

# 测定空气比热容比

姓名：张耕嘉 学号：2313725 学院：人工智能学院  
实验时间：2024年6月7日 星期五上午 组别：J组7号

## 一、实验目的

1. 学习测定空气比定压热容与比定容热容之比的一种方法。
2. 观察热力学过程中状态变化及基本物理规律。
3. 学习用传感器精确测定气体压强和温度的原理与方法。

## 二、实验原理

以比大气压 $p_a$ 稍高的压力 $p_1$ ，向玻璃容器压入适量空气，并以与外部环境温度 $T_e$ 相等之时单位质量的气体体积（称为比体积或比容）作为 $V_1$ ，用图1中的 I ( $p_1, V_1, T_e$ ) 表示这一状态。而后，急速打开放气活塞“B”，亦即使其绝热膨胀，使其压强降至大气压 $p_a$ ，并以状态 II ( $p_a, V_2, T_2$ ) 表示。由于是绝热膨胀， $T_2 < T_e$ ；所以，若再迅速关闭活塞“B”，并放置一段时间，系统将从外界吸收热量，且温度重新升高至 $T_e$ ；因为吸热过程中体积 $V_2$ 不变，所以，压力将随之增加为 $p_2$ ，即系统又变至状态 III ( $p_2, V_2, T_e$ )。

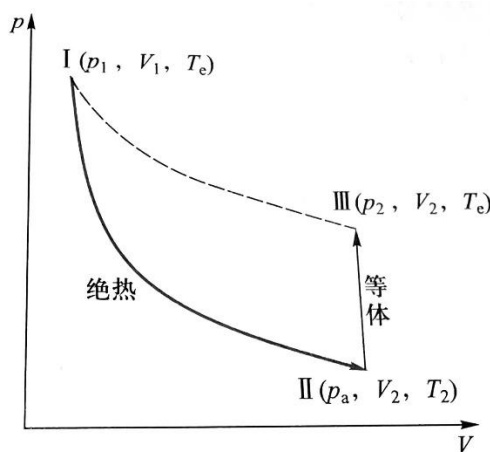


图1

因状态 I  $\rightarrow$  II 的变化是绝热的，故满足泊松公式

$$p_1 V_1^\gamma = p_a V_2^\gamma \quad (1)$$

而状态 III 与 I 是等温的，所以，玻意耳定律成立，即

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad (2)$$

由式(1)及式(2)消去 $V_1$ 、 $V_2$ ，并求解得

$$\gamma = \frac{\ln(p_1/p_a)}{\ln(p_1/p_2)} \quad (3)$$

可见，只要测得压强 $p_1$ 、 $p_a$ 及 $p_2$ ，就可求出 $\gamma$ 。

如以 $p'_1$ 和 $p'_2$ 分别表示 $p_1$ 与 $p_a$ 及 $p_2$ 与 $p_a$ 的压力差，则有

$$\begin{cases} p_1 = p_a + p'_1 \\ p_2 = p_a + p'_2 \end{cases} \quad (4)$$

现将式(4)代入式(3)，并考虑到 $p_a \gg p'_1 > p'_2$ ，则

$$\ln p_1 - \ln p_a = \ln \frac{p_1}{p_a} = \ln \left( 1 + \frac{p'_1}{p_a} \right) \approx \frac{p'_1}{p_a}$$

及

$$\ln p_1 - \ln p_2 = (\ln p_1 - \ln p_a) - (\ln p_2 - \ln p_a) \approx \frac{p'_1}{p_a} - \frac{p'_2}{p_a}$$

所以

$$\gamma = \frac{p'_1}{p'_1 - p'_2} \quad (5)$$

可见，只要测得 $p'_1$ 及 $p'_2$ ，即可通过式(5)求出空气的比热容比。

### 三、实验仪器

FD-NCD-II 空气比热容比测定仪，由机箱（含数字电压表两只）、储气瓶、传感器两只（电流型集成温度传感器 AD590 和扩散硅压力传感器一只）等组成。

### 四、实验步骤

1. 开启电子仪器部分的电源，预热 20 分钟，然后把三位半数字电压表调到 0。
2. 把进气活塞打开，放气活塞关闭，用打气球把空气稳定地徐徐进入储气瓶内，用压力传感器和 AD590 温度传感器测量空气的压强和温度，记录瓶内压强均匀稳定时的  $p'_1$  和温度  $T_1$  ( $p'_1$  取值范围控制在 120mV 左右)。
3. 突然打开放气活塞，当储气瓶的空气压强降低至环境大气压强  $p_a$  时（这时放气声消失），迅速关闭放气活塞。
4. 当两个数字电压表示数稳定后，再记录  $p'_2$  及  $T_2$ 。
5. 在  $p'_1$  数值大致相同的条件下重复实验 8~10 次，分别代入式(5)，求出  $\gamma_i$  及其算术平均值。

## 五、数据处理

$i$	$p'_1/mV$	$T_{1i}/mV$	$p'_2/mV$	$T_{2i}/mV$	$(p'_1 - p'_2)/mV$	$\gamma = \frac{p'_1}{p'_1 - p'_2}$
1	134.6	1487.6	32.8	1487.0	101.8	1.322
2	135.3	1487.6	32.1	1487.0	103.2	1.311
3	134.0	1487.7	32.0	1487.0	102.0	1.314
4	138.6	1487.7	33.5	1486.9	105.1	1.319
5	138.1	1487.7	33.3	1487.0	104.8	1.318
6	133.6	1487.8	31.7	1487.0	101.9	1.311
7	133.0	1487.9	32.3	1487.2	100.7	1.321
8	131.6	1488.0	32.4	1487.2	99.2	1.327
9	132.6	1487.9	32.9	1487.3	99.7	1.330
10	133.4	1488.0	32.9	1487.4	100.5	1.326
平均						1.320

不确定度：

$$S_{\gamma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\gamma_i - \bar{\gamma})^2}{n-1}} = 0.0114$$

$$S_{\bar{\gamma}} = \frac{S_{\gamma}}{\sqrt{n}} = 0.0036$$

$$u_{a\gamma} = t(0.683, k) S_{\bar{\gamma}} = 0.004$$

$$\gamma = (1.320 \pm 0.004)$$

$\gamma$  理论值为 1.402，则相对误差：

$$W = \frac{\Delta x}{\gamma} = \frac{|1.402 - 1.320|}{1.402} = 5.85\%$$

## 六、考察题

如果从停止打气到读取 $p'_1$ ，以及从停止放气到读取 $p'_2$ 的时间都很短，那么它们分别对测量结果产生什么影响？若时间都很长，对测量结果有影响吗？为什么？

如果在停止打气到读取的时间很短，此时容器内气体尚未完全扩散，导致读取的气压偏高，同时由于气体是热的不良导体，导致此时温度偏高，最终导致测量结果 $\gamma$ 偏小。

若从停止放气到读取的时间很短，此时容器内由于气体对外做功，温度降低，立即读数时温度尚未恢复至室温，导致压强读数偏小，测量结果 $\gamma$ 偏小。

如果时间很长，温度都能恢复至室温，此时读取的压强是准确的，对实验结果无影响

## 七、思考题

现已假定 $V_1$ 、 $V_2$ 分别代表绝热膨胀前、后空气的比容,在此假定下,本实验所考察的热力学系统是什么?若重新假定绝热膨胀后仍留在“V”中的那部分空气作为我们所考察的热力学系统,对实验有影响吗?在后一种假定下, $V_2$ 及 $V_1$ 将等于什么?(设容器体积为V)

答:考察对象是瓶中所有气体,重新假定绝热膨胀后仍留在“V”中的那部分气体作为我们所考察的热力学系统,对实验无影响,此时 $V_1$ 会小于V,而 $V_2$ 等于V。

考察对象是瓶中所有气体,包括打开活塞之后跑出的气体。如果假定绝热膨胀后仍留在“V”中的那部分气体作为我们所考察的热力学系统,对实验无影响,此时 $V_1$ 为初始未打气时瓶中的那部分气体的体积,会小于V,而 $V_2$ 等于V,因为放气之后,压强恢复为大气压,打气时进入的气体已经跑出。

## 八、注意事项

1. 注意系统密封性,检查是否漏气;
2. 旋转活塞时不可动作过猛,以防活塞折断;
3. 压入气体时要平稳,不要使三位半数字电压表超程;
4. 严格掌握放气活塞从打开到关闭的时间,否则会给实验结果带来较大的不确定度;
5. 注意掌握实验进程,防止因实验周期过长、环境温度较大变化对实验造成的影响;
6. 实验完毕将仪器整理复原,并注意将放气活塞“B”打开,使容器与大气相通;
7. 若采用外接法,外接电池可采用四节甲电池串联作为6V直流电源;
8. 由于数字电压表有滞后显示,若用计算机实时测量可发现打开放气活塞“B”放气时间仅约零点几秒,并与放气声音的产生与消失很一致,所以关闭活塞“B”用听声音的方法更可靠一些。