

第 37 届全国中学生物理竞赛决赛实验试题

实验题二 研究玻璃材料折射率与入射光波长间的色散关系

竞赛日期：2020 年 10 月 25 日 时间：90 分钟

【本页为竞赛试题页，需要循环使用，请不要书写任何内容或任何标记】

【实验题目】(60 分)

折射率是表征介质光学性质的重要参数，其随入射光波长而变的性质，被称为色散。在作光学系统设计时，需要知道折射率与波长间的函数关系——色散关系。因此，色散的研究对于了解玻璃材料的性质意义重大。介质的折射率 n 与入射光波长 λ 的变化关系常用柯西色散公式来描述，它可以用一个级数来表示： $n(\lambda) = A + \frac{B_1}{\lambda^2} + \frac{B_2}{\lambda^4}$ ，其中 A 、 B_1 、 B_2 为三个柯西色散系数。

测量所给激光器输出激光的波长和所给玻璃（三棱镜）对不同波长入射光的折射率，并用柯西公式拟合该玻璃的折射率与入射光波长间的色散关系式。

本题目不要求计算被测量的不确定度。

【实验器材】

- 1、线光源激光器 6 个（线形激光束的粗细可调，且可锁止；6 个激光器的电源可以通用；带固定支架）
- 2、光栅（600L/mm）1 个
- 3、三棱镜（顶角： 60° ）1 个
- 4、直尺（量程：50cm，分度 0.1cm）1 把
- 5、三角尺 1 把
- 6、A3 白纸

【注意事项】

- ★1、激光光强未经减弱，不得直视，也不能照射到其他考生的眼睛。
- ★2、实验完毕将测量用的 A3 纸用订书机装订好，并在首页标记分组编号后与答题纸一起上交，否则实验数据作无效处理。
- 3、光栅、三棱镜等光学元件轻拿轻放，防止不慎摔坏（损坏不予更换）。
- 4、不要用手触摸光栅和三棱镜的光学面。
- 5、实验结束，必须将仪器设备整理为初始状态。
- 6、实验过程中全程高清视频监控，任何恶意损坏实验仪器等不当行为将每次扣 15 分。

【实验内容及要求】

1、(24分) 用光栅 (600L/mm) 测量 6 个激光器输出激光的波长

实验要求:

(1) 画出实验光路示意图, 简要写出测量激光波长的原理及公式。

(2) 写出实验步骤, 进行实验测量, 并列实验数据。

(3) 计算激光波长。

2、(27分) 测量玻璃材料 (三棱镜, 顶角: 60°) 对 6 个激光器输出激光的折射率

实验要求:

(1) 画出实验光路示意图, 简要写出测量玻璃材料折射率的原理及公式。

(2) 写出实验步骤, 进行实验测量, 并列实验数据。

(3) 计算玻璃材料的折射率。

3、(9分) 用柯西公式拟合所给玻璃材料 (三棱镜) 的色散曲线 (忽略 $1/\lambda^4$ 次项)

(1) 简要写出色散曲线的拟合方法。

(2) 列出所给玻璃材料的色散曲线拟合用数据。

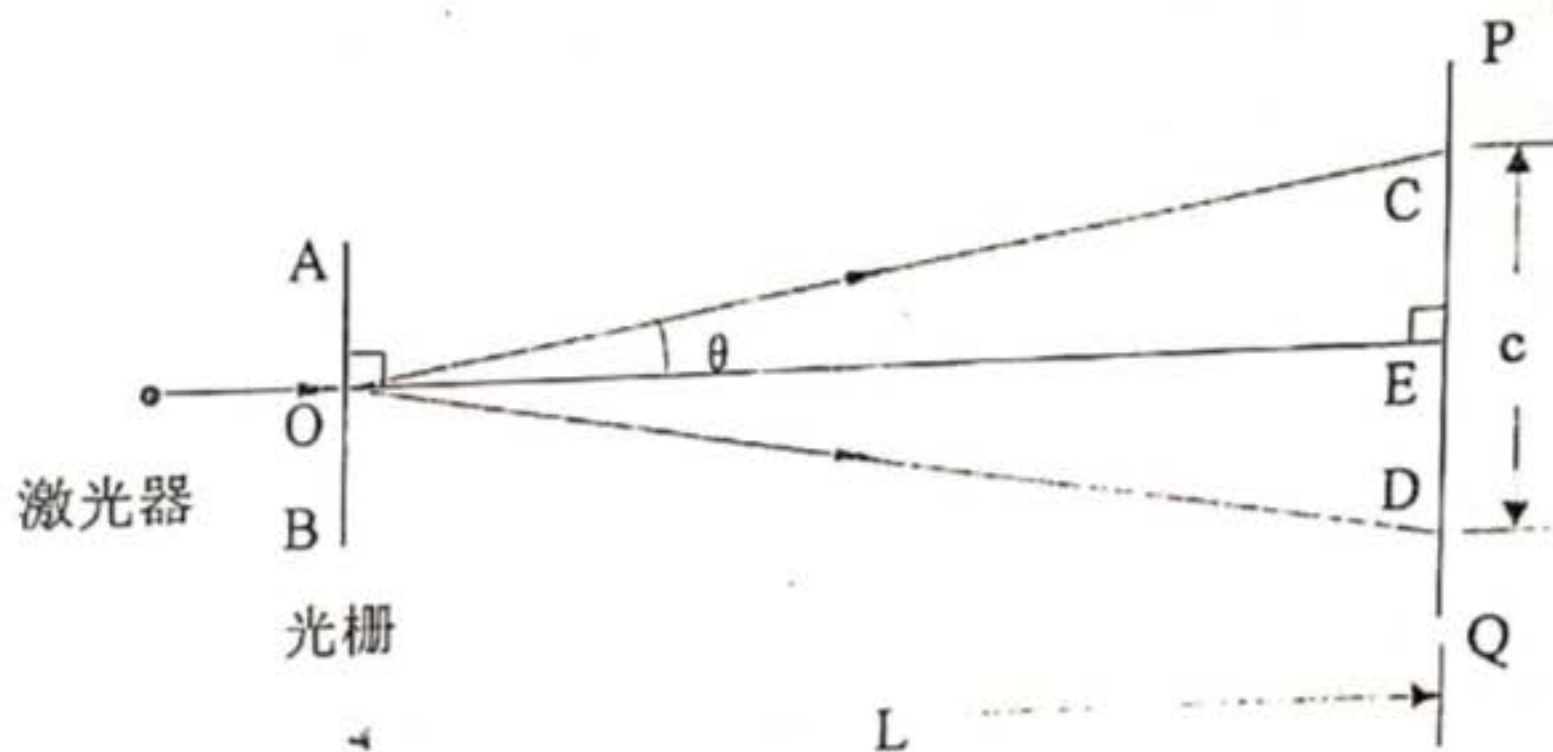
(3) 给出所给玻璃材料的色散曲线的拟合关系式。

第 37 届全国中学生物理竞赛决赛实验题二评分标准

一. 测量激光波长 (24 分)

1、画出实验光路示意图, 简要写出测量激光波长的原理及公式 (7 分)

(1) 实验光路示意图



评分:

正确画出实验光路图 5 分 (原理图 2 分, 标注激光器、光栅、距离 c 、距离 L 、一级衍射角 θ 、垂直符号各 0.5 分)

(2) 测量激光波长的原理及公式

激光通过光栅时发生衍射, 其一级衍射线与直线 PQ 相交, 在直线 PQ 上 ± 1 级衍射线之间的距离为 c , 直线 AB (光栅放置位置) 与直线 PQ 之间的距离为 L , 则

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{c/2}{L}$$

其中 θ 为一级衍射角。

$$\theta = \operatorname{arctg} \frac{c/2}{L} \quad (1)$$

根据光栅方程

$$d \sin \theta = n \lambda$$

其中 n 为衍射级次, 取 $n = 1$, 可得入射激光波长

$$\lambda = d \sin \theta \quad (2)$$

其中 d 为光栅常数。

评分:

式 (1) 和式 (2) 各 1 分

2、写出实验步骤，并列实验数据（11分）

（1）实验步骤

- 1) 如图所示，在一张 A3 白纸上画出直线 AB、直线 PQ、直线 OE，使 $OE \perp AB$ ， $OE \perp PQ$ 。
- 2) 调节激光器输出的线形激光束宽度，使其尽可能窄。
- 3) 调节激光器输出的线形激光束方向，使其沿竖直方向。
- 4) 将光栅平面沿直线 AB 放置，将激光器放置在直线 AB 的左侧，并使激光束沿 OE 方向，此时在直线 AB 右侧将看到激光光源的各级衍射线，将一级衍射线与直线 CD 的交点标记为 C 和 D。
- 5) 用直尺测出线段 CD 和线段 OE 的长度，分别记为 c 和 L。

评分：

实验步骤 5 分（每 1 步各计 1 分）

（2）数据记录

评分：

数据记录 6 分（测量用的 A3 纸如未与答题纸一起上交，实验数据记录部分计 0 分；每个激光器测量数据各 1 分；对单个激光器的测量数据，测量次数少于 6 次扣除 0.5 分，测量 c 时仅测出 0 级与 1 级之间的距离扣除 0.5 分，c 的测量数据不足四位有效数字扣除 0.5 分，L 的测量数据不足四位有效数字扣除 0.5 分，单位未写出（或写错）每处扣除 0.5 分，直至全部扣除该项分为止。）

3、计算激光波长（6分）

利用已测得的线段 CD 的长度 c 和线段 OE 的长度 L 可得

$$\theta = \arctg \frac{c/2}{L}$$

再根据

$$\lambda = d \sin \theta$$

可计算得出激光波长。

评分：

激光波长测量结果 6 分（每个激光器输出波长的结果各 1 分，结果在满分区间计 1 分，结果在半分区间计 0.5 分，其他结果不计分；只有实验结果，无对应实验数据或者实验数据与结果不相关的计 0 分。）

激光器 1					激光器 2				
编号	满分 上限 (nm)	满分 下限 (nm)	半分 上限 (nm)	半分 下限 (nm)	编号	满分 上限 (nm)	满分 下限 (nm)	半分 上限 (nm)	半分 下限 (nm)
1	410.0	406.0	412.1	403.9	1	486.2	481.4	488.6	479.0
2	407.5	403.5	409.6	401.4	2	487.4	482.6	489.9	480.2
3	410.1	406.0	412.1	403.9	3	488.7	483.8	491.1	481.4

2、写出实验步骤，并列实验数据（11分）

（1）实验步骤

- 1) 如图所示，在一张 A3 白纸上画出直线 AB、直线 PQ、直线 OE，使 $OE \perp AB$ ， $OE \perp PQ$ 。
- 2) 调节激光器输出的线形激光束宽度，使其尽可能窄。
- 3) 调节激光器输出的线形激光束方向，使其沿竖直方向。
- 4) 将光栅平面沿直线 AB 放置，将激光器放置在直线 AB 的左侧，并使激光束沿 OE 方向，此时在直线 AB 右侧将看到激光光源的各级衍射线，将一级衍射线与直线 CD 的交点标记为 C 和 D。
- 5) 用直尺测出线段 CD 和线段 OE 的长度，分别记为 c 和 L。

评分：

实验步骤 5 分（每 1 步各计 1 分）

（2）数据记录

评分：

数据记录 6 分（测量用的 A3 纸如未与答题纸一起上交，实验数据记录部分计 0 分；每个激光器测量数据各 1 分；对单个激光器的测量数据，测量次数少于 6 次扣除 0.5 分，测量 c 时仅测出 0 级与 1 级之间的距离扣除 0.5 分，c 的测量数据不足四位有效数字扣除 0.5 分，L 的测量数据不足四位有效数字扣除 0.5 分，单位未写出（或写错）每处扣除 0.5 分，直至全部扣除该项分为止。）

3、计算激光波长（6分）

利用已测得的线段 CD 的长度 c 和线段 OE 的长度 L 可得

$$\theta = \arctg \frac{c/2}{L}$$

再根据

$$\lambda = d \sin \theta$$

可计算得出激光波长。

评分：

激光波长测量结果 6 分（每个激光器输出波长的结果各 1 分，结果在满分区间计 1 分，结果在半分区间计 0.5 分，其他结果不计分；只有实验结果，无对应实验数据或者实验数据与结果不相关的计 0 分。）

激光器 1					激光器 2				
编号	满分 上限 (nm)	满分 下限 (nm)	半分 上限 (nm)	半分 下限 (nm)	编号	满分 上限 (nm)	满分 下限 (nm)	半分 上限 (nm)	半分 下限 (nm)
1	410.0	406.0	412.1	403.9	1	486.2	481.4	488.6	479.0
2	407.5	403.5	409.6	401.4	2	487.4	482.6	489.9	480.2
3	410.1	406.0	412.1	403.9	3	488.7	483.8	491.1	481.4

4	410.1	406.0	412.1	403.9	4	487.4	482.6	489.9	480.2
5	410.1	406.0	412.1	403.9	5	487.4	482.6	489.9	480.2
6	407.5	403.5	409.5	401.4	6	486.7	481.9	489.1	479.4
7	407.5	403.5	409.5	401.4	7	486.2	481.4	488.6	479.0
8	407.5	403.5	409.5	401.4	8	486.2	481.4	488.6	479.0
9	405.0	400.9	407.0	398.9	9	486.2	481.4	488.6	479.0
10	410.1	406.0	412.1	403.9	10	488.7	483.8	491.1	481.4
11	406.2	402.2	408.3	400.2	11	487.7	482.8	490.1	480.4
12	410.1	406.0	412.1	403.9	12	489.9	485.0	492.3	482.6
13	410.1	406.0	412.1	403.9	13	485.0	480.2	487.4	477.7
14	408.8	404.7	410.8	402.7	14	485.0	480.2	487.4	477.7
15	407.5	403.5	409.5	401.4	15	486.2	481.4	488.6	479.0
16	408.8	404.7	410.8	402.7	16	485.0	480.2	487.4	477.7
17	407.5	403.5	409.5	401.4	17	488.7	483.8	491.1	481.4
18	407.5	403.5	409.5	401.4	18	487.9	483.1	490.3	480.6
19	407.5	403.5	409.5	401.4	19	489.9	485.0	492.3	482.6
20	406.2	402.2	408.3	400.2	20	488.7	483.8	491.1	481.4
21	407.5	403.5	409.5	401.4	21	483.8	478.9	486.2	476.5
22	407.5	403.5	409.5	401.4	22	485.0	480.2	487.4	477.7
23	405.0	400.9	407.0	398.9	23	488.7	483.8	491.1	481.4
24	407.5	403.5	409.5	401.4	24	491.1	486.2	493.5	483.8
25	410.1	406.0	412.1	403.9	25	486.2	481.4	488.6	479.0
26	407.5	403.5	409.5	401.4	26	489.9	485.0	492.3	482.6
27	410.1	406.0	412.1	403.9	27	487.4	482.6	489.9	480.2
28	405.0	400.9	407.0	398.9	28	488.7	483.8	491.1	481.4
29	410.1	406.0	412.1	403.9	29	489.9	485.0	492.3	482.6
30	410.1	406.0	412.1	403.9	30	491.1	486.2	493.5	483.8
31	406.2	402.2	408.3	400.2	31	492.3	487.4	494.8	485.0
32	407.5	403.5	409.5	401.4	32	485.5	480.6	487.9	478.2
33	410.1	406.0	412.1	403.9	33	489.9	485.0	492.3	482.6
34	406.2	402.2	408.3	400.2	34	489.9	485.0	492.3	482.6
35	410.1	406.0	412.1	403.9	35	492.3	487.4	494.8	485.0
36	411.3	407.2	413.4	405.2	36	487.4	482.6	489.9	480.2
37	411.8	407.7	413.9	405.7	37	492.3	487.4	494.8	485.0

38	410.8	406.7	412.9	404.7	38	489.1	484.3	491.6	481.8
39	406.2	402.2	408.3	400.2	39	486.2	481.4	488.6	479.0
40	407.5	403.5	409.5	401.4	40	485.7	480.9	488.1	478.5
41	411.3	407.2	413.4	405.2	41	487.4	482.6	489.9	480.2
42	410.1	406.0	412.1	403.9	42	482.5	477.7	484.9	475.3
43	407.5	403.5	409.5	401.4	43	486.2	481.4	488.6	479.0
44	407.5	403.5	409.5	401.4	44	486.2	481.4	488.6	479.0
45	410.1	406.0	412.1	403.9	45	492.3	487.4	494.8	485.0
46	407.5	403.5	409.5	401.4	46	493.5	488.6	496.0	486.2
47	410.1	406.0	412.1	403.9	47	485.0	480.2	487.4	477.7
48	405.0	400.9	407.0	398.9	48	488.7	483.8	491.1	481.4
49	407.5	403.5	409.5	401.4	49	491.1	486.2	493.5	483.8
50	407.5	403.5	409.5	401.4	50	488.7	483.8	491.1	481.4
51	412.6	408.5	414.7	406.5	51	488.7	483.8	491.1	481.4
52	410.1	406.0	412.1	403.9	52	486.9	482.1	489.4	479.7
53	407.5	403.5	409.5	401.4	53	490.4	485.5	492.8	483.0
54	411.3	407.2	413.4	405.2	54	486.2	481.4	488.6	479.0
55	410.1	406.0	412.1	403.9	55	488.7	483.8	491.1	481.4
56	411.3	407.2	413.4	405.2	56	485.0	480.2	487.4	477.7
57	410.1	406.0	412.1	403.9	57	487.4	482.6	489.9	480.2
58	407.5	403.5	409.5	401.4	58	486.2	481.4	488.6	479.0
59	410.1	406.0	412.1	403.9	59	486.2	481.4	488.6	479.0
60	410.1	406.0	412.1	403.9	60	486.2	481.4	488.6	479.0
61	407.5	403.5	409.5	401.4	61	492.3	487.4	494.8	485.0

激光器 3					激光器 4				
编号	满分 上限 (nm)	满分 下限 (nm)	半分 上限 (nm)	半分 下限 (nm)	编号	满分 上限 (nm)	满分 下限 (nm)	半分 上限 (nm)	半分 下限 (nm)
1	455.4	450.8	457.6	448.6	1	522.5	517.3	525.1	514.7
2	454.4	449.8	456.6	447.6	2	526.8	521.6	529.4	519.0
3	452.9	448.4	455.1	446.1	3	526.1	520.9	528.7	518.2
4	462.8	458.2	465.1	455.9	4	524.4	519.2	527.0	516.6
5	459.1	454.5	461.4	452.2	5	523.7	518.5	526.3	515.9
6	451.4	446.9	453.6	444.6	6	525.4	520.2	528.0	517.5

7	452.1	447.6	454.4	445.4	7	527.3	522.0	529.9	519.4
8	456.6	452.1	458.9	449.8	8	525.6	520.4	528.2	517.8
9	452.6	448.1	454.9	445.9	9	526.1	520.9	528.7	518.2
10	454.9	450.3	457.1	448.1	10	522.8	517.6	525.4	515.0
11	453.9	449.4	456.1	447.1	11	527.1	521.8	529.7	519.2
12	456.6	452.1	458.9	449.8	12	524.9	519.7	527.5	517.1
13	457.9	453.3	460.1	451.0	13	525.1	519.9	527.8	517.3
14	454.1	449.6	456.4	447.3	14	527.3	522.0	529.9	519.4
15	458.8	454.3	461.1	452.0	15	522.3	517.1	524.9	514.5
16	456.1	451.6	458.4	449.3	16	526.8	521.6	529.4	519.0
17	459.1	454.5	461.4	452.2	17	525.9	520.6	528.5	518.0
18	461.1	456.5	463.4	454.2	18	525.1	519.9	527.8	517.3
19	462.8	458.2	465.1	455.9	19	523.0	517.8	525.6	515.2
20	459.1	454.5	461.4	452.2	20	522.8	517.6	525.4	515.0
21	454.4	449.8	456.6	447.6	21	523.0	517.8	525.6	515.2
22	459.1	454.5	461.4	452.2	22	522.5	517.3	525.1	514.7
23	461.1	456.5	463.4	454.2	23	524.4	519.2	527.0	516.6
24	454.6	450.1	456.9	447.8	24	522.8	517.6	525.4	515.0
25	459.1	454.5	461.4	452.2	25	523.7	518.5	526.3	515.9
26	454.4	449.8	456.6	447.6	26	523.0	517.8	525.6	515.2
27	457.1	452.6	459.4	450.3	27	523.0	517.8	525.6	515.2
28	454.1	449.6	456.4	447.3	28	525.4	520.2	528.0	517.5
29	461.6	457.0	463.9	454.7	29	524.9	519.7	527.5	517.1
30	456.1	451.6	458.4	449.3	30	522.5	517.3	525.1	514.7
31	461.6	457.0	463.9	454.7	31	526.1	520.9	528.7	518.2
32	451.6	447.1	453.9	444.9	32	523.7	518.5	526.3	515.9
33	459.6	455.0	461.9	452.7	33	525.4	520.2	528.0	517.5
34	459.1	454.5	461.4	452.2	34	524.9	519.7	527.5	517.1
35	457.9	453.3	460.1	451.0	35	524.9	519.7	527.5	517.1
36	452.1	447.6	454.4	445.4	36	524.4	519.2	527.0	516.6
37	460.3	455.8	462.6	453.5	37	522.0	516.8	524.6	514.2
38	457.4	452.8	459.6	450.5	38	525.4	520.2	528.0	517.5
39	456.6	452.1	458.9	449.8	39	525.6	520.4	528.2	517.8
40	457.4	452.8	459.6	450.5	40	524.7	519.4	527.3	516.8

41	454.4	449.8	456.6	447.6	41	524.9	519.7	527.5	517.1
42	457.1	452.6	459.4	450.3	42	523.0	517.8	525.6	515.2
43	461.6	457.0	463.9	454.7	43	524.0	518.7	526.6	516.1
44	453.9	449.4	456.1	447.1	44	522.5	517.3	525.1	514.7
45	454.9	450.3	457.1	448.1	45	524.7	519.4	527.3	516.8
46	462.8	458.2	465.1	455.9	46	525.1	519.9	527.8	517.3
47	455.4	450.8	457.6	448.6	47	525.4	520.2	528.0	517.5
48	454.1	449.6	456.4	447.3	48	524.9	519.7	527.5	517.1
49	456.4	451.8	458.6	449.5	49	524.9	519.7	527.5	517.1
50	454.1	449.6	456.4	447.3	50	523.7	518.5	526.3	515.9
51	451.6	447.1	453.9	444.9	51	524.2	519.0	526.8	516.4
52	459.1	454.5	461.4	452.2	52	526.1	520.9	528.7	518.2
53	451.6	447.1	453.9	444.9	53	524.9	519.7	527.5	517.1
54	455.4	450.8	457.6	448.6	54	524.9	519.7	527.5	517.1
55	455.9	451.3	458.1	449.1	55	523.0	517.8	525.6	515.2
56	454.9	450.3	457.1	448.1	56	522.5	517.3	525.1	514.7
57	460.3	455.8	462.6	453.5	57	524.9	519.7	527.5	517.1
58	451.4	446.9	453.6	444.6	58	524.9	519.7	527.5	517.1
59	459.1	454.5	461.4	452.2	59	524.9	519.7	527.5	517.1
60	462.8	458.2	465.1	455.9	60	525.4	520.2	528.0	517.5
61	461.1	456.5	463.4	454.2	61	525.6	520.4	528.2	517.8

激光器 5					激光器 6				
编号	满分 上限 (nm)	满分 下限 (nm)	半分 上限 (nm)	半分 下限 (nm)	编号	满分 上限 (nm)	满分 下限 (nm)	半分 上限 (nm)	半分 下限 (nm)
1	664.9	658.3	668.2	655.0	1	643.1	636.7	646.3	633.5
2	663.8	657.2	667.1	653.9	2	644.2	637.8	647.4	634.6
3	663.4	656.8	666.7	653.5	3	642.0	635.6	645.2	632.5
4	663.8	657.2	667.1	653.9	4	642.0	635.6	645.2	632.5
5	664.7	658.1	668.0	654.8	5	644.2	637.8	647.4	634.6
6	661.7	655.1	665.0	651.8	6	644.2	637.8	647.4	634.6
7	663.8	657.2	667.1	653.9	7	643.1	636.7	646.3	633.5
8	664.3	657.7	667.6	654.4	8	643.1	636.7	646.3	633.5
9	667.7	661.1	671.0	657.8	9	642.0	635.6	645.2	632.5

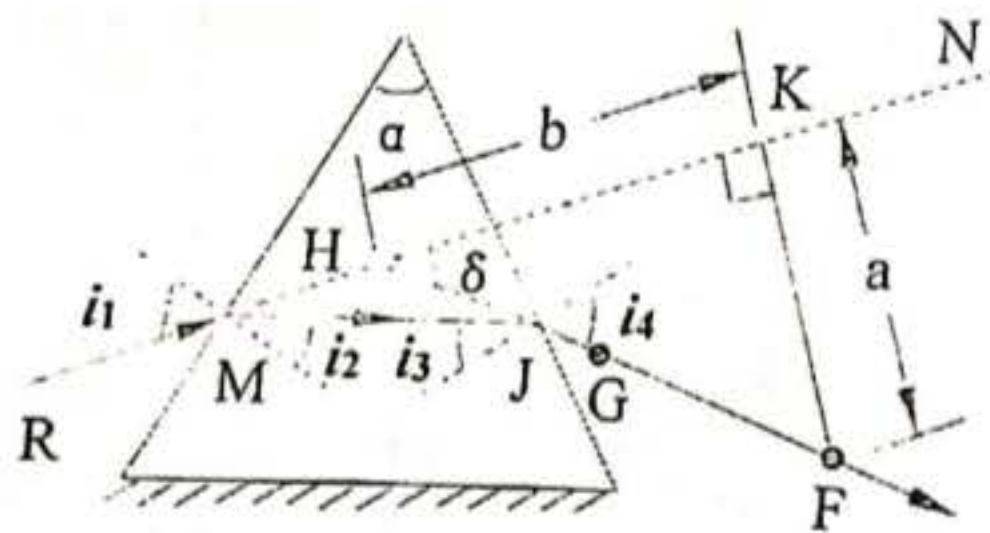
10	003.4	050.8	000.7	053.5	10	042.7	036.3	045.9	033.1
11	001.7	055.1	005.0	051.8	11	041.8	035.4	045.0	032.2
12	002.8	050.2	000.1	052.0	12	044.2	037.8	047.4	034.6
13	007.1	000.4	070.4	057.1	13	043.1	036.7	046.3	033.5
14	000.0	050.4	000.3	050.1	14	040.9	034.6	044.1	031.4
15	001.7	055.1	005.0	051.8	15	044.2	037.8	047.4	034.6
16	003.8	057.2	007.1	053.9	16	045.3	038.9	048.5	035.7
17	005.0	058.0	008.0	055.0	17-1	045.3	038.9	048.5	035.7
18	004.3	057.7	007.6	054.4	18	044.2	037.8	047.4	034.6
19	005.3	058.7	008.7	055.4	19	044.2	037.8	047.4	034.6
20	005.8	059.2	009.1	055.8	20	047.5	041.1	050.7	037.9
21	004.0	058.3	008.2	055.0	21	043.1	036.7	046.3	033.5
22	004.7	058.1	008.0	054.8	22	043.1	036.7	046.3	033.5
23	003.8	057.2	007.1	053.9	23	044.9	038.5	048.1	035.3
24	004.3	057.7	007.6	054.4	24	044.2	037.8	047.4	034.6
25	003.2	050.6	000.5	053.3	25	047.5	041.1	050.7	037.9
26	000.0	050.4	000.3	050.1	26	041.2	034.8	044.3	031.6
27	005.0	058.0	008.0	055.0	27	044.2	037.8	047.4	034.6
28	004.5	057.9	007.8	054.6	28	044.2	037.8	047.4	034.6
29	005.0	058.0	008.0	055.0	29	047.5	041.1	050.7	037.9
30	004.5	057.9	007.8	054.6	30	043.1	036.7	046.3	033.5
31	009.7	003.0	073.0	059.7	31	045.3	038.9	048.5	035.7
32	008.6	001.9	071.9	058.6	32	042.0	035.6	045.2	032.5
33	005.8	059.2	009.1	055.8	33	044.2	037.8	047.4	034.6
34	004.0	057.4	007.4	054.1	34	043.1	036.7	046.3	033.5
35	007.1	000.4	070.4	057.1	35	043.1	036.7	046.3	033.5
36	008.1	001.5	071.5	058.2	36	044.2	037.8	047.4	034.6
37	007.7	001.1	071.0	057.8	37	040.9	034.6	044.1	031.4
38	004.5	057.9	007.8	054.6	38	045.3	038.9	048.5	035.7
39	009.2	002.6	072.6	059.2	39	043.1	036.7	046.3	033.5
40	005.8	059.2	009.1	055.8	40	043.1	036.7	046.3	033.5
41	009.7	003.0	073.0	059.7	41	040.9	034.6	044.1	031.4
42	007.5	000.9	070.8	057.5	42	043.1	036.7	046.3	033.5
43	009.2	002.6	072.6	059.2	43	044.2	037.8	047.4	034.6

44	669.0	662.4	672.3	659.0	44	646.4	640.0	649.6	636.8
45	667.7	661.1	671.0	657.8	45	643.1	636.7	646.3	633.5
46	667.1	660.4	670.4	657.1	46	644.2	637.8	647.4	634.6
47	665.8	659.2	669.1	655.8	47	643.1	636.7	646.3	633.5
48	666.0	659.4	669.3	656.1	48	645.3	638.9	648.5	635.7
49	667.7	661.1	671.0	657.8	49	644.2	637.8	647.4	634.6
50	667.1	660.4	670.4	657.1	50	644.2	637.8	647.4	634.6
51	665.6	658.9	668.9	655.6	51	644.2	637.8	647.4	634.6
52	665.8	659.2	669.1	655.8	52	642.7	636.3	645.9	633.1
53	666.6	660.0	670.0	656.7	53	643.1	636.7	646.3	633.5
54	665.6	658.9	668.9	655.6	54	642.0	635.6	645.2	632.5
55	667.7	661.1	671.0	657.8	55	644.2	637.8	647.4	634.6
56	668.6	661.9	671.9	658.6	56	643.1	636.7	646.3	633.5
57	666.4	659.8	669.7	656.5	57	642.0	635.6	645.2	632.5
58	667.1	660.4	670.4	657.1	58	643.1	636.7	646.3	633.5
59	666.6	660.0	670.0	656.7	59	645.3	638.9	648.5	635.7
60	663.4	656.8	666.7	653.5	60	646.4	640.0	649.6	636.8
61	666.9	660.2	670.2	656.9	61	643.1	636.7	646.3	633.5

二. 测量玻璃材料的折射率 (27 分)

1. 画出实验光路示意图, 简要写出测量玻璃材料折射率的原理及公式 (8 分)

(1) 实验光路示意图



评分:

正确画出实验光路图 6 分 (原理图 2 分, 标注线段 FK 的长度 a 、线段 HK 的长度 b 、偏向角 δ 、三棱镜顶角 α 、垂直符号、光线 RM 方向、光线 MJ 方向、光线 JF 方向各 0.5 分)

(2) 测量玻璃材料折射率的原理及公式

激光沿 RM 方向入射到三棱镜上, 在通过三棱镜的过程中将发生两次折射, 使通过三棱镜后的出射光线向底边方向发生偏转, 激光通过三棱镜前后的偏向角为 δ 。F、G 为激光通过三棱镜后出射方向上的两点, 从点 F 向激光入射线 RM 方向作垂线, 垂足为 K。激光入射线 RM 方向和出射线 GF 方向的交点为 H, 若线段 FK 的长度为 a, 线段 HK 的长度为 b, 则

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{a}{b}$$

由上式可得偏向角

$$\delta = \operatorname{arctg} \frac{a}{b} \quad (3)$$

对于给定的三棱镜来说, 偏向角 δ 随激光入射角 i_1 发生变化, 当 $i_1 = i_4$ 时, 偏向角 δ 最小。若用 δ_{\min} 表示最小偏向角, 则可得三棱镜的折射率 n 与三棱镜顶角 α 、最小偏向角 δ_{\min} 之间的关系为

$$n = \frac{\sin \frac{\delta_{\min} + \alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad (4)$$

评分:

式 (3) 和式 (4) 各 1 分

2、写出实验步骤, 并列实验数据 (13 分)

(1) 实验步骤

- 1) 如图所示, 在一张 A3 白纸上画出直线 MN。
- 2) 调节激光光源的线形激光束宽度, 使其尽可能窄。
- 3) 调节激光光源的线形激光束方向, 使其沿竖直方向。
- 4) 将激光光源的线形激光束方向沿直线 MN 方向。
- 5) 将三棱镜如图放置, 在保持激光光源的线形激光束方向始终沿直线 MN 方向的前提下, 转动三棱镜, 改变入射角, 找到激光光源经过三棱镜后折射光束的最小偏向位置, 此时在出射光束上标出两点 F、G (F 点和 G 点之间的距离尽可能大一些)。
- 6) 连接 F 点和 G 点, 并延长至与直线 MN 相交于 H 点。过 F 点作直线 MN 的垂线, 垂足为 K。
- 7) 用直尺测出线段 FK 和线段 HK 的长度, 分别记为 a 和 b。

评分:

实验步骤 4 分 (第 5) 步计 1 分, 其余各计 0.5 分)

(2) 数据记录

评分:

数据记录 9 分 (测量用的 A3 纸如未与答题纸一起上交, 实验数据记录部分计 0 分; 每个激光器测量数据各 1.5 分; 对单个激光器的测量数据, 测量次数少于 6 次扣除 0.5 分, a 的测量数据不足四位有效数字扣除 0.5 分, b 的测量数据不足四位有效数字扣除 0.5 分, 单位未写出 (或写错) 每处扣除 0.5 分, 直至全部扣除该项分为止。)

(3) 计算玻璃材料的折射率 (6分)

利用已测得的线段 FK 的长度 a 和线段 HK 的长度 b 可得

$$\delta_{mtn} = \arctg \frac{a}{b}$$

再根据

$$n = \frac{\sin \frac{\delta_{mtn} + \alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

可计算得出玻璃材料的折射率。

评分:

玻璃材料的折射率测量结果 6 分 (玻璃材料对每个激光的折射率结果各 1 分, 结果在满分区间计 1 分, 结果在半分区间计 0.5 分, 其他结果不计分; 只有实验结果, 无对应实验数据或者实验数据与结果不相关的计 0 分。)

光源	满分上限	满分下限	半分上限	半分下限
1	1.6844	1.6796	1.6868	1.6772
2	1.6640	1.6600	1.6660	1.6580
3	1.6716	1.6664	1.6742	1.6638
4	1.6548	1.6532	1.6556	1.6524
5	1.6426	1.6414	1.6432	1.6408
6	1.6445	1.6435	1.6450	1.6430

三. 用柯西公式拟合所给玻璃材料 (三棱镜) 的色散曲线 (9分)

1、写出色散曲线的拟合方法 (3分)

介质的折射率 n 与入射光波长 λ 的变化关系常用柯西色散公式来描述, 它可以用一个级数来表示:

$n(\lambda) = A + \frac{B_1}{\lambda^2} + \frac{B_2}{\lambda^4}$, 其中 A 、 B_1 、 B_2 为三个柯西色散系数。若忽略 $1/\lambda^4$ 次项, 则色散关系变为

$$n(\lambda) = A + \frac{B_1}{\lambda^2}$$

若将 $\frac{1}{\lambda^2}$ 视为自变量, 则可对色散关系进行线性拟合, 从而确定柯西色散系数 A 和 B_1 。

评分:

色散曲线的拟合方法 3 分

2、列出色散曲线拟合用数据 (3分)

光源	1	2	3	4	5	6
n	1.682	1.662	1.669	1.654	1.642	1.644
λ (nm)	406.8	485.0	454.3	522.8	662.7	641.0
$1/\lambda^2$ ($\times 10^{-6}/\text{nm}^2$)	6.043	4.251	4.845	3.659	2.277	2.434

评分:

色散曲线的拟合数据 3分 (每个激光光源的 $1/\lambda^2$ 值各计 0.5分)

3、色散曲线的拟合结果 (3分)

进行线性拟合后所给玻璃材料 (三棱镜) 的色散关系式为: $n(\lambda) = 1.617 + \frac{1.063 \times 10^4}{\lambda^2}$ 。

评分:

色散关系式结果 3分 (柯西色散系数 A 和 B_1 的结果各 1.5分, 结果在满分区间计 1.5分, 结果在计 0.5分区间计 0.5分, 其他结果不计分。)

柯西色散系数	满分上限	满分下限	计 0.5分上限	计 0.5分下限
A	1.666	1.568	1.746	1.488
B_1	1.095	1.031	1.148	0.978