能为  $6.75 \times 10^2 J$ ，(1) 求气体的压强；(2) 设气体分子总数为  $5.4 \times 10^{22}$  个，求分子的平均动能和气体的温度。

解：(1) 设分子总数为  $N$ ，由

$$U = N \frac{t+r}{2} kT, \quad P = nkT = \frac{N}{V} kT, \quad \text{得 } P = \frac{2U}{5V} = 1.35 \times 10^5 Pa$$

(2)  $\bar{\epsilon}_k = \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} \times \frac{2U}{5N} = \frac{3U}{5N} = 7.5 \times 10^{-21} J, \quad T = \frac{2U}{5Nk} = 362 K$

5、容器内盛有一定量理想气体，其分子平均自由程为  $\bar{\lambda}_0 = 2.0 \times 10^{-7} m$ 。

(1) 若分子热运动的平均速率  $\bar{v} = 1600 m/s$ ，求分子平均碰撞频率  $\bar{z}_0$ ；

(2) 保持温度不变而使压强增大一倍，求此时气体分子的平均自由程  $\bar{\lambda}$  和平均碰撞频率  $\bar{z}$ 。

解：(1)  $\bar{z}_0 = \frac{\bar{v}}{\bar{\lambda}_0} = 8.0 \times 10^9 1/s$

(2)  $\because \bar{\lambda} = \frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 P}$ , 当  $T$  不变,  $P$  增大一倍时,  $\bar{\lambda} = \frac{\bar{\lambda}_0}{2} = 1.0 \times 10^{-7} m$

又:  $\bar{z} = \sqrt{2}\pi d^2 \bar{v} P / kT$ , 当  $T$  不变,  $\bar{v}$  也不变,  $P$  增大一倍, 则  $\bar{z} = 2\bar{z}_0 = 1.6 \times 10^{10} / s$

6、一气缸贮有一定量理想气体，其分子平均碰撞频率  $\bar{z}_0 = 8 \times 10^9 / s$ 。

(1) 若分子热运动的平均速率  $\bar{v} = 1600 m/s$ ，求分子平均自由程  $\bar{\lambda}_0$ ；

(2) 保持气体温度不变，使气缸容积增大一倍，求此时气体分子的平均碰撞频率  $\bar{z}$  和平均自由程  $\bar{\lambda}$ 。

解：(1)  $\bar{\lambda}_0 = \frac{\bar{v}}{\bar{z}_0} = 2.0 \times 10^{-7} m$

(2)  $\because \bar{z} = \sqrt{2}\pi d^2 n \bar{v}$ ,  $T$  不变,  $\bar{v}$  将不变,  $V$  增大一倍, 则  $n$  减小为原来的  $\frac{1}{2}$

$$\therefore \bar{z} = \frac{\bar{z}_0}{2} = 4 \times 10^9 \text{ 1/s}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2\pi d^2 n}} = 2\bar{\lambda}_0 = 4 \times 10^{-7} \text{ m}$$

7、两个容器容积相等，分别储有相同质量的  $N_2$  和  $O_2$  气体，将两个容器用光滑水平细管相连通，管子中置一水银滴以隔开  $N_2$  气和  $O_2$  气。设两容器内气体的温度差为 30K，则当水银滴与细管正中不动时，求  $N_2$  和  $O_2$  的温度分别是多少？（ $N_2$  和  $O_2$  分子的分子量分别为 28 和 32）

$$\text{解： } pV = \frac{M}{M_{mol}} RT$$

$$\text{两容器的 } p, V, M \text{ 相等} \Rightarrow \frac{T_{N_2}}{M_{N_2}} = \frac{T_{O_2}}{M_{O_2}}$$

$$\frac{T_{N_2}}{T_{O_2}} = \frac{M_{N_2}}{M_{O_2}} = \frac{28}{32} = \frac{7}{8} \quad T_{O_2} = T_{N_2} + 30 \quad T_{N_2} = 210K, \quad T_{O_2} = 240K$$

8、容器  $V = 20 \times 10^{-3} m^3$  的瓶子以速率  $v = 200 m/s$  匀速运动，瓶中充有质量  $m = 100g$  的氦气。设瓶子突然停止，且气体分子全部定向运动的动能都变为热运动动能，瓶子与外界没有热量交换，求热平衡后氦气的温度、压强、内能及氦气分子的平均动能各增加多少？（氦的摩尔质量  $M_{mol} = 4 \times 10^{-3} kg/mol$ ）

$$\text{解： 气体定向运动的动能为： } E_k = \frac{1}{2} MV^2$$

$$\frac{1}{2} MV^2 = \Delta U = \nu C_{v,m} \Delta T = \frac{M}{M_{mol}} \cdot \frac{3}{2} R \cdot \Delta T$$

$$\Delta U = \frac{1}{2} MV^2 = 2000J$$

$$\Delta T = \frac{M_{mol} \cdot V^2}{3R} = 6.42K$$

$$\Delta P = \frac{M}{M_{mol}} \cdot R \cdot \frac{\Delta T}{V} = 6.67 \times 10^4 Pa$$

$$\Delta \bar{\epsilon}_k = \frac{3}{2} k \cdot \Delta T = 1.33 \times 10^{-22} J$$

9、设某理想气体分子的最可几速率为  $v_p = 367 \text{ m/s}$ ，气体的密度  $\rho = 1.30 \text{ kg/m}^3$ 。

求：(1) 该气体分子的平均速率  $\bar{v}$  和方均根速率  $\sqrt{\bar{v}^2}$ ；(2) 该气体的压强。

解：(1)  $v_p = \sqrt{\frac{2RT}{M_{mol}}}$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M_{mol}}} = 415 \text{ m/s}, \quad \sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3RT}{M_{mol}}} = 450 \text{ m/s}$$

$$(2) \quad pV = \frac{M}{M_{mol}} RT \Rightarrow p = \frac{M}{V} \cdot \frac{RT}{M_{mol}} = \rho \cdot \frac{RT}{M_{mol}} = 8.79 \times 10^4 \text{ Pa}$$

10、容器内有  $2.66 \text{ kg}$  氧气，已知其分子的平动动能总和为  $4.11 \times 10^5 \text{ J}$ （氧的摩尔质量  $M_{mol} = 32 \times 10^{-3} \text{ kg}$ ）。求：(1) 气体分子的平均平动动能；(2) 气体的温度。

解：(1)  $\frac{M}{M_{mol}} = \frac{N}{N_A} \Rightarrow N = \frac{M}{M_{mol}} N_A$

$$\bar{\epsilon}_K = \frac{E_K}{N} = \frac{M_{mol} E_K}{M N_A} = 8.27 \times 10^{-21} \text{ J}$$

$$(2) \quad \bar{\epsilon}_K = \frac{3}{2} kT \Rightarrow T = \frac{2\bar{\epsilon}_K}{3k} = 400 \text{ K}$$

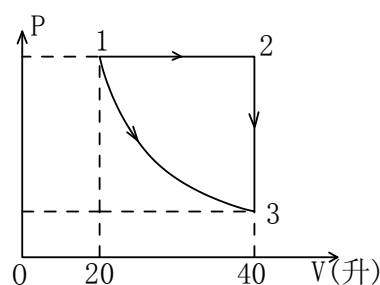
11、如图所示， $1 \text{ mol}$  氢气在状态 1 时  $T_1 = 300 \text{ K}$ ，经两个不同过程到达末态 3， $1 \rightarrow 3$  为等温过程。

求：由  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$  计算熵变  $\Delta S_1$ ；

由  $1 \rightarrow 3$  计算熵变  $\Delta S_2$ ；

解：  $T_1 = 300 \text{ K}$ ，  $T_3 = 300 \text{ K}$

$$T_2 = \frac{V_2}{V_1} T_1 = 2T_1 = 600 \text{ K}$$



$$(1) \quad \Delta S_{12} = (C_{v,m} + R) \ln \frac{T_2}{T_1}, \quad \Delta S_{23} = -C_{v,m} \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Delta S_1 = \Delta S_{12} + \Delta S_{23} = R \ln \frac{T_2}{T_1} = R \ln 2 = 5.76 \text{ J/K}$$

$$(2) \quad \Delta S_2 = \Delta S_{13} = RT \ln \frac{V_3}{V_1} = R \ln 2 = 5.76 \text{ J/K}$$

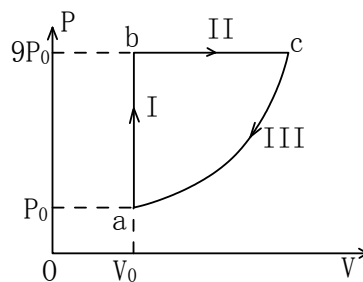
12、1mol 单原子分子理想气体，经历图示可逆循环，过程III的过程方程为

$$P = P_0 \frac{V^2}{V_0^2}, \text{ a 点温度为 } T_0.$$

(1) 以  $T_0, R$  表示 I, II, III 过程中气体吸收的热量。

(2) 求此循环的效率。

$$\text{解: } T_b = \frac{P_b}{P_a} T_a = 9T_0$$



$$V_c^2 = \frac{P_c}{P_0} V_0^2 = 9V_0^2 \Rightarrow V_c = 3V_0 \quad T_c = \frac{V_c}{V_b} T_b = 3T_b = 27T_0$$

$$(1) Q_I = C_{v,m}(T_b - T_a) = \frac{3}{2} R \cdot 8T_0 = 12RT_0$$

$$Q_{II} = C_{p,m}(T_c - T_b) = \frac{5}{2} R \cdot (27T_0 - 9T_0) = 45RT_0$$

$$Q_{III} = C_V(T_a - T_c) + \int_{V_c}^{V_a} \frac{P_0}{V^2} V^2 dV = \frac{3}{2} R(-26T_0) + \frac{P_0}{3V_0^2} (V_0^3 - 27V_0^3) = -47.7RT_0$$

$$(2) \eta = 1 - \frac{|Q_{III}|}{Q_I + Q_{II}} = 16.3\%$$

13、一容积为  $12.6 \times 10^{-4} m^3$  的真空系统已被抽到  $1.0 \times 10^{-5} mmHg$  的真空，为提高其真空度，将它放到 500K 的烘箱内烘烤，使器壁释放出所吸附的气体。若烘烤后压强增为  $1.0 \times 10^{-2} mmHg$ ，试求器壁释放出的分子数。

$$\text{解: } P = nkT \quad \text{得: } n = \frac{P}{kT}$$

器壁释放出的分子数为

$$\Delta N = (n_2 - n_1)V = \left( \frac{P_2}{kT_2} - \frac{P_1}{kT_1} \right) V_0$$

$$P_2 \gg P_1 \Rightarrow \frac{P_2}{T_2} \gg \frac{P_1}{T_1}$$

$$\Delta N \approx \frac{P_2 V_0}{kT_2} = 2.43 \times 10^{17} (\text{个})$$

14、某种理想气体在标准状态下的密度为  $\rho = 0.0894 \text{ kg/m}^3$ ，求：

(1) 该气体的摩尔质量，是何种气体？、

(2) 该气体的等容摩尔热容  $C_{v,m}$ ；

(3) 该气体的等压摩尔热容  $C_{p,m}$ 。

解：(1) 标准状态：  $P_0 = 1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,  $T_0 = 273 \text{ K}$

$$P_0 V_0 = \frac{M}{M_{mol}} RT_0$$

$$P_0 = \frac{M}{V_0} \cdot \frac{RT_0}{M_{mol}} = \rho \cdot \frac{RT_0}{M_{mol}} \Rightarrow M_{mol} = \frac{\rho RT_0}{P_0} = 2 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

该气体为氢气，  $i = t + r = 5$

$$(2) C_{v,m} = \frac{5}{2} R = 20.8 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

$$(3) C_{p,m} = C_{v,m} + R = \frac{7}{2} R = 29.1 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

15、温度  $T_0 = 25^\circ \text{C}$ ，，压强  $P_0 = 1 \text{ atm}$  的  $1 \text{ mol}$  刚性双原子分子理想气体，经等温过程体积由  $V_0$  膨胀至原来的 3 倍。(1) 计算这个过程中气体对外所作的功；

(2) 若气体经绝热过程体积由  $V_0$  膨胀至原来的 3 倍，气体对外作的功。

解：(1) 等温过程气体对外做功为：

$$W = \int_{V_0}^{3V_0} P dV = RT \int_{V_0}^{3V_0} \frac{dV}{V} = RT \ln 3 = 2.72 \times 10^3 \text{ J}$$

(2) 由绝热过程方程：

$$PV^\gamma = P_0 V_0^\gamma \quad \text{得：} \quad P = P_0 V_0^\gamma V^{-\gamma}$$

$\therefore$  绝热过程气体对外做功为：

$$W = \int_{V_0}^{3V_0} P dV = P_0 V_0 \int_{V_0}^{3V_0} V^{-\gamma} dV = \frac{3^{1-\gamma} - 1}{1-\gamma} P_0 V_0 = \frac{1 - 3^{1-\gamma}}{\gamma - 1} RT_0 = 2.20 \times 10^3 \text{ J}$$