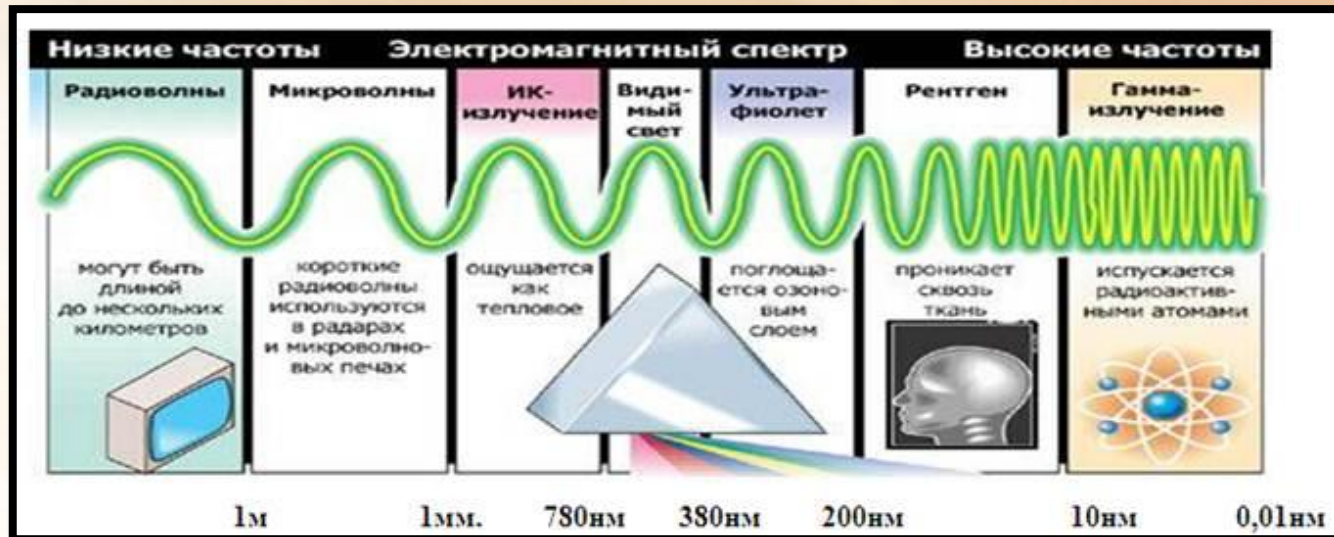
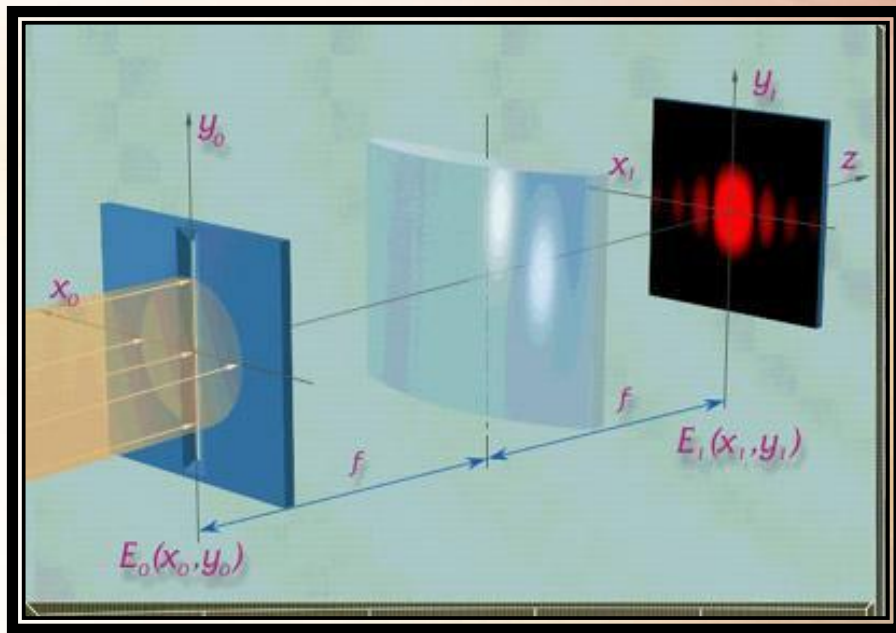


Поляризация света



Свет – это поперечная электромагнитная волна, которая лежит в диапазоне длин волн от 380 нм до 780 нм





Но интерференция и дифракция
не доказывают поперечность
световых волн.

Как же опытным путем можно
доказать, что свет является
поперечной волной?

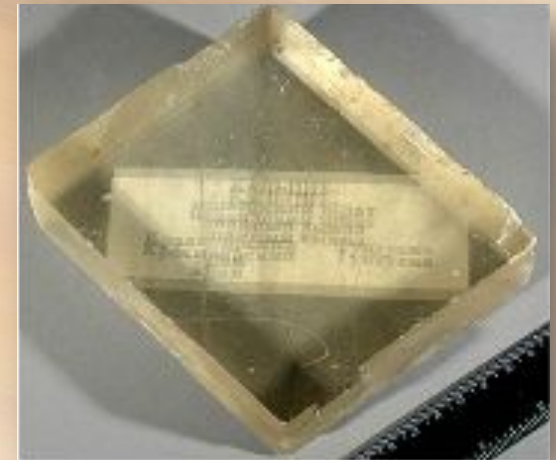
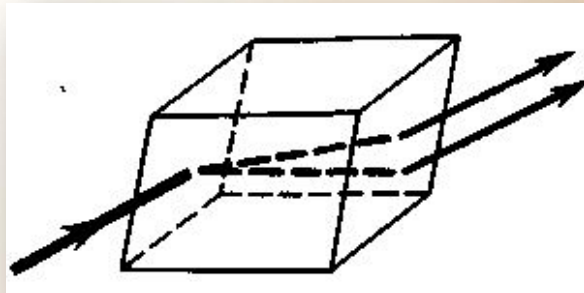




Эразм Бартолин
(1625 - 1698)

В 1669 г. датский учёный Эразм Бартолин сообщил о своих опытах с кристаллами известкового шпата (CaCO_3), чаще всего имеющими форму правильного ромбоэдра, которые привозили возвращающиеся из Исландии моряки. Он с удивлением обнаружил, что луч света при прохождении сквозь кристалл расщепляется на два луча.

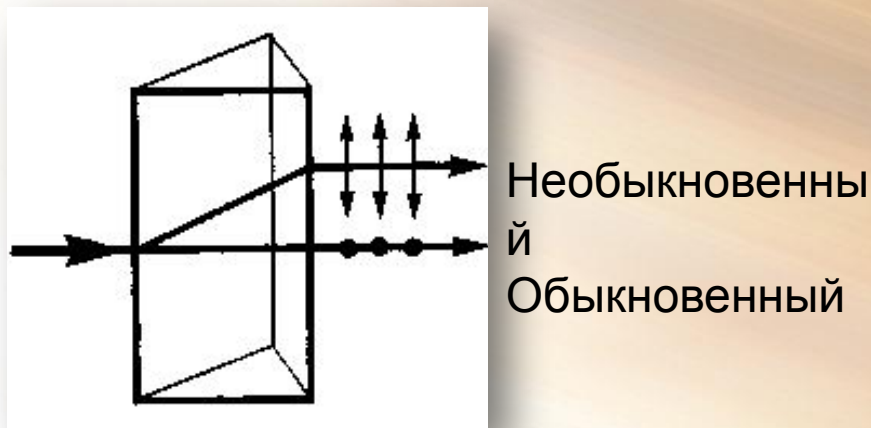
Если на толстый кристалл исландского шпата направить узкий пучок света, то из кристалла выйдут два пространственно разделенных луча, параллельных друг другу и падающему лучу.



ДВОЙНОЕ ЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЕ

Даже в том случае, когда первичный пучок падает на кристалл нормально, преломленный пучок разделяется на два, причем один из них является продолжением первичного, а второй отклоняется.

Второй из этих лучей получил название необыкновенного, а первый - обыкновенного.



Любая прямая, проходящая параллельно данному направлению, является оптической осью кристалла.

В кристалле исландского шпата имеется единственное направление, вдоль которого двойное лучепреломление не наблюдается. Направление в оптически анизотропном кристалле, по которому луч света распространяется, не испытывая двойного лучепреломления, называется оптической осью кристалла. В зависимости от типа их симметрии бывают одноосные и двуосные.



Этьен Луи Малюс
(1775 — 1812)

В 1808 г. французский физик Этьен Луи Малюс сформулировал смысл явления поляризации света - выделение из естественного света лучей, имеющих упорядоченную структуру.



Джеймс Клерк Максвелл
(1831 — 1879)

В 1860—1865 Максвелл создал теорию электромагнитного поля, из которой следовало существование электромагнитных волн. Если считать естественный свет потоком огромного количества разных электромагнитных волн, то:

Поляризация - выделение из естественного света электромагнитных волн с ориентированными в одной плоскости колебаниями вектора напряженности.

ОПЫТЫ С ТУРМАЛИНОМ

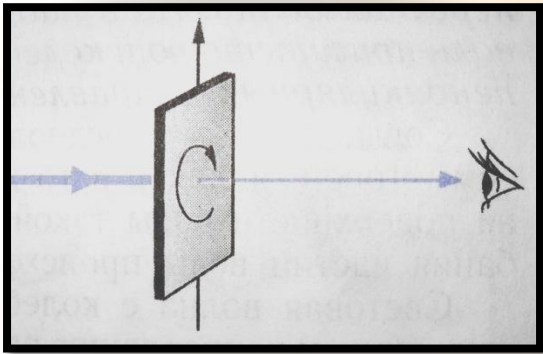


Кристалл турмалина имеет ось симметрии и принадлежит к числу одноосных кристаллов. Возьмем прямоугольную пластину турмалина, вырезанную таким образом, чтобы одна из ее граней была параллельна оси кристалла.

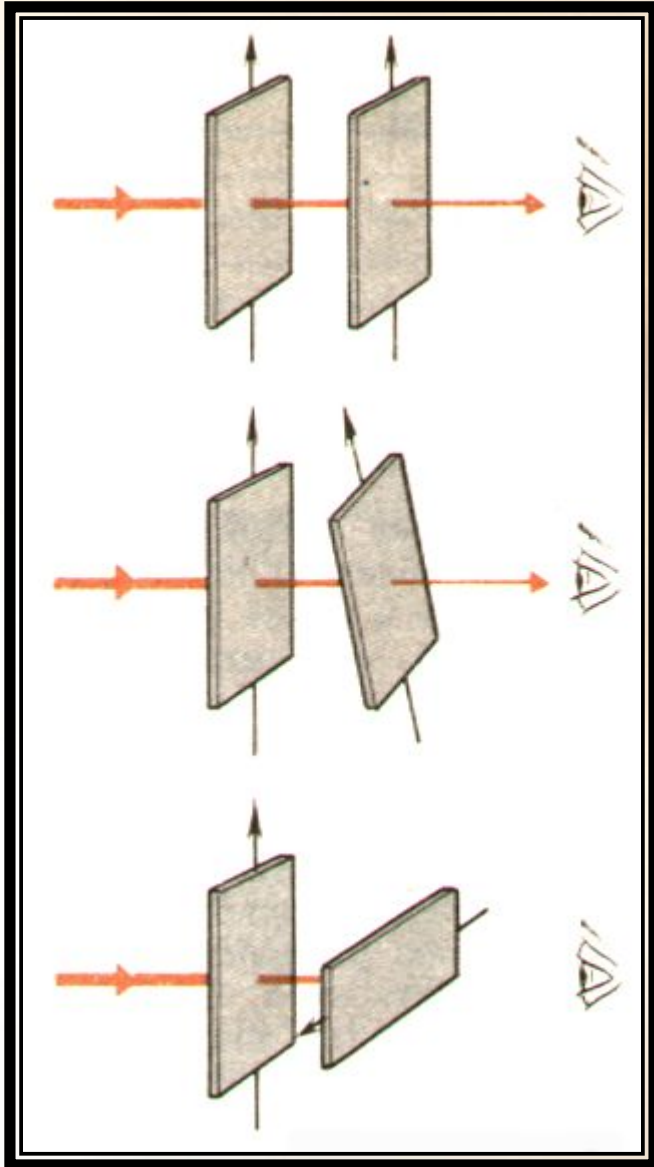
Если направить нормально на такую пластину пучок света, то вращение пластины вокруг пучка никакого изменения света, прошедшего через него, не вызовет.

На первый взгляд может показаться, что свет частично поглотился в кристалле и больше ничего не произошло.

Однако световая волна приобрела новые свойства.



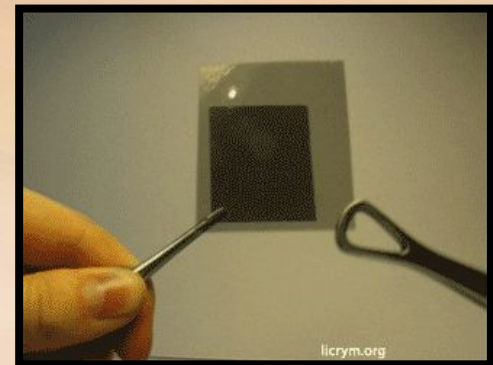
ОПЫТЫ С ТУРМАЛИНОМ



Эти новые свойства обнаруживаются, если пучок заставить пройти через второй точно такой же кристалл турмалина, параллельный первому. При одинаково направленных осях кристалла ничего, кроме ослабления пучка не происходит.

Если второй кристалл вращать, оставляя первый неподвижным, то обнаружится **явление гашения света**.

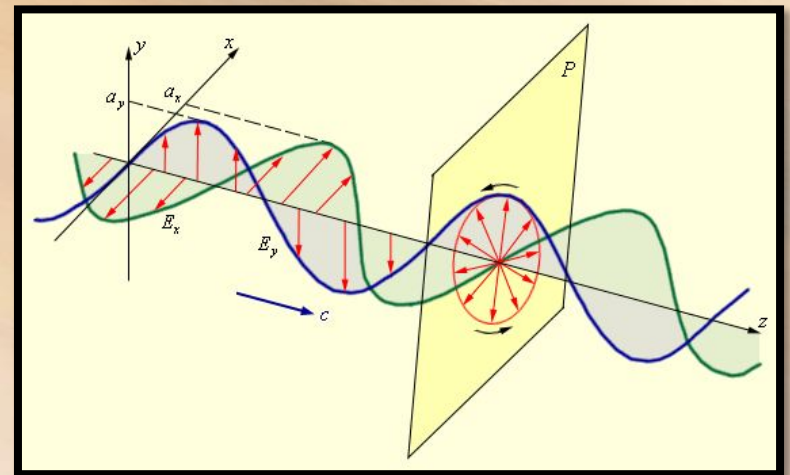
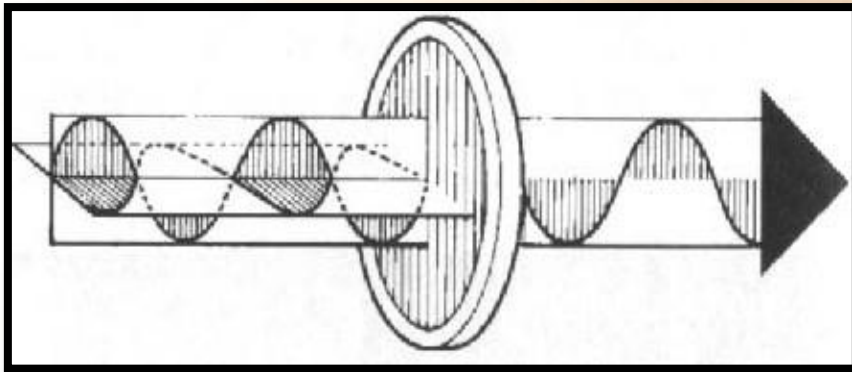
По мере увеличения угла между осями интенсивность света **уменьшается**. Когда оси перпендикулярны друг другу, **свет не проходит совсем**.



СЛЕДСТВИЯ

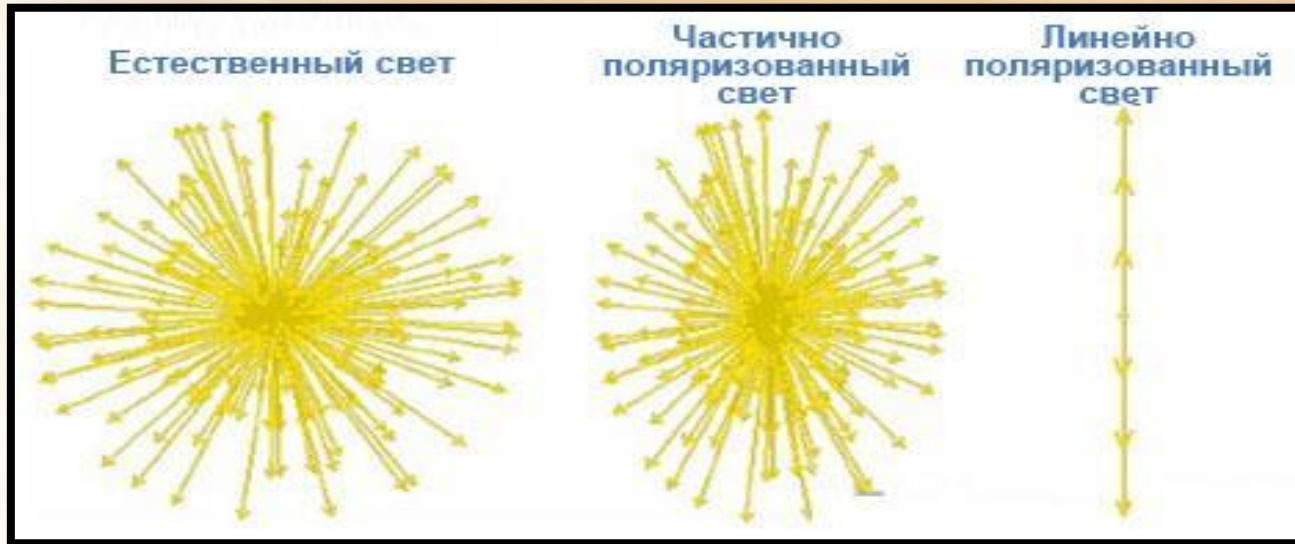
Из описанных выше опытов следует два факта:

- 1) Световая волна, идущая от источника света, полностью симметрична относительно направления распространения (при вращении кристалла вокруг луча в первом опыте не менялась).
- 2) Волна, вышедшая из первого кристалла, не обладает осевой симметрией.



Вывод 1

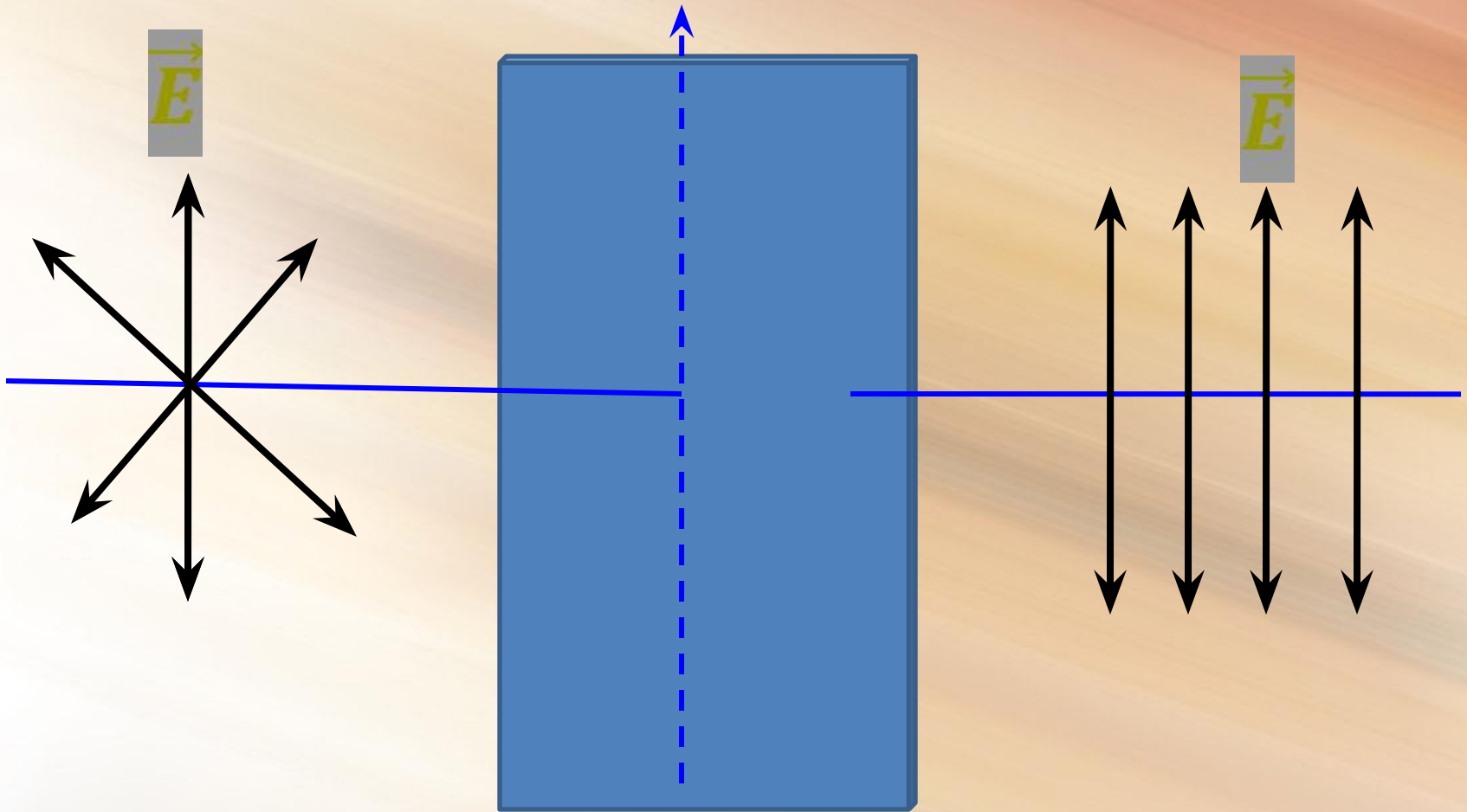
Источники света(Солнце, фонари) испускают свет, в котором световые колебания происходят симметрично по всем направлениям.



Свет, в котором световые колебания происходят по всем направлениям, называется естественным светом.

Вывод 2

Кристалл турмалина пропускает только те световые колебания, которые происходят параллельно оси симметрии кристалла



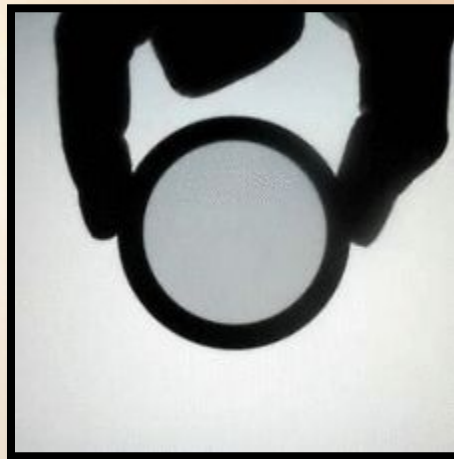
Свет, в котором световые колебания происходят только в одном направлении, называется поляризованным светом.

ОБЪЯСНЕНИЯ

Свет – поперечная волна. Но в падающем от обычного источника пучке волн присутствуют колебания всевозможных направлений, перпендикулярных направлению распространения волн.

Согласно этому световая волна обладает осевой симметрией, являясь в то же время поперечной.

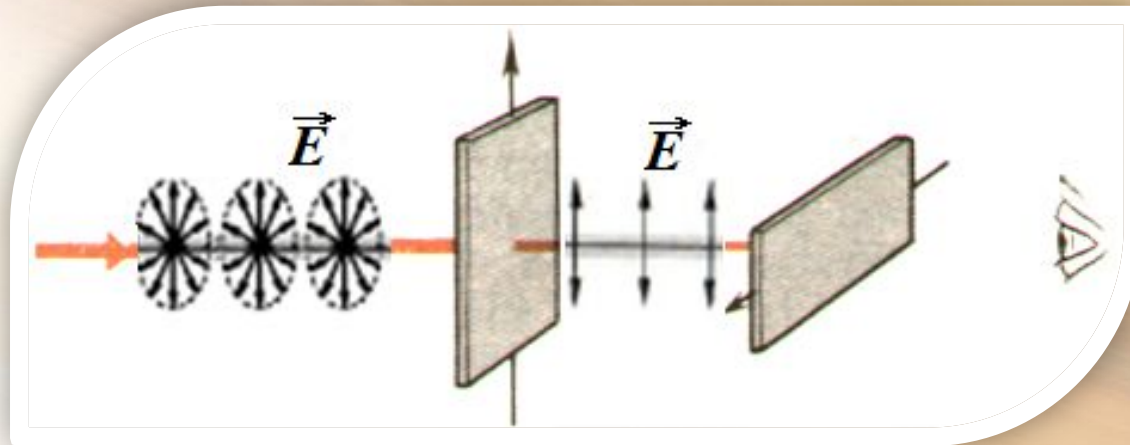
Кристалл турмалина обладает способностью пропускать световые волны с колебаниями, лежащими в одной определенной плоскости.



Световые волны с колебаниями, лежащими в одной определенной плоскости называются плоскополяризованными.

Из первого кристалла выходит плоскополяризованная волна.

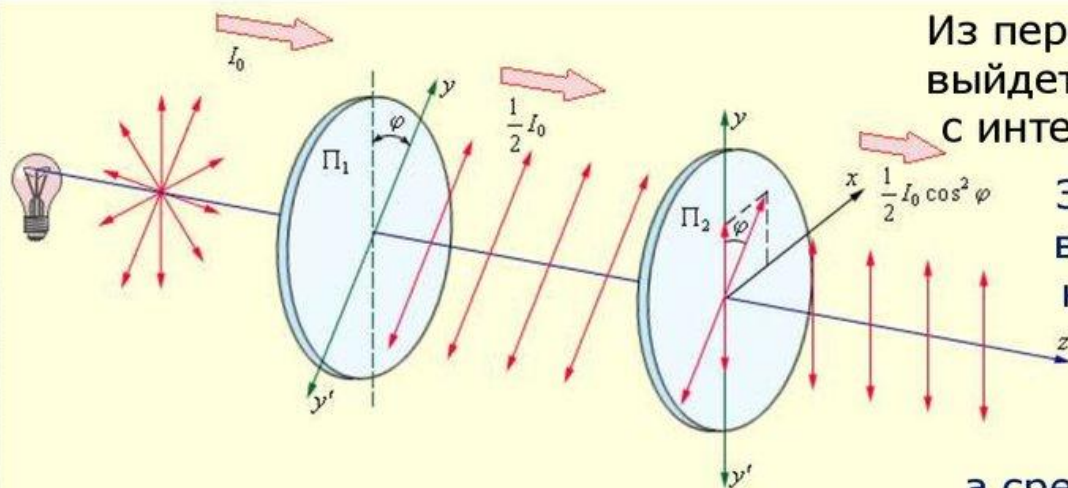
При скрещенных кристаллах (угол между осями 90°) она не проходит сквозь второй кристалл.



Если оси кристаллов составляют между собой некоторый угол, отличный от 90° , то проходят колебания, амплитуда которых равна проекции амплитуды волны, прошедшей через первый кристалл, на направление оси второго кристалла.

10. ЗАКОН МАЛЮСА (II)

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



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

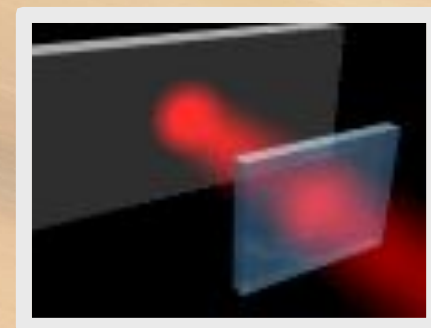
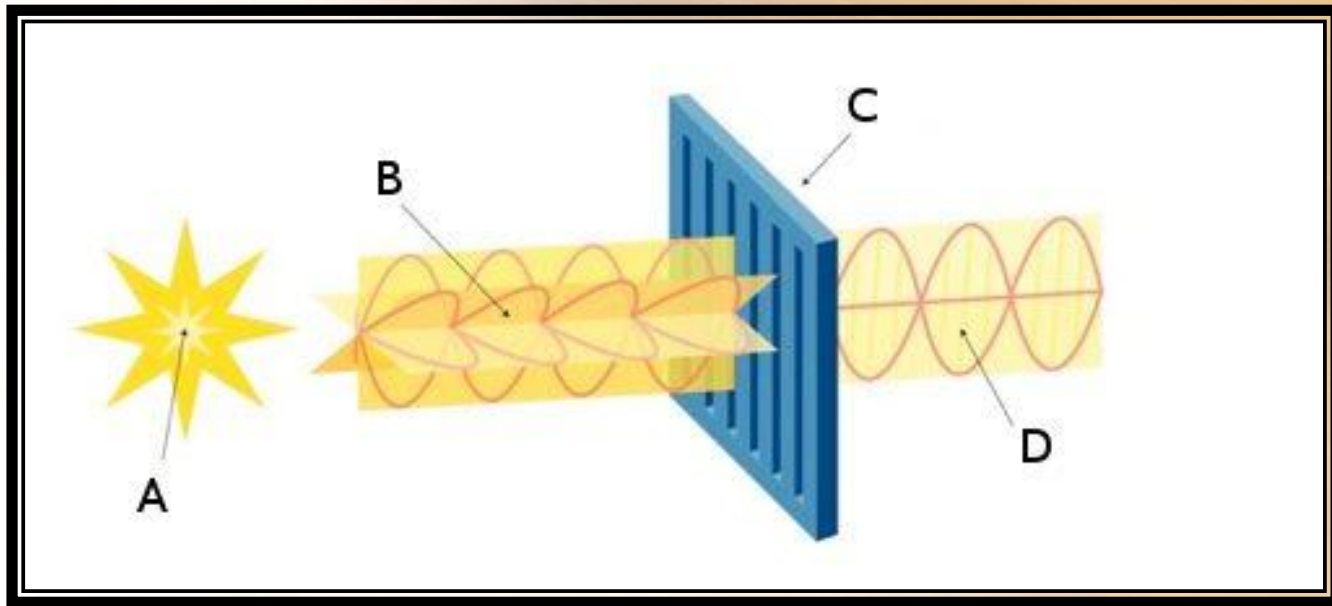
Это объясняется тем, что в естественном свете все направления колебаний z перпендикулярные оси поляризатора равновероятны, а среднее значение квадрата косинуса равно одной второй.

По закону Малюса из второго поляризатора выйдет свет интенсивностью

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

Что же такое поляризатор?

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



(Поляризатор - пластина по середине)

Способы поляризации света

Поляризационные линзы

Поляроиды

Отражение
света от
границы
двух
диэлектрико
в

Поляризационный
микроскоп

Поляризационные очки

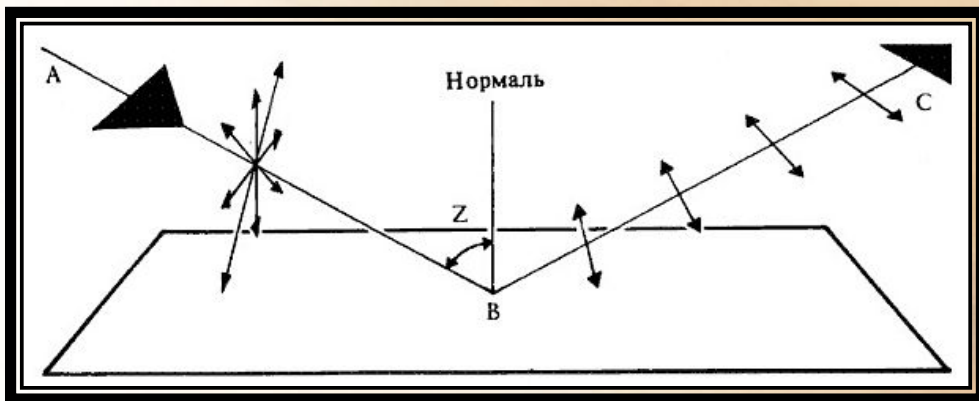
Преломление
света на
границе двух
диэлектриков

Поляризующие
светофильтры

Поляризующие очки

Прохождение
света через
поляроиды

Поляризация света при отражении от границы двух диэлектриков



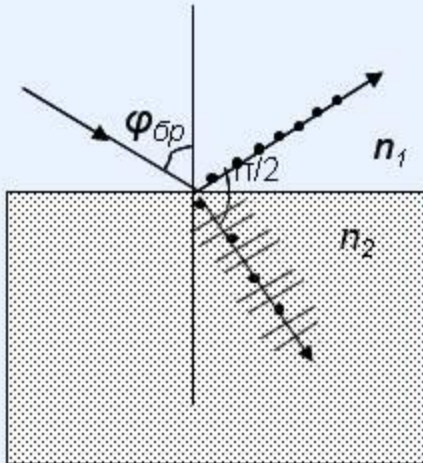
Степень поляризации зависит от угла падения световых лучей, при некотором угле падения (угол Брюстера) отраженный луч полностью поляризуется.

Хорошо поляризуют свет стекла, поверхность воды, асфальт.

Металлы свет не поляризуют!

Угол Брюстера

Степень поляризации зависит от угла падения лучей и показателей преломления диэлектрика.



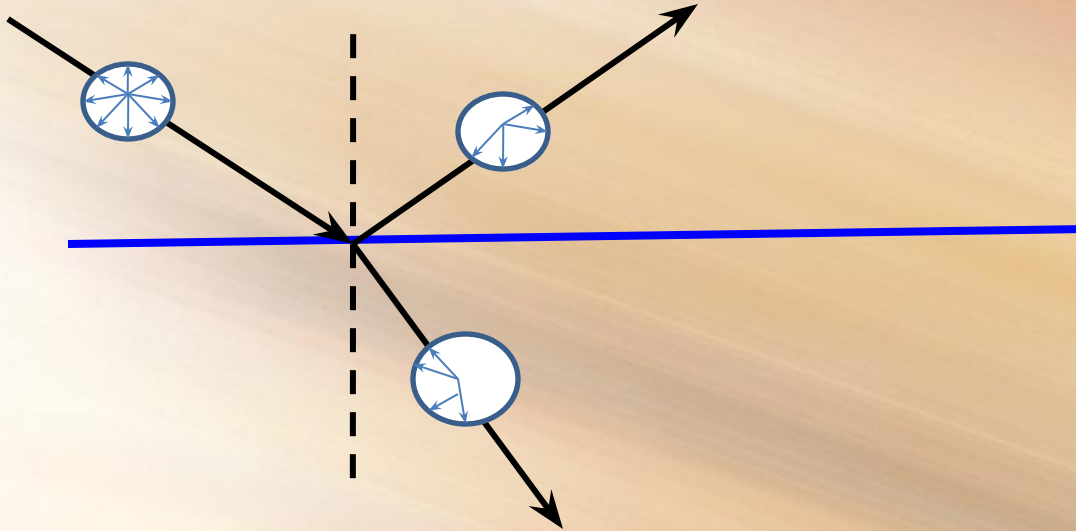
Угол Брюстера – угол падения естественного света на границу раздела двух диэлектриков, при котором **отраженный луч является плоскополяризованным** (содержит только колебания перпендикулярные плоскости падения).

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{бр}} = n_{21}$$

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

Для преломленного луча $P \sim 15\%$

Поляризация света при преломлении от границы двух диэлектриков



Преломленный луч поляризуется только частично, но пропуская свет последовательно через несколько прозрачных плоскопараллельных пластин можно достичь значительной поляризации света.

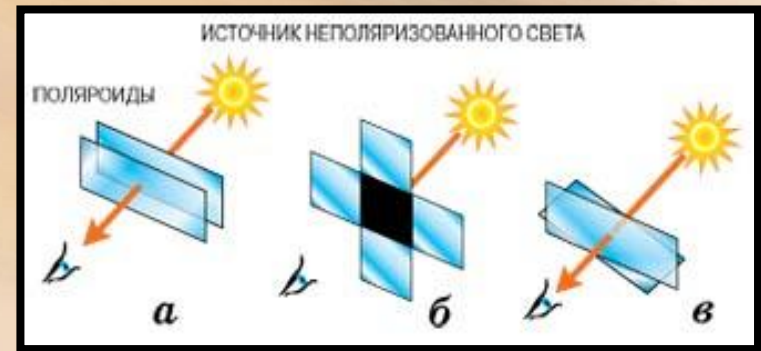
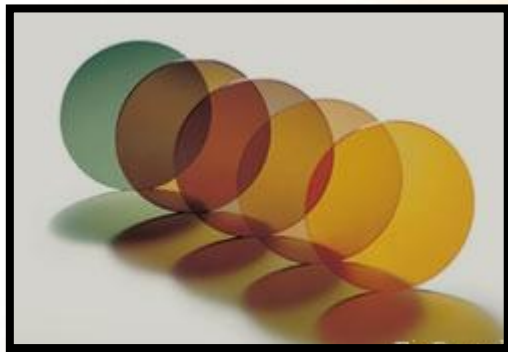
Для видимой области спектра пластины делают из оптического стекла очень малой толщины, чтобы уменьшить потери света путем поглощения.

Полную поляризацию света дают 16 стеклянных пластин с показателем преломления $n = 1,5$.

Поляризация света с помощью поляроидов

Некоторые кристаллы (исландский шпат, турмалин) пропускают световые колебания только определенного направления.

В настоящее время для поляризации света применяются поляроиды. Поляроиды представляют собой стеклянные пластинки, в которые вкраплены большое количество одинаково ориентированных кристалликов турмалина.



ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ

❖ Выделение волн с заданной плоскостью колебаний вектора E .

Гашение бликов отраженного света

❖ Вращение плоскости поляризации в напряженных элементах прозрачных тел

Например, определение концентрации раствора сахара при его производстве по углу поворота плоскости поляризации света, прошедшего через струю раствора.

❖ Вращение плоскости поляризации некоторыми веществами - при анализе состава растворов и расплавов

❖ Зависимость ориентации плоскости поляризации разного цвета волн от особенностей кристаллической структуры твердого тела

По двойному лучепреломлению можно изучать структуру сложных кристаллов

Поляризационные микроскопы

В основе принципа действия поляризационных микроскопов лежит получение изображения исследуемого объекта при его облучении поляризационными лучами, которые в свою очередь должны быть сгенерированы из обычного света с помощью специального прибора — поляризатора.



Солнцезащитные поляризационные очки

Поляризационные очки защищают глаза от ослепляющих бликов, которые представляют собой отраженный от различных поверхностей свет. Световые лучи отражаются от дорожного полотна, лежащего на земле снега, от водной поверхности, от стен и крыш домов. Эти отраженные световые лучи образуют блики. Блики ухудшают качество зрения, мешают видеть детали, яркие блики ослепляют.

Отражение тем сильнее, чем выше отражающая способность поверхности. Ослепление водителя в этих ситуациях увеличивает риск возникновения аварийной ситуации на дороге.

Солнцезащитные поляризационные очки обладают способностью блокировать отраженные световые лучи и таким образом улучшают качество зрения, повышают контраст изображения, увеличивают зрительный комфорт в целом.

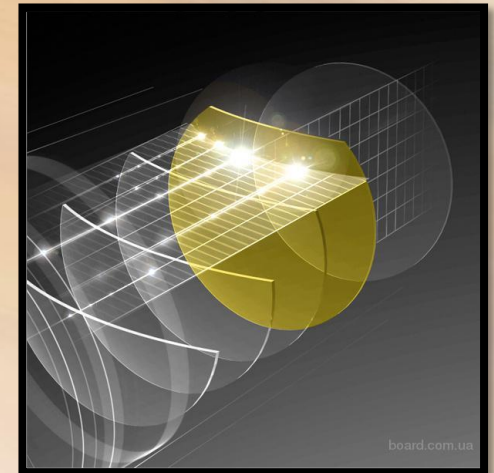


Устройство поляризационных очков

В поляризационных очках установлены специальные поляризационные очковые линзы, обладающие способностью блокировать отраженный от горизонтальных поверхностей солнечный свет.

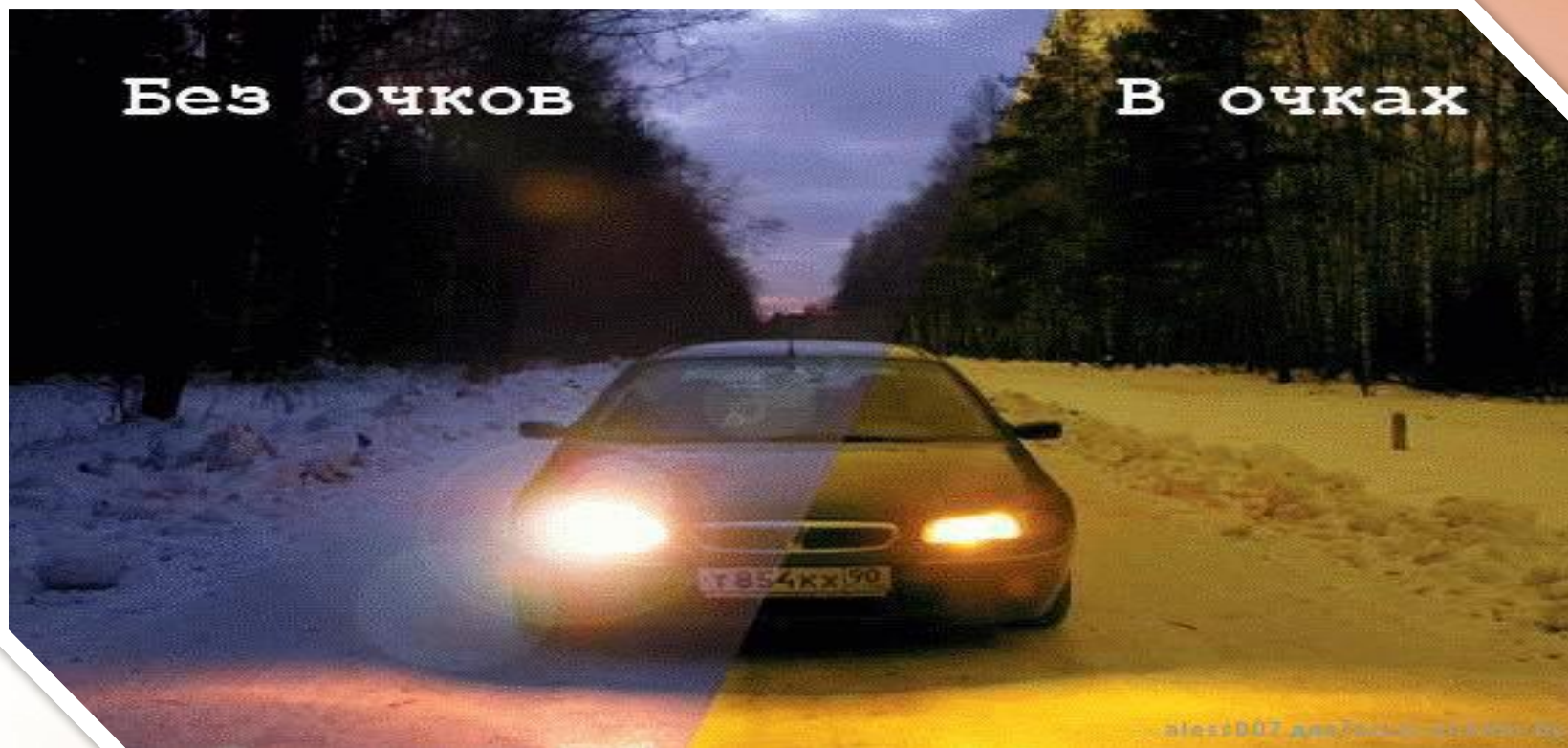
Поляризационные линзы обычно представляют собой многослойную конструкцию, внутри которой находится прозрачная поляризационная пленка. Поляризационная пленка установлена в линзы так, что она пропускает свет, имеющий только вертикальную поляризацию. Световые лучи, отраженные от горизонтальных поверхностей (заснеженного поля, водной поверхности и др.), имеют, наоборот, горизонтальную поляризацию и поэтому не проходят через поляризационные линзы.

В то же время лучи, исходящие от других объектов, неполяризованные и поэтому проходят через поляризационные линзы и формируют четкое изображение на сетчатке глаза.



Без очков

В очках



Обычные солнцезащитные очки просто затемняют видимую среду, не защищают от бликов. Очки с поляризационными линзами препятствуют проникновению отраженного от различных предметов света, пропускают только свет, полезный для глаза человека.

Поляризационные светофильтры

Невозможно представить современную фотографию без поляризационных светофильтров. Он представляет собой пластинку из специального материала, укрепленную между двумя плоскими стеклами и поляризующую свет. Вся это система монтируется в специальной вращающейся оправе, на которой наносится метка, показывающая положение плоскости поляризации. Поляризационный светофильтр увеличивает на фотографии резкость и чистоту цвета, помогает устранить блики. За счет этого на фотографии лучше проявляется собственный цвет предметов, увеличивается насыщенность цвета.

