

实验十五 非平衡电桥测量铂电阻的温度系数 实验报告

钱思天 1600011388 No.8

2017 年 12 月 13 日

1 实验数据与处理

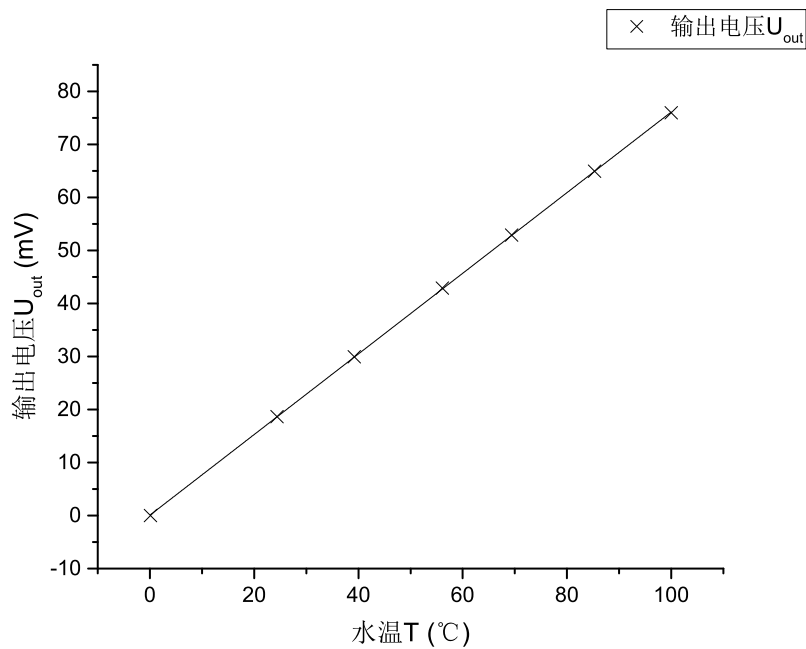
1.1 测量结果及作图

在条件： $I = 4.007mA$ 及 $R_0 = 100.1\Omega$ 下进行测量，实测数据表如下：

表 1: 实测数据 (条件： $I = 4.007mA$ & $R_0 = 100.1\Omega$)

次数 i	1	2	3	4	5	6	7
水温 $T/^\circ C$	0.1	24.4	39.2	56.1	69.4	85.3	100.0
U_{out}/mV	0.00	18.66	29.93	42.91	52.88	64.92	75.97

根据实测数据表作图，得下图：

图 1: $U_{out} - T$ 散点及趋势线图

从趋势线可以看出 U_{out} 与 T 成线性关系，计算相关系数有 $r^2 \approx 0.99996$ ，故确实有较强的线性相关性。

2 计算铂电阻的温度系数及其不确定度

根据公式

$$U_{out} = \frac{I}{2} R_0 A T$$

有：

$$A = \frac{k}{R_0 \frac{I}{2}}$$

$$\sigma_A = \sqrt{\left(\frac{\partial A}{\partial k}\right)^2 \sigma_k^2 + \left(\frac{\partial A}{\partial R_0}\right)^2 \sigma_{R_0}^2 + \left(\frac{\partial A}{\partial \frac{I}{2}}\right)^2 \sigma_{\frac{I}{2}}^2}$$

又其中：

$$\left(\frac{\partial A}{\partial \frac{I}{2}}\right)^2 \sigma_{\frac{I}{2}}^2 = \left(\frac{k}{R_0 \left(\frac{I}{2}\right)^2}\right)^2 \cdot \frac{(0.5\%I + 0.004)^2}{3 \times 2^2} = 1.724 \times 10^{-10}$$

$$\left(\frac{\partial A}{\partial R_0}\right)^2 \sigma_{R_0}^2 = \left(\frac{k}{R_0^2 \frac{I}{2}}\right)^2 \cdot \frac{(0.1\%R_0)^2}{3} = 4.792 \times 10^{-12}$$

下计算 k 的不确定度，利用最小二乘法，设

$$U_{out} = k \times T + b$$

$$k = \frac{\sum_{i=1}^7 (U_{outi} - \bar{U}_{out})(T_i - \bar{T})}{\sum_{i=1}^7 (T_i - \bar{T})^2} = 0.7604$$

$$\sigma_k = \frac{\sigma_{U_{out}}}{\sqrt{\sum_{i=1}^7 (T_i - \bar{T})^2}}$$

又：

$$\sigma_{U_{out}} = \sqrt{\sigma_A^2 + \frac{e^2}{3}} = \sqrt{k^2 \frac{1-r^2}{7-2} + \frac{(0.05\%U_{outmax} + 0.03)^2}{3}}$$

代回，得：

$$\sigma_k = \frac{\sigma_{U_{out}}}{\sqrt{\sum_{i=1}^7 (T_i - \bar{T})^2}} = 0.001$$

即

$$k \pm \sigma_k = 0.760 \pm 0.001$$

得：

$$\left(\frac{\partial A}{\partial k}\right)^2 \sigma_k^2 = \left(\frac{1}{R_0 \frac{I}{2}}\right)^2 \cdot \sigma_k^2 = 4.8732 \times 10^{-11}$$

故：

$$A = 3.79 \times 10^{-3} (^{\circ}C^{-1})$$

$$\sigma_A = 2 \times 10^{-5} (^{\circ}C^{-1})$$

$$A \pm \sigma_A = (379 \pm 2) \times 10^{-5} (^{\circ}C^{-1})$$

3 思考题

3.1 引起非线性误差因素及实验措施

因素 大致可分为以下几点：

- 1 桥臂电阻称不上远大于铂电阻及二桥臂电阻不相等，这就导致了在铂电阻阻值改变的过程中， U_{out} 非线性输出。
- 2 电桥部分存在的接触电阻，导线内阻等电阻，可能会影响到实验。
- 3 电流的因素，要保证稳定性。
- 4 温度范围还需要在铂电阻随温度线性变化区间内，才能保证线性输出。

措施 针对这些因素，可分别采取如下措施：

- 1 使用高精度的大内阻标准电阻，完成测量。
- 2 采用三线式接法，并注意导线的选取。
- 3 采用稳流源，用万用表检测电流，并利用万用表电压档极高内阻特性，用万用表做电压表测量 U_{out} 。
- 4 实验中选取水的冰点到沸点，端点稳定，且位于线性变化区域内。

3.2 截距问题

原因 我认为，一来由于温度计的测量精度问题，使得初温的读数存在偏移，同时， R_0 也可能无法与零点电阻完全相等，从而导致截距不为零。

影响 我认为，对实验结果无影响。本实验中，我们更多的考虑斜率，利用斜率进行计算。当然，如果截距偏离较大，可能零点电阻未能匹配，从而使实验结果不准确的可能性也是存在的。

4 分析与讨论

4.1 比较理论值与实测值

现象 从数据来看，本次实验所得的实测数据，即便考虑不确定度，也仍然不能使理论值落在区间内。且实测值较理论值更小。

分析 我认为，原因是实验中，由于热敏电阻的改变，我们所采用的线性近似不再准确，即由于电阻增大，流经铂电阻的电流小于 $\frac{I_0}{2}$ ，使得 U_{out} 测量值较小，故而计算时得到的温度系数数值会偏小。

5 收获与感想

从前，我知道平衡电桥十分巧妙。

今天，我又感受到了非平衡电桥的神奇。

通过今天的实验，我感受到了不同类型物理量相互转化的思想，从温度计到传感器，无不体现着这一思想的精妙之处。

而且，我也在老师的讲解中，对热力学量的测量精度有了大概的了解，也产生了一定的兴趣。

最重要的是，在本次的实验中，我感受到了，在平衡附近的线性近似的实际应用。这一在题目中常常涉及的方法，终于在单摆之外见到了另一个实际的例子。

在今后的实验课程中，我也会提高自己的实验能力，多想多思考，去了解一些感觉很普通的事物的不普通的应用。