

课程编号\_\_\_\_\_

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：\_\_\_\_\_数学科学学院\_\_\_\_\_

指导教师：\_\_\_\_\_郭树青\_\_\_\_\_

报告人：\_\_\_\_\_刘俊熙\_\_\_\_\_组号：\_\_\_\_\_18\_\_\_\_\_

学号\_\_\_\_\_2023193004\_\_\_\_\_实验地点\_\_\_\_\_致原楼 212A\_\_\_\_\_

实验时间：\_\_\_\_\_2024\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_4\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_16\_\_\_\_\_日

提交时间：\_\_\_\_\_

## 一、实验目的

- 基于牛顿冷却规律，采用比较法测量 100℃ 时金属比热容。
- 测量金属 Cu 的冷却曲线。

标准参照金属：铜

待求金属：铁、铝

## 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。（比例系数称为热交换系数）
- 牛顿冷却定律是牛顿在 1700 年实验确定的，强迫对流时与实际符合较好，自然对流时温度差不太大时才成立。

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

\*其中， $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$  为单位时间损失的热量， $a$  为热交换系数， $S_1$  为散热面积， $\theta_1$  为样品温度， $\theta_0$  为环境温度， $\alpha$  为常数（强迫对流为 1，自然对流为  $\frac{5}{4}$ ）。

### 2、比热容的测量原理与方法

质量为  $M_1$  的样品在低温环境冷却，单位时间热量损失与温度下降速率成正比：

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

结合牛顿冷却定律，

样品 1：

$$\frac{\Delta \theta_1}{\Delta t} = \frac{a_1 S_1}{c_1 M_1} (\theta_1 - \theta_0)^\alpha$$

样品 2：

$$\frac{\Delta \theta_2}{\Delta t} = \frac{a_2 S_2}{c_2 M_2} (\theta_1 - \theta_0)^\alpha$$

尺寸相同：  $S_1 = S_2$ ；环境相同：  $a_1 = a_2$ ；相同温度范围：  $\alpha_1 = \alpha_2$

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

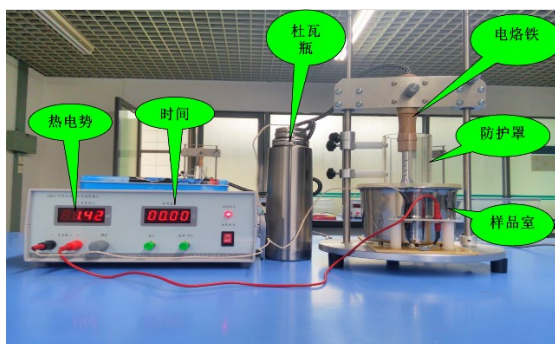
\*关键测量：样品 1 和 2 的冷却速率

本实验温度用热电偶测量

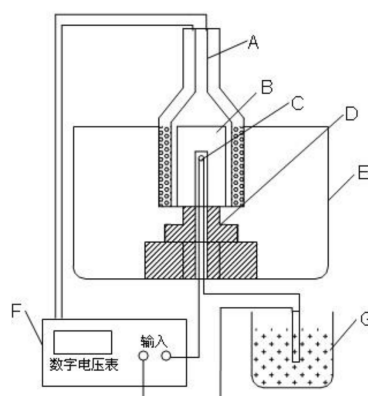
分别测量 100℃时 Cu 、Fe、Al 的降温速率,即可计算出 Fe、Al 的比热容：

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  $\Delta t$  求出降温速度  $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ 。

### 三、实验仪器：



图一：实验仪器



图二：实验仪器组装

\*A-热源，B-样品，C-热电偶（康铜），D-电热偶支架，E-防风容器，F-数字电压表，G-冰水混合物。



图三：样品 Fe、Cu 和 Al

已知铜比热容： $C_{\text{Cu}} = 0.094 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

样品质量： $M_{\text{Cu}} = 4.53\text{g}$ ， $M_{\text{Fe}} = 3.99\text{g}$ ， $M_{\text{Al}} = 1.48\text{g}$

#### 四、实验内容：

##### 1、用比较法测量 100℃ 时 Fe 和 Al 的比热容

- 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。
- ④ 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。
- ⑤ 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）所需要时间  $\Delta t$ 。
- ⑥ 分别测量铜、铁、铝的温度下降速度，每一样品重复测量 5 次：

##### 2、测量 Cu 的温度与时间的冷却规律

- ① 重复以上步骤，加温到 6.5mV；
- ② 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。

##### 注意事项：

- ① 取换样品时,用镊子拿取,注意不要烫到手或碰到电线
- ② 加热器下降时注意样品的位置
- ③ 测量降温时间时，按键动作要迅速，减小人为计时误差

## 五、数据记录：（原始数据再抄一份附在这部分）

组号：\_\_\_\_\_；姓名\_\_\_\_\_

### 1、用比较法测量 100℃ 时 Fe 和 Al 的比热容

次数 样品	1	2	3	4	5	6
Fe	9.80	9.60	9.90	9.20	9.60	9.70
Cu	8.90	9.50	9.50	9.30	9.60	9.70
Al	9.30	9.80	9.80	9.70	9.20	9.00

样品由 102℃（4.37mV）下降到 98℃（4.18mV）所需要的时间  $\Delta t(s)$

### 2、测量 Cu 的温度与时间的冷却规律

时 间 (S)	0	15	30	45	60	75	90
电压 (mV)	6.00	5.47	5.02	4.62	4.29	3.99	3.73
时 间 (S)	120	150	180	200	225	250	300
电压 (mV)	3.30	2.96	2.69	2.53	2.36	2.21	1.97

测量 Cu 的温度与时间的冷却规律

## 六、数据处理

### 1、用比较法测量 100℃ 时 Fe 和 Al 的比热容

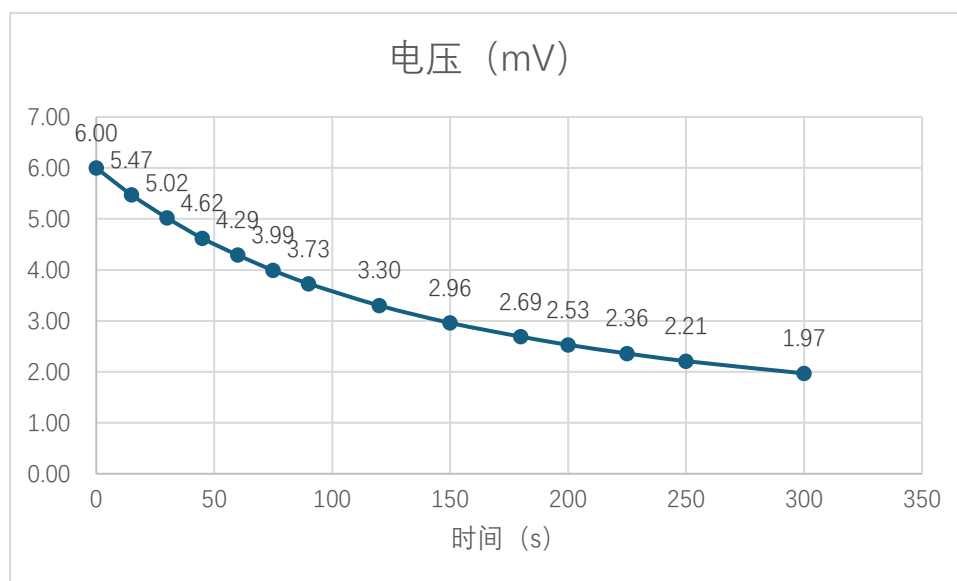
$$\overline{\Delta t_{\text{Fe}}} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \Delta t_{\text{Fe},i} = 9.63(s)$$

$$c_{\text{Fe}} = c_{\text{Cu}} \frac{M_{\text{Cu}}}{M_{\text{Fe}}} \frac{\left(\frac{\Delta \theta}{\Delta t}\right)_{\text{Cu}}}{\left(\frac{\Delta \theta}{\Delta t}\right)_{\text{Fe}}} = 0.109 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\overline{\Delta t_{\text{Al}}} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \Delta t_{\text{Al},i} = 9.47(s)$$

$$c_{\text{Al}} = c_{\text{Cu}} \frac{M_{\text{Cu}}}{M_{\text{Al}}} \frac{\left(\frac{\Delta \theta}{\Delta t}\right)_{\text{Cu}}}{\left(\frac{\Delta \theta}{\Delta t}\right)_{\text{Al}}} = 0.289 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

## 2、测量 Cu 的温度与时间的冷却规律



## 七、实验结果与总结

### 7.1 结果陈述

本实验通过比较法测量了 100℃ 时金属 Fe 和 Al 的比热容，并记录了 Cu 的冷却规律。实验过程中，我们使用了热电偶来测量样品的温度，并记录了样品从 102℃ 降温到 98℃ 所需的时间。通过多次重复测量，我们获得了各个样品降温速率的数据。

根据实验数据，我们计算出 Fe 和 Al 的降温速率，并结合已知的铜比热容，通过比较法间接求得了 Fe 和 Al 的比热容。实验结果表明，不同金属的降温速率存在差异，从而反映了它们比热容的不同。虽然结果存在一定误差，但是基本反映了不同材料的性质。

此外，我们还测量了 Cu 的温度与时间的冷却规律。通过记录从特定温度开始的电压变化，我们得出了 Cu 的冷却速率关系。这一部分的实验数据有助于我们更深入地理解金属冷却过程中的物理规律。

### 7.2、实验总结

通过本次实验，我们获得了宝贵的实践经验，并对实验方法有了更深入的理解。在实验过程中，我们学会了如何正确使用实验仪器、如何记录和处理实验数据，以及如何分析实验结果。

同时，我们也意识到实验中存在的一些问题和改进空间。例如，实验过程中的环境温度变化可能会对实验结果产生影响，因此未来实验可以考虑在恒温环境下进行。此外，实验仪器的精度也是影响实验结果的重要因素之一，未来可以考虑使用更高精度的仪器进行实验。

另外，用人眼测量电压下降值来反应材料温度变化快慢，由于人的反应时间不可忽略，而且电压表示值存在一定延迟且刷新速度不定，会导致比较大的实验误差。

在潜在应用方面，金属比热容的测量在材料科学、工程热力学等领域具有广泛的应用价值。通过测量不同金属的比热容，我们可以了解它们在不同温度下的热性能，为材料的选择和使用提供依据。此外，通过深入研究金属冷却规律，我们还可以优化冷却过程，提高生产效率和质量。

总之，本次实验不仅加深了我们对理论知识的理解，还提高了我们的实验技能和科学素养。在未来的学习和研究中，我们将继续探索和实践，为科学研究和工程应用做出更大的贡献。

## 八、思考题

1、在实验中，为了准确测量，我们需要特别注意以下几个方面：

首先，样品的初始条件应当一致。这意味着每个样品在开始测量时的温度、环境条件等都应该相同，以确保实验结果的公正性和可比较性。

其次，测量设备的准确性和校准也非常关键。热电偶作为温度测量设备，需要定期校准以确保其准确性。同时，实验中所使用的其他测量设备，如计时器、电压表等，也需要保持准确性和精度。

再者，实验过程中要尽量减少外部干扰。例如，应避免强烈的气流、震动或电磁干扰等，这些因素都可能影响测量结果的准确性。

最后，数据的记录和处理也需要仔细和准确。记录数据时应当清晰、准确，避免笔误或遗漏。在处理数据时，应使用适当的统计方法和误差分析，以得出可靠的结论。

2、如果实验中热电偶的“冷端”不放在冰水混合物中，而是直接处于空气中，这将对实验结果产生一定的影响。热电偶的工作原理是基于温差产生电势差，从而测量温度。因此，热电偶的冷端温度稳定性对于测量的准确性至关重要。

在标准情况下，热电偶的冷端通常放置在冰水混合物中，以保持其温度稳定。如果冷端直接暴露在空气中，那么其温度将受到环境温度的影响，导致测量结果出现偏差。因为空气温度可能随着实验环境、时间等因素而发生变化，这种变化会引入额外的误差。

具体来说，如果空气温度高于冰水混合物的温度，热电偶的冷端温度将升高，导致测量到的温度值偏低。反之，如果空气温度低于冰水混合物的温度，则测量到的温度值将偏高。这种偏差可能在不同的实验条件下有所不同，因此在实际操作中应尽量避免这种情况，以确保测量结果的准确性。

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