

课程名称 大学物理实验A

实验日期 2017.12.11

成绩

8.9

同组实验者

[实验题目] 固体导热系数的测定

[实验目的] 用稳态法测出不良导热体的导热系数,并与理论值进行比较

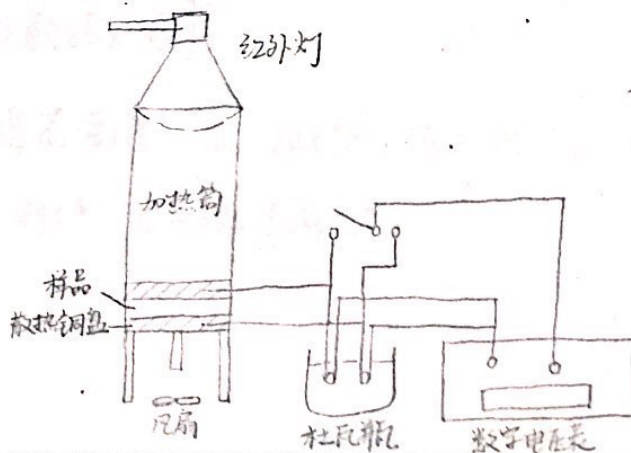
[实验仪器] 数字毫伏表,导热系数测量仪

[实验原理] 导热方程:在物体内部,取两个垂直于导热方向、彼此相距 h 、温度分别为 T_1 和 T_2 ($T_1 > T_2$)的平行面,若平面面积为 S ,在 δt 时间内,通过面积 S 的热量 δQ 满足下式

$$\frac{\delta Q}{\delta t} = \lambda S (T_1 - T_2) / h \quad (1)$$

其中, $\delta Q / \delta t$ 为热流量; λ 为该物质的导热系数,单位为 $W/(m \cdot K)$ 。

其定义为:相距 $1m$ 的两个面积为 $1m^2$ 的平面,其温差 $1^\circ C$,在 $1s$ 时间内通过的热量。实验装置如下图所示:



天津大学本科实验报告专用纸

固定于底座上的3个测微螺旋头支撑着一个散热铜盘，在散热铜盘上安放一待测的圆盘样品，样品上再安放一加热筒，加热筒由其上方红外灯提供热源，使样品上下表面维持温度 T_1, T_2 ， T_1, T_2 的值用安插在加热筒、散热铜盘深孔中的热电偶来测量（热电偶接数字电压表），热电偶冷端浸于杜瓦瓶的冰水混合物中，单刀双掷开关用于变换热电偶测量回路，数字电压表用于测量温差电动势，由式①可知，单位时间内通过待测样品任一圆截面热量

$$\delta Q / \delta t = \lambda \pi R^2 (T_1 - T_2) / h \quad (2)$$

式中， R 为待测圆盘样品的半径， h 为其厚度，当达到稳定状态时， T_1 与 T_2 的值保持不变，此时通过样品盘的热量与散热铜盘向周围散热速率相等，故可通过测量铜盘在稳定温度 T_2 时的冷却速率 $\left. \frac{\delta T}{\delta t} \right|_{T=T_2}$ 来求出热流量 $\delta Q / \delta t$ ，铜盘 T_2 时散热速率 $m c \left. \frac{\delta T}{\delta t} \right|_{T=T_2}$ ， m 为铜盘质量， c 为其比热容，达到稳态时，有下式成立：

$$\delta Q / \delta t = m c \left. \frac{\delta T}{\delta t} \right|_{T=T_2} \quad (3)$$

将③式代入②式，得

$$\lambda = m c \left. \frac{\delta T}{\delta t} \right|_{T=T_2} \cdot \frac{h}{(T_1 - T_2) \pi R^2} \quad (4)$$

12.11
9

教师签字：

年 月 日

[实验步骤]

1. 测定样品的稳态温度

加热温度设定为 80°C ，加热，直到橡胶上表面温度 T_1 ，下表面温度 T_2 均稳定时，开始记录 T_1, T_2 值，每隔 3min 记录一次，记录 6 次并求平均。

2. 图解法求样品散热率

移去橡胶对散热铜盘直接加热，超过稳定温度 5°C 以上停止加热，升起并移开加热装置，覆盖橡胶。

待温度降至 $T_2 + 3^{\circ}\text{C}$ 时开始计时，每 30s 记录一次 T_2 的值，直至低于 T_2 稳定温度 3°C 时停止记录。

故作 $T_2 - t'$ 图线，求得 $\left. \frac{dT_2}{dt'} \right|_{T=T_2}$

3. 计算导热系数并求直径 d 的不确定度

[数据表格与数据处理]

样品的稳态温度 $T_1 = 80.0^{\circ}\text{C}$ ， $T_2 = 49.3^{\circ}\text{C}$

铜盘 $m = 895\text{g}$ ， $C = 385\text{ J/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$

天津大学本科实验报告专用纸

随时间变化:

$t'(s)$	0	30	60	90	120	150	180
$T_2(^{\circ}C)$	52.3	51.1	50.0	49.0	48.0	47.2	46.3

样品直径、高度

次数	1	2	3	4	5	6	均值
直径 $d(mm)$	130.30	129.84	130.32	130.00	130.00	130.00	130.08
高度 $h(mm)$	8.00	7.98	8.00	8.00	8.00	8.02	8.00

计算直径 d 的不确定度:

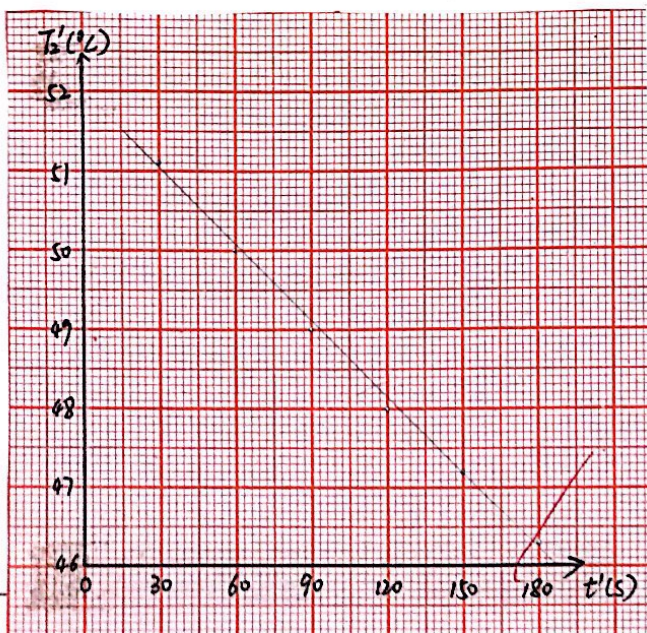
$$U_{Ad} = t_{0.95} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n(n-1)}} = 2.57 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (d_i - \bar{d})^2}{6 \cdot 5}} = 0.20 mm$$

$$U_{Bd} = \frac{20}{\sqrt{3}} = \frac{2 \cdot 0.02}{\sqrt{3}} = 0.02 mm$$

$$U_d = \sqrt{U_{Ad}^2 + U_{Bd}^2} = 0.20 mm$$

$$d = \bar{d} \pm U_d \quad (p \geq 0.95)$$

$$即 d = (130.08 \pm 0.20) mm \quad (p \geq 0.95)$$



由直线斜率 $\left. \frac{dT'}{dt} \right|_{T'=T_2} = -0.030$

教师签字:

年 月 日

同组实验者_____

计算导热系数

$$\frac{dQ}{dt} = \lambda \frac{S}{h} (T_1 - T_2)$$

$$\text{其中 } S = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi (130.08 \times 10^{-3})^2 \text{ m}^2 = 1.329 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\left| \frac{dQ}{dt} \right| = \left| \frac{cm dT}{dt} \right| = |385 \times 895 \times 10^{-3} \times (-0.030)| = 10.337 \text{ J/s}$$

$$\text{代入计算可得 } \lambda = 0.20 \text{ W/(cm} \cdot \text{°C)}$$

[结果分析和讨论]

1. 达到稳定所需时间较长, 约1h, 本次实验时, 5min内 T_2 均无变化, 认为达到稳态, 记录数值并开始实验。
2. 为保持周围环境不变, 减少环境因素的影响, 风扇始终开启。
3. 实验过程基本无失误, 测得 $\lambda = 0.20 \text{ W/(cm} \cdot \text{°C)}$, 认为较符合实际。
4. 样品为不热的不良导体, 在下方有风扇散热时认为结果基本正确, 对于热的良导体, 并不适用。
5. 导致误差的原因: 铜盘散热时也会通过周边和样品散热, 可能引起误差。

1227

$$m = 89.5 \text{ g}$$

$$C = 385 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$$

301620/037

付文俊

样品的稳态温度

	1	2	3	4	5	6	均值
$T_1 (^{\circ}\text{C})$	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
$T_2 (^{\circ}\text{C})$	49.3	49.3	49.3	49.3	49.3	49.3	49.3

图解法求样品散热率 $(49.3 \pm 3)^{\circ}\text{C}$

	0	30	60	90	120	150	180	
$T_2 (^{\circ}\text{C})$	51.1	50.0	49.0	48.0	47.2	46.3		
	52.3							
直径 d (mm)	130.30	129.84	130.32	130.00	130.00	130.00	130.08	均值
高度 h (mm)	8.00	7.98	8.00	8.00	8.00	8.02	8.00	

计算直径 d 不确定度

$$U_{sd} = t_{0.95} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n(n-1)}} = 2.57 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{6 \cdot 5}} = 0.20 \text{ mm}$$

$$U_{sd} = \frac{2\Delta}{3} = 0.02 \text{ mm}$$

$$U_{\bar{d}} = \sqrt{U_{sd}^2 + U_{sd}^2} = 0.20 \text{ mm}$$

$$d = \bar{d} \pm U_{\bar{d}} \quad (p \geq 0.95) = (130.08 \pm 0.20) \text{ mm} \quad (p \geq 0.95)$$

12.11