第七部分　气体动理论

[1]理气方程 $\begin{cases} pV = \upsilon RT \\ p = nkT \end{cases}$　一定量 $\dfrac{p_1V_1}{T_1} = \dfrac{p_2V_2}{T_2}$　混合气 T、V相同 p叠加

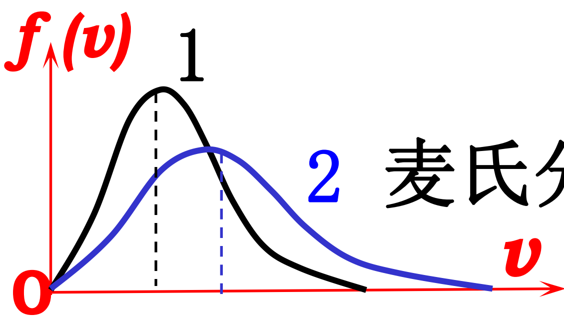
[2]微观解释 $p = \frac{2}{3} n \bar{\varepsilon}_k$　$\bar{\varepsilon}_k = \frac{3}{2} kT$

$E = \upsilon N_A \dfrac{i}{2} kT = \upsilon \dfrac{i}{2} RT$ (单$3+0$;双$3+2$;多$3+3$)

能量均分原理：平衡态T，分子每自由度有$kT/2$平均动能

[3]分 布 律　速率分布函数$f(v) = \dfrac{dN/dv}{N}$　$\bar{x} = \int_{v_1}^{v_2} x dN \Big/ \int_{v_1}^{v_2} dN$

特例 $= \int_0^\infty x f(v) dv$ …



麦氏分布律 $\begin{cases} v_p = \sqrt{2kT/\mu} \\ \bar{v} = \sqrt{8kT/\pi\mu} \\ \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{3kT/\mu} \end{cases}$　$\dfrac{k}{\mu} = \dfrac{R}{M}$

玻氏分布律 $n = n_0 e^{-\frac{\mu g z}{kT}}$　$p = p_0 e^{-\frac{\mu g z}{kT}}$

[4]统计平均 $\bar{z} = \sqrt{2}\pi d^2 \bar{v} n$　$\bar{\lambda} = \dfrac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n}$ [例题7-2]及讨论2

FangYi

[习题1] 容器V内同时盛M_1、M_2的单原子分子理气，混合气平衡时各自内能均为E. 求混合气p及两分子平均速率之比

解：

[讨论1] M_1单原子、M_2双原子分子理气，重新求解

[习题2]某系统由理气A、B组成(其分子数为N_A和N_B)，T时各自速率分布函数分别为$f_A(v)$和$f_B(v)$，该系统T时的$f(v)$为:

(1) $N_A f_A(v)+N_B f_B(v)$;　　(2) $\dfrac{N_A f_A(v)+N_B f_B(v)}{2}$;

(3) $\dfrac{N_A f_A(v)+N_B f_B(v)}{N_A+N_B}$;　　(4) $\dfrac{N_A f_A(v)+N_B f_B(v)}{2(N_A+N_B)}$.

解：$f(v)=\dfrac{dN}{Ndv}=\dfrac{dN_A+dN_B}{(N_A+N_B)dv}$

$$=\frac{1}{(N_A+N_B)}\left(\frac{dN_A}{dv}+\frac{dN_B}{dv}\right)$$

$$=\frac{1}{(N_A+N_B)}\left(f_A(v)N_A+f_B(v)N_B\right)$$

[讨论2]一容器内盛有1mol氧气和3 mol氦气，经混合后，温度为 127℃，求该混合气体分子的平均速率

解： **试卷1 第2题**

[习题3]试指出下列各式对理气的物理意义

(1) $\frac{1}{2}kT$

(2) $\frac{3}{2}kT$

(3) $\frac{i}{2}kT$

(4) $\frac{i}{2}RT$

(5) $\upsilon\frac{3}{2}RT$

(6) $\upsilon\frac{i}{2}RT$

FangYi

[习题4]用总分子数N、气体分子速率v、速率分布函数$f(v)$表示下列各量

（1）速率大于v_0的那些分子平均速率

（2）速率小于v_p的那些分子方均根

[讨论3]$f(v)$为麦氏函数，N为总分子数，则

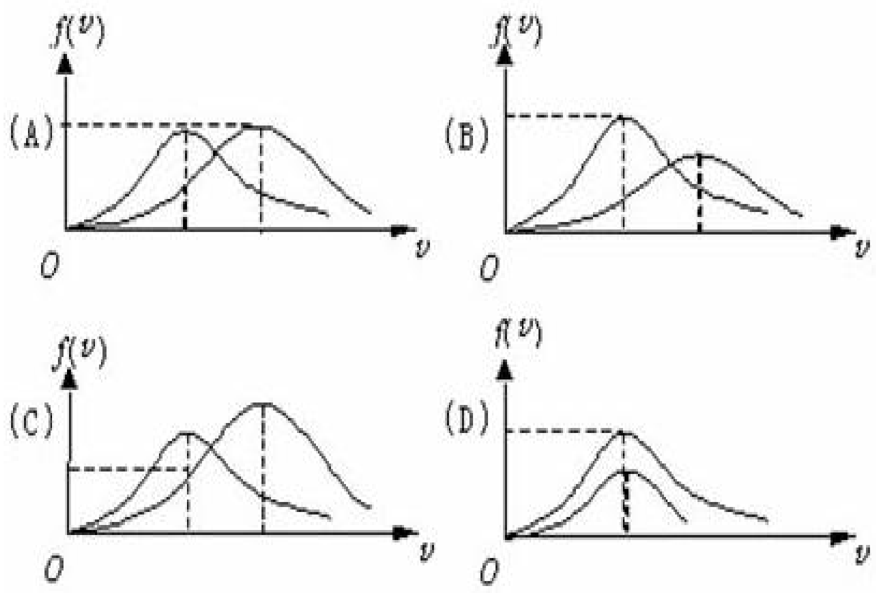
(1)速率v>100m·s^{-1}的分子数占总数百分比的表达式

(2)速率v>100m·s^{-1}的分子数的表达式

解:(1) (2)

[讨论4] 选择可能是同T下N_2和He的麦氏速率分布曲线

$$f(v) = 4\pi\left(\frac{\mu}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{\mu v^2}{2kT}} v^2$$



第八部分　　热 力 学

FangYi

[1]热一律： 本质是能量守恒；表达式$Q=\Delta E+A$　常用pV图s求

应用于等值过程

克拉珀珑方程$pV=\upsilon RT$

等值过程	过程方程	=0的量	其余量 $\Delta E=\upsilon C_V\Delta T$
等温	$p_1V_1=p_2V_2$	$\Delta E=0$	$Q=A=\upsilon RT\ln(V_2/V_1)$
等容	$P_1/T_1=p_2/T_2$	$A=0$	$Q=\Delta E$
等压	$V_1/T_1=V_2/T_2$		$Q=\upsilon C_P\Delta T$ $A=p\Delta V=\upsilon R\Delta T$
绝热	$p_1V_1^{\gamma}=p_2V_2^{\gamma}$	$Q=0$	$A=-\Delta E$
多方	$p_1V_1^{n}=p_2V_2^{n}$		$Q=\upsilon\frac{\gamma-n}{1-n}C_V\Delta T$　$A=\int pdV=\frac{\upsilon R\Delta T}{1-n}$

应用于循环过程 $\Delta E=0,\ Q_{净}=A_{净}$

$$\eta=A_{对外净}/Q_{吸}=(Q_{吸}-|Q_{放}|)/Q_{吸}\ \xrightarrow{卡诺}(T_1-T_2)/T_1$$

热温比为常量

$$\omega=Q_{吸}/A_{对系净}=Q_{吸}/(|Q_{放}|-Q_{吸})\ \xrightarrow{卡诺}T_2/(T_1-T_2)$$

FangYi

[2]热二律:本质-自发过程不可逆

开氏克氏说法 微观:自然不可逆沿小→大几率

[3]基本概念

准静态、可逆过程、正(逆)循环-pV图顺(逆)时针

基本关系 $C_p = C_V + R;\ \gamma = C_p / C_V = (i+2)/i$

基本问题 吸放热: T↑不一定吸热　　吸热不一定T↑

正负功:

	循环	V单调
A	正>0 逆<0	增>0 减<0

混合气: T、V相同; p叠加

负斜率: 吸放热转折点、温度转折点

绝热自由膨胀: T不变、状态方程成立

绝热及等温过程方程不成立

[4]卡诺定理

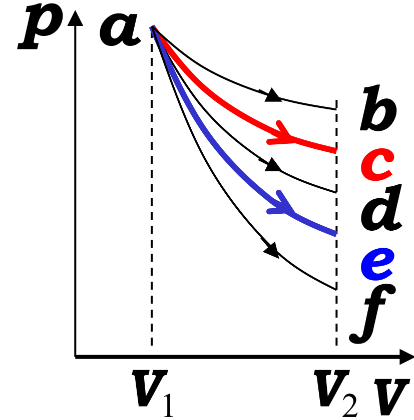
$\eta_{可逆} = \eta_{卡诺}$

$\eta_{不可逆} < \eta_{卡诺}$

[习题5]pV图中5个准静态过程（*ac*等温 *ae*绝热）.

其中升温的是　　　　　　，降温的是　　　　　　；

吸热的是　　　　　　，放热的是　　　　　　；

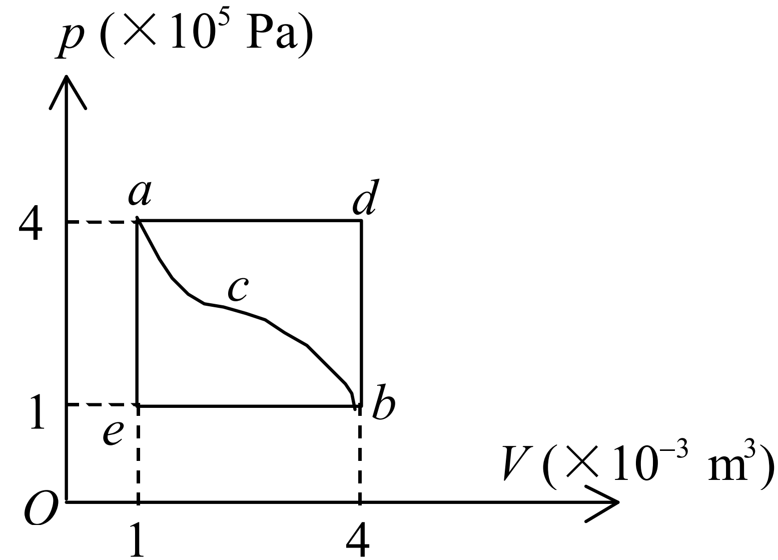


[习题6] 一定量理气Q_{acb}=500 J. 则Q_{acbda}为

FangYi

(A) –1200J.　　(B) –700J.

(C) –400J.　　(D) 700J.



解1:

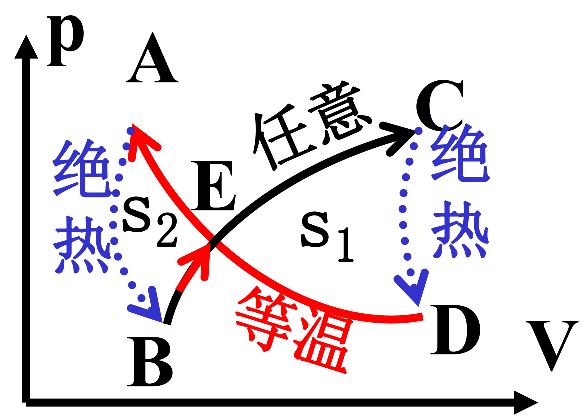
解2:

FangYi

[讨论5]若s_1=70J, s_2=30J, DEA放热100J,

求(1) A_{ABCDEA}?(2) Q_{BEC}?

不讲



解:(1) $A_{net} = A_{ABEA} + A_{ECDE}$

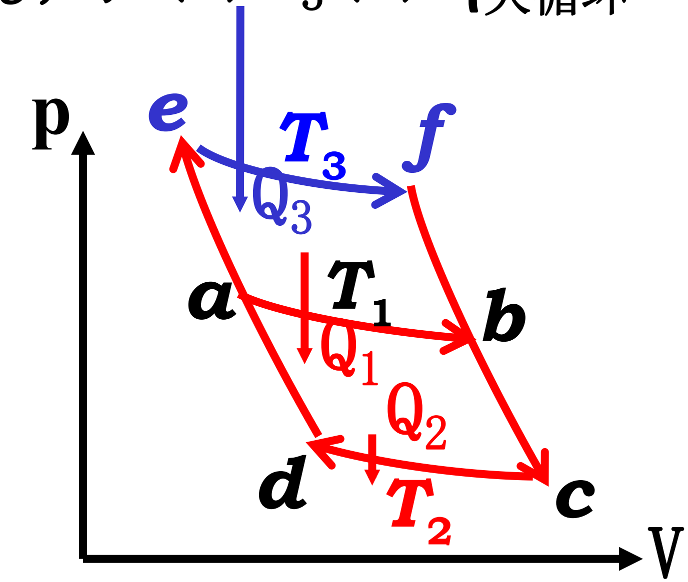
$= -30 + 70 = 40J$

(2) 对整个循环

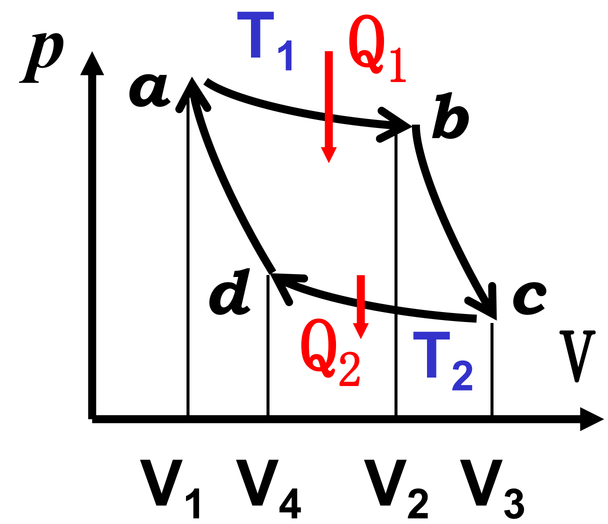
$A_{net} = Q_{net} = Q_{BEC} + Q_{DEA}$

$Q_{BEC} = A_{net} - Q_{DEA} = 40 - (-100) = 140J$

[习题7]理气卡诺循环：T_1=100℃，T_2=0℃，做功800J，维持低温热源温度，提高热源温度至T_3并保持循环的两条绝热线不变，使净功增为1600J，求(1)T_3 (2)$\eta_{大循环}$



[讨论6]卡诺机T_1=27ºC、T_2=-73ºC，10mol空气等温膨胀使体积增至原e倍,求每一循环作功



不讲

解1: $\eta = \dfrac{A_{net}}{Q_{吸}} = \dfrac{A_{net}}{A_{ab}}$

$$\rightarrow A_{net} = \eta A_{ab} = \frac{T_1 - T_2}{\cancel{T_1}} \upsilon R \cancel{T_1} \ln(V_2 / V_1)$$

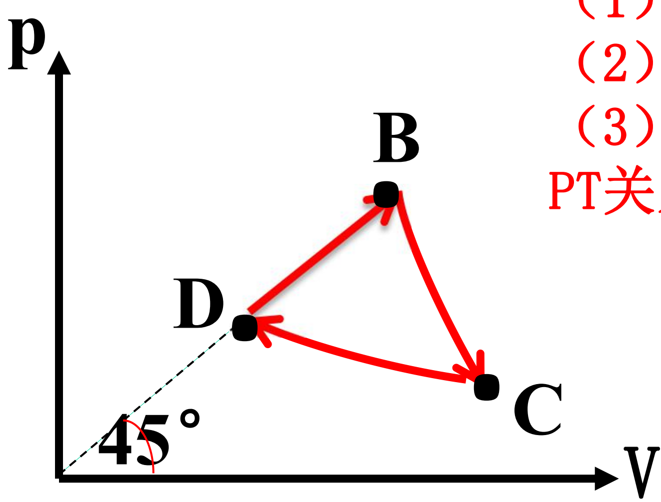
$$= (300 - 200) \times 10 \times 8.31 \times \ln e = 8.31 \times 10^3 \text{J}$$

解2: $A_{net} = A_{ab} + \cancel{A_{bc}} + A_{cd} + \cancel{A_{da}}$

$$= \upsilon R T_1 \ln(V_2 / V_1) - \upsilon R T_2 \ln(V_2 / V_1)$$

[习题8]确定图示υmol多原子分子理想气体循环的A_{net}、η

T_D、T_B已知



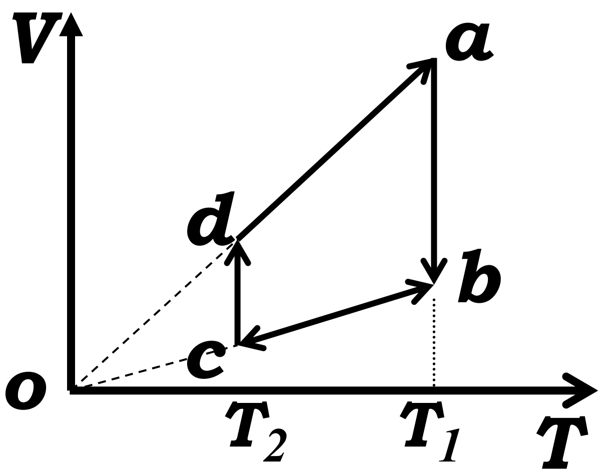
请同学们课前一定要思考：

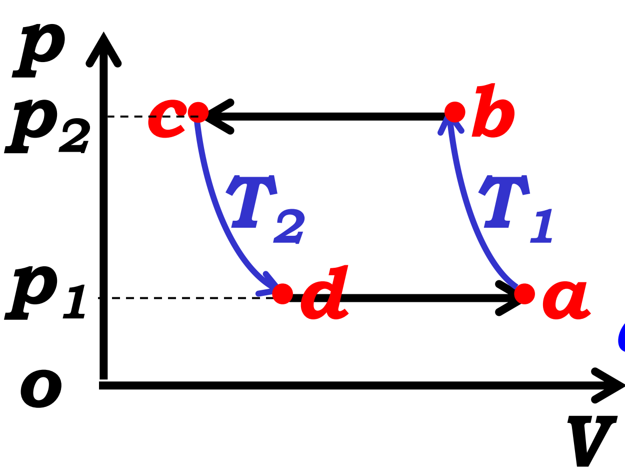
（1）该循环先求A_{net}方便还是先求Q_{net}方便？

（2）如何用已知的温度表示相关的功、相关的热量？

（3）绝热方程过程方程选择哪两个物理量比较方便：PT关系？VT关系？

[讨论7]一定量理气循环, 已知T_1、T_2, 求ηORω





解：

ab $Q_{ab} = A_{ab} = \upsilon R T_1 \ln \dfrac{p_1}{p_2} < 0$

bc $Q_{bc} = \upsilon C_p (T_2 - T_1) < 0$

$A_{bc} = p_2 \Delta V = \upsilon R (T_2 - T_1) < 0$

cd $Q_{cd} = A_{cd} = \upsilon R T_2 \ln \dfrac{p_2}{p_1} > 0$

da $Q_{da} = \upsilon C_p (T_1 - T_2) > 0$

$A_{da} = p_1 \Delta V = \upsilon R (T_1 - T_2) > 0$

$$\omega \overset{def}{=} \frac{Q_{cd}}{\left|\sum A\right|} = \frac{\upsilon R T_2 \ln \dfrac{p_2}{p_1}}{\left|\upsilon R T_2 \ln \dfrac{p_2}{p_1} + \upsilon R T_1 \ln \dfrac{p_1}{p_2}\right|}$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

不作说明：致冷系数分子上吸热指循环过程中所有吸热