

# 物理实验报告

陈建烨 12411913 2025.4.15 P4117

## 一. 实验名称：迈克尔逊干涉仪

## 二. 实验目的

学习使用迈克尔逊干涉仪，测量 $He - Ne$ 激光的波长。

## 三. 实验原理

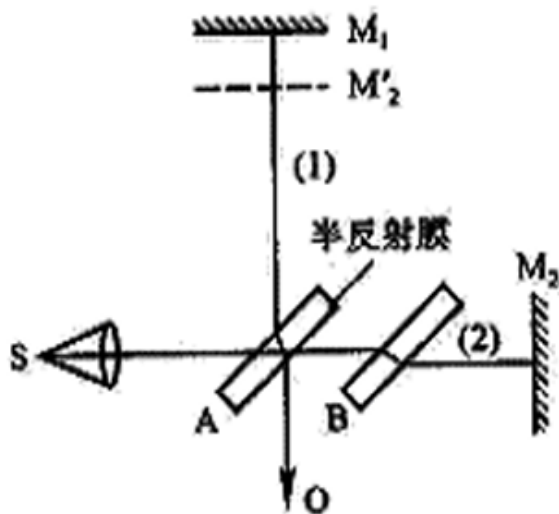


图1 迈克尔逊干涉仪的原理图

迈克尔逊干涉仪原理图如上，它由一对平行的玻璃板（ $A, B$ ）和两个全反射镜（ $M_1, M_2$ ）组成；其中 $A$ 的一面有半反射膜； $B$ 用于补充光程； $M_1$ 与精密丝杆连接，可前后移动； $M_1$ 和 $M_2$ 都有小螺丝调整方位。

光源发出的光线经过 $A$ 分成两束光，分别经过两条不同的光路后再汇聚到一起，两束相干光束中各光线光程差不同，它们相遇时产生一定的干涉图样。

由 $S$ 发出的光线经过 $A$ 分成两束光，分别经过 $M_1$ 和 $M_2$ 反射后再回到 $A$ 处，相当于由两个虚光源 $S_1$ 和 $S_2$ 发出的光线相遇。由于两束光的光程差为 $\Delta h = 2h$ ，其中 $h$ 为两条光路的长度差。

设 $S_1$ 和 $S_2$ 两束光相交于 $P$ ，

$P$ 处的光程差为

$$\begin{aligned}\Delta &= \sqrt{(Z + 2h)^2 + R^2} - \sqrt{Z^2 + R^2} \\ &= \sqrt{Z^2 + R^2} \left[ \left( 1 + \frac{4Zh + 4h^2}{Z^2 + R^2} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right] \\ &= \sqrt{Z^2 + R^2} \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{4Zh + 4h^2}{Z^2 + R^2} \right) - \frac{1}{8} \left( \frac{4Zh + 4h^2}{Z^2 + R^2} \right)^2 + \dots \right] \\ &\approx \frac{2hz}{\sqrt{Z^2 + R^2}} \left[ \frac{Z^3 + ZR^2 + R^2h - 2h^2Z - h^3}{Z(Z^2 + R^2)} \right] \\ &= 2h \cos \delta \left[ 1 + \frac{h}{Z} \sin^2 \delta - \frac{2h^2}{Z^2} \cos^2 \delta - \frac{h^3}{Z^3} \cos^2 \delta \right]\end{aligned}$$

$$\approx 2h\cos\delta(1 + \frac{h}{Z}\sin^2\delta)$$

当 $\delta = 0$ 即干涉环中心，光程差有最大值，干涉级数最高。设刚开始中心最亮， $\Delta_1 = m\lambda = 2h_1$ ，改变光程差，使中心任为最亮 $\Delta_2 = (m + n)\lambda = 2h_2$ ，所以有

$$\Delta h = h_2 - h_1 = \frac{(m + n)\lambda}{2} - \frac{m\lambda}{2} = \frac{n\lambda}{2}$$

在视觉上，当 $M_1$ 和 $M_2$ 的距离变化半波长时，中心就“生出”或“消失”一个圆环。所以，可以用 $M_1$ 移动的距离 $\Delta h$ 和吐出（或吞进）的圆环数 $N$ 来表示光程差的变化。

四.实验仪器

迈克尔逊干涉仪、He－Ne激光器、短焦距透镜。

五.实验内容

1.观察非定域干涉条纹：

1) 调整光路

打开He-Ne激光器，使激光束基本垂直M2面，调节M2上的两个螺钉（有时还需调节M1后面的两个螺钉），激光束经M1与M2反射后在毛玻璃上重合，这时能在毛玻璃上看到两排光点一一重合。

2) 加上短焦距透镜而使光源成为发散光束，在两光束程差不太大时，在毛玻璃屏上可观察到干涉条纹，轻轻调节M2后的螺钉，应出现圆心基本在毛玻璃屏中心的圆条纹。

3) 转动鼓轮，观察干涉条纹的形状，疏密及中心“吞”、“吐”条纹随程差的改变而变化的情况。

2．测量He-Ne激光的波长：

采用非定域的干涉条纹测波长:缓慢转动微动手轮，移动M1以改变h，中心每“生出”或“吞进”50个条纹，记下对应的h值。连续记录11组50个条纹对应的h值，利用逐差法计算波长。

六.实验数据

测量次数	1	2	3	4	5	6
位置h/mm	53.19452	53.17833	53.16242	53.14618	53.13011	53.11424

测量次数	7	8	9	10	11	12
位置h/mm	53.09802	53.08212	53.06639	53.05052	53.03460	53.01933

每次测量之间相差50个环

七.数据处理

计算λ

逐差法	1	2	3	4	5	6
$ h_i - h_{i+6} /mm$	0.09650	0.09621	0.09603	0.09566	0.09551	0.09491

$$\lambda = \frac{2 \sum_{i=1}^6 |h_i - h_{i+6}|}{50 \times 6 \times 6} = \frac{2(0.09650+0.09621+0.09603+0.09566+0.09551+0.09491)}{50 \times 6 \times 6} = 638.69nm$$

$$\lambda_0 = 632.8nm$$

$$Error = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \times 100\% = \frac{638.69 - 632.8}{632.8} \times 100\% = 0.944\% < 1\%$$

计算不确定度 (p = 0.95)

计算中 取值：Δ<sub>仪</sub> = 0.00005mm，t<sub>0.95</sub> = 2.57，k<sub>p</sub> = 1.65,C = √3

$$\bar{\Delta h} = \frac{\sum_{i=1}^6 \Delta h_i}{6} = \frac{0.09650+0.09621+0.09603+0.09566+0.09551+0.09491}{6} = 0.09580mm$$

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (\Delta h_i - \bar{\Delta h})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{(0.09650-0.09580)^2+(0.09621-0.09580)^2+(0.09603-0.09580)^2+(0.09566-0.09580)^2+(0.09551-0.09580)^2+(0.09491-0.09580)^2}{5 \times 6}} = 2.31426 \times 10^{-4}mm$$

$$u_B = \sqrt{\Delta_{后}^2 + \Delta_{前}^2} = \sqrt{2\Delta_{仪}^2} = \sqrt{2 \times 0.00005^2} = 7.07107 \times 10^{-5}mm$$

$$u_h = \sqrt{t_p u_A^2 + k_p \frac{u_B^2}{C}} = \sqrt{2.57 \times (2.31426 \times 10^{-4})^2 + 1.65 \times \frac{7.07107 \times 10^{-5}}{\sqrt{3}}} = 3.05178 \times 10^{-4}mm = 305.18nm$$

$$\frac{u_\lambda}{\lambda} = \frac{u_h}{\Delta h} \Rightarrow u_\lambda = \frac{u_h \lambda}{\Delta h} = \frac{3.05178 \times 10^{-4} \times 638.69}{0.09580} = 2.0345 \times 10^{-6}mm = 2.0345nm$$

所以λ = 638.69 ± 2.0345nm

八.误差分析

仪器误差，测量精度限制；桌面晃动带来的干涉波纹明显变化；每次数的数目的可能多于或少于50；转动旋钮过快导致干涉图像吞进或吐出圆环速度过快。

九.实验结论

实验测得λ = 638.69 ± 2.0345nm，Error = 0.944% < 1%，与理论值基本相符。

十.思考题

1. 迈克尔逊干涉仪的分光板（分束器）有何作用？若分光板存在微小倾斜，会对实验产生什么影响？
- 分光板的主要作用是其主要功能是将入射光束分为两束光强相等、相干性良好的光以经过反射后实现干

涉。当分光板存在微小倾斜时，会破坏光路对称性，导致光程差不可控、干涉条纹形态畸变（如扭曲、倾斜或消失）以及条纹对比度下降。

2. 如何利用迈克尔逊干涉仪测量透明薄膜的折射率？请简述实验思路。

测量薄膜插入干涉仪光路前后的光程差变化来测量薄膜的折射率。实验步骤如下：

1. 调整干涉仪，调整光路(详细调节可见“五.实验内容”)，记录初始的位置。

2. 垂直插入薄膜于分光镜与 $M_2$ 之间，保证其与光线垂直。根据分析，转动调节旋钮使 $M_1$ 远离( $n > 1$ )分光镜，记录位置。

3. 测量薄膜的厚度。

4. 通过公式计算得出折射率。