

实验 1. 验证马吕斯定律

实验原理：某些双折射晶体对于光振动垂直于光轴的线偏振光有强烈吸收，而对于光振动平行于光轴的线偏振光吸收很少（吸收 o 光，通过 e 光），这种对线偏振光的猛烈的选择吸取性质，叫做二向色性。具有二向色性的晶体叫做偏振片。

偏振片可作为起偏器 P。自然光通过偏振片后，变为振动面平行于偏振片光轴（透振方向），强度为自然光一半的线偏振光。如图 1、图 2 所示：

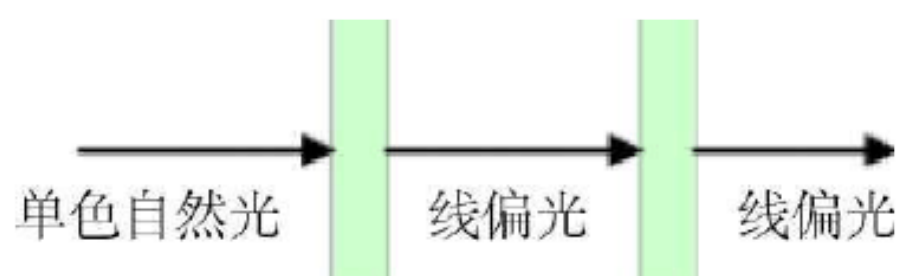


图 1

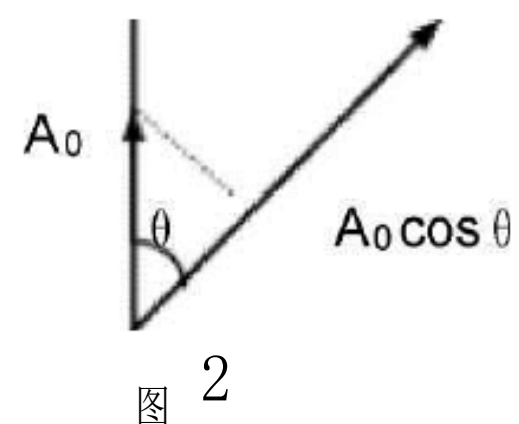
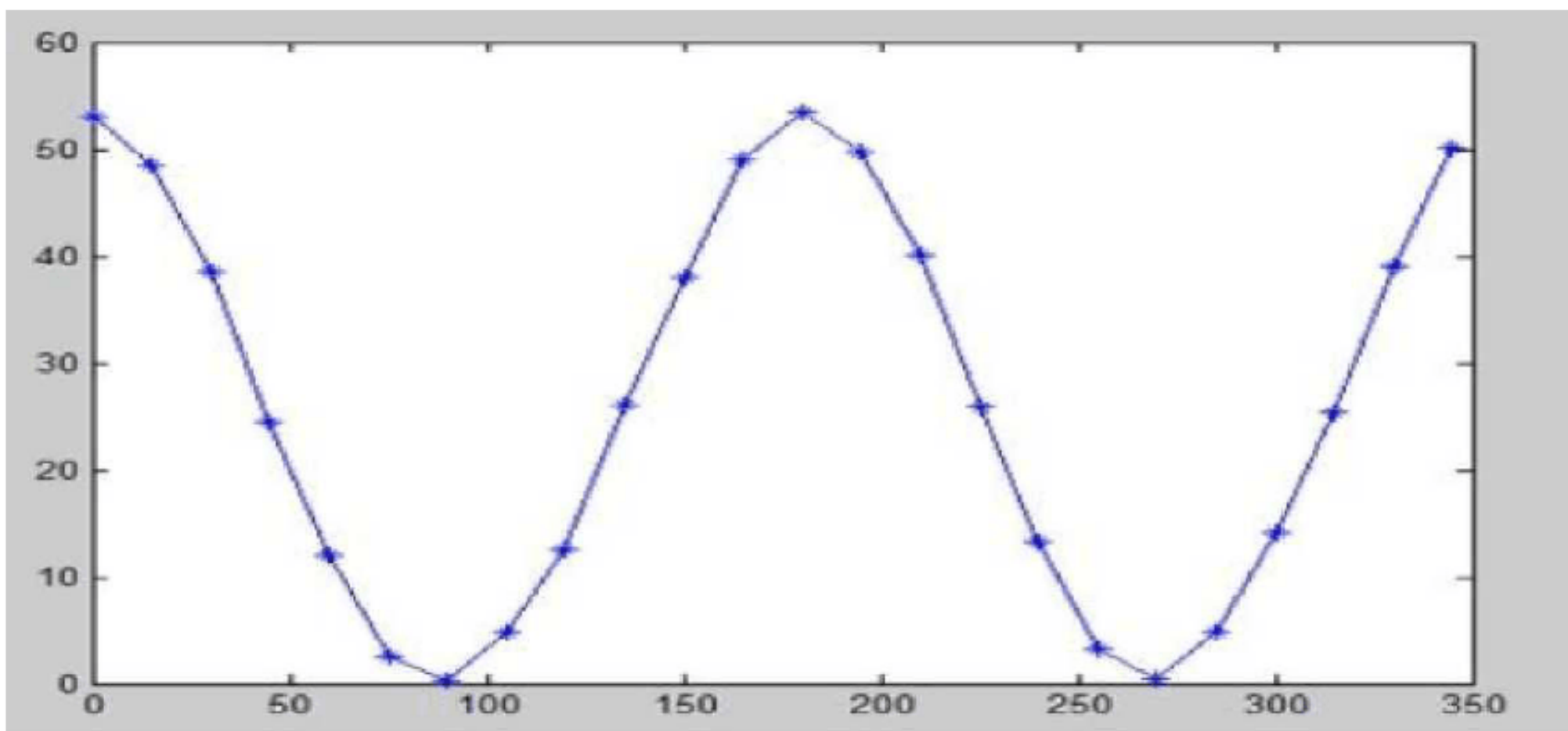


图 2

图 1 中靠近光源的偏振片 P 为起偏器，设经过 P 后线偏振光振幅为 A_0 （图 2 所示），光强为 I_0 。P 与 R 夹角为 θ ，因此经 R 后的线偏振光振幅为 $A = A_0 \cos \theta$ ，光强为 $I = I_0 \cos^2 \theta$ ，此式为马吕斯定律。

θ	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
I	53	48.5	38.5	24.5	12.1	2.5	0.2	4.8	12.5	26	38	49
θ	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345
I	53.5	49.8	40.1	25.8	13.2	3.3	0.4	4.8	14.1	25.4	39	50.1

实验数据及图形：



从图形中可以看出符合余弦定理，数据正确。

实验 2. 半波片， 1/4 波片作用

试验原理：偏振光垂直通过波片以后，按其振动方向（或振动面）分解为寻常光（o光）和非常光（e光）。它们具有相同的振动频率和固定的相位差（同波晶片的厚度成正比），假设将它们投影到同一方向，就能满足相干条件，实现偏振光的干涉。

分振动面的干涉装置如图 3 所示，M 和 N 是两个偏振片，C 是波片，单色自然光通过 M 变成线偏振光，线偏振光在波片 C 中分解为 o 光和 e 光，最终投影在 N 上，形成干涉。

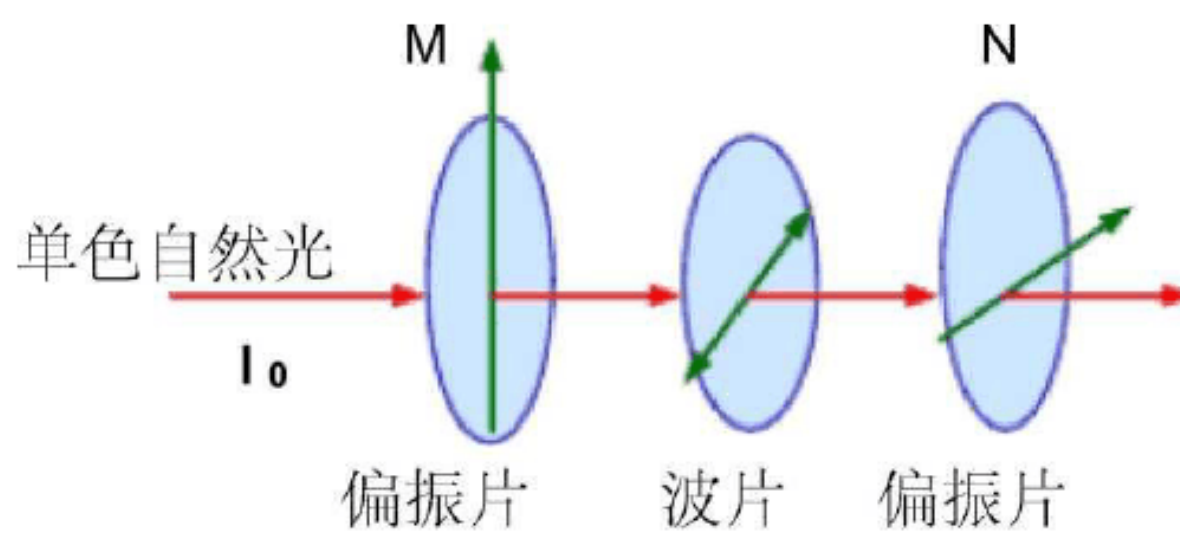


图3 分振动面干涉装置

考虑特殊情况，当 $M \perp N$ 时，即两个偏振片的透振方向垂直时，

出射光强为： $I = I_0 \sin^2 2\theta (1 - \cos \delta)$ ；当 $M // N$ 时，即两个偏振片的透振方向平行时，出射光强为：

出射光强为： $I = I_0 \cos^2 2\theta (1 + \cos \delta)$

$I = I_0 \cos^2 \theta$ 。其中 B 为波片光轴

与 M 透振方向的夹角， S 为 o 光和 e 光的总相位差（同波晶片的厚度成正比）。改变 θ 、 S 中的任何一个都可以改变屏幕上的光强。

当 $S = (2k+1) \pi$ (1/2 波片) 时， $\cos S = -1$ ，出射光强最大；当 $S = [(2k+1) \pi] / 2$ (1/4 波片) 时， $\cos S = 0$ ，出射光强最小。

$$I = I_0 \cos^2(2\theta - S)$$

特别地，利用 1/4 波片我们还可以得到圆偏振光和椭圆偏振光。当 $\theta = 45^\circ$ 时，得到圆偏振光，此时让偏振片 N 旋转一周，屏幕上光强不变。一般情况下，得到的是椭圆偏振光，让偏振片 N 旋转一周，屏幕上的光斑“两明两暗”。实验结果：

半波片实验数据表：

36 角度
 Aylter 光次数
 度极
 FD

ro00 缩出匏 戰牆转塾曠粧 - 次

QJ Au b * rD AM 爰

75度	90度
150度	180度

度才能消光

1/4 波片实验数据 :

151 度 度 度 度 度	光强变化现象	结论
	2. 9→32. 5→3< 0→32, 4	椭圆偏振光
	8. 5→29. 8→8. 3→28. 4 几 乎相等	椭圆偏样光
	11. 2→33. 9→11. 上 > 34. 5	椭圆偏振光
	4. 4→42. 9→4. 3→40. 9	补圆丽光线 偏振光

结论 : 线偏振光通过 1/4 波片后可能变成圆偏振光 , 椭圆偏振光

也有可能仍是线偏振光

实验 3. 旋光效应

实验原理：线偏振光通过某些物质的溶液后，偏振光的振动面将旋转一定的角度，这种现象称为旋光现象。旋转的角度称为该物质的旋光度。通常用旋光仪来测量物质的旋光度。溶液的旋光度与溶液中所含旋光物质的旋光力量、溶液的性质、溶液浓度、样品管长度、温度及光的波长等有关。当其它条件均固定时，旋光度与溶液浓度 C 呈线性关系即

$$\alpha = [\alpha]_t^{\lambda} \cdot l \cdot C \quad (5-1)$$

比例常数与物质旋光能力、溶剂性质、样品管长度、温度及光的波长等有关， C 为溶液的浓度。物质的旋光能力用比旋

光度即旋光率来度量，旋光率用下式表示：

$$[\alpha]_t^{\lambda} = \frac{\alpha}{l \cdot C} \quad (5-2)$$

(5-2)式中，左上角的 t 表示实验时温度 (单位： $^{\circ}\text{C}$)，是指旋光仪采用的单色光源的波长 (单位： nm)， α 为测得的旋光度 ($^{\circ}$)， l 为样品管的长度 (单位： dm)， C 为溶液浓度 (单位： $\text{g}/100\text{mL}$)。

由 (5-2) 式可知：

偏振光的振动面是随着光在旋光物质中向前进行而逐渐旋转的，因而振动面转过角度 α 透过长度 l 成正比。振动面转过的角度 α 不仅与透过的长度 l 成正比，而且还与溶液浓度 C 成正比。

如果已知待测溶液浓度 C 和液柱长度 l ，只要测出旋光度 α 就可以计算出旋光率。如果已知液柱长度为 l 固定值，可依次转变溶液的浓度 C ，就可以测得相应旋光度 α 。并作旋光度与浓度的关系直线 $\alpha \sim C$ ，从直线斜率、液柱长度 l 及溶液浓度 C ，可计算出该物质的旋光率；同样，也可以测量旋光性溶液的旋光度 α ，确定溶液的浓度 C 。旋光性物质还有右旋和左旋之分。当面对光射来方向观看，如果振动面按顺时针方向旋转，则称右旋物质；如果振动面向逆时针方向旋转，称左旋物质。

测量葡萄糖水溶液的浓度

将已经配置好的装有不同的容积克浓度 (单位: g/100mL) 的葡萄糖。水溶液的样品管放到样品架上, 测出不同浓度 C 下旋光度值。并同时记录测量环境温度和记录激光波长

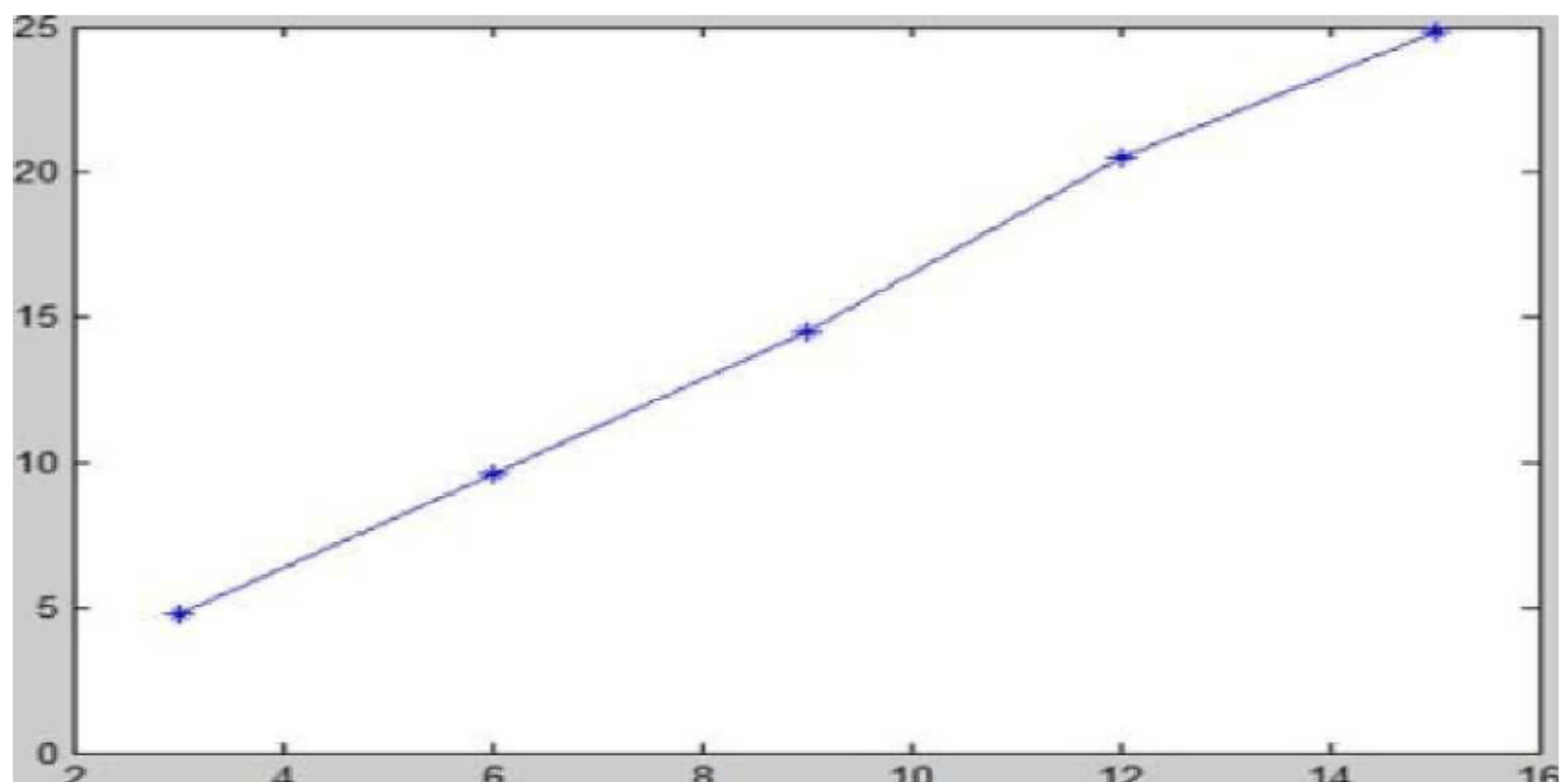
葡萄糖水溶液的浓度配制成 G 、 $C_0/2$ 、 $C_0/4$ 、 $C_0/8$, 0 (纯水, 浓度为零), 共 5 种试样, 浓度 C_0 取 30% 左右为宜。分别将不同浓度溶液注入相同长度的样品试管中。测量不同浓度样品的旋光度 (多次测量取平均)。用最小二乘法对旋光度、溶液浓度进行直线拟合 (可以糖 G 作为 1 个单位考虑), 计算出葡萄糖的旋光率。也可以以溶液浓度为横坐标, 旋光度为纵坐标, 绘出葡萄糖溶液的旋光直线, 由此直线斜率代入公式 (5-2),

求得葡萄糖的旋光率 $[\alpha]_{650}$

数据记录及处理

浓度	旋光康	平均旋光度
3%	5	4.6
6%	9.51	9.8
9%	14.1	14.5
12%	20	20.5
15%	24.5	24.8

图 形



实验 4.光弹效应

光弹性试验是应用光学方法研究受力构件中应力分布情况的试验，在光测弹性仪上进展，先用具有双折射性能的透明材料制成和实际构件形状相似的模型，受力后，以偏振光透过模型，由于应力的存在，产生光的暂时双折射现象，再透过分析镜后产生光的干涉，在屏幕上显示出具有明暗条纹的映象，根据它即可推算出构件内的应力分布状况，所以这种方法对形状复杂的构件尤为适用。

光弹性实验方法是一种光学的应力测量方法，因为测量是全域性的，所以具有直观性强，能有效而准确地确定受力模型各点的主应力差和主应力方向，并能计算出各点的主应力数值。尤其对构件应力集中系数确实定，光弹性试验法显得特别便利和有效。工程实际中有很多构件，例如工业中的各种机器零件，它们的形状很不规章，载荷情况也很复杂，对这些构件的应力进行理论分析有时格外困难，往往需要实验的方法来解决，光弹性试验就是其中比较直观有效的一种解决方法。

实验原理

光弹性试验是应用光学方法研究受力构件中应力分布情况的试验，在光测弹性仪上进展，先用具有双折射性能的透明材料制成和实际构件形状相似的模型，受力后，以偏振光透过模型，由于应力的存在，产生光的暂时双折射现象，再透过分析镜后产生光的干涉，在屏幕上显示出具有明暗条纹的映象，根据它即可推算出构件内的应力分布状况，所以这种方法对形状复杂的构件尤为适用。

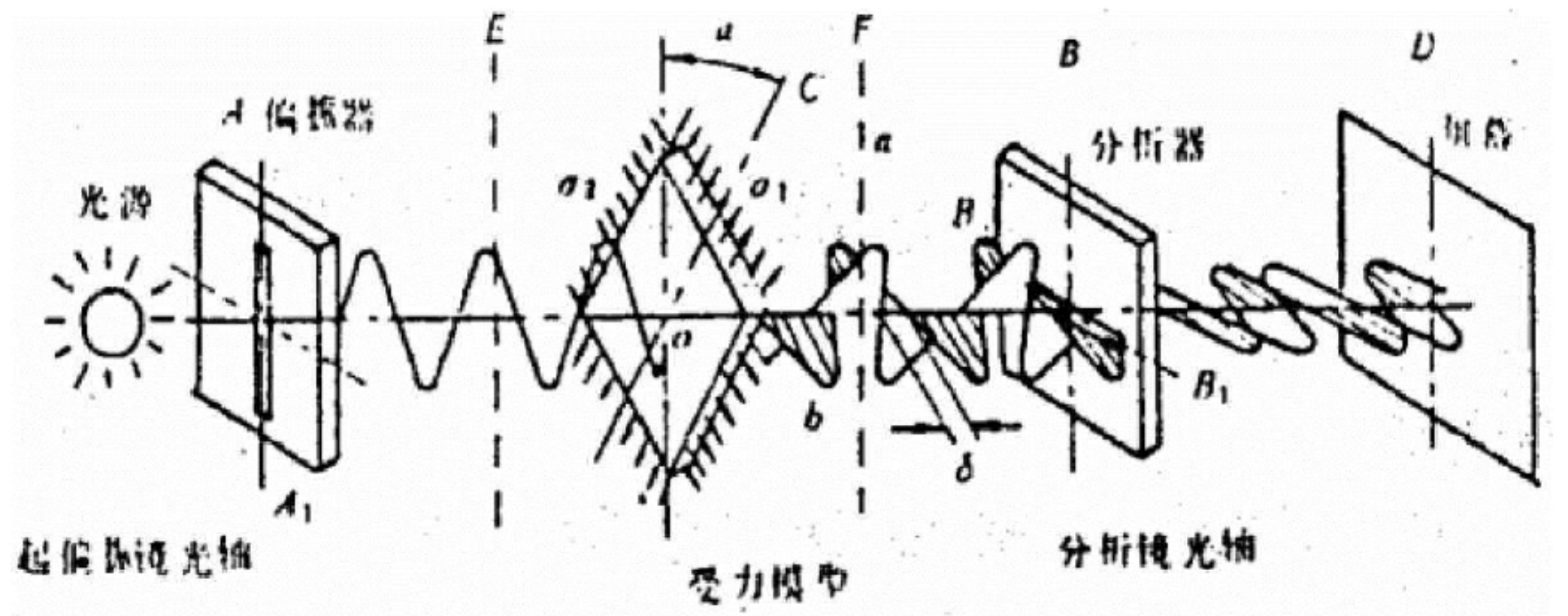


图1光弹性试验的光学效应示意图

如图 1 所示，自然光通过偏振器成为平面偏振光（在 A_1 平面中），平面偏振光垂直地射在模型上某一点，假设模型未受力，则光线通过后并无转变，但假设该点有应力，这时将出现暂时双折射现象，假设该点的二个主应力 d 和 σ_2 方向已知，则平面偏振光通

过受力模型 0 点后，分解成二个与 σ_1 及 σ_2 方向一致的平面偏振光，二者之间产生一光程差 δ ，光程差与主应力差 $(\sigma_1 - \sigma_2)$ 及模型厚度 t 成正比，即：

$$\delta = kt (\sigma_1 - \sigma_2)$$

式中 k 为光学常数，与模型材料及光的性质有关。分解了的二束光线通过分析器后重 在 BB 平面内振动，这样就产生光的干涉现象我们知道由分析器出来的光线强度

$$I = I_0 \sin^2 \left(\frac{\delta}{\lambda} \right) \sin^2 \alpha$$

其中 λ 为光的波长， I_0 为偏振器与模型间偏振光的强度， α 为偏振平面 A1 与主应力 σ_1 的夹角。由上式可见，光强 I 为零时有以下四种情况：

① $I=0$, 这与实际情况不符, 因为只有在无光源时 I 才会是零。

② $S=0$, 由公式 $\sigma = kt(\sigma_1 - \sigma_2)$ 可知 $(\sigma_1 - \sigma_2) = 0$, 即 $\sigma_1 = \sigma_2$,

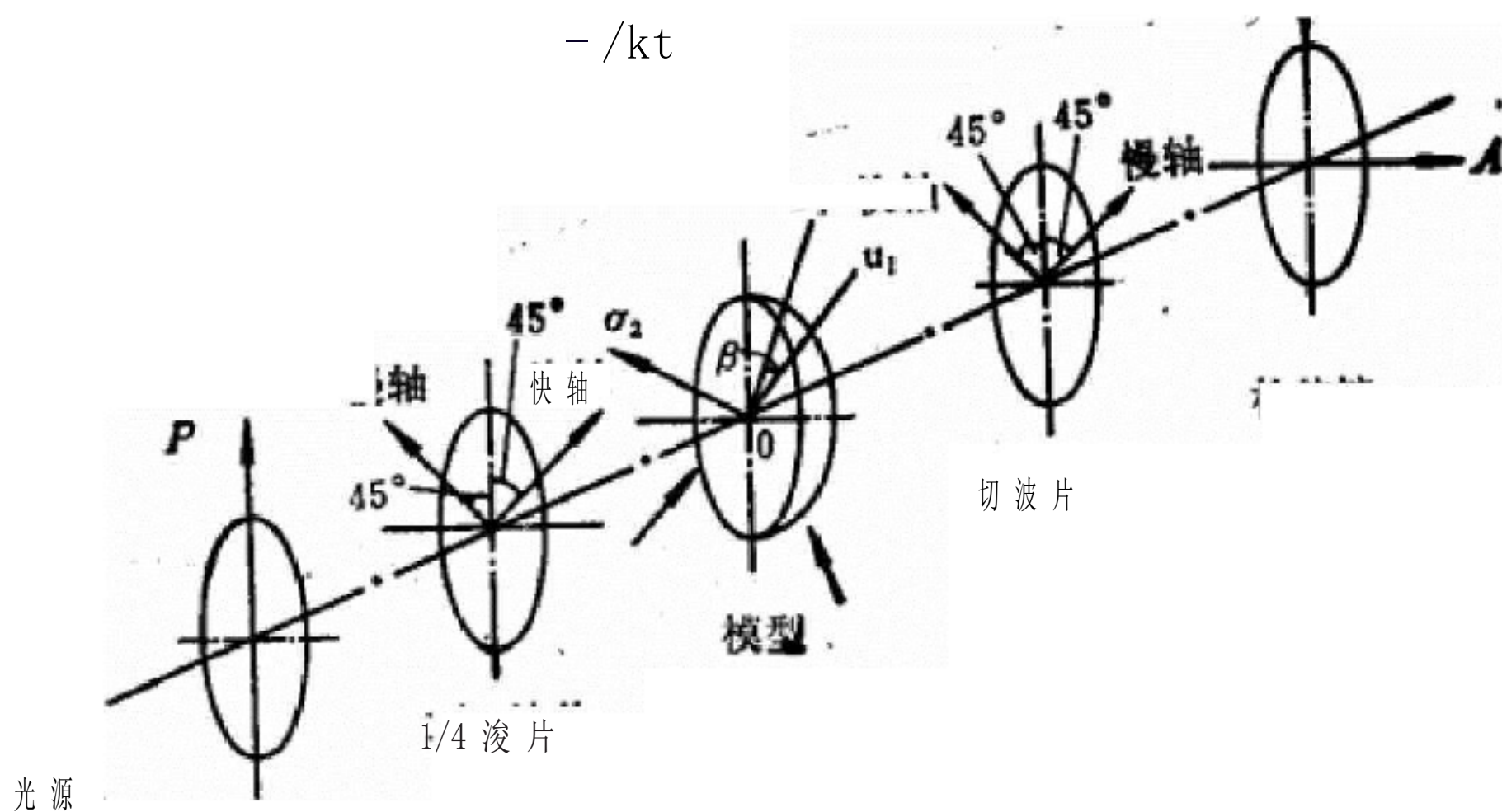
符合这些条件的点称为各向同性点。假设 $d=2=0$ 则称为零应力点, 这种点在模型上皆为黑点 (因为光强等于零), 例如纯弯曲梁上中性轴上各点 $\sigma_1 = \sigma_2 = 0$, 故模型中性层处为一条黑线。

③ $\sin(2a) = 0$, 即 $a = n\pi/2$ ($n=0, 1, 2, 3, \dots$) 这说明模型上某点主应力方向与偏振镜光轴重合, 模型上也呈黑点, 这类黑点构成的连续黑线称为等倾线, 等倾线上各点的主应力方向都相同, 而且偏振镜光轴的方向也就是主应力的方向。

④ $\sin 2\alpha = 0$, 以公式 $\sigma = kt(\sigma_1 - \sigma_2)$ 代人, 则

$\sin(2n\pi) kt(\sigma_1 - \sigma_2) = 0$, 于是可得

$$\sigma_1 - \sigma_2 = n \frac{\pi}{kt}$$



$$\sigma_1 - \sigma_2 = n \frac{\pi}{kt} \quad (n=0, 1, 2, 3, \dots)$$

图2圆偏振光场示意图

上式表明, 当模型中某点的主应力差值为 f/t 的整数倍时, 则此点在模型上呈黑点, 当主应力差为 f/t 的某同一整数倍各个暗点, 构成连续的黑线称为等差线 (在此线上各点的主应力差均相等)。由

于应力分布的连续性，等差线不仅是连续的，而且它们之间还按一定的次序排列，对应于 $n=1$ 的等差线称为一级等差线或称一级条纹，对应于 $n=2$ 的等差线称为二级等差线或二级条纹，依次类推，其中 n 称为条纹序数，以上是光源用单色光讲的。如果光源用白光，则模型上具有相同主应力差的各点则形成颜色相同的光带，所以这时的等差线又称为等色线。

由以上讨论可知，根据模型中消灭的各向同性点、零应力点、等倾线、等差线（等色线），借助于一些分析计算，就能求出模型中各点应力的方向和大小。从上述基本原理可知，在使用单色光源时，等倾线与等差线都呈黑色，不易辨认，为了消除等倾线以获得清晰的等差线图，在光弹性仪两偏振镜之间装上二块 $1/4$ 波长片，形成圆偏振光场，可把等倾线消除，只剩下等差线，圆偏振光场如图 2 所示。

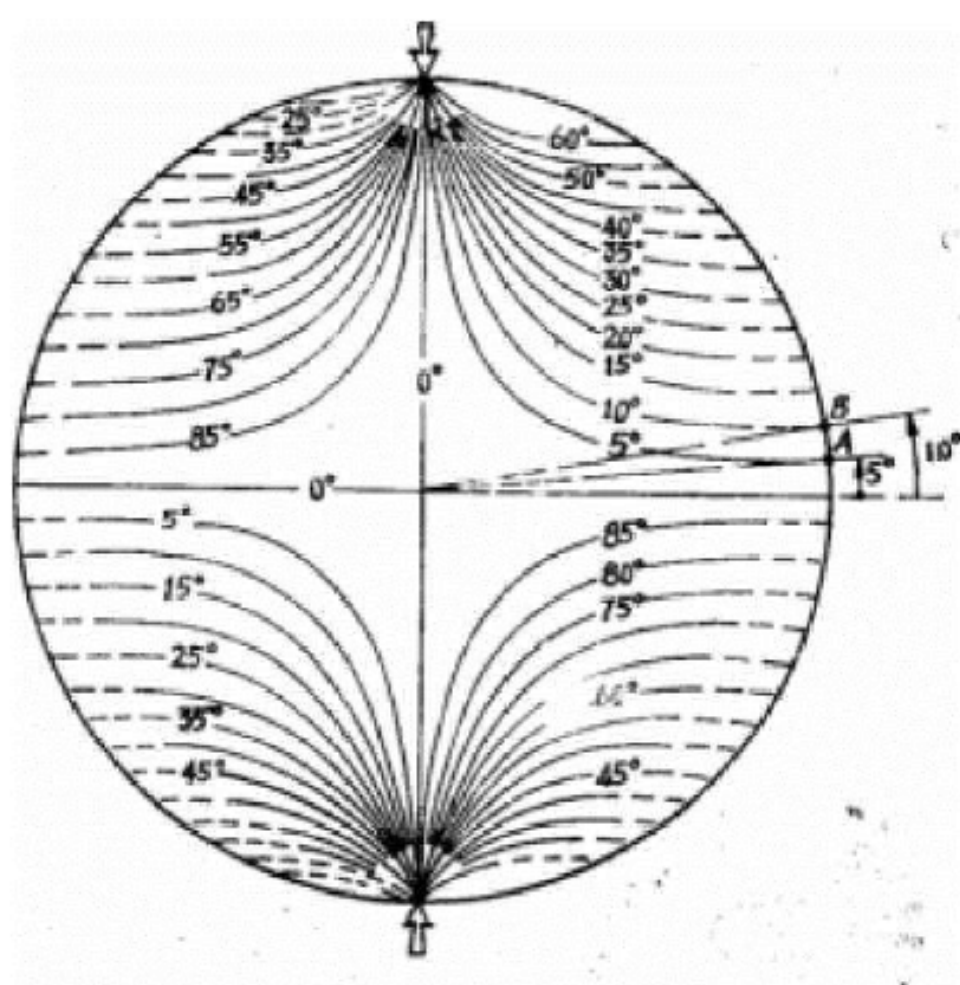
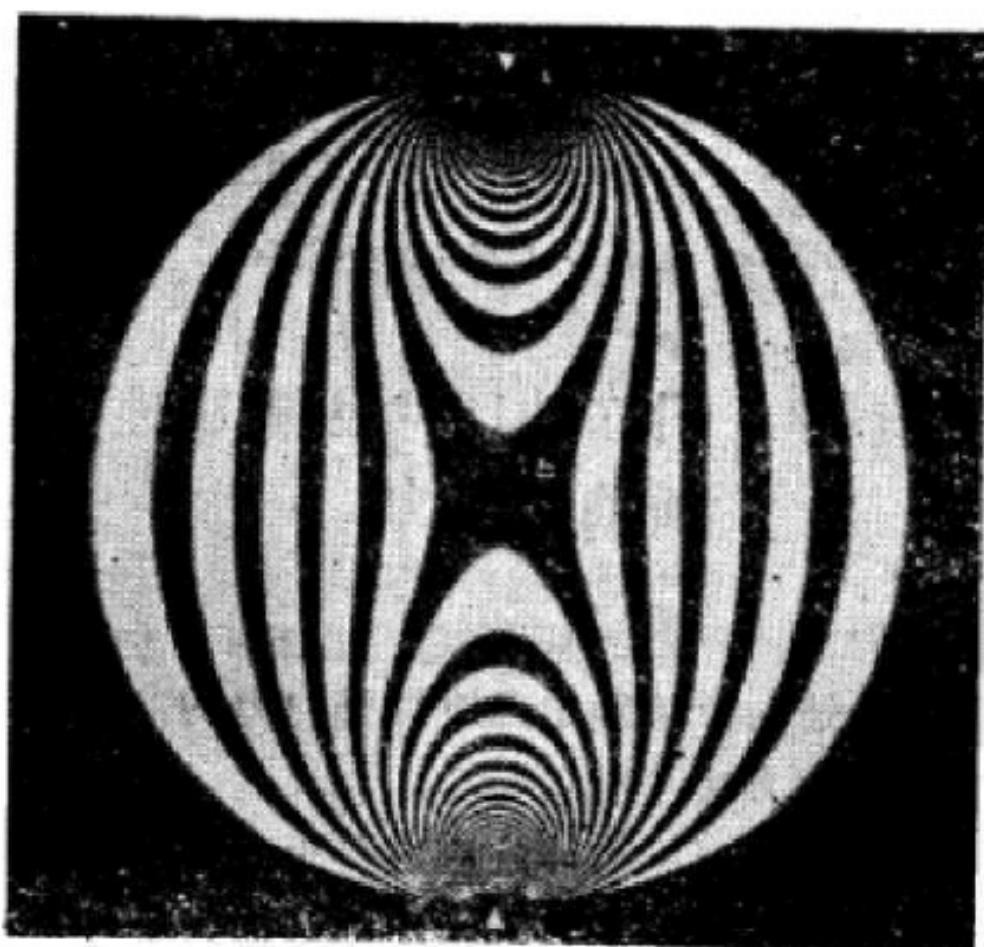


图 3-1 对径受压圆盘等差线图

图 3-2 对径受压圆盘等倾线图

图

观看对径受压圆盘的等差线和等倾线，分别如图 3-1 和 3-2 所示。预备试验：光路调节

先将光源、起偏器、检偏器、白屏依次放在导轨上，打开白光光源，仔细调节各个器件的高度，使得整个光路高度比较合适。先确定起偏器为任意偏振方向，然后调节检偏器偏振方向，使其正交，即通过两个偏振片后的光强为最弱。然后调整两个偏振片的距离。观察实验 1 观察光弹材料光弹特性

将光弹材料放入已经调整好偏振方向的两偏振片中间，调节光弹材料的高度为合适。观察此时白屏的图像。然后拧紧光弹材料固定架上端的螺母，给光弹材料施加应力，观察此时白屏的图像，注意等差线（等色线）和等倾线的出现。

本实验为验证性试验，没有试验数据。在观察过程中出现实验现象即可。

实验 5. 电光调制实验

【实验目的】

- 1、把握晶体电光调制的原理和实验方法；
- 2、学会用实验装置测量晶体的半波电压，绘制晶体特性曲线，计算电光晶体的消光比和透射率。

【仪器和装置】

电光调制实验系统由光路与电路两大单元组成，如图 1 所示：