物理实验预习报告

实验名称： 霍尔法测直流圆线圈与亥姆霍兹线圈磁场

指导教师： _____

班级： _____

姓名： _____

学号： _____

实验日期： 2025 **年** 11 **月** 11 **日** **星期** 二 **下午**

浙江大学物理实验教学中心

一、预习报告（10 分）

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。）

实验现象： 本实验预计将观察到霍尔效应，即通有电流的霍尔片在垂直磁场中会产生一个与磁场强度成正比的霍尔电压 V_H。同时，将测得单个圆线圈轴线上的磁场 B 随位置 x 变化，在线圈中心处最强；而对于亥姆霍兹线圈，其中心点 $x = 0$ 附近将存在一个磁场 B 基本不变的均匀区域。

实验原理： 本实验的核心原理是**霍尔效应**。霍尔效应是指当一个通有电流 I_S 的导体（或半导体）被置于一个垂直于电流方向的磁场 B 中时，导体（如图 1 所示的 P、S 两侧）会产生一个横向的电势差，即**霍尔电压** V_H。

这是因为磁场 B（Z 轴方向）对电流 I_S（X 轴方向）中的载流子（如电子）施加了洛伦兹力 $f_B = evB$，使其向导体一侧偏转。电荷的积累会产生一个横向电场 E_H（Y 轴方向），该电场会对载流子施加一个相反的电场力 $f_E = eE_H$。当达到稳态时，两个力相平衡 $f_B = f_E$，此时霍尔电压 V_H 与控制电流 I_S 和磁感应强度 B 成正比关系：

$$V_H = K_H \cdot I_S \cdot B \tag{1}$$

其中 K_H 是霍尔系数。这个线性关系使得霍尔传感器可以用来精确测量磁场。

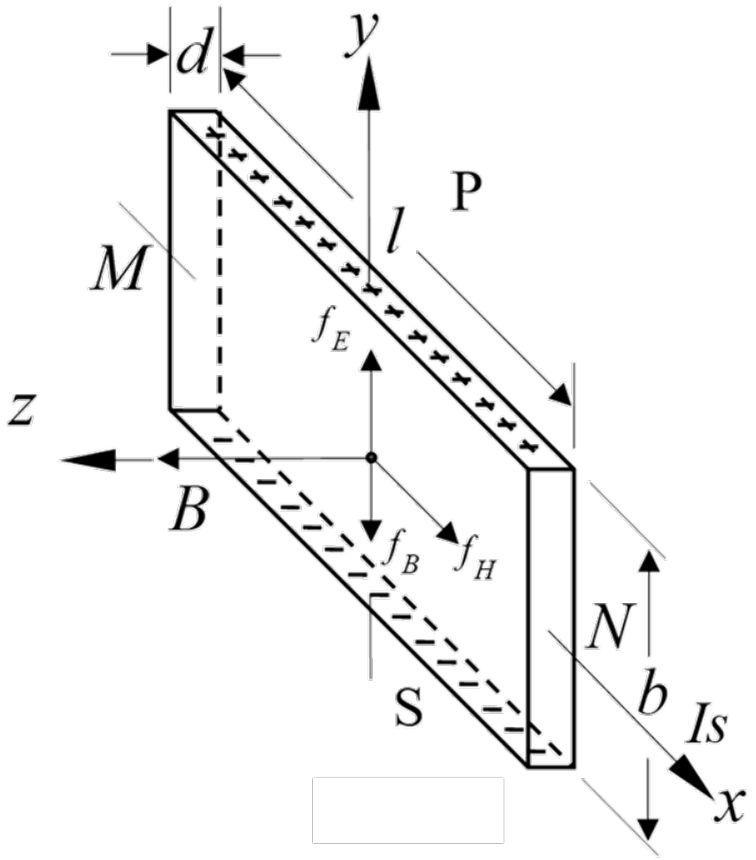


图 1: 霍尔效应原理示意图。

本实验还将研究**亥姆霍兹线圈**的磁场分布。亥姆霍兹线圈由两个完全相同、共轴放置的圆形线圈组成，其特殊之处在于线圈间距 d 等于线圈半径 $\bar{R}$。如图 2 所示，这种配置能在线圈中心轴线附近产生一个非常均匀的磁场区域。

线圈轴线上的磁感应强度 B 分布由以下公式给出：

$$B = \frac{1}{2}\mu_0 N I \bar{R}^2 \left\{ \left[\bar{R}^2 + \left(\frac{\bar{R}}{2} + x \right)^2 \right]^{-3/2} + \left[\bar{R}^2 + \left(\frac{\bar{R}}{2} - x \right)^2 \right]^{-3/2} \right\} \tag{2}$$

其中 x 为轴线上某点到两线圈中心点的距离，N 为单线圈匝数，I 为电流。在中心点 $x = 0$ 处，磁感应强度为：

$$B_0 = \left(\frac{4}{5} \right)^{3/2} \frac{\mu_0 N I}{\bar{R}} \tag{3}$$

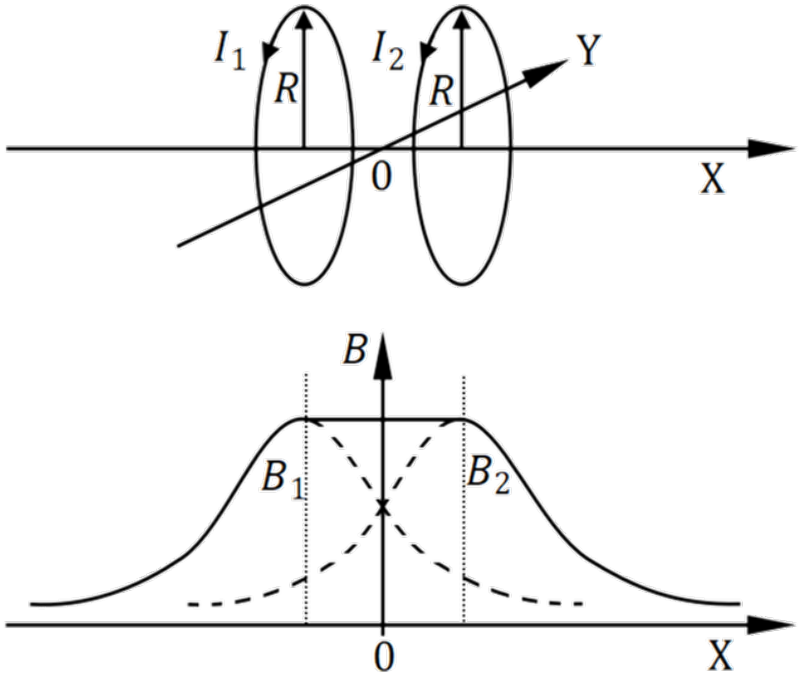


图 2: 亥姆霍兹线圈及其轴线磁场分布示意图。

实验方法： 本实验使用“FB511 型霍尔法亥姆霍兹线圈磁场实验仪”。

(1) **预备实验（地磁场测量）：**设置励磁电流 $I_M = 0$。利用手机 APP（如“指南针”）找到地磁场方向，转动平台使霍尔片与地磁场方向平行（例如指向东 90°），此时将特斯拉计调零。然后转动平台 90°（例如指向南 180°），使霍尔片与地磁场方向垂直，此时特斯拉计的示值即为地磁场强度 B 。在后续实验中需注意消除其影响。

(2) **测量单个圆线圈磁场分布：**只给一个线圈通电，将霍尔传感器固定在滑块上，沿线圈轴线 x 移动，每隔一定距离（如 1.00cm）测量一点的磁感应强度 B。

(3) **测量亥姆霍兹线圈磁场分布：**两个线圈串联（保证电流同向），重复步骤 2，测量亥姆霍兹线圈轴线上的磁场 B 随 x 的分布。

(4) **数据处理**：绘制 $B-x$ 曲线，分析曲线特性，并与理论公式（如 2 和 3）进行比较。

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：

- 理解霍尔效应的基本原理（如公式 1）和霍尔传感器的工作特性。
- 掌握亥姆霍兹线圈产生均匀磁场的原理，通过实验测定其轴线上的磁场分布，并与理论（如公式 2）进行对比。
- 学习并掌握使用霍尔传感器测量磁场的基本方法，包括如何正确调零以消除地磁场等系统误差。

3. 实验难点（2 分）

（简述本实验的实现难点，不超过 100 字。）

- **地磁场的精确补偿**：霍尔传感器灵敏度很高，地磁场 B 是一个不可忽略的系统误差来源。在“预备实验”中，必须非常精确地找到地磁场方向并进行调零，操作不当会直接影响所有后续数据的准确性。
- **探头对准**：在沿轴线 x 移动霍尔探头的过程中，必须严格保证：1) 探头始终位于线圈的几何中心轴线上；2) 探头的敏感面（Z 轴）始终垂直于磁场方向（X 轴）。任何位置或角度的偏离都会引入测量误差。

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。

浙江大学物理实验教学中心制