第八章 气体动理论

1. 当气体温度为 27℃，压强为 1.33Pa 时，每立方米中的分子数为 3.21×10^{20}。

2. 室内生起炉子后，温度从 15°C 上升到 27°C，设升温过程中，室内的气压保持不变，问升温后室内分子数减少了 4% （填写百分比）。

3. 若理想气体的体积为 V，压强为 p，温度为 T，一个分子的质量为 m，k 为玻尔兹曼常量，R 为普适气体常量，则该理想气体的总分子数为 $\frac{pV}{kT}$。

4. 1 mol 刚性双原子分子理想气体，当温度为 T 时，其内能为 $\frac{5}{2}RT$。

5. 当温度升高 1K 时，0.5 mol 甲烷的内能增加了 $1.5R = 12.5\,J$。

6. 在相同的温度和压强下，单位体积的氢气和氦气的内能之比为 5 : 3。单位体积的氧气和甲烷的内能之比为 5 : 6。

7. 三个容器 A、B、C 中装有同种理想气体，其分子数密度 n 相同，方均根速率之比为 $\sqrt{\overline{v_A^2}}:\sqrt{\overline{v_B^2}}:\sqrt{\overline{v_C^2}}=1:2:3$ 则其压强之比 $p_A:p_B:p_C$ 为 1 : 4 : 9。

8. 已知 n 为单位体积的分子数，$f(v)$ 为麦克斯韦速率分布函数，则

$nf(v)\mathrm{d}v$ 表示 速率处在 $v\to v+dv$ 区间内的分子数密度；

$f(v)\mathrm{d}v$ 表示 速率处在 $v\to v+dv$ 区间内的分子数占分子总数的百分比；

$\int_0^{v_p} f(v)\mathrm{d}v$ 表示 速率在 $[0, v_p]$ 的分子数占总分子数的百分比。

9. 1个大气压，27 °C 时，一立方米体积中理想气体的分子数 $n=$ 2.45×10^{25}，分子热运动的平均平动动能 $\overline{\varepsilon_t}=$ $\frac{3}{2}kT = 6.21\times10^{-21}\,J$。

10. 1mol 氢气，在温度为 27°C 时，它的平动动能、转动动能和内能各是多少？

$E_t = \frac{3}{2}RT = 3.74\times10^3\,J.$ $\quad E = \frac{5}{2}RT = 6.23\times10^3\,J.$

$E_r = \frac{2}{2}RT = 2.49\times10^3\,J$

11. 一打气筒每打一次气，可把压强为 1 atm（$1\text{ atm} = 1.013\times10^5$ Pa）、温度为 $T = 270$ K、体积为 $4.0\times10^{-3}\ \text{m}^3$ 的气体压入容器内。设容器原来的压强为 1 atm，温度为 270 K，容器的体积为 $1.5\ \text{m}^3$ 立方米。问需打气多少次才能使容器内的气体温度为 318 K，压强为 2 atm。

解：$\nu_0 = \frac{p_0V}{RT} = \frac{1.013\times10^5\times4.0\times10^{-3}}{8.31\times270} = 0.18\ mol.$

$\Delta\nu = \frac{p_2V_2}{RT_2} - \frac{p_1V_0}{RT_1}$

$= \frac{2\times1.013\times10^5\times1.5}{8.31\times318} - \frac{1.013\times10^5\times1.5}{8.31\times270}$

$= 47.3\ mol.$

$n = \frac{\Delta\nu}{\nu_0} = \frac{47.3}{0.18} \approx 263$

第九章 热力学基础

1 有两个相同的容器，容积不变，一个盛有氦气，另一个盛有氢气（均可看成刚性分子）它们的压强和温度都相等，现将 5 J 的热量传给氢气，使氢气温度升高。如果使氦气也升高同样的温度，则应向氦气传递的热量是__3J__。

2 一定量的某种刚性多原子分子理想气体，若等压过程中该气体吸热量为Q，对外做功为W，内能增加ΔE，则（ΔE-W）/Q = __1 : 2__，ΔE/Q = __3 : 4__。（换成双原子分子，单原子分子，情况又如何？）

3 双原子理想气体，做等压膨胀，若气体膨胀过程从热源吸收热量 700 J，则该气体对外做功为__200 J__，内能增加__500 J__。

4 摩尔数相等的三种理想气体 He 、N_2 和 CO_2，若从同一初态，经等压加热，且在加热过程中三种气体吸收的热量相等，则体积增量最大的气体__He__。

5 一定量的理想气体，从同一状态开始把其体积由原来的 V_0 增加到 $2V_0$，分别经历等压、等温、绝热三种过程。那么，这些过程中，气体对外界做功最多的是__等压过程__，气体内能增加最多的是__等压过程__，气体吸热最多的是__等压过程__。

6 设高温热源的热力学温度是低温热源热力学温度的 n 倍，则理想气体在一次卡诺循环中，从高温热源吸收热量是传给低温热源的热量的__n__倍。 $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$

7 一台冰箱工作时，其冷冻室中的温度为 $-10\ ^{\circ}C$，室温为 $15\ ^{\circ}C$。若按理想卡诺制冷循环计算，则此制冷机每消耗 100 J 的功，从冷冻室中吸出的热量为__1050 J__。

$e = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{263}{15+10}$
$= 10.5 = \frac{Q_2}{W}$
$Q_2 = eW$

8 如图所示是一理想气体所经历的循环过程，其中 AB 和 CD 是等压过程，BC 和 DA 为绝热过程，已知 B 点和 C 点的温度分别为 T_2 和 T_3 . 证明此循环效率为 $\eta = 1 - \frac{T_3}{T_2}$ 。

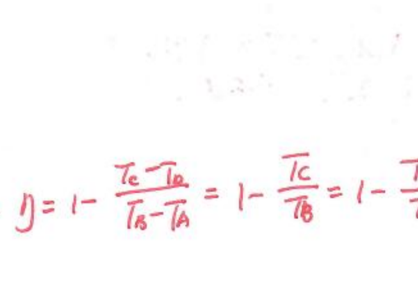
证明：A→B. 等压膨胀，吸热.

$Q_1 = \nu C_{p,m}(T_B - T_A)$

C→D. 等压压缩，放热.

$Q_2 = \nu C_{p,m}(T_C - T_D)$

$\therefore \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_C - T_D}{T_B - T_A}$.



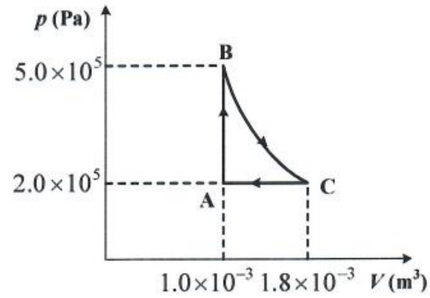
又∵ DA. BC 为绝热过程.

$P_1^{1-r} T_A^{r} = P_2^{1-r} T_D^{r}$

$P_1^{1-r} T_B^{r} = P_2^{1-r} T_C^{r}$

$\therefore \frac{T_A}{T_B} = \frac{T_D}{T_C}$ $\therefore \frac{T_C}{T_B} = \frac{T_D}{T_A} = \frac{T_C - T_D}{T_B - T_A}$ $\therefore \eta = 1 - \frac{T_C - T_D}{T_B - T_A} = 1 - \frac{T_C}{T_B} = 1 - \frac{T_3}{T_2}$

9 某单原子分子理想气体，做如图所示的循环，图中 BC 代表绝热过程。试求：（1）一次循环过程中，系统向外界~~放出~~吸收的热量；（2）一次循环过程中，系统向外界放出的热量；（3）该循环的效率。



解：(1). A→B. 等体压强升高. 吸热.

$$Q_1 = \cancel{\nu C}\ \nu C_{V,m}(T_B - T_A)$$
$$= \nu\cdot\frac{3}{2}R(T_B - T_A) = \frac{3}{2}(P_B V_B - P_A V_A)$$
$$= \frac{3}{2}(500-200) = 450\,J$$

(2) C→A. 等压压缩. 放热.

$$Q_2 = \nu\cdot C_{p,m}(T_C - T_A)$$
$$= \frac{5}{2}(P_C V_C - P_A V_A) = \frac{5}{2}(360-200) = 400\,J.$$

(3) $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{400}{450} = \frac{1}{9}$

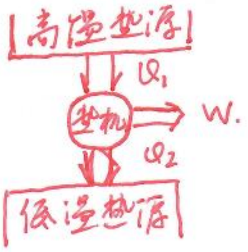
10 为解决地球的能源危机，有人设想用赤道和南极的温差来构建一个热机，试

（1）用学过的物理学知识分析该设想实现的可能性；

（2）画出该设想能量转化的流程图。

解：(1) 热机理论上讲，只要一个高温热源和一个低温热源即可实现

(2) 模型.



$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$

11 为充分利用炼钢厂的废热，有人设想用废热和大气的温差来构建一个热机，试

（1）用学过的物理学知识分析该设想实现的可能性；

（2）画出该设想能量转化的流程图；

（3）如果废热的温度为$90^\circ C$，大气的温度为$10^\circ C$，试求该热机的最大效率。

解：(1) 同10.(1)

(2) 同10(2).

(3). 卡诺热机的效率即为最大效率.

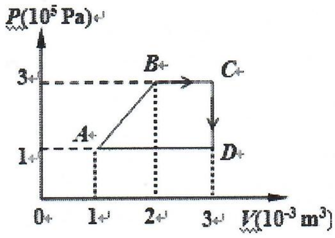
$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{273+10}{273+90} = 22\%.$$

12 一定量的单原子分子理想气体，从初态 A 出发，经历如图循环过程，求:

（1）循环过程系统对外作的净功；

（2）循环过程系统吸收的热量（不计放热）；

（3）该循环的效率。



解：(1). 系统对外作的净功即为四边形 ABCD 的面积

$W=300J$

(2) A→B. 吸热. $W_{AB}=200J$.

$\Delta E_{AB}=\nu\cdot C_{V,m}(T_B-T_A)$

$=\frac{3}{2}(P_BV_B-P_AV_A)=\frac{3}{2}(600-100)=750J$

$\therefore Q_{AB}=\Delta E+W$

$=950J$.

B→C. 等压膨胀. 吸热. $Q_{BC}=\nu\cdot C_{p,m}(T_C-T_B)$

$=\frac{5}{2}(P_CV_C-P_BV_B)=\frac{5}{2}(900-600)=750J$.

$\therefore Q_{吸}=Q_{AB}+Q_{BC}$

$=950+750$

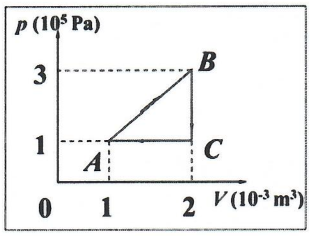
$=1700J$

(3) $\therefore \eta=\frac{W}{Q_1}=\frac{300}{1700}=\frac{3}{17}$

13 一定量的单原子分子理想气体，从初态 A 出发，经历如图循环过程，求:

（1）AB，BC，CA 各过程中系统对外作的功、内能的变化和吸收的热量。

（2）该循环的效率。



解：(1). AB. $W=200J$. $\Delta E=\nu\cdot C_{V,m}(T_B-T_A)$

$=\frac{3}{2}(P_BV_B-P_AV_A)=750J$

$\therefore Q_{AB}=950J$

BC. $W=0$. $\Delta E=Q=\nu C_{V,m}(T_C-T_B)=\frac{3}{2}(P_CV_C-P_BV_B)$

$=-600J$.

CA. $W=-100J$. $\Delta E=-150J$.

$Q=\nu C_{p,m}(T_A-T_C)=\frac{5}{2}(200-100)$

$=-250J$.

(2) $\eta=\frac{W}{Q_1}=\frac{100}{950}$

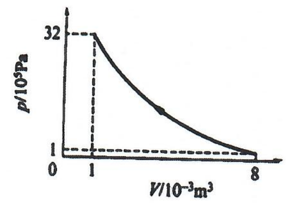
$=\frac{2}{19}$

14 设有一定质量的氦气（He），在如左图所示的绝热过程中，外界对氦气所做的功为 3600 J，该气体内能增加了 3600 J。（若换成氮气、甲烷，情况又如何）

$Q=0$.

$\Delta E=-W=\nu\cdot C_{V,m}(T_2-T_1)$

$=\frac{3}{2}(p_2V_2-p_1V_1)$



15 一小型热电厂内，一台利用地热发电的热机工作于温度为 227℃的地下热源和温度为 27℃的地表之间，假定热机以卡诺循环的效率运行，并每小时能从地下热源获取 1.8×10^{11} J 的热量，则该热机的功率为 2×10^7 W。

$\eta=1-\frac{T_2}{T_1}=1-\frac{300}{500}=40\%$. $\eta=\frac{W}{Q_1}$

$W=\eta\cdot Q_1=0.4\times1.8\times10^{11}J=7.2\times10^{10}J$

$\therefore P=\frac{W}{t}=\frac{7.2\times10^{10}}{3600}=2\times10^7W$

16 在夏季，假定室外温度恒定为 37℃，启动空调使室内温度始终保持在 17℃.如果每天有 2.51×10^8 J 的热量通过热传导等方式自室外流入室内，则空调一天耗电 2.885×10^7 J $\approx$ 8 kw·h。（设该空调的制冷系数为同条件下的卡诺制冷机制冷系数的 60%）

$e=\frac{T_2}{T_1-T_2}\times0.6$

$=\frac{273+17}{37-17}\times0.6=8.7$

$Q_2=2.51\times10^8J$.

$e=\frac{Q_2}{W}$. $W=\frac{Q_2}{e}=\frac{2.51\times10^8}{8.7}=2.885\times10^7J$