



Кафедра физики

Физика

Лекция №6. Дисперсия и поляризация света.

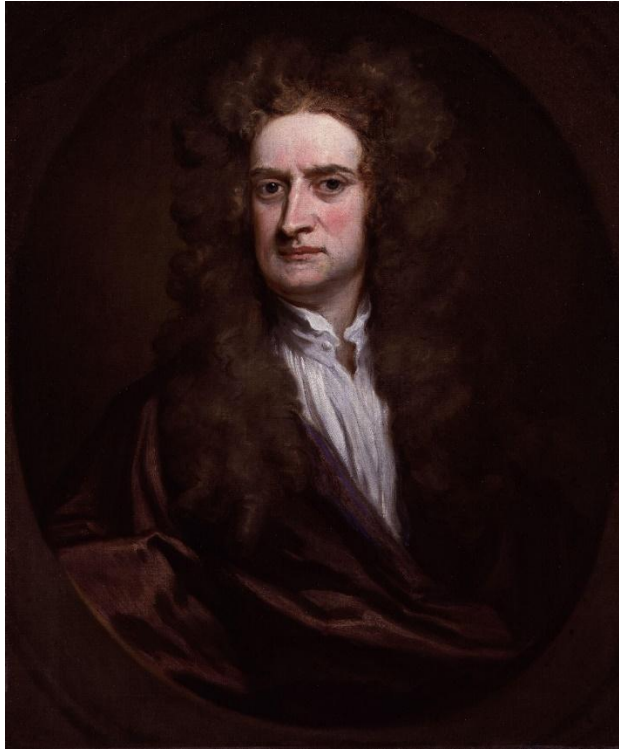
Канд. физ.-мат. наук, доцент
Дугинова Екатерина Борисовна

Кемерово 2022

Содержание

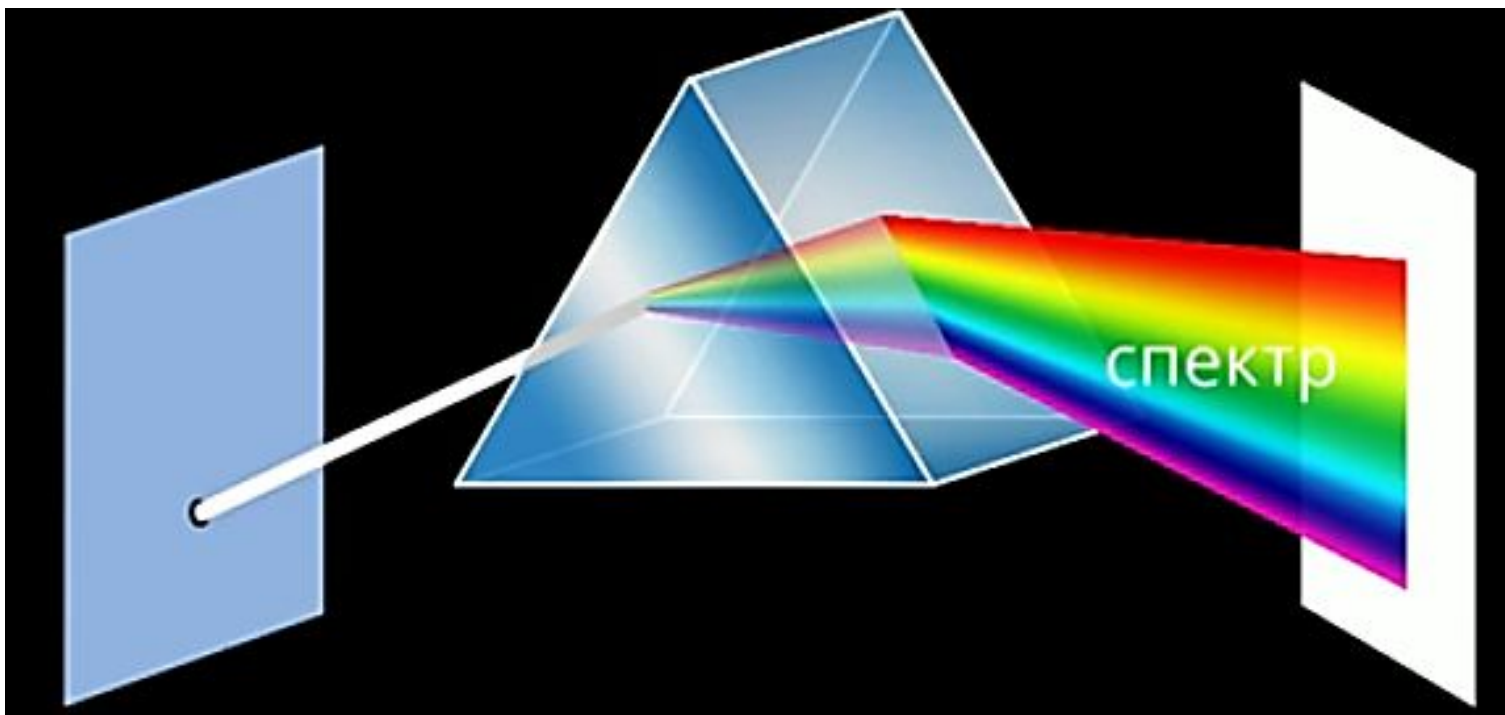
1. Явление дисперсии света
2. Поглощение и рассеяние света
3. Виды спектров.
4. Естественный и поляризованный свет.
5. Способы получения поляризованного света.
6. Закон Малюса.
7. Оптически активные вещества.
8. Применение.

1. Явление дисперсии света.



Исаак Ньютон
1643-1727 гг.

Дисперсия света была открыта Исааком Ньютоном.



В темной комнате сквозь ставни проникал узкий пучок солнечного света, на его пути Ньютон разместил стеклянную трехгранную призму.

Пучок света, проходя через призму, преломлялся в ней, и на экране, стоявшем за призмой, появлялась разноцветная полоса, которую Ньютон назвал **спектром** (от латинского «spectrum» – «видение»).

Белый цвет превратился сразу во все цвета.

Какие же выводы сделал Ньютон?

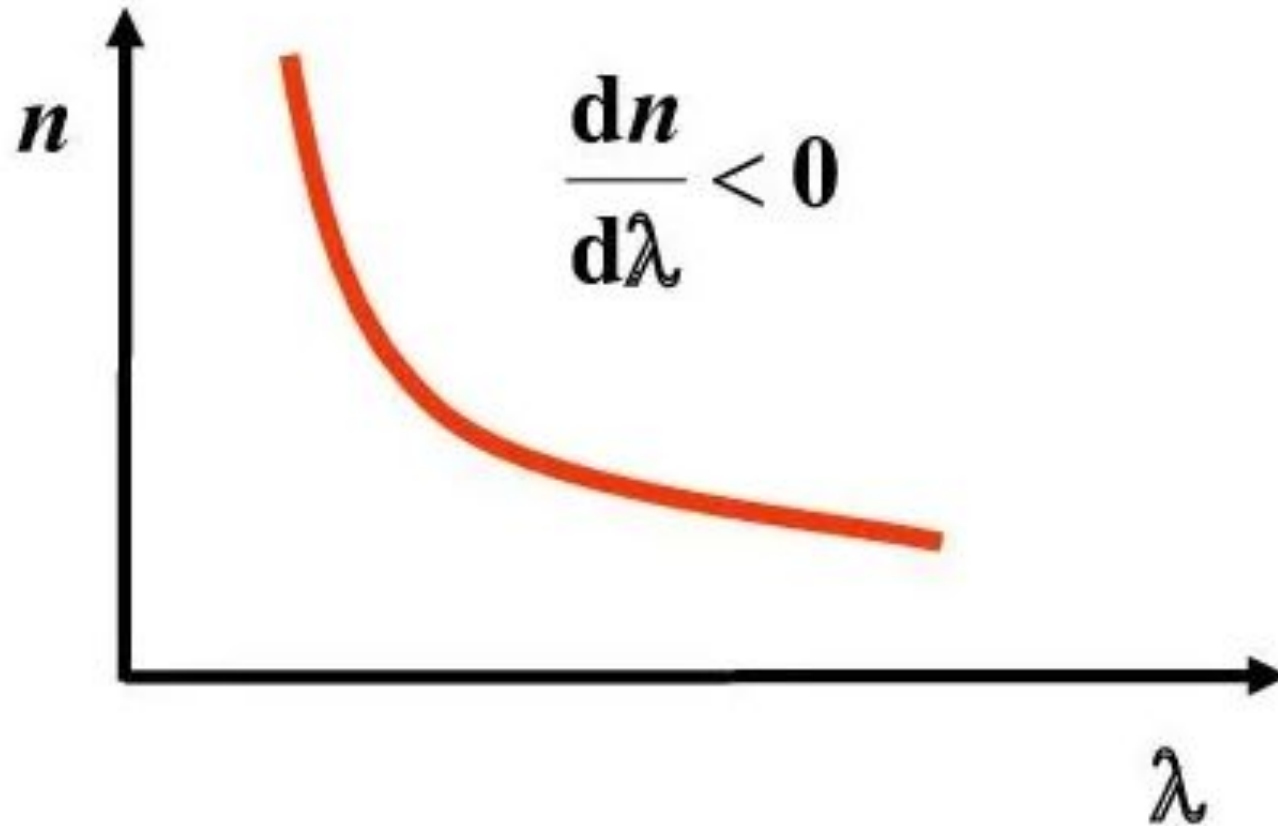
- 1. Свет имеет сложную структуру** (говоря современным языком – белый свет содержит электромагнитные волны разных частот).
- 2. Свет различного цвета отличается степенью преломляемости** (характеризуется разными показателями преломления в данной среде).
- 3. Скорость света зависит от среды.**

Дисперсией света называется зависимость показателя преломления n от частоты ν (длины волны λ) света (или зависимость фазовой скорости u световых волн от его частоты ν).

Следствием дисперсии является разложение в спектр пучка белого света при прохождении его через призму. Дисперсия проявляется лишь при распространении немонохроматических волн.

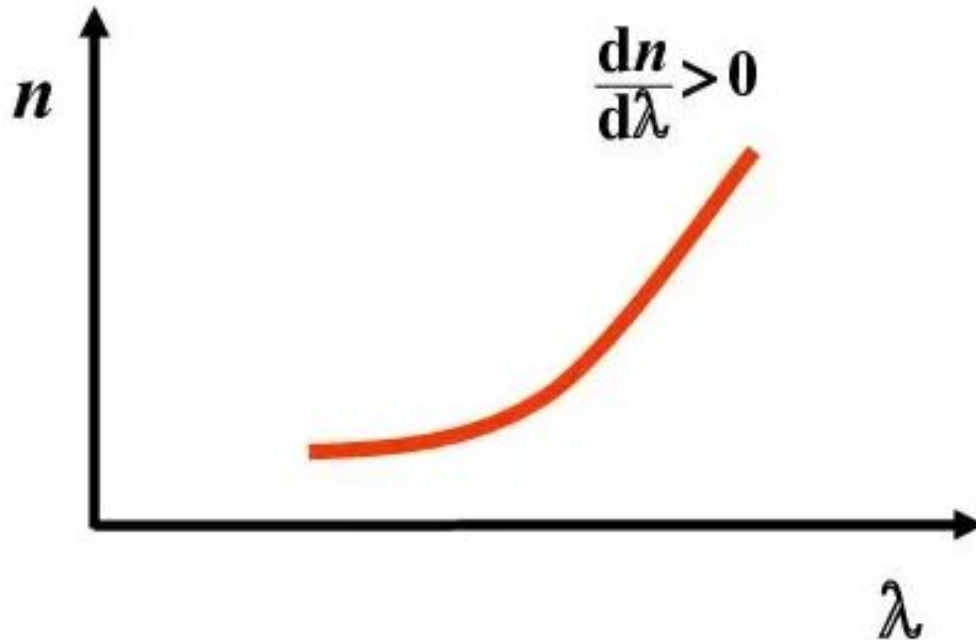
$$D = \frac{dn}{d\lambda} - \text{дисперсия вещества.}$$

Для всех прозрачных веществ показатель преломления уменьшается с увеличением длины волны:



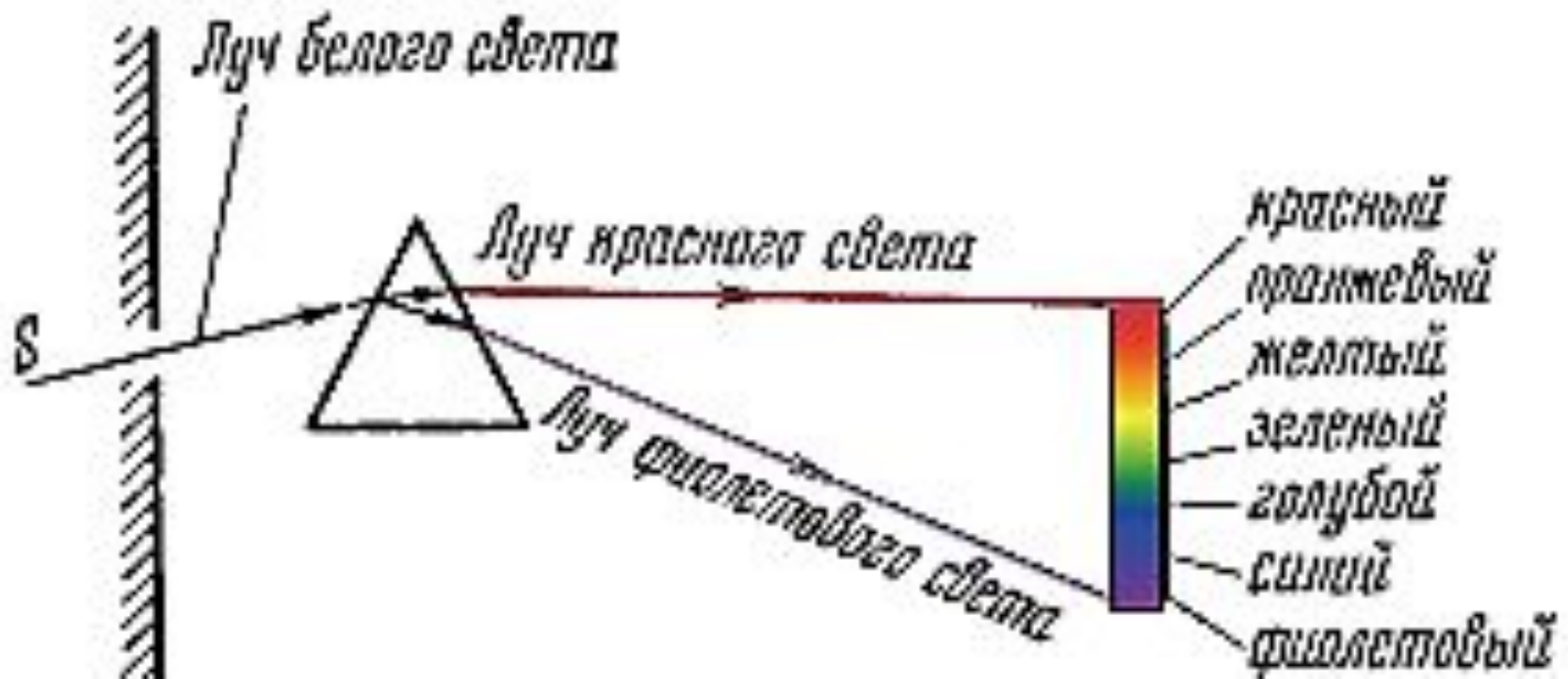
Такая дисперсия называется **нормальной** (или отрицательной).

Вблизи линий и полос сильного поглощения ход кривой $n(\lambda)$ – кривой дисперсии – обратный:



Такая дисперсия называется **аномальной**.

На явлении нормальной дисперсии основано действие призмных спектрографов.



Угол отклонения лучей призмой зависит от показателя преломления, который в свою очередь, зависит от длины волны.

Поэтому призма разлагает белый свет в спектр, отклоняя красные лучи (длина волны больше) слабее, чем фиолетовые (длина волны меньше).



- **Каждый охотник желает знать,**
где сидит фазан.
- **Крот овце, жирафу, зайке**
гладил старые фufайки.
- **Как однажды Жак - звонарь**
головой сломал фонарь.

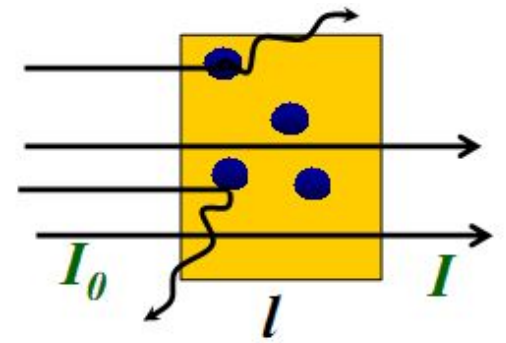


2. Поглощение и рассеяние света.

Поглощением (абсорбцией) света называется явление уменьшения энергии световой волны при ее 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.).

Рассеяние света – явление, при котором свет, распространяющийся в среде, отклоняется по всевозможным направлениям.

Законы поглощения света



Закон Бугера

$$I = I_0 e^{-k_\lambda l}$$

I – интенсивность света, прошедшего через вещество,

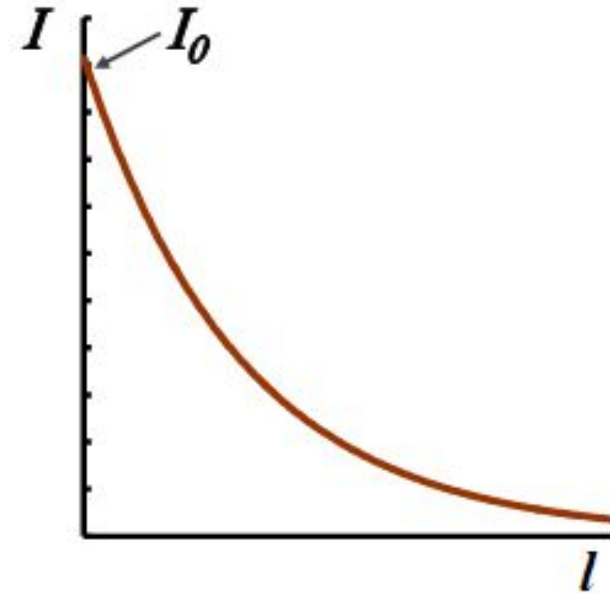
I_0 – интенсивность света, падающего на вещество,

l – толщина слоя вещества,

k – натуральный показатель поглощения,

Знак «-» – интенсивность света уменьшается.

Натуральный показатель поглощения k_λ зависит от длины волны, натуральный монохроматический показатель поглощения.



Зависимость k_λ от длины волны

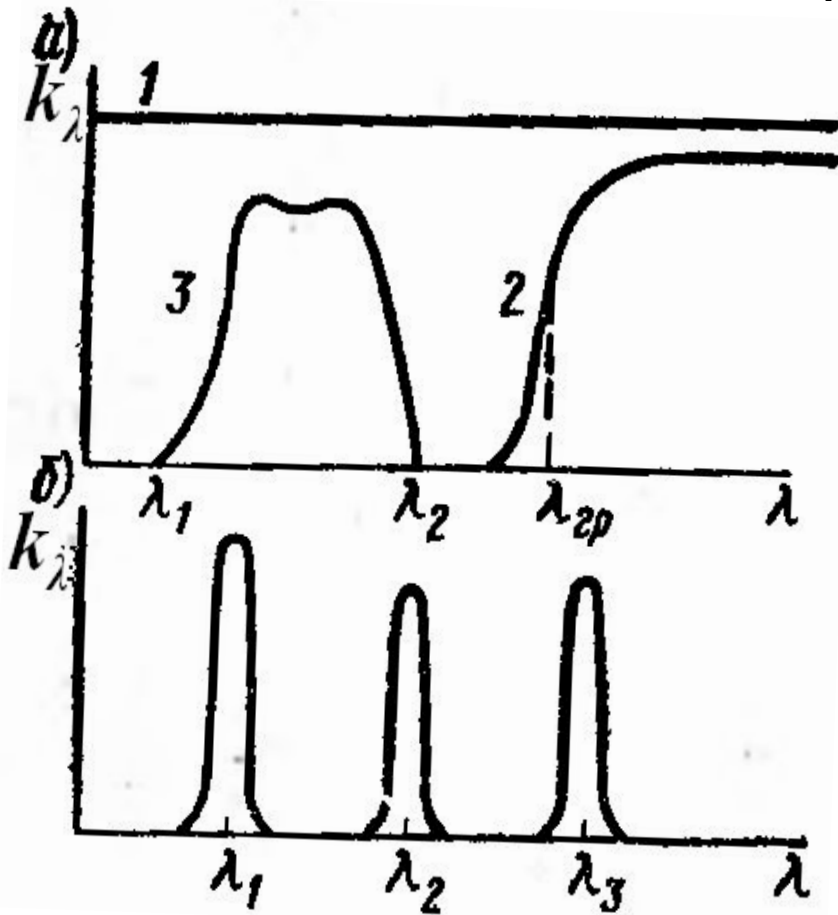


График А:

1 – для тел, равномерно поглощающих свет любой длины волны (черные и серые тела),
2 – для тел, поглощающих свет любых длин волн начиная с некоторой граничной,
3 – для тел, имеющих широкую полосу поглощения в пределах длин волн.

График Б:

для тел с селективным (резонансным) поглощением при определенных длинах волн.

Закон Бера: показатель поглощения прямо пропорционален концентрации вещества в растворе.

$$k_{\lambda} = \chi_{\lambda} C$$

χ_{λ} – молярный показатель поглощения, т.е. показатель поглощения слоя, содержащего N_A молекул, толщиной в единицу длины при единичной концентрации,
 C – концентрация растворенного вещества.

Закон Бугера-Ламберта-Бера – описывает ослабление света в растворе в зависимости от его концентрации и поглощенного слоя.

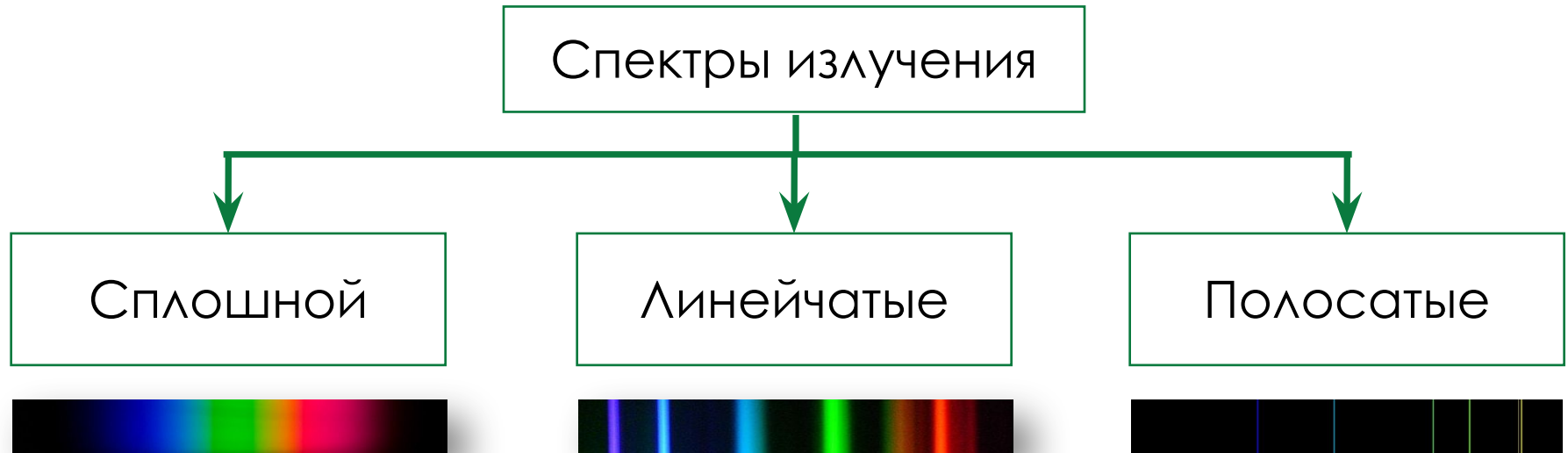
$$I = I_0 e^{-\chi_{\lambda} Cl}$$

или

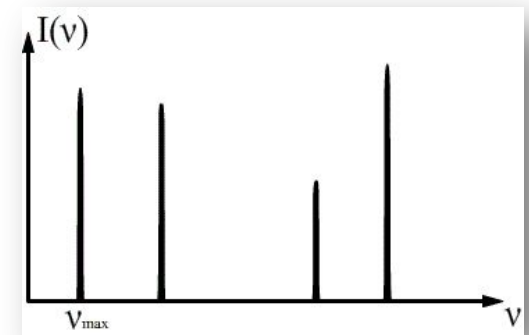
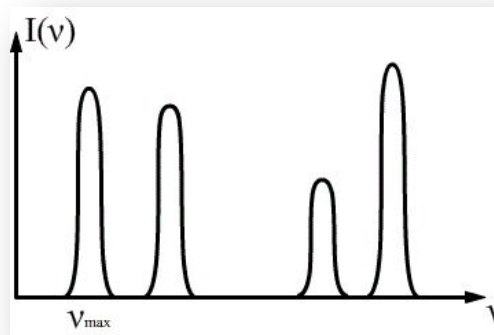
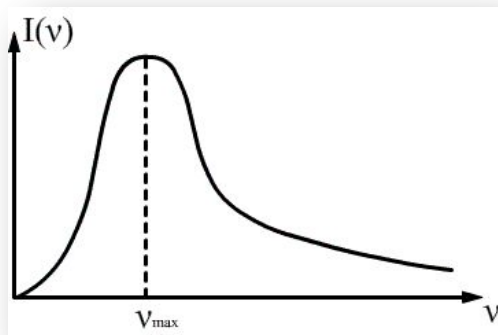
$$I = I_0 \cdot 10^{-\chi'_{\lambda} Cl}$$

$$\chi'_{\lambda} = 0.43 \chi_{\lambda}$$

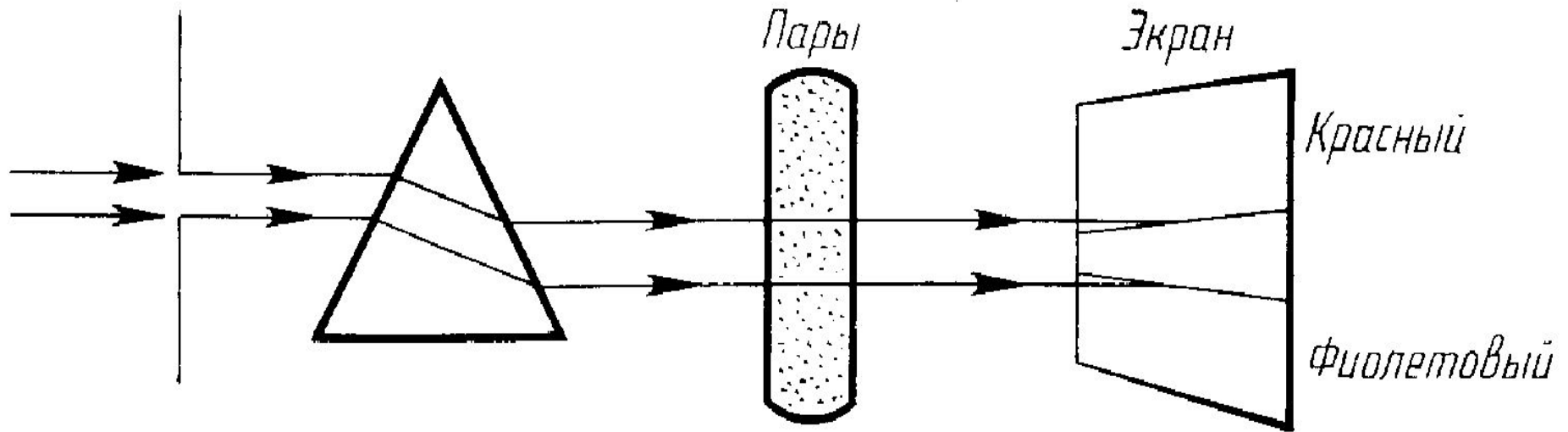
3. Виды спектров.



Распределение энергии по частотам
(спектральная плотность интенсивности излучения)



Спектр поглощения



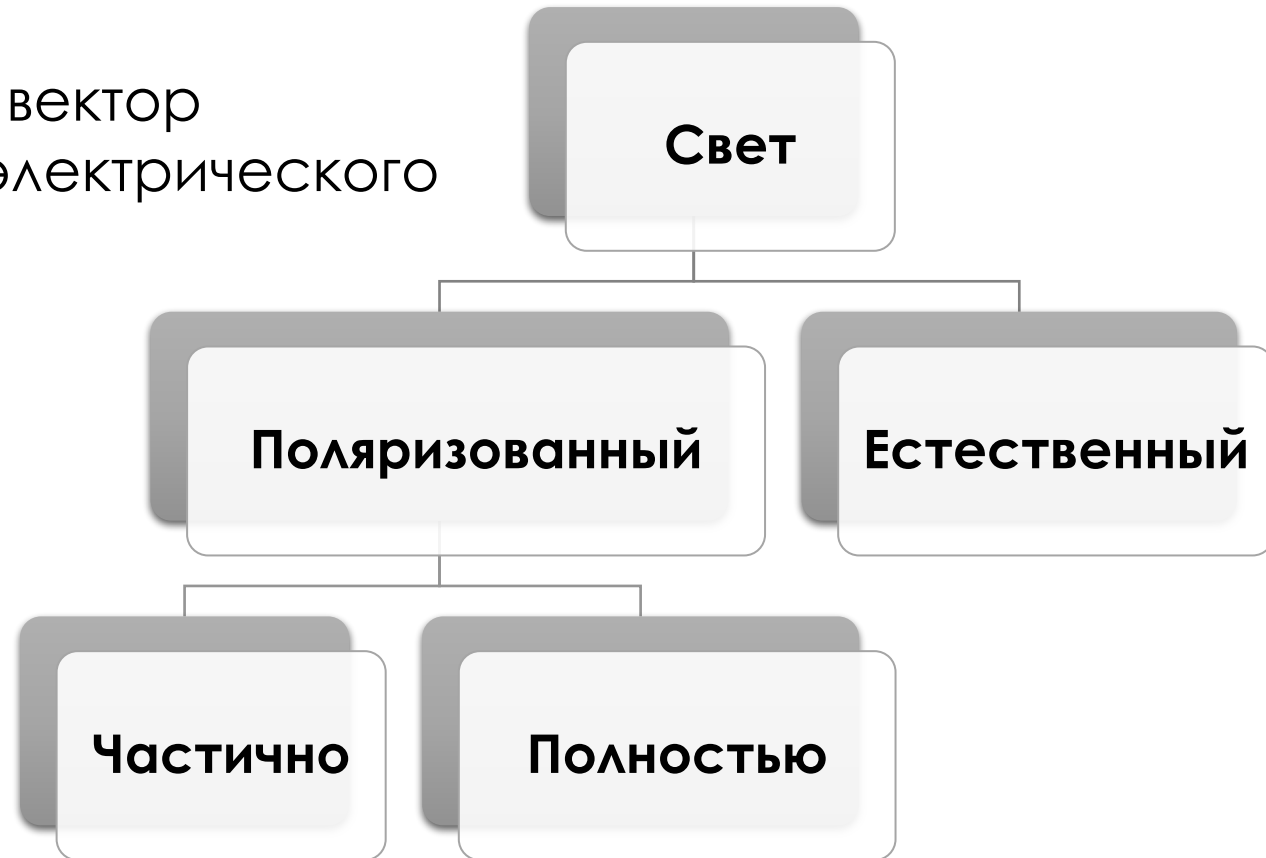
Спектры поглощения получают, пропуская свет от источника, дающего сплошной спектр, через вещество, атомы которого находятся в невозбужденном, состоянии.

Спектр поглощения - это совокупность частот, поглощаемых данным веществом.

4. Естественный и поляризованный свет.

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.

Световой вектор — вектор напряженности E электрического поля.



Свет представляет собой суммарное электромагнитное излучение множества независимо излучающих атомов. Поэтому все ориентации вектора E будут равновероятны. Такой свет называется **естественным**.

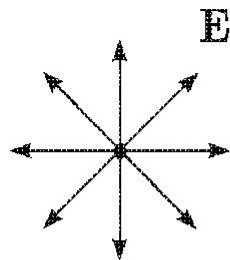
Поляризованным светом называется свет, в котором направления колебания вектора E каким-либо образом упорядочены.

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

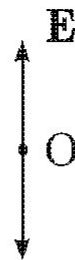
Плоскополяризованный свет – свет, в котором вектор E колеблется только в одной, проходящей через луч плоскости. Эта плоскость называется **плоскостью поляризации**.

Световой вектор

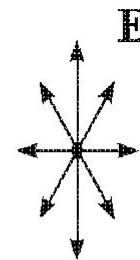
a



естественный свет



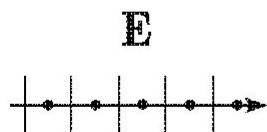
плоско-поляризованный свет



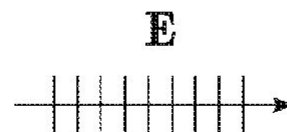
частично-поляризованный свет

Световой луч

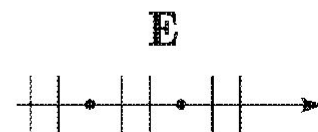
б



естественный свет



плоско-поляризованный свет

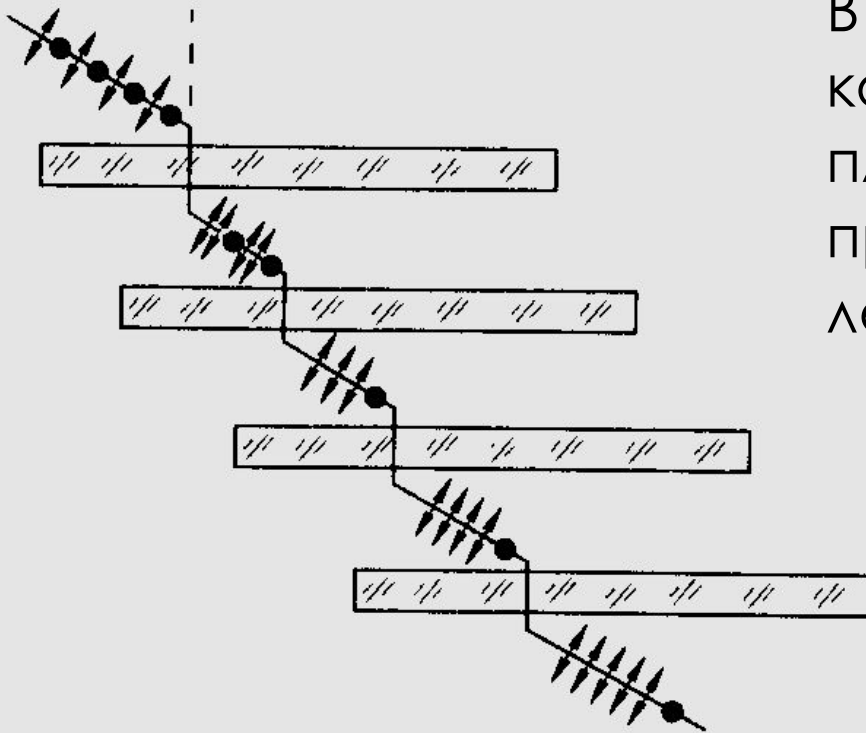


частично-поляризованный свет

5. Способы получения поляризованного света.

1) Поляризация света при отражении и преломлении.

Если естественный свет падает на границу раздела двух диэлектриков, то отраженный и преломленный лучи являются частично поляризованными.



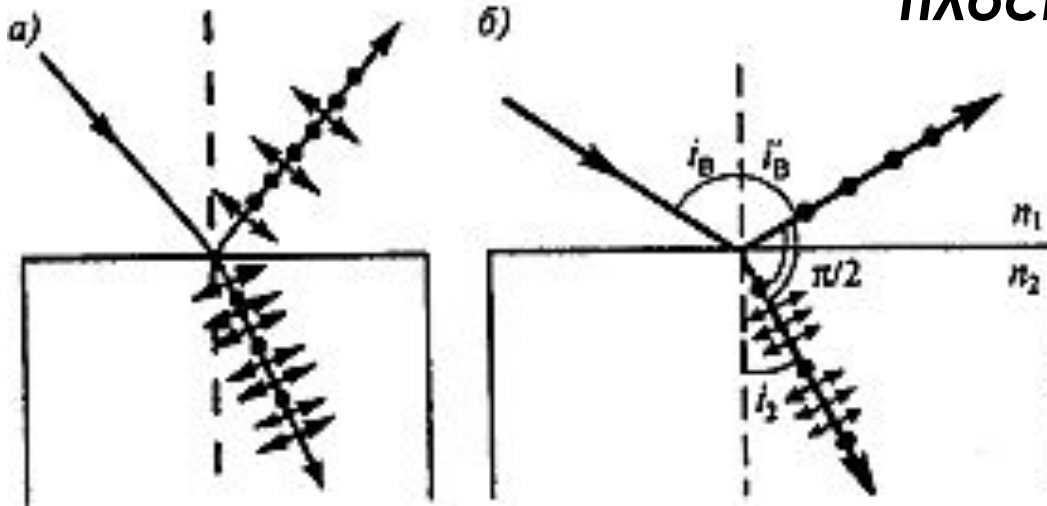
В отраженном луче преобладают колебания перпендикулярные плоскости падения, а в преломленном – колебания, лежащие в плоскости падения.

Совокупность пластинок называется **стопой Столетова**.

Если угол падения равен **углу Брюстера**, который определяется соотношением:

$$\operatorname{tgi}_B = n_{21}$$

то отраженный луч является **плоскополяризованным**.



Преломленный луч в этом случае поляризуется максимально, но не полностью.

2) Двойное лучепреломление.

Анизотропия - различные оптические свойства по определенным направлениям в кристалле.

Направление, по которому оптические свойства кристалла наиболее отличаются, называют **оптической осью кристалла** и ориентируют относительно характерных особенностей его геометрической формы.

Плоскость, проведенная через падающий луч и оптическую ось, проведенную в точке падения луча, называется **главной плоскостью** кристалла.

Кристаллы: исландский шпат, кварц, турмалин и др.

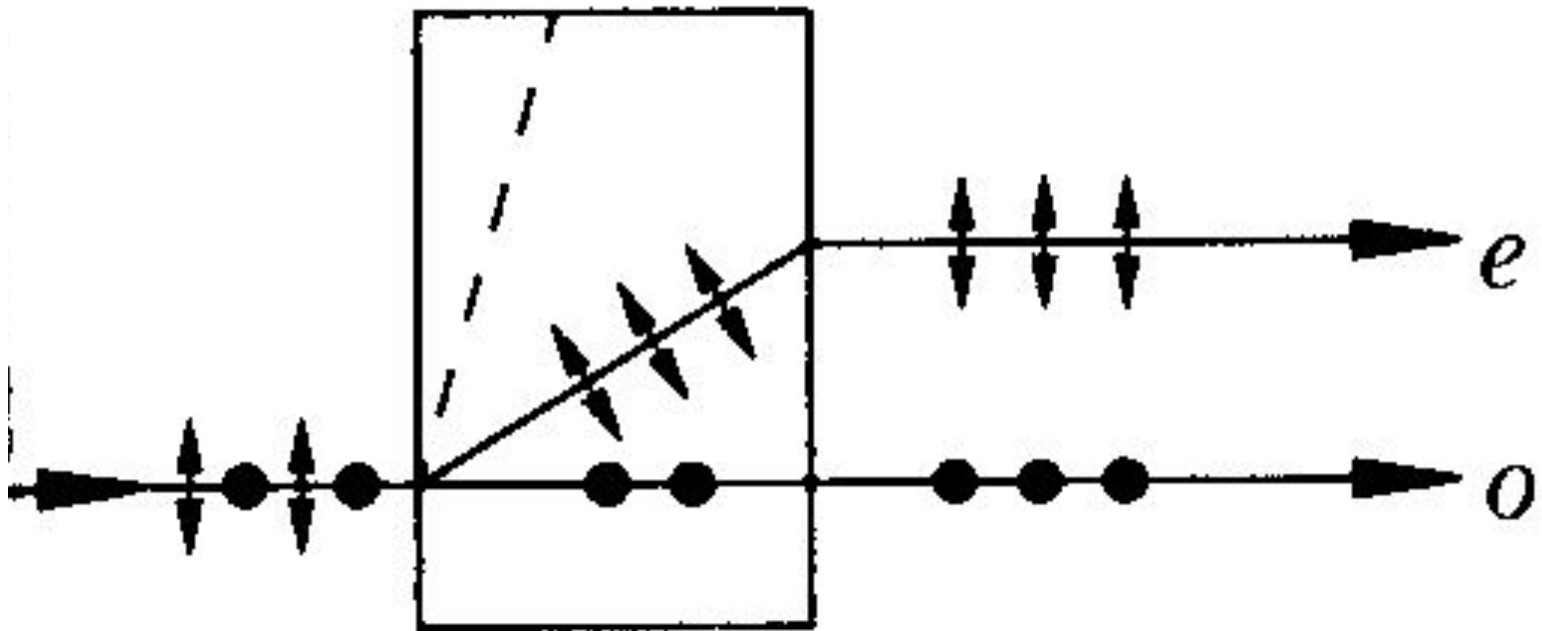
Двойное лучепреломление – это способность прозрачных кристаллов (кроме оптически изотропных кристаллов кубической системы) раздваивать каждый падающий на них световой пучок.

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 разделенных луча параллельных друг друга и падающему лучу.

Преломленный пучок разделяется на два:

один из них является продолжением первичного (называется **обыкновенным (o)**),
а второй отклоняется (называется **необыкновенным (e)**).

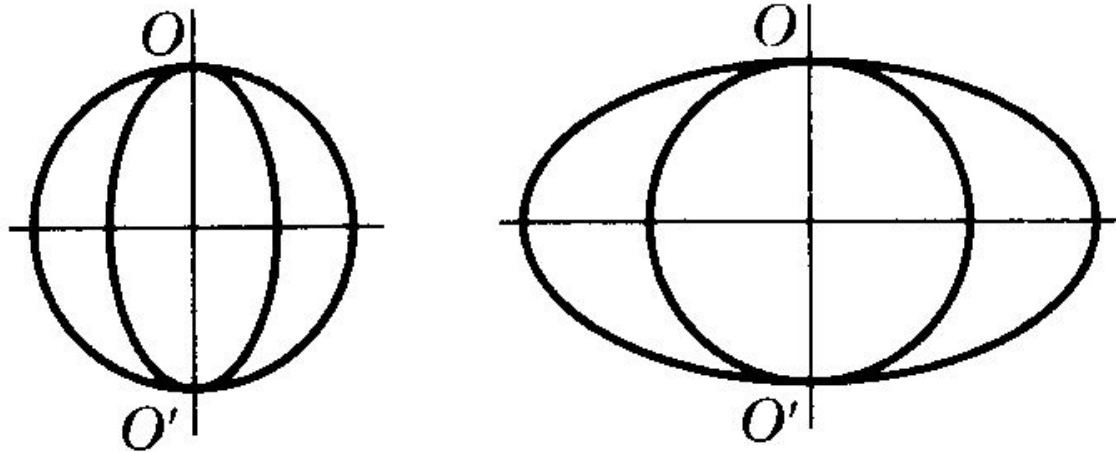


Один из лучей называется **обыкновенным (о)**:

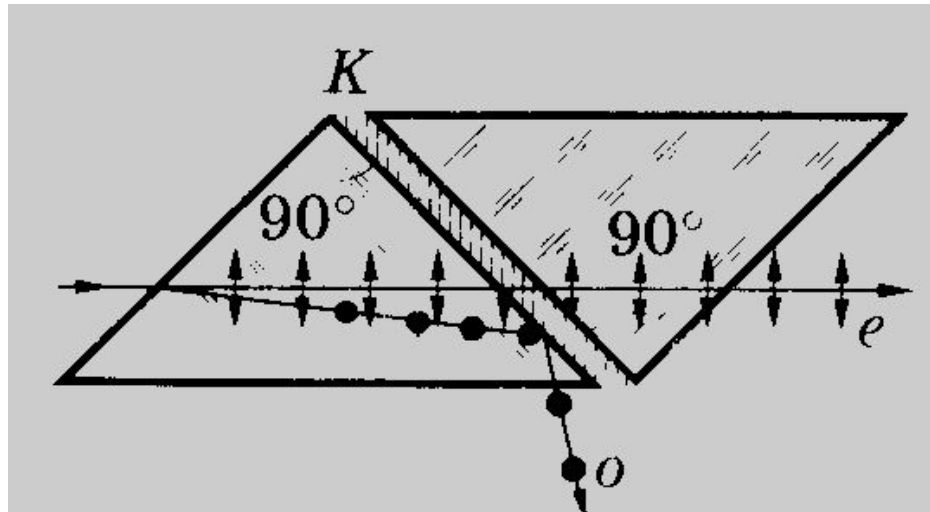
- подчиняется законам преломления,
- волновая поверхность – сферическая,
- плоскость колебания светового вектора перпендикулярно главной плоскости кристалла.

Другой луч называется **необыкновенным (е)**:

- не подчиняется законам преломления,
- волновая поверхность – эллиптическая,
- плоскость колебания светового вектора совпадает с главной плоскостью кристалла.



2.1) Призма Николя.



2.2) Дихроизм.

В некоторых кристаллах с двойным лучепреломлением обыкновенный луч поглощается значительно сильнее, чем необыкновенный. Такое явление называется **дихроизмом**.

Поляризаторы, использующие дихроизм, называются **поляроидами**.

Степень поляризации

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

где $I_{\max}$, $I_{\min}$ – максимальная и минимальная интенсивности поляризованного света.

$P = 0$ – для естественного света;

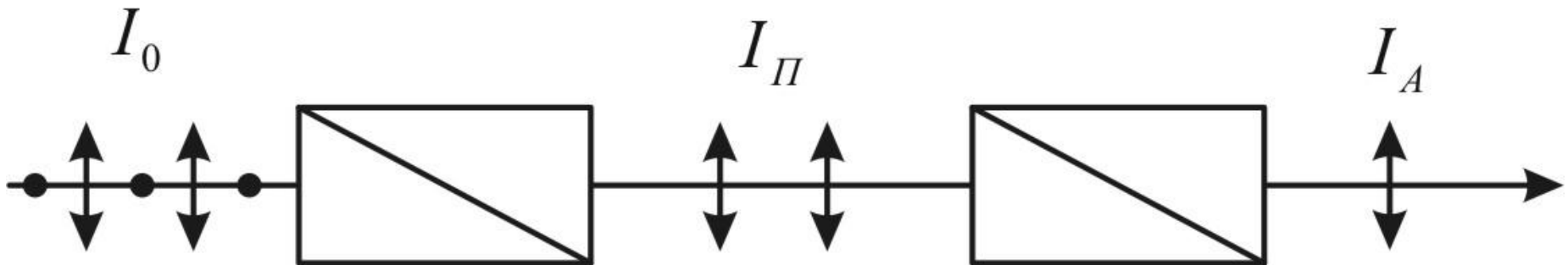
$P = 1$ – для поляризованного света.

6. Закон Малюса.

Пропустим естественный свет с интенсивностью $I_{ест}$ через поляризатор T_1 . 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**:

$$I_{\Pi} = I_A \cos^2 \psi$$



I_{Π} – интенсивность света, вышедшего из поляризатора;

I_A – интенсивность света, прошедшего через анализатор;

ψ – угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора.

$$I_{\Pi} = \frac{1}{2} I_0 \quad \alpha = \pi / 2 \quad I_A = 0$$

$$I_A = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha \text{ - без учета потерь света в } \Pi \text{ и } A;$$

$$I_A = \frac{1}{2} I_0 (1 - k_1)(1 - k_2) \cos^2 \alpha$$

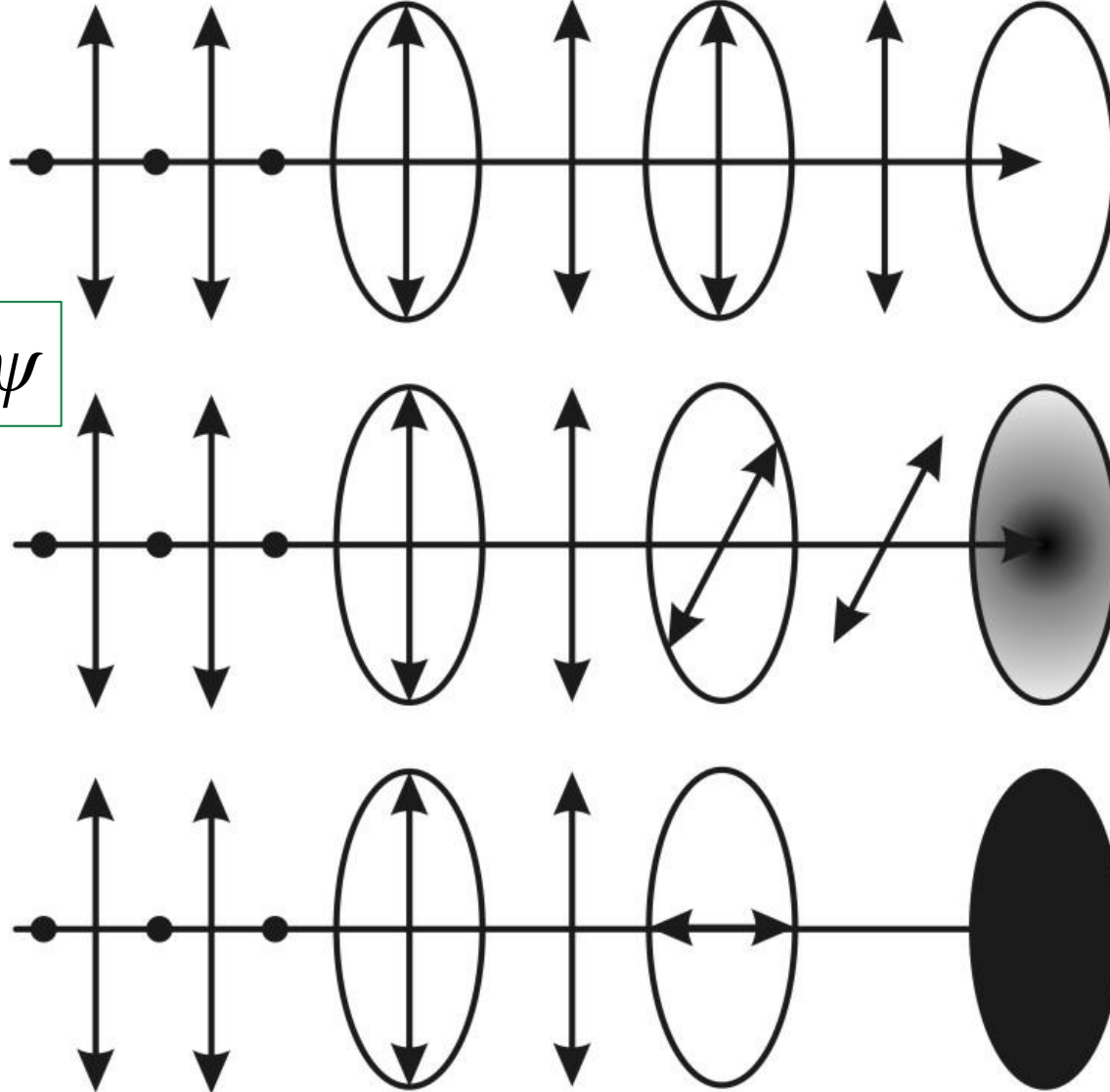
k_1, k_2 - коэффициенты поглощения света Π и A .

поле
зрения

Π

A

$$I_{\Pi} = I_A \cos^2 \psi$$



7. Оптически активные вещества.

Прохождение поляризованного света через некоторые анизотропные среды сопровождается поворотом плоскости его поляризации вокруг направления распространения света - это явление **вращения плоскости поляризации**.

Вещества, в которых наблюдается данное явление, называют **оптически активными веществами**.

Примерами твердых оптически активных веществ являются кварц, сахар, киноварь.

$$\alpha = \alpha_0 L$$

Коэффициент пропорциональности α_0 зависит от структуры вещества и называется **постоянной вращения** (град/мм).

Вращательная способность очень сильно зависит от частоты света.

Например, водный раствор сахара и глюкозы, скипидар, винная кислота, никотин.

Также к оптически активным веществам относятся: углеводы, гормоны, белки и аминокислоты.

$$\alpha = [\alpha_0]Cl$$

$[\alpha_0]$ – **удельное вращение** (град*см²/г), величина которого зависит от химической природы растворенного вещества и растворителя, от температуры и длины волны света

C – концентрация вещества,

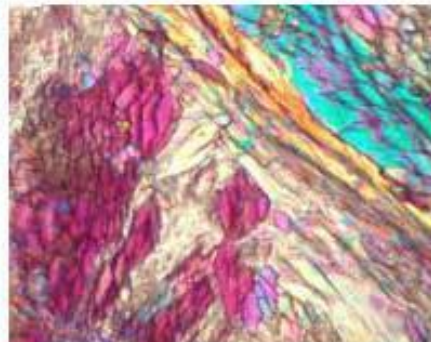
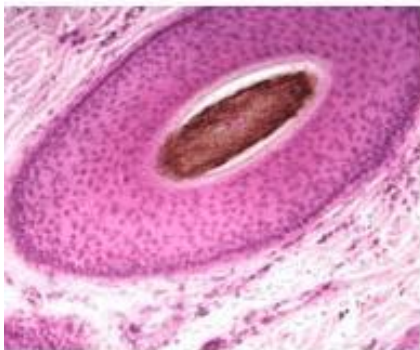
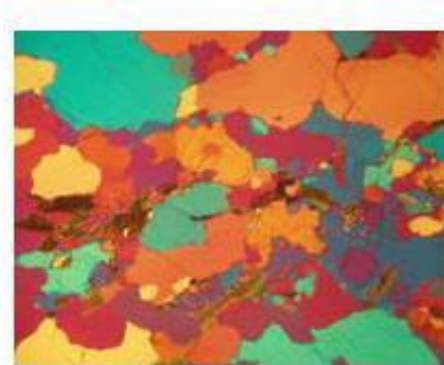
l – толщина слоя.

$$\alpha \sim \frac{1}{\lambda^2}$$

Оптически активные вещества могут быть **правовращающими** и **левовращающими**.

Правовращающие поворачивают плоскость поляризации по часовой стрелке, левовращающие – против часовой стрелки.

8. Применение.



Поляризационный микроскоп предназначен для обеспечения поляризационных методов исследования мелких образцов.

Микроскоп снабжен поляризатором, за ним следует диафрагма и конденсор, обычно двухкомпонентный. Верхний собирающий оптически сильный компонент конденсора может выключаться из хода лучей, когда требуется, чтобы через объект проходил относительно "параллельный" пучок света. Таким путем можно осветить объект плоско-поляризованным светом. Объективы и окуляры обычного типа, анализатор помещен в тубусе перед окуляром. Предпочтительно, чтобы анализатор был плоско параллельным, чтобы при его вращении не происходило смещение изображения. Вспомогательный анализатор с лимбом для измерения поворотов помещается над окуляром. В оптическую систему микроскопа вставлены два поляроида с плоскостями поляризации света, повернутыми друг относительно друга на 90° . Обычно в тубусе над объективом, а иногда и под окуляром, предусматриваются пазы с тем, чтобы на пути лучей можно было ввести различные компенсаторы.

Исследования с поляризационным микроскопом обычно помогают определить различные составляющие образцов горных пород; для этой цели шлифуется тонкий срез, который заклеивается между предметным и покровным стеклами. Если поместить шлиф между поляроидами то при прохождении света сквозь кристаллы, возникают эффекты преломления и интерференции, позволяющие точно измерить оптические константы и по ним определить соответствующие минералы.

