

### 4.7.3 (5.16). ИЗУЧЕНИЕ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ

30 июля 2015 г.

В работе используются: оптическая скамья с осветителем; зелёный свето-фильтр; два поляроида; чёрное зеркало; полированная эбонитовая пластинка; стопа стеклянных пластинок; слюдяные пластинки разной толщины; пластинки  $\lambda$  (длина волны),  $\lambda/2$  и  $\lambda/4$  для зелёного света.

#### ЗАДАНИЕ

В работе предлагается с помощью чёрного зеркала определить разрешённые направления поляроидов; определить характер поляризации света, отражённого от стопы под углом Брюстера, и света, прошедшего стопу; оценить угол Брюстера для эбонита; выделить пластинки  $\lambda/2$  и  $\lambda/4$ ; определить направления большей и меньшей скоростей для пластинки  $\lambda/4$ ; исследовать интерференцию поляризованных лучей.

##### 1. Определение разрешённых направлений поляроидов

а) Разместите на оптической скамье осветитель  $S$ , поляроид  $P_1$  и чёрное зеркало (пластинку чёрного стекла) так, чтобы плоскость падения была горизонтальна (рис. 5, вид сверху). Свет, отражённый от зеркала, рассматривайте сбоку, расположив глаз таким образом, чтобы вблизи оси вращения зеркала можно было увидеть изображение диафрагмы осветителя.

б) Поворачивая поляроид вокруг направления луча, добейтесь наименьшей яркости отражённого пятна.

Оставьте поляроид в этом положении и вращением зеркала вокруг вертикальной оси снова добейтесь минимальной интенсивности отражённого луча. При повороте зеркала необходимо перемещать глаз по горизонтали, чтобы следить за отражённым, а не рассеянным пучком. Уточните положения поляроида и зеркала, соответствующие минимуму интенсивности, и определите разрешённое направление поляроида.

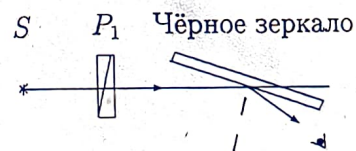


Рис. 5. Определение разрешённого направления поляроида

Залишите отсчёт по лимбу поляроида  $P_1$ , соответствующий найденному разрешённому направлению. Зарисуйте схему и опишите результат.

в) Определите разрешённое направление второго поляроида. Для этого поставьте вместо чёрного зеркала второй поляроид и, глядя навстречу лучу, скрестите поляроиды (вращением второго поляроида добейтесь минимальной яркости луча).

## II. Определение показателя преломления (угла Брюстера) для эбонита

а) Поставьте на скамью вместо чёрного зеркала (рис. 5) эбонитовую пластину с круговой шкалой.

Поверните эбонитовое зеркало вокруг вертикальной оси так, чтобы его плоскость была перпендикулярна лучу (на глаз). Отметьте начало отсчёта по лимбу.

Установив направление разрешённых колебаний поляроида  $P_1$  горизонтально, найдите угол поворота эбонита  $\varphi_B$ , при котором интенсивность отражённого луча минимальна (угол Брюстера). Оцените неточность установки угла.

б) Повторите измерения, добавив светофильтр  $\Phi$ , и сравните результаты.

в) По углу Брюстера рассчитайте показатель преломления эбонита и сравните с табличным.

## III. Исследование поляризации света в преломлённом и отражённом от стопы лучах

Поставьте вместо эбонитового зеркала стопу стеклянных пластинок и подберите для неё такое положение, при котором свет падает на стопу под углом Брюстера.

Осветите стопу неполяризованным светом (снимите поляризатор с оптической скамьи) и, рассматривая через поляроиды (рис. 6) свет, отражённый от стопы, определите ориентацию вектора  $E$  в отражённом луче; затем определите характер поляризации света в преломлённом луче. Опишите результат.

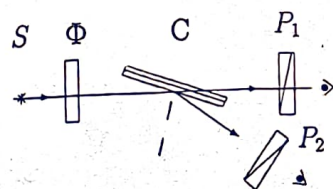


Рис. 6. Исследование стопы

## IV. Определение главных направлений двоякопреломляющих пластинок

а) Поставьте кристаллическую пластинку (однородную, а не мозаичную!) между скрещенными поляроидами  $P_1$  и  $P_2$  (рис. 7).

б) Вращая пластинку вокруг направления луча и наблюдая за интенсивностью света, проходящего сквозь второй поляризатор, определите, при каком условии главные направления пластинки совпадают с разрешёнными направлениями поляроидов.

в) Повторите опыт для второй пластинки.

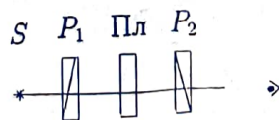


Рис. 7. Определение  
главных направлений  
в пластинках



## V. Выделение пластин $\lambda/2$ и $\lambda/4$

- а) Добавьте к схеме, изображённой на рис. 7, зелёный фильтр.
- б) Установите разрешённое направление поляроида  $P_1$  горизонтально, а главные направления исследуемой пластинки — под углом  $45^\circ$  к горизонтали.
- в) С помощью второго поляроида установите, какую поляризацию имеет свет, прошедший пластинку: круговую или линейную с переходом в другой квадрант. Опишите результат.

## VI. Определение «быстрой» и «медленной» оси в пластинке $\lambda/4$

- а) Поставьте между скрещенными поляроидами зелёный фильтр и пластинку чувствительного оттенка ( $\lambda$  для зелёного света), имеющую вид стрелки. Световой вектор, ориентированный вдоль направления стрелки, проходит с большей скоростью, перпендикулярный — с меньшей.

Установите разрешённое направление первого поляроида горизонтально и убедитесь с помощью второго поляроида, что эта пластинка не меняет поляризацию зелёного света.

- б) Уберите зелёный фильтр и поставьте между скрещенными поляроидами пластинку  $\lambda$  (стрелка под углом  $45^\circ$  к разрешённым направлениям поляроидов). Глядя сквозь второй поляроид на стрелку, убедитесь, что она имеет пурпурный цвет (зелёный свет задерживается вторым поляроидом, а красная и синяя компоненты проходят).

- в) Добавьте к схеме пластинку  $\lambda/4$  (рис. 8), главные направления которой совпадают с главными направлениями пластины  $\lambda$  и ориентированы под углом  $45^\circ$  к разрешённым направлениям скрещенных поляроидов.

При повороте рейтера со стрелкой на  $180^\circ$  вокруг вертикальной оси цвет стрелки меняется от зелёно-голубого до оранжево-жёлтого. В каком случае «быстрые» оси обеих пластин совпадают? Объясните явление и опишите результат.

- г) Для последнего упражнения установите направление «быстрой» оси в пластинке  $\lambda/4$  горизонтально.

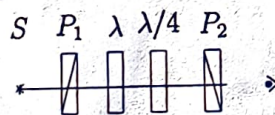


Рис. 8. Определение направлений большей и меньшей скорости

## VII. Интерференция поляризованных лучей

Расположите между скрещенными поляроидами мозаичную слюдяную пластинку. Она собрана из 4-х узких полосок слюды, лежащих по сторонам квадрата (две полоски  $\lambda/4$  и по одной —  $\lambda/2$  и  $3\lambda/4$ ). В центральном



квадратике слюды нет. Главные направления всех пластинок ориентированы параллельно сторонам квадрата.

а) Вращая пластинку, наблюдайте за изменениями (цвета или интенсивности) в отдельном квадратице.

б) Теперь, не трогая пластинки, вращайте второй поляроид. Чем отличается эффект? Опишите и объясните результат.

### VIII. Определение направления вращения светового вектора

в эллиптически поляризованной волне

а) Нарисуйте эллипс поляризации для вектора  $E$ , вышедшего из пластинки  $\lambda/4$ , и укажите на нём, какая из его осей соответствует большей скорости (произвольно). Рядом нарисуйте две вышедших из пластинки синусоиды:  $x(t)$  и  $y(t)$  со сдвигом фаз в четверть периода. Проанализируйте графики и определите направление вращения электрического вектора в эллиптически поляризованной волне.

б) Снова поставьте между скрещенными поляроидами зелёный фильтр, а за ним — пластинку произвольной толщины (это может быть пластинка  $\lambda/4$  с соседней установки).

в) Получите эллиптически-поляризованный свет. Для этого установите разрешённое направление первого поляроида под углом  $10-20^\circ$  к горизонту так, чтобы вектор  $E$  падающего на пластинку света был расположен в 1-ом квадранте. Установите разрешённое направление второго поляроида вертикально и, вращая пластинку, найдите минимальную интенсивность света, прошедшего второй поляроид. Таким образом получен эллипс поляризации с вертикально ориентированной малой осью.

Вращая второй поляроид, убедитесь, что свет поляризован эллиптически, а не линейно (в наборе есть пластинки  $\lambda/4$  и  $\lambda/2$ ).

г) Для определения направления вращения светового вектора установите между поляроидами дополнительную пластинку  $\lambda/4$  с горизонтально ориентированной «быстрой» осью. В этом случае свет на выходе из второй пластинки будет линейно поляризован. Если пластинки поодиночке дают эллипсы, в которых световые векторы вращаются 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 векторы вращаются в одну сторону. А как вращается вектор  $E$  в пластинке  $\lambda/4$ , вы определили в п. VIII-а.

30-VII-2015 г.