

# 测定空气比热容比

Aozhe Zhang 2313447

2024 年 5 月 11 日

## 目录

1	实验目的	2
2	实验仪器	2
3	实验原理	2
3.1	Clement-Desormes 方法测定空气比热容比 $\gamma$	2
4	实验内容和步骤	3
5	实验过程与数据分析	3
5.1	原始数据	3
5.2	数据处理	4
5.3	计算不确定度	4
5.4	相对误差	4
6	分析与讨论	4
6.1	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？	4
6.2	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， $V_1$ 、 $V_2$ 将等于什么？(设容 器体积为 $V$ )	5

## 1 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。

## 2 实验仪器

FD-NCD-II 空气比热容比测定仪、储气瓶、电流型集成温度传感器 AD590 和扩散硅压力传感器。

## 3 实验原理

### 3.1 Clement-Desormes 方法测定空气比热容比 $\gamma$

以比大气压  $p_a$  稍高的压力  $p_1$ , 向玻璃容器内压入适量空气, 并以与外界环境温度  $T_e$  相等时单位质量的气体体积作为  $V_1$ , 此时达到状态 I。然后, 急速打开放气活塞 “B”, 使其绝热膨胀, 压强降至大气压  $p_a$ , 此时温度小于环境温度, 达到状态 II, 迅速关闭活塞 “B”, 并放置一段时间, 温度达到环境温度时, 此时达到状态 III。

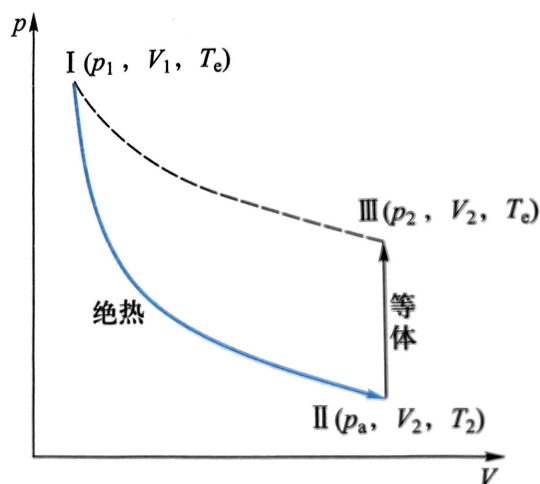


图 1: p-V 图

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

$$p_1 V_1^\gamma = p_a V_2^\gamma$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

而状态 III 与 I 是等温的, 所以, 玻意耳定律成立, 即消去  $V_1$ 、 $V_2$ , 并求解得

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

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

$$p_1 = p_a + p'_1, p_2 = p_a + p'_2$$

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


$$\gamma = \frac{p'_1}{p'_1 - p'_2}$$

## 4 实验内容和步骤

1. 利用内接法连接仪器电路, 测定环境温度  $T_e$  和环境气压  $p_a$ , 开启电源, 预热, 调节表一至 0mV。
2. 顺序完成 I→III 的状态变化过程。平稳的向 V 内压入适量气体后关闭进气活塞 A, 待表一示数稳定后, 记录表一示值  $p'_1$  和表二示值  $T_1$ , 之后迅速打开放气活塞 B, 待喷气声音停止时立刻关闭, 待表一示数稳定后, 再记录  $p'_2$  及  $T_2$ 。
3. 在  $p'_1$  数值大致相同的条件下重复实验 8 至 10 次, 分别代入公式, 求出  $\gamma$  及算术平均值。

## 5 实验过程与数据分析

### 5.1 原始数据

张奥茹 231347				南开大学 NANKAI UNIVERSITY 94 Weijin Road, Tianjin People's Republic of China	
	$p'_1$		$p'_2$		
1	145.6	1487.3	33.0	1487.2	
2	153.8	1488.0	36.5	1487.7	
3	140.0	1488.3	<del>30</del> 33.0	1488.1	
4	141.2	1488.7	33.3	1488.4	
5	151.7	1489.1	36.2	1488.6	
6	140.4	1489.3	33.6	1489.0	
7	144.3	1489.5	34.0	1489.2	
8	<del>148</del> 150.2	1489.7	36	1489.4	
9	138.8	1489.9	33.3	1489.6	
10	142.5	1490.0	34.7	1489.7	
曹江涛					

## 5.2 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	145.6	1487.3	33	1487.2	112.6	1.293072824
2	153.8	1488	36.5	1487.7	117.3	1.311167945
3	140	1488.3	33	1488.1	107	1.308411215
4	141.2	1488.7	33.3	1488.4	107.9	1.308619092
5	151.7	489.1	36.2	1488.6	115.5	1.313419913
6	140.4	1489.3	33.6	1489	106.8	1.314606742
7	144.3	1489.5	34	1489.2	110.3	1.308250227
8	150.2	1489.7	36	1489.4	114.2	1.315236427
9	138.8	1489.9	33.3	1489.6	105.5	1.31563981
10	142.5	1490	34.7	1489.7	107.8	1.321892393
平均						1.311031659

答案保留的位数还需要根据不确定度的位数来确定，下面计算不确定度。

## 5.3 计算不确定度

根据不确定度的公式

$$U_{a\gamma} = t(0.683, 9)S_{\bar{\gamma}}$$

$$S_{\bar{\gamma}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\gamma_i - \bar{\gamma})^2}{n(n-1)}} = 0.0023998$$

$$U_{a\gamma} = 0.0025$$

故结果表示为

$$\gamma = 1.3110 \pm 0.0025$$

## 5.4 相对误差

$$E_{\gamma} = \left| \frac{\bar{\gamma} - \gamma_0}{\gamma_0} \right| \times 100\%$$

$$E_{\gamma} = 6.49\%$$

相对误差在 10% 之内，实验有效。

# 6 分析与讨论

## 6.1 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？

等待时间太短，容器内还没有完全到稳定的状态，会让  $p'_1$  的测量值偏大， $p'_2$  的测量值偏小，增加  $\gamma$  的误差。

等待时间太长，容器内都已稳定，但是要考虑散热（室温）的影响，这会让  $p'_1$  和  $p'_2$  都偏小，也会影响  $\gamma$  的值。

**6.2 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， $V_1$ 、 $V_2$  将等于什么？(设容器体积为  $V$ )**

本实验考察的热力学系统是容器中的全部空气，其状态变化遵循绝热过程的热力学原理。如果重新定义，系统的质量和能量会发生变化，对实验会有影响。设容器的体积为  $V$ ，绝热膨胀前空气的质量为  $m$ ，压强为  $P_1$ ，温度为  $T_1$ 。绝热膨胀后，残留在容器内空气的质量为  $m'$ ，压强为  $P_2$ ，温度为  $T_2$ 。根据理想气体状态方程，有：

$$P_1 V = m R T_1, \quad P_2 V = m' R T_2$$

在这种假定下，

$$V_1 = \frac{V}{m}$$

$$V_2 = \frac{V}{m'}$$