

预习报告		实验记录		分析讨论		总成绩	
25		25		30		80	
年级、专业：		2022 级物理学		组号：		实验组 1	
姓名：		黄罗琳		学号：		22344001	
实验时间：		2024/4/11		教师签名：			

CB2 偏振光实验

【实验报告注意事项】

1. 实验报告由三部分组成：
- (a) 预习报告：课前认真研读实验讲义，弄清实验原理；实验所需的仪器设备、用具及其使用、完成课前预习思考题；了解实验需要测量的物理量，并根据要求提前准备实验记录表格（可以参考实验报告模板，可以打印）。**（20 分）**

(b) 实验记录：认真、客观记录实验条件、实验过程中的现象以及数据。实验记录请用珠笔或者钢笔书写并签名（**用铅笔记录的被认为无效**）。**保持原始记录，包括写错删除部分，如因误记需要修改记录，必须按规范修改。**（不得输入电脑打印，但可扫描手记后打印扫描件）；离开前请实验教师检查记录并签名。**（30 分）**

(c) 数据处理及分析讨论：处理实验原始数据（学习仪器使用类型的实验除外），对数据的可靠性和合理性进行分析；按规范呈现数据和结果（图、表），包括数据、图表按顺序编号及其引用；分析物理现象（含回答实验思考题，写出问题思考过程，必要时按规范引用数据）；最后得出结论。**（30 分）**
- 实验报告就是将预习报告、实验记录、和数据处理与分析合起来，加上本页封面。**（80 分）**

2. 每次完成实验后的一周内交实验报告

【实验安全注意事项】

1. 实验中不要用手触摸镜片，以免弄脏镜片；
2. 避免直视光源，注意光源表面高温；
3. 注意用电安全。

# 目录

<b>1 CB2 偏振光实验 预习报告</b>	<b>3</b>
1.1 实验目的	3
1.2 仪器用具	3
1.3 原理概述	3
1.4 实验预习题	5
<b>2 CB2 偏振光实验 实验记录</b>	<b>6</b>
2.1 实验内容、步骤与结果	6
2.1.1 研究交叉线性偏振片	6
2.1.2 验证马吕斯定律	7
2.1.3 玻璃反射起偏和布儒斯特角的测量	8
2.1.4 光的散射	9
2.1.5 分析 $\lambda/2$ 波片特性	10
2.1.6 分析 $\lambda/4$ 波片特性	10
2.1.7 分析两个 $\lambda/4$ 波片特性	10
2.1.8 研究椭圆偏振光和圆偏振光	11
2.2 实验过程遇到问题及解决办法	11
<b>3 CB2 偏振光实验 分析与讨论</b>	<b>12</b>
3.1 实验数据分析	12
3.1.1 研究交叉线性偏振片	12
3.1.2 验证马吕斯定律	12
3.1.3 玻璃反射起偏和布儒斯特角的测量	13
3.1.4 光的散射	13
3.1.5 分析 $\lambda/2$ 波片特性	13
3.1.6 分析 $\lambda/4$ 波片特性	14
3.1.7 分析两个 $\lambda/4$ 波片特性	14
3.1.8 研究椭圆偏振光和圆偏振光	14
3.2 实验后思考题	14
<b>4 CB2 偏振光实验 结语</b>	<b>16</b>
4.1 实验心得和体会、意见建议等	16
4.2 附件及实验相关的软硬件资料等	16

## CB2 偏振光实验    预习报告

### 1.1 实验目的

- 1. 理解偏振光的基本概念，了解线偏振光、椭圆偏振光和圆偏振光。
- 2. 分析偏振光产生的三种方法：吸收、反射和散射。
- 3. 了解在各向异性材料介质中光波的传播，学习偏振光通过各向异性介质后，产生的“相位延迟”（ $\lambda/2$  波片和  $\lambda/4$  波片）。

### 1.2 仪器用具

编号	仪器用具名称	数量	主要参数（型号，测量范围，测量精度等）
1	光功率计	1	
2	白光光源		
3	光学导轨		
4	光学测角台		
5	偏振片	3	
6	半波片	1	
7	1/4 波片	2	

### 1.3 原理概述

#### 偏振光的产生

- (1) 偏振片的工作原理偏振片的工作原理是对光在偏振方向具有选择性吸收。理想情况下，在特定的方向透过线性偏振光（称为透振方向），吸收与透振方向成正交方向的线性偏振光。
- 偏振片内部的微观结构使其能够选择性地吸收特定方向的光。这种结构使得偏振片在一个方向上对光具有透明度，而在垂直方向上具有吸收性。
- (2) 偏振片的微观结构偏振片的各向异性性质主要是因为在在一个方向上排列的长链形分子结构的存在下，吸收沿这个方向的偏振光。为了避免理解错误，不在这里讨论波长在光吸收现象的重要性。实验中使用的偏振片在红外光谱范围内的响应较差，但是使用的白光（灯丝）在红外区的发射不可忽略。
- (3) 马吕斯定律强度为  $I_0$  的线偏振光，透过检偏片后，透射光的强度（不考虑吸收）为  $I = I_0 \cos^2 \theta$ ，其中  $\theta$  是入射线偏振光的光振动方向和偏振片透振方向之间的夹角。

马吕斯定律描述了透过偏振片的偏振光强度与入射光偏振方向与偏振片透振方向之间夹角的关系。这意味着透过偏振片的光的强度取决于入射光的偏振方向与偏振片的透振方向之间的夹角。

(4) 玻璃反射起偏当入射光线以布儒斯特角入射时，反射光通过介质（玻璃、塑料等）是垂直于入射面的线性偏振光。定义  $\theta_B$  为布儒斯特角： $\tan \theta_B = \frac{n_{\text{ver}}}{n_{\text{air}}}$ 。

玻璃表面上的反射会导致反射光变成线性偏振光。这种现象发生在入射光以特定角度（布儒斯特角）进入玻璃表面时。在这个角度下，平行于入射面的电场分量不会产生反射，因此反射光成为线性偏振光，垂直于入射面。

(5) 散射起偏当散射微粒的大小小于光波波长（波长  $\lambda$ ）时可被视为产生瑞利散射。瑞利散射的电磁辐射功率  $P_{\text{ray}}$ ，其中  $P_{\text{ray}} \propto \lambda^{-4}$ 。因此，“蓝”光散射比“红”光更强烈。

当光线遇到小于其波长的微小颗粒时，会发生散射。这种散射称为瑞利散射。由于瑞利散射的强度与波长的四次方成反比关系，因此对于蓝色光而言，其散射强度比红色光更高。

### 各向异性介质中的光传播

(1) 在线性各向异性介质中的光传播：晶体表现出双折射现象，即折射率依赖于光波的偏振方向，因此它们是各向异性的。当光线通过均匀各向异性的线性介质时，会分解成两束偏振方向互相垂直、折射角不同的光束，它们的折射率分别为  $n_x$  和  $n_y$ 。这种现象称为双折射，在各种晶体中普遍存在。

当光线入射时，考虑沿两个方向的相位速度（ $c_x$  和  $c_y$ ），其中  $c_x \equiv nc_{0x}$ ， $c_y \equiv nc_{0y}$ ， $c_0$  是真空中平面波的传播速度。光在传播速度较慢的轴上称为寻常光（ $O_x$  轴），而在传播速度较快的轴上称为非常光（ $O_y$  轴）。一束折射光遵循普通的折射定律，称为普通光（或  $o$  光）；另一束不遵循普通折射定律，称为非常光（或  $e$  光）。 $o$  光和  $e$  光都是偏振光，且两光束的振动方向相互垂直。

(2) 各向异性介质中的偏振：在各向异性介质中，光程差表示为  $\delta = (n_x - n_y)e$ 。

(3)  $\lambda/2$  波片： $\lambda/2$  波片的厚度  $e$  确保对于给定波长  $\lambda$  的平行光正入射波晶片时， $o$  光和  $e$  光的光程差为  $\delta = \lambda/2$ ，即  $(n_x - n_y)e = \lambda/2$ 。

此外， $\lambda/2$  波片只对特定波长的光通过有效。

- 经过  $\lambda/2$  波片的线偏振光仍然是线偏振光，但相对于  $O$  轴或  $E$  轴对称。
- 平行于  $O$  轴或  $E$  轴入射的偏振光，经过  $\lambda/2$  波片后方向保持不变。
- $\lambda/2$  波片将椭圆偏振光变为椭圆偏振光，但是改变旋转方向，使旋转方向相反。

(4)  $\lambda/4$  波片： $\lambda/4$  波片的厚度  $e$  确保对于给定波长  $\lambda$  的平行光正入射波晶片时， $o$  光和  $e$  光的光程差为  $\delta = \lambda/4$ ，即  $(n_x - n_y)e = \lambda/4$ ，对应相位差  $\Delta\phi = 2\pi \times \lambda/4 = \pi/2$ 。

另外， $\lambda/4$  波片只对特定波长的光通过有效。

- 两个  $\lambda/4$  波片相平行，当两个波片的快慢轴一致时，相当于一个  $\lambda/2$  波片；当一个波片的快轴与另一个波片的慢轴重合时，表现为一个各向同性波片。
- 椭圆偏振光经过  $\lambda/4$  波片（波片的  $O$  轴或  $E$  轴与椭圆主轴一致）后成为线偏振光。

## 1.4 实验预习题

### 思考题 1.1: 什么是瑞利散射?

瑞利散射是一种光在遇到比其波长更小的微小颗粒（比如空气中的气体分子或水中的悬浮微粒）时发生的散射现象。在瑞利散射中，入射光波与微粒相互作用后，散射光的强度与入射光的波长的四次方成反比关系。

### 思考题 1.2: 举例说明瑞利散射

瑞利散射最常见于大气中，导致了蓝天的颜色。大气中的氧气和氮气分子的大小比可见光的波长小得多，因此它们会导致入射太阳光的散射，使得天空呈现出蓝色。这是因为蓝光的波长较短，散射强度更高，而红光的波长较长，散射强度相对较低，因此在观察天空时，我们会看到蓝色。

夕阳和黎明的颜色：在日出和日落时，太阳光经过较长的大气路径穿过大气层，这使得更多的光被散射，尤其是红光。因此，当我们观察日出或日落时，我们会看到天空和云彩呈现出橙色、红色或粉红色的色彩。

远处山脉的颜色：当我们观察远处的山脉或山脉的轮廓时，由于大气中的瑞利散射，远处的景物会呈现出蓝色或紫色的色调。

水中的蓝色：当我们观察清澈的水体时，水体呈现出蓝色。这是因为水分子对蓝色光的散射较强，导致我们看到水呈现出蓝色。

冰川和冰块的颜色：由于冰晶的微小结构，冰块和冰川在阳光照射下会呈现出蓝色的色调。这是因为冰晶对蓝光的瑞利散射效应导致的。

专业:	物理学	年级:	2022 级
姓名:	黄罗琳	学号:	22344001
室温:	23°C	实验地点:	A510
学生签名:	黄罗琳	评分:	
实验时间:	2024/4/11	教师签名:	

CB2 偏振光实验    实验记录

2.1 实验内容、步骤与结果

2.1.1 研究交叉线性偏振片

1. 实验器材：白光光源，凸透镜，可变光阑，两个线性偏振片，光学导轨，屏幕。
2. 实验步骤：

(a) 用自准直等快速方法产生准直光束。

(b) 放置第一个偏振片 ( $P_1$ ) 并改变透振方向。观察屏幕上的光线强度。总结白光发出的自然光的性质。

(c) 放置第二个偏振片 ( $P_2$ )。旋转  $P_2$ ，改变透振方向，观察屏幕上光强的变化。发现光两次出现消失的现象，确定消光的位置。这时两个偏振片透振方向相垂直。同样的，旋转偏振片  $P_1$ ，能得到同样的结果。

(d) 在消光的位置，将  $P_1$  轴旋转  $20^\circ$ ，证明  $P_2$  轴旋转同样的角度时，消光现象再次出现。

(e) 在偏振片  $P_1$  和  $P_2$  之间放置第 3 个偏振片  $P_3$ 。先确定  $P_3$  的透振方向，再转  $45^\circ$  的角度，观察并说明现象。

(f) 拿走偏振片  $P_3$ ，在  $P_1$  和  $P_2$  之间插入塑料板或三角尺等透明物体，观察现象；转动其中任何一个元件，观察现象；给塑料板加力，观察并说明这三个现象的变化。
3. 实验数据与现象（编号与实验步骤中一致）

(a) 所用透镜焦距  $f = 150mm$

(b) 观察屏幕上的光线强度，光强不变，说明白光发出的自然光为随机偏振光。

(c) 设置  $p_1 = 0^\circ$      $p_2 = 172^\circ/352^\circ$  时消光  
设置  $p_2 = 0^\circ$      $p_1 = 348^\circ/168^\circ$  时消光

(d) 在消光的位置，将  $P_1$  轴旋转  $20^\circ$ ，证明  $P_2$  轴旋转  $20^\circ$ ，消光现象再次出现。

(e) P3 位置为 158° 时消光，故 P3 的透振方向为 68°。将 P3 旋转 45°，观察到光斑亮度减弱。

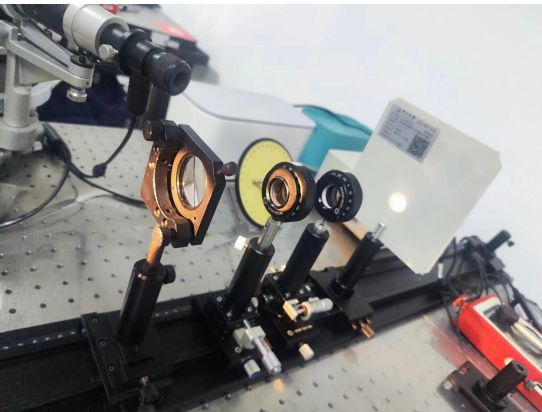


图 1: 未消光实验图像

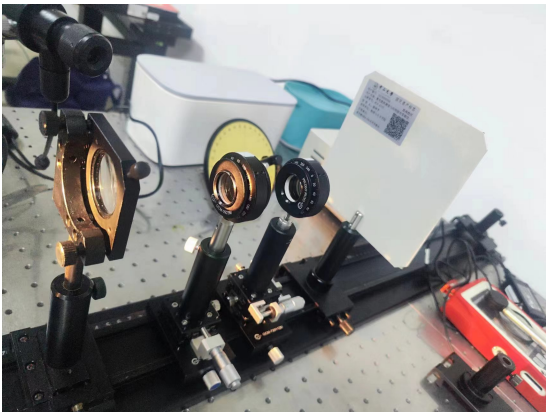


图 2: 消光实验图像

2.1.2 验证马吕斯定律

1. 实验器材：白光光源，2 个滤光片（绿色和红色），两个会聚透镜（其中一个小焦距的起聚光作用，f 值很小），可变光阑，两个偏振片，光功率计。
2. 实验步骤：

(a) 在准直平行光路上摆放偏振片  $P_1$  和  $P_2$ 。其中  $\Theta$  为两个透振方向的夹角， $I$  为光功率计测量的光强值。 $I_0 \equiv I(\Theta = 0)$

(b) 改变不同的角度，并记录对应的光强值。通过绘制合理的曲线图，验证马吕斯定律。

(c) 放置红色滤光片在可变光阑前，重复实验。

(d) 放置绿色滤光片在可变光阑前，重复实验。

3. 实验数据与拟合图像

表 1: 角度 ( $\theta$ ) vs. 强度 (A)

角度 ( $\theta/^\circ$ )	白光 ( $\mu\text{A}$ )	红光 ( $\mu\text{A}$ )	绿光 ( $\mu\text{A}$ )
0	46.99	0.424	2.55
10	46.48	0.397	2.41
20	44.55	0.357	2.16
30	42.64	0.32	1.8
40	40.65	0.257	1.35
50	38.85	0.218	0.91
60	36.82	0.162	0.48
70	35.58	0.124	0.14
80	34.63	0.103	0.02
90	34.45	0.098	0.01
100	35.04	0.104	0.02
110	36.44	0.127	0.14
120	38.34	0.183	0.52
130	40.35	0.22	0.93
140	42.74	0.256	1.37
150	44.71	0.321	1.83
160	46.2	0.356	2.16
170	46.92	0.392	2.48
180	47.12	0.421	2.52

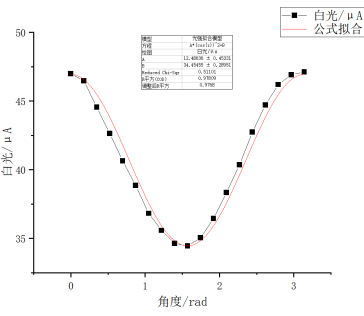


图 3: 白光光强拟合图像

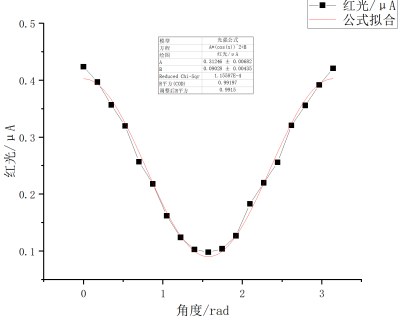


图 4: 红光光强拟合图像

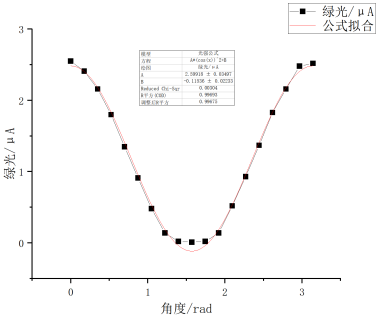


图 5: 绿光光强拟合图像

对应图像的拟合公式，符合理论公式，如下：

$$I = 12.48\cos^2\theta + 34.45 \quad R^2 = 0.97809$$

$$I = 0.31\cos^2\theta + 0.09 \quad R^2 = 0.99197$$

$$I = 2.60\cos^2\theta - 0.11 \quad R^2 = 0.99693$$

2.1.3 玻璃反射起偏和布儒斯特角的测量

1. 实验步骤

- (a) 观察教室的天花板的日光灯管，旋转偏振片，光强不变，说明日光灯是随机偏振光。
- (b) 观察日光灯在地面瓷砖上的反射像，旋转偏振片，发现反射像的亮度发生变化，说明反射产生了部分偏振光。
- (c) 改变观察者的位置，也就是改变天花板上日光灯管的入射角度，使光通过偏振片的某方向光强为零时，计算出日光灯管的入射角。验证玻璃的折射率  $n = 1.5$  时，布儒斯特角值大约为  $56^\circ$ 。

2. 实验数据

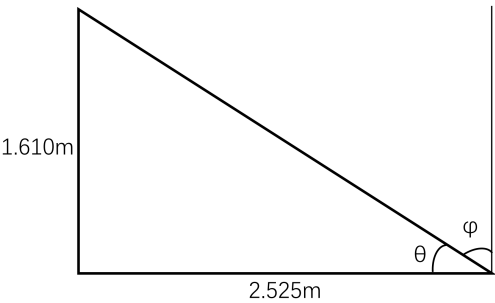
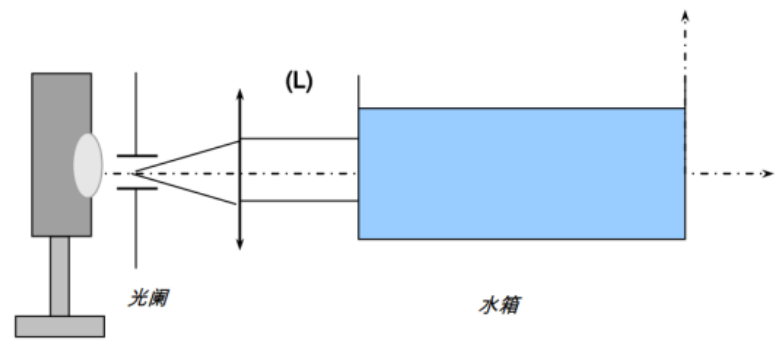


图 6: 实验测量示意图

如图所示， $\arctan \theta = 33.416^\circ$      $\phi = 90^\circ - \theta = 57.584^\circ$



2.1.4 光的散射



- 1. 实验材料：白光光源，凸透镜，可变光阑，偏振片 P，水槽，奶粉。
- 2. 实验步骤
  - (a) 在准直光束产生的平行光中放置水槽，水槽的面相平行。
  - (b) 倒入少许奶粉（不溢出）。
  - (c) 用偏振片观察在 (Ox) 横向方向的散射光。通过水中倒入的少许粉末的作用，可观察到，在光传播垂直方向上，光（部分地）在垂直方向 (Oy) 是线性偏振光。
- 3. 实验现象



图 7: 偏振片角度 1

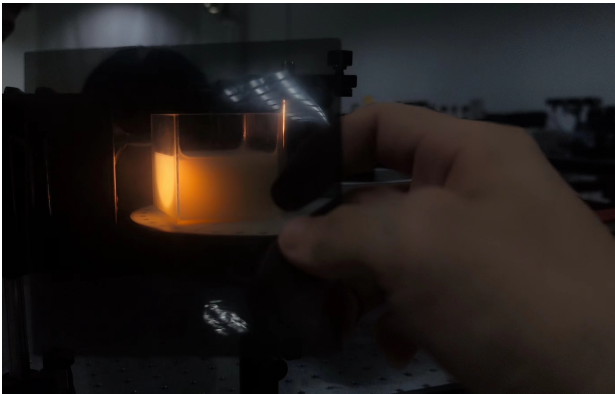


图 8: 偏振片角度 2

图 9: 不同偏振片角度光强变化

当光通过偏振片时，只有与偏振片的方向相匹配的光才能透过，其他方向的光则会被吸收或散射。

通过旋转偏振片会导致观察到的光强发生变化。这种变化表明此散射光具有偏振性质，因为只有在偏振片的某些方向上才会有较高的光强。

### 2.1.5 分析 $\lambda/2$ 波片特性

1. 实验器材: 氦氖激光器, 短焦距透镜, 偏振片  $P_1$ , 偏振片  $P_2$ ,  $\lambda/2$  波片, 小屏幕。

#### 2. 实验步骤

(a) 将偏振片  $P_1$  和  $P_2$  放置约 20 厘米的距离, 旋转偏振片找到消光位置。然后将  $\lambda/2$  波片放在两个偏振片之间: 观看屏幕, 旋转半波片, 直到消光重新出现。证明这时有两个相互垂直方向出现消光现象。这时,  $\lambda/2$  波片的 o 轴或 e 轴方向与偏振片  $P_1$  的偏振方向平行, 确定对应的位置。

(b) 旋转偏振片  $P_1$  20 度。通过旋转偏振片  $P_2$ , 重新出现消光现象。记录偏振片  $P$  的位置。证实通过从半波片的作用, 线性偏振光可产生对称 o 轴或 e 轴方向的线偏振光。

#### 3. 实验数据

(a)  $P_1$  为  $0^\circ$ ,  $P_2$  为  $168^\circ$  时, 完全消光, 之后使用  $\lambda/2$  波片后, 无法消光, 之后通过旋转波片, 在  $318^\circ$ 、 $228^\circ$ 、 $138^\circ$ 、 $48^\circ$  的位置上时, 出现了消光现象。

(b) 旋转  $P_1$  至  $20^\circ$  后, 旋转  $P_2$  至  $149^\circ$ , 即反向旋转  $20^\circ$ , 重新出现了消光现象。

### 2.1.6 分析 $\lambda/4$ 波片特性

1. 实验材料: 氦氖激光器, 短焦镜头, 偏光片  $P_1$ , 偏振片  $P_2$ , 四分之一波片  $\lambda/4$ , 小屏幕。

#### 2. 实验步骤

(a) 将确定两个偏振片的消光位置。

(b) 将  $\lambda/4$  波片放置在两个偏振片之间, 观察屏幕。

旋转  $\lambda/4$  波片, 直到消光重新出现, 确定  $\lambda/4$  波片对应的位置。说明这时有两个相互垂直方向出现消光现象。证明此时  $\lambda/4$  片的 o 轴或 e 轴方向与偏振片  $P_1$  的偏振方向平行。

3. 实验数据  $P_1$  为  $0^\circ$ ,  $P_2$  为  $168^\circ$  时, 完全消光, 之后使用  $\lambda/4$  波片后, 无法消光, 之后通过旋转波片, 在  $64^\circ$ 、 $154^\circ$ 、 $244^\circ$ 、 $334^\circ$  的位置上时, 出现了消光现象。

### 2.1.7 分析两个 $\lambda/4$ 波片特性

1. 实验材料: 氦氖激光器, 短焦距透镜, 光阑, 两个偏振片, 两个  $\lambda/4$  波片。

#### 2. 实验步骤

(a) 确定两个偏振片的消光位置

(b) 放置第一个  $\lambda/4$  波片, 重现消光现象。记录消光位置。

(c) 再放入第二个  $\lambda/4$  波片, 出现消光时, 记录消光的位置。说明这时两个  $\lambda/4$  波片的 o 轴或 e 轴相平行。

- (d) 旋转  $P_1$  偏振片  $20^\circ$ , 标识旋转的方向。然后旋转偏振片  $P_2$  重新达到消光, 记录偏振片  $P_2$  的位置。说明此时两个  $\lambda/4$  波片的关系 (即是两个波片的快慢轴一致? 还是一个波片的快轴与另一个波片的慢轴重合?)。
- (e) 旋转其中一个  $\lambda/4$  波片  $90^\circ$ , 再旋转偏振片  $P_2$  重新达到消光, 记录偏振片  $P_2$  的位置。说明此时两个  $\lambda/4$  波片的关系。

### 3. 实验数据

- (a) 当偏振片  $P_1$  位置为  $0^\circ$ ,  $P_2$  位置为  $168^\circ$  时出现消光现象。
- (b) 放置第一个  $\lambda/4$  波片, 旋转波片当波片位置分别为  $64^\circ$ 、 $154^\circ$ 、 $244^\circ$ 、 $334^\circ$  时消光现象出现。
- (c) 再放入第二个  $\lambda/4$  波片, 波片位置为  $112^\circ$  时出现消光现象。此时两个  $\lambda/4$  波片的 o 轴或 e 轴相平行。
- (d) 旋转  $P_1$  偏振片  $20^\circ$ , 再将  $P_2$  沿相同方向也旋转  $20^\circ$ , 重新消光。此时两个  $\lambda/4$  波片的快慢轴方向一致, 相当于一个  $\lambda/2$  波片。
- (e) 旋转第一个  $\lambda/4$  波片  $90^\circ$ , 再旋转偏振片  $P_2$  至  $112^\circ$  时重新达到消光。此时两个  $\lambda/4$  波片的关系为一个波片的快轴与另一个波片的慢轴重合, 相当于没有波片。

#### 2.1.8 研究椭圆偏振光和圆偏振光

1. 实验材料: 氦氖激光器, 短焦距透镜, 可变光阑, 两个偏振片, 四分之一波片  $\lambda/4$ 。
2. 实验步骤
  - (a) 确定两个偏振片的消光位置
  - (b) 放置第一个  $\lambda/4$  波片, 重现消光现象。旋转  $P_1$  偏振片  $45^\circ$ , 标识旋转方向。旋转偏光片  $P_2$ , 观察屏幕上的光强变化, 加以说明。
  - (c) 再旋转  $P_1$ 。偏振片的角度  $10^\circ$ , 旋转  $P_2$  偏光片, 观察屏幕上光强的变化。加以说明。

### 3. 实验数据

- (a) 偏振片  $P_1$  位置为  $0^\circ$ ,  $P_2$  位置为  $168^\circ$  时出现消光现象。
- (b) 放置第一个  $\lambda/4$  波片,  $358^\circ$  时出现消光现象。
- (c) 逆时针旋转  $P_1$  偏振片  $45^\circ$ , 旋转偏光片  $P_2$ , 光强不变。
- (d) 再旋转  $10^\circ$  后, 旋转偏光片  $P_2$ , 光强出现改变。

#### 2.2 实验过程遇到问题及解决办法

1. 实验中出现了旋转“半波片”却并没有找到理论所示的两个相互垂直的消光位置, 通过重新阅读实验讲义发现, 之前旋转的是  $p_2$ , 所以  $360^\circ$  旋转中只会出现两个消光位置。
2. 实验过程中发现实验仪器存在立柱不匹配的问题, 拿到较大口径的底座继续试验。

专业:	物理学	年级:	2022 级
姓名:	黄罗琳	学号:	22344001
日期:	2024/4/11	评分:	

CB2 偏振光实验      分析与讨论

3.1 实验数据分析

3.1.1 研究交叉线性偏振片

1. 放置  $P_1$  后，尽管旋转了偏振片，但是光强不变，说明白光发出的自然光为随机自然光。
2. 对于两个偏振片  $P_1P_2$  分别可以找到两个相差  $180^\circ$  的位置消光，这说明经过  $P_1$  后成为线偏振光，然后只有与  $P_2$  垂直时才会出现完全消光现象，其他方向会有一些分量的分量透射，无法消光。
3. 对于  $P_3$  来说，透振方向与消光角度相垂直，所以得出透振方向为  $68^\circ$ ，旋转  $45^\circ$  之后，因为只是一部分分量的光透过  $P_3$ ，所以亮度减弱。

3.1.2 验证马吕斯定律

根据实验数据进行理论公式拟合，得到如下实验图像。

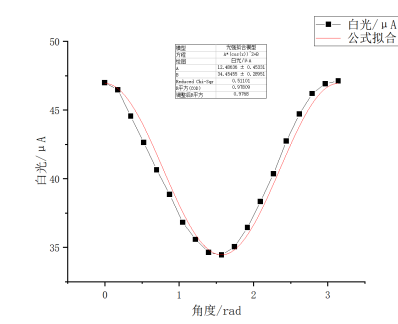


图 10: 白光光强拟合图像

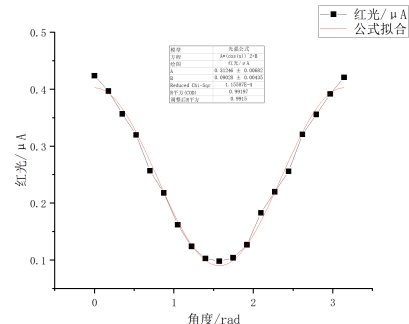


图 11: 红光光强拟合图像

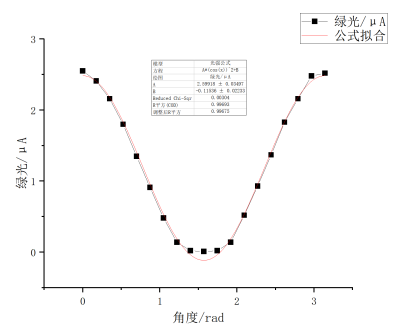


图 12: 绿光光强拟合图像

并且得到了符合理论公式的公式，即：

$$I = 12.48\cos^2\theta + 34.45 \quad R^2 = 0.97809$$
$$I = 0.31\cos^2\theta + 0.09 \quad R^2 = 0.99197$$
$$I = 2.60\cos^2\theta - 0.11 \quad R^2 = 0.99693$$

通过其相关系数可得，数据符合理论公式，故验证了马吕斯定律。

### 3.1.3 玻璃反射起偏和布儒斯特角的测量

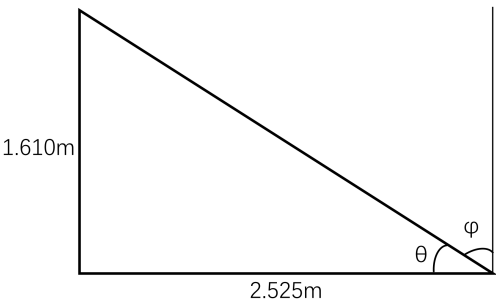


图 13: 实验测量示意图

如图所示， $\arctan \theta = 33.416^\circ$      $\phi = 90^\circ - \theta = 57.584^\circ$   
 而  $\tan \phi = 1.5748$ ，玻璃的折射率理论值为 1.5，相对误差为 4.9%

### 3.1.4 光的散射

通过偏振片的旋转出现了光强的变化，说明在通过牛奶散射之后，出现了偏振光所以，透过偏振片观察，可看到散射光的光强变化。

### 3.1.5 分析 $\lambda/2$ 波片特性

半波片 o 轴 e 轴位置确认为： $318^\circ$ 、 $228^\circ$ 、 $138^\circ$ 、 $48^\circ$

原理分析：当线偏振光通过  $\lambda/2$  波片时，虽然光仍然保持线偏振，但其振动方向会旋转一个角度  $2$ 。这意味着入射光的偏振方向相对于波片的 o 轴或 e 轴发生了变化。如果入射光的偏振方向与波片的 o 轴或 e 轴平行，那么通过波片后光的偏振方向将保持不变，因此有消光现象。

然而，如果  $\lambda/2$  波片的 o 轴或 e 轴与入射光的偏振方向不平行，那么光的偏振方向将发生改变。在这种情况下，穿过波片的光会有垂直于波片的  $P_2$  方向的分量，

而实验中通过旋转  $20^\circ$  来证明半波片可产生对称 o 轴或 e 轴方向的线偏振光，可以通过下图来证明。如图所示三角相等和两种相反方向（蓝色箭头）的旋转，所以会出现相反方向旋转  $20^\circ$  重新出现消光现象。

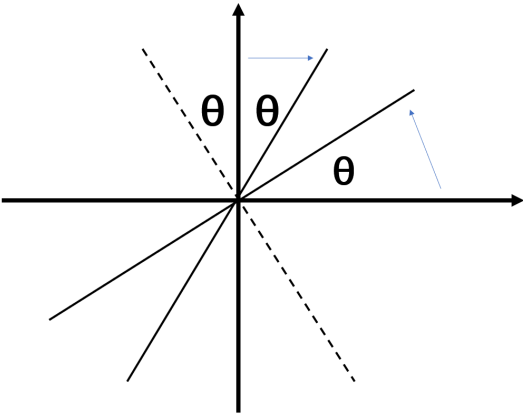


图 14: 半波片作用示意图

### 3.1.6 分析 $\lambda/4$ 波片特性

在  $64^\circ$ 、 $154^\circ$ 、 $244^\circ$ 、 $334^\circ$  的位置上时，有两个互相垂直方向出现了消光现象。理论分析：偏振光的方向与 o 轴或 e 轴平行时，偏振方向不变。又因为 o 轴和 e 轴重合，在两个相互垂直方向会出现消光现象，所以说明此时证明此时  $\lambda/4$  波片的 o 轴或 e 轴方向与偏振片  $P_1$  的偏振方向平行。

### 3.1.7 分析两个 $\lambda/4$ 波片特性

放入第二个波片后，波片位置为  $112^\circ$  时出现消光现象。此时两个  $\lambda/4$  波片的 o 轴或 e 轴相平行。若不平行，则光会存在其他方向的分量，不会出现消光现象。

在实验 7.4 中，此时两个  $\lambda/4$  波片的快慢轴方向一致，此时相当于一个  $\lambda/2$  波片。

旋转第一个  $\lambda/4$  波片  $90^\circ$ ，再旋转偏振片  $P_2$  至  $112^\circ$  时重新达到消光。此时两个  $\lambda/4$  波片的关系为一个波片的快轴与另一个波片的慢轴重合，相当于没有波片。

### 3.1.8 研究椭圆偏振光和圆偏振光

在进行逆时针旋转  $P_1$  偏振片  $45^\circ$ ，旋转偏光片  $P_2$ ，光强不变，这是因为将  $P_1$  旋转  $45^\circ$  后，通过  $\lambda/4$  波片的线偏振光变成圆偏振光，故旋转  $P_2$ ，光强不变。

再旋转  $10^\circ$  后，旋转偏光片  $P_2$ ，光强出现改变。这是因为此时的线偏振光变成了椭圆偏振光，所以旋转  $P_2$  时光强会发生改变。

## 3.2 实验后思考题

**思考题 3.1:** 通过实验现象，证实光的反射规律为：产生部分偏振光，必然产生线性偏振光

在实验三中，对于观察日光灯在地面瓷砖上的反射像，通过旋转偏振片，发现反射像的亮度发生变化，说明反射产生了部分偏振光。

改变人眼位置，改变日光灯管入射角度，某一角度下发现光强为零，说明产生了线性偏振光。

**思考题 3.2:** 说明用偏振片观察通过水中倒入的少许粉末后的现象产生的原因。

如实验分析讨论中所讲：通过偏振片的旋转出现了光强的变化，说明在通过牛奶散射之后，出现了偏振光所以，透过偏振片观察，可看到散射光的光强变化。

**思考题 3.3:** 请说明 3D 眼镜和 3D 电影的原理

3D 眼镜的原理

#### 1. 极化式 (Passive)

- 这种类型的 3D 眼镜使用两个不同方向的偏振滤光片，通常是线性极化滤光片。其中一个眼镜的滤光片允许垂直振动的光线穿过，而另一个眼镜的滤光片允许水平振动的光线穿过。
- 当观众戴上这种眼镜时，左眼只能看到垂直振动的光线，而右眼只能看到水平振动的光线。这样，左右眼分别接收到影片中不同视角的图像，从而在大脑中产生立体感。

## 2. 活动式 (Active)

- 这种类型的 3D 眼镜在每个镜片上都有一个液晶屏，可以根据影片内容的要求进行快速的开启和关闭。当左眼的图像显示时，右眼的镜片变暗，反之亦然。
- 通过与特殊的 3D 电影投影设备配合使用，这种眼镜能够确保每只眼睛只看到对应的图像，从而产生立体感。

## 3D 电影的原理

### 1. 立体影像拍摄

- 在制作 3D 电影时，通常使用两个摄像头或者一台具有双目镜头的摄像机同时拍摄同一场景的两个不同视角。这样可以捕捉到左眼和右眼的视角。

### 2. 立体影像处理

- 拍摄完成后，两个视角的影像会被合并成一个影片。这个过程可能涉及到校准、颜色校正和对齐等步骤，以确保左右眼的影像能够准确地匹配。
- 在 3D 电影院中，这个合成的影片会通过特殊的投影设备将左眼和右眼的图像交替地投射到屏幕上。这通常使用极化或者快速切换的技术来实现。

### 3. 深度感知技术

- 为了增强观众的立体感知，电影制作人员可能会使用特殊的技术来调整景深和透视效果。这包括在后期制作中增加景深效果、调整相机参数以及使用特殊的 3D 特效等。
- 这些技术可以使观众在观看时感受到更加真实和引人入胜的立体效果。



## CB2 偏振光实验 结语

#### 4.1 实验心得和体会、意见建议等

1. 实验总体难度不大，并且实验原理比较简单，需要将所学的知识更深层次理解，对于上学期所学光学进行了一次复习。
2. 实验过程中要求有耐心，实验内容较多，所以要按部就班来依次完成实验。
3. 本实验报告采用 LATEX 编辑，实验所有要求内容均包含于本实验报告中

感谢您对于此篇实验报告的阅读与批改，祝您工作顺利！

## 4.2 附件及实验相关的软硬件资料等

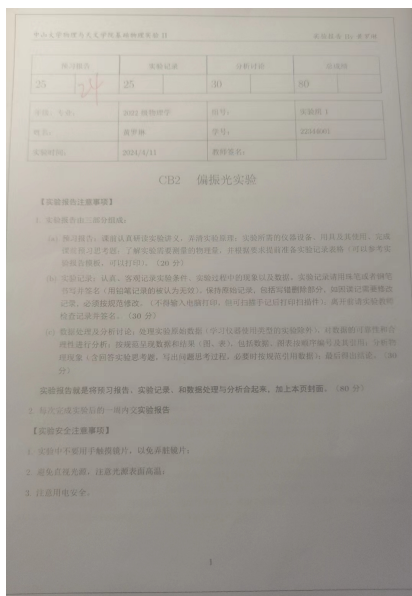


图 15: 预习报告分数

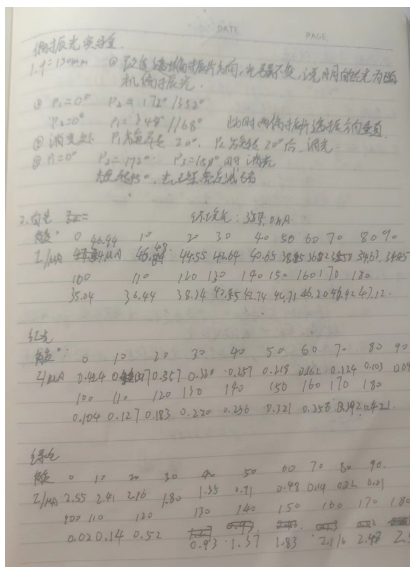


图 16: 原始数据

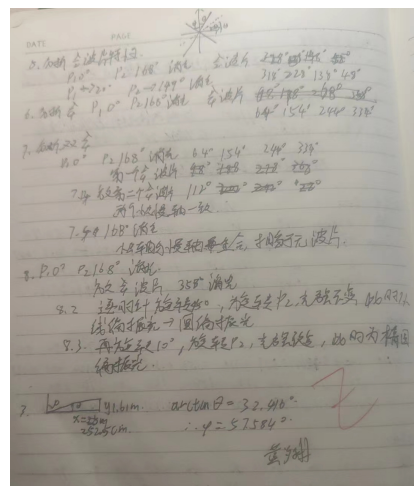


图 17: 原始数据

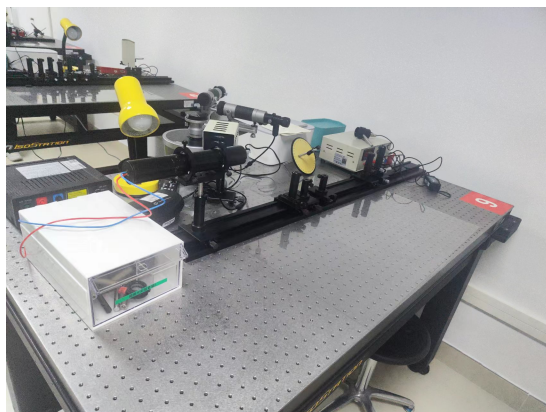


图 18: 桌面整理