

# 基础物理实验报告

## 光源的时间相干性

姓 名： 仇 是

学 号： 2200011630

指导教师姓名：

序 号： 6 组 5 号

二〇二四年 3 月

## 1 实验现象记录与数据处理

### 1.1 白光的相干时间测定

调节白光干涉条纹：调节光路准直后，将迈克耳孙干涉仪的粗准焦旋钮适当调节，直到视野中的干涉条纹接近平行且竖直。打开白光，单方向缓慢转动细准焦旋钮，直到出现白光视野中的干涉条纹。

由白光的相干干涉可知，一开始观察到的条纹呈现彩色，边缘为红光。随后继续细调旋钮，直到零级条纹位于视野中央，如图所示：

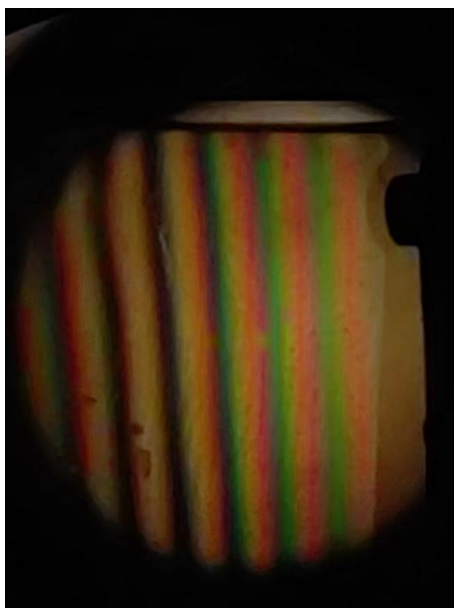


图 1 视野边缘彩色条纹

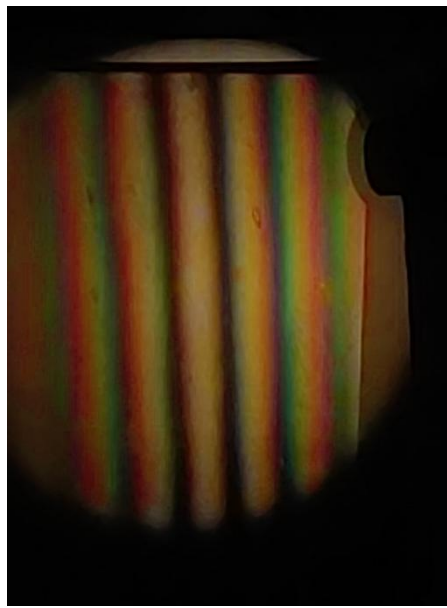


图 2 校准后的白光干涉条纹

记录校准后的镜面坐标  $d_0 = 50.7926\text{nm}$

由图可知，关于中间对称的黑条纹共有四条，每边两条。

因此  $k=2$ ，取白光波长  $\lambda_1 = 550\text{nm}$ ，计算得：

白光相干长度  $\Delta L_{1\max} = k\lambda_1 = 1100\text{nm}$

相干时间  $t_1 = \frac{\Delta L_{1\max}}{c} = 3.67 \times 10^{-15}\text{s}$

这里取  $c=299792458\text{m/s}$  为普适速率。

## 1.2 橙光的时间相干性研究

在光路中添加一橙色滤光片，缓慢调整干涉仪 M1 镜位置，数出经过的条纹数目，直到条纹完全消失。

两次测量取平均值，得最高级次  $k=21$

取橙光波长  $\lambda_2=625\text{nm}$

可计算出橙光相干长度  $\Delta L_{2\max} = k \lambda_2 = 13.125\text{mm}$

得相干时间  $t_2 = \frac{\Delta L_{2\max}}{c} = 4.37 \times 10^{-14}\text{s}$

## 1.3 黄光的时间相干性研究

撤去橙色滤光片，于原位置添加一黄色滤光片，再次缓慢调整干涉仪 M1 镜位置至原始坐标附近，缓慢单方向转动细准焦旋钮，数出经过的条纹数目，直到条纹完全消失。

两次测量取平均值，得最高级次  $k=37$

取黄光波长  $\lambda_3=578\text{nm}$

可计算出橙光相干长度  $\Delta L_{3\max} = k \lambda_3 = 21.386\text{mm}$

得相干时间  $t_3 = \frac{\Delta L_{3\max}}{c} = 7.11 \times 10^{-14}\text{s}$

## 1.4 低压汞灯黄光的时间相干性研究

低压汞灯经绿色滤光片后得汞绿光. 用近似的等倾条纹来观测。在等光程附近，顺时针慢慢转动干涉仪的粗调手轮，注意观察干涉条纹的清晰程度，直到看不见干涉条纹为止. 记下此时 M1 镜的位置读数  $d_{\max}=65.8573\text{mm}$

两次测量取平均值，得  $\Delta L_{4\max} = 2(d_{\max} - d_0) = 30.1294\text{mm}$

可计算出低压汞灯黄光相干时间  $t_4 = \frac{\Delta L_{4\max}}{c} = 1.39 \times 10^{-10}\text{s}$

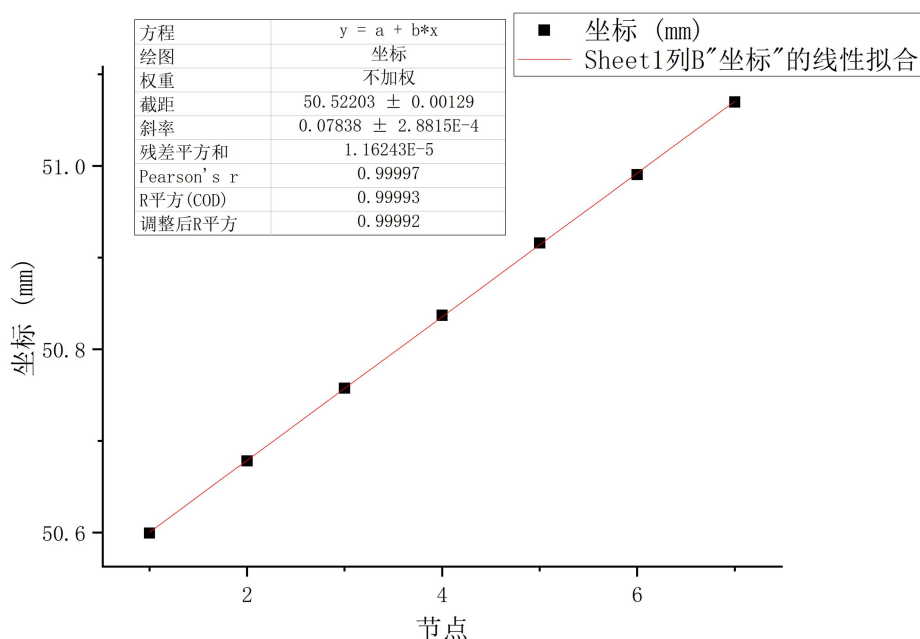
## 1.5 汞黄双线的波长差

方法一：

先调至等倾干涉条纹，然后开始缓慢转动手轮，使 M1 镜缓慢移动，期间观察到干涉条纹可见度为零的区域反复出现，记录下每个该区域所对应的 M1 镜位置读数，如表中所示。

i	1	2	3	4	5	6	7
$d_i/\text{mm}$	50.5994	50.6782	50.7576	50.8371	50.916	50.9907	51.0698

用最小二乘法拟合得：



直线斜率  $k = \Delta d = 0.0783\text{mm}$ ，由此可计算出  $\Delta \lambda = \frac{\lambda^2}{2\Delta d} = 2.112\text{nm}$

斜率标准误差  $\sigma_{\Delta d} = 0.0004\text{mm}$ ，若取  $d$  的极限误差  $e_d = 0.005\text{mm}$ ，则  $\Delta d$  的系统误差  $e_{\Delta d} = \frac{\Delta d}{d} e_d = 8 \times 10^{-6}\text{mm}$ ，相比标准误差来说可以忽略不计，因此  $\Delta d$  的不确定度可以取为  $0.0004\text{mm}$ ，由此可计算出  $\Delta \lambda$  的不确定度  $\sigma_{\Delta \lambda} = \frac{\lambda^2}{2\Delta d^2} \sigma_{\Delta d} = 0.011\text{nm}$ 。因此最终结果可以写为  $\Delta \lambda = (2.112 \pm 0.011)\text{nm}$

方法二：

从实验室提供的汞黄双线干涉图上数出两相邻可见度为零的区域间所记录的干涉条纹数目  $\Delta k = 272$ ，则  $\Delta \lambda = \frac{\lambda}{\Delta k} = 2.125\text{nm}$ 。

可以看到两种方法得出的波长差值相差无几，侧面印证了实验数据的可信度。

## 2 分析与讨论

### 2.1 光路准直的相关讨论

调光路时，尤其应当注意调整入射角度：调整激光器的位置和角度，使其发出的光线正好垂直于凸透镜的中心。这样可以最大程度地减少透镜的畸变，并使准直后的光束尽可能接近理想的点光源。

### 2.2 实验现象的相关分析

(1) 在观察白光干涉时由于干涉条纹颜色较多，较难分辨出白色条纹的位置以及数目，黑色条纹相较白色条纹更清晰易辨。

(2) 在观察橙光和黄光干涉以及计数级次时，由于判断干涉条纹是否完全消失具有较强的主观性，可能会产生较大的实验误差，应多次重复实验并取平均值。

(3) 在低压汞灯黄光时间相干性以及黄双线波长差计算实验中，对于干涉条纹可见度降为零的点的选择会存在较大误差。

(4) 关于时间相干性的实验结果与理论是比较吻合的：白光相干长度最短，大概为波长量级，其两种透射光由于是白光滤光所得，相干长度比白光大了一个量级，而汞黄光的单色性最好，相干长度相对应的比白光大了约五个量级。

## 3 收获与感想

这周最大的收获便是调光路的相关技巧。从第一学期一个半小时调好光路到本次课轻车熟路 12 分钟完成光路调制，我发现自己的光路调节技术有了明显提升。这对后续的相关实验以及科研都会有可观的帮助。