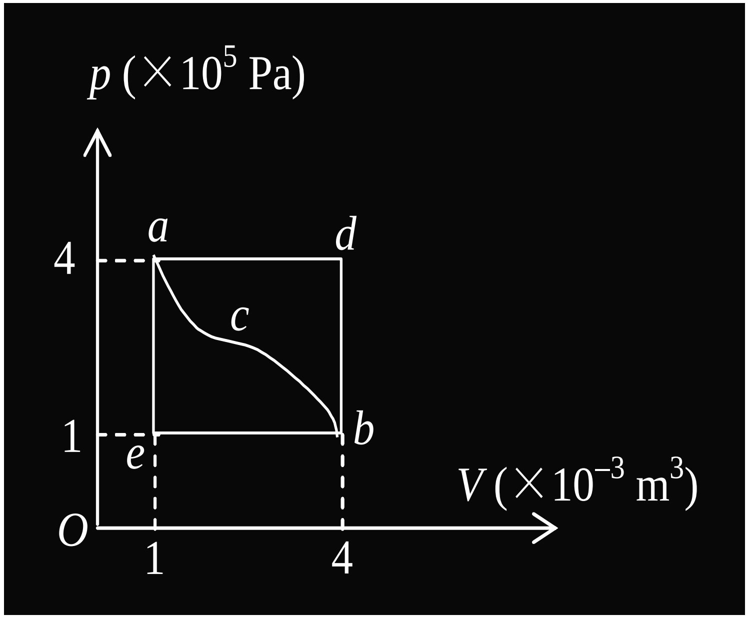
例 1： 一定量的理想气体经历*acb*过程时，吸热500 J，

求： 经历*acbda*过程时，系统与外界交换的热量为多少？



解： $pV=\nu RT$， $p_aV_a=p_bV_b$，

$$\Rightarrow T_a=T_b,\quad E_a=E_b$$

$$Q=\Delta E+W$$

***acb*过程：** $Q_{acb}=(E_b-E_a)+W_{acb}$

$$Q_{acb}=W_{acb}=500\text{J}$$

***acbda*过程：** $Q_{acbda}=(E_a-E_a)+W_{acbda}$

$$Q_{acbda}=W_{acbda}=W_{acb}+W_{bda}=S_{acb}-S_{bda}=500-4\times10^5\times(4-1)\times10^{-3}=-700\text{J}$$

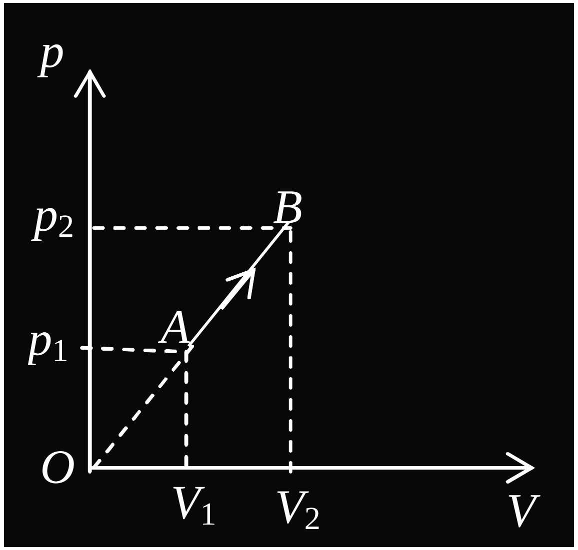
$$Q_{acbda}=-700\text{J}<0,\quad \text{放热}$$

例 2: 1mol 多原子分子理想气体从状态 A (p_1, V_1)沿 $p-V$ 图所示直线变化到状态 B (p_2, V_2),

求: 1) 此过程中,气体系统内能增量、对外做功、与外界交换的热量?

2) 此过程中,该气体系统的摩尔热容 C = ?

解: 1) $pV=\nu RT$, $E=\nu\dfrac{i}{2}RT$, $i=6$



$$\frac{p_1}{V_1}=\frac{p_2}{V_2}$$

$$\Rightarrow \Delta E=E_2-E_1=\frac{6}{2}(\nu RT_2-\nu RT_1)$$

$$\Delta E=3(p_2V_2-p_1V_1)$$

$$W=\frac{1}{2}(p_1+p_2)(V_2-V_1),\quad \Rightarrow W=\frac{1}{2}(p_2V_2-p_1V_1),$$

$$\Rightarrow Q=\Delta E+W=\frac{7}{2}(p_2V_2-p_1V_1),$$

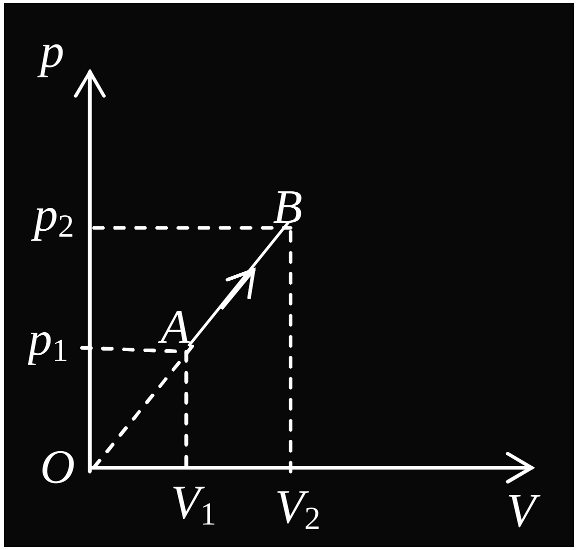
例 2: 1mol 多原子分子理想气体从状态 A (p_1, V_1)沿 $p-V$ 图所示直线变化到状态 B (p_2, V_2),

求: 1) 此过程中,气体系统内能增量、对外做功、与外界交换的热量?

2) 此过程中,该气体系统的摩尔热容 C = ?

解: 2) $pV=\nu RT$, $E=\nu\frac{i}{2}RT$, $C_V=\frac{i}{2}R$

过程方程: $p=\frac{p_1}{V_1}V$ $\qquad i=6$



1摩尔: $dQ=dE+dW=C_V dT+pdV$

$pV=RT$, $\Rightarrow pdV+Vdp=RdT$

$dp=\frac{p_1}{V_1}dV \Rightarrow Vdp=V\frac{p_1}{V_1}dV=pdV$

$\Rightarrow 2pdV=RdT \Rightarrow dQ=C_V dT+\frac{1}{2}RdT \Rightarrow C=\frac{dQ}{dT}=C_V+\frac{1}{2}R=\frac{7}{2}R$

例 3: 一定量的理想气体，其体积和压强依照 $V=\dfrac{a}{\sqrt{p}}$ 的规律变化，其中*a*为已知常数，

求: 1) 气体从体积 V_1 膨胀到 V_2 所作的功；

2) 体积为 V_1 时的温度 T_1 与体积为 V_2 时的温度 T_2 之比。

解: 1）状态方程: $pV=\nu RT$， 过程方程: $p=\dfrac{a^2}{V^2}$，

$$dW=pdV=\frac{a^2}{V^2}dV\Rightarrow W=\int_1^2 pdV=\int_{V_1}^{V_2}\frac{a^2}{V^2}dV=\frac{a^2}{V_1}-\frac{a^2}{V_2}$$

2) $pV=\nu RT$，

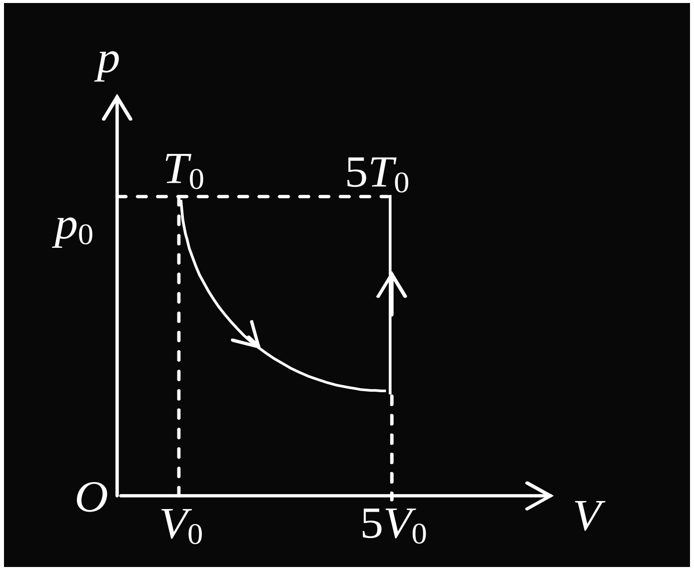
$$\frac{T_1}{T_2}=\frac{p_1V_1}{p_2V_2}=\frac{\dfrac{a^2}{V_1^2}V_1}{\dfrac{a^2}{V_2^2}V_2}=\frac{V_2}{V_1}$$

例 4: 3 mol温度为 T_0 =273 K 的理想气体，先经等温过程，体积膨胀到原来的5倍，然后等体加热，使其末态的压强刚好等于初始压强，整个过程传给气体的热量为 $Q = 8\times10^4$ J，

求: 此种气体的定体摩尔热容 C_V 值？ (活页册25、10题)

解: 初态参量：p_0、V_0、T_0

末态参量：p_0、$5V_0$、$T=5T_0$



等温过程： $\Delta E = 0,$

$$Q_T = W_T = \nu RT_0 \ln\frac{V_2}{V_1} = 3RT_0 \ln 5 = 1.1\times10^4\,\mathrm{J}$$

等体过程: $Q_V = \nu C_V \Delta T = 3C_V \cdot 4T_0 = 3.28\times10^3 C_V$

整个过程: $pV = \nu RT,$

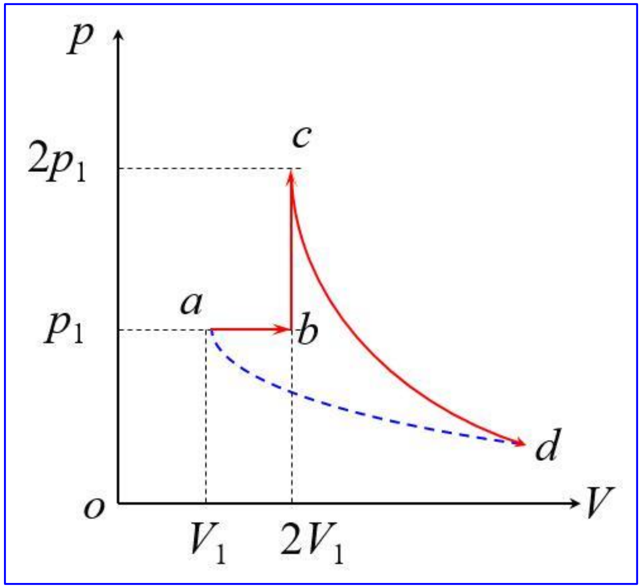
$$Q = Q_T + Q_V \Rightarrow Q_V = Q - Q_T \Rightarrow C_V = \frac{Q-Q_T}{3.28\times10^3} = \frac{8\times10^4 - 1.1\times10^4}{3.28\times10^3} = 21.0\ \mathrm{J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}}$$

(分子自由度 i = ？ γ =?)

例 5： 1 mol单原子理想气体，由状态a (p_1，V_1)先等压加热至体积增大一倍到达状态b，再等容加热至压强增大一倍到达状态c，最后再经绝热膨胀，使其温度降至初始温度到达状态d。

求： 1）状态d 的V_d；2）整个过程的功；3）整个过程与外界交换的热量。

解： 1）$T_a = T_d$



状态c ：$T_c = ?$

$$pV = \nu RT \Rightarrow T_a = \frac{p_1 V_1}{R},\qquad T_c = \frac{4 p_1 V_1}{R}$$

$$T_c = 4T_a$$

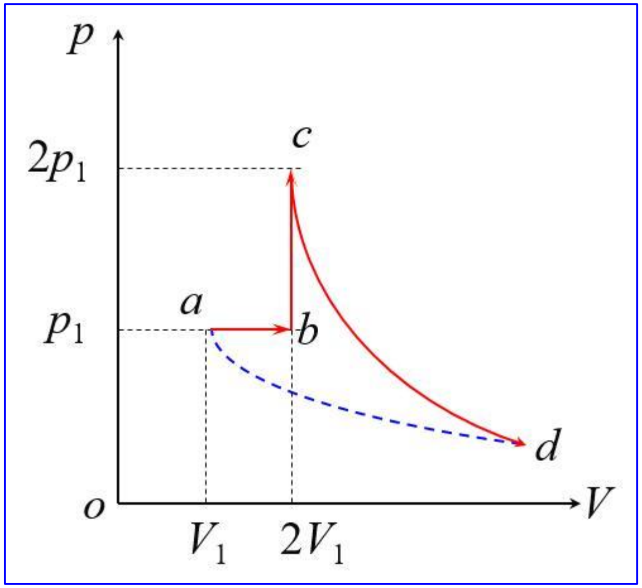
再根据绝热方程： $TV^{\gamma-1} = 常数$

$$T_c V_c^{\gamma-1} = T_d V_d^{\gamma-1}$$

$$V_d = \left(\frac{T_c}{T_d}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} V_c = 4^{\frac{3}{2}} \times 2V_1 = 16V_1$$

例 5: 1 mol单原子理想气体，由状态a (p_1，V_1)先等压加热至体积增大一倍到达状态b，再等容加热至压强增大一倍到达状态c，最后再经绝热膨胀，使其温度降至初始温度到达状态d。

求： 1）状态d 的V_d；2）整个过程的功；3）整个过程与外界交换的热量。



解： 2）$W_{abcd} = W_{ab} + W_{bc} + W_{cd}$

$$W_{ab} = p_1(2V_1 - V_1) = p_1V_1$$

$$W_{bc} = 0$$

$$W_{cd} = -\Delta E_{cd} = \frac{3}{2}R(T_c - T_d)$$

$$= \frac{3}{2}R(4T_a - T_a) = \frac{9}{2}RT_a = \frac{9}{2}p_1V_1$$

$$W_{abcd} = W_{ab} + W_{bc} + W_{cd} = \frac{11}{2}p_1V_1$$

例 5： 1 mol单原子理想气体，由状态a (p_1, V_1)先等压加热至体积增大一倍到达状态b，再等容加热至压强增大一倍到达状态c，最后再经绝热膨胀，使其温度降至初始温度到达状态d。

求： 1）状态d 的V_d；2）整个过程的功；3）整个过程与外界交换的热量。

解： 3）$Q_{abcd}=Q_{ab}+Q_{bc}+Q_{cd}$

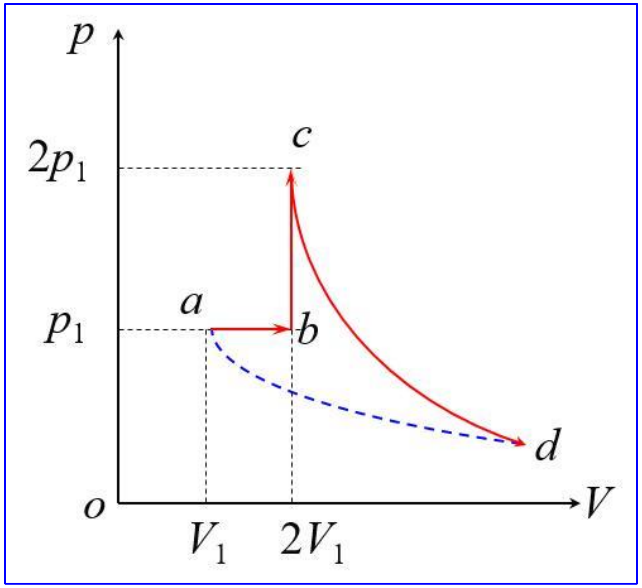
$$Q_{ab}=\nu C_P(T_b-T_a)=\nu\frac{5}{2}R(T_b-T_a)$$

$$=\frac{5}{2}(p_bV_b-p_aV_a)=\frac{5}{2}p_1V_1$$

$$Q_{bc}=\nu C_V(T_c-T_b)=\nu\frac{3}{2}R(T_c-T_b)$$

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

$$Q_{cd}=0,\qquad Q_{abcd}=Q_{ab}+Q_{bc}+Q_{cd}=\frac{11}{2}p_1V_1$$

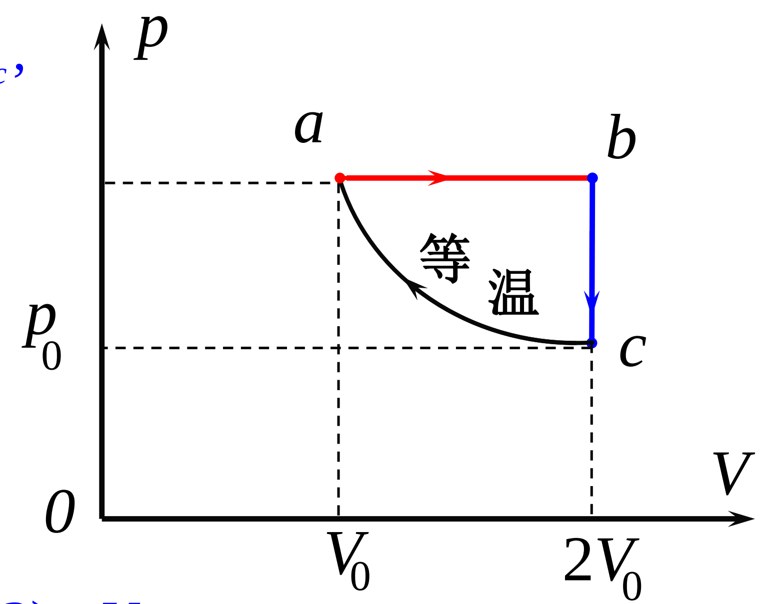


也可用第一定律，间接计算： $Q=\Delta E+W=0+W=\frac{11}{2}p_1V_1$

例 6: **1 mol** 氧气系统（理想气体、刚性分子）作如图所示的循环，

求： 循环效率。

解： $T_c = \dfrac{2p_0V_0}{R}$， $p_a = 2p_0$， $T_b = \dfrac{4p_0V_0}{R} = 2T_c$，



等压过程ab： $Q_{ab} = \nu C_p(T_b - T_a) = 7p_0V_0$

$Q_{ab} > 0$， 吸热

等体过程bc： $Q_{bc} = \nu C_V(T_c - T_b) = -5p_0V_0$

$Q_{bc} < 0$， 放热

等温过程ca： $Q_{ca} = W_{ca} = \nu RT_c \ln\dfrac{V_a}{V_c} = -(2\ln 2)p_0V_0$

$Q_{ca} < 0$， 放热

$Q_1 = Q_{ab}$， $Q_2 = Q_{bc} + Q_{ca}$， $\eta = 1 - \dfrac{|Q_2|}{Q_1} = 1 - \dfrac{5+2\ln 2}{7} = 8.8\%$

例 7： 3.2×10^{-2} kg 氧气（理想气体、刚性分子）作如图所示的循环，其中，AB和CD都为等温过程，T_1=300K，T_2=200K，$V_2=2V_1$，

求： 1）各分过程气体系统与外界交换的热量；2）循环效率。

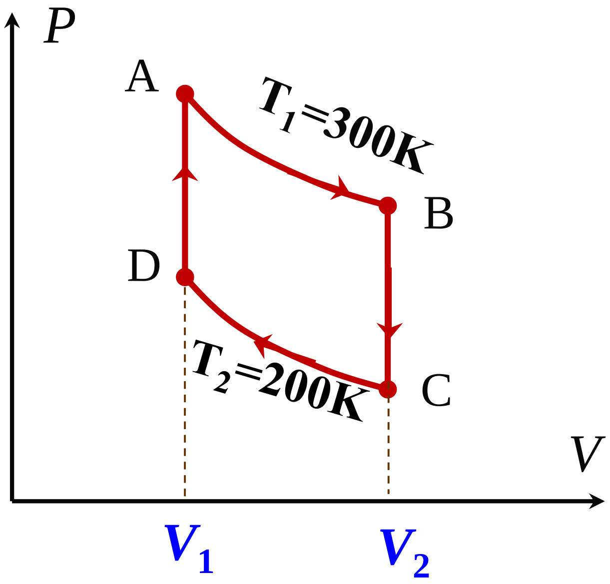
解： 1）

$$Q_{AB}=W_{AB}=\nu RT_1\ln\frac{V_2}{V_1}=(300\ln 2)R>0,$$ 吸热

$$Q_{BC}=\nu C_V(T_C-T_B)=-250R<0,$$ 放热

$$Q_{CD}=W_{CD}=\nu RT_2\ln\frac{V_1}{V_2}=-(200\ln 2)R<0,$$ 放热

$$Q_{DA}=\nu C_V(T_A-T_D)=250R>0,$$ 吸热



2）

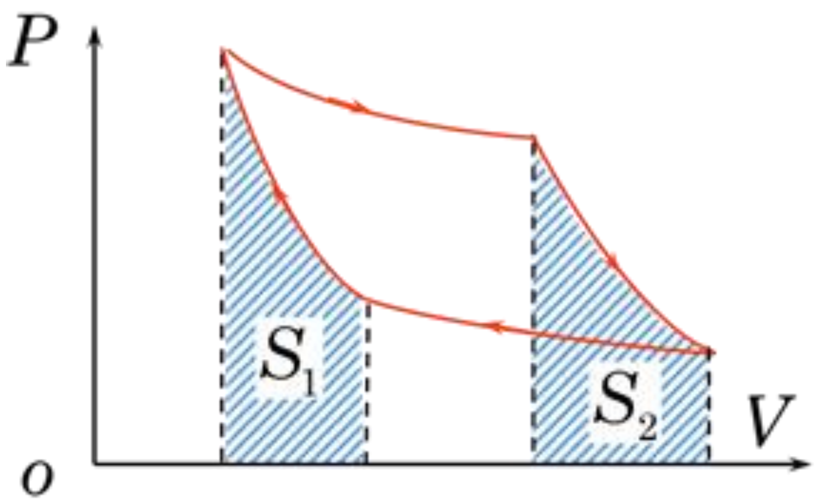
$$Q_1=Q_{AB}+Q_{DA}=(300\ln 2+250)R$$

$$Q_2=Q_{BC}+Q_{CD}=-(250+200\ln 2)R$$

$$\eta=1-\frac{|Q_2|}{Q_1}=15.1\%$$

理想气体卡诺循环过程的两条绝热线下的面积大小（图中阴影部分）分别为S_1和S_2，二者的大小关系为?

$S_1 = S_2$

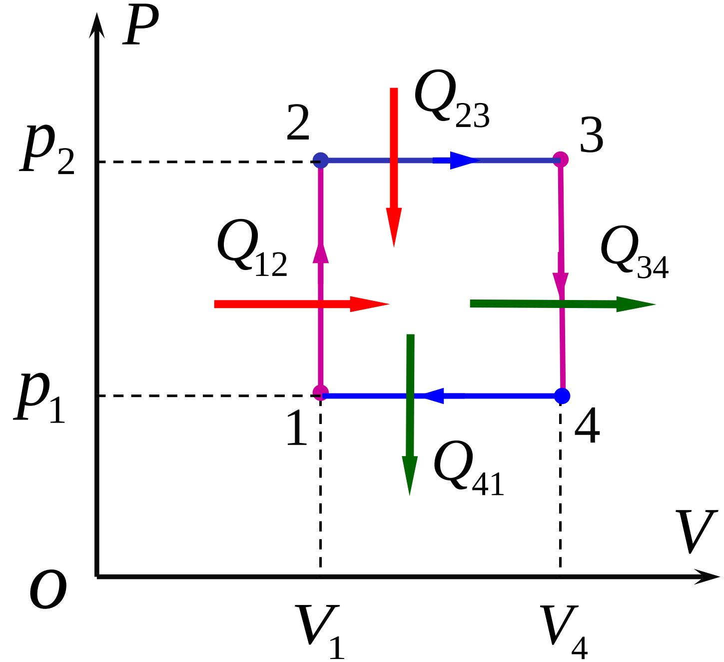


例 8: 1 mol 氦气系统（理想气体、刚性分子）作如图所示的循环，

其中， $p_2=2p_1$, $V_4=2V_1$,

求： 1）各分过程气体系统与外界交换的热量；2）循环效率。

解： 1） $T_1=\dfrac{p_1V_1}{R}$, $T_2=2T_1$, $T_3=4T_1$, $T_4=2T_1$,



$$Q_{12}=\nu C_V(T_2-T_1)=C_VT_1=\frac{3}{2}RT_1>0,$$ 吸热

$$Q_{23}=\nu C_P(T_3-T_2)=2C_PT_1=5RT_1>0,$$ 吸热

$$Q_{34}=\nu C_V(T_4-T_3)=-2C_VT_1=-3RT_1<0,$$ 放热

$$Q_{41}=\nu C_P(T_1-T_4)=-C_PT_1=-\frac{5}{2}RT_1<0,$$ 放热

2）
$$Q_1=Q_{12}+Q_{23}=\frac{13}{2}RT_1$$

$$Q_2=Q_{34}+Q_{41}=-\frac{11}{2}RT_1$$

$$\eta=1-\frac{|Q_2|}{Q_1}=1-\frac{11}{13}=15.4\%$$

例 9：奥托机的循环，如图所示的循环，其中，ab、cd为绝热过程，bc、da为等体过程，已知：V_a，V_b，γ

求：循环效率。

解：1）$Q_{ab}=0$

$$Q_{bc}=\nu C_V(T_c-T_b)>0,$$ 吸热

$$Q_{cd}=0$$

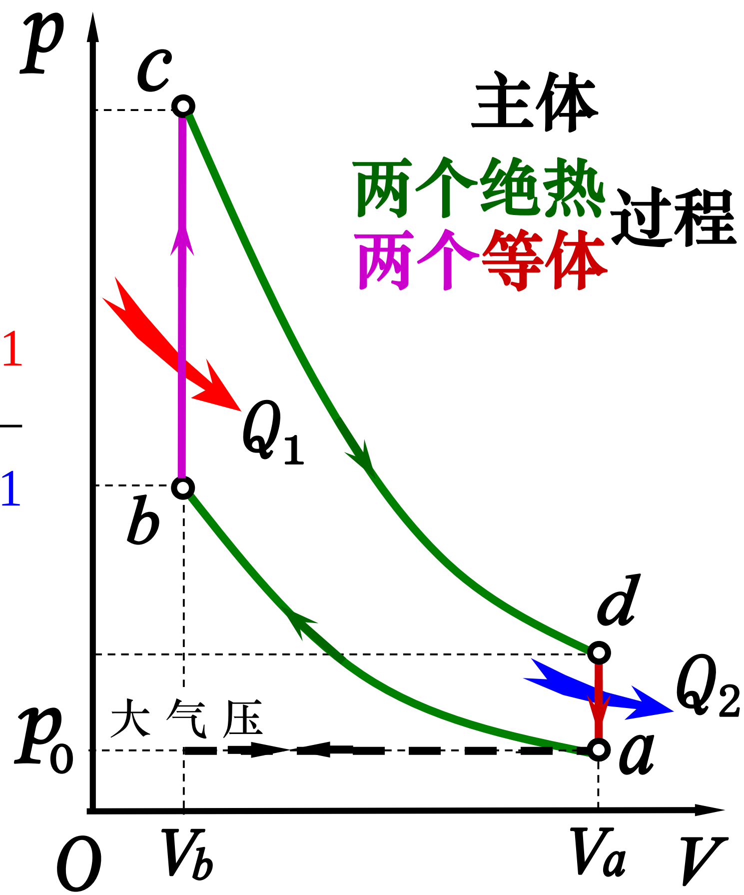
$$Q_{da}=\nu C_V(T_a-T_d)<0,$$ 放热

2）$$\eta=1-\frac{|Q_2|}{Q_1}=1-\frac{T_d-T_a}{T_c-T_b}=1-\frac{T_a}{T_b}\cdot\frac{\frac{T_d}{T_a}-1}{\frac{T_c}{T_b}-1}$$

$$T_bV_b^{\gamma-1}=T_aV_a^{\gamma-1},\quad T_cV_c^{\gamma-1}=T_dV_d^{\gamma-1}$$

$$T_cV_b^{\gamma-1}=T_dV_a^{\gamma-1}$$

$$\frac{T_c}{T_b}=\frac{T_d}{T_a}\Rightarrow\eta=1-\frac{T_a}{T_b}=1-\left(\frac{V_b}{V_a}\right)^{\gamma-1}$$



例 10：某热机在一个高温热源和一个低温热源之间工作。经历一个循环，该热机从高温热源吸收热量为 Q_1 ，并把热量 Q_2 传给低温热源。高、低温热源的温度分别为 $T_1 = 2000\text{K}$ 和 $T_2 = 300\text{K}$ ，

判断：在下列条件下，热机是可逆的、不可逆的、还是不可能存在的。

1) $Q_1 = 1000\text{J}$，净功 $W = 900\text{J}$；**2)** $Q_1 = 2000\text{J}$，$Q_2 = -300\text{J}$；**3)** 净功 $W = 1500\text{J}$，$Q_2 = -500\text{J}$

解：此热机效率的理想值（最大值）： $\eta_{可逆} = 1 - \dfrac{T_2}{T_1} = 1 - \dfrac{300}{2000} = \dfrac{17}{20} = 85\%$

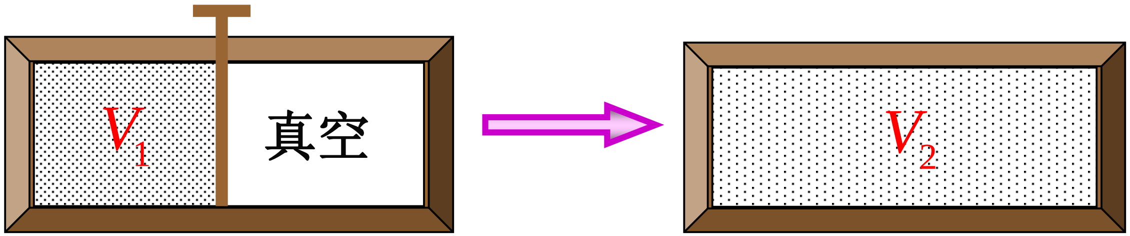
1） $\eta = \dfrac{W}{Q_1} = \dfrac{900}{1000} = 90\% > \eta_{\max} = 85\%$ 不可能存在

2） $\eta = \dfrac{W}{Q_1} = 1 - \dfrac{|Q_2|}{Q_1} = 1 - \dfrac{300}{2000} = 85\% = \eta_{\max}$ 可逆

3） $\eta = \dfrac{W}{Q_1} = \dfrac{W}{W + |Q_2|} = \dfrac{1500}{1500 + 500} = 75\% < \eta_{\max}$ 不可逆

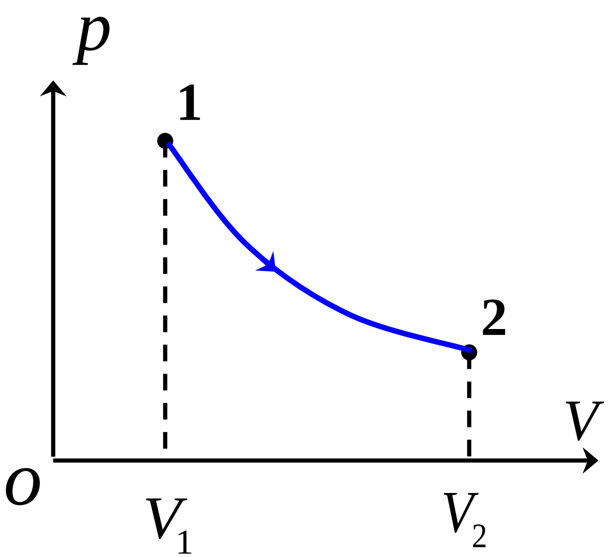
例11：计算 理想气体绝热自由膨胀过程的熵增。

（非准静态过程，不可逆）



(P_1, V_1, T) (P_2, V_2, T)

$\because Q = 0,$ $W = 0,$ $\Rightarrow \Delta E = 0$ $\Rightarrow \Delta T = 0$ 始末状态，温度相同



假设一可逆等温膨胀过程

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \left(\frac{\mathrm{d}Q}{T}\right)_{可逆} = \int_1^2 \frac{\mathrm{d}W}{T}$$

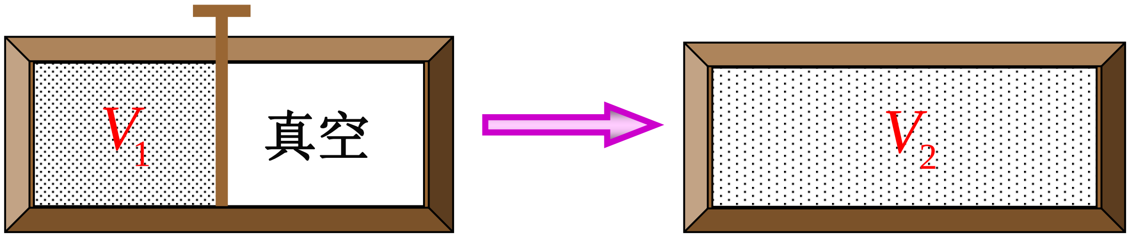
$$= \int_1^2 \frac{p\mathrm{d}V}{T} = \int_1^2 \frac{\nu RT}{V} \cdot \frac{\mathrm{d}V}{T} = \int_{V_1}^{V_2} \nu R \frac{\mathrm{d}V}{V}$$

$$= \nu R \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) > 0$$

不可逆过程
熵增加

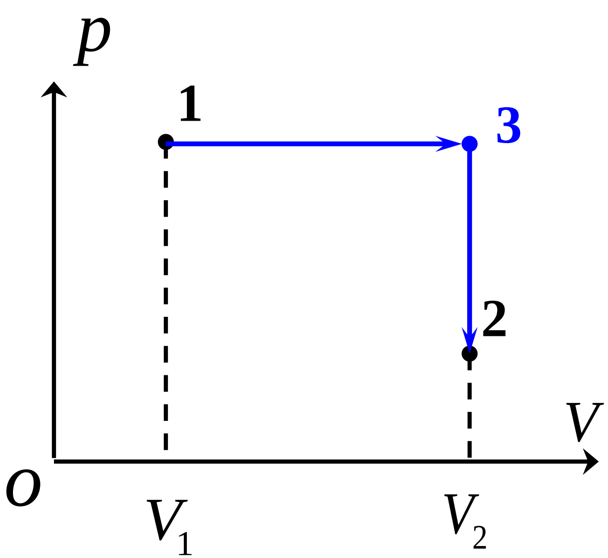
例11：计算 理想气体绝热自由膨胀过程的熵增。

（非准静态过程，不可逆）



(P_1, V_1, T) (P_2, V_2, T)

$\because Q = 0,$ $W = 0,$ $\Rightarrow \Delta E = 0$ $\Rightarrow \Delta T = 0$ 始末状态，温度相同



假设一可逆（等压+等容）过程

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \Delta S_{1\to3} + \Delta S_{3\to2} = \int_1^3 \left(\frac{dQ}{T}\right)_{可逆} + \int_3^2 \left(\frac{dQ}{T}\right)_{可逆}$$

$$= \int_{T_1}^{T_3} \frac{\nu C_P dT}{T} + \int_{T_3}^{T_2} \frac{\nu C_V dT}{T} = \int_{T_1}^{T_3} \frac{\nu (C_V + R) dT}{T} + \int_{T_3}^{T_2} \frac{\nu C_V dT}{T}$$

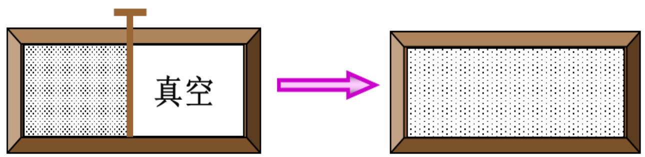
$$= \int_{T_1}^{T_2} \frac{\nu C_V dT}{T} + \int_{T_1}^{T_3} \frac{\nu R dT}{T} = \nu R \ln \frac{T_3}{T_1} = \nu R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

用一隔板将一绝热容器分成体积分别为V_1、V_2两个部分，两部分分别盛有$\upsilon_1$mol氮气和$\upsilon_2$mol氦气，此系统温度为 T. 现将隔板移去，两种气体均匀混合后，气体系统的总熵变为？

利用

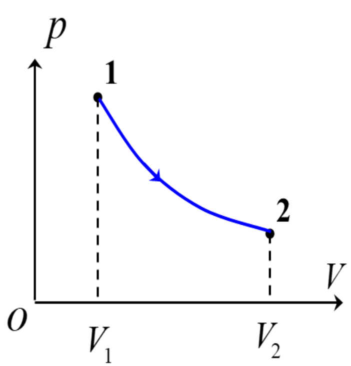
计算： 理想气体绝热自由膨胀过程的熵增 。

（非准静态过程，不可逆）



(P_1,V_1,T) (P_2,V_2,T)

$\because Q=0,$ $W=0,$ $\therefore \Delta E=0,$ $\Delta T=0$



假设一可逆等温膨胀过程

$$\Delta S=S_2-S_1=\int_1^2\left(\frac{\mathrm{d}Q}{T}\right)_{可逆}=\int_1^2\frac{\mathrm{d}W}{T}$$

$$=\int_1^2\frac{\nu RT}{V}\cdot\frac{\mathrm{d}V}{T}=\int_{V_1}^{V_2}\nu R\frac{\mathrm{d}V}{V}=\nu R\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)>0$$

例 12： ν mol 理想气体由初态（T_1，V_1）经某一过程到达终态（T_2，V_2）假定气体的摩尔定容热容 C_V为一恒量。（$T_1 < T_2$，$V_1 < V_2$）

求： 此过程的熵变。

解：1）解法一

$$(T_1,\ V_1) \xrightarrow{\text{等体升温}} (T_2,\ V_1) \qquad \Delta S_1$$

$$(T_2,\ V_1) \xrightarrow{\text{等温膨胀}} (T_2,\ V_2) \qquad \Delta S_2$$

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$$

$$\Delta S_1 = \int \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{\nu C_V\, dT}{T} = \nu C_V \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Delta S_2 = \int \frac{dQ}{T_2} = \int_{V_1}^{V_2} \frac{\nu R T_2}{V} \frac{dV}{T_2} = \nu R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Delta S = \nu C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + \nu R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

例 12： ν mol 理想气体由初态（T_1，V_1）经某一过程到达终态（T_2，V_2）假定气体的摩尔定容热容 C_V 为一恒量。（$T_1 < T_2$，$V_1 < V_2$）

求： 此过程的熵变。

解：2）解法二

$$(T_1,\ V_1) \xrightarrow{\text{等温膨胀}} (T_1,\ V_2) \qquad \Delta S_1$$

$$(T_1,\ V_2) \xrightarrow{\text{等体升温}} (T_2,\ V_2) \qquad \Delta S_2$$

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$$

$$\Delta S_1 = \int \frac{dQ}{T_1} = \int_{V_1}^{V_2} \frac{\nu R T_1}{V} \frac{dV}{T_1} = \nu R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Delta S_2 = \int \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{\nu C_V dT}{T} = \nu C_V \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Delta S = \nu C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + \nu R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

例 12：ν mol 理想气体由初态（T_1，V_1）经某一过程到达终态（T_2，V_2）假定气体的摩尔定容热容 C_V为一恒量。（$T_1 < T_2$，$V_1 < V_2$）

求：此过程的熵变。

解：3）解法三

$$(T_1,\ V_1) \xrightarrow{\text{等压膨胀}} (T_a,\ V_2) \qquad \Delta S_1$$

$$T_a = \frac{V_2}{V_1} T_1 \qquad (T_a,\ V_2) \xrightarrow{\text{等体升温}} (T_2,\ V_2) \qquad \Delta S_2$$

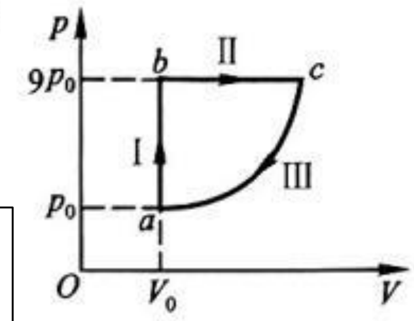
$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$$

$$\Delta S_1 = \int \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_a} \frac{\nu C_P dT}{T} = \nu C_P \ln \frac{T_a}{T_1} = \nu C_P \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Delta S_2 = \int \frac{dQ}{T} = \int_{T_a}^{T_2} \frac{\nu C_V dT}{T} = \nu C_V \ln \frac{T_2}{T_a} = \nu C_V \ln\left(\frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{V_1}{V_2}\right)$$

$$\Delta S = \nu C_P \ln \frac{V_2}{V_1} + \nu C_V \ln \frac{T_2}{T_1} - \nu C_V \ln \frac{V_2}{V_1} = \nu C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + \nu R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

·10. 1 mol 单原子分子的理想气体，经历如图所示的可逆循环，连接 ac 两点的曲线Ⅲ的方程为 $p=p_0V^2/V_0^2$，a 点的温度为 T_0。(1) 试以 T_0、普适气体常量 R 表示 1、2、3 过程中气体吸收的热量。(2) 求此循环的效率。



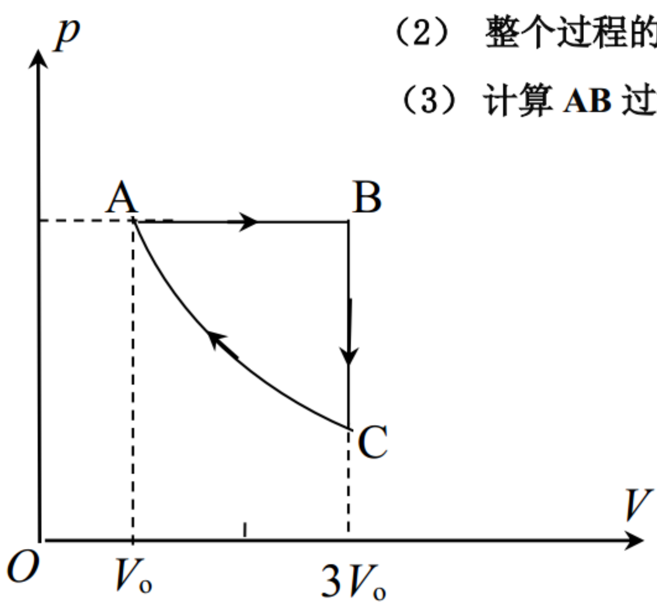
活页册：[26-热力学基础二] 10题

1 mol 单原子分子理想气体（分子视为刚性分子）进行的循环过程如图所示，其中 AB 为等压过程、BC 为等容过程、CA 为等温过程。已知气体在状态 A 的温度为 T_0、体积为 V_0，状态 B 的体积为 $3V_0$，设普适气体常数（摩尔气体常数）为 R，

求：（1）AB、BC、CA 三个过程中系统与外界交换的热量；

（2） 整个过程的循环效率 η；

（3） 计算 AB 过程中，系统熵的增量 $\Delta S = S_B - S_A = ?$



解：$\nu=1mol$，$i=3$，$PV=RT$，$E=\nu\cdot\frac{i}{2}RT=\frac{3}{2}RT$

$C_V=\frac{i}{2}R=\frac{3}{2}R$，$C_p=C_V+R=\frac{5}{2}R$

1) 2)：A：P_0, V_0, T_0，$P_0V_0=RT_0$

B：$P_0, 3V_0, T_B$　$P_0\cdot 3V_0=RT_B \rightarrow T_B=3T_0$

C：$T_C=T_0$

$A\rightarrow B$：$Q_{AB}=\nu C_p(T_B-T_A)=1\times\frac{5}{2}R\times 2T_0=5RT_0>0$，吸

$B\rightarrow C$：$Q_{BC}=\nu C_V(T_C-T_B)=1\times\frac{3}{2}R\times(-2T_0)=-3RT_0<0$，放

$C\rightarrow A$：$Q_{CA}=W_{CA}=\nu RT_0\ln\left(\frac{V_A}{V_C}\right)=-RT_0\ln 3<0$，放

$Q_1=Q_{AB}$，$Q_2=Q_{BC}+Q_{CA}$，$\eta=1-\frac{|Q_2|}{Q_1}=18\%$

3). $A\rightarrow B$：$\Delta S=S_2-S_1=\int_A^B\left(\frac{dQ}{T}\right)_{可逆}$

$$=\int_{T_A}^{T_B}\frac{\nu C_p dT}{T}=\nu C_p\ln\left(\frac{T_B}{T_A}\right)=\frac{5}{2}R\ln 3$$

例： ν **mol** 理想气体经历如图所示的循环，已知定容摩尔热容：$C_V=3R$

求： 1、AB过程摩尔热容；2、循环效率。

解：$T_A=\frac{P_0V_0}{\nu R}$，$T_C=\frac{2P_0V_0}{\nu R}$，$T_B=\frac{4P_0V_0}{\nu R}$

1) AB过程：$P=\frac{P_0}{V_0}V$

$PV=\nu RT$，$E=\nu\cdot\frac{3}{2}R\cdot T=\nu C_V T$

设：1 mol 气体

$dQ=dE+dW \rightarrow dQ=C_V dT+PdV$ ①

由 $PV=RT \Rightarrow PdV+VdP=RdT$

由 $P=\frac{P_0}{V_0}V \Rightarrow dP=\frac{P_0}{V_0}dV \Rightarrow VdP=V\cdot\frac{P_0}{V_0}dV=PdV$

$\Rightarrow 2PdV=RdT \rightarrow PdV=\frac{1}{2}RdT$，代入①

$\Rightarrow dQ=(C_V+\frac{1}{2}R)dT \rightarrow C=\frac{dQ}{dT}=C_V+\frac{1}{2}R=\frac{7}{2}R$

2) A→B：$Q_{AB}=\Delta E+W_{AB}=\nu C_V(T_B-T_A)+\frac{1}{2}(P_0+2P_0)(2V_0-V_0)$

$\Rightarrow Q_{AB}=\frac{21}{2}P_0V_0>0$，吸热

（或：$Q_{AB}=\nu C(T_B-T_A)=\nu\times\frac{7}{2}R\times\frac{3P_0V_0}{\nu R}=\frac{21}{2}P_0V_0$）

B→C：$Q_{BC}=\nu C_V(T_C-T_B)=-6P_0V_0<0$，放

C→A：$Q_{CA}=\nu C_P(T_A-T_C)=\nu(C_V+R)(T_A-T_C)$

$=-4P_0V_0<0$，放

$Q_1=Q_{AB}$，$Q_2=Q_{BC}+Q_{CA}$

$\eta=1-\frac{|Q_2|}{Q_1}=\frac{1}{21}=4.8\%$