

B9 迈克耳孙干涉仪及其应用（白光干涉）

实验人：黄子维 20980066

合作者：黄睿杰 20980062

实验时间：2021.9.23 星期四 上午 室温：29°C 相对湿度：62%

【实验目的】

1. 观察等倾、等厚干涉现象及调节白光干涉条纹。
2. 学习用迈克耳孙干涉仪测量钠光谱波长差的方法。
3. 学习用白光干涉测量透明薄片折射率的方法。

【仪器用具】

编号	仪器用具名称	数量	主要参数（型号，测量范围，测量精度等）
1	精密干涉仪	1	KF-WSM
2	He-Ne 激光器	1	/
3	钠钨双灯	1	/
4	透明薄片	1	/

【实验原理】

1. 测量钠双黄线的波长差

钠黄光含有两种波长相近的光。

光拍现象 采用钠灯作光源，在干涉仪动镜移动过程中，干涉条纹会出现清晰与模糊的周期性变化。

钠双黄线的波长差 干涉条纹出现一次模糊 → 清晰 → 模糊的变化时， M_1 镜移动的距离为 Δd ，则钠双黄线波长差为：

$$\Delta\lambda = \frac{\bar{\lambda}^2}{2\Delta d}$$

2. 利用白光干涉测定透明薄片的厚度或折射率

白光等厚条纹

- 先采用激光光源，调节出等倾干涉圆环，再减小两反射臂的光程差，直至等倾圆环几乎消失，此时两臂光程差相等。
- 换上扩散的白光光源，并微调可调反射镜的倾斜度，则可在视场中观察到彩色的条纹，此即为白光等厚干涉条纹。
- 缓慢移动 M_1 镜，使中心暗纹移到视场中央。中心暗纹：彩色条纹中间的全黑条纹。

测量薄片折射率

1. 放置薄片：在 M_1 镜和 G_1 镜间平行放置厚度为 t ，折射率为 n 的透明薄片，则光程差增大 $\Delta L = 2t(n - 1)$
2. 补偿光程：向 G_1 镜方向移动 M_1 镜，当移动距离 $\Delta d = \frac{\Delta L}{2}$ 时，光程差被补偿，中心暗纹和彩色条纹重新出现，则 $\Delta d = t(n - 1)$

【实验装置】

1. 迈克耳孙干涉仪光路图

光路图如图1所示。测定钠双黄线波长差时，应将氦氖激光器换成钠光源并移去观察屏和薄片。测定薄片折射率时，应将氦氖激光器换为白光光源并移去观察屏。

- M_1 ：可移动反射镜
- M_2 ：固定反射镜
- G_1 ：分光镜
- G_2 ：补偿镜

【实验内容及步骤】

1. 用氦氖激光器调出等倾干涉图像

- 安装干涉仪，扩束镜先不安装。
- 调节 $He - Ne$ 激光器的高度和倾斜度，使激光束从分束镜的中心入射。

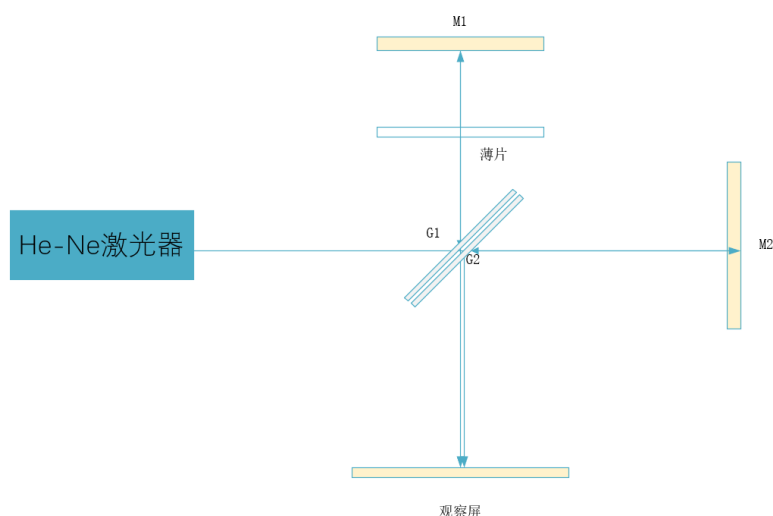


图 1: 迈克耳孙干涉仪

- 调节 M_1 和 M_2 反射镜的倾斜度调节螺钉，使各镜面的入射和出射点高度与分束镜接近， M_1 和 M_2 反射的光点在观察屏中央重合。
- 装上扩束镜，观察干涉条纹。

2. 测量钠双黄线波长差

1. 用 $He - Ne$ 激光，调出干涉圆环。移动反射镜 M_1 ，使条纹变宽变稀，至观察屏上只有少数几个圆环，此时两干涉臂的光程几乎相等。
2. 改用灯前装有毛玻璃的钠灯，拆除观察屏。
3. 肉眼观察，仔细调节 M_2 镜的倾斜度调节螺钉和 M_1 镜的位置，可观察到黄黑相间的直线状等厚干涉条纹。
4. 调节移动 M_1 镜，观察条纹模糊 \rightarrow 清晰 \rightarrow 模糊的周期变化过程，记录每周期移动距离 Δd ，依此计算钠双黄线波长差。

3. 白光干涉的调节并测透明薄片的折射率

1. 用 $He - Ne$ 激光，调出干涉圆环。移动反射镜 M_1 ，使条纹变宽变稀，至观察屏上只有少数几个圆环，此时两干涉臂的光程几乎相等。
2. 改用灯前装有毛玻璃的汞灯，拆除观察屏。
3. 肉眼观察，仔细调节 M_2 镜的倾斜度调节螺钉和 M_1 镜的位置，可观察到彩色的直线状等厚干涉条纹。

4. 在分束镜和动镜间垂直光路安装透明薄片，彩色条纹消失。缓慢调节精密测微头，缩小 M_1 和 G_1 之间的距离，重新观察到彩色条纹，记录 M_1 移动的距离 Δd
5. 用螺旋测微计测量薄片的厚度 t ，计算薄片的折射率。

【数据处理及分析】

1. 测量钠双黄线波长差

条纹模糊 \rightarrow 清晰 \rightarrow 模糊周期中 M_1 移动的距离 Δd 为 (mm):

$$[0.305, 0.275, 0.305, 0.280, 0.275, 0.305, 0.290, 0.285, 0.295, 0.295]$$

平均值为 $\Delta d = 0.291mm$ ，标准差为 $0.012mm$ 。取 $\bar{\lambda} = 589.3nm$ ，代入公式 $\Delta\lambda = \frac{\bar{\lambda}^2}{2\Delta d}$ 计算得 $\Delta\lambda = 0.597nm$

不确定度 $S = 0.027nm$ ，故

$$\Delta\lambda = 0.597 \pm 0.027nm$$

2. 白光干涉的调节并测透明薄片的折射率

测量薄片厚度

薄片厚度测量值 (mm):

$$[0.160, 0.151, 0.185, 0.154, 0.152]$$

平均值 $t = 0.160mm$ ，标准差 $0.014mm$

利用白光干涉测量薄片折射率

白光干涉的中心暗条纹实验结果如图2

实验结果如表1

EXP	放置薄片后 M_1 位置/mm	放置薄片前 M_1 位置/mm	距离差值/mm
1	12.320	12.398	0.078
2	12.318	12.399	0.081
3	12.321	12.396	0.075

表 1: 放置薄片前后出现干涉条纹所对应 M_1 镜位置以及差值

Δd 平均值为 $0.078mm$ ，标准差为 $0.003mm$ 。

代入 $n = \frac{\Delta d}{t} + 1$ 计算得 $n = 1.486$

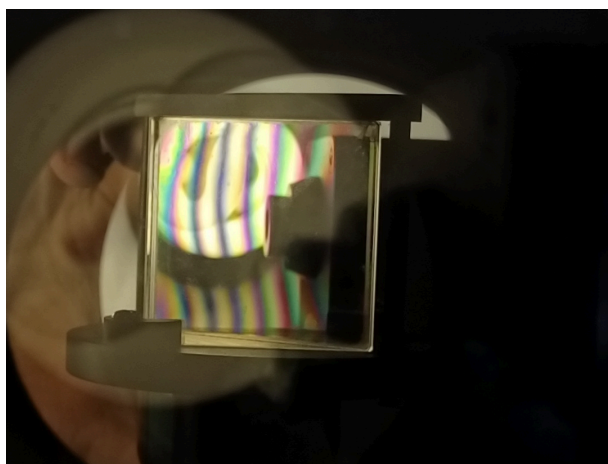


图 2: 中心暗条纹

不确定度 $S = 0.062$, 故

$$n = 1.486 \pm 0.062$$

【思考题】

1. 如何测量透明溶液的折射率？请提出实验方案并说明其合理性。

答：旋转样品法。

1. 组装迈克耳孙干涉仪，将可固定在旋转底座上的方形透明液槽置于动镜 M_1 和分束镜 G_1 之间。液槽宽度为 t
2. 分别进行空槽与装液两次实验，两次实验转动相同角度，分别记录条纹变化数 ΔN_1 和 ΔN_2 ，则修正后的条纹变化数为 $\Delta N = \Delta N_1 - \Delta N_2$

3. 则
$$n = \frac{t \sin^2 \theta}{2t(1 - \cos \theta) - \Delta N \lambda} + (1 - \cos \theta - \frac{\Delta N \lambda}{2t})$$

合理性：由于透明溶液需要容器装载，而容器壁将会引入额外光程差，因此设计空槽与装液两次实验，得到修正的条纹变化数，将能够消除这部分误差，提高结果准确性。

2. 当空气的温度改变时，空气的折射率也会改变的，怎样去测量空气的折射率？

答：利用恒温装置控制温度，利用迈克耳孙干涉仪分别测定在不同温度下空气的折射率，测得多组数据后拟合空气折射率随温度变化关系曲线，外推得到特定温度对应的空气折射率。

【项目源码】

https://github.com/Jeg-Vet/SYSU-PHY-EXP/tree/main/B9-Michelson_interference_II