

冷却法测量金属的比热容

FB312 型冷却法金属比热容测量仪

实
验
讲
义

冷却法测量金属的比热容

一、简介

本实验装置对加热装置，金属样品室及金属样品的温度的测量和安放上进行改进和提高。测量试样温度采用常用的铜—康铜做成的热电偶，测量热电势差的二次仪表由高灵敏、高精度、低漂移的放大器放大加上满量程为 20mV 的三位半数字电压表组成，当冷端为冰点时，由数字电压表显示的 mV 数即对应待测温度值。加热装置可自由升降。仪器内设有自动控制限温装置，防止因长期不切断加热电源而引起温度不断升高。被测样品安放在有较大容量的防风圆筒即样品室内，以使高于室温的样品自然冷却，使测量结果的重复性好，可以减少测量误差，提高实验准确度。本实验可测量金属在室温至 200℃ 温度时，各种温度时的比热容。

二、实验原理：

根据牛顿冷却定律，用冷却法测定金属的比热容是量热学常用方法之一。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。本实验以铜为标准样品，测定铁、铝样品在 100℃ 或 200℃ 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 1K (1℃) 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 ($\Delta Q/\Delta t$) 与温度下降的速率成正比，于是得到下述关系式：

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

(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 的温度下降速率，根据冷却定律有：

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

(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：

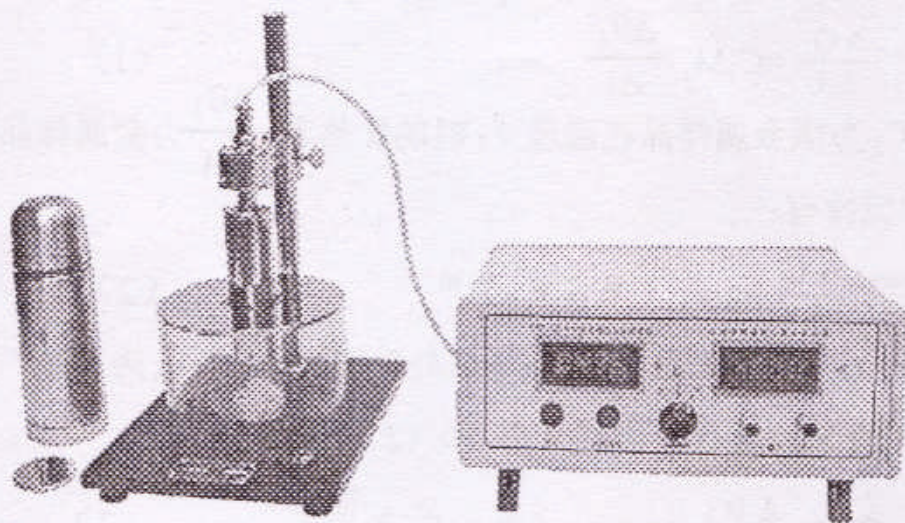
$$C_2 = C_1 \frac{M_1 \left(\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\right)_2}{M_2 \left(\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\right)_1} \quad (5)$$

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

三、实验装置：（如下图所示）



四、实验内容：

1、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，读出的 mV 数查表即可换算成温度。

2、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称出它们的质量 M_0 。再根据 $M_{Cu} > M_{Fe} > M_{Al}$ 这一特点，把它们区别开来。

3、使热电偶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°C ($8.5\sim 9\text{mV}$) 时，切断加热电源移去加热源，样品继续安放在有机玻璃圆筒内自然冷却(如室温较高用电风扇时，加温时在有机玻璃上盖好大盖板，移去加热源时，盖好小盖板)。当温度降到接近 102°C 时开始记录，测量样品 102°C 下降到 98°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 5 次。因为各样品的温度下降范围相同 ($\Delta \theta = 102^\circ\text{C} - 98^\circ\text{C} = 4^\circ\text{C}$) 所以公式 (5) 可以简化为：

$$C_2 = C_1 \frac{M_1 (\Delta t)_2}{M_2 (\Delta t)_1}$$

4、仪器红色指示灯亮，表示连接线未连好或加热温度过高（超过 200°C ）已自动保护。

5、注意：测量降温时间时，按“计时”或“暂停”按钮应迅速、准确，以减小人为计时误差。

五、实验数据：

例：样品质量： $M_{Cu} = 12.35\text{g}$ ； $M_{Fe} = 11.03\text{g}$ ； $M_{Al} = 3.99\text{g}$ 。

热电偶冷端温度： 0°C

样品由 102°C 下降到 98°C 所需时间（单位为 S）

表 2

次数 样品	1	2	3	4	5	平均值 Δt
Fe	18.14	18.29	18.33	18.22	18.32	18.26
Cu	16.82	16.90	16.81	16.66	16.77	16.79
Al	13.51	13.37	13.43	13.40	13.39	13.42

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

$$\text{铁: } C_2 = C_1 \frac{M_1 (\Delta t)_2}{M_2 (\Delta t)_1} = 0.0940 \times \frac{12.35 \times 18.26}{11.03 \times 16.79} = 0.114 \text{ cal/ (g}^\circ\text{C)}$$

$$\text{铝: } C_3 = C_1 \frac{M_1 (\Delta t)_2}{M_3 (\Delta t)_1} = 0.0940 \times \frac{12.35 \times 13.42}{3.99 \times 16.79} = 0.234 \text{ cal/ (g}^\circ\text{C)}$$

六、技术指标

