

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3.05

ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА. ЗАКОН БРЮСТЕРА

1. Краткая теория

Из электромагнитной теории света известно, что световые волны являются поперечными, т.е. три вектора, характеризующие волну: вектор напряженности электрического поля \vec{E} , напряженности магнитного поля \vec{H} и волновой вектор \vec{k} , определяющий направление распространения волны, взаимно перпендикулярны. Свет, в котором колебания вектора \vec{E} происходят во всевозможных направлениях, называется естественным. Свет, в котором колебания вектора \vec{E} происходят в одной плоскости, называется плоскополяризованным (или линейно поляризованным). В промежуточном случае, т.е. если имеется преимущественное направление колебаний вектора \vec{E} , свет называется частично поляризованным. Эти три случая показаны на рис. 5.1. (Здесь направление распространения света перпендикулярно к плоскости рисунка).

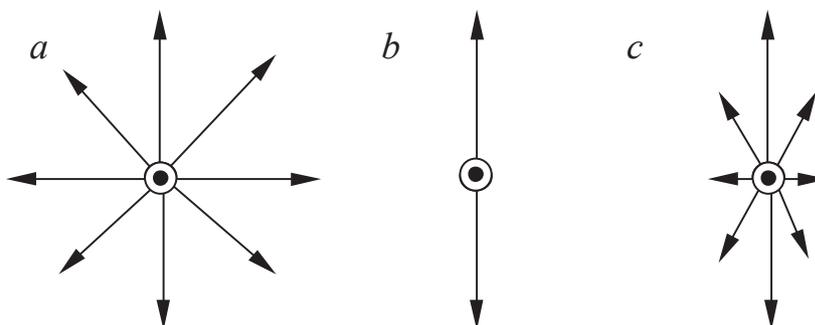


Рис. 5.1. Направление колебаний вектора

- a) в неполяризованной световой волне
- b) в плоскополяризованной волне
- c) в частично поляризованной волне

Согласно новой терминологии плоскость, в которой происходят колебания вектора \vec{E} , называют плоскостью поляризации линейно поляризованной волны. (Прежде эту плоскость называли плоскостью колебаний, а плоскостью поляризации – плоскость, ей перпендикулярную, и такая терминология часто встречается в литературе).

Получить плоскополяризованный свет из естественного можно несколькими способами.

Поляризация при отражении света от поверхности диэлектриков

В этом случае степень поляризации отраженного света зависит от показателя преломления диэлектрика n и угла падения i . Полная поляризация достигается при падении под так называемым углом Брюстера i_0 , тангенс которого определяется формулой

$$\operatorname{tg} i_0 = n_{12} = \frac{n_2}{n_1}, \quad (3.05.1)$$

называемой законом Брюстера (для воздуха $n_1 = 1$). При падении света под углом Брюстера отраженный луч перпендикулярен преломленному. Ход лучей при отражении света от поверхности диэлектрика для случая полной поляризации отраженного луча показан на рис. 5.2.

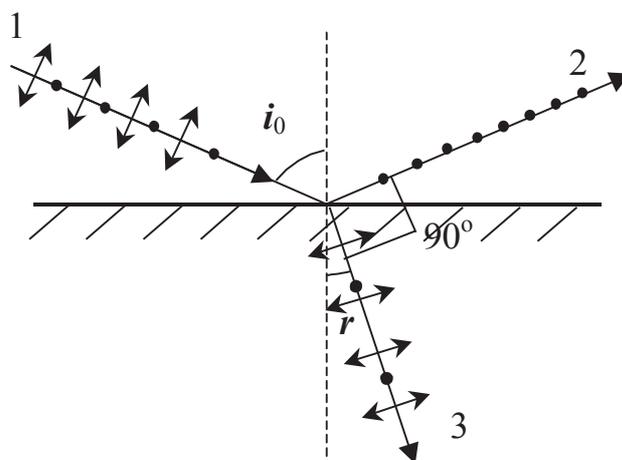


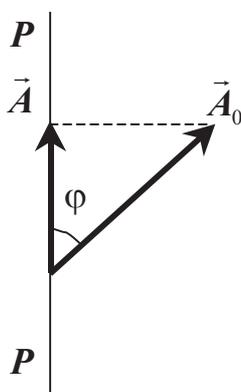
Рис. 5.2. Поляризация света при отражении от диэлектрика при падении под углом Брюстера

- 1 – падающий неполяризованный луч;
- 2 – отраженный плоскополяризованный луч;
- 3 – преломленный частично поляризованный луч.

При этом плоскость поляризации отраженного света оказывается перпендикулярной плоскости падения. Поскольку отраженный от поверхности свет является поляризованным (полностью или частично), проходящий свет становится частично поляризованным. Преимущественное направление колебаний светового вектора совпадает с плоскостью падения, а максимальная степень поляризации достигается при угле падения i_0 . Измерение угла полной поляризации света при отражении может служить простым методом определения показателя преломления вещества.

Поляризация при прохождении через поляризатор

Поляризатор – прибор, пропускающий световые колебания, происходящие в одной плоскости, которую называют плоскостью поляризатора. Колебания, перпендикулярные этой плоскости, полностью задерживаются прибором. Таким свойством, в частности, обладает используемый в работе поляриод – целуллоидная пленка, содержащая большое количество мелких одинаково ориентированных кристаллов герпатита. Если плоскополяризованный свет интенсивностью I_0 падает на поляризатор так, что плоскость поляризации составляет угол φ с плоскостью поляризатора (рис. 5.3) то интенсивность прошедшего света выражается формулой, которая называется законом Малюса



$$I = I_0 \cos^2 \varphi . \quad (3.05.2)$$

В самом деле, пусть A_0 – амплитуда падающего света, тогда через поляризатор пройдет составляющая с амплитудой

$$A = A_0 \cos \varphi \quad (3.05.3)$$

Рис.5.3. Схема,
поясняющая закон Малюса

Поскольку интенсивность света пропорциональна квадрату амплитуды, то отсюда следует закон (3.05.2)

2. Выполнение работы

2.1. Необходимые приборы: гониометр ГС-5, насадка с поляридом, темная полированная пластинка.

2.2. Краткое описание гониометра. Гониометр предназначен для измерения углов оптическим методом. Он состоит из следующих частей: зрительной трубы ЗТ, коллиматора КЛ, основания с осевой системой и столика СТ (рис. 5.4). Зрительная труба, вращаясь относительно лимба, может устанавливаться при помощи винта МЗ (при зажатом винте 3) на определенном делении лимба. Установка столика осуществляется зажимным винтом 1 и микрометрическим винтом М1.

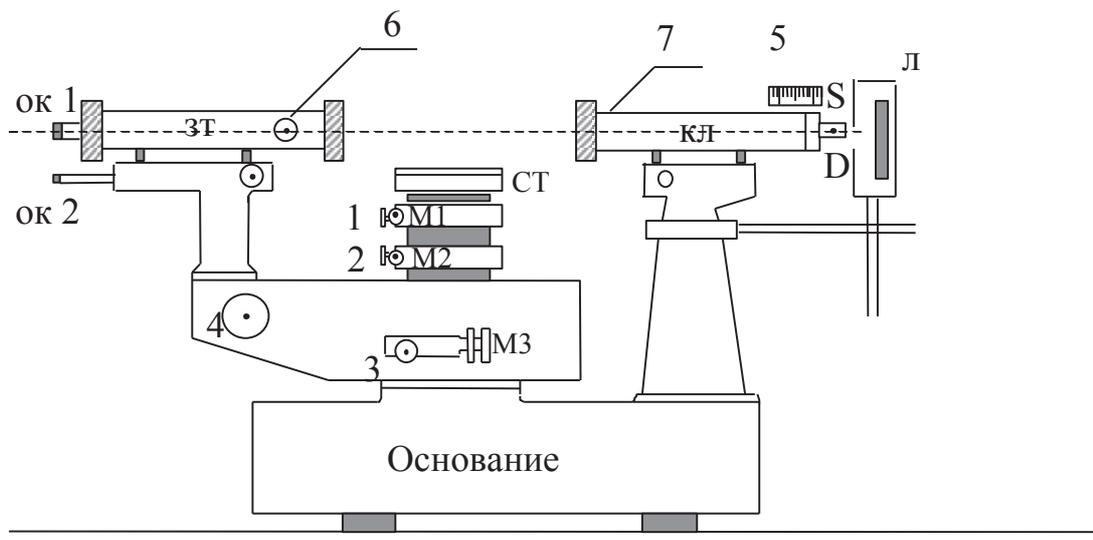


Рис. 5.4. Устройство гониометра

Лучи от лампы Л, проходя через щель S и трубу коллиматора, становятся параллельными оси коллиматора. Фокусировка зрительной и коллиматорной труб производится соответственно маховичками 6 и 7. (Маховичок 7 находится за коллиматором и на рис. 5.4 не виден.) Основными частями отсчетного оптического устройства являются прозрачный стеклянный лимб и оптический мик-

роскоп **ОК2**. Поле зрения оптического микроскопа показано на рис. 5 (масштаб увеличен).

В левом окне (рис. 5.5, *а*) видны изображения делений диаметрально противоположных участков лимба и вертикальный неподвижный индекс *N*. В правом окне (рис. 5.5, *б*) видны деления шкалы оптического микрометра с горизонтальным индексом **Е**.

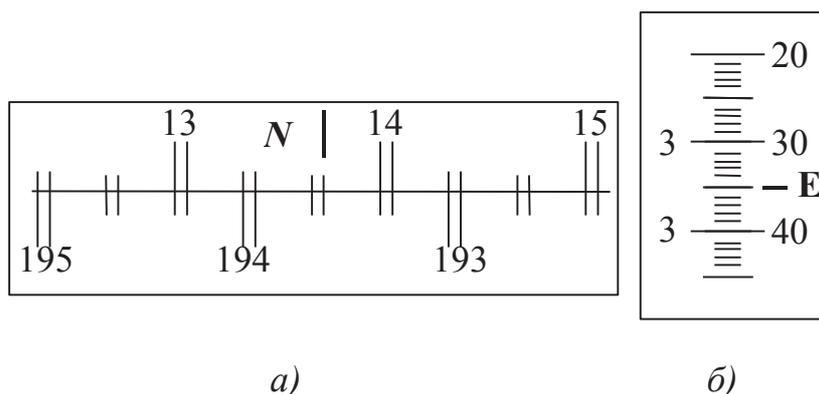


Рис. 5.5. Изображение шкал микроскопа.

Для отсчета положения зрительной трубы по лимбу необходимо повернуть маховичок **4** так, чтобы изображения верхних и нижних двойных делений лимба в левом окне совместились. При этом число градусов будет равно ближайшей верхней цифре слева от индекса *N*; число десятков минут равно количеству интервалов, заключенных между этой цифрой и нижней цифрой, отличающейся от верхней на 180° ; единицы минут отсчитываются по шкале микрометра в правом окне по левому ряду чисел, а десятки и единицы минут – по правому ряду до деления, совпадающего с горизонтальным индексом **Е**. Показания шкалы на рис. 5.5 *а*, *б* соответствуют отсчету $13^\circ 43' 35''$.

Для освещения шкалы лимба внутри основания прибора находится лампочка подсветки. Вместе с лампочкой подсветки включается и лампа **Л**.

2.3. Порядок выполнения работы. Включить лампу **Л** и подсветку лимба гониометра тумблером **ВКЛ**, находящимся с левой стороны на основании

прибора. Поворачивая зрительную трубу, совместить оптические оси трубы и коллиматора, закрепить кронштейн винтом **3**. Наблюдая в окуляр **ОК1**, вращением маховичка **6** добиться резкого изображения щели. Винтом **МЗ** точно совместить центр перекрестия нитей с серединой изображения щели. Наблюдая в окуляр **ОК2**, вращать маховичок **4** до тех пор, пока в левом окне поля зрения (рис. 5.5, *a*) деления обоих шкал лимба не совместятся. Сделать отсчет α_0 по лимбу.

Установить на предметный столик темную пластинку. Освободив стопорный винт столика **1** и винт **3** (винт **2** не трогать!), повернуть столик и зрительную трубу в положение, показанное на рис. 5.6, так, чтобы в середине поля зрения окуляра опять появилось изображение щели. Вращением маховичка **6** добиться резкого изображения щели. В этом случае от пластинки отражается частично поляризованный свет. Поворачивая осветитель, нужно добиться наиболее яркого изображения щели.

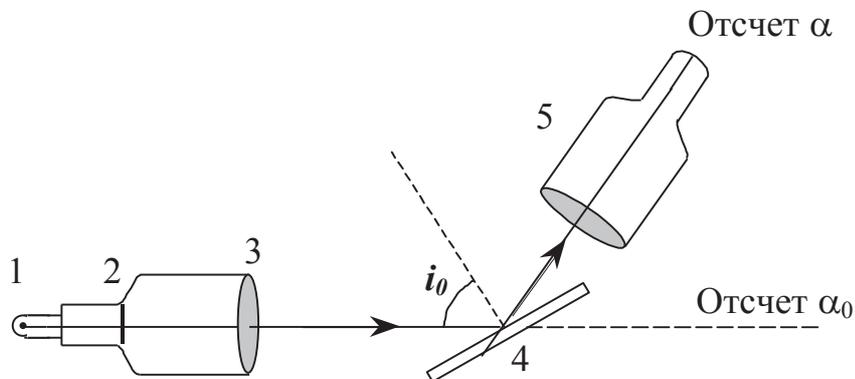


Рис.5.6. Схема расположения элементов установки

- 1– источник света
- 2– входная щель коллиматора
- 3– объектив коллиматора
- 4– исследуемая пластинка
- 5– зрительная труба

На объектив зрительной трубы надеть насадку с поляроидом. Вращая эту насадку, вокруг оптической оси трубы, получить наибольшее затемнение изображения. Если поворачивать столик с пластинкой, угол падения света меняется и яркость изображения щели в поле зрения зрительной трубы меняется. Медленно поворачивая столик и трубу вслед за изображением щели, нужно найти положение темной пластинки, соответствующее максимальному затемнению изображения. Отраженный свет становится полностью линейнополяризованным и полностью задерживается поляроидом. Угол между плоскостью поляризатора и плоскостью поляризации отраженного луча составляет 90° . В данном положении столика нужно совместить вертикальный штрих визирного креста с серединой изображения и сделать отсчет по шкале лимба (α). (Если изображение окажется очень темным, что неудобно для измерений, его следует просветлить – немного повернуть насадку с поляроидом).

Эту операцию – нахождение положения максимального затемнения – необходимо проделать не менее трех раз. Из рис. 5.6 следует соотношение между углами

$$180^\circ = 2i_0 + (\alpha_0 - \alpha). \quad (3.05.4)$$

Отсюда выражаем угол Брюстера

$$i_0 = 90^\circ - \frac{|\alpha_0 - \alpha|}{2} \quad (3.05.5)$$

Зная величину угла Брюстера, можно определить показатель преломления n исследуемой пластинки по формуле (3.05.1). Результаты измерений и вычислений записываются в таблицу 5.1.

Относительная погрешность определяется по формуле

$$E = \frac{\Delta \bar{n}}{\bar{n}}. \quad (3.05.6)$$

Окончательный результат записывается в виде:

$$n = \bar{n} \pm \Delta \bar{n}.$$

Таблица 5.1

Результаты измерений

Номер опыта	α	α_0	i_0	n	\bar{n}	Δn	$\Delta \bar{n}$
1							
2							
3							

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какой свет называется плоскополяризованным?
2. Назовите способы получения поляризованного света.
3. Сформулируйте закон Брюстера
4. Что такое угол Брюстера?
5. Сформулируйте закон Малюса.
6. Задача. Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности озера, были наиболее полно поляризованы?
 Ответ: 37° .
7. Задача. Определить коэффициент преломления алмаза, если угол полной поляризации при отражении от него равен $67^\circ 30'$.
 Ответ: 2,414.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев И.В. Курс общей физики, т. 2. –М.: Наука, 1978. – 480 с.
2. Жевандров Н.Д. Применение поляризованного света. – М.: Наука, 1978. – 176 с.
3. Трофимова Т.И. Курс физики. –М.: Высшая школа, 1985 –432 с.