

Вопросы:

- 1. Естественный и поляризованный свет. Закон Малюса.**
- 2. Поляризация при отражении и преломлении света. Закон Брюстера.**
- 3. Поляризационные явления и устройства.**

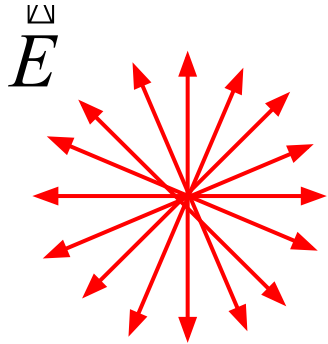
Поляризацией света

называется комплекс оптических явлений, определяемых степенью упорядоченности направлений колебаний вектора напряженности электрического поля световой волны (светового вектора).

Поляризация света доказывает поперечность световых волн, т.е. взаимную перпендикулярность направлений колебаний светового вектора E и направления вектора фазовой скорости волны V .



Плоскость, в которой происходят колебания светового вектора E , называется *плоскостью колебаний*.



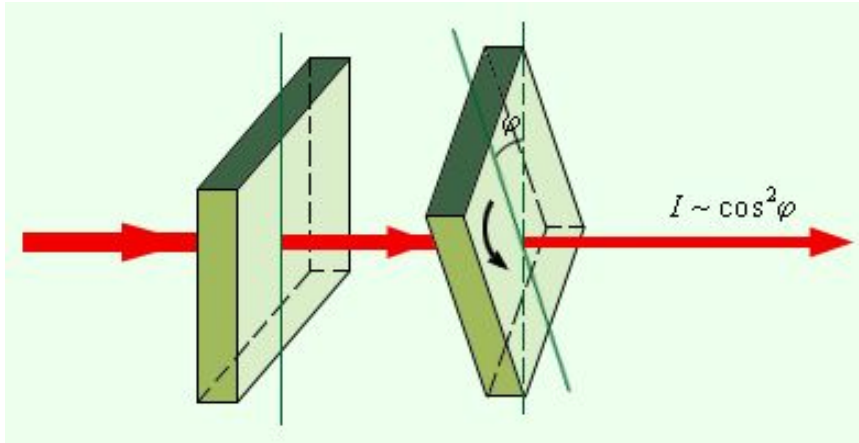
Естественный свет – это свет, в котором направления колебаний светового вектора в плоскости колебаний никак не упорядочены, т.е. являются произвольными и равновероятными.

Равномерное распределение направлений светового вектора в естественном свете объясняется большим числом атомных излучателей, а равенство амплитуд – одинаковой в среднем интенсивностью излучения каждого из атомов.

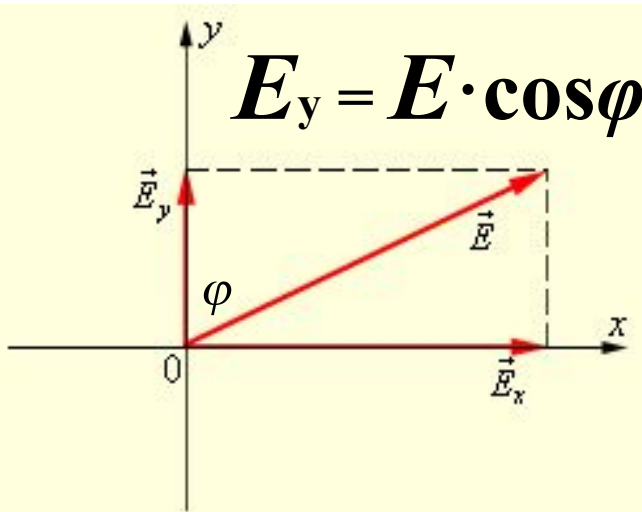


Плоскополяризованный (или линейно поляризованный) свет – это свет, в котором вектор \vec{E} колеблется строго в одном направлении, т.е. колебания светового вектора в плоскости колебаний максимально упорядочены.

Поляризаторы – это устройства для преобразования естественного света в плоскополяризованный (например, кристаллическая пластинка из турмалина).



Плоскость поляризации – плоскость, проведенная через направление колебаний светового вектора плоскополяризованной волны и направление распространения этой волны.



Закон Малюса. При повороте плоскости поляризации интенсивность прошедшего через поляризатор света уменьшается пропорционально квадрату косинуса угла поворота:

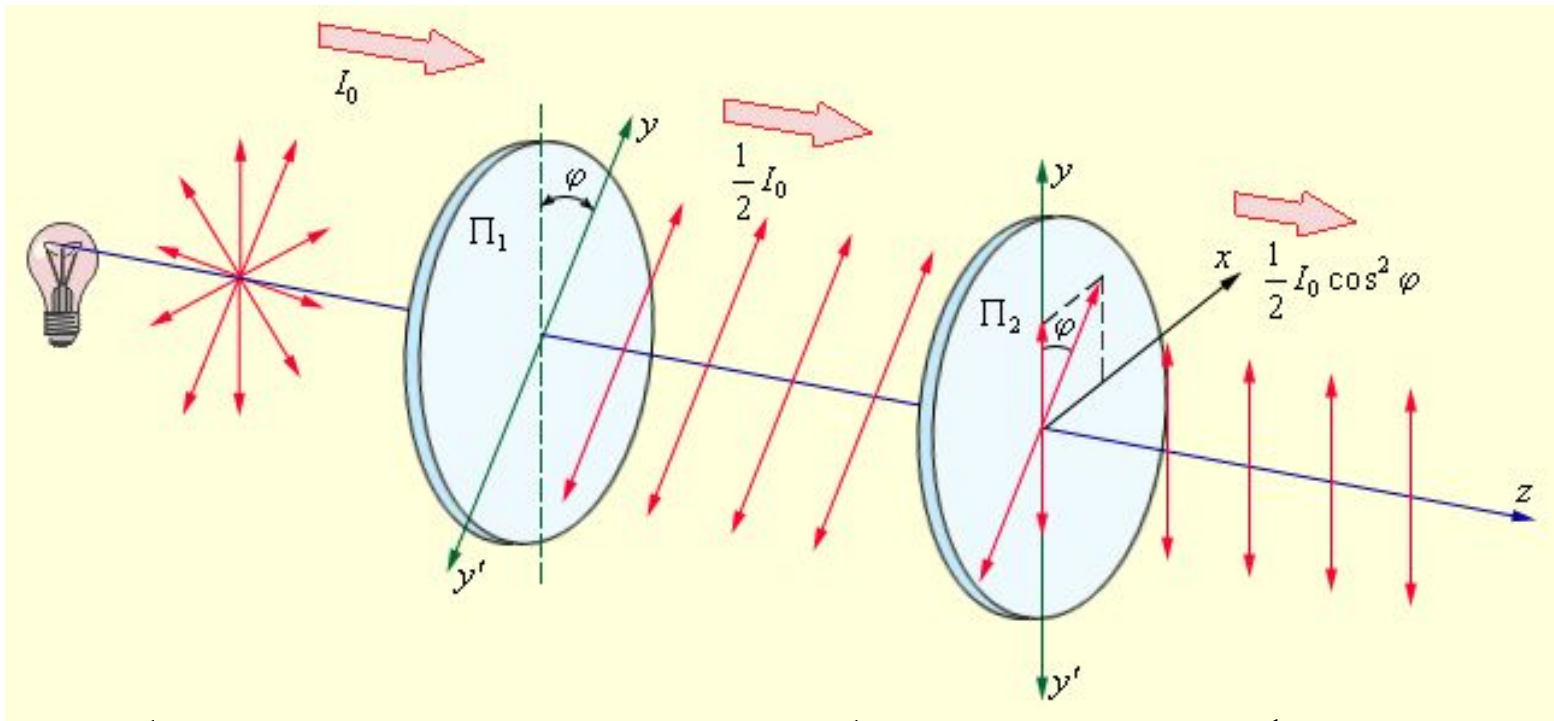
$$I = I_0 \cos^2 \varphi$$

Следствие: доля естественного

света, проходящего через поляризатор, равна

$$\langle \cos^2 \varphi \rangle = \frac{1}{2}.$$

Прохождение естественного света через два скрещенных поляризатора

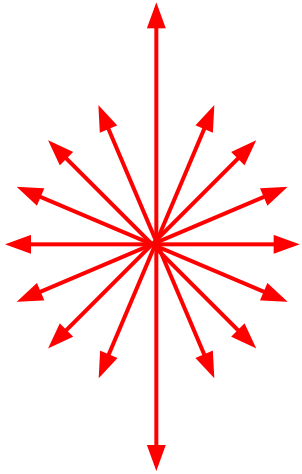


$$I_1 = \frac{1}{2} I_0, \quad \text{ò.ê.} \quad \langle \cos^2 \varphi \rangle = \frac{1}{2} \quad I_2 = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \varphi$$

Для *неидеальных* поляризаторов (ρ_1, ρ_2 – коэффициенты потерь света в поляризаторах):

$$I_2 = \frac{1}{2} I_0 (1 - \rho_1)(1 - \rho_2) \cos^2 \varphi$$

Частично поляризованный свет – это смесь естественного и плоскополяризованного света, прошедшая через поляризатор.



Для идеального поляризатора:

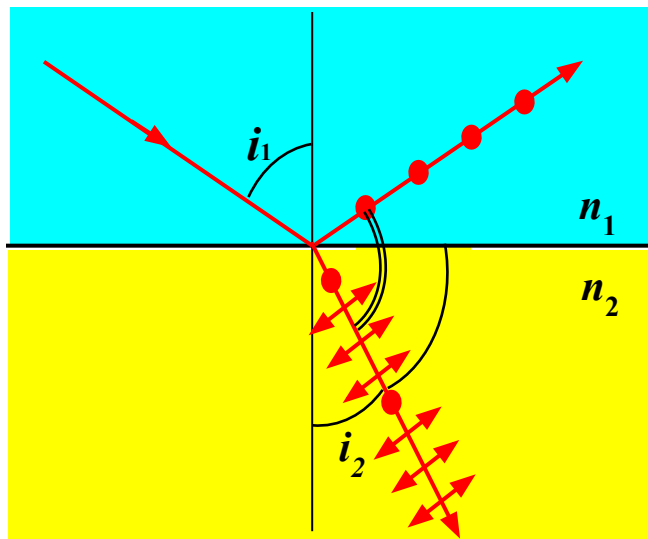
$$I_{\times \ddot{I}\tilde{N}} = \frac{1}{2} I_{\dot{A}\tilde{N}} + I_{\ddot{I}\tilde{N}} \cdot \cos^2 \varphi$$

$$I_{\min} \leq I_{\text{ЧПС}} \leq I_{\max}, \text{ где } I_{\min} = \frac{1}{2} I_{\dot{A}\tilde{N}}; \quad I_{\max} = \frac{1}{2} I_{\dot{A}\tilde{N}} + I_{\ddot{I}\tilde{N}} .$$

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} - \text{степень поляризации света.}$$

Для естественного света $P = 0$, для плоскополяризованного света $P = 1$. Для ЧПС: $0 < P < 1$.

Поляризация при отражении и преломлении света на границе двух диэлектриков



При падении света на поверхность диэлектрика (например, стекла) отраженный и преломленный лучи оказываются частично поляризованными: в отраженном луче преобладают колебания вектора E , перпендикулярные к плоскости падения, а в преломленном — колебания, параллельные плоскости падения луча.

При угле падения i_B , называемом углом Брюстера и определяемом соотношением $\operatorname{tg} i_B = n_{21}$ ($n_{21} = n_2/n_1$), отражённый луч становится плоскополяризованным (закон Брюстера).

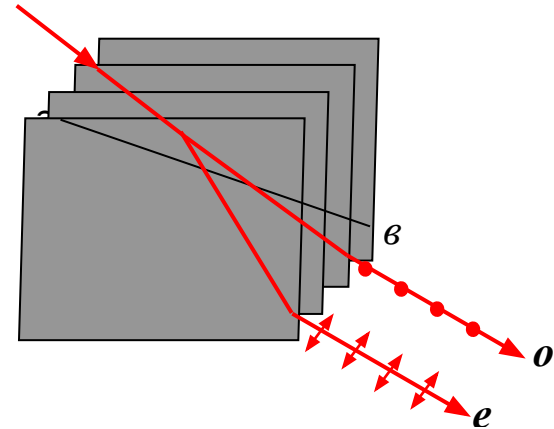
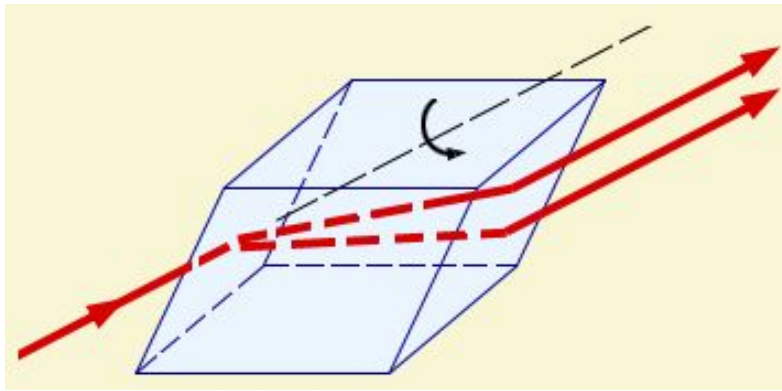
Следствие из закона Брюстера: *при падении луча естественного света на границу раздела под углом Брюстера отраженный и преломленный лучи взаимно перпендикулярны.*

$$\operatorname{tg} i_{\text{Б}} = \frac{\sin i_{\text{Б}}}{\cos i_{\text{Б}}} = \frac{n_2}{n_1}; \quad \frac{\sin i_{\text{Б}}}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad \Rightarrow \quad \cos i_{\text{Б}} = \sin i_2;$$
$$i_{\text{Б}} + i_2 = \pi/2$$

Стеклянная пластинка или любой другой изотропный диэлектрик могут служить поляризаторами, если на них падает луч естественного света под углом Брюстера.

Степень поляризации преломленного света может быть значительно повышена системой одинаковых стеклянных пластинок, расположенных друг за другом. Такая система пластин, называемая *стопой Столетова*, позволяет путем многократных отражений и преломлений добиться получения полностью поляризованного света.

Двойное лучепреломление

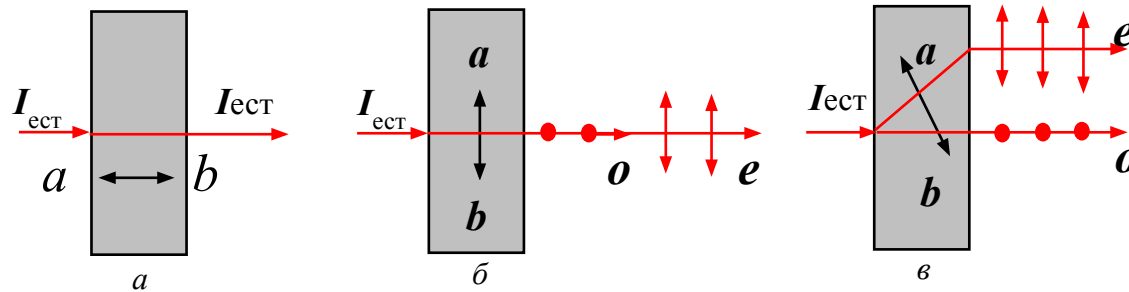


Способность некоторых прозрачных кристаллов (например, исландского шпата CaCO_3) и оптических сред пространственно раздваивать преломленный световой луч, называется *двойным лучепреломлением*.

Оптической осью кристалла называется направление AB , по которому луч света распространяется, не испытывая двойного лучепреломления.

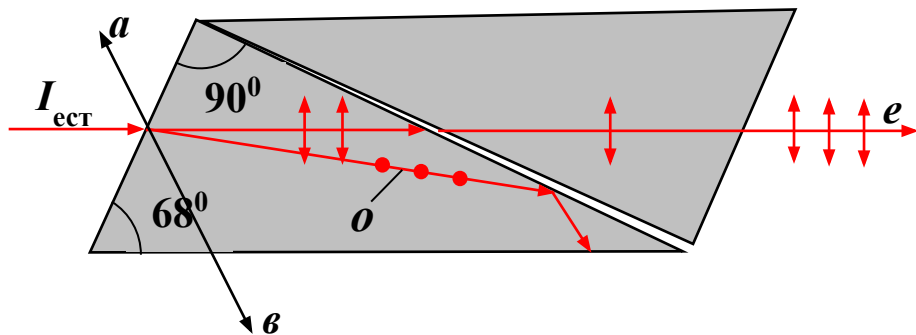
Обыкновенный луч (o-луч) является продолжением первичного луча, необыкновенный луч (e-луч) отклоняется от первоначального направления (для случая: луч \perp ребру крист.)

Свойства обыкновенного и необыкновенного лучей



1. Обыкновенный и необыкновенный лучи имеют одинаковую интенсивность: $I_o = I_e = I_{\text{ест}} / 2$.
2. Оба луча, обыкновенный и необыкновенный, полностью поляризованы во взаимно перпендикулярных плоскостях и являются когерентными.
3. Пространственное разделение луча внутри кристалла обусловлено различием показателей преломления для обыкновенного n_o и необыкновенного n_e лучей.
4. Если свет падает перпендикулярно оптической оси кристалла, то обыкновенный и необыкновенный лучи идут по одному направлению.

Призма Николя



Ход лучей в призме Николя

Призма Николя – самый распространенный способ получения поляризованных лучей с помощью двойного лучепреломления.

Призма Николя представляет собой двойную призму из исландского шпата, склеенную канадским бальзамом. В призме он раздваивается на два луча – *обыкновенный* ($n_o = 1,66$), который испытывает полное отражение, и *необыкновенный* ($n_e = 1,52$), который выходит из призмы.

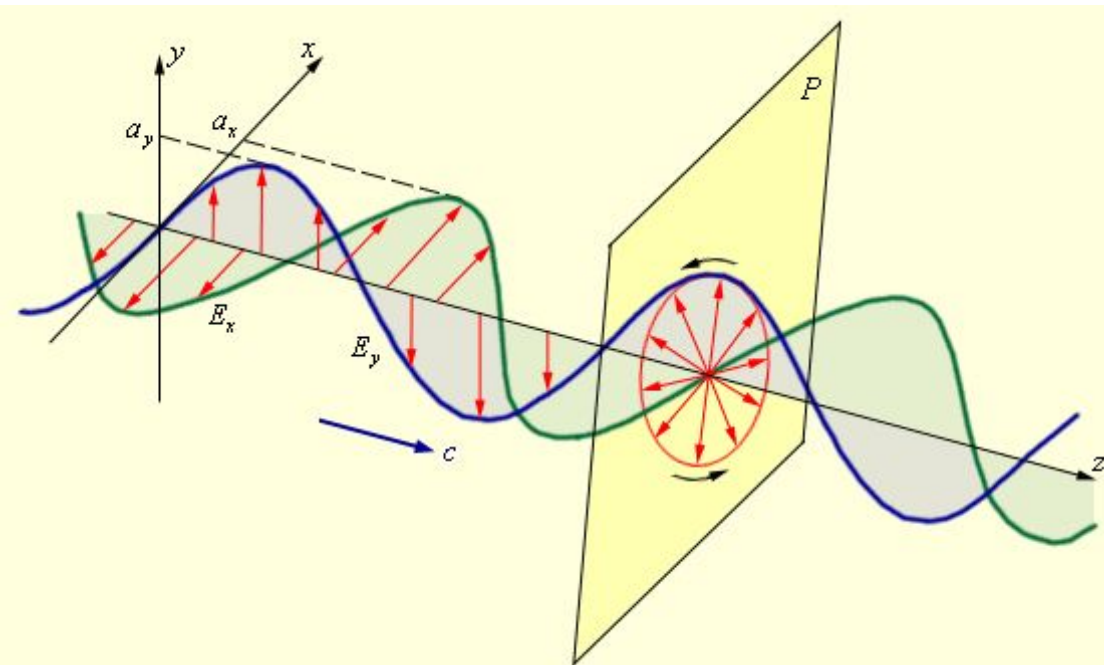
Призма Николя преобразует естественный свет в плоскополяризованный, т.е. является поляризатором.

Пластинка в четверть волны

Кристаллическая пластинка, обладающая двойным лучепреломлением, толщиной $d = \frac{\lambda_0}{4(n_o - n_e)}$

создает оптическую разность хода между *o*- и *e*-лучами:

$$\Delta = (n_o - n_e) \cdot d = \frac{\lambda_0}{4} \text{ (или разность фаз } \Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot \Delta = \frac{\pi}{2} \text{)}.$$



Пластинка в четверть волны превращает плоскополяризованный свет в эллиптически поляризованный и наоборот.

Схема эллиптически поляризованной световой волны

Искусственная оптическая анизотропия – превращение естественно изотропных веществ в оптическую среду с двойным лучепреломлением под действием внешних факторов:

1) механической нагрузки $\sigma = F/S$ (фотоупругость)

$$n_o - n_e = k_1 \sigma$$

Применяется для создания различных устройств кристаллооптики и исследования остаточных механических напряжений в прозрачных материалах.

2) однородного электрического поля (эффект Керра)

$$n_o - n_e = k_2 E^2$$

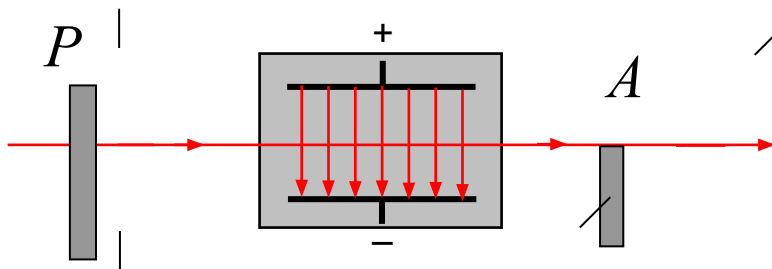


Схема ячейки Керра

Ячейка Керра служит идеальным световым затвором и применяется в скоростной кино- и фотосъемке.

Вращение плоскости поляризации

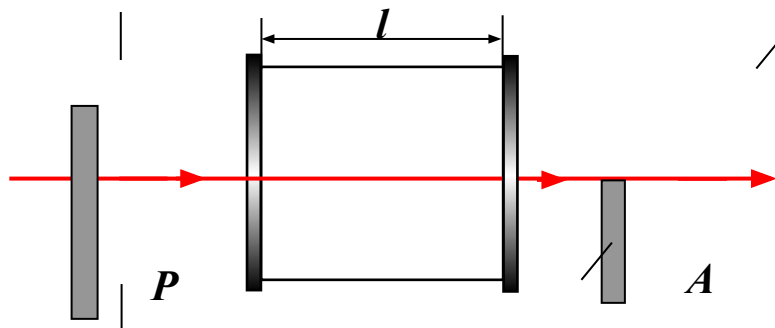


Схема опыта по вращению
плоскости поляризации

Так называемые *оптически активные вещества* обладают способностью вращать плоскость поляризации проходящего через них плоскополяризованного света.

Примеры оптически активных веществ: кварц, скипидар, винная кислота, водные растворы сахара, спирта и др.

В растворах угол поворота плоскости поляризации пропорционален пути света в растворе l и массовой концентрации активного вещества C : $\varphi = [\alpha]lC$.

$[\alpha]$ – *удельное вращение* (определяется из справочных таблиц).

Применяется для точного определения концентрации растворов оптически активных веществ (поляриметрия).