

## Лабораторная работа № 5

# Определение показателя преломления диэлектрика

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определение показателя преломления диэлектрика по углу полной поляризации.

### ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Установка для изучения поляризации света при отражении, состоящая из гониометра, источника света, стеклянной пластины, поляризатора, фотосопротивления, микроамперметра и выпрямителя.

### КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

**Электромагнитная волна** – это распространяющееся в пространстве электромагнитное поле.

В электромагнитной волне векторы напряженности  $E$  и  $H$  взаимно перпендикулярны. Плоскость, в которой лежат  $E$  и  $H$ , перпендикулярна вектору  $v$  скорости волны. Плоскость, в которой лежат  $E$  и  $v$ , называется **плоскостью колебаний**.

**Поляризацией света** называется явление, при котором колебания вектора напряженности электрического поля (светового вектора) упорядочены каким-либо образом.

Свет, у которого упорядочены колебания, называется **поляризованным**.

**Плоскостью поляризации** называется плоскость, в которой лежат векторы  $E$  и  $v$ . На рисунках мы будем изображать только векторы напряженности электрического поля  $E$ .

В естественном свете (**рис. 1д**) вектор  $E$  колеблется в самых различных направлениях, в плоскополяризованном свете – в одной плоскости, в

частично поляризованном свете (**рис. 1г**) колебания одного направления преобладают над колебаниями другого направления (это имеет место, например, при отражении и преломления).

На **рис. 1** изображен свет, распространяющийся перпендикулярно плоскости рисунка.

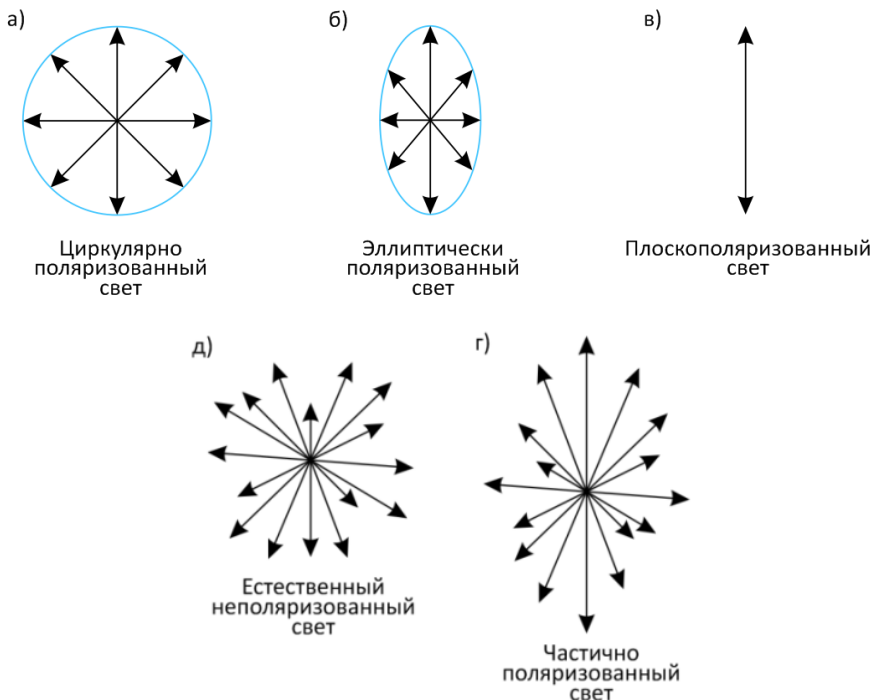


Рис. 1. Виды поляризации

## ЗАКОН МАЛЮСА

Для получения плоскополяризованного света используются специальные кристаллы – **поляризаторы**. При прохождении через поляризатор свет поляризуется в плоскости параллельной *оптической оси* кристалла, называемой **плоскостью пропускания кристалла**.

Интенсивность света прошедшего через два кристалла-поляризатора (поляризатор и анализатор) подчиняется **закону Малюса**.

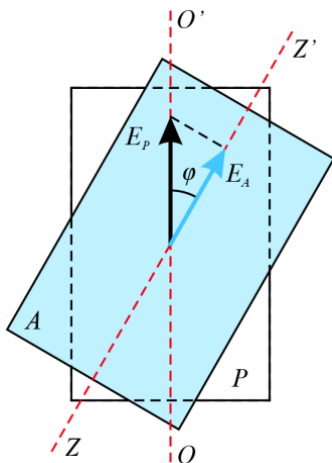


Рис. 2

Закон Малюса характеризует интенсивность света, прошедшего через анализатор  $A$ , в зависимости от угла  $\varphi$  между плоскостью пропускания поляризатора  $P$  и анализатора  $A$  (рис. 2):

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

где  $I$  и  $I_0$  – интенсивность света, прошедшего через поляризатор и анализатор соответственно.

### СТЕПЕНЬ ПОЛЯРИЗАЦИИ

Для характеристики поляризации света вводят функцию – **степень поляризации**:

$$\Delta = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \cdot 100\% , \quad (2)$$

где  $I_{\max}$  – интенсивность света, соответствующая максимальной амплитуде светового вектора  $E$  ;

$I_{\min}$  – интенсивность света, которая соответствует минимальным значениям амплитуды колебаний вектора  $E$  .

Легко получить, что степень поляризации циркулярно поляризованного света равна  $\Delta = 0$ , т.к.  $I_{\max} = I_{\min}$ , а для плоскополяризованного света  $\Delta = 1$  (т.к.  $I_{\min} = 0$ ).

Таким образом, можно сказать, что плоскополяризованный свет полностью поляризован, т.к. его степень поляризации *максимальна*.

### ЗАКОН БРЮСТЕРА

*Если свет падает на диэлектрик под углом, тангенс которого равен показателю преломления этого диэлектрика, то отраженный свет полностью поляризован, а преломленный свет поляризован максимально*

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{БР}} = n_{12} \quad (3)$$

где  $n_{12}$  – относительный показатель преломления вещества;

$\varphi_{\text{БР}}$  – угол полной поляризации, угол Брюстера (**рис. 3**).

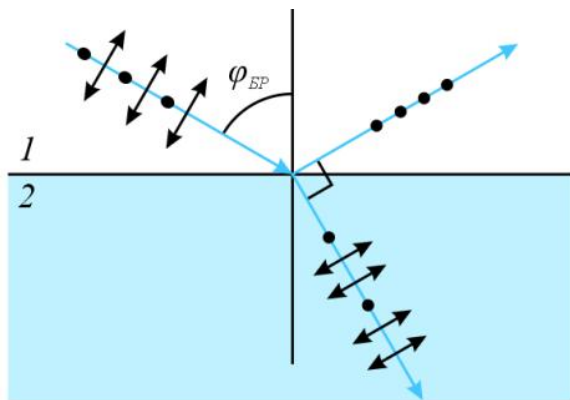


Рис. 3. Закон Брюстера

Стоит отметить, что при падении света под углом Брюстера отраженный и преломленный лучи взаимно перпендикулярны (**рис. 3**).

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

Поляризованный свет можно получить при его отражении от поверхности диэлектрика (свет поляризуется перпендикулярно плоскости падения), т.е. поверхность диэлектрика является своего рода поляризатором.

Отражая свет под разными углами можно добиться различной поляризации. При падении света на поверхность диэлектрика, степень поляризации примет вид

$$\Delta = \frac{I_{\perp} - I_{\parallel}}{I_{\perp} + I_{\parallel}} \cdot 100\% , \quad (4)$$

где  $I_{\perp}$  – интенсивность света, соответствующая колебаниям, перпендикулярным плоскости падения;

$I_{\parallel}$  – соответствует колебаниям, происходящим в плоскости падения световой волны).

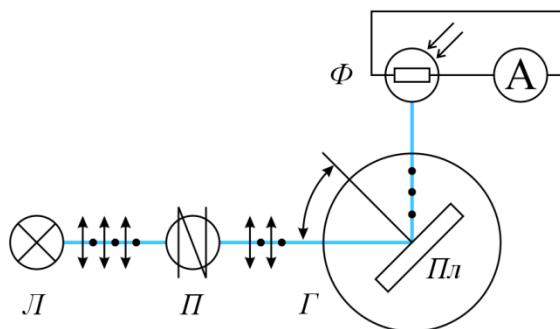
Однако только при отражении под углом Брюстера отраженный свет поляризован максимально (степень поляризации максимальна).

И если на пути пучка падающего света поместить еще один поляризатор, то согласно **закону Малюса** при его вращении будет наблюдаться изменение интенсивности отраженного света. Определяя максимальную и минимальную интенсивность света, можно вычислить степень поляризации отраженного света.

Таким образом, найдя максимальное значение  $\Delta$ , и используя формулу (2) можно определить показатель преломления диэлектрика.

### СХЕМА УСТАНОВКИ

Принципиальная схема представлена на **рис.4**. Неполаризованный луч от источника света  $L$  падает на стеклянную пластинку (диэлектрик)  $Пл$  и, отражаясь, частично поляризуется. Для регистрации интенсивности света, прошедшего через поляризатор  $П$ , используется фотосопротивление  $\Phi$ . Фототок пропорционален интенсивности падающего света.



**Рис. 4.** Схема установки

$G$ – гониометр;	$Пл$ – пластинка диэлектрика;
$П$ – поляризатор;	$A$ – микроамперметр;
$L$ – лампа;	$\Phi$ – фоторезистор.

### ХОД РАБОТЫ

1. Включите в сеть в  $220\text{ В}$  трансформатор для питания лампы и выпрямитель для питания фотосопротивления.
2. Установите поляризатор и гониометр согласно **рис. 4**.
3. Установите стеклянную пластину под углом  $45^\circ$  к плоскости падения луча. Вращая фоторезистор, добейтесь того, чтобы был максимум интенсивности (отраженный свет полностью попадает на приемник).

В этом случае угол между падающим и отраженным лучами равен  $90^\circ$ , а угол падения  $\varphi$  равен  $45^\circ$ .

4. Вращая поляризатор  $P$ , запишите максимальное  $I_{\max}$  и минимальное  $I_{\min}$  значения тока при данном угле падения  $\varphi$ .
5. Поверните пластину на  $5^\circ$  и повторите пункт 4.
6. Повторите измерения через каждые  $5^\circ$  угла падения, данные занесите в таблицу.
7. Определите степень поляризации света по формуле (2).
8. Постройте график зависимости  $\Delta(\varphi)$  степени поляризации от угла падения.
9. Определите угол полной (максимальной поляризации)  $\varphi_{BR}$ .
10. Вычислите значение показателя преломления  $n_{12}$ , пользуясь формулой (3).
11. Сделайте вывод.

**Таблица**

Угол падения $\varphi$		40	45	50	55	60	65	70	75	80
Ток в цепи приемника	$I_{\max}$ , мА									
	$I_{\min}$ , мА									
$I_{\max} - I_{\min}$										
$I_{\max} + I_{\min}$										
Степень поляризации $\Delta$ , %										

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Что называется поляризацией? Какие свойства света она характеризует?
2. В чем отличие света естественного от поляризованного?
3. Как изображается на рисунке естественный и поляризованный свет?
4. Что такое степень поляризации?
5. Чему равна степень поляризации циркулярно, эллиптически, плоскополяризованного света?
6. Какова степень поляризации естественного света?
7. Сформулируйте закон Брюстера.
8. Что такое показатель преломления (формула)?
9. Что называется двойным лучепреломлением и как объясняется оно с точки зрения волновой природы света?
10. Расскажите устройство и принцип работы николя, поляроида, стопы пластин.