

大学

物理实验网络课程

On Line Courses of University Physics Experiments

物理实验课程 >> 热导系数的测量

[首页](#)
[网站地图](#)
[使用说明](#)
[更新日志](#)
[联系我们](#)

热导系数的测量


[仪器介绍](#) | [习题](#) | [仪器使用维护方法](#) | [问题交流](#)

实验简介

导热系数（又称导热率）是反映材料热性能的重要物理量。热传导是热交换的三种（热传导、对流和辐射）基本形式之一，是工程热物理、材料科学、固体物理及能源、环保等各个研究领域的课题。材料的导热机理在很大程度上取决于它的微观结构，热量的传递依靠原子、分子围绕平衡位置的振动以及自由电子的迁移。在金属中电子流起支配作用，在绝缘体和大部分半导体中则以晶格振动起主导作用。因此，某种材料的导热系数不仅与构成材料的物质种类密切相关，而且还与它的微观结构、温度、压力及杂质含量相联系。在科学实验和工程设计中，所用材料的导热系数都需要用实验的方法精确测定。

本实验的目的是了解热传导现象的物理过程，学习用稳态平板法测量不良导体的导热系数并用作图法求冷却速率。

实验原理

■ 导热系数

- 1882年法国科学家傅里叶（J.Fourier）建立了热传导理论，目前各种测量导热系数的方法都是建立在傅里叶热传导定律的基础之上的。测量的方法可以分为两大类：稳态法和瞬态法，本实验采用的是稳态平板法测量不良导体的导热系数。当物体内部有温度梯度存在时，就有热量从高温处传递到低温处，这种现象称为热传导，傅里叶指出，在dt时间内通过ds面积的热量dQ，正比于物体内的温度梯度，其比例系数为导热系数，即：

$$\frac{dQ}{dt} = -\lambda \frac{dT}{dx} \cdot dS \quad (1)$$

式中 $\frac{dQ}{dt}$ 为传热速率， $\frac{dT}{dx}$ 是与面积 dS 相垂直的方向上的温度梯度，“-”号表示热量由高温区域传向低温区域， λ 是导热系数，表示物体导热能力的大小。在SI中 λ 的单位是 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ 。对于各向异性材料，各个方向的导热系数是不同的（常用张量来表示）。

- 不良导体导热系数的测量：图1.2.2-1是不良导体导热系数测量装置的原理图。





图 1.2.2-1 不良导热材料热导系数测定装置原理图
A—散热铜盘(铜盘一面开有一小孔,用于放置热电偶);B—待测样品;C—铜质传热筒(在底部一面有一小孔用于放置热电偶,圆筒外部包有隔热层);D—固定红外灯的支架;E—用以加热的红外灯;F—固定A盘的支架;G—测温用的数字电压表;H—双刀双掷开关;I—插入铜盘和圆筒底部的热电偶(两支);J—杜瓦瓶,内装冰水混合物,为热电偶的冷端(参考点)

设样品为一平板,则维持上下平面由稳定的 T_1 和 T_2 (侧面近似绝热),即稳态时通过样品的传热速率为

$$\frac{dQ}{dt} = \lambda \frac{T_1 - T_2}{h_B} S_B \quad (2)$$

式中 h_B 为样品厚度, $S_B = \pi R_B^2$ 为样品上表面的面积, $(T_1 - T_2)$ 上下平面温度差, λ 为导热系数。在实验中,要降低侧面散热的影响,就需要减小 h 。因为待测平板上下平面的温度 T_1 和 T_2 是用传热筒C的底部和散热铜盘A的温度来代表,所以就必须保证样品与圆筒C的底部和铜盘A的上表面密切接触。实验时,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的传热率与铜盘A向周围环境散热的速率相等。因此可以通过A盘在稳定温度附近的散

热速率 $\frac{dT}{dt}$, 求出样品的传热速率 $\frac{dQ_{传}}{dt}$ 。对于铜盘A,在稳态传热时,其散热的外表面积为 $\pi R_A^2 + 2\pi R_A h_A$, 移去传热筒C后, A盘的散热外表面积为 $2\pi R_A^2 + 2\pi R_A h_A = 2\pi R_A(R_A + h_A)$, 考虑到物体的散热速率与它的散热面积成比例, 所以有

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{\pi R_A(R_A + 2h_A)}{2\pi R_A(R_A + h_A)} \cdot \frac{dQ_{传}}{dt} = \frac{R_A + 2h_A}{2R_A + 2h_A} \cdot \frac{dQ_{传}}{dt} \quad (3)$$

式中 R_A 和 h_A 分别为A盘的半径和高度。

根据热容的定义,对温度均匀的物体,有其中

$$\frac{dQ_{传}}{dt} = mc \frac{dT}{dt} \quad (4)$$

对应铜盘A,就有 $\frac{dQ_{传}}{dt} = m_{铜} c_{铜} \frac{dT}{dt}$ 。 $m_{铜}$ 和 $c_{铜}$ 分别为A盘的质量和比热容,将此式代入(3)中,有

$$\frac{dQ}{dt} = m_{铜} c_{铜} \frac{R_A + 2h_A}{2(R_A + h_A)} \cdot \frac{dT}{dt} \quad (5)$$

比较式(5)和(2),便得出导热系数的公式:

$$\lambda = \frac{m_{铜} c_{铜} h_B (R_A + 2h_A)}{2\pi R_B^2 (T_1 - T_2) (R_A + h_A)} \frac{dT}{dt} \quad (6)$$

$m_{铜}$ 、 h_B 、 R_B 、 h_A 、 T_1 和 T_2 都可由实验测量出准确值, $c_{铜}$ 为已知的常数, $c_{铜} = 0.3709 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$,

因此,只要求出 $\frac{dT}{dt}$, 就可以求出导热系数 λ 。

实验内容

- 观察和认识传热现象、过程极其规律。
 - 自拟数据表格,用卡尺测量铜盘A和样品B的厚度及直径,用物理天平测出A盘的质量。多次测量上述各物理量,并求出平均值和误差。

- 熟悉各仪表的使用方法，按图1.2.2-1连接好仪器。将热电偶插入A盘和C筒底部保持良好接触。在热电偶涂上硅油后，轻轻地将它插入小孔的底部。热电偶的冷端置入保温瓶的冰水混合物中。
- 连通调压器电源，缓慢转动调压手轮，使红外灯电压逐渐升高，为缩短达到稳定压的时间，可先将红外灯电压升高到200V左右，大约20min之后，再降到150V，然后每隔一段时间读一次温度值，若10min内 T_1 和 T_2 示值基本不变，则可以认为达到稳定状态。记下稳态时的 T_1 和 T_2 值。随后移去样品盘B，让散热A盘与传热筒C的底部直接接触，加热A盘，使A盘的温度比 T_2 高约 10°C 左右，把调压器调节到零电压，断开电源，移去传热筒C，让A盘自然冷却，每隔30s记一次温度T值，选择最接近 T_2 前后的各6个数据，填入自拟的表格中。
- 用逐差法求出铜盘A的冷却速率 $\frac{dT}{dt}$ ，并由公式(6)求出样品的导热系数 λ 。
- 绘出T-t关系图，用作图法求出冷却速率 $\frac{dT}{dt}$ 。
- 用方程回归法进行线性拟合，求解冷却速率 $\frac{dT}{dt}$ 及其误差，将结果代入式(6)，计算样品的导热系数 λ 及其标准误差 σ_λ 。

思考题

- 试分析实验中产生误差的主要因素。

<完>