

## 实验目的

- 1) 观察等倾干涉现象, 加深对等倾干涉理论的理解。
- 2) 了解迈克尔逊干涉仪的结构、原理和调节方法。
- 3) 测量激光的波长。

## 实验原理

### 1. 光路组成及结构

$G_1$  和  $G_2$  平行放置, 折射率和厚度都完全相同的平面玻璃板,  $G_1$ : 分光板

$G_2$ : 补偿板,  $M_1, M_2$ : 平面反射镜

$M_2$  固定不动,  $M_1$  可沿臂轴方向前后平移

### 2. 等倾干涉

$M_1$  与  $M_2$  严格垂直时, 经  $M_2$  与  $M_1$  反射发出的光束,

在  $P$  点的光程差为

$$\delta = 2d \cos \theta$$

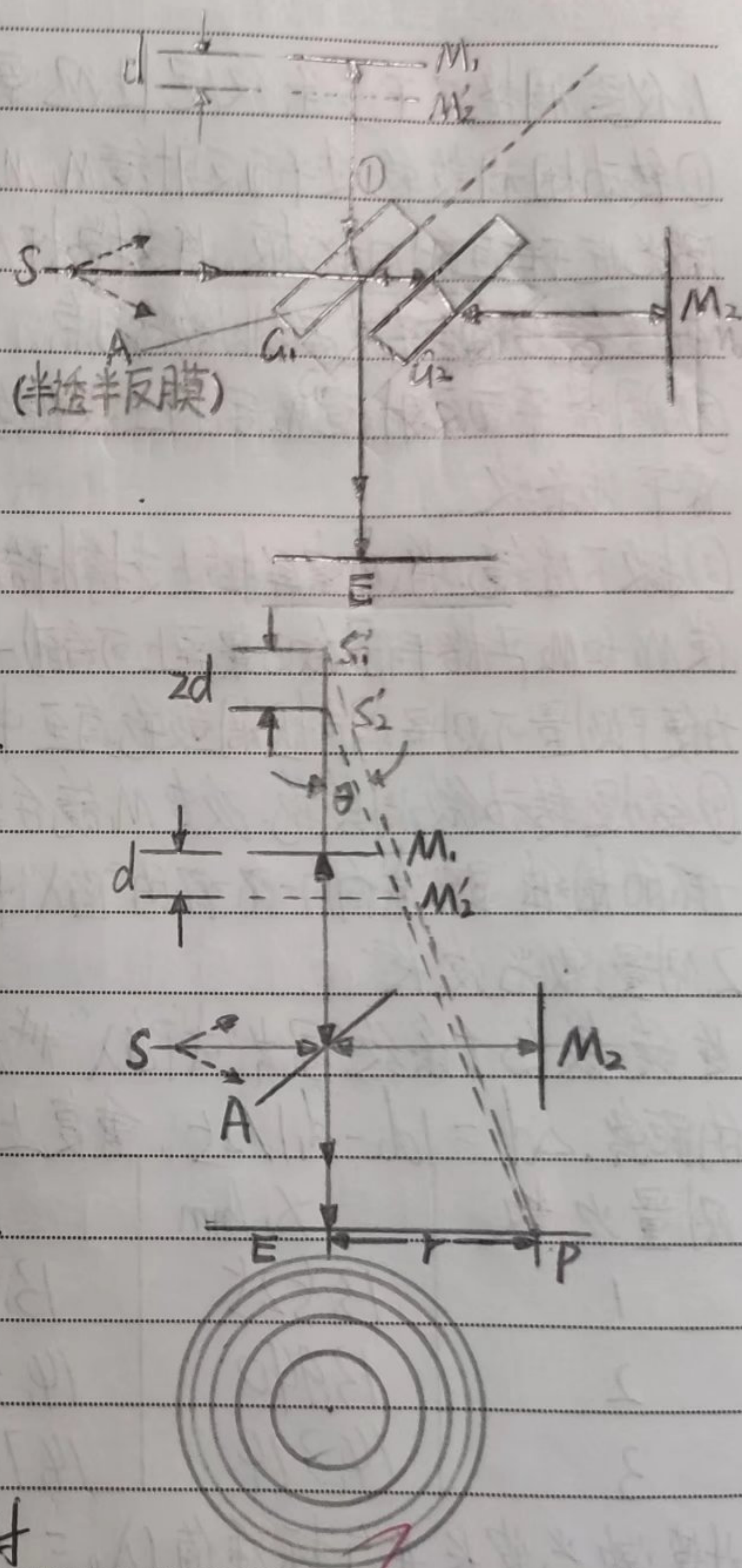
当  $d$  一定时, 光程差  $\delta$  的大小随入射角  $\theta$  的变化而变化。入射角相等的光线将具有相同的光程差, 将垂直于轴臂方向的截面形成干涉图样, 称为等倾干涉。干涉条纹为一系列明暗相间, 内疏外密的同心圆环。

### 3. 测量激光波长

当光程差  $\delta = k\lambda$  时, 为亮环, 当  $\delta = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$  时为暗环。每从中心“陷入”或“冒出”一个圆环,  $d$  相应减少或增加  $\lambda/2$  的距离。假设“陷入”或“冒出”环数为  $N$ , 相应  $d$  的改变量为  $\Delta d$ , 则

$$\Delta d = N \times \lambda/2 \quad \text{则} \quad \lambda = 2\Delta d / N$$

若已知  $N$ , 并测出  $\Delta d$  代入上式则可得激光波长  $\lambda$ 。





## 实验仪器

WMG-1 迈克逊实验平台

GY-11 He-Ne 激光器

## 实验步骤与数据记录

### 1. 仪器调整及干涉条纹定性观察

- ① 转动粗调鼓轮, 使平面反射镜  $M_1$ ,  $M_2$  到分光板  $G_1$  的距离大致相等. 调节光源装置使激光正于垂直射向光板. 将支撑杆放置在干涉区域固定, 插上透镜固定可观察到透镜后面会出现两排激光光点.
- ② 调整平面反射镜  $M_2$  后的三颗螺钉, 使两排激光光点重合. 此时观察屏上会出现干涉条纹.
- ③ 撤下透镜, 将观察屏插上支撑杆锁紧. 继续微调  $M_2$  镜下方的水平和垂直拉簧螺丝使  $M_1$  和  $M_2$  严格平行. 在观察屏上可看到一系列明暗相间的同心圆环且圆心位于视场中央. 为便于测量可测量调节粗调鼓轮直至中央出现 4-5 个圆环较为理想.
- ④ 缓慢转动微调鼓轮, 改变  $M_1$  镜在导轨上的位置可观察到视场中条纹由中心向外一环一环的相继“冒出”或向内一环一环的“陷入”中心.

### 2. 测量激光波长

连续数 6 个条纹“冒出”或“陷入”并记录  $M_1$  镜的始末位置  $d_1$  和  $d_2$ , 则  $M_1$  镜移动的距离  $\Delta d = |d_2 - d_1|/25$ , 重复上述测量 3 次.

测量次数	$x_1/\text{mm}$	$x_2/\text{mm}$	$\Delta x/\text{mm}$	$\Delta d/\text{mm}$	$\bar{\Delta d}/\text{mm}$	$\lambda/\text{nm}$
1	13.525	13.940	0.415	0.01660	0.01705	672
2	13.940	14.374	0.434	0.01736		
3	14.374	14.704	0.430	0.01720		

计算激光波长并与标准值 ( $\lambda_0 = 634 \text{ nm}$ ) 比较, 求相对误差

$$\begin{aligned}\Delta\lambda &= |\lambda_0 - \lambda| = |634 - 672| \\ &= 38 \text{ nm}\end{aligned}$$



# 实验数据处理

测量次数	$x_1/\text{mm}$	$x_2/\text{mm}$	$\Delta x/\text{mm}$	$\Delta d/\text{mm}$	$\bar{\Delta d}/\text{mm}$	$\lambda/\text{nm}$
1	13.525	13.940	0.415	0.01660	0.01705	672
2	13.940	14.374	0.434	0.01736		
3	14.374	14.704	0.430	0.01720		

$$\Delta x_1 = x_2 - x_1 = 13.940 - 13.525 = 0.415 \text{ mm}$$

$$\Delta x_2 = x_2 - x_1 = 14.374 - 13.940 = 0.434 \text{ mm}$$

$$\Delta x_3 = x_2 - x_1 = 14.704 - 14.374 = 0.430 \text{ mm}$$

$$\Delta d_1 = \frac{\Delta x_1}{25} = \frac{0.415}{25} = 0.01660 \text{ mm}$$

$$\Delta d_2 = \frac{\Delta x_2}{25} = \frac{0.434}{25} = 0.01736 \text{ mm}$$

$$\Delta d_3 = \frac{\Delta x_3}{25} = \frac{0.430}{25} = 0.01720 \text{ mm}$$

$$\bar{\Delta d} = \frac{\Delta d_1 + \Delta d_2 + \Delta d_3}{3} = \frac{0.0166 + 0.01736 + 0.0172}{3} = 0.01705 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{2\bar{\Delta d}}{n} = \frac{2 \times 0.01705 \times 10^6}{50} = 672 \text{ nm}$$

$$\text{相对误差 } \Delta \lambda = |\lambda_0 - \lambda| = |634 - 672| = 38 \text{ nm}$$



## 实验结论

~~$X_1/\text{mm}$~~

~~$X_2/\text{mm}$~~

~~$d/\text{mm}$~~

~~$\Delta d/\text{mm}$~~

~~$\lambda/\text{nm}$~~

1. 光路中增加补偿板是为了弥补光束两次穿过分光板所形成的光程差。
2. 光程差的大小随入射角的变化而变化。
3. 干涉条纹为一系列明暗相间, 内疏外密的同心圆环。
4. 测量出激光波长为  $672\text{nm}$ , 标准值为  $634\text{nm}$  相对误差为  $38\text{nm}$ 。

## 实验讨论

### 误差分析:

1. 人为导致误差 ① 读数时有误差 ② 在数冒出“或”“陷入”的条纹时不准确导致误差 ③ 实验过程中桌面晃动而导致条纹圈数的影响较大。
2. 系统误差, 仪器的最小刻度为  $\text{mm}$ , 粗调鼓轮可精确到  $0.01\text{mm}$ , 微调鼓轮可精确到  $0.0001\text{mm}$  ② 仪器存在空程差。

### 注意事项:

1. 不要用眼直视激光, 以防损伤视网膜。
2. 不要用手或其他东西触摸光学镜头或表面。
3. 实验调节中, 注意  $M_1$  和  $M_2$  后方倾角调节螺钉的过程, 不可将螺钉旋出螺孔, 以免损坏该精密调节螺钉。
4. 单次测量时要沿同一方向旋动微调鼓轮, 途中不能倒退, 以避免回程差。



## 思考题

1. 迈克耳逊干涉仪是利用光的反射和透射,把来自同一光源的光线用分振幅法分成两束相干光,以实现光的干涉的精密光学仪器,主要用于测量干涉光路中的光程差.

2. 补偿板的作用是什么?

在光路中增加补偿板,来弥补光束两次穿过分光板所形成的光程差。

3. 如何调出同心干涉条纹?

从每排激光光点中各自选择一个最亮的光点,调整平面反射镜M<sub>2</sub>后的两颗螺钉,使这两个光点重合,然后再次调节激光器焦距使激光扩束,此时观察屏上会出现干涉条纹。

4. 薄膜厚度对条纹间距的影响?

薄膜的厚度的变化会使对应的光程差发生变化,引起光程差变化从而导致干涉条纹发生移动。



# 原始记录

$x_1/\text{mm}$	$x_2/\text{mm}$	$\Delta d/\text{mm}$	$\bar{\Delta d}/\text{mm}$	$\lambda/\text{nm}$
13.625	13.940	$0.315/25 = 0.0126$	$0.01705$	
13.940	14.274	$0.334/25 = 0.01336$		<del>672</del>
14.274	14.704	$0.430/25 = 0.0172$		

$$\lambda_0 = 634 \text{ nm}$$

$$N = 50$$

$$\Delta d = N = N \times \frac{\lambda}{2}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{2\Delta d}{N}$$

$$\lambda = \frac{2 \times 0.01705 \times 10^6}{50} = 682 \text{ nm}$$

$$\Delta \lambda = |\lambda_0 - \lambda| = 48 \text{ nm}$$