

ТЕМА: Поляризация света

Поляризацией света называется физическая характеристика оптического излучения, которая описывает поперечную анизотропию световых волн.

Иногда **поляризацией света** называют процесс получения поляризованного света из естественного или частично поляризованного.

Свет и его природа

Светом называются электромагнитные волны с длиной волны от 380 нм до 760 нм, воспринимаемые органами зрения человека (1 нм (нанометр) = 10^{-9} м).

Электромагнитной волной называется распространяющееся в пространстве переменное электромагнитное поле.

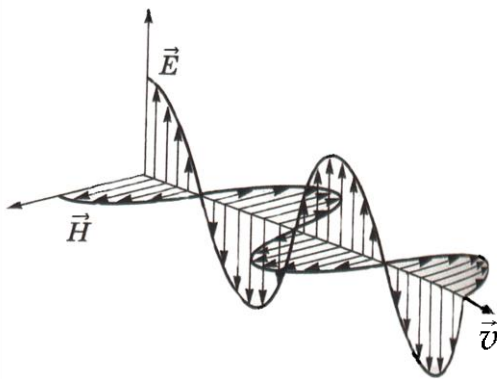


Рис. 1 Распределение проекций векторов E и H в электромагнитной волне по направлению её распространения

В электромагнитной волне вектора напряжённости электрического поля \vec{E} и напряжённости магнитного поля \vec{H} колеблются синфазно (то есть одновременно достигают максимальных и минимальных значений) во взаимно перпендикулярных плоскостях (то есть $\vec{E} \perp \vec{H}$) и одновременно перпендикулярно вектору скорости \vec{v} распространения волны (то есть

$\vec{E} \perp \vec{v}$ и $\vec{H} \perp \vec{v}$). Причём в любой момент времени выполняется условие

$$\varepsilon\varepsilon_0 E^2 = \mu\mu_0 H^2,$$

где ε (эпсилон) - диэлектрическая проницаемость вещества, в котором распространяется электромагнитная волна, безразмерная;

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}} - \text{электрическая постоянная};$$

E - напряжённость электрического поля волны, $\frac{\text{В}}{\text{м}}$;

μ (мю) - магнитная проницаемость вещества, в котором распространяется электромагнитная волна;

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}} - \text{магнитная постоянная};$$

H - напряжённость магнитного поля волны, $\frac{\text{А}}{\text{м}}$.

Виды поляризованного света

Поляризованным называется свет, в котором направления колебаний вектора \vec{E} каким-либо образом упорядочены.

Различают три вида поляризованного света: плоскополяризованный, эллиптически-поляризованный и циркулярно поляризованный свет.

Плоскополяризованным или **линейно-поляризованным** называется свет, при распространении которого вектор \vec{E} колеблется всё время в какой-либо одной плоскости.

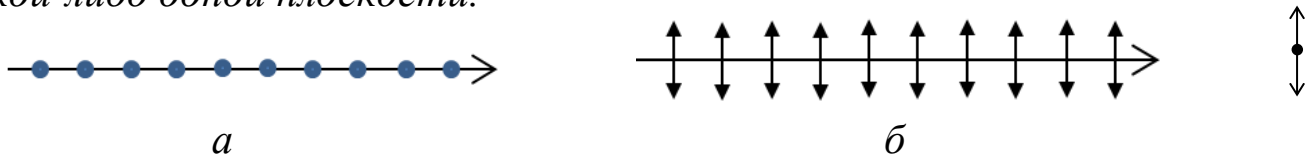
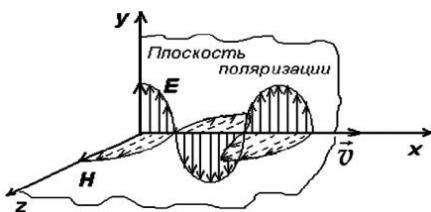


Рис. 2 Изображение **плоскополяризованного** света на чертежах

- Если вектор \vec{E} плоскополяризованного света колеблется в плоскости перпендикулярной плоскости падения света, то на чертежах он изображается точками • • (см. рис.2 (а)).
- Если вектор \vec{E} плоскополяризованного света колеблется в плоскости падения света, то на чертежах он изображается чёрточками $\uparrow\downarrow$ (см. рис.2 (б)).

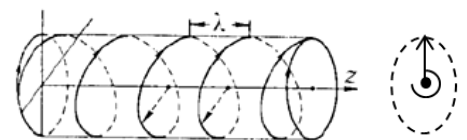
Плоскостью падения света называется плоскость, проходящая через падающий луч и перпендикуляр, восстановленный в точку падения к границе раздела двух сред.



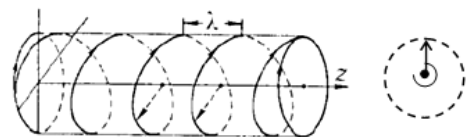
(этот рисунок можете не делать)

Плоскостью поляризации света называется плоскость, проходящая через направление колебаний вектора \vec{E} плоскополяризованного света и направление распространения этой волны.

Эллиптически-поляризованным называется свет, при распространении которого, конец вектора \vec{E} описывает эллипс.



Циркулярно поляризованным или **поляризованным по кругу** называется свет, при распространении которого, конец вектора \vec{E} описывает окружность.



Естественным или **неполяризованным** называется свет, при распространении которого в каждый момент времени направление колебаний вектора \vec{E} непредсказуемо и все направления перпендикулярные распространению световой волны оказываются равновероятными.

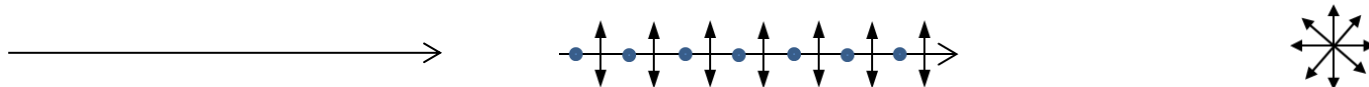


Рис. 3 Изображение *естественного* света на чертежах

Чаще всего имеется какое-либо преимущественное направление колебаний вектора \vec{E} .

Частично поляризованным называется свет, при распространении которого, вектор \vec{E} колеблется в каком-либо преимущественном направлении.

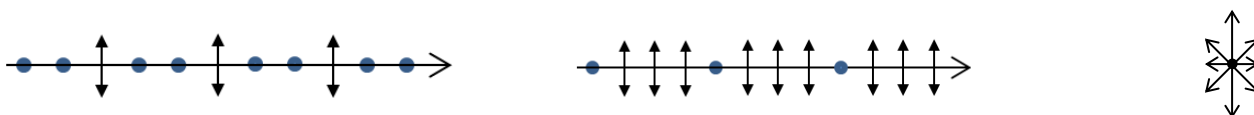


Рис. 4 Изображение *частично поляризованного* света на чертежах

Для получения и анализа поляризованного света применяют специальные приборы: **поляризаторы** и **анализаторы**.

Поляризатором называется устройство для получения поляризованного света.

Человеческий глаз не отличает естественный свет от поляризованного, поэтому для анализа поляризации света используют устройство, называемое **анализатором**.

Анализатором называется устройство для анализа вида и степени поляризации поляризованного света.

Степенью поляризации света называется скалярная величина, равная

$$P = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}},$$

где I_{max} и I_{min} соответственно максимальная и минимальная интенсивности света, пропускаемого анализатором.

- для естественного света $I_{max} = I_{min}$ и, следовательно, $P = 0$,
- для линейно поляризованного света $I_{min} = 0$ и, следовательно, $P = 1$,
- для частично поляризованного света $I_{max} \neq I_{min}$ и, следовательно,
 $0 < P < 1$.

Главной плоскостью поляризатора (плоскостью пропускания поляризатора) называется плоскость, в которой колеблется вектор \vec{E} , после прохождения через поляризатор линейно-поляризованного света.

(аналогичное определение для главной плоскости анализатора).

Способы получения линейно поляризованного света

Для получения полностью или частично поляризованного света обычно используют одно из трёх физических явлений:

- поляризация света при его отражении и преломлении на границе раздела двух диэлектриков,
- явление двойного лучепреломления,
- явление линейного дихроизма.

Поляризация света при его отражении и преломлении на границе раздела двух диэлектриков

При падении естественного света на границу двух диэлектриков (например, воздух и стекло), отражённый и преломлённый лучи оказываются частично поляризованными во взаимно перпендикулярных направлениях, причём, в отражённом луче вектор \vec{E} совершает колебания преимущественно в плоскости перпендикулярной плоскости падения света, а в преломлённом луче, преимущественно в плоскости падения света.

Плоскостью падения света называется плоскость, проходящая через падающий луч и перпендикуляр, восстановленный в точку падения к границе раздела двух сред.

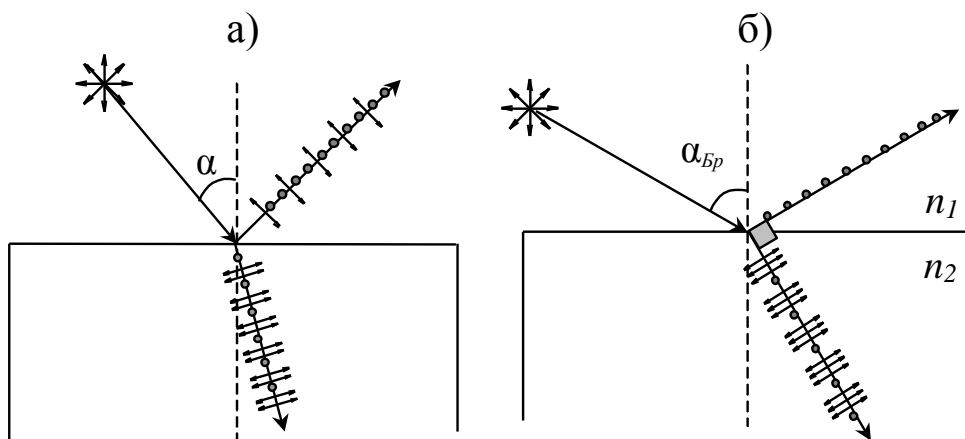


Рис. 6

Степень поляризации P этих лучей зависит от их угла падения α на диэлектрик.

Сначала степень поляризации P монотонно возрастает с увеличением угла падения α (см. случай а) на рис. 6 и достигает своего максимального значения P_{max} при угле α_{Br} , называемом **углом Брюстера** (см. случай б) на рис. 6), а затем монотонно убывает.

При падении естественного света под углом Брюстера α_{Br} отражённый луч оказывается линейно поляризованным (то есть $P = 1$), а преломлённый луч достигает своей максимальной степени поляризации (то есть P_{max}) и оказывается перпендикулярным к отражённому лучу (см. рис. 6 случай б)).

Угол Брюстера α_{Br} , при котором наблюдается линейная поляризация отражённого от границы раздела двух диэлектриков света, определяется по **закону Брюстера**:

Тангенс угла Брюстера $tg \alpha_{Br}$ равен относительному показателю преломления n_{21} второй среды относительно первой:

$$tg \alpha_{Br} = n_{21},$$

где $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$ — относительный показатель преломления второй среды

относительно первой,

а n_1 и n_2 — абсолютные показатели преломления первой и второй среды соответственно.

Явление двойного лучепреломления

Двойным лучепреломлением называется явление раздвоения падающего на анизотропную среду (например, на прозрачный кристалл) светового луча, обусловленное зависимостью скорости распространения света в этой среде (т.е. показателя преломления среды n) от направления колебания вектора \vec{E} в световой волне.

У кристаллов, обладающих двойным лучепреломлением, существует одно (**одноосные кристаллы**) или два (**двуосные кристаллы**) направления, в которых раздвоения луча не происходит. Это направление называется **оптической осью кристалла**.

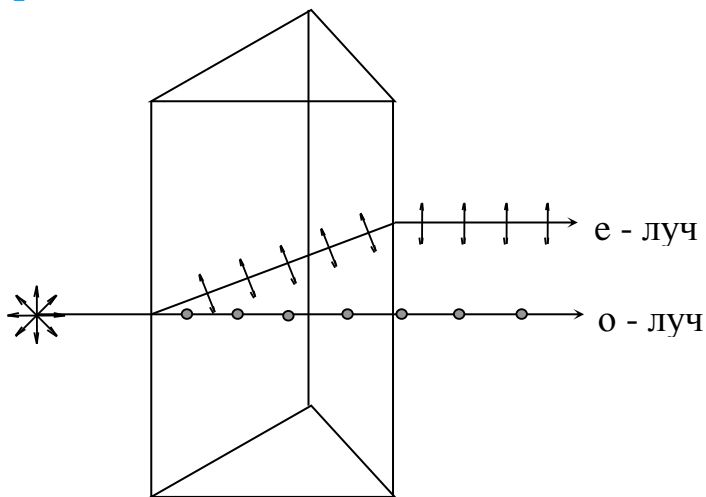


Рис. 7

При падении неполяризованной световой волны на одноосный кристалл она расщепляется на два луча со взаимно перпендикулярными плоскостями поляризации.

Один из лучей имеет плоскость поляризации перпендикулярную главному сечению кристалла и подчиняется законам геометрической оптики (этот луч называют **обыкновенным** и обозначают **o - лучом**), а другой луч имеет плоскость поляризации параллельную главному

сечению кристалла и не подчиняется законам геометрической оптики (поэтому этот луч называют **необыкновенным** и обозначают **e - лучом**).

Таким образом, при выходе из кристалла оба луча оказываются линейно поляризованными во взаимно перпендикулярных плоскостях.

Главным сечением кристалла называется плоскость, проходящая через направление падающего светового луча и оптическую ось кристалла.

Явление линейного дихроизма

Линейным дихроизмом называется явление, при котором среды, обладающие двойным лучепреломлением, неодинаково поглощают лучи с разными плоскостями поляризации.

Например, пластинка из кристалла **турмалина** толщиной всего в 1 мм пропускает свет уже только одного направления колебаний вектора \vec{E} и полностью поглощает свет всех других направлений.

Поэтому такие пластинки раньше использовали в качестве поляризаторов.

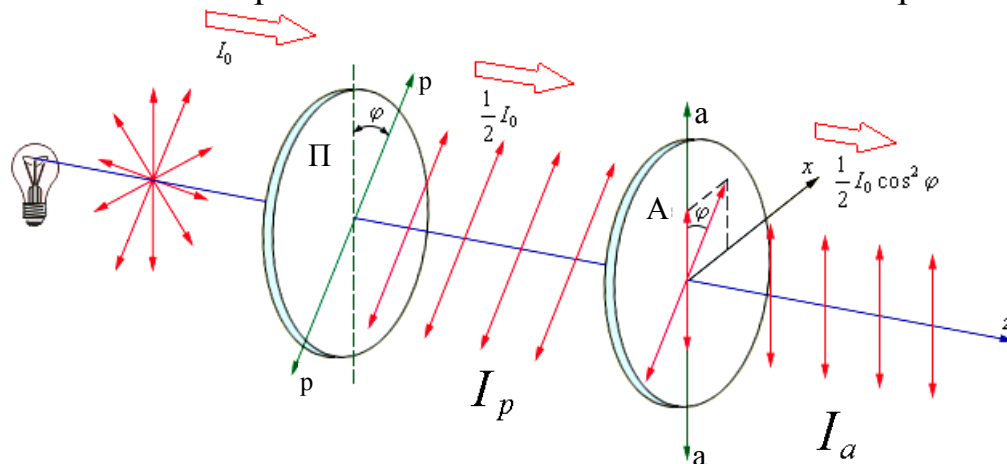


Рис. 8

На рис. 8 поляризатор Π преобразует падающий на него естественный свет интенсивностью I_0 в плоскополяризованный, интенсивность которого при прохождении через поляризатор уменьшается в два раза, то есть, $I_p = \frac{1}{2} I_0$, а затем этот свет проходит через анализатор A , который, в свою очередь ослабляет свет ещё в $\cos^2 \varphi$, где φ (фи) - это угол между главными плоскостями поляризатора $p - p$ и анализатора $a - a$.

Интенсивность света, прошедшего через анализатор I_a , можно определить по **закону Малюса**:

Интенсивность света, прошедшего через анализатор I_a , равна интенсивности линейно поляризованного света, падающего на анализатор I_p , умноженной на квадрат косинуса угла $\cos^2 \varphi$ между плоскостью поляризации падающего на анализатор света и плоскостью пропускания анализатора:

$$I_a = I_p \cos^2 \varphi .$$