

# 浙江大学

## 物理实验预习报告

实验名称： 用霍尔法测直流线圈与亥姆霍兹线圈磁场

实验桌号： \_\_\_\_\_

指导教师： \_\_\_\_\_

班级： cc98

姓名： Hydrofoil

学号： 324010

实验日期: 2025年 11 月19 日星期三 上午

浙江大学物理实验教学中心

## 一、实验综述

(自述实验现象、实验原理和实验方法, 不超过 500 字, 5 分)

载流圆线圈与亥姆霍兹线圈的磁场:

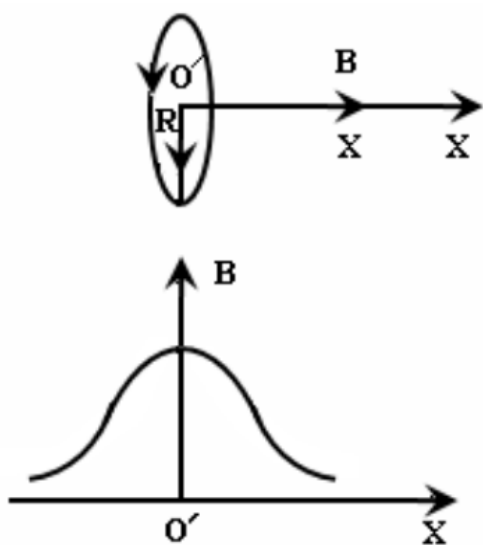
### (1) 载流圆线圈磁场

$$B = \frac{\mu_0 \cdot N_0 \cdot I \cdot R^2}{2 \cdot (R^2 + X^2)^{\frac{3}{2}}}$$

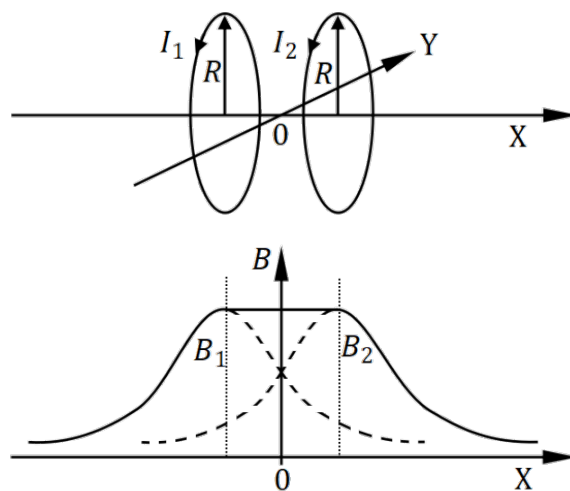
式中  $N_0$  为圆线圈的匝数,  $X$  为轴上某一点到圆心  $O'$  的距离,  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ , 本实验取  $N_0 = 400$ ,  $I = 0.400 \text{A}$ ,  $R = 0.100 \text{m}$ , 在  $O'$  处  $X = 0$ , 可计算得:  $B = 1.0053 \times 10^{-3} \text{T}$  其磁场的分布图是一条单峰的关于  $Y$  轴对称的曲线。

### (2) 亥姆霍兹线圈

定义: 两个完全相同的圆线圈彼此平行且共轴, 通以同方向的电流  $I$ , 线圈间距等于线圈半径  $R$  时, 这样的一对线圈称为亥姆霍兹线圈。其磁场分布曲线在两线圈中心连线一段出现一个平台, 说明此处为匀强磁场。



(a) 载流圆线圈的磁场分布



(b) 亥姆霍兹线圈的磁场分布

利用霍尔效应测磁场的原理:

(1) **霍尔效应:** 若电流  $I$  流过厚度为  $d$  的矩形半导体薄片, 且磁场  $B$  垂直作用于该半导体, 由于洛伦兹力的作用, 载流子会发生横向偏转, 在两横向面  $a$ 、 $b$  之间产生电势差, 称为霍尔电势, 其方向同时垂直于  $I$  与  $B$  方向。

(2) **产生原理:**  $I$  通过元件时, 空穴有一定漂移速度  $v$ , 其垂直于  $B$  运动时, 产生洛伦兹力  $F_B = q \cdot (v \times B)$  ( $q$  为电子电荷), 洛伦兹力使电荷产生横向偏转, 偏转的载流子在边界积累, 产生横向电场  $E$ , 直到  $F_E = F_B$ , 即  $q \cdot E = q \cdot (v \times B)$ 。

设 P 型样品的载流子浓度为  $p$ , 宽度为  $w$ , 厚度为  $d$ , 通过样品的电流  $I_H = p \cdot q \cdot v \cdot w \cdot d$ , 则空穴的速度  $v = \frac{I_H}{p \cdot q \cdot w \cdot d}$ , 代回得  $E = |v \times B| = \frac{I_H \cdot B}{p \cdot q \cdot w \cdot d}$ , 两侧同乘  $w$  得

$$U_H = E \cdot w = \frac{R_H \cdot I_H \cdot B}{d} \quad (R_H \text{ 称霍尔系数})$$

应用中一般令  $k_H = \frac{R_H}{d} = \frac{1}{p \cdot q \cdot d}$ , 称为霍尔元件的灵敏度, 灵敏度越大越好。

由上式可知, 若已知霍尔片的灵敏度  $k_H$ , 只要分别测出霍尔电流  $I_H$  和霍尔电势差  $U_H$ , 即可算出磁场  $B$  的大小, 此即霍尔效应测场强的原理。

#### 测量载流圆线圈轴线上磁场的分布:

- (1) 正确连接 FB5 型霍尔法亥姆霍兹线圈磁场实验仪与测试架, 校准微特斯拉计;
- (2) 测试架左边的线圈为固定线圈, 固定在 0cm 处, 把右边的可动线圈移到合适位置;
- (3) 使励磁电流  $I = 0.400A$ , 以圆电流线圈中心为坐标原点, 每隔 1.0cm 测一个  $B$  值, 保持励磁电流不变;
- (4) 记录数据, 在方格纸上画出  $B - X$  曲线。

#### 测量亥姆霍兹线圈轴线上磁场的分布:

- (1) 移动线圈使两线圈间距  $d = R = 10cm$ , 此时两个圆线圈中心连线的几何中心距测试平面 5cm;
- (2) 将两圆电流线圈串联起来, 接到磁场测试仪的输出端钮, 调节电流输出, 使励磁电流  $I = 0.400A$ , 以两个圆线圈中心连线上的中点为坐标原点, 每隔 1.0cm 测一个  $B$  值;
- (3) 记录数据, 在方格纸上画出相应的  $B - X$  曲线。

#### 测量载流圆线圈沿“径向”的磁场分布:

将传感器探头移动到一线圈中心, 与线圈平面的夹角为  $0^\circ$ , 径向移动探头, 每移动 1.0cm 测量一个数据, 按正反方向测到 6cm 为止, 记录数据, 作出磁场分  $B - Y$  曲线。

## 二、实验重点

(简述本实验的学习重点, 不超过 100 字, 3 分)

1. 了解用霍尔效应法测量磁场的原理, 掌握 FB511 型霍尔法亥姆霍兹线圈磁场实验仪的使用方法;
2. 了解载流圆线圈的径向磁场分布情况;
3. 测量载流圆线圈和亥姆霍兹线圈的轴线上的磁场分布;
4. 两平行线圈的间距改变为  $d = \frac{1}{2}R$  及  $d = 2R$  时, 测定其轴线上的磁场分布。

### 三、实验难点

(简述本实验的实现难点，不超过 100 字，2 分)

1. 需精准校准微特斯拉计，实验中测试架位置变动后需重新调零；
2. 霍尔传感器轴向、径向移动需精准控制，每 1cm 测一个数据，操作繁琐；
3. 磁场易受环境干扰，探头摆放方向偏差会导致测量误差；
4. 数据处理需绘制多组 B-X 曲线，需保证数据对称性以分析规律。

### **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”的本课程的对应实验项目的“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，教学评价必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**