

低温热电势实验报告

姓名：杨博涵 学号：PB20000328 实验日期：2023 年 4 月 29 日

一、实验数据

由于仪器问题，数据采用助教提供的去年数据

| 实验报告 | | | | | | | | | | | 评分: |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 系 级 姓名 | | | | | | | | | | | No |
| 实验题目: | | | | | | | | | | | |
| 实验目的: | | | | | | | | | | | |
| 实验内容: | | | | | | | | | | | |
| 实验直接测量的是对于固定参考温度(液氮温度)在不同测量点温度下,高温超导材料 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ 在不同温度的温差热电势。由于 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ 在其超导临界温度附近存在一个从正常相到超导相的相变过程,其温差热电势也存在一个突变。 | | | | | | | | | | | |
| 实验数据: | | | | | | | | | | | |
| 温差热电势 V (mV) | | | | | | | | | | | |
| 温度 T (K) | | | | | | | | | | | |
| 0.189 | 0.177 | 0.168 | 0.160 | 0.155 | 0.142 | 0.132 | 0.124 | 0.113 | 0.102 | 0.093 | 0.085 |
| 132 | 130 | 128 | 126 | 124 | 122 | 120 | 118 | 116 | 114 | 112 | 110 |
| 0.074 | 0.066 | 0.051 | 0.041 | 0.027 | 0.013 | 0.022 | 0.019 | 0.018 | 0.015 | 0.014 | 0.010 |
| 108 | 106 | 104 | 102 | 100 | 99.5 | 99 | 98.5 | 98 | 97.5 | 97 | 96.5 |
| 0.008 | 0.004 | 0.004 | 0.003 | 0.001 | -0.005 | -0.010 | -0.016 | -0.018 | -0.024 | -0.029 | -0.033 |
| 96 | 95.5 | 95 | 94.5 | 94 | 93.5 | 93 | 92.5 | 92 | 91.5 | 91 | 90.5 |
| -0.042 | -0.051 | -0.057 | -0.060 | -0.070 | -0.074 | -0.080 | -0.088 | -0.090 | -0.086 | -0.086 | -0.086 |
| 90 | 89.5 | 89 | 88.5 | 88 | 87.5 | 87 | 86.5 | 86 | 85.5 | 85 | |
| -0.084 | -0.093 | -0.091 | -0.090 | | | | | | | | |
| 84.5 | 84 | 83.5 | 83 | | | | | | | | |

图 1 实验数据

使用 origin 逐点作图

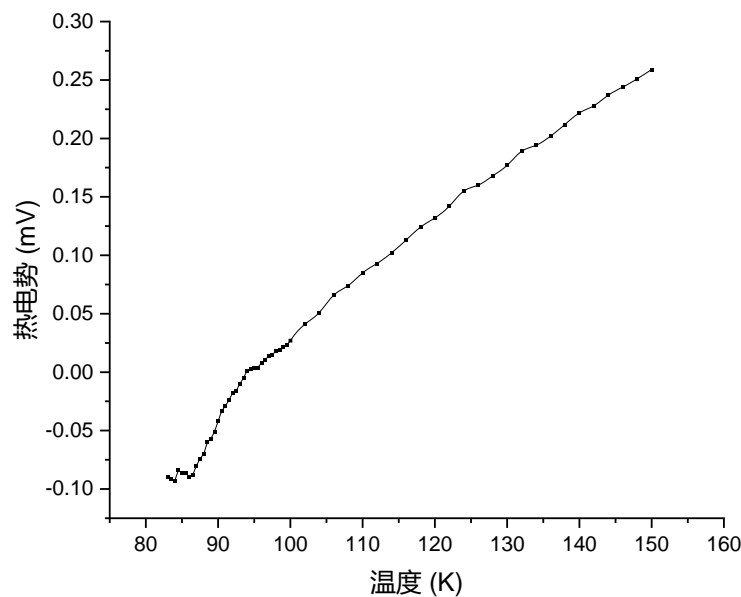


图 2 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ 样品的温差热电势与温度关系曲线图

由上图可以观察到, 在 $T = 86.5K$ 处发生了相变, 在这个温度之下热电势趋于不变 (不为 0 是电路中的乱真电动势导致的), 所以 $T_c = 86.5K$

二、思考题

1. 试讨论用微分法和积分法测量热电势各有哪些优缺点?假如所测量的样品在你所测量的温区内存在相变,哪种方法测量其热电势更为合适?

答:微分法的优点是目标测温区宽度小,因为微分法不需要将整个样品置于很长的温度范围内,同时测量的是某一点的 S , 所以测量具体温度热电势更准确。缺点在于微分法需要精确测量热电势的微小变化,这需要更精细的实验设备和技术。如果测量仪器精度不够,那么会有很大误差。

积分法的优点是可以计算出整个样品的热电势,而不只是在一个狭窄的温区内,方便作图和找到临界温度,即可以得到积累的热电势,不依赖于微小的电势变化。缺点是需要整个样品都处于单一的温度,对样品温度要求严格,如果控温做的不好会影响精度,而且要在整个温区内温度逐步变化,因此实验设置更为复杂,测量时间也更长。

如果样品在测量的温区内存在相变,那么我觉得积分法测量其热电势更为合适,因为它能更好地反应 S 的变化过程,方便进行作图相变分析和临界温度确定。

2. 若测量线路中存在乱真电动势,对于积分法测量是否有影响?对于微分法测量呢?若有影响如何消除?

答:如果测量线路中存在乱真电动势,对于积分法测量会有影响,因为乱真电动势会引起热电势测量的误差,比如图 2 在临界时电动势小于 0,就是这个原因,甚至会影响斜率(抖动)。对于微分法而言,乱真电动势的影响不敏感,因为它测量的是变化量而不是绝对值。具体的影响取决于乱真电动势的大小和分布,以及测量设备的精度和稳定性。

消除这种影响的方法主要有:提高测量设备的抗干扰性和稳定性,采用更高测量精度的仪器,设计空白对照组排除静态干扰等。

3.

(c) Chaussy 等人用图九所示的方法测量试样 X 的热电势率,图中 A 和 B 分别为两种参考材料,文献给出的 S_X 的计算公式为:

$$S_A = \frac{\Delta V_A}{\Delta V_A - \Delta V_B} (S_A - S_B) - S_A$$

或:
$$S_X = \frac{\Delta V_B}{\Delta V_A - \Delta V_B} (S_A - S_B) - S_B$$

试推导上述公式,并指出是否有误。

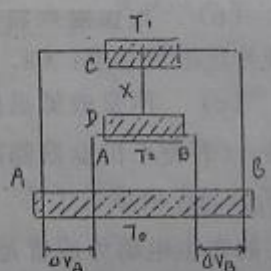


图 9 Chaussy 等的测量方法

答:由基尔霍夫定律,环路中电势和为 0,对左右两个回路有

$$S_X(T_1 - T_x) + S_A(T_0 - T_1 + T_x - T_0) + \Delta V_A = 0$$

$$S_X(T_1 - T_x) + S_B(T_0 - T_1 + T_x - T_0) + \Delta V_B = 0$$

联立得

$$\frac{S_A - S_X}{\Delta V_A} = \frac{S_B - S_X}{\Delta V_B} = \frac{S_B - S_A}{\Delta V_B - \Delta V_A}$$

即

$$S_X = -\frac{\Delta V_B}{\Delta V_A - \Delta V_B} (S_A - S_B) + S_B$$

$$S_X = -\frac{\Delta V_A}{\Delta V_A - \Delta V_B} (S_A - S_B) + S_A$$

原文式子在正负号上与我的式子有不同,导致 S_X 表达式正负颠倒,推导里的 ΔV_B 正负号定义可能与原文不一致

4. 说说你做完这两个实验后的收获,对这两个实验的提出您的意见和建议。

很遗憾因为仪器原因没能亲手参与实验,不过我对于超导临界态测量实验方案的设计学到了很多。希望明年仪器能恢复正常。