

# 《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在书包里，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：

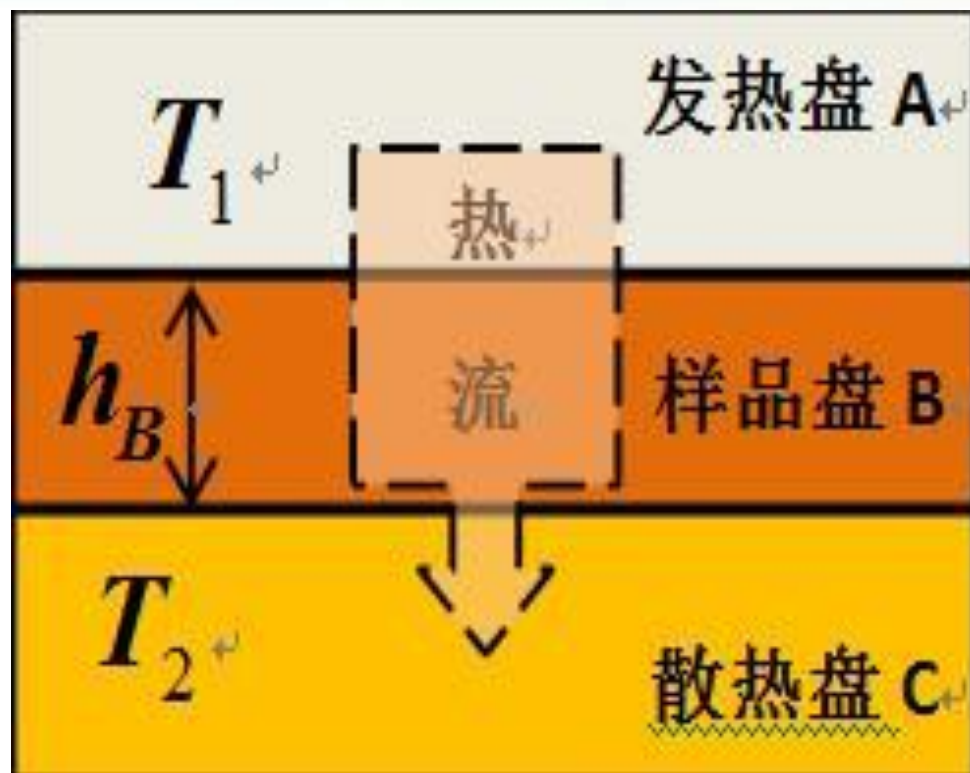
预习报告

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。**

# 稳态法测固体的导热系数



华中科技大学物理实验教学中心

# 【预备问题】

**1. 什么叫稳定导热状态（简称稳态）？**

**如何判定实验达到了稳定导热状态？**

**2. 待测样品盘是厚一点好，还是薄一点好？**

**3. 如何根据冷却曲线求出温度 $T_2$ 附近的冷却速率？**

# 【实验目的】

1. 了解热传导现象的物理过程。
2. 了解物体散热速率和传热速率的关系。
3. 学习稳态法测量不良导热材料系数。
4. 学会用铂电阻型传感器测定温度。

# 【背景介绍】

- 热量传递的基本形式：热传导、热对流、热辐射
- 热传导：物体各部分之间不发生相对宏观位移情况下由于温差引起的热量传递过程
- 微观：自由电子或晶格振动波作为载体进行热量交换的过程
- 宏观：物体内部存在温度梯度，发生从高温部分向低温部分传递热量的过程
- 热传导现象的普遍存在
- 导热体 绝热体 不良导热体及其应用

**导热系数（热导率） $\lambda$ ：**表征物体传导热能力的物理量，在数值上等于每单位长度温度降低一个单位时，单位时间内通过单位面积的热量，其单位是 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。

**测量方法：**

**稳态法：**先用热源对待测样品进行加热，使样品内部形成稳定的温度分布，然后进行测量。

**暂态法：**在测量过程中样品内部的温度分布随时间是变化的，测量这种变化，得到热扩散率，再利用物体已知的密度和比热，求得导热系数。

要得到准确的测量值，必须根据物体的导热系数范围和样品特征，合理选择测量方法。



法国科学家傅里叶根据实验得到热传导基本关系，1822年提出了热传导基本定律，指出导热热流密度（单位时间通过单位面积的热量）和温度梯度成正比关系。

傅里叶热传导定律： $q = -\lambda grad(T)$

物体的导热系数不仅与构成物体的物质种类密切相关，还与它的微观结构、温度、压力、湿度及杂质含量相联系。一般说来，金属的导热系数比非金属的要大；固体的导热系数比液体的要大；气体的导热系数最小。



# 【实验原理】

热传导达到稳定状态：热平衡时，通过待测样品的传热速率和散热铜盘向侧面和下面的散热速率相同

$$\left( \frac{\Delta Q}{\Delta t} \right)_{B \text{ 稳态}} = \left( \frac{\Delta Q}{\Delta t} \right)_{C \text{ 散热}}$$

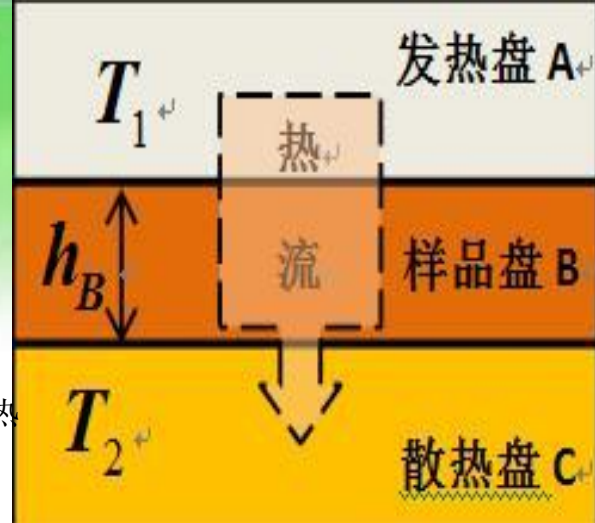
传热速率：  $\frac{\Delta Q}{\Delta t} \Big|_{B \text{ 稳态}} = \lambda \cdot S \cdot \frac{(T_1 - T_2)}{h_B}$

物体的散热速率与冷却速率间的关系：

$$\left( \frac{\Delta Q}{\Delta t} \right)_{C \text{ 散热}} = mc \left( \frac{\Delta T}{\Delta t} \right)$$

修正：散热盘C上表面是被样品盘B覆盖，通过样品盘B的热流量应和散热盘C向侧面和下面的散热速率相同

导热系数  $\lambda = mc \left( \frac{\Delta T}{\Delta t} \right)_{T_2} \frac{(R_C + 2h_C)h_B}{(2R_C + 2h_C)(T_1 - T_2)} \frac{1}{\pi R_B^2}$



导热系数实验示意图

$m$  : 散热盘质量  
 $C$  : 散热盘比热容  
 $R_C$  : 散热盘半径  
 $h_C$  : 散热盘厚度

$$= mc \left( \frac{\Delta T}{\Delta t} \right)_{T=T_2} \frac{(\pi R_C^2 + 2\pi R_C h_C)}{(2\pi R_C^2 + 2\pi R_C h_C)}$$



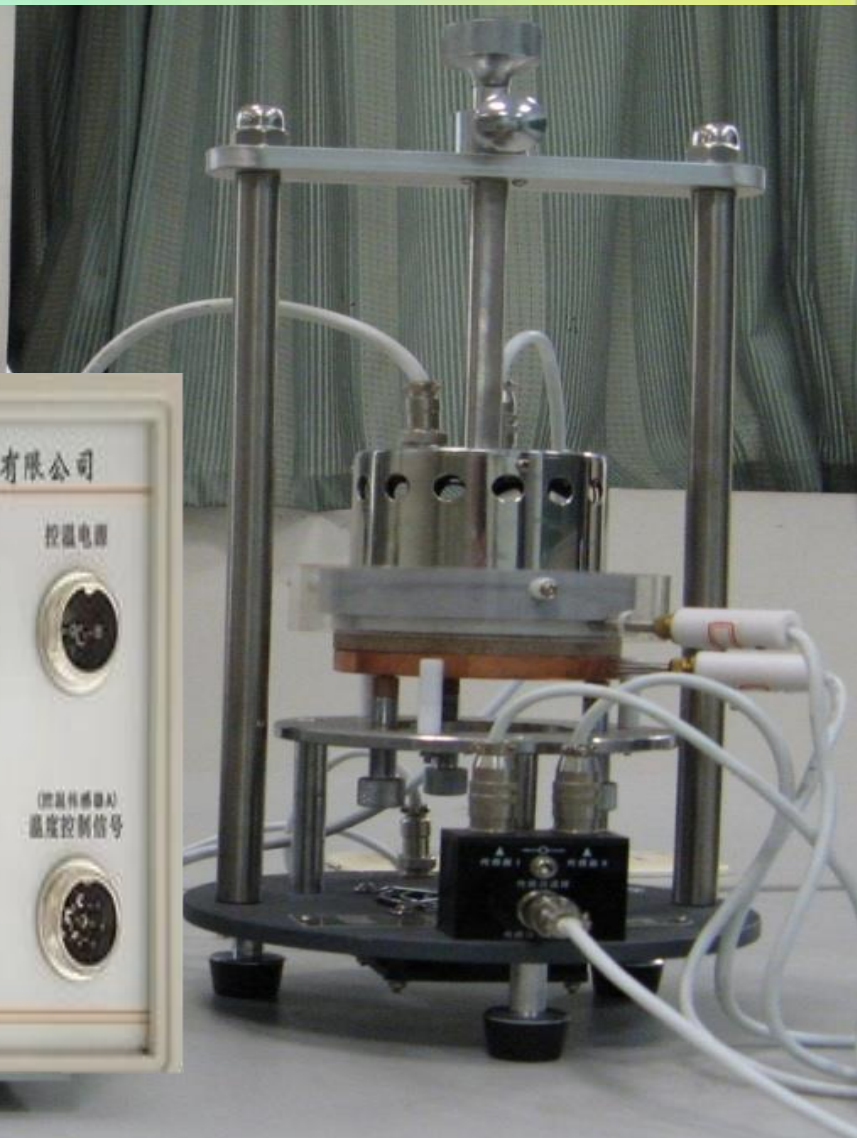
# 【实验仪器】

## TC-3 型稳态法固体导热系数测定仪

测试仪表和测试架

待测样品：环氧树脂、硅橡胶

游标卡尺



# 【实验内容】

1. 测量样品盘和散热盘的直径、厚度-5组数据；记录散热盘质量 $m$ 。
2. 安装待测样品：调节3个螺栓，发热盘A/样品盘B/散热盘C密切接触。
3. 温度传感器：打开电源开关，记录两传感器空气中接触时的初始温度。  
传感器I和II分别插入发热铝盘、散热铜盘的小孔中。
4. 温度设置：加温上限为 $60^{\circ}\text{C}$ 。
5. 测量升温曲线和稳态温度：加热，每隔2分钟记下发热铝盘和散热铜盘的温度。铜盘温度基本稳定（10分钟内变化范围 $0.3\text{-}0.5^{\circ}\text{C}$ ）→系统达到稳态（ $\sim 40\text{min}$ ），每隔5分钟记录发热铝盘和散热铜盘的温度，取5组数据的平均值作为其稳态温度 $T_1$ 、 $T_2$ 。
6. 测量冷却速率：移去样品盘，发热铝盘与散热铜盘直接接触。铜盘温度上升到高于 $T_2$ 若干摄氏度（ $\sim 3^{\circ}\text{C}$ ），移开发热铝盘，关闭加热，散热铜盘在空气中自然冷却。记录温度 $T$ 随时间 $t$ 降低的数据（每30秒），温度降到 $T_2$ 附近，继续记录5-6个数据。



# 【数据处理】

数据记录：设计表格、规范（物理量 单位...），清楚

作图：1. 发热盘A和散热盘C的升温曲线，解释热传导规律  
2. 散热盘C温度随时间变化的冷却曲线

♣ 图名/横竖坐标/单位/坐标范围及比例/数据点.....

计算：1. 选择 $T_2$ 上下各5组，逐差法计算C盘的冷却速率  
2. 计算样品B盘的导热系数  $\lambda$  及不确定度  $U(\lambda)$

♣ 只考虑冷却速率的误差

分析总结：预备问题，分析误差来源

# 【注意事项】

- 规范操作，防止高温烫伤
- 实验前标定两测温传感器，若不一致，进行修正
- 测温传感器插到孔洞底部，保证良好接触
- 发热盘A/样品盘B/散热盘C紧密接触
- 稳态温度和散热速率测量过程中，保持环境稳定
- 实验完毕，整理仪器和实验桌保持整洁