

测定物体的比热容

一. 实验目的

1. 了解冷却定律,
2. 用冷却法测量金属的比热容值, 掌握测量比热容的方法。
3. 了解热电偶的工作原理和注意事项

二. 实验原理

单位质量的物质, 温度升高 (或降低) 1K 所吸收 (或放出) 的热量, 称为该物质的比热容 (specific heat capacity) 用 c 表示, 比热容的单位是焦耳 / 千克·开 ($J / \cdot K$), 比热随着温度的变化而不同。

本实验用冷却法测定金属 (铁、铝) 在 100°C 时的比热容。通常可通过辐射、传导、对流三种方式来进行热量传递。对流通常又可以分为自然对和强迫对流。前者主要是因为空间各处的温度不同和密度不同而引起发热体周围流体的流动, 由于发热体表面邻近的流体首先受热, 通过流体的流动, 将热量传到较冷的物体表面 (或将热量分散到流体的其余部分去)。强迫对流是通过气泵或风扇的作用来维持热体的流动。

将质量为 M_1 的金属样品加热后, 放在较低温的介质 (例如室温的空气) 中, 样品将逐渐冷却。单位时间内热量损失应与温度下降速率成正比 (由于金属样品的直径和长度多很小, 而导热性能又很好, 所以可以认为样品各处的温度相同), 于是可得到下面的关系式

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = c_1 M_1 \frac{\Delta \theta_1}{\Delta t} \quad (12-1)$$

式中 c_1 为金属样品在温度 θ_1 时的比热容, $\frac{\Delta \theta_1}{\Delta t}$ 为金属样品在温度 θ_1 时的温度下降速率。

根据冷却定律, 热体因对流而损失的热量由下式表示

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = a_1 S_1 (\theta_1 - \theta_0)^a \quad (12-2)$$

$\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ 表示单位时间内, 表面积为 S_1 的热体因对流而损失的热量, a_1 为热交换系数, S_1 为样品外表面的面积, α 为常数 (强迫对流时 $\alpha=1$ 自然对流时 $\alpha=5$)

/ 4), θ_1 为样品温度, θ_0 为周围介质的温度。

由式 (12-1) 和 (12-2) 可得

$$\frac{\Delta\theta_1}{\Delta t} = \frac{a_1 S_1}{c_1 M_1} (\theta_1 - \theta_0)^\alpha \quad (12-3)$$

对质量为 M_2 比热容为 c_2 的另一种样品, 则有同样的表达式

$$\frac{\Delta\theta_2}{\Delta t} = \frac{a_2 S_2}{c_2 M_2} (\theta_2 - \theta_0)^\alpha \quad (12-4)$$

(12-3) 和 (12-4) 相除, 得

$$\frac{\frac{\Delta\theta_1}{\Delta t}}{\frac{\Delta\theta_2}{\Delta t}} = \frac{a_1 S_1 c_2 M_2 (\theta_1 - \theta_0)^\alpha}{a_2 S_2 c_1 M_1 (\theta_2 - \theta_0)^\alpha} \quad (12-5)$$

如果两样品的形状与尺寸相同, 即 $S_1 = S_2$; 两样品的表面状况也相同, 而周围介质 (空气) 的性质也不变, 则有 $a_1 = a_2$ 。于是, 当周围介质温度不变, (即室温度 θ_0 恒定) 两样品又处于相同温度时, (12-5) 也可以简化为

$$c_2 = c_1 \frac{M_1 \left(\frac{\Delta\theta}{\Delta t} \right)_1}{M_2 \left(\frac{\Delta\theta}{\Delta t} \right)_2} \quad (12-6)$$

$\left(\frac{\Delta\theta}{\Delta t} \right)_1$ 和 $\left(\frac{\Delta\theta}{\Delta t} \right)_2$ 分别为是第一种样和第二种样品在温度时的 θ 的冷却速率, 就可以求出待测样品在温度 θ 时的比热容。

冷却规律研究: 假设金属固体在不太高的温度范围内, 比热容随温度变化很小, 则 (12-3) 式可写成

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{a_1 S_1}{c M_1} (\theta - \theta_0)^\alpha \quad (12-7)$$

两边取对数

$$\lg \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \alpha \lg(\theta - \theta_0) + \lg \frac{a_1 S_1}{c M_1} \quad (12-8)$$

通过实验, 作出 $\theta - \theta_0 \sim t$ 冷却曲线, 在冷却曲线上作切线, 并求出曲线的斜率

(如图像 12-1), 得到各温度 $\theta - \theta_0$ 的冷却速率 $\left| \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \right|$ 。在双对数坐标纸上以 $\theta - \theta_0$

为横轴。 $\left|\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\right|$ 为纵轴，作 $\left|\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\right| \sim \theta - \theta_0$ 图，(12-8)式可知各实验点将连成一直线，直线的斜率为 α ，截距为 $\lg a_1 S_1 / c M_1$ ，将 α 、 $a_1 S_1 / c M_1$ 代入(12-7)式，可得样品冷却表达式。

三. 实验内容

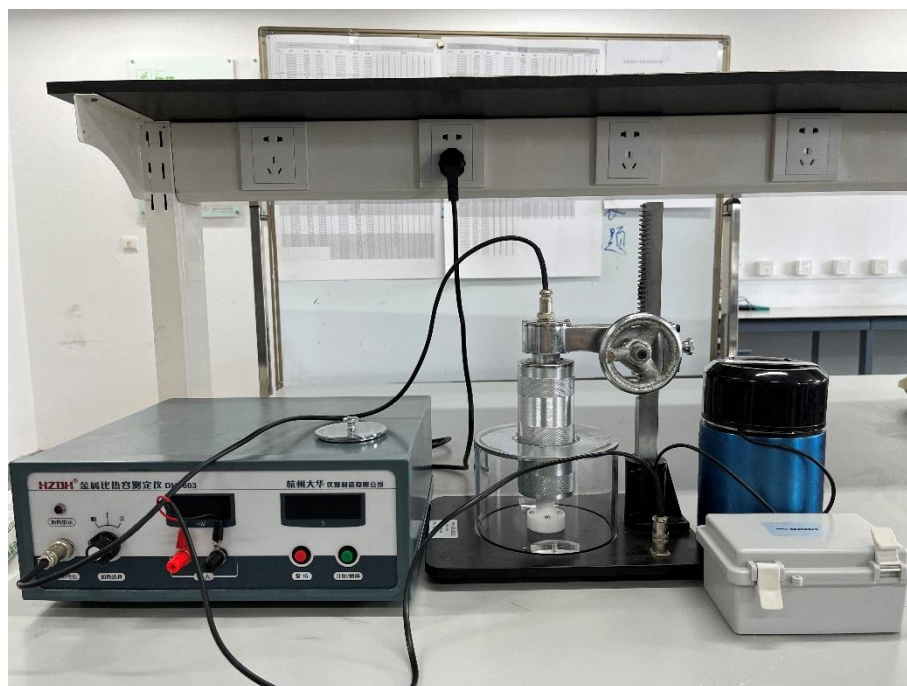


图 1 设备连接图

- 1) 按实验示意图连接导线，热电偶的铜导线即热端（红色导线），与电压表电压输入（+）相连，热电偶铜导线即冷端（黑色导线），与电压表电压输入（-）相连。冷端的康铜线已经连接好，实验时一起放入保温瓶内的冰水混合物中即可。
- 2) 记录样品质量后（质量标明于样品上），用镊子夹取实验样品，放置于容器内热电偶上，保持竖直状态。这样确保实验架下降后，样品完全被加热烙铁包裹，提高加热效率。
- 3) 打开“加热选择”到 1 档，3~5 秒之后打到二档，此时可见数字电压表电压示数逐渐上升，表明实验样品被加热，实验过程中加热指示可能会熄灭，是触发仪器过电流保护，属正常现象。
- 4) 当数字表读数为 5.50mV 时，逐档断开加热开关，上升实验支架（移去加热烙铁）并锁紧支架，防止掉落，同时尽快给实验容器盖上有玻璃盖，使样品在金属圆筒内自然冷却。
- 5) 记录实验样品由温度由 102℃ 下降到 98℃ 所需要的时间 Δt_0 。102℃ 时数字电压表读数为 4.37mV；98℃ 时数字电压表读数为 4.18mV。按计时秒表复位钮，作计时准备。随着实验样品的自然冷却，数字表读数逐渐下降，待下降至 4.37mV（即 102℃），按秒表启动/停止钮，秒表

开始计时，待数字表读数下降至 4.18mV(即 98℃)按秒表启动/停止钮，数字秒表记录并保持实验样品由温度由 102℃下降到 98℃所需要的时间 Δt_0 。

- 6) 重复上述实验过程，测量实验样品数据 5 次（全程用镊子夹取样品）。
- 7) 把实验样品换成铁柱和铝，重复上述实验过程
- 8) 根据实验数据和理论公式计算各样品的比热容值。
- 9) 待实验样品冷却后，检查冰水混合物，确保冰没有完全融化，以保证

冷端温度可靠，最后根据 $M_{cu} > M_{fe} > M_{al}$ 的特点区分样品。

注：Ccu=0.0940 cal/(g℃)

四. 思考题

1. 比热容的定义和单位是什么？
2. 根据式（12-6），测量比热容的条件是什么？
3. 为什么实验过程样品的实验速度差别明显？