

实验过程

- 展示锥光束光程中的双折射现象。
- 观看当施加电场时双折射如何发生变化。
- 确定半波延迟电压。

目标

展示锥光束光程中的普科尔斯效应

概述

普科尔斯效应是一种电光效应，在适宜材料中的电场会把一束光分裂为两束，彼此垂直。这种产生光学双折射的能力，来自于不同的折射率，并取决于光的传播方向与偏振。至于普科尔斯效应，会随着电场强度的增加而线性增加；实验中使用了铌酸锂晶体(LiNbO_3)，将其放置于锥光束光程中，对这一效应进行了展示。干涉图样由两组双曲线组成，从中可以直接看到双折射的光轴的位置。

所需装置

数量	描述	编号
1	带座普科尔斯效应实验盒	1013393
1	精密光具座 D, 100 cm	1002628
3	光学滑座 D, 90/50	1002635
2	光学滑座 D, 90/36	1012401
1	He-Ne激光器	1003165
1	消色差物镜 10x / 0.25	1005408
1	带座极化滤波器	1008668
1	带座凸透镜 $f = +50 \text{ mm}$	1003022
1	投射屏	1000608
1	高压电源 E 5 kV (230 V, 50/60 Hz) 1013412 或者 高压电源 E 5 kV (115 V, 50/60 Hz)	1013412 or 1017725
1	安全实验导线, 75 cm	1002849

基本原理

普科尔斯效应是一种电光效应，在适宜材料中的电场会把一束光分裂为两束，彼此垂直。这种产生光学双折射的能力，来自于不同的折射率，并取决于光的传播方向与偏振。至于普科尔斯效应，会随着电场强度的增加而线性增加，实验中使用了铌酸锂晶体 (LiNbO_3)，将其放置于锥光束光程之中，对这一效应进行了展示。

本实验中使用的晶体被放置于普科尔斯实验盒之中，横向调准，在光轴方向向晶体施加电场，以产生双折射现象（参见图1）。光束垂直穿过晶体，分裂成为寻常光与非常光，也就是，其中一偏振光束在双折射光轴方向上，另一束偏振光则与之垂直。至于铌酸锂，寻常光的折射率 $n_o = 2.29$ ，使用波长 $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ 的 He-Ne 激光测定得到；而非寻常光，其折光率 $n_e = 2.20$ 。寻常光与非常光之间的光程差可根据如下公式计算得出：

$$(1) \quad \Delta = d \cdot (n_o - n_e),$$

其中 $d = 20 \text{ mm}$ ，在光束方向上的晶体厚度。

使用经典光束光程展示双折射现象，按照多个光学教材中为此提供的建议执行。使用发散的线性偏振光束照射晶体，在正交分析仪后部观察透射光情况。双折射光的光轴在干涉图样中清晰可见，因为其具有对称性，从背景中凸显而出。在本实验中，与晶体上的光线进出表面平行，因此产生的干涉图样有两组双曲线，彼此相对旋转 90° 。第一组双曲线的实轴与双折射的光轴平行，而第二组双曲线的实轴则与双折射的光轴垂直。

光束双曲线中的暗带，出现在晶体中寻常光与非常光的光程差为波长的整数倍的位置。在穿过晶体的过程中，这些光束保持其最初的线性偏振，并被分析仪拦截。

使用的是大约等于 2800 倍激光波长的光程差。但是，总体而言， Δ 并非为波长 λ 的整数倍，而是处于 $\Delta_m = m \cdot \lambda$ 和 $\Delta_{m+1} = (m + 1) \cdot \lambda$ 两个数值之间。对于第一组双曲线中的暗线，光程差为 $\Delta_{m+1}, \Delta_{m+2}, \Delta_{m+3}$ 等。对于第二组双曲线的暗线，其光程差为 $\Delta_m, \Delta_{m-1}, \Delta_{m-2}$ 等（参见图2）。暗带的位置，或者更准确的讲，是暗带与中心之间的距离，由 Δ 和 $m \cdot \lambda$ 之差所决定。普科尔斯效应会增加或降低初级折射率 $n_o - n_e$ 之间的差，由所施加的电压符号决定。这也就意味着，差值 $\Delta - m \cdot \lambda$ 发生变化，从而使得暗干涉带的位置也发生变化。如果施加的是所谓的半波延迟电压 U_π ，则 Δ 的改变为半波长。随后暗干涉带会偏移到亮带位置，反之亦然。每当电压增加 U_π ，这一过程就会重复。

评价

对于电压 $U < U_1$ ，级次为 +1 的暗干涉带位于正中心。对于下一个电压 $U = U_1$ ，级次为 +2 的暗干涉带位于正中心。半波电压如下所列：

$$U_\pi = \frac{U_2 - U_1}{2}$$

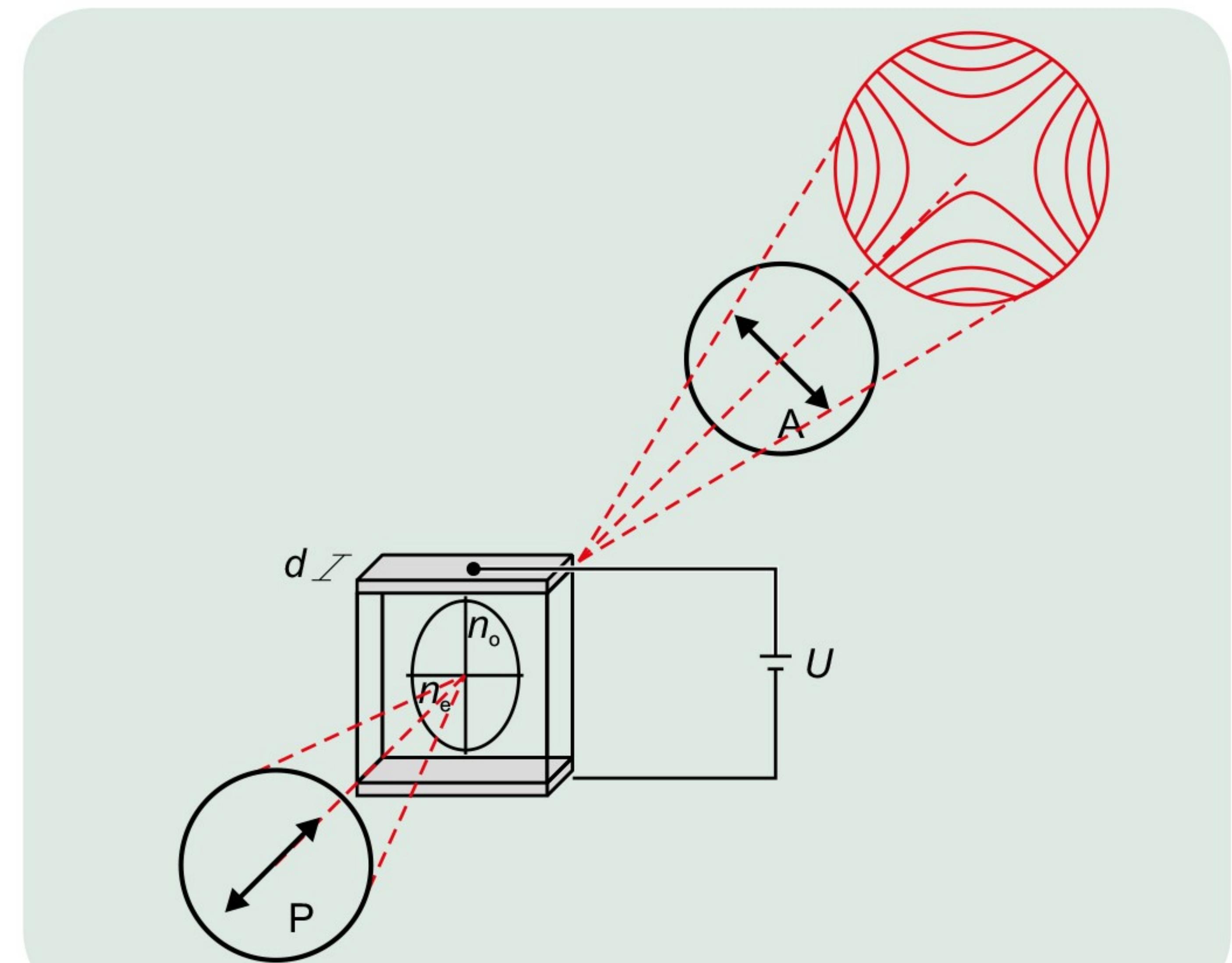


图 1：普科尔斯实验盒位于偏振器与分析仪之间的锥光束光程中的示意图

图 2：以晶体光轴为箭头方向的干涉图样。

暗干涉带的指数表明，寻常光和非常光之间的光程差以波长为单位。

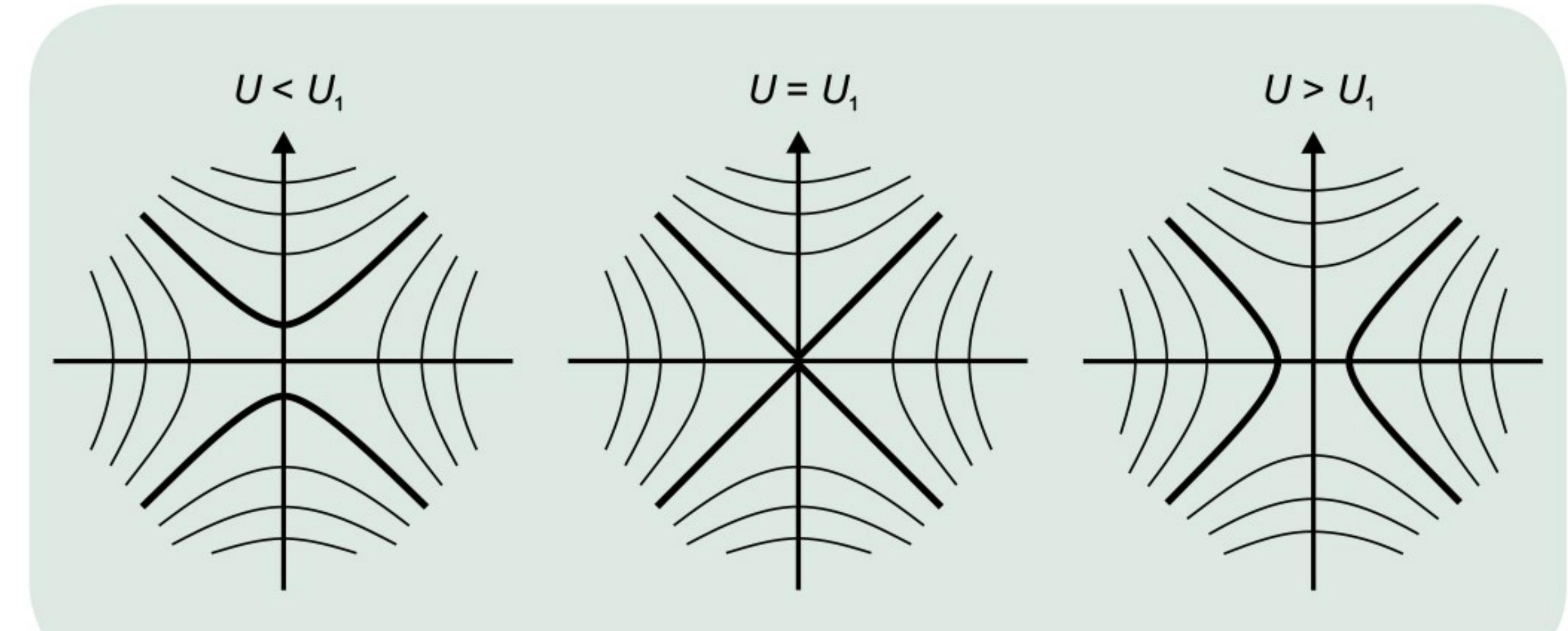
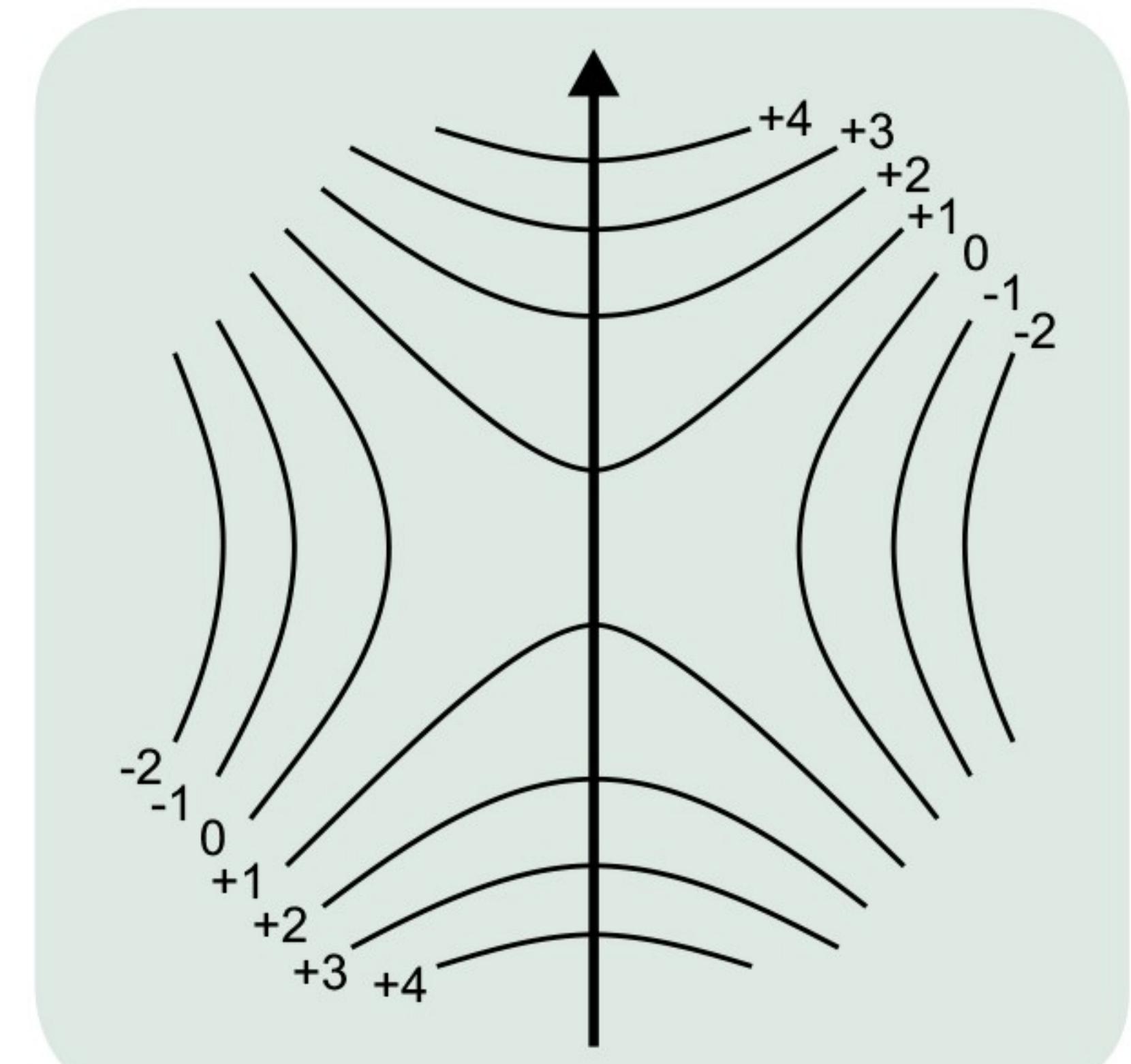


图 3：因为普科尔斯效应导致干涉图样出现变化。在干涉图样中以较粗线条表示的双曲线是级次为 +1 的情况。