

淮南师范学院实验报告

学院：电子工程学院 专业：物理学 班级:24 物理 1 班

学号:2414050120 姓名 缪雨轩 日期：2025. 10. 29

一、实验名称：磁场的描绘

二、实验目的：

- 了解掌握感应法测磁场的原理和方法。
- 学习用感应法描绘载流圆线圈轴线上磁场的分布，验证公式，加深对毕奥-萨伐尔定律的理解。
- 学会用感应法描绘亥姆霍兹线圈中某一点处每个载流线圈产生的磁场和两个载流线圈产生的总磁场。

三、实验原理：

（一）毕奥-萨伐尔定律

电流元 $Id\vec{l}$ 在空间某点 P 处产生的磁感应强度 $d\vec{B}$ 为：

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

其中， μ_0 为真空磁导率， $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ 。根据磁场叠加原理，任意载流导线在 P 点处产生的总磁感应强度 $\vec{B}$ 为：

$$\vec{B} = \int d\vec{B} = \int \frac{\mu_0 I d\vec{l} \times \vec{r}}{4\pi r^3}$$

（二）单个载流圆线圈轴线上的磁场

一个半径为 R、匝数为 N 的圆形载流线圈，通以电流 I，则其轴线上任意一点（坐标为 x，设线圈中心为坐标原点 $x = 0$ ）的磁感应强度大小为：

$$B(x) = \frac{\mu_0 N I R^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}$$

在本实验中，坐标原点 O($x = 0$) 设在两线圈连线的中点。单个线圈（如 B 线圈）的中心位于 $x_B = -R/2$ (或 $x_B \approx -52 \text{ mm}$)。因此，该线圈在轴线上 x 点产生的磁场为：

$$B(x) = \frac{\mu_0 N I R^2}{2[R^2 + (x - x_B)^2]^{3/2}} = \frac{\mu_0 N I R^2}{2[R^2 + (x + R/2)^2]^{3/2}}$$

（三）亥姆霍兹线圈轴线上的磁场

亥姆霍兹线圈由两个完全相同的圆线圈（半径 R、匝数 N）同轴平行放置，且线圈间距 d 等于线圈半径 R。两线圈通以大小相同、方向一致的电流 I。

设两线圈中心分别位于 $x_A = +R/2$ 和 $x_B = -R/2$ 。根据磁场叠加原理，轴线上任意一点 x 处的总磁感应强度 B(x) 为两个线圈产生磁场的矢量和：

$$B(x) = B_A(x) + B_B(x)$$

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

(根据实验手册，近似取 $R/2 \approx 52 \text{ mm}$)

四、主要仪器设备：亥姆霍兹线圈试验仪 (DH4501A 型)。

五、实验步骤：

（一）测量圆电流线圈轴线上磁场的分布

- 按图接好电路（只接一个线圈）。开机预热 5 分钟，调零。
- 调节磁场实验仪的输出功率，使励磁电流 $I = 300 \text{ mA}$ (或 $I = 500 \text{ mA}$)。
- 移动探测头，分别测出 $x = -82, -72, -62, -52, -42, -32, -22 \text{ mm}$ 处的磁感应强度 B 并记录在表格中。

（二）测量亥姆赫兹线圈轴线上磁场的分布

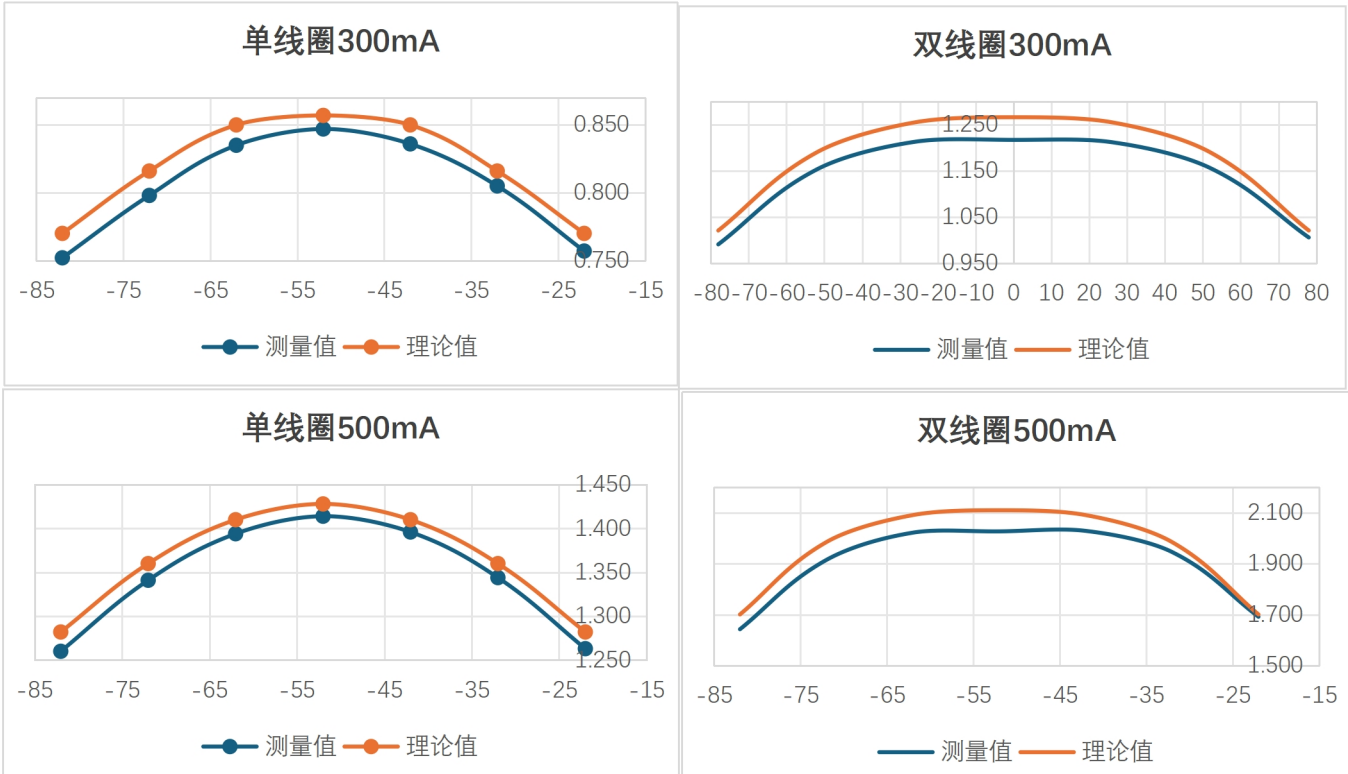
- (1) 关闭电源，把磁场实验仪的两组线圈串联起来（注意极性，使电流同向）。
- (2) 调节磁场测试仪的输出功率，使励磁电流 $I = 300mA$ (或 $I = 500mA$)。
- (3) 移动探测头，同样分别测出 $x = -82\text{ mm}$ 处的磁感应强度 B 并记录在表格中。

六、原始数据记录：

实验条件： 线圈半径 $R = 105\text{ mm} = 0.105\text{ m}$ 线圈匝数 $N = 500$ 线圈间距 $d = 105\text{ mm} = R$ (单个线圈中心位于 $x \approx -52\text{ mm}$ ，双线圈中心分别位于 $x \approx \pm 52\text{ mm}$)

线圈	测量序号		1	2	3	4	5	6	7
单线圈	测量点/mm		-82.0	-72.0	-62.0	-52.0	-42.0	-32.0	-22.0
	测量值	300 mA	0.752	0.798	0.835	0.847	0.836	0.805	0.757
	理论值	300 mA	0.770	0.816	0.850	0.857	0.850	0.816	0.770
	测量点/mm		-82	-72	-62	-52	-42	-32	-22
	测量值	500 mA	1.260	1.341	1.394	1.414	1.396	1.344	1.263
	理论值	500 mA	1.282	1.360	1.410	1.428	1.410	1.360	1.282
双线圈	测量点/mm		-82.0	-72.0	-62.0	-52.0	-42.0	-32.0	-22.0
	测量值	300 mA	0.991	1.153	1.213	1.217	1.212	1.156	1.006
	理论值	300 mA	1.021	1.190	1.255	1.266	1.255	1.190	1.021
	测量点/mm		-82	-72	-62	-52	-42	-32	-22
	测量值	500 mA	1.643	1.915	2.022	2.027	2.029	1.946	1.692
	理论值	500 mA	1.701	1.985	2.091	2.110	2.091	1.985	1.701

七、数据处理：



八、实验结果与讨论:

（一）关于单个线圈：

实验数据显示，单个载流圆线圈轴线上的磁场分布，在 $x = -52.0\text{ mm}$ 处（即线圈中心）磁感应强度最大。随着探头沿轴线远离中心位置（向 -82 mm 或 -22 mm 方向），磁感应强度 B 逐渐减小。这与毕奥-萨伐尔定律的理论预期相符。

（二）关于磁场叠加：

实验数据测量了双线圈（亥姆霍兹线圈）在相同坐标点上的磁场分布。在任意一个测量点 x ，双线圈的磁感应强度 $B_{\text{双}}$ 均大于单线圈的磁感应强度 $B_{\text{单}}$ 。这是因为 $B_{\text{双}}$ 是两个线圈在该点产生磁场的矢量和（ $B_{\text{双}} = B_A + B_B$ ），而 $B_{\text{单}}$ 仅为其中一个线圈的磁场（ $B_{\text{单}} \approx B_B$ ）。实验结果清晰地验证了磁场的叠加原理。

（三）关于误差分析：

产生误差的可能原因包括：

- (1) 仪器参数误差：线圈的实际半径 R 、匝数 N 可能与标称值（105mm, 500 匝）有微小差异。
- (2) 定位误差：使用手轮和标尺读取 x 坐标时存在读数误差和回程差。
- (3) 探头校准误差：磁场探头（感应线圈）的灵敏度可能存在系统偏差。
- (4) 电流波动：实验过程中励磁电流 I 未能保持绝对恒定。