

ПОГЛОЩЕНИЕ (АБСОРБЦИЯ) СВЕТА

Поглощением (абсорбцией) света называется явление уменьшения энергии световой волны при её распространении в веществе вследствие преобразования энергии волны в другие виды энергии (внутреннюю энергию вещества, энергию вторичного излучения в других направлениях и другого спектрального состава и др.).

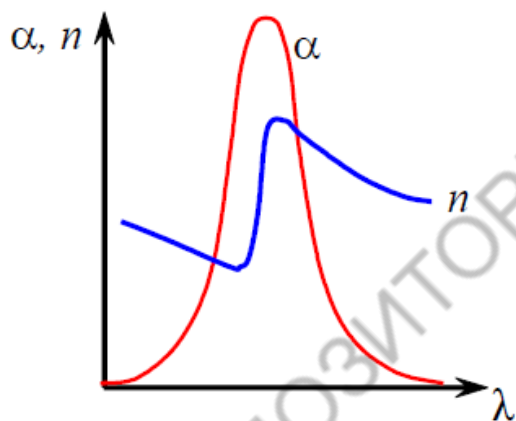
В результате поглощения интенсивность света при прохождении через вещество уменьшается:

$$I = I_0 \exp(-\alpha x) \quad \text{– закон Бугера.}$$

Здесь I_0 и I – интенсивности плоской монохроматической волны на входе и выходе слоя поглощающего вещества толщиной x ; α – **коэффициент поглощения**, зависящий от длины волны света, химической природы и состояния вещества и не зависящий от интенсивности света. Численное значение этого коэффициента α показывает толщину слоя x , равную $\frac{1}{\alpha}$, после прохождения которого интенсивность плоской волны падает в $e = 2,72$ раза.

ВИДЫ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ

- **Линейчатый спектр поглощения** – характерен для одноатомных газов (или паров). Очень резкие и узкие линии в таких спектрах соответствуют частотам собственных колебаний электронов в атомах. Если плотность газа увеличивать, то взаимодействие атомов между собой приводит к уширению линий поглощения.
- **Спектр поглощения в виде полос поглощения** – характерен для поглощения молекул. Колебания атомов (и вращение групп атомов) в молекулах приводит к тому, что образуются широкие полосы поглощения.
- **Сплошной спектр поглощения** – характерен для жидкостей и твёрдых тел, в которых образуются коллективные возбуждения (например, электроны проводимости в металлах) которые обуславливают поглощение света в широкой области частот (длин волн).

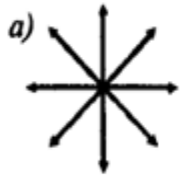


На рисунке показана типичная зависимость коэффициента поглощения α от длины волны света λ и зависимость показателя преломления n от λ в области полосы поглощения. Внутри полосы поглощения наблюдается аномальная дисперсия.

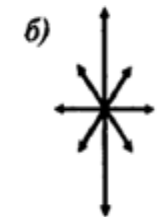
Зависимостью коэффициента поглощения от длины волны объясняется окрашенность поглощающих тел.

ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА. ЕСТЕСТВЕННЫЙ И ПОЛЯРИЗОВАННЫЙ СВЕТ (1)

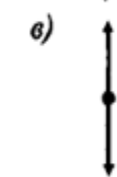
При действии света на вещество основное значение имеет электрическая составляющая электромагнитного поля световой волны, поскольку именно она оказывает основное действие на электроны в атомах вещества. Поэтому, для описания закономерностей поляризации будем рассматривать только **световой вектор** – вектор напряжённости \vec{E} электрического поля.



Свет представляет собой суммарное электромагнитное излучение множества независимо излучающих атомов. Поэтому все ориентации вектора \vec{E} будут равновероятны. Такой свет называется **естественным** (рис. (a)).



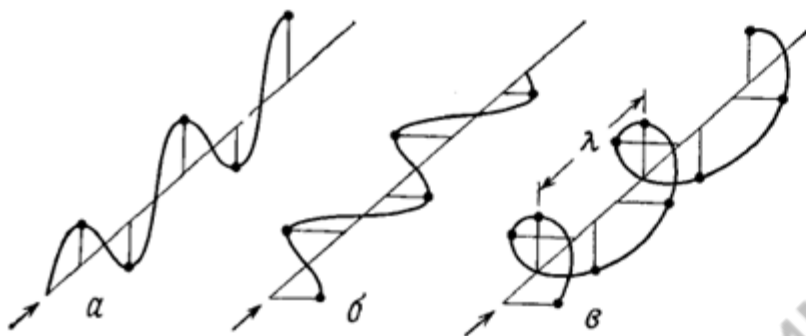
Поляризованным светом называется свет, в котором направления колебания вектора \vec{E} каким-либо образом упорядочены.



Частично поляризованный свет (рис. (б)) – свет с преимущественным направлением колебаний вектора \vec{E} .

ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА. ЕСТЕСТВЕННЫЙ И ПОЛЯРИЗОВАННЫЙ СВЕТ (2)

Плоскополяризованный свет – свет, в котором вектор \vec{E} колеблется только в одной, проходящей через луч плоскости (рис. (в) на предыдущей странице и рис. (а) и (б) на этой). Эта плоскость называется **плоскостью поляризации**.



Если концы вектора \vec{E} с течением времени описывают в плоскости, перпендикулярной лучу, окружность или эллипс (рис. (в)), то свет называется **циркулярно**

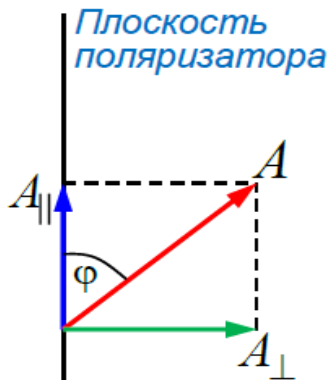
или **эллиптически поляризованным**.

Степенью поляризации называется величина P :
$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$
 где I_{\max} и I_{\min} – соответственно, максимальная и минимальная интенсивности частично поляризованного света. Для естественного света $I_{\max} = I_{\min}$ и $P = 0$, для плоскополяризованного $I_{\min} = 0$ и $P = 1$.

Естественный свет можно преобразовать в плоскополяризованный, используя так называемые **поляризаторы**, пропускающие колебания только определённого направления. В качестве поляризаторов используются среды, анизотропные в отношении колебаний \vec{E} .

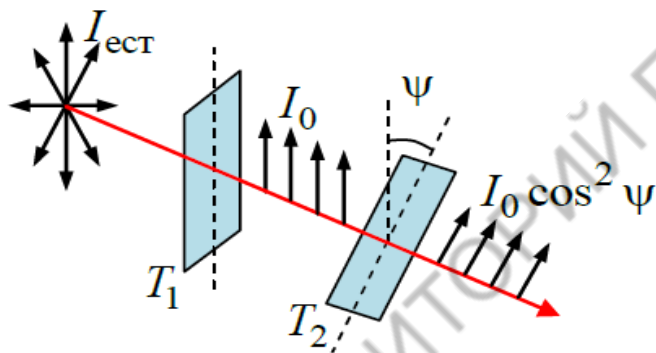
ЗАКОН МАЛЮСА

Пропустим естественный свет с интенсивностью $I_{\text{ест}}$ через поляризатор T_1 . Колебание амплитуды A , совершающееся в плоскости, образующей с плоскостью поляризатора угол φ , можно разложить на два колебания с амплитудами $A_{\parallel} = A \cos \varphi$ и $A_{\perp} = A \sin \varphi$. Интенсивность прошедшей волны пропорциональна $A_{\parallel}^2 = A^2 \cos^2 \varphi$. В естественном свете все значения φ равновероятны, поэтому доля света, прошедшего через поляризатор, будет равна среднему значению $\langle \cos^2 \varphi \rangle = 1/2$, а интенсивность плоскополяризованного света, прошедшего



через первый поляризатор T_1 равна:

$$I_0 = \frac{I_{\text{ест}}}{2}.$$



Поставим на пути плоскополяризованного света второй поляризатор T_2 (**анализатор**) под углом ψ к первому. Интенсивность I света, прошедшего через анализатор, меняется в зависимости от угла ψ по **закону Малюса**:

$$I = I_0 \cos^2 \psi.$$

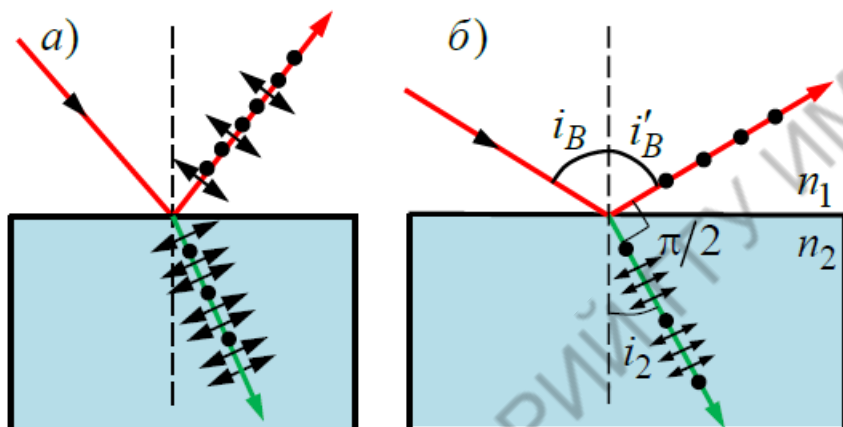
Следовательно, интенсивность света, прошедшего через два поляризатора: $I = \frac{1}{2} I_{\text{ест}} \cos^2 \psi$. Поэтому, $I_{\text{max}} = \frac{1}{2} I_{\text{ест}}$, когда поляризаторы параллельны и $I_{\text{min}} = 0$, когда поляризаторы скрещены.

ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА ПРИ ОТРАЖЕНИИ И ПРЕЛОМЛЕНИИ

Если естественный свет падает на границу раздела двух диэлектриков, то *отражённый и преломлённый лучи являются частично поляризованными*.

В отражённом луче преобладают колебания перпендикулярные плоскости падения, а в преломлённом – колебания, лежащие в плоскости падения.

Если угол падения равен **углу Брюстера**, который определяется соотношением $\operatorname{tg} i_B = n_{21}$, то *отражённый луч является плоскополяризованным*.



Преломлённый луч в этом случае поляризуется максимально, но не полностью. При этом *отражённый и преломлённый лучи взаимно перпендикулярны*:

$$\operatorname{tg} i_B = \frac{\sin i_B}{\cos i_B} = n_{21}, \quad \frac{\sin i_B}{\sin i_2} = n_{21} \Rightarrow$$

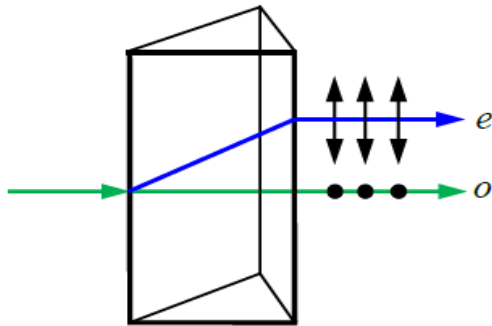
$$\cos i_B = \sin i_2 \text{ или } i_B + i_2 = \pi/2,$$

$$\text{но } i'_B = i_B, \text{ поэтому } i'_B + i_2 = \pi/2.$$

Степень поляризации отражённого и преломлённого света при различных углах падения можно рассчитать из уравнений Максвелла, если учесть граничные условия для электромагнитного поля на границе раздела двух диэлектриков (см. стр. 5–28).

ДВОЙНОЕ ЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЕ

Двойное лучепреломление – это способность прозрачных кристаллов (кроме оптически изотропных кристаллов кубической системы) *раздваивать* каждый падающий на них световой пучок. Это явление объясняется особенностями распространения света в *анизотропных* средах и непосредственно вытекает из уравнений Максвелла.



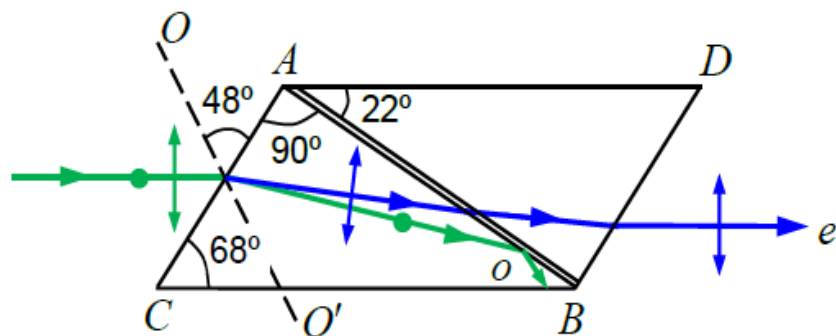
Если на кристалл направить узкий пучок света, то из кристалла выйдут *два пространственно разделённых луча параллельных друг друга и падающему лучу*. Даже в том случае, когда пучок падает на кристалл нормально, преломлённый пучок разделяется на два: один из них является продолжением первичного (называется **обыкновенным (o)**), а второй отклоняется (называется **необыкновенным (e)**).

Направление в **оптически анизотропном кристалле**, по которому луч света распространяется, **не** испытывая двойного лучепреломления, называется **оптической осью кристалла**. Плоскость, проходящая через направление луча света и оптическую ось кристалла, называется **главной плоскостью кристалла**.

o- и **e-**лучи плоскополяризованы во взаимно перпендикулярных плоскостях: колебания светового вектора в **o**-луче происходят перпендикулярно главной плоскости, в **e**-луче – в главной плоскости. **o-Луч** распространяется по всем направлениям кристалла с одинаковой скоростью $v_o = c/n_o$ – показатель преломления n_o для него есть величина постоянная. **e-Лучи** распространяются по различным направлениям с разными скоростями $v_e = c/n_e$ – показатель преломления n_e необыкновенного луча является переменной величиной, зависящей от направления луча.

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ПРИЗМЫ И ПОЛЯРОИДЫ

Явление двойного лучепреломления используется при изготовлении



поляризационных приспособлений – поляризационных призм и поляроидов. Например, в **призме Никóля** – двойной призме из исландского шпата, склеенной вдоль AB канадским бальзамом ($n = 1,55$) – обыкновенный луч ($n_0 = 1,66$)

испытывает *полное отражение* (так как канадский бальзам для него среда оптически менее плотная), а плоскополяризованный *необыкновенный* луч ($n_e = 1,51$) выходит из призмы. (Оптическая ось призмы OO' составляет с входной гранью угол 48°).

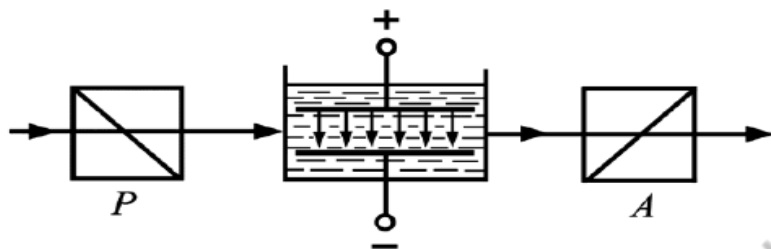
Двоякопреломляющие кристаллы обладают свойством **дихроизма** – *различного поглощения света* в зависимости от ориентации электрического вектора световой волны. *Дихроичные кристаллы* используются при производстве **поляроидов** – тонких пластиковых плёнок, в которые *вкраплены кристаллики* веществ с сильно выраженным *дихроизмом* (например, герпатит) – такие плёнки уже при толщине $\sim 0,1$ мм *полностью поглощают* обыкновенные лучи видимой области спектра, являясь в таком тонком слое *совершенным поляризатором*.

ИСКУССТВЕННАЯ ОПТИЧЕСКАЯ АНИЗОТРОПИЯ

В оптически изотропных веществах возможно индуцировать **искусственную оптическую анизотропию** под воздействием: 1) одностороннего сжатия или растяжения; 2) электрического поля (**эффект Керра**); 3) магнитного поля (**эффект Коттона-Мутона**).

При этом индуцированная оптическая ось совпадает с направлением деформации, электрического или магнитного полей.

Эффект Керра – оптическая анизотропия веществ под действием электрического поля – объясняется различной поляризуемостью молекул вещества по разным направлениям. Если приложить разность потенциалов к **ячейке Керра** – кювете с исследуемой жидкостью, которая размещена между скрещёнными поляризатором P и анализатором A , и в которую помещены пластины конденсатора – то



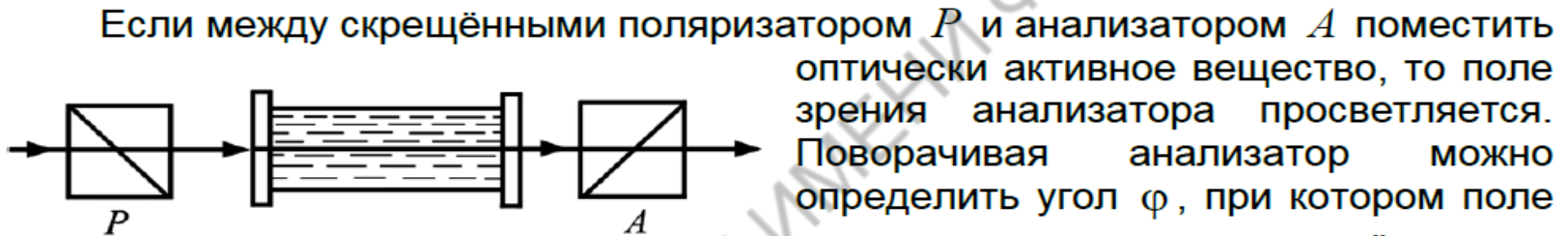
жидкость становится двоякопреломляющей и свет проходит через анализатор. Разность показателей преломления обыкновенного и необыкновенного лучей:

$n_e - n_o = B\lambda_0 E^2$, где λ_0 – длина волны света в вакууме; E – напряжённость электрического поля; B – **постоянная Керра**, которая зависит от температуры, длины волны света и природы вещества.

Эффект Коттона-Мутона – магнитный аналог эффекта Керра – возникновение оптической анизотропии у некоторых изотропных веществ при помещении их в сильное внешнее магнитное поле. При этом $n_e - n_o = C\lambda_0 H^2$, где H – величина напряжённости внешнего магнитного поля; C – **постоянная Коттона-Мутона**, которая зависит от температуры, длины волны света и природы вещества.

ВРАЩЕНИЕ ПЛОСКОСТИ ПОЛЯРИЗАЦИИ

Некоторые вещества (например, кварц, сахар, скипидар), называемые **оптически активными**, обладают способностью вращать плоскость поляризации. Угол поворота плоскости поляризации $\varphi = \alpha \cdot d$, где d – толщина слоя вещества; α – удельное вращение – угол поворота плоскости поляризации слоем оптически активного вещества единичной толщины. При этом $\alpha \sim \lambda_0^{-2}$ – **закон Био** (λ_0 – длина волны света в вакууме). Для растворов угол φ зависит ещё и от концентрации c раствора: $\varphi = \alpha \cdot c \cdot d$.



Если между скрещёнными поляризатором P и анализатором A поместить оптически активное вещество, то поле зрения анализатора просветляется. Поворачивая анализатор можно определить угол φ , при котором поле зрения вновь становится тёмным – угол поворота плоскости поляризации оптически активным веществом. В зависимости от направления вращения, оптически активные вещества разделяются на **право-** и **левоповорачивающие**. В первом случае плоскость поляризации, если смотреть навстречу лучу, смещается **по часовой стрелке**, во втором – **против**.

Оптическая активность обуславливается: 1) строением молекул вещества (их асимметрией); 2) особенностями расположения частиц в кристаллической решётке.

Эффект Фарадея – это вращение плоскости поляризации в оптически неактивных телах, помещённых во внешнее магнитное поле. Угол поворота плоскости поляризации $\varphi = VHd$, где H – напряжённость внешнего магнитного поля, d – толщина образца, V – **постоянная Верде**, зависящая от природы вещества и длины волны света.