

508. ИЗУЧЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА КРИСТАЛЛАМИ. ПРОВЕРКА ЗАКОНА МАЛЮСА

508.1. Цель работы

Проверка закона Малюса.

508.2. Разделы теории

Поляризация света, закон Малюса. [1. Гл.25, §190–196];
[2. Гл.XIX, §134–140]; [3. Гл.6, 6.1, 6.3–6.7].

508.3. Приборы и принадлежности

Экспериментальная установка, включающая поляризатор, анализатор, фотодатчик, микроамперметр, источник света с оптической системой, блок питания Б2-2.

508.4. Теоретическое введение

Интенсивность излучения I прямо пропорциональна квадрату амплитуды световых колебаний

$$I = kA^2,$$

где k – коэффициент пропорциональности.

Плоскополяризованный свет получают, пропуская естественный свет через поляризаторы, в качестве которых используются среды, анизотропные в отношении колебаний вектора \vec{E} , например кристаллы турмалина. Поляризаторы можно использовать и для анализа поляризованного света, тогда их называют анализаторами. Поляризаторы свободно пропускают колебания, параллельные главному сечению поляризатора, и полностью или частично задерживают колебания, перпендикулярные главному сечению поляризатора.

Если поляризаторы ориентированы произвольно, то интенсивность прошедшего через них света будет зависеть от угла φ

(рис. 508.1) между главными сечениями поляризатора и анализа-

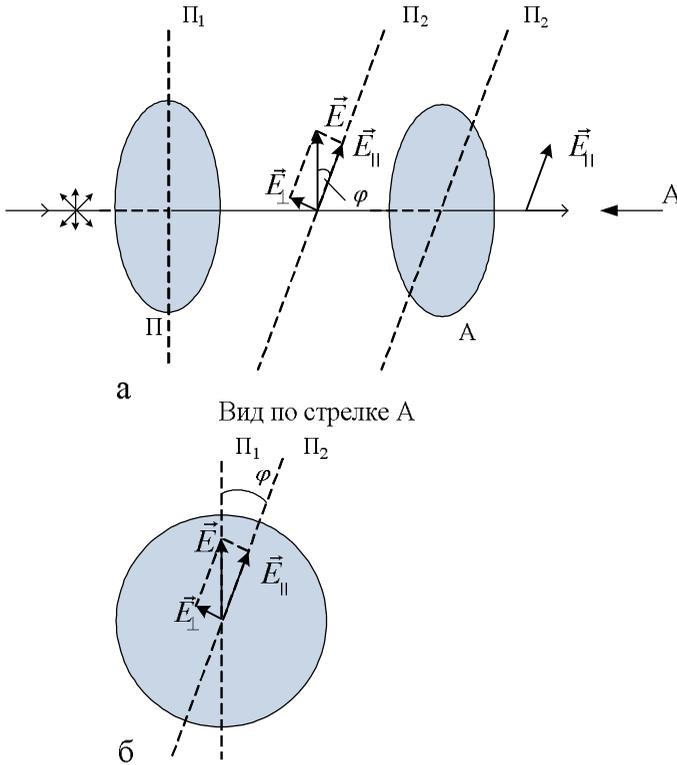


Рис. 508.1

тора Π_1 и Π_2 соответственно. Обозначим амплитуду электрического вектора, прошедшего через поляризатор Π , \vec{E} . Разложим вектор \vec{E} на две компоненты: параллельную главному сечению анализатора A (\vec{E}_{\parallel}) и перпендикулярную ему (\vec{E}_{\perp}).

Тогда $E_{\parallel} = E \cos \varphi$, а интенсивность света, проходящего через A , равна $I = kE_{\parallel}^2 = kE^2 \cos^2 \varphi = I_1 \cos^2 \varphi$, или

$$I = I_1 \cos^2 \varphi, \quad (508.1)$$

где I_1 – интенсивность плоскополяризованного света, падающе-

го на A ; φ – угол между плоскостью колебания вектора \vec{E} и главным сечением поляризатора A .

Соотношение (508.1) является аналитическим выражением закона Малюса.

Если на поляризатор падает естественный свет, у которого направление колебаний вектора \vec{E}_0 хаотически меняется в пространстве, то $\cos^2 \varphi$ равновероятно принимает значения от 0 до 1. Тогда, при прохождении поляризатора интенсивность света будет уменьшаться в два раза, так как

$$I_1 = \langle I_0 \cos^2 \varphi \rangle = I_0 \langle \cos^2 \varphi \rangle = \frac{1}{2} I_0, \quad (508.2)$$

где $\langle \rangle$ – обозначает усреднение по времени меняющейся величины.

508.5. Описание установки и методики измерений

Для проверки закона Малюса в работе используется экспериментальная установка, схема которой показана на рис. 508.2. Луч естественного света от лампы 1 падает на поляризатор 2, жестко закрепленный в корпусе прибора, его главное сечение фиксировано. Вышедший поляризованный луч интенсивностью I_1 направляется на анализатор 3 и, пройдя через него и матовое стекло 4, попадает на фотодатчик 5. Ток датчика, пропорциональный интенсивности света I , пропущенного системой двух поляризаторов, регистрируется микроамперметром 6. Анализатор 3 скреплен с барабаном 7, который поворачивается вокруг направления распространения луча. На ободе барабана нанесена шкала 8, позволяющая измерять угол поворота барабана. Цена деления шкалы барабана – 1° .

Интенсивность I линейно поляризованного света после прохождения через анализатор 3 зависит от угла φ , образованного плоскостью колебаний падающего на анализатор луча с главным сечением анализатора. Если главное сечение анализатора

совпадает с плоскостью колебаний луча ($\varphi = 0^0$), то интенсивность выходящего луча будет максимальной (равна интенсивности I_1 падающего луча) и минимальной при угле $\varphi = 90^0$.

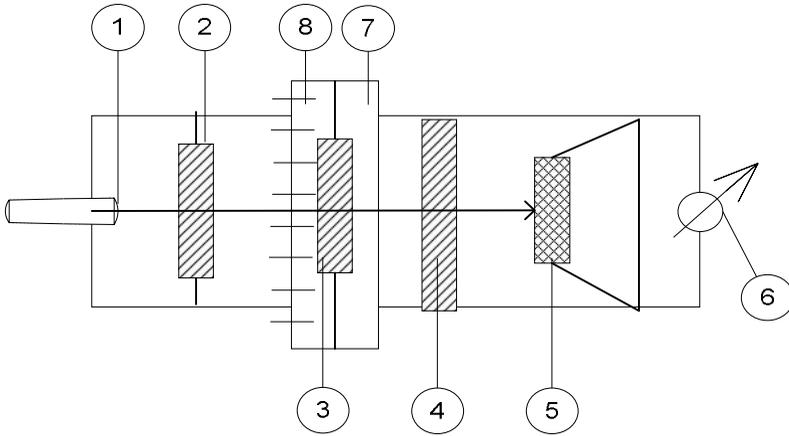


Рис. 508.2

508.6. Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Ознакомиться с экспериментальной установкой.
2. Включить блок питания Б2-2, включить осветитель прибора (выключатель на шнуре питания).

3. Медленно вращая барабан 7 с анализатором 3, добиться максимального отклонения стрелки микроамперметра 6. Согласно формуле (508.1), для этого положения $\varphi = 0^0$ интенсивность $I_1 = I = I_{\max}$. Отметить указателем-стрелкой на барабане 7 положение нуля шкалы 8. Повернуть барабан по шкале на 90^0 , отклонение стрелки прибора 6 должно быть минимально. Вернуть барабан в начальное положение, отмеченное указателем-стрелкой и проверить показания микроамперметра. Если они не совпадают с первоначальными, повторить настройку установки.

4. Снять зависимость интенсивности света (силы тока, протекающего через микроамперметр) от угла поворота анализатора (барабана). Поворачивая барабан γ в пределах от 0 до 180^0 с шагом 10^0 , снять показания значений силы тока. Полученные данные записать в таблицу.

5. По результатам эксперимента построить график зависимости $I = I(\varphi)$.

6. Построить теоретический график зависимости $I = I_1 \cos^2 \varphi$, принимая $I_1 = I_{\max}$.

7. Проанализировать полученные результаты, сделать выводы.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте закон Малюса.
2. Какая электромагнитная волна называется поляризованной? Степень и виды поляризации.
3. Почему и как естественный луч в кристалле делится на два луча?
4. Чем отличается обыкновенный луч от необыкновенного?
5. Как изменятся интенсивности естественного и плоскополяризованного лучей, проходящих через анализатор?
6. Укажите, как надо расположить двоякопреломляющий кристалл, чтобы обыкновенный и необыкновенный лучи имели одинаковое направление.
7. Между двумя скрещенными поляризаторами поместили третий. Как будет меняться на экране интенсивность света при вращении третьего поляризатора? Выразите интенсивность прошедшего через систему света аналитически.