

霍尔效应测量磁场实验报告

2200011477 李昊润 四组 10 号

2023 年 10 月 17 日

1 数据处理

$$U_H = \frac{U_1 - U_2 + U_3 - U_4}{4} \quad (1)$$

1.1 $U_H - I_H$

$I_m = 0.600 \text{ A}$

I_m/mA	2.000	4.000	6.000	8.000	10.000
U_1/V	-0.0063	-0.0126	-0.0189	-0.0253	-0.0315
U_2/V	0.0063	0.0126	0.0190	0.0253	0.0316
U_3/V	-0.0064	-0.0126	-0.0190	-0.0254	-0.0318
U_4/V	0.0064	0.0130	0.0192	0.0256	0.0319
U_H/V	-0.0064	-0.0127	-0.0190	-0.0254	-0.0317

表 1 1,2 端通入 I_H 和 3,4 端测量 U_H 的数据表

I_m/mA	2.000	4.000	6.000	8.000	10.000
U_1/V	0.0064	0.0127	0.0192	0.0256	0.0320
U_2/V	-0.0063	-0.0127	-0.0190	-0.0253	-0.0317
U_3/V	0.0063	0.0126	0.0190	0.0253	0.0317
U_4/V	-0.0062	-0.0125	-0.0188	-0.0251	-0.0314
U_H/V	0.0063	0.0126	0.0190	0.0253	0.0317

表 2 3,4 端通入 I_H 和 1,2 端测量 U_H 的数据表

由表 1 与表 2 可以看出 $U_H - I_H$ 的线性关系，作图如图 1 所示。

1.2 $U_H - B$

$I_H = 10 \text{ mA}$

¹表 1 数据红色点蓝色线，表 2 数据绿色点橙色线，部分重叠。

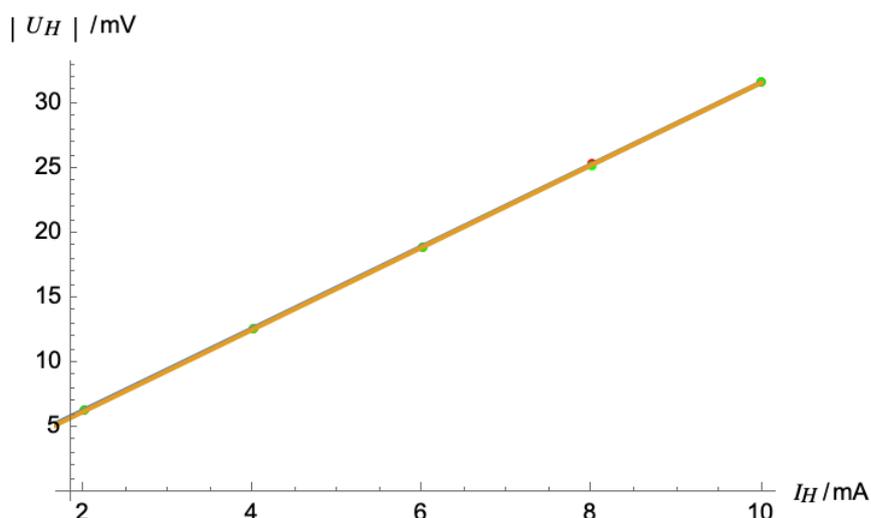


图 1: $U_H - I_H$ 线性关系图¹

I_M/A	0.002	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	1.000
B/mT	1.8	37.9	75.5	114.1	151.9	193.2	230.1	268.7	306.7	341.8	383.0
U_1/mV	0.23	-4.13	-8.42	-12.77	-17.02	-21.49	-25.77	-30.04	-34.41	-38.64	-42.96
U_2/mV	-0.19	4.18	8.46	12.82	17.07	21.54	25.81	30.08	34.37	38.69	43.02
U_3/mV	-0.26	-4.51	-8.79	-13.11	-17.46	-21.81	-26.04	-30.38	-34.69	-39.00	-43.21
U_4/mV	0.31	4.55	8.83	13.13	17.49	21.87	26.08	30.42	34.72	39.03	43.25
U_H/mV	-0.04	-4.34	-8.62	-12.96	-17.26	-21.68	-25.92	-30.23	-34.55	-38.84	-43.11

表 3 测量 K_H 的数据表

由表 3 可以看出 $U_H - B$ 的线性关系, 进而计算得出霍尔元件的灵敏度及其不确定度: 首先以精度较高的电压为自变量、磁感应强度为因变量进行最小二乘法线性拟合:

$$B = -kU + b \quad (2)$$

拟合直线斜率, 求 k_H 值:

$$k = 8.860 \text{ T/V} \quad r = 0.9999571821$$

$$K_H = \frac{1}{kI_H} = 1.129 \times 10^{-5} \text{ mV}/(\text{mA} \cdot \text{T}) \quad (3)$$

然后计算斜率不确定度, 再求出 k_H 的不确定度: 来自拟合:

$$\sigma_{k,A} = k \sqrt{\frac{\frac{1}{r^2} - 1}{n - 2}} = 0.027 \text{ T/V} \quad (4)$$

上网查阅文献得到特斯拉计最大允差 $e = 0.5\% \times 2 \times 10^3 \text{ mT} = 10 \text{ mT}$ 来自 B 允差:

$$\sigma_{k,B} = \frac{\frac{e_B}{\sqrt{3}}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{11} (U_i - \bar{U})^2}} = 0.128 \text{ T/V} \quad (5)$$

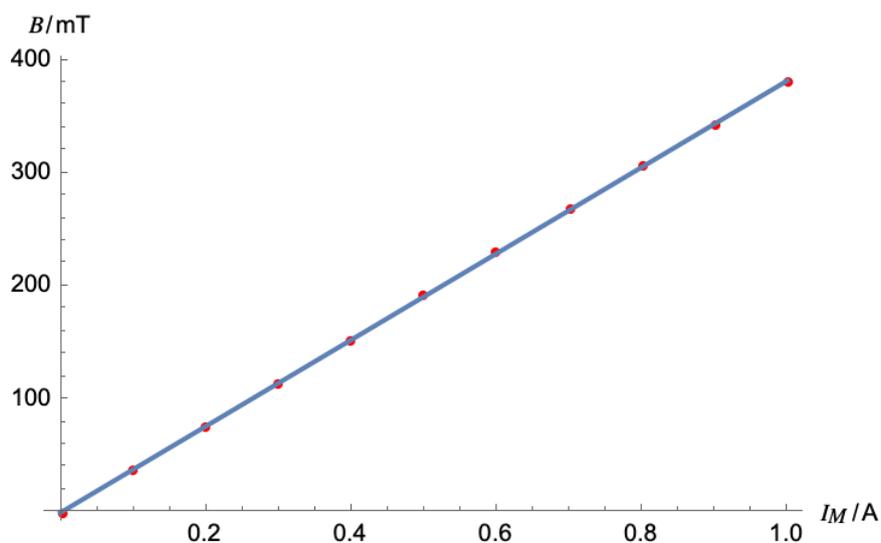


图 2: 磁化曲线

$$\sigma_k = \sqrt{\sigma_{k,A}^2 + \sigma_{k,B}^2} = 0.131 \text{ T/V} \quad (6)$$

$$\sigma_{K_H} = \frac{K_H}{k} \sigma_k = 1.9 \times 10^{-7} \text{ mV}/(\text{mA} \cdot \text{T})$$

综上: $K_H = (1.129 \pm 0.019) \times 10^{-5} \text{ mV}/(\text{mA} \cdot \text{T})$

1.3 磁化曲线

$I_H = 10 \text{ mA}$ $K_H = 1.129 \times 10^{-5} \text{ mV}/(\text{mA} \cdot \text{T})$

$$B = \frac{-U_H}{K_H I_H} \quad (7)$$

根据公式 (7) 由表 3 的数据计算 B 并列表:

I_M/A	0.002	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	1.000
U_H/mV	-0.04	-4.34	-8.62	-12.96	-17.26	-21.68	-25.92	-30.23	-34.55	-38.84	-43.11
B/mT	0.4	38.4	76.4	114.8	152.9	192.0	229.6	267.8	306.0	344.0	381.8

表 4 计算 B 和磁化曲线的数据表

磁化曲线图如图 2 所示。

1.4 B-x

$I_m = 0.600 \text{ A}$ $I_H = 10 \text{ mA}$ $K_H = 1.129 \times 10^{-5} \text{ mV}/(\text{mA} \cdot \text{T})$

根据公式 (7) 计算 B 并列表:

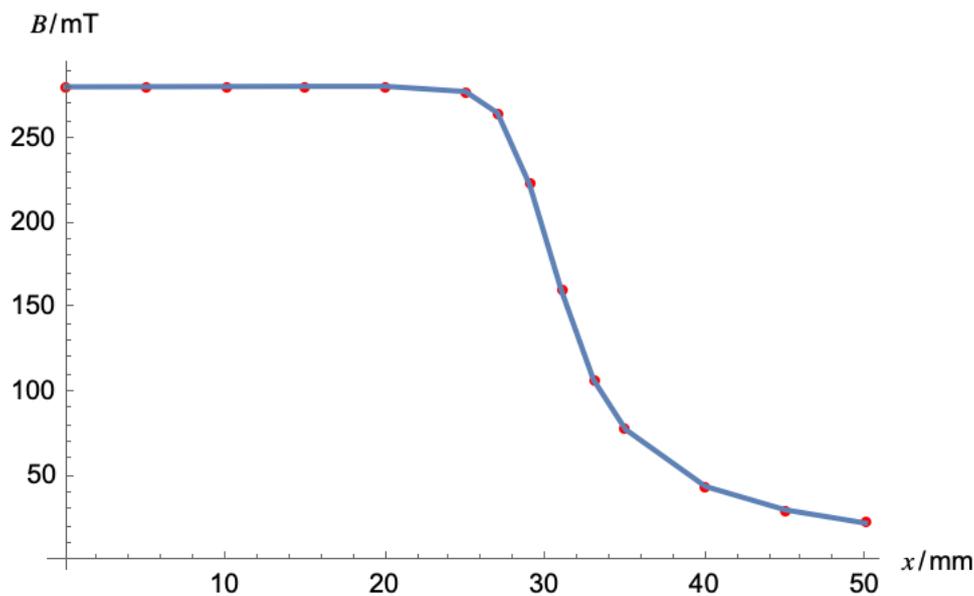


图 3: B-x 关系图

x/mm	50.00	45.00	40.00	35.00	33.00	31.00	29.00
U/mV	-2.57	-3.45	-5.02	-8.84	-12.16	-18.11	-25.22
B/mT	22.8	30.6	44.5	78.3	107.7	160.4	223.4
x/mm	27.00	25.00	20.00	15.00	10.00	5.00	0.00
U/mV	-30.00	-31.43	-31.78	-31.78	-31.77	-31.76	-31.75
B/mT	265.7	278.4	281.5	281.5	281.4	281.3	281.2

表 5 电磁铁磁场沿水平方向分布的数据表

做 B-x 关系图如图 3 所示

2 思考题

答:

1. 实验中由稳流电源提供励磁电流 I_M , 虽然将稳流电源的旋钮已经旋转到头, 在稳流电源上也显示没有电流, 但是通过精密的电流表测得, 电路中依旧有小电流 (实验中为 0.002 A) 存在。
2. 虽然励磁电流很小接近为 0, 导致霍尔效应产生的电压很小, 但是在霍尔元件上的各种热磁副效应依旧存在, 所以也能够测量出较小电压。

3 分析与讨论

为什么表 3 第一列电压值的正负性与其他列不完全相同?

因为励磁电流很小接近为 0, 导致霍尔效应产生的电压很小, 但是在霍尔元件上的各种热磁副效应依旧存在甚至主导测量的电压, 所以导致表 3 第一列电压值的正负性与其他列不完全相同。

4 收获与感想

本次实验最大的收获也是最应该反思的部分就在于实验一中电表的量程的选择，应该为 200 mV 而不是 2 V，选择了更大的量程将直接导致实验的误差增大。本次实验后一定要牢牢记住，通过观察测量出的数据，如果前面有很多个 0 的时候，就应该要考虑换更小的量程了！

感想：这是我的第一次正式的物理学实验，数据的记录量一下子比之前的预科实验大了不少，对于实验报告的写作的任务量也不是预科实验可以比拟，令我更加深刻地认识到了实验工作的严谨细致、一丝不苟，希望我能够在今后的实验中，学习和体会前辈物理学家进行物理实验的精神与思想，能够真切益于我的物理学学习甚至生活之中。