

## 实验名称：迈克尔逊干涉仪

学生姓名： 张奥喆

学号： 2313447

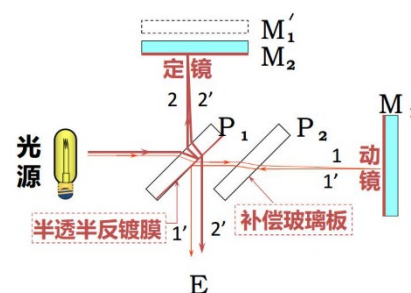
### 一、实验目的：

- 1、了解迈克尔逊干涉仪的结构原理并掌握调节方法
- 2、观察等厚干涉、等倾干涉以及白光干涉
- 3、测量 He-Ne 激光波长

### 二、实验原理：（文字简述实验原理、原理公式、光路图）

1、一个点光源  $S$  发出的光束经干涉仪的等效薄膜表面和反射后，相当于由两个虚光源、发出的相干光束。若原来空气膜厚度(即和之间的距离)为  $d$ ，则两个虚光源和之间的距离为  $2d$ ，显然只要和(即)足够大，在点光源同侧的任一点  $P$  上，总能有和的相干光线相交，从而在  $P$  点处可观察到干涉现象。

2、推导公式：光程差  $\Delta = 2d\cos\varphi$ ，由于  $\varphi$  很小，所以  $\cos\varphi \approx 1$ ， $\Delta = 2d$ ，有： $\Delta = k\lambda$  对应亮条纹； $\Delta = (k + \frac{1}{2})\lambda$  为暗条纹。根据“冒出”或者“缩进”了  $N$  个条纹，确定用： $\delta d = N\frac{\lambda}{2}$  计算光的波长。



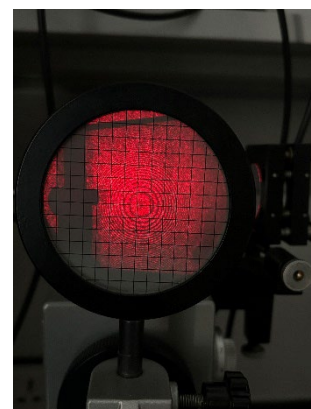
### 三、实验仪器用具：

- 1、迈克尔逊干涉仪
- 2、He-Ne 多光束光纤激光器

### 四、实验步骤或内容：（文字简要说明）

#### 1、调节干涉仪

- (1) 先水平调节，使仪器导轨平面水平
- (2) 再等臂调节，让两镜与分光板  $G1$  大致等距离。
- (3) 最亮点重合。打开激光开关，让光束垂直射向反射镜的中心部位。找准每排亮点中最亮的那个点，使两排亮点中最亮的光点严格重合，两反射镜已经垂直。
- (4) 条纹移到屏中央。将观察屏转回原位置，可以观察到圆形干涉条纹，若没有条纹，可能是亮点没严格重合，调节粗调手轮使条纹大小、粗细适中，再轻微调节动镜上的水平或竖直拉簧螺丝，使圆形条纹的中心位于屏中央。



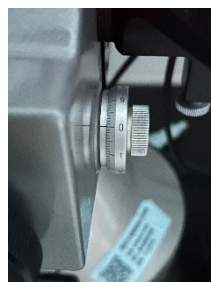
#### 2、测量激光波长

(1) 仪器调零。因为旋转微调手轮时，粗调手轮随之变化，而旋转粗调手轮时微调手轮并不随之变化，所以测量前必须调零。

方法如下：沿某方向(例如顺时针)将微调手轮调到零并记住旋转方向(为避免空程差，后面的测量都要沿此方向)，沿同一方向旋转粗调手轮使之对准某一刻

度, 注意此后粗调手轮不要再动。测量过程中若需要反方向旋转微调手轮, 则一定要重新调零。

(2) 测量并计算波长。沿刚才的方向旋转微调手轮, 条纹每冒出或缩进 50 个记录相应的位置, 连续记录 6 次以上, 用最小二乘法计算激光的波长。

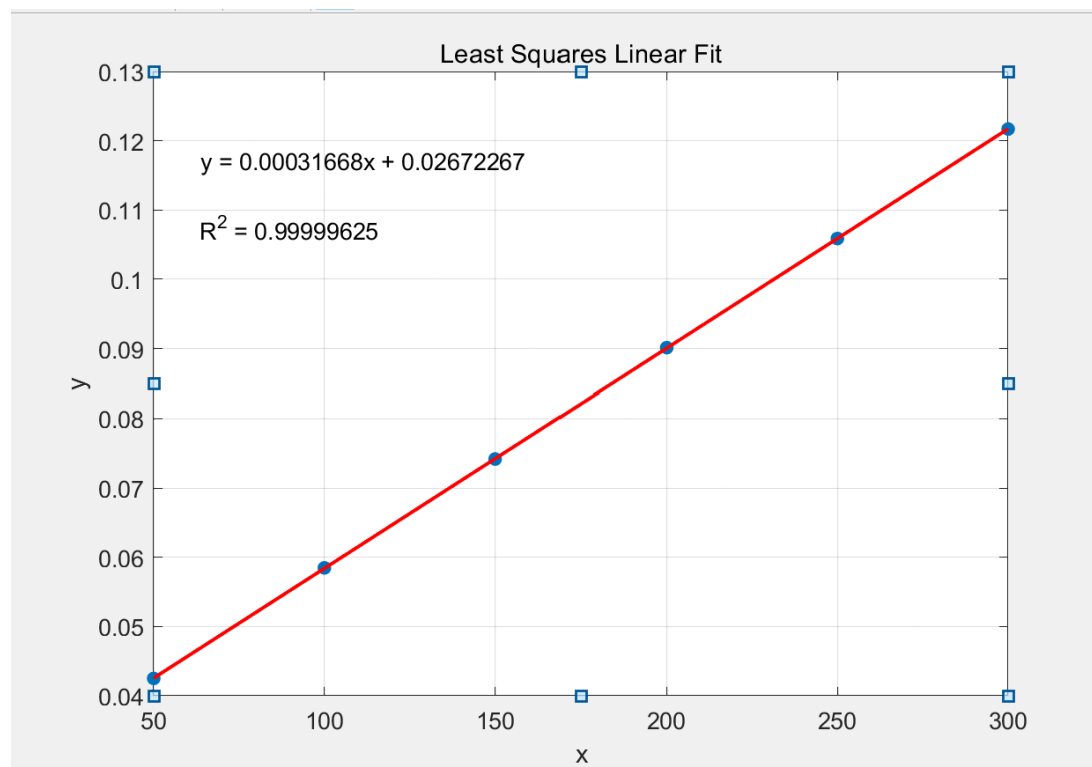


五、实验数据记录及处理：(列表格记录实验数据, 标注单位, 注意有效数字, 计算过程, 误差分析)

条纹移动数	0	50	100	150	200	250	300
位置 (mm)	0.00000	0.04250	0.05846	0.07418	0.09013	0.10589	0.12169
$\Delta$		0.04250	0.04596	0.01572	0.01595	0.01576	0.01580
							$\lambda \approx 633.9 \text{ nm}$

1、上图为实验时利用差值的平均值粗略算出的激光波长, 下面利用最小二乘法来处理数据, 值得注意的是, 第一个数据明显与其他数据偏差较大, 根据数据处理的原则, 应该舍去。

2、这里使用 MATLAB 来处理数据, 得到:



拟合效果较好，代入公式进行计算，有：

$$\delta d = N \frac{\lambda}{2}$$

$0.00031668 \text{ mm} = \frac{\lambda}{2}$ ，注意单位换算  $1 \text{ mm} = 10^6 \text{ nm}$ ，有：

$$\lambda \approx 633.4 \text{ nm}$$

### 3、不确定度计算

在本实验所用的公式中，N 不会有误差，因此主要分析的是  $\delta d$  的误差，分为 A 类不确定度和 B 类不确定度。

A 类不确定度的计算：

$$u_A = t_p S_{\bar{x}} = \frac{t_p}{\sqrt{n}} S_x$$

当测量次数是 5，置信概率为 0.95 时，置信因子  $t_p = 2.78$ ，根据公式

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^5 (\Delta \delta_j - \bar{\Delta \delta})^2}{n-1}} \approx 1.11 \times 10^{-4} \text{ mm}, u_A = 1.38 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

B 类不确定度的计算：本实验仪器说明按照正态分布讨论，故

$$u_B = \frac{10^{-4}}{3} \text{ mm}$$

$$u_{\Delta d} = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 1.42 \times 10^{-4} \text{ mm}.$$

$$\text{所以 } u_\lambda = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial \Delta d} u_{\Delta d}\right)^2 + 0} = 8.52 \times 10^{-6} \text{ mm} = 8.5 \text{ nm}.$$

综上，本次实验的结果表示为： $(633.4 \pm 8.5) \text{ nm}$

六、实验结果及讨论（学习反馈）（实验结果分析，测量方法优缺点分析，实验中遇到的问题和如何解决的，或由于条件所限无法解决的问题，实验心得体会）

#### 1、各光学元件的作用：

- a) **激光光源**：提供稳定、单色性好的光束。
- b) **分束镜**：通常是一个半透半反的镜片，它将光源发出的光束分成两束，一束透射过去，另一束被反射。这两束光随后分别沿着不同的路径传播，最终在某些条件下发生干涉。
- c) **反射镜**：迈克尔逊干涉仪中通常有两个反射镜，一个固定，另一个可移动。这两个反射镜分别将分束器分出的两束光反射回来，使它们能够相遇并发生干涉。通过调整可移动反射镜的位置，可以改变两束光的光程差，从而观察到不同的干涉图样。
- d) **补偿板**：补偿板通常用于补偿因玻璃厚度不同而引起的光程差，确保两束光在相遇时的光程大致相等。
- e) **观察屏**：用于观察干涉图样。当两束光相遇并发生干涉时，会在观察屏上

形成特定的干涉条纹。通过观察和测量这些条纹，可以推断出光程差、波长等物理量。

2、在观察非定域干涉时，为什么当  $d$  足够大时，屏上看不到干涉条纹？

可能是由于光程差超出了光的相干长度，或者干涉条纹过于密集而无法用肉眼分辨。

3、遇到的问题

这个仪器非常容易受到干扰，甚至轻轻碰一下仪器都会让屏幕上的图像不稳定，给条纹的计数带来了困难，因此在计数的时候，注意力需要高度集中才行。

## 七、思考题（根据各个实验老师要求）

1、在实验中有时会看到椭圆或者马鞍形的条纹，思考成因。

（1）观测屏不平行于可移动平面镜时，因为由两个虚光源发出两束锥形区域球面波发生干涉，其干涉区域也应该是一个锥形区域，会看到椭圆形干涉条纹。

（2）如果使用的光源不是单色的，而是包含多种波长的复色光，那么由于不同波长的光在干涉时会产生不同的相位差，这可能导致干涉条纹的形状变得复杂，如椭圆或马鞍形。

2、改用白色台灯作为光源会有什么现象？

当使用白色台灯作为光源时，由于不同波长的光在干涉时产生的相位差不同，会导致干涉条纹变得复杂且难以分辨。而且，白色台灯的光强分布可能不均匀，这也会对干涉条纹的清晰度产生影响。光强分布的不均匀性可能导致干涉条纹在某些区域明显，而在其他区域则较为模糊。

3、如果用激光作光源，迈克尔逊干涉仪的两臂不相等，对现象有影响吗？

两臂不等长意味着每束光往返一次所需的时间不同。当这两束光在干涉仪的中心位置相遇时，它们的波峰和波谷可能无法完全重合，原本应该重叠的波峰和波谷会相互交错，形成不那么分明的干涉条纹。

## 八、参考文献：

[1] 张春玲，刘丽飒，牛紫平. 大学物理基础实验[M]. 北京：高等教育出版社，2019.