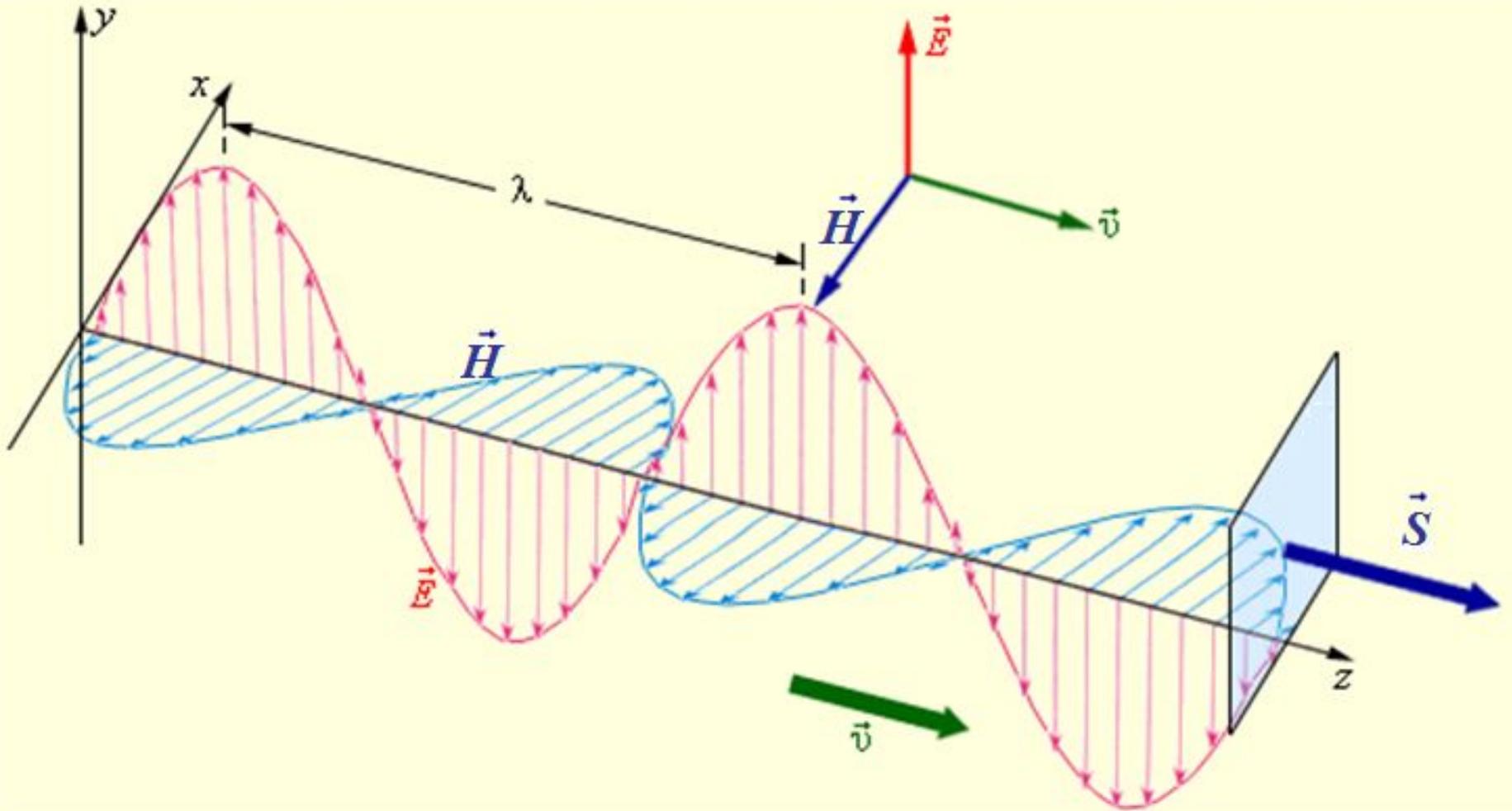
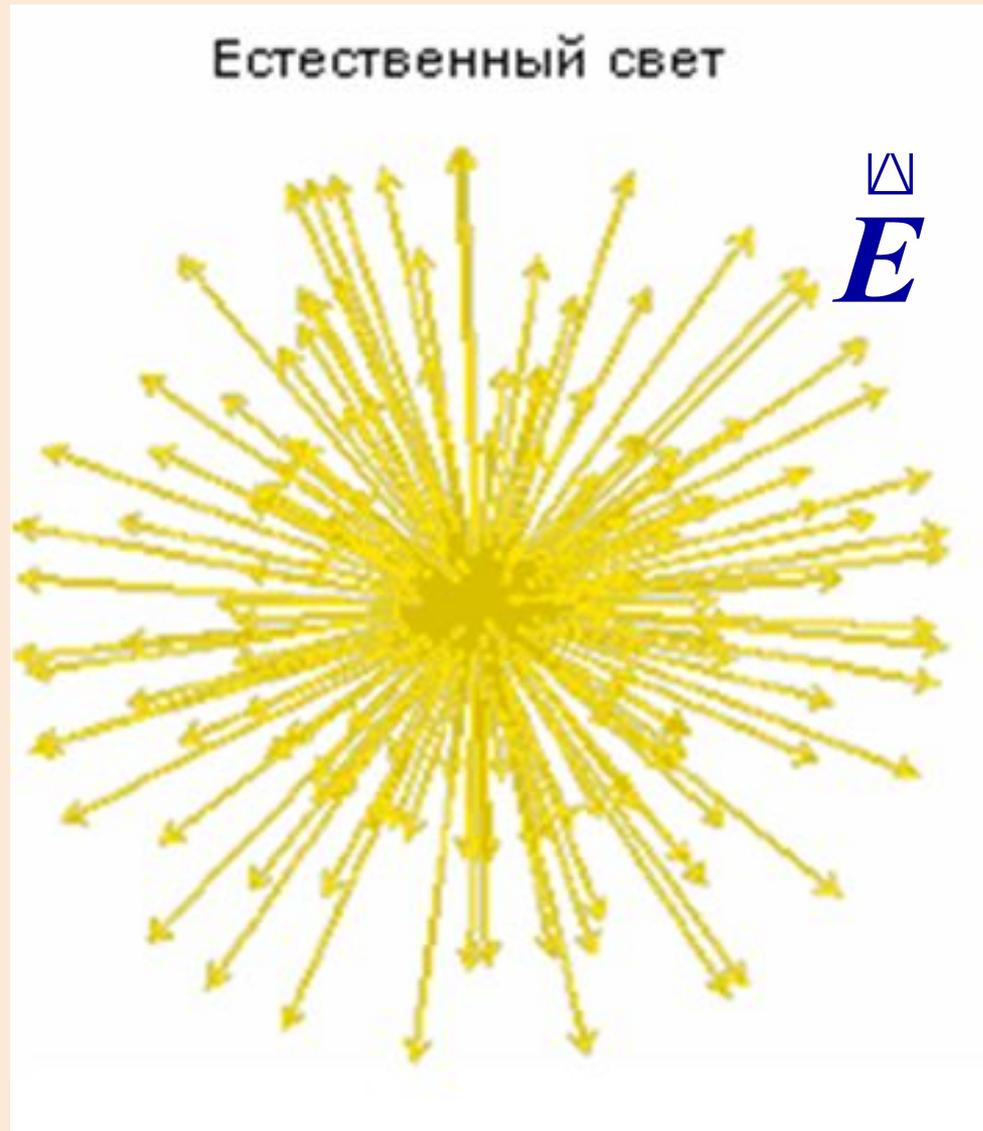


ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА

Синусоидальная (гармоническая)



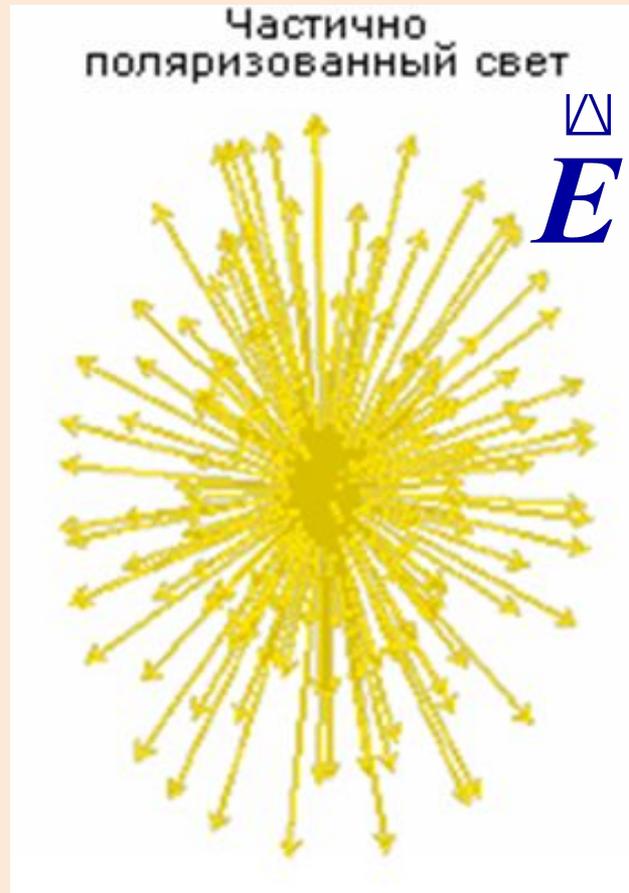
В естественном свете колебания светового вектора



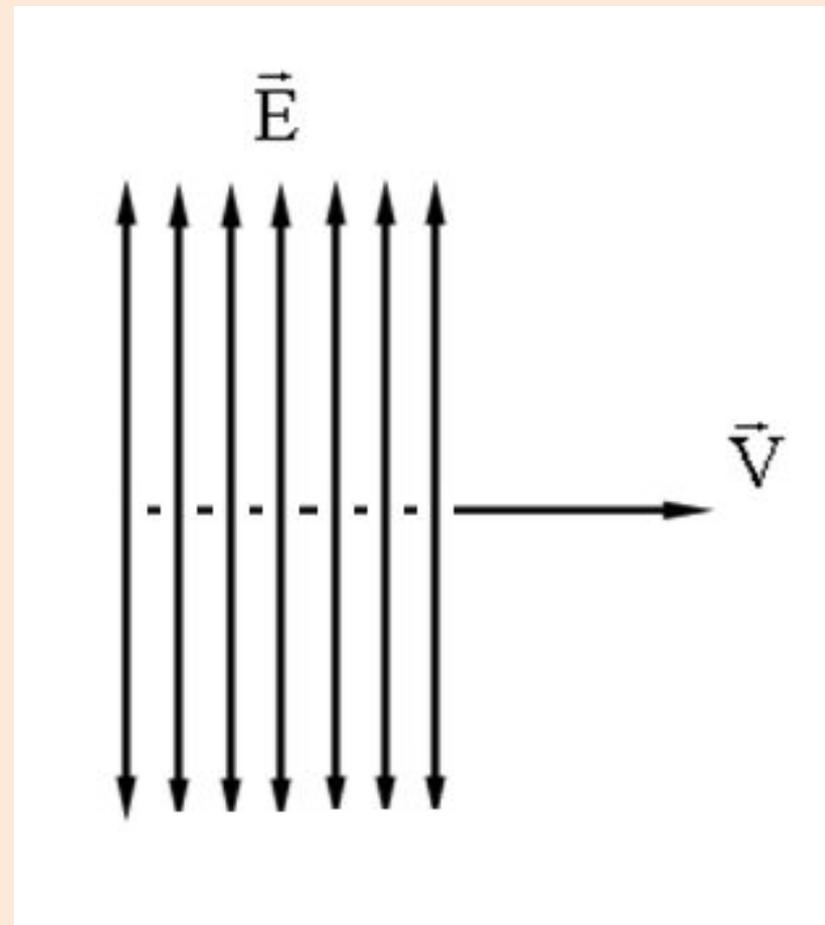
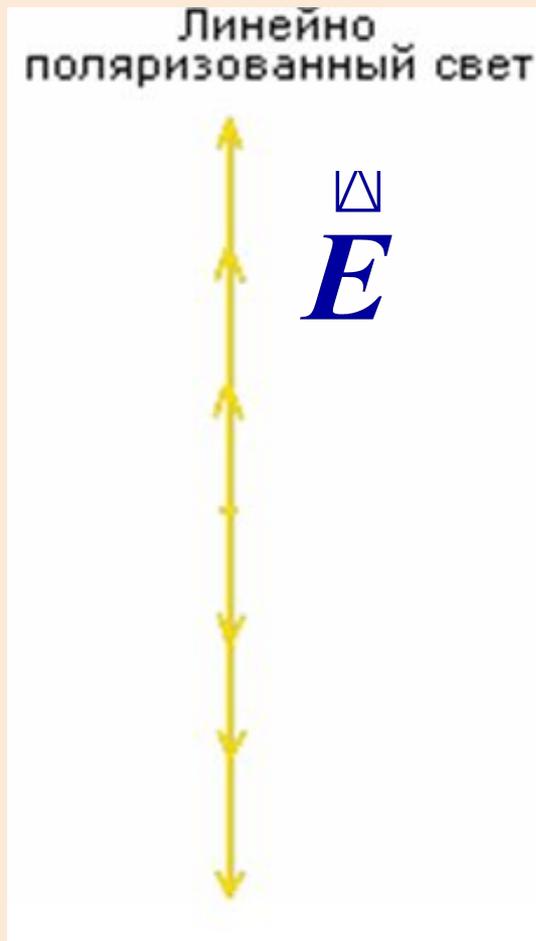
**Если колебания
светового вектора как-
то упорядочены, то
свет называют
поляризованным.**

**Есть несколько видов
поляризации.**

1. Частичная : одно направление колебаний преобладает.



2. Линейная (плоская): колебания происходят только в одном направлении.

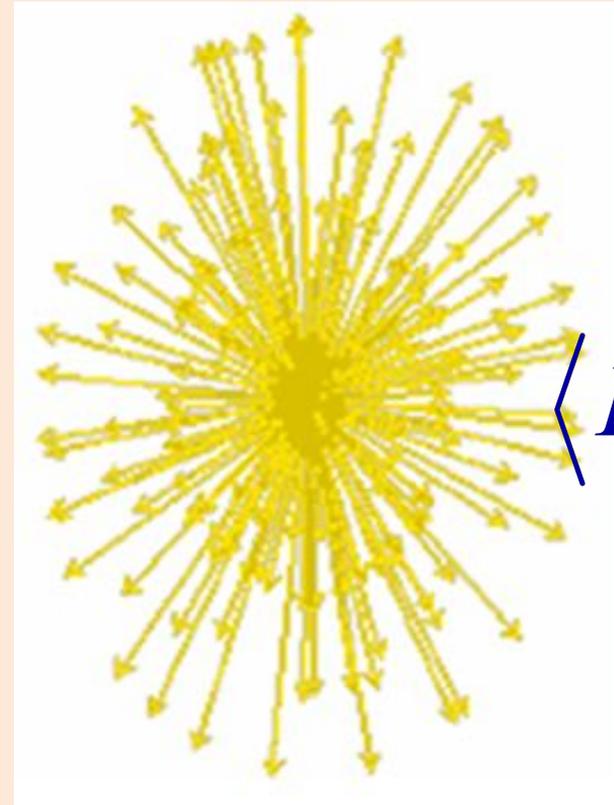


Степень поляризации

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

$$I_{\max} = E_{\max}^2; \quad I_{\min} = E_{\min}^2.$$

$\langle E_{\max} \rangle$



$\langle E_{\min} \rangle$

Для естественного света

$$I_{\max} = I_{\min}$$

$$P = 0$$

Для

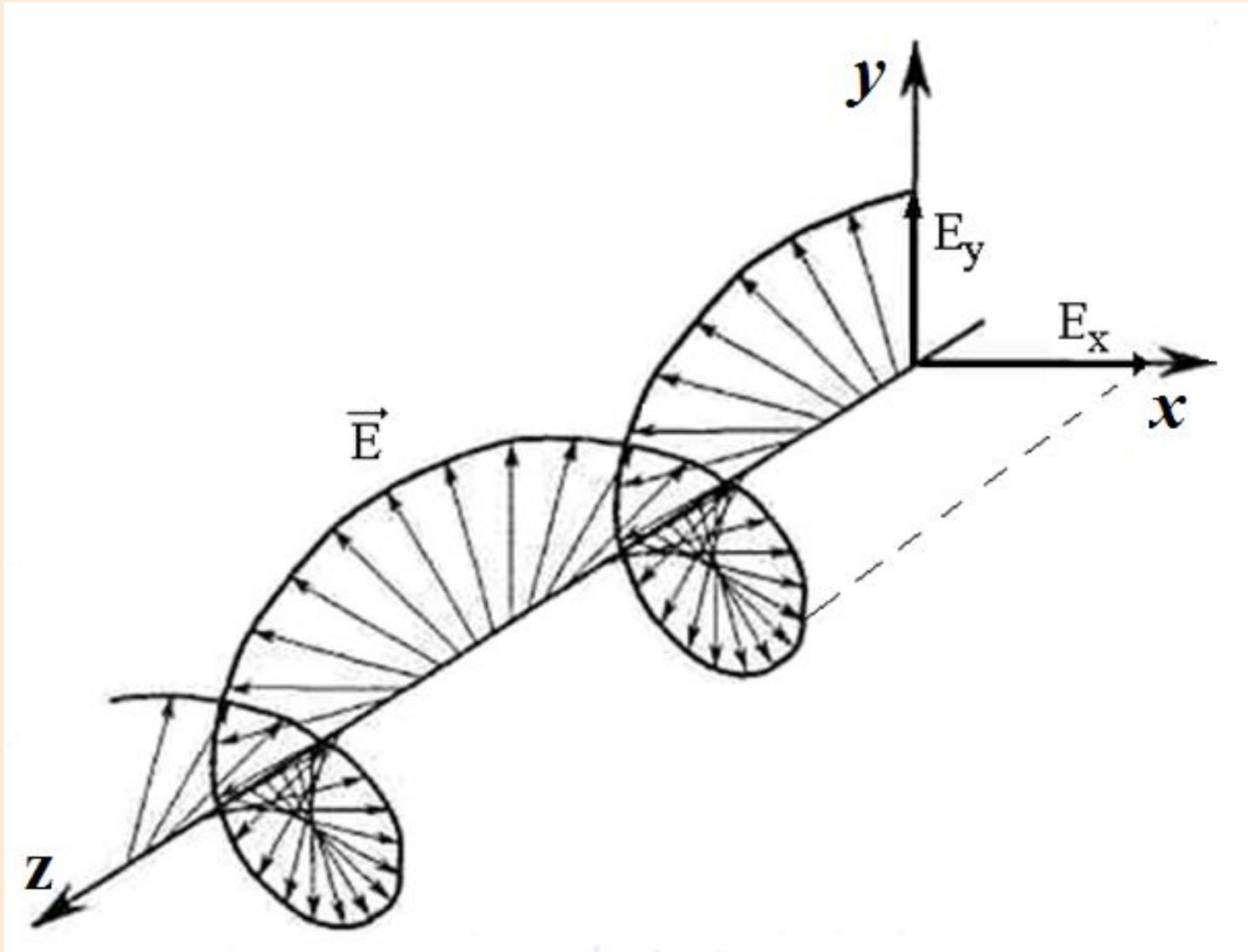
плоскополяризованного

света

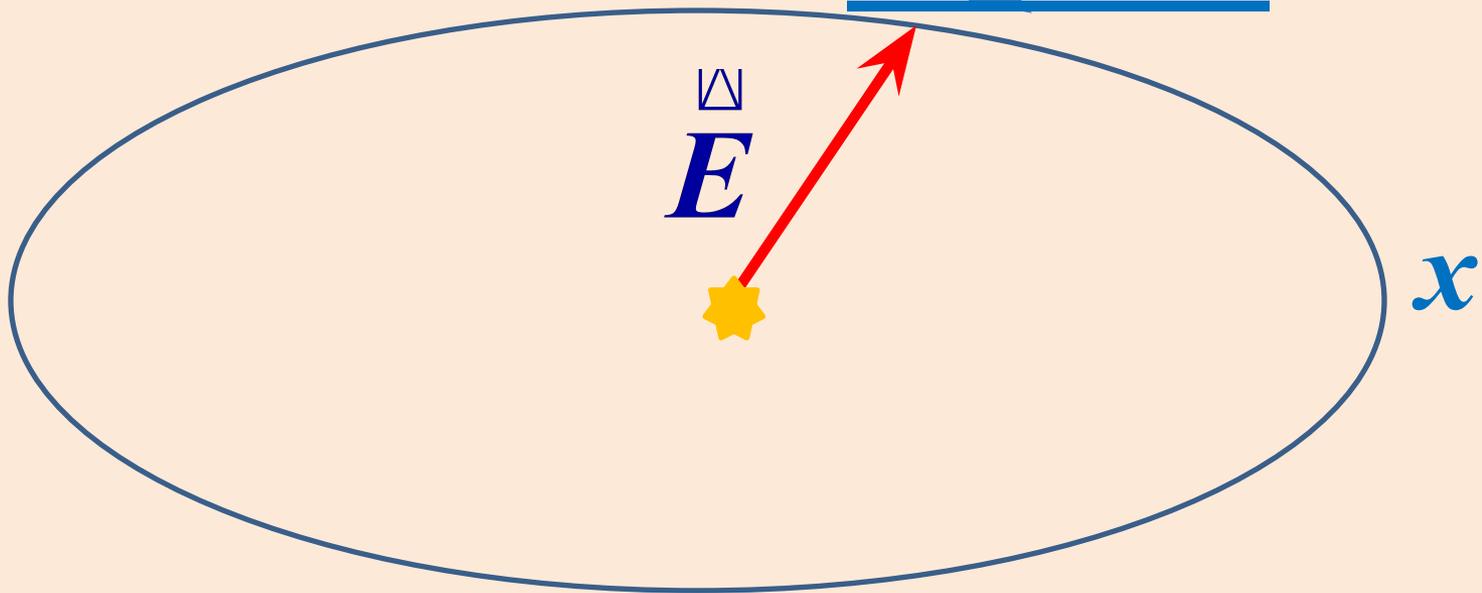
$$I_{\min} = 0$$

$$P = 1$$

3. Эллиптическая.

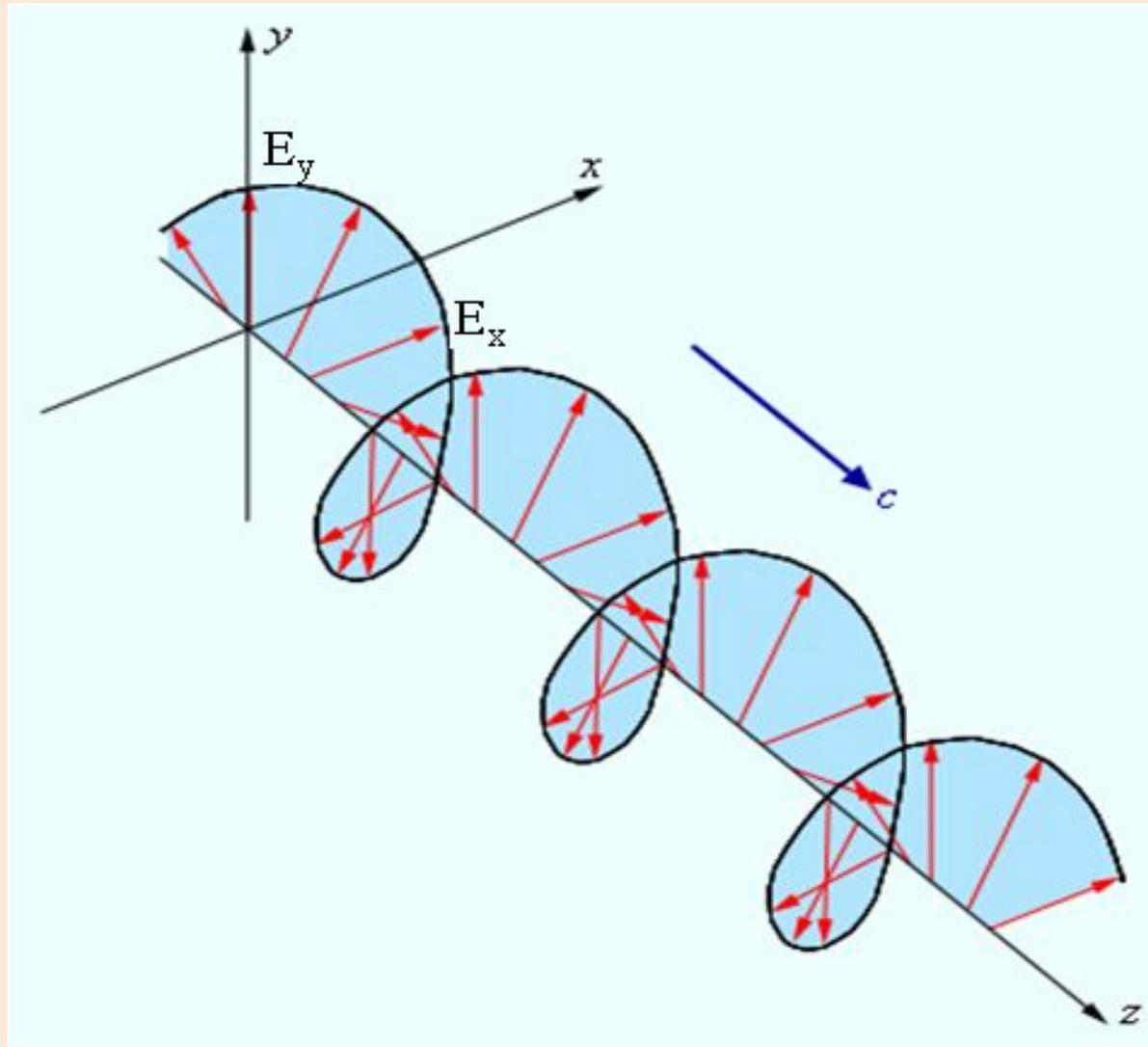


В плоскости xy кончик
светового вектора
выписывает эллипс.

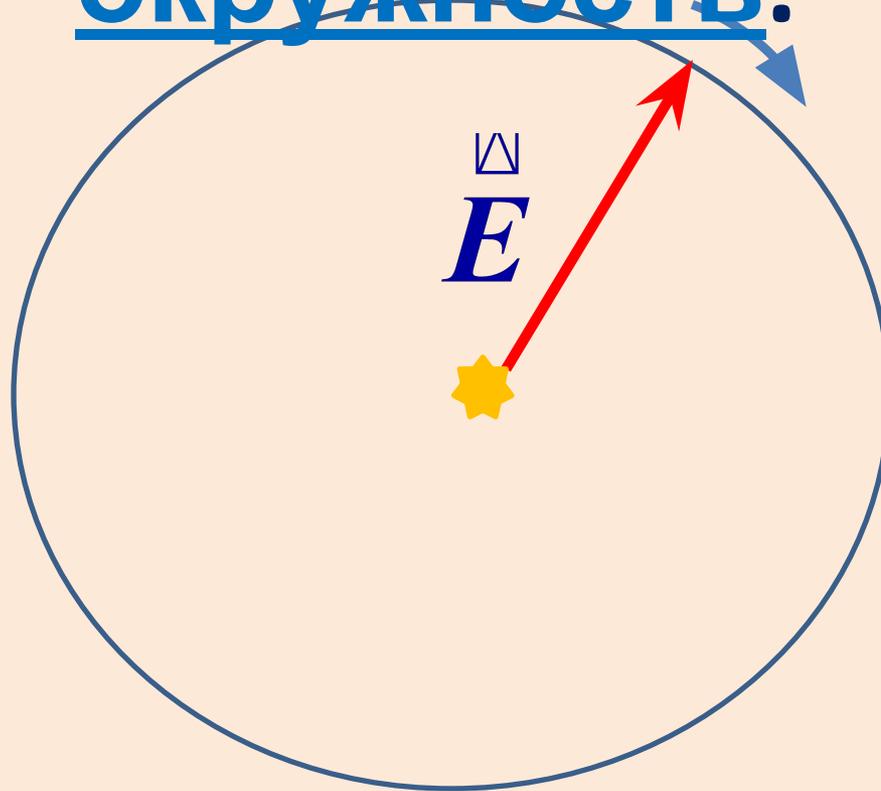


Поляризация м.б.
правовинтовой и
левовинтовой

4. Круговая.

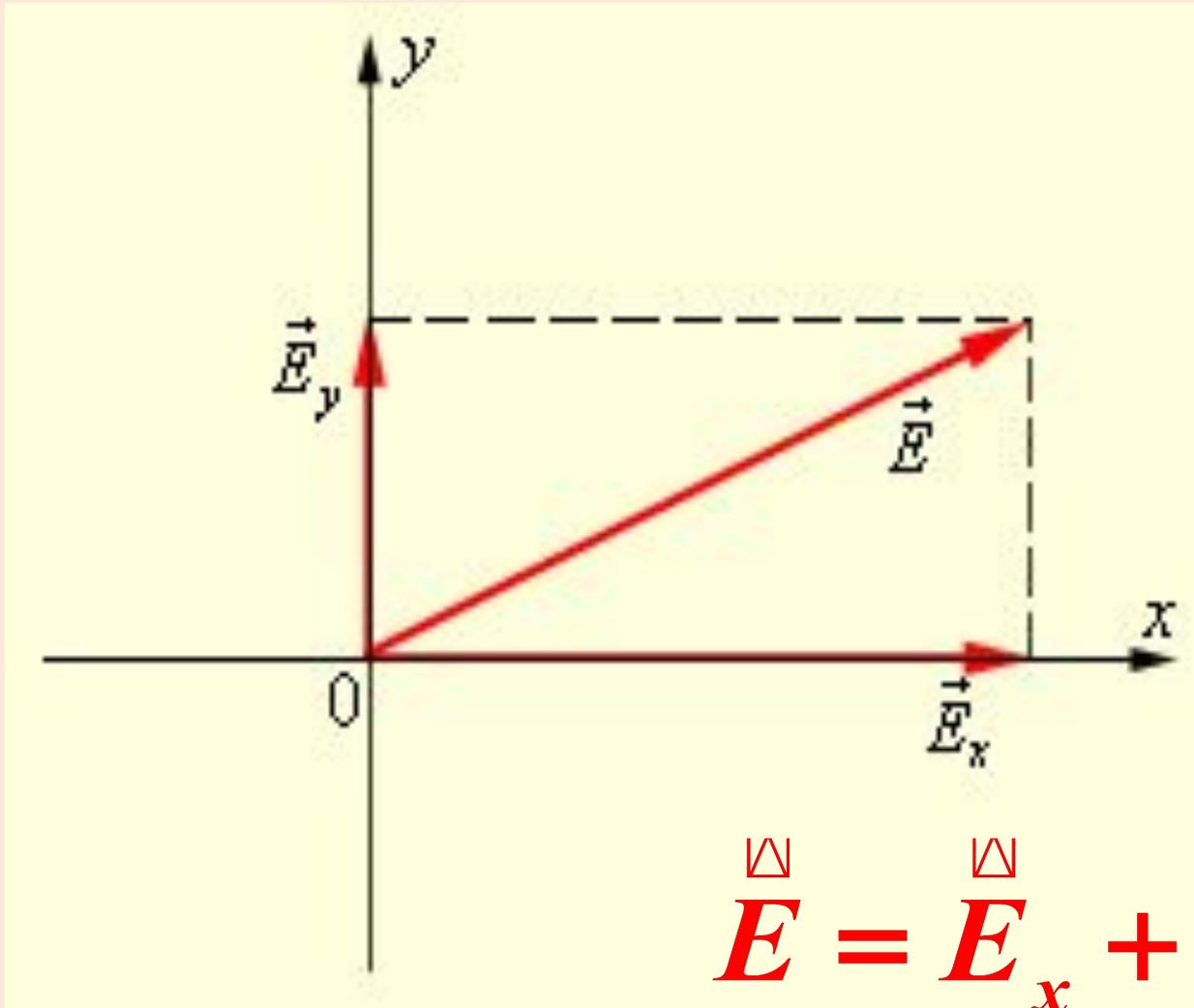


Кончик выписывает окружность.



**Круговая и линейная
поляризации –
частные случаи
эллиптической
поляризации.**

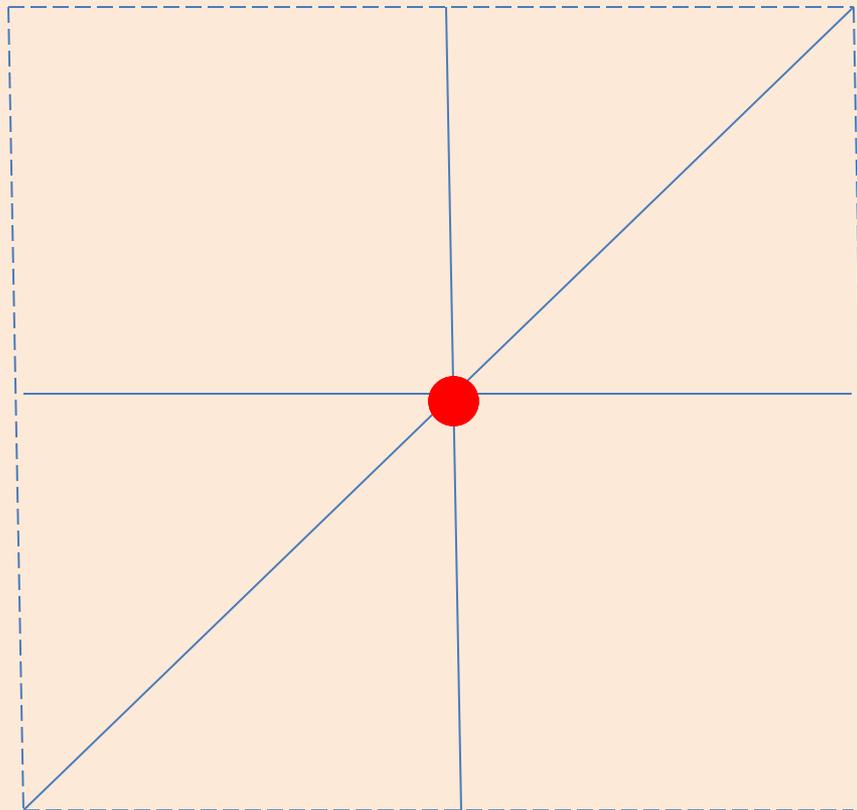
Разложение светового вектора на составляющие



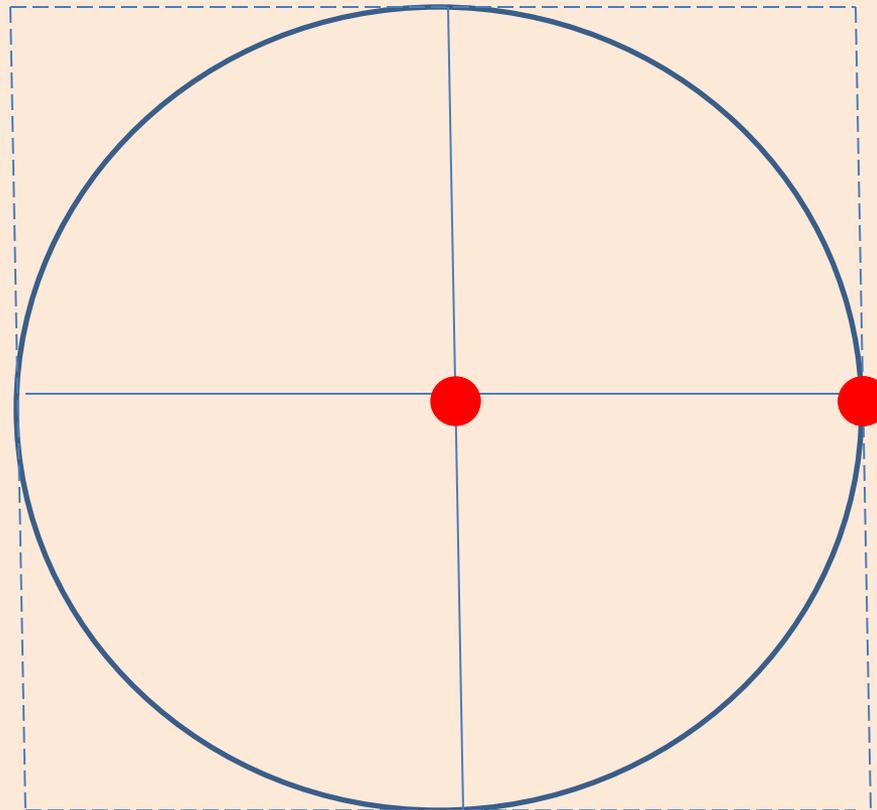
**В естественном свете эти
компоненты некогерентны,
а в поляризованном
когерентны.**

**Пусть колебания
компонент сдвинуты по
фазе на $\Delta\phi$.**

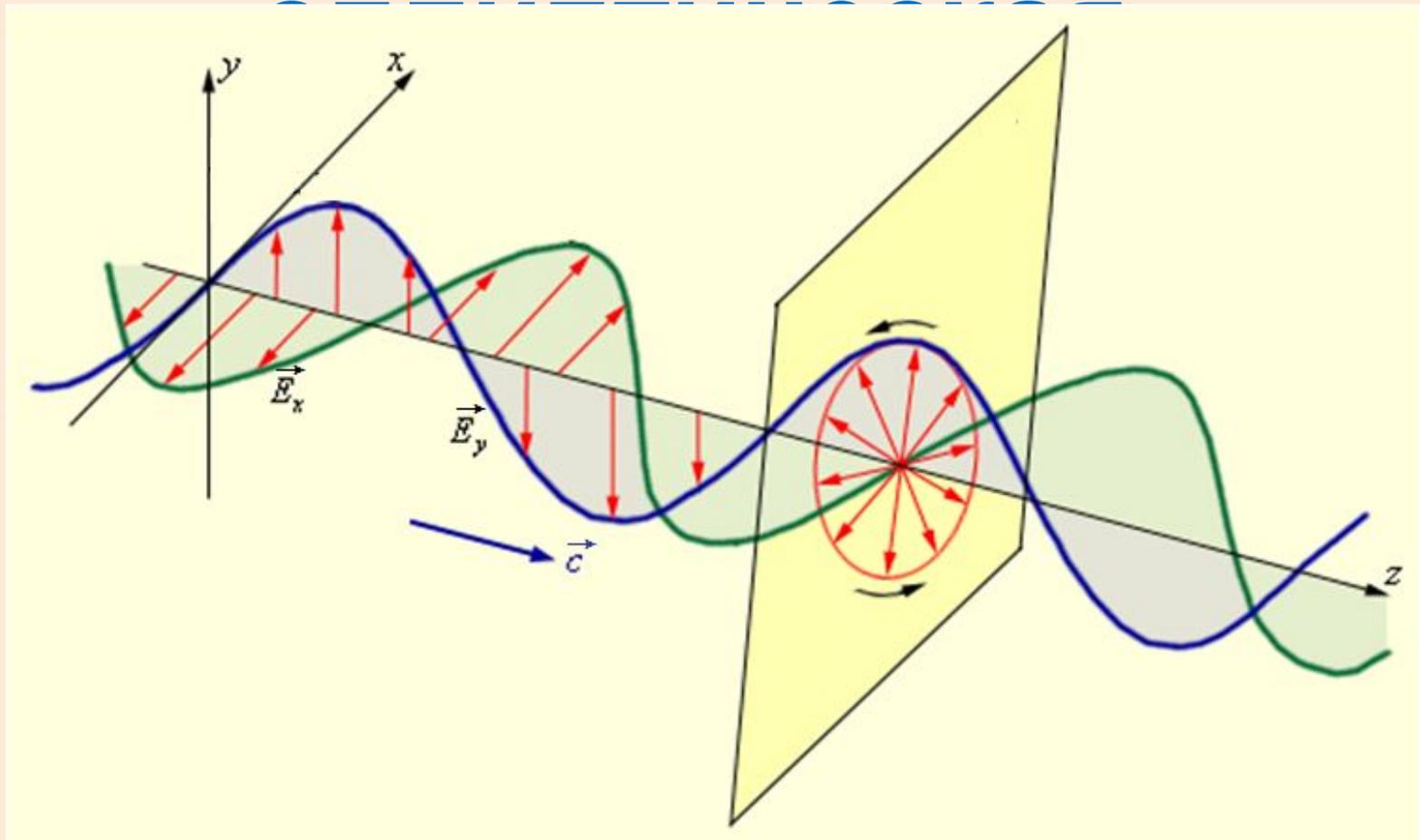
Если $\Delta\phi = 0$ или π , то поляризация линейная.



При $\Delta\phi = \pi/2$ и $E_x = E_y$
поляризация круговая.

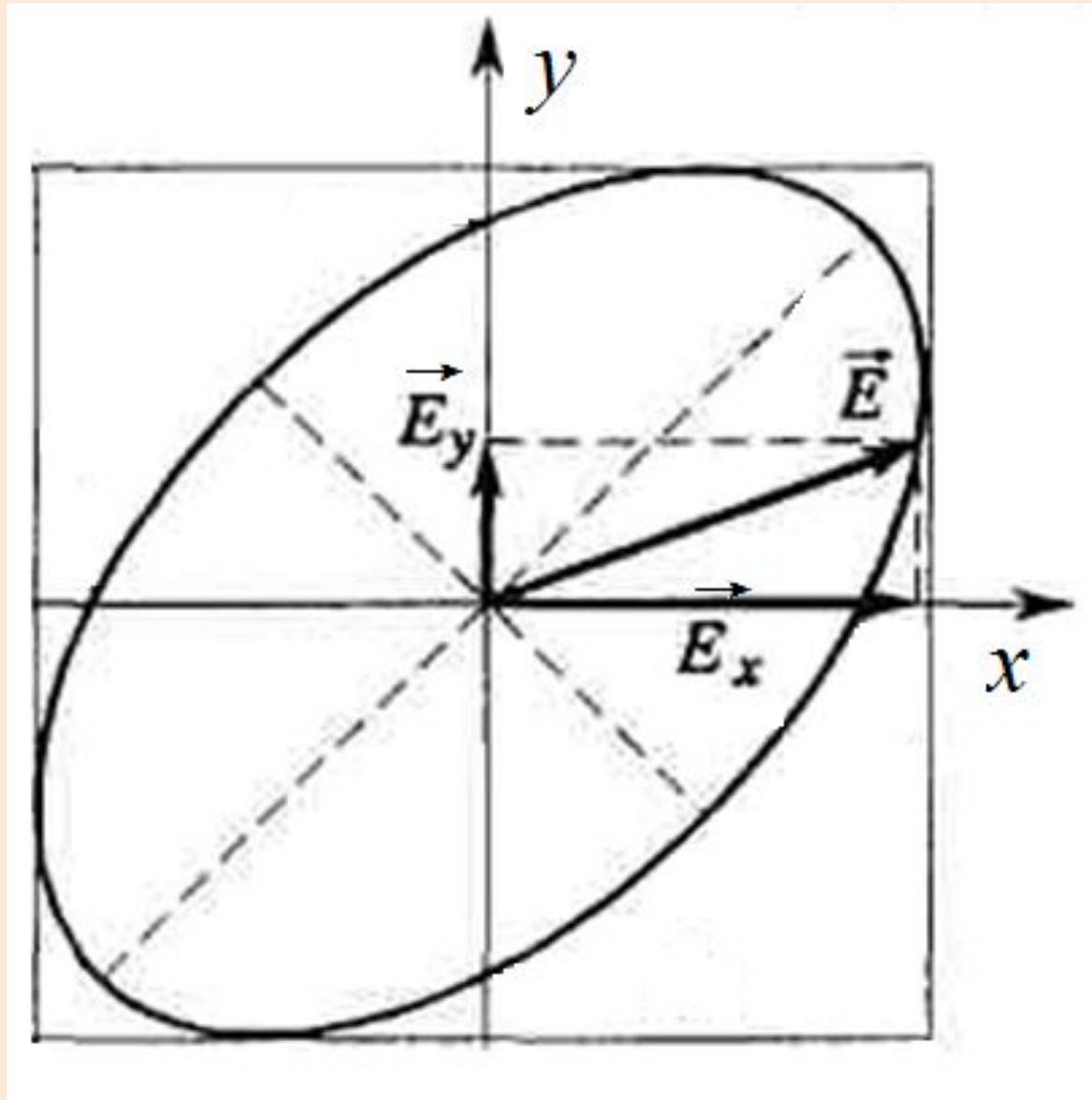


Во всех других случаях поляризация



**Эллиптически
поляризованные волны
образуются в результате
сложения двух взаимно
перпендикулярно
поляризованных волн.**

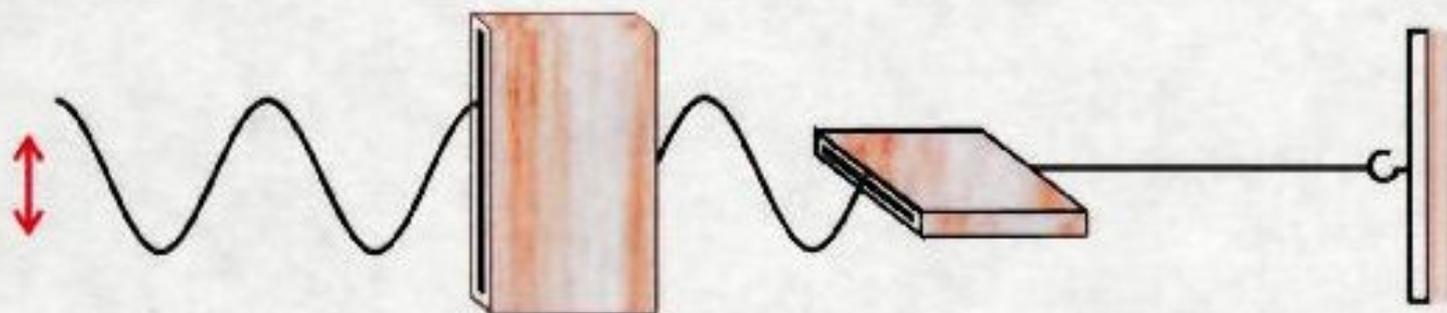
Эллипс поляризации



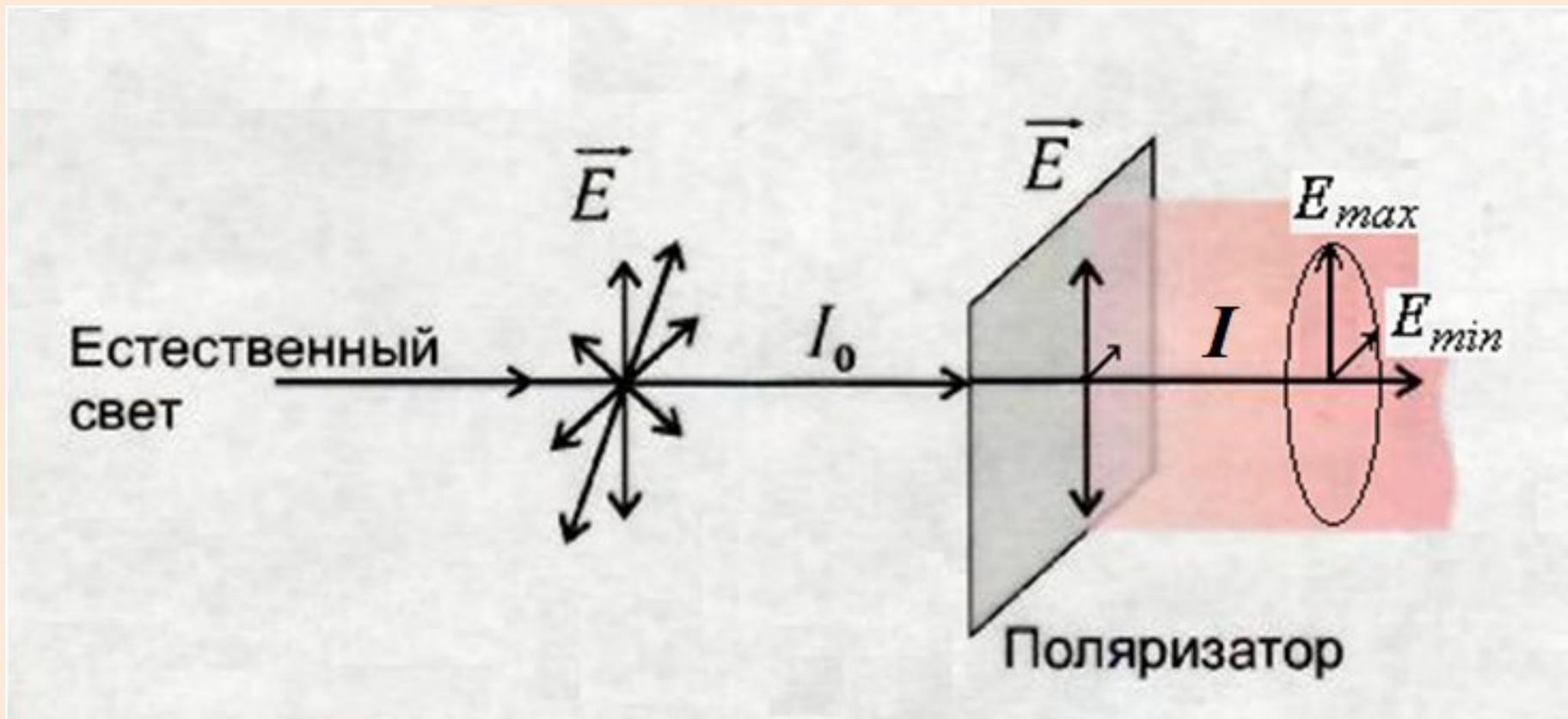
Поляризаторы

Это природные кристаллы или устройства, позволяющие получить линейно поляризованный свет из естественного. Они пропускают только одну компоненту светового вектора.

Поляризация механических волн



Реально получается частичная поляризация.



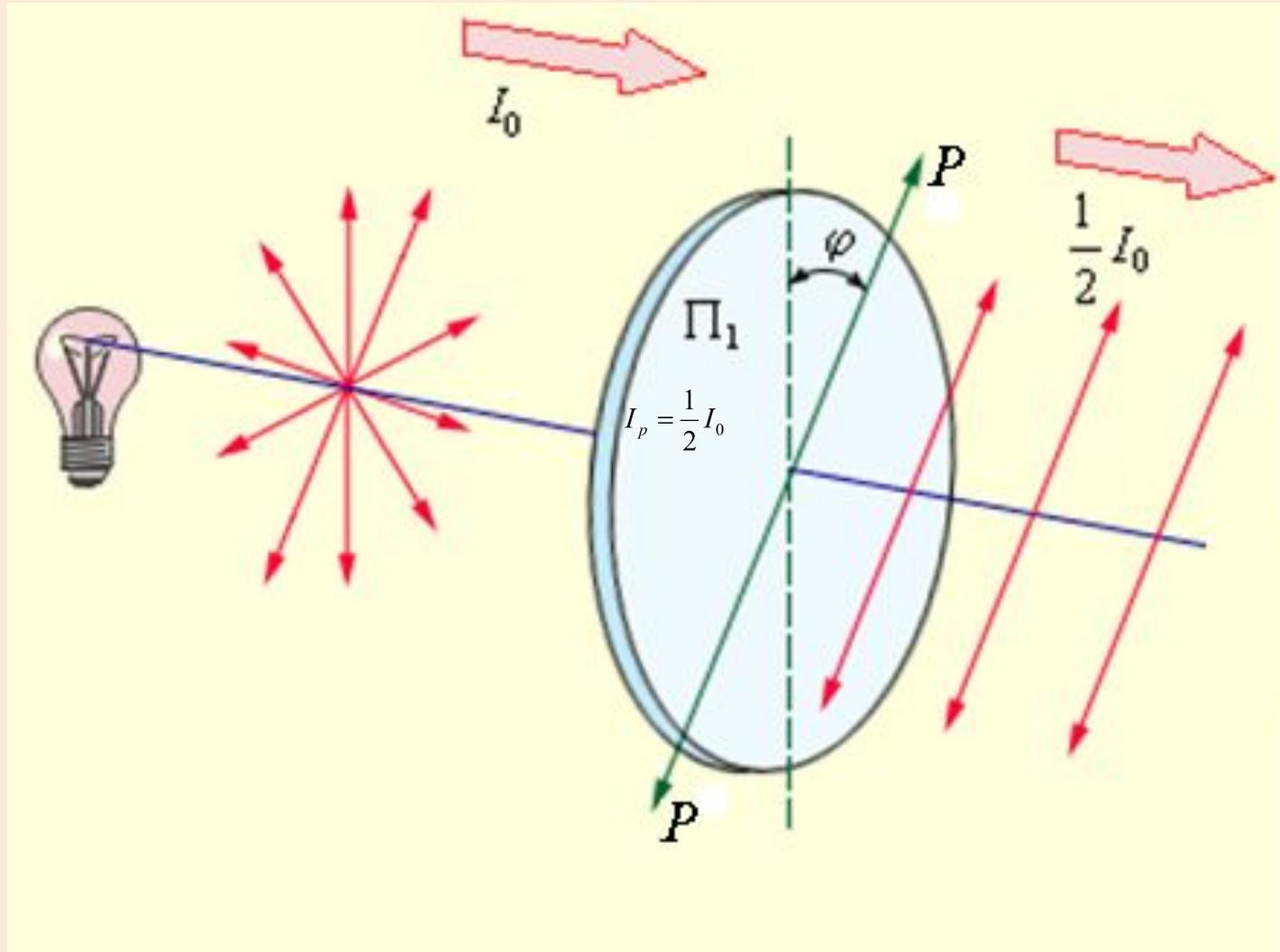
**Направление колебаний,
пропускаемое
поляризатором, называют
осью поляризатора.
Поляризаторы
используют и для анализа
поляризованного света.
Тогда их называют
анализаторами.**

**В идеальном
поляризаторе ($P = 1$ и нет
поглощения)
интенсивность света на
выходе ослабляется в 2**

I раз,

$$I = \frac{I_0}{2}$$

Поляризация естественного света поляроидом



PP – ось пропускания

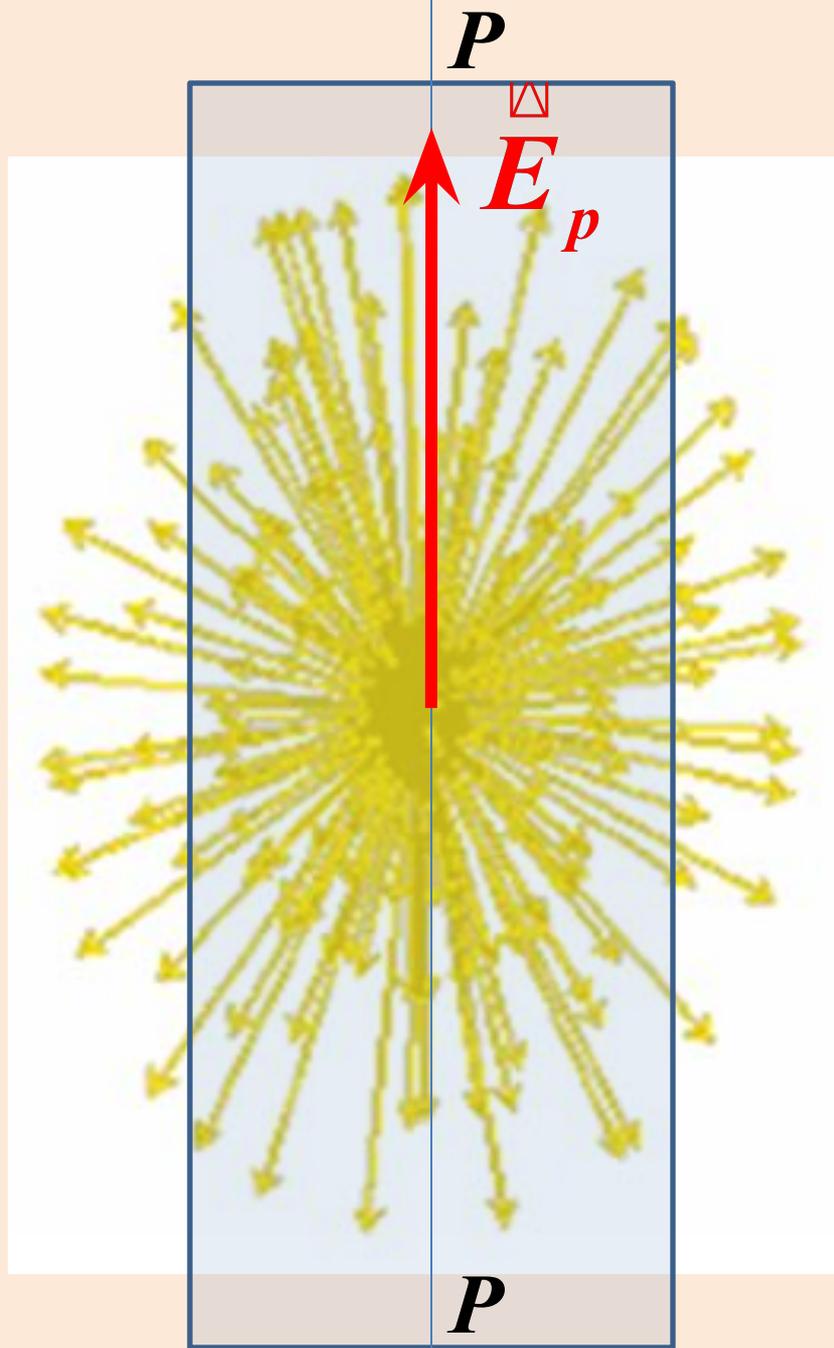
Если поляроид поглощает часть света, то интенсивность прошедшего через него света:

$$I' = I(1 - \alpha)$$

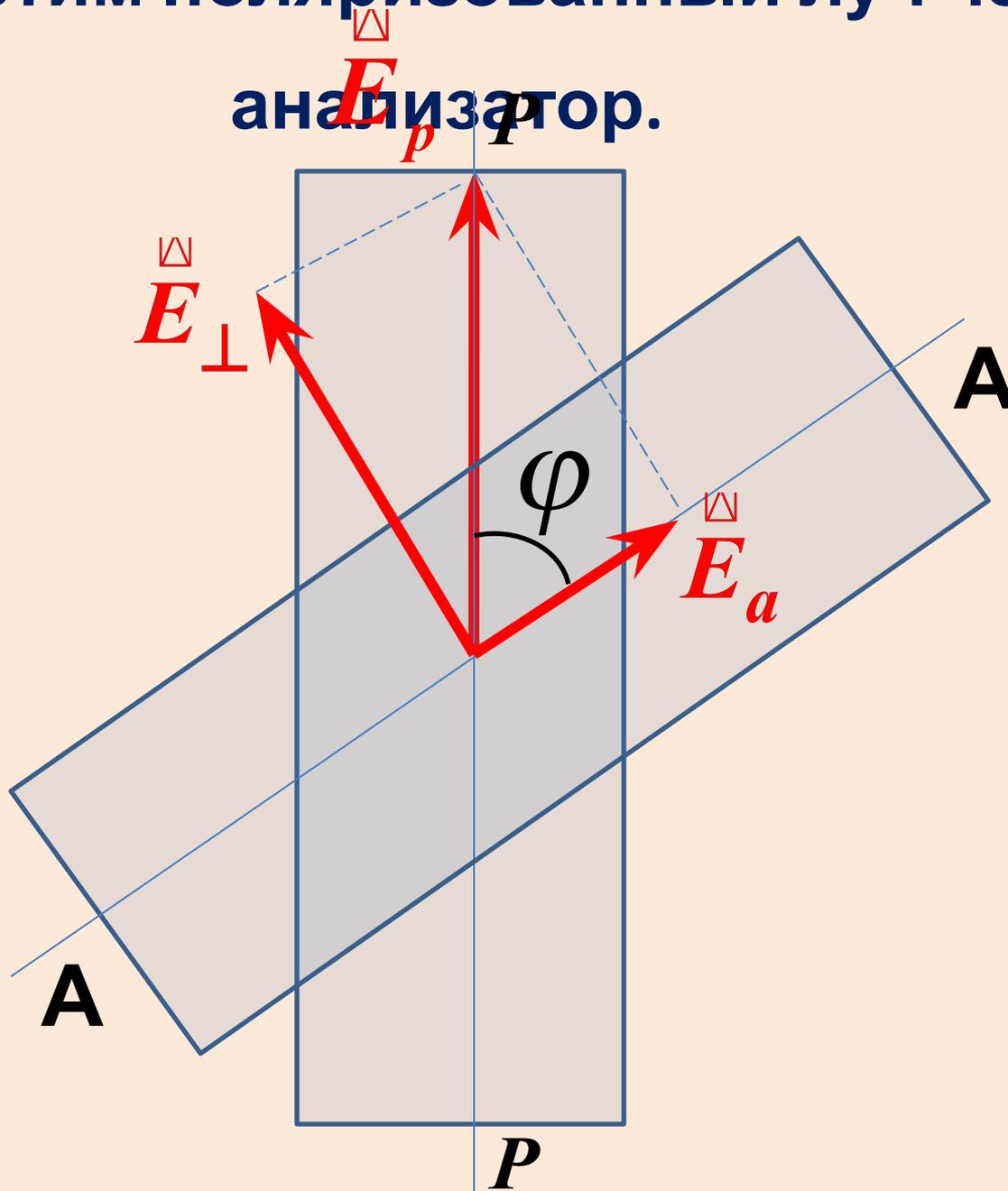
α – коэффициент поглощения.

Закон Малюса

Направим естественный свет на поляризатор. На выходе поляризатора получим световой вектор амплитуды E_p , совершающий колебания в направлении оси поляризатора. Амплитуда света за поляризатором



Пропустим поляризованный луч через
анализатор.



**Через анализатор пройдет
только компонента, // -я его
оси АА.**

$$**$E_a = E_p \cos \varphi$**$$

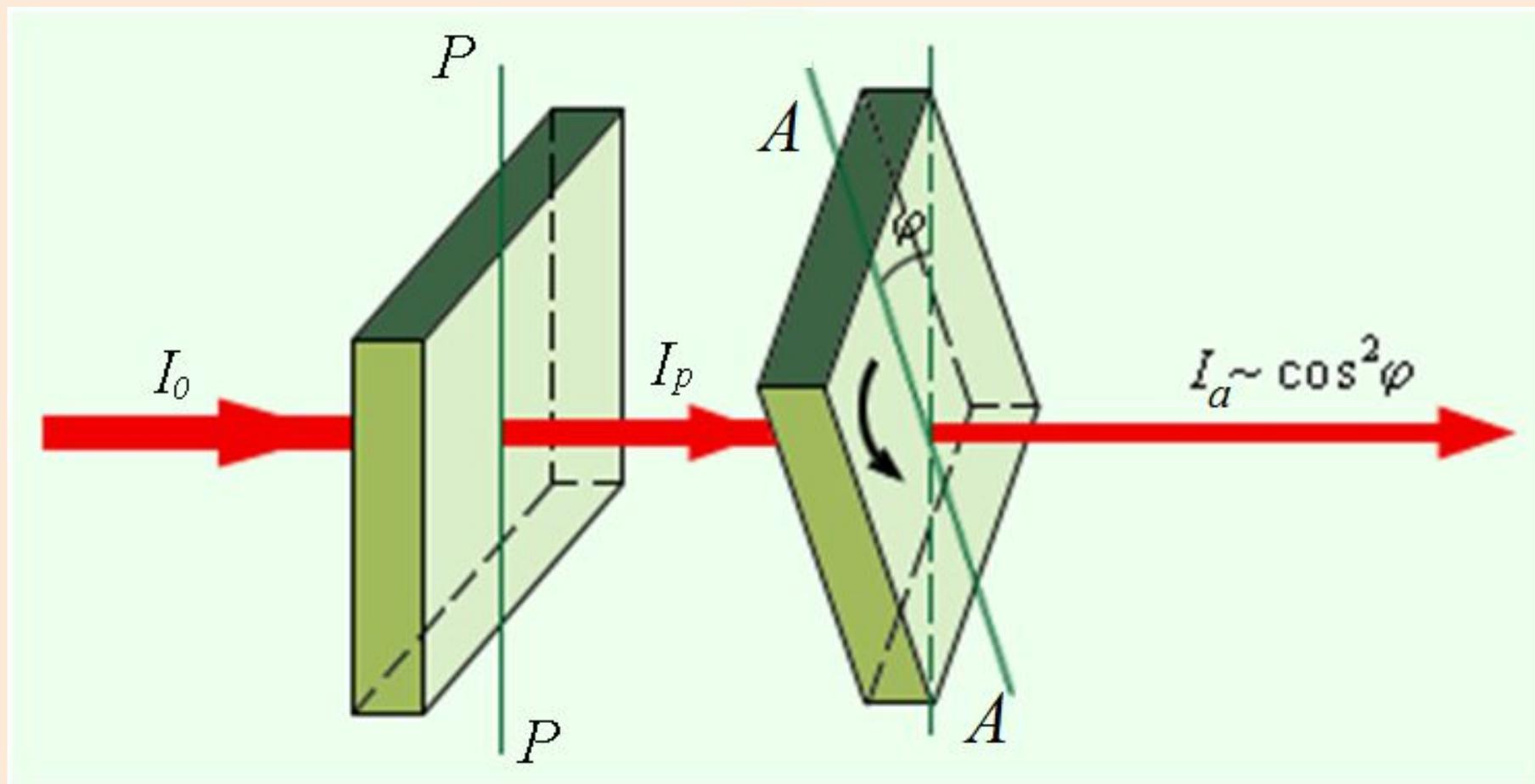
**Возведя в квадрат,
получим:**

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

Для линейно
поляризованного света
интенсивность за
анализатором
пропорциональна квадрату
косинуса угла между осью
анализатора и направлением

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

Можно говорить, что ϕ - это угол между осями поляризатора и анализатора.



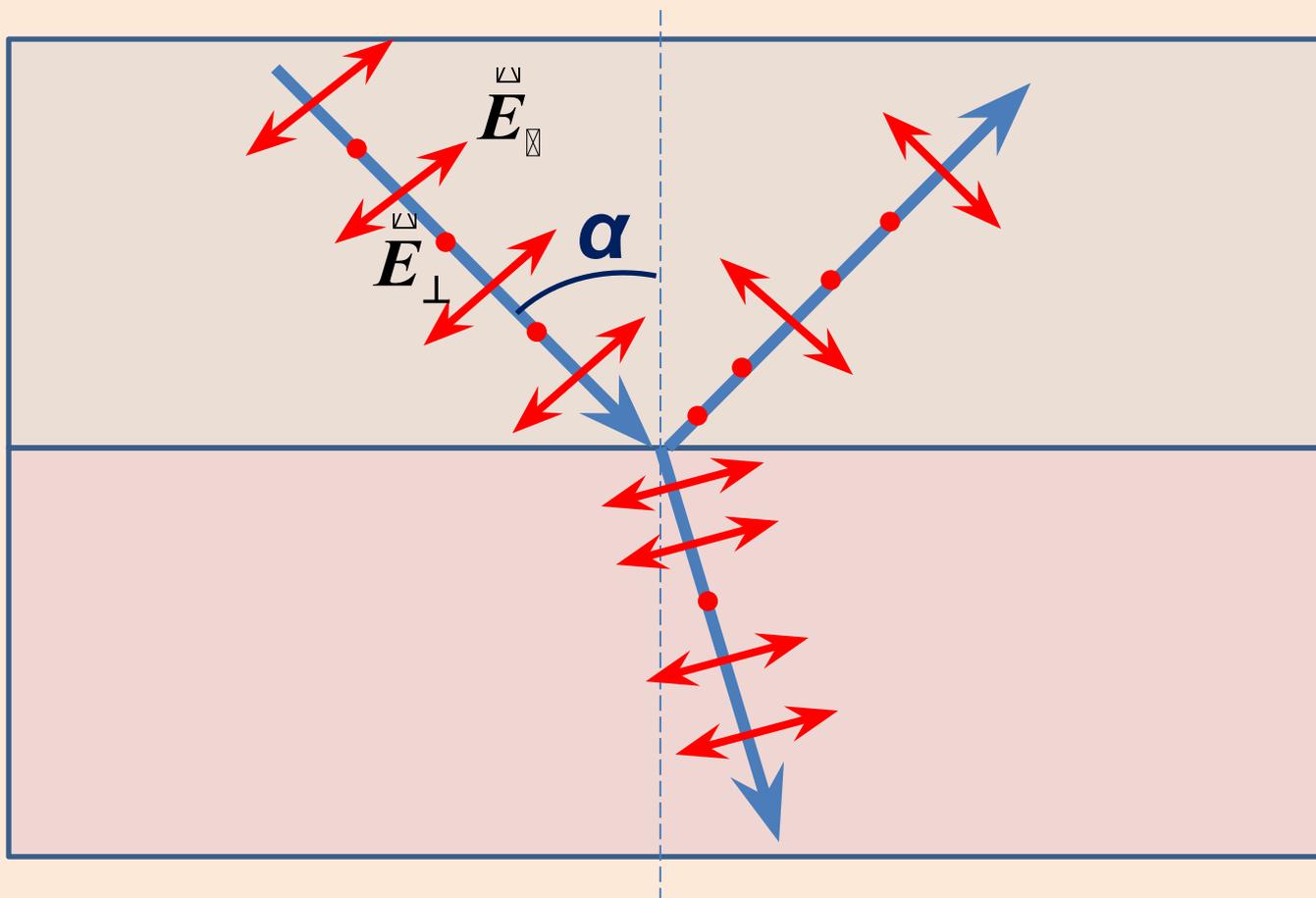
Закон

Брюстера

Падая на границу раздела диэлектриков, световая волна частично отражается и частично преломляется.

Опыт показывает, что отраженный и преломленный лучи частично поляризованы.

Разложим световой вектор падающего луча на 2 компоненты:
П-ю и Л-ю плоскости падения.



**В падающем естественном
луче**

$$E_{\boxtimes} = E_{\perp}.$$

В отраженном луче

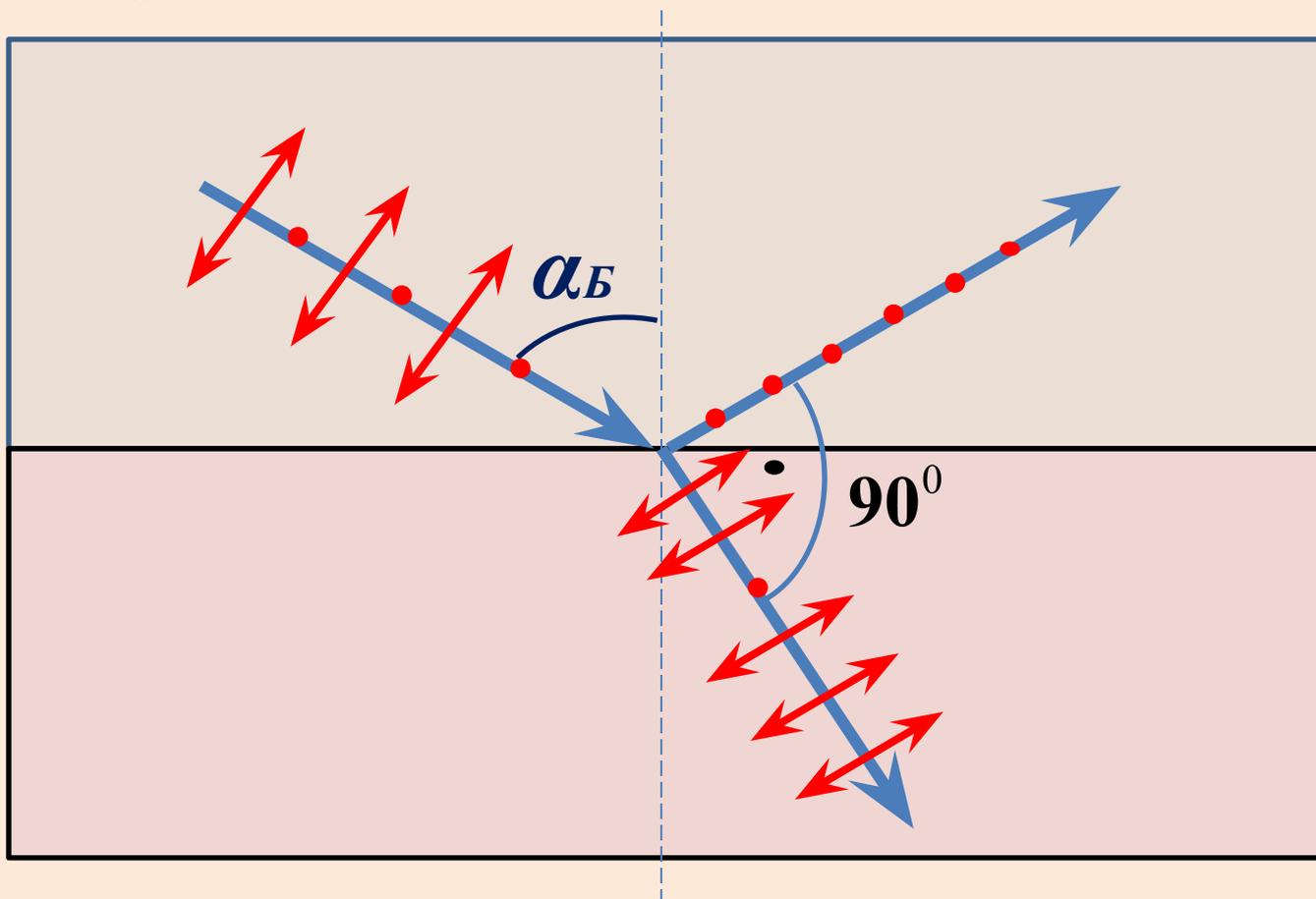
$$E_{\boxtimes} < E_{\perp}.$$

В преломленном луче

$$E_{\boxtimes} > E_{\perp}.$$

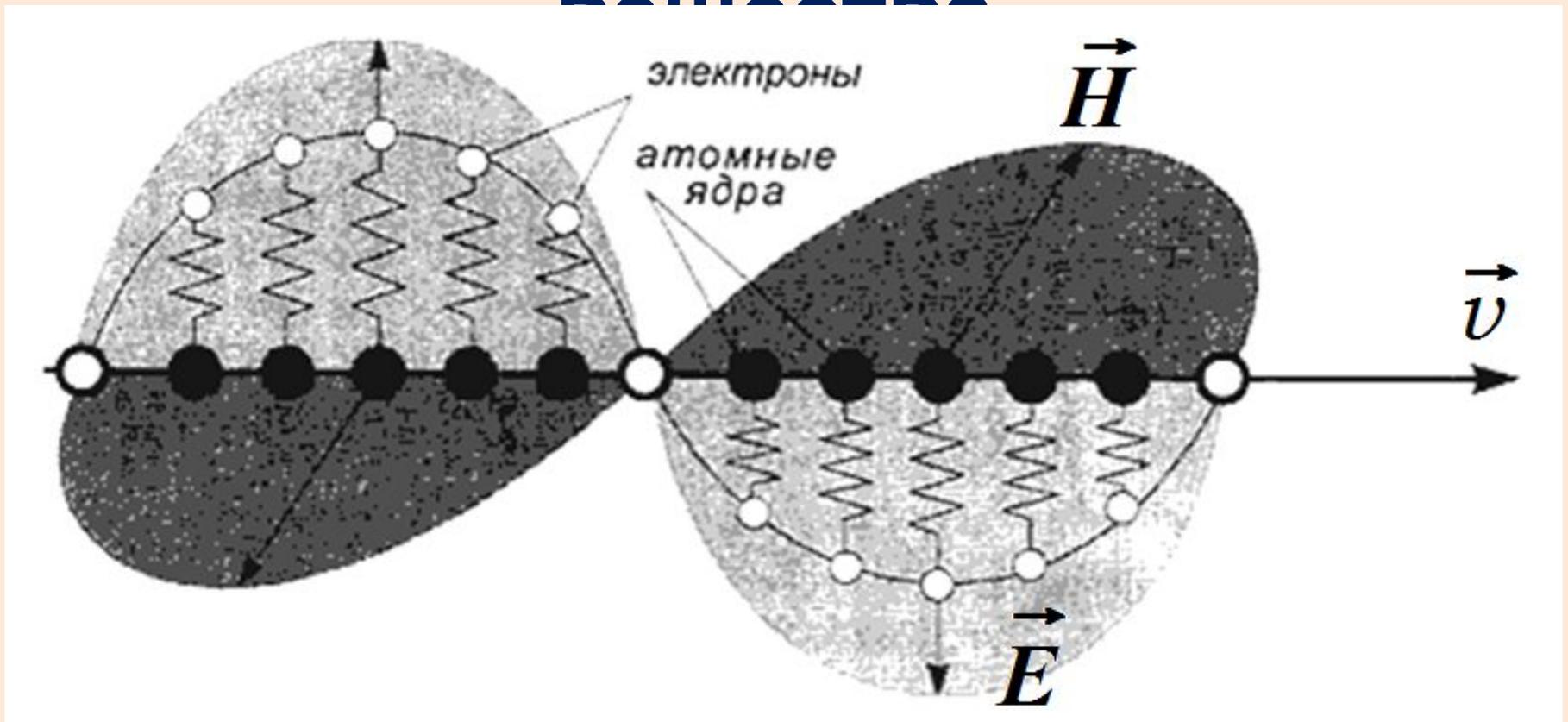
Существует такой угол падения, при котором отраженный луч полностью поляризуется. Этот угол называют углом Брюстера. В этом случае отраженный и преломленный луч взаимно перпендикулярны. Преломленный луч остается частично поляризованным.

α_B – угол полной поляризации

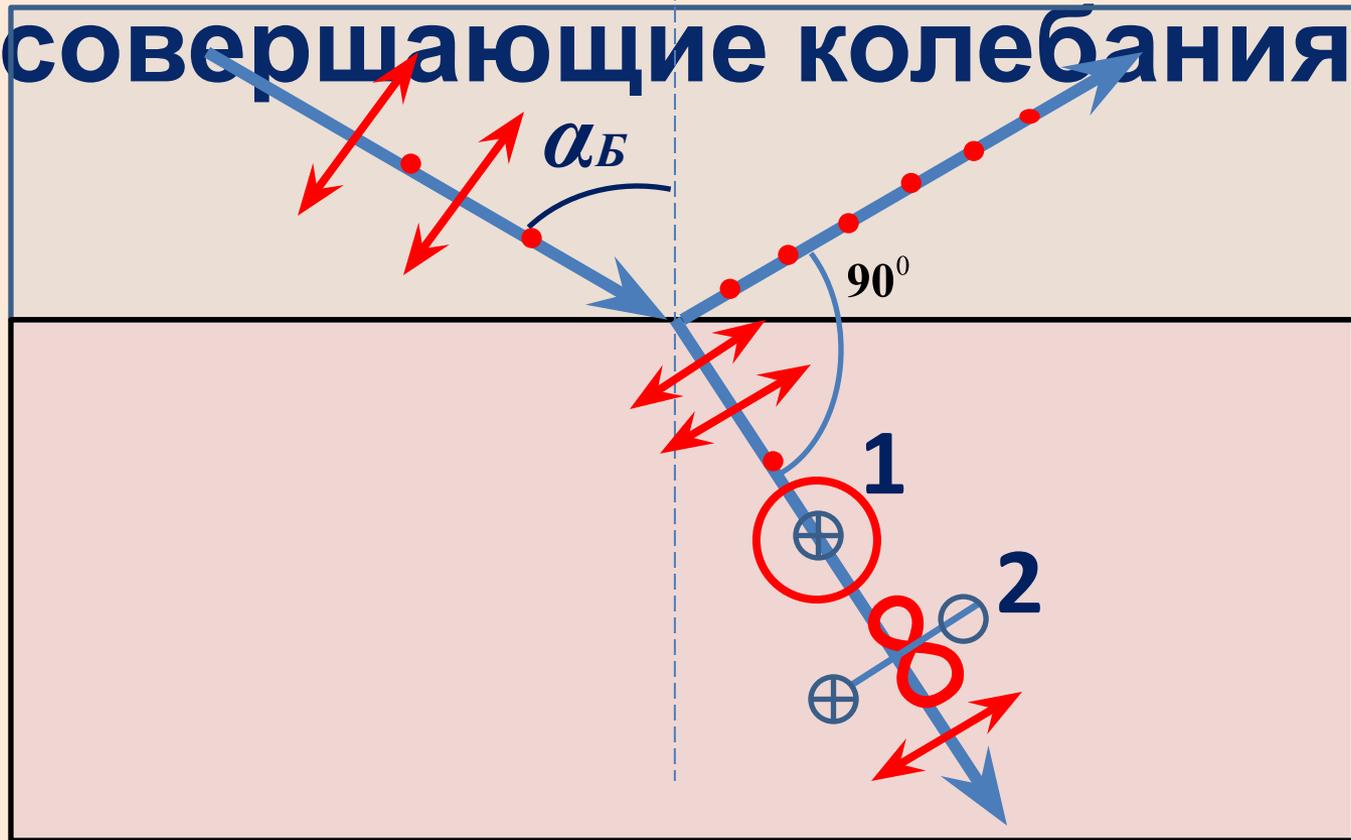


$$\operatorname{tg} \alpha_B = n_{21}$$

Закон Брюстера можно объяснить, рассмотрев взаимодействие света с атомами



Под действием электрического поля атомы вещества превращаются в диполи, совершающие колебания.



Вдоль своей оси диполь не излучает

**В отраженном луче
оказываются только
колебания, возбуждаемые
диполями 1, колеблющимися
в направлении
перпендикулярном плоскости
падения. В преломленном
луче – колебания,
возбуждаемые и диполями 1,
и диполями 2**

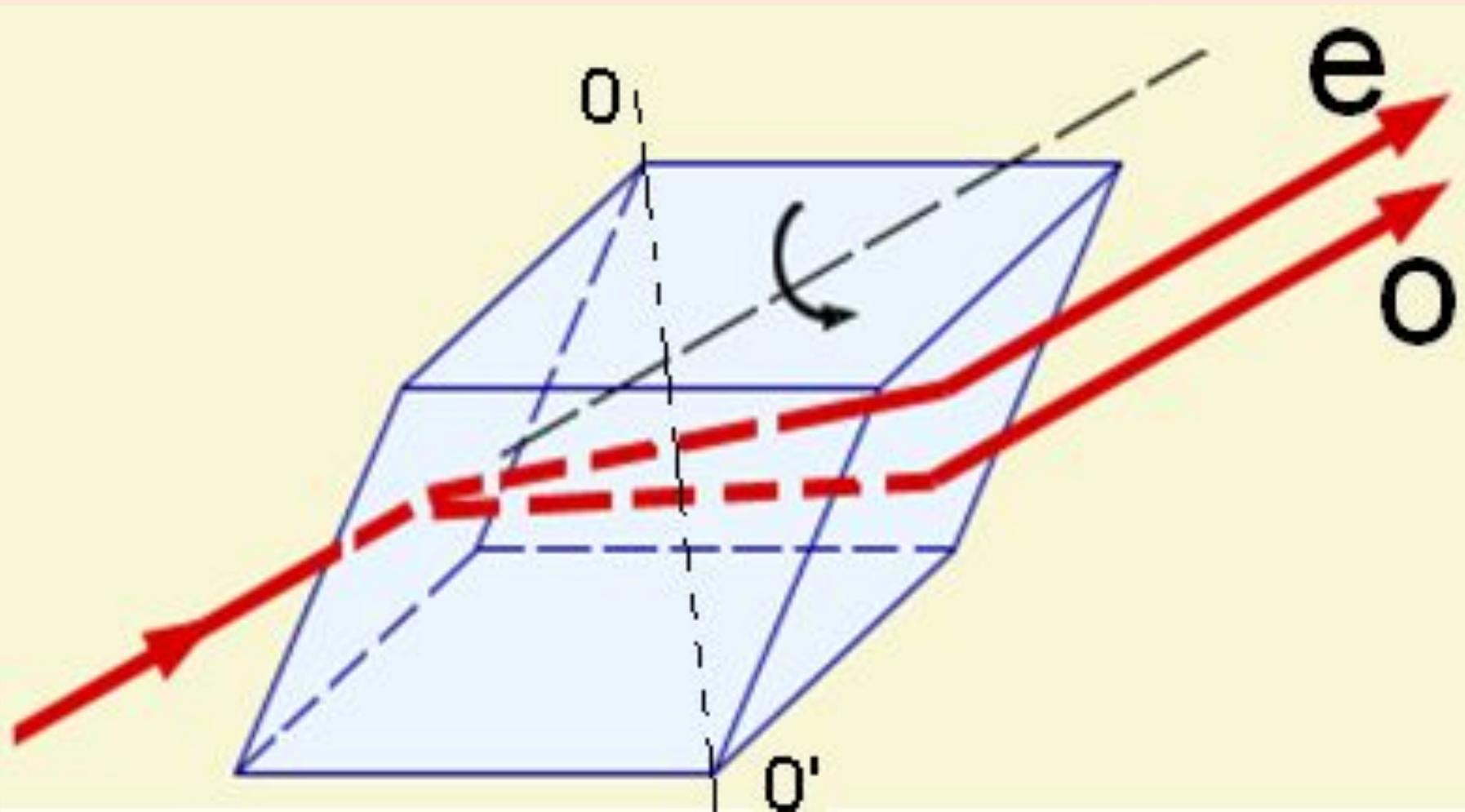
Распространение света в анизотропных средах

Анизотропные среды – это среды, в которых скорость и поляризация волн зависят от направления распространения.

Примеры: кристаллы кварца, алмаза, турмалина, слюды, исландского шпата.

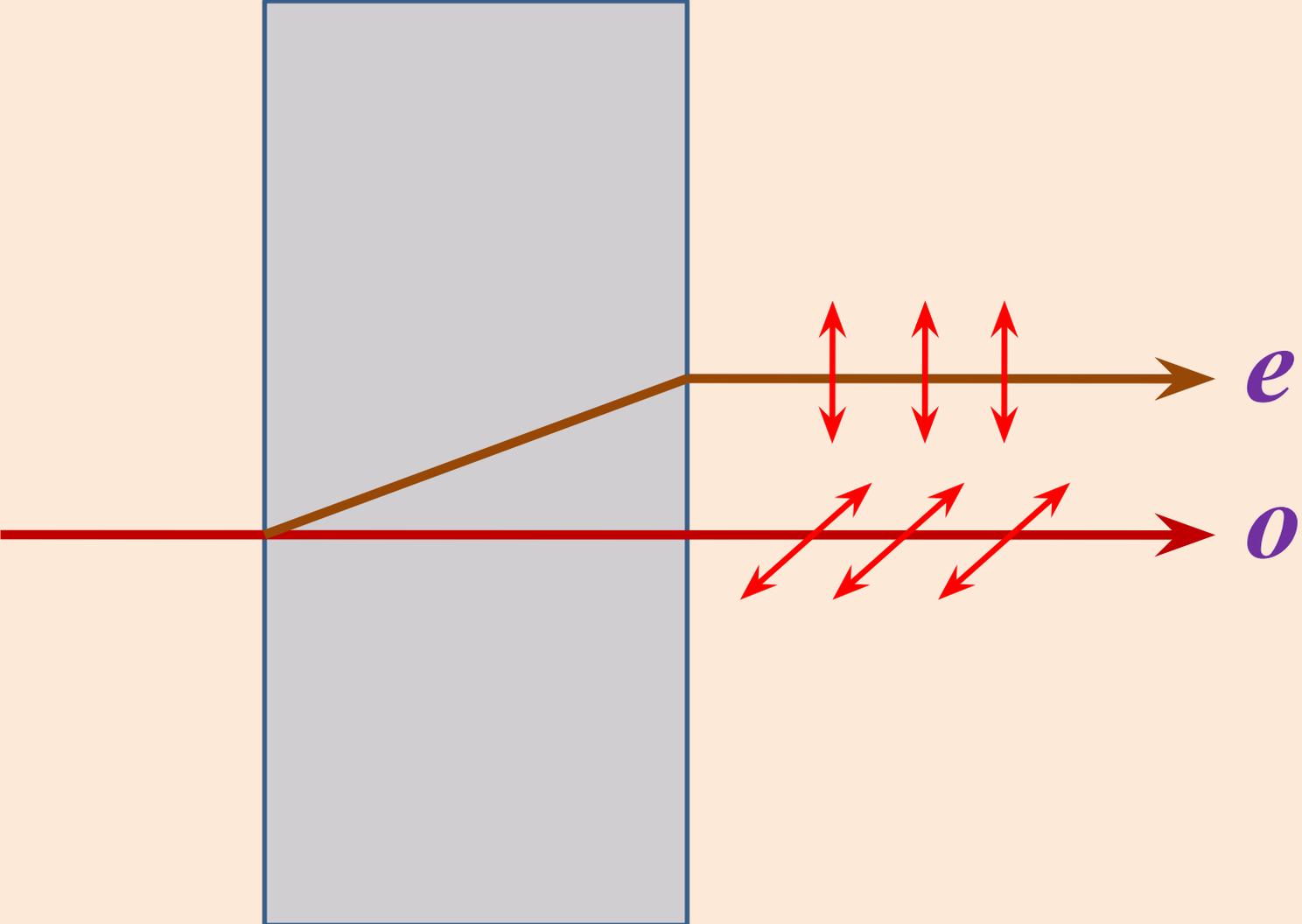
Двойное лучепреломление

Во всех кристаллах, исключая кристаллы кубической симметрии (например, $NaCl$), наблюдается двойное лучепреломление. Это раздвоение преломленного света на два луча: обыкновенный (o) и



Для *o*-луча обычный закон преломления выполняется, для *e*-луча нарушается.

Лучи линейно поляризованы во взаимно перпендикулярных направлениях.



Оптическая ось – это

направление в кристалле, вдоль которого свет распространяется без двойного лучепреломления.

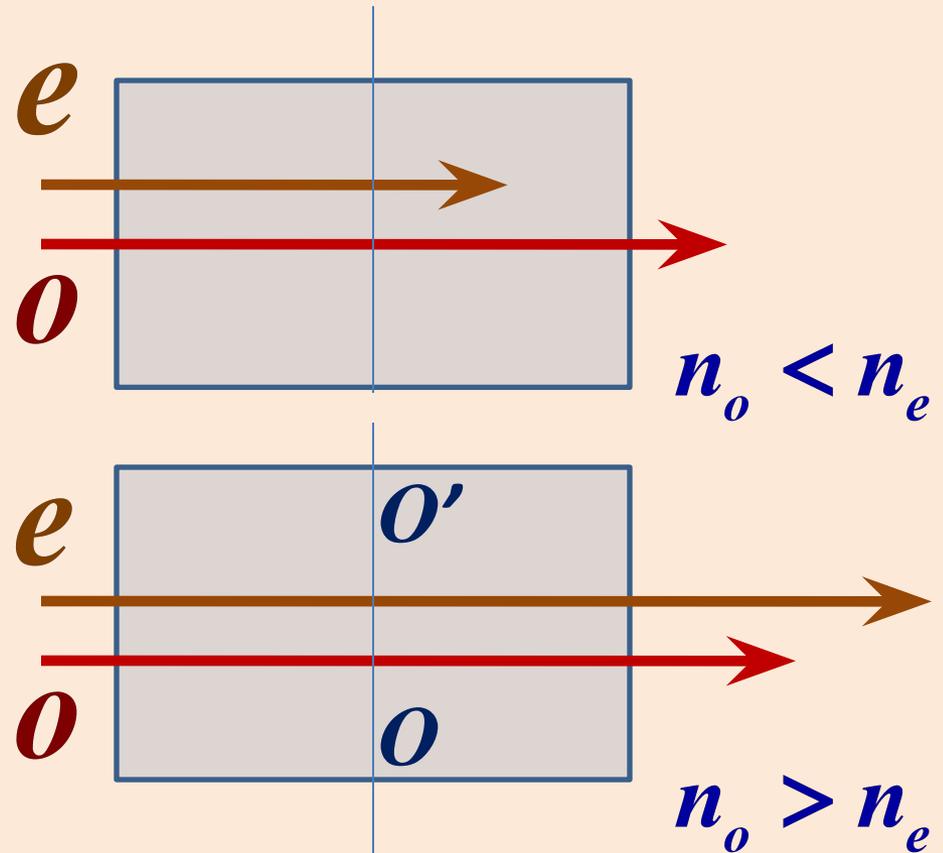
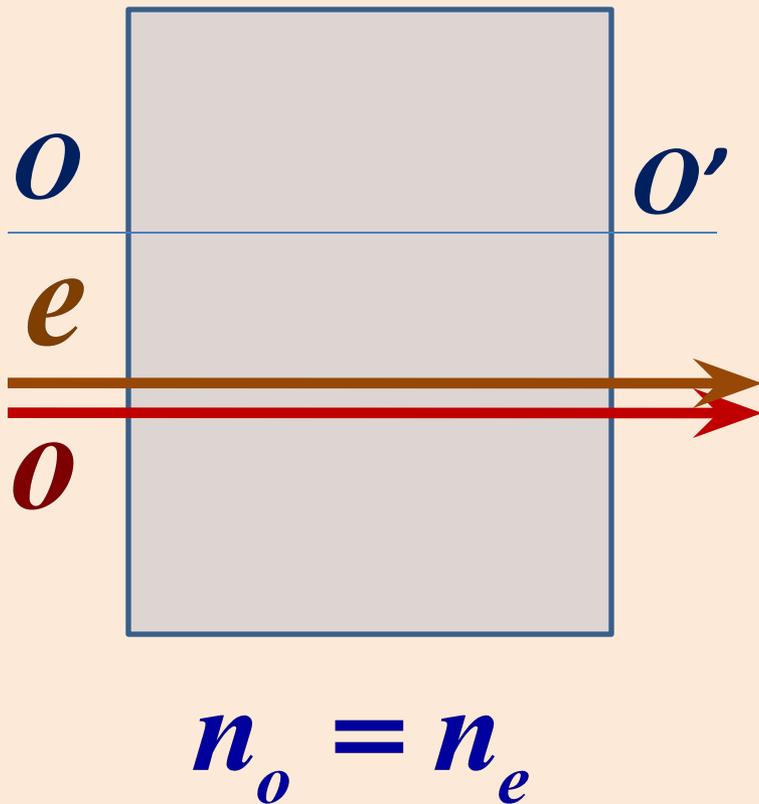
Одноосные кристаллы: исландский шпат, кварц, турмалин. Двуосные кристаллы: гипс, слюда, топаз, сера.

Главная плоскость (главное сечение) – это плоскость, проходящая через оптическую ось кристалла.

***O*-луч поляризован нормально к главной плоскости, *e*-луч – параллельно ей.**

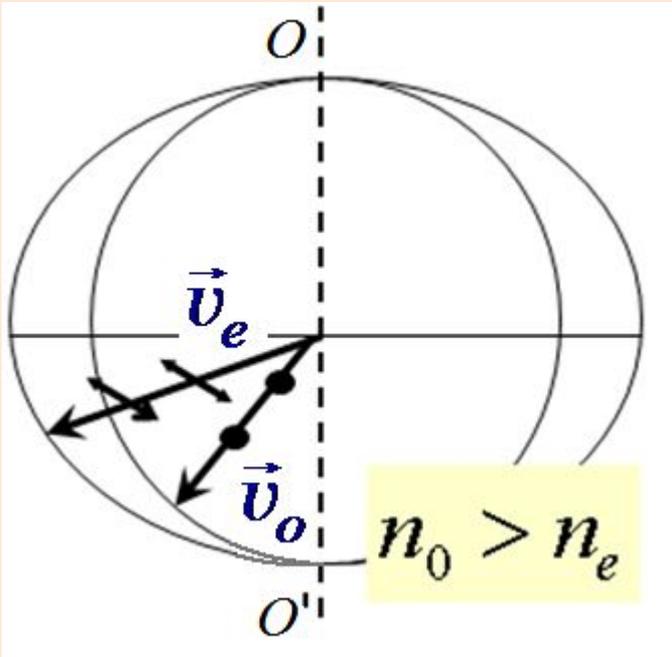
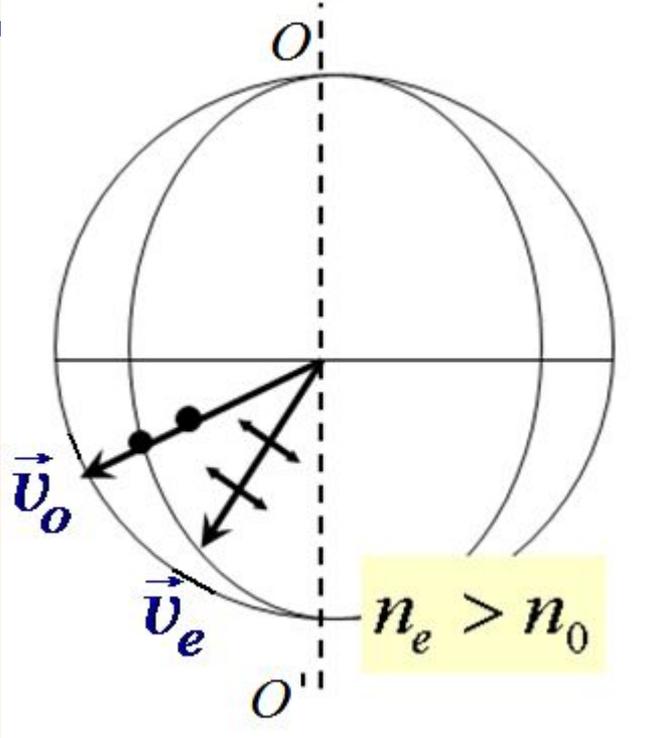
Вдоль оптической оси OO' и перпендикулярно к ней лучи идут не разделяясь, но в первом случае их скорость одинакова, а во втором – разная.

Для *o*-луча $n_o = \text{const.}$,
для *e*-луча n_e зависит от
направления распространения.



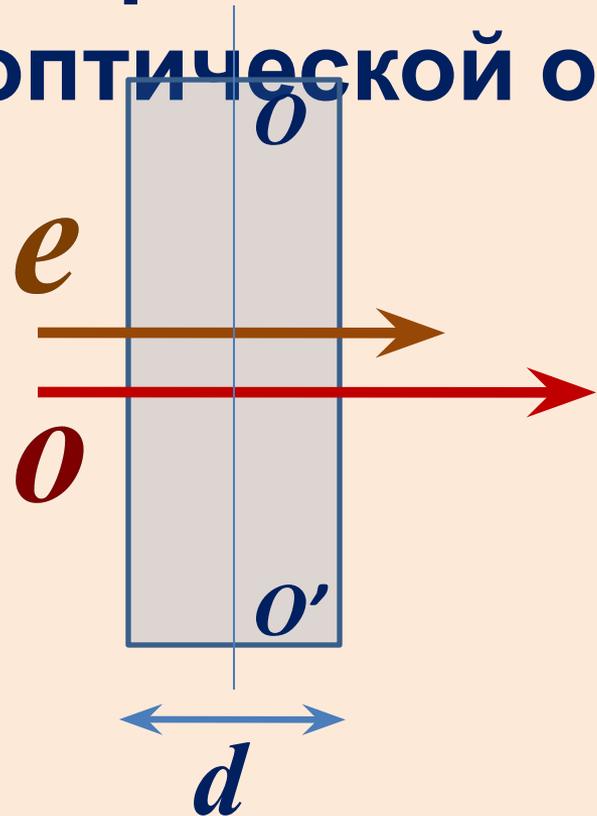
- Скорость обыкновенного луча: $v_o = \frac{c}{n_o}$
- Скорость необыкновенного луча: $v_e = \frac{c}{n_e}$
- Если $n_e > n_o$, то кристалл называют оптически положительным. Если $n_e < n_o$, то кристалл оптически отрицательный.
- Только вдоль оптической оси кристалла $n_e = n_o$. Скорости движения o - и e - лучей вдоль оси OO' равны. В других направлениях – разные.

- Лучевая поверхность – это поверхность, описываемая вектором скорости световой волны.
- В одноосном кристалле лучевая поверхность *o*-волны – это сфера, *e*-волны – эллипсоид вокруг оси *OO'*.



Полу- и четвертьволновые пластинки

Вырежем пластинку вдоль оптической оси.



Она создает оптическую разность хода лучей:

$$\Delta = (n_e - n_o)d$$

и разность фаз:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta = \frac{2\pi d}{\lambda_0} (n_e - n_o)$$

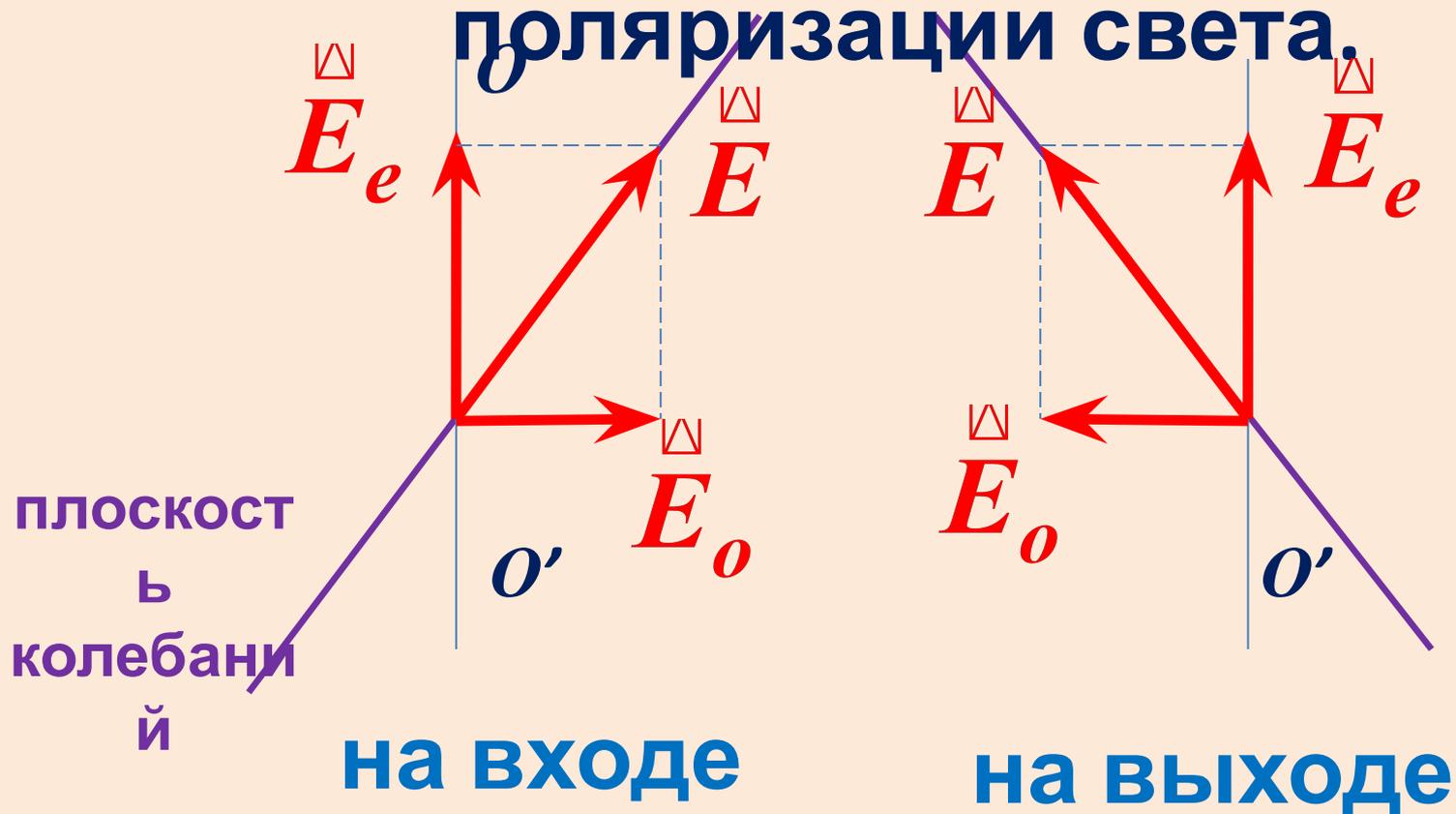
Для полуволновой пластинки:

$$\Delta = \frac{\lambda_0}{2}, \Delta\varphi = \pi$$

Для четвертьволновой
пластинки:

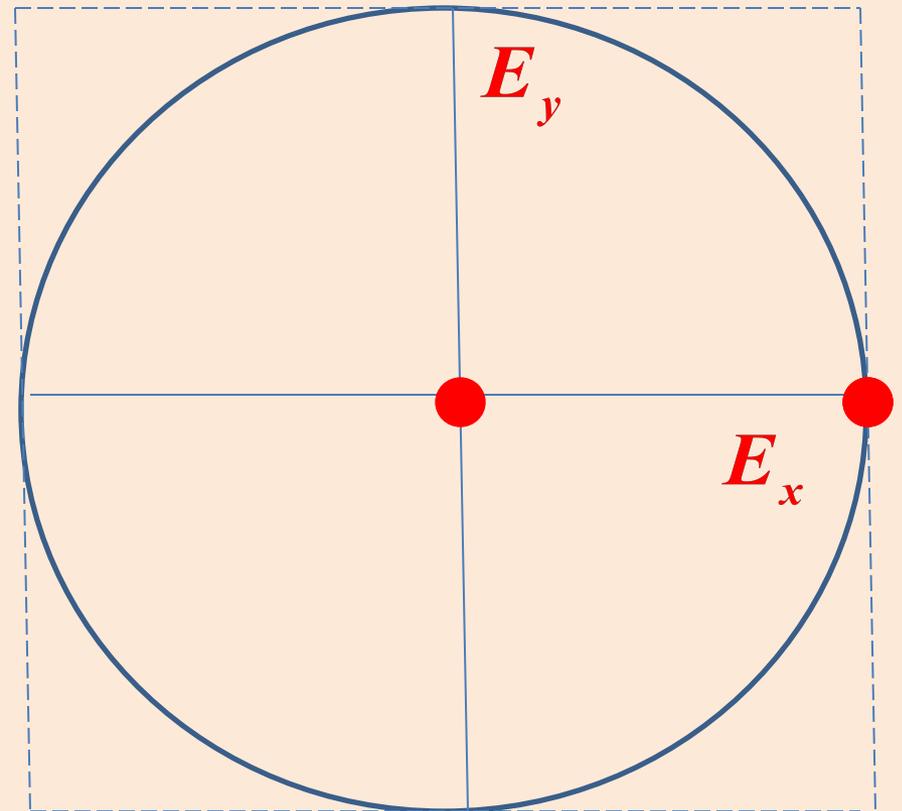
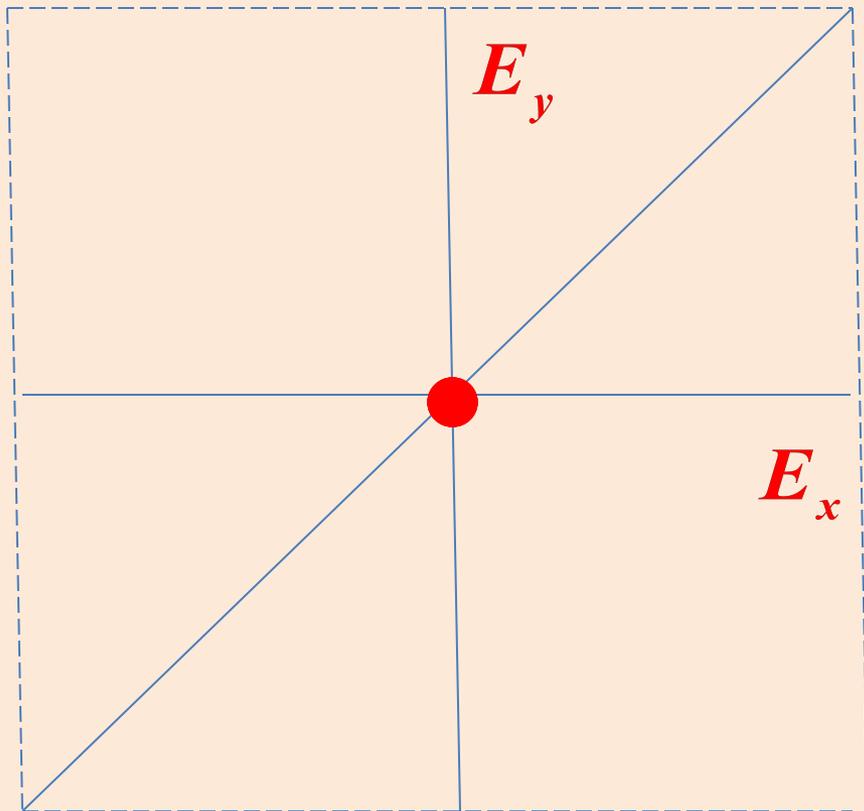
$$\Delta = \frac{\lambda_0}{4}, \Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$$

Полуволновая пластинка поворачивает плоскость поляризации света.



**Четвертьволновая пластинка
превращает
плоскополяризованный свет в
эллиптически поляризованный и
наоборот. Она позволяет
различить эти виды поляризации
на опыте.**

**Внося разность фаз $\pi/2$, она
делает из вот этого – это.**



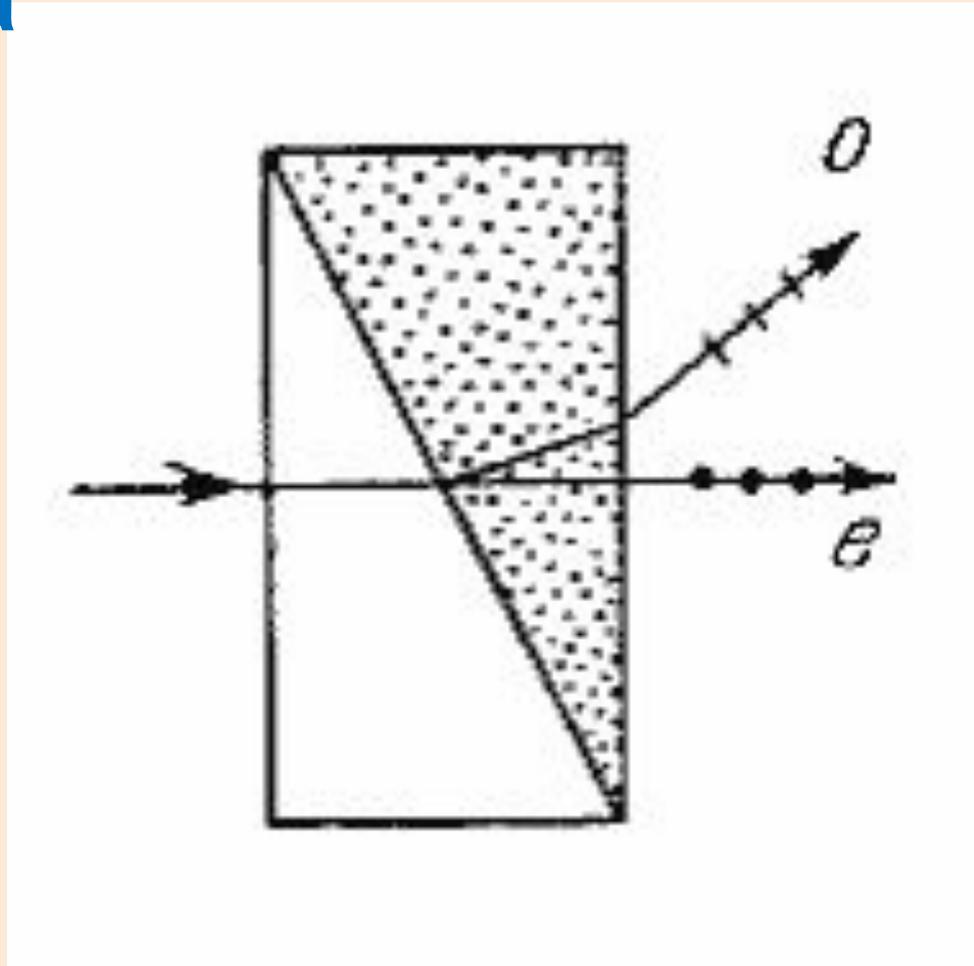
Поляризационные устройства

Большинство поляризаторов создано на основе дихроизма.

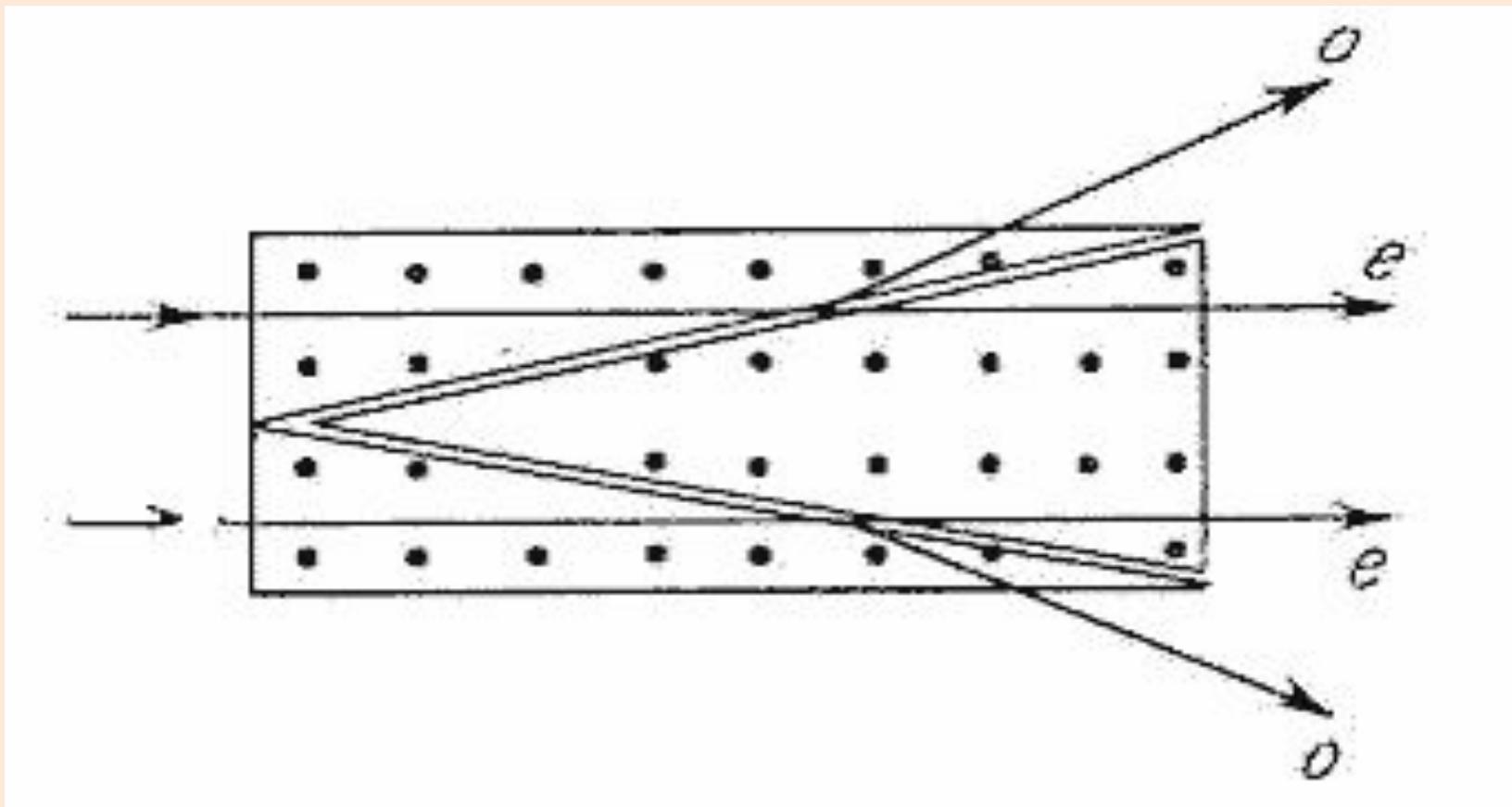
Дихроизм – это явление сильного поглощения одного из преломленных лучей.

**Или же стараются
развести *o*- и *e*-лучи как
можно дальше друг от
друга. Для этого
применяют
поляризационные
призмы.**

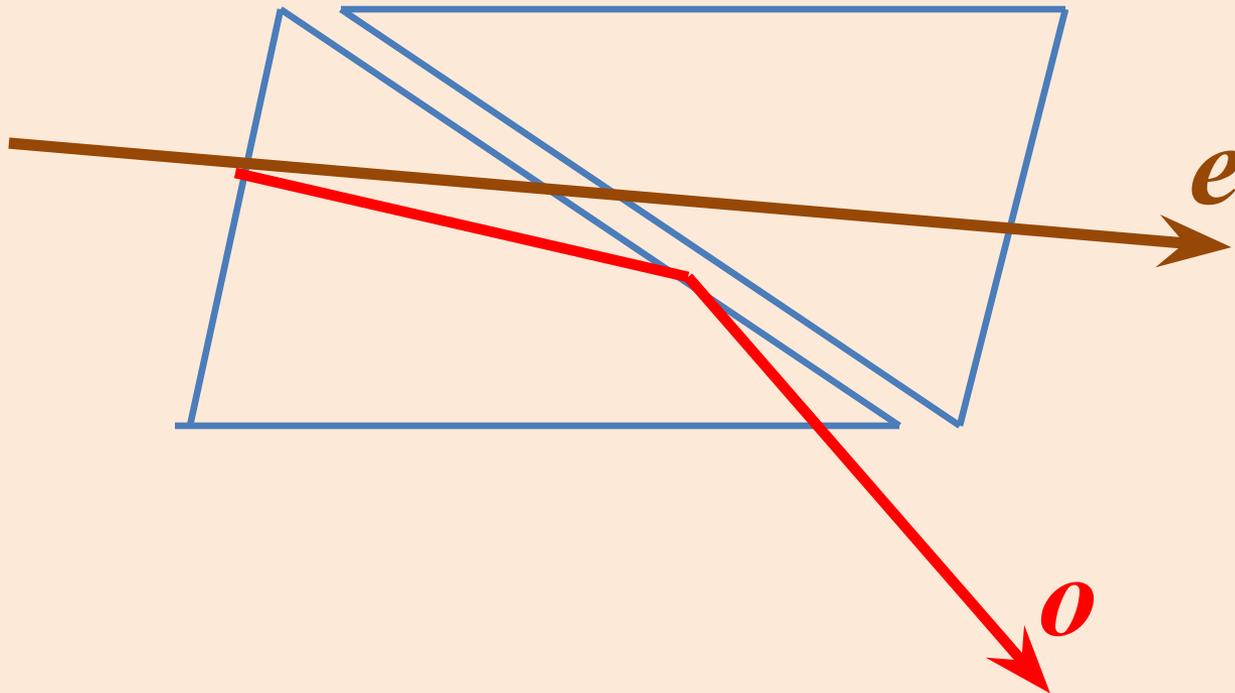
Двулучевая поляризационная призма



Тройная призма Аренса

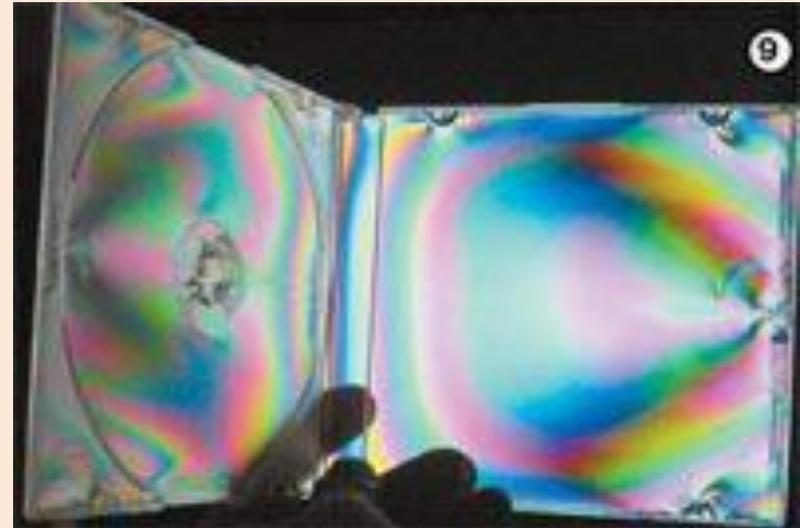
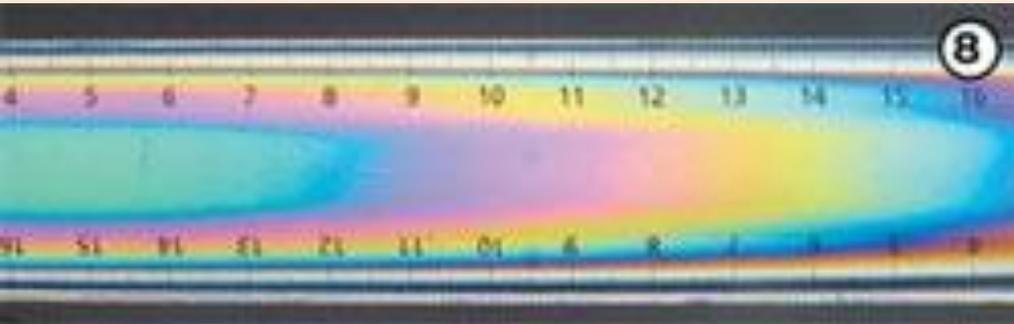


Призма Николя (николь)

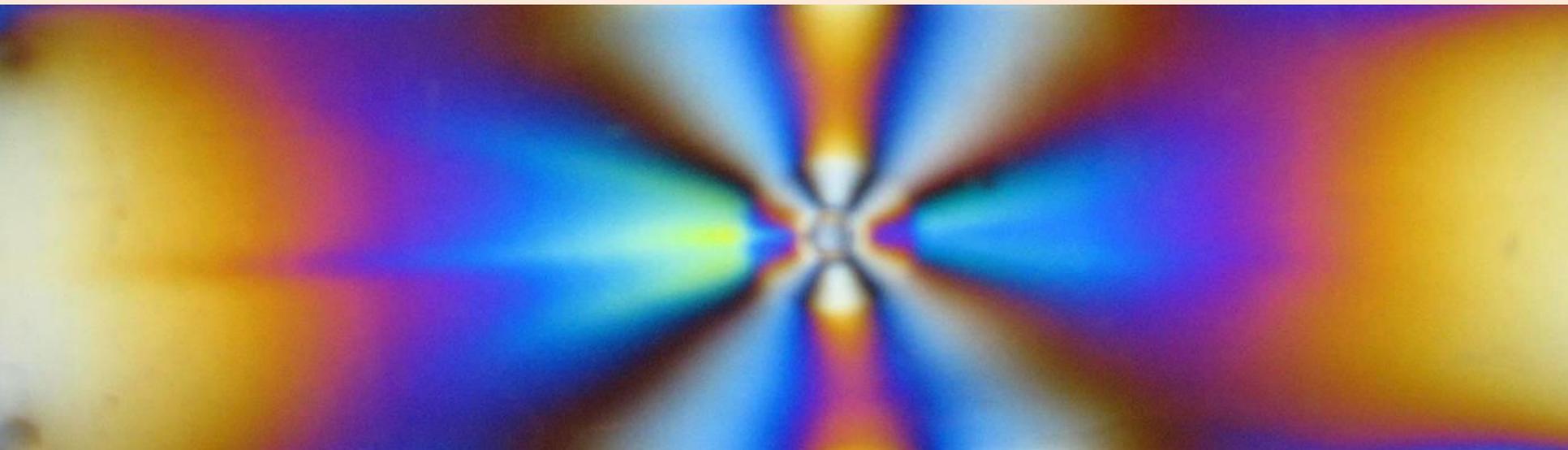


Призма Николя изготавливается из кристалла исландского шпата – это *углекислый кальций* (CaCO_3). У такого кристалла $n_o = 1.6585$ и $n_e = 1.4863$ сильно различаются

Применение поляризованного света



В поляризованном свете изучают распределение механических напряжений в деталях машин и механизмов, строительных конструкциях, ...



... прозрачных изделиях.



Скрепку удерживает поверхностное натяжение. Прогиб поверхности можно увидеть, если поляризовать источник света.



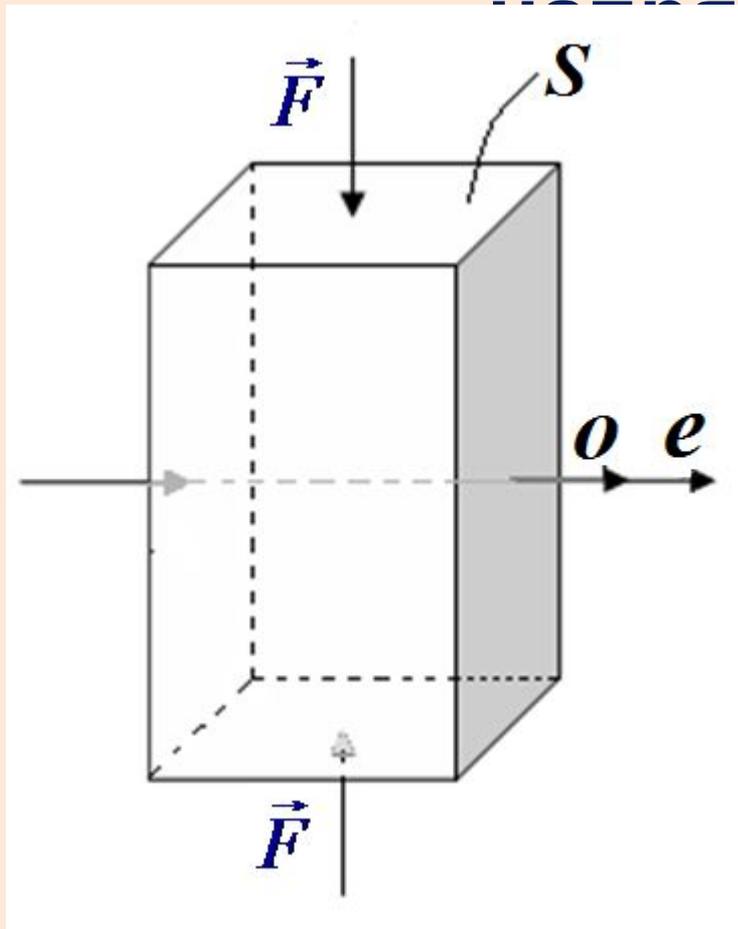


**Микрофотография кристаллов
холестерина в поляризованном
свете.**

Искусственная оптическая

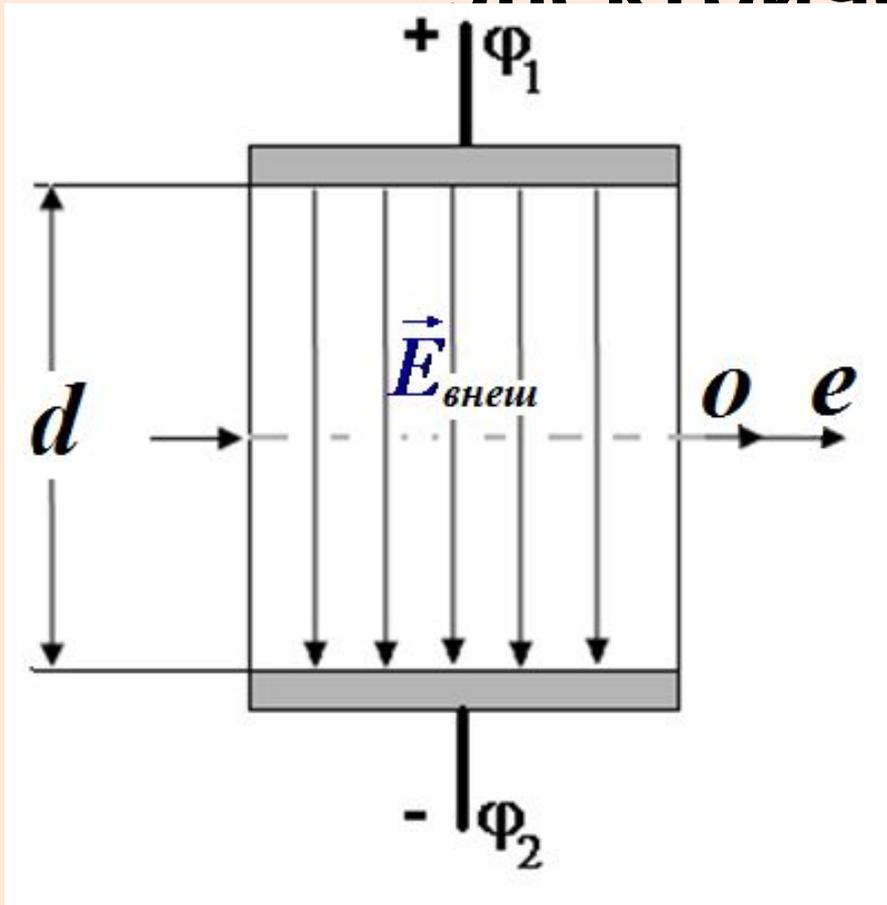
анизотропия

Фотоупругость – явление наведения оптической анизотропии упругими деформациями.



$$n_e - n_o = k \frac{F}{S}$$

Эффект Керра – наведение оптической анизотропии электрическим полем.



$$n_e - n_o = B \lambda_0 E_{\text{внеш}}^2$$

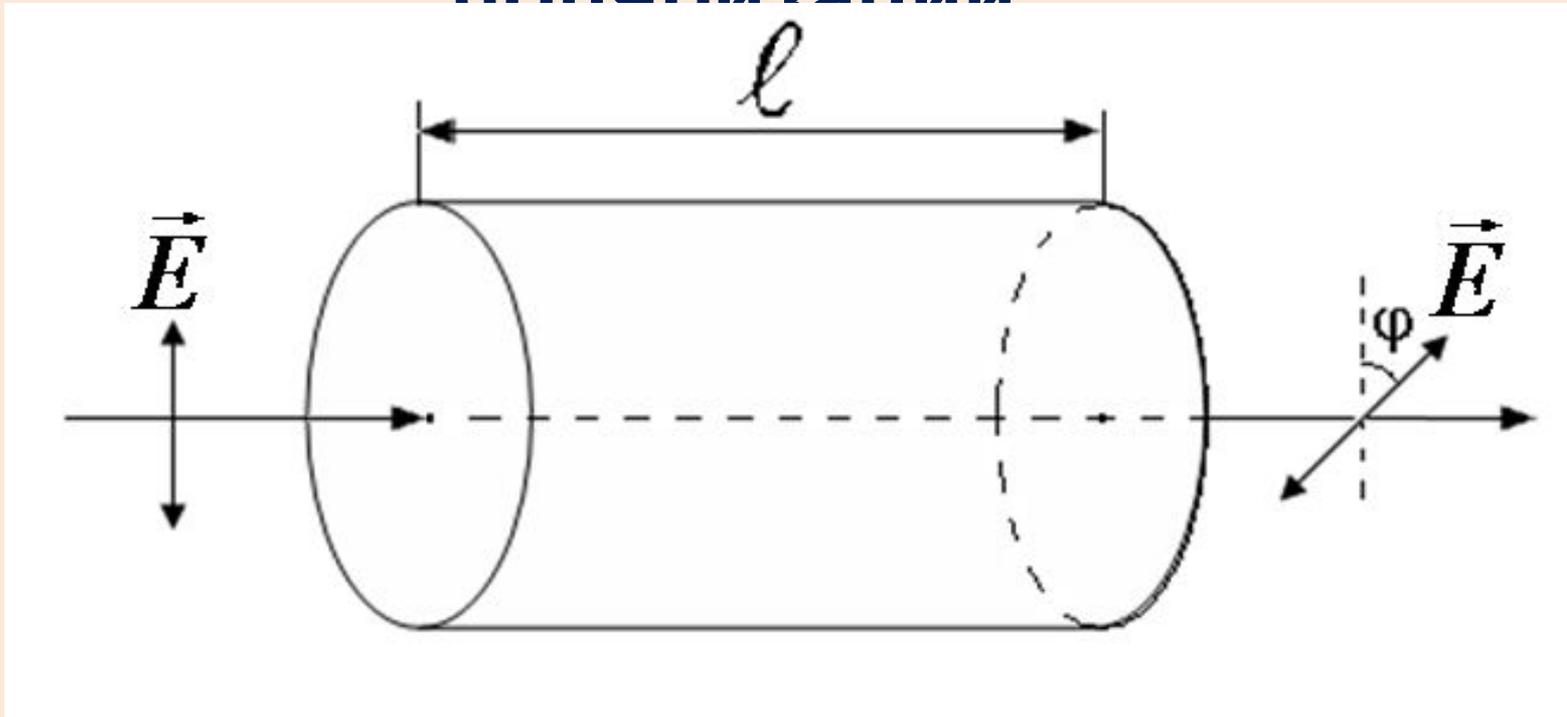
B – постоянная Керра,

λ_0 – длина волны света,

$E_{\text{внеш}}$ – напряженность внешнего электрического

Оптическая активность вещества.

Заключается в повороте плоскости
поляризации

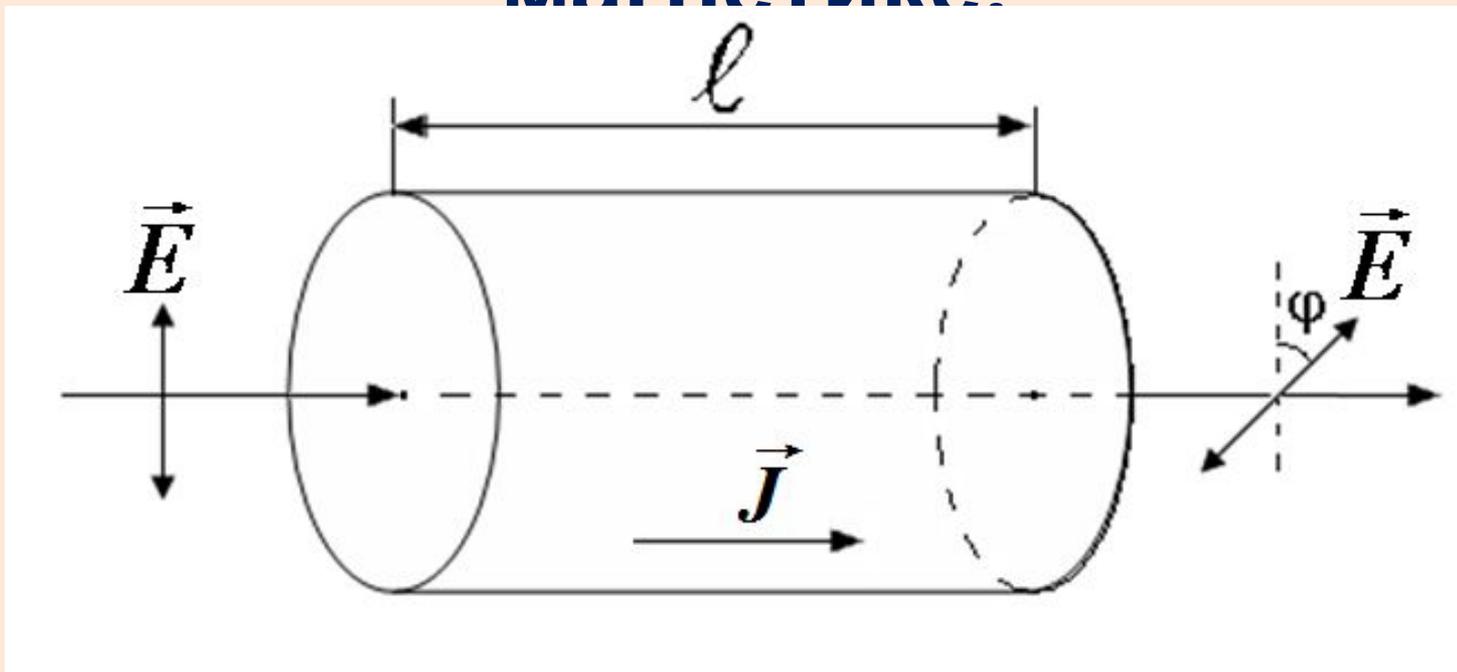


Угол поворота плоскости поляризации: $\phi = \alpha l$

α – постоянная вращения, l – длина
образца

Раствор сахара оптически активен. α зависит от концентрации сахара. На этом принципе работают сахариметры.

Эффект Фарадея – Вращение плоскости поляризации света в магнетике.



$$\phi = VJl$$

V – постоянная Верде, l – длина образца,
 J – намагниченность.

Применение поляризации

1. В затворах
фотоконокамер(
ячейка КЕРРА)
2. Глюкометр.
3. мех.напряжении