

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ
АКАДЕМИЯ

Кафедра физики

Методические указания к лабораторной работе N 8
ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА

Минск 2000

Поляризация света. Естественный и поляризованный свет. Закон Малюса.

Согласно теории Максвелла свет представляет собой поперечные электромагнитные волны

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \sin \omega (t - x/v)$$

$$\mathbf{H} = \mathbf{H}_0 \sin \omega (t - x/v)$$

В световой волне $\mathbf{E} \perp \mathbf{H}$, $\mathbf{E} \perp \mathbf{v}$, $\mathbf{H} \perp \mathbf{v}$ (Рис. 1), где v – скорость распространения волны вдоль оси X .

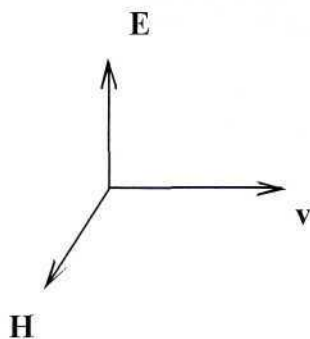


Рис. 1

Как следует из опыта, основным вектором в световой волне является электрический вектор \mathbf{E} , так как в основном он определяет фотоэлектрические, химические, физиологические и другие свойства света. Поэтому в дальнейшем будем при рассмотрении световой волны преимущественно подразумевать ее электрическую часть, не забывая, однако, при этом, что вместе с напряженностью электрического поля \mathbf{E} синхфазно изменяется и напряженность магнитного поля \mathbf{H} . Их мгновенные значения связаны следующими соотношениями

$$E \sqrt{\epsilon \epsilon_0} = H \sqrt{\mu \mu_0}$$

Макроскопические источники света состоят из огромного числа микроскопических излучателей (атомов, молекул, ионов), которые в очень большом числе случаев испускают световые волны независимо, и поэтому направление колебаний векторов \mathbf{E} хаотически меняется, поэтому в общем излучении макроскопического тела направление \mathbf{E} в каждый момент непредсказуемо.

Свет, в котором направление колебаний вектора \mathbf{E} хаотически меняется, называется *неполяризованным* или *естественным* (Рис. 2).

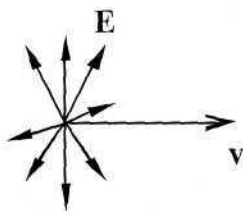


Рис. 2

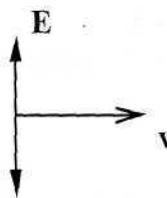


Рис. 3

Свет, в котором изменение направлений колебаний вектора \mathbf{E} упорядочены каким либо образом, называется поляризованным. Свет, в котором направление колебаний вектора напряженности параллельны какой либо плоскости, называется линейно- или плоскополяризованным (Рис. 3).

Устройства, с помощью которых из естественного света получают линейнополяризованный, называются поляризаторами. Эти же устройства, применяемые для анализа света на предмет поляризации, называются анализаторами.

Поляризаторы пропускают колебания, параллельные плоскости, которую называют плоскостью поляризатора, и полностью задерживают колебания, перпендикулярные этой плоскости.

В качестве оптических линейных поляризаторов широкое применение получили поляроиды, представляющие собой тонкую поляризационную пленку, заклеенную для защиты от механических повреждений и действия влаги между двумя прозрачными пластинками. Поляризующие среды поляроидов могут быть кристаллическими: пленки-монокристаллы или множество мельчайших кристаллов, одинаково ориентированных и впесованных в полимерную пленку-матрицу. Но чаще всего используются органические молекулы полимеров пространственно однородно ориентированные. Ориентацию осуществляют с помощью растяжения или иных специальных технологий. Важными преимуществами поляроидов являются компактность, технологичность изготовления и возможность получения их с площадями до 1 м^2 .

Пусть на поляризатор падает линейно поляризованная волна, в которой направление колебаний вектора \mathbf{E} с плоскостью поляризатора составляет угол α (Рис. 4).

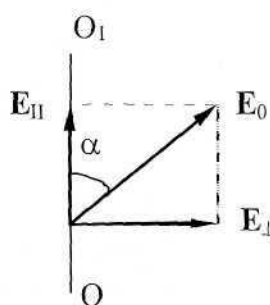


Рис. 4

OO_1 – плоскость поляризатора, E_0 – амплитуда колебаний. Разложим E_0 на две составляющие : параллельную плоскости поляризатора E_{\parallel} и перпендикулярную этой плоскости E_{\perp} . Колебания E_{\parallel} пройдут через поляризатор, E_{\perp} – будут полностью задержаны поляризатором.

$$E_{\parallel} = E_0 \cos \alpha$$

Интенсивность света пропорциональна квадрату амплитуды вектора E :
 $I = E^2$. Значит

$$I = I_0 \cos^2 \alpha \quad \text{— закон Малюса} \quad (1)$$

Интенсивность плоскополяризованного света, прошедшего через поляризатор, пропорциональна квадрату косинуса угла между направлением колебаний вектора E и плоскостью поляризатора.

В (1) не учтены потери света, связанные с отражением, рассеянием, поглощением света поляризатором. Если коэффициент потерь k , то

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

Поляризация света при отражении и преломлении. Закон Брюстера.

Если на границу раздела двух диэлектриков (например, вода-стекло) падает естественный свет, то имеет место его отражение и преломление. Анализ отраженного и преломленного лучей с помощью поляризатора показывает, что оба луча в общем случае частично поляризованы и степень их поляризации зависит от угла падения естественного света и показателя преломления второй среды относительно первой (n_{21}).

Если угол падения удовлетворяет условию

$$\operatorname{tg} \alpha_B = n_{21}, \quad (3)$$

то отраженный луч полностью линейно поляризован, степень поляризации преломленного луча максимальна и угол между отраженным и преломленным лучами равен 90° (Рис. 5). Это утверждение называется *законом Брюстера*, а угол α_B — углом Брюстера, или углом полной поляризации.

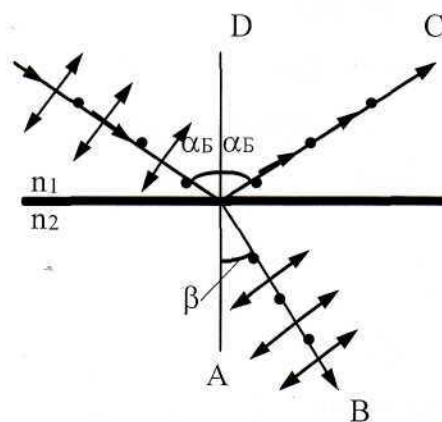


Рис. 5

Докажем, что угол между отраженным и преломленным лучами равен 90° .
 Из закона Брюстера

$$\frac{\sin \alpha_B}{\cos \alpha_B} = n_{21} \quad (4)$$

По закону преломления

$$\frac{\sin \alpha_B}{\sin \beta} = n_{21} \quad (5)$$

Из (4) и (5) следует, что

$$\cos \alpha_B = \sin \beta$$

Это имеет место в том случае, если $\alpha_B + \beta = 90^\circ$. Угол между отраженным и преломленным лучами равен $180 - (\alpha_B + \beta) = 90^\circ$ (Рис. 5).

При угле падения, равном углу Брюстера, в отраженном луче остаются только колебания, перпендикулярные к плоскости падения (на Рис. 5 они обозначены точками), а в преломленном луче преобладают колебания, параллельные плоскости падения (на Рис. 5 эти колебания изображены стрелками).

Явление поляризации света и особенности взаимодействия поляризованного света с веществом нашли широкое применение в научных исследованиях оптических свойств кристаллов, характера поведения газообразных, жидких и твердых тел в электрических и магнитных полях, для исследования космических объектов в астрофизике.

Поляризованный свет широко используется во многих областях техники, например, при необходимости плавной регулировки светового потока, при исследовании напряжений в прозрачных средах, при некоторых методах записи и считывания информации оптическими методами, при создании модуляторов света и пр.

Вопросы к зачету

Что собой представляет свет согласно теории Максвелла?

Какой свет называется естественным?

Какой свет называется поляризованным?

Какой свет называется линейно поляризованным?

Что называется поляризатором?

Что называется поляроидами?

Сформулируйте закон Малюса.

Сформулируйте закон Брюстера.

Расскажите о применении поляризации света в технике и научных исследованиях.