

Лабораторная работа № 4.7.2  
Эффект Поккельса

Балдин Виктор

2 апреля 2025 г.

**Цель:** исследовать интерференцию рассеянного света, прошедшего кристалл; наблюдать изменение характера поляризации света при наложении на кристалл электрического поля.

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

## 1 Теоретические сведения

Эффект Поккельса – изменение показателя преломления света в кристалле под действием электрического поля.

Рассмотрим кристалл ниобата лития  $\text{LiNbO}_3$  с центральноеосевой 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

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

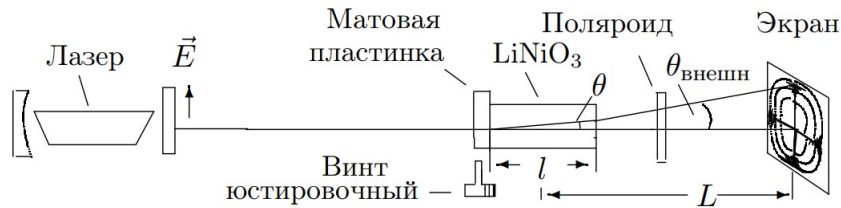


Рис. 1 — Оптическая часть экспериментальной установки

Если перед кристаллом, помещённым между поляроидами, расположить линзу или матовую пластинку, то на экране за поляридом 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 появляются 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

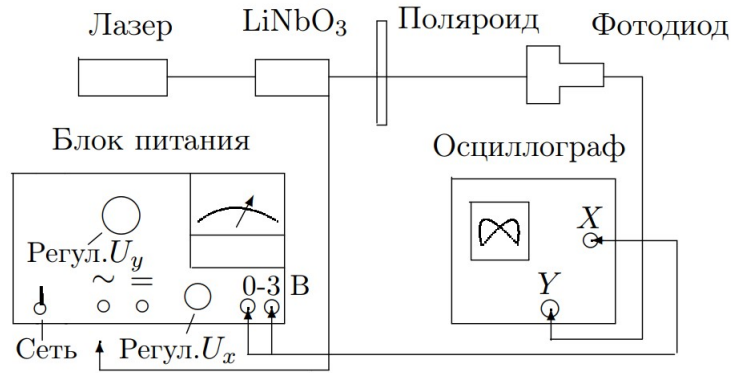


Рис. 2 — Экспериментальная установка

поляризованного вертикально света и анализатора, пропускающего горизонтальную поляризацию, на выходе интенсивность на выходе 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.

На Рис. 2 представлена схема всей установки (оптическая часть изобразжена на Рис. 1). Свет лазера, проходя через сквозь пластину, рассеивается и падает на двоякопреломляющий 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.

## 2 Ход работы

1. Собрали схему согласно рис. 1 и провели юстировку системы.
2. Выбрали расстояние от середины кристалла до экрана  $L = 70 \pm 0.5$  см, длина волны гелий-неонового лазера  $\lambda = 0.63$  в ниобате лития  $n_0 = 2.29$ , длина кристалла  $l = 26$  мм.
3. Сняли зависимость радиуса тёмных колец от их номер:

Построили график  $r^2 = f(m)$ :

$m$	$r$ , см
1	1.8
2	3.3
3	4.1
4	4.9
5	5.7
6	6.4
7	6.8
8	7.2

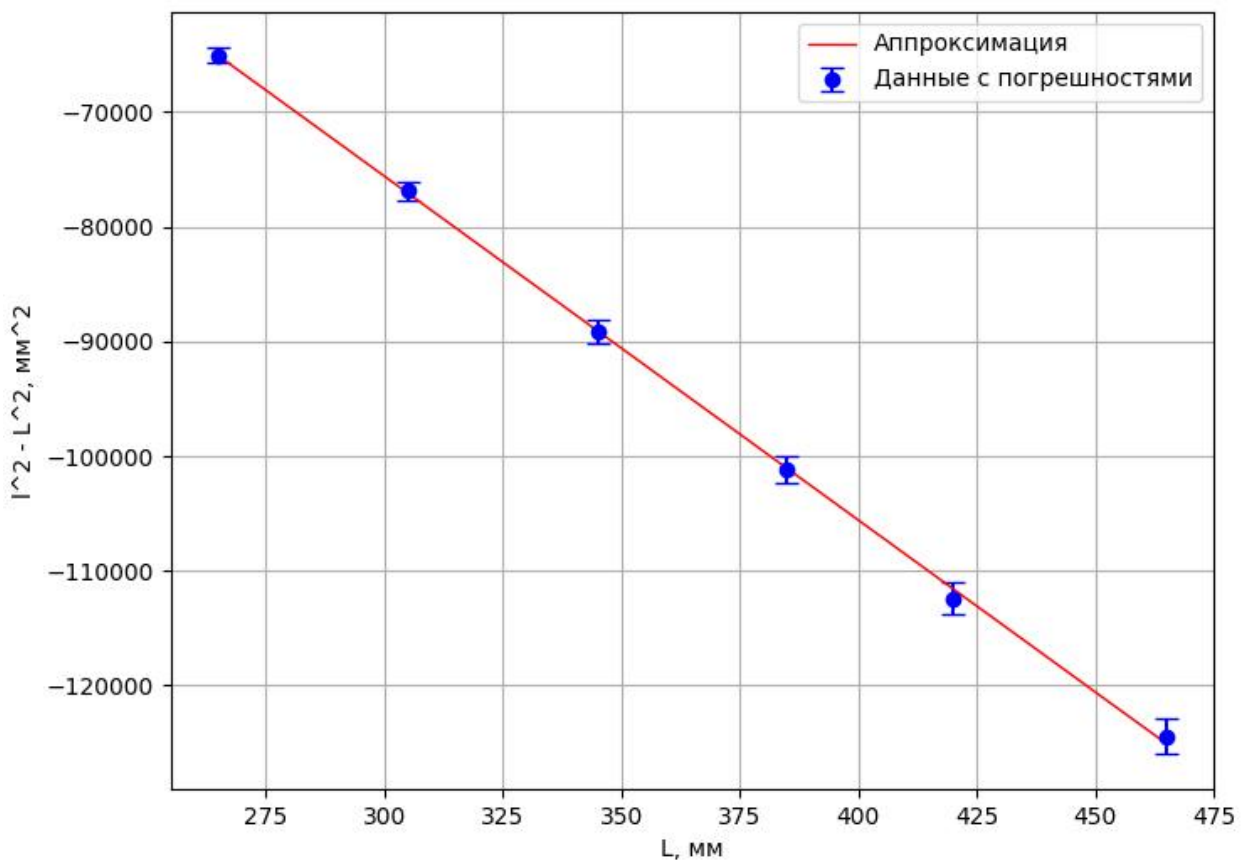


Рис. 3 — График  $r^2 = f(m)$ .

Получим  $k = 7.1 \pm 0.3 \text{ см}^2$ , тогда из формулы 2 получаем

$$n_o - n_e = \frac{\lambda}{l} \frac{(n_o L)^2}{k} = 0.088 \pm 0.004$$

Табличное значение для двулучепреломления ниобата лития:  $n_o - n_e = 0.09$ . Видим, что в

пределах погрешности оно совпадает с полученным.

4. Полуволновое напряжение ниобата лития  $U_{\lambda/2} = 225 \pm 15$  В.

5. По фигурам Лиссажу получим  $U_{\lambda/2} = 210 \pm 15$  В.

### 3 Вывод:

В работе с помощью интерференционной картины было определено двулучепреломления ниобата лития (по угловому коэффициенту зависимости квадрата радиуса тёмного пятна от номера тёмного пятна с помощью формулы 2), которое с хорошей точностью сошлось с табличным значением. Также был исследован эффект Поггеля и двумя способами определено полуволновое напряжение - с помощью наблюдением за изменением интенсивности и с помощью фигур Лиссажу, также полученное значение было проверено с помощью следующего факта: при напряжении  $U_{\lambda/4}$  должна получиться круговая поляризация.