

课程编号 1800440080

得分	教师签名	批改日期

# 深 圳 大 学 实 验 报 告

课程名称： 大学物理实验（一）

实验名称： 金属比热容的测量

学 院： 计算机与软件学院

指导教师： 王光辉

报告人： 何泽锋 组号： 12

学号 2022150221 实验地点 212A

实验时间： 2023 年 5 月 11 日

提交时间： 2023 年 月 日

## 一、实验目的

1. 由牛顿冷却规律用比较法测量 100℃ 时金属比热容
2. 测量金属的冷却曲线

## 二、实验原理

### 1. 牛顿冷却规律：

当物体表面与周围存在温度差时，单位时间从单位面积散失的热量与温度差成正比。（比例系数称为热传递系数。）牛顿冷却定律是牛顿在 1700 年用实验确定的，在强迫对流时与实际符合较好，在自然对流时只在温度差不太大时才成立。

物理公式：

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = a S_1 (\theta_1 - \theta_0)^\alpha \quad (1)$$

### 2. 比热容的测量原理与方法：

质量为  $M$  的样品加热后在低温环境冷却：单位时间热量损失  $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$  与温度下降速率  $\frac{\Delta \theta}{\Delta t}$  成正比  
物理公式：

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = c_1 M_1 \frac{\Delta \theta_1}{\Delta t} \text{-----} (2)$$

$$c_2 = c_1 \frac{M_1 (\frac{\Delta \theta}{\Delta t})_1}{M_2 (\frac{\Delta \theta}{\Delta t})_2} \text{-----} (3)$$

化简得到

$$c_2 = c_1 \frac{M_1 \Delta t_2}{M_2 \Delta t_1} \text{-----} (3)$$

（1）本实验温度用热电偶测量，分别测量 100℃ 时 Cu、Fe、Al 的降温速率，即可求用（3）式由 Cu 的比热容算出 Fe、Al 的比热容

（2）降温速率测量方法：记录样品从 102℃（4.37mV）降温到 98℃（4.18mV）所需要的时间求出  $\frac{\Delta \theta}{\Delta t}$

### 3. 热电偶测量

两种不同成份的材质导体组成闭合回路，当两端存在温度梯度时，回路中就会有电流通过，此时两端之间就存在电动势——热电动势，这就是所谓的塞贝克效应(Seebeck effect)。两种不同成份的均质导体为热电极，温度较高的一端为工作端，温度较低的一端为自由端，自由端通常处于某个恒定的温度下。根据热电动势与温度的函数关系，制成热电偶分度表；分度表是自由端温度在 0℃ 时的条件下得到的，不同的热电偶具有不同的分度表。使用电压表，测量两个电极之间的电压，就可通过查询热电偶分度表，得出两个电极之间的温度差

## 三、实验仪器

主要实验仪器：杜瓦瓶、金属比热容测量仪，样品（Fe、Al、Cu）等

## 实验仪器

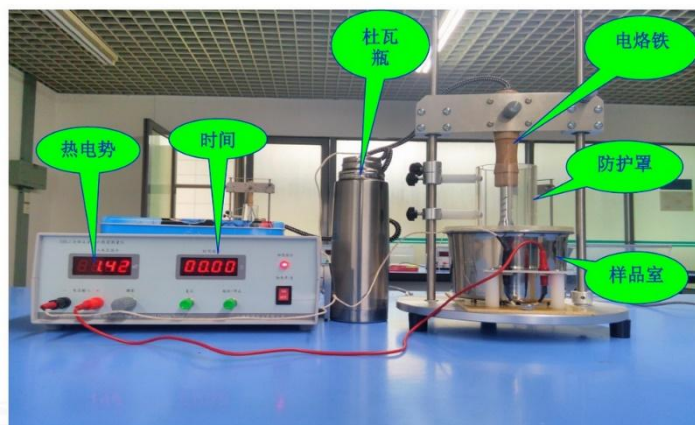


图 3-1 实验仪器图

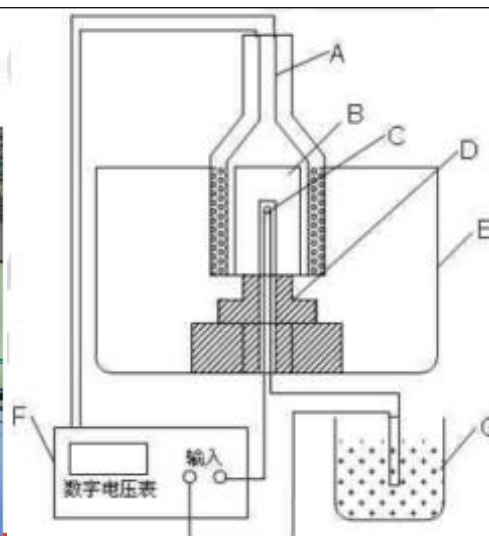


图 3-2 金属比热容测量仪器示意图

### 四、实验内容与步骤

#### 1、用比较法测量 100℃ 时 Fe 和 Al 的比热容

已知三个样品的质量：

$$M_{\text{Cu}} = 4.830\text{g},$$

$$M_{\text{Fe}} = 4.028\text{g}$$

$$M_{\text{Al}} = 1.500\text{g}$$

已知铜的比热容：

$$C_{\text{Cu}} = 0.094\text{cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

记录样品由 102° C (4.37mV) 下降到 98° C (4.18mV) 所需的时间。

#### 2. 测量 Cu 的温度对时间的冷却规律

- (1) 短接调零数字电压表（每换一次材料都调）
- (2) 按实验要求连接好加热仪和热电偶测试仪。
- (3) 将实验样品套在容器内的热电偶上，不盖有机玻璃盖，下降实验架，使电烙铁全套在样品上给样品加热。把样品加热到约 131℃（数字电压表读数 6.00mV）时，断开加热开关。上升加热源（有机玻璃罩和盖都盖好），使样品在样品室自然冷却。
- (4) 记录试验样品温度从 102℃（数字电压表读数 4.37mV）下降到 98℃（数字电压表读数 4.18mV）所需时间  $\Delta t$ 。
- (5) 分别测量铜、铁、铝的温度下降速度，每一样品重复测量 5 次：加温到 6.5mV。从 6.0mV 开始，按表格时间记录电压，做出铜的温度℃~时间 t 的冷却速率关系。

### 五、数据处理

#### 实验一用比较法测量 100℃ 时 Fe 和 Al 的比热容：

铁的质量：3.99g      铜的质量：4.53g      铝的质量：1.48g

表 1 样品由 102℃ (4.37mV) 下降到 98℃ (4.18mV) 所需时间记录表（单位：s）

次数 样品	1	2	3	4	5	平均值 $\Delta t$

Fe	8.43	8.77	8.17	8.4	9.18	8.59
Cu	7.94	7.25	7.65	7.57	7.74	7.63
Al	6.98	6.92	6.87	6.31	6.45	6.71

计算铁的比热容:

$$c_{\text{铁}} = c_{\text{铜}} \frac{M_{\text{铜}} \Delta t_{\text{铁}}}{M_{\text{铁}} \Delta t_{\text{铜}}} = 0.094 \times \frac{4.53}{3.99} \times \frac{8.59}{7.63} \approx 0.121 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$$

其相对误差为:

$$E_{\lambda} = \frac{|c_{\text{标准}} - c_{\text{实验}}|}{c_{\text{实验}}} \times 100\% = \frac{|0.110 - 0.121|}{0.110} \times 100\% = 9.18\%$$

计算铝的比热容:

$$c_{\text{铝}} = c_{\text{铜}} \frac{M_{\text{铜}} \Delta t_{\text{铝}}}{M_{\text{铝}} \Delta t_{\text{铜}}} = 0.094 \times \frac{4.53}{1.48} \times \frac{6.71}{7.63} = 0.253 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$$

其相对误差为:

$$E_{\lambda} = \frac{|c_{\text{标准}} - c_{\text{实验}}|}{c_{\text{实验}}} \times 100\% = \frac{|0.210 - 0.253|}{0.210} \times 100\% = 20.49\%$$

分析数据可知,铁的比热容实验测得为  $0.121 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ , 与标准值的误差大约为 9.18%, 误差较小, 可能因为实验所用的铁棒生锈导致质量和导热性出现误差, 同时时间是直接读出, 会有一定误差。计算得铝的比热容为  $0.253 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ , 与标准比热容误差大约为 20.49%, 主要原因可能是因为实验时最后测量铝, 此时杜瓦瓶内的冰大部分已经融化, 冷却效果下降, 导致测量的电压误差较大, 同时铝的表面容易产生氧化铝, 其质量也会受到影响。

## 实验二 测量 Cu 的温度对时间的冷却规律:

表 2 Cu 的冷却数据记录表 (电压与时间)

时间 (s)	0	15	30	45	60	75	90	105
电压 (mV)	7.44	6.73	6.1	5.56	5.08	4.67	4.32	4.01
时间 (s)	125	150	200	250	300	400	500	600
电压 (mV)	3.65	3.28	2.74	2.32	2.01	1.6	1.35	1.18

通过公式用电压计算得到温度:

$$T = 20.159 \cdot U + 9.9845$$

得到如下表格

表 3 Cu 的冷却数据记录表 (温度与时间)

时间 (s)	0	15	30	45	60	75	90	105
温度 (°C)	159.96746	145.65457	132.9544	122.06854	112.39222	104.12703	97.07138	90.82209
时间 (s)	125	150	200	250	300	400	500	600

温度 (°C)	83.56485	76.10602	65.22016	56.75338	50.50409	42.2389	37.19915	33.77212
------------	----------	----------	----------	----------	----------	---------	----------	----------

根据表格数据做出铜的冷却规律图，如下图

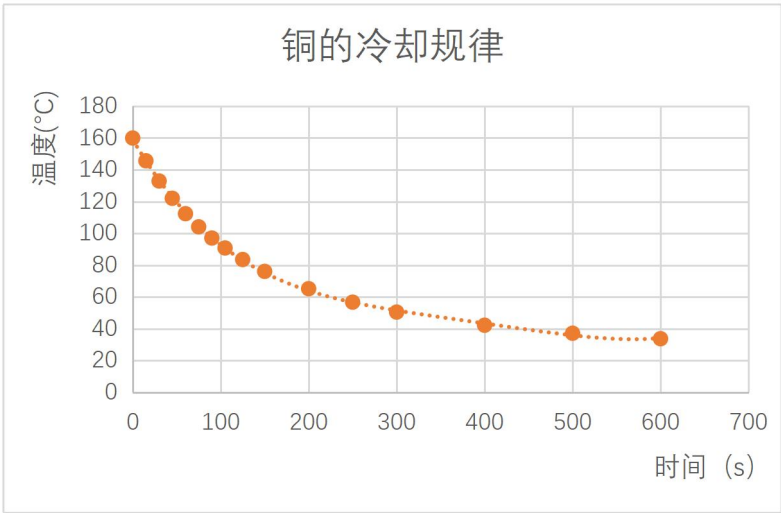


图 5-1 铜冷却规律图

观察图像可得，随着时间的增大，温度下降的越来越慢，即斜率逐渐变小，最终趋近与室温。

## 六、结果陈述

本次实验主要测量了 Fe, Cu, Al 的比热容，实验一通过比较法，以铜的比热容为基准，通过相对值计算得到铁和铝的比热容，并于标准值进行了比较，其中铁的误差较小，铝的误差较大，分析的其误差原因主要是氧化和时间读数，而铝因为实验时间靠后，杜瓦瓶内的冰融化较多，冷却效果下降，导致测量误差更大。实验二则通过测量铜的电压随时间变化进而计算得到温度随时间的变化，得到铜的冷却曲线，其冷却规律为，冷却速度逐渐下降，最终趋于室温。

## 七、思考题

### 1. 比热容的定义是什么？单位是什么？

比热容是指单位质量的物质在吸收一定量的热量时温度的变化程度，通俗地说是物质对热量的敏感程度。其单位为：焦耳/千克·开尔文(J/(kg·K))，或卡路里/克·摄氏度(cal/(g·°C))。

### 2. 根据 $c_2 = c_1 \frac{M_1 (\frac{\Delta\theta}{\Delta t})_1}{M_2 (\frac{\Delta\theta}{\Delta t})_2}$ 测量比热容的条件是什么？

两种材料的尺寸要相同，实验时所处环境也要相同。

指导教师批阅意见

### 成绩评定

预习 (20 分)	操作及记录 (40 分)	数据处理与结果陈述 (30 分)	思考题 (10 分)	报告整体 印 象	总分

注：正文统一用 5 号字，标题可大一号，图表名可小一号；

原始数据记录表需单独起页（表格自拟，作为预习报告评分的一部分），提交报告时附在最后；

# 原始数据记录表

组号 12 姓名 何泽锋

## 1、用比较法测量 100℃ 时 Fe 和 Al 的比热容

表 1 样品由 102℃ (4.37mV) 下降到 98℃ (4.18mV) 所需时间记录表 (单位: s)

次数 样品	1	2	3	4	5	平均值 $\overline{\Delta t}$
Fe						
Cu						
Al						

## 2、测量 Cu 的冷却规律

表 2 Cu 的冷却数据记录表

时间 (s)	0	15	30	45	60	75	90	105
电压 (mV)								
时间 (s)	125	150	200	250	300	400	500	600
电压 (mV)								