

# 光学实验试题参考答案

一、不测折射率，仅比较两只三棱镜折射率的大小，选出其中折射率较高的三棱镜进行后续实验。要求写出判别折射率大小的方法和操作要点，写出高折射率三棱镜标号；

## 答：1. 判别方法和光路图

根据三棱镜对光的折射现象，如图 1 所示，一束光以相同入射角入射到折射率不同的两个三棱镜，出射光束相对于入射光束偏向角较大的三棱镜的折射率较大

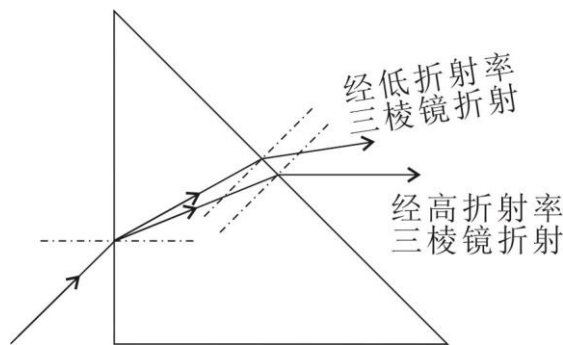


图 1

## 2. 操作要点

1) 调节分光计载物台台面，使台面与游标盘处于平行状态，并调节激光笔出射光束垂直于三棱镜某一面（0.5 分，若没有写出光束与三棱镜某一面垂直，则扣 0.2 分）；

2) 保持光束以相同入射角分别入射到两三棱镜，观察折射光束的偏向角大小，偏向角大的，相应折射率高；

保持入射角相同的方法：如可以在纸上绘出三棱镜的形状，并将该纸放置在载物台台面上，并将三棱镜按所画的形状放置，保持入射光源、纸、载物台的相对位置不发生改变，只更换三棱镜，则可保持入射角几乎不发生变化。（详细写出如何保证入射角相同的方法给 1 分，否则给 0.5 分）

## 3. 高折射率三棱镜标号

经判断，B 号三棱镜的折射率较大。

或其他方法，只要原理正确、给出光路图，描述详细正确、结果正确都给分。

## 二、测定激光笔的激光波长

1、调节分光计至可测量的最佳状态，测量高折射率三棱镜顶角角度（标出所测顶角的标号）（若看到绿色十字像有多个像时，以亮的反射像为准），记录数据，测出所使用的顶角  $A$

2、解释为什么当望远镜对着三棱镜的非直角面时，转动三棱镜，总能在望远镜视场中看到一个固定的绿色十字像(实验中看到的这个固定十字像会有重影，重影不需要解释)；

3、写出测量三棱镜折射率的原理、光路图、计算公式、说明操作方法、记录数据和给出结果。(注意：务必将激光束经扩束镜扩束后再照明分光计上的平行光管狭缝)；

4、求出激光波长  $\lambda$

答：1、测量高折射率三棱镜的顶角

(1) 指出调节分光计应达到的要求

分光计要达到如下要求：望远镜聚焦无穷远且其光轴垂直于仪器主轴（或平行于刻度盘），构成三棱镜所测角的两个面需平行于主轴（或垂直于刻度盘），若实验中需要利用平行光管，则平行光管需发出平行光且其光轴垂直于仪器主轴（或平行于刻度盘）

(2) 给出测量方法、画出光路图。

自准直法  $A=180^\circ-\varphi$

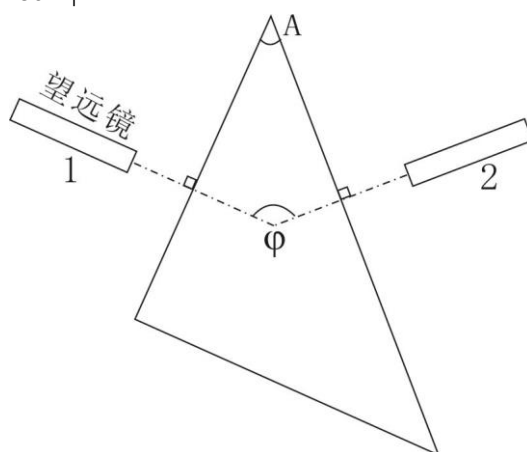


图2 自准直法

或利用反射法  $A=\varphi/2$

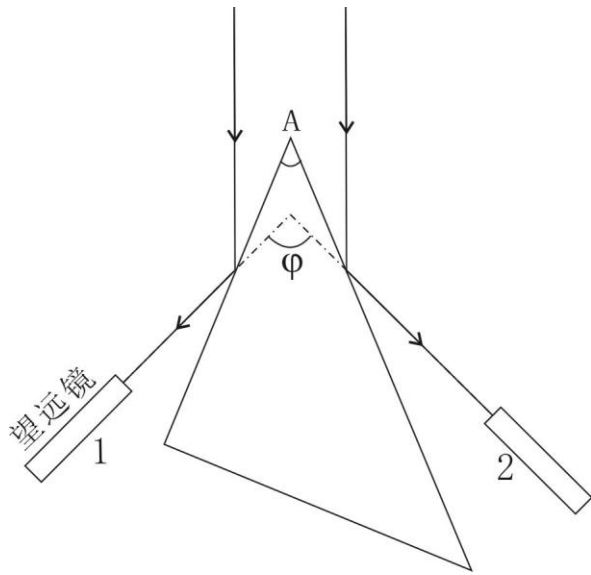


图3 反射法

(3) 记录测量数据 (标出所测顶角的标号), 测出所使用的顶角  $A$ 。(若看到反射的绿色十字像有多个像时, 以亮的反射像为准)

利用自准直法测量 B-37 号三棱镜的 2 号顶角角度, 测量数据表格如下:

序号	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1'$	$\theta_2'$
1	$72^\circ 15'$	$252^\circ 12'$	$207^\circ 11'$	$27^\circ 16'$
2	$72^\circ 15'$	$252^\circ 12'$	$207^\circ 12'$	$27^\circ 16'$
3	$72^\circ 15'$	$252^\circ 12'$	$207^\circ 11'$	$27^\circ 15'$
4	$72^\circ 15'$	$252^\circ 12'$	$207^\circ 11'$	$27^\circ 16'$
5	$72^\circ 15'$	$252^\circ 12'$	$207^\circ 11'$	$27^\circ 16'$

利用公式  $A = 180^\circ - (|\theta_1 - \theta_1'| + |\theta_2 - \theta_2'|) / 2$  计算角度, 并求平均值, 得  $\bar{A} = 45^\circ 00'$ , 测量结果的准确性根据仪器误差和测量条件不应超过  $\pm 3'$  (按棱镜编号查实验室提供的附表中数据)。

## 2、解释为什么当望远镜对着三棱镜的非直角面时, 转动三棱镜, 总能在望远镜视场中看到固定的绿色十字像;

实验中用的三棱镜是直角棱镜, 如图 4 的两各光路图所示, 望远镜所发出的平行光束以任意角度从非直角面入射后经折射入射到直角面 1, 反射到直角面 2, 再由直角面 2 反射到非直角面, 折射后出射, 其出射光束方向与入射的平行光束保持平行, 因此当望远镜对着三棱镜的非直角面时, 转动三棱镜, 总能看到反射回来的绿色十字像。(2 分, 最好有画图示意, 如果没画图表述正确也可以)

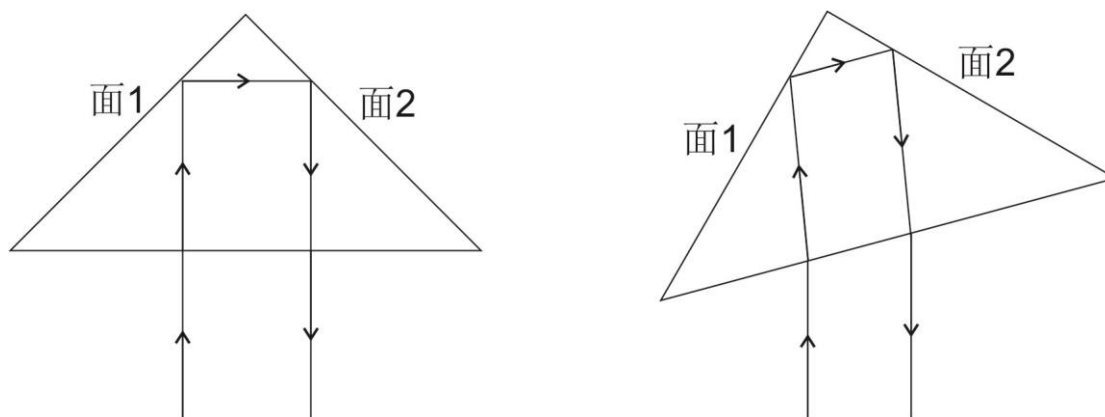


图 4

3、写出测量三棱镜折射率的原理、光路图、计算公式、说明操作方法、记录数据和给出结果。（注意：务必将激光束经扩束镜扩束后再照明分光计上的平行光管狭缝）

### 1) 原理、光路图、计算公式

采用最小偏向角法测量三棱镜折射率，其光路图如下图所示，该法基本原理：当平行光束从 AB 面入射到三棱镜，经折射由 AC 面出射，出射光线与入射光线之间的夹角  $\delta$  称为偏向角。当入射光线和出射光线处于光路对称的情况下，即入射角与出射角相等时，偏向角有极小值，即为  $\delta_{\min}$ ，可以证明，棱

镜的材料折射率  $n = \frac{\sin(\frac{A + \delta_{\min}}{2})}{\sin(\frac{A}{2})}$ 。

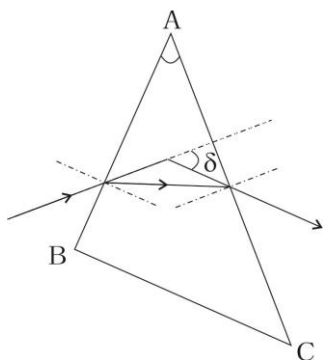


图 5 最小偏向角法

### 2) 操作方法

在之前仪器调节的基础上，首先，确定要确定出射光线的方位：如图 5 所示，调节入射角，观察到出射光线，慢慢转动游标盘改变入射角，使出射谱线往偏向角减小的方向移动，同时转动望远镜跟踪谱线，直到载物台继续沿原方向转动，该谱线不再向前移反而向相反方向移动为止，该方向转折的位置即为该谱线最小偏向角的位置，固定游标盘的位置，转动望远镜对准出射谱线读出两游标的刻度， $\theta_1, \theta_2$ 。第二，确定入射光线的方位：不取下棱镜，固定游标盘的位置，转动望远镜直接对准平行光管，再次读出两游标刻度  $\theta_1', \theta_2'$ 。

### 3) 记录数据和给出结果

序号	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1'$	$\theta_2'$
1	61° 01'	240° 58'	99° 22'	279° 18'
2	61° 52'	241° 48'	100° 11'	280° 8'
3	62° 24'	242° 19'	100° 43'	280° 39'
4	61° 32'	241° 27'	100° 51'	280° 47'
5	62° 37'	242° 31'	100° 56'	280° 52'

由公式  $\delta_{\min} = (|\theta_1 - \theta_1'| + |\theta_2 - \theta_2'|) / 2$  计算最小偏向角，并求平均值，得  $\overline{\delta_{\min}} = 38^\circ 20'$

$\overline{\delta_{\min}}$  在  $38^\circ 19'$  的  $\pm 3'$  内给 **1 分**，在  $\pm 5'$  内 **0.5 分**，测量数据少于 5 组扣 0.5 分，其它不扣分

根据  $\overline{A}$  和  $\overline{\varphi_{\min}}$  利用 
$$n = \frac{\sin(\frac{A + \varphi_{\min}}{2})}{\sin(\frac{A}{2})}$$

$n = 1.737$  (1 分)

### 4、求出激光波长 $\lambda$

已知高折射率三棱镜对 491.61nm 和 579.07nm 两个波长的折射率分别为 **1.7453** 和 **1.7295**，利用简化的柯西公式

$$n = c_1 + \frac{c_2}{\lambda^2}$$

得  $c_1 = 1.6887$ ， $c_2 = 1.3674 \times 10^{-14} \text{ m}^2$

求得当前激光波长  $\lambda = \underline{532 \text{ nm}}$

计算光波长在标准波长 (532nm)  $\pm 12 \text{ nm}$  范围内，(根据两个角度的误差范围计算  $n \pm 0.002$  得出这个范围)

### 三、利用光学方法测量细丝直径

- 1、写出测量原理、画出光路图、列出计算公式。;
- 2、主要的实验条件在操作中如何保证 (写出具体做法)。
- 3、记录测量数据;
- 4、求细丝直径  $d$  (写出细丝的标号)。

答: 1、写出测量原理、画出光路图、列出计算公式。

根据巴俾涅夫原理，细丝与单狭缝的衍射具有相同的图样分布。如图 6，利用准直激光束照明细丝，可在较远的屏幕上(满足远场条件)观察到衍射条纹，在傍轴近似条件下，当衍射角  $\theta \approx \frac{K\lambda}{d}$  ( $K=1,2,3,\dots$ ,  $d$  为细丝直径， $\lambda$  为波长) 时衍射光强度值有极小值，通过测量衍射条纹的暗条纹间距 ( $D$ )，以及细丝与屏的间距 ( $L$ )，可计算相邻暗纹之间的角宽度  $\Delta\theta = \frac{\lambda}{d} = \frac{D}{L}$ ，则细丝直径  $d = \frac{\lambda L}{D}$ 。

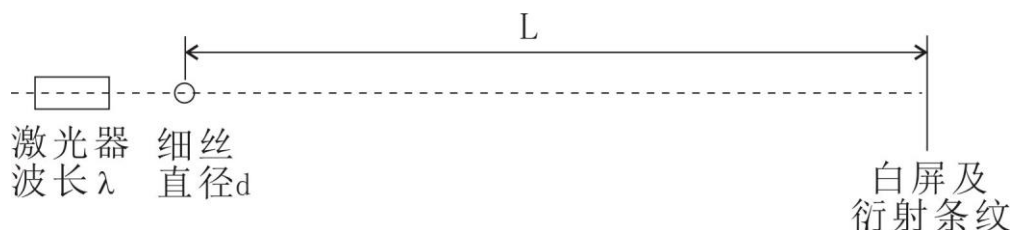


图 6

## 2、主要的实验条件在操作中如何保证（写出具体做法）。

1) 调节激光束平行于实验桌面：垂直放置提供的钢尺，若激光照在远近两个位置的钢尺上的高度一致，则平行于台面，否则若远端的照明点较低，则往上微调激光源的倾角，若远端的照明点较高，则往下微调激光源的倾角，直到远近两个位置钢尺上的照明点位置登高。

2) 调节白屏的平面与激光束传播方向垂直：调节激光束平行于实验桌面后，仍利用钢尺，钢尺垂直放置，在激光传播方向上寻找多个点（这些点是激光束在桌面上的垂直投影），并在桌面上做相应的记号，再将钢尺沿这些点放置，则钢尺的方向即为激光束的传播方向，调节白屏（包括磁性底座）与钢尺方向垂直，则可达到白屏平面与激光束垂直的要求。

## 3、记录测量数据：

序号	1	2	3	4	5	6	7	8
位置 (mm)	5.5	11.2	17	22.5	28.1	33.5	39.5	
序号	9	10	11	12	13	14	15	
位置 (mm)	50.8	56.5	62.2	68	73.8	79.5	85.3	

$$D = \frac{\sum_{i=9}^{15} D_i - \sum_{i=1}^{7} D_i}{7 \times 8} = 5.69 \text{ mm}$$

测量  $L = 96.5 \text{ cm}$ 。

## 4、求细丝直径（写出细丝的标号）

4 号细丝

$$d = \frac{\lambda L}{D} = \frac{532 \text{ nm} \times 96.5 \text{ cm}}{5.69 \text{ mm}} \approx 0.0902 \text{ mm}$$

测量值在标准值  $\pm 0.0021 \text{ mm}$

**细丝标准值附表：**

细丝序号	标准值	3分	2分	1分
1	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
10	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
13	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
19	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
22	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
24	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
27	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
28	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
32	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
40	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
49	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
54	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
56	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
58	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
59	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
61	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
62	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
67	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
68	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
77	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
86	0.0930	0.0909~0.0951	0.0900~0.0960	0.0891~0.0969
2	0.0920	0.0899~0.0941	0.0890~0.0950	0.0881~0.0959
3	0.0920	0.0899~0.0941	0.0890~0.0950	0.0881~0.0959
5	0.0920	0.0899~0.0941	0.0890~0.0950	0.0881~0.0959
18	0.0920	0.0899~0.0941	0.0890~0.0950	0.0881~0.0959
20	0.0920	0.0899~0.0941	0.0890~0.0950	0.0881~0.0959
23	0.0920	0.0899~0.0941	0.0890~0.0950	0.0881~0.0959
29	0.0920	0.0899~0.0941	0.0890~0.0950	0.0881~0.0959
30	0.0920	0.0899~0.0941	0.0890~0.0950	0.0881~0.0959
33	0.0920	0.0899~0.0941	0.0890~0.0950	0.0881~0.0959
36	0.0920	0.0899~0.0941	0.0890~0.0950	0.0881~0.0959
37	0.0920	0.0899~0.0941	0.0890~0.0950	0.0881~0.0959
42	0.0920	0.0899~0.0941	0.0890~0.0950	0.0881~0.0959
43	0.0920	0.0899~0.0941	0.0890~0.0950	0.0881~0.0959
44	0.0920	0.0899~0.0941	0.0890~0.0950	0.0881~0.0959





84	0.0910	0.0889~0.0931	0.0880~0.0940	0.0871~0.0949
85	0.0910	0.0889~0.0931	0.0880~0.0940	0.0871~0.0949
88	0.0910	0.0889~0.0931	0.0880~0.0940	0.0871~0.0949
90	0.0910	0.0889~0.0931	0.0880~0.0940	0.0871~0.0949
4	0.0900	0.0879~0.0921	0.0870~0.0930	0.0861~0.0939
63	0.0900	0.0879~0.0921	0.0870~0.0930	0.0861~0.0939
70	0.0900	0.0879~0.0921	0.0870~0.0930	0.0861~0.0939
92	0.0900	0.0879~0.0921	0.0870~0.0930	0.0861~0.0939
8	0.0890	0.0869~0.0911	0.0860~0.0920	0.0851~0.0929
14	0.0890	0.0869~0.0911	0.0860~0.0920	0.0851~0.0929
15	0.0890	0.0869~0.0911	0.0860~0.0920	0.0851~0.0929
25	0.0890	0.0869~0.0911	0.0860~0.0920	0.0851~0.0929
31	0.0890	0.0869~0.0911	0.0860~0.0920	0.0851~0.0929
71	0.0890	0.0869~0.0911	0.0860~0.0920	0.0851~0.0929
57	0.0860	0.0839~0.0881	0.0830~0.0890	0.0821~0.0899