



# 北京航空航天大学 实验报告

实验名称： 光的干涉实验 1(分波面法) 钠光双棱镜干涉

## 一、实验重点

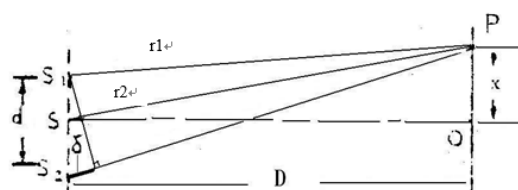
1. 熟练掌握采用不同光源进行光路等高共轴调节的方法和技术；
2. 用实验研究菲涅耳双棱镜干涉并测定单色光波长；
3. 学习用钠光和其他光源进行实验时不同的调节方法。

## 二、实验原理

### 1. 钠光双棱镜干涉

菲涅耳双棱镜可以看成是有两块底面相接、棱角很小的直角棱镜合成。若置单色光源  $S$  于双棱镜的正前方，则从  $S$  射来的光束通过双棱镜的折射后，变为两束相重叠的光，这两束光仿佛是从光源  $S$  的两个虚像  $S_1$  和  $S_2$  射出的一样。由于  $S_1$  和  $S_2$  是两个相干光源，所以若在两束光相重叠的区域内放置一个屏，即可观察到明暗相间的干涉条纹。

如图所示，设虚光源  $S_1$  和  $S_2$  的距离是  $d$ ， $D$  是虚光源到屏的距离。令  $P$  为屏上任意一点， $r_1$  和  $r_2$  分别为从  $S_1$  和  $S_2$  到  $P$  点的距离，则从  $S_1$  和  $S_2$  发出的光线到达  $M$  点的光程差是：



$$\Delta L = r_2 - r_1$$

令  $N_1$  和  $N_2$  分别为  $S_1$  和  $S_2$  在屏上的投影， $O$  为  $N_1N_2$  的中点，并设  $OP=x$ ，则从  $\triangle S_1N_1P$  及  $\triangle S_2N_2P$  得：

$$r_1^2 = D^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2$$

$$r_2^2 = D^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2$$

两式相减，得：

$$r_2^2 - r_1^2 = 2dx$$

另外又有  $r_2^2 - r_1^2 = (r_2 - r_1)(r_2 + r_1) = \Delta L(r_2 + r_1)$ 。通常  $D$  较  $d$  大的很多，所以  $r_2 + r_1$  近似等于  $2D$ ，因此光程差为：

$$\Delta L = \frac{dx}{D}$$

如果  $\lambda$  为光源发出的光波的波长，干涉极大和干涉极小处的光程差是：

$$\Delta L = \frac{dx}{D} = \begin{cases} k\lambda (k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots) \text{明纹} \\ \frac{2k+1}{2}\lambda (k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots) \text{暗纹} \end{cases}$$

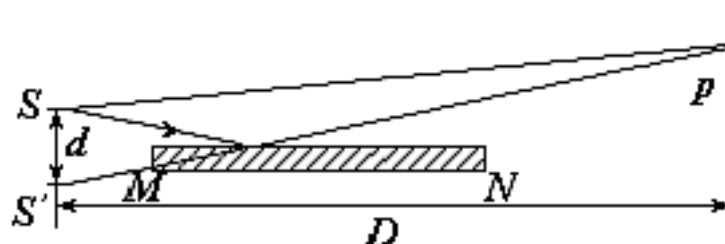
由上式可知，两干涉条纹之间的距离是：

$$\Delta x = \frac{D}{d}\lambda$$

所以用实验方法测得  $\Delta x$ ， $D$  和  $d$  后，即可算出该单色光源的波长：

$$\lambda = \frac{d}{D}\Delta x$$

## 2. 钠光劳埃镜干涉



劳埃镜实验是由一块普通的平板玻璃构成的反射镜实现分波前干涉。单色光源  $S$  发出的光（波长为  $\lambda$ ）以几乎掠入射的方式在平面镜  $MN$  上发生反射，反射光可以看做是在镜中的虚像  $S'$  发出的。 $S$  和  $S'$  发出的光波在其交迭区域发生干涉，可得条纹间距为：

$$\Delta x = \frac{D}{d}\lambda$$

式中  $d$  为双光源  $S$  和  $S'$  间距， $D$  为观察屏到光源的距离。

## 三、实验方案

### 1. 光源的选择

当双棱镜与屏的位置确定之后，干涉条纹的间距  $x$  与光源的波长  $\lambda$  成正比。为了获得清晰的干涉条纹，本实验采用单色光源钠光。

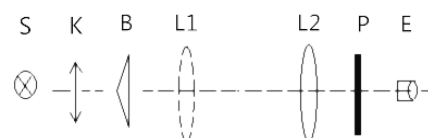
## 2. 测量方法

条纹间距  $\Delta x$  可直接用侧位目镜测出。虚光源间距  $d$  用二次成像的方法测 130 得：当保持物、屏位置不变且间距  $D$  大于  $4f$  时，移动透镜可源在其间的两个位置成清晰的实像，一个是放大像，一个是缩小像。设  $b$  为虚光缩小像间距， $b'$  为放大像间距，则两虚光源的实际距离为  $d = \sqrt{bb'}$ ，其中  $b$  和  $b'$  由测微目镜读出，同时根据两次成像的规律，若分别测出呈缩小像和放大像时的物距  $S$ 、 $S'$ ，则物到像屏之间的距离  $D = S + S'$ 。根据波长的计算公式，得波长和各测量值之间的关系是：

$$\lambda = \frac{\Delta x \sqrt{bb'}}{S + S'}$$

## 3. 光路组成

具体的光路如图所示， $S$  为半导体激光器， $K$  为扩束镜， $B$  为双棱镜， $P$  为偏振片， $E$  为测微目镜。 $L$  为测虚光源间距  $d$  所用的凸透镜，透镜位于  $L_1$  位置将使虚光源  $S_1S_2$  在目镜处成放大像，透镜位于  $L_2$  处将使虚光源在目镜出成缩小像。所有光学元件都放在光具座上，光具座上附有米尺刻度读出各元件的位置。



## 四、实验仪器

光具座，双棱镜，测微目镜，凸透镜，扩束镜，偏振片，白屏，可调狭缝，钠光灯。

## 五、实验内容

### 1. 各光学元件的共轴调节

#### 1) 调整狭缝与凸透镜登高共轴

将狭缝紧贴钠灯放在光具座上，接着依次放上透镜 ( $f \approx 20\text{cm}$ ) 和白屏，用二次成像法使狭缝与透镜等高共轴。

#### 2) 调整测微目镜、狭缝和透镜等高共轴

用测微目镜取代白屏，并置于距狭缝 80cm 位置上，进一步用二次成像法调至测微目镜叉丝与狭缝、透镜等高共轴。

#### 3) 调双棱镜或劳埃镜与其他元件共轴

1. 双棱镜干涉：在狭缝与透镜之间放上双棱镜，使双棱镜到狭缝的距离约 20cm，上下左右移动双棱镜并转动狭缝，直至在测微目镜中观察到等长并列（表示棱脊平行于狭缝）、等亮度（表示棱脊透过透镜光轴）的两条狭缝缩小像。

2. 劳埃镜干涉：移去透镜，在狭缝后面放上劳埃镜，通过劳埃镜目测观察双光源像，调整狭缝取向至两狭缝像相互平行，在调整劳埃镜使双光源等亮且相距较近。

## 2. 干涉条纹的调整

1. 双棱镜干涉：在上述光学元件调整的基础上，移去透镜，进一步交替微调狭缝宽度和狭缝取向，反复若干次，直至通过测微目镜看到最清晰的干涉条纹为止。
2. 劳埃镜干涉：通过测微目镜进行观察，同时微微调节劳埃镜和狭缝取向，直至出现清晰的干涉条纹。

## 3. 波长的测量及数据处理

### 1) 测条纹间距 $\Delta x$

连续测量 20 个条纹的位置  $x_i$ 。如果视场内干涉条纹没有布满，则可对测微目镜的水平位置略作调整；视场太暗可旋转偏振片调亮。

### 2) 测量虚光源缩小像间距 $b$ 及透镜物距 $S$

测  $b$  时应在鼓轮正反向前进时，各做一次测量。注意：i) 不能改变扩束镜、双棱镜级测微目镜的位置；ii) 用测微目镜读数时要消空程。

### 3) 用上述同方法测量虚光源放大像间距 $b'$ 及透镜物距 $S'$ 。