北京航空航天大學

BEIJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS

物理作业5

6.21 27°C 和 127°C 的卡诺热机，从高温热源处吸取 5000J，该热机向低温热放出多少热量？对外做功？如果是一个制冷机，从低吸收 5000J

(1) $Q_1 = 5\times10^3 J$

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

放出热量 $|Q_2| = \frac{T_2}{T_1} Q_1 = \frac{273+27}{273+127} \times 5\times10^3 J = 3.75\times10^3 J$

对外做功 $A = \frac{T_1 - T_2}{T_1} Q_1 = \frac{127-27}{273+127} \times 5\times10^3 J = 1.25\times10^3 J$

(2) $Q_2 = 5\times10^3 J$

$$w_c = \frac{Q_2}{|A|} = \frac{|Q_1| - |A|}{|A|} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

放出热量 $|Q_1| = Q_2 + |A| = \frac{T_1}{T_2} Q_2 = \frac{(273+127)\times5\times10^3}{273+27} = 6.67\times10^3 J$

外界做功

$$|A| = \frac{T_1 - T_2}{T_2} Q_2 = \frac{(127-27)\times5\times10^3}{273+27} = 1.67\times10^3 J$$

6-23

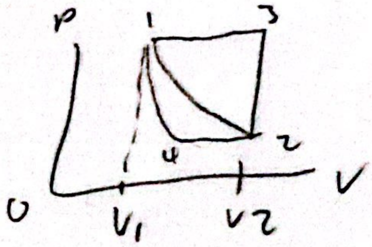
左边压强为P_0，右边为真空，当气体达到热平衡时其压强

解：设系统初态为(T_0, V_0, P_0) 经自由膨胀后的末态为(T_0, V, P) 由理想气体物态方程

$$P_0V_0 = PV \quad V = 2V_0$$

达到热平衡的压强 $P = \frac{1}{2}P_0$

6-25 1mol 在状态 1 时 $T_1=300K$，$V_1=20L$，到 2 $V_2=40L$



(1) $1\to3\to2$ 路径的熵变

对 $1\to3$ 等压过程，有 $T_3=\frac{V_3}{V_1}T_1=600K$

吸热 $dQ_p=C_{pm}dT$

对 $3\to2$ 等体过程有 $dQ_V=C_{Vm}dT$

(2) $1\to3\to2$ 路径的熵变 $\Delta S_{1\to3\to2}=\int_1^3\frac{dQ_P}{T}+\int_3^2\frac{dQ_V}{T}$

$=C_{pm}\int_{T_1}^{T_3}\frac{dT}{T}+C_{Vm}\int_{T_3}^{T_2}\frac{dT}{T}=C_{pm}\ln\frac{T_3}{T_1}+C_{Vm}\ln\frac{T_2}{T_3}$

由于 $1\to2$ 为等温过程，$T_1=T_2$ 所以 $\Delta S_{1\to3\to2}=C_{pm}\ln\frac{T_3}{T_1}-C_{Vm}\ln\frac{T_3}{T_1}$

$\Rightarrow(C_{pm}-C_{Vm})\ln\frac{T_3}{T_1}=R\ln2=5.76J/K$

(2) 对 $1\to2$ 等温过程

$dQ_T=dA=pdV$，$p=\frac{p_1V_1}{V}$，$T=T_1$

$1\to2$ 路径的熵变 $\Delta S_{1\to2}=\int_1^2\frac{dQ_T}{T}=\frac{p_1V_1}{T_1}\int_{V_1}^{V_2}\frac{dV}{V}=R\ln\frac{V_2}{V_1}=R\ln2$

$=5.76J/K$

(3) 对 $1\to4\to2$

$1\to4$ 绝热过程 $dQ=0$，$dS=0$，$\frac{T_1}{T_4}=\left(\frac{p_1}{p_4}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$

对 $4\to2$ 等压过程 有 $dQ_p=C_{pm}dT$

$1\to4\to2$ 路径的熵变 $\Delta S_{1\to4\to2}=\int_4^2\frac{dQ_P}{T}=C_{pm}\int_{T_4}^{T_2}\frac{dT}{T}$

$\Rightarrow C_{pm}\frac{\gamma-1}{\gamma}\ln\frac{p_1}{p_4}$

利用 $1\to2$ 等温过程，上式中 $\frac{p_1}{p_4}=\frac{p_1}{p_2}=\frac{V_2}{V_1}$ 所以

$\Delta S_{1\to4\to2}=C_{pm}\frac{\gamma-1}{\gamma}\ln\frac{V_2}{V_1}=R\ln2=5.76J/K$

6-26 1Kg 20°的水与100°C 与100°C的热源接触，使水温100°C

(1) 水的熵变　　$C=4.18\times10^3\,J/(Kg\cdot K)$ 定压热容

1Kg质量，水吸热 $dQ=mcdT$

水T由20°→100°C的熵变

$$\Delta S_{水}=\int\frac{dQ}{T}=mc\int_{T_1}^{T_2}\frac{dT}{T}=mc\ln\frac{T_2}{T_1}=1\times4.18\times10^3\times\ln\frac{373}{293}=1.01\times10^3\,J/K$$

(2) 热源的熵变，放出的热量完全被水吸收

$$Q=-mc\Delta T=-mc(T_2-T_1)$$

热源的熵变

$$\Delta S_{热源}=\frac{Q}{T_2}=-mc\frac{\Delta T}{T_2}=-1\times4.18\times10^3\times\frac{\overset{373-293}{80}}{373}=-8.97\times10^2\,J/K$$

(3) 水与热源系统总熵变

$$\Delta S=\Delta S_{水}+\Delta S_{热源}=(1.01\times10^3-8.97\times10^2)\,J/K=1.13\times10^2\,J/K$$

总熵变是增加的。