

1. 签到

2. 按照自己的序号

对照**仪器序号**就坐（

**前三排座位**为热导实

验仪器）

# 准稳态法测量不良导体的 导热系数和比热

# 物理实验完整报告要求

简要实验报告仅要求含1、5—7项。

1. 列出实验名称、实验目的
2. 实验原理
3. 实验仪器
4. 实验任务或实验步骤
5. 数据处理（整理原始数据）
6. 实验小结（有就写，不强求）
7. 后附签字的原始数据表格，简单的预习报告

完整报告1-4项限制1000字内，不要抄讲义，要自己提炼。报告重点应放在5、6项。

注意：实验报告只能交电子版pdf格式，可以扫描件，或者拍照转pdf，要求清晰即可。

（6 7 10 11周要求完整实验报告）

看质量，  
不看厚薄！

一周内提交，四周后无效

只能交电子版pdf格式（手写扫描，拍照转pdf都可以），网络学堂课程作业序号32：作业题目：J51-热导-准稳态法测量不良导体的导热系数和比热-梅圳（我的作业箱）

我的联系方式：

邮箱：[meic19@mails.tsinghua.edu.cn](mailto:meic19@mails.tsinghua.edu.cn)

微信:13717853299

有问题联系我(我的作业箱主页有联系方式)

# 一、实验原理

热量传递三种方式：热传导、对流、辐射；

热传导中的稳态、非稳态、准稳态；

热的良导体、不良导体。

# 一、实验原理

傅里叶定律

$$Q = -\lambda F \frac{dt}{dx}$$

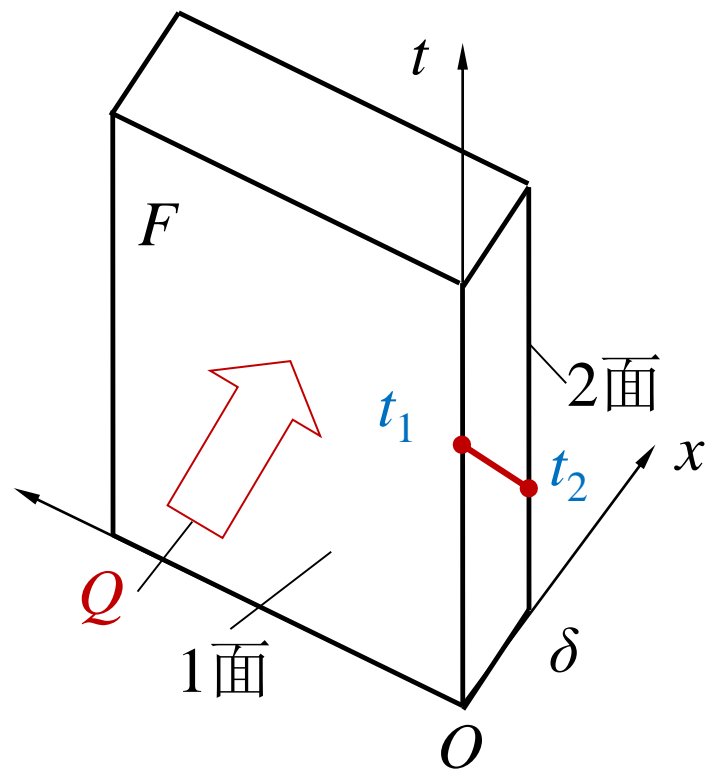
热流密度:

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx}$$

导热系数 $\lambda$ 意义:

单位时间内在单位温度梯度作用下的

热流密度单位:  $W/(m \cdot K)$



平板的一维稳态导热

# 一、实验原理

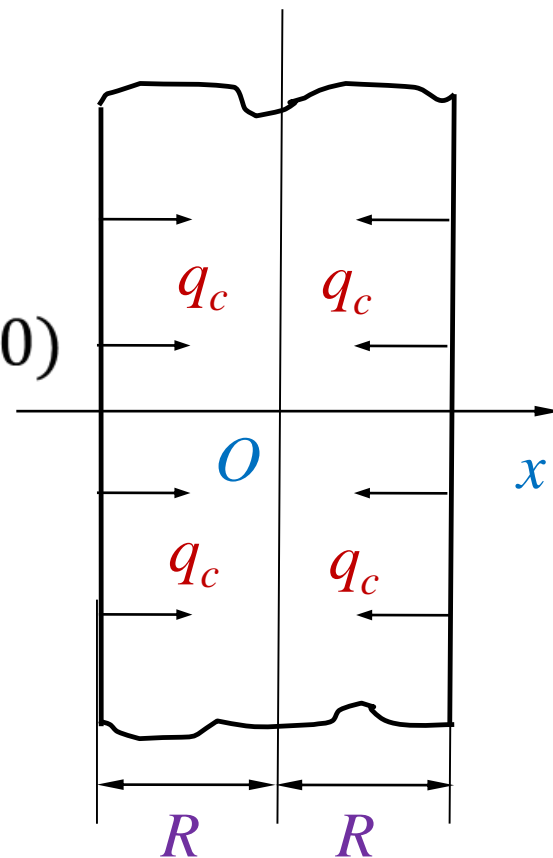
## 一维导热模型及热传导方程

$$\bullet \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2} \quad (0 < x < R, \tau > 0)$$

初始条件  $t(x, \tau)_{\tau=0} = t_0$

边界条件  $q_c = \lambda \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} \Big|_{x=R}$

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0$$



无限大平板导热模型

# 一、实验原理

方程的解为：

$$t(x, \tau) = t_0 + \frac{q_c}{\lambda} \left[ \frac{a\tau}{R} - \frac{R^2 - 3x^2}{6R} + R \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{2}{\mu_n^2} \cos(\mu_n \frac{x}{R}) \exp(-\mu_n^2 F_0) \right]$$

式中：  $\mu_n = n\pi$ ,  $n = 1, 2, 3 \dots$

当  $F_0 = \frac{a\tau}{R^2} > 0.5$  时进入准稳态：x 和  $\tau$  独立

$$t(x, \tau) - t_0 = \frac{q_c R}{\lambda} \left( \frac{a\tau}{R^2} + \frac{x^2}{2R^2} - \frac{1}{6} \right)$$



# 一、实验原理

$$t(x, \tau) - t_0 = \frac{q_c R}{\lambda} \left( \frac{a \tau}{R^2} + \frac{x^2}{2R^2} - \frac{1}{6} \right)$$

准稳态时利用同一时刻加热面 ( $x=R$ ) 与中心面 ( $x=0$ ) 的温度之差可以计算导热系数 $\lambda$

$$\lambda = \frac{q_c R}{2\Delta t}$$

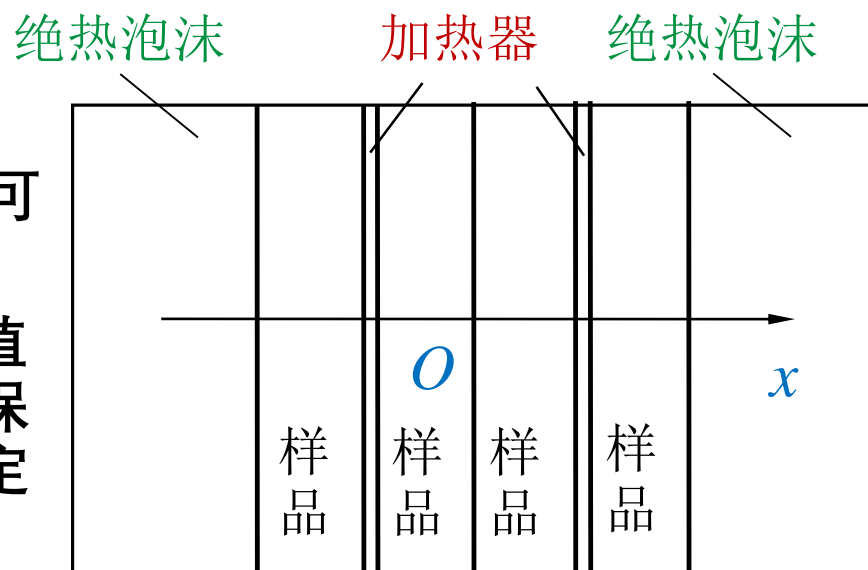
准稳态时利用中心面 ( $x=0$ ) 的温升速率可以计算材料比热 $C$

$$q_c F = c \rho R F \left. \frac{\partial t}{\partial \tau} \right|_{x=0} \quad c = \frac{q_c}{\rho R \left. \frac{\partial t}{\partial \tau} \right|_{x=0}}$$

# 一、实验原理

## 实验装置特色

- 1) 实验样品长宽均为厚度 $R$ 的9倍，可忽略长宽非无限大
- 2) 采取四块样品**紧密组合**由两个阻值一致的薄膜加热器并联供热，以保证两加热面向中心的加热热流恒定并**对称相等**
- 3) 四块样品组合有利于在加热面、中心面中心安装测温元件

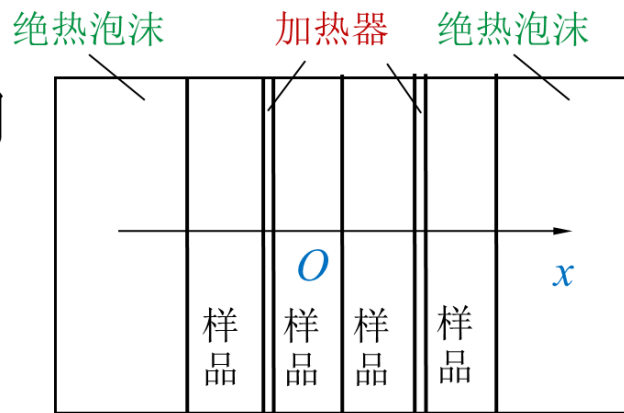


# 一、实验原理

$$\lambda = \frac{q_c R}{2\Delta t} \quad c = \frac{q_c}{\rho R \left. \frac{\partial t}{\partial \tau} \right|_{x=0}}$$

通电时忽略电阻电容变化，平面薄膜加热器的热量向两个方向传导，利用对成型设置样品架，向样品中心传导的流密度为加热电功率的一半，即

$$q_c = \frac{U_{\text{加热}}^2}{2Fr}$$

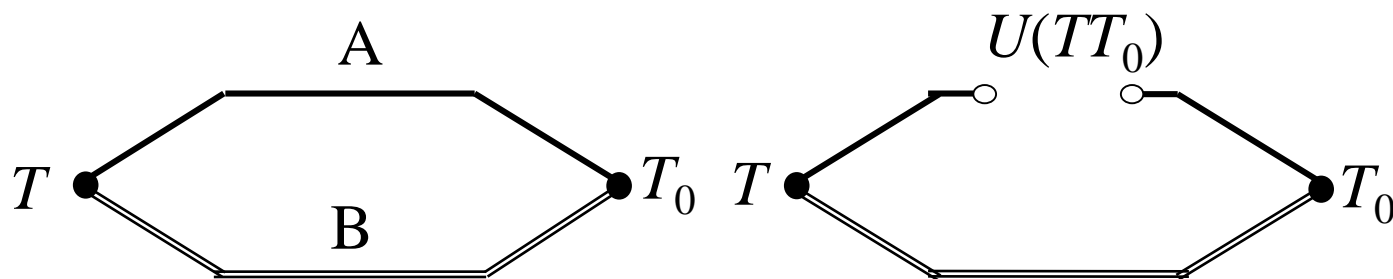


U 加热为加热器所加电压，（两个相同的加热电薄膜加热器并联接到加热电源），r 为单个加热器电阻。

# 一、实验原理

$$\lambda = \frac{q_c R}{2\Delta t} \quad c = \frac{q_c}{\rho R \left. \frac{\partial t}{\partial \tau} \right|_{x=0}}$$

## 热电偶测温原理



温差电动势、热电效应（塞贝克效应seebeck effect）、中间导体定律

$$U(TT_0) = a(T - T_0) + b(T - T_0)^2$$

测量温度范围较小时，可以忽略二次项，近似认为热电偶输出与温差成正比。在本实验中，使用铜-康铜热电偶

$$a = 40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$$

## 二、实验仪器

1. 数字万用表
2. 直流稳压电源
3. 数字信号发生器
4. 数字万用表使用练习配件
5. 热导测量仪
6. 双刀双掷开关（换向开关）
7. 秒表

### 三、实验任务及注意事项

1. 按室内资料、仪器说明书完成数字万用表使用练习任务
2. 按讲义上的实验步骤完成有机玻璃导热系数与比热的测量
3. 注意：热偶丝较细，注意保护，加热面热偶横梁任何情况下都禁止取下
4. 禁止拆开实验仪器，避免损坏热电耦以及其他组件
5. 实验结束，装置需要松开散热，同时整理好仪器恢复原样

# 1. 万用表使用：按照说明书

记录：测量值，量程，精度

测量任务	测量值	量程	精度(测量值% + 量程%)	完整测量结果
测交流电压有效 (V)				
测交流信号的频 (kHz)				
二端法 测电阻(KΩ)				
电容 (μF)				
二极管 (V)	正向导通电压=			

# 1. 万用表使用：按照说明书

$\Delta X$ 取两位有效数字，首位是1或者2取两位，首位 $\geq 3$ ，可取一位有效数字。同时最终结果要注意 $X \pm \Delta X$ 的表达规则，小数点后位数对齐。

以电阻测量结果为例计算：

量程为 $20\text{k}\Omega$ ，读数为 $11.0106\text{k}\Omega$ ，读表格可知，不确定度为 $0.020\% + 0.004\%$

$$\begin{aligned}\Delta R &= 0.020\% \times 11.0106 + 0.004\% \times 20.0000 \\ &= 0.0030\text{k}\Omega\end{aligned}$$

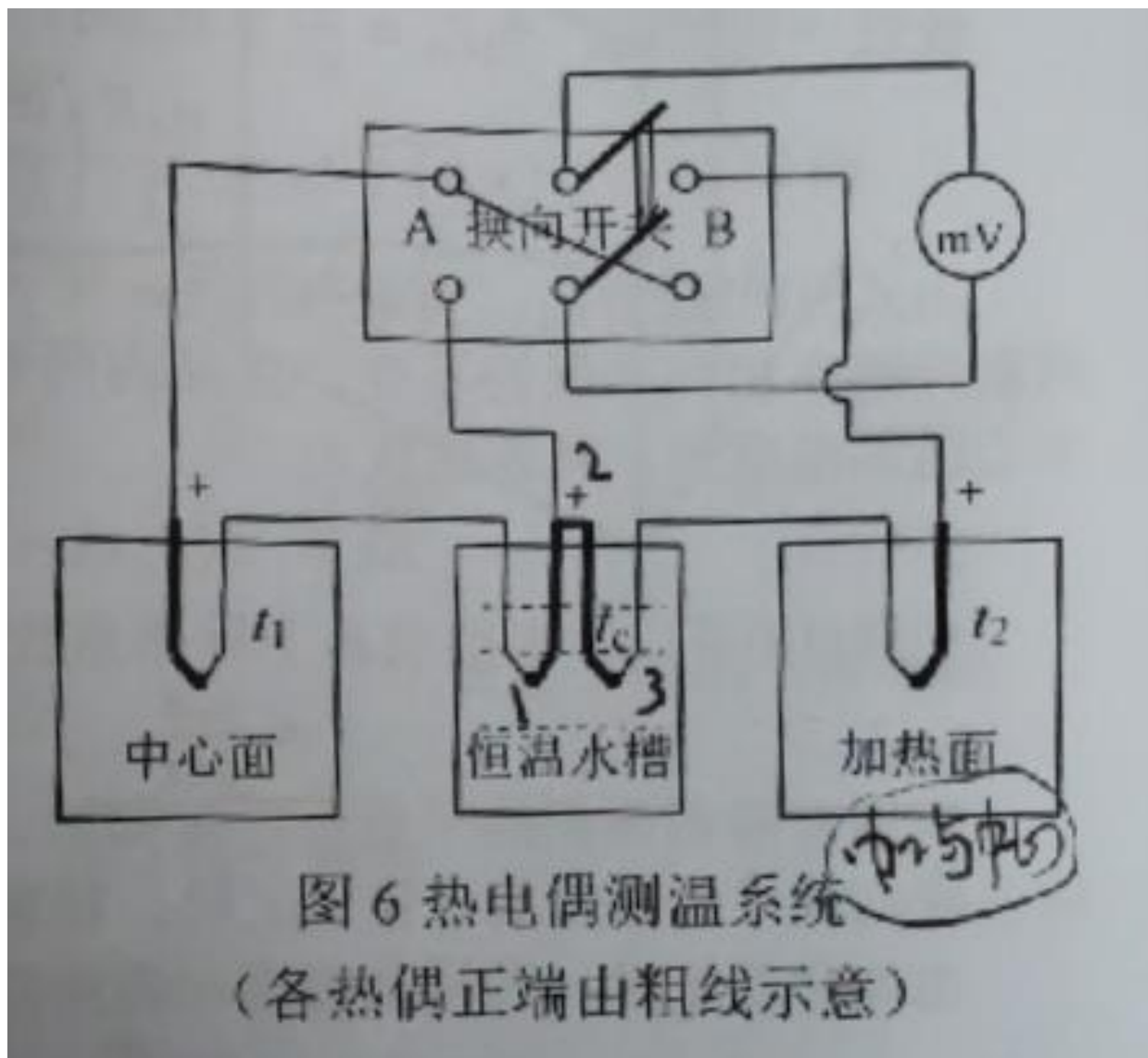
$$R = R \pm \Delta R = 11.0106 \pm 0.0030\text{k}\Omega$$



## 2. 热导实验

$$\lambda = \frac{q_c R}{2\Delta t}$$

$$c = \frac{q_c}{\rho R \left. \frac{\partial t}{\partial \tau} \right|_{x=0}}$$



## 2. 热导实验

1. 预热加热电源（15~20V），固定紧实测量样品台装置（**开始计时前不要对电阻薄膜进行加热**）
2. 检查装置：测量加热器电阻（并联55正常），检查四个热电偶（约几欧姆）
3. 按照图示连接电路（**电路连接好要让我检查无误才可以开始测量数据，不接入加热电源**）：测量室温 $t_0$ ，初始加热电压，初始的压差 $U_1$ 和 $U_2$ ：**0时刻 $U_1$  应该10 $\mu$ V以内，否则考虑修正测量的电压值即零位修正 $U_0$ ：万用表短接会有一个内部电压**
4. **接入电压**开始计时：同时每隔一分钟记录数据，考虑优先记录变化快的数据（刚开始 $U(t_2t_1)$ 变化较快）
5. 结束计时：记录加热电压
6. **松开装置散热**，整理好实验器材即可

## 2. 热导实验（合适量程）

材料 有机玻璃 ；  $L=W=$ \_\_\_\_\_；  $R=$ \_\_\_\_\_；  $\rho=$

室温  $t_0=$ \_\_\_\_\_； 加热器  $r/2=$ \_\_\_\_\_；

加热电压  $U_{\text{加热初始}}=$ \_\_\_\_\_； 加热电压  $U_{\text{加热结束}}=$ \_\_\_\_\_； 加热电压  $U_{\text{加热平均}}=$

$\tau$ (min)	0	1	2	...	25
中心面与冷面 $U(t_1 t_c)$				...	
热面与中心面 $U(t_2 t_1)$				...	

## 四：数据处理（准稳态）

- 1、最好是用软件画出  $U_1(t_2t_1) \sim \tau$  、  $U_2(t_1t_c) \sim \tau$  曲线，画出散点图，拟合曲线从图线判断出现准稳态的时间，得出温差、温升速率，进而求出导热系数、比热。估计进入准稳态时中心面的温度，对准稳态出现  
后  $U_1(t_2t_1) \sim \tau$  、  $U_2(t_1t_c) \sim \tau$  曲线走势进行分析解释。考虑零位修正：万用表短接会有一个内部电压（0时刻U1 应该10uV以内，否则考虑修正测量的电压值）；万用表部分需要重新整理实验数据，同时以一个数据为例写出详细结算结果；数据处理要给出原始公式和详细每一步代入过程。
- 2、如果考虑薄膜加热器的热容、边缘绝热条件没满足等，热流密度按电功率的85%来修正，请重新给出该条件下的导热系数与比热。

（原始数据需要和实验报告装订在一起）

## 问题探讨:

1. 本实验中准稳态会无限保持下去吗?
2. 热电偶冷端温度对实验的影响是怎样的?
3. 从理论层面、装置层面、操作层面进行误差分析, 以及结果自洽性分析
4. 对 $U_1$ 和 $U_2$ 走势进行分析

