

ФИЗИКА

лекция

5

МИАС ИГЭС -специалисты

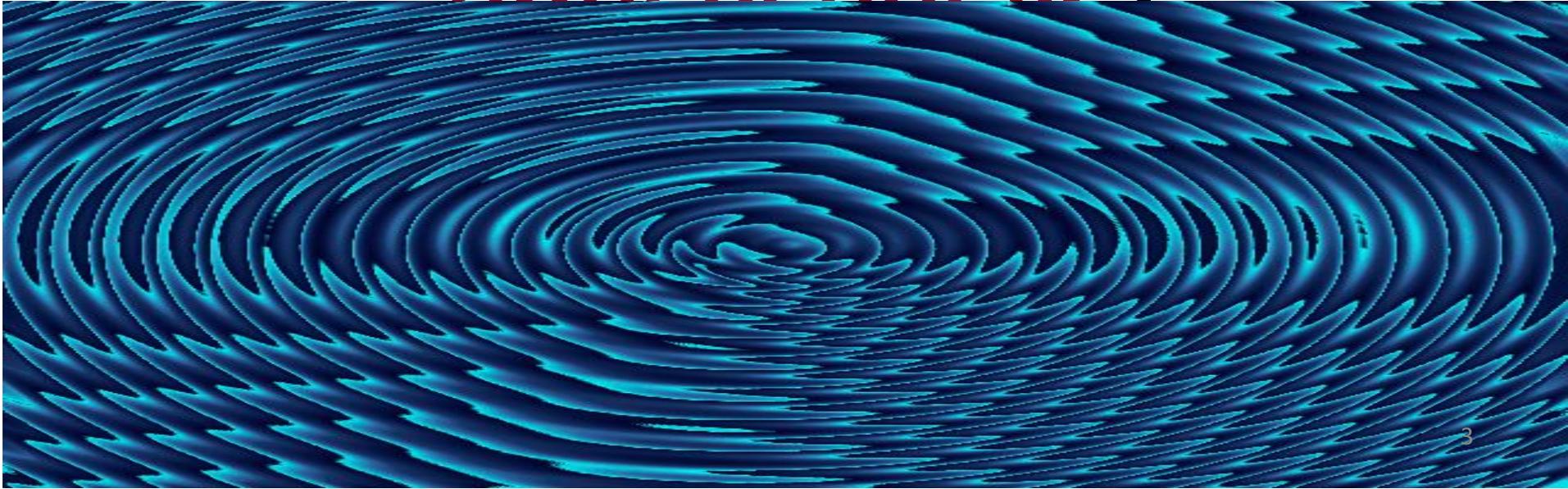
Новоселова О.В.



ПОЛЯРИЗАЦИЯ

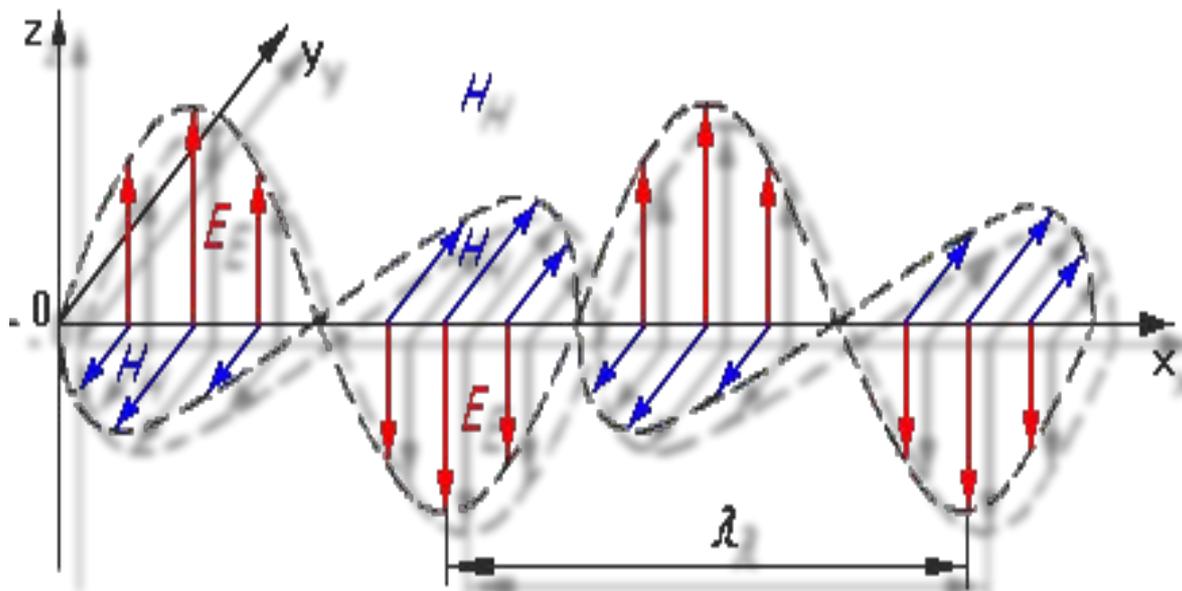
**Волновые свойства света
подтверждаются явлениями
интерференции, дифракции,
поляризации.**

**Но каких волн –
ПРОДОЛЬНЫХ или
ПОПЕРЕЧНЫХ?**



Направления векторов напряженности электрического E и магнитного H полей в электромагнитной волне лежат в плоскостях, перпендикулярных направлению движения волны.

Следовательно электромагнитная волна – поперечная волна.



Следствием теории Максвелла является поперечность световых волн: векторы напряженностей электрического E и магнитного H полей волны взаимно перпендикулярны и колеблются перпендикулярно вектору скорости v распространения волны (перпендикулярно лучу).

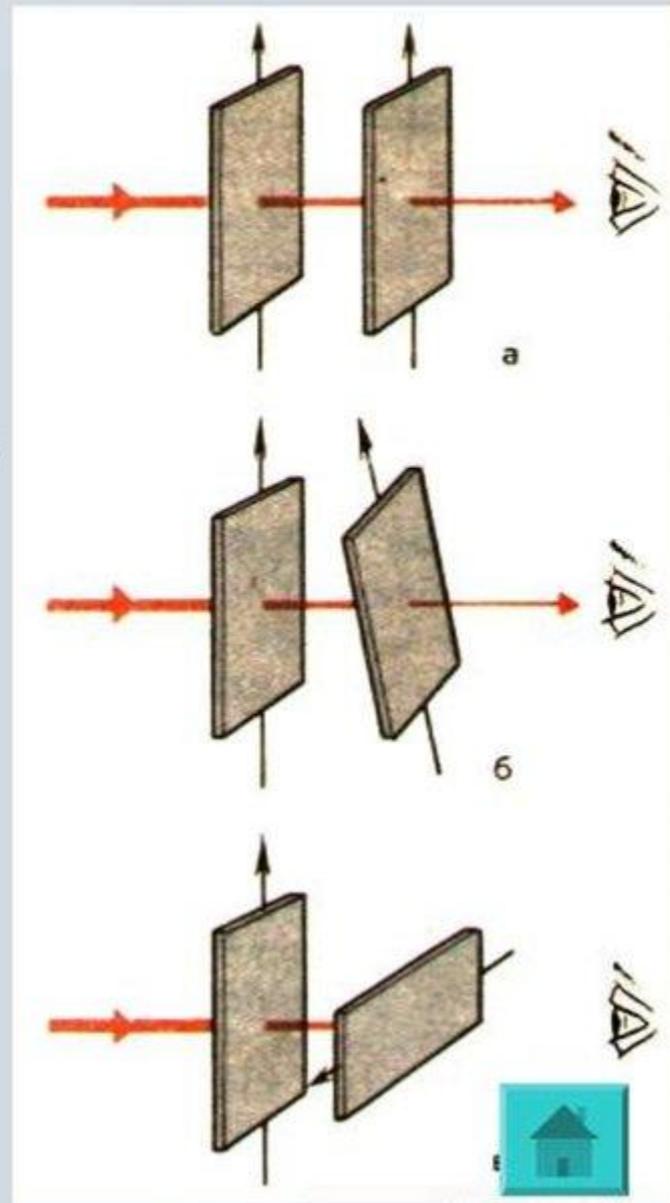
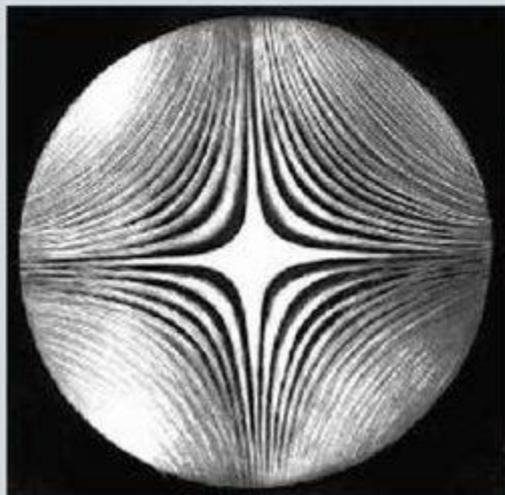
Поляризация волн — характеристика поперечных волн, описывающая поведение вектора колеблющейся величины в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны.

В продольной волне поляризация возникнуть не может, так как направление колебаний в этом типе волн всегда совпадают с направлением распространения.

Поперечная волна характеризуется двумя направлениями: волновым вектором и вектором амплитуды, всегда перпендикулярным к волновому вектору. В трёхмерном пространстве имеется ещё одна степень свободы — вращение вокруг волнового вектора.

Поляризация света

Поляризация света, одно из фундаментальных свойств оптического излучения (света), состоящее в неравноправии различных направлений в плоскости, перпендикулярной световому лучу (направлению распространения световой волны)



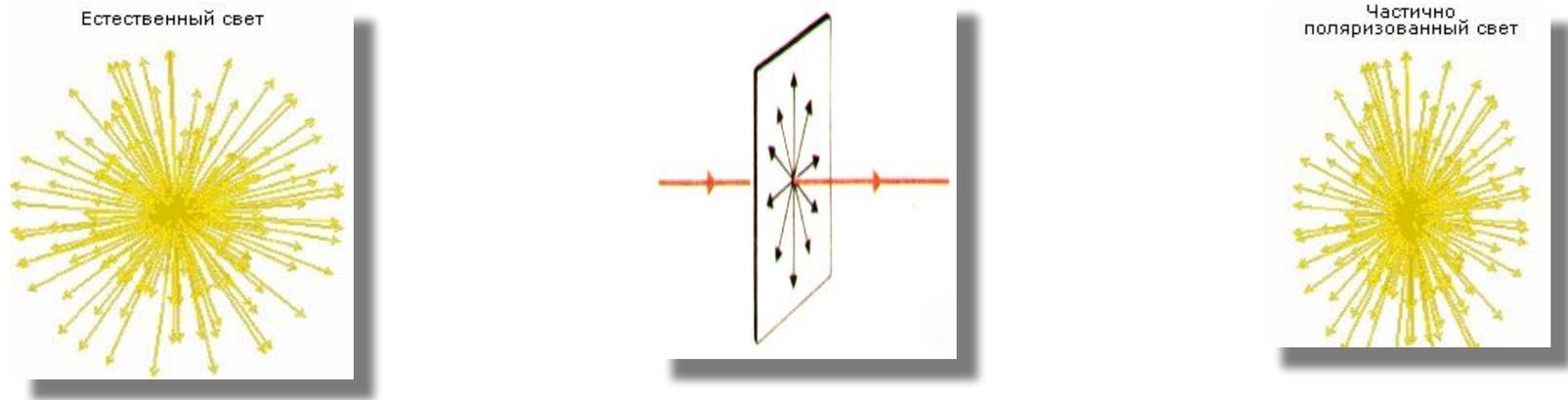
Поляризованный и естественный свет.

Для описания закономерностей поляризации света достаточно знать поведение лишь одного из векторов. Обычно все рассуждения ведутся относительно светового вектора - вектора напряженности E электрического поля, Это название обусловлено тем, что при действии света на вещество основное значение имеет электрическая составляющая поля волны, действующая на электроны в атомах вещества.

Свет представляет собой суммарное электромагнитное излучение множества атомов. Атомы же излучают световые волны независимо друг от друга, поэтому световая волна, излучаемая телом в целом, характеризуется всевозможными равновероятными колебаниями светового вектора.

Согласно волновой теории, свет представляет собой совокупность электромагнитных волн.

Естественный свет - совокупность электромагнитных волн со всевозможными равновероятными направлениями световых векторов (напряженности электрического поля E), перпендикулярных направлению распространения света.



Поляризованным светом называется свет, в котором направления колебания вектора напряженности электрического поля E каким-либо образом упорядочены.

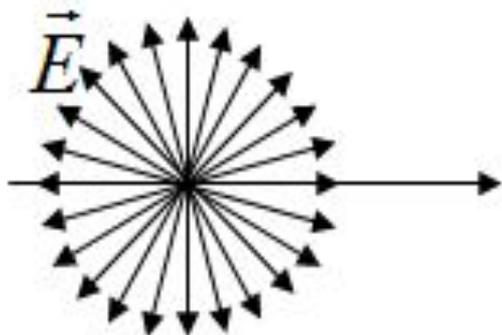
Частично поляризованный свет — свет с преимущественным направлением колебаний вектора E .

Если направления светового вектора упорядочены каким-либо образом, то свет называется **поляризованным** (линейно поляризованным, поляризованным по кругу, эллиптически поляризованным)..

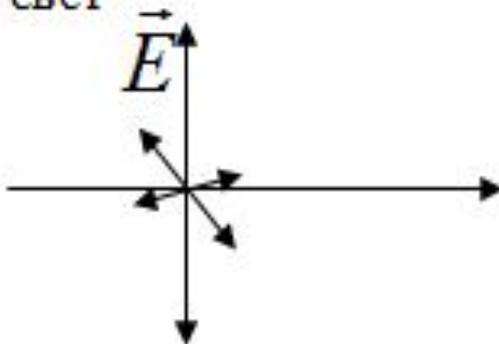
Плоскополяризованный (линейно поляризованным).– если колебания вектора E происходят только в одной плоскости.

Плоскость поляризации – это плоскость, проходящая через вектор напряженности электрического поля E и направление распространения электромагнитной волны.

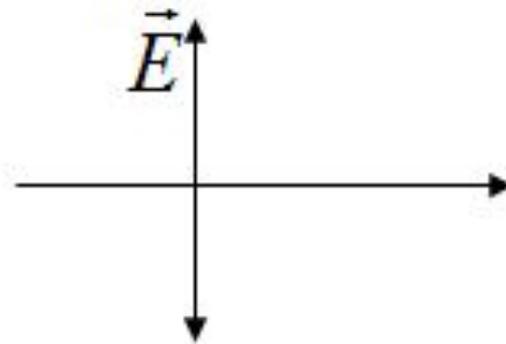
Естественный свет



Частично поляризованный свет



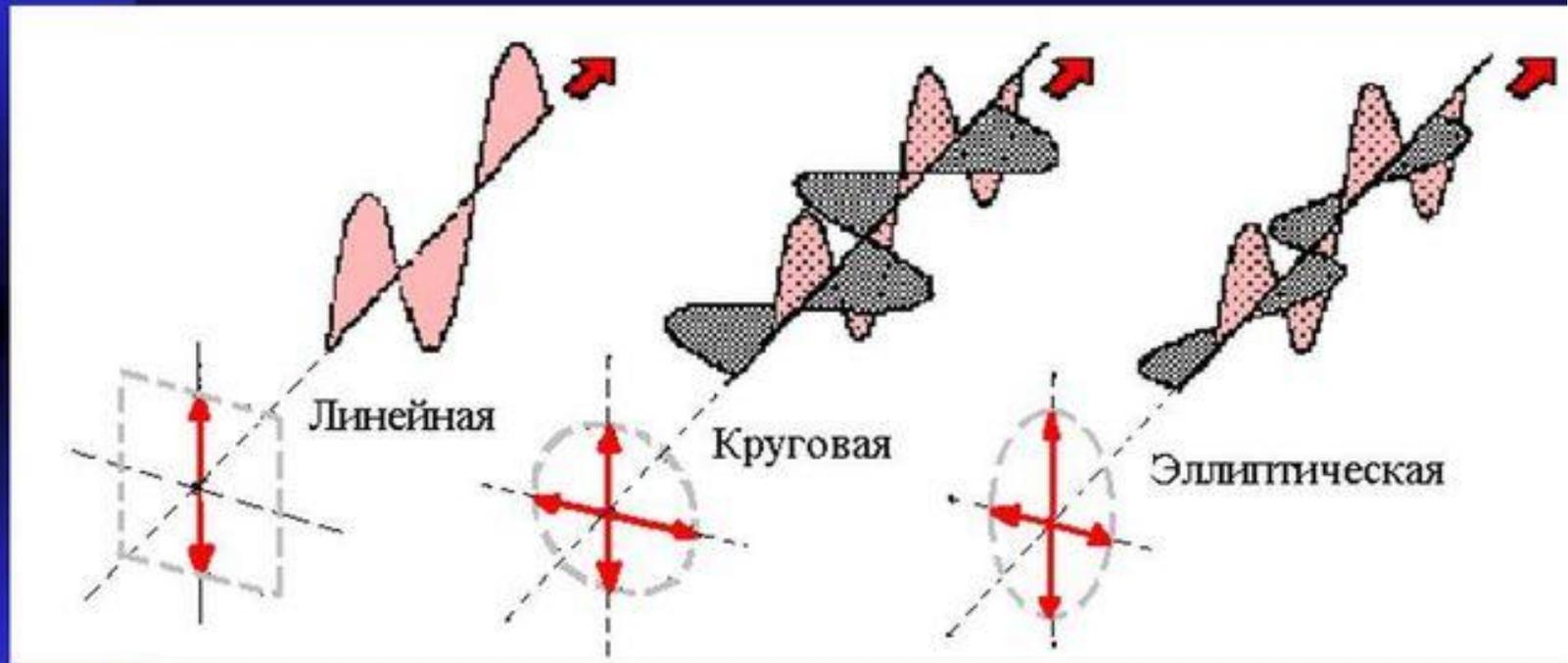
Плоско поляризованный свет



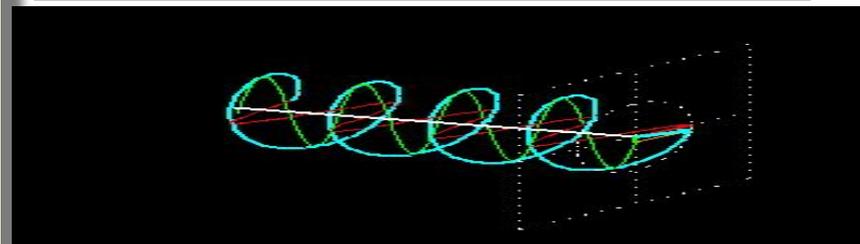
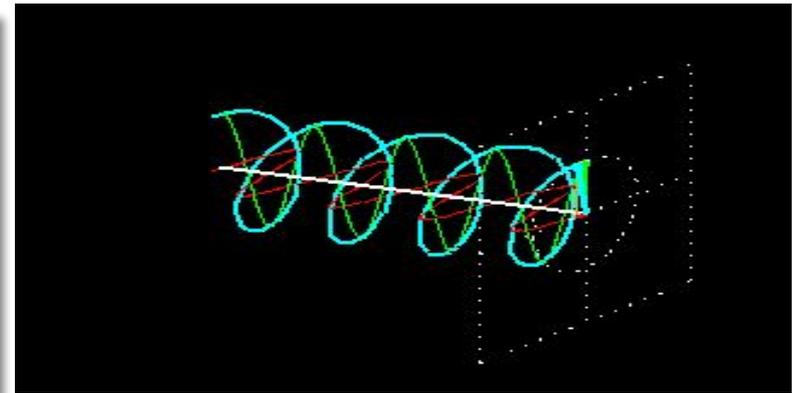
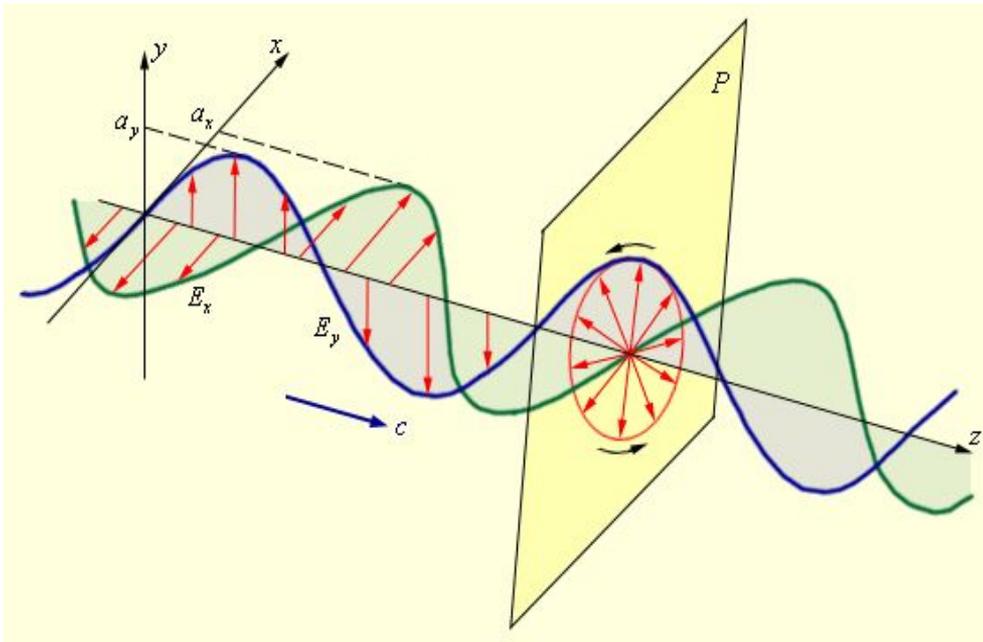
***Единственным источником
поляризованного света являются лазеры.***



Виды поляризации

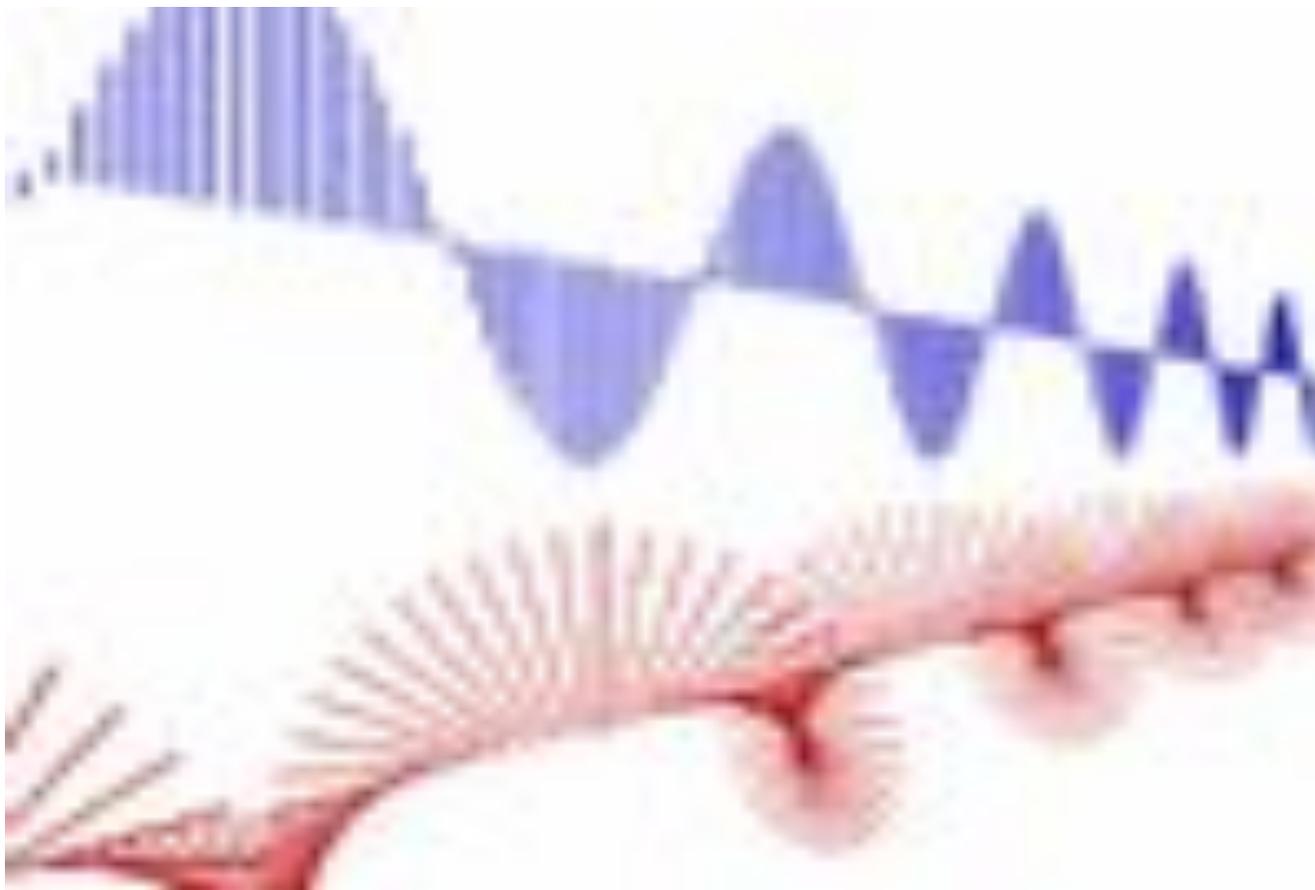


Если вектор E вращается вокруг направления распространения света, одновременно изменяясь периодически по модулю (при этом конец вектора E описывает эллипс), то такой свет называют **эллиптически - поляризованным.**

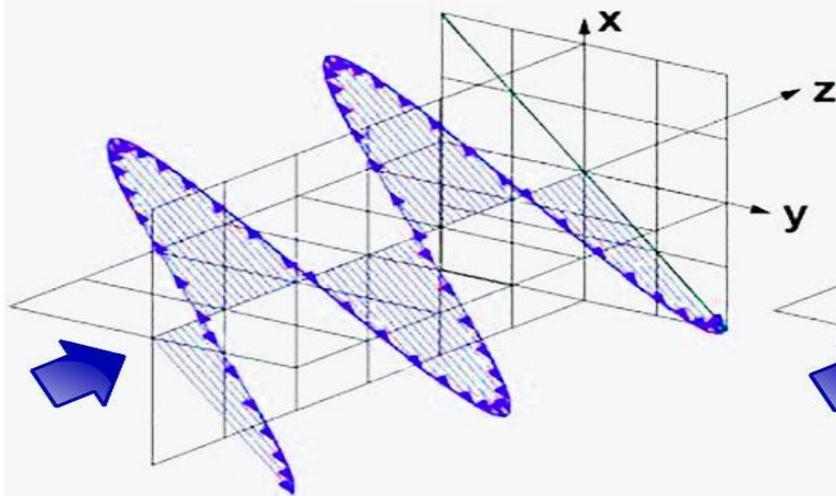


Плоскость, в которой совершает колебания вектор E , называется плоскостью колебаний, а вектор H – плоскостью поляризации.

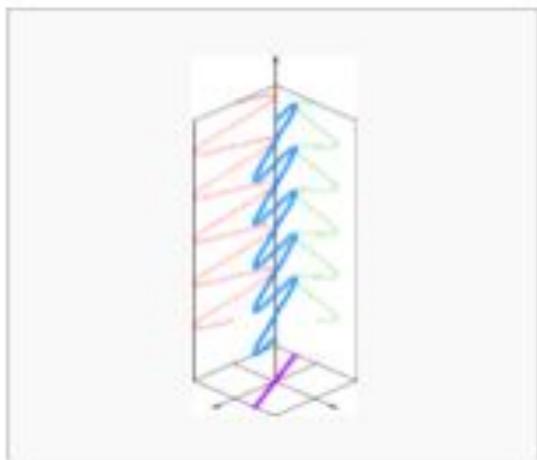
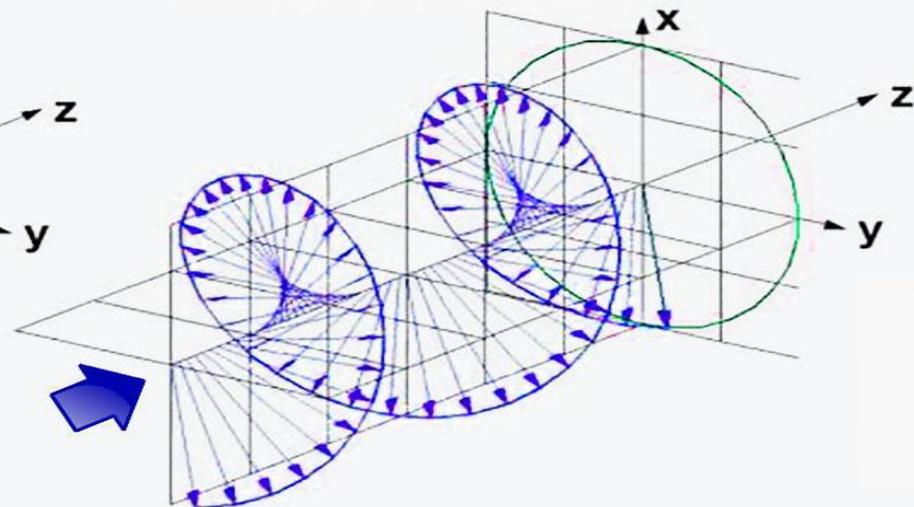
Линейно и эллиптически поляризованный свет



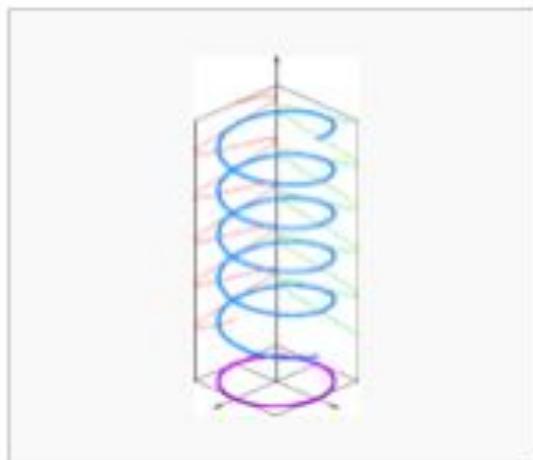
Линейная поляризация



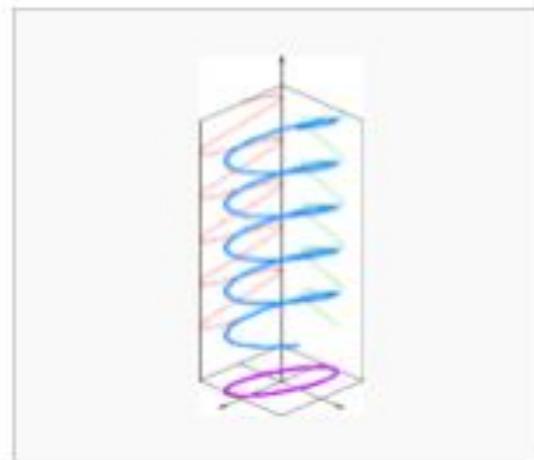
Круговая поляризация



Линейная поляризация



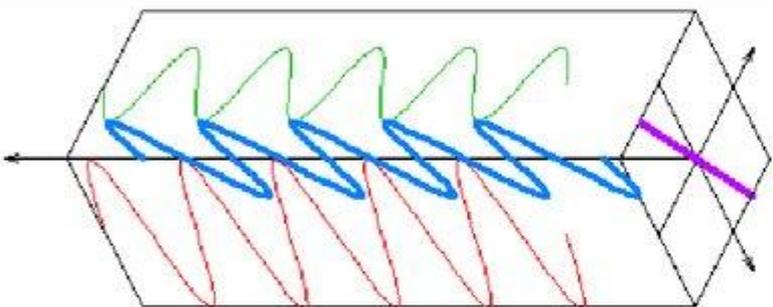
Круговая поляризация



Эллиптическая поляризация

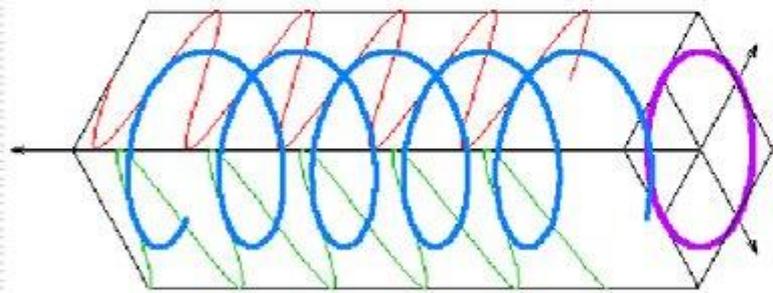
Плоско поляризованный (полностью поляризованный) свет – свет, у которого все элементарные источники имеют одинаковую ориентацию плоскости поляризации в каждый момент времени

1. Линейно-поляризованный свет



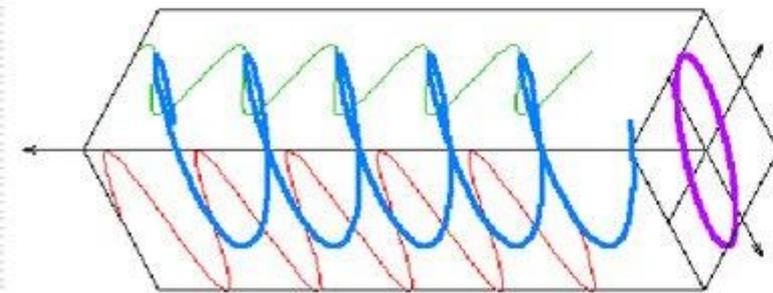
Плоскость поляризации **не поворачивается** - видна наблюдателю в плоскости наблюдения как отрезок прямой линии, **изменяющий длину**, но **не макс. длину** и **не направление**

2. Циклически-поляризованный свет



Плоскость поляризации **поворачивается** - видна наблюдателю в плоскости наблюдения как отрезок прямой линии, **изменяющий направление**, но **не макс. длину**

3. Эллиптически-поляризованный свет



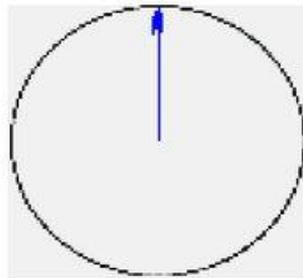
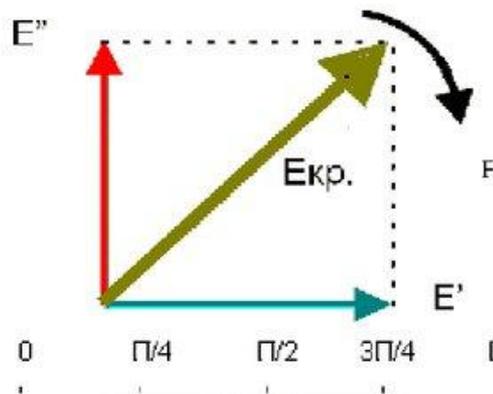
Плоскость поляризации **поворачивается** - видна наблюдателю в плоскости наблюдения как отрезок прямой линии, **изменяющий макс. длину** и **направление**

Это виды полностью поляризованного света!

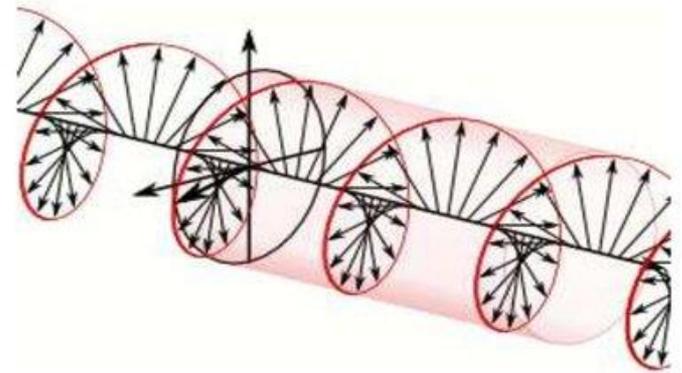
Круговая поляризация

- При круговой поляризации волны вектор E в любой точке пространства равномерно вращается, описывая за время одного периода T своим концом окружность.

$$E_{xm} = E_{ym} = E_0 \quad \Delta\varphi = \pi/2$$



$$\left(\frac{E_x}{E_0}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{E_0}\right)^2 = 1$$



Светящиеся тела, у которых атомы находятся в возбужденном состоянии испускают электромагнитные волны. Поскольку атомы непрерывно меняют свою пространственную ориентацию, направление светового вектора E результирующей световой волны непрерывно меняется, т.е. и направление E_x и E_y , но суммарный их вклад не меняется.

В поперечной волне колебания векторов E и H совершаются в направлении перпендикулярном, распространению электромагнитной волны.

Произвольную плоскую монохроматическую волну можно представить в виде совокупности двух одновременно распространяющихся в том же направлении плоских монохроматических волн той же частоты, которые линейно поляризованы во взаимно перпендикулярных плоскостях.

2. ЕСТЕСТВЕННЫЙ СВЕТ

Рассмотрим две волны, в которых световой вектор совершает колебания вдоль взаимно перпендикулярных осей со сдвигом фаз δ :

$$E_x = A_1 \cos(\omega t), \quad E_y = A_2 \cos(\omega t + \delta).$$

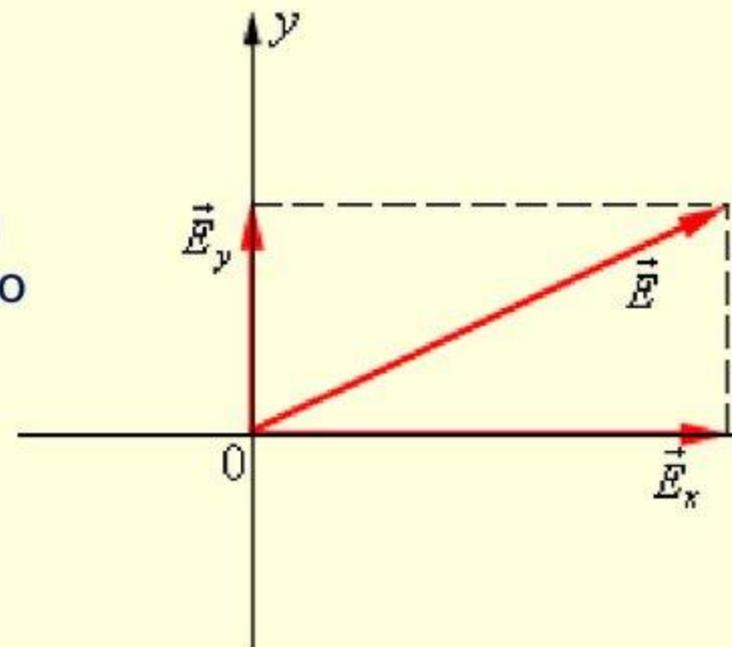
Результирующее поле является суммой исходных волновых полей, то есть

$$\vec{E} = \vec{E}_x + \vec{E}_y = E_x \vec{i} + E_y \vec{j}.$$

Угол φ между \vec{E} и \vec{E}_x определяется так: $\operatorname{tg} \varphi = \frac{E_y}{E_x} = \frac{A_2 \cos(\omega t + \delta)}{A_1 \cos(\omega t)}$

Если разность фаз δ претерпевает случайные (хаотические) изменения, то и угол φ , то есть направление светового вектора, будет испытывать скачкообразные неупорядоченные изменения.

Это означает что естественный (неполяризованный) свет можно считать наложением двух некогерентных электромагнитных волн одной частоты, поляризованных во взаимно перпендикулярных плоскостях и имеющих одинаковую интенсивность света.

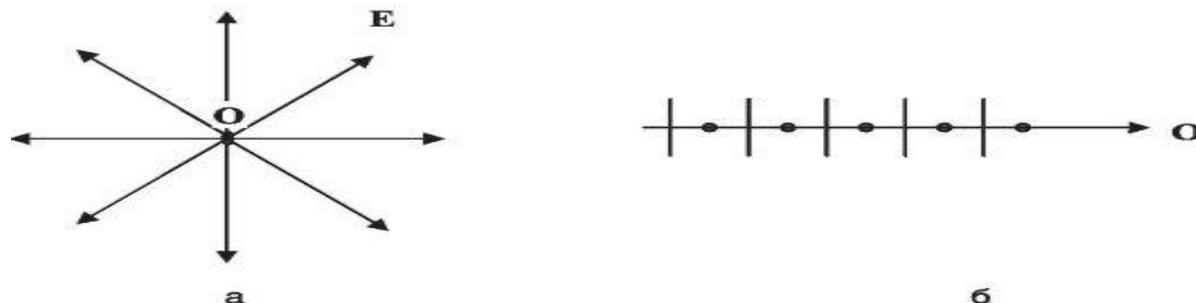


Среда (вещество), в котором распространяется свет, представляет собой систему электрических зарядов (электронов и ионов), которые под действием электромагнитных волн могут совершать колебания. Интенсивность волны с тем или иным направлением колебаний E принято указывать числом черточек и точек. Так направление колебания E схематично принято изображать в виде черточек на луче, перпендикулярных лучу, если E колеблется в плоскости падения, и в виде точек на луче, если E колеблется перпендикулярно плоскости падения

Естественный свет представляет собой совокупность огромного числа *цугов*, испущенных различными молекулами (атомами) в различные моменты времени. В луче естественного света все направления колебаний светового вектора, перпендикулярные направлению распространения пучка, равновероятны.

. Сумма проекций амплитуд колебаний напряженностей электрического поля волн **в естественном свете** на любые два взаимно перпендикулярных направления в среднем одинакова. Количество точек и черточек для естественного света одинаково.

Световые векторы цугов, лежащие в осевом сечении, изображены черточками, а световые векторы цугов, перпендикулярные сечению, изображены точками.



На рисунке а - показано сечение луча О естественного света плоскостью, перпендикулярной его направлению, и хаотическая ориентация световых векторов различных цугов в этом сечении. Такое сечение называют *нормальным сечением*.

На рисунке б - показано сечение луча О плоскостью, проходящей через сам луч. Такое сечение называют *осевым*.

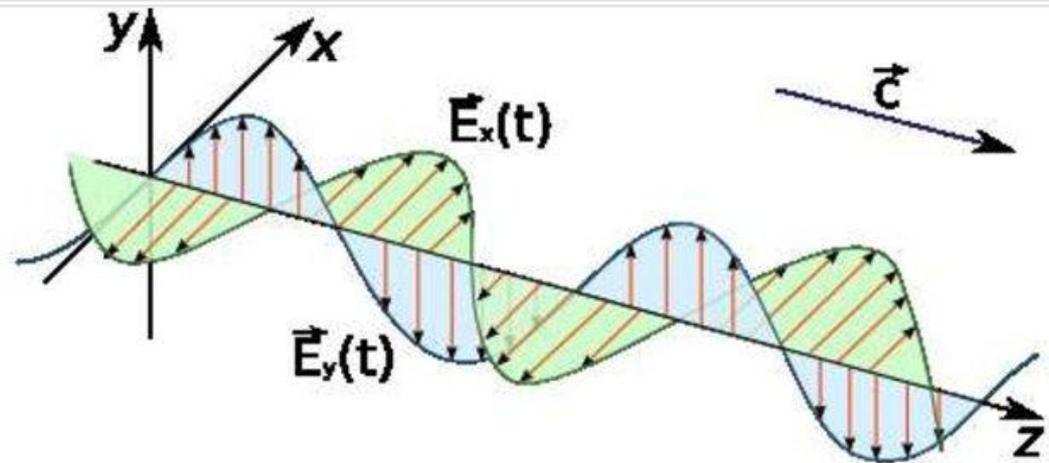
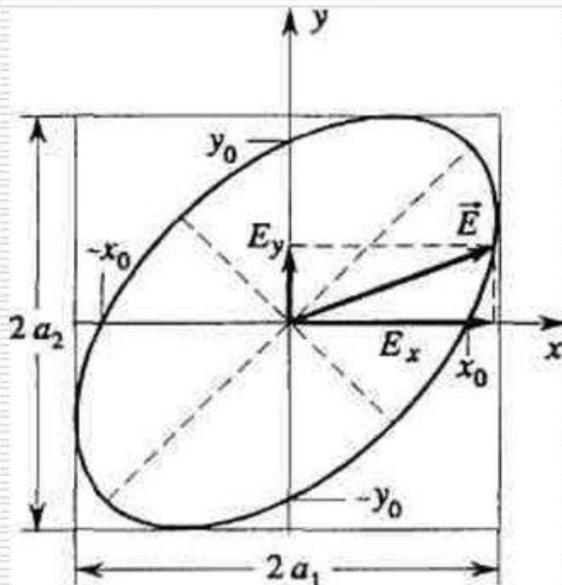
На луче естественного света число черточек на луче равно числу точек, на отраженном луче преобладают точки, на преломленном – черточки

5. ЭЛЛИПТИЧЕСКИ ПОЛЯРИЗОВАННЫЙ СВЕТ

Две когерентные линейно поляризованные световые волны, плоскости колебаний которых взаимно перпендикулярны, при наложении друг на друга дают в общем случае эллиптически поляризованную волну.

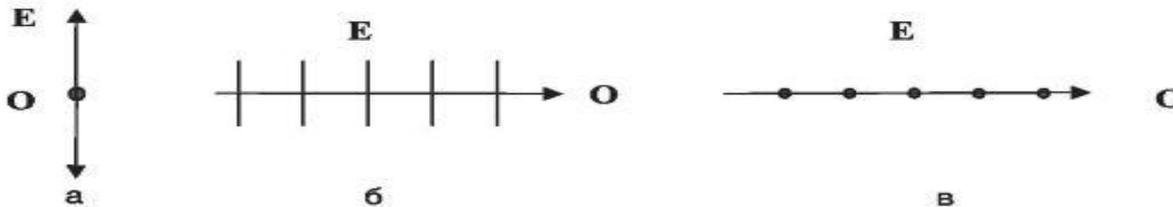
При произвольной разности фаз между волнами эллипс, описываемый световым вектором, «не приведен к координатным осям».

При разности фаз $\delta = \pm \pi/2$ и произвольных амплитудах полуоси эллипса совпадают с осями координат. При равенстве амплитуд эллипс вырождается в окружность.



Графическое изображение луча плоскополяризованного света

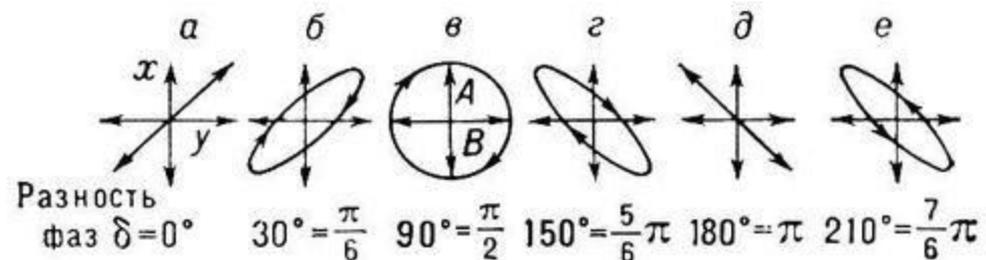
1. Сечение луча плоскополяризованного света различными плоскостями



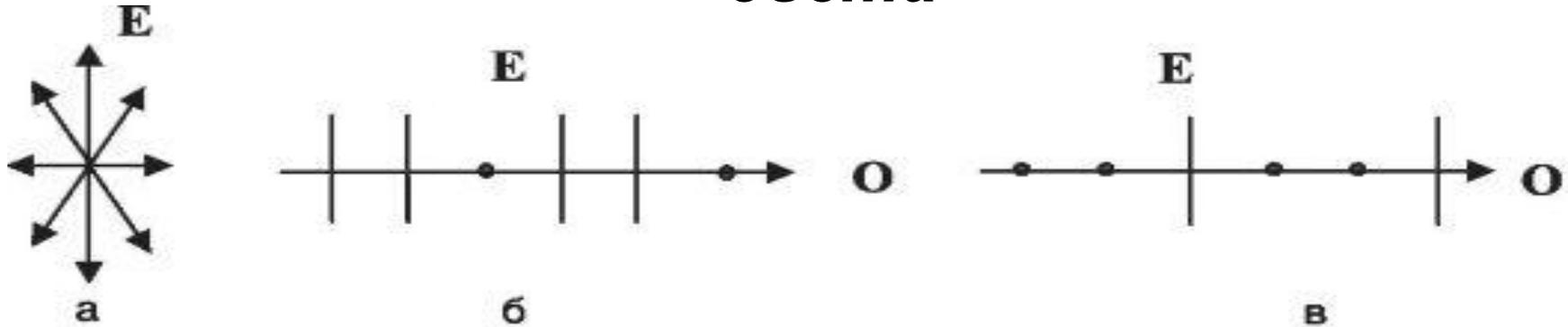
На рисунке а показано *нормальное* сечение луча O - все световые векторы колеблются вдоль одной прямой.

На рисунке б показано осевое сечение, в котором лежат все световые векторы (изображены черточками), - это *плоскость поляризации*.

На рисунке в показано осевое сечение луча, перпендикулярное световым векторам (изображены точками).



2. Сечения луча частично поляризованного света



: а - нормальное сечение; б - осевое сечение, в котором преобладают световые векторы, лежащие в его плоскости; в - осевое сечение, в котором преобладают световые векторы, перпендикулярные его плоскости

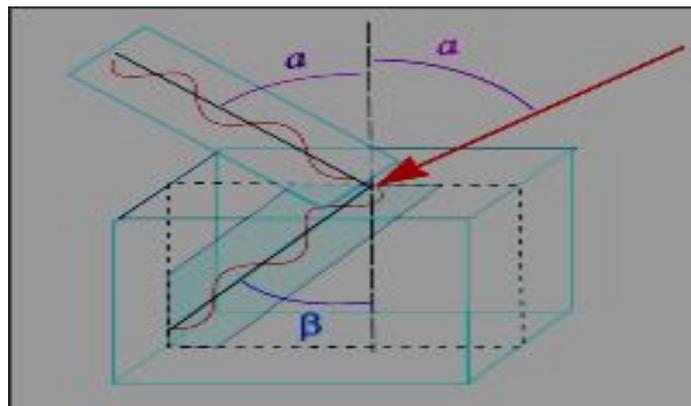
Поляризация света имеет место при отражении, преломлении и двойном лучепреломлении света.

Способы получения поляризованного света

Отражение от поверхности диэлектрика.

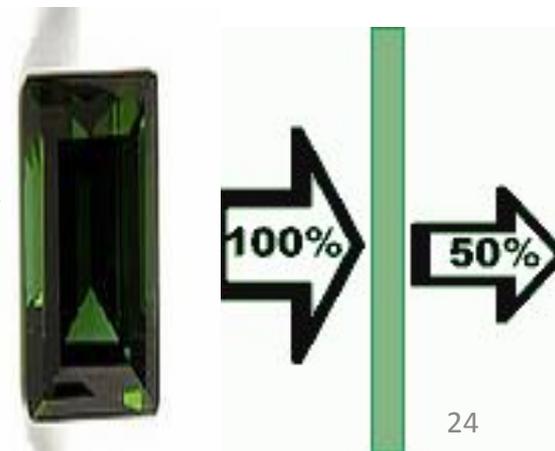
Двойное лучепреломление

**Двойное
лучепреломление – способно
сть некоторых прозрачных
кристаллов раздваивать
падающий
падающий
на них световой пучок.**



Дихроизм.

**Дихроизм – свойство
двокопреломляющих
кристаллов иметь
различное поглощение
света в зависимости от
ориентации
электрического вектора
световой волны.**



Поляризация света при отражении и преломлении

Одним из способов получения поляризованного света- отражение света от границы раздела диэлектриков.

Опыты показывают, что при отражении и преломлении естественного света отраженный и преломленный свет частично поляризован. В отраженном свете преобладают волны, у которых E колеблется перпендикулярно плоскости падения луча, а в преломленном свете – в плоскости падения луча.

Среда (вещество), в котором распространяется свет, представляет собой систему электрических зарядов (электронов и ионов), которые под действием электромагнитных волн могут совершать колебания. При частоте колебаний, соответствующих диапазону видимого цвета, за изменением электрического поля успевают следовать только заряды, имеющие малую массу - электроны.

Отражение света – это совокупность вторичных волн, излучаемых возбужденными диполями в поверхностном слое диэлектрика. Эти диполи совершают колебания под действием электрического поля преломленной волны .

Вещество, в котором распространяется свет, представляет собой совокупность связанных зарядов- ионов и электронов. При частоте колебания, соответствующему видимому диапазону излучения, за изменением электрического поля успевают следовать только электроны. Интенсивность излучения диполя зависит от угла между осью диполя и направлением излучения. В направлении , совпадающем с осью, диполь не излучает.

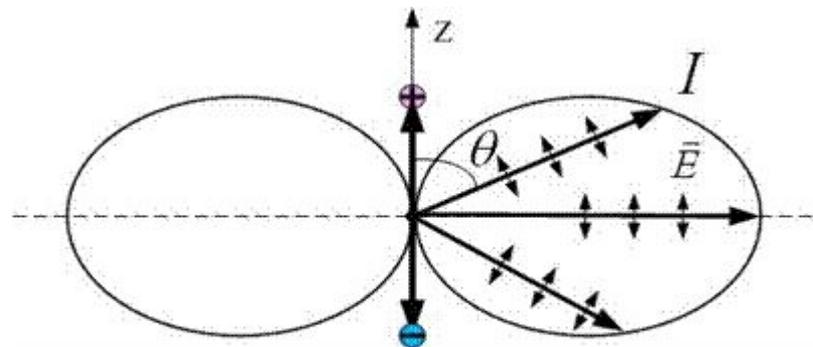


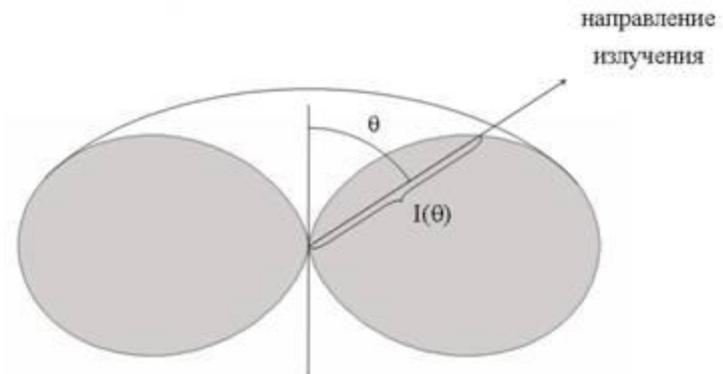
Рис.17.31

ДИПОЛЯ

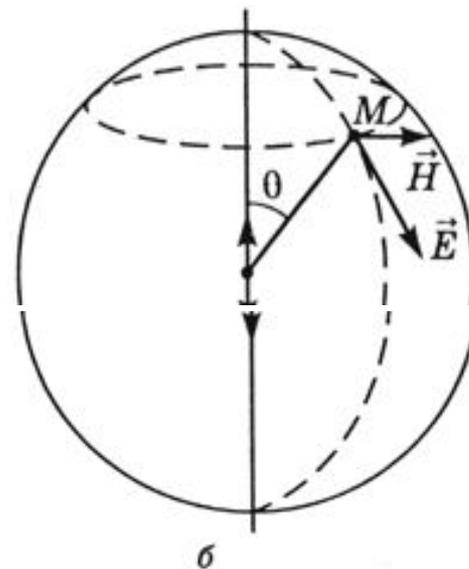
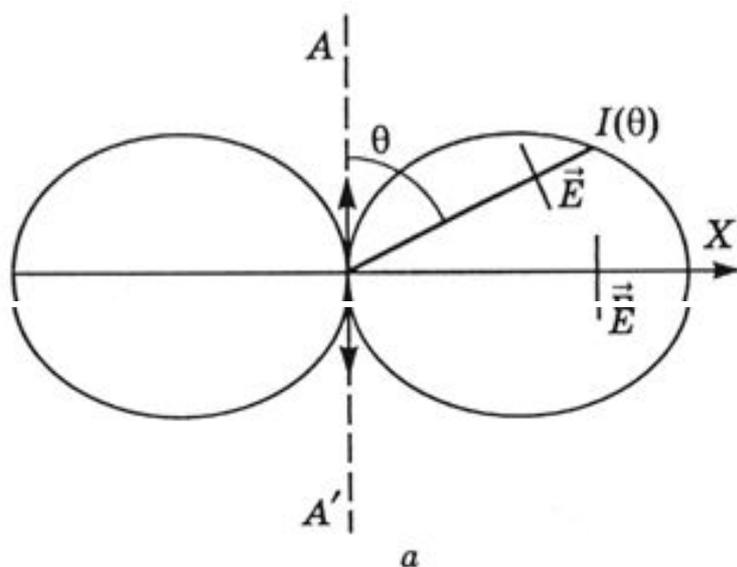


В направлениях, совпадающих с осью ($\vartheta = 0, \pi$), диполь не излучает. Зависимость интенсивности излучения от угла ϑ очень наглядно изображается с помощью диаграммы направленности излучения диполя.

Эта диаграмма строится так, чтобы длина отрезка, отсекаемого ею на луче, проведенном из центра диполя, давала интенсивность излучения под углом ϑ .



Под воздействием электромагнитных волн электроны вещества совершают вынужденные колебания, излучая вторичные электромагнитные колебания той же частоты, что и частота падающего излучения. При этом интенсивность вторичных волн различна в различных направлениях. Интенсивность максимальна в направлении оси X , перпендикулярном линии AA' , вдоль которой они совершают колебания. Интенсивность излучения в направлении колебательного движения минимальна.

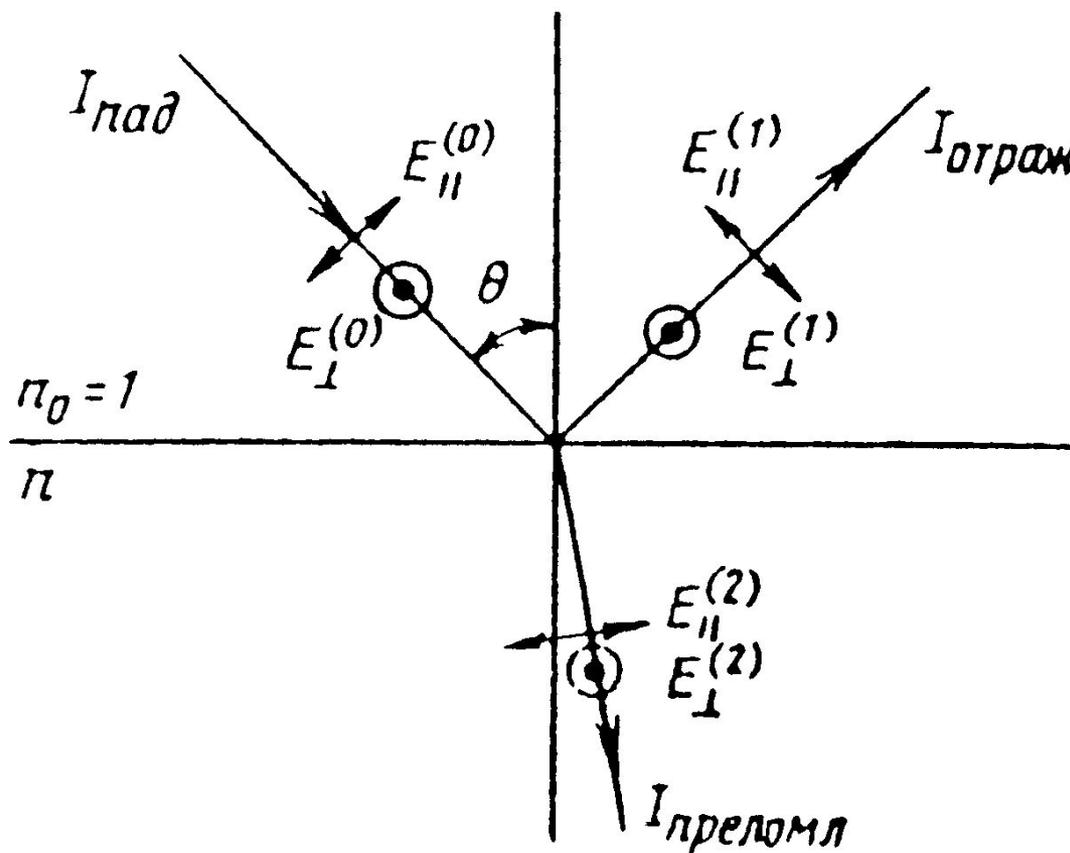


В направлении, в котором интенсивность излучения максимальна (в направлении оси X), направление поляризации излучаемой волны совпадает с направлением его колебаний AA' .

При падении луча естественного света на границу диэлектриков электроны диэлектрика начинают совершать колебания в направлениях, перпендикулярных падающему лучу. При этом в отраженном свете будут преобладать волны, излучаемые электронами, колеблющимися перпендикулярно плоскости падения, в преломленном свете – в плоскости падения. Соответственно, в отраженном свете преобладают колебания в плоскости, перпендикулярной плоскости падения, а в преломленном свете – в плоскости падения. Степень поляризации как отраженного, так и преломленного света зависит от угла падения.

Соответственно, в отраженном свете преобладают колебания в плоскости, перпендикулярной плоскости падения, а в преломленном свете – в плоскости падения.

Степень поляризации как отраженного, так и преломленного света зависит от угла падения



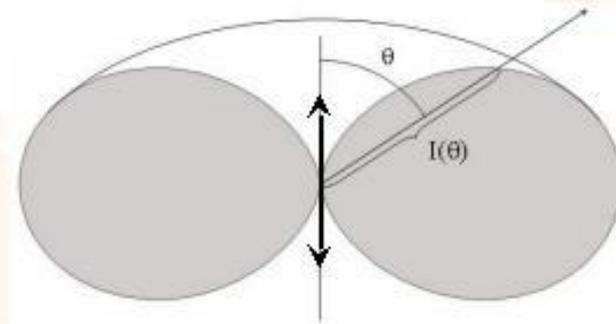
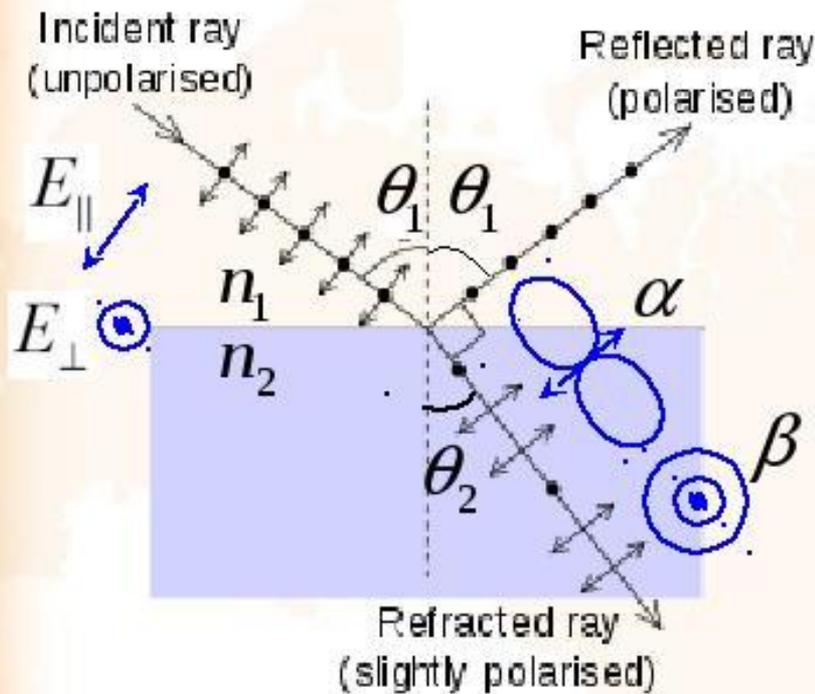


Диаграмма направленности излучения диполя: $I = I_0 \sin^2 \theta$

Падающая волна: $\vec{E}_1 = \vec{E}_\perp + \vec{E}_\parallel$

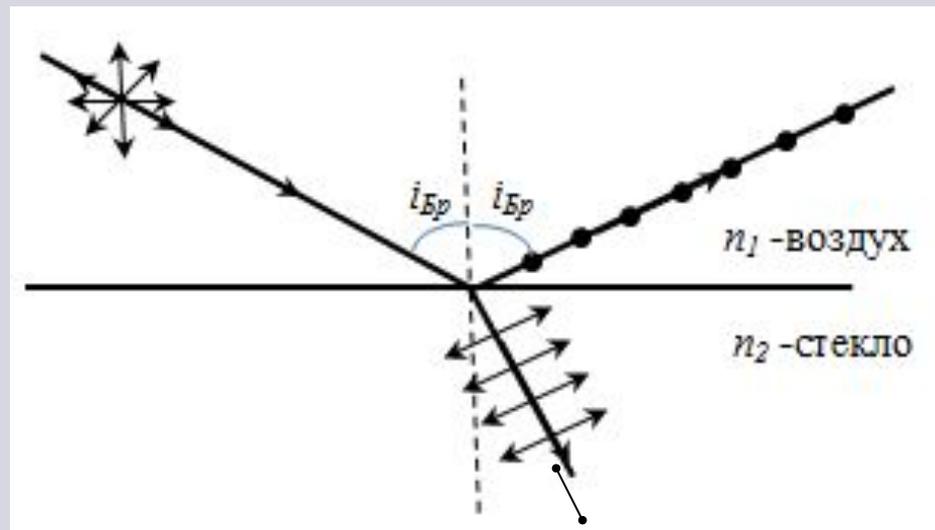
В диэлектрике 2 возбуждаются колебания \mathbf{E}_2 в плоскости падения (α) и перпендикулярно ей (β)



David Brewster
(1781-1868)

При падении света на границу двух прозрачных тел под углом Брюстера, отраженный свет будет полностью поляризован в плоскости, перпендикулярной плоскости падения, преломленный луч будет максимально, но не полностью поляризован.

$$\operatorname{tg} i_{\text{Бр}} = \frac{n_2}{n_1}$$



Степень поляризации как отраженного, так и преломленного света зависит от угла падения (рис а, б). Если при угле падения i_B , угол между преломленным и отраженным лучом равен 90 градусам (рис б), то луч отраженный полностью поляризован, а луч преломленный – частично.

Отраженный луч формируется преломленной волной. Направление колебаний осей осцилляторов преломленного луча совпадает с направлением распространения отраженного луча. Диполи не излучают в направлении отраженного луча.

Преломленный луч в этом случае поляризован частично, т.к. на преломленный луч накладывается падающий естественный свет.

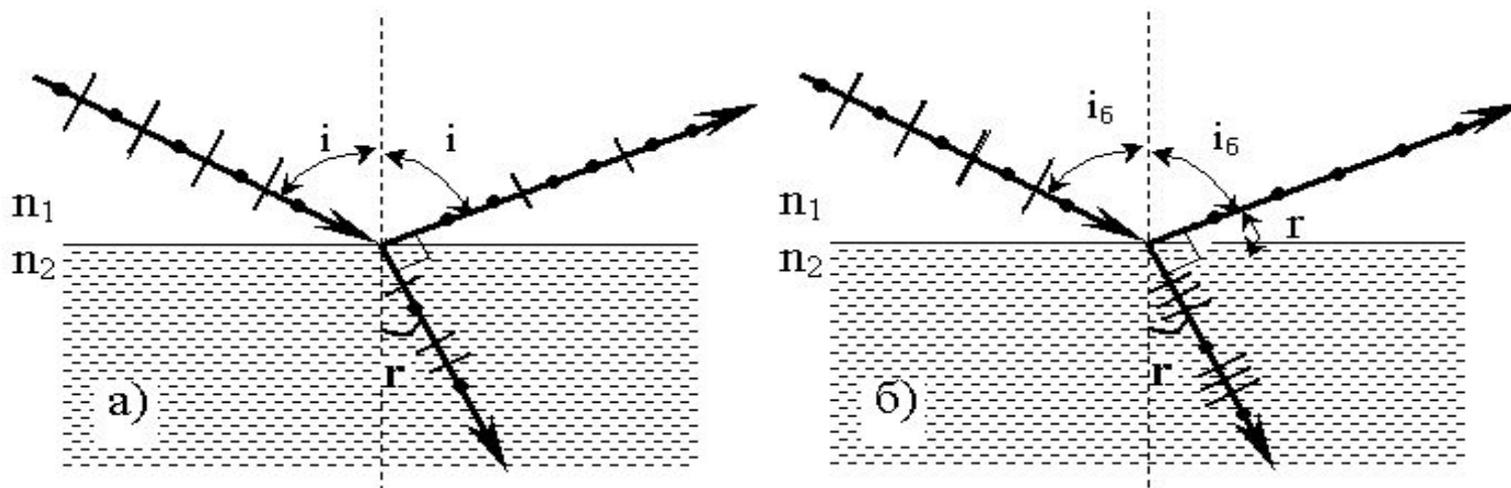


Рис. 21

Угол, при котором наблюдается это явление – называется углом Брюстера.

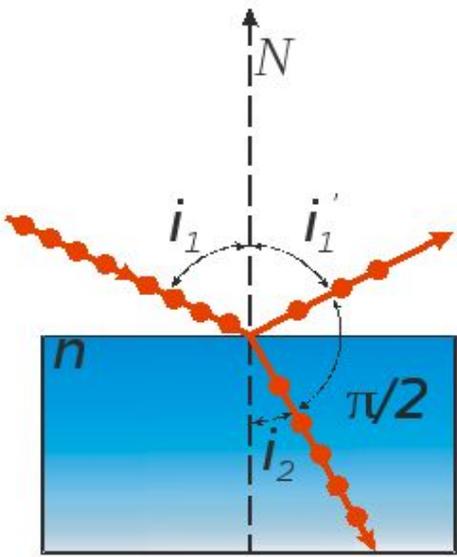
Закон Брюстера $\text{tg } i_B = n_2/n_1$.

тангенс угла падения луча, при котором отраженный свет полностью поляризован, равен относительному показателю преломления диэлектриков

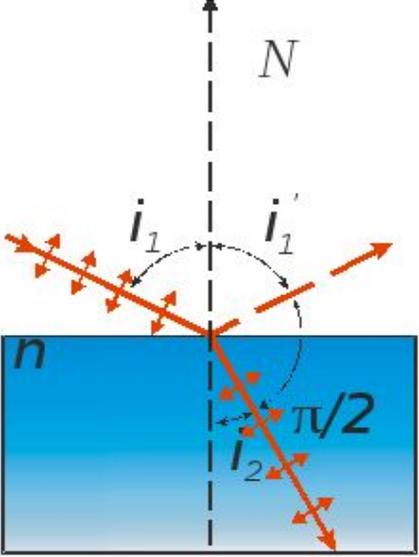
$i_B + r + 90 = 180$, $i_B + r = 90$, $r = 90 - i_B$ $\text{Sin } r = \text{cos } i_B$

$\text{sin } i_B / \text{sin } r = n_2/n_1 = \text{sin } i_B / \text{cos } i_B = \text{tg } i_B$

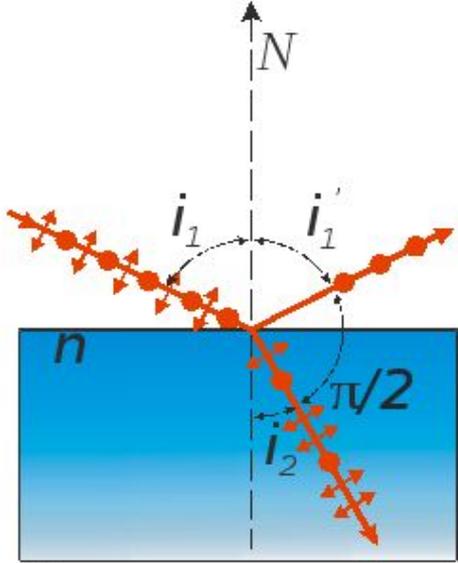
Если свет поляризован, то



Падающий свет поляризован перпендикулярно плоскости падения полностью преломлен



Падающий свет поляризован в плоскости падения



Падает естественный свет. Отраженный - полностью поляризован

Поляризация при отражении и преломлении на границе раздела двух диэлектриков

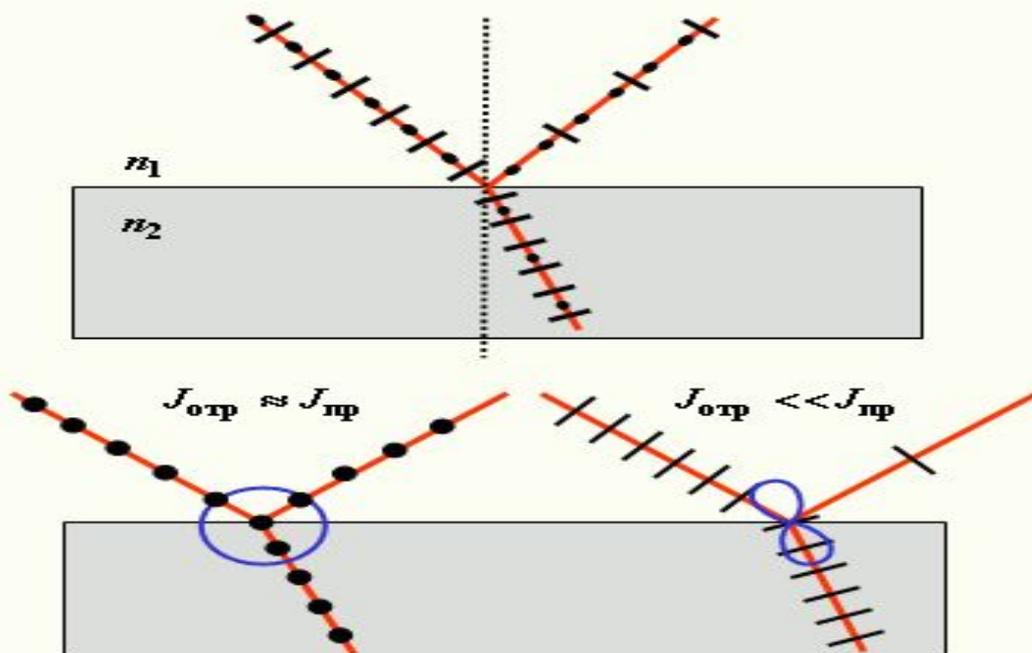
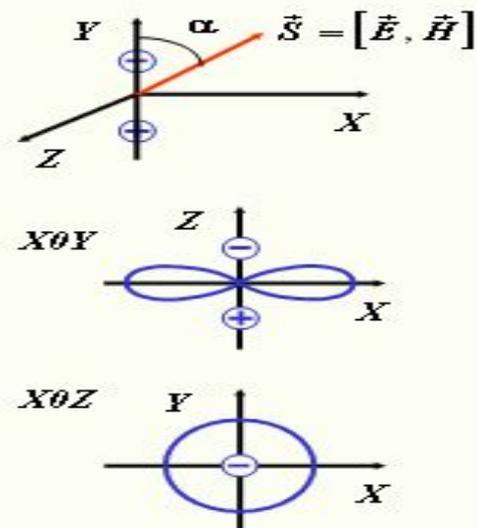
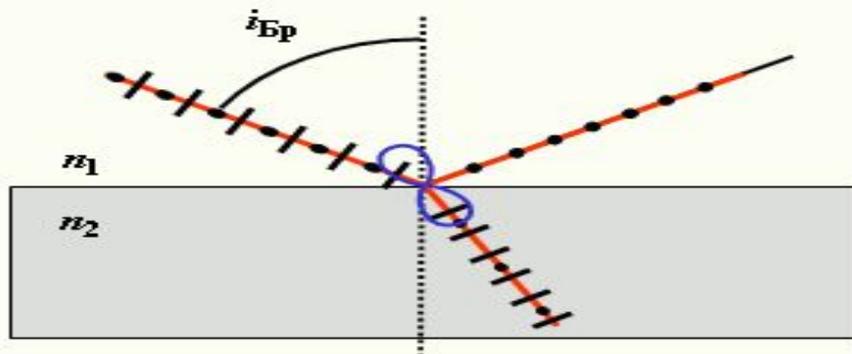


Диаграмма направленности излучения диполя



Закон Брюстера



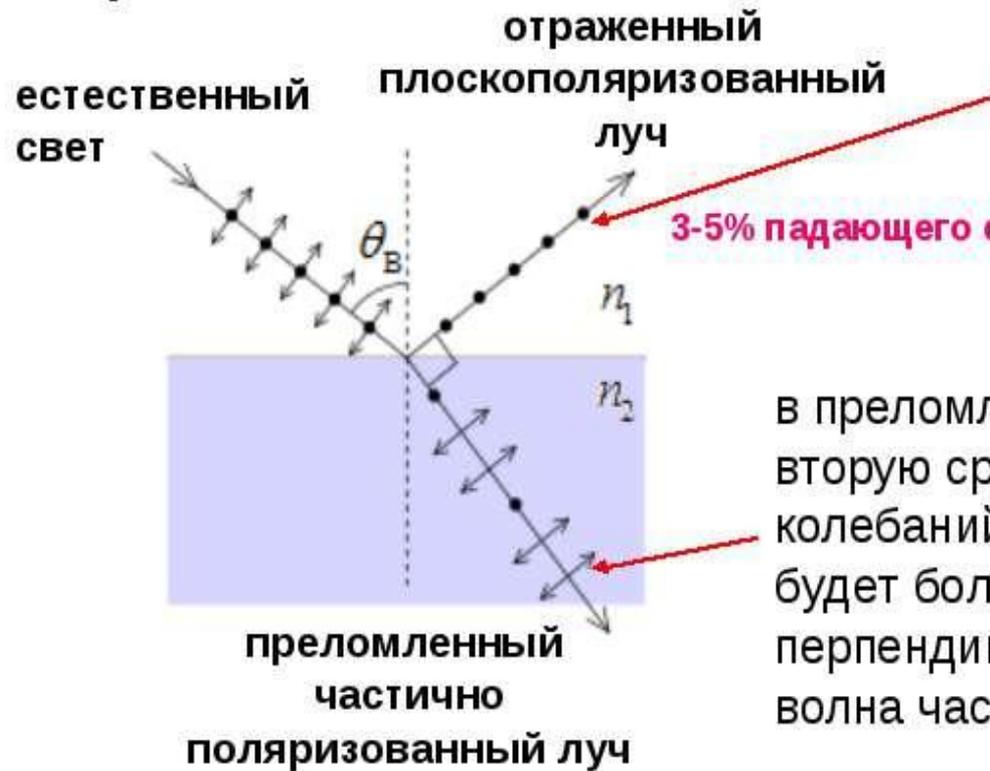
$$\operatorname{tg} i_{Бр} = n_{12}$$

Если естественный свет падает на отражающую поверхность диэлектрика (стекла, слюды и т. п.) под углом α , 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.

$\alpha + \beta = 90^\circ$, т.е. угол между отраженным и преломленным лучами составляет 90° (рис. 4.6а).

Если падающий свет неполяризован или частично поляризован,

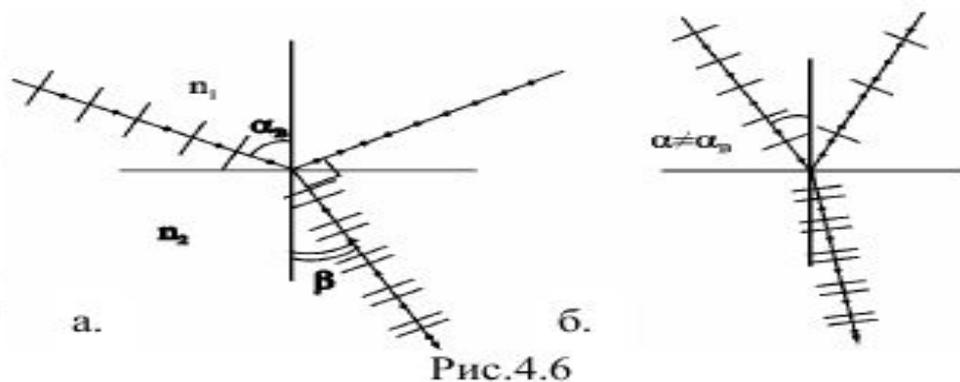


Рис.4.6

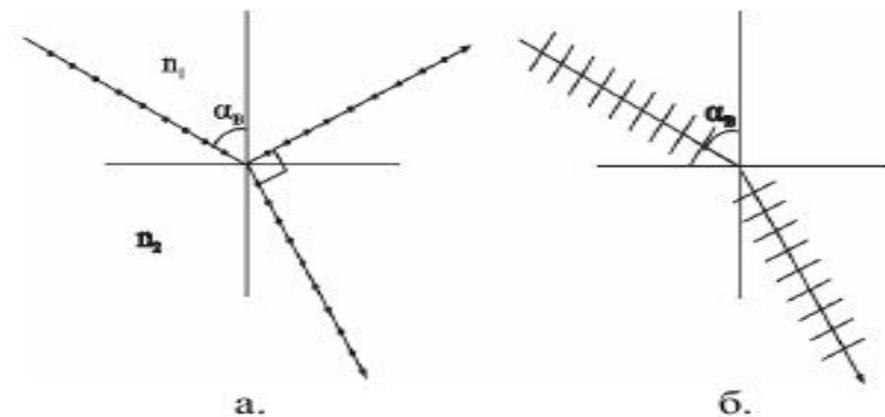


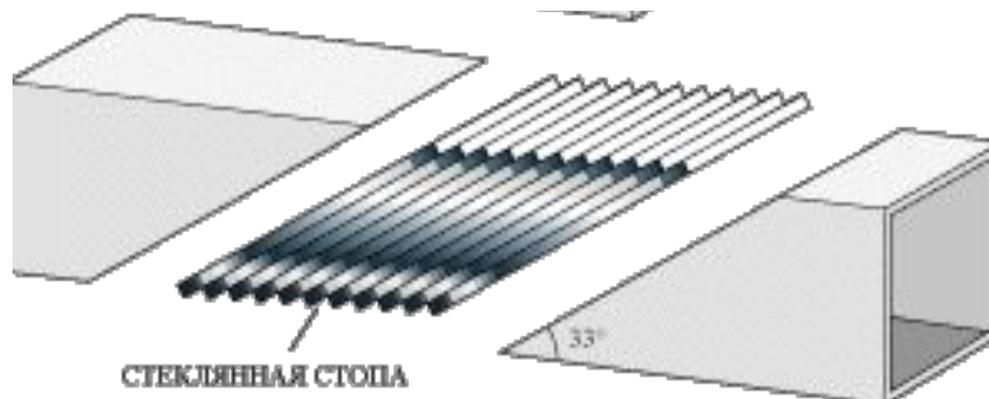
Рис.4.7

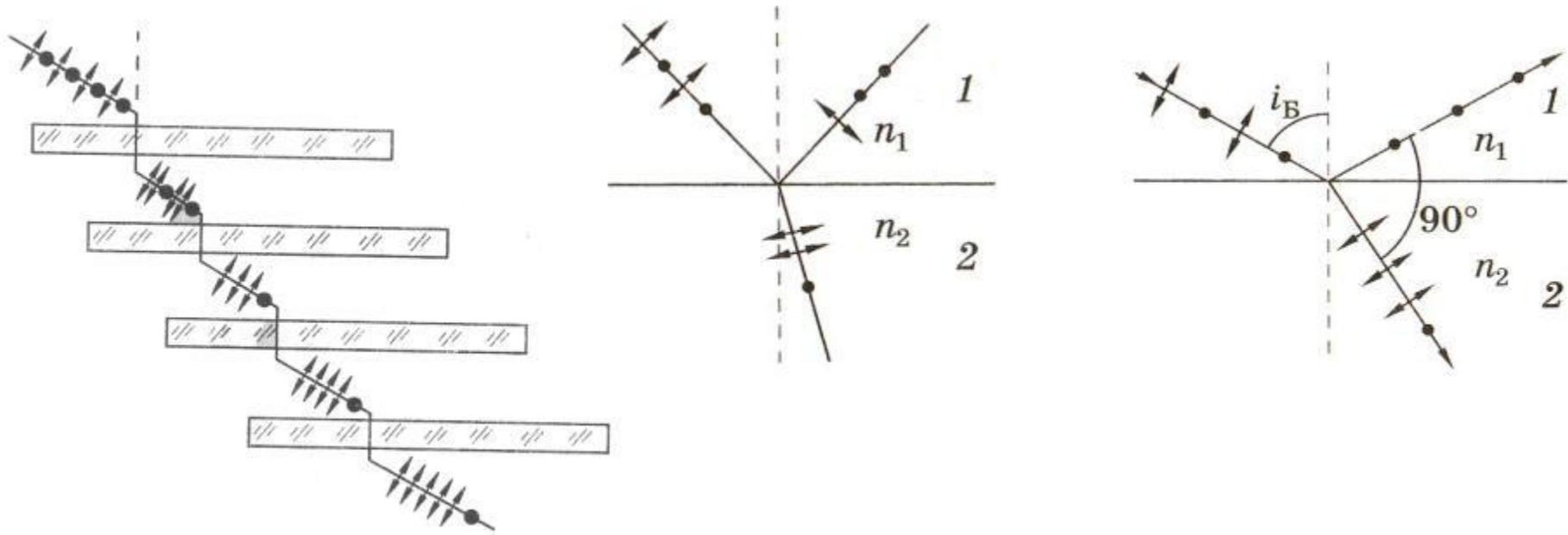
а угол падения отличен от угла Брюстера, то отраженная и преломленная волна частично поляризованы (рис. 4.6б). При падении линейно поляризованной волны на границу раздела двух сред могут возникнуть два принципиально различных случая. Если вектор \vec{E} в падающей волне перпендикулярен плоскости падения, то для любого угла, включая угол Брюстера, отраженная волна также линейно поляризована, причем вектор \vec{E} перпендикулярен плоскости падения (рис. 4.7а). Если же вектор \vec{E} падающей волны лежит в плоскости падения, то при равенстве угла падения углу Брюстера отраженная волна отсутствует (рис.4.7б).

Поскольку поляризация преломленных лучей даже при падении света под углом Брюстера далеко не полная, то для ее увеличения целесообразно подвергнуть преломленные лучи второму, третьему и т.д. преломлению.

Этому служит стопа Столетова – наложенные друг на друга стеклянные пластинки: с прохождением каждой следующей пластинки стопы степень поляризации преломленного луча увеличивается.

Для стекла с показателем преломления $n=1,5$ практически полную поляризацию дает стопа из 16 пластинок. Обычно достаточно 8-10 пластин.

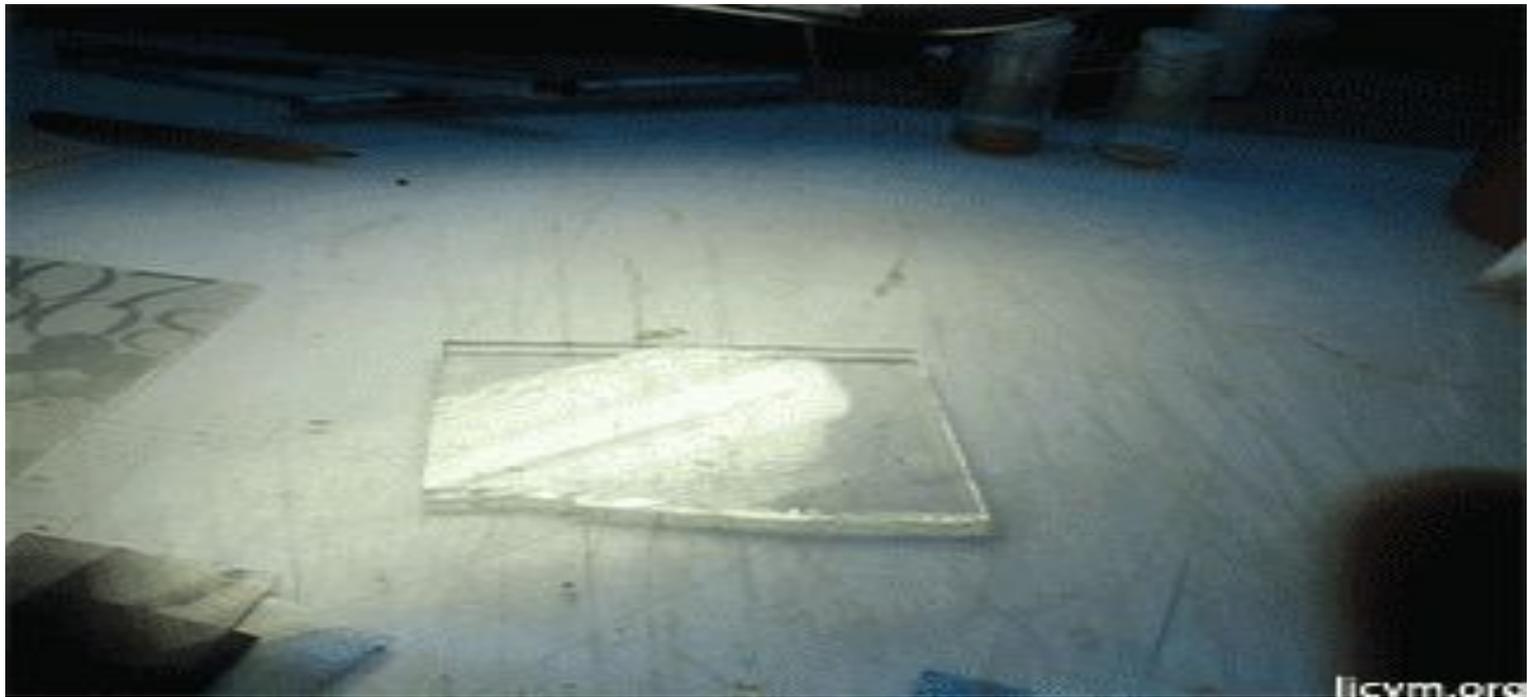




При достаточно большом числе пластинок проходящий через эту систему свет будет практически полностью плоскополяризованным, а интенсивность прошедшего света в отсутствие поглощения будет равна половине интенсивности падающего на стопу естественного света

Поляризованный свет можно получить, используя отражение или преломление света от диэлектриков (например, от стекла). Отраженный и преломленный свет частично поляризован.

Степень поляризации лучей зависит от угла падения луча. Плоскости колебаний отраженного и преломленного лучей взаимно перпендикулярны: у отраженного луча она совпадает с плоскостью падения, у преломленного - ей перпендикулярна.



Двойное лучепреломление



Rasmus Bartholin
(1625 – 1698)



Двойное лучепреломление – эффект расщепления в анизотропных средах луча света на две составляющие. Впервые обнаружен датским ученым Расмусом Бартолином на кристалле исландского шпата – разновидности кальцита CaCO_3 . Если луч света падает перпендикулярно к поверхности кристалла, то на этой поверхности он расщепляется на два луча. Первый луч продолжает распространяться прямо, и называется обыкновенным (o – ordinary), второй же отклоняется в сторону, и называется необыкновенным (e – extraordinary).

Ранее мы предполагали, что среда изотропна, т.е. скорость света в среде не зависит от направления распространения волны.

Исследования показали, что в обычных условиях газообразные, жидкие и аморфные тела изотропны, почти все кристаллические диэлектрики анизотропны – их свойства различны в различных направлениях. Благодаря анизотропии кристалла возможны неодинаковые смещения частиц в разных плоскостях кристаллической решетки неодинаковы.

Двойное лучепреломление – это способность анизотропных веществ расщеплять световой луч на два, распространяющиеся в различных направлениях с разными скоростями.

Это явление наблюдается при прохождении света практически через все прозрачные кристаллы. В любом анизотропном кристалле имеется по крайней мере одно направление, в котором отсутствует двойное лучепреломление. Это оптическая ось кристалла.

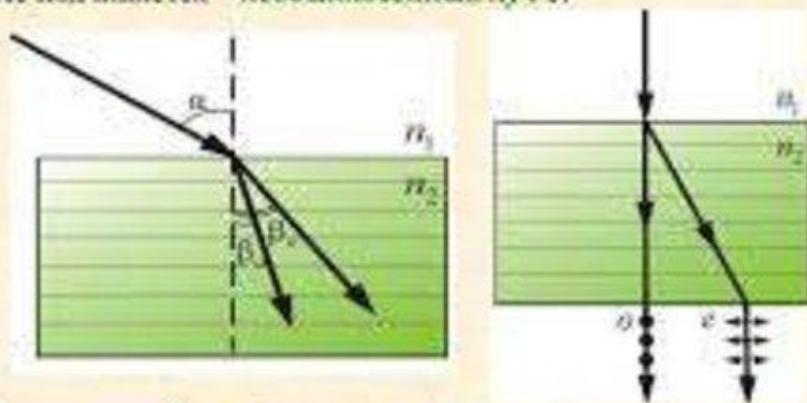
13. ОБЫКНОВЕННЫЙ И НЕОБЫКНОВЕННЫЙ ЛУЧИ

Закон преломления Снеллиуса:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

Подчиняется – *обыкновенный луч o*.

Не подчиняется – *необыкновенный луч e*.



Обыкновенный и необыкновенный лучи являются *линейно* поляризованными во взаимно перпендикулярных направлениях.

19

Двулучепреломляющие кристаллы подразделяются на одноосные и двуосные.

У одноосных кристаллов (турмалин, кварц, исландский шпат) один из преломлённых лучей подчиняется закону преломления.

Этот луч называют обыкновенным и обозначают буквой *o* (ordinary).

Другой луч – необыкновенный, обозначают буквой *e* (extraordinary).

Для необыкновенного луча отношение синусов угла падения и угла преломления не остаётся постоянным при изменении угла падения. Даже при нормальном падении света на кристалл необыкновенный луч, вообще говоря, отклоняется от нормали и не лежит в одной плоскости с падающим лучом и нормалью к преломляющей поверхности.

У **одноосных кристаллов** один из преломленных лучей подчиняется закону преломления, в частности он лежит в одной плоскости с падающим лучом и нормалью к преломляющей поверхности. Этот луч называется **обыкновенным** и обозначается буквой *o*.

Для другого луча, называемого **необыкновенным** (его обозначают буквой *e*), отношение синусов угла падения и угла преломления не остается постоянным при изменении угла падения. Даже при нормальном падении света на кристалл необыкновенный луч отклоняется от нормали.

Примерами одноосных кристаллов являются исландский шпат, кварц и турмалин..

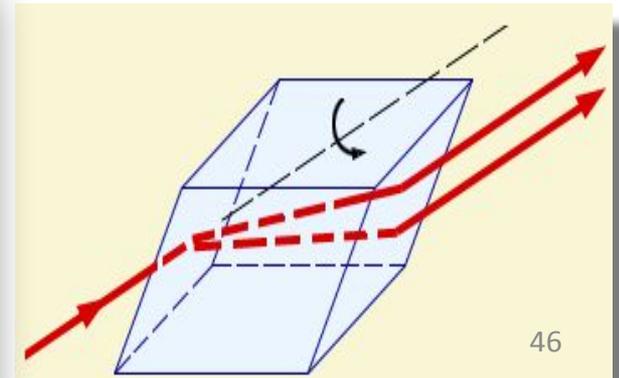
У **двуосных кристаллов** (слюда, гипс) оба луча необыкновенные – показатели преломления у них зависят от направления в кристалле.

У одноосных кристаллов имеется направление, вдоль которого обыкновенный и необыкновенный лучи распространяются с одинаковой скоростью, не разделяясь. Это направление называется **оптической осью** кристалла.

Следует иметь в виду, что оптическая ось –это не прямая линия, проходящая через какую-то точку кристалла, а определенное направление в кристалле. Любая прямая, параллельная данному направлению, является оптической осью кристалла.

Любая плоскость, проходящая через оптическую ось, называется **главным сечением или главной плоскостью** кристалла. Обычно главное сечение выбирают проходящим через световой луч.

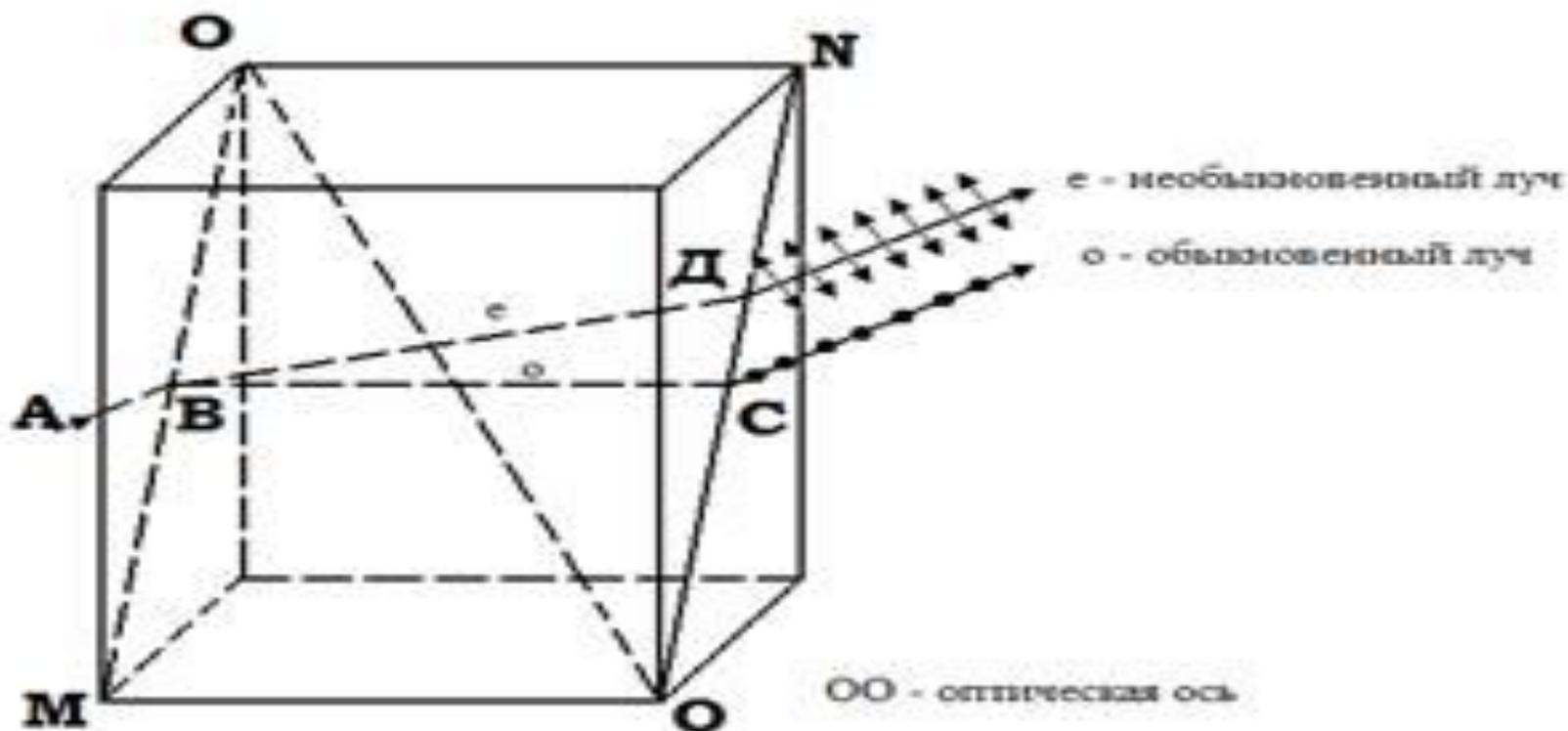
Кристалл исландского шпата (CaCO_3) раздваивает проходящие через него лучи. Это явление двойного лучепреломления. Кристалл обладает оптической анизотропией из-за асимметрии кристаллических решеток. Кристаллы исландского шпата имеют форму ромбоэдра. Если положить кристалл исландского шпата на границу с напечатанным текстом, то текст представляется раздвоенным. При вращении кристалла над строчкой происходит вращение одного изображения вокруг другого.



Явление двойного лучепреломления наблюдается для всех прозрачных кристаллов, за исключением принадлежащих к кубической системе. Колебания обыкновенного луча перпендикулярны главной плоскости, а необыкновенного - лежат в главной плоскости, то есть эти лучи поляризованы во взаимно перпендикулярных плоскостях.

Кроме того, необыкновенный луч не лежит, как правило, в одной плоскости с падающим лучом и нормалью к преломляющей поверхности





Лучи обыкновенный и необыкновенный
поляризованы
во взаимно перпендикулярных
направлениях.

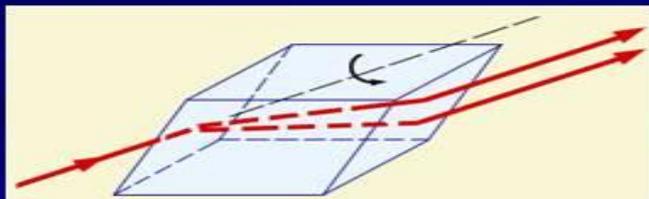
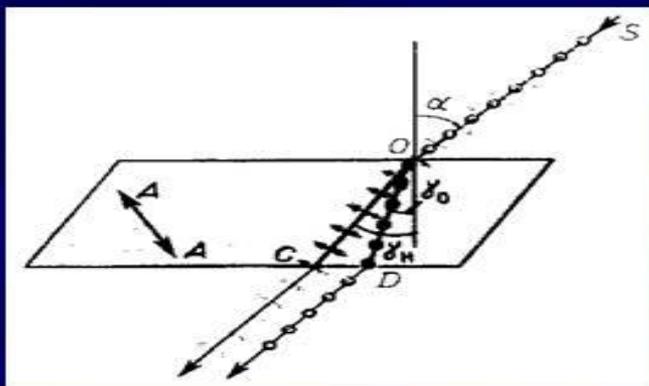
Свойством двойного лучепреломления обладают
кристаллы некубической симметрии.

В анизотропных средах имеется различие физических свойств, в том числе и оптических, по разным направлениям среды.

Пример: анизотропия оптических свойств кристалла проявляется, например, в различии скорости распространения света и в различии показателя преломления по разным направлениям.

При падении света на анизотропную среду происходит разложение естественного света на два луча – обыкновенный и необыкновенный.

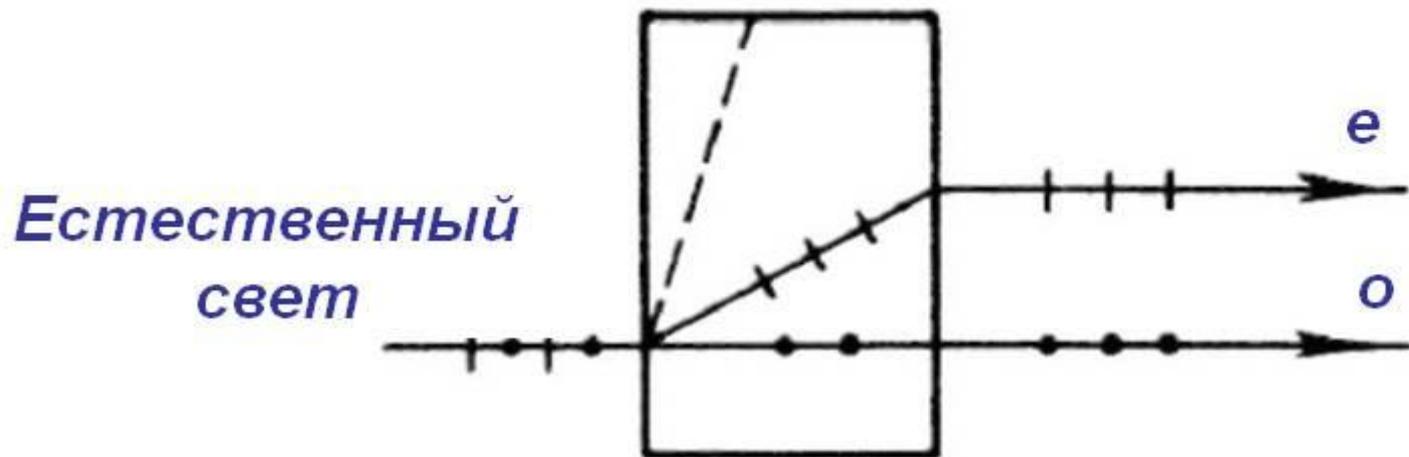
8. Оптические свойства



Двойное лучепреломление
кристалла исландского
шпата

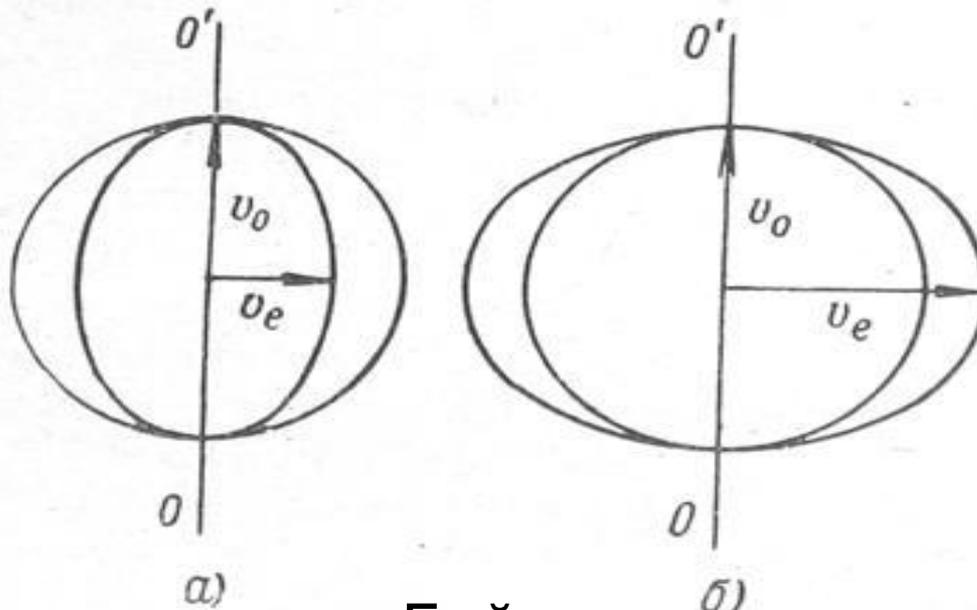


- Если луч естественного света падает на оптически анизотропный кристалл, то в результате преломления света в общем случае образуются два луча. Для одного из этих лучей выполняется закон преломления света, т.е. преломленный луч распространяется в плоскости падения луча, и такой луч называется **обыкновенным**.
- Другой луч, называемый **необыкновенным лучом**, распространяется в плоскости, образованной падающим лучом и оптической осью кристалла, проходящей через точку падения луча. Эту плоскость называют **главной оптической плоскостью**. Двойное лучепреломление не наблюдается, если луч распространяется вдоль оптической оси кристалла.
- Оба луча (обыкновенный, и необыкновенный) полностью поляризованы, причем необыкновенный луч поляризован в главной плоскости, а обыкновенный - в плоскости, перпендикулярной к главной.



Принцип Гюйгенса

Гюйгенс (1629-1695 гг) предложил принцип, позволяющий по данному положению волнового фронта найти его положение в последующие моменты времени. По Гюйгенсу; всякая точка, которой достиг волновой фронт, может рассматриваться как самостоятельный источник элементарных волн: новый фронт волны представляет собой огибающую всех элементарных волн. Для одноосных кристаллов Гюйгенс предположил, что обыкновенному лучу соответствует волновая поверхность в виде сферы, а необыкновенному – в виде эллипсоида вращения. Форма волновых поверхностей (точнее – их сечений) для одноосного кристалла показана на рисунке. Здесь а) – положительный кристалл, ; б) – отрицательный кристалл, , (Исландский шпат – отрицательный кристалл).



а)

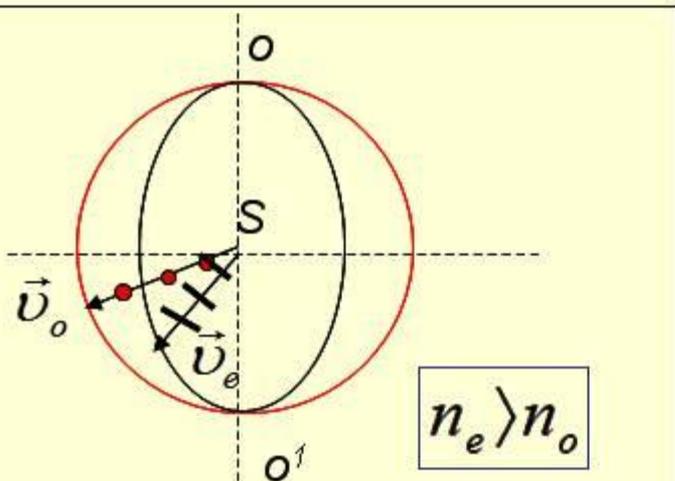
б)

Пример построения Гюйгенса для частного случая показан на рисунке ниже . Обратите внимание – луч определяется как отрезок прямой, проведенной из точки A в точку касания волновой поверхности (результатирующей волны) и волновой поверхности элементарного источника. На рисунке показано направление соответствующих лучей. Направление же перемещения фронта волны – это направление нормали к поверхности волнового фронта. Видно, что для обыкновенного луча эти два направления совпадают, а для необыкновенного – нет.

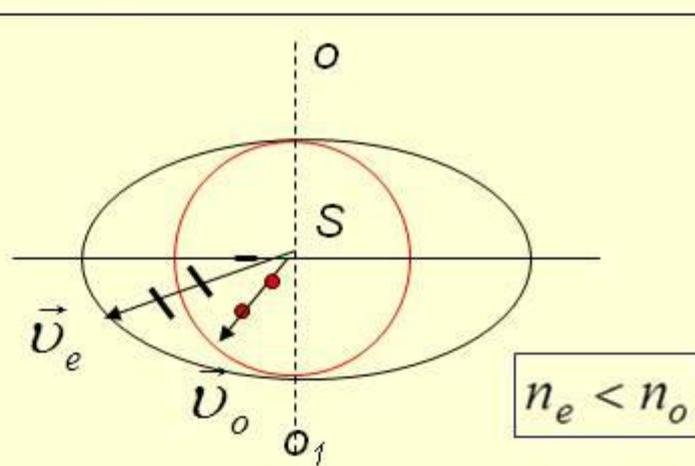
Двойное лучепреломление

Направление в оптически анизотропном кристалле, по которому луч света не испытывает двойного лучепреломления, называется **оптической осью кристалла**.

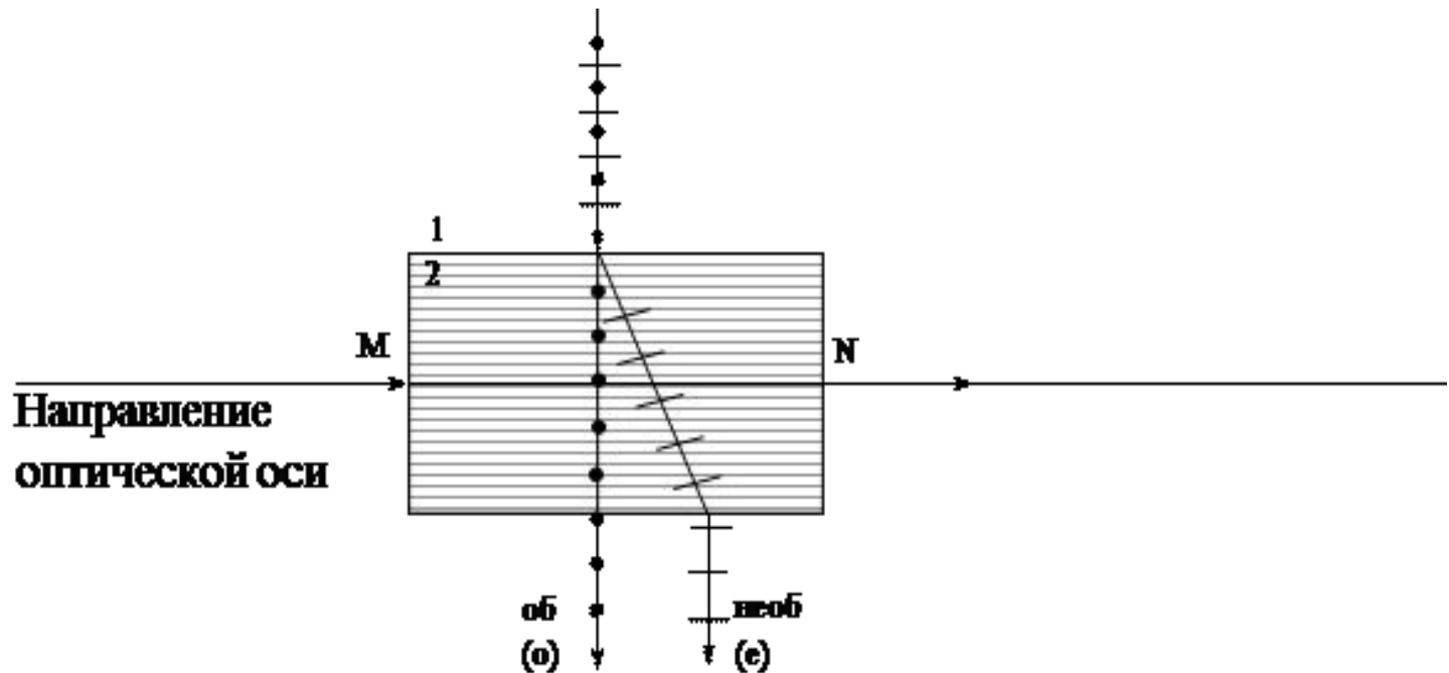
Неодинаковое преломление обыкновенного и необыкновенного лучей указывает на различие для них показателей преломления



Положительный кристалл



Отрицательный кристалл



Луч «о» – обыкновенный, имеет сферический фронт и его скорость по всем направлениям одинакова.

Луч «е» – необыкновенный, имеет эллиптический фронт и его $v(n)$ зависит от его направления.

MN- оптическая ось кристалла – это то направление, вдоль которого нет двойного лучепреломления.

18. ВОЛНОВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ НЕОБЫКНОВЕННОГО ЛУЧА

Колебания светового вектора в необыкновенном луче происходят в главном сечении кристалла.

На рисунке эти колебания изображены двусторонними стрелками на лучах 1, 2, 3.

Для разных лучей направления колебаний светового вектора образует с оптической осью кристалла различные углы α .

Для луча 1 $\alpha = \pi/2$, поэтому $V_0 = c/\sqrt{\varepsilon_0}$.

Для луча 2 $\alpha = 0$, поэтому $V_e = c/\sqrt{\varepsilon_e}$.

Для луча 3 скорость имеет промежуточное значение.

Волновая поверхность необыкновенных лучей представляет собой эллипсоид вращения. В местах пересечения с оптической осью кристалла этот эллипсоид и сфера, построенная для обыкновенных лучей соприкасаются.

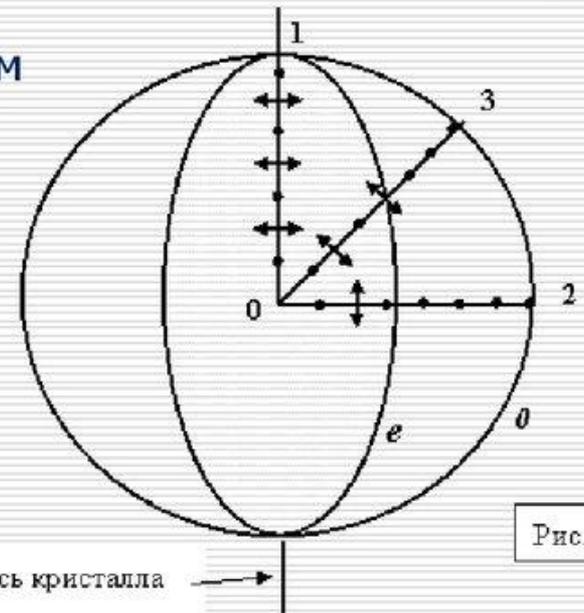
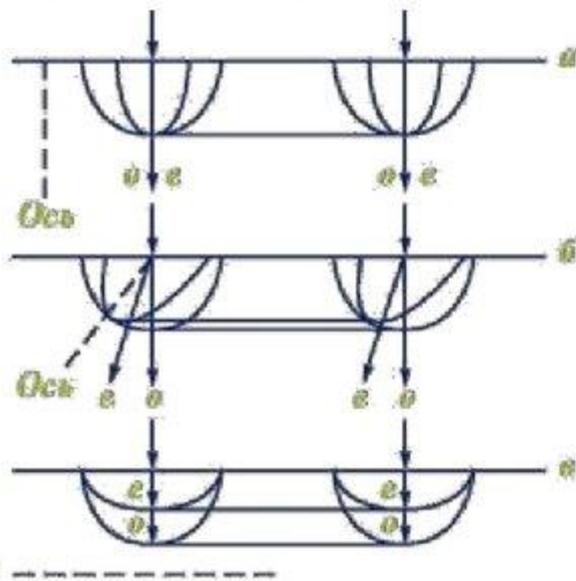


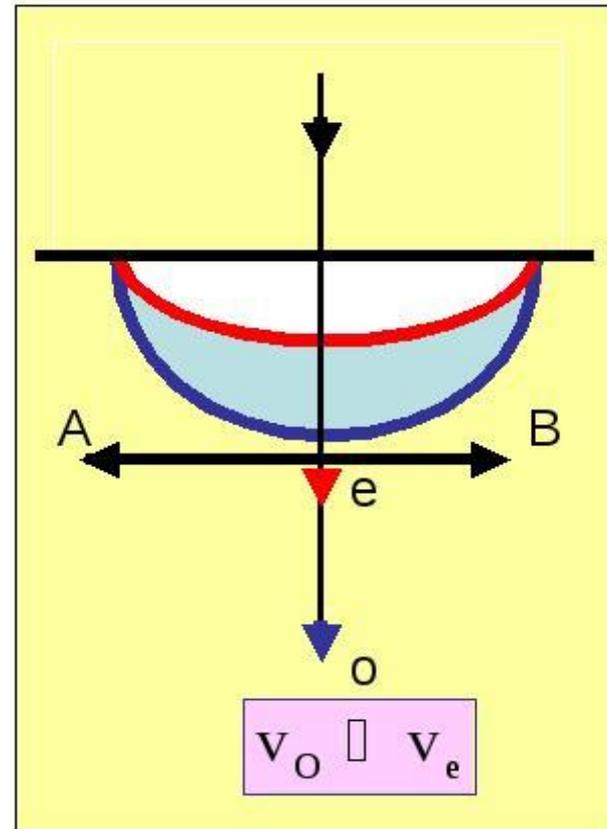
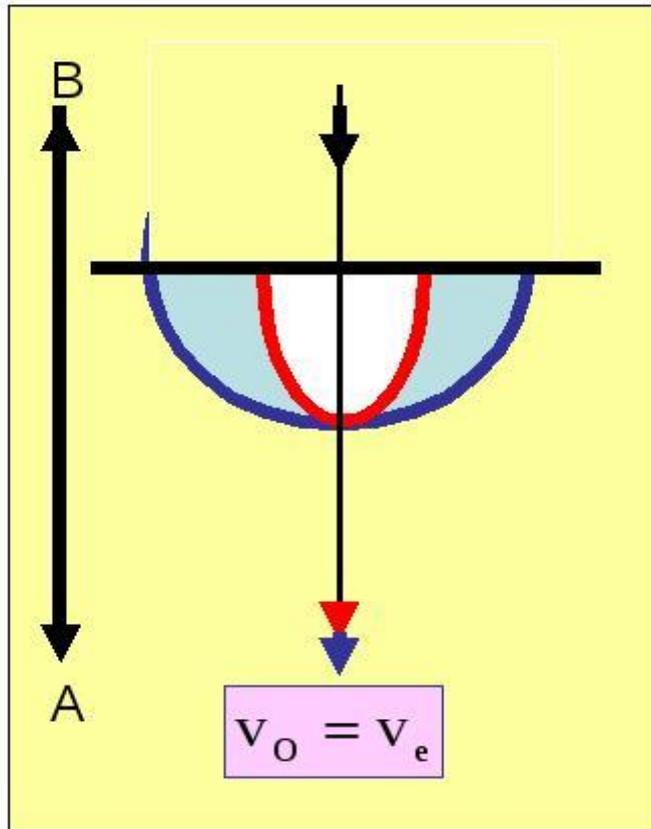
Рис. 1

ИСТОЧНИКА СВЕТА, ИЗЛУЧАЮЩЕГО ОБЫКНОВЕННЫЙ И НЕОБЫКНОВЕННЫЙ ЛУЧИ



- С помощью эллипсоида лучевых скоростей легко объяснить различные преломляющие свойства одноосного кристалла для двух ортогональных поляризаций. Действительно, луч, поляризованный перпендикулярно главной плоскости (обыкновенный), распространяется со скоростью $V_x = V_y = V_o$, не зависящей от направления. Напротив, скорость необыкновенного луча зависит от направления: она изменяется от V_o до $V_z = V_e$.
- На рисунке представлены эллипсоиды лучевых скоростей для двух возможных случаев: скорость обыкновенного луча меньше, чем необыкновенного ($n_o > n_e$, **отрицательный кристалл**), и скорость обыкновенного луча больше, чем необыкновенного ($n_o < n_e$, **положительный кристалл**).

Направления, в которых свет не раздваивается



Свойства обыкновенного «о» и необыкновенного «е» лучей.

1) Интенсивность “о” и “е” лучей одинакова и равна половине интенсивности естественного луча.

$$I_{об} = I_{необ} = I_{ест} / 2$$

2) Оба луча полностью поляризованы во взаимно перпендикулярных плоскостях.

Луч о – поляризован в плоскости, перпендикулярной плоскости кристалла.

Луч е - в плоскости, параллельной главной плоскости кристалла.

3) Луч о – подчиняется законам геометрической оптики:

-Показатель преломления n не зависит от угла падения луча на поверхность и от направления луча по отношению к оптической оси.

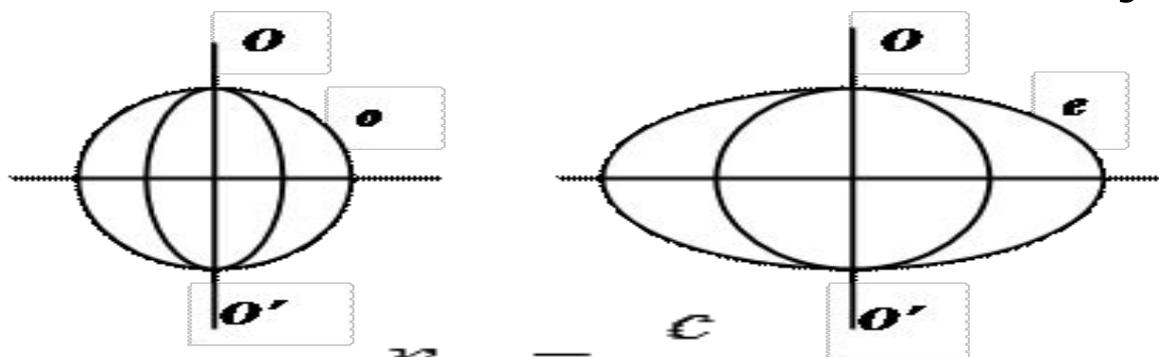
4) Луч е – не подчиняется законам геометрической оптики:- показатель преломления n зависит от угла

-падения луча и от направления луча относительно оптической оси.

-испытывает преломление даже при перпендикулярном падении естественного луча на поверхность.

5) При распространении вдоль оптической оси двойного лучепреломления не происходит.

Обыкновенная волна имеет **сферическую** форму,
 необыкновенная - **эллипсоидальную**



Величина $n_0 = \frac{c}{v_0}$ называется показателем преломления обыкновенного луча,

Величина $n_e = \frac{c}{v_e}$ показателем преломления необыкновенного луча

В зависимости от того, какая из скоростей, v_0 или v_e , больше различают **положительные** ($v_e < v_0$, $n_e > n_0$) и **отрицательные** ($v_e > v_0$, то есть $n_e < n_0$) одноосные кристаллы.

Двойное лучепреломление обусловлено особенностями распространения электромагнитных волн в **анизотропных** средах (**анизотропия** кристаллов - различие физических, в том числе и оптических свойств, по определенным направлениям): амплитуды вынужденных колебаний электронов зависят от направлений этих колебаний.

Двоякопреломляющие кристаллы непосредственно не используются как поляризаторы, так как пучки обыкновенных и необыкновенных лучей слишком мало разведены или даже перекрываются. Однако из этих кристаллов изготавливают специальные поляризационные призмы.

Поляризационные устройства

предназначаются для обнаружения, анализа, получения и преобразования поляризованного оптического излучения , а также для различных исследований и измерений, основанных на явлении поляризации света .

Для получения полностью или частично поляризованного света используется одно из трёх физ. явлений:

- 1) поляризация при отражении или преломлении света на границе раздела двух прозрачных сред;
- 2) линейный дихроизм;
- 3) двойное лучепреломление.

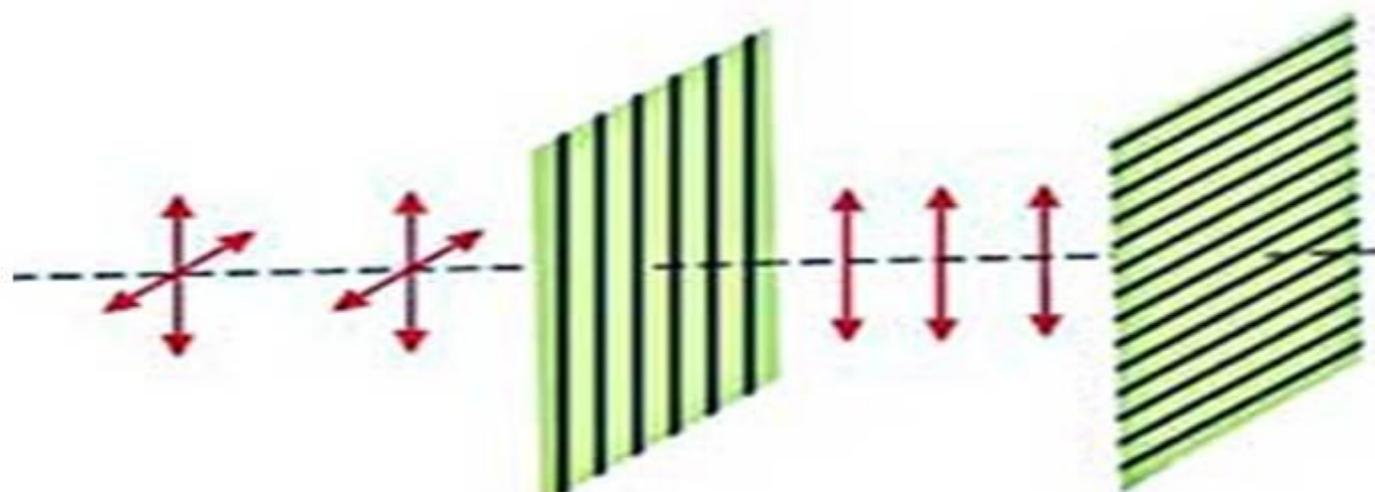
Поляризатор и анализатор

Процесс выделения поляризованного света из естественного называется **поляризацией**. Этот процесс может быть осуществлён с помощью специальных устройств – **поляризаторов**.

Поляризатор – устройство, позволяющее получить поляризованный свет из естественного, пропуская только составляющую вектора напряженности на некоторую плоскость – *главную плоскость поляризатора*.

Чтобы исследовать, является ли свет после прохождения поляризатора действительно плоскополяризованным, на пути лучей ставят второй поляризатор, который называют **анализатором**

СХЕМА ДЕЙСТВИЯ ПОЛЯРИЗАТОРА И СТОЯЩЕГО ЗА НИМ АНАЛИЗАТОРА:

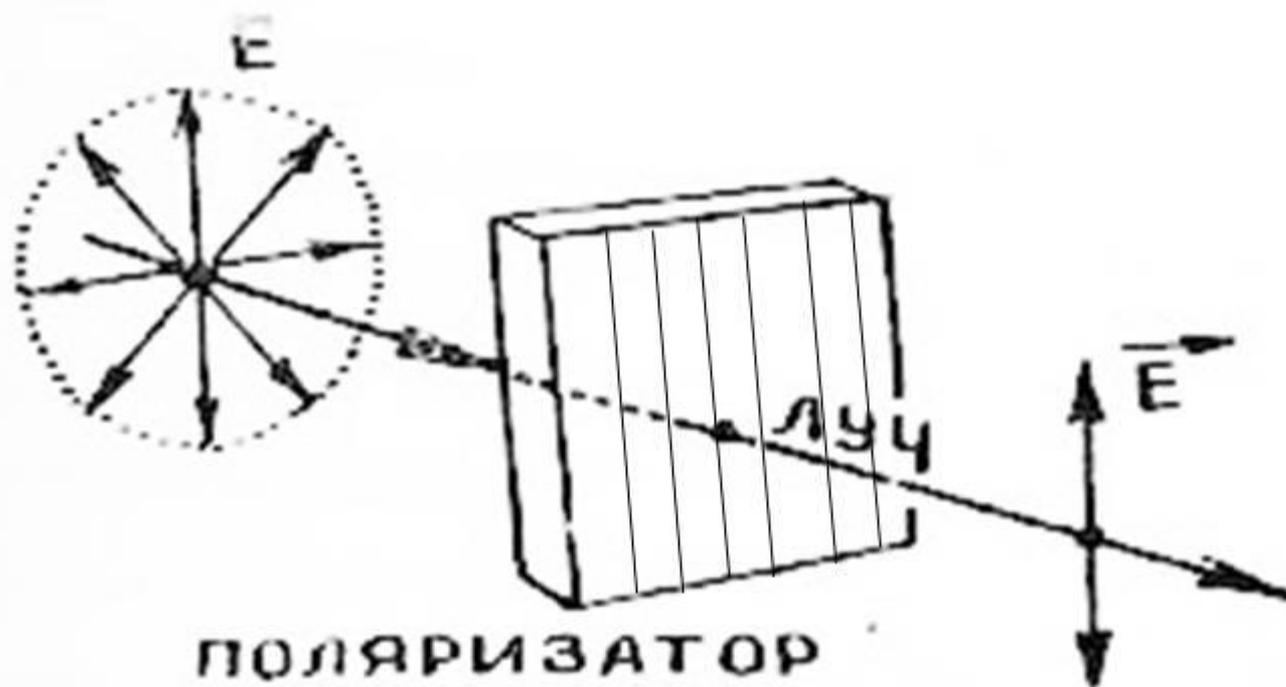


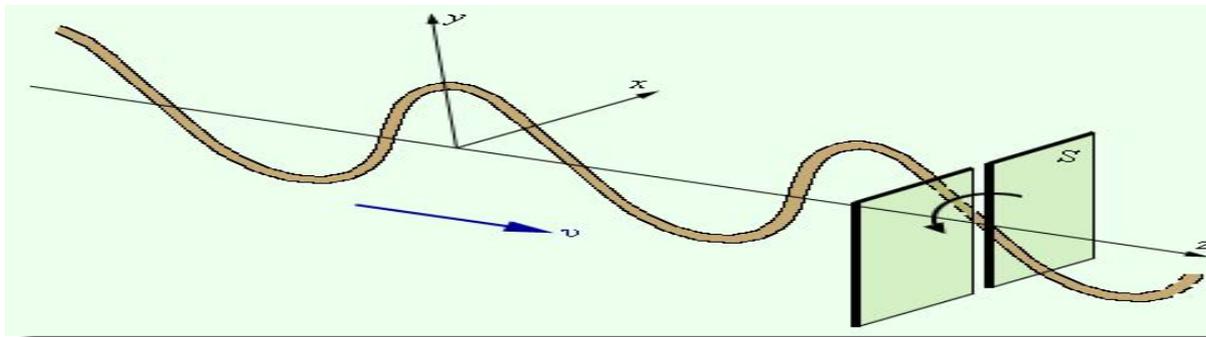
Если второй кристалл начать поворачивать, т.е. смещать положение оси симметрии второго кристалла относительно первого, то луч будет постепенно гаснуть и погаснет совершенно, когда положение осей симметрии обоих кристаллов станет взаимно перпендикулярным.



- Устройства, с помощью которых из естественного света выделяют поляризованный свет, называются поляризаторами. Преобразование естественного света в полностью или частично поляризованный называется поляризацией света.
- Если на поляризатор падает естественный свет, то интенсивность поляризованного света, вышедшего из поляризатора, **вдвое меньше интенсивности света, падающего на поляризатор**.

$$I = \frac{1}{2} I_0$$





*Для превращения обычного света в поляризованный используют **ПОЛЯРИЗАТОРЫ**.*

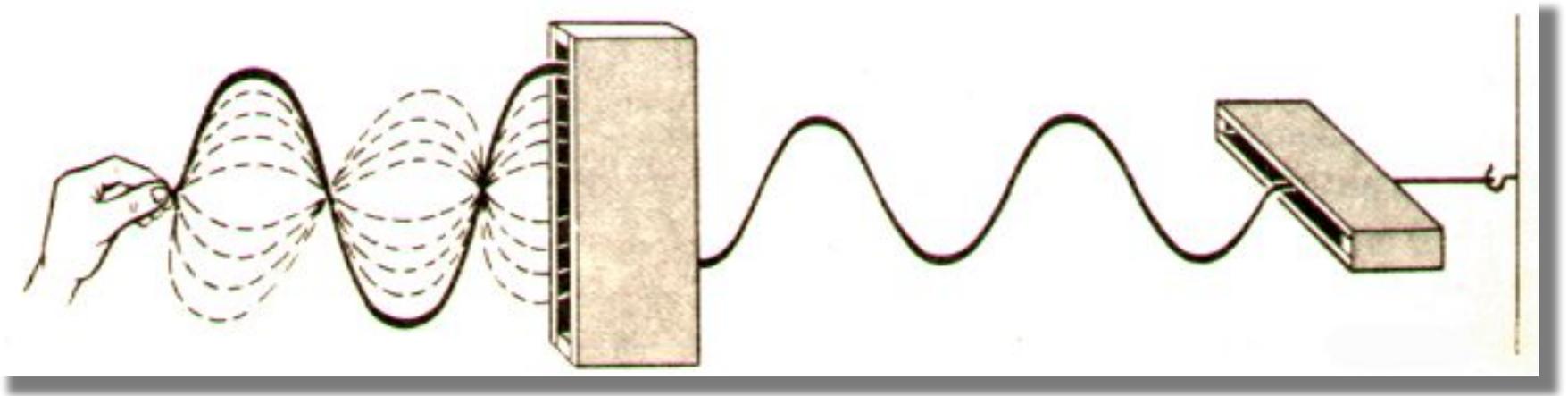
Поляризаторами называют устройства способные создавать линейно поляризованный свет.

*Они свободно пропускают колебания вектора **E**, параллельные плоскости пропускания поляризатора.*

*Плоскость, в которой поляризатор свободно пропускает вектор напряженности электрического поля, называется **ПЛОСКОСТЬЮ ПОЛЯРИЗАЦИИ**. Колебания же перпендикулярные к этой плоскости, задерживаются полностью или частично.*

Для обнаружения поляризованного света
используют **анализаторы**.

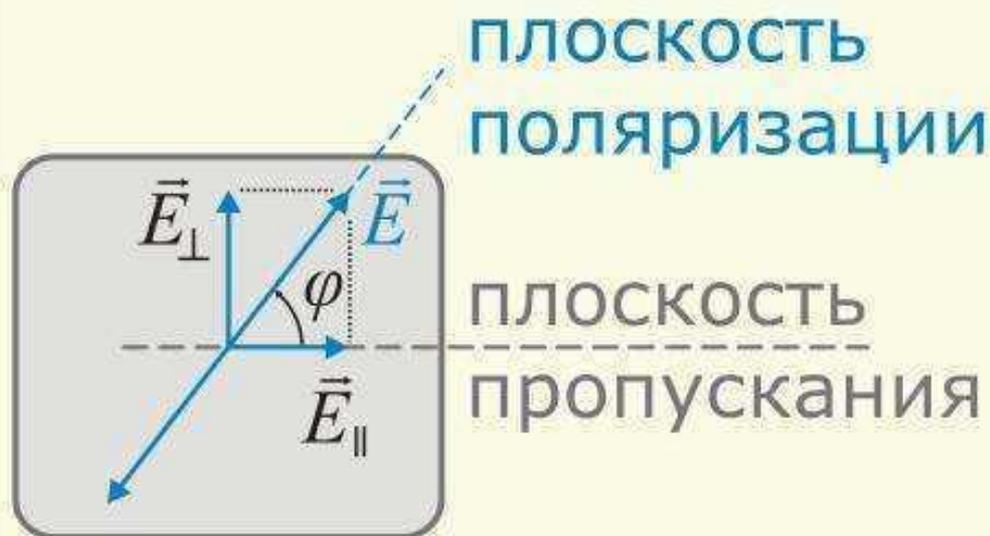
Анализаторы подобно поляризаторам
свободно пропускают колебания вектора E ,
параллельные их плоскости поляризации.



Все поляризаторы (линейные, циркулярные, эллиптические) могут использоваться и как поляризаторы, и как анализаторы.

§§ Закон Малюса

Пусть на анализатор падает линейно поляризованное излучение.



Пусть

$$\dot{E} = \dot{E}_\perp + \dot{E}_\parallel$$

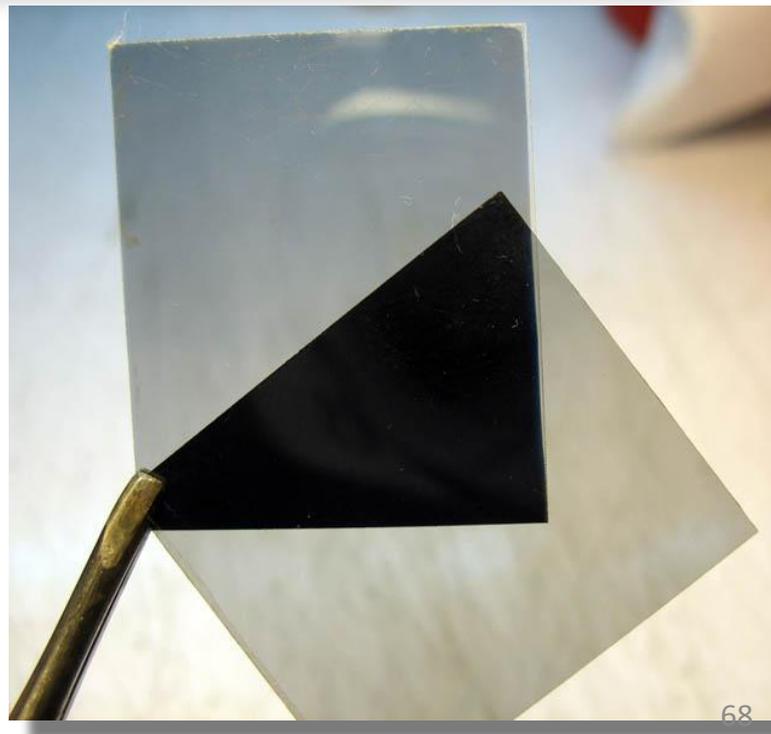
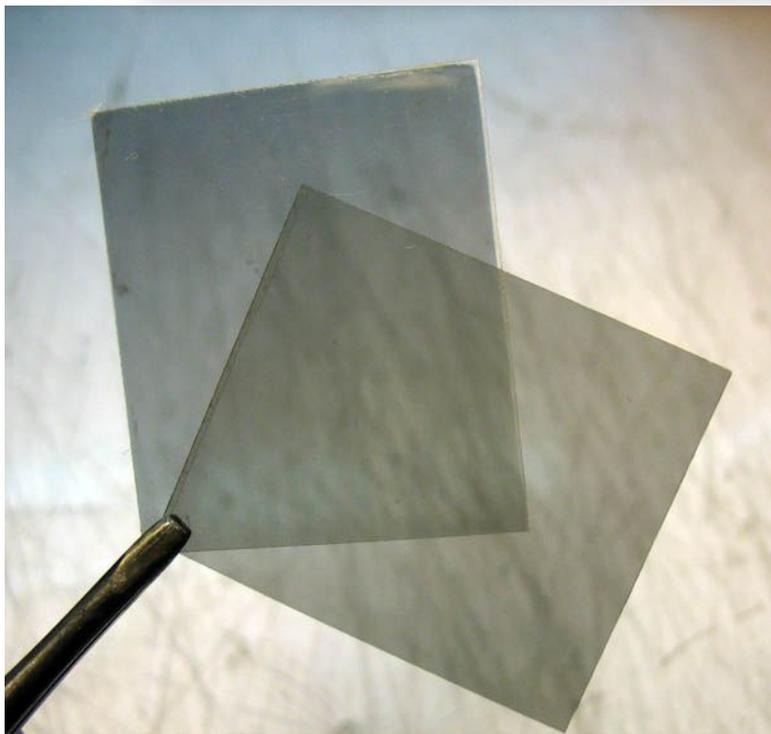
тогда

$$E_\parallel = E_0 \cos \varphi$$

$$I = I_0 \cos^2 \varphi \quad - \text{закон Малюса}$$

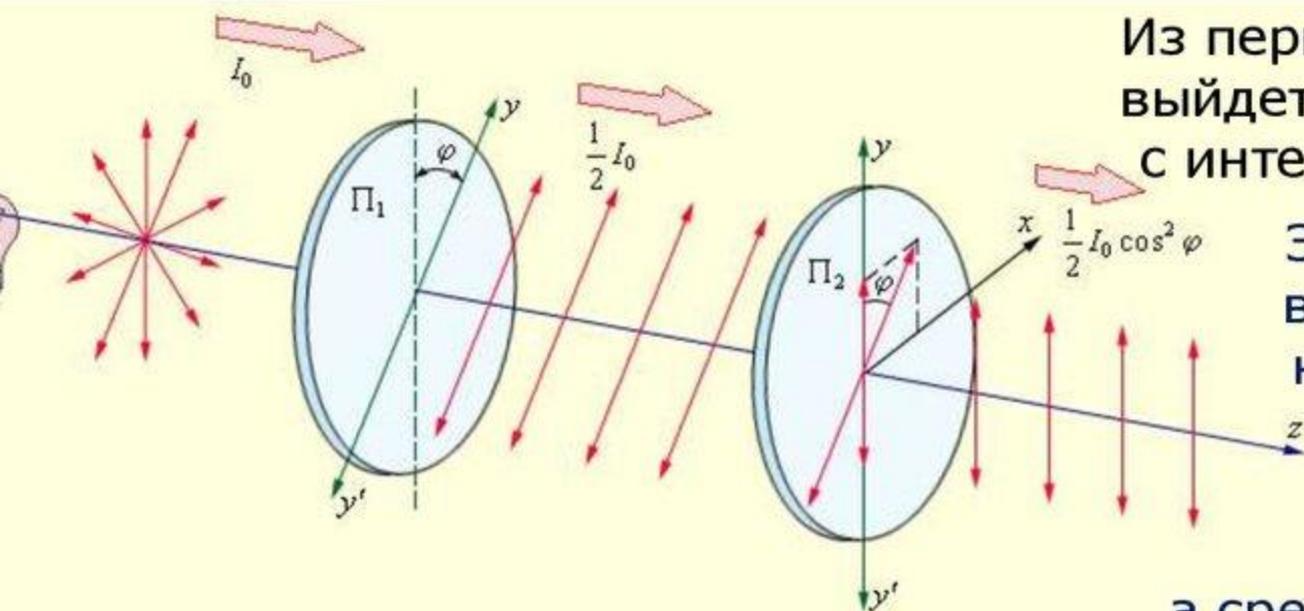
**Интенсивность прошедшего света оказалась
прямо пропорциональной $\cos^2 \varphi$: $I \sim \cos^2 \varphi$.**

$$I = E^2 = E_0^2 \cos^2 \varphi = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \varphi.$$



10. ЗАКОН МАЛЮСА (II)

Оставим на пути естественного света интенсивностью I_0 два поляризатора, плоскости которых образуют между собой угол φ .



Из первого поляризатора свет выйдет плоскополяризованным с интенсивностью $I_1 = I_0/2$.

$$\frac{1}{2} I_0 \cos^2 \varphi$$

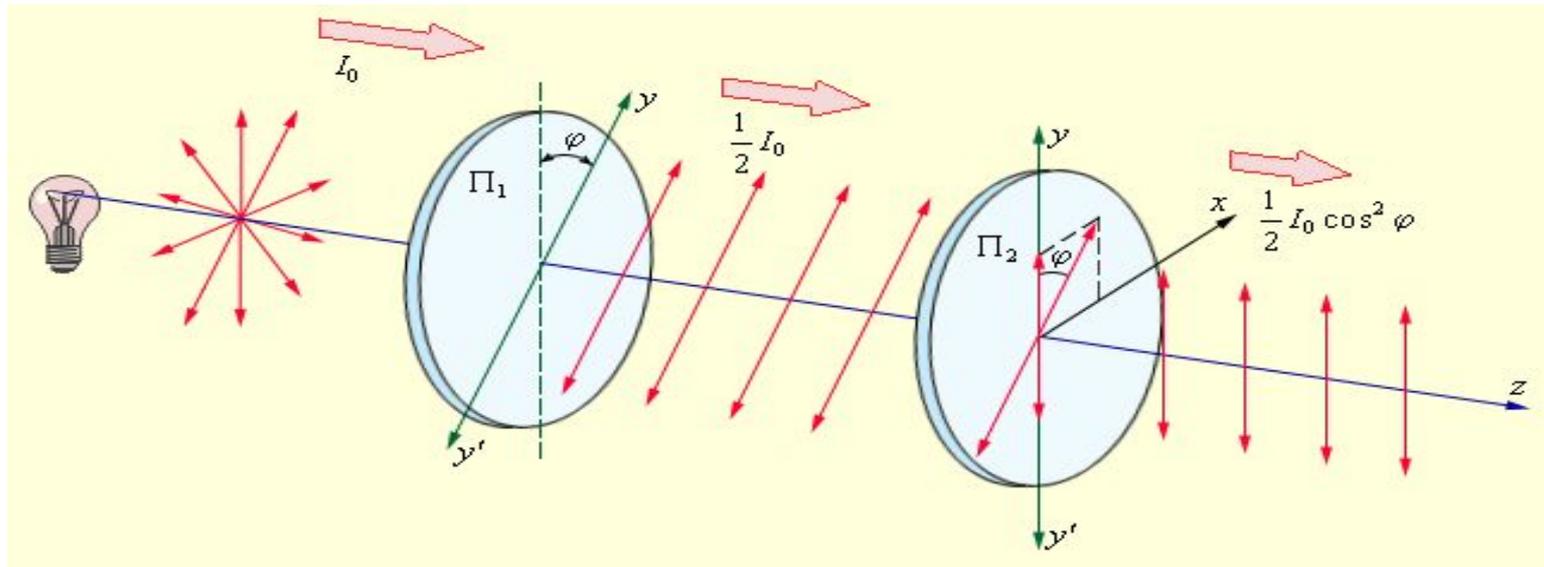
Это объясняется тем, что в естественном свете все направления колебаний z перпендикулярные оси поляризатора равновероятны, а среднее значение квадрата косинуса равно одной второй.

По закону Малюса из второго поляризатора выйдет свет интенсивностью

$$I_2 = I_1 \cos^2 \varphi \Rightarrow I_2 = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \varphi.$$

Французский инженер Э. Малюс открыл закон, названный его именем.

В опытах Малюса свет последовательно пропускаться через две пластинки поляризатора. Пластинки можно было поворачивать друг относительно друга на угол φ .

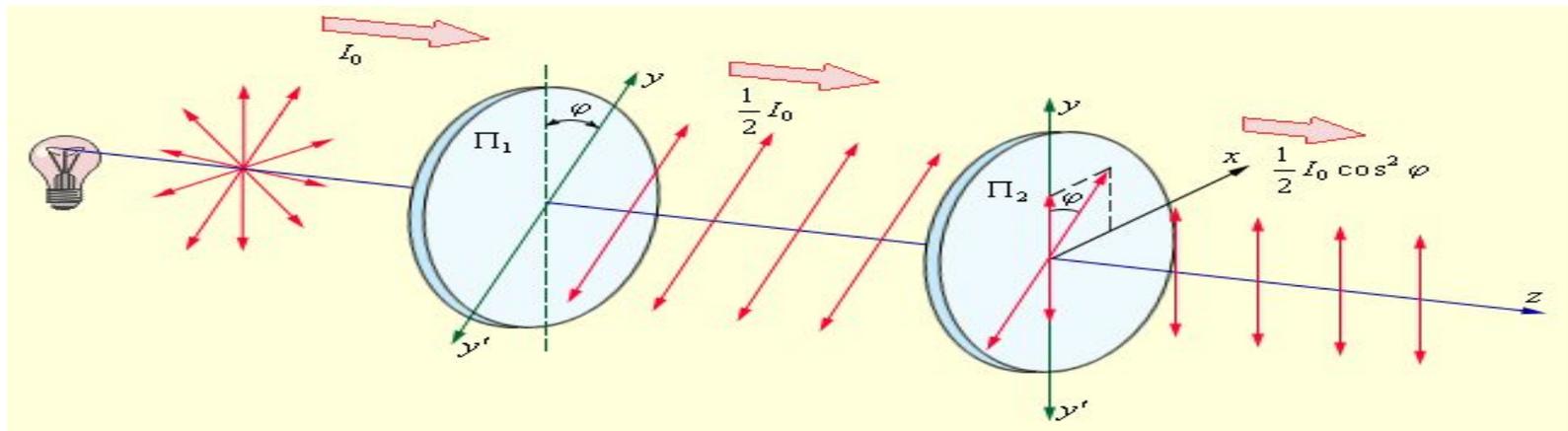


Естественный свет имеющий интенсивность I_0 последовательно проходил через два поляроида Π_1 и Π_2 , плоскости пропускания которых повернуты друг относительно друга на некоторый угол φ .

Первый поляроид играет роль поляризатора.

**Он превращает естественный свет
в линейно поляризованный.**

**Второй поляроид служит для анализа
падающего на него света.**



Поскольку при двойном лучепреломлении задача получения полностью поляризованного света решается автоматически, остается лишь из двух лучей выделить один. Для этого используют два способа.

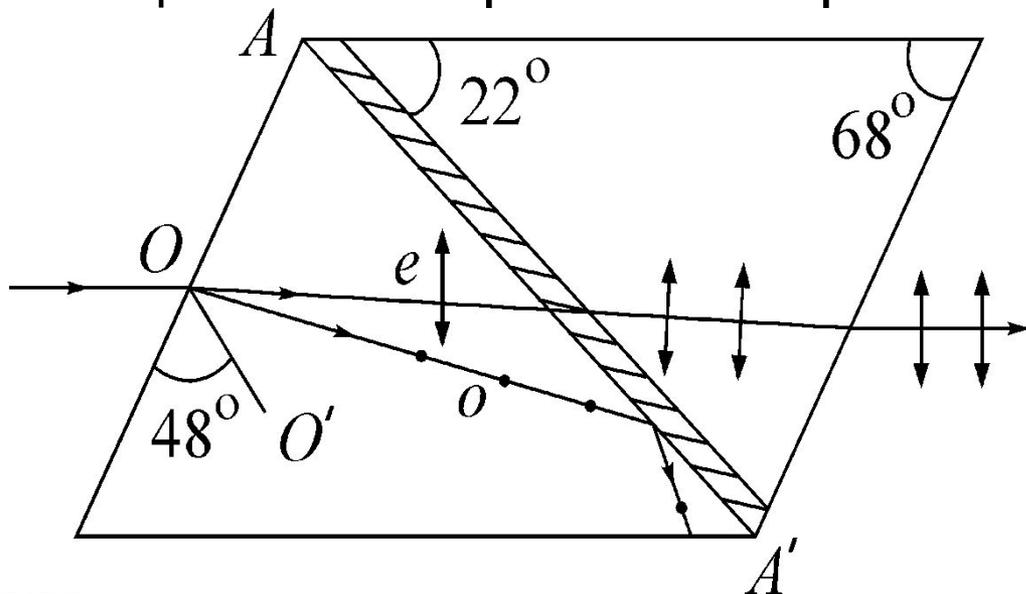
1.Способ. Призма Николя.

. Этот поляризатор изготавливается из исландского шпата, для которого показатели преломления обыкновенного и необыкновенного лучей различны: $n_o = 1,65$, $n_e = 1,48$. Призма разрезана по диагонали и склеена канадским бальзамом с показателем преломления $n_{кб} = 1,55$.

Подобрав соответствующим образом углы призмы, можно обеспечить полное внутреннее отражение обыкновенного луча “о” на границе с канадским бальзамом. Отраженный луч в этом случае поглощается зачерненной нижней гранью или выводится из кристалла. Необыкновенный луч “е” выходит из николя параллельно нижней грани.

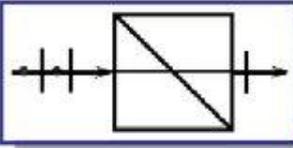
Естественный луч, падая на грань призмы, преломляется и испытывает двойное лучепреломление на границе анизотропного вещества. Дойдя до склейки канадского бальзама луч “e” проходит, почти не изменяя своего направления (склейка тонкая) и выходит из призмы параллельно естественному лучу. Луч “o” дойдя до склейки, испытывает полное внутреннее отражение и поглощается зачерненной гранью. Это происходит в результате того, что $n_o > n_b$, а угол его падения больше предельного угла полного внутреннего отражения от канадского бальзама. Основное условие работы призмы:
 $n_e < n_b < n_o$.

При соответствующих углах падения на грань призмы обыкновенный луч «о» претерпевает полное внутреннее отражение на прослойке канадского бальзама и поглощается зачерненной верхней гранью..



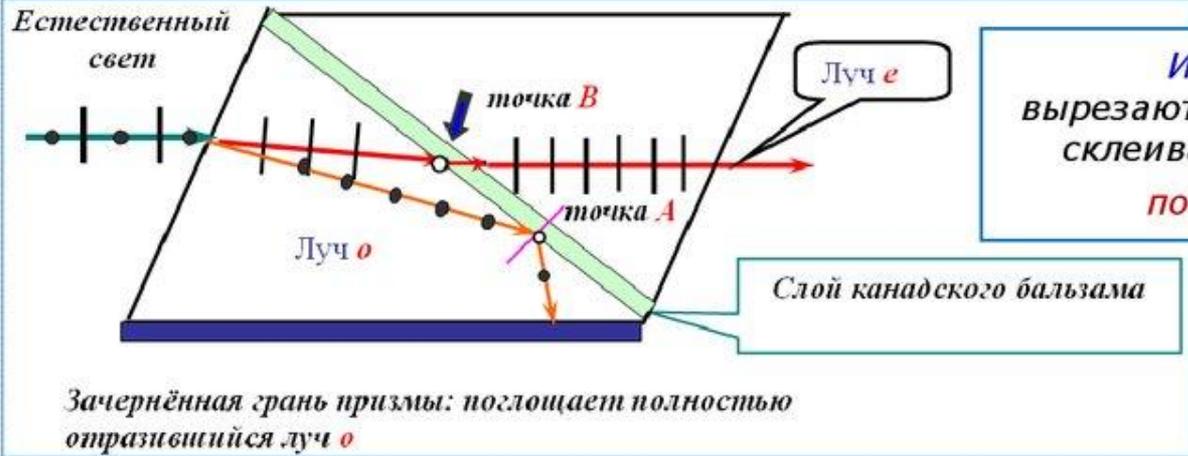
Недостатки:

- высокая стоимость;
- больше потери света на отражение от наклонных граней;
- осевое смещение пучка на выходе призмы;
- малая светособирающая способность



Призма Николя

Наиболее распространённым поляризатором, основанным на явлении двулучепреломления, является **призма Нíколя** (в просторечье - **нúколь**)



Из кристалла исландского шпата вырезаются две призмы, диагонали которых склеивают **слоем канадского бальзама** с показателем преломления n_B :

$$n_o > n_B > n_e$$

Важно!

- Углы в призме подобраны так, чтобы **обыкновенный луч** на поверхности канадского бальзама (**точка A**) испытал **полное внутреннее отражение**, т.е. полностью отразился от границы "**1-я призма-канадский бальзам**".
 - Этот **отражённый луч** затем **полностью поглощается зачернённой** нижней гранью.
- **Необыкновенный луч** преломляется в **точке B**, проходит в канадский бальзам, затем снова преломляется на границе "**канадский бальзам-2-я призма**" и выходит из кристалла, практически сохраняя свое прежнее направление: **на выходе получилась линейнополяризованная световая волна.**

Вывод: **призма Нíколя** – это поляризатор, создающий линейно поляризованную волну при двулучепреломлении в кристалле.

Недостатки призмы Николя:

- высокая стоимость;
- больше потери света на отражение от наклонных граней;
- осевое смещение пучка на выходе призмы;
- малая светособирающая способность.

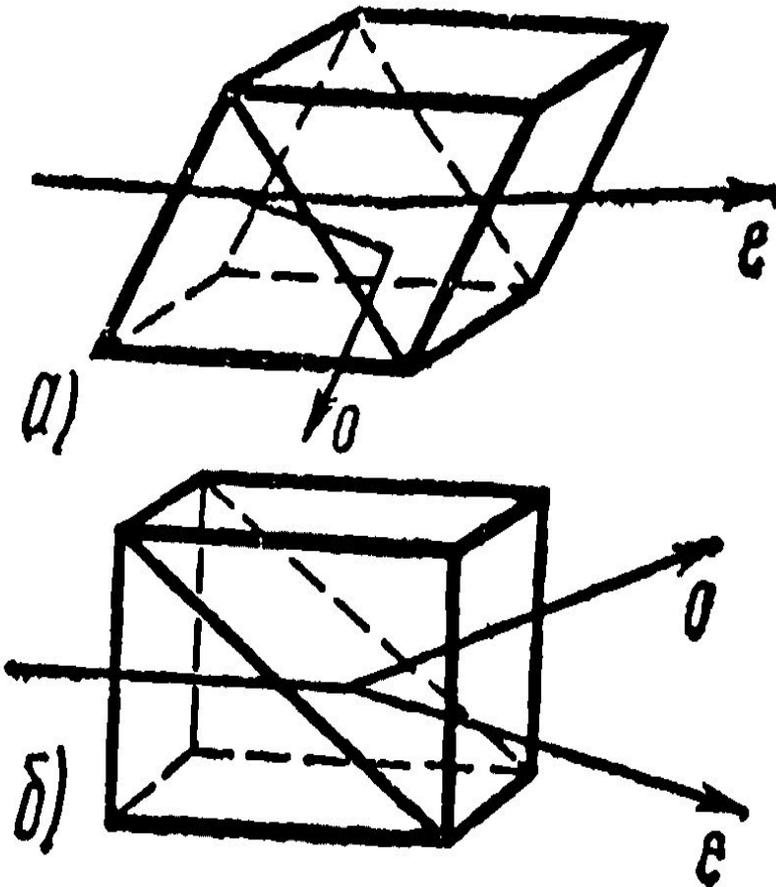


Рис. 3.7. Призмы Николя (а) и Волластона (б)

2.Способ. Дихроизм

На свойстве дихроизма – способностью поглощать один из лучей значительно сильнее, чем другой - основана работа поляризаторов, изготовленных из турмалина, герапатита (сернокислый иод-хинин) и некоторых других кристаллов. Так, в пластинке турмалина толщиной 1мм обыкновенный луч практически полностью поглощается и вышедший свет плоскополяризован.

Из мелких кристалликов герапатита выкладывают значительные площади на целлулоидной пленке. Для их ориентации используют электрическое поле. Такие устройства, называемые поляроидами, могут работать как поляризаторы (анализаторы).

Дихроизм

ДИХРОИЗМ - различное поглощение веществом света в зависимости от его поляризации (анизотропия поглощения). Поскольку поглощение зависит также и от длины волны, дихроичные вещества оказываются различно окрашенными при наблюдениях по разным направлениям, откуда и название (от греч. dichroos - двухцветный). Дихроизм был открыт французским ученым Кордье (P. Cordier (1777-1861)) в 1809 на минерале, названном кордиеритом.

Различают: линейный дихроизм- различное поглощение света двух взаимно перпендикулярных линейных поляризаций; круговой дихроизм - различное поглощение света с правой и левой круговой поляризацией; в общем случае - эллиптический дихроизм - различное поглощение света с правой и левой эллиптической поляризацией. Дихроизм ведёт за собой и различие в поглощении естественного света в зависимости от его направления распространения в веществе.

Дихроизм (двойное окрашивание) - это явление избирательного поглощения анизотропной средой одного из поляризованных лучей, образованных при двойном лучепреломлении. При этом получается свет, полностью поляризованный только в одной плоскости.

Дихроизм присущ анизотропным окрашенным кристаллическим средам. Так, дихроизмом обладают некоторые полудрагоценные камни: -турмалин -рубин -сапфир -александрит. Свойством дихроизма обладают также некоторые природные и искусственные химические соединения, например, холестерин, (герапатит) сернокислый иодхинин , сегнетова соль..

Получить поляризованный свет на основе явления дихроизма можно с помощью оптических устройств, которые получили название **поляроиды**.

Поляроиды.

Поляроиды представляют собой слой дихроичного вещества (толщиной 0,05-0,1 мм), кристаллы которого ориентированы в одном направлении. Этот слой помещается между двумя прозрачными пластинами или пленками для защиты от влаги и механических воздействий

В широко используемых плёночных дихроичных поляризаторах (поляроидах) дихроизм достигается однонаправленным растяжением полимерной плёнки, содержащей молекулы красителя с сильной собств. анизотропией. Достоинство поляроидов – компактность, большая угловая апертура и достаточно высокая поляризующая способность; недостатки – не высокая лучевая прочность и существенный хроматизм.

Достоинства:

- простая и дешевая технология их изготовления;
- можно получать больше площади поверхностей поляроидов.

Недостатки:

- малая пропускная способность света;
- окрашенность поляризованного света;
- малая термостойкость.

Дихроизм присущ анизотропным окрашенным кристаллическим средам. Так, дихроизмом обладают некоторые полудрагоценные камни: -турмалин, рубин, сапфир, александрит

Свойством дихроизма обладают также некоторые природные и искусственные химические соединения, например, холестерин, сернокислый иодхинин (герапатит).

. В настоящее время научились изготавливать поляроиды в виде тонких пленок с большой площадью, что дает возможность получать широкие пучки поляризованного света. Подобные пленки широко применяются в дисплеях калькуляторов и в жидкокристаллических экранах мониторов компьютеров. Поляроидные очки ослабляют солнечные блики на воде или снегу. Для этих же целей при видеосъемке используют поляризационные фильтры.

Зачем нужно?

Поляризационные приборы

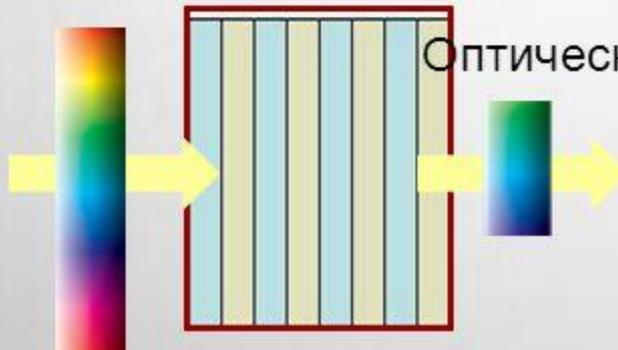


Дисплейные технологии

Просветляющие
покрытия



Поляризационные очки



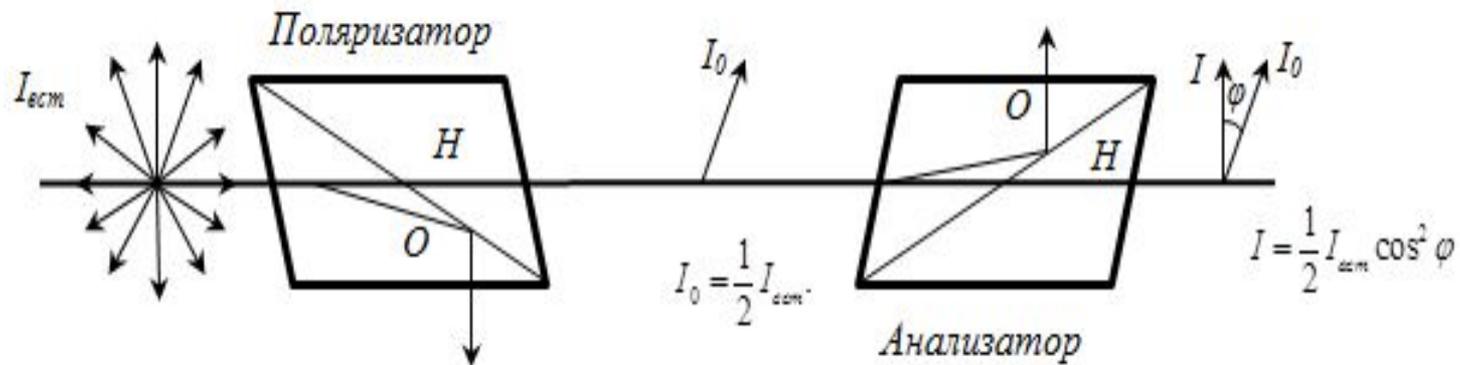
Оптические фильтры



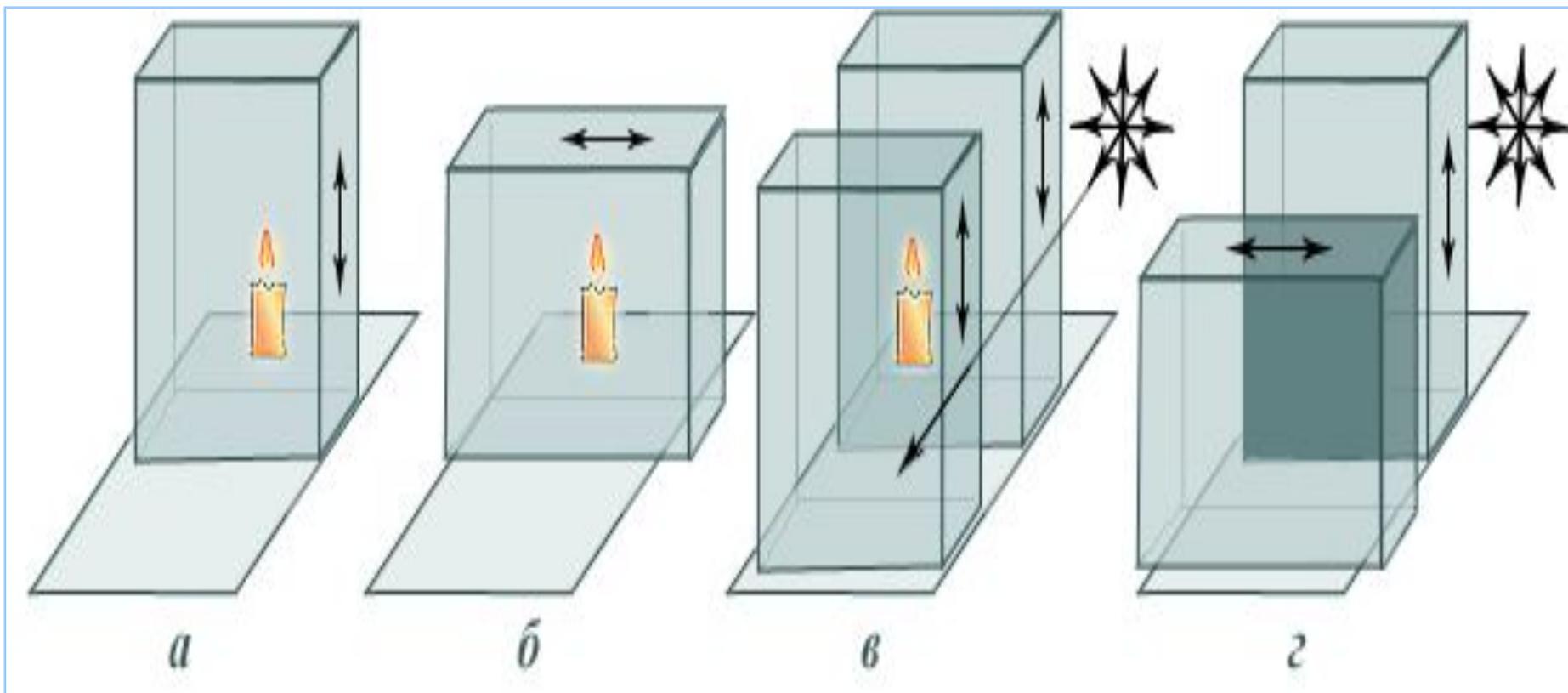
Система "поляризатор-анализатор" –

это совокупность из двух поляроидов, поставленный один за другим на пути светового пучка.

Первый по ходу лучей полярироид называется поляризатор, а второй - анализатор. При обратном ходе лучей анализатор может выполнять роль поляризатора а



Поляризатор предназначен для получения из естественных неполяризованных лучей линейно поляризованных.



**Прохождение света через поляризатор
(а и б),
через поляризатор и анализатор (в и г).**

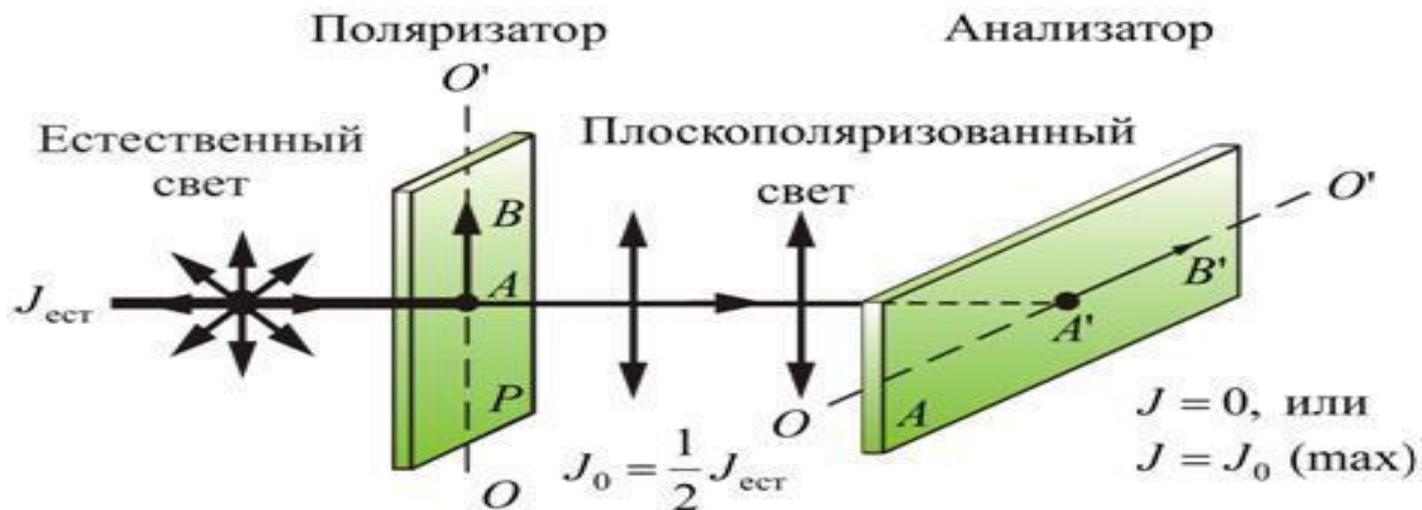
Анализатор предназначен для определения пространственной ориентации плоскости поляризации тех лучей, которые образованы поляризатором. В системе "поляризатор-анализатор" выделяют плоскости поляризации поляризатора и анализатора. Плоскость поляризации поляризационного устройства - это та плоскость, в которой он пропускает полностью линейно поляризованный свет.

Прохождение света через систему 'поляризатор-анализатор' подчиняется закону Малюса. Закон Малюса определяет интенсивность поляризованного света за анализатором в зависимости от взаимной ориентации между собой плоскостей поляризации поляризатора и анализатора, и интенсивности поляризованного света перед анализатором.

Если плоскости поляризации поляризатора и анализатора не совпадают, то анализатор пропустит только некоторую составляющую поляризованного света.



$$E = E_0 \cos \varphi$$



Если пропустить частично поляризованный свет через анализатор, то при вращении прибора вокруг направления луча интенсивность прошедшего света будет меняться в пределах от I_{\max} до I_{\min} , причем переход от одного из этих значений к другому будет совершаться при повороте на угол, равный $\pi/2$.

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

Где P - степень поляризации

I_{\max} – интенсивность колебаний преобладающего направления;

I_{\min} – интенсивность колебаний в направлении, перпендикулярном преобладающему.

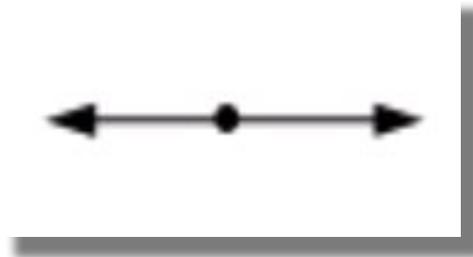
Анализ поляризованного света имеет цель установить характер поляризации (линейная, по кругу, эллиптическая) и степень поляризации.

$P=1$ – полностью поляризованный ,

$P=0$ – неполяризованный,

$1 > P > 0$ – частично поляризованный.

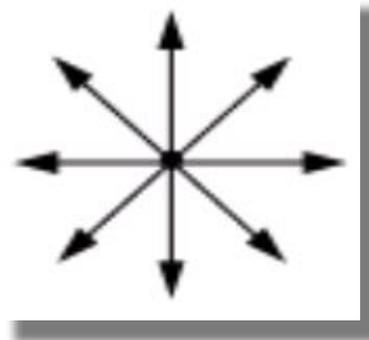
$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$



Для линейно поляризованного света

$$I_{\min} = 0, P = 1$$

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



Для естественного света

$$I_{\max} = I_{\min}, P = 0.$$

Вращение плоскости поляризации оптически активными веществами

Прохождение поляризованного света через некоторые анизотропные среды сопровождается поворотом плоскости его поляризации вокруг направления распространения света. Это явление называется *вращением плоскости поляризации*. Вещества, в которых наблюдается это явление, называют *оптически активными*.

Оптически активные вещества подразделяются на два типа :

- *Оптически активные в любом агрегатном состоянии:* сахар, камфора, никотин, винная кислота. Оптическая активность обусловлена ассиметричным строением их молекул.
- *Оптически активны только в кристаллической фазе:* кварц, киноварь.. Оптическая активность обусловлена специфической ориентацией молекул в элементарных ячейках кристалла.

Оптически активные вещества делятся на две группы.

В первой группе из них оптическая активность связана с асимметричным строением молекулы, не имеющей ни центра, ни плоскостей симметрии, т.е. *хиральной*.

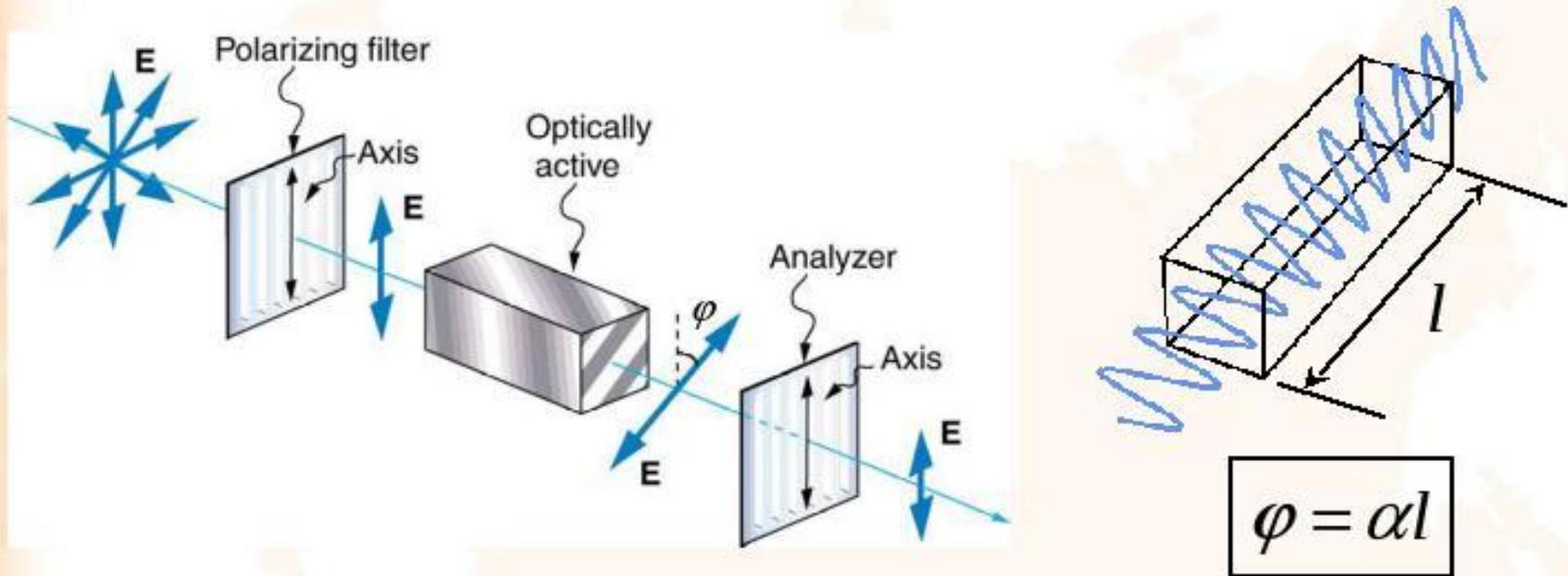
Во второй группе с асимметричной структурой самого вещества (кристаллической решетки).

В этом случае оптическая активность вещества проявляется во всех агрегатных состояниях и растворах. Хиральные молекулы могут существовать в двух зеркально симметричных формах - правой и левой. Эти две изомерные формы называются *антиподами*. Важно знать, что в живой природе (по крайней мере, на Земле) все важнейшие биологические молекулы существуют *только в одной* из двух возможных форм. . Все химические реакции начинаются с того, что молекулы располагаются друг относительно друга должным образом. Только после этого начинается взаимодействие их электронов.

Для хиральных молекул, ориентации которых не соответствуют друг другу, добиться этого невозможно, как невозможно надеть левую перчатку на правую руку.

Известно, что биологический сахар является *правовращающим*, а сахар, изготовленный химическим путем, представляет собой смесь, содержащую правые и левые *антиподы* в равных количествах. Такая смесь называется *рацемической*. Рацемические смеси *не вращают* плоскость поляризации, так как положительный и отрицательный эффекты в них скомпенсированы. Если в раствор синтетического сахара поместить бактерии, то через некоторое время раствор станет левовращающим. Это означает, что бактерии усваивают только «правовращающие» молекулы сахара.

Естественное вращение (оптическая активность)



При прохождении света через оптически активные вещества плоскость поляризации поворачивается на некоторый угол

Угол поворота плоскости поляризации

Оптически активные кристаллы и чистые жидкости

$$\varphi = \alpha d$$

Оптически активные растворы

$$\varphi = [\alpha] C d$$

Оптическая активность обусловлена как строением молекул вещества (их асимметрией), так и особенностями расположения частиц в кристаллической решетке.

[d — расстояние, пройденное светом в оптически активном веществе; α [$[\alpha]$] — *удельное вращение*, численно равно углу поворота плоскости поляризации света слоем оптически активного вещества единичной толщины (единичной концентрации для растворов); C — массовая концентрация оптически активного вещества в растворе (кг/м³)]

Искусственная оптическая анизотропия

Оптически изотропные вещества становятся оптически анизотропными под действием:

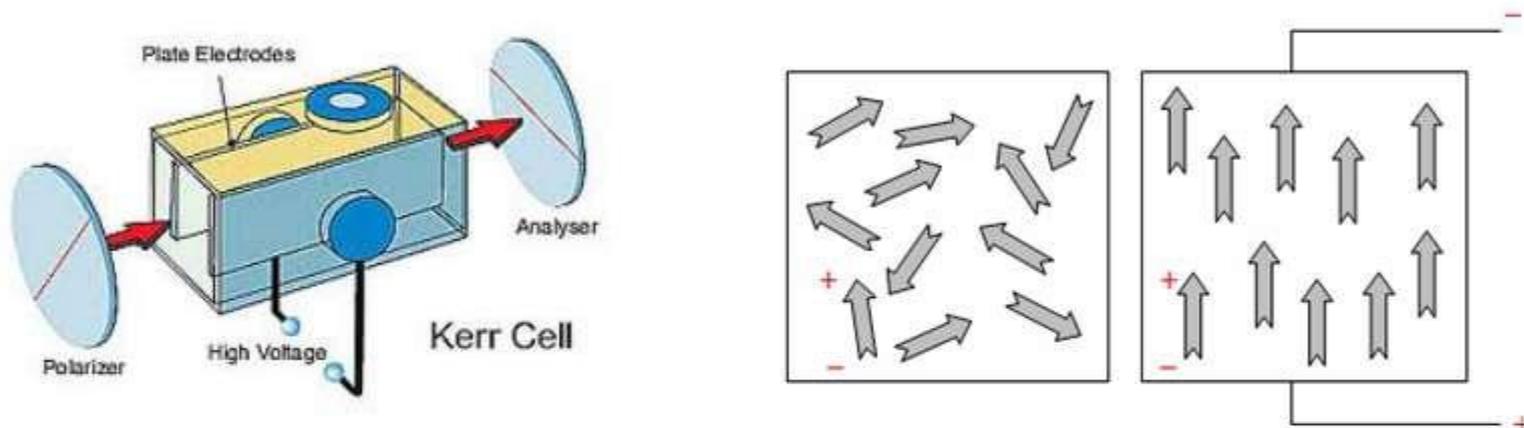
- одностороннего сжатия или растяжения (кристаллы кубической системы, стекла и др.);
- электрического поля (эффект Керра; жидкости, аморфные тела, газы);
- магнитного поля (жидкости, стекла, коллоиды).

В перечисленных случаях вещество приобретает свойства одноосного кристалла, оптическая ось которого совпадает с направлением деформации, электрического или магнитного полей соответственно указанным выше воздействиям.

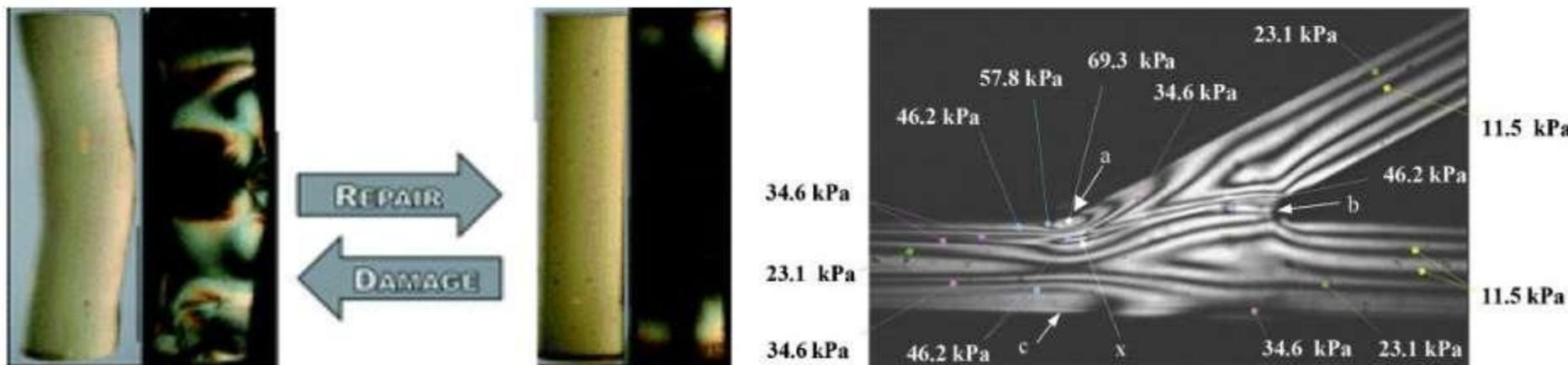
Искусственной анизотропией называют явление возникновения анизотропных свойств у оптически изотропных тел под действием механических напряжений, электрических и магнитных полей.

Искусственная анизотропия

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



2) Анизотропия за счет механической деформации



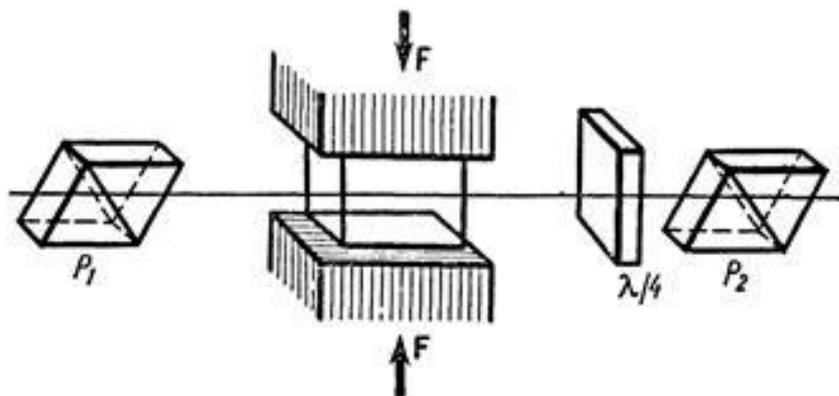
Анизотропия при деформации

Вещества при деформации сжатия или растяжения приобретают свойства одноосного кристалла, оптическая ось которого направлена вдоль деформирующих сил. При этом разность показателей преломления необыкновенной и обыкновенной волн определяется зависимостью

$$n_e - n_o = b\sigma$$

где b - постоянная, характеризующая свойства вещества; $\sigma = \frac{F}{S}$ - напряжение деформации, равное отношению силы к площади поперечного сечения образца.

При наблюдении прозрачного деформированного образца в скрещенных поляризаторе и анализаторе он оказывается окрашенным, причем окраска зависит от степени деформации.

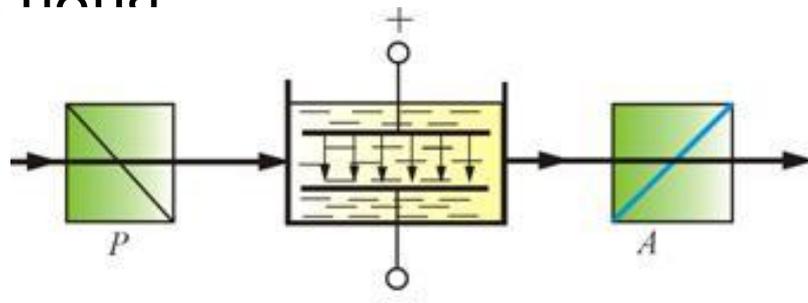


Анизотропия под воздействием электрического поля.

Оптически изотропные вещества под действием электрического поля (рис. 25) приобретают свойства одноосного кристалла, оптическая ось которого коллинеарна напряженности электрического поля (явление Керра). Анизотропия ($n_e - n_o$) при этом определяется соотношением

$$n_e - n_o = K\lambda E^2$$

где K - постоянная Керра, характеризующая вещество; λ - длина волны света; E - напряженность электрического поля



Анизотропия под воздействием магнитного поля

Некоторые оптически изотропные вещества в магнитном поле приобретают свойства одноосного кристалла, ось которого коллинеарна индукции магнитного поля (эффект Коттон - Мутона). При этом $(n_e - n_o) = C \lambda B^2$, где C - постоянная Коттон - Мутона, характеризующая свойства вещества.

▪

Применение поляризованного света

1. Поляриметрия

Поляриметрия - это оптические методы исследования сред с естественной или наведенной магнитным полем оптической активностью, основанные на измерениях величины вращения плоскости поляризации света.

Этот метод используют для определения содержания сахара в крови и в моче, в биофизических исследованиях, а также в пищевой промышленности.

Соответствующие измерительные приборы называются *поляриметрами* или *сахариметрами* (если они специально приспособлены для измерения концентрации сахара).

2. Поляризационная микроскопия

Поляризационный микроскоп отличается от обычного оптического микроскопа тем, что перед конденсором помещен поляризатор, обеспечивающий освещение объекта поляризованным светом. В тубусе между объективом и окуляром помещается анализатор. Если главные оси поляризатора и анализатора скрещены, то в микроскоп видны только те фрагменты биологического объекта, которые вращают плоскость поляризации. При этом яркость наблюдаемых фрагментов тем выше, чем больше угол поворота.

3. Фотоупругость

Механические напряжения, создаваемые в прозрачных телах, способны изменять их оптические свойства: оптически изотропные тела могут становиться анизотропными, а анизотропные - изменять свою анизотропию. Комплекс таких явлений называют *фотоупругостью*.

Явление фотоупругости используется для определения механического напряжения, возникающего в теле. Из прозрачного материала (часто плексигласа) создают модель. В ненагруженном состоянии в скрещенных поляроидах эта модель однородна и выглядит темной. Под действием механической нагрузки возникает анизотропия модели, как следствие - *вращение плоскости поляризации*. Угол вращения пропорционален механическому напряжению. При этом появляется характерная картина полос и пятен. По этой картине, а также по тем ее изменениям, которые возникают при увеличении или уменьшении нагрузки, можно делать выводы о механических напряжениях, возникающих в модели.



Хорошим поляризатором являются кристаллы [турмалина](#). Хорошим поляризатором являются кристаллы турмалина — уже при толщине кристалла турмалина около 1 мм в них практически полностью поглощается обыкновенный пуч. Еще лучше поляризует йодохирина сульфат ([герапатит](#)^[1]) — один из лучей практически полностью поглощается уже при толщине кристалла 0,1 мм. Аналогичными свойствами обладают органические молекулы некоторых [каких?](#) полимеров, если их сориентировать в одном направлении, например путём растяжения плёнки. В

04 СЕНТЯБРЯ 2006. [В Екатеринбурге на проезжую часть упал строящийся мост. Рухнувшие три пролета моста чудом не задели ни одной машины, люди не пострадали.](#)¹⁰³

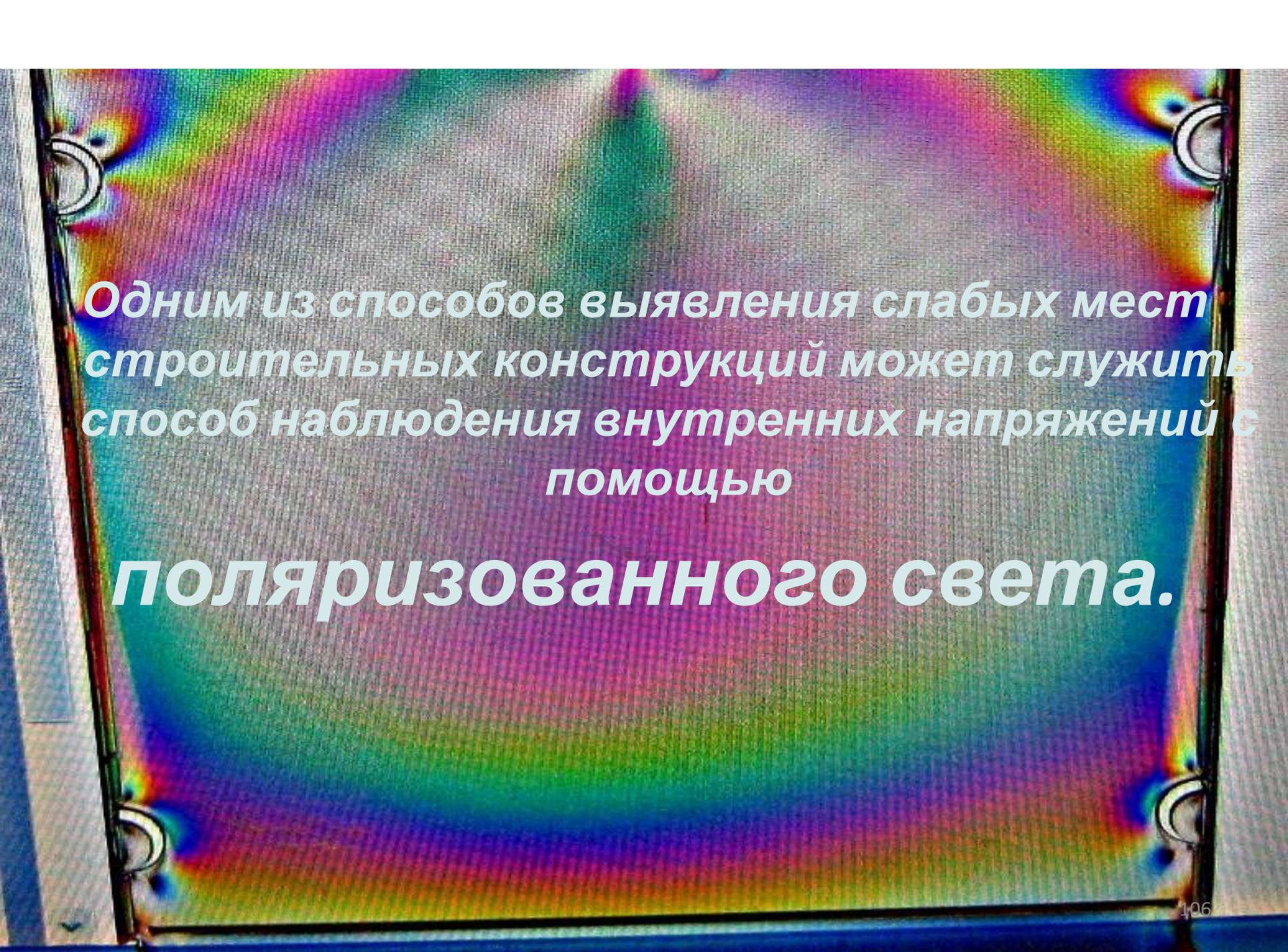


14 февраля 2004 года в Москве вследствие разрушения покрытия купол "Трансвааль-парка" тонны бетона обрушились на сотни отдыхающих в этой зоне людей. В результате трагедии погибли 28 человек, в том числе 8 детей, получили травмы различной степени тяжести 193 человека.



Есть ли какая-нибудь возможность предотвратить катастрофы?



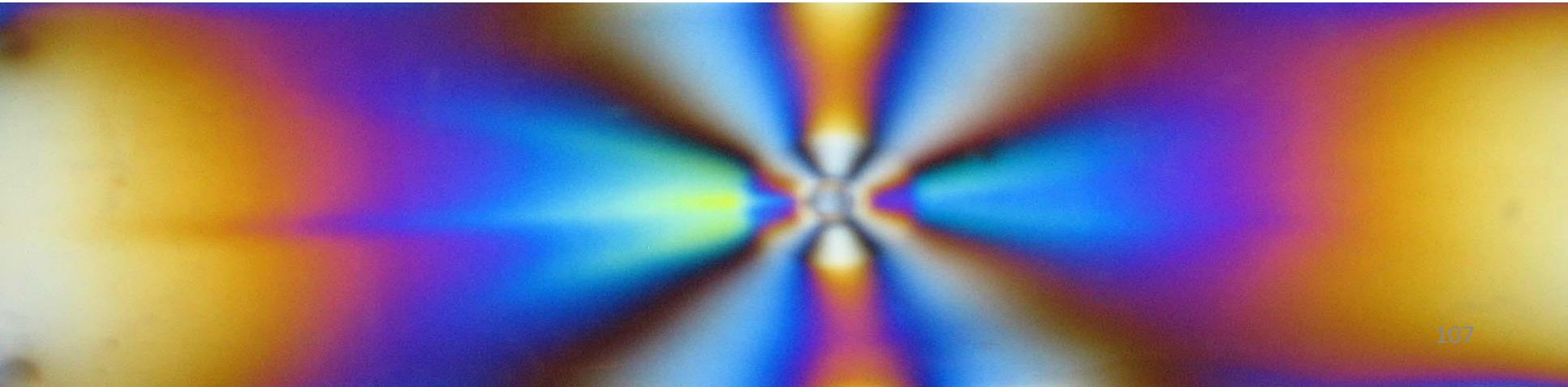


**Одним из способов выявления слабых мест
строительных конструкций может служить
способ наблюдения внутренних напряжений с
помощью
поляризованного света.**

Давно известен факт, что в зависимости от нагрузки изменяются оптические свойства оргстекла: в месте воздействия на оргстекло поворачиваются плоскости поляризации.

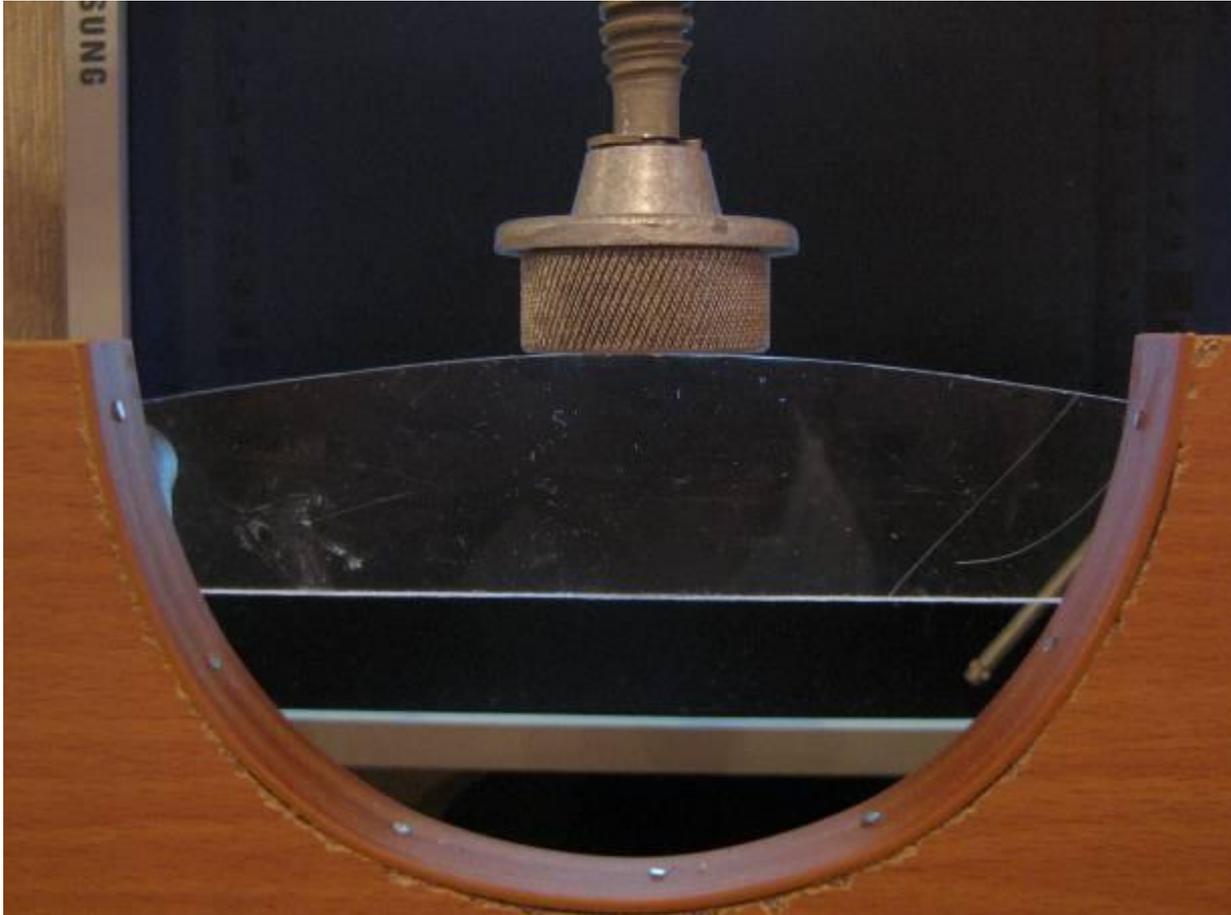
Возникает цветная картина распределения напряжений.

Красному цвету соответствуют наибольшие деформации в оргстекле, зеленому - средние, синему - наименьшие.



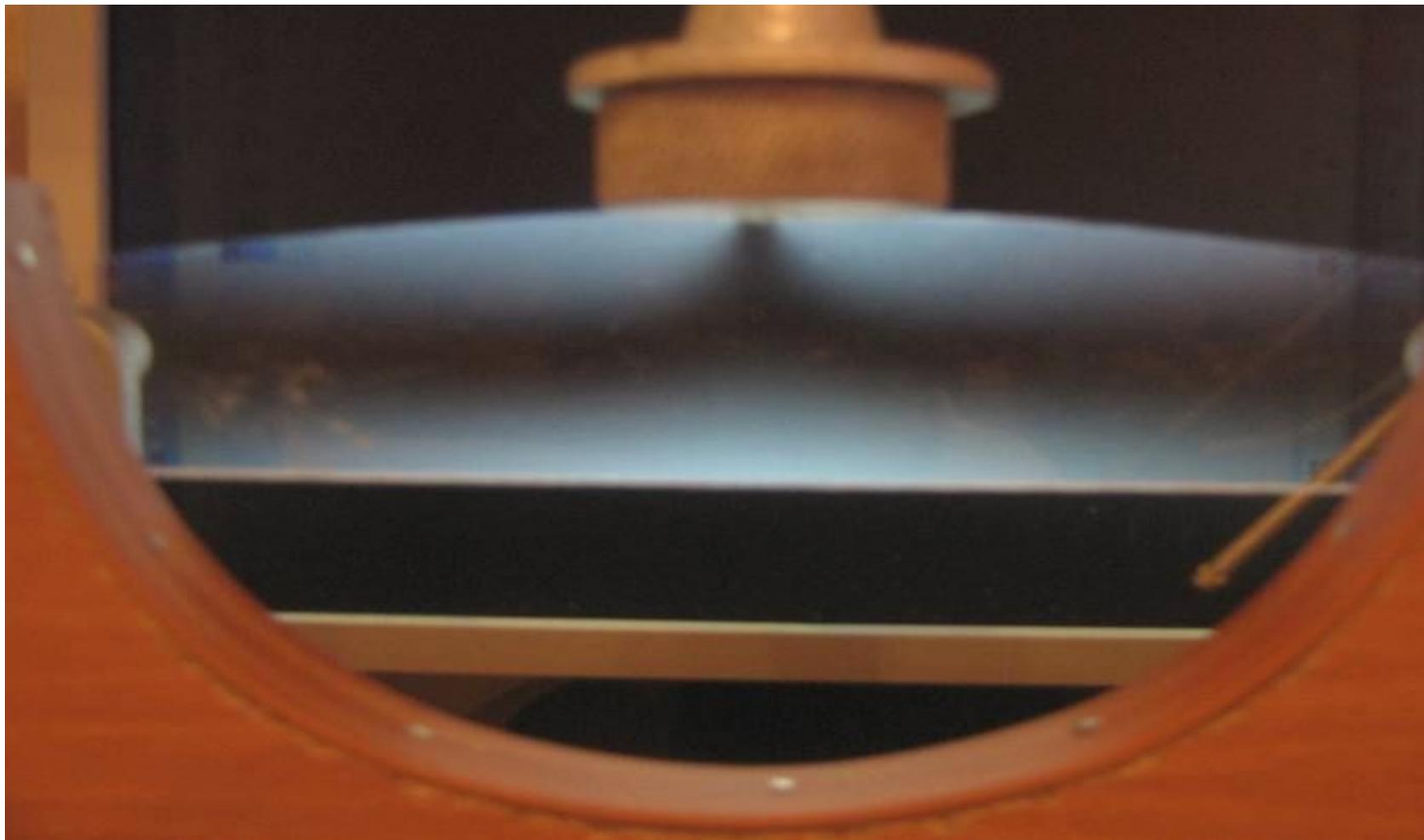


Первый опыт **(съемка через поляроид):**



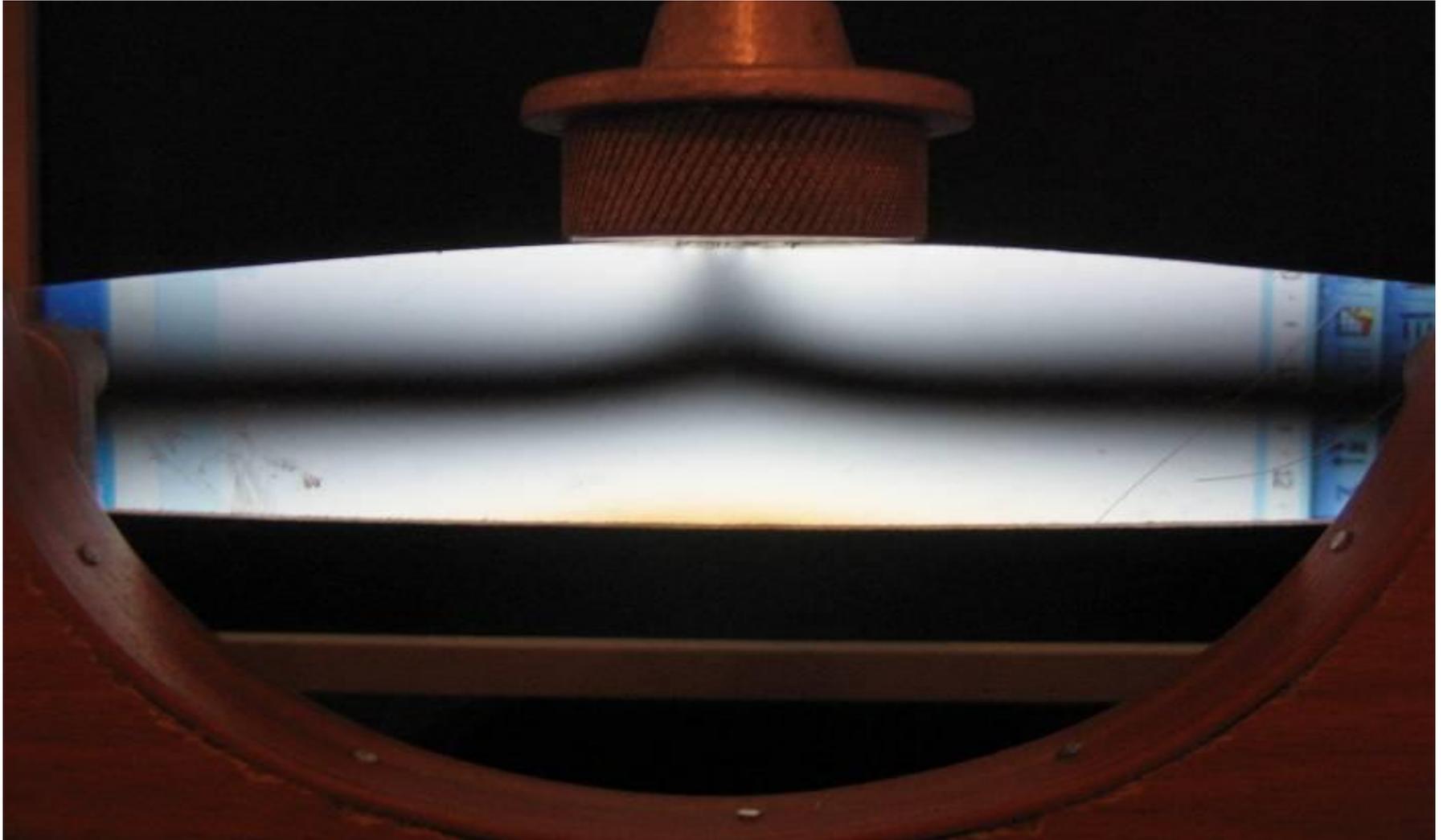
***Устанавливаем пластину и видим,
что внутренних напряжений нет.***

Увеличиваем давление



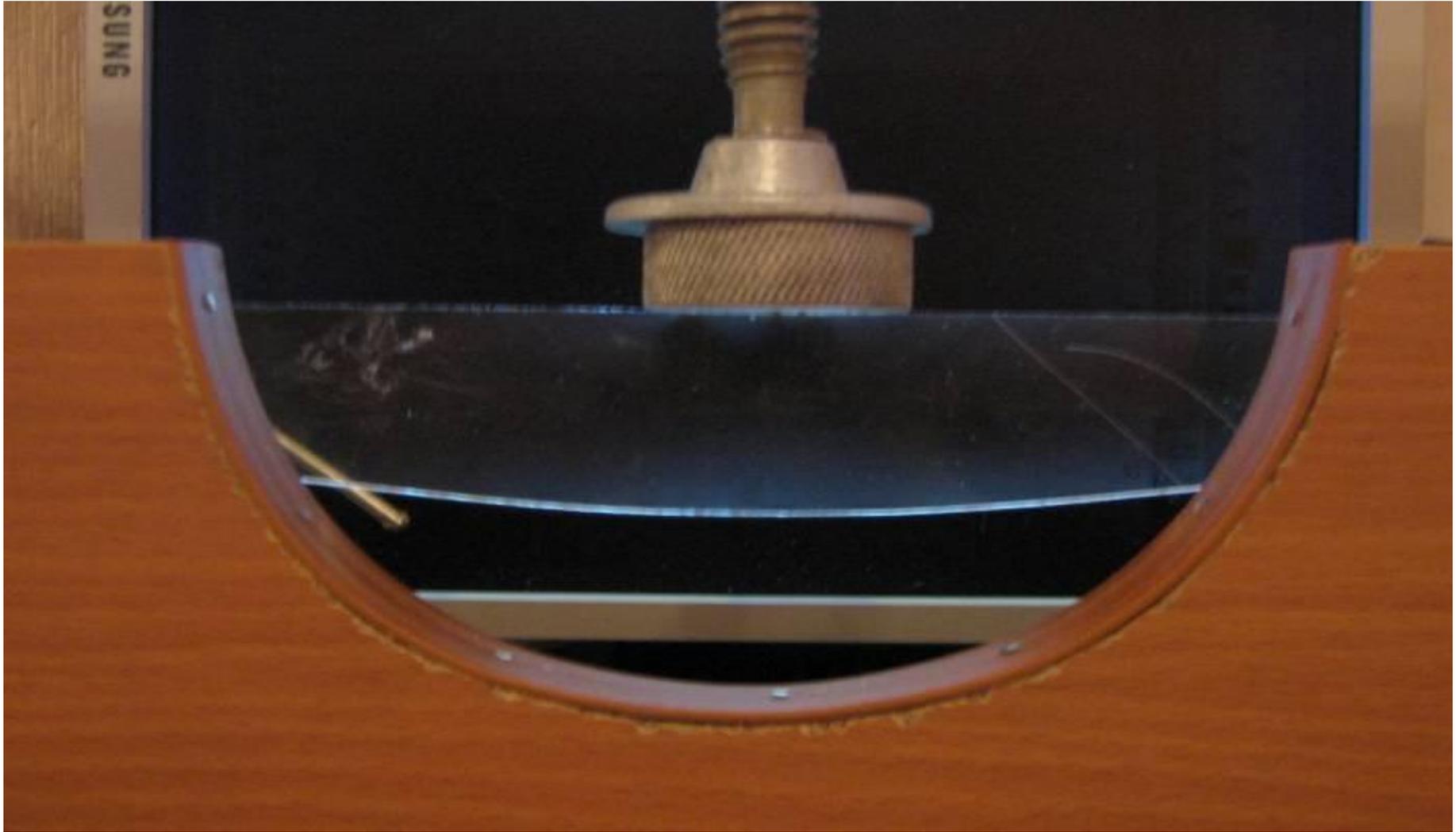
Пластина начинает местами пропускать свет, т.к. меняются ее оптические свойства .

Давление растёт...

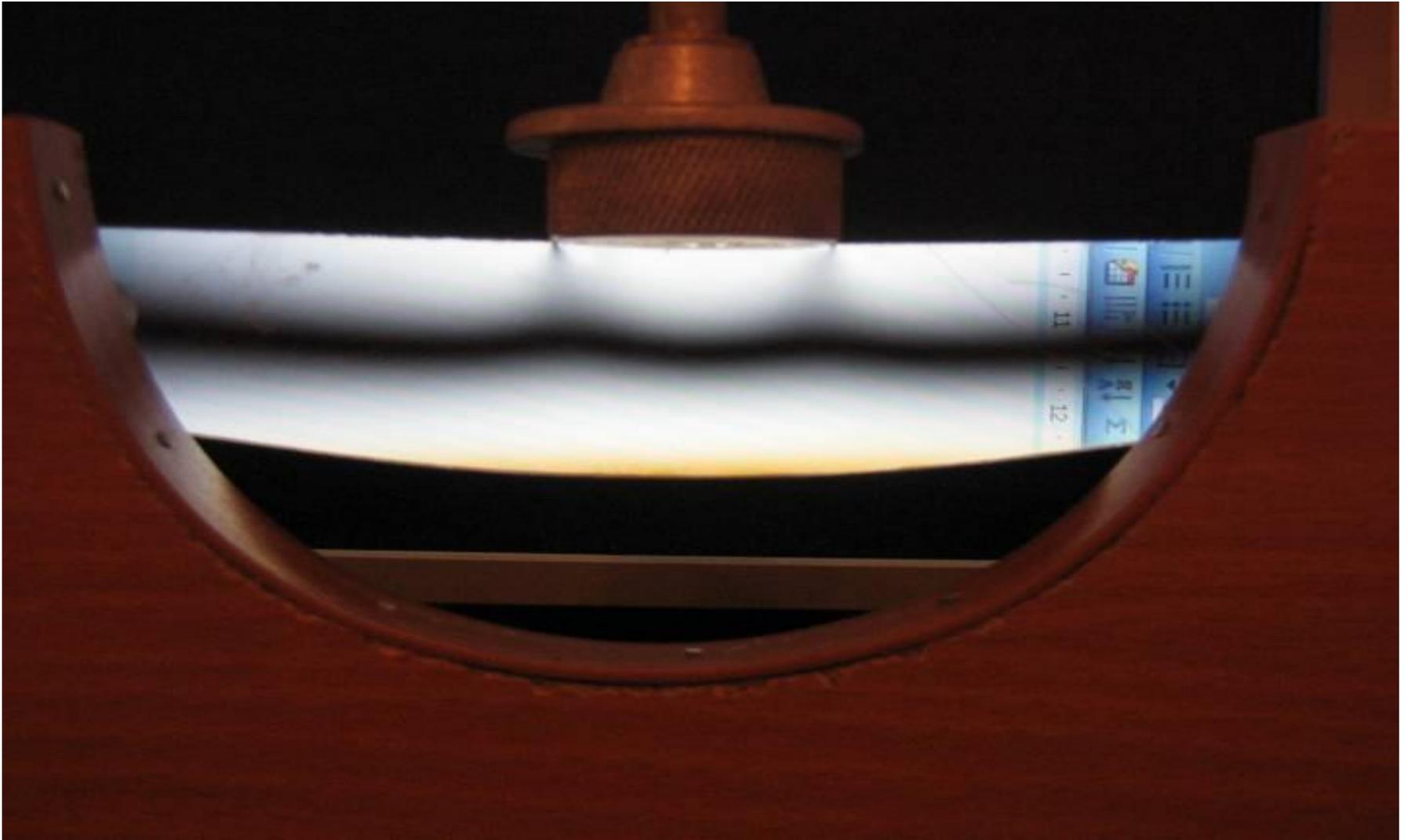


***Видно как растёт внутреннее напряжение
в пластине.***

Попробуем повернуть пластину на 180°



Немного увеличим давление



***Сразу возникает внутреннее
напряжение!***

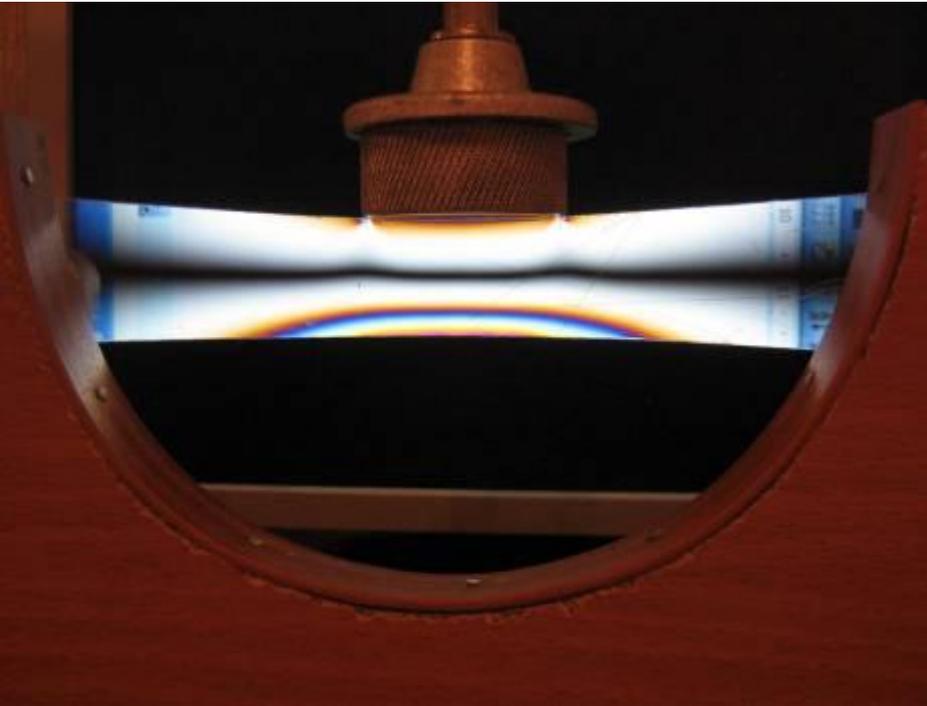
Увеличиваем давление



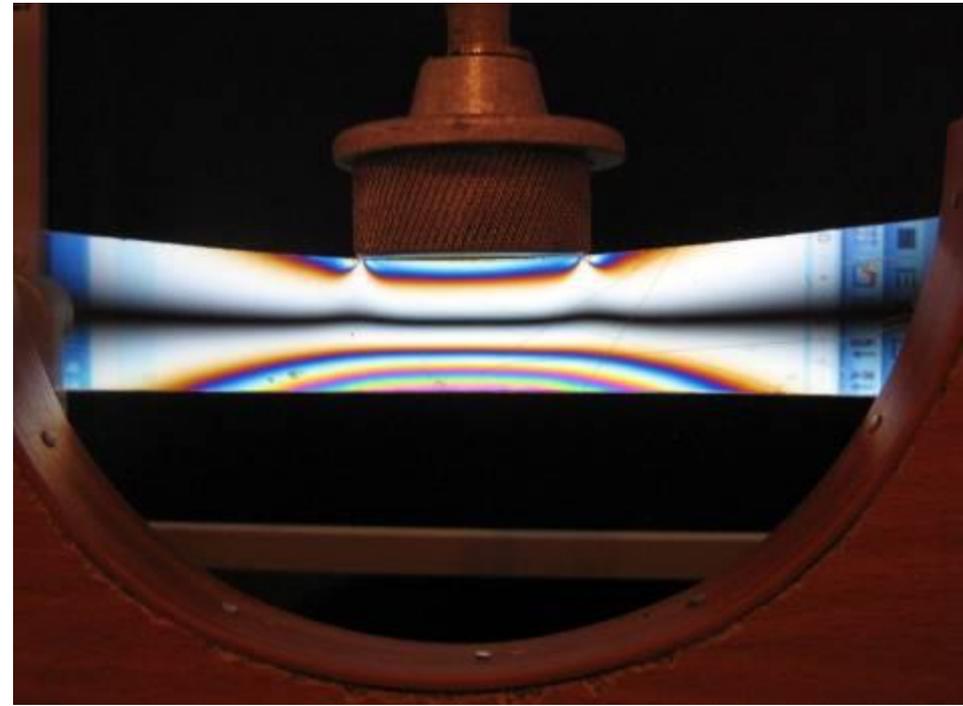
Рост напряжения в пластине гораздо более заметен по сравнению с предыдущим опытом.

Испытаем и другие пластины:

Вид пластины при одинаковом давлении сверху

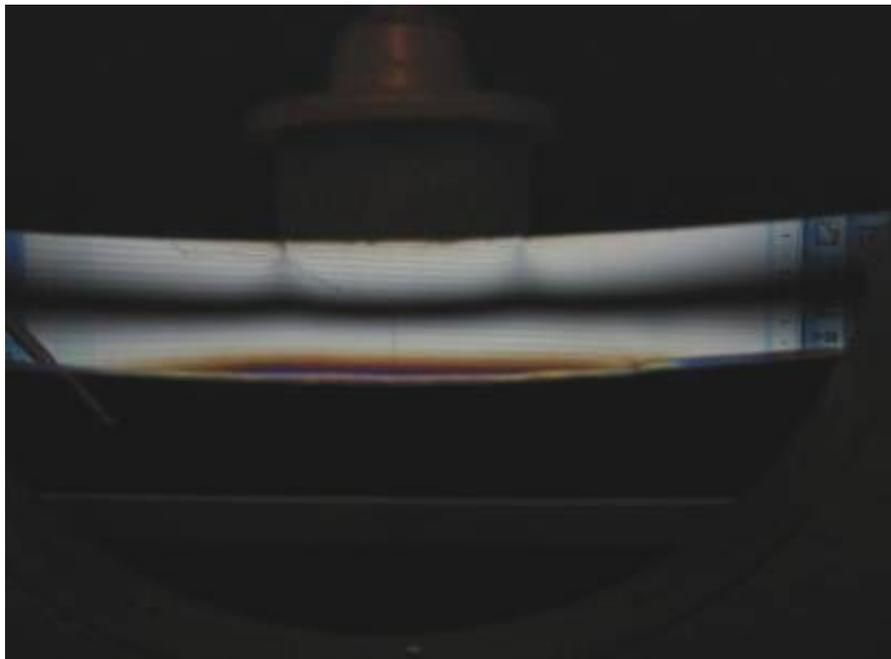


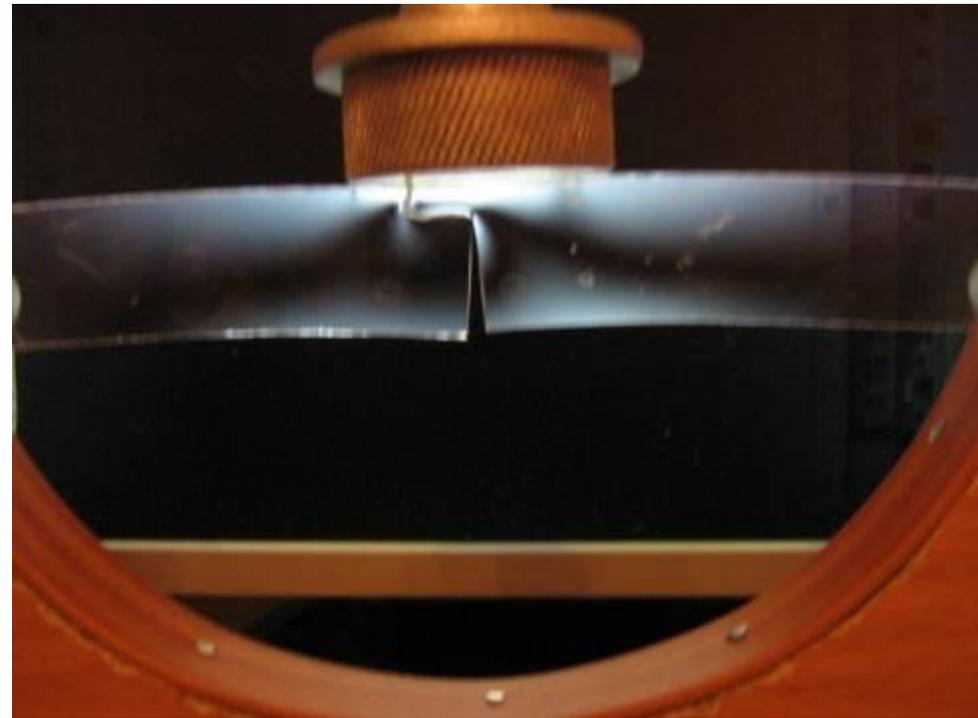
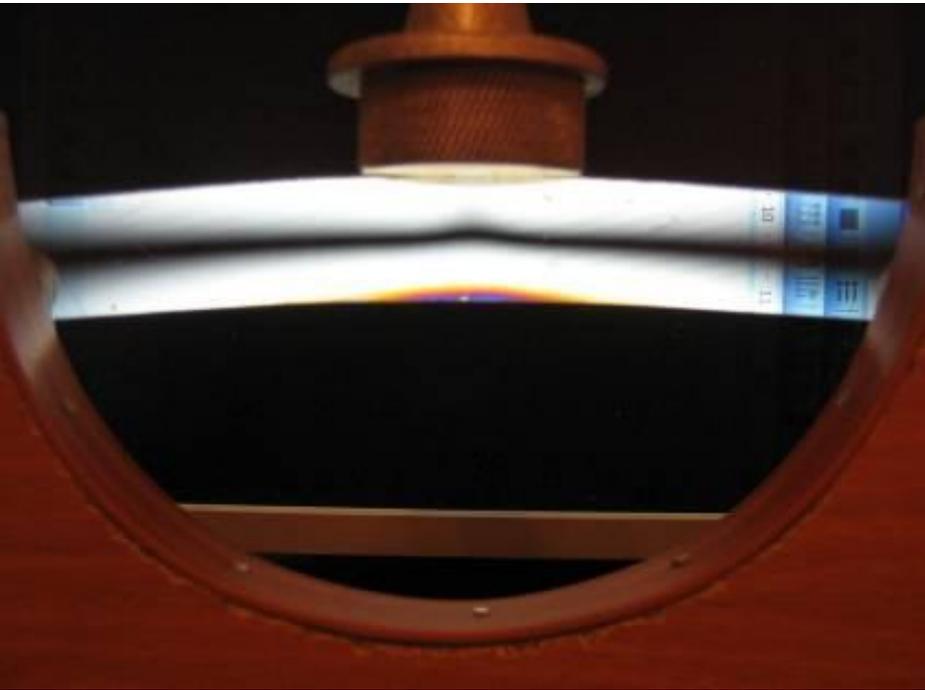
***Пластина
«вогнутостью» вниз.***



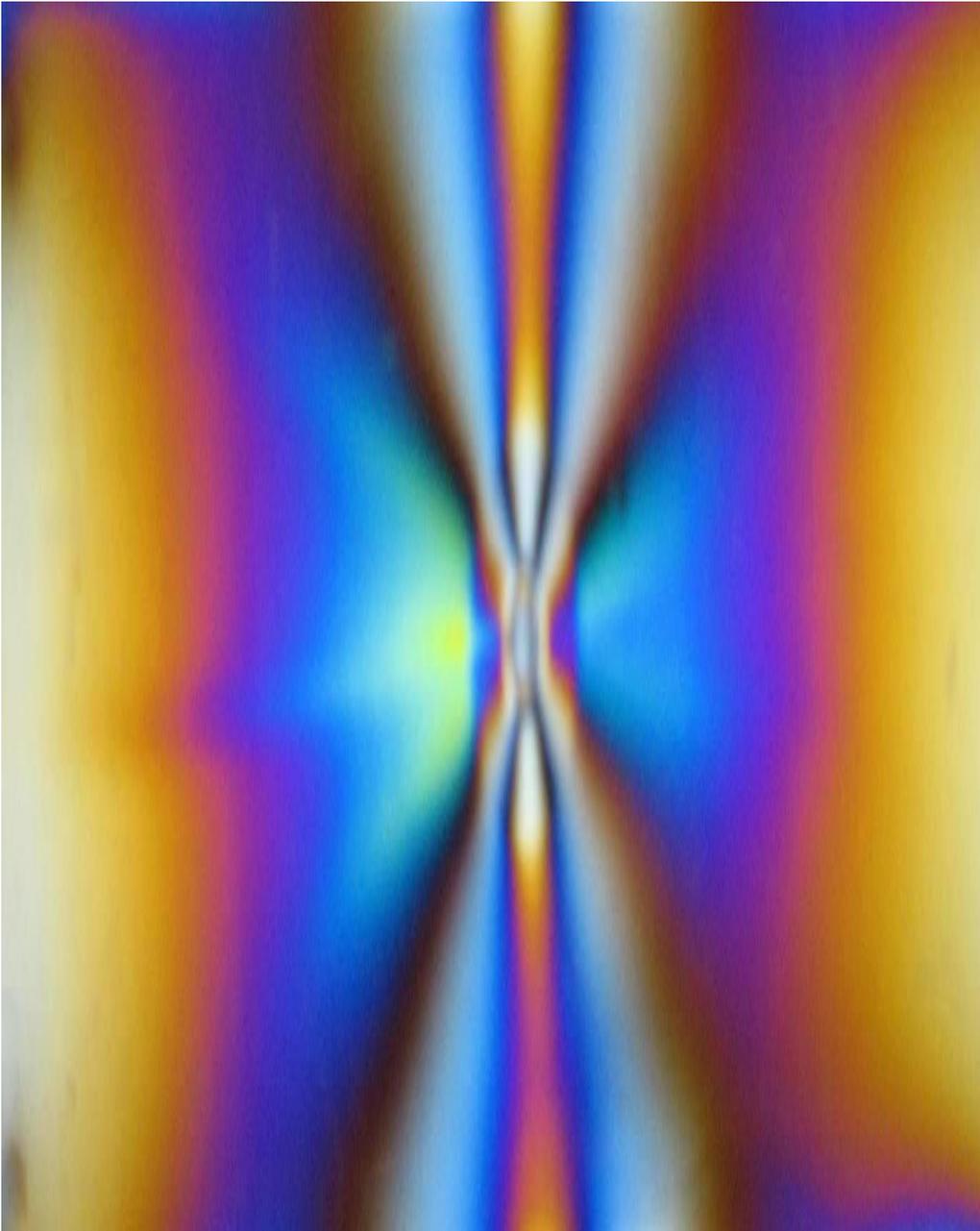
***Пластина
«вогнутостью» вверх***

Пластина прямоугольного вида

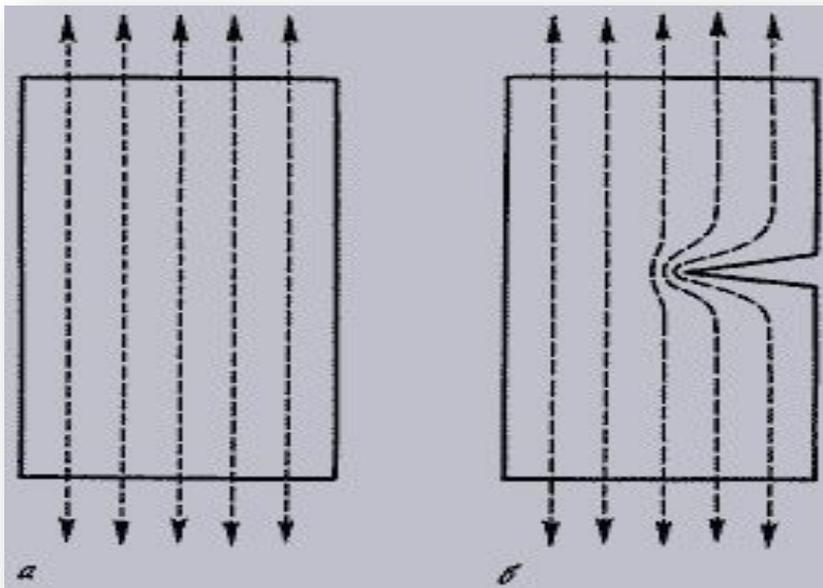




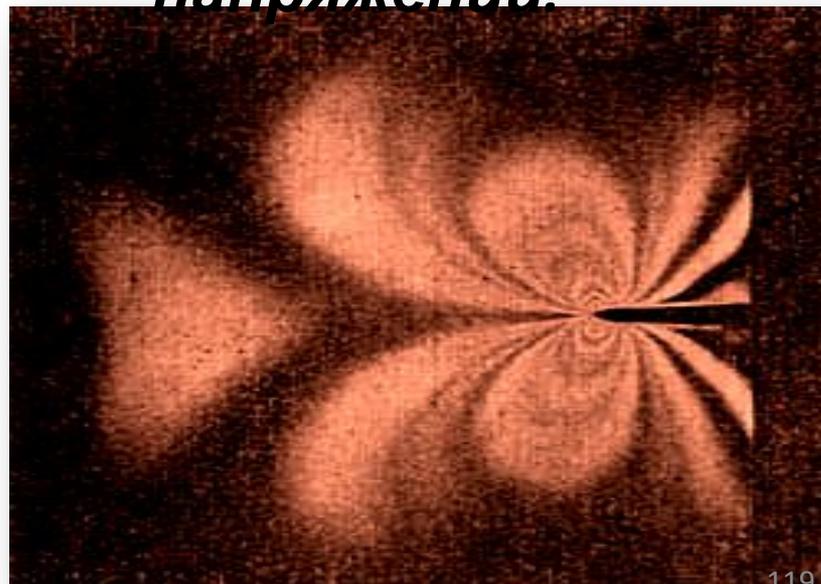
**С помощью
поляризации можно
предугадать как
поведет себя
конструкция,
какова будет ее
прочность.**



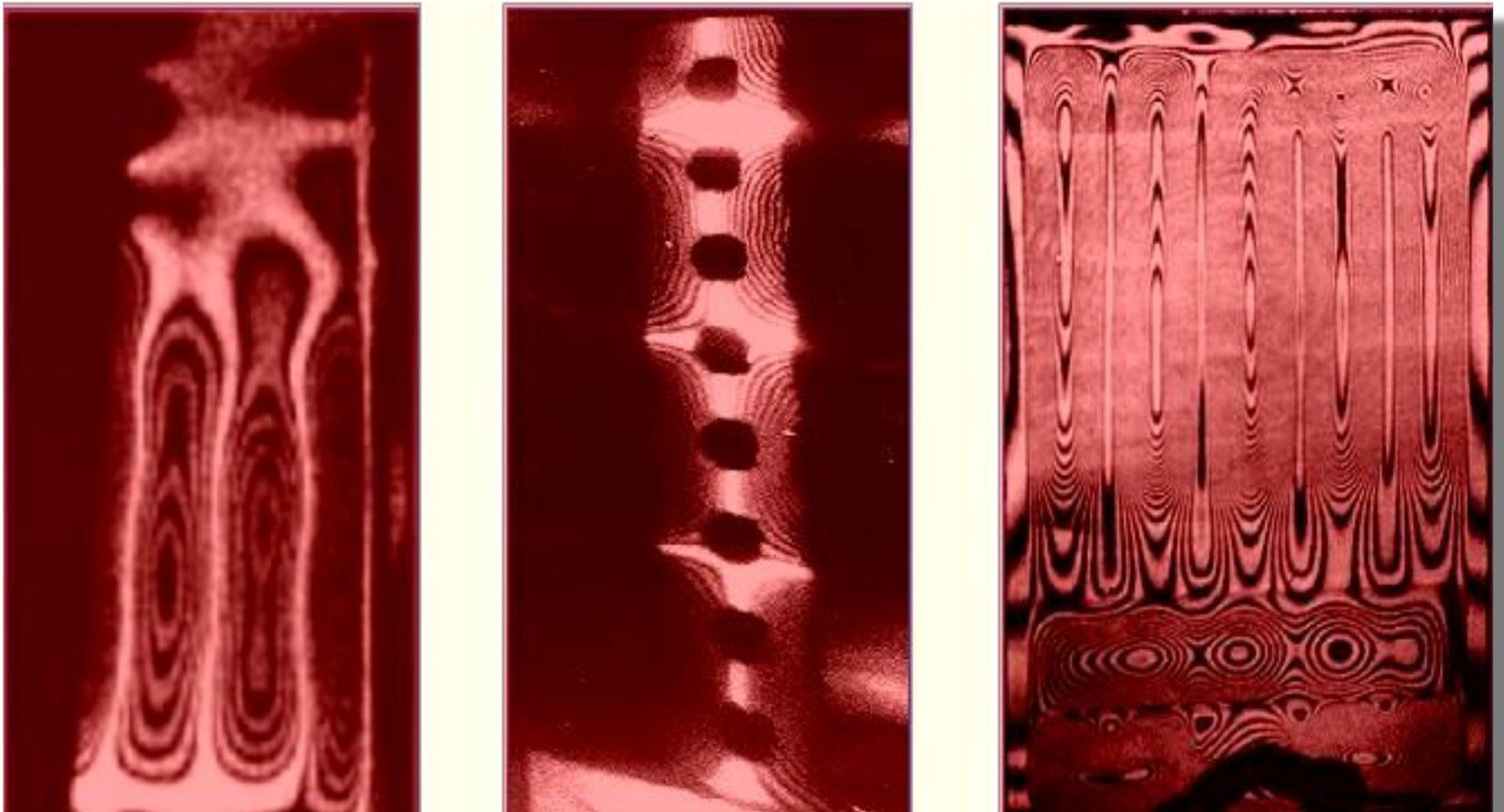
**Картина напряжений в
равномерно растянутом
бруске, не содержащем
трещины (а)
и содержащем ее (б).**



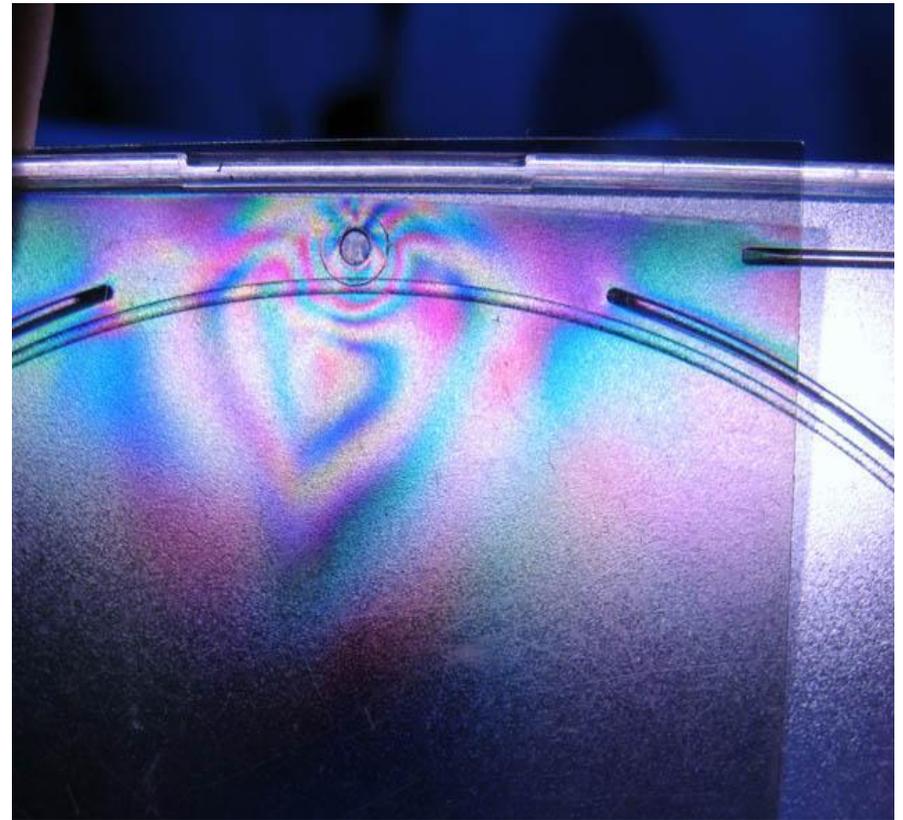
**Концентрация напряжений у
кончика трещины.
Распределение касательных
напряжения в прозрачном
материале визуализируется
в поляризованном свете,
полосы на фотографии
представляют собой линии
равных касательных
напряжений.**

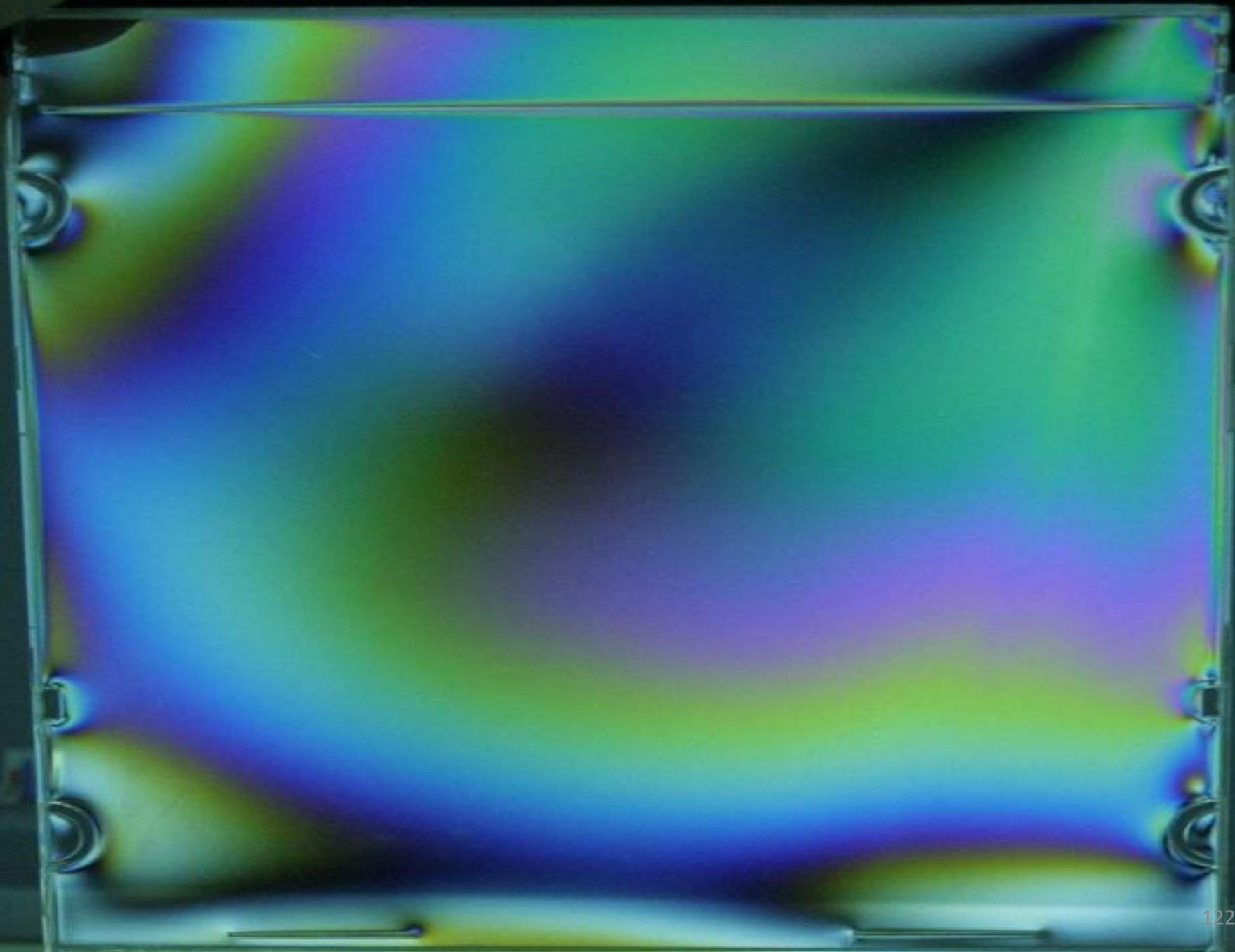


Интерференция в поляризованном свете дает возможность определять участки деталей на которых возникают наибольшие внутренние напряжения.



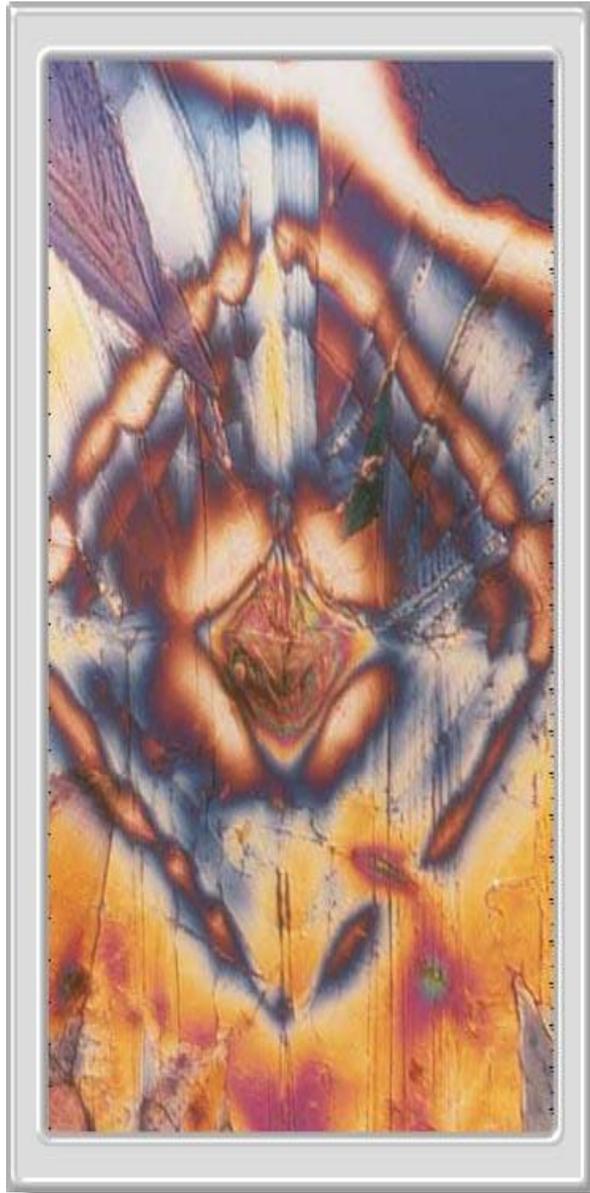
**Фотографии изделия, находящегося под
нагрузкой,
в обычном и поляризованном свете.**



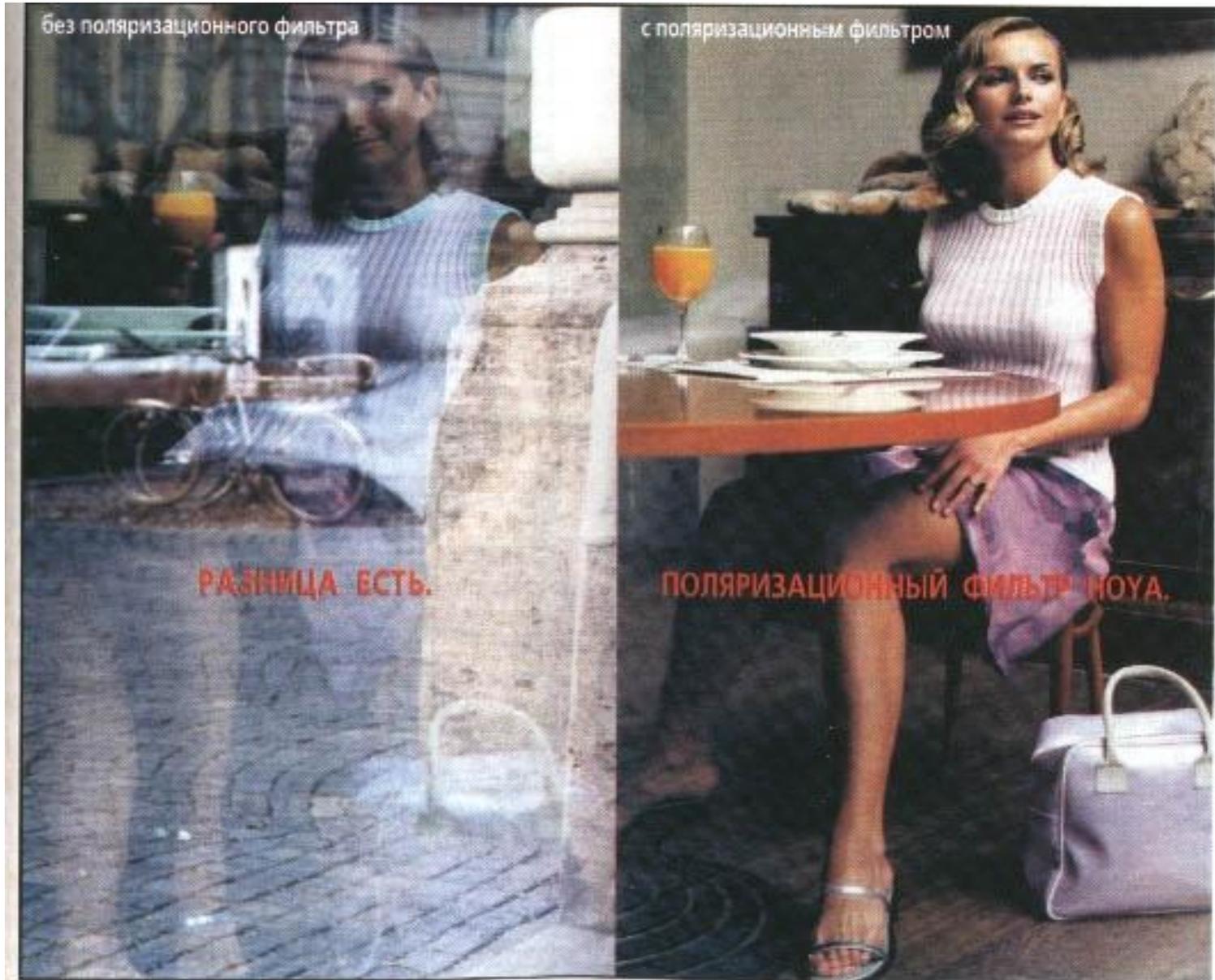


**Фотографии растущих кристаллов,
сделанные с помощью поляризационного
микроскопа.**





Поляризационные светофильтры



Применение поляризованного света

Поляризационные светофильтры



улучшают цветовое
восприятие



защищают глаза
от яркого света



увеличивают контраст



устраняют блики

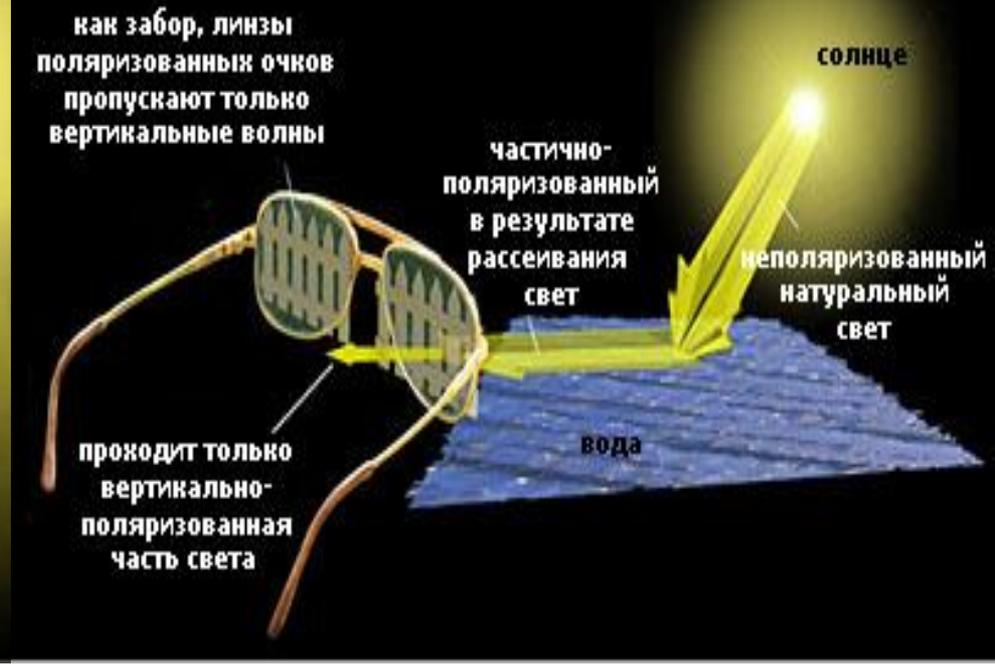
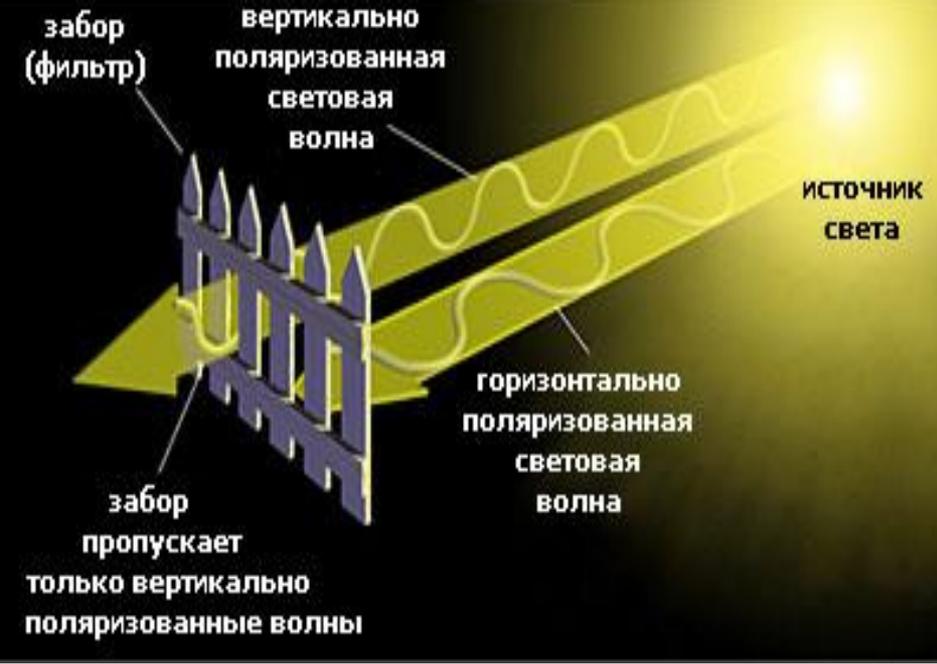
Поляризационные светофильтры



Основными источниками поляризованного света в окружающей нас среде являются такие яркие горизонтальные поверхности как водная гладь, мокрый асфальт, снег, лед, стеклянные поверхности. По характеру воздействия на глаз или фотоплёнку плоскополяризованный свет ничем не отличается от неполяризованного.



Блики могут неожиданно возникнуть на дороге, заставляя водителей врасплох, особенно на мокрой дороге весной или осенью, когда солнце находится низко над горизонтом



Поляризационные очки



