班号 自动化5班 学号 190320517 姓名 葛旭 教师签字 韩建卫

实验日期 9.29 组号 B4 预习成绩 总成绩

实验(四) 霍尔效应

一. 实验目的

1. 用"对称测量法"测量 $U_H - I_H$ 曲线,计算霍尔元件灵敏度
2. 用"对称测量法"测量 $U_H - I_M$ 曲线,计算霍尔元件灵敏度
3. 测量电磁铁气隙中磁感应强度 B 的大小和分布

二. 实验原理

霍尔电压测量的副效应误差及其消除方法

(1) 电极不等势误差

当测量电流 I_H 流过霍尔片时,垂直于 I_H 的平面称为等势面,如果测量 U_H 的两个电极不在同一个等势面就会存在一个附加电压。误差电压 $U_0 = I_H r$,r 为两电极对应等势面间的电阻。U_0 的方向取决于 I_H,与B无关,用对称测量法可以消除此误差。

(2) 爱廷斯豪森效应

载流子的速度具有统计分布,霍尔电场 E_H 的大小取决于载流子的平均速度 v,如果速度为 v 的载流子刚好平衡后,则速度大于和小于 v 的载流子则会各自向对立面偏转。从而在 y 方向产生温差并引起温差电动势 U_E,其方向取决于 I_H 和 B,因此不能用对称测量消除。

(3) 里吉-勒迪克效应

如果在霍尔片 X 方向有温度梯度,则 X 方向会有一个扩散流 I_d。其在 y 方向将引起类似于爱廷斯豪森效应的温差电动势 U_{RL},其方向与 B 有关,但与 I_H 无关。

(4) 能斯特效应

上述扩散流在洛伦兹力作用下将直接产生附加电动势 U_N,其方向与 B 有关,但与 I_H 无关。

U_{RL} 和 U_N 可以通过改变 I_H 方向用对称测量法消除。在非大电流非强磁场下可忽略 U_E。通过改变 I_H 和 B 方向可测得四个霍尔电压值,将其绝对值求平均,就消除了副效应的误差。

三、数据处理

实验一：$\bar{x}_{L1}=24.65$　　对应的 $f_1=|\bar{x}_{L1}-x_P|=19.25$　　$\bar{f}=\frac{1}{5}\sum_1^5 f_i=19.06$

$\bar{x}_{L2}=25.20$　　$f_2=|\bar{x}_{L2}-x_P|=18.7$

$\bar{x}_{L3}=24.65$　　$f_3=|\bar{x}_{L3}-x_P|=19.25$

$\bar{x}_{L4}=25.10$　　$f_4=|\bar{x}_{L4}-x_P|=18.8$

$\bar{x}_{L5}=24.60$　　$f_5=|\bar{x}_{L4}-x_P|=19.3$

A类不确定度 $U_{xL}=\sqrt{\frac{\sum_1^5(f_i-\bar{f})^2}{5\times(5-1)}}=0.1279$

B类不确定度 $U_B=0.05/\sqrt{3}=0.0289$

总不确定度 $U=\sqrt{U_{xL}^2+U_B^2}=0.1311$　　$E=\frac{U}{\bar{f}}\times100\%=0.69\%$

$\therefore f=\bar{f}\pm U=(19.1\pm0.2)$ cm　$E=0.69\%$　置信概率 $P=68.3\%$

实验二：$\bar{x}_1=16.79$　$\bar{x}_2=40.55$　$\bar{l}=60+16.79-40.55=36.24$

$\bar{L}=43.9+60-14.1=89.8$　　$f=\frac{\bar{L}^2-\bar{l}^2}{4\bar{L}}=18.7937$

成大像A类不确定度 $U_{x_1}=\sqrt{\frac{\sum_1^5\Delta x_1^2}{5(5-1)}}=0.0579$

成小像A类不确定度 $U_{x_2}=\sqrt{\frac{\sum_1^5\Delta x_2^2}{5(5-1)}}=0.0447$　B类不确定度 $U_B=\frac{0.05}{\sqrt{3}}$

$U_l=\sqrt{U_{x_1}^2+U_{x_2}^2+U_B^2}=0.0786$　　$U_L=U_B=\frac{0.05}{\sqrt{3}}$

$U_f=\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial L}\right)^2U_L^2+\left(\frac{\partial f}{\partial l}\right)^2U_l^2}=\sqrt{\left(-\frac{l}{2L}\right)^2U_l^2+\left[\frac{1}{4}\left(1+\frac{l^2}{L^2}\right)\right]^2U_L^2}=0.0179$

$E=\frac{U_f}{\bar{f}}\times100\%=0.10\%$　$\therefore f=\bar{f}\pm U=(18.79\pm0.02)$ cm　$E=0.10\%$

置信概率 $P=68.3\%$

实验三：$\bar{x}_0'=\frac{\sum_1^5 x_0'}{5}=29.8$ (左)　$x_{L1}=49.0$ (左)　$\bar{x}_{L2}=\frac{\sum_1^5 x_{L2}}{5}=36.2$

$\bar{x}_0''=15.0$　$\bar{u}=-(\bar{x}_0'-\bar{x}_{L2})=6.4$　$\bar{v}=+(\bar{x}_0''-\bar{x}_{L2})=-21.2$

$\frac{1}{f}=\frac{1}{u}+\frac{1}{v}$ 得 $\bar{f}=9.1676$　　$\frac{\partial\ln f}{\partial u}=\frac{1}{u}-\frac{1}{u+v}$　$\frac{\partial\ln f}{\partial v}=\frac{1}{v}-\frac{1}{u+v}$

$E=\sqrt{\left(\frac{\partial\ln f}{\partial u}\right)^2U_u^2+\left(\frac{\partial\ln f}{\partial v}\right)^2U_v^2}$　　$U_u^2=\cancel{U_B^2}+\frac{\sum_1^5\Delta x_{x_0}^2}{5\times(5-1)}$　　$U_v^2=U_B^2+\frac{\sum_1^5\Delta x_{x_0}^2}{5\times(5-1)}$

$=0.16\%$　$U=E\times\bar{f}=0.0144$　　$=\cancel{U_B^2}+U_{x_0'}^2+U_{\bar{x}_{L2}}^2$　　$=\cancel{U_B^2}+U_{x_0''}^2+U_{\bar{x}_{L2}}^2$

$\therefore f=(9.17\pm0.02)$ cm　$E=0.16\%$　　$=0.007$　　$=0.0036$

置信概率 $P=68.3\%$

实验四： $\overline{x_{p2}} = 29.78$　$\overline{x_{L2}} = 39.644$　$\bar{f} = -(\overline{x_{p2}} - \overline{x_{L2}}) = \cancel{9.8}\ 9.846\ cm$

A类不确定度 $U_{x_{p2}} = \sqrt{\dfrac{\sum_1^5 (x_{p2} - \overline{x_{p2}})^2}{5(5-1)}} = 0.0583$

$U_{x_{L2}} = \sqrt{\dfrac{\sum_1^5 (x_{L2} - \overline{x_{L2}})^2}{5(5-1)}} = 0.0812$

B类不确定度 $U_B = \dfrac{0.05}{\sqrt{3}}$　总不确定度 $U = \sqrt{U_{x_{p2}}^2 + U_{x_{L2}}^2 + U_B^2} = 0.1040$

$E = \dfrac{U}{\bar{f}} \times 100\% = 1.06\%$

$\therefore f = \bar{f} \pm U = \cancel{9.86 \pm 0.1040}\ (9.86 \pm 0.15)\ cm$

$E = 1.06\%$　置信概率 $P = 68.3\%$

四. 实验结论及现象分析

可以通过自准法，共轭法测量凸透镜焦距

可以通过物距-像距法和自准法测凹透镜焦距

用自准法现象为在挡板上会有倒立的三个孔恰好拼成一个圆，用共轭法可以看到像屏上的大像和小像，物距-像距法也可以在像屏上看到小像和加入凹透镜后的大像

五. 讨论问题

1. 用位移法(两次成像)测薄凸透镜焦距，为什么必须使物屏与像屏距离大于4倍透镜焦距长度？

默认 $u>0, v>0, f>0$. $\because \frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$ $\therefore f=\frac{uv}{u+v}$

$(u+v)^2-4uv=(u-v)^2\geq 0$ $\therefore (u+v)^2\geq 4uv$ 即 $u+v\geq \frac{4uv}{u+v}=4f$

$\therefore$ 物距与像距之和大于$4f$，小于$4f$只能成一次像，无法测量焦距。

2. 从自准法测凸透镜的光路图可知物距，像距和焦距三者是相等的，但这三个量显然不满足透镜成像，请解释原因.

因为加入了平面镜，导致光在行进过程中进行反射，再次通过薄凸透镜，得到等大倒立的像。所以 $\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$ 不适合在此处应用。

实验现象与原始数据记录

实验一	X_p	凸透镜位置		$\overline{X_L}$
1		24.6	24.7	
2	43.9	25.3	25.1	
3		24.7	24.6	
4		25.4	24.8	
5		24.5	24.7	

实验二	物位置	像屏位置	凸透镜成大像位置 X_1		凸成小像 X_2	
1			16.8	17.1	40.1	40.8
2		14.1	16.7	16.8	40.2	40.7
3	43.9		16.6	16.8	40.6	40.7
4			16.9	16.9	40.4	40.7
5			16.5	16.8	40.7	40.6

实验三	X_{L_1}	x_0'	X_2	x_0''
1		29.7	36.1	
2	49	29.8	36.3	15
3		29.9	36.2	
4		29.6	36.3	
5		29.9	36.1	

实验四	凸透镜位置	X_{p_2}	X_2
1		29.7	39.7
2		29.8	39.5
3	49	29.9	39.8
4		29.6	39.4
5		29.9	39.8

教师签字：[illegible]