

【实验目的】

1. 掌握用热线法测定气体热导率的基本原理
2. 掌握低真空系统的基本操作
3. 学习应用“外推法”处理实验数据

【实验原理】（电学、光学画出原理图）

1. “热线法”测量气体热导率原理

“热线法”是指在样品中插入一根热丝，对其施加一个恒定的加热功率，其温度上升。测量热丝本身或测量平行于热线一定距离上的温度随时间变化的关系，从而测得样品材料的热导性能，即材料的热导率。

本实验将待测气体充入沿轴线方向装有一根钨丝的圆柱形容器内。设钨丝的半径为 r_1 ，测量室的内半径为 r_2 ，热丝的温度为 T_1 ，长度为 l ，室温为 T_2 。对于半径为 r ，厚度为 dr ，长为 l 的薄圆筒状气体层，其内外圆柱面的温差为 dT ，气体热导率通常表示为 k 。根据傅里叶定律，单位时间通过柱面传输的热量 $Q = -k \frac{dT}{dr} \times dS = -k \frac{dT}{dr} \times 2\pi r l$ $\Rightarrow k = \frac{Q}{2\pi l} \times \frac{\ln(r_2/r_1)}{T_1 - T_2}$

2. 热线温度测量

实验时的室温可近似作为 T_2 。 $t_1 = \frac{R - R_0}{\alpha \cdot R_0}$ ($\frac{1}{k} = 273 + \frac{t_1}{C}$; $R_0 = 37.2 \Omega$, $R = \frac{V}{I}$) $\alpha = 5.1 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

3. 热量 Q 低推导公式

“热丝”所消耗的总电功率 $W = UI$ 。钨丝热辐射和通过电极棒的热传导所损失的电功率 $W_{\text{真空}} = U_{\text{真空}} I_{\text{真空}}$ ，为减少气体对流传热的影响，测量时应在低气压下，所以单位时间传导的热量为 $Q_{\text{低}} = W - W_{\text{真空}} = UI - U_{\text{真空}} I_{\text{真空}}$ 。实际测量中，存在系统误差，所以进行修正： $Q_{\text{低}} = (W - W_{\text{真空}}) \times 1.2$

4. “外推法”求热量 Q

低气压下的气体热导率 $k_{\text{低}}$ 和测量室内的压强存在下述关系： $\frac{1}{k_{\text{低}}} = \frac{A}{P} + \frac{1}{k}$
 $\therefore \frac{1}{Q_{\text{低}}} = \frac{B}{P} + \frac{1}{Q}$ 。本实验是在不同压强 P 的情况下测出相应的 $Q_{\text{低}}$ ，然后以 $\frac{1}{P}$ 为横坐标， $1/Q_{\text{低}}$ 为纵坐标作图，所得到的实验曲线将近似一条直线。此直线在纵坐标上的截距即为 $1/Q$ ，这就是所谓用外推法求 Q 值，将所得 Q 代入 $k = \frac{Q}{2\pi l} \times \frac{\ln(r_2/r_1)}{T_1 - T_2}$ 中，便可求得气体在 $T_1 \sim T_2$ 之间的平均热导率。

【实验内容】（重点说明）

1. 系统校准和热线温度设定
 - (1) 熟悉气体热导率测定仪的基本结构
 - (2) 从气压计上读取当前的大气压值，闭合电源总开关，系统通大气，将仪器上电子气压计的读数设置为当时的大气压值
 - (3) 调节热线的恒定温度 T
2. 测量钨丝热辐射与电极棒传热耗散的电功率 $W_{\text{真空}}$
 - (1) 预抽真空 ~~测量真空~~
 - (2) 真空计零值校准
 - (3) 测量 $W_{\text{真空}}$
3. 测量干燥空气的热导率
 - (1) 测量 $W_{\text{真空}}$ 后，测量室处于真空状态，校准好真空计零点
 - (2) 接着将抽气阀从 1, 2 接通的位置旋转到 1, 3 接通的位置，即关闭真空泵
 - (3) 旋转针型阀，使干燥气体经过针型阀缓慢进入测量室
 - (4) 此时系统气压缓慢地升高，当气压到达 1 毛左右时，开始测定对应的电压值与电流值，以后每上升 0.5 毛左右记录一组气压 P ，电压 U 和电流 I 。

【实验器材及注意事项】

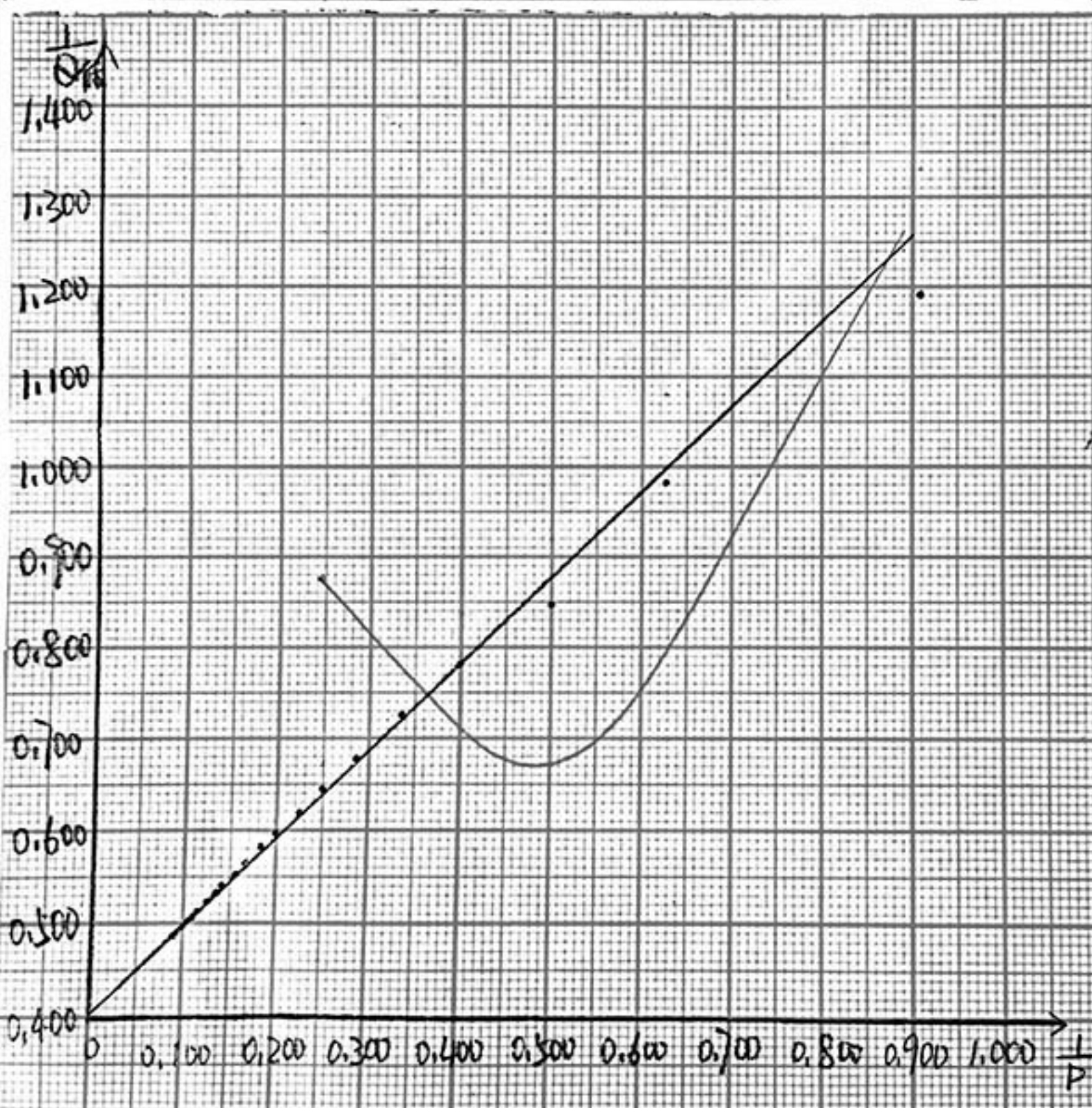
实验器材：热线恒温调节装置、测量室、真空计、干燥塔、针型阀、抽气阀

- 注意事项：
1. 为避免真空泵回油，在关闭真空泵前必须先关闭抽气阀 ~~进气阀~~
 - 1, 2 通道
 2. 针型阀属于精密控制元件，必须轻调，不能用力。

【数据处理与结果】

$\frac{1}{P}$	0.909	0.625	0.500	0.400	0.333	0.286	0.250	0.222	0.200	0.182	0.167	0.154
$\frac{1}{Q_{\text{低}}}$	1.193	0.983	0.849	0.781	0.725	0.679	0.644	0.619	0.598	0.581	0.565	0.553

$\frac{1}{P}$	0.141	0.133	0.125	0.116	0.111	0.105	0.100	0.095	0.091
$\frac{1}{Q_{\text{低}}}$	0.541	0.531	0.523	0.514	0.508	0.502	0.498	0.493	0.488



由图可知 $\frac{1}{Q} = 0.400 \Rightarrow Q = 2.50 \text{ J}$

$$t_1 = \frac{R - R_0}{\alpha \cdot R_0} = \frac{46.055 - 37.2}{5.1 \times 10^{-3} \times 37.2} = 46.7^\circ\text{C}$$

$$\frac{T_1}{K} = 273 + \frac{t_1}{C} \therefore T_1 = 320 \text{ K}$$

$$\text{又 } T_2 = 293 \text{ K} \therefore K = \frac{Q}{2\pi V} \times \frac{\ln(r_2/r_1)}{T_1 - T_2} = \frac{2.50}{2\pi \times 0.3} \times \frac{\ln \frac{15.6}{0.0224}}{320 - 293} = 0.322$$

【误差分析】

1. 真空度无法达到 0, 0.1333Pa 为一般机械真空泵的极限真空度
2. 测量干燥空气的热导率时, 气压每上升 0.5mmHg 左右就要记录一组数据, 而气压上升 0.5mmHg 所需时间较短, 读数有误差
3. 系统长时间没有使用或者系统漏气较多, 则系统难以达到所要求的真空度

【实验心得及思考题】

1. 开启真空泵之前应将进气阀转成 4.5 连通, 即表示用针型阀来控制进气, 关闭针型阀, 抽气阀转成 1.2 连通, 即真空泵对系统抽气
停止真空泵之前必须先关闭抽气阀 1.2 通道, 避免真空泵回油
2. ① 系统抽到 0.1333Pa 数量级的低气压后, 可按真空计的置零按钮, 使真空计“置零”
② 如果系统的真空度达不到所要求的, 应仔细检查系统各气路接口有否漏气并予以排除
3. 除气体传导的热量之外, 还有钨丝热辐射和通过电极棒的热传导所损失的电功率, 即为热丝在真空下的电压和电流的乘积: $W_{\text{真空}} = U_{\text{真空}} I_{\text{真空}}$

【数据记录及草表】

P/mmHg	1.1	1.6	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
U/V	9.29	10.10	10.64	11.14	11.51	11.84	12.12
I/A	0.0941	0.1013	0.1088	0.1116	0.1152	0.1185	0.1212
P/mmHg	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.1	7.5
U/V	12.33	12.54	12.69	12.85	12.99	13.11	13.22
I/A	0.1234	0.1252	0.1269	0.1284	0.1297	0.1309	0.1321
P/mmHg	8.0	8.6	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0
U/V	13.32	13.41	13.48	13.56	13.62	13.68	13.74
I/A	0.1330	0.1339	0.1346	0.1354	0.1360	0.1366	0.1372

$L = 30.0 \text{ cm}$ $D_1 = 0.0224 \text{ mm}$ $R_0 = 46.055 \Omega$ $D_2 = 15.6 \text{ mm}$

$U_{\text{真空}} = 4.20 \text{ V}$ $I_{\text{真空}} = 0.0419 \text{ A}$

$\frac{1}{P}$	0.909	0.625	0.500	0.400	0.333	0.286	0.250	0.222	0.200
$\frac{1}{Q_{\text{低}}}$	1.432	1.180	1.019	0.937	0.870	0.815	0.773	0.743	0.717
	1.193	0.983	0.849	0.781	0.725	0.679	0.644	0.619	0.598
	0.182	0.167	0.154	0.141	0.133	0.125	0.116	0.111	0.105
	0.697	0.678	0.663	0.649	0.637	0.627	0.617	0.610	0.602
	0.581	0.565	0.553	0.541	0.531	0.523	0.514	0.508	0.502
	0.100	0.095	0.091						
	0.597	0.591	0.585						
	0.498	0.493	0.488						

教师签字:

王敏