

物理原理 I 第五次作业

(Due: 12 月 26 日 23:59)

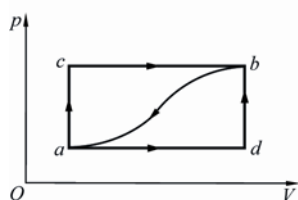
注意:此处以及许多书里为简便起见,使用斜体黑体符号代表矢量,这与斜体带上标箭头的矢量定义是等价的。

第一题:热力学定律练习题

1. 一系统由如图所示的 a 状态沿 acb 到达 b 状态, 有 334J 热量传入系统, 系统做功 126J 。

(1) 经 adb 过程, 系统做功 42J , 问有多少热量传入系统?

(2) 当系统由 b 状态沿曲线 ba 返回状态 a 时, 外界对系统做功为 84J , 试问系统是吸热还是放热? 热量传递了多少?



2. ν 摩尔的某种理想气体, 状态按 $V = a/\sqrt{p}$ 的规律变化 (式中 a 为正的常数), 当气体体积从 V_1 膨胀到 V_2 时, 求气体所作的功及气体温度的变化 $T_1 - T_2$ 各为多少?

3. 一定量的理想气体在 $p-V$ 图中的等温线与绝热线交点处两线的斜率之比为 0.714 , 求其定容摩尔热容。

第二题:理想气体过程计算

1. 一个可能的理想气体过程由如下几步构成:

(i) 从初始态 (p_1, V_1) 开始, 气体等压冷却至 (p_1, V_2) ;

(ii) 气体等容加热至 (p_2, V_2) ;

(iii) 气体通过绝热膨胀回到 (p_1, V_1) ;

证明这个过程的热机效率是 $1 - \gamma \frac{\left(\frac{V_1}{V_2}\right) - 1}{\left(\frac{p_2}{p_1}\right) - 1}$, 其中 $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$

第三题:熵的计算

(1) 一块热容量为 1 kJ/K 的铅块经由如下两种方式由 200K 降温到了 100K 。

(a) 将其置入温度为 100K 的巨大液池 (liquid bath) 中。

(b) 先将其置入一温度为 150K 的液池中, 再将其置入另一温度为 100K 的液池中。

计算这两种方式中由铅块和液池组成的系统总的熵变，并说明如果使用无穷多始终与铅块等温的液池进行热传导的准静态过程，总熵变才能为 0。

(2) 计算下列过程中系统和环境熵的变化。

(a) 1mol 处于 0°C 的理想气体通过一个可逆的等温过程体积膨胀到了初始的两倍。

(b) 1mol 处于 0°C 的理想气体通过一个可逆的绝热过程体积膨胀到了初始的两倍。

(c) 1mol 处于 0°C 的理想气体通过向真空容器做自由膨胀的绝热过程体积变成了初始的两倍。

第四题 熵，平衡条件，状态方程

系统 A 与 B 的热力学基本方程是 (R , v_0 和 θ 为正的常数)：

$$S = \left(\frac{R^2}{v_0\theta}\right)^{1/3} (NVU)^{1/3}$$

(1) 两个系统用刚性、不可穿透、绝热壁隔开。系统 A 的体积是 $9 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ 粒子数为 3 mole。系统 B 的体积是 $4 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ 粒子数为 2 mole。两系统总内能为 80J。画出系统的总熵关于 $\frac{U_A}{U_A+U_B}$ 的函数图像。当两系统的间隔变成透热壁时，根据平衡条件求出两系统的内能。

(2) 写出此系统的三个状态方程。并求出(1)中达到平衡后的 T_A 与 T_B ，说明 $T_A=T_B$ 。在 P - V 图上画出此系统的一组等温线，并指出高温等温线的位置。

(3) 将此系统的化学势 μ 用 T , V , N 表示写出来。

第五题 熵表达式，Legendre 变换及热力学势

(1) 已知某系统内能 U ，压强 P ，体积 V 和摩尔数 N 满足

$U = \frac{1}{2}PV$; $T^2 = \frac{AU^{3/2}}{VN^{1/2}}$ 其中 A 为大于零的常数。试写出此系统化学势 μ 的表达式以及熵 S 用 U, V, N 的表达式 (待定常数可自行设定)。

(2) 已知函数 $y = Ae^{Bx}$ ，请写出截距与斜率关系 $\psi(P)$ ，并证明其反 Legendre 变换即为 $y(x)$ 。取 $A=2$ 和 $B=0.5$ ，在图上画出 $y(x)$ ，并举例说明 $\psi(P)$ 代表的曲线均为 $y(x)$ 切线。

(3) 假设有一个特定系统，满足状态方程 $u = \left(\frac{3}{2}\right)Pv$ 以及 $P = AvT^4$ ，试求出其系统的热力学基本方程，1mol 该系统物质的 Gibbs 势以及 Helmholtz 势。