

四、测量结果与结果分析

维恩位移定律

维恩位移定律理论公式

$$\lambda_{\max} \cdot T = A$$

可以改写为：

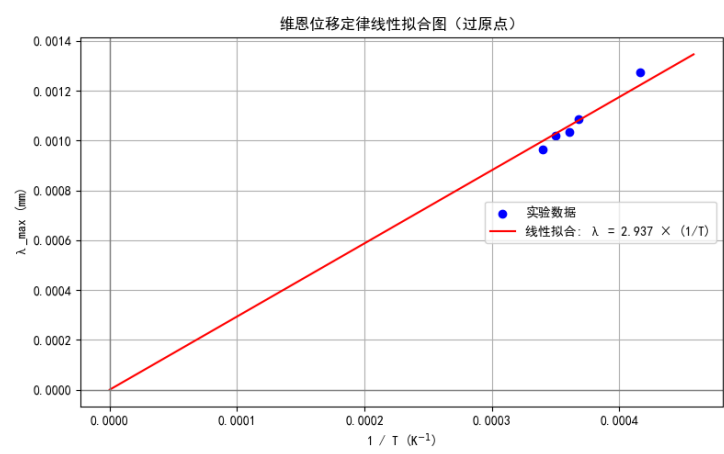
$$\lambda_{\max} = A \cdot \frac{1}{T}$$

即 λ_{\max} 与 $1/T$ 成正比。

实验数据

	寄存器1	寄存器2	寄存器3	寄存器4	寄存器5
$\lambda_{\max}(\text{nm})$	966	1020	1034	1086	1274
$T(\text{K})$	2940	2860	2770	2720	2400
$A(\text{mm} \cdot \text{K})$	2.840	2.917	2.864	2.954	3.058
$\bar{A}(\text{mm} \cdot \text{K})$			2.927		

线性拟合



线性拟合所得斜率为：

$$\bar{A} = 2.937 \text{ mm} \cdot \text{K}$$

与所给 $A = 2.896\text{ mm}\cdot\text{K}$ 的相对误差为：1.4%

可见实验数据与理论公式符合得很好。

普朗克辐射定律

普朗克辐射定律理论公式

$$E_{\lambda}(T)=\frac{C_1}{\lambda^5\left[\exp\left(\frac{C_2}{\lambda T}\right)-1\right]}$$

实验数据

$T=2940\text{ K}$:

波长 $\lambda(\text{nm})$	838	1000	1150	1394	1696	2142
理论 $E_{\lambda}(T)(\text{W}/\text{mm}^3)$	2248.9	2466.6	2377.4	1981.8	1449.5	877.0
实测 $E_{\lambda}(T)(\text{W}/\text{mm}^3)$	2241.2	2452.5	2370.9	1967.7	1438.5	871.7
相对误差 (%)	0.34	0.57	0.27	0.71	0.76	0.60

$T=2860\text{ K}$:

波长 $\lambda(\text{nm})$	866	1026	1198	1394	1576	2206
理论 $E_{\lambda}(T)(\text{W}/\text{mm}^3)$	1918.4	2101.2	2015.5	1757.2	1482.3	752.0
实测 $E_{\lambda}(T)(\text{W}/\text{mm}^3)$	1883.3	2072.8	1977.0	1708.1	1444.6	728.9
相对误差 (%)	1.83	1.35	1.91	2.79	2.54	3.07

$T = 2770\text{ K}$:

波长 $\lambda(\text{nm})$	858	974	1142	1460	1698	2000
理论 $E_{\lambda}(T)(\text{W}/\text{mm}^3)$	1699.6	1882.3	1897.9	1549	1232.4	894.9
实测 $E_{\lambda}(T)(\text{W}/\text{mm}^3)$	1498.4	1685.3	1710	1392.3	1109.9	791.3
相对误差 (%)	11.83	10.46	9.90	10.12	9.94	11.58

$T = 2720\text{ K}$:

波长 $\lambda(\text{nm})$	856	1050	1250	1542	1820	2204
理论 $E_{\lambda}(T)(\text{W}/\text{mm}^3)$	743.0	977.5	1023.8	899.4	723.1	507.9
实测 $E_{\lambda}(T)(\text{W}/\text{mm}^3)$	611.5	914.2	1020.3	933.2	721.3	503.2
相对误差 (%)	17.70	6.47	0.34	3.76	0.25	0.93

$T = 2400\text{ K}$:

波长 $\lambda(\text{nm})$	830	1078	1274	1500	1802	2134
理论 $E_{\lambda}(T)(\text{W}/\text{mm}^3)$	696.1	994.5	1019.7	924.1	734.5	542.7
实测 $E_{\lambda}(T)(\text{W}/\text{mm}^3)$	334.3	564.2	612.3	564.2	450.8	317.9
相对误差 (%)	51.97	43.27	39.95	38.94	38.62	41.42

结果分析

黑体辐射的理论描述基于普朗克定律，预测：光谱分布随温度升高而向短波方向移动；同一波长下，辐射强度随温度升高显著增加。

从五组数据（分别对应 $T = 2400\text{ K}$ 至 2940 K ）来看：理论值随温度递增趋势明显；实测值基本随理论变化同步，即在相同波长下，温度越高，实测辐射强度也越大；

实验验证了黑体辐射与温度相关的物理规律，符合理论预期。

从温度来看，温度越高，相对误差越小，低温段 ($T = 2400\text{ K}$) 的相对误差较大。这说明高温段实验更接近理想黑体模型。

斯特藩-玻尔兹曼定律

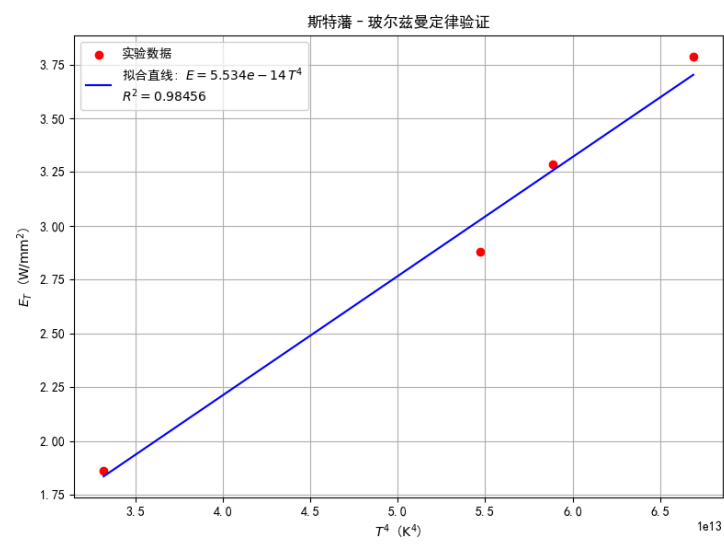
斯特藩-玻尔兹曼定律理论公式

$$E_T = \delta T^4, \quad \delta = 5.670 \times 10^{-14} \text{ W/ (mm}^2\text{K}^4\text{)}$$

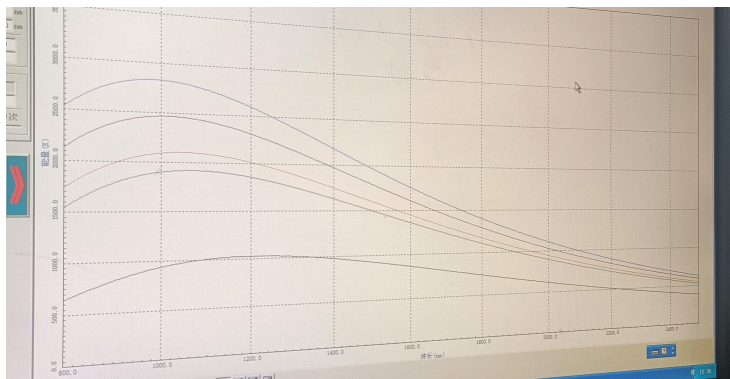
实验数据

	寄存器2	寄存器3	寄存器4	寄存器5
$T(\text{K})$	2860	2770	2720	2400
$E_T(\text{W/mm}^2)$	3.7862	3.2876	2.8792	1.8609
$T^4(\text{K}^4)$	6.6906×10^{13}	5.8873×10^{13}	5.4736×10^{13}	3.3178×10^{13}
$\delta \text{ (W/ (mm}^2\text{K}^4\text{))}$	5.6591×10^{-14}	5.5842×10^{-14}	5.2601×10^{-14}	5.6090×10^{-14}
$\bar{\delta} \text{ (W/ (mm}^2\text{K}^4\text{))}$		5.5281×10^{-14}		

线性拟合



绝对黑体的理论谱线



结果分析

实验数据基本符合 $E_T \propto T^4$ 的关系；

拟合平均值 $\bar{\delta} \approx 5.53 \times 10^{-14}$ ，非常接近理论值，验证了斯特藩-玻尔兹曼定律在该温度范围内的适用性。

实验误差可能来源于温度测量不准、辐射不完全吸收、仪器校准误差等。

五、归一化原因

实验中验证斯特藩-玻尔兹曼定律时为什么要对曲线进行归一化？

实际测量的辐射功率 E_T 不仅与温度有关，还可能受到其他因素影响，使得测量值和实际值相差一个比例系数。归一化可以有效去除比例系数的影响。

六、实验收获

实验过程中测量的是辐射功率与温度的关系，从数据出发、推导出黑体辐射规律，有助于真正理解辐射能量如何随温度快速增长；

结合普朗克公式、维恩位移定律等知识，可以将热辐射的微观机制（量子辐射）与宏观规律联系起来；

熟悉如何通过线性拟合方法分析 E_T 与 T^4 的关系、 λ_{\max} 与 $1/T$ 的关系；

掌握数据归一化处理与结果可视化。