

《物理实验》注意事项

■上课期间，不得使用手机(ipad、笔记本电脑等)以及任何自带资料，违者第一次扣10分，第二次本次实验计0分。

■手机静音或关机后放书包里，书包和水杯按要求统一放置在指定位置。

■每次课3小时，不得迟到，不得早退。

■按要求独立完成实验内容，规范记录实验数据。

■实验结束，整理仪器及配件，保持整洁。

■实验完成后1周内提交报告。

桌上仅放：

预习报告

空白数据记录纸

必要文具或计算器

注意：实验桌上打印的讲义和ppt，均不得带走。

如不慎带走，请及时归还（原教室或213室）

物理实验教学中心



Huazhong University of Science & Technology

华中科技大学

金属热学性质的测量

(物理实验中心 305#)

【实验目的】

1. 掌握铂电阻测量物体温度的原理
2. 强制对流冷却、自然冷却环境下测量金属材料的比热容
3. 了解热传导现象，理解散热速率和传热速率的关系
4. 掌握利用流体换热法测量金属材料导热系数的方法

实验内容1：金属比热容测量

冷却法原理

散热速率与冷却速率：
$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = C_1 M_1 \frac{\Delta \theta_1}{\Delta t}$$

牛顿冷却定律：
$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = a_1 s_1 (\theta_1 - \theta_0)$$

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

得到：

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

从同一温度点下降同样温度

$$\xrightarrow[\substack{\alpha_1 = \alpha_2 \\ s_1 = s_2}]{\quad} C_2 = C_1 \frac{M_1 (\Delta \theta / \Delta t)_1}{M_2 (\Delta \theta / \Delta t)_2} \xrightarrow{\quad} C_2 = C_1 \frac{M_1 (\Delta t)_2}{M_2 (\Delta t)_1}$$

思路：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，求出待测金属材料的比热容 C_2

实验内容1：金属比热容测量

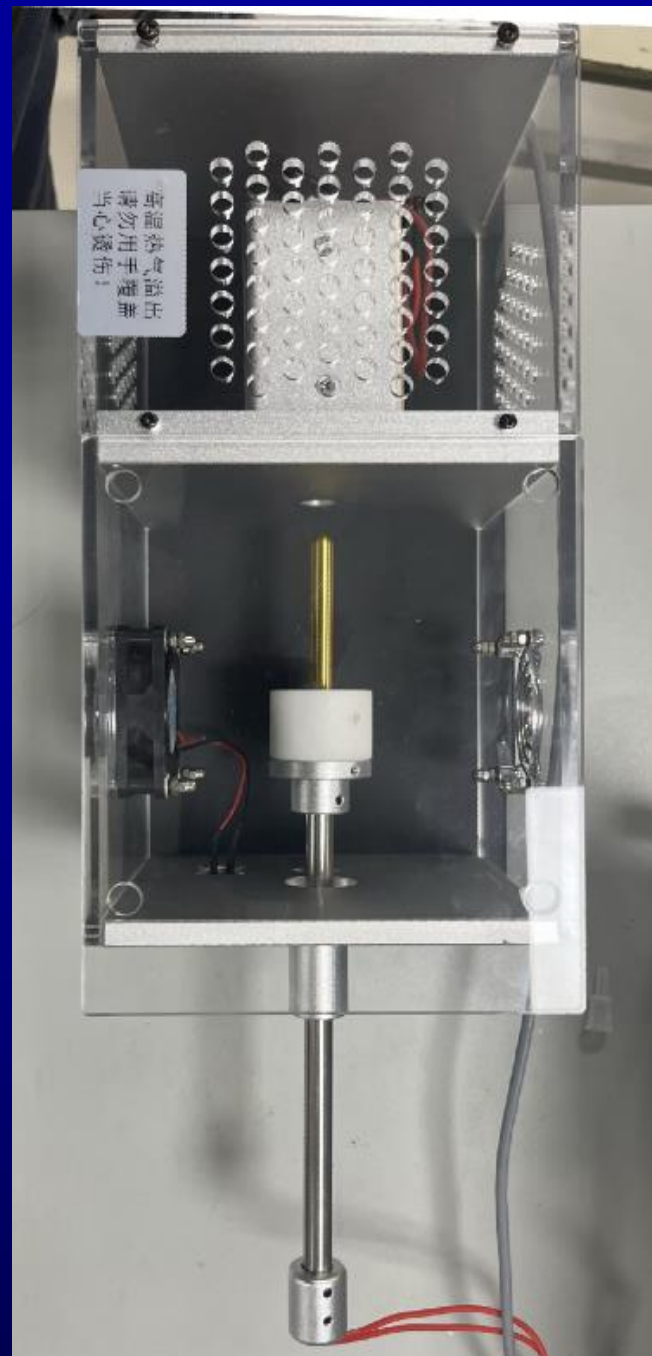
实验仪器



金属样品：铜、铝、铁各1个；直径8mm；长度65mm

数字欧姆表：量程0-199.99 Ω ；分辨率0.01 Ω 。

温度传感器Pt100：分辨率不低于0.1 $^{\circ}\text{C}$ ，范围-200 $^{\circ}\text{C}$ ~400 $^{\circ}\text{C}$



实验内容1：金属比热容测量

实验步骤

- 1.电子天平称量铜、铝、铁3个金属样品的质量
- 2.强制对流冷却环境下测量样品在100℃时的比热容（自动计时）

标准样品进入加热器，观察PT100铂电阻阻值。当温度超过115℃，拉出滑杆，风扇对样品进行强制对流冷却。温度降低到105℃时开始计时，温度降低到95℃时停止计时，记录时间 Δt ；温度降至45℃以下，更换为金属铝、铁样品，测量 Δt

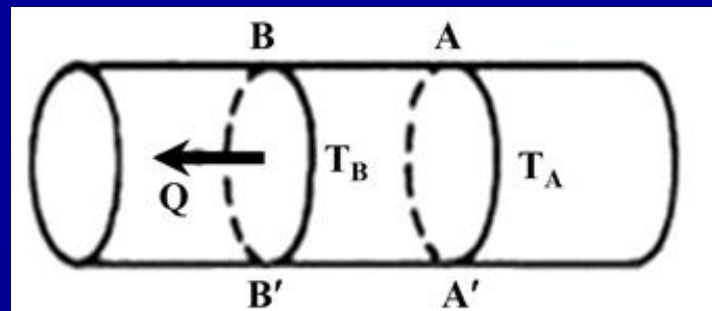
- ### 3. 自然冷却的环境下测量样品在100℃时的比热容

表 1 样品由 105℃降至 95℃所需时间 Δt (s)[illegible]

实验内容2：流体换热法测量金属的导热系数

实验原理

傅里叶热传导定律：
$$Q = \lambda St \frac{T_A - T_B}{l}$$



流体换热法：一定温度、已知比热容的液体稳定流过向外传递热量的部件；液体因受热而温度升高，根据流过液体质量、温度变化以及液体比热容可计算液体在流动期间内传递的热量

适用：单位时间传递热量数值较大的情况（金属材料）

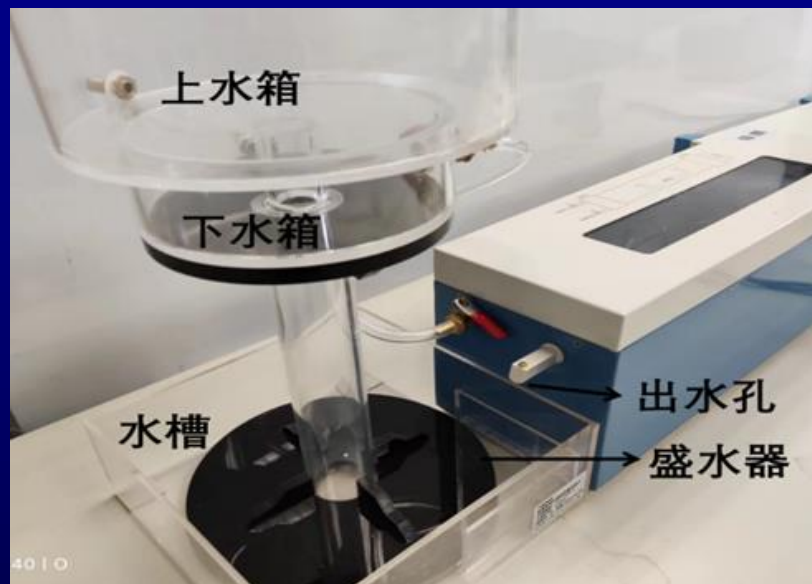
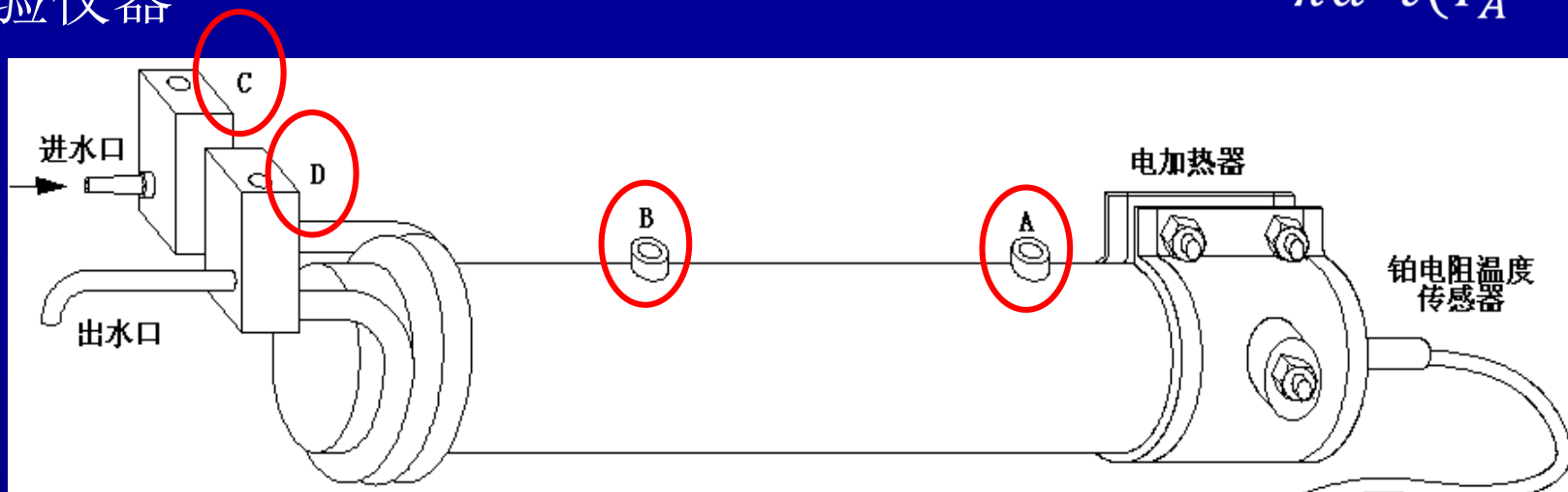
水带走的热量：
$$Q = mc(T_{\text{流出}} - T_{\text{流进}}) \longrightarrow \lambda = \frac{4mlc(T_{\text{流出}} - T_{\text{流进}})}{\pi d^2 t (T_A - T_B)}$$

1. 金属圆柱体保温棉缠绕放在保温箱中
2. 高温端热源精密控温，缩短热流达到稳定所需的时间
3. 冷却水保持恒定水压，流速稳定，保持待测样品热流恒定

实验内容2：流体换热法测量金属的导热系数

$$\lambda = \frac{4mlc(T_D - T_C)}{\pi d^2 t (T_A - T_B)}$$

实验仪器



实验内容2：流体换热法测量金属的导热系数

实验步骤

$$\lambda = \frac{4mlc(T_D - T_C)}{\pi d^2 t (T_A - T_B)}$$

- 1. 连接水管、连接线，出水口放置方形水槽
- 2. 样品热端加热，打开水阀，水箱内注入冷水，直至水箱水位恒定
- 3. 调节水阀（只打开很小角度），使得单位时间内有适量稳定流速的水流过样品冷却端（注射器随时从水槽吸水补充到上水箱）
- 4. 观察ABCD四点温度值变化，5分钟内基本无波动后记录数据
- 5. 测量样品冷却端100s内流出热水质量（盛水后质量-盛水前质量），再次记录此时ABCD四点温度

表 2 良导体导热系数各部分温度

	$T_A/^{\circ}C$	$T_B/^{\circ}C$	$T_C/^{\circ}C$	$T_D/^{\circ}C$
测量开始				
测量结束				
平均值				

三角型盛水器质量 $m_1 =$ _____； $m_2 =$ _____； $\Delta m =$ _____； 测量时间 $t =$ _____。

水阀只打开很小角度

稳定流速



【数据处理】（原始数据报告上作表）

1. 比热容实验：以铜样品为标准，计算铝、铁样品的比热容。
与公认值比较，分析误差，分析两种冷却环境下的实验结果
2. 导热系数实验：计算铝（铜）导热系数，与公认值比较，计算相对误差。分析误差的关键原因，提出可行的实验改进方案

【注意事项】

比热容测量

- 实验前先开启加热器预热10-15分钟
- 加热器工作时保持其周围散热孔畅通，不要用任何物体遮挡散热孔
- 强制对流冷却的实验环境时，不要使任何热源靠近进风口，并保持进出风口畅通
- 温度降至45℃以下，方能打开盖子更换样品，以免烫伤

导热系数测量

- 实验用的水要干净，不能带有残渣，防止堵塞管道
- 用手指弹动或挤压水流管道，可排除管道中气泡，使水流顺畅
- 防止上水箱以及下面的方形水槽中的水溢出
- 使用完毕，所有水箱及管道内的水排干（可利用针筒）