【实验目的】

1）用稳态片平板法测量材料的导热系数。

2）利用物体的散热速率求传热速率。

3）学会用作图法求冷却速率。

【实验原理】（原理概述，电学。光学原理图，计算公式）

1.工作原理

当物体内部各处的温度不均匀时，就会有热量从温度较高处传递到温度较低处，这种现象叫做热传导现象。

早在1882年著名物理学家傅里叶就提出了热传导的定律：如果热量是沿x方向传导，那么在x轴上任意位置x0处取一个垂直截面积dS，以表示在x处的温度梯度，以表示该处的导热速率（单位时间内通过截面积dS的热量），那么热传导定律可表示成

式中负号代表热量传递是从高温区到低温区，与温度梯度方向相反。比例系数λ称为导热系数，其值等于相距单位长度的两平面的温度相差为一个单位时，在单位时间内通过单位面积所传递的热量，单位是瓦·米-1·开-1。

使用上述公式测量材料的导热系数，一是要确定材料内传热形成的温度梯度，二是要测出由高温区向低温区传热的速率。

2.温度梯度

为了在样品内造成一个温度的梯度分布，可以把样品加工成平板状，并把它夹在两块良导体——铜板之间，如图1，使两块铜板分别保持在恒定温度T1和T2，就可能在垂直于样品表面的方向上形成温度的梯度分布。若样品厚度远小于样品直径（h﹤﹤D），由于样品侧面积比平板面积小得多，由侧面散去的热量可以忽略不计，可以认为热量是沿垂直于样品平面的方向上传导，即只在此方向上有温度梯度。由于铜是热的良导体，在达到平衡时，可以认为同一铜板各处的温度相同，样品内同一平行平面上各处的温度也相同。这样只要测出样品的厚度h和两块铜板的温度T1、T2，就可以确定样品内的温度梯度。当然这需要铜板与样品表面紧密接触无缝隙，否则中间的空气层将产生热阻，使得温度梯度测量不准确。

为了保证样品中温度场的分布具有良好的对称性，把样品及两块铜板都加工成等大的圆形。

3. 传热速率

位时间内通过某一截面积的热量是一个无法直接测定的量，我们设法将这个量转化为较容易测量的量。为了维持一个恒定的温度梯度分布，必须不断地给高温侧铜板加热，热量通过样品传到低温侧铜板，低温侧铜板则要将热量不断地向周围环境散出。当加热速率、传热速率与散热速率相等时，系统就达到一个动态平衡，称之为稳态，此时低温侧铜板的散热速率就是样品内的传热速率。这样，只要测量低温侧铜板在稳态温度T2下散热的速率，也就间接测量出了样品内的传热速率。但是，铜板的散热速率也不易测量，还需要进一步作参量转换，我们知道，铜板的散热速率与冷却速率（温度变化率）有关，其表达式为

 （2）

式中的*m*为铜板的质量，*C*为铜板的比热容，负号表示热量向低温方向传递。由于质量容易直接测量，*C*为常量，这样对铜板的散热速率的测量又转化为对低温侧铜板冷却速率的测量。铜板的冷却速率可以这样测量：在达到稳态后，移去样品，用加热铜板直接对下铜板加热，使其温度高于稳态温度*T*2（大约高出10℃左右），再让其在环境中自然冷却，直到温度低于*T*2，测出温度在大于*T*2到小于*T*2区间中随时间的变化关系，描绘出*T*—*t*曲线（见图2），曲线在*T*2处的斜率就是铜板在稳态温度时*T*2下的冷却速率。

图2 散热盘的冷却曲线图

*t*（s）

*T*（℃）

*K*=Δ*T*/Δ*t*

*t*1

*t*2

*T*22

*T*21

*T*2

应该注意的是，这样得出的是铜板全部表面暴露于空气中的冷却速率，其散热面积为2*πRp*2+2*πRphp*（其中*R*p和*h*p分别是下铜板的半径和厚度），然而，设样品截面半径为R，在实验中稳态传热时，铜板的上表面（面积为*πRp*2）是被样品全部（*R*=*Rp*）或部分（*R*<*Rp*）覆盖的，由于物体的散热速率与它们的面积成正比，所以稳态时，铜板散热速率的表达式应修正为：

若 ，则 =－ （3）

若<， 则 =－ （3’）

将（3）式或（3′）式代入热传导定律表达式，考虑到*ds*=*πR*2，可以得到导热系数：

λ= （4）

或 λ= （4’）

式中的*R*为样品的半径、*h*为样品的高度、*m*为下铜板的质量、*c*为铜的比热容、*Rp*和*hp*分别是下铜板的半径和厚度。

【实验仪器及器材】（应写明仪器型号、规格、精度）

THQDC-1型导热系数测定仪，游标卡尺，天平，待测样品盘（橡胶）。

【注意事项】

1）实验装置温度较高，实验过程中不要触摸高温盘，以防烫伤。

2）实验过程中，Pt100温度传感器金属部分不要裸露在外，且插入深入要要一致，否则影响测温精度。

3）仪器面板加热电源0-220V，电源线不得和加热盘接触，以防导线护套熔化，导致漏电。

4）实验应在室内环境、气流稳定的条件下进行，否则影响控温效果。

5）不要使样品上下两表面损伤以免影响实验精度。

【实验内容】

1）用游标卡尺测量待测样品及散热盘的几何尺寸，多次测量取平均。

2）用天平测量散热盘的质量。

3）——如图装好散热盘，样品盘和加热盘，三盘应接触良好且上下对齐，加热盘和散热盘的测温孔在正面，将铂电阻传感器Pt100分别插入加热盘和散热盘 的测温孔。注意，Pt100金属部分不要裸露在外，且插入的深度要一致。否则影响测量精度。

4）设置加热盘温度控制参数：加热温度须高出室温30°C。

5）测量稳态时样品盘上下两表面的温度T10和T20。

将“加热开关”置于“开”，此时加热指示灯亮，加热盘开始加热，每隔2min记录一次加热盘和散热盘的温度，当加热盘和散热盘温度在10min内保持稳定，可认为系统达到稳态，取T1和T2的最后5组数据的平均值作为热稳态温度T10和T20­。

6）测定散热盘冷却速率。

移去样品盘，将加热盘放在散热盘上直接加热，当散热盘温度高于散热盘稳态温度T2010°C左右时，移去加热盘，使散热盘在空气中自然冷却，每隔20s记录一次散热盘温度T2，直到低于T2010°C。

7）开启冷却风扇，使加热盘、散热盘温度降至室温。

8）作图求冷却速率。以时间t为x轴、温度T为y轴，画出散热盘的冷却曲线。然后用镜尺法画出经过曲线上温度T20点的切线，求此直线的斜率K，K即为温度T20时散热盘P的冷却速率。

用镜尺法画曲线上A点的切线方法如下：将镜子制成的直尺通过A点，然后以A点为圆心转动此镜尺直到镜子中靠近镜子的一段曲线元的象与原曲线元成一直线，此时直尺的方向即为该曲线在A点的曲率半径的方向，此直线即为曲线在A点的切线。

9）根据公式求橡胶的导热系数，并求不确定度。

【数据处理与结果】（画出数据表格、写明物理量和单位，计算结果和不确定度，写出结果表达式。注意作图要用坐标纸）

直接测量量：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | average | radius |
| D(cm) | 9.850 | 9.842 | 9.786 | 9.826 | 4.913 |
| h(cm) | 0.830 | 0.834 | 0.836 | 0.833 |  |
| DP(cm) | 9.668 | 9.664 | 9.666 | 9.666 | 4.833 |
| hP(cm) | 0.982 | 0.986 | 0.992 | 0.987 |  |
| m(g) | 954 | | | | |
| C(J/(kg·K)) | 0.09197 | | | | |

冷却速率：



估算K值约为-0.03

T10和T20的测量：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Average |
| T10 | 70.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0 |
| T20 | 38.9 | 38.9 | 38.9 | 39.0 | 39.0 | 38.9 |

所以

【结果讨论与误差分析】

结果讨论：

通过实验可以得知橡胶的导热系数为

误差分析：

本实验中，空气的导热能力是重要的实验干扰，由于气流的不稳定，导致了散热盘散热能力的不断变化，造成一定误差；测量橡胶盘的直径时，由于橡胶盘的弹性，导致实际测得的直径会比正常直径偏小，也会造成误差。

【分析讨论题及实验心得】

分析讨论题：

1.傅里叶定律的文字表述：在导热现象中，单位时间内通过给定截面的热量，正比例于垂直于该界面方向上的温度变化率和截面面积，而热量传递的方向则与温度升高的方向相反。

傅里叶定律用热流密度q表示时形式如下：  
　　q=-λ(dt/dx)  
　　可以用来计算热量的传导量。  
　　相关的公式如下：  
　　Φ=-λA(dt/dx)  
　　q=-λ(dt/dx)  
　　其中Φ为导热量，单位为W  
　　λ为导热系数，w/(m\*k)  
　　A为传热面积，单位为m^2  
　　t为温度，单位为K  
 　　x为在导热面上的坐标，单位为m  
　　q是沿x方向传递的热流密度（严格地说热流密度是矢量，所以q应是热流密度矢量在x方向的分量）单位为W/m^2  
　　dt/dx是物体沿x方向的温度梯度，即温度变化率

2.测量稳态温度时要求稳定传热，在传热方向上，各地点的温度不随时间而变。这时，传热速率不随时间而变，是个定值，可以测定。如果不是稳定传热，则在传热方向上各点的温度随时间而变，传热速率也随时间而变。

实验心得：通过这次实验，我的收获很大。我不仅掌握了与导热系数相关的许多热学知识，而且由于热学实验升温、降温不好控制，培养了我们严谨的科学态度、细致的观察能力、团结合作的意识。 使得我更加热爱科学。