课程编号

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **得分** | **教师签名** | **批改日期** |
|  |  |  |

**深 圳 大 学 实 验 报 告**

**课程名称：­ 大学物理实验（一）**

**实验名称： 磁特性综合实验**

**学 院： 数学科学学院**

**指导教师： 郭树青**

**报告人： 詹耿羽 组号： 20**

**学号：2023193026 实验地点： 213**

**实验时间： 年 月 日**

**提交时间：**

|  |
| --- |
| **一、实验目的**  1. 掌握磁滞、磁滞回线和磁化曲线的概念，加深对磁性材料的主要物理量的理解，如矫顽力、剩磁和磁导率。2. 学会用示波法测绘基本磁化曲线和磁滞回线。  3. 比较不同频率下磁滞回线的区别，并确定在某一频率下的饱和磁感应强度Bs、剩磁Br和矫顽力Hc的数值 |
| 二、实验原理  1.磁化曲线  磁化曲线是物质中的磁感应强度B与所施加的磁场强度H的关系， B=μH其中μ是磁导率，对铁磁物质而言μ≫1。如果在由电流产生的磁场中放入铁磁物质，则磁场将明显增强，此时铁磁物质中的磁感应强度B比单纯由电流产生的磁感应强度增大百倍，甚至在千倍以上。铁磁物质的磁导率μ并非常数，而是随H的变化而改变，即μ=ƒ(H)，为非线性函数。所以如图1所示，B与H也是非线性关系。    图1：磁化曲线和μ~H曲线  2.磁滞回线  当铁磁材料的磁化达到饱和之后，如果将磁化场减少，则铁磁材料内部的B和H也随之减少，但其减少的过程并不沿着图1磁化时的OS段退回。从图2可知当磁化场撤消，H=0时，磁感应强度仍然保持一定数值B=Br称为剩磁。若要使被磁化的铁磁材料的磁感应强度B减少到0，必须加上一个反向磁场并逐步增大。当铁磁材料内部反向磁场强度增加到H=Hc时（图2上的c点），磁感应强度B才是0，达到退磁。图2中的的bc段曲线为退磁曲线，Hc为矫顽磁力。如图2所示，当H按O → Hs → O → -Hc → -Hs → O → Hc → Hs 的顺序变化时，B相应O → Bs → Br → O → -Bs → -Br → O → Bs 顺序变化。图中的Oa段曲线称起始磁化曲线，所形成的封闭曲线abcdefa称为磁滞回线。    图2：起始磁化曲线与磁滞回线  图3：基本磁化曲线  由图2可知：   1. 当H=0时，B≠0，这说明铁磁材料还残留一定值的磁感应强度Br，通常称Br为铁磁物质的剩余感应强度（剩磁）。 2. 若要使铁磁物质完全退磁，即B=0，必须加一个反方向磁场Hc。这个反向磁场强度Hc，称为该铁磁材料的矫顽磁力。 3. B的变化始终落后于H的变化，这种现象称为磁滞现象。 4. H上升与下降到同一数值时，铁磁材料内的B值并不相同，退磁化过程与铁磁材料过去的磁化经历有关。 5. 当从初始状态H=0，B=0开始周期性地改变磁场强度的幅值时，在磁场由弱到强地单调增加过程中，可以得到面积由大到小的一簇磁滞回线，如图3所示。其中最大面积的磁滞回线称为极限磁滞回线。我们把图3中原点O和各个磁滞回线的顶点a1,a2，…a所连成的曲线，称为铁磁性材料的基本磁化曲线。 6. 由于铁磁材料磁化过程的不可逆性及具有剩磁的特点，在测定磁化曲线和磁滞回线时，必须将铁磁材料预先退磁，以保证外加磁场H=0，B=0；退磁方法：逐渐减少磁化电流，直到B和H都减小为零。   图4：B--H曲线实验线路  3. 示波器测量B-H曲线的原理  示波器测量B—H曲线的实验线路如图4所示，其中X、Y接示波器的X轴和Y轴输入。本实验研究的铁磁物质是一个环状试样。在试样上绕有励磁线圈N1匝和测量线圈N2匝。若在线圈N1中通过磁化电流i1，此电流在式样内产生磁场，根据安培环路定律HL=N1i1，磁场强度H的大小为：  (1)  其中是为环状式样的平均磁路长度。由图4可知，示波器X轴偏转板的电压为  (2)  由式(1)和式(2)得：  (3)  上式表明在交变磁场下，任一时刻示波器X轴的输入正比于磁场强度H。为了测量磁感应强度B，在次级线圈N2上串联一个电阻R2与电容C构成一个回路，R2与C构成一个积分电路。取电容C两端电压至示波器Y轴输入。若适当选择R2和C的值，使，则次级电流为  式中为电源的角频率，为次级线圈的感应电动势：  式中为磁通量，S为环状式样的截面积，示波器Y输入电压为  B （4）  上式表明接在示波器Y轴输入的正比于B。  由(3)和(4)得  (5)  由(5)式可知，只要读出电阻和电容的值，然后通过示波器测出电压和，即可绘出磁滞回线。  其中样品参数为：  样品1参数:  平均磁路长度L=0.130mn  磁芯样品截面积S=1.24\*10^(-4)m^2  线圈匝数N1=N2=N3=150  样品2参数:  平均磁路长度L=0.075m  磁芯样品截面积S=1.20\*10^(-4)m^2  线圈匝数N1=N2=N3=150 |
| 三、实验仪器：  DH4516N磁特性综合实验测试仪、示波器      图5：实验仪器图 |
| 四、实验内容：  1.磁特性综合测量实验仪面板          图6：面板图  2.观察样品的磁滞回线  打开电源前，先将信号源输出幅度调节旋钮逆时针调到底，使信号输出最小。  **注意：**由于信号源、电阻R1和电容C的一端已经与地相连，所以不能与其他接线端相连接。否则会短路信号源、UR或UC，从而无法正确做出实验。  观察两种样品在25Hz、50Hz、75Hz、100Hz交流信号下的磁滞回线图形   1. 按上图所示连接好电路 2. 逆时针调节幅度旋钮至最小 3. 调节示波器显示方式为X-Y方式 4. 示波器X和Y输入选择为DC方式，X测量电阻𝑅\_1的电压，Y测量电容𝐶的电压 5. 缓慢增加磁化电流，使示波器显示的磁滞回线上B的值增加缓慢，达到饱和。调节X、Y增益和电阻𝑅1、𝑅2的大小，使示波器上显示典型美观的磁滞回线图形。示波器上显示磁化电流对应的水平方向格数为 (-5, 5) 格。   3. 测量电源频率50Hz时的磁化曲线   1. 示波器上磁化电流在水平方向的格数为(-5, 5) 格时，逐渐减小磁化电流至0，使示波器上磁滞回线成为一个点，此后保持X、Y增益和其它参数不变。 2. 缓慢顺时针调节幅度调节旋钮，单调增加磁化电流，使磁化电流在X方向的读数为0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0，单位为格，记录磁滞回线顶点在Y方向上的读数如表1，单位为格。 3. 记录电阻𝑅\_1、𝑅\_2和电容𝐶的值，根据样品参数和公式(5)计算H和B的值，绘制磁化曲线   4. 测量电源频率为50Hz时的磁滞回线   1. 调节参数式示波器上磁化电流在水平方向的格数为(-5, 5) 格，在Y竖直方向上的格数为(-4,4)。 2. 记录示波器显示的磁滞回线在X坐标为5.0、4.0、3.0、2.0、1.0、0、-1.0、-2.0、-3.0、-4.0、-5.0格时，对应的Y坐标格数，同时记录Y坐标为4.0、3.0、2.0、1.0、0、-1.0、-2.0、-3.0、-4.0格时对应的X坐标格数，填入表2。 3. 记录电阻𝑅\_1、 𝑅\_2和电容𝐶的值，根据样品参数和公式(5)计算H和B的值，绘制磁滞回线。 |
| 五、数据记录：  组号： ；姓名  **表1 磁化曲线数据记录**   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | X/格 | 0.00 | 0.20 | 0.4. | 0.60 | 0.80 | 1.00 | 1.50 | 2.00 | 2.50 | 3.00 | 4.00 | 5.00 | | H/(A/m) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | Y/格 | 0 | 0.40 | 1.00 | 2.40 | 2.80 | 3.20 | 3.50 | 3.60 | 3.80 | 3.90 | 3.95 | 4.00 | | B/mT |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| **表2 磁滞回线数据记录** 𝑹𝟏= 𝜴 ， 𝑹𝟐= 𝐊𝜴 ， 𝑪= 𝝁𝑭   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | X/格 | H(A/m) | Y/格 | B/mT | X/格 | H(A/m) | Y/格 | B/mT | | 5.00 |  | 4.00 |  | -5.00 |  | -4.00 |  | | 4.00 |  | 3.90 |  | -4.00 |  | -3.90 |  | | 3.00 |  | 3.80 |  | -3.00 |  | -3.80 |  | | 2.00 |  | 3.60 |  | -2.00 |  | -3.60 |  | | 1.00 |  | 3.40 |  | -1.00 |  | -3.40 |  | | 0.60 |  | 3.00 |  | -0.60 |  | -3.00 |  | | 0.20 |  | 2.00 |  | -0.20 |  | -2.00 |  | | 0.00 |  | 1.00 |  | 0 |  | -1.00 |  | | -0.20 |  | 0 |  | 0.20 |  | 0.00 |  | | -0.40 |  | -1.00 |  | 0.40 |  | 1.00 |  | | -0.60 |  | -2.00 |  | 0.60 |  | 2.00 |  | | -0.90 |  | -3.00 |  | 0.90 |  | 3.00 |  | | -1.00 |  | -3.20 |  | 1.00 |  | 3.20 |  | | -2.00 |  | -3.55 |  | 2.00 |  | 3.55 |  | | -3.00 |  | -3.75 |  | 3.00 |  | 3.75 |  | | -4.00 |  | -3.85 |  | 4.00 |  | 3.85 |  | | -5.00 |  | -4.00 |  | 5.00 |  | 4.00 |  | |
| 1. **数据处理**   **1**.铁磁质的磁滞曲线绘制：  根据公式    可以求出H和B。  H1=276.92A/m;  H2=248.08A/m;  .  .  .  H30=265.38A/m;  B1=880.65mT;  B2=858.06mT;  .  .  .  B30=880.65mT;  根据所求数据，利用Python画出铁磁质的磁滞曲线：  Figure_1  2.磁化曲线的绘制：  根据公式：    可以求出H和B。  H1=513.46A/m；  H2=455.77A/m；  H3=421.15A/m；  .  .  .  H15=69.23A/m  B1=1083.87mT;  B2=1061.29mT;  .  .  .  B15=383.87mT  根据所求数据，利用Python画出磁化曲线：  Figure_1 |
| **七、结果陈述：**  利用Python作出的图画如上。 |
| **八、实验总结与思考题**  1.实验总结：    本次实验学会了示波器的用法，初步了解了铁磁质相关知识，了解了磁化原理，对变量转化法有了深刻的认识。  2.思考题：   1. 从定义和量纲两个方面，简述磁场强度H和磁感应强度B的区别与联系。   答：磁场强度H和磁感应强度B是磁学中的两个重要概念。从定义上看，磁场强度H是在真空中产生磁场的磁力线数目与单位长度的比值。而磁感应强度B是指在磁场中某一点的磁感应强度大小。  从量纲上看，磁场强度H的单位是安培/米(A/m)，而磁感应强度B的单位是特斯拉(T)。联系上来说，磁场强度H与磁感应强度B之间的联系可用安培定理来表示:B=μH，其中u是介质磁导率，它是一个介质磁学性质的参量具有一定的标量值。因此，磁场强度H和磁感应强度B是密切相关的，它们之间是通过介质磁导率μ相联系的。   1. 本实验使用的交变电流在磁滞回线中体现在哪里？如果频率无限小结果会怎样？   答：交变电流在磁滞回线中体现在磁感应强度B和磁场强度H之间的关系曲线上。  如果交变电流频率无限小，那么磁滞回线将会退化成一条直线，且磁滞损耗将会变为0。   1. 从测得的磁滞回线阐述磁导率随磁场的变化规律，并说明不同的电阻、电容值对磁导率的影响。   答：磁导率随磁场的变化规律是：当磁场强度H增大时，磁导率也随之增大，但当H达到一定值后，磁导率将趋于饱和，不再随H的增大而增大。  电阻和电容对磁导率（μ）的影响主要通过电磁系统的整体性能来体现，而不是直接改变磁导率本身：   1. 电阻对磁导率的影响：   涡流效应：低电阻材料在交流磁场中会产生较大的涡流，形成反向磁场，减小有效磁导率。高电阻材料（如铁氧体）涡流损耗较小。  电阻加热：导电材料在交变磁场中会因电阻加热而温度升高，温度升高通常会降低磁导率。   1. 电容对磁导率的影响：   谐振频率：在谐振电路中，电容影响谐振频率，间接影响与磁导率相关的电感值。  滤波器设计：电容和电感共同决定滤波器的频率响应，电感的磁导率影响其电感值。 |
| 指导教师批阅意见： |
| 成绩评定：     |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **预习**  （20分） | **操作及记录**  （40分） | 数据处理与结果陈述30分 | 思考题  10分 | **报告整体**  **印 象** | **总分** | |  |  |  |  |  |  | |