

2021-09-16 作业

预习思考题（不用交）：

- （1）实际过程不可逆是什么意思？与微观规律的时间反演对称性是否矛盾？
- （2）热力学第二定律是什么？Clausius 表述与 Kelvin-Planck 表述为什么等价？其中“不引起任何的外界变化”有哪些含义？

基本题（都要求交）：

A 1.7

抽成真空的小匣带有活门，打开活门让气体冲入，当压强达到外界压强 p_0 时将活门关上，试证明：小匣内的空气在没有与外界交换热量之前，它的内能 U 与原来在大气中的内能 U_0 之差为 $U - U_0 = p_0 V_0$ ，其中 V_0 是它原来在大气中的体积，若气体是理想气体，求它的温度与体积。

A 1.9

试证明：理想气体在某一过程中的热容量 C_n 如果是常数，该过程一定是多方过程，多方指数 $n = \frac{c_n - c_p}{c_n - c_v}$ 。假设气体的定压热容量和定容热容量是常量。

A 1.10

声波在气体中的传播速度为

$$\alpha = \sqrt{\left(\frac{\partial p}{\partial \rho}\right)_s}$$

假设气体是理想气体，其定压和定容热容量是常量，试证明气体单位质量的内能 u 和焓 h 可由声速及 γ 给出：

$$u = \frac{\alpha^2}{\gamma(\gamma - 1)} + \text{常量}, \quad h = \frac{\alpha^2}{\gamma - 1} + \text{常量}$$

A 1.11

大气温度随高度降低的主要原因是在对流层中的低处与高处之间空气不断发生对流，由于气压随高度而降低，空气上升时膨胀，下降时收缩，空气的导热率很小，膨胀和收缩的过程可以认为是绝热过程，试计算大气温度随高度的变化率

$\frac{dT}{dz}$ ，并给出数值结果。

A 1.12

假设理想气体的 C_p 和 C_v 之比 γ 是温度的函数，试求在准静态绝热过程中 T 和 V 的关系，该关系式中要用到一个函数 $F(T)$ ，其表达式为

$$\ln F(T) = \int \frac{dT}{(\gamma - 1)T}$$

附加题（选做）：

2.1 引力系统，负热容量

(a) 考虑质量相同的两个粒子绕质心做圆周运动，证明系统的引力势能是总动能的 -2 倍。

(b) 上述结论推广至多粒子引力系统就是位力定理：系统平均引力势能是各粒子平均总动能的 -2 倍（平均指长时间平均），

$$\bar{U}_{potential} = -2\bar{U}_{kinetic}$$

若给这个系统加一点能量，平衡后平均总动能变大还是变小？

(c) 假设每个粒子的平均动能可以写成 $\frac{3}{2}kT$ （能均分定理）， T 是温度，写出系统（ N 个粒子）的总能量与温度的关系，并计算热容量。