

## Свойства твердых тел. Упругие свойства твердых тел. Закон Гука. Плавление и кристаллизация.

Цель:

- Сформировать понятия «кристаллическое тело», «аморфное», объяснить процессы кристаллизации и плавления на основе м.-к. теории.
- Развивать умения выделять главное, сравнивать, делать выводы, работать самостоятельно.
- Воспитывать ответственность, трудолюбие, взаимоуважение.

Вид занятия: комбинированный урок.

Оборудование: Таблица «Кристаллы», модели кристаллических решеток, мультипроектор, презентация «Свойства твердых тел»

### ХОД УРОКА

#### 1. Актуализация опорных знаний через фронтальный опрос:

- ✓ Основные положения м.-к. теории;
- ✓ Дайте характеристику вещества в твердом состоянии.
- ✓ Как называется переход вещества из жидкого состояния в твердое? Из твердого в жидкое?

#### Тема « Свойства жидкостей»

1 вариант:

1. Что характеризует поверхностное натяжение жидкостей? От чего оно зависит?
2. Почему дождевые капли и маленькие капельки росы имеют почти шарообразную форму?
3. Почему трудно вытирать мокрые руки шерстяной тряпкой?
4. Этиловый спирт поднялся по капиллярной трубке на 22 мм. Рассчитайте радиус трубки. Коэффициент поверхностного натяжения спирта равен  $2,2 \cdot 10^{-2} \text{Н/м}$ , плотность спирта -  $8 \cdot 10^2 \text{кг/м}^3$ .

2 вариант:

1. Приведите примеры действия сил поверхностного натяжения.
2. Какую форму принимают капли жидкости в условиях невесомости? Почему?
3. Почему место паяния тщательно очищают от жира, грязи и окислов?
4. Найдите коэффициент поверхностного натяжения воды, если в капилляре диаметром 1 мм она поднимается на высоту 32,6 мм. Плотность воды  $10^3 \text{кг/м}^3$ .

#### 2. Изучение нового материала.

Давайте посмотрим вокруг себя. Что мы видим? Как вы думаете, что объединяет все эти предметы?

Студент: Все эти тела твёрдые.

Да, большинство тел которые нас окружают- это твёрдые тела. Именно так и называется наша новая глава «Твёрдые тела»

Мы живём на поверхности твёрдого тела – земного шара, в домах, построенных из твёрдых тел.

Оказывается, наше тело, хотя и содержит примерно 65% воды (мозг – 80%), тоже твёрдое.

Орудие труда сделано из твердых тел. Знать свойства твердых тел необходимо!

В любой отрасли техники используются свойства твердого тела: механические, тепловые, электрические, оптические и т. д. Все большее применение в технике находят кристаллы. Вы, наверное, знаете о заслугах советских ученых — академиков, лауреатов Ленинской и Нобелевской премий А. М. Прохорова и Н Г Басова в создании квантовых генераторов. Действие современных оптических квантовых генераторов — лазеров — основано на использовании свойств монокристаллов (рубина и др.)

Какими свойствами обладают твёрдые тела?

Студент:

- 1) Они сохраняют форму и объём.

2) В строении имеют кристаллическую решётку.

Все твёрдые тела делятся на кристаллические и аморфные. Мы рассмотрим, в чём их сходство и различие.

Что такое кристаллы?

**Кристаллы** - это твёрдые тела, атомы или молекулы которых занимают определённые, упорядоченные положения в пространстве. Поэтому кристаллы имеют плоские грани.

Например крупинка повар. соли. Если мы посмотрим через лупу, то увидим что крупинка поваренной соли имеет плоские грани, составляющие друг с другом прямые углы. Или снежинка так же имеет правильные формы.

Запишем определение.

Кристаллические тела делятся на монокристаллы и поликристаллы.

Приставка «поли» означает много, приставка «моно» означает одно.

**Поликристаллы** - это твёрдые тела, состоящие из большого числа кристаллов, беспорядочно ориентированных друг относительно друга (сталь, чугун...)

**Монокристаллы** - одиночные кристаллы (кварц, слюда...)

Идеальная форма кристалла имеет вид многогранника. Такой кристалл ограничен плоскими гранями, прямыми ребрами и обладает симметрией.

Но монокристаллы в природе встречаются редко. Такой кристалл можно вырастить в искусственных условиях

Мы видим, что кристалл имеет правильную внешнюю форму.

Однако правильная внешняя форма не единственное и даже не самое главное следствие упорядоченного строения кристалла. Главное – это зависимость физических свойств от выбранного в кристалле направления. И это свойство называется Анизотропией.

**Анизотропия** – различие в физических свойствах от выбранного в кристалле направления. Например, кусок слюды легко расслаивается в одном направлении, кристалл графита (легко расслаивается на чешуйки), древесина (расслаивается).

Не все твёрдые тела – кристаллы. Существуют так же множество аморфных тел.

**Аморфные тела** - это твёрдые тела, где сохраняется только ближний порядок в расположении атомов. (Кремнезём, смола, стекло, канифоль, сахарный леденец, янтарь).

Например, кварц может находиться как в кристаллическом состоянии, так и аморфном - кремнезём.

!!А посмотрим ещё на рисунок снежинок в учебнике. Какое ещё свойство кристалла можно назвать? !!!

Студент: Симметричность

!!Ещё очень интересное свойство снежинок, - нет двух одинаковых!!

А теперь сравним свойства аморфных тел.

Попробуем сформировать, что такое изотропия?

**Изотропия** - физические свойства одинаковы по всем направлениям.

Упругость, текучесть (про смолу), про стекло (изображение искривляется),

Воск (Свечка)

Они не имеют постоянной температуры плавления и обладают текучестью. Аморфные тела изотропны, при низких температурах они ведут себя подобно кристаллическим телам, а при высокой подобно жидкостям.

«Вот это стул – на нем сидят. Вот это стол – за ним едят». Вы помните, конечно, эти стихи С. Я. Маршака? А давайте теперь спросим себя, что происходит со стулом, когда на нем кто-то сидит?

*Мотивация: знание механических свойств, поведение материалов при деформациях необходимо для строительства домов, мостов, станков и т.д.*

Если этот стул сделан из твердого дерева, - а вам известны и металлические, и пластмассовые твердые стулья, - то на глаз ничего не заметить. Но если это плетеный стул, а еще лучше с брезентовым или матерчатым сидением, то сразу можно увидеть, как оно прогибается под нашим весом. Встаем – и прогиб исчез.

Теперь представим себя на песчаном пляже. Если мы плюхнулись на мокрый песок, то, поднявшись, обнаружим контуры своего тела, отпечатавшиеся на берегу. То же самое произойдет и

с воском, глиной, мягким гипсом или пластилином – все они «откликнутся» на наши усилия (**вес** либо **давление**) и запечатлеют их. Благодаря этому можно лепить из глины скульптуры или посуду, наложить гипс на сломанную руку, сделать свечу из расплавленного воска или парафина.

Выходит, каждое тело по-своему отзывается на действие других тел. Одни легко восстанавливают свою измененную форму, другие так и «застывают» в том виде, какой им придали. Такие нарушения формы тел в науке называют **деформациями**. В первом случае их именуют **упругими**, а во втором – **пластическими**. **Хрупкие материалы** – разрушаются при небольших деформациях (стекло, фарфор, чугун).

О деформациях чрезвычайно важно знать, когда изготавливается, например, мебель или строят здания, возводят мосты или льют металл. Вообразите, что вам предложили сесть на стул из мягкой глины, либо есть пластилиновой вилкой. Или, наоборот, попросили вылепить скульптуру из куска алюминия.

Не умеет человек рассчитать деформации, он не смог бы построить высоченные телебашни, раскинуть в космосе ажурные металлические конструкции, заставить летать самолеты и плыть - корабли.

А если вам захочется поэкспериментировать с деформациями, что называется, не напрягаясь, засуньте в рот пластинку жевательной резинки. Подумайте, с какими видами деформации вы теперь можете столкнуться?

Изложение нового материала начинается с постановки **проблемы: что происходит с твердыми телами при различных видах деформаций на молекулярном уровне?**

Решение проблемы начинается с демонстрации простейших опытов с пружинкой или линейкой и кусочком пластилина.

Затем необходимо, чтобы студенты сами попытались дать четкое определение деформации.

**Деформацией твердого тела называют изменение объема тела, обычно сопровождающееся изменением его формы под воздействием внешних сил, при нагревании или охлаждении.**

Следует выяснить чем отличаются деформации, возникающие в кусочке пластилина от деформации, возникающей в пружине при ее растяжении или сжатии.

**Деформации, которые полностью исчезают при снятии деформирующих факторов, называются упругими. Деформации, которые не исчезают при снятии деформирующих факторов, являются пластическими.**

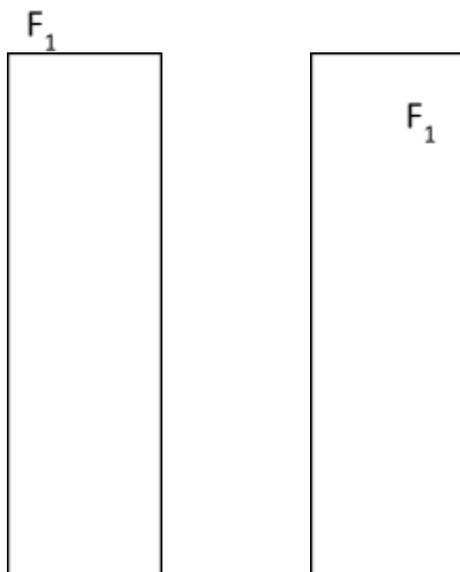
Упругость или пластичность тел в основном определяется материалом, из которого они изготовлены. Например, сталь и резина упруги, а медь и воск пластичны.

При деформации твердого тела частицы, расположенные в узлах кристаллической решетки, смещаются друг относительно друга. Сила упругости  $F_{упр}$ , возникающая при деформации тела, всегда направлена в сторону, противоположную смещению частиц тела. При изложении материала студенты заполняют предложенный опорный конспект:

#### **Виды деформаций.**

Упругие деформации, возникающие в телах, весьма разнообразны. Различают четыре основных вида деформаций: растяжение (или сжатие), сдвиг, кручение и изгиб.

Наиболее часто при эксплуатации различных конструкций приходится рассчитывать упругие деформации растяжения или сжатия.



Деформацию растяжения (сжатия) тела характеризуют его **относительным удлинением**  $\varepsilon$  – отношением абсолютного удлинения  $\Delta l = l - l_0$  к первоначальной длине  $l_0$ . При деформации сдвига  $\varepsilon = \text{tg } \theta$ .

Самостоятельно заполните таблицу:

Вид деформации	Проявление (применение) в природе и технике
Растяжение	Тросы, канаты, цепи в подъемных устройствах
Сжатие	Столбы, канаты, стены, фундаменты зданий
Сдвиг - смещение слоев относительно друг друга	Балки в местах опор, заклепки, болты, скрепляющие детали
Срез – сдвиг при больших углах	При работе ножницами, долотом, пилой
Изгиб	Нагруженная подставка
Кручение	Завинчивание гаек, валы машин, сверла

Приложенная к телу внешняя сила  $F$  создает внутри него нормальное механическое напряжение.

**Напряжение (Па)** – величина, измеряемая отношением модуля  $F$  силы упругости к площади поперечного сечения  $S$  тела:

При малых деформациях тел всегда выполняется закон Гука:

$$F = k|\Delta l|.$$

Коэффициент упругости зависит от материала стержня и его геометрических размеров:

Коэффициент  $E$ , входящий в эту формулу, называют **модулем упругости** или  $F_1$  **модулем Юнга** (характеризует сопротивляемость материала

$$k = E \frac{S}{l_0}$$

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

упругой деформации растяжения (сжатия).

Для большинства широко распространенных материалов модуль Юнга определен экспериментально. Модуль Юнга для некоторых веществ приведен в таблице в опорном конспекте.

Подставляя в формулу закона Гука выражение для  $k$ , получим:

$$\sigma = E|\varepsilon|.$$

Это выражение называется **законом Гука для твердых тел**.

**Пример решения задачи на применение закона Гука для твердых тел.**

Латунная проволока диаметром 0,8 мм имеет длину 3,6 м. Под действием силы 25 Н проволока удлиняется на 2 мм. Определить модуль Юнга для латуни.

**Решение.** Из формулы закона Гука  $\sigma = E|\varepsilon|$  находим:

или, учитывая, что

$$\sigma = \frac{F}{S},$$

Так как

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad \text{и} \quad |\varepsilon| = \frac{|\Delta l|}{l_0},$$

$$E = \frac{F l_0}{S \cdot |\Delta l|}.$$

$$S = \frac{\pi d^2}{4}, \quad \text{то} \quad E = \frac{4Fl_0}{\pi d^2 \cdot |\Delta l|}; \quad E = 9 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2.$$

Большое значение для усвоения материала имеет просмотр учебного **видеофильма «Виды деформаций»**, в котором весьма наглядно, на молекулярном уровне показан механизм каждого вида деформаций.

В опорном конспекте представлена зависимость между напряжением и относительной деформацией, получившей название **диаграммы растяжения**.

Точка D соответствует пределу прочности. Так для стали он равен  $7,85 \cdot 10^8$  Па, а для меди  $2,45 \cdot 10^8$  Па.

Прочностью материала называется его способность выдерживать нагрузки без разрушения.

**Пример решения задачи на предел прочности материала.**

*К проволоке из углеродистой стали подвешен груз массой 100 кг. Длина проволоки 1 м, диаметр 2 мм. Модуль Юнга для стали  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па, предел прочности 330 МПа. На сколько увеличится длина проволоки? Превышает приложенное напряжение или нет предел прочности?*

**Решение.** Из формулы закона Гука находим

$$\Delta l = lF / (ES),$$

где  $l$  – длина проволоки;  $\Delta l$  – изменение длины;  $F = mg$  – сила, действующая на проволоку;  $S = \pi d^2/4$  – площадь поперечного сечения проволоки.

Таким образом,

$$\Delta l = \frac{4lmg}{\pi d^2 E};$$

$$\Delta l = \frac{1 \text{ м} \cdot 100 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 4}{2 \cdot 10^{11} \text{ Па} \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} = 1,57 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 1,57 \text{ мм}.$$

Найдем приложенное нормальное напряжение:

Полученное значение  $\sigma$  не превышает заданного предела.

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{4mg}{\pi d^2};$$

$$\sigma = \frac{100 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 4}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} = 3,12 \cdot 10^8 \text{ Па} = 312 \text{ МПа}$$

Предел прочности многих материалов значительно больше предела упругости. Такие материалы называются **вязкими**. Они обладают и упругой и пластической деформациями. К ним относятся медь, цинк, железо и др.

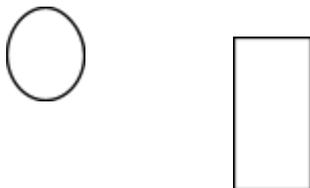
Материалы, у которых отсутствует область упругих деформаций, относятся к **пластическим**, например воск, глина, пластилин.

Способность изделия противостоять значительной деформации или разрушению зависит не только от качества материала, но также и от формы изделия и вида воздействия.

Например, если лист обыкновенной бумаги положить на опоры и сверху нагрузить, то он сильно прогнется под действием силы тяжести груза:



А теперь попробуйте сложить ваш лист бумаги «гармошкой» и повторить этот опыт. Лист практически не прогнется. Такая способность многих материалов используется для перекрытия



больших площадей.

Многим из вас известно существование так называемых «падающих» башен. Например Пизанская башня. Ее корпус на протяжении многих лет остается наклоненным и башня не падает.

#### **Интересно знать:**

В конце XIX в. партию брюк, отправленных из Европы в Америку, упаковали и сложили в трюме.

Брюки слежались так, что появились «стрелки».

Американцы с восторгом восприняли новую, как им подумалось, европейскую моду, которая затем распространилась по всему миру.

Что произошло с тканью в «стрелке»?

#### **Характеристика процессов плавления и кристаллизация.**

**Плавление вещества** – переход вещества из твердого состояния в жидкое.

Этот фазовый переход всегда сопровождается поглощением энергии, т. е. к веществу необходимо подводить теплоту. При этом внутренняя энергия вещества увеличивается.

Плавление происходит только при определенной температуре, называемой температурой плавления. Каждое вещество имеет свою температуру плавления. Например, у льда  $t_{пл}=0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Пока происходит плавление, температура вещества не изменяется.

**Кристаллизация (затвердевание) вещества** – переход вещества из жидкого состояния в твердое.

Это процесс, обратный плавлению. Кристаллизация всегда сопровождается выделением энергии, т. е. от вещества необходимо отводить теплоту. При этом внутренняя энергия вещества уменьшается. Она происходит только при определенной температуре, совпадающей с температурой плавления.

Пока происходит кристаллизация, температура вещества не изменяется.

- **Переохлаждение.** Эксперимент. Охлаждение гипосульфита. Гипосульфит расплавляется в пробирке ( $t_{пл}=48^{\circ}\text{C}$ ) и остается в ней в жидком состоянии при комнатной температуре. Если бросить в пробирку кристаллик гипосульфита, встряхнуть, то начнется быстрая кристаллизация.

Переохлаждение чистой воды нередко наблюдается в природе. Капельки тумана могут не замерзнуть даже при сильных морозах.

### **3. Закрепление:**

#### **а) Фронтальный опрос.**

- Чем отличаются кристаллические тела от аморфных?
- Что такое анизотропия? Изотропность?
- Приведите примеры монокристаллических, поликристаллических и аморфных тел.
- Почему у аморфных тел нет определенной температуры плавления?

#### **б) Устный опрос.**

1. Чем отличаются аморфные тела от кристаллических? (Аморфные тела отличаются от кристаллических строением атомов, а так же свойствами)

2. Возникла бы профессия стеклодува, если бы стекло было кристаллическим телом, а не аморфным? (Нет, не возникла, т.к., если бы стекло было бы кристаллическим телом, оно бы не изменяло свои свойства под воздействием температуры).

3. Кубик, вырезанный из монокристалла, нагреваясь, может превратиться в параллелепипед. Почему это возможно? (Вследствие анизотропии расширение в разных направлениях может быть различным).

4. Какого вида деформации испытывают: а) ножка скамейки (сжатие); б) сиденье стула (изгиб); в) натянутая струна гитары (растяжение); с) винт мясорубки (кручение); д) сверло (кручение и сжатие); е) зубья пилы (сдвиг)?

5. Можно ли подвергнуть деформации сдвига части вашего тела?

**в) Качественные задачи.**

1. Какого вида деформации испытывают стены зданий? Тросы подъемного крана? Рельсы на железной дороге? Бумага при резании?
2. Какого вида деформации испытывают ножка скамейки? Сиденье скамейки? Натянутая струна гитары? Винт мясорубки? Зубья пилы?
3. Какого вида деформации возникают в перекладине, когда гимнаст делает полный оборот «солнце»?

**г) решение задач.**

Верхний конец металлического стержня закреплен, а к нижнему подвешен груз в 20 кН. Длина стержня 5 м, площадь поперечного сечения  $4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ . Найти напряжение материала, относительное удлинение стержня, если модуль Юнга  $2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ .

### Самостоятельная работа

#### Тема «Строение и свойства твердых тел»

1 вариант:

1. Чем отличаются по физическим свойствам кристаллические тела от аморфных?
2. Почему в таблицах температур плавления различных веществ нет температуры плавления стекла?
3. Дайте определение плавления. Почему во все время процесса плавления температура кристаллического тела не изменяется?

2 вариант:

1. Чем отличаются аморфные тела от кристаллических?
2. Почему кусок слюды легко расслаивается в горизонтальном направлении на тонкие пластинки, а в направлении, перпендикулярном пластинкам, расслаивается гораздо труднее?
3. Почему в мороз снег скрипит под ногами?

**Домашнее задание:**

1. Заполните таблицу «Деформации в быту»

Упругие				Пластические
растяжение (сжатие)	Изгиб	Кручение	Сдвиг (срез)	

2. Конспект. Доклады на тему: «Жидкие кристаллы и их применение», «Кристаллы и их применение».
3. Характеристика кристаллов и аморфных тел. Заполнение таблицы.

	кристаллы	аморфные тела
характеристика		
примеры		

свойства		
----------	--	--

## Приложение 1

**Роберт Гук** (1635 – 1703) – английский физик, известный трудами по теплоте, оптике, небесной механике. Открыл закон упругости твердых материалов. Усовершенствовал микроскоп, первым с его помощью описал клетки растений. Изобрел барометр, дождемер, ватерпас, один из видов телескопов.