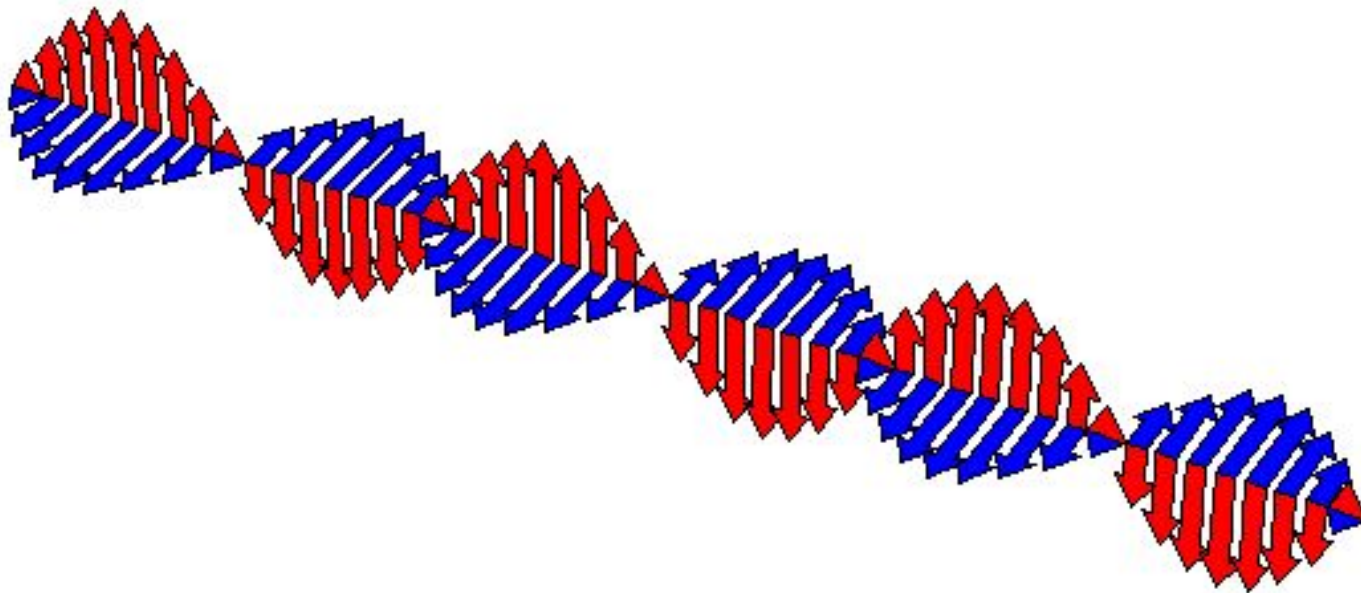


# *Поляризация света*

# Поляризация света

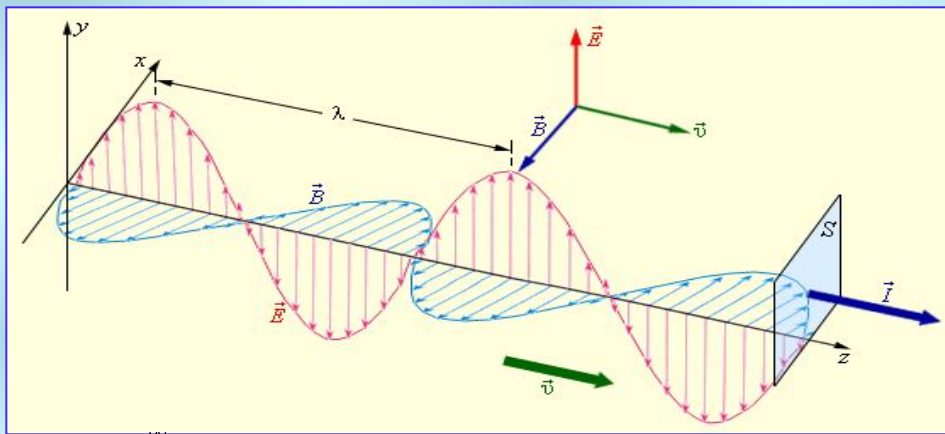
Свет- это электромагнитные волны. Во всех процессах взаимодействия света с веществом основную роль играет электрический вектор  $E$  поэтому его называют *световым вектором*. Если при распространении электромагнитной волны световой вектор сохраняет свою ориентацию, такую волну называют *линейно-поляризованной* или *плоско-поляризованной*.



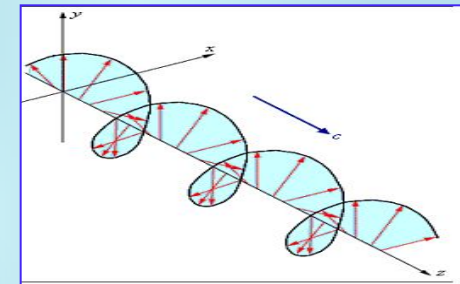
# Свет естественный и поляризованный

**Свет естественный** – это э/м волна, в которой векторы напряженности электрического поля лежат в **различных** плоскостях.

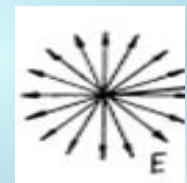
Э



Э



**Свет поляризованный** – это э/м волна, в которой **электрический вектор** лежит в **определенной** фиксированной плоскости.



или

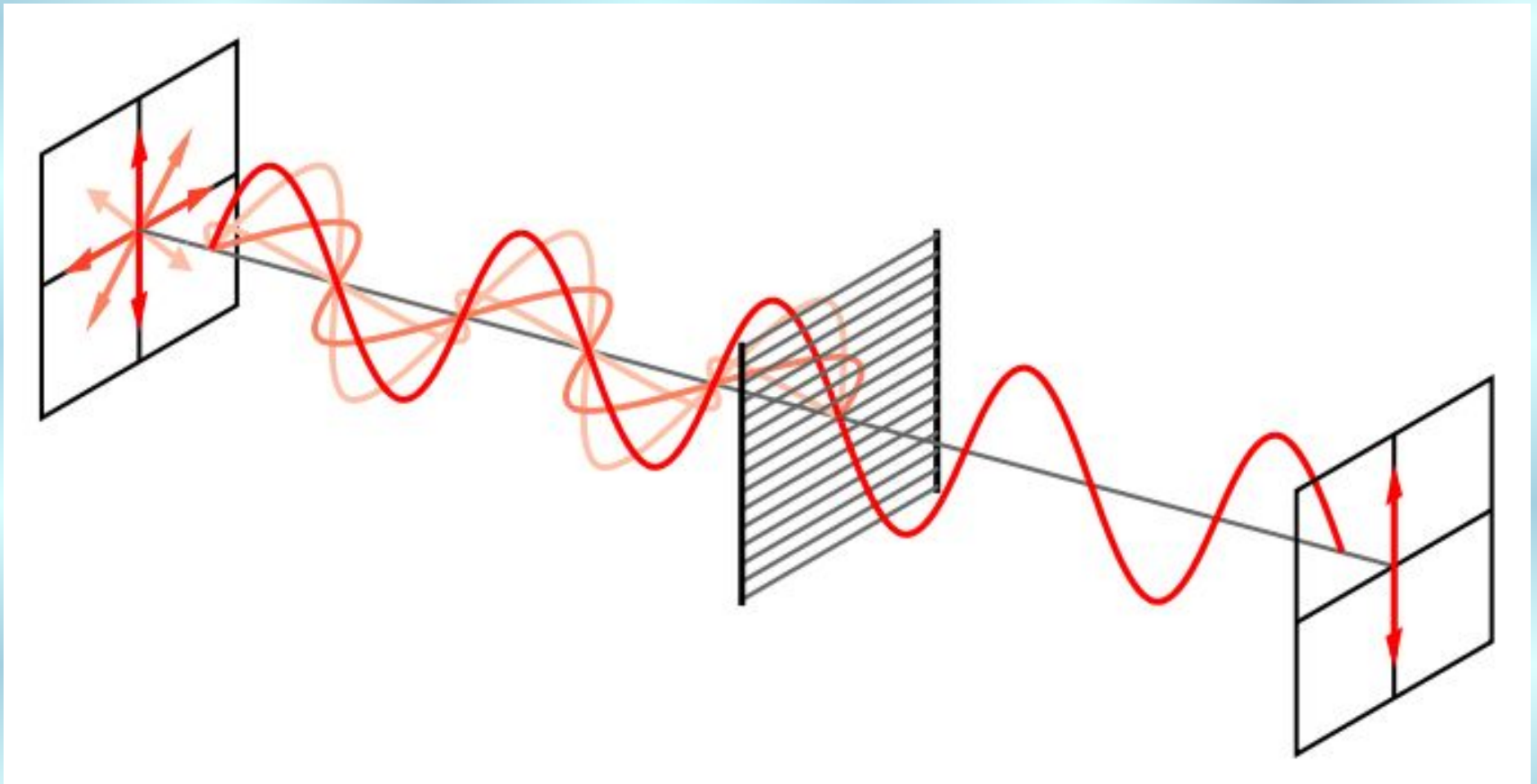


Э

**Плоскость поляризации** – это плоскость, в которой колеблется **электрический вектор**.

# Поляризатор

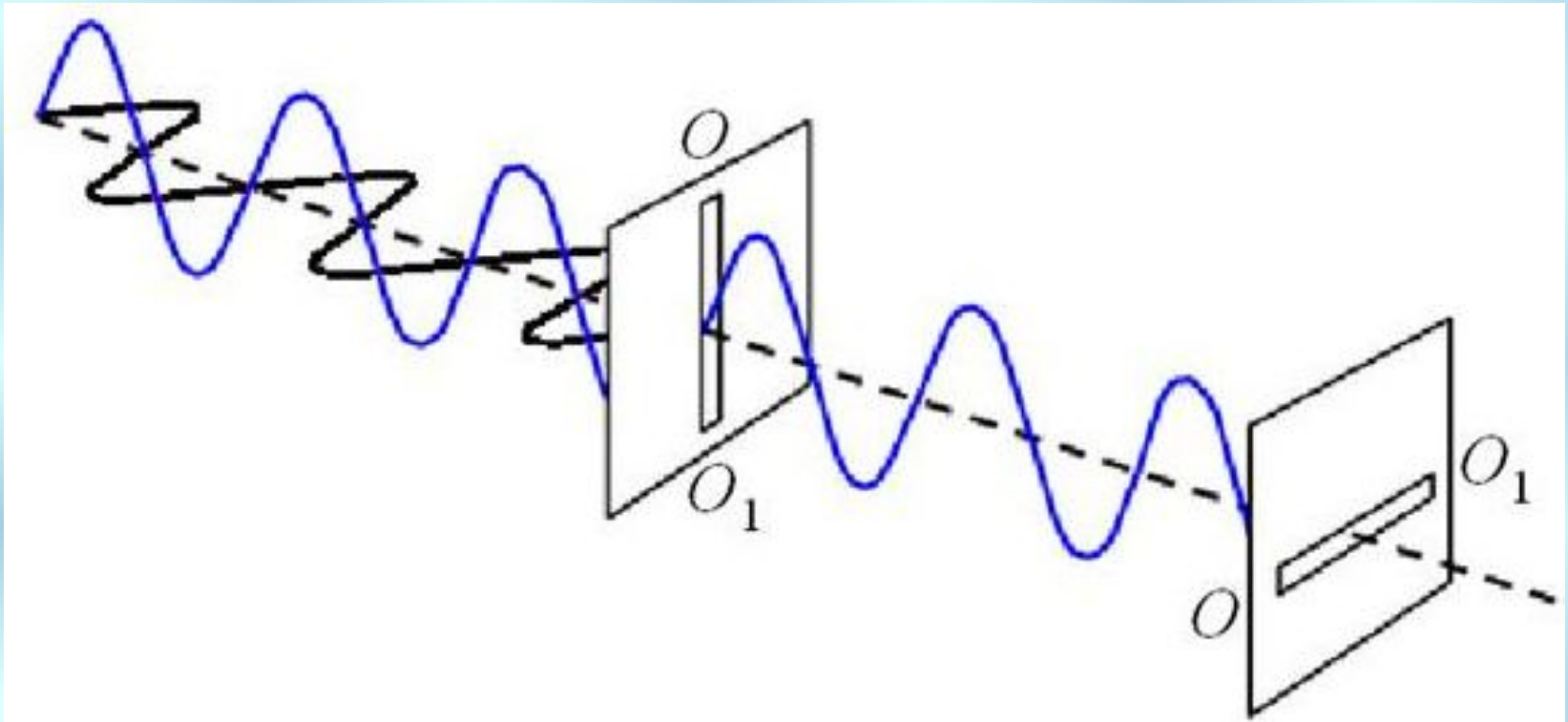
Поляризатор - устройство для получения полностью или частично поляризованного оптического излучения из излучения с произвольными поляризационными характеристиками .



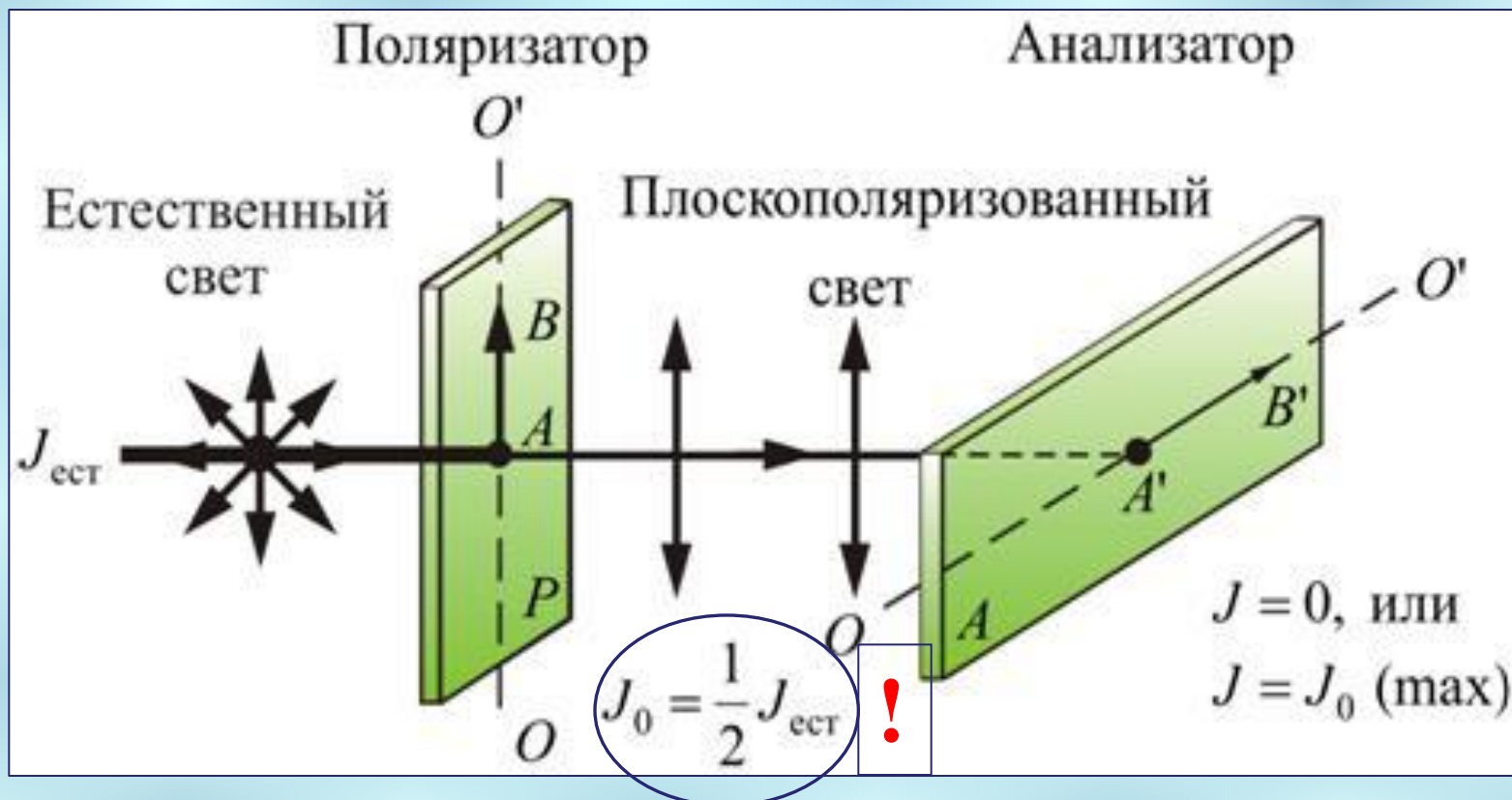
*(Поляризатор -пластина посередине)*

## Как действует поляризатор

Этот прибор свободно пропускает те волны, которые параллельны плоскости его поляризации и не пропускает волны *перпендикулярные плоскости поляризации прибора*



Рассмотрим прохождение естественного света последовательно через два идеальных поляроида П1 и П2, разрешенные направления которых развернуты на некоторый угол  $\varphi$ . Первый поляроид играет роль *поляризатора*. Он превращает естественный свет в плоско-поляризованный. Второй поляроид служит для анализа падающего на него света. Он называется *анализатором*.

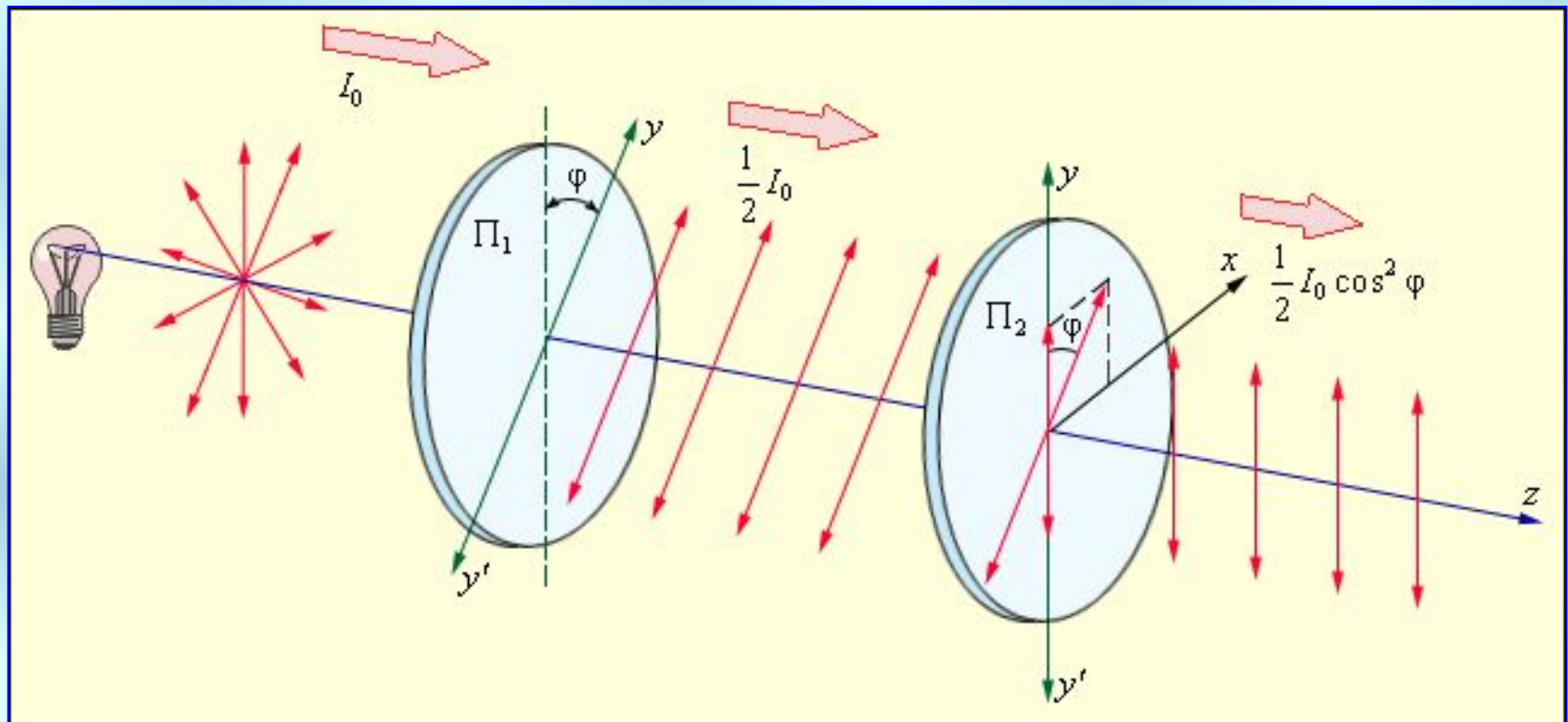


# Закон Малюса

В 1809 году французский инженер [Э. Малюс](#) открыл закон, названный его именем. В опытах Малюса свет последовательно пропускался через две одинаковые пластинки из турмалина (прозрачное кристаллическое вещество зеленоватой окраски). Пластинки можно было поворачивать друг относительно друга на угол  $\varphi$

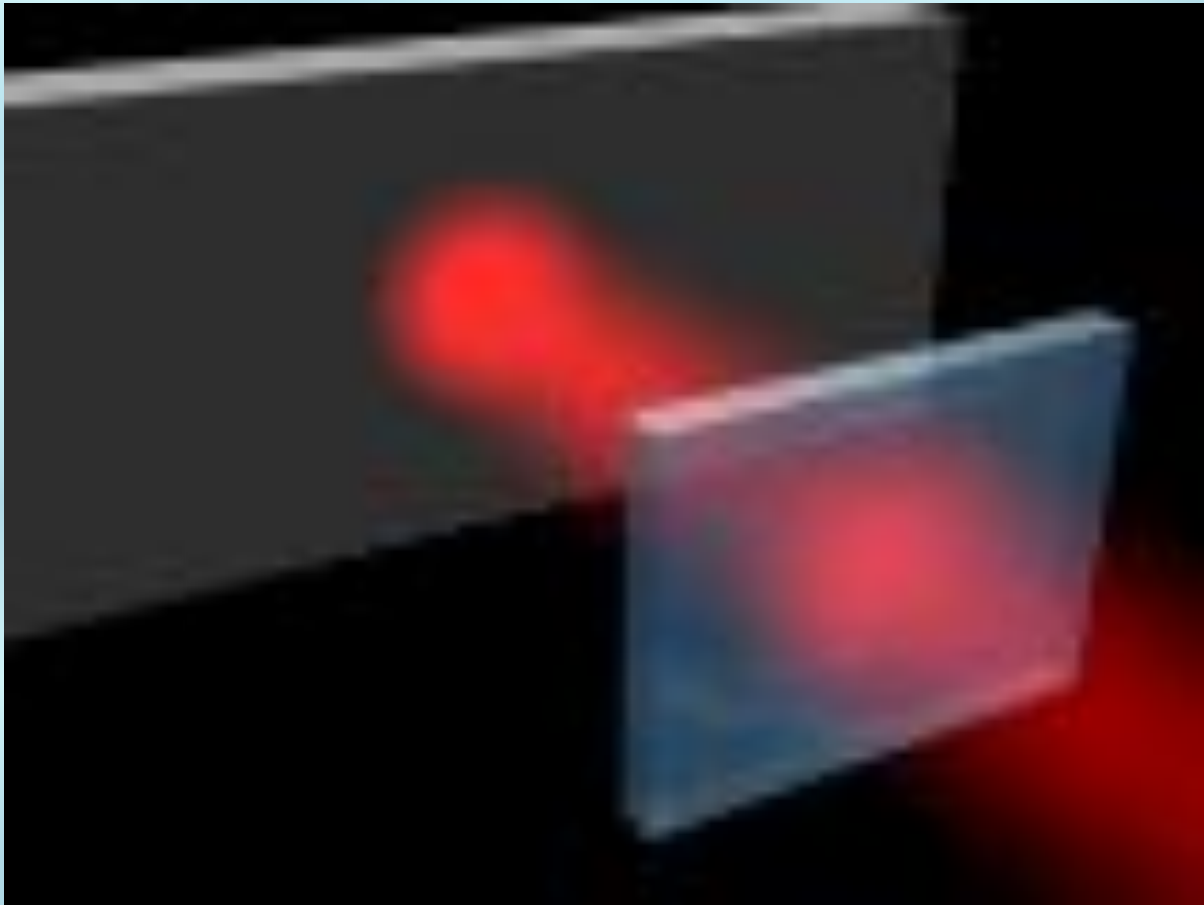
Интенсивность прошедшего света оказалась прямо пропорциональной  $\cos^2 \varphi$ :

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



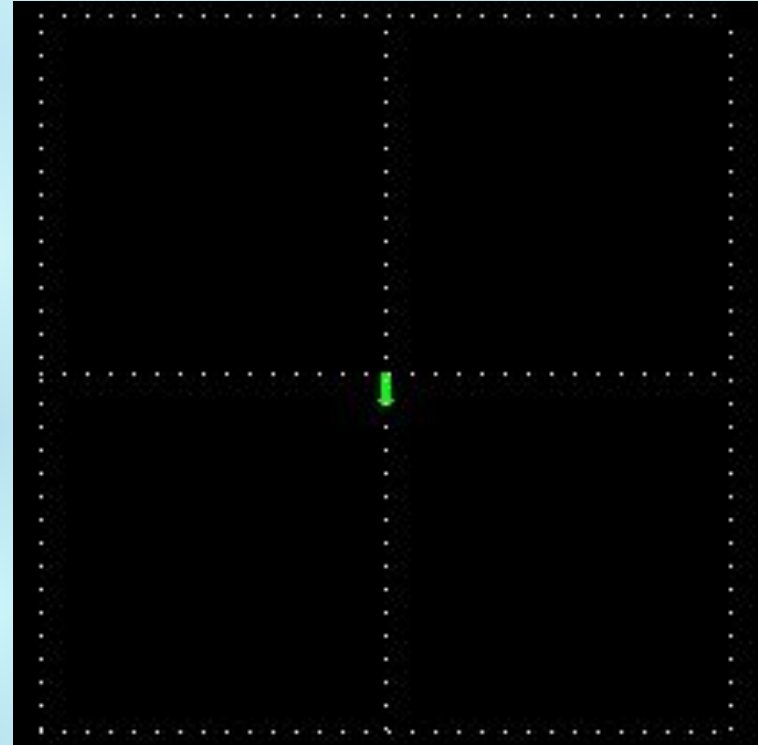
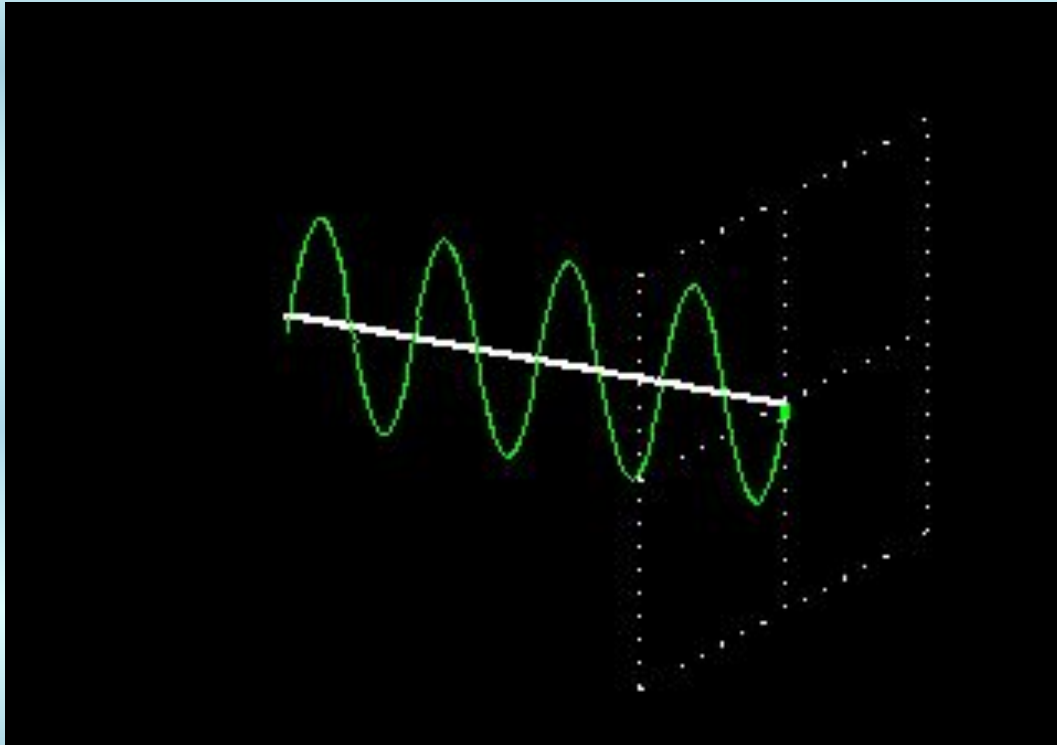
# *Закон Малюса*

В соответствии с законом Малюса, если на поляризатор падает плоско поляризованный свет, то при вращении поляризатора через каждые  $90^0$  на экране будет наблюдаться полное погасание луча





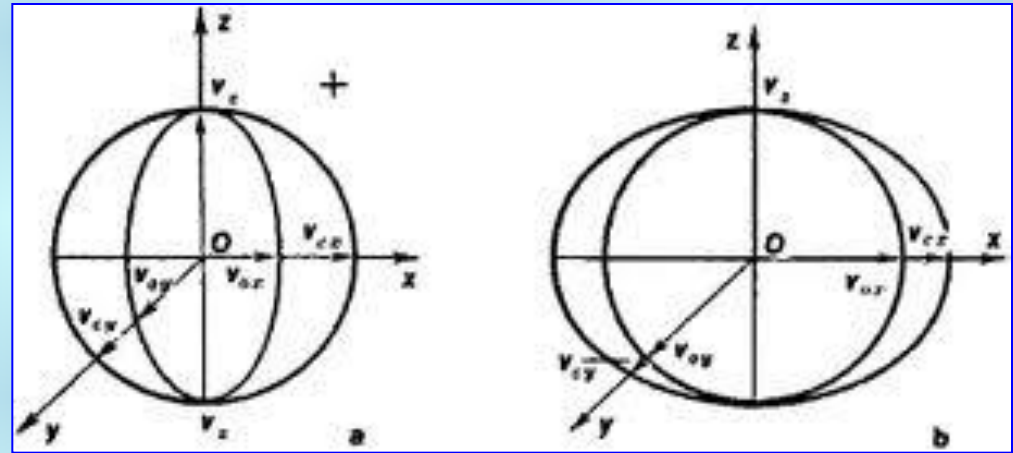
# *Виды поляризации света. Плоско поляризованный свет*



# Распространение света в анизотропной среде

Среда называется **оптически анизотропной**, если ее оптические свойства (скорость распространения света или показатели преломления) различны в различных направлениях.

Измерения показывают, что скорость света в кристаллах зависит не только от направления распространения света, но и от ориентировки вектора  $E$  относительно плоскости падения. Однако в кристаллах существует одно или несколько направлений, вдоль которых скорость света не зависит от ориентировки вектора  $E$ . Эти направления называются **оптическими осями** кристалла.



**Оптическая ось** это не одна какая-то линия в кристалле, наподобие оси симметрии, а определенное направление в кристалле; все прямые, параллельные этому направлению и взятые в любом месте кристалла, являются оптическими осями

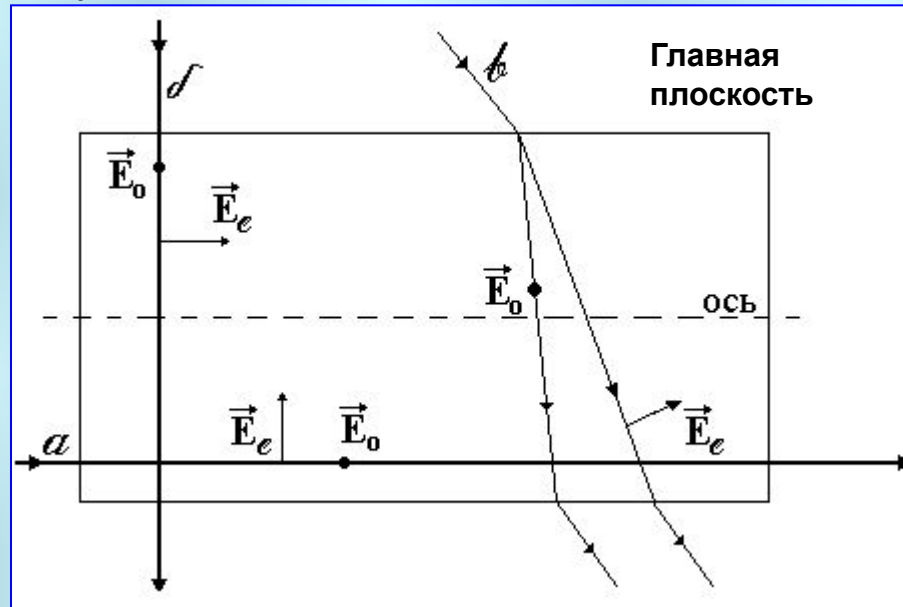
Так как вектор  $E$  перпендикулярен к своему лучу, то при распространении света вдоль оптической оси вектор  $E$  при всех его различных ориентировках в пространстве всегда перпендикулярен также и к оптической оси.

# Распространение света в анизотропной среде

Плоскость, проходящая через данный луч и оптическую ось кристалла - **главная плоскость**. В кристаллах различают:

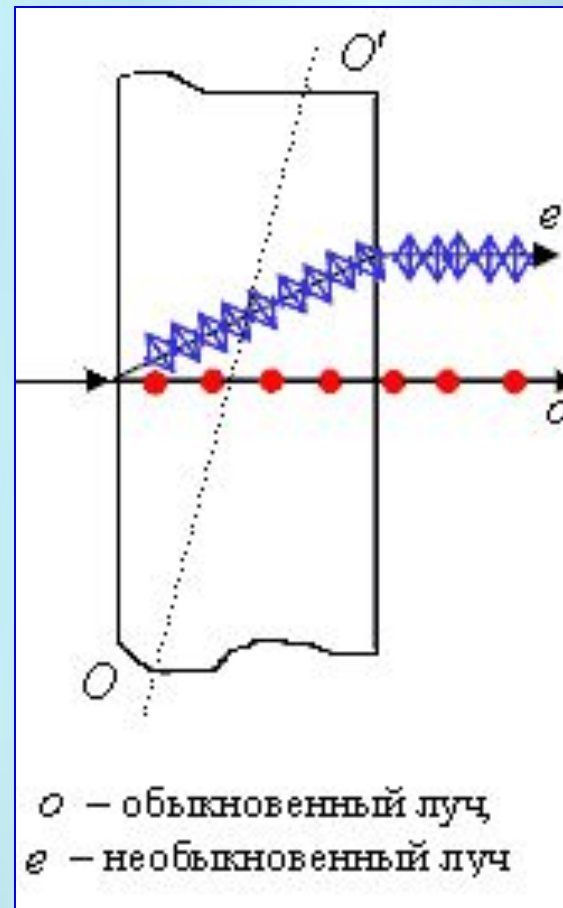
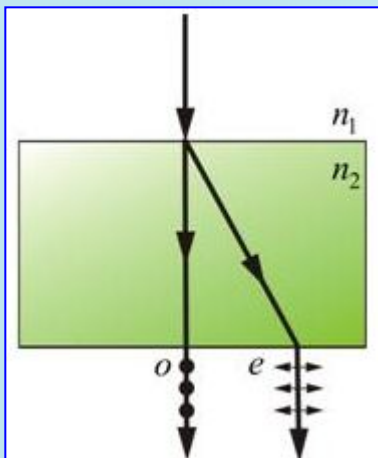
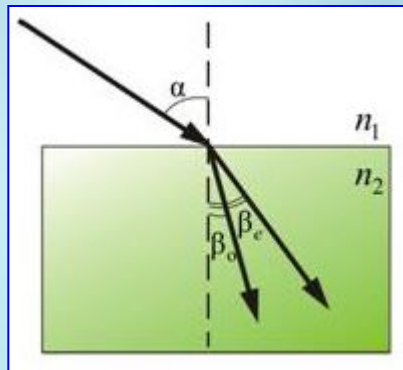
1. обыкновенные лучи, у которых вектор  $\vec{E}$  ориентирован перпендикулярно к главной плоскости (следовательно, перпендикулярен и к оптической оси);
2. необыкновенные лучи, у которых вектор  $\vec{E}$  лежит в главной плоскости (следовательно, образует с оптической осью некоторые углы).

Обыкновенные лучи распространяются по всем направлениям в кристалле с одной и той же скоростью  $c_0$ . Необыкновенные лучи распространяются в кристалле с различными скоростями в зависимости от угла между вектором  $\vec{E}$  и оптической осью  $c_e$ .



Исследования показали, что обыкновенный и необыкновенный лучи являются полностью поляризованными во взаимно перпендикулярных направлениях.

Плоскость колебаний обыкновенного луча перпендикулярна главному сечению, а необыкновенного луча – совпадает с главным сечением. На выходе из кристалла оба луча распространяются в одинаковом направлении и различаются лишь направлением поляризации



## *Для необыкновенной волны обычные законы преломления не соблюдаются !!!*

Так, по первому закону преломления  $\sin \alpha / \sin \gamma = \text{const}$ , поэтому при  $\alpha = 0$  должно быть  $\gamma = 0$ . Это имеет место для обыкновенного луча и не соблюдается для необыкновенного.

Кроме того, если оптическая ось не лежит в плоскости падения, то необыкновенный луч также выйдет из плоскости падения, следовательно, для него не соблюдается и второй закон преломления (луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр в точке падения лежат в одной плоскости).

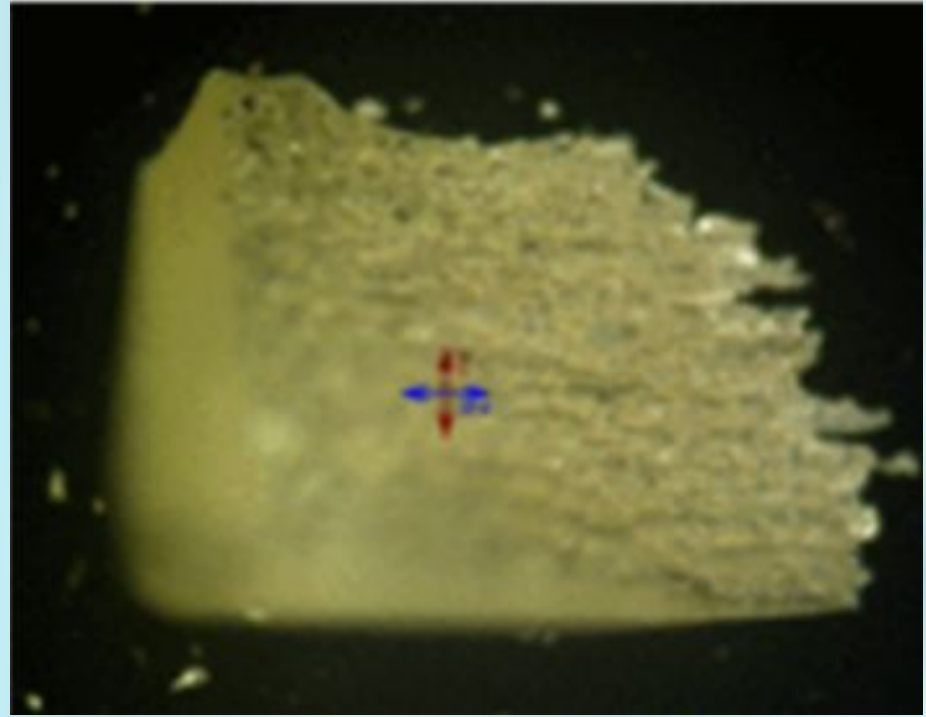
Еще одна особенность распространения света в анизотропных средах: направление распространения необыкновенной волны не перпендикулярно к ее фронту.

# Двупреломление в анизотропных кристаллах





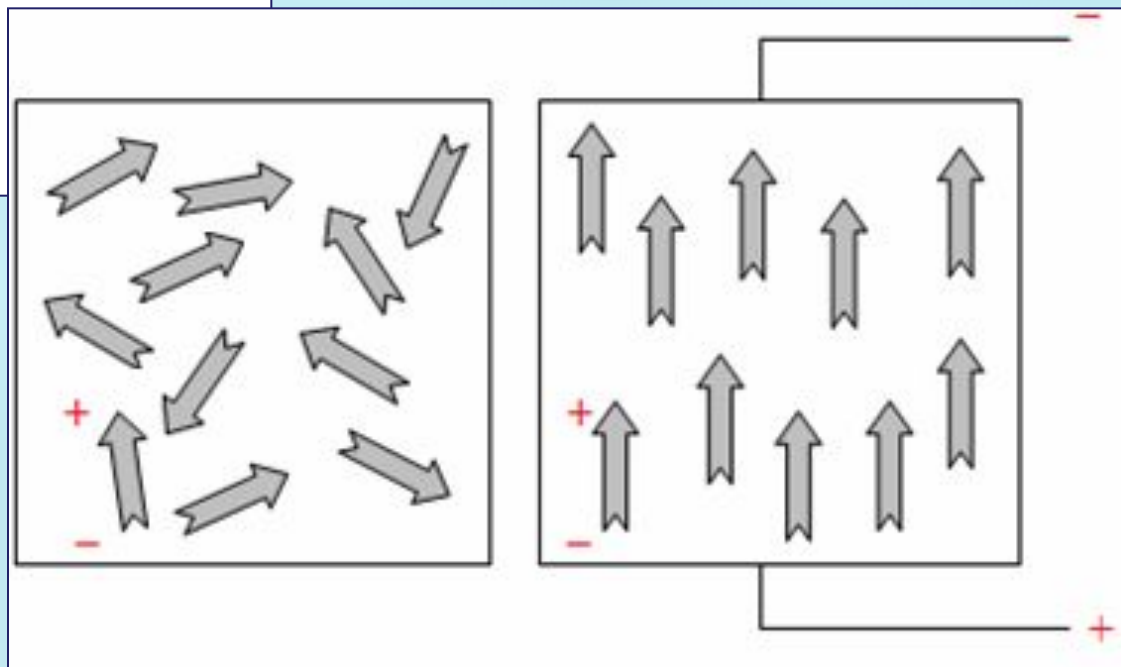
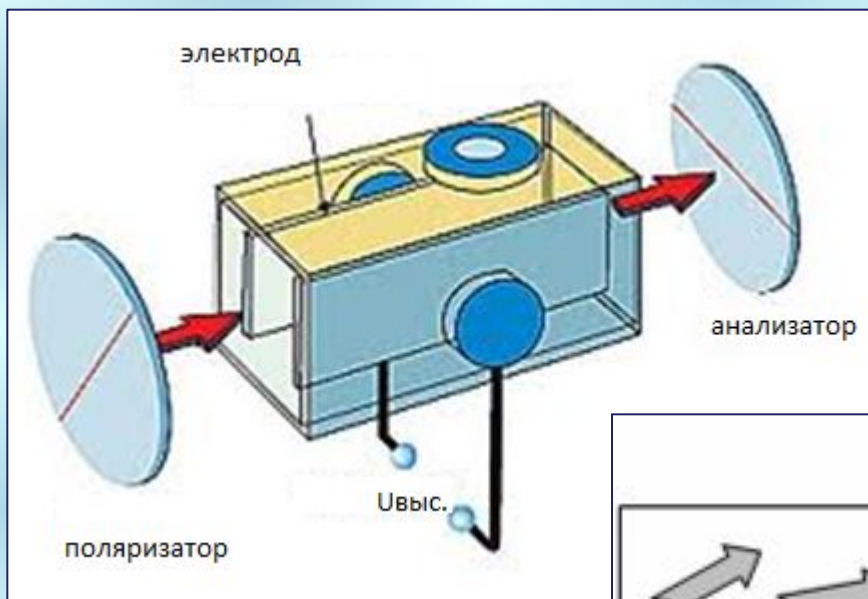
*Вид кристалла кальцита  $\text{CaCO}_3$   
через вращающийся поляризатор*



*Вид кристалла рутила  $\text{TiO}_2$  через  
вращающийся поляризатор*

# Искусственная анизотропия

## 1. Анизотропия за счет приложения электрического поля (эффект Керра)



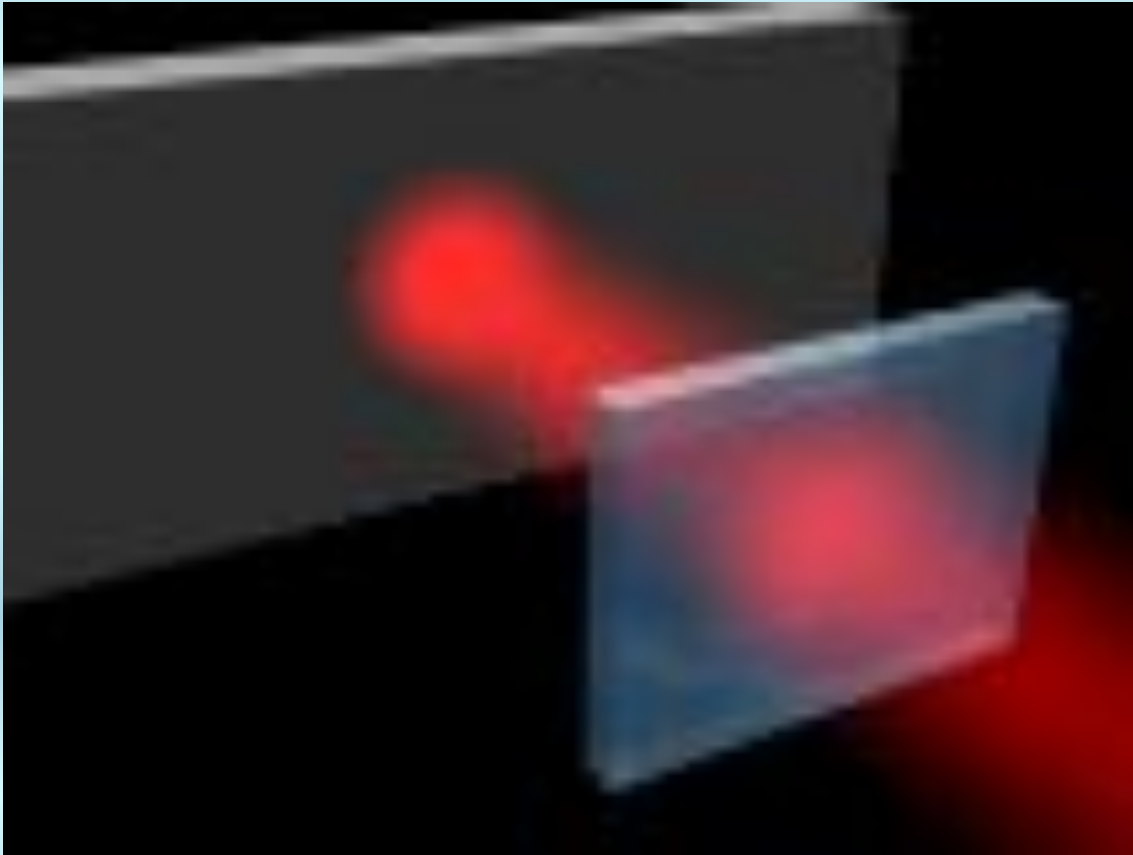


## 2. Анизотропия за счет механической деформации



# *Способы получения поляризованного света*

**1. Лазеры.** Свет генерируемый лазером является плоскополяризованным за счет того, что имеет место не спонтанное, как в случае нагретых тел, а стимулированное излучение, при котором испускаемые фотоны в точности совпадают по частоте, фазе и направлению с фотонами, стимулировавшими излучение возбужденных атомов.



## **2. Рассеяние света.**

Свет, рассеянный в направлении перпендикулярном пучку плоско поляризован.

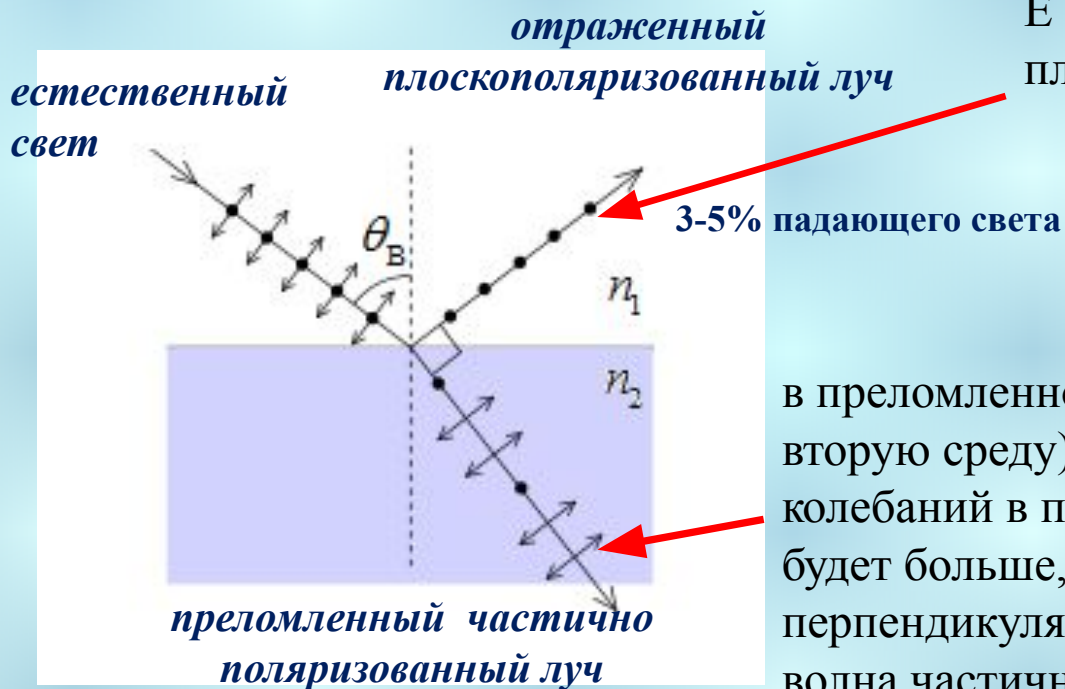
### 3. Поляризация при отражении и преломлении

Если естественный свет падает на отражающую поверхность диэлектрика (стекла, слюды и т. п.) под углом  $\alpha$ , удовлетворяющим условию Брюстера:

$$\operatorname{tg} \Theta = \frac{n_2}{n_1}$$

то отраженная волна оказывается плоскополяризованной

«черное зеркало»

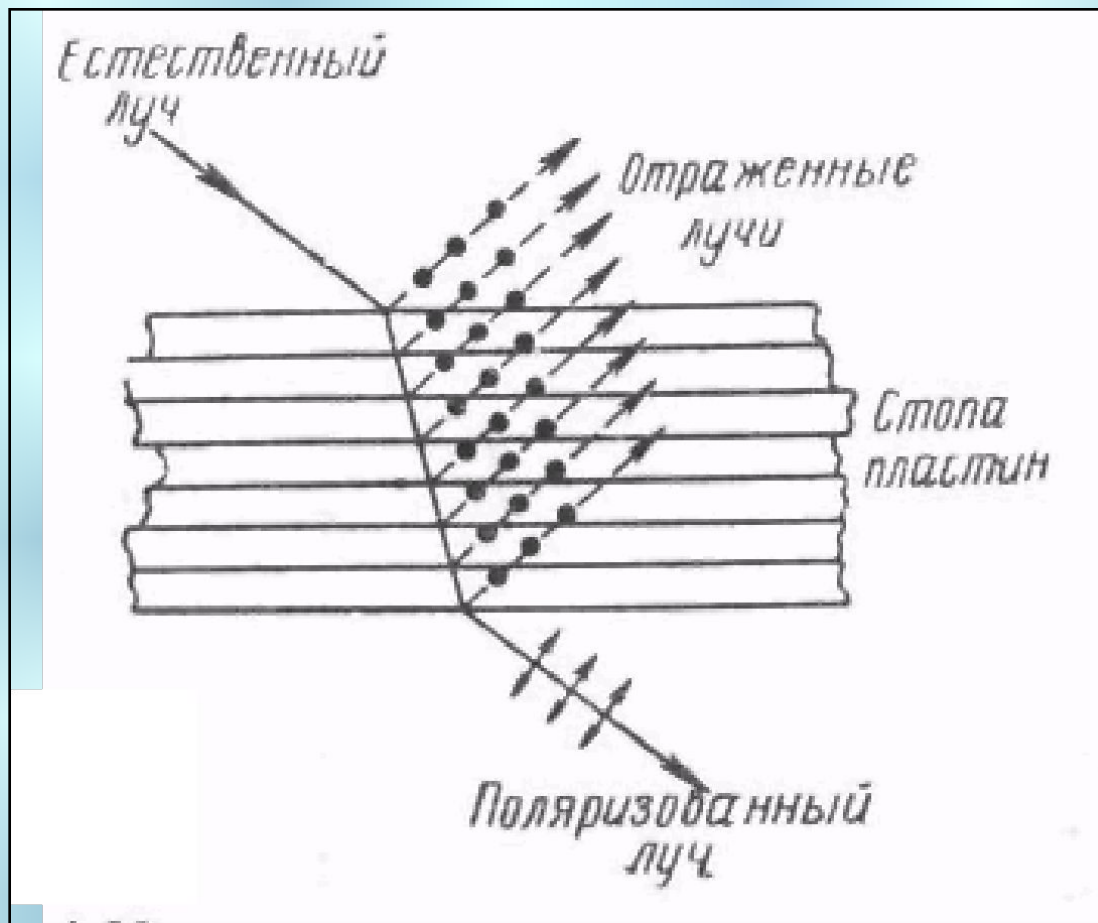


У отраженной волны вектор  $E$  перпендикулярен к плоскости падения

в преломленной (прошедшей во вторую среду) волне энергия колебаний в плоскости падения будет больше, чем в перпендикулярной плоскости, и волна частично поляризована.

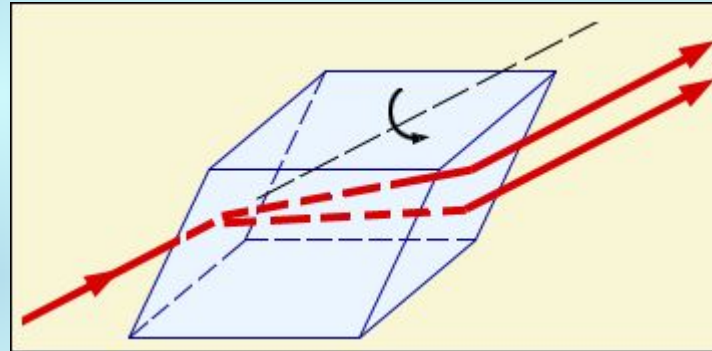
На практике пользуются многократным отражением волны от *«стоны пластин»*; отраженные лучи уносят колебания, перпендикулярные к плоскости падения, и проходящий луч, постепенно «очищаясь» от этих колебаний, становится почти плоско поляризованным (с вектором  $E$ , лежащим в плоскости падения).

*Стона Столетова*



#### 4. Поляризация при двойном лучепреломлении в кристаллах

Обыкновенный и необыкновенный лучи имеют в кристалле различные скорости распространения, следовательно, различные показатели преломления  $n_o$  и  $n_e$ ; этим объясняется двойное лучепреломление в точке падения волны на грань призмы



Это явление наблюдается в *оптически анизотропной среде*, если ее оптические свойства (скорость распространения света или показатели преломления) различны в различных направлениях.

в кристаллах существует одно или несколько направлений, вдоль которых скорость света не зависит от ориентировки вектора  $E$ . Эти направления называются оптическими осями кристалла.

Так как вектор  $E$  перпендикулярен к своему лучу, то при распространении света вдоль оптической оси вектор  $E$  при всех его различных ориентировках в пространстве всегда перпендикулярен также и к оптической оси.

Часто в качестве поляризатора используется так называемая *призма Николя*. Это призма из исландского шпата, разрезанная по диагонали и склеенная канадским бальзамом

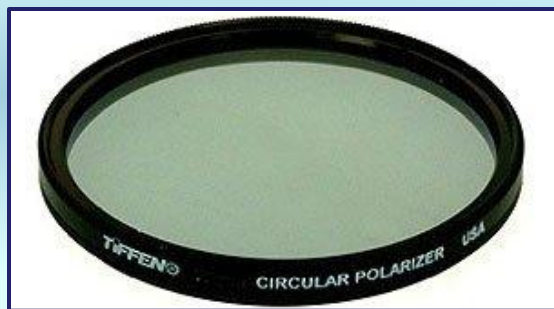


Показатель преломления канадского бальзама лежит между значениями показателей  $n_o$  и  $n_e$  для обыкновенного и необыкновенного лучей в исландском шпате ( $n_o > n > n_e$ ). За счет этого обыкновенный луч претерпевает на прослойке бальзама полное внутреннее отражение и отклоняется в сторону. Необыкновенный луч свободно проходит через эту прослойку и выходит из призмы.

## 5. Поляризация при прохождении света через поглощающие анизотропные вещества.

Некоторые кристаллические вещества обладают различным поглощением для лучей с различными ориентировками вектора  $E$  относительно осей этих кристаллов. Например, турмалиновая пластинка толщиной 0,1 мм почти полностью поглощает обыкновенные лучи (вектор  $E_0$  перпендикулярен оптической оси), а необыкновенные лучи частично поглощаются, частично выходят из пластинки. Если на такую пластинку светит естественный свет, то из пластинки выходит только необыкновенный плоскополяризованный луч. Коэффициент поглощения таких веществ зависит от длины волны. Поэтому, если на такие вещества падает белый свет, то вышедший свет получается окрашенным, причем в различных направлениях окраска различна.

Нанося на стекло тонкий слой чешуйчатых кристалликов турмалина или герпатита получают так называемые поляроиды



# Поляроиды





