

# СВОЙСТВА СТЕКЛА

## Лекция 2

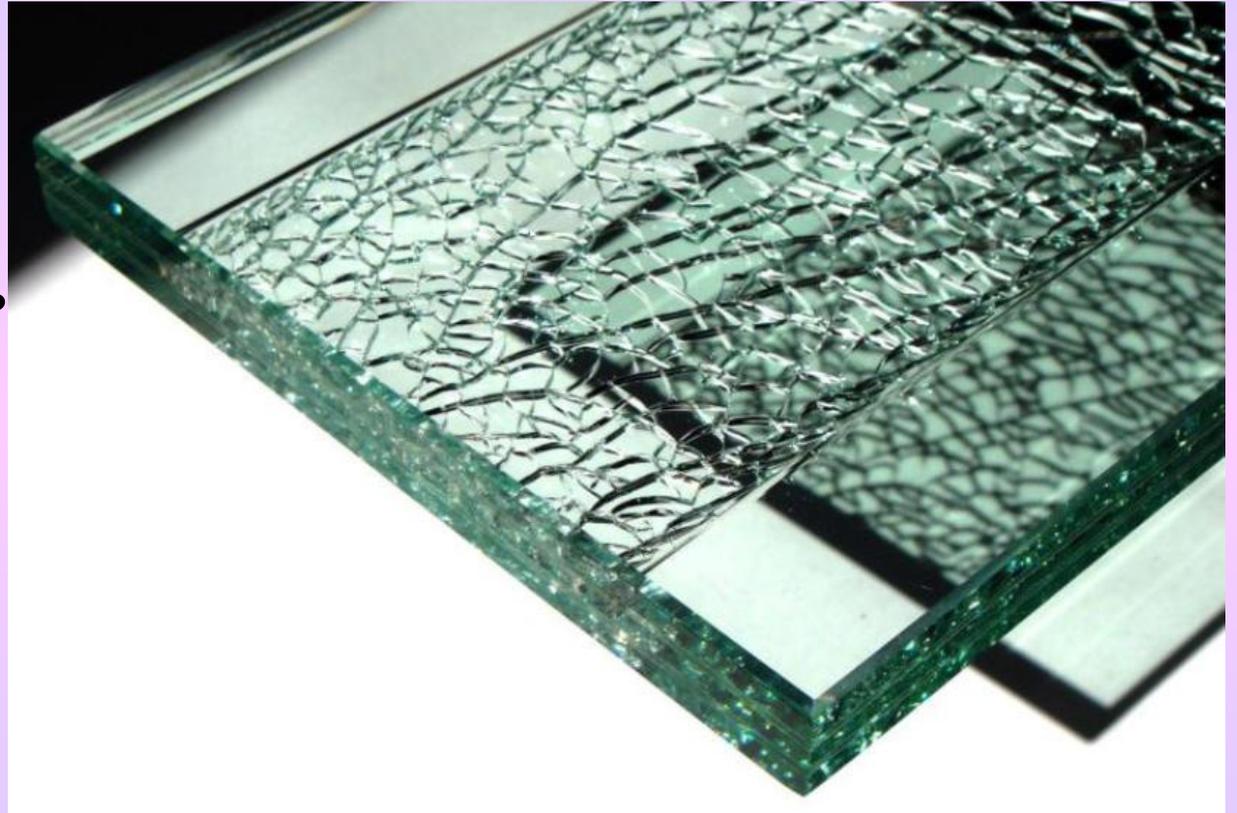
# Важными свойствами стёкол являются

- Механические
- Термические
- Электрические
- Оптические



# 1. Механические свойства:

- ▣ Плотность
- ▣ Упругость
- ▣ Прочность
- ▣ Твердость
- ▣ Хрупкость



# Плотность

Плотностью называется отношение массы тела к его объему.

$$\rho = m/V,$$

где  $\rho$  – плотность; г/см<sup>3</sup>;  $m$  – масса, г;  $V$  – объем, см<sup>3</sup>.

Стекло имеет плотность от 2,2 до 7,5 г/см<sup>3</sup>. Она определяется химическим составом. В состав тяжелых стекол (флинтгов) входит много свинца или оксид бария, в состав легких – окислы элементов с малой атомной массой – лития, бериллия, бора. Большинство промышленных строительных стекол (оконное, полированное, профильное) имеет плотность 2,5–2,7 г/см<sup>3</sup> в частности оконное - стекло 2,55 г/см<sup>3</sup>. Плотность стекол в некоторой степени зависит и от температуры. Так, с повышением температуры плотность стекол уменьшается.

# Упругость

- ▣ Твердые тела при нагрузке деформируются.
- ▣ **Упругая деформация** - деформация, исчезающая после прекращения действия нагрузки.
- ▣ **Пластическая деформация** – деформация, остающаяся после снятия нагрузки.
- ▣ Стекло в твёрдом состоянии испытывает **упругие деформации**.
- ▣ Стекло формовочной вязкости испытывает **пластические деформации**.

# Модуль упругости

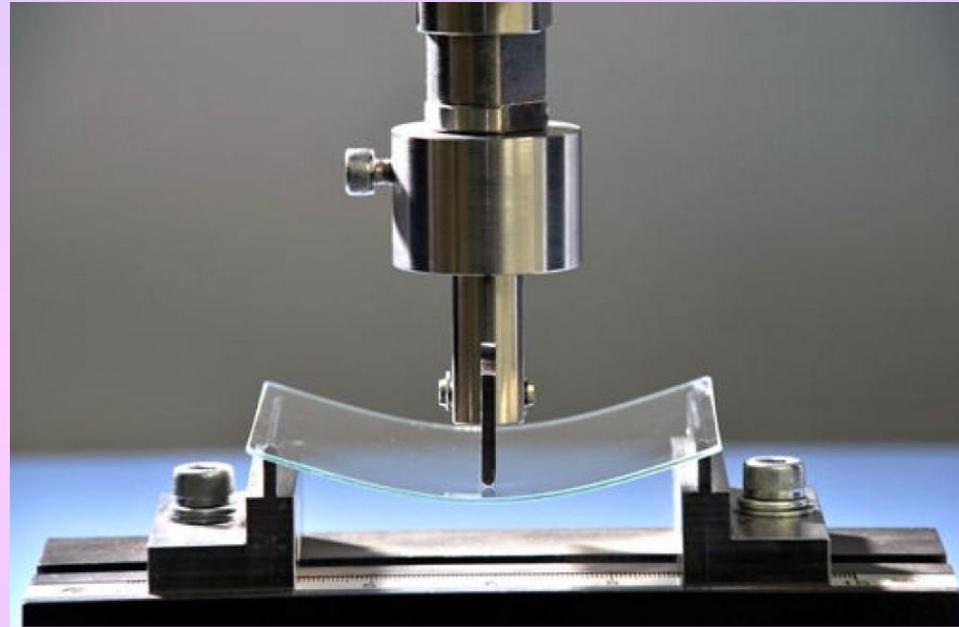
- Если приложить к стеклянному стержню, имеющему длину  $L$  и площадь сечения  $S$ , нагрузку  $P$ , то удлинение  $\Delta L$  при упругом удлинении стержня можно рассчитать по формуле:

- $$\Delta L = PL / ES, \text{ где}$$

- $E$  – модуль упругости, измеряемый в МПа. Чем больше значение  $E$ , тем меньше будет удлинение стержня при равных  $P$ ,  $L$  и  $S$ .
- Модуль упругости различных технических стёкол изменяется в пределах 480 – 830 МПа. При повышении температуры, значение  $E$  понижается

# Прочность

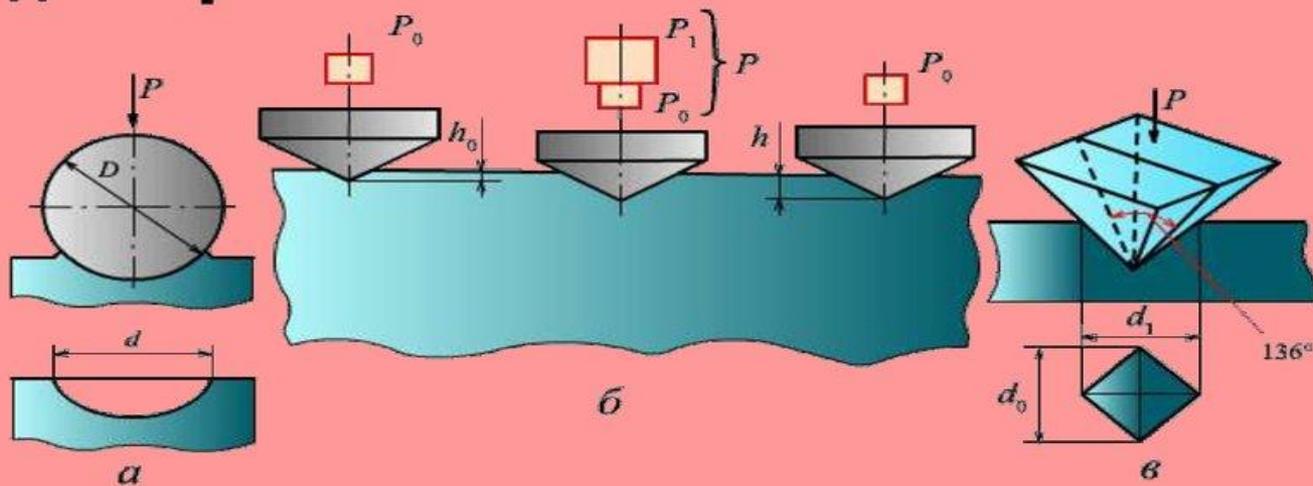
- ▣ Прочностью называется способность материала сопротивляться внутренним напряжениям, возникающим в результате действия внешних нагрузок. Прочность характеризуется пределом прочности. В зависимости от направления действия нагрузки определяют предел прочности при сжатии, растяжении, изгибе и т. д.



# Твердость.

## Испытание на твердость

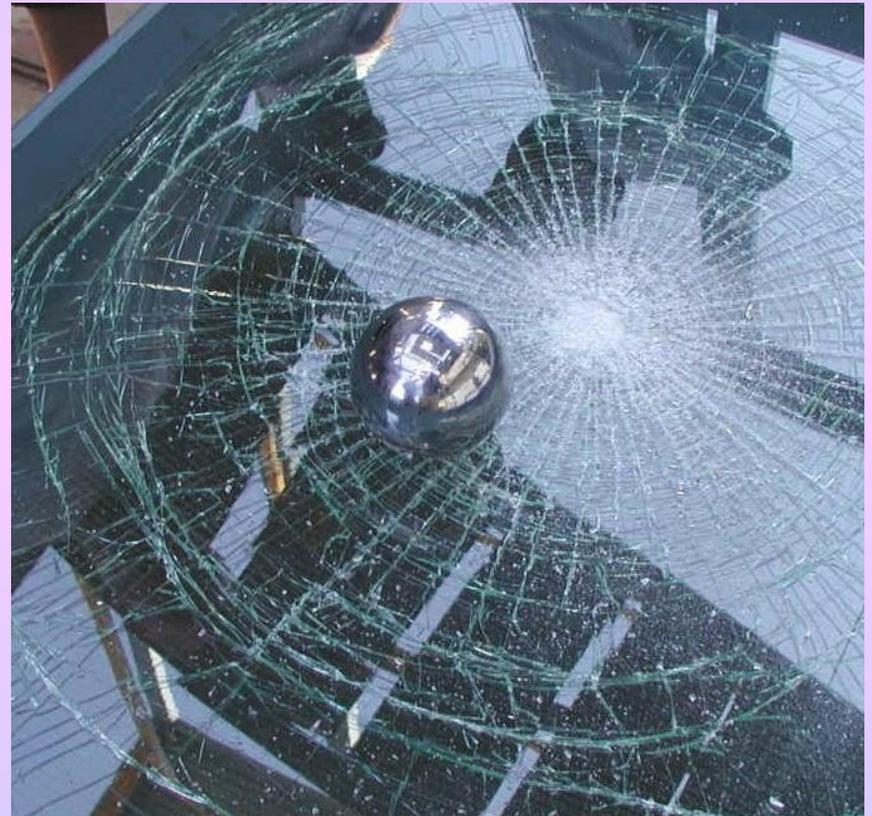
**Твердость** – способность материала оказывать сопротивление проникновению в него другого, более твердого тела – индентора.



Схемы определения твердости по Бринеллю(а), Роквеллу(б) и Виккерсу(в)

# Хрупкость.

- Хрупкость стекол определяется способностью противостоять удару. Большая хрупкость стекол ограничивает их применение. В лабораторных условиях вместо хрупкости определяют микрохрупкость стекла, которая измеряется числом микротрещин, образовавшихся на поверхности стекла при вдавливании в него алмазной пирамидки



## 2. Термические свойства

- Теплоёмкость
- Теплопроводность
- Температура начала размягчения
- Термическое расширение
- Термоустойчивость



# Теплоемкость.

- Удельная теплоемкость характеризуется количеством теплоты, необходимым для нагревания 1 г вещества на 1° С. Измеряется она в кал/г ·град, ккал/кг ·град (Дж/кг ·К).
- Стекла имеют удельную теплоёмкость от 0,08 до 0,25 кал/г ·град в зависимости от химического состава. Окислы тяжелых элементов PbO, BaO, как правило, понижают теплоемкость стекол, а окислы легких элементов типа Li<sub>2</sub>O повышают ее.
- С повышением температуры теплоемкость стекла увеличивается, причем до температуры начала размягчения она увеличивается незначительно, а при пластичном состоянии начинает возрастать быстрее. Увеличение теплоемкости стекла с повышением температуры происходит и в расплавленно-жидком состоянии.

# Теплопроводность

- Теплопроводность веществ измеряется количеством тепла, переносимым через единицу площади поперечного сечения образца в единицу времени при разности температур, равной единице:
- $Q = \lambda S \tau t/a$  , где  $Q$  — переносимое количество тепла, кал;  $\lambda$ , — коэффициент теплопроводности, кал/см · с · град или ккал/м · ч · град (вт/м град);  $S$  — площадь, через которую происходит теплопередача, см<sup>2</sup>;  $a$  — толщина образца, см;  $t$  — разность температур, °С;  $\tau$  — время, с.
- Стекло плохо проводит тепло. Коэффициент теплопроводности стекол 0,0017 — 0,032 кал/см · с · град, в частности для оконных стекол он равен 0,0023. Наибольший коэффициент теплопроводности имеет кварцевое стекло, поэтому при замене SiO<sub>2</sub> любыми другими окислами теплопроводность стекла понижается.
- С повышением температуры теплопроводность стекол увеличивается. Так, при нагревании стекла до его температуры начала размягчения величина ее повышается примерно в два раза.

# Температура начала размягчения

- Температура начала размягчения стекла характеризует температуру, при которой стекло (стеклоизделие) начинает деформироваться. Она играет существенную роль при производстве стекла. Например, температуру отжига стекла принимают обычно на  $20 - 30^\circ \text{C}$  ниже температуры начала его размягчения, с тем чтобы изделие не деформировалось при тепловой обработке.
- Температура начала размягчения стекла в основном определяется его химическим составом. Тугоплавкие окислы (размягчающиеся при высоких температурах), такие, как  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , повышают температуру начала размягчения стекла, легкоплавкие окислы типа  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$  понижают ее.
- Наивысшей температурой начала размягчения обладает кварцевое стекло ( $1200 - 1500^\circ \text{C}$ ). Большинство обычных строительных стекол, в том числе и оконное, начинает размягчаться при  $550 - 700^\circ \text{C}$ .

# Тепловое (термическое) расширение

- Твердые тела при нагревании увеличиваются в объеме. Увеличение линейных размеров тела при нагревании и есть тепловое линейное расширение
- Коэффициент термического расширения важно знать при спаивании (спекании или сваривании) разных стекол, при производстве сортовых или листовых накладных стекол. Коэффициенты теплового расширения совмещаемых стекол должны быть близкими по величине, в противном случае такое изделие разрушится по шву от возникших напряжений

# Термическая устойчивость

- Термической устойчивостью (термостойкостью) называют способность стекла выдерживать, не разрушаясь, резкие изменения температуры. Термическая устойчивость играет существенную роль для стекол, которые используются в условиях резкой смены температуры.
- Когда стекло охлаждается, его наружные слои стремятся уменьшиться в объеме. Этому препятствуют внутренние слои, остывающие медленно из-за малой теплопроводности стекла. Образующиеся напряжения между наружными и внутренними слоями приводят к разрушению стекла. Те же процессы протекают и при резком нагревании стекла

# 3. Электрические свойства

- Электрическая проводимость
- Диэлектрическая проницаемость
- Диэлектрические потери
- Диэлектрическая прочность



# Электрическая проводимость стёкол

- **Электрическая проводимость стёкол** при нормальной температуре ничтожна, поэтому стёкла можно использовать в качестве изоляторов. При повышении температуры электрическая проводимость стёкол возрастает. Различают объёмную и поверхностную эл. проводимость.
- Объёмная эл. проводимость возникает, когда электрический ток в стёклах переносится наиболее подвижными ионами, входящими в структуру стекла. При нормальной температуре подвижность ионов в стекле мала. При повышении температуры удельная электрическая проводимость возрастает. Эл. ток в стёклах переносится подвижными щелочными ионами, поэтому возрастание содержания щелочных оксидов увеличивает эл. проводимость стёкол, а повышение содержания оксидов трёх- и четырёхвалентных металлов  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  уменьшает электрическую проводимость.
- Поверхностная электрическая проводимость возникает при взаимодействии поверхности стеклянных изделий с влагой атмосферы. Образующаяся при этом на поверхности плёнка достаточно хорошо проводит электрический ток.
- Электрическую проводимость стёкол учитывают при использовании стекла в качестве изолятора и при электрической варке стекла.

# Диэлектрическая проницаемость

- диэлектрической проницаемостью называется безразмерная величина, показывающая, во сколько раз ёмкость конденсатора, между обкладками которого находится стекло, больше, чем у такого же конденсатора, между обкладками которого существует вакуум.
- Диэлектрическая постоянная стекла учитывается при подборе составов стёкол для электровакуумных приборов высокой частоты и изменяется от 3,8 у кварцевого стекла до 16 у стёкол с высоким содержанием свинца.

# Диэлектрические потери

- При использовании стекла в качестве прокладки конденсатора часть энергии, подводимой к его обкладкам, поглощается стеклом и называется диэлектрическими потерями

# Диэлектрическая прочность

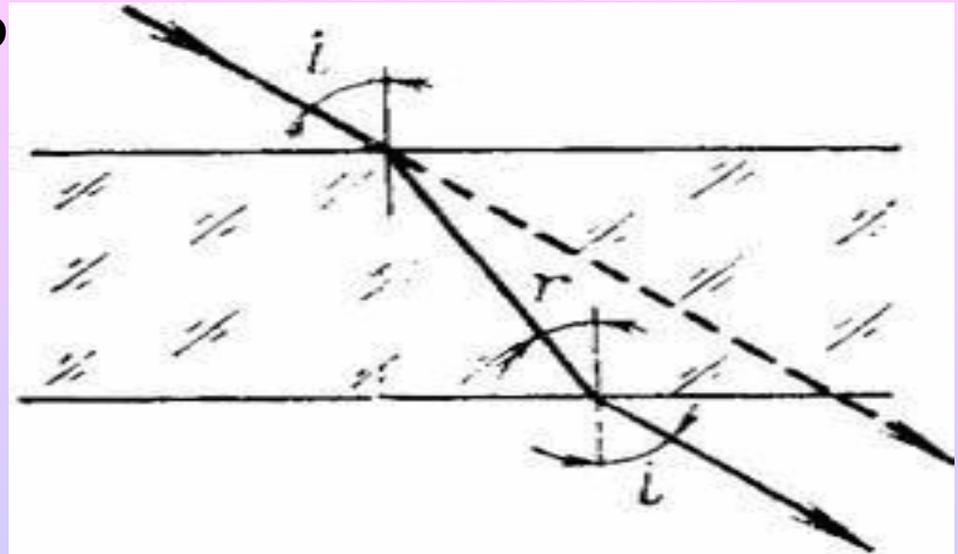
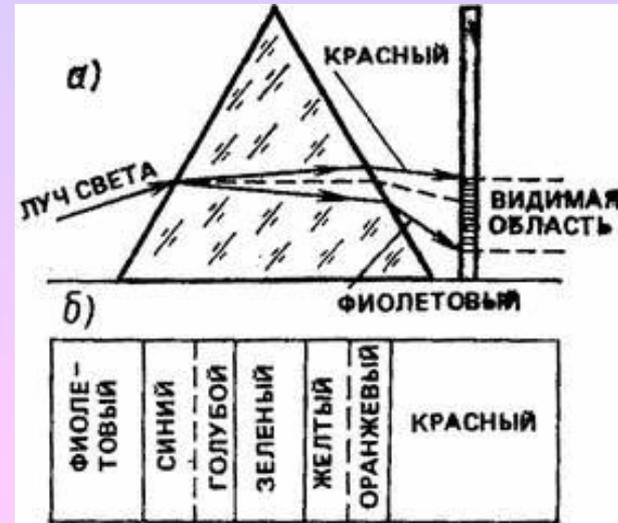
- ▣ Диэлектрическая прочность характеризует способность стекла выдерживать высокое напряжение без разрушения и ухудшения диэлектрических свойств.

# 4. Оптические свойства стекол

- ▣ Преломление
- ▣ Отражение
- ▣ Рассеяние
- ▣ Оптические свойства стекол связаны с характерными особенностями взаимодействия световых лучей со стеклом. Именно оптические свойства определяют красоту и своеобразие декоративной обработки стеклоизделий.

# Преломление света

- Преломление света — это изменение направления распространения света при его переходе из одной среды в другую



# Отражение света



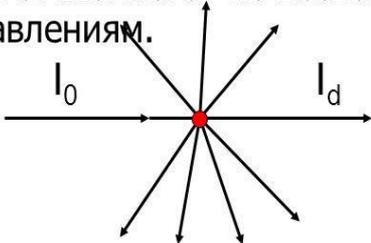
- ▣ **Отражение света** — явление, наблюдаемое при падении света на поверхность раздела двух оптически разнородных сред и состоящее в образовании отраженной волны, распространяющейся от поверхности раздела в ту же среду, из которой приходит падающая волна.

# Рассеяние света

- **Рассеяние света** — явление, наблюдаемое при распространении световых волн в среде с беспорядочно распределенными неоднородностями и состоящее в образовании вторичных волн, которые распространяются по всевозможным направлениям.
- В обычном прозрачном стекле рассеяния света практически не происходит. Если поверхность стекла неровная (матовое стекло) или в толще стекла равномерно распределены неоднородности (кристаллы, включения), то световые волны не могут пройти через стекло без рассеяния и поэтому такое стекло непрозрачно.

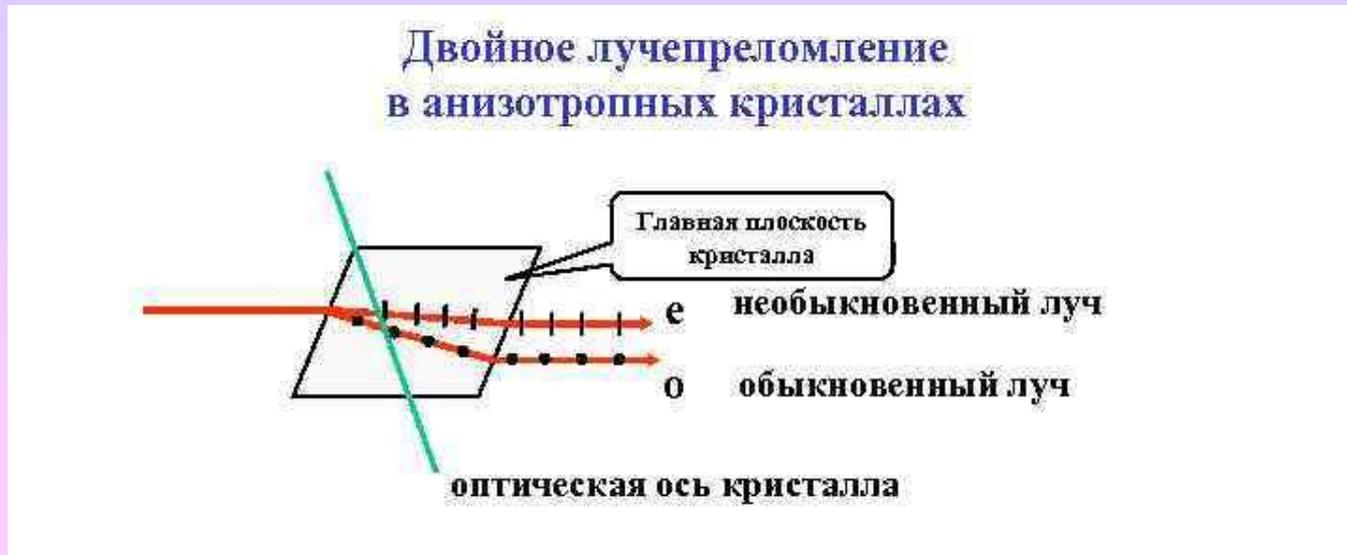
## Рассеяние света

- Явление, при котором распространяющийся в среде световой пучок отклоняется по всевозможным направлениям.



MyShared

# Двойное лучепреломление



- раздвоение луча света при прохождении через среду с различными свойствами по разным направлениям (например, большинство кристаллов). Луч света, входящий в кристалл, разлагается на два луча — обыкновенный и необыкновенный. Скорости распространения этих лучей различны.
- Это явление используется для контроля качества термической обработки стекла, главным образом отжига

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ.**