

СВОЙСТВА СТЕКЛА

Лекция 2

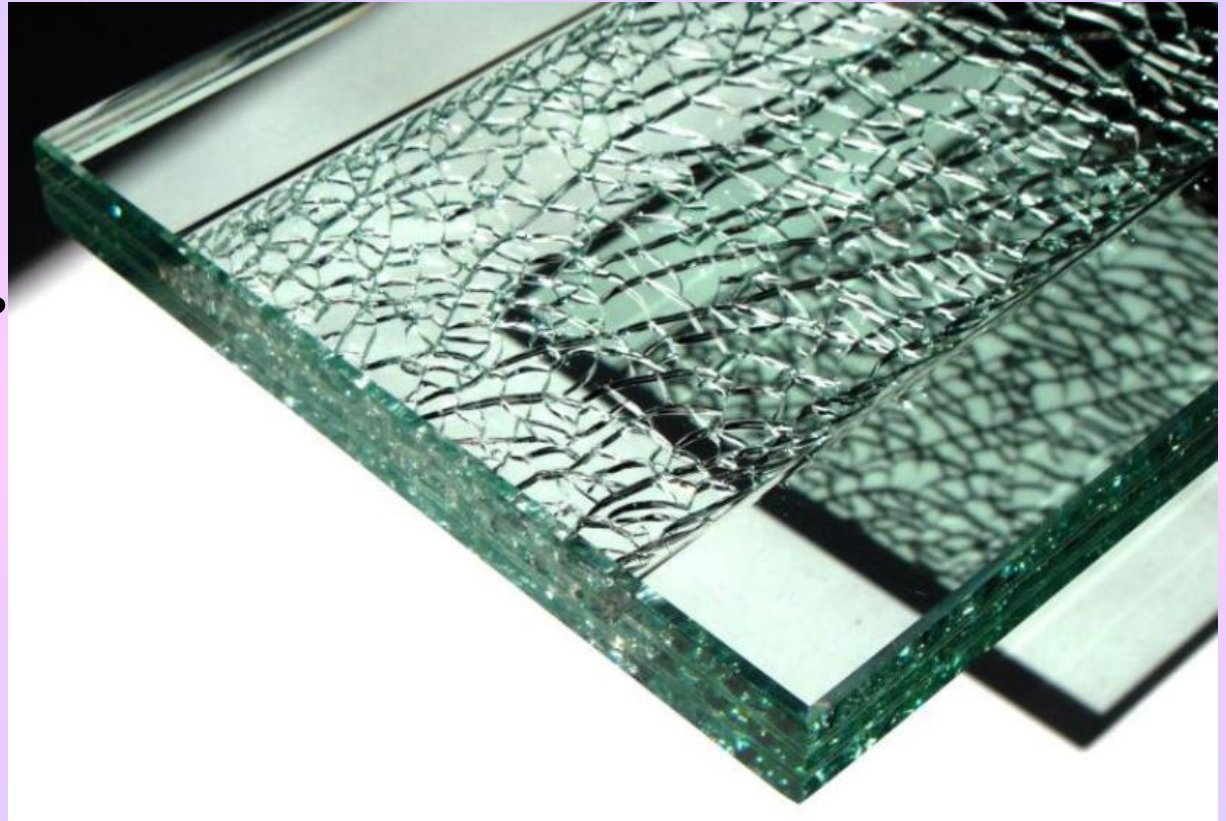
Важными свойствами стёкол являются

- 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 ρ – плотность; г/см³; m – масса, г; V – объем, см³.

Стекло имеет плотность от 2,2 до 7,5 г/см³. 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/см³ в частности оконное - стекло 2,55 г/см³. 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

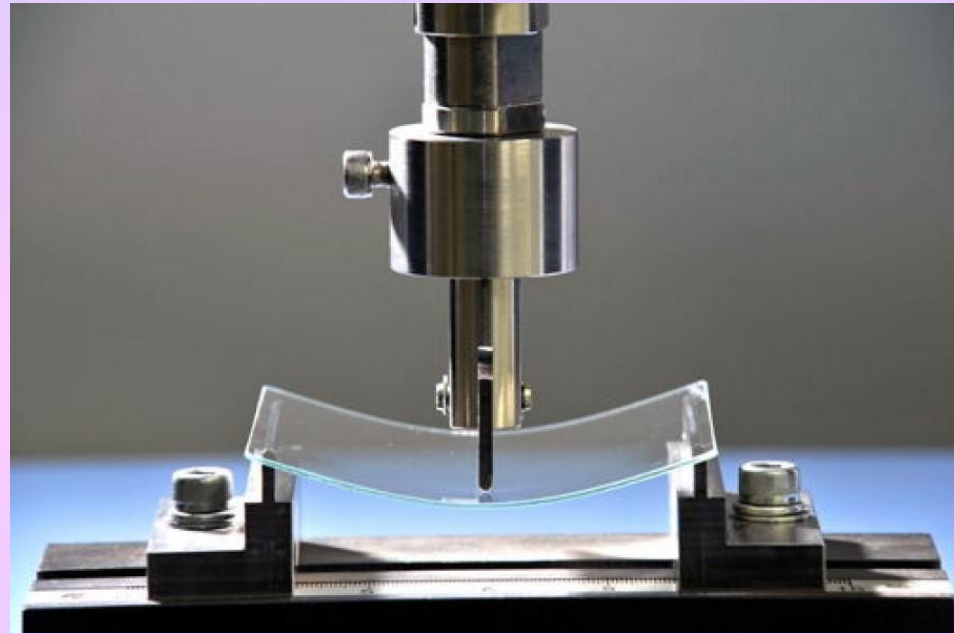
- Если приложить к стеклянному стержню, имеющему длину L и площадь сечения S , нагрузку P , то удлинение ΔL при упругом удлинении стержня можно рассчитать по формуле:

- $$\Delta L = PL / ES, \text{ где}$$

- 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

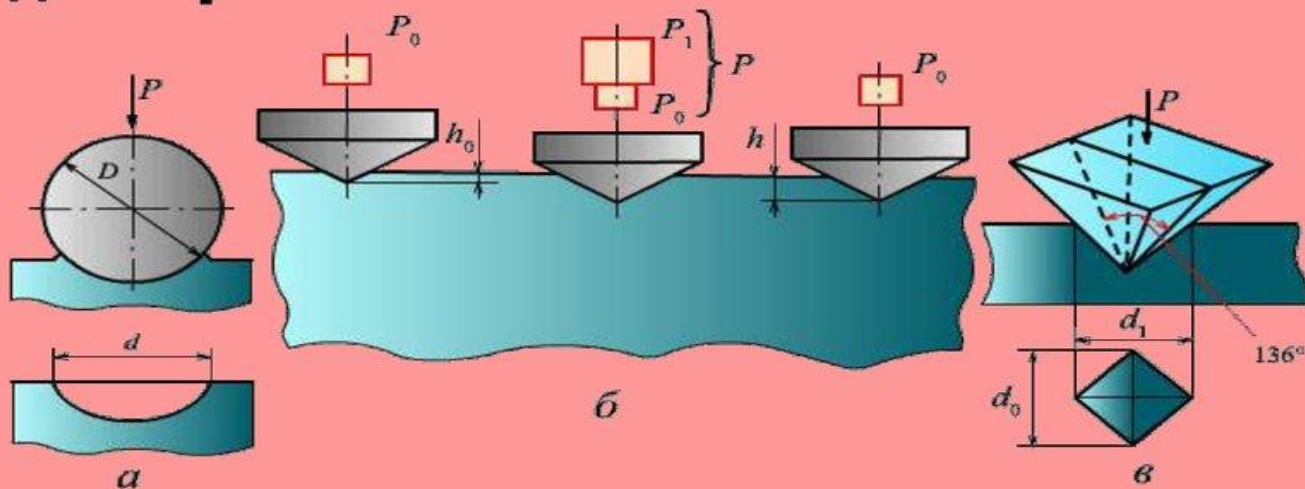
- ▣ Прочностью называется способность материала сопротивляться внутренним напряжениям, возникающим в результате действия внешних нагрузок. Прочность характеризуется пределом прочности. В зависимости от направления действия нагрузки определяют предел прочности при сжатии, растяжении, изгибе и т. д.



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 Li₂O 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; λ , — коэффициент теплопроводности, кал/см · с · град или ккал/м · ч · град (вт/м град); S — площадь, через которую происходит теплопередача, см²; a — толщина образца, см; t — разность температур, °С; τ — 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 SiO₂ 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 SiO_2 , Al_2O_3 , повышают температуру начала размягчения стекла, легкоплавкие окислы типа Na_2O , K_2O , Li_2O 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 SiO_2 , ZrO_2 , V_2O_3 , Al_2O_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

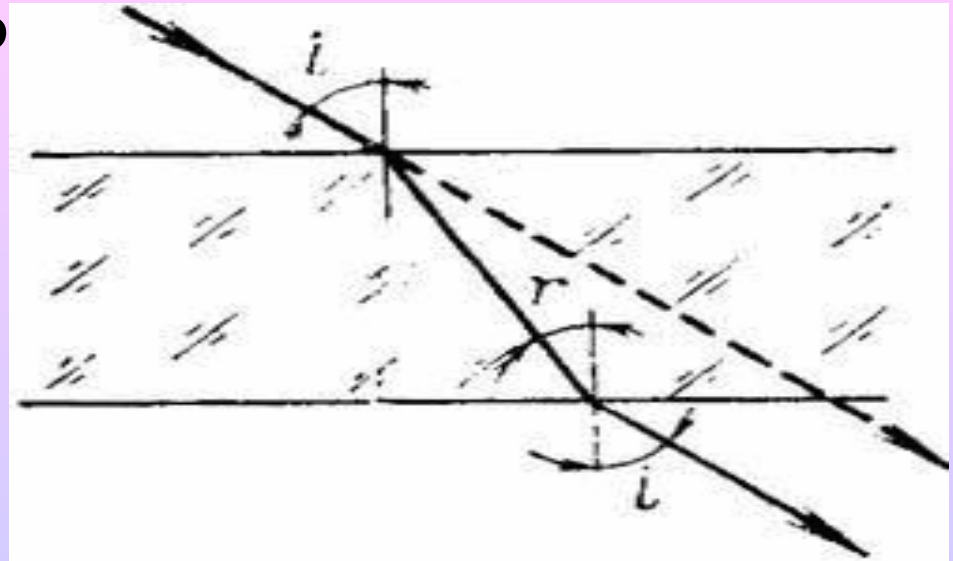
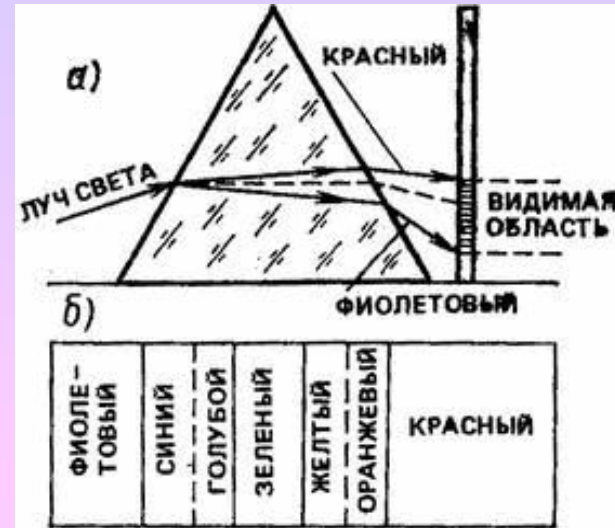
- ▣ Диэлектрическая прочность характеризует способность стекла выдерживать высокое напряжение без разрушения и ухудшения диэлектрических свойств.

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



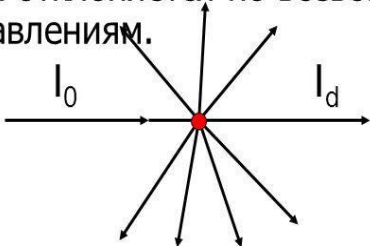
- ▣ **Отражение света** — явление, наблюдаемое при падении света на поверхность раздела двух оптически разнородных сред и состоящее в образовании отраженной волны, распространяющейся от поверхности раздела в ту же среду, из которой приходит падающая волна.

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

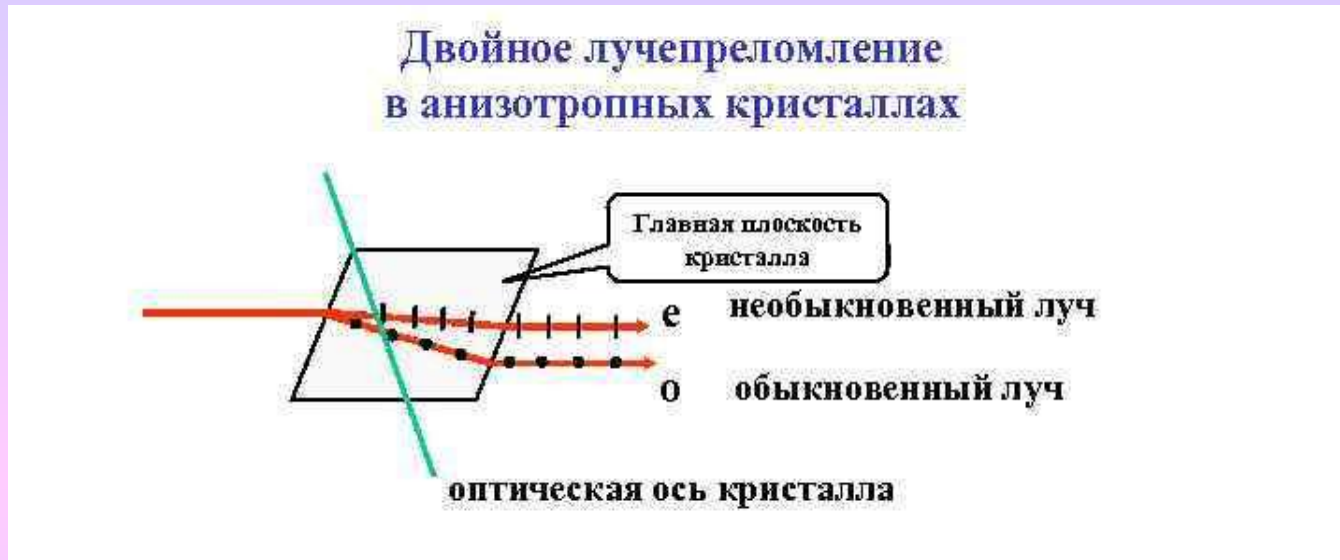
- Явление, при котором распространяющийся в среде световой пучок отклоняется по всевозможным направлениям.



The diagram shows a horizontal line representing an incident light ray with intensity I_0 entering from the left. At a central point, marked with a red dot, the light is scattered in multiple directions. Several arrows radiate outwards from this point, representing scattered rays. One of these scattered rays is labeled I_d .

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.