

浙江大学

物理实验报告

实验名称： 不良导体热导率的测量

指导教师： 厉位阳

专业： 竺可桢学院混合班

班级： 混合 1903 班

姓名： 徐圣泽

学号： 3190102721

实验日期： 4 月 24 日 星期 五 下午

一、 实验目的

- 1、了解热传导的过程和导热系数；
- 2、掌握热传导过程中各物理量的计算方法；
- 3、学习准稳态热流法并运用于本实验中；
- 4、初步了解和认识热学实验。

二、 实验内容

- 1、推导热导率（导热系数）的计算公式；
- 2、使用相关仪器测量式中各物理量；
- 3、利用逐差法和作图法处理数据；
- 4、将得到的各数据代入公式计算得到导热系数数值；
- 5、分析实验结果并探究误差来源。

三、 实验原理

（1）热导率

热导率又称“导热系数”，是物质导热能力的量度，符号为 λ 或 K 。

经查阅资料发现，热导率的具体定义为：在物体内部垂直于导热方向取两个相距 1 米，面积为 1 平方米的平行平面，若两个平面的温度相差 1K，则在 1 秒内从一个平面传导至另一个平面的热量就规定为该物质的热导率。

热传导过程中，在 dt 时间内通过 dS 面积的热量 dQ ，正比于物体的温度梯度，其比例系数是导热系数，即： $\frac{dQ}{dt} = -\lambda \frac{dT}{dx} dS$ ，其中“-”代表热量由高温区向低温区。

因此在本次实验中，只需要测量并计算得到除了 λ 的其他变量值，便可以推导出导热系数值。

（2）测量原理

设样品是一个平板（在本实验中样品为一圆盘），处于稳态时，上下平面有稳定的温度 T_1 和 T_2 ，因此根据上述方程，只要分别测出式中各个物理量的数值，便可以求得导热系数 λ 。

式子中 dx 为样品厚度， dS 为样品上表面的面积。 dx 和 dS 分别通过游标卡尺测量圆盘的厚度和直径得到，待测平板上下平面的温度 T_1 和 T_2 是用传热圆筒 A 的底部和散热铜盘 C 的温度来代表。

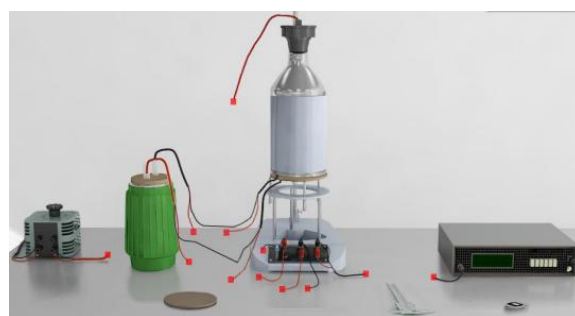
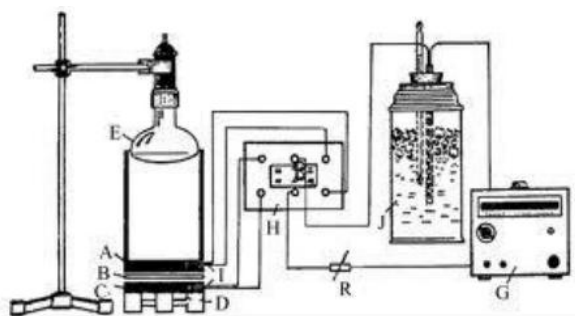
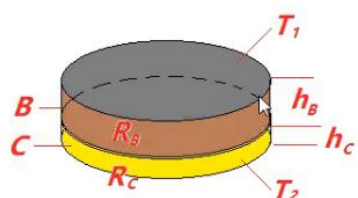


图 1 不良导体热导率测定装置原理图和虚拟实验平台的装置图

(3) 稳态测量

对橡胶盘加热，稳态时，读取橡胶盘上表面和下表面的温度 T_1 和 T_2 ，以此计算得到 $\frac{dQ}{dt} = \lambda \frac{T_1 - T_2}{h_B} S_B$ 中温度的差值，从而与后面列出的式子相联立建立等式，式中的厚度和面积通过游标卡尺测量计算得到。

(4) 动态测量



在稳定导热的条件下 (T_1 和 T_2 值恒定不变)，可以认为通过待测样品盘 B 的传热速率与铜盘 C 向周围环境散热的速率相等，因此可以通过 C 盘在稳定温度 T_2 附近的散热速率 $\frac{dT}{dt}$ ，求得 $\frac{dQ_{\text{传}}}{dt}$ 。

在读取稳态时的 T_1 和 T_2 之后，拿走样品 B，让 C 盘直接与传热筒 A 底部的下表面接触，加热铜盘 C，使 C 盘温度上升到比 T_2 高 10°C 左右，再移去传热筒 A，让铜盘 C 通过外表面直接向环境散热（自然冷却），每隔 30s 记下相应的温度值。

选取最接近 T_2 前后的各六组数据，通过逐差法求出 C 盘在 T_2 附近的冷却速率 $\frac{dT}{dt}$ 。

(5) 具体计算过程

对于铜盘 C，在达到稳态时，上表面并未散热，此时 C 的散热面积为 $\pi R_c^2 + 2\pi R_c h_c$ ，但移去传热筒 A 后，C 盘的散热面积发生改变，此时为 $2\pi R_c^2 + 2\pi R_c h_c$ ，因此 $\frac{dQ}{dt} = \frac{\pi R_c^2 + 2\pi R_c h_c}{2\pi R_c^2 + 2\pi R_c h_c} \times \frac{dQ_{\text{传}}}{dt}$ 。

此时有 $\frac{dQ_{\text{传}}}{dt} = m_{\text{Cu}} c_{\text{Cu}} \frac{dT}{dt}$ ，故代入得到等式 $\frac{dQ}{dt} = m_{\text{Cu}} c_{\text{Cu}} \frac{R_c + 2h_c}{2R_c + 2h_c} \times \frac{dT}{dt}$ ，与最初的等式联立，可

化简得到 $\lambda = m_{\text{Cu}} c_{\text{Cu}} h_B \frac{R_c + 2h_c}{2\pi R_B^2 (T_1 - T_2)(R_c + h_c)} \frac{dT}{dt}$ 。

在一定范围内电压和温度变化成正比，于是用电压值代替式中的温度值计算，得到下式：

$$\lambda = m_{\text{Cu}} c_{\text{Cu}} h_B \frac{R_c + 2h_c}{2\pi R_B^2 (U_1 - U_2)(R_c + h_c)} \frac{dU}{dt}。$$

四、 实验仪器

主仪器，自耦调压器，，数字电压表，杜瓦瓶，游标卡尺，电子秒表

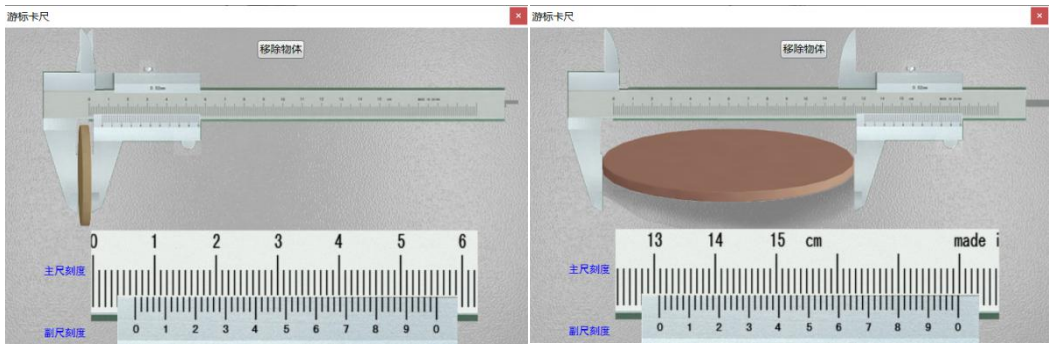
五、 实验原始数据记录

(1) 几何尺寸的测量

利用游标卡尺测量橡胶盘和铜盘的直径与厚度，记录于下表中：

测量次数	1	2	3
铜盘直径	129.22	129.20	129.22
铜盘厚度	6.86	6.88	6.86
橡胶盘直径	130.80	130.80	130.78
橡胶盘厚度	7.92	7.90	7.90

表 1 铜盘和橡胶盘的直径和厚度记录（单位：mm）



(2) 稳态测量 T_1 和 T_2

测量 A 加热到平衡温度时的温差电动势的绝对值 (mv)： 3.22

测量 C 加热到平衡温度时的温差电动势的绝对值 (mv)： 2.42



(3) 动态测量

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
电压	3.06	3.00	2.94	2.89	2.83	2.78	2.73	2.67	2.63	2.58

表 2 自然冷却过程中每隔一段时间的前十组电压值记录（单位：mv）

次数	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
电压	2.53	2.48	2.43	2.38	2.33	2.28	2.23	2.18	2.13	2.08

表 3 自然冷却过程中每隔一段时间的后十组电压值记录（单位：mv）

六、 实验数据处理和结果分析

(1) 几何尺寸数据处理

物理量	平均值
铜盘直径	129.22
铜盘厚度	6.86

橡胶盘直径	130.80
橡胶盘厚度	7.90

表 4 几何尺寸测量平均值（单位：mm）

（2）散热速率计算

选取与 T_2 较为接近的前后各六组数据

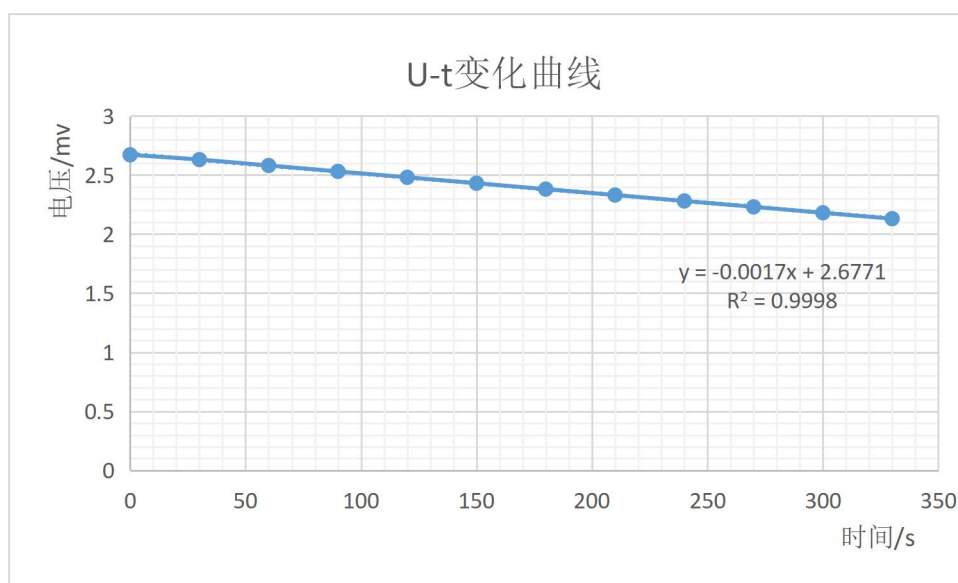
序号	1	2	3	4	5	6
电压	2.67	2.63	2.58	2.53	2.48	2.43

表 5 冷却过程中高于 T_2 的六组电压值（单位：mv）

序号	7	8	9	10	11	12
电压	2.38	2.33	2.28	2.23	2.18	2.13

表 6 冷却过程中低于 T_2 的六组电压值（单位：mv）

利用逐差法计算得到 $\frac{dU}{dt} = \frac{(U_1 + \dots + U_6) - (U_7 + \dots + U_{12})}{36\Delta t} = 1.66 \times 10^{-3} \text{mv/s}$



根据描点法作出图象，从图象和趋势线可以看出，各组 U-t 数据较符合线性关系，遵循公式规律，实验误差相对较小。

（3）导热系数计算

将上述得到的各组数据代入， $\lambda = m_{Cu} c_{Cu} h_B \frac{R_c + 2h_c}{2\pi R_B^2 (U_1 - U_2)(R_c + h_c)} \frac{dU}{dt}$ ，得到 $\lambda = 0.198 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。

经查阅资料发现，日常生活中该待测物的导热系数大致范围为 $0.13 \sim 0.23 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，因此本实验计算得到的导热系数在合理范围内。

七、 实验心得

思考题

1、试分析实验中产生误差的主要因素以及实验中是如何减小误差的？

①产生误差的主要因素：温度测定过程中的误差，尺寸测量过程中的误差、系统误差

②如何减小误差：温度测定的过程中多次测量，通过逐差法和作图法等方法求得速率平均值；尺寸测量过程中同样通过测量多组数据求平均值的方法减小误差。

2、傅里叶定律 $\frac{dQ}{dt}$ (传热速率)是不易测准的量。本实验如何巧妙地避开了这一难题？

传热速率的确是不容易测量的量，但对于自由散热的物体，可以根据其温度下降曲线求出在某个温度的温度下降速率，再根据其比热容计算出散热速率。

本实验中利用了稳态下铜板散热量与待测板传热量相等这一条件，将测不良导体传热速率的问题转化为了测良导体散热速率的问题。对于铜板这一良导体，其质量与比热是可知的，故测热量的变化又可转化为测量铜板温度的变化，又根据温差产生电压，并且电压与温差成正比，转化为测量和计算电压得到不良导体的传热速率，继而得到导热系数。

心得体会

在本次实验中，我大致完成了实验内容，达到了实验目的。

在这次“不良导体热导率的测量”实验过程中，了解和认识了一个原先较为陌生的实验。此次实验的原理学习和仪器使用方法的掌握都是一个挑战，但仍然比较顺利地完成了此次实验。同时在此次实验中利用之前学习过程中掌握的“逐差法”和“作图法”对实验数据进行处理，巩固了已有知识。

这次实验是本学期以来第一个热学实验。热学实验更需要对实验条件的精确把控，做实验时需要花费更多的时间和精力，对于实验数据的记录比之前更需要我们全神贯注，稍不留神便会错过本该记录的数据。相较于线上的虚拟实验，我更期待在线下进行这类热学实验，亲手把控实验条件，感受热学实验不一样的地方。