

实验五 冷却法测量金属比热容

比热容是指单位质量的物质改变单位温度时所吸收或释放的内能，其值得大小与物质的状态和种类有关，随温度的变化而变化。比热容也是表示物质热性质的物理量，它的测定在研究物质机构、确定相变、鉴定物质纯度等方面起着重要作用。

测量金属比热容的常用方法有很多，本实验根据牛顿冷却定律，采用冷却法测量金属比热容。若已知标准样品在不同温度的比热容，通过作冷却曲线可测量各种金属在不同温度时的比热容。

【实验目的】

- 1、学习冷却法测量小块金属比热容的方法。
- 2、了解金属的冷却速率和它与环境之间的温差关系，以及进行测量的实验条件。

【实验原理】

本实验以铜为标准样品，测定铁、铝样品在 100°C 时的比热容。通过实验了解金属的冷却速率和它与环境之间的温差关系以及进行测量的实验条件。单位质量的物质，其温度升高 $1\text{K}(1^{\circ}\text{C})$ 所需的热量叫做该物质的比热容，其值随温度而变化。将质量为 M_1 的金属样品加热后，放到较低温度的介质(例如：室温的空气)中，样品将会逐渐冷却。其单位时间的热量损失($\frac{\Delta Q}{\Delta t}$)与温度下降的速率成正比，于是得到下述关系式：

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = C_1 M_1 \frac{\Delta \theta_1}{\Delta t} \quad (1)$$

式中 C_1 为该金属样品在温度 θ_1 时的比热容， $\frac{\Delta \theta_1}{\Delta t}$ 为金属样品在 θ_1 时的温度下降速率。

根据牛顿冷却定律有：

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = a_1 s_1 (\theta_1 - \theta_0)^m \quad (2)$$

式中 a_1 为热交换系数， S_1 为该样品外表面的面积， m 为常数， θ_1 为金属样品的温度， θ_0 为周围介质的温度。由式(1)和(2)，可得：

$$C_1 M_1 \frac{\Delta \theta_1}{\Delta t} = a_1 s_1 (\theta_1 - \theta_0)^m \quad (3)$$

同理，对质量为 M_2 ，比热容为 C_2 的另一种金属样品，可有同样的表达式：

$$C_2 M_2 \frac{\Delta \theta_2}{\Delta t} = a_2 s_2 (\theta_2 - \theta_0)^m \quad (4)$$

由上式(3)和(4), 可得:

$$\frac{C_2 M_2 \frac{\Delta\theta_2}{\Delta t}}{C_1 M_1 \frac{\Delta\theta_1}{\Delta t}} = \frac{a_2 s_2 (\theta_2 - \theta_0)^m}{a_1 s_1 (\theta_1 - \theta_0)^m}$$

所以:

$$C_2 = C_1 \frac{M_1 \frac{\Delta\theta_1}{\Delta t} a_2 s_2 (\theta_2 - \theta_0)^m}{M_2 \frac{\Delta\theta_2}{\Delta t} a_1 s_1 (\theta_1 - \theta_0)^m}$$

如果两样品的形状尺寸都相同, 即 $S_1=S_2$; 两样品的表面状况也相同(如涂层、色泽等), 而周围介质(空气)的性质当然也不变, 则有 $a_1=a_2$ 。于是当周围介质温度不变(即室温 θ_0 恒定而样品又处于相同温度 $\theta_1=\theta_2=\theta$)时, 上式可以简化为:

$$C_2 = C_1 \frac{M_1 \left(\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\right)_1}{M_2 \left(\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\right)_2} \quad (5)$$

如果已知标准金属样品的比热容 C_1 质量 M_1 ; 待测样品的质量 M_2 及两样品在温度 θ 时冷却速率之比, 就可以求出待测的金属材料的比热容 C_2 。

几种金属材料的比热容见表 1:

表 1

比热容 温度 $^{\circ}\text{C}$	C_{Fe} (cal/(g $^{\circ}\text{C}$))	C_{Al} (cal/(g $^{\circ}\text{C}$))	C_{Cu} (cal/(g $^{\circ}\text{C}$))
100 $^{\circ}\text{C}$	0.110	0.230	0.0940

【实验仪器】(如图 5-1 所示)

热源、实验样品(铜、铁、铝)、铜-康铜热电偶、热电偶支架、防风器、三位半数字电压表、计时秒表、电子天平

【实验内容与步骤】

1、仪器安装

本实验装置由加热仪和测试仪组成，如图 5-1 所示。

其中：

A) 热源, 采用 75 瓦电烙铁改制而成，利用底盘支撑固定并可上下移动；

B) 实验样品, 是直径 5mm, 长 30mm 的小圆柱，其底部钻一深孔便于安放热电偶，而热电偶的冷端则安放在冰水混合物内；

C) 铜-康铜热电偶；

D) 热电偶支架；

E) 防风容器；

F) 三位半数字电压表，显示用三位半面板表；

G) 冰水混合物。

2. 金属材料温度测量

用铜-康铜热电偶测量温度，而热电偶的热电势采用温漂极小的放大器和三位半数字电压表，经信号放大后输入数字电压表显示的满量程为 20mV，读出 mV 数查表即可换算成温度。

3. 金属样品的区分

选取长度、直径、表面光洁度尽可能相同的三种金属样品(铜、铁、铝)用物理天平或电子天平秤出它们的质量

M_0 。再根据 $M_{Cu} > M_{Fe} > M_{Al}$ 这一特点，把它们区别开来。

4. 金属比热容的测量

使热电偶热端的铜导线与数字表的正端相连；冷端铜导线与数字表的负端相连。当数字电压表读数为某一定值即 $200^{\circ}C$ 时，切断电源移去电炉，样品继续安放在与外界基本隔绝的金属圆筒内自然冷却(筒口须盖上盖子)。当温度降到接近 $102^{\circ}C$ 时开始记录，测量样品由 $102^{\circ}C$ 下降到 $98^{\circ}C$ 所需要时间 Δt_0 。按铁、铜、铝的次序，分别测量其温度下降速度，每一样品得重复测量 6 次，列表记录数据。

5. 冷却曲线的测量

任取两种样品，测量它们温度随时间的变化曲线(冷却曲线)，测量范围 $150^{\circ}C - 40^{\circ}C$ ，列表记录数据。

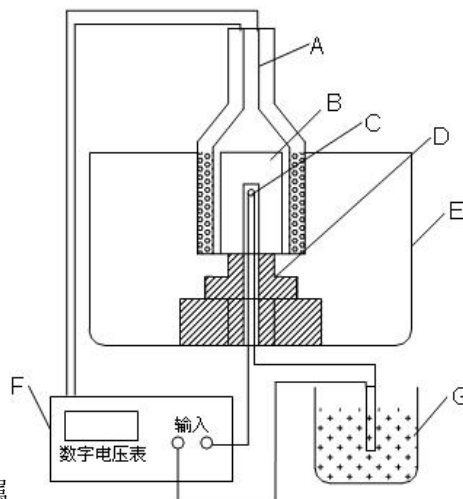


图 5-1

【数据处理与分析】

1. 样品质量: $M_{Cu} =$; $M_{Fe} =$; $M_{Al} =$ 。

热电偶冷端温度: $\theta_0 = 0^\circ C$ 。

2. 样品由 $102^\circ C$ 下降到 $98^\circ C$ 所需时间(单位为 S)

表 2

次数 样品	1	2	3	4	5	6	平均值 $\overline{\Delta t}$
Fe							
Cu							
Al							

以铜为标准: $C_1 = C_{Cu} = 0.0940 \text{ cal}/(\text{g}^\circ C)$ 。

因为各样品的温度下降范围相同 ($\Delta\theta = 102^\circ C - 98^\circ C = 4^\circ C$)，所以公式(5)可以简化为:

$C_2 = C_1 \frac{M_1(\Delta t)_2}{M_2(\Delta t)_1}$ ，计算出铁、铝的比热容，并进行数据分析。

4. 绘出两个样品的冷却曲线，求出它们在同一温度 ($100^\circ C$) 时的冷却速率，用公式

$C_2 = C_1 \frac{M_1(\frac{\Delta\theta}{\Delta t})_1}{M_2(\frac{\Delta\theta}{\Delta t})_2}$ ，计算出两种金属在 $100^\circ C$ 的比热容比值，与 $C_2 = C_1 \frac{M_1(\Delta t)_2}{M_2(\Delta t)_1}$ 的

结果进行对比。

【注意事项】

1. 避免接触加热器和电源线，以免触电和烫伤。
2. 操作前查出加热至最高温度的电动势值，以便控制加热温度，防止温度过高使样品严重氧化。
3. 测量过程中要保持冷端温度恒定，尽量使温度波动在 $1^\circ C$ 以下，测量降温时间要动作迅速、准确减小误差

附录：**铜—康铜热电偶分度表**（参考端温度为0℃）

分度号：CK

温度 0℃	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	温度 0℃
	热 电 动 势 (mV)											
0	0.000	0.039	0.078	0.117	0.156	0.195	0.234	0.273	0.312	0.351	0.391	0
10	0.391	0.430	0.470	0.510	0.549	0.589	0.629	0.669	0.709	0.749	0.789	10
20	0.789	0.830	0.870	0.911	0.951	0.992	1.032	1.073	10114	1.155	1.196	20
30	1.196	1.237	1.279	1.320	1.361	1.403	1.444	1.486	1.528	1.569	1.611	30
40	1.611	1.653	1.695	1.738	1.780	1.822	1.865	1.907	1.950	1.992	2.035	40
50	2.035	2.078	2.121	2.164	2.207	2.250	2.294	2.337	2.380	2.424	2.467	50
60	2.467	2.511	2.555	2.599	2.643	2.687	2.731	2.775	2.819	2.864	2.908	60
70	2.908	2.953	2.997	3.042	3.087	3.131	3.176	3.221	3.266	3.312	3.357	70
80	3.357	3.402	3.447	3.493	3.538	3.584	3.630	3.676	3.721	3.767	3.813	80
90	3.813	3.859	3.906	3.952	3.998	4.044	4.091	4.137	4.184	4.231	4.277	90
100	4.277	4.324	4.371	4.418	4.465	4.512	4.559	4.607	4.654	4.701	4.749	100
110	4.479	4.796	4.844	4.981	4.939	4.987	5.035	5.083	5.131	5.189	5.227	110
120	5.227	5.275	5.324	5.372	5.420	5.469	5.517	5.566	5.615	5.663	5.712	120
130	5.712	5.761	5.810	5.859	5.908	5.957	6.007	6.056	6.105	6.155	6.204	130
140	6.204	6.254	6.303	6.353	6.403	6.452	6.502	6.552	6.602	6.652	6.702	140
150	6.702	6.753	6.803	6.853	6.903	6.954	7.004	7.055	7.106	7.156	7.207	150
160	7.207	7.258	7.309	7.360	7.411	7.462	7.513	7.564	7.615	7.666	7.718	160
170	7.718	7.769	7.821	7.872	7.924	7.975	8.027	8.079	8.131	8.183	8.235	170
180	8.235	8.287	8.339	8.391	7.443	8.495	8.548	8.600	8.652	8.705	8.757	180
190	8.757	8.810	8.863	8.915	8.968	9.021	9.074	9.127	9.180	9.233	9.286	190
200	9.286	9.339	9.392	9.446	9.499	9.553	9.606	9.659	9.713	9.767	9.830	200

