

课程编号 1800440001-70

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（1）

实验名称： 金属比热容的测定

学 院： 计算机与软件学院

指导教师： 张旭琳

报告人： 郭昌华 组号： 1

学号： 2022190025 实验地点： 致原楼 212A

实验时间： 2024 年 4 月 7 日

提交时间： 2024 年 4 月 19 日

一、实验目的

1、利用牛顿冷却规律用比较法测量 100°C 时金属比热容

- 标准参照金属：铜
- 待测金属：铁、铝

2、测量金属铜的冷却曲线。

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。

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

其中：

$\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ ：单位时间损失的热量 a ：热交换系数 S_1 ：散热面积

θ_1 ：样品温度， θ_0 ：环境温度 α ：常数（强迫对流 $\alpha = 1$ ，自然对流 $\alpha = \frac{5}{4}$ ）

2、比热容的测量原理与方法：

比热容：单位质量的物质，其温度升高 1K（1°C）所需的热量叫做该物质的比热容，用 c 表示，其值随温度而变化。

质量为 M_1 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 $\frac{\Delta \theta_1}{\Delta t}$ 成正比

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = c_1 M_1 \frac{\Delta \theta_1}{\Delta t}$$

结合牛顿冷却定律有：

$$\text{对样品 1: } \frac{\Delta \theta_1}{\Delta t} = \frac{a_1 S_1}{c_1 M_1} (\theta_1 - \theta_0)^\alpha$$

$$\text{对样品 2: } \frac{\Delta \theta_2}{\Delta t} = \frac{a_2 S_2}{c_2 M_2} (\theta_1 - \theta_0)^\alpha$$

尺寸相同： $S_1 = S_2$ 环境相同： $a_1 = a_2$

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

已知:

样品质量: $M_{\text{Cu}} = 4.830g, M_{\text{Fe}} = 4.028g, M_{\text{Al}} = 1.500g$

铜的比热容: $C_{\text{Cu}} = 0.094\text{cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$

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) 所需要的时间求出 $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$

三、实验仪器:

热电势, 计时器, 杜瓦瓶, 电烙铁, 防护罩, 样品室

四、实验内容:

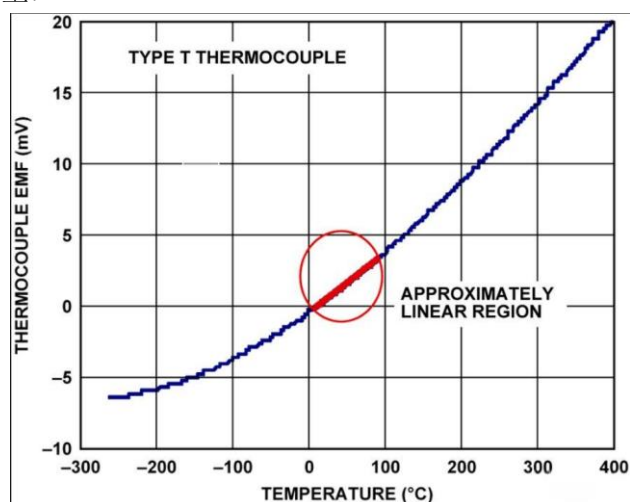
1、用比较法测量 100℃时 Fe 和 Al 的比热容

已知:

样品质量: $M_{\text{Cu}} = 4.830g, M_{\text{Fe}} = 4.028g, M_{\text{Al}} = 1.500g$

铜的比热容: $C_{\text{Cu}} = 0.094\text{cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$

本实验温度用热电偶测量:



2、测量 Cu 的温度对时间的冷却规律 (按下表的时间间隔)

实验步骤:

1. 短接数字电压表输入接线柱，调零数字电压表。
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，盖上有有机玻璃盖，下降实验架，使电烙铁套在样品上给样品加热。把样品加热到约 131°C （数字电压表读数 6.00mV ）时，断开加热开关。移去加热源，使样品在样品室自然冷却。
4. 记录试验样品温度从 102°C （数字电压表读数 4.37mV ）下降到 98°C （数字电压表读数 4.18mV ）所需要时间 Δt 。
5. 可按铁、铜、铝的次序，分别测量其温度下降速度，每一样品重复测量 5 次。
6. 加温到断电保护启动。开始计时，按表格时间记录电压，做出铜的温度 $^{\circ}\text{C}$ ~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
- 4、加热不要超上限：测金属 100°C 冷却速率时电压表显示不超过 6mv ，测铜冷却曲线不超过 8.5mV ；以免金属熔化。

五、数据记录：

组号： 1 ； 姓名 郭昌华

<div>次数</div> <div>时间 Δt (S)</div> <div>样品</div>	1	2	3	4	5
铁 Fe	8.07	7.99	8.08	8.5	8.28
铜 Cu	7.99	6.49	8.15	8.14	8.41
铝 Al	8.14	7.82	8.09	8.28	8.15

样品温度下降所需时间记录表

时 间 (S)	0	15	30	45	60	75	90	105
电 压 (mV)	6.00	5.47	5.01	4.59	4.24	3.92	3.65	3.40
时 间 (S)	125	150	200	250	300	400	500	600
电 压 (mV)	3.11	2.80	2.31	1.95	1.68	1.29	1.04	0.88

铜的冷却时间记录表

六、数据处理

1. 记录样品铁、铜、铝的质量以及 100 °C 下铜的比热容（注意与之前 ppt 中提到的值不同）：

样品铁的质量 $M_{Fe} = 4.53g$

样品铜的质量 $M_{Cu} = 3.99g$

样品铝的质量 $M_{Al} = 1.48g$

100 °C 下铜的比热 $c_{Cu} = 0.094cal/gc$

2. 测量样品温度从 102°C（电压表读数 4.37mV）下降到 98°C（电压表读数 4.18mV）所需时间，并计算 Δt , $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$, 比热容 c 。根据实验原理中的公式计算即可：

$$\Delta \bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^5 \Delta t_i}{6}$$

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

以第一次测量结果为例，具体计算过程如下：

由实验设计可知 $\Delta\theta = 4^\circ C$ ，故：，

$$\Delta t_{Fe}^- = \frac{\sum_{i=1}^5 \Delta t_{Fe} i}{6} = \frac{8.07 + 7.99 + 8.08 + 8.50 + 8.28}{5} = 8.184s$$

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t_{Fe}^-} = \frac{4}{8.184} = 0.489^\circ C/s$$

$$C_{Fe} = C_{Cu} \frac{M_{Cu} \frac{\Delta\theta}{\Delta t_{Cu}^-}}{M_{Fe} \frac{\Delta\theta}{\Delta t_{Fe}^-}} = 0.094 \times \frac{3.99 \times 0.510}{4.53 \times 0.489} = 0.086cal/g^\circ C$$

其余同理，所有计算结果呈现在下面的表格中：

次数 时间 Δt (S) 样品	1	2	3	4	5	平均 Δt	$\frac{\Delta \theta}{\Delta t}$	比热容 c
铁 Fe	8.07	7.99	8.08	8.5	8.28	8.184	0.489	0.086
铜 Cu	7.99	6.49	8.15	8.14	8.41	7.836	0.510	0.094
铝 Al	8.14	7.82	8.09	8.28	8.15	8.096	0.494	0.262

即：
测得

- Fe 的比热容为 $0.086 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ \text{C})$
- Cu 的比热容为 $0.094 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ \text{C})$
- Al 的比热容为 $0.262 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ \text{C})$

3.计算比热容测量的相对误差：

已知标准比热容：

- Fe: $0.12 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ \text{C})$
- Al: $0.23 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ \text{C})$

利用公式：

$$E_{\lambda} = \frac{|C_{\text{标准}} - C_{\text{实验}}|}{C_{\text{标准}}} \times 100\%$$

分别有：

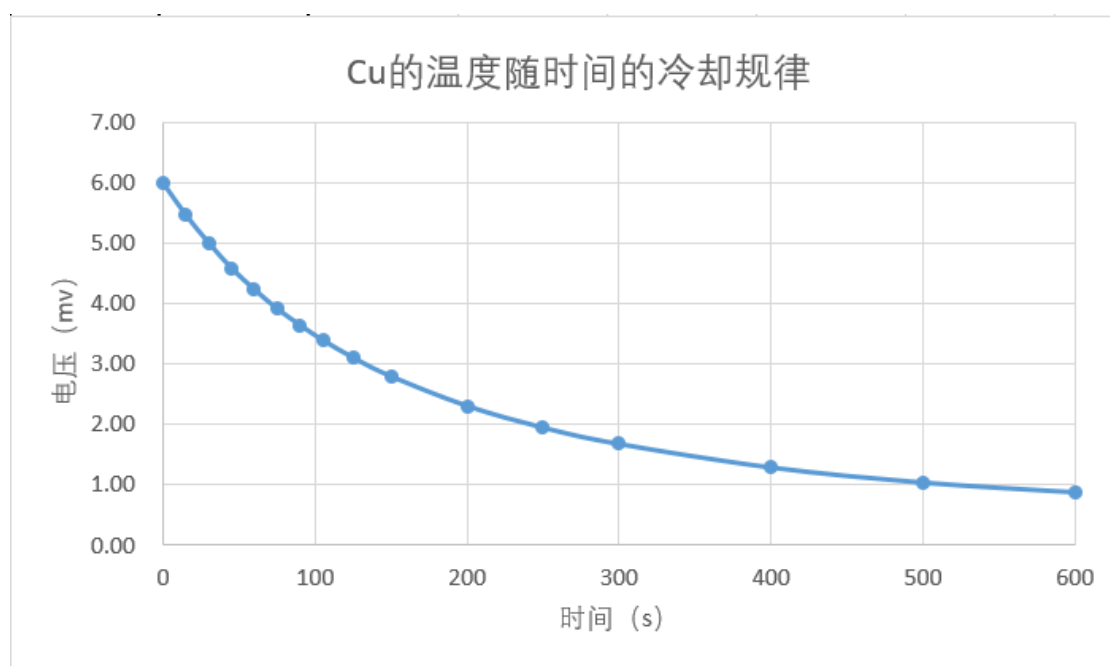
$$E_{\lambda|Fe} = \frac{|0.120 - 0.086|}{0.120} \times 100\% = 28.3\%$$

$$E_{\lambda|Al} = \frac{|0.230 - 0.262|}{0.230} \times 100\% = 13.9\%$$

4. 绘 Cu 的温度对时间的冷却曲线

时 间 (S)	0	15	30	45	60	75	90	105
电 压 (mV)	6.00	5.47	5.01	4.59	4.24	3.92	3.65	3.40
时 间 (S)	125	150	200	250	300	400	500	600
电 压 (mV)	3.11	2.80	2.31	1.95	1.68	1.29	1.04	0.88

根据测量 Cu 的温度对时间的冷却规律绘制出曲线图如下：



七、结果陈述：

- 测得 Fe 的比热容为 $0.086 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ ，Al 的比热容为 $0.262 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ 。
- 相对误差为：

$$E_{\lambda|Fe} = \frac{|0.120 - 0.086|}{0.120} \times 100\% = 28.3\% \quad E_{\lambda|Al} = \frac{|0.230 - 0.262|}{0.230} \times 100\% = 13.9\%$$

- 通过观察 Cu 的温度随时间的冷却下降曲线，可以发现 Cu 的温度下降随时间变化越来越缓慢。

八、实验总结与思考题

实验总结：

实验程序设计既精练又易于执行，这一点毋庸置疑。在实验设备配置上，集成了温度读取功能（通过电压显示温度）的温度计与秒表一体化装置尤为便捷高效。然而，就我个人观点，该装置尚存在一处值得优化之处，即秒表的按键灵敏度设置。尽管科学研究往往追求最大程度地减少人为误差，但若秒表按键过于敏感，反而可能导致实验者在操作过程中出现误触，进而引发实验数据丢失的问题。事实上，人类的反应速度足以应对常规的计时需求，因此，按键过高的灵敏度非但无益于提升精度，反而可能与其使用者的实际反应节奏产生冲突，从而在某种程度上增加操作误差的风险。

思考题：

（1）比热容的定义是什么？单位是什么？

答：比热容这一物理量是用来衡量物质对热量反应的强度，具体而言，是指单位质量的物质在温度改变一个单位值时所吸收或释放的热量总量。一种物质的比热容越大，意味着在相同条件下，这种物质对于同样温度变化会吸收或散发更多的热量。在国际单位制中，比热容的标准单位被定义为焦耳每千克开尔文（ $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ），这意味着当1千克的物质的温度上升或下降1开尔文时，所涉及的能量转移量即是比热容的数值。另外，比热容还可以使用 $\text{cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ 作为单位，尽管这个单位不是国际单位制中的标准单位，但在某些情况下仍可能被使用。

（2）测量比热容的条件是什么？

答：

- 样品材料应具有相同的形状和尺寸，以消除因体积不同带来的热容量差异；
- 样品的表面状态应当一致，避免由于不同的表面特性影响热交换效率；
- 周围环境介质如空气的性质应保持恒定，不随时间变化；
- 实验过程中，周围环境的温度必须稳定，通常是在室温条件下，并且室温需保持恒定，以免外界温度变化干扰测量结果；
- 测量开始前，两个对比样品必须处于相同的初始温度，以便准确计算温度变化所带来的热量变化。

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 20 分	结果陈述实 验总结 10 分	思考题 10 分	报告整体 印 象	总分

原始数据记录表

组号： 1 ； 姓名： 郭昌华 ； 实验名称 金属比热容的测量

$$M_{\text{Cu}} = 4.830\text{g}, M_{\text{Fe}} = 4.028\text{g}, M_{\text{Al}} = 1.500\text{g}$$

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

次数	1	2	3	4	5	平均值
样品						
Fe						
Cu						
Al						

样品温度下降所需时间记录表

时 间 (S)	0	15	30	45	60	75	90	105
电压 (mV)	6.00							
时 间 (S)	125	150	200	250	300	400	500	600
电压 (mV)								

铜的冷却时间记录表

