迈克耳孙干涉仪实验报告

专业：计算机科学与技术　班级：　计科 1802　学号：　20188068　姓名：孔天欣
实验序号：　16

创建人：穆松梅　　　总分：100

一、实验目的

了解迈克尔孙干涉仪的原理、结构和调节方法，观察非定域干涉条纹，测量氦氖激光的波长，并增强对条纹可见度和时间度想干性的认识。

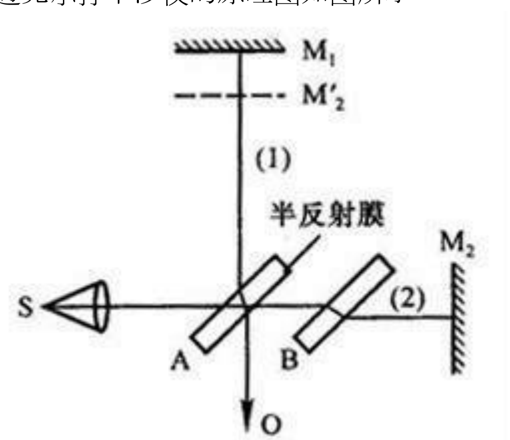
二、实验仪器

迈克尔孙干涉仪、He-Ne 激光器、短焦距透镜等。

三、实验原理

1、迈克尔孙干涉仪的结果和原理

迈克尔孙干涉仪的原理图如图所示



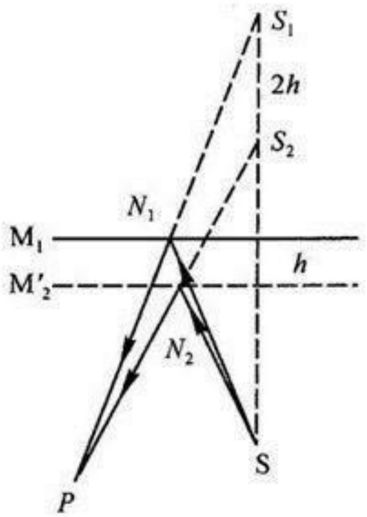
迈克尔孙干涉仪的原理图

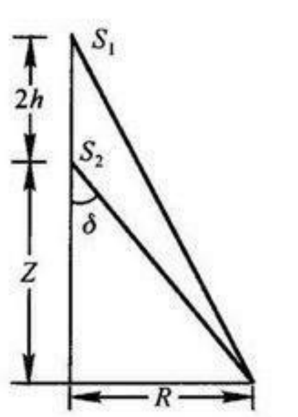
光源 S 发出的光射向 A 板而分成（1）、（2）两束光，这两束光又经 M1 和 M2 反射，分别通过 A 的两表面射向观察处 O，相遇而发生干涉，B 作为补偿板的作用是使（1）、（2）两束光的光程差仅由 M1、M2 与 A 板的距离决定。

2．点光源产生的非定域光源

一个点光源 S 发出的光束经干涉仪的等效薄膜表面 M1 和 M'2 反射后，相当于由两个虚光源 S1、S2 发出的相干光束（图 3.1.1-2）。若原来空气膜厚度（即 M1 和 M'2 之间的距离）为 h，则两个虚光源 S1 和 S2 之间的距离为 2h，显然只要 M1 和 M'2（即 M2）足够大，在点光源同侧的任一点 P 上，总能有 S1 和 S2 的相干光线相交，从而在 P 点处可观察到干涉现象，因而这种干涉是非定域的。

若 P 点在某一条纹上，则由 S1 和 S2 到达该条纹任意点（包括 P 点）的光程差Δ是一个常量，故 P 点所在的曲面是旋转双曲面，旋转轴是 S1、S2 的连线，





点光源的薄膜干涉 薄膜干涉计算示意图

光程差$\Delta=\sqrt{(Z+2h)^2+R^2}-\sqrt{Z^2+R^2}=\sqrt{Z^2+R^2}[(1+\frac{4Zh+4h^2}{Z^2+R^2})^{\frac{1}{2}}-1]$

把小括号内的部分展开取低阶项：

$$\Delta=\sqrt{Z^2+R^2}[\frac{1}{2}(\frac{4Zh+4h^2}{Z^2+R^2})-\frac{1}{8}(\frac{4Zh+4h^2}{Z^2+R^2})^2+...]$$

$$=\frac{2hZ}{\sqrt{Z^2+R^2}}[\frac{Z^3+ZR^2+R^2h-2h^2Z-h^3}{Z(Z^2+R^2)}]$$

$$=2h\cos\delta[1+\frac{h}{Z}\sin^2\delta-\frac{2h}{Z^2}\cos^2-\frac{h^3}{Z^3}\cos^2\delta]$$

由于$h<<Z$，所以$\Delta=2h\cos\delta(1+\frac{h}{Z}\sin^2\delta)$。若中心处是亮的，则$\Delta_1=2h_1=m\lambda$改变光程差，中心处再次变亮的，则$\Delta_2=2h_2=(m+n)\lambda$，于是有$\Delta h=h_2-h_1=\frac{1}{2}(\Delta_2-\Delta_1)=\frac{1}{2}n\lambda$。

据此由M_1移动的距离Δh和数出相应吞进（或吐出）的环数可求得波长。

四、实验内容

1．观察非定域干涉条纹

（1）打开 He-Ne 激光器，使激光束基本垂直M_2面，在光源前放一小孔光阑，调节M_2上的三个螺钉（有时还需调节M_1后面的三个螺钉），使从小孔射出的激光束，经M_1与M_2反射后在毛玻璃上重合，这时能在毛玻璃上看到两排光点—重合。

（2）去掉小孔光阑，换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，在毛玻璃屏上观察干涉条纹，轻轻调节M_2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”条纹随光程差改变的变化情况。

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 M_1 以改变 h，利用 $\Delta h=\frac{1}{2}n\lambda$ 可算出波长，中心每“生成”或“吞进”50 个条纹，记下对应的 h 值。N 的总数要小于 500 条，用适当的数据处理法求出 λ 值。

5.计算涉及相关公式：

氦氖激光波长 632.8nm；

1)直接测量量的不确定公式

$$u_A=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\Delta x_i-\overline{\Delta x}\right)^2}{n(n-1)}}\qquad u_B=\frac{\Delta_{仪}}{C}$$

2）直接测量量不确定合成公式

$$u\left(\overline{\Delta x}\right)=\sqrt{\left(t_p u_A\right)^2+\left(K_p u_B\right)^2}$$

，P=0.95 时，Kp=1.96；n=5 时，t_p=2.78

3）不确定传递公式

$$Y=f(X_1,X_2,\ldots X_n)$$

$$U_y=\sqrt{(\frac{\partial f}{\partial X_1})^2U_{X_1}{}^2+(\frac{\partial f}{\partial X_2})^2U_{X_2}{}^2+\ldots+(\frac{\partial f}{\partial X_n})^2U_{Xn}{}^2}$$

$$\frac{U_y}{Y}=\sqrt{(\frac{\partial \ln f}{\partial X_1})^2U_{X_1}{}^2+(\frac{\partial \ln f}{\partial X_2})^2U_{X_2}{}^2+\ldots+(\frac{\partial \ln f}{\partial X_n})^2U_{Xn}{}^2}$$

五、数据处理

实验内容一：测量氦氖激光波长

★ **(1)原始测量数据**

☆ （15 分）**缓慢转动微动手轮，移动 M1 以改变 h，中心每“生成”或“吞进”50 个条纹，记下对应的 h 值,测量数据如下：**

条纹数 n	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450
刻度 rn(mm)	29.8000	29.81685	29.83255	29.84815	29.86365	29.87918	29.89465	29.91015	29.92570	29.94120

★ **(2) 计算 He-Ne 激光波长**

相关公式:

$$\bar{x}=\sum_{i=1}^{5}(h_{50i+250}-h_{50i})/5 \qquad u_A=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{5}\left(x_i-\bar{x}\right)^2}{5(5-1)}}$$

P=0.95，$t_p=2.78$。

仪器的最大允差为$\Delta_{仪}=0.0001mm$，仪器测量估读误差为$\Delta_{估}=0.00001mm$。在合成仪器的 B 类不确定度

$\Delta_B=\sqrt{\Delta_{估}^2+\Delta_{估}^2}$ 时，$\Delta_{估}$ 可以被忽略。所以 $u_B=\frac{\Delta_{仪}}{C}mm=0.00003mm$

取 P=0.95，就有 $k_p=1.96$

$$u_x=\sqrt{\left(t_p u_A\right)^2+\left(k_p u_B\right)^2}=\sqrt{\left(2.57u_A\right)^2+\left(1.96u_B\right)^2}$$

波长 $\bar{\lambda}=\frac{2\bar{x}}{n}$，不确定度 $U_\lambda=\frac{2U_x}{n}$ n=250

波长相对误差 $E_r=\left|\frac{\lambda_{理论}-\lambda_{测量}}{\lambda_{理论}}\right|$

☆ （20 分）采用逐差法处理数据。间隔为 **250** 环相减：

xi	x1=r0-r250	x2=r50-r300	x3=r100-r350	x4=r150-r400	x5=r200-r450
Δx(mm)	0.07918	0.07840	0.07760	0.07755	0.07845

☆ （5 分）计算 **xi** 的平均值 $\bar{x}$ **= 0.078236 mm**

☆ （10 分）仪器的最大允差为 **Δ** 仪**=0.0001mm**。取 **p=0.95**，**xi** 的合成不确定度 **Ux(mm)= 0.0008359 mm**

☆ （5 分）计算 **He-Ne** 激光波长平均值 **λp(nm)= 625.89 nm**

☆ （10 分）根据不确定度的传递公式，那么有 **Uλ(nm)= 6.69 nm**

☆ （10 分）所以波长 **λ** 的最终结果可以表示成（单位：**nm**）**λ= 625.89±6.69 nm**

☆ （5 分）已知波长标准值为 **λ=632.8nm**，则波长的相对误差 **Er**（**%**）**= 1.09 %**

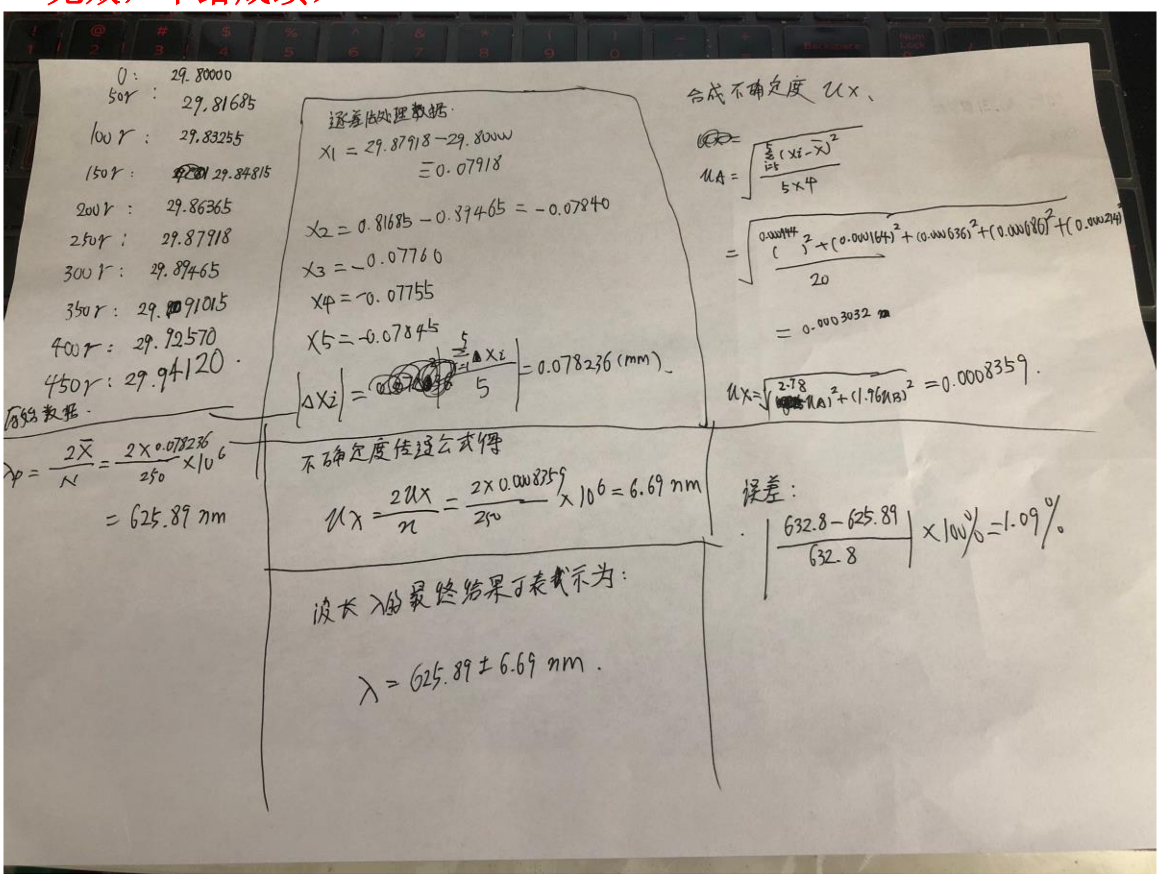
六、误差分析 （10 分）

1. 在数冒出或者缩进的时候可能会存在没有数准确的情况，导致产生误差。
2. 读数估读时可能产生误差。
3. 仪器本身精度产生的误差。

七、实验总结 （10 分）

本次实验通过使用迈克尔逊干涉仪，成功测量出氦氖激光的波长，通过实验的一系列操作和计算，加深了对相关光学原理的认识及其应用的深入，提升了自身的物理素养。

八、原始数据及数据处理过程（拍照之后粘贴在下方）（无此项实验无效，不给成绩）



评分：