

空气比热容比的测定

(相关的教材内容:第一册第五章 5.2.2)

一、实验目的

1. 用绝热膨胀法测定空气的比热容比。
2. 观测热力学过程中状态变化及基本物理规律。

二、实验仪器

空气比热容测定仪(含 AD590 温度传感器和扩散硅压力传感器),温度计(测室温),气压计(测环境气压).

三、实验原理

理想气体的压强 P 、体积 V 和温度 T 在准静态绝热过程中, 遵守绝热过程方程: PV^γ 等于恒量, 其中 γ 是气体的定压比热容 C_P 和定容比热容 C_V 之比, 通常称 $\gamma = C_P / C_V$ 为该气体的比热容比 (亦称绝热指数).

如图 1 所示, 我们以贮气瓶内空气 (近似为理想气体) 作为研究的热学系统, 试进行如下实验过程。

(1) 首先打开放气阀 C_1 , 贮气瓶与大气相通, 再关闭 C_1 , 瓶内充满与周围空气同温 (设为 T_0) 同压 (设为 P_0) 的气体。

(2) 打开充气阀 C_2 用充气球向瓶内打气, 充入一定量的气体, 然后关闭充气阀 C_2 。此时瓶内空气被压缩, 压强增大, 温度升高。等待内部气体温度稳定, 即达到与周围温度平衡, 此时的研究的气体处于状态 $I(P_1, V_1, T_0)$ 。虽然瓶为气体的体积为贮气瓶容积 V_0 , 而仅有 V_1 部分 ($V_1 < V_0$) 是实验研究的对象, 如图 2。

(3) 迅速打开放气阀 C_1 , 使瓶内气体与大气相通, 当瓶内压强降至 P_0 时, 立刻关闭放气阀 C_1 将有体积为 ΔV 的气体喷泻出贮气瓶。由于放气过程较快, 瓶内保留的气体来不及与外界进行热交换, 可以认为是一个绝热膨胀的过程。在此过

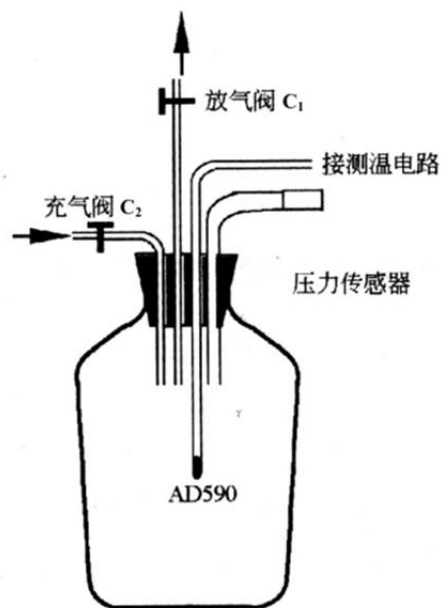


图 1 实验装置图

程后瓶中的气体由状态 I(P_1, V_1, T_0) 转变为状态 II(P_0, V_0, T_1)。 V_0 为贮气瓶容积， V_1 为保留在瓶中这部分气体在状态 I (P_1, T_0) 时的体积。

(4) 由于瓶内气体温度 T_1 低于室温 T_0 ，所以瓶内气体慢慢从外界吸热，直至达到室温 T_0 为止，此时瓶内气体压强也随之增大为 P_2 。则稳定后的气体状态为 III (P_2, V_0, T_0)；从状态 II 到状态 III 的过程可以看作是一个等容吸热的过程。

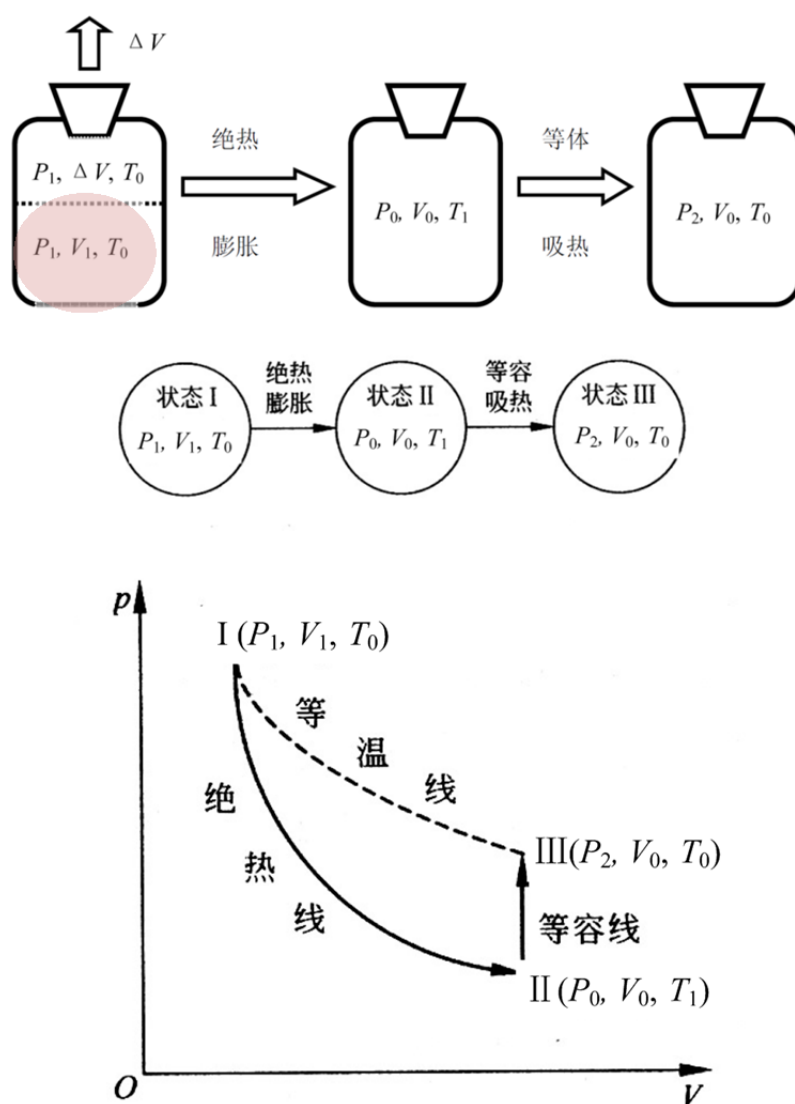


图2 气体状态变化及 PV 图

由状态 I \rightarrow II \rightarrow III 的过程如图 2 所示。I \rightarrow II 是绝热过程，由绝热过程方程得：

$$P_1 V_1^\gamma = P_0 V_0^\gamma \quad (1)$$

状态 I 和状态 III 的温度均为 T_0 ，由气体状态方程得

$$P_1 V_1 = P_2 V_0 \quad (2)$$

合并式(1)(2), 消去 V_0, V_1 得

$$\gamma = \frac{\ln P_1 - \ln P_0}{\ln P_1 - \ln P_2} = \frac{\ln(P_1 / P_0)}{\ln(P_1 / P_2)} \quad (3)$$

由式 (3) 可以看出, 只要测得 P_0, P_1, P_2 就可求得空气的绝热指数 γ 。

本实验气瓶内的气压通过扩散硅传感器来测量, 压强值通过电压值来显示, 其灵敏度为 20mV/kPa。当待测压强为大气压 P_0 时将电压示数调零, 当压强显示读数为 P mV 时, 实际压强为:

$$P(\text{Pa}) = P_0 + 50 \times P(\text{mV}) \quad (4)$$

气瓶内温度通过 AD590 温度传感器测量, 也是以电压值来显示, 其灵敏度为 5mV/°C, 最小可检测 0.02°C 的温度变化。

四、实验内容

1. 用气压计测定大气压强 $P_0(\text{Pa})$, 用温度计测环境室温 $T_0(^\circ\text{C})$ 。打开放气阀 C_1 , 开启电源, 让电子仪器部件预热一段时间, 然后将压强指示值调到“0”, 并记录此时温度指示值 T_0 (以 mV 为单位)。

2. 关闭放气阀 C_1 , 打开充气阀 C_2 , 用充气球向瓶内打气, 使压强升高到 100mV~120mV。然后关闭充气阀 C_2 , 当瓶内气体压强和温度的指示值不变时, 气体处于状态 I, 记下压强 P_1 和温度 T_1 (以 mV 为单位)。

3. 迅速打开放气阀 C_1 , 当放气声消失时立刻关闭放气阀 C_1 , 此时瓶内空气压强降至大气压强 P_0 , 气体温度降低, 气体处于状态 II。

4. 待瓶内气体的温度上升稳定, 且压强也稳定后, 此时瓶内气体近处于状态 III, 记录压强 P_2 和温度 T_2 。

5. 打开放气阀 C_1 使贮气瓶与大气相通, 以便于下一次测量。

6. 重复步骤 2—4, 重复 2 次测量, 比较多次测量中气体的状态变化有何异同, 并计算 $\bar{\gamma}$, 并于理论值 1.40 比较, 计算相对误差。

注意事项

1.转动充气阀和放气阀的活塞时，一定要一手扶住活塞，另一只手转动活塞，避免损坏活塞。

2.实验前应检查系统是否漏气，方法是关闭放气阀,打开充气阀用充气球向瓶内打气，使瓶内压强升高 $1000\text{Pa}\sim 2000\text{Pa}$ 左右（对应电压值为 $20\sim 40\text{mV}$ ），关闭充气阀 B 观察压强是否稳定，若始终下降则说明系统有漏气之处，须找出原因。

3.做好本实验的关键是放气要进行的十分迅速。即打开放气阀后又关上放气阀的动作要快捷，使瓶内气体与大气相通要充分且尽量快底完成。

思考题

1.在放气瞬间,观察瓶内气体温度有无变化?分析原因.

2.实验时若放气不充分，则所得 γ 值是偏大还是偏小？若放气时间过长,结果又会怎样?请说明原因.

表 1 空气比热容比测试数据

大气压强 $P_0=\rule{1cm}{0.4pt}\text{Pa}$ 室温 $T_0=\rule{1cm}{0.4pt}^\circ\text{C}$ 气温 $T_0=\rule{1cm}{0.4pt}\text{mV}$

	状态 I		状态III		状态 I	状态III	γ
	P_1/mV	T_1/mV	P_2/mV	T_2/mV	P_1/Pa	P_2/Pa	
1							
2							
3							