

实验二十二：迈克尔逊干涉仪 实验报告

钱思天 1600011388 No.8

2017 年 11 月 28 日

1 第一部分实验内容

1.1 调节迈克尔逊干涉仪

- 1 首先，打开激光器，大致调节使之与 G_1 镜成 45°
- 2 取小孔于光路上，调节激光器俯仰及小孔高低，使激光通过小孔射向迈克尔逊干涉仪。在此调解过程中，“远调（激光器）俯仰，近调（小孔）高低”。
- 3 待小孔置于激光器光路中后，观察小孔屏上经 M_1 与 M_2 反射所成像的位置，调节两平面镜后的三个调节螺丝，使得所成的像中的最亮点与小孔重合，达到准直。

1.2 圆条纹与椭圆条纹的调节

- 1 首先，在小孔与干涉仪间加一短焦距小透镜 L ，使光束汇聚为一点光源且均匀照亮 M_2 ，在观察屏 E 上便可初步观察到干涉条纹。
- 2 调节粗调螺旋至出现直线条纹，而后，调节两个 M_2 调节旋钮 U_2 ，使得视野里仅出现亮区，便使 M_1 与 M_2 基本重合。
- 3 此后，调节粗调旋钮，便可在观察屏上观察到一系列同心的圆形条纹。
- 4 此时，若将观察屏水平旋转一小角度使其与光路不垂直，便可观察到椭圆条纹。

变化规律 从视野全亮计, () 若将 M_1 调远, 则圆环外吐, 调远后再调近, 则圆环内吞; () 若将 M_1 调近, 则圆环外吐, 调近后再调远, 则圆环内吞。

解释 () 视野全亮, 代表着 M_1 与 M_2 的像基本重合, 且连线与观察屏垂直。() 此时, 若将 M_1 调远, 则两光束光程差增加, 从而使得干涉条纹数目增多, 圆环外吐, 再将 M_1 调近, 光程差减小, 圆环内吞。() 若将 M_1 调近, 则光程差也增加, 圆环外吐, 再将 M_1 调远, 光程差减小, 圆环内吞。

1.3 直条纹与双曲线条纹的调节

1 承接上一实验, 调节粗调螺旋至视野全亮, 而后, 调节调节两个 M_2 调节旋钮 U_2 , 便使得视野出现间距适当的直条纹。

2 此时若将观察屏水平旋转一小角度使其与光路不垂直, 便可观察到双曲线条纹。

1.4 严格等倾

1 承接实验 2, 将一毛玻璃置于光路中, 使点光源变为一拓展光源, 旋下观察屏, 用肉眼作为观察仪器。

2 与实验 2 类似地, 调节使得两镜之像基本重合, 而后调节粗调螺旋, 观察所成干涉圆环。

3 上下左右平行地移动观察, 使得在不同位置观察下, 干涉条纹仅仅有位置上的改变, 而不改变其图案 (即无圆环的吞吐), 便完成了严格等倾的调节。

解释 () 等倾干涉意味着, 等光程位置为等倾角入射, 根据几何知识, 可知其干涉花样为一簇同心圆, 且随着 M_1 的调近调远花样会有圆环的吞吐。() 但是, 改用扩展光源的等倾条纹, 实为定域干涉, 域为无穷远点, 因此, 完成严格等倾后, 平行地改动观察位置, 也不会改变总图样的形状 (中心条纹级次不变), 只是改变干涉花样的位置。

等厚

1 仍采用肉眼作为观察器材，在实验 4 的基础上，与实验 3 类似地，调节到出现合适间隔的直线条纹。

2 此时，改变 M_1 镜的位置，会发现干涉花样由直变曲的现象。

解释 () 与实验 3 类似的，从视野最亮处，调节旋钮 U_2 ，则两镜之像间会出现夹角，从而达成等厚干涉出现的条件，出现直条纹。() 此时若前后移动 M_1 ，则之中会出现光程差，与未调节两镜平行时情况类似。故而干涉条纹会出现由弯变直。

1.5 白光等厚干涉

1 在实验 5 的基础上，光路中引入白光作为光源。

2 在实验 5 的直条纹附近，调节粗调螺旋，寻找到出现白光干涉花样的位置。

3 在白光干涉花样位置附近，进一步使用细调螺旋，调节到白光干涉花样的位置。

现象 白光干涉花样中心主极大为白色亮纹，两旁黑色暗纹。在干涉区域的外端还可看到彩虹状的不同色光的主极大。以中心白色主极大条纹计，内红外紫。

读数 出现白光干涉的位置:

$$d = 33.05921mm$$

表 1: 所用常数				
物理量	小气室厚度 D	He-Ne 激光波长 λ	大气压数值 p_0	间隔环数 N
值	4.00cm	632.8nm	101.2kpa	2

表 2: 间隔两个环气压值									
各次测量气压值	p_0	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7	p_8
单位: hpa	1012	1071	1134	1194	1260	1319	1378	1439	1500

2 第二部分实验内容

2.1 测量空气折射率

2.1.1 实验数据

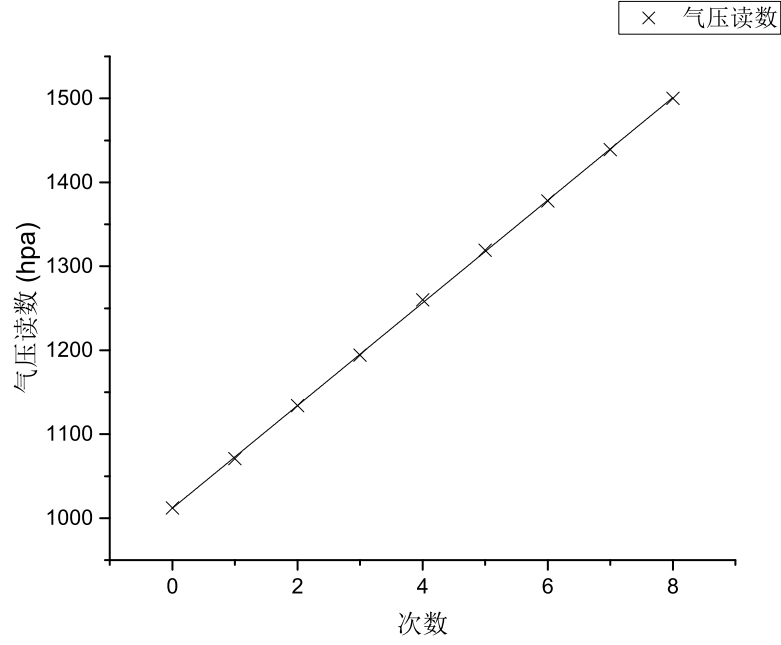
2.2 计算

运用公式:

$$n = 1 + \frac{N\lambda}{2D} \cdot \frac{p}{|\Delta p|}$$

可知，次数 i 与气压读数 p_i 应成线性关系， Δp 为其斜率。将实测数据作图，有：

图 1: 各次气压读数数据图



计算有 $r \approx 0.9999$, 故为线性关系。设回归方程满足

$$p_i = \Delta p \cdot i + p_0$$

则有公式

$$\Delta p = \frac{\sum_{i=0}^8 (p_i - \bar{p})(i - \bar{i})}{\sum_{i=0}^8 (i - \bar{i})^2} = 61.15(hpa)$$

$$\sigma_{\Delta p} = \frac{\sigma_p}{\sqrt{\sum_{i=0}^8 (i - \bar{i})^2}} = \Delta p \cdot \sqrt{\frac{1 - r^2}{9 - 2}} = 0.23(hpa)$$

代入原公式, 有

$$n = 1.0002618$$

$$\sigma_n = 0.0000009$$

故：

$$n \pm \sigma_n = 1.0002618 \pm 0.0000009$$

2.3 测量压电陶瓷的压电常量

2.3.1 实验数据

表 3: 常数数据

物理量	长度 L	壁厚 t	He-Ne 激光波长
值	46mm	1.0mm	632.8nm

表 4: 各次电压测量值

各次测量电压值	U1	U2	U3	U4	U5	U6
单位 V	-66.9	-42.0	-15.9	8.2	32.6	55.1

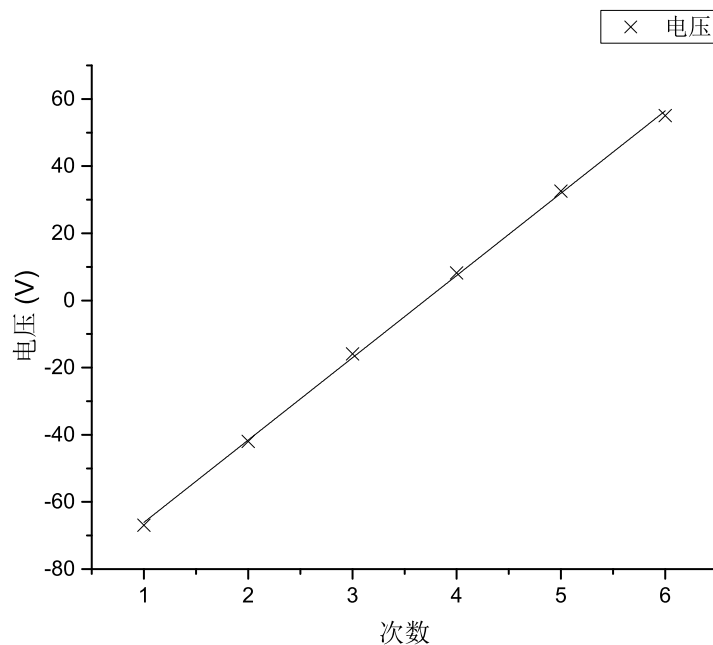
2.3.2 计算

运用公式：

$$\Delta L = d_{21}(\frac{L}{t})U_f$$

可知，长度改变量 ΔL 与电压读数 U_f 应成线性关系，且有 $\Delta L_i = \frac{\lambda}{2} \times i$ ，故次数 i 与读数 U_{fi} 成线性关系， $\frac{1}{d_{21}(\frac{L}{t})} \cdot \frac{\lambda}{2}$ 为其斜率。将实测数据作图，有：

图 2: 各次电压读数数据图



计算有 $r \approx 0.9998$, 故为线性关系。设回归方程满足

$$U_i = k \cdot i + U_0$$

则有公式

$$k = \frac{\sum_{i=1}^6 (U_i - \bar{U})(i - \bar{i})}{\sum_{i=1}^6 (i - \bar{i})^2} = 24.52(V)$$

$$\sigma_k = \frac{\sigma_U}{\sqrt{\sum_{i=0}^8 (i - \bar{i})^2}} = k \cdot \sqrt{\frac{1 - r^2}{6 - 2}} = 0.26(V)$$

代入原公式, 有

$$d_{21} = 2.81 \times 10^{-10}(m/V)$$

$$\sigma_{d_{21}} = 0.03 \times 10^{-10} (m/V)$$

故：

$$d_{21} \pm \sigma_{d_{21}} = 2.81 \pm 0.03 (10^{-10} m/V)$$

3 收获与感想

这次实验的时间安排对我来说非常的巧妙，因为我将将在光学课上学过了迈克尔逊干涉仪。

光学课上，老师对迈克尔逊干涉仪可以说是赞不绝口。而当我预习实验时，也不由得为它的精妙所感叹。这台并不能算大的仪器，竟然拥有着 10nm 的精度。从寻找以太，到 LIGO，都有着迈克尔逊干涉仪的身影。

实际操作起来，我发现调节迈克尔逊干涉仪的过程也是非常有趣的，种种干涉花样接踵而至，亲眼见证等厚，等倾干涉条纹，看到彩虹般的白光干涉。

当然，实验中，我也收获了很多。比如在调节迈克尔逊干涉仪的过程中，各螺丝要前后各留出一定的位置以方便进一步的调节，这些都是我需要注意的。以及我深刻感受到了，哪怕是轻微的脚步声，也会对实验的效果产生很大的影响，这启发了我要端正 z

在今后的实验课中，我也会努力提高自己的实验能力，端正自己的实验态度。