

浙江大学实验报告

专业：电子信息工程

姓名：邢毅诚

学号：3190105197

日期：2021-6-5

地点：东三-401

课程名称：工程电磁场与波实验报告

指导老师：姚纓英

成绩：

实验名称：磁悬浮

实验类型：验证实验

同组学生姓名：常俊杰

一、实验目的

- (1) 观察自稳定的磁悬浮物理现象
- (2) 了解磁悬浮的作用机理及理论分析的基础知识
- (3) 在理论分析与实验研究结合的基础上，力求深化对磁场能量，电感参数和电磁力等知识点的理解

二、实验内容

- (1) 观察自稳定的磁悬浮物理现象
- (2) 实测对应于不同悬浮高度的盘状线圈的激励电流
- (3) 观察不同厚度的铝板对自稳定磁悬浮状态的影响

三、实验器材

- (1) 磁悬浮实验设备
- (2) 磁悬浮线圈

四、实验原理

本实验中使用的磁悬浮装置示意图如下图所示：

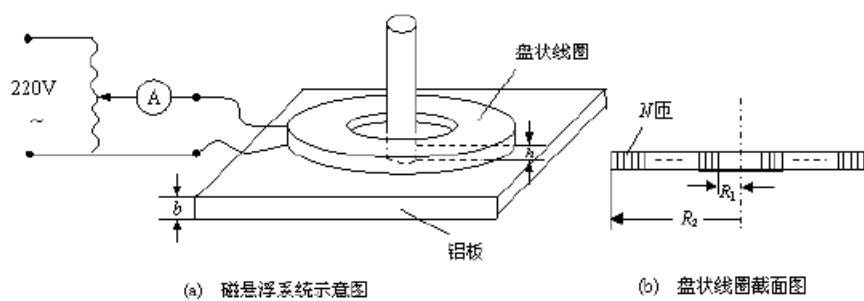


图 1: 磁悬浮装置

其由 220V 电源、变压器以及盘状线圈等系统组成，其中盘状线圈的示意图如上右图所示。
在通电之后，磁线圈受到电动排斥力的作用，便可以产生自稳定的磁悬浮物理现象，具体分析如下：
首先，将上图中所示的磁悬浮线圈和铝板看作一个系统，其中体能量为：

$$W_m = \frac{1}{2}LI^2 \quad (1)$$

其中，I 为激磁电流的有效值，根据虚位移法，我们便可以求出线圈的受力表达式：

$$f = \frac{\alpha W_m}{\alpha h} \Big|_{I=Const} = \frac{1}{2}I^2 \frac{dL}{dh} \quad (2)$$

同时，可以计算出此系统的自感：

$$L = \mu_0 a N^2 \ln\left(\frac{2h}{R}\right) = L_0 \ln\left(\frac{2h}{R}\right) \quad (3)$$

其中，a 为盘状线圈被理想化为单匝圆形线圈时的平均半径，N 为线匝数，R 为导线被看作圆形导线时的等效圆半径

从而可以确定出其受力平衡关系：

$$f = \frac{1}{2}I^2 \frac{dL}{dh} = Mg \quad (4)$$

其中，M 为线圈的质量，进而，我们可以解得：

$$I = \sqrt{\frac{2Mgh}{L_0}} \quad (5)$$

五、 实验内容

打开磁悬浮系统开关，调整磁悬浮线圈至特定位置，记录对应的实测电流值，并与理论电流值进行比较。在计算理论电流值时，我们需要先测量线圈的电感，其中电感的公式为：

$$L_0 = \mu_0 a N^2 \quad (6)$$

其中平均半径 a 可取为 $(R_1 + R_2)/2$ ，计算得到电感 $L = 8.87 \times 10^{-3} H$ ，进而可以根据公式 (5) 计算出对应的电流，测量得实际数据以及理论数据关系如下所示：

序号	悬浮高度 h/cm	实测值激磁电流 I(A)	理论值 I(A)
1	0	16.1	0
2	0.5	17.1	5.852
3	1	18.2	8.277
4	1.5	19.4	10.137
5	2	21.0	11.705
6	2.5	22.3	13.086
7	3	23.8	14.335

表 1: 磁悬浮测量数据

可以看到，理论值与实际值偏差极大，一方面是由于在计算电感时，模型中盘状的线圈的线匝仅呈现分布形态，因此在理论分析中 L_0 仅仅为估算值，而更重要的原因则是刻度尺的 0 刻度并不是理论中

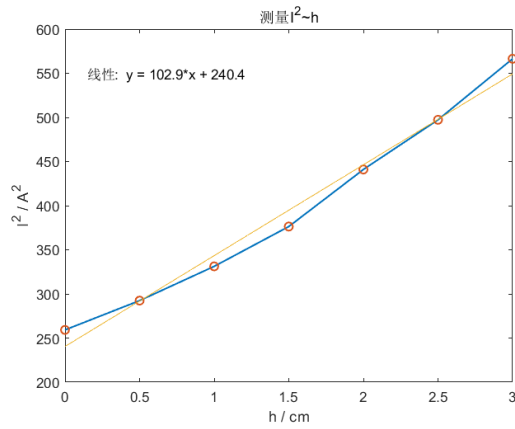


图 2: 测量曲线

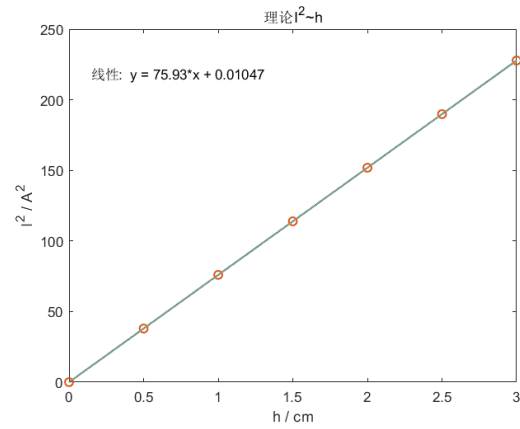


图 3: 实际曲线

$h = 0$ 的位置，有着一定的偏差，因此，在比较实验数据的拟合性时，还需要将 $I^2 h$ 的关系曲线进行拟合。

可以看到，测量曲线的拟合公式为：

$$I^2 = 102.9h + 240.4 \quad (7)$$

而理论曲线的拟合公式为：

$$I^2 = 75.93h + 0.0105 \quad (8)$$

二者斜率相差不大，可以认为测量结果正确