2020年春季学期《力学与热学》期末考试

1. （15分）已知1 mol某气体的体膨胀系数α和等温压缩系数κT：

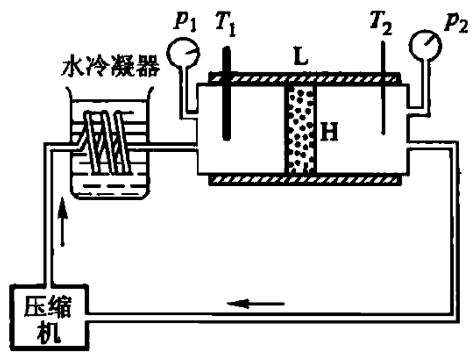
$$\beta=\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p=\frac{1}{T}\left(1+\frac{2a}{VT}\right)\qquad \kappa_T=-\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T=\frac{1}{p}\left(1+\frac{a}{VT}\right)$$

其中a是常数，求该气体的状态方程。

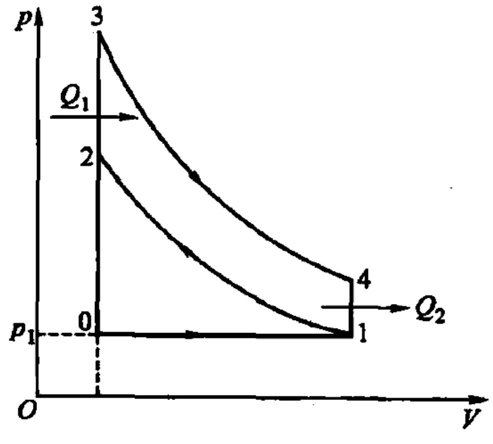
2. 下图为焦耳-汤姆逊效应的演示实验。在一个绝热良好的管孔里，装有对气流有较大阻滞作用的物体（如棉花）作为多孔塞H。在多孔塞左边气体不断流入右边，并达到稳定流动的状态，在多孔塞两边形成压差。实验发现H两边的温度不同，温差与气体的种类以及多孔塞两边的压强值有关。这个过程又称为节流过程。

a. （5分）证明节流过程是等焓过程。

b. （10分）对于范德瓦尔斯气体，其状态方程为：$\left(P+\frac{a}{V^2}\right)\left(V-b\right)=RT$。分析气压较低时，$T_1$与$T_2$的大小关系。



3.（15分）奥托循环由两个绝热过程（PV^γ=常数）和两个等体过程组成，奥托循环的压缩比为$K=V_2/V_1$。计算奥托循环的效率（用K与γ表示）。



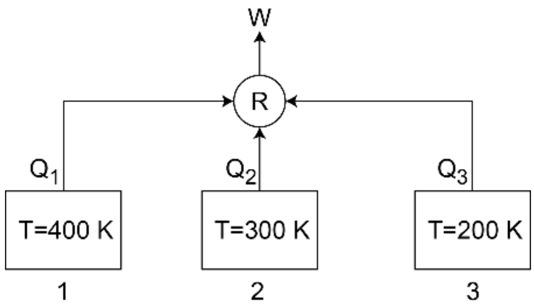
4.（1）（10分）从热力学第一定律和C_V, C_p的定义为出发点，证明

$$C_p - C_V = \left[p + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T\right]\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$$

其中C_V, C_p分别是每摩尔物质的定容比热容和定压比热容，U和V是每摩尔物质的能量和体积。

（2）（5分）利用（1）的结果，计算理想气体的定压比热容量和定容比热容量之差。

5. （10分）如图示，R表示一工作在热源1、2和3之间的可逆热机，完成一定数量的循环之后，热机从热源1吸收热量Q_1=2400 J，总对外作功W=400 J，求每个热源的熵变各为多少？



6. 一容器盛有稀薄气体，气体体积为V，压强为P，分子数密度为n，质量为m，分子热运动的平均速率是$\bar{v}$。容器壁上有一小孔，面积为A，孔径远小于气体的平均自由程，气体通过这一小孔泄入真空。

a. （8分）单位时间与单位面积器壁的碰壁数为$\Gamma = n\bar{v}/4$。

b. （5分）如果气体温度T保持不变，求容器内气压降低为P/2所需要的时间。

c. （7分）设具有孔的器壁为yz平面，证明气体分子通过小孔出射后在x方向的速度分布为$g(v_x)dv_x = \frac{m}{kT}v_x\exp\left(-\frac{mv_x^2}{2kT}\right)dv_x$，这里k是玻尔兹曼常数。

7. 考虑温度足够高，分子的运动自由度没有被冻结。

a. （5分）求N_2气分子的摩尔热容。

b. （5分）利用分子动理论，定性描述处于两个热源之间热量交换是如何通过它们之间的N_2气实现的。

积分表：

N	0	1	2	3
$\int_0^\infty x^n e^{-\lambda x^2}dx$	$\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\pi}{\lambda}}$	$\frac{1}{2\lambda}$	$\frac{1}{4}\sqrt{\frac{\pi}{\lambda^3}}$	$\frac{1}{2\lambda^2}$