1.（10分）绝热密闭容器左右两侧分别充有1 mol 的氦气（*He*）和1 mol 的氮气（*N*2），均可当作理想气体。活塞可自由导热，自由滑动，忽略摩擦。初始时，两种气体的状态为 ，，，。求达到平衡时两部分气体的状态参量*p*, *V*, *T*。

解：左右达到热平衡和力平衡，两边气体体积相同，根据理想气体状态方程两边气体体积为

（2分）

根据热力学第一定律，

（1分）

（1分）

总系统绝热，则

（1分）

活塞无摩擦滑动

（1分）

由此可得

（2分）

*T*=337.5K, *p*=*RT*/*V*=1.35 atm （2分）

2.（12分）（1）证明：；（2）在气体绝热膨胀过程中，温度随压强变化为，证明与焦汤系数之差为，并比较绝热膨胀与节流膨胀两种方式降温，确定哪种方式降温效果更好。

证明：（1）由，有

（2分）

由，有

（2分）

代入式，有 （1分）

在等温*dT*=0时，有 得证 （1分）

（2） （1分）

（1分）

两式相减，有

得证 （2分）

因为体积*V*、等压热容都大于0，所以

即绝热膨胀降压所产生的降温比绝热节流膨胀降压的降温效果好。 （2分）

3.（14分）一定量的氧气（可视为理想气体），压强为atm，体积为L，温度为；经过一个多方过程达到压强为 atm，体积为 L，试求：（1）多方指数；（2）内能的变化；（3）对外界做的功；（4）吸收的热量；（5）熵的变化。保留一位小数。

解：（1）多方方程为 （1分）

有 （1分）

解得：1.2 （1分）

1. 由理想气体状态方程得：

（1分）

解得：， （2分）

双原子分子 （1分）

内能变化为： （1分）

（3）系统对外界做功为：

（2分）

（4）系统吸收热量： （2分）

（5）熵变为： （2分）

4. (12分)若气体是理想气体，其定压和定容热容是常量，在理想气体中传播的声速有

，证明气体单位质量内能和单位质量焓均可用声速及比热容比表示为

【分析】在理想气体中传播的声速有 的关系, 它仅是温度的函数. 理想气体的内能(或者焓) 也仅是温度的函数. 联立这两个关系式, 消去*T*, 就可以得到内能 (或者焓) 和声速*c*之间的关系.

【解】(1) 因为对于理想气体

一般可以认为理想气体的 为常量, 所以

(1)

……………………………………………………..1分

其中为内能常量. 理想气体的声速公式为

(2)

其中

(3)

由 (2) 式可以得到

(4)

……………………………………………………..2分

将(4) 式代人(1) 式, 可以得到

(5)

……………………………………………………..1分

在 (5) 式两边分别除以, 并且定义为单位质量内能, 则(5) 式可以表示为

(6)

其中为单位质量内能的常量. 另外理想气体有

(7)

……………………………………………………..1分

在 (7) 式两边分别除以 , 并且利用 (3) 式, 可以得到

(8)

……………………………………………………..1分

把(8) 式代人(6) 式得到

(9)

……………………………………………………..2分

(9) 式就是本题要证明的第一个式子.

(2) 因为焓

(10)

……………………………………………………..1分

所以单位质量焓

(11)

……………………………………………………..1分

将 (4) 式代人(11) 式并且利用 (9) 式, 则

这就是要证明的第二个式子.

……………………………………………………..2分

5. (12分) 因为固体的原子和气体分子之间有力的作用, 所以在真空系统中 的固体表面上会形成厚度为一个分子直径的那样一个单分子层, 设这层分子仍 可十分自由地在固体表面上滑动, 这些分子十分近似地形成二维理想气体. 如 果这些分子是单原子分子, 吸附层的温度为 T, 试给出表示分子处于速率为到 范围内的概率的表达式.

【解】我们知道, 通常的麦克斯韦速度分布是三维的, 即

(1)

……………………………………………………..1分

其中速度在三个分量上的分布函数都具有如下形式:

(2)

……………………………………………………..1分

显然, 只能在平面上运动的二维理想气体的麦克斯韦速度分布应该是

(3)

……………………………………………………..1分

这就是二维理想气体的麦克斯韦速度分布公式. 也可以写为

(4)

其中实际上就是在二维速度空间中位置在范围内的微分元的面积, 而

是气体分子的代表点在这一微分元上的分布概率.

……………………………………………………..2分

设在二维速度空间中位置在范围内的这一微分元上的分子代表点数为 , 显然它除以微分元的面积 , 就是在二维速度空间中的分子代表点的数密度 , 所以

(5)

……………………………………………………..2分

下面我们从速度分布导出速率分布. 我们知道二维理想气体的麦克斯韦速率分布表示了分子处在二维速度空间中, 半径为 的圆环内的概率 是在半径为 的圆环内的分子代表点数, 它等于圆环面积乘上分子代表点的数密度 . 利用 (5) 式可以得到

(6)

……………………………………………………..2分

所以分子处于速率为到 范围内的概率的表达式为

(7)

它就是二维理想气体的麦克斯韦速率分布.

……………………………………………………..3分