

演示实验完成情况统计表

姓名	唐嘉良	学号	2020K8009907032	
组号	04 班 04 组	选课单序号	08	
电话	15062956077	常用邮箱	tangjjaliang20@mails.ucas.ac.cn	
实验开展情况统计				
序号	实验名称	日期地点	值班员	同组人员及其他事项
1	超声光栅实验	2021.11.18 教 721	王佳怡	李昭辉、李蕊
2	磁致伸缩实验	2021.12.16 教 717	张兵兵	李昭辉、王品傲
3	单摆实验	2021.11.04 教 716	刘泽	李昭辉、何兆典
4	冷却法测量金属比热容实验	2021.11.11 教 427	刘波	李昭辉、王品傲
5				
6				

- 1、选课单序号见正式实验分组表的姓名前的序号。
- 2、本表附演示实验总结（作业）1 份、演示实验记录表（照片或扫描件）1 套，文件命名为本人姓名，请在系统关闭前上传于课程网站。
- 3、《统计表》纸版和演示实验记录表原件钉好后，请自助投到到教学楼 701 前的投递箱。

演示实验总结

一. 单摆实验

【实验原理】

单摆小球模型：

$$ml \frac{d^2\theta}{dt^2} = -mg \sin\theta$$

作小角近似，得到单摆周期公式：

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$$

实验采用**累计测量法**减小误差，或者**画出 $T^2 - L$ 图**，其斜率 k 与 g 有关，且不难得到：

$$g = 4\pi^2 \frac{l_2 - l_1}{T_2^2 - T_1^2}$$

由于系统误差的存在，后者更有意义。

【实验过程】

1. 固定摆长测重力加速度

首先我们利用卷尺测量出了细线长度，然后又用游标卡尺测出小球沿摆长方向直径，最后利用仪器测量出了单摆小角摆动周期。

2. 改变摆长测重力加速度

改变摆长为 60、70、80、90、110，多次测量得到周期均值。

3. 复杂的单摆周期公式

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left[1 + \frac{d^2}{20l^2} + \frac{m_0}{12m} \left(1 + \frac{d}{2l} + \frac{m_0}{m} \right) + \frac{\rho_0}{2\rho} + \frac{\theta^2}{16} \right]$$

从上面公式可以看出，实验结果受到小球质量、小球密度、空气密度、摆角等因素的影响。

【实验结果】

实验求出重力加速度均值为

$$g = 9.87 \text{ m/s}^2$$

理论值为 $g = 9.807 \text{ m/s}^2$ ，可见实验结果与理论值符合得很好，相对误差在 3% 以内。

在实验过程中，我们遇到了意外情况，系住小球的细绳发生了断裂，而临时又没有寻找到替代的细绳，经过大家的不懈努力，终于通过穿引利用这根断裂的细绳完成了实验。

【思考题】

1. 用单摆测定重力加速度必须满足的条件是什么？

平面摆动、小角摆动、细线夹紧等。

2. 摆球从平衡位置移开的距离为摆长的几分之一时，摆角约为 5° ？

计算得约是摆长的 0.087，即约十二分之一。

【附录】

实验数据记录和处理如下：

单摆测 g 。
小球直径：16.06 mm

摆长/cm	100 cm	110 cm	90 cm	80 cm	70 cm	60 cm
10 T/us	20,130,736	21,264,536	19,324,133	17,857,195	16,861,212	15,700,984
T_{avg}/us	2,013.673	2,126.453	1,932.413	1,785.719	1,686.121	1,570.098
$g/m/s^2$	9.898	9.748	9.688	10.099	8.761 9.944	9.866

图1 单摆实验数据表

二．超声光栅实验

【实验原理】

压电陶瓷片在高频信号源产生交变电场下产生周期性的压缩和伸长，在液体中传播就形成超声波；超声波传播时声压使得液体中形成疏密波，当平行光垂直超声波传播方向时会产生衍射，产生超声致光衍射的现象。

由光栅方程：

$$d \sin \phi_k = k\lambda \quad (k=0, 1, 2, \dots)$$

可以确定主极大位置。

【实验过程】

放置好仪器，打开钠灯电源，调整仪器（包括液槽、透镜等），让小组其它人在另一侧观察是否产生超声光栅现象，并用手机记录下 ± 3 级谱线照片。

本实验在仪器调整方面比较困难，需要多次反复调节。

【思考题】

1. 为什么声光器件可相当于相位光栅？

器件中的液体分子呈周期性分布，满足光栅产生条件，易衍射及干涉，可以相当于相位光栅。

2. 怎样判断平行光束垂直入射到超声光栅面？怎样判断压电陶瓷片处于共振状态？

屏幕条纹间距相当；衍射条纹的数量增多、亮度提高。

3. 从实验数据去检验声光衍射条件是否满足。

观察条纹间距是否基本相同，若是，则可以认为满足声光衍射条件。

【实验结果及附录】

实验数据记录和处理如下：



中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences

演示实验记录纸

演示实验名称 超声光栅实验 地点 教221 实验日期 2021 年 11 月 18 日
姓名 唐嘉良 学号 2020K8009902023 分班分组及座号 4班-04组 (例: 1-04-5号) 王佳怡

此纸用于笔记、记录数据和现场处理分析。实验完成后需找教师签字。

1、超声致光衍射的原理 (1-2 句话总结)

2、单色光源波长

$$\lambda = (589.3 \pm 0.3) \text{ nm}$$

透镜 L2 焦距

$$f = (157.0 \pm 0.4) \text{ mm}$$

被测液体

普通水

液体温度

$$t = 12 \quad 1497 + 2.5(12 - 26.3)$$

$$V_t = 1461.25 \text{ m/s}$$

信号频率

$$\nu = 11.798 \text{ MHz}$$

室温: 26.3 °C

表 1. 衍射级次 k 和衍射谱线位置

k	L_k	$L_{ k } - L_{ k -1} \text{ (mm)}$	$(L_{ k } - L_{ k -2})/2 \text{ (mm)}$	$(L_{ k } - L_{ k -3})/3 \text{ (mm)}$
-3	0.576	0.679	0.677	0.750
-2	1.255	0.675	0.785	—
-1	1.930	0.895	—	—
0	2.825	—	—	—
1	3.454	0.629	—	—
2	4.170	0.716	0.073	—
3	4.859	0.689	0.703	0.678

$$\Delta L_k = \frac{1}{12} \sum [L_{|k|} - L_{|k|-1} + (L_{|k|} - L_{|k|-2})/2 + (L_{|k|} - L_{|k|-3})/3] = 0.712 \text{ (mm)}$$

分度: 0.01

$$V = \frac{\lambda f \nu}{\Delta L_k} = 1531.9$$

3、手机拍摄一张条纹照片

图 2 超声光栅实验数据表

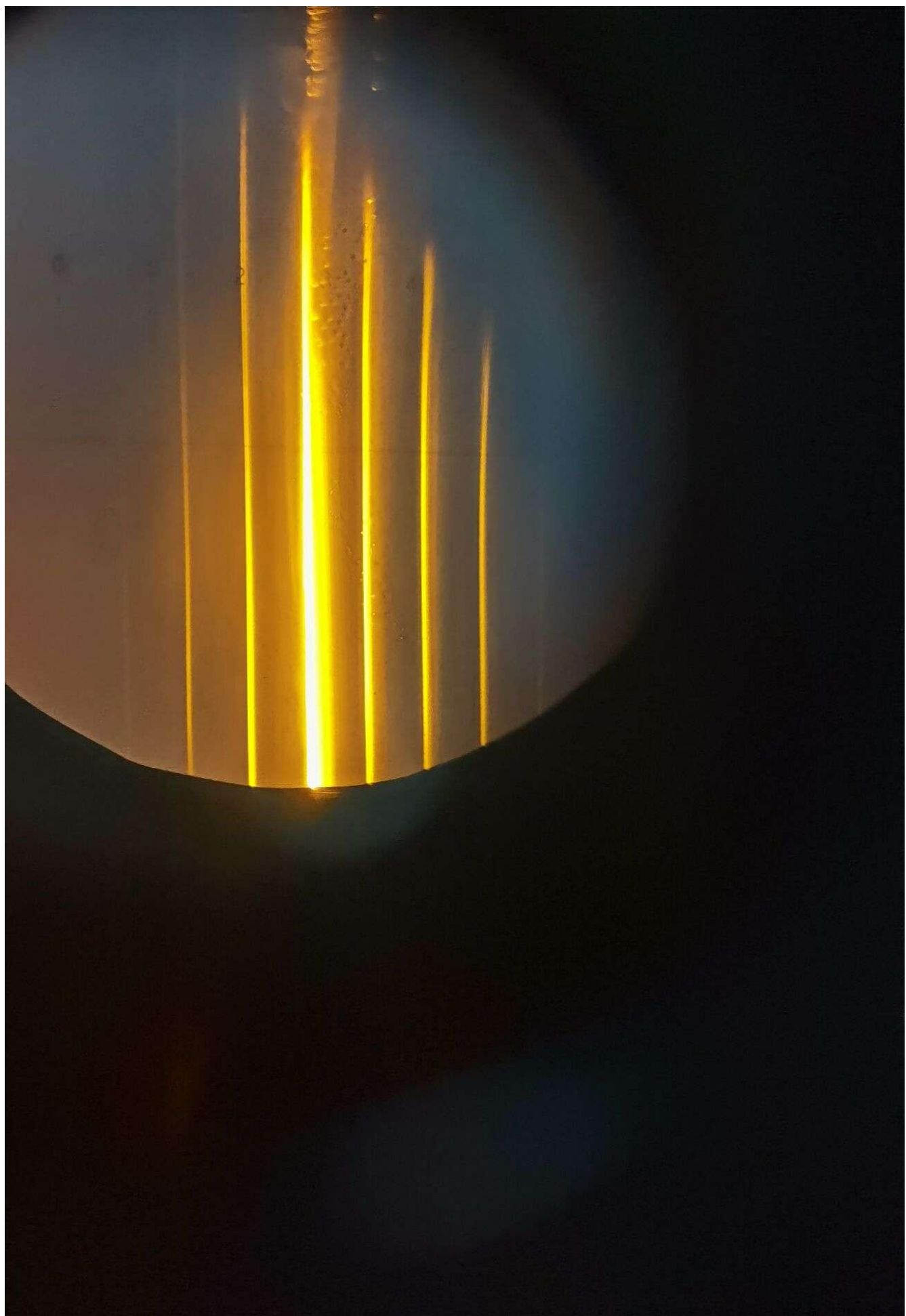


图 3 超声光栅衍射图

三．冷却法测量金属比热容实验

【实验原理】

高温物体在低温介质中冷却，有冷却定律：

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = as(\theta_1 - \theta_0)^m$$

另一方面，

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = CM \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$$

若两样品尺寸相同，表面状况相同，周围空气性质不变，处于相同温度时，可以推导出：

$$C_2 = C_1 \frac{M_1(\Delta t)_2}{M_2(\Delta t)_1}$$

【实验过程】

连接好仪器，对铁、铝、铜三种样品作同样实验：将样品套在铂电阻杆上，伸入仪器内部进行加热，待到欧姆表示数超过 $140\ \Omega$ 一些以后，停止加热，用风扇散热，欧姆表示数为 $140.4\ \Omega$ 时开始计时， $136.6\ \Omega$ 时停止计时，得到降温时间，多次测量取平均值。

【实验结果】

以铜样品为标准： $C_{Cu} = 0.39\text{J}/(g \cdot ^\circ\text{C})$,

计算得铁样品的比热容： $C_{Fe} = C_{Cu} \frac{M_{Cu}(\Delta t)_{Fe}}{M_{Fe}(\Delta t)_{Cu}} = 0.39 \times \frac{18.34 \times 19.08}{18.07 \times 16.83} = 0.44\text{J}/(g \cdot ^\circ\text{C})$

计算得铝样品的比热容： $C_{Al} = C_{Cu} \frac{M_{Cu}(\Delta t)_{Al}}{M_{Al}(\Delta t)_{Cu}} = 0.39 \times \frac{18.34 \times 14.60}{6.50 \times 16.83} = 0.95\text{J}/(g \cdot ^\circ\text{C})$

【本实验无思考题】

【附录】

实验数据记录和处理如下：（小组成员共用一份数据记录表）

质量

$$M_{Cu} = 18.34g$$

$$M_{Fe} = 18.07g$$

$$M_{Al} = 6.50g$$

强制对流冷却下由 $103^{\circ}C \rightarrow 95^{\circ}C$ 时间表

	1	2	3	4	5	平均值
Cu	16.41	16.50	16.97	16.63	17.65	16.83
Fe	8.75	19.04	19.72	19.00	18.90	19.08
Al	14.75	14.94	14.75	14.25	14.31	14.60

2021.11.11

何地燕、李阳波、唐嘉良

2021.11.11

图4 比热容实验实验数据表

四．磁致伸缩实验

【实验原理】

外加磁场下，磁畴的旋转以及重新定位会改变样品长度，并可以利用迈克尔逊干涉仪测出。如若形变 ΔL ，干涉环条纹变化 n 级，则

$$n\lambda = 2\Delta L$$

当螺线管的长度 L 远大于螺线管半径 R 时

$$H = \frac{NI}{L}$$

【实验过程】

连接仪器，移开扩束镜，调节反射镜，使得两个两点重合，再安装扩束镜，微调反射镜，便观察到干涉条纹。接通电源并逐渐调高电流，记录改变整数个圆环时电流数值。

实验中的主要问题在于衍射花纹对微小位移非常敏感，在调节过程中经常产生失误，不过在我们小组细心与细致之下最终顺利地完成了实验。

【思考题】

1、 请指出微波布拉格迈克尔逊干涉仪与本实验的干涉仪的异同。

异:精度不同，本实验干涉仪对微小位移十分敏感，精度很高，而微波布拉格迈克尔逊干涉仪精度不高，且容易产生误差。因此二者适用场景也不一样。

同:均是基于光程差以及反射定律设计的迈克尔逊器件，所用原理相同。

【实验结果与附录】

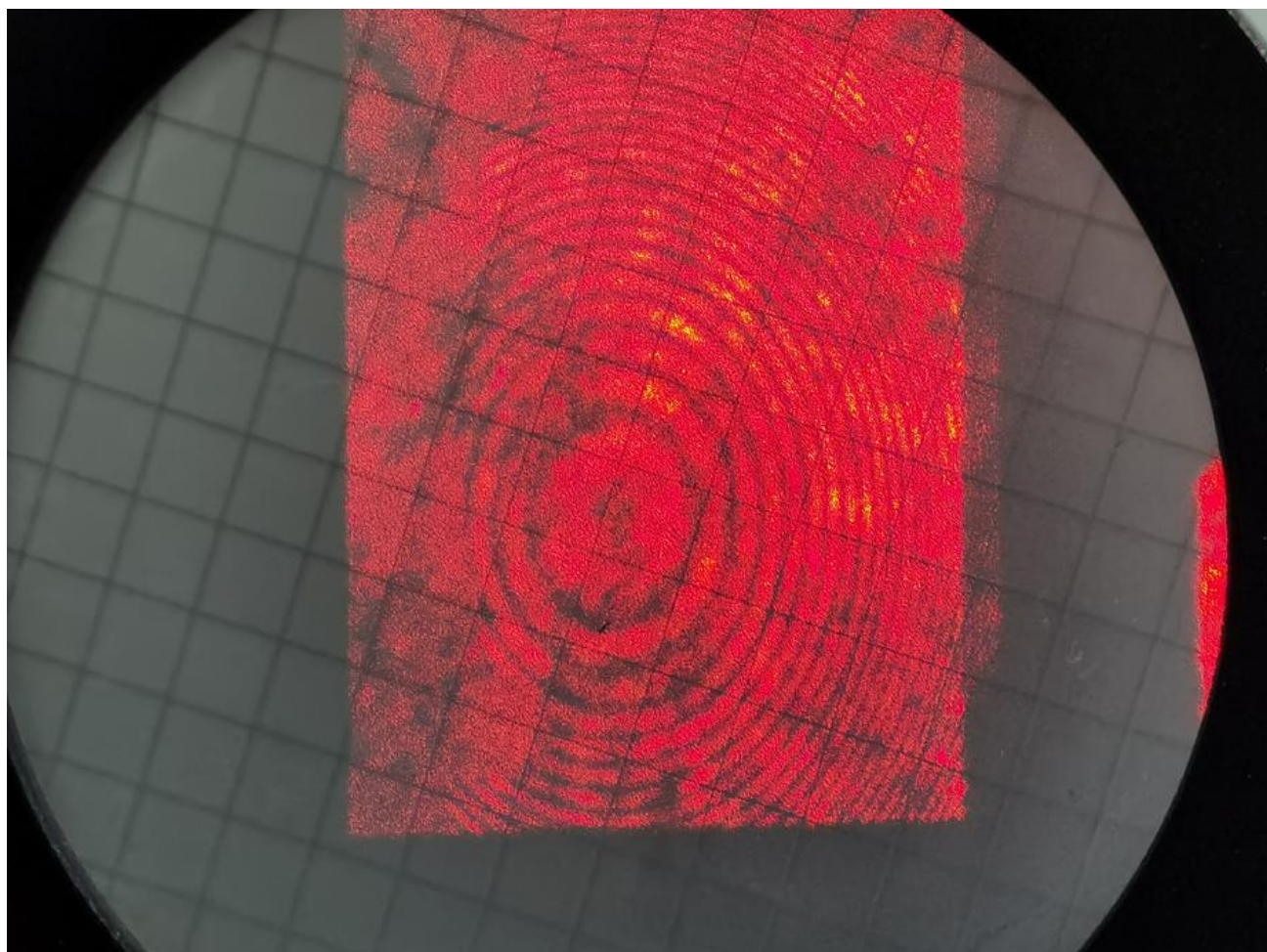


图 5 磁致伸缩衍射图样

演示实验记录纸

演示实验名称 磁致伸缩实验 地点 教 717 实验日期 2021.12.16 分组 4 班-04 组
 姓名 唐嘉良 学号 2020K90099-7032 完成情况 教师签字 张永发

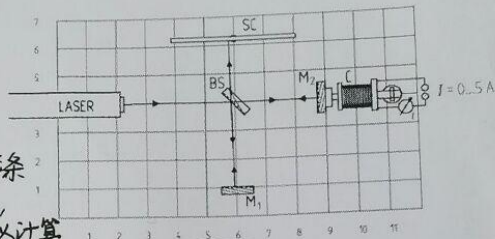
此纸用于笔记、记录数据和现场处理分析。实验完成后需找教师签字。

注意事项：禁止给螺线管长时间通入大电流，测试过程要迅速，测试完毕后请将恒流源断开或将电流输出调到最低。

一、原理了解：

- 1、（不需要回答）什么是磁致伸缩效应。
- 2、（简要回答）1-3 句话回答迈克尔逊法测微小变化量的原理。

答：微小位移导致光程差，进而产生不同的干涉条纹。



二、实验数据

样品：铁，待测样品长度 $L_1 = 0.11\text{m}$ $N = 1200$

电流 I (A)	磁场 H (A/m)	圆环数 (n)	伸缩量 ΔL_1 (m)	$\Delta L_1 / L_1$
0.11	1834.5	1	3.16×10^{-7}	2.43×10^{-6}
0.22	3163.6	2	6.32×10^{-7}	4.87×10^{-6}
0.33	4145.5	3	9.49×10^{-7}	7.30×10^{-6}
0.44	5563.6	4	1.27×10^{-6}	9.74×10^{-6}
0.55	6327.3	5	1.58×10^{-6}	1.22×10^{-5}

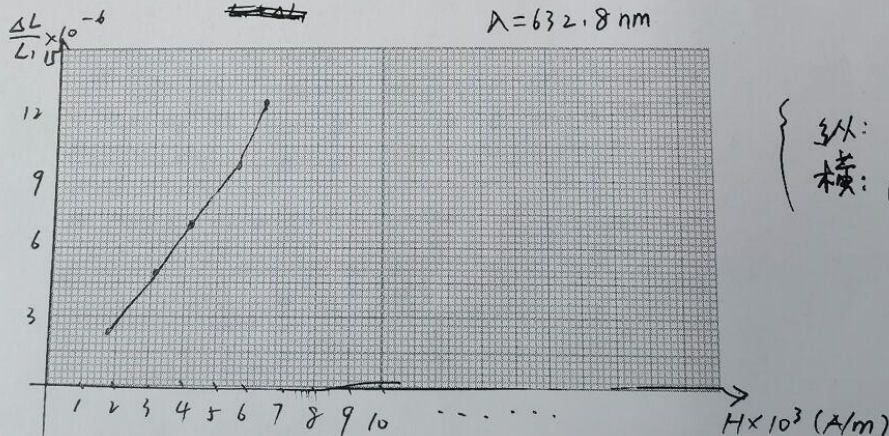
$$\lambda = 632.8 \text{ nm}$$

三、计算与绘图

$$H = \frac{NI}{L_0}$$

$$\Delta L_1 = n \times \frac{\lambda}{2}$$

$$\lambda = 632.8 \text{ nm}$$



$$\begin{cases} \text{纵轴: } \frac{\Delta L_1}{L_1} \times 10^{-6} \\ \text{横轴: } H \times 10^3 \text{ A/m} \end{cases}$$

四、思考题（写出你的思考即可）

引力波实验装置 LIGO 的两臂光程差的变化是怎么发生的？LIGO 臂长约 4km，它能测量短波长的引力波吗？对引力波源所在的方向有无要求？（LIGO 照片和光路图见讲义）

引力波引起两臂处弯曲效应不同时，光程光程差不同，产生干涉条纹的变化，由此便可间接探测到引力波。这要求引力波引起的光程差及弯曲效应相对波长并不是太小，所以它可以测量短波长引力波。对方向无要求。

图 6 磁致伸缩实验数据表