

# 浙江大学

## 物理实验报告

用霍尔法测直流圆线圈与亥姆霍兹线圈磁场

实验名称: \_\_\_\_\_

实验桌号: \_\_\_\_\_

指导教师: \_\_\_\_\_ 潘佰良

班级: \_\_\_\_\_ 机械工程

姓名: \_\_\_\_\_ CyanHaze

学号: \_\_\_\_\_

实验日期: 2025 年 10 月 30 日 星期四 下午

浙江大学物理实验教学中心

## 一、预习报告（10分）

（注：将已经写好的“物理实验预习报告”内容拷贝过来）

### 1. 实验综述（5分）

（自述实验现象、实验原理和实验方法，包括必要的光路图、电路图、公式等。不超过500字。）

本实验通过霍尔效应法测量直流圆线圈和亥姆霍兹线圈的磁场分布。霍尔效应是指当电流通过半导体薄片时，若外加磁场垂直于电流方向，载流子会受到洛伦兹力作用，导致在薄片两侧产生电势差，称为霍尔电势。通过测量霍尔电势差，可以计算出磁场的强度。实验中使用FB511型霍尔法亥姆霍兹线圈磁场实验仪，测量载流圆线圈和亥姆霍兹线圈在轴线上和径向的磁场分布。实验步骤包括调节励磁电流、校准微特斯拉计、移动线圈位置并记录磁场数据。通过实验，可以验证载流圆线圈和亥姆霍兹线圈的磁场分布理论，并分析不同线圈间距对磁场均匀性的影响。

### 2. 实验重点（3分）

（简述本实验的学习重点，不超过100字。）

本实验的重点在于掌握霍尔效应法测量磁场的原理，理解载流圆线圈和亥姆霍兹线圈的磁场FB511型实验仪，正确调节励磁电流，校准微特斯拉计，并准确测量磁场强度。此外，实验还要求学生能够分析不同线圈间距对磁场分布的影响，理解亥姆霍兹线圈产生均匀磁场的条件。

### 3. 实验难点（2分）

（简述本实验的实现难点，不超过100字。）

本实验的难点在于如何准确测量磁场强度并消除外界干扰。首先，霍尔元件的灵敏度较高，容易受到地磁场和环境杂散磁场的影响，因此在测量前必须对微特斯拉计进行调零。其次，实验过程中需要保持励磁电流的稳定，避免电流波动对测量结果的影响。此外，线圈位置的精确调节和固定也是实验中的难点，尤其是在改变线圈间距时，需要确保线圈的共轴性和间距的准确性。

## 二、原始数据（20分）

（将有老师签名的“自备数据记录草稿纸”的扫描或手机拍摄图粘贴在下方，完整保留姓名，学号，教师签字和日期。）

## 三、结果与分析（60分）

### 1. 数据处理与结果（30分）

（列出数据表格、选择适合的数据处理方法、写出测量或计算结果。）

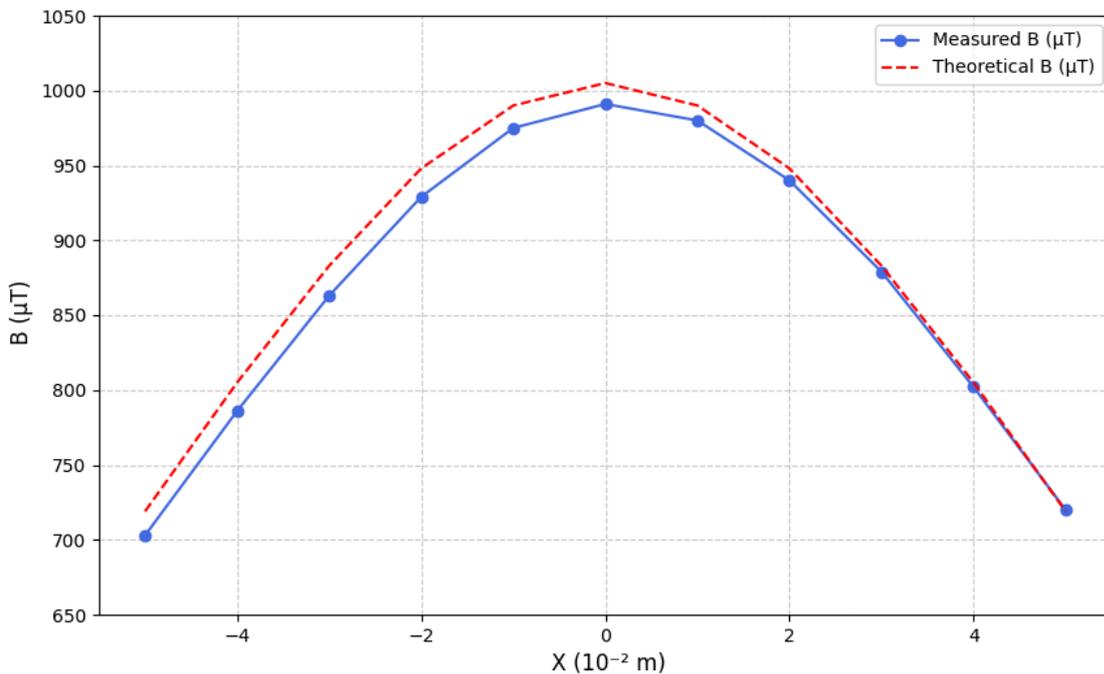
实验一：测量载流圆线圈轴线上磁场的分布。

实验中的原点取在  $X=15.00\text{cm}$ ,

利用公式求  $B = \frac{\mu_0 \cdot N_0 \cdot I \cdot R^2}{2 \cdot (R^2 + X^2)^{\frac{3}{2}}}$  的理论值，得到的数据记录如下：

轴向距离 $X(10^{-2}m)$	-5.00	-4.00	-3.00	-2.00	-1.00	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
磁感应强度 $B(\mu T)$	703	786	863	929	975	991	980	940	879	802	720
B 理论值 $(\mu T)$	719	805	883	948	990	1005	990	948	883	805	719
相对误差 (%)	-2.22	-2.36	-2.27	-2.00	-1.52	-1.40	-1.01	-0.84	-0.45	-0.37	0.14

下图为用 python 绘制的实验曲线与理论曲线：

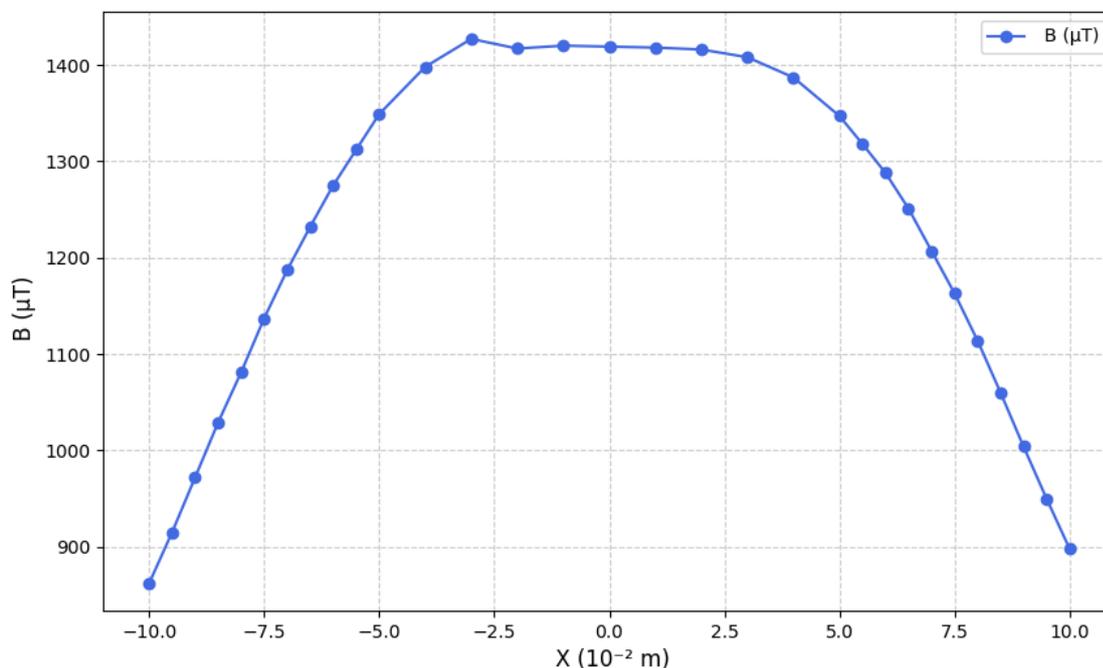


由图可得，B 的理论值与实验测量值均随着轴向距离 X 的增大而减小，与 X 的绝对值成负相关。两条曲线的趋势基本吻合，验证了载流圆线圈轴线上磁场分布的理论规律。

实验二： 测量亥姆霍兹线圈轴线上磁场的分布。（双线圈）  
得到的数据记录如下：

轴向距离 $X(10^{-2}m)$	-10.00	-9.50	-9.00	-8.50	-8.00	-7.50	-7.00	-6.50
磁感应强度 $B(\mu T)$	862	915	972	1029	1081	1137	1187	1232
轴向距离 $X(10^{-2}m)$	-6.00	-5.50	-5.00	-4.00	-3.00	-2.00	-1.00	0.00
磁感应强度 $B(\mu T)$	1275	1312	1349	1398	1427	1417	1420	1419
轴向距离 $X(10^{-2}m)$	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	5.50	6.00	6.50
磁感应强度 $B(\mu T)$	1418	1416	1408	1387	1347	1318	1288	1251
轴向距离 $X(10^{-2}m)$	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	
磁感应强度 $B(\mu T)$	1207	1163	1114	1060	1004	950	898	

下图为用 python 绘制的实验曲线：



根据亥姆霍兹线圈，中心点  $X=0$  处的理论磁场强度应为实验一中单个线圈在  $x=5.00\text{cm}$  处理论值的两倍。计算可得理论值为：

$$B = 2 \times 719 \mu\text{T} = 1438 \mu\text{T}$$

在  $X=0$  时，本次实验的测量值为  $1419 \mu\text{T}$ 。由此可计算中心点的相对误差：

相对误差 =  $(1419 \mu\text{T} - 1438 \mu\text{T}) / 1438 \mu\text{T} \times 100\% \approx -1.3\%$ 。这说明实验误差较小，实验值略低于理论值。

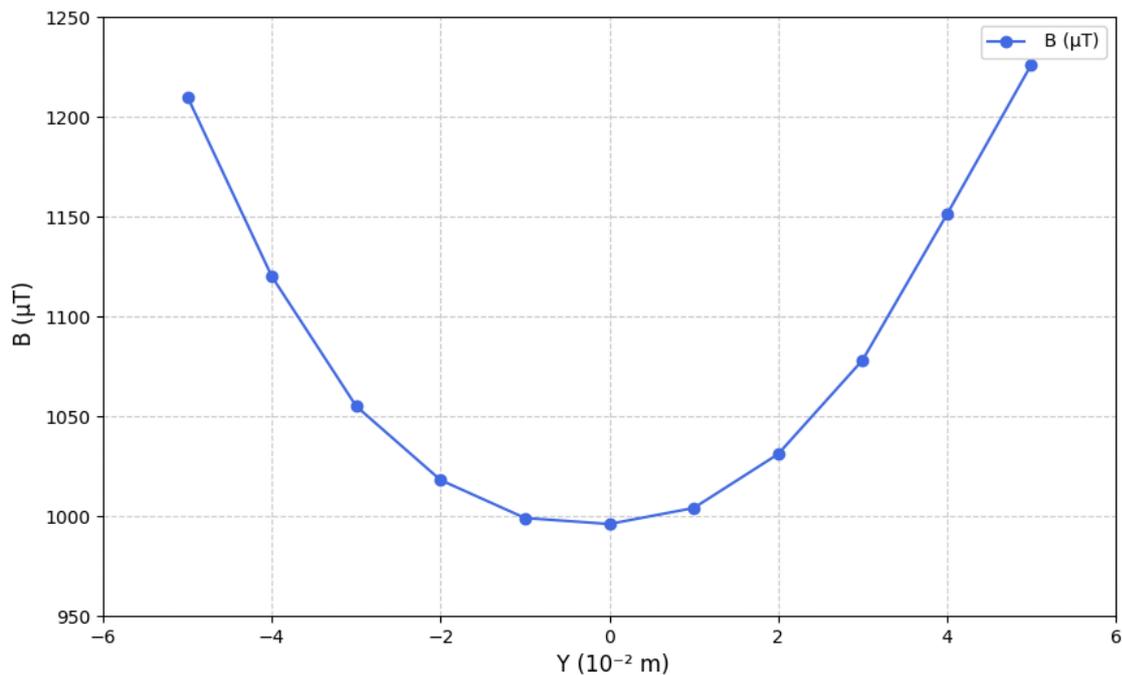
从图中可以看出，当  $|x| > 4.00\text{cm}$  时，磁场强度  $B$  和  $|x|$  成负相关。而在  $x=-3.00\text{cm}$  到  $2.00\text{cm}$  之间的中心区域，曲线出现一个平台，磁场强度值变化非常平缓。此时该范围内的磁场可以近似看作一个匀强磁场，符合亥姆霍兹线圈的磁场分布规律。

实验三：测量亥姆霍兹线圈径向磁场分布

得到的数据记录如下：

径向距离 $Y(10^{-2}m)$	-5.00	-4.00	-3.00	-2.00	-1.00	0.00
磁感应强度 $B(\mu T)$	1210	1120	1055	1018	999	996
径向距离 $Y(10^{-2}m)$	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	
磁感应强度 $B(\mu T)$	1004	1031	1078	1151	1226	

下图为用 python 绘制的实验曲线：



由图可见，径向距离  $Y$  越大，磁感应强度  $B$  越大，且  $B$  与  $Y$  呈正相关关系。这与亥姆霍兹线圈在径向上磁场分布的理论规律一致。在  $Y=0$  处，磁场强度达到最小值  $996 \mu\text{T}$ ，随着径向距离的增加，磁场强度逐渐增大，表明亥姆霍兹线圈在径向上磁场分布不均匀。

## 2. 误差分析 (20 分)

(运用测量误差、相对误差或不确定度等分析实验结果，写出完整的结果表达式，并分析误差原因。)

实验数据中，载流圆线圈的磁场测量值与理论值的相对误差极小，亥姆霍兹线圈中心点 ( $X=0$ ) 的相对误差较小，说明实验值与理论值吻合较好。但部分数据偏差稍大，可能由以下原因导致：

### (1) 实验仪器误差

- 微特斯拉计的精度为  $\pm 2 \mu\text{T}$ ，霍尔元件的线性误差为 1%，这些系统误差会直接叠加到测量结果中。
- 电流表的显示精度为  $\pm 2 \text{ mA}$ ，励磁电流的波动会影响磁场的稳定性。
- 霍尔元件的灵敏度标称值为  $31.3 \text{ V/T}$ ，但实际值可能存在  $\pm 1.3 \text{ V/T}$  的偏差，导致磁场计算值偏离真实值。

(2) 实验过程中，邻近的其他磁场仪器可能对实验仪器的磁场产生干扰，造成示数的偏差。

(3) 线圈摆放并非完全垂直于横轴，或实验过程中意外触碰线圈导致线圈位置改变可能会导致测量的偏差。

(4) 电流表的显示精度为  $\pm 2 \text{ mA}$ ，励磁电流的波动会影响磁场的稳定性。

## 3. 实验探讨 (10 分)

(对实验内容、现象和过程的小结，不超过 100 字。)

本实验通过霍尔效应法成功测量了载流圆线圈和亥姆霍兹线圈的磁场分布。实验结果表明，

圆线圈轴线上磁场呈对称单峰分布，亥姆霍兹线圈在中心区域 ( $|X| \leq 2 \text{ cm}$ ) 形成均匀磁场，验证了理论预期。误差分析显示，测量值与理论值吻合较好，主要误差来源于仪器精度和环境干扰。实验加深了对霍尔效应及线圈磁场分布规律的理解，同时强调了精确调节和校准的重要性。

#### 四、思考题 (10 分)

(解答教材或讲义或老师布置的思考题，请先写题干，再作答。)

1. 分析霍尔效应法测磁场的误差来源。

霍尔元件自身误差：霍尔片放置不垂直于磁场方向；工作电流或温度变化导致霍尔系数改变；存在不等位电势（即使没有磁场，也可能输出微小电压）。

仪器与读数误差：励磁电流和霍尔工作电流不稳定；电压表或电流表读数不准或存在读数误差。

环境误差：未消除或未正确补偿地磁场及周围其他杂散磁场的影响。

定位误差：测量不同位置时，霍尔探头的位置放置不准。

2. 在磁场测量过程中为什么要保持霍尔片工作电流及励磁电流的大小不变？

保持励磁电流不变：是为了保证待测磁场源稳定。线圈产生的磁场强度  $B$  与励磁电流  $I$  成正比。只有保持励磁电流恒定，才能确保在不同位置测量的磁场具有可比性，从而准确地描绘出磁场的空间分布。保持霍尔片工作电流不变：是为了保证测量标准的统一。根据霍尔效应公式 霍尔电压  $V_h$  与霍尔工作电流  $I$  和磁场  $B$  都成正比。实验中通过测量  $V_h$  来换算  $B$ ，前提是工作电流  $I$  必须是恒定值。如果它变化，就无法确定  $V_h$  的变化是由磁场  $B$  变化引起的还是由工作电流  $I$  变化引起的。

3. 分析用霍尔效应测量磁场时，当流过线圈中的电流为零时，显示的磁场值不为零的原因。

外部磁场影响：霍尔探头测量的是其所在位置的总磁场，这包括地磁场以及周围环境中的其他杂散磁场。即使线圈电流为零，这些背景磁场依然存在。

4. 地磁场对实验有影响吗？

有影响。霍尔探头测量的是合磁场，即线圈产生的磁场与地磁场的矢量和。地磁场作为一个稳定存在的背景磁场，会使所有测量值系统性地偏离真实值（即单纯由线圈产生的磁场值）。

• 注意事项：

1. 用 PDF 格式上传“实验报告”，文件名：学生姓名+学号+实验名称+周次。
2. “实验报告”必须递交在“学在浙大”本课程内对应实验项目的“作业”模块内。
3. “实验报告”成绩必须在“浙江大学物理实验教学中心网站”-“选课系统”内查询。
4. 教学评价必须在“浙江大学物理实验教学中心网站”-“选课系统”内进行，学生必须进行教学评价，才能看到实验报告成绩，教学评价须在本次实验结束后 3 天内进行。