

实验名称：测定空气的比热容比

学生姓名：宋奕纬 学号：2212000 学院：网络空间安全学院
A 组 19 号 2024 年 4 月 7 日

一、实验器材

FD-NCD-Ⅱ 空气比热容比测定仪，由机箱（含数字电压表二只）、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各一只）等组成。

二、实验目的

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

三、实验原理

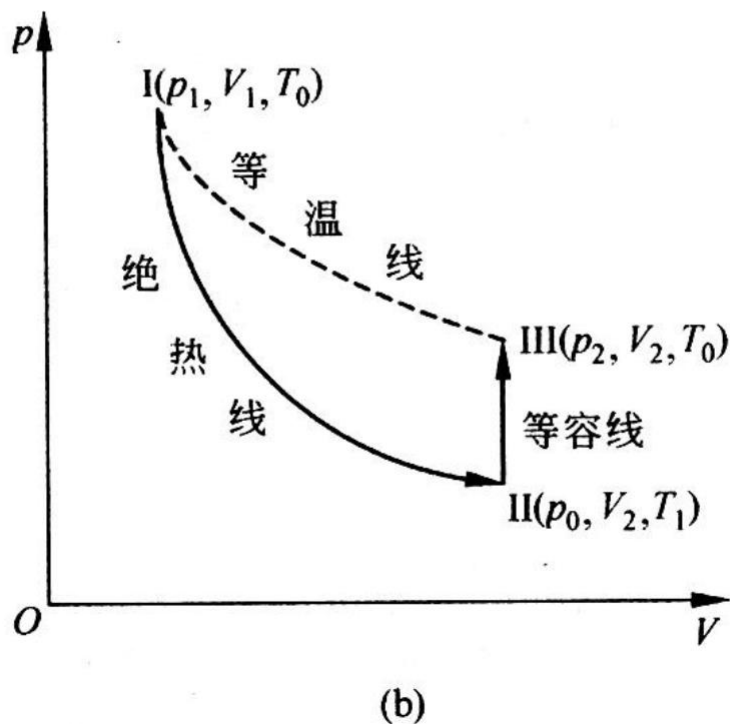
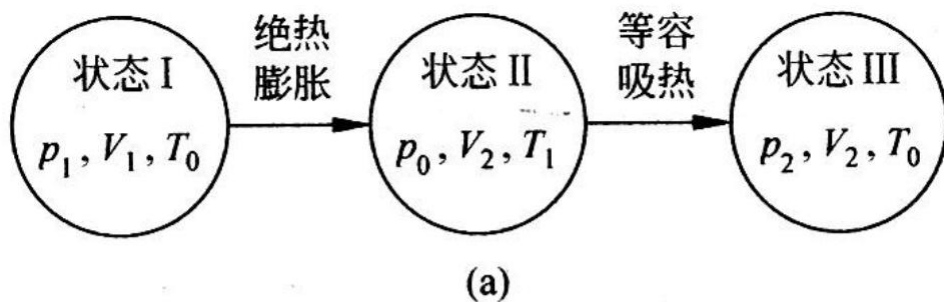
1、比热容

一定质量的物体温度升高 1K，所吸收的热量与 1kg 该物质和升高 1K 温度的比值称作比热容，用 C 表示。（单位 $J/(kg \cdot K)$ ）

2、比热容比

比热容比是定压比热容与定容比热容之比，通常用符号 γ 表示，即 $\gamma = C_p/C_v$ ，是描述气体热力学性质的一个重要参数。

3、克列曼和迭索尔姆方法



在实验过程中先向瓶内通入气体得到状态 I

快速放出气体，研究气体进行绝热膨胀，从实验状态 I 到状态 II（此过程中速度极快，对外热量交换极少），状态从高温常压到室温常压，从此时符合泊松公式：

$$P_1 V_1^\gamma = P_a V_2^\gamma$$

由于绝热膨胀，系统温度下降，迅速关闭活塞，状态 II 稳定后，系统将从外界吸收热量（使温度恢复到状态 I），压强随之增大。

从实验状态 II 到状态 III，可近似为等温状态，波义耳定律成立：

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

联立解得

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

若用 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

$$\gamma = \frac{p_1'}{p_1 - p_2'}$$

四、操作步骤

- 1、开启玻璃瓶的两个活塞并开启电子仪器的电源，使用调零旋钮将测定气压的表示数调整为 0mV,预热 20 分钟。
- 2、关闭出气活塞，使用橡皮球往玻璃瓶中压入大约 120mV 气体后,关闭进气活塞，等待直到电压表示数稳定，记录此时电压表的示数为 P'_1 ,温度表的示数为 T_1 。
- 3、打开出气活塞，待放气声音停止后立即关闭，等待直到电压表的示数稳定，记录电压表示数为 P'_2 ，温度表示数为 T_2 。
- 4、重新打开两个活塞，重复步骤 1 和 2。
- 5、测 10 组数据，代入公式进行测量。

五、数据记录、计算与处理

(一) 记录

1、初始数据

(器材出现问题，初始压强始终无法调零且有变小趋势，已与助教老师说明)

初始温度 $T_e = 1465.2mV$

初始压强 $P_a = -0.03mV$

2、实验过程数据记录

	p'_1/mV	T_1/mV	p'_2/mV	T_2/mV	$p'_1 - p'_2/mV$	$\gamma = \frac{p'_1}{p'_1 - p'_2}$
1 $P_a = -0.03mV$	135.7	1466.0	32.4	1465.7	103.3	1.314
2	134.8	1466.4	31.1	1466.2	103.7	1.300
3	131.4	1466.9	29.8	1466.6	101.6	1.293
4 $P_a = -0.04mV$	133.3	1467.1	31.3	1466.8	102	1.307
5	134.6	1467.2	31.5	1467.0	103.1	1.306
6	125.7	1467.3	29.6	1467.0	96.1	1.308
7	134.0	1467.6	31.2	1467.2	102.8	1.304
8	129.6	1467.7	30.4	1467.4	99.2	1.306
9 $P_a = -0.05mV$	130.4	1467.8	30.6	1467.5	99.8	1.307
10	131.2	1468.1	30.7	1467.8	100.5	1.305

3、实验数据修正

由于器材问题无法调零，故需要对数据进行修正，

第 1、2、3 组数据的压强需要加上 0.03mV；

第 4、5、6、7、8 组数据的压强需要加上 0.04mV；

第 9、10 组数据的压强需要加上 0.05mV。

(此处始终无法调零，已与助教老师说明情况)

	p'_1/mV	T_1/mV	p'_2/mV	T_2/mV	$p'_1 - p'_2/mV$	$\gamma = \frac{p'_1}{p'_1 - p'_2}$
--	-----------	----------	-----------	----------	------------------	-------------------------------------

1	136.0	1466.0	32.7	1465.7	103.3	1.317
2	135.1	1466.4	31.4	1466.2	103.7	1.303
3	131.7	1466.9	30.1	1466.6	101.6	1.296
4	133.7	1467.1	31.7	1466.8	102	1.311
5	135.0	1467.2	31.9	1467.0	103.1	1.309
6	126.1	1467.3	30.0	1467.0	96.1	1.312
7	134.4	1467.6	31.6	1467.2	102.8	1.307
8	130.0	1467.7	30.8	1467.4	99.2	1.310
9	130.9	1467.8	31.1	1467.5	99.8	1.312
10	131.7	1468.1	31.2	1467.8	100.5	1.310
平均	$\gamma=1.309$					

(二) 计算

1、相对误差

$$E_x = \frac{1.402 - 1.309}{1.402} = 6.6\%$$

2、不确定度

$$s_\gamma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\gamma_i - \bar{\gamma})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\gamma_i - \bar{\gamma})^2}{10-1}} = 0.0057$$

$$s_{\bar{\gamma}} = \frac{s_\gamma}{\sqrt{n}} = \frac{0.0057}{\sqrt{10}} = 0.0018$$

$$u_a = t_{(0.683,9)} \times s_{\bar{\gamma}} = 1.06 \times 0.0018 = 0.0019$$

故 γ 的测量值: $\gamma = 1.309 \pm 0.0019$

六、实验反思与误差分析

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，折断活塞。
- 3、贮气瓶加压不要超过量程 200mV。
- 4、当听到放气声结束应迅速关闭活塞，否则会给实验结果带来较大的不确定度。
- 5、注意实验进程，防止因试验周期过长，环境温度较大变化对实验结果造成影响。
- 6、实验完毕将仪器复原，活塞打开与大气相通。

误差分析:

- 1、仪器问题: 硅胶老化、仪器漏气、传感器由于老化导致的精度问题等。
- 2、实验周期过长, 环境温度难以控制, 实验过程中冷却时间不够导致温度不断上升。
- 3、旋转活塞的过程由人为操作, 可能存在没有将活塞旋紧导致漏气等问题。
- 4、实验过程中, 对活塞的关闭时间、开活塞放气时间等把握不够精确, 可能出现示数还未稳定就进行操作的情况。
- 5、传感器具有一定的滞后性, 所测定的不一定是当前时刻的状态。
- 6、打入气体过多或过少, 过多时, 仪器不密封造成的误差较大。
- 7、打开活塞放气时, 需要声音消失立即关闭, 在人为实验中难以保证这一点的精确性。

七、考察题与思考题

1、考察题 4: 如果停止打气到读取 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?

$$\gamma = \frac{p_1'}{p_1' - p_2'} = \frac{1}{1 - \frac{p_2'}{p_1'}}$$

停止打气到读取 p_1' 的时间过短, 考虑到仪器漏气问题, 未达到稳定状态; 同时气体分布不均匀, 传感器测定的是瓶口气压, 大于实际气压。故 p_1' 测量值大于实际值, 使比热容比测量值偏小。

停止放气到读取 P_2' 的时间过短, 气体未充分膨胀到瓶口, p_2' 测量值小于实际值, 使比热容比测量值偏小。

时间过长理论上无影响, 但考虑到仪器漏气等情况, p_1' 、 p_2' 都会偏小, 由上式, 二者同时偏小时影响不确定, 但会造成比较大的误差。

2、思考题 3: 现已假定 V_1, V_2 分别代表绝热前、后空气的比容, 在此假设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? 在后一种假设下 V_1 及 V_2 将等于什么? (设容器体积为 V)

系统: 绝热膨胀前储气瓶内的全部空气

影响: 无影响

结论: $V_2 = V$;

V_1 = 绝热膨胀后仍留在“V”中的空气在绝热前在储气瓶中占的体积,
由热力学方程

(其中 P_1 、 V_1 、 T_1 为绝热前系统状态； P_2 、 V_2 、 T_2 为绝热后系统状态)：

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

得：

$$V_1 = \frac{T_1 P_2}{T_2 P_1} V_2$$

八、原始数据与助教签字

$$T_e = 1465.2 \text{ mV}$$

$$P_A = -0.3 \text{ mV}$$

i	P_i' / mV	T_{1i} / mV	P_2' / mV	T_{2i} / mV	$r = \frac{P_1'}{P_1' - P_2'}$
测量值	135.7	1466.0	32.4	1465.7	
修正值	134.8	1466.4	31.1	1466.2	
1466.1 - 0.4 = 1466.5	131.4	1466.9	29.6	1466.6	
	133.3	1467.1	31.3	1466.8	
	134.6	1467.2	31.4	1467.0	
	125.7	1467.3	31.5	1467.0	
	134.0	1467.6	31.2	1467.2	
1467.1 - 0.5 = 1467.6	129.6	1467.7	30.4	1467.4	
	130.4	1467.8	30.6	1467.5	
	131.2	1468.1	30.7	1467.8	

$P_1' \pm P_2'$	P_1'	P_2'	$P_1' - P_2'$	$r = \frac{P_1'}{P_1' - P_2'}$
+0.3	136.0	32.7	103.3	1.317
	135.1	31.4	103.7	1.303
	131.7	30.1	101.6	1.309
	133.7	31.7	102.0	1.311
	135.0	31.9	103.1	1.309
+0.4	126.1	30.0	96.1	1.312
	134.4	31.6	102.8	1.307
	130.0	30.8	99.2	1.310
	130.9	31.1	99.8	1.312
+0.5	131.7	31.2	100.5	1.310

平均

相对误差

$$\frac{1.31 - 1.402}{1.402} = -0.066 = -6.6\%$$

曹江涛