

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

**Отчёт по лабораторной работы 4.7.2**  
**ЭФФЕКТ ПОККЕЛЬСА**

Выполнил студент:

Сериков Василий Романович

группа: Б03-102

Москва, 2023 г.

## Аннотация

### Цель работы:

Исследовать интерференцию рассеянного света, прошедшего кристалл; наблюдать изменение характера поляризации света при наложении на кристалл электрического поля.

### В работе используется:

Гелий-неоновый лазер, поляризатор, кристалл ниобата лития, матовая пластинка, экран, источник высоковольтного переменного и постоянного напряжения, фотодиод, осциллограф, линейка.

### Теория:

Эффектом Поккельса называется изменение показателя преломления света в кристалле под действием электрического поля, причём это изменение пропорционально напряжённости электрического поля. Как следствие эффекта Поккельса в кристалле появляется двойное лучепреломление или меняется его величина, если кристалл был двулучепреломляющим в отсутствие поля.

Рассмотрим кристалл ниобата лития  $\text{LiNbO}_3$  с цетральноосевой симметрией вдоль оси  $Z$ . Для световой волны с  $\mathbf{E}$  перпендикулярно  $Z$  показатель преломления будет  $n_o$ , а для волны с  $\mathbf{E}$  вдоль  $Z$  –  $n_e$ . В случае, когда луч света идёт под углом  $\theta$  к оси, есть два значения показателя преломления  $n_1$  и  $n_2$ :  $n_1 = n_o$  для волны с  $\mathbf{E}$  перпендикулярным плоскости  $(\mathbf{k}, \mathbf{Z})$  (обыкновенная волна) и  $n_2$  для волны с  $\mathbf{E}$  в этой плоскости (необыкновенная волна). В последнем случае

$$\frac{1}{n_2^2} = \frac{\cos^2 \theta}{n_o^2} + \frac{\sin^2 \theta}{n_e^2}. \quad (1)$$

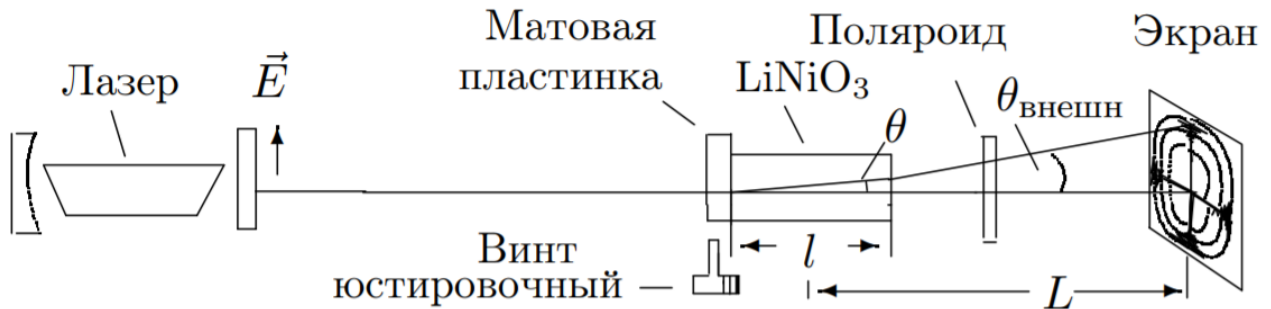


Рис. 1: Схема для наблюдения интерференционной картины.

Если перед кристаллом, помещённым между поляроидами, расположить линзу или матовую пластинку, то на экране за поляроидом мы увидим тёмные концентрические окружности – результат интерференции обыкновенной и необыкновенной волн. При повороте выходного поляроида на  $90^\circ$  картина меняется с позитива на негатив (на месте светлых пятен тёмные и наоборот). В случае, когда разрешённое направление анализатора перпендикулярно поляризации лазерного излучения, радиус тёмного кольца с номером  $m$  равен

$$r_m^2 = \frac{\lambda}{l} \frac{(n_o L)^2}{n_o - n_e} m, \quad (2)$$

где  $L$  – расстояние от центра кристалла до экрана,  $l$  – длина кристалла.

Теперь поместим кристалл в постоянное электрическое поле  $E_{\text{эл}}$ , направленное вдоль оси  $X$ , перпендикулярной  $Z$ . Показатель преломления для луча, распространяющегося вдоль  $Z$ , всегда  $n_o$ . В плоскости  $(X, Y)$  возникают два главных направления под углами  $45^\circ$  к  $X$  и  $Y$  с показателями преломления  $n_o - \Delta n$  и  $n_o + \Delta n$  (быстрая и медленная ось), причём  $\Delta n = A E_{\text{эл}}$ . Для поляризованного вертикально света и анализатора, пропускающего горизонтальную поляризацию, на выходе интенсивность будет иметь вид

$$I_{\text{вых}} = I_0 \sin^2 \left( \frac{\pi}{2} \frac{U}{U_{\lambda/2}} \right), \quad (3)$$

где  $U_{\lambda/2} = \frac{\lambda}{4A} \frac{d}{l}$  – *полуволновое напряжение*,  $d$  – поперечный размер кристалла. При напряжении  $U = E_{\text{эл}} d$  равном полуволновому сдвиг фаз между двумя волнами равен  $\pi$ , а интенсивность света на выходе максимальна.

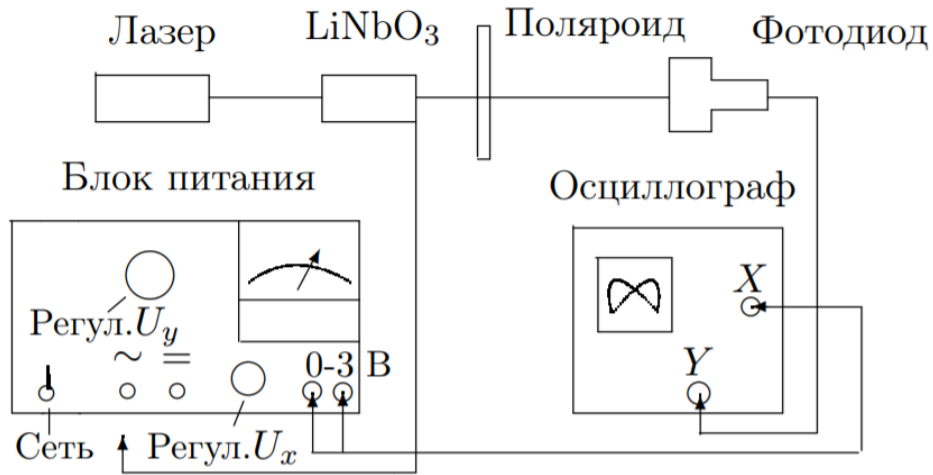


Рис. 2: Схема установки

На Рис. 2 представлена схема всей установки (оптическая часть изобразжена на Рис. 1). Свет лазера, проходя через рассеивающую пластину, рассеивается и падает на дwoякопреломляющий кристалл. На экране за поляроидом видна интерференционная картина. Убрав рассеивающую пластину и подавая на кристалл постоянное напряжение, можно величиной напряжения влиять на поляризацию луча, вышедшего из кристалла. Заменяв экран фотодиодом и подав на кристалл переменное напряжение, можно исследовать поляризацию с помощью осциллографа.

## Ход работы:

1. Измерим радиусы тёмных колец  $r(m)$  и расстояние  $L$  от середины кристалла до экрана. Построим график  $r^2 = f(m)$ . По углу наклона прямой определим двулучепреломление  $(n_o - n_e)$  ниобата лития, пользуясь формулой (2). При  $L = 75,3 \pm 0,1$  см получили следующие радиусы колец:

$m$	1	2	3	4	5	6
$r_m$ , см	2,4	3,4	4,3	5,1	5,7	6,3

Таблица 1: Радиусы темных колец интерференционной картины.  $\sigma_{r_m} = 0,1$  см

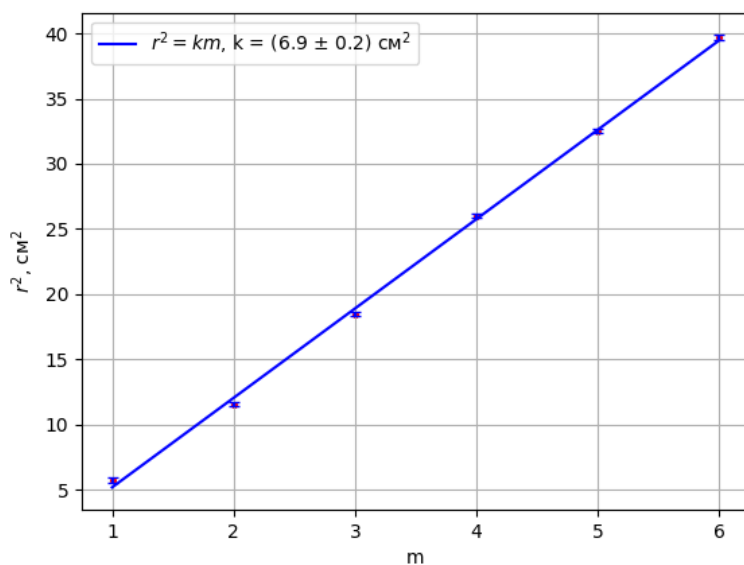


Рис. 3: График зависимости  $r^2 = f(m)$

$$n_o - n_e = \frac{\lambda}{l} \frac{(n_o L)^2}{r_m^2} m = 0,104 \pm 0,003$$

2. Получим значения напряжения, при которых интенсивность пятна минимальна и максимальна для двух положений поляроида.

	$U_{\lambda/2}$ , В	$U_{\lambda}$ , В	$U_{3\lambda/2}$ , В
$\perp$	450	930	1380
$\parallel$	1035	510	1500

Таблица 2: Значения напряжения для минимумов и максимумов интерференционной картины.  $\sigma_U = 15$  В

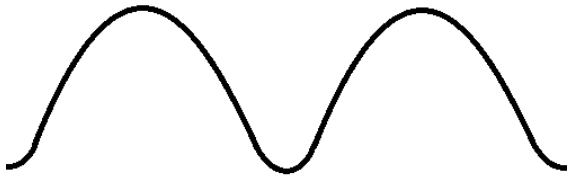


Рис. 4: Фигура Лиссажу для  $U_{\lambda}^{\perp}$



Рис. 5: Фигура Лиссажу для  $U_{\lambda}^{\parallel}$

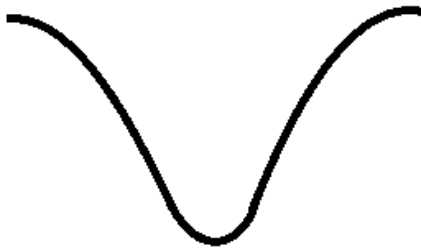


Рис. 6: Фигура Лиссажу для  $U_{\lambda/2}^{\perp}$



Рис. 7: Фигура Лиссажу для  $U_{\lambda/2}^{\parallel}$

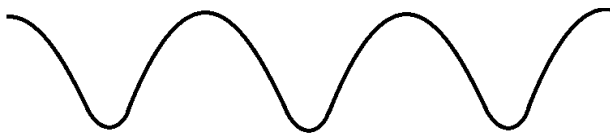


Рис. 8: Фигура Лиссажу для  $U_{3\lambda/2}^{\perp}$



Рис. 9: Фигура Лиссажу для  $U_{3\lambda/2}^{\parallel}$

### Обсуждение результатов и выводы:

В ходе данной работы мы исследовали интерференцию рассеянного света, прошедшего кристалл, наблюдали изменение характера поляризации света при наложении на кристалл электрического поля.

Определили двулучепреломление  $(n_o - n_e) = 0,104 \pm 0,003$  и полуволновое напряжение ниобата лития  $U_{\lambda/2} = 475 \pm 15$  В.