

南昌大学物理实验报告

课程名称：普通物理实验（2）

实验名称：空气比热容比的测量

学院：理学院 专业班级：物理学 151 班

学生姓名：黄泽豪 学号：5502115014

实验地点：B615 座位号：13

实验时间：第六周星期五下午三点四十五开始

【实验目的】

1. 学习用绝热膨胀法测量空气的比热容比 γ .
2. 观察和分析热力学系统的状态和过程特征, 掌握实现等值过程的方法.
3. 了解硅压力传感器和电流型集成温度传感器的工作原理, 掌握其使用方法.

【实验仪器】

气压计、FD-TX-NCD 空气比热容比测试仪.

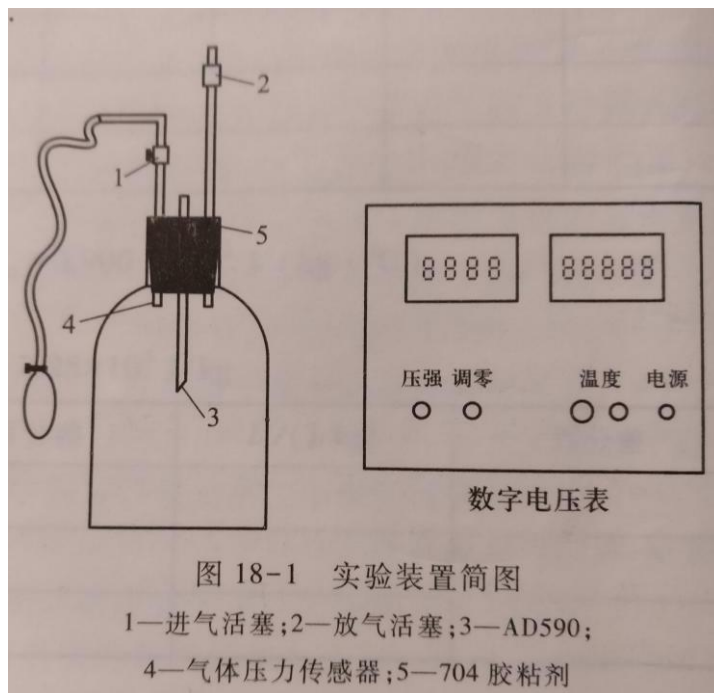
【实验原理】

1、测量比热容比的原理

理想气体经历不同的热力学过程, 比热容也不同. 气体等容及等压过程的比热容分别称为比定容热容 c_V 和比定压热容 c_P . 比定容热容是指 1kg 气体在保持体积不变的情况下, 温度升高 1℃ 时所需收的热量; 而比定压热容则是指 1kg 气体在保持压强不变的情况下, 温度升高 1℃ 时所需吸收的热量.

气体的比热容比 γ 定义为比定压热容 c_P 和比定容热容 c_V 之比, 称为气体的绝热系数, 它是一个常用的物理量, 在热力学理论及工程技术的应用中起着重要的作用, 如热机的效率及声波在气体中的传播特性都与空气的比热容 γ 有关.

$$\gamma = \frac{c_P}{c_V} \quad (1)$$



实验装置如图 18-1 所示. 以储气瓶内空气作为研究的热力学系统 (注意, 不是实验开始瓶中的全部气体), 进行如下实验过程.

(1) 首先打开放气活塞 2, 贮气瓶与大气相通, 再关闭放气活塞 2, 瓶内充满与周围空气同温同压的气体.

(2) 打开进气活塞 1, 用充气球向瓶内打气, 冲入一定量的气体, 然后关闭进气活塞 1. 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 (室温) 平衡, 此时的气体处于状态 $I(p_1, V_1, T_0)$.

(3) 迅速打开放气活塞 2, 时瓶内气体与大气相通, 当瓶内气体压强降到 p_0 时, 立即

关闭放气活塞 2, 设有体积为 ΔV 的气体喷泻出储气瓶. 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, 此过程可看做绝热膨胀过程. 在此过程后瓶中保留的气体由状态 I (p_1, V_1, T_0) 转变为状态 II (p_0, V_2, T_1). V_2 为储气瓶体积, 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 , 所以瓶内气体将慢慢从外界吸热, 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_2, T_0). 从状态 II \rightarrow 状态 III 的过程可以看出是一个等容吸热的过程.

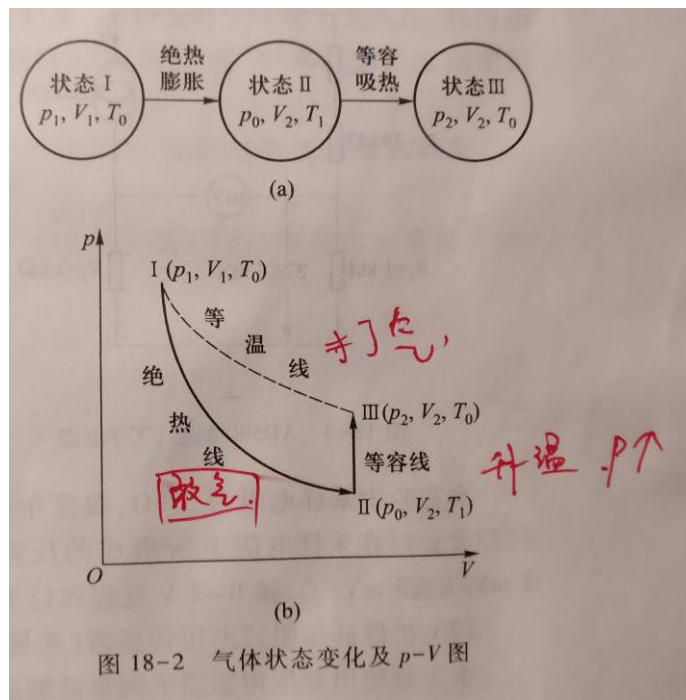


图 18-2 气体状态变化及 p - V 图

由状态 I \rightarrow 状态 II \rightarrow 状态 III 的过程如图 18-2 所示. 状态 I \rightarrow 状态 II 时绝热过程, 由绝热过程方程得

$$p_1 V_1^\gamma = p_0 V_2^\gamma \quad (2)$$

状态 I 和状态 II 的温度均为 T_0 , 有气体物态方程得

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad (3)$$

由式 (2) 和 (3), 消去 V_1 和 V_2 得

$$\gamma = \frac{\ln p_1 - \ln p_0}{\ln p_1 - \ln p_2} = \frac{\ln p_1 / p_0}{\ln p_1 / p_2} \quad (4)$$

由式 (18-4) 可以看出, 只要测得 p_0 、 p_1 、 p_2 就可以求出空气的比热容比 γ .

注意 V_1 、 V_2 分别代表的意义.

【实验内容及步骤】

1. 按图 18-1 连接好仪器电路, AD590 正负极请勿接错. 开启电源, 用调零电位器调节零点, 把三位半数字电压表示值调到 0.

2. 用气压计测量大气压强 p_0 , 用水银温度计测量环境温度 t_0 (室温).

3. 关闭放气活塞 2, 打开进气活塞 1, 用充气球向瓶内打气, 使瓶内压强升高 1000~2000Pa (即数字电压表显示值达到 120mV) 左右, 关闭进气活塞 1. 待瓶中气体温度降到与室温相同且压强稳定时, 瓶内气体状态为 I (p_1, T_0). 记下 (p_1, T_1).

4.迅速打开放气活塞 2, 使瓶内气体与大气相通, 由于瓶内气体高于大气压, 瓶内部分气体将突然喷出, 发出“嗤”的声音.当瓶内压强降至 p_0 时 (“嗤”声刚结束), 立刻关闭放气活塞 2, 此时瓶内气体状态为 II(p_0, T_1).

5.当瓶内气体温度从 T_1 升到室温 T_0 , 且压强稳定后, 此时瓶内气体状态为 III(p_2, T_0).记下 (p'_2, T'_2).

6.每次测出一组压强值 p_0, p_1, p_2 , 利用公式 (4) 计算空气比热容比 γ .重复 6 次, 计算平均值.

【数据处理】

$$h = 761.40 \text{ mm}$$

$$p_0 = \rho gh = 13.6 \times 10^3 \times 9.8 \times 761.40 \times 10^{-3} = 101479.392 \text{ Pa} \approx 1.01479 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$p = p_0 + 50 p'$$

测量次数	测量值/mV		计算值		
	状态 I	状态 III	p/Pa		γ
	p'_1	p'_2	p_1/Pa	p_2/Pa	
1	117.7	27.2	107364.392	102839.392	1.309
2	120.5	28.3	107504.392	102894.392	1.316
3	107.7	24.7	106864.392	102714.392	1.305
4	110.8	25.5	107019.392	102754.392	1.307
5	120.2	27.7	107489.392	102864.392	1.308
6	104.8	24.2	106719.392	102689.392	1.308

$\bar{\gamma} = 1.308$, 理论值 $\gamma = 1.402$, 百分误差 6.64%

$$A \text{ 类不确定度 } \Delta_A = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{i=1}^6 (\gamma_i - \bar{\gamma})^2} = 0.00366, \Delta_B = 0.1$$

$$u = \sqrt{\Delta_A^2 + \Delta_B^2} = 0.100$$

$$\gamma = \bar{\gamma} \pm u = 1.308 \pm 0.100$$

$$u_\gamma = \frac{u}{\bar{\gamma}} = 0.0764$$

【思考题】

1. 本实验研究的热力学系统是指哪一部分气体?

答: 状态 II 时, 储气瓶中的气体.

2. 本实验为什么要用集成温度传感器? 有何优点? 可否用水银温度计来代替?

答: 本实验过程中, 瓶内温度变化很小. 用温度传感器可以精确地显示出瓶内温度的变化. 而水银温度计的灵敏度不够高, 不能使用水银温度计代替.

3. 如果用抽气的方法测量 γ 是否可行? 式 (4) 是否适用?

答: 可行. 不适用, 需要做一些改动.

【误差分析】

1. 实验装置可能会因为密封接口处老化而产生一定程度的漏气，影响实验结果.
2. 在打开活塞放气时，要找到刚好放气结束的那一刹那关闭活塞，反应一定要快速，否则会引起实验误差.
3. 在实验操作过程中，可能没有等到贮气瓶中压强完全稳定后进行读数，影响实验结果的准确性.
4. 多次实验所在的环境温度可能有微小的变化，在一定程度上影响实验结果的准确性.

【实验结果分析与小结】

1. 本次实验操作步骤很简单，但是如果需要让实验结果更精确，则需要多下一番功夫. 比如在给储气瓶放气时，我一直在摸索如何把放气时间控制的恰到好处. 最后发现，需要“眼耳并用”，打开活塞后，可以很快听到响声，之后声音渐渐减小，这个时候注意力就要高度集中在气压计示数上，一发现示数快要接近零了，就立刻关闭活塞，停止放气.

2. 因为实验过程中，压强值需要等到示数稳定后再记数，所以这个过程很考验耐心. 试样过程中经常出现刚准备记录数据时，示数改变的情况. 实验过程中也难免会产生一些焦躁的情绪，但我明白，为了使最后得到的实验数据尽量准确，我必须等到示数稳定下来以后再记录.

【原始数据】（见下页）



南昌大学物理实验报告

学生姓名: 黄译豪 学号: 5502115014 专业班级: 物理151 班级编号: _____

实验时间: _____ 时 _____ 分 第 _____ 周 星期 _____ 座位号: _____ 教师编号: _____ 成绩: _____

	P_1	P_2
1	117.7	27.2
2	120.5	28.3
3	107.7	24.7
4	115.5 110.8	25.5
5	120.5	27.7
6	104.8	24.2

准超供
1019

$$h = 76.140 \text{ cm}$$

$$P_0 = \rho g h = 13.6 \times 10^3 \times 9.8 \text{ h}$$

$$P = P_0 + 50 P'$$