

# Лабораторная работа 4.7.3. Изучение поляризованного света

Калинин Даниил, Б01-110

11 мая 2023 г.

**Цель работы:** ознакомиться с методами получения и анализа поляризованного света.

**В работе используются:** оптическая скамья с осветителем, зелёный светофильтр, два поляроида, чёрное зеркало, полированная эбонитовая пластинка, стопа стеклянных пластинок, слюдяные пластинки разной толщины, пластинки в  $\frac{1}{4}$  и  $\frac{1}{2}$  длины волны, пластика в одну длину волны для зелёного света (пластинка чувствительного света).

## Теоритическая справка:

Методы получения линейно поляризованного света. Для получения линейно поляризованного света применяются специальные оптические приспособления - поляризаторы. Направление колебаний электрического вектора в волне, прошедшей через поляризатор, называется разрешенным направлением поляризатора. Всякий поляризатор может быть использован для исследования поляризованного света, т. е. в качестве анализатора. Интенсивность  $I$  линейно поляризованного света после прохождения через анализатор зависит от угла, образованного плоскостью колебаний с разрешенным направлением анализатора:

$$I = I_0 \cos^2(\alpha) \quad (1)$$

Соотношение (1) носит название закона Малюса. Опишем несколько способов получения плоскополяризованного света. Отражение света от диэлектрической пластинки. Отраженный от диэлектрика свет всегда частично поляризован. Степень поляризации света, отраженного от диэлектрической пластинки в воздух, зависит от показателя преломления диэлектрика  $n$  и от угла падения  $i$ . Как следует из формул Френеля, полная поляризация отраженного света достигается при падении под углом Брюстера, который определяется соотношением

$$\operatorname{tg}(i) = n$$

В этом случае плоскость колебаний электрического вектора в отраженном свете перпендикулярна плоскости падения. Преломление света в стеклянной пластинке. Поскольку отраженный от диэлектрической пластинки свет оказывается частично (или даже полностью) поляризованным, проходящий свет также частично поляризуется. Преимущественное направление колебаний электрического вектора в прошедшем свете совпадает с плоскостью преломления луча. Максимальная поляризация проходящего света достигается при падении под углом Брюстера. Для увеличения степени поляризации преломленного света используют стопу стеклянных пластинок, расположенных под углом Брюстера к падающему свету. Преломление света в двоякопреломляющих кристаллах. Некоторые кристаллы обладают свойством двойного лучепреломления. Это связано с различием поляризуемости

молекул в разных направлениях (диэлектрическая проницаемость  $\epsilon$  определяет показатель преломления среды  $n$ ). Двойкопреломляющий кристалл называют одноосным, если в нём существует одно направление с экстремальным значением  $\epsilon$ , а в других (перпендикулярных) направлениях значения  $\epsilon$  одинаковы (тензор диэлектрической проницаемости образует эллипсоид вращения). Направления вдоль осей эллипсоида называют главными, одно из них - с экстремальным значением  $\epsilon$  - оптической осью. Линейно поляризованная волна, в которой вектор  $E$  перпендикулярен оптической оси, называется обыкновенной; если же вектор  $E$  имеет проекцию на оптическую ось, это необыкновенная волна. Показатели преломления этих волн обозначают через  $n_o$  (ординарная волна) и  $n_e$  (экстраординарная).

### Ход работы:

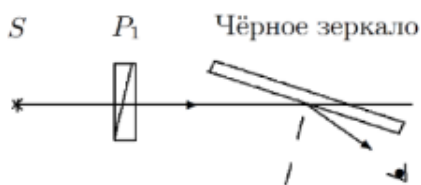


Рис. 1. Определение разрешенных направлений черного зеркала

1. Размещаем на оптической скамье полярироид  $P_1$  и чёрное зеркало, чтобы плоскость падения была горизонтальна.
2. Поворачивая полярироид добиваемся наименьшей интенсивности отражённого пятна. (Значения лимба на полярироиде 10)
3. Фиксируя положение полярироида, вращаем зеркало, добиваемся минимальной интенсивности.
4. Определяем разрешённое направление второго полярироида: устанавливаем вместо черного зеркала второй полярироид и добиваемся минимальной интенсивности. (Значение на лимбе 2-го полярироида -8)
5. Устанавливаем вместо 2-го полярироида эбонитовое зеркало так, чтобы его плоскость была перпендикулярна лучу (на глаз), отмечаем начало отсчёта по лимбу (162).
6. Поворотом эбонитового зеркала, добиваемся минимальной интенсивности записываем положение по лимбу (103).
7. Последние 2 измерения повторяем, установив светофильтр. Получим, соответственно, 162 и 106 (Эбонитовое зеркало люфтит на 2-3 градуса).
8. Рассчитываем показатель преломления  $n = tg(i)$ , где  $i = 59^\circ \pm 3^\circ$ . Получим:  $tg(i) = 1.7 \pm 0.2$ , относительная погрешность 12%, табличное значение – 1.6.

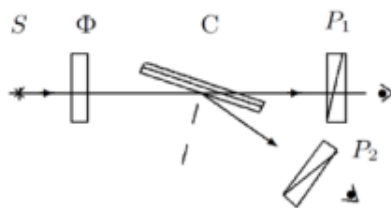


Рис. 2. Исследование стопы

9. Вместо эбонитового зеркала выставляем стопу пластинок таким образом, чтобы луч падал на неё под углом Брюстера.

10. Вращая поляризаторы определяем характер поляризации света в отражённом ( $77^\circ$  от горизонтального направления т. е. вертикальная поляризация) и преломленном ( $86^\circ$  от вертикального направления т. е. горизонтальная поляризация) лучах.

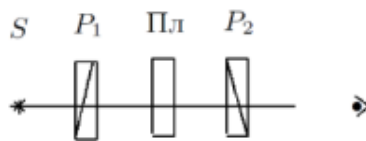


Рис. 3. Определение главных направлений в пластинках

11. Устанавливаем кристаллическую однородную пластинку между поляроидами. Вращая пластинку находим положения, когда главные направления пластинки совпадают с разрешёнными направлениями поляроидов (значения на лимбе 88 и 0). Повторяем опыт для второй пластинки (Значения на лимбе 75 и  $-15^\circ$ ).

12. Устанавливаем разрешённое направление 1-го поляроида горизонтально, главные оси пластинки под углом  $45^\circ$  к вертикали, устанавливаем световой фильтр. Вращая 2-й фильтр устанавливаем поляризацию после прохождения пластинки по изменению цвета (1 - синий (линейная -  $\lambda/2$ ), 2 - красный (круговая -  $\lambda/4$ ))

13. Устанавливаем между поляроидами зелёный фильтр и пластинку чувствительного оттенка. Устанавливаем разрешённое направление 1-го поляроида горизонтально и проверяем с помощью 2-го поляроида, что пластинка не меняет поляризации зелёного света.

14. Убираем зелёный фильтр и убеждаемся, что стрелка имеет пурпурный оттенок.



Рис. 4. Определение направлений большей и меньшей скорости

15. Добавляем к схеме пластинку  $\lambda/4$ , главные направления которой совпадают с главными направлениями "стрелки". При повороте пластинки на  $180^\circ$  вокруг вертикальной оси цвет стрелки меняется с оранжевого (медленная ось) до голубого (быстрая ось).

16. Устанавливаем между поляроидами мозаичную пластинку, вращая пластинку наблюдаем за изменениями цвета или интенсивности в отдельном квадратице.

17. Не трогая пластинку вращаем поляроид, следим за изменениями. (При вращении пластинки угловые квадратики более заметно меняют интенсивность, при вращении поляроида цветные угловые квадратики меняются с крайними характеристиками).

18. Ставим зелёный фильтр, а за ним между скрещёнными поляроидами - пластинку произвольной толщины ( $\lambda/4$  с соседней установки). Получаем эллиптически-поляризованный свет. Для этого устанавливаем разрешённое направление первого поляроида под углом  $10-20^\circ$  к горизонтали так, чтобы вектор  $E$  падающего на пластинку света был расположен в первом квадранте. Установите разрешённое направление второго поляроида вертикально и, вращая пластинку, находим минимальную интенсивность света, прошедшего вторым поляроидом. Вращая второй поляроид, убеждаемся, что свет поляризован эллиптически, а не линейно (в наборе есть пластинки  $\lambda/4$  и  $\lambda/2$ ). Получаем эллипс поляризации с вертикально ориентированной малой осью. Для определения направления вращения светового

вектора в эллипсе установите между поляроидами дополнительную пластинку  $\lambda/4$  с известными направлениями быстрой и медленной осей, ориентированными по осям эллипса поляризации анализируемого света. В этом случае вектор  $E$  на выходе будет таким, как если бы свет прошёл две пластинки  $\lambda/4$ : свет на выходе из второй пластинки будет линейно поляризован. Если пластинки поодиночке дают эллипсы, вращающиеся в разные стороны, то поставленные друг за другом, они скомпенсируют разность фаз, и вектор  $E$  на выходе останется в первом и третьем квадрантах. Если же световой вектор перешёл в смежные квадранты, значит, эллипсы вращаются в одну сторону.

### **Заключение:**

В ходе работы были определены разрешённые направления 2-х поляроидов, рассчитан угол Брюстера и показатель преломления для эбонита, значение которого совпало с табличной в пределах погрешности. Также были изучены характеры поляризации в отражённом и преломлённом лучах, найдены главные направления пластинок и направления большей и меньшей скорости пластинок. Было определено направление вращения светового вектора в эллиптически поляризованной волне. Была изучена интерференция поляризованных лучей.