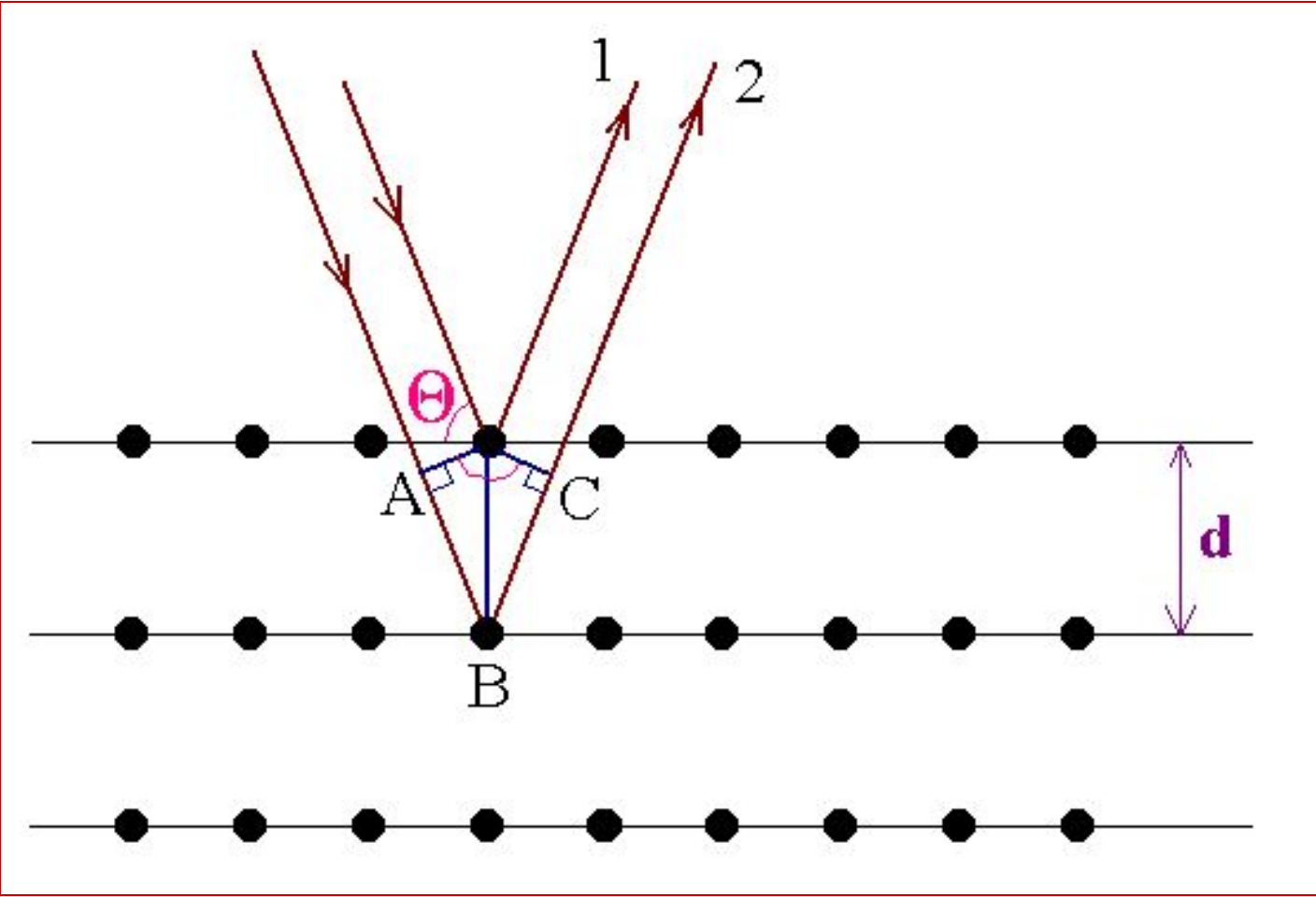


# ДИФРАКЦИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ

Русский физик Г.В.Вульф и английский У.Л.Брэгг независимо друг от друга предложили (1913) простой метод расчета дифракции рентгеновского излучения в кристаллах. Они исходили из предположения о том, что дифракцию рентгеновского излучения можно рассматривать как результат его отражения от системы параллельных **плоскостей кристалла**, в которых лежат узлы кристаллической решетки.



Абсолютный показатель преломления всех сред для рентгеновского излучения близок к единице, поэтому оптическая разность хода между двумя лучами 1 и 2, отражающимися от соседних плоскостей, равна  $\Delta = |AB| + |BC| = 2 \cdot d \cdot \sin \Theta$ , где  $d$  – межплоскостное расстояние, а  $\Theta$  - угол скольжения.

Интерференционные максимумы отражения удовлетворяют условию, называемому **условием Вульфа – Брэгга**:  $2 \cdot d \cdot \sin \Theta = k \cdot \lambda$ , где  $k = 1, 2, 3, \dots$  - порядок дифракционного максимума.

## ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА

**Поглощением света** называется явление уменьшения энергии световой волны при ее распространении в веществе, происходящее вследствие преобразования энергии электромагнитного поля волны во внутреннюю энергию вещества или в энергию вторичного излучения, имеющего другой спектральный состав и иные направления распространения. Поглощение света может вызывать нагревание вещества, возбуждение и ионизацию атомов или молекул, фотохимические реакции и другие процессы в веществе.

В XVIII в. П. Бугер (1729) экспериментально, а И. Ламберт (1760) теоретически установили **закон поглощения света**, называемый **законом Бугера — Ламберта**: интенсивность плоской волны монохроматического света уменьшается по мере прохождения через поглощающую среду по экспоненциальному закону:

$$I = I_0 \cdot e^{-\alpha x}$$

здесь  $I_0$  и  $I$  — интенсивности света на входе и выходе из слоя среды толщиной  $x$ ;  $\alpha$  — **коэффициент поглощения среды**, который зависит от химической природы, состояния поглощающей среды и от длины волны света. Эта величина обратна расстоянию, на котором интенсивность плоской монохроматической волны уменьшается в  $e = 2,718$  раза.

Зависимость коэффициента поглощения диэлектрика от длины волны, характеризующая **спектр поглощения света** в этой среде, связана с явлением резонанса при вынужденных колебаниях электронов в атомах и атомов в молекулах диэлектрика. Диэлектрики поглощают свет более или менее селективно: поглощение велико лишь в областях частот, близких к частотам собственных колебаний электронов в атомах и атомов в молекулах. Наиболее четко это явление резонансного поглощения света обнаруживается **у разреженных одноатомных газов**, для которых характерен **линейчатый спектр поглощения света**. Дискретные частоты интенсивного поглощения света совпадают с частотами собственного излучения возбужденных атомов этих газов.

**У газов с многоатомными молекулами** наблюдаются системы тесно расположенных линий, образующих **полосы поглощения**. Структура полос поглощения определяется составом и строением молекул. **Жидкие и твердые диэлектрики имеют сплошные спектры поглощения**, состоящие из сравнительно широких полос поглощения, в пределах которых коэффициент поглощения достигает значительной величины и плавно изменяется в зависимости от длины волны. Это объясняется сильным взаимодействием между частицами среды, приводящим к появлению множества дополнительных резонансных частот.

# ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА

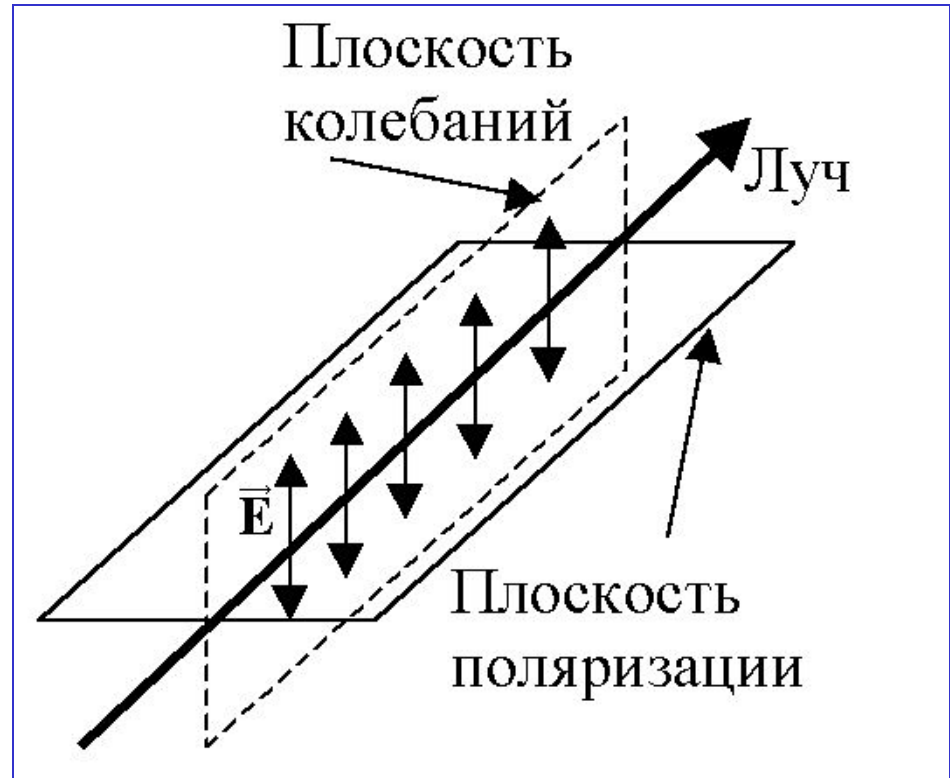
**Естественным** называется свет, у которого световой вектор колеблется беспорядочно во всех направлениях одновременно.

**Поляризованным** называется свет, в котором направления колебаний светового вектора упорядочены каким-либо образом.

**Плоско поляризованным** называется свет, в котором колебания светового вектора происходят только в одной плоскости.

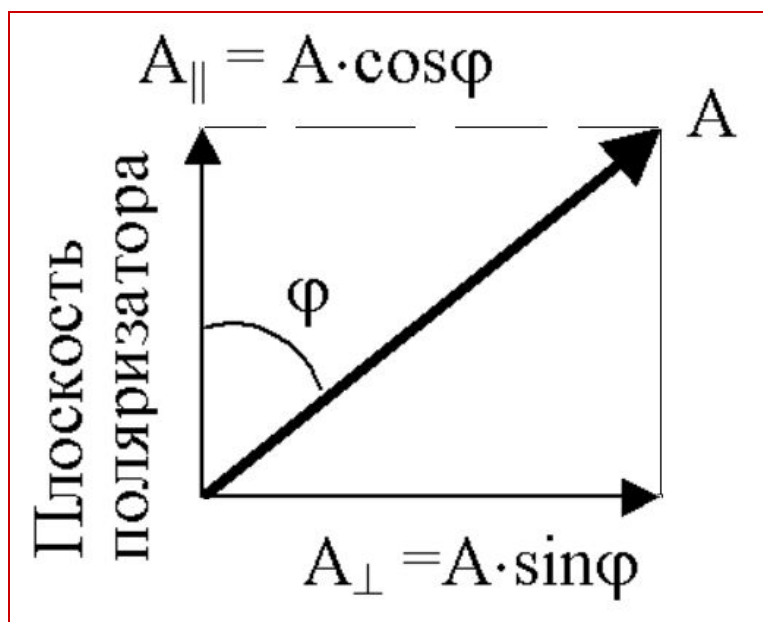


**Плоскостью колебаний** называется плоскость, в которой колеблется световой вектор, а перпендикулярная ей плоскость - **плоскостью поляризации**.



Плоско поляризованный свет можно получить из естественного с помощью приборов, называемых **поляризаторами**. Эти приборы свободно пропускают колебания, параллельные плоскости, которую будем называть **плоскостью поляризатора**, и полностью задерживают колебания, перпендикулярные этой плоскости.

Колебания амплитуды  $A$ , образующие угол  $\phi$  с плоскостью поляризатора, можно разложить на два колебания с амплитудами  $A_{\parallel} = A \cdot \cos\phi$  и  $A_{\perp} = A \cdot \sin\phi$ . Первое колебание пройдет через прибор, второе будет задержано:  $I = I_0 \cdot \cos^2\phi$ . В естественном свете все значения  $\phi$  равновероятны. Поэтому:

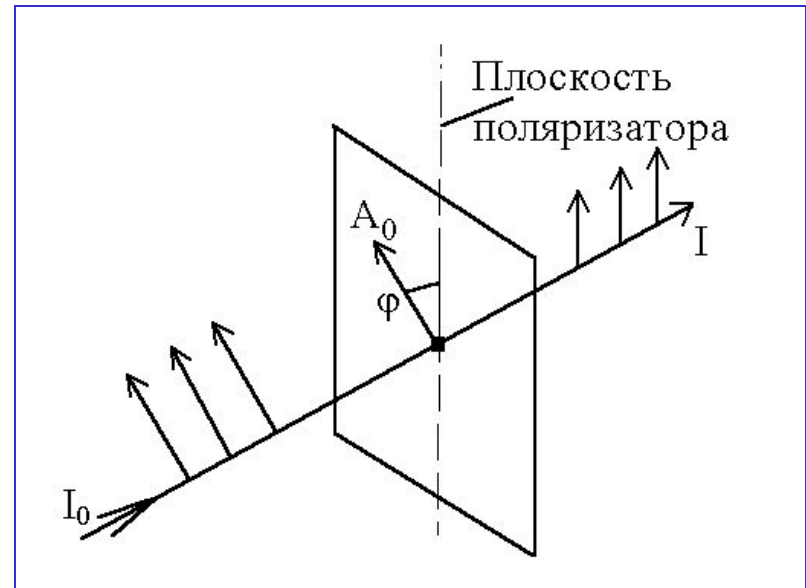
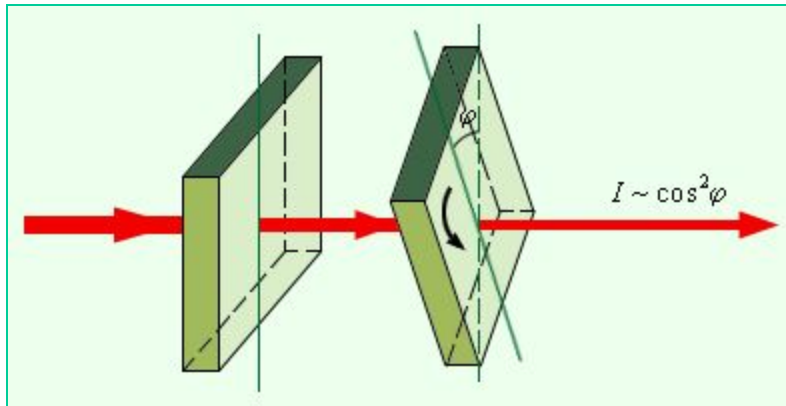


$$I = I_{\text{естеств.}} \cdot \langle \cos^2 \phi \rangle = I_{\text{естеств.}} \cdot \frac{1}{2}$$

Пусть на поляризатор падает плоско поляризованный свет амплитуды  $A_0$  и интенсивности  $I_0$ . Сквозь прибор пройдет составляющая с амплитудой  $A = A_0 \cdot \cos\phi$ , где  $\phi$  - угол между плоскостью колебаний падающего света и плоскостью поляризатора.

Следовательно:

$$I = I_0 \cdot \cos^2\phi \text{ (закон Малюса)}$$



**Степенью поляризации** называется выражение

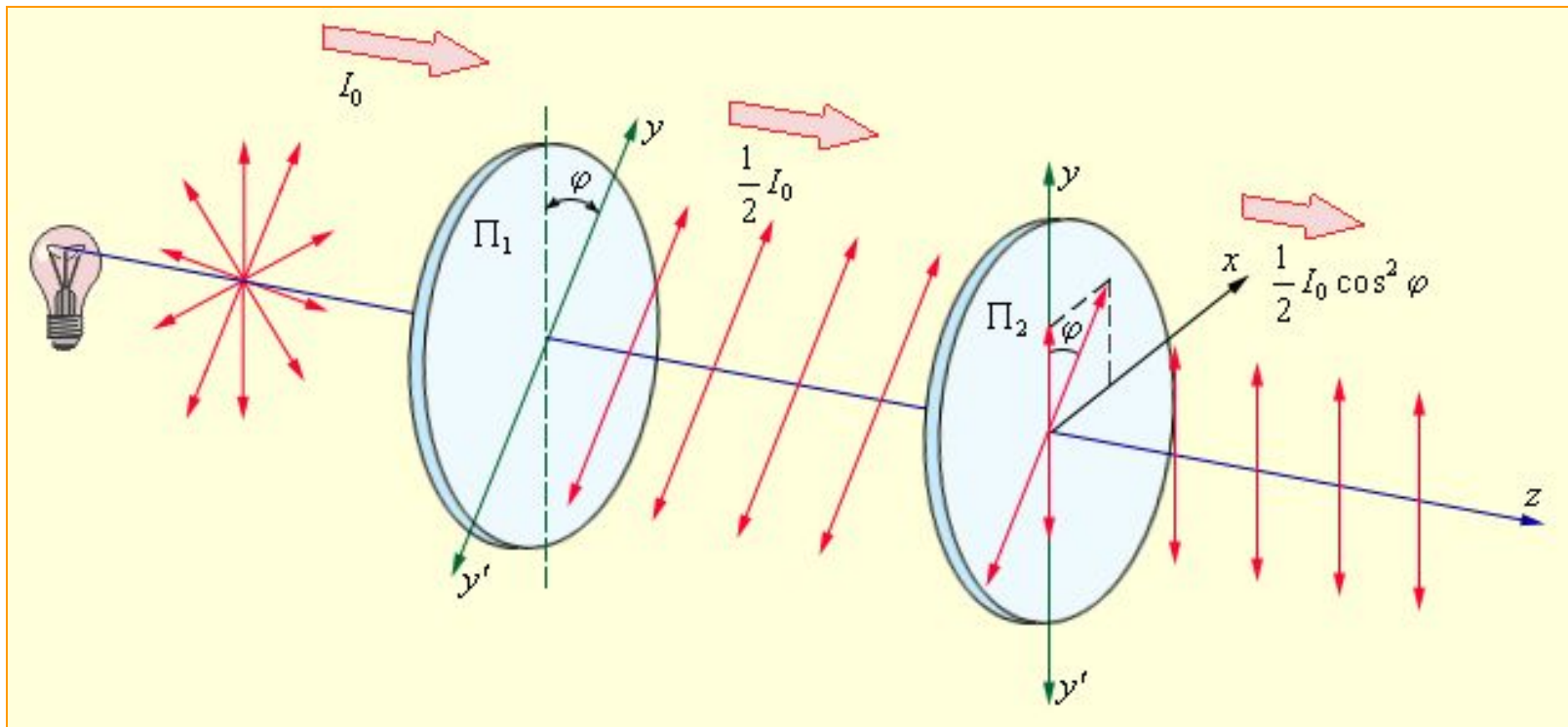
$$P = \frac{I_{\text{MAX}} - I_{\text{MIN}}}{I_{\text{MAX}} + I_{\text{MIN}}}$$

Для естественного света  $I_{\text{max}} = I_{\text{min}}$  и  $P = 0$

Для плоско поляризованного света  $I_{\text{min}} = 0$  и  $P = 1$

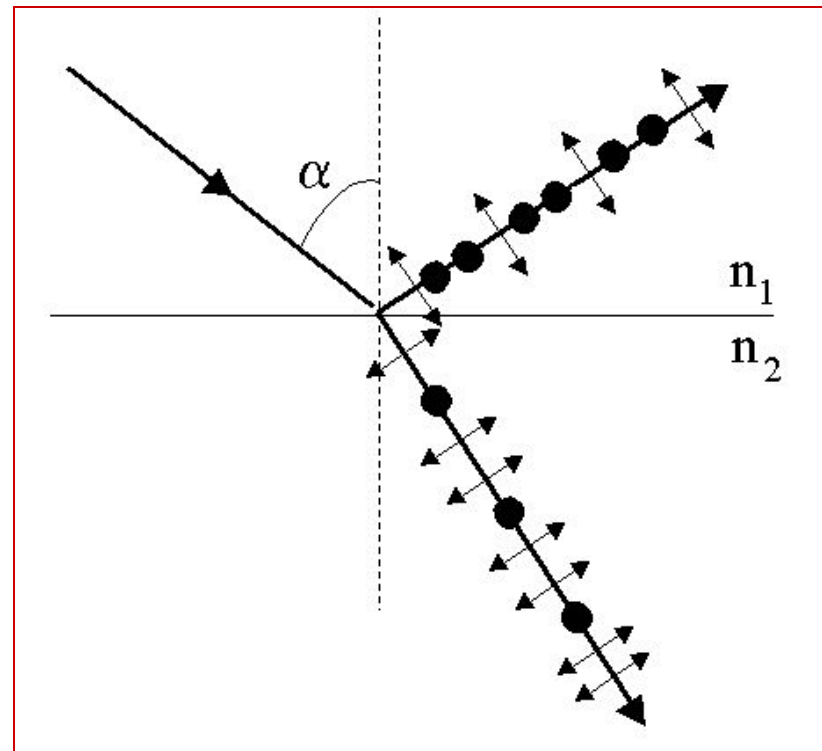
Поставим на пути естественного света два поляризатора, плоскости которых образуют угол  $\phi$ . Интенсивность света, прошедшего через два поляризатора, равна

$$I = \frac{1}{2} \cdot I_{\text{естеств.}} \cdot \cos^2 \phi$$



# ПОЛЯРИЗАЦИЯ ПРИ ОТРАЖЕНИИ И ПРЕЛОМЛЕНИИ

Если угол падения естественного света на границу раздела двух диэлектриков не равен нулю, отраженный и преломленный лучи оказываются частично поляризованными. Степень поляризации зависит от угла падения.

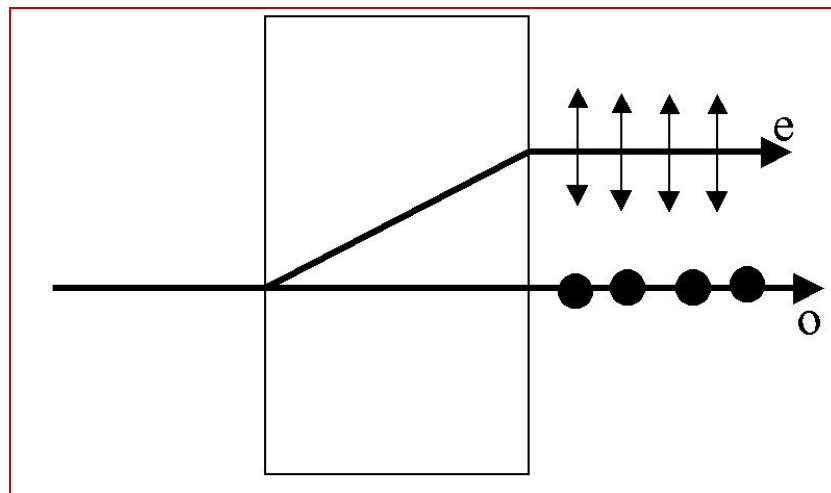


Отраженный от диэлектрика свет будет полностью поляризован, если тангенс угла падения  $\alpha_B$  равен относительному показателю преломления сред  $n_{21} = n_2/n_1$  :

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



При прохождении света через некоторые кристаллы световой луч разделяется на два луча. Это явление, получившее название **двойного лучепреломления**, было открыто в 1670 г. Эразмом Бартоломином для исландского шпата (разновидность углекислого кальция,  $\text{CaCO}_3$  - кристаллы гексагональной системы).



При двойном лучепреломлении один из лучей удовлетворяет обычному закону преломления и лежит в одной плоскости с падающим лучом и нормалью. Этот луч **называется обыкновенным** и обозначается буквой **o**. Другой луч, называемый необыкновенным (обозначается буквой **e**), не подчиняется закону преломления (показатель преломления зависит от угла падения).

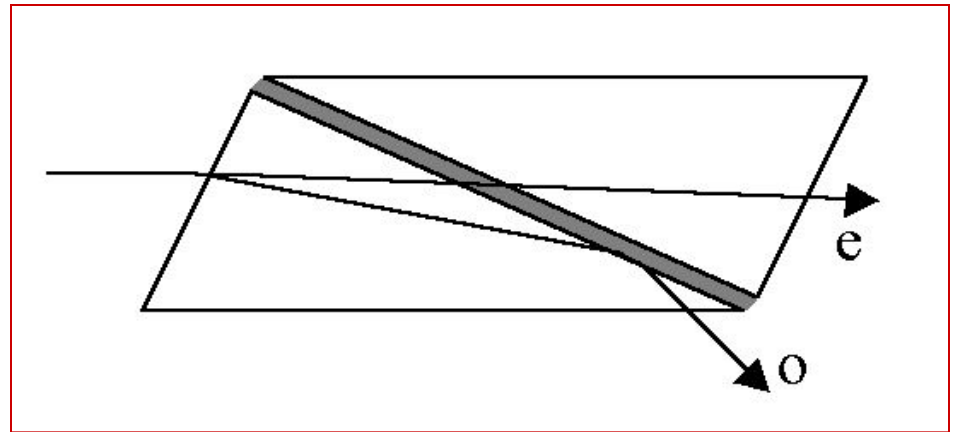
Плоскость колебаний обыкновенного луча перпендикулярна к главному сечению кристалла. В необыкновенном луче колебания светового вектора совершаются в плоскости, совпадающей с главным сечением. По выходе из кристалла оба луча отличаются друг от друга только направлением поляризации.

**Главным сечением или главной плоскостью кристалла** называется любая плоскость, проходящая через оптическую ось.

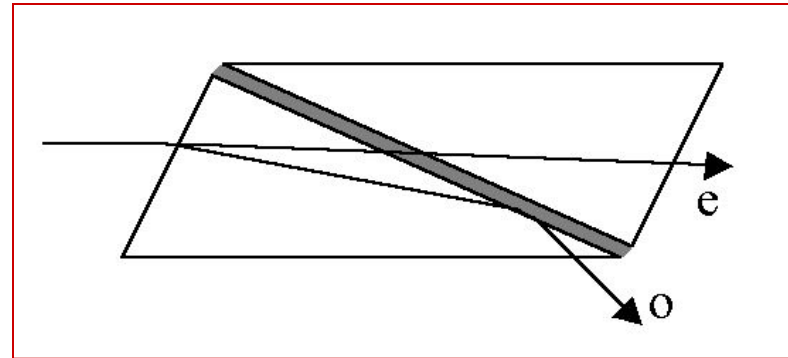
**Оптической осью кристалла** называется направление, вдоль которого свет распространяется, не разделяясь на два луча. Оптическая ось - это не прямая линия, проходящая через какую-то точку кристалла, а определенное направление в кристалле. Любая прямая, параллельная данному направлению, является оптической осью кристалла.

В некоторых кристаллах один из лучей поглощается сильнее другого. Это явление называется **дихроизмом**. Весьма сильным дихроизмом в видимых лучах обладает кристалл турмалина. В нем обыкновенный луч практически полностью поглощается на длине 1 мм. Таким же свойством обладает поляроид - целлулоидная пленка, в которую введено большое количество одинаково ориентированных кристалликов сульфата йодистого хинина (в этих кристаллах один из лучей поглощается на пути примерно в 0,1 мм).

Большое распространение получил поляризатор, называемый **призмой Николя** (николь). Он представляет собой призму из исландского шпата, разрезанную по диагонали и склеенную канадским бальзамом. Канадским бальзамом называется смолообразное вещество, добываемое из канадской пихты:  $n_o > n > n_e$ .



Угол падения оказывается таким, что обыкновенный луч претерпевает на прослойке бальзама полное внутреннее отражение и отклоняется в сторону, необыкновенный же луч свободно проходит через эту прослойку и выходит из призмы.



В 1875 г. Керр обнаружил, что жидкостях под воздействием электрического поля возникает двойное лучепреломление. Это явление получило название **эффекта Керра**.

## ВРАЩЕНИЕ ПЛОСКОСТИ ПОЛЯРИЗАЦИИ

При прохождении плоско поляризованного света через некоторые вещества наблюдается вращение плоскости колебаний светового вектора или, как принято говорить, вращение плоскости поляризации. Вещества, обладающие такой способностью, называются **оптически активными**. К их числу принадлежат кристаллические тела (например, кварц, киноварь), чистые жидкости (скипидар, никотин) и растворы оптически активных веществ в неактивных растворителях (водные растворы сахара, винной кислоты и др.).

**Кристаллические вещества** сильнее всего вращают плоскость поляризации в случае, когда свет распространяется вдоль оптической оси кристалла. Угол поворота  $\phi$  пропорционален пути  $l$ , пройденному лучом в кристалле:

$$\phi = \alpha \cdot l,$$

коэффициент  $\alpha$  называют **постоянной вращения**. Ее принято выражать в угловых градусах на миллиметр.



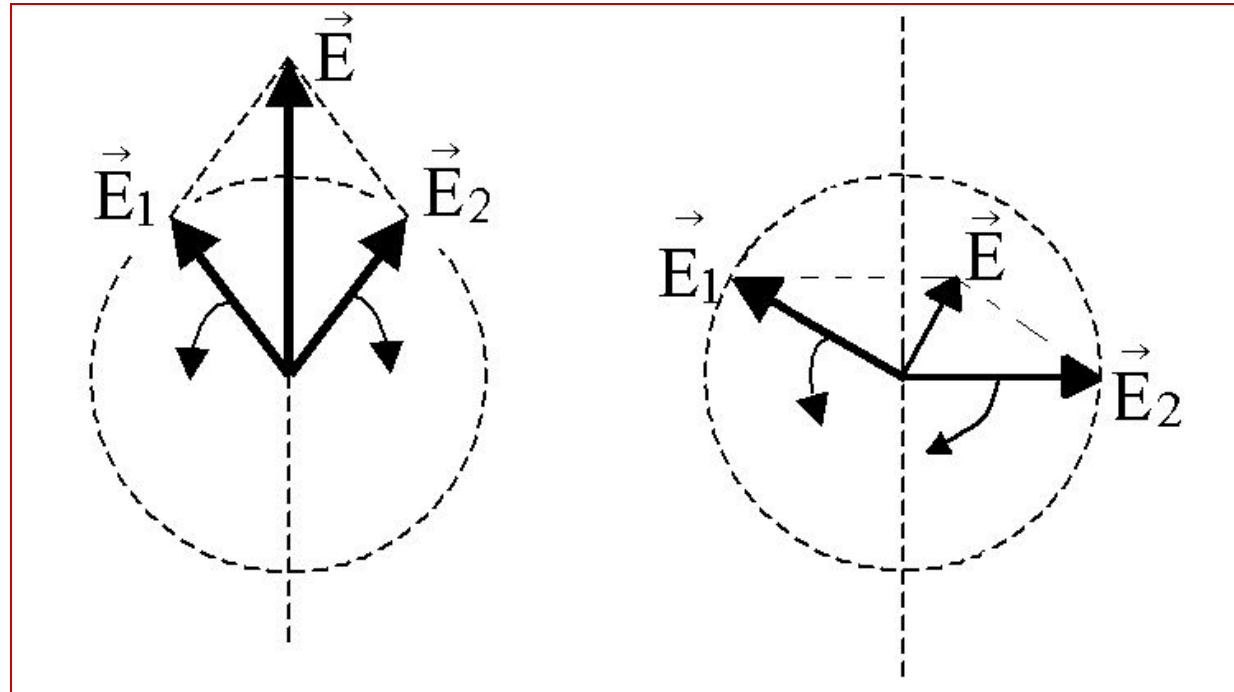
В растворах угол поворота плоскости поляризации пропорционален пути луча в растворе и концентрации активного вещества  $C$ :

$$\phi = [\alpha] \cdot C$$

где  $[\alpha]$  - величина, называемая удельной постоянной вращения.

В зависимости от направления вращения плоскости поляризации оптически активные вещества подразделяются на право- и левовращающие. Если смотреть навстречу лучу, то в правовращающих веществах плоскость поляризации будет поворачиваться по часовой стрелке, в левовращающих - против часовой стрелки. Таким образом, направление луча и направление вращения образуют в правовращающем веществе левовинтовую систему, а в левовращающем веществе - правовинтовую систему.

Для объяснения вращения плоскости поляризации Френель предположил, что в оптически активных веществах лучи, поляризованные по кругу вправо и влево распространяются с неодинаковой скоростью. Плоско поляризованный свет можно представить как суперпозицию двух поляризованных по кругу волн, правой и левой, с одинаковыми частотами и амплитудами.



Все оптически активные вещества существуют в двух разновидностях - **правовращающей и левовращающей**. Таким образом, существуют право и левовращающий кварц, право- и левовращающий сахар и т. д. Молекулы или кристаллы одной разновидности являются зеркальным отражением молекулы или кристаллов другой разновидности. Обе разновидности отличаются только направлением вращения плоскости поляризации. Численное значение постоянной вращения у них одинаково.

## Искусственная оптическая анизотропия

$$n_0 - n_e = k_1 \sigma$$

$$n_0 - n_e = k_1 E^2$$

$$n_0 - n_e = k_1 H^2$$

$$\varphi = 2\pi B l E^2 \quad \text{Эффект Керра}$$

$$B = \frac{k_2}{\lambda} \quad \text{Постоянная Керра}$$