

Твердое тело и его характеристики. Закон Гука. Плавление и кристаллизация

Лекция №26

Задачи на повторение

- ▶ **Задача №1**
За счёт какого источника энергии поднимается жидкость в капилляре? Как высота подъёма жидкости в капилляре зависит от его диаметра?
- ▶ **Задача №2**
Почему смачивающая жидкость образует в капиллярах вогнутый мениск, а несмачивающая - выпуклый?
- ▶ **Задача №3**
Если налить в стакан воду и бросить туда небольшой кусочек пробки, то, покачавшись, пробка «причалит» к стенке. Как заставить пробку плавать в центре стакана?
- ▶ **Дополнительное задание на оценку!**
Выясните опытным путём, смачивается ли водой резина, алюминий, чугун, стеарин (свеча), листья комнатных растений (герань, фиалки, фикусы...), органическое стекло, фарфор, пластилин и т.д. Самостоятельно сформируйте таблицу и занесите в неё полученные результаты. Поясните результаты. Будет очень замечательно, если данные таблицы вы сопроводите рисунками ;-)

Ответы

- ▶ *Ответ 1: За счёт внутренней энергии жидкости. Высота подъёма жидкости в капилляре обратно пропорциональна диаметру капилляра.*
- ▶ *Ответ 2: Смачивающая жидкость образует в капилляре вогнутый мениск, так как сила притяжения между молекулами жидкости и твёрдого тела больше силы притяжения между молекулами жидкости. А несмачивающая жидкость образует в капилляре выпуклый мениск, поскольку сила притяжения между молекулами жидкости и твёрдого тела меньше силы притяжения между молекулами жидкости.*
- ▶ *Ответ 3: Осторожно наполните стакан водой чуть выше краёв. Поверхностное натяжение воды придаст свободной поверхности на краях небольшую выпуклость, и пробка сдвинется к центру.*

Задумайся

- Мы живем на поверхности твердого тела - земного шара, в сооружениях, построенных из твердых тел.
- Наше тело, хотя и содержит 65% воды (мозг - 80%) тоже считают твердым.
- Орудия труда, машины, также сделаны из твердых тел. Специальная область физики - физика твердого тела, изучает строение и свойства твердых тел.
- В промышленности широко используют свойства твердого тела: механические, тепловые, электрические, оптические.

ЖИДКОСТЬ

кристаллизация

парообразование

плавление

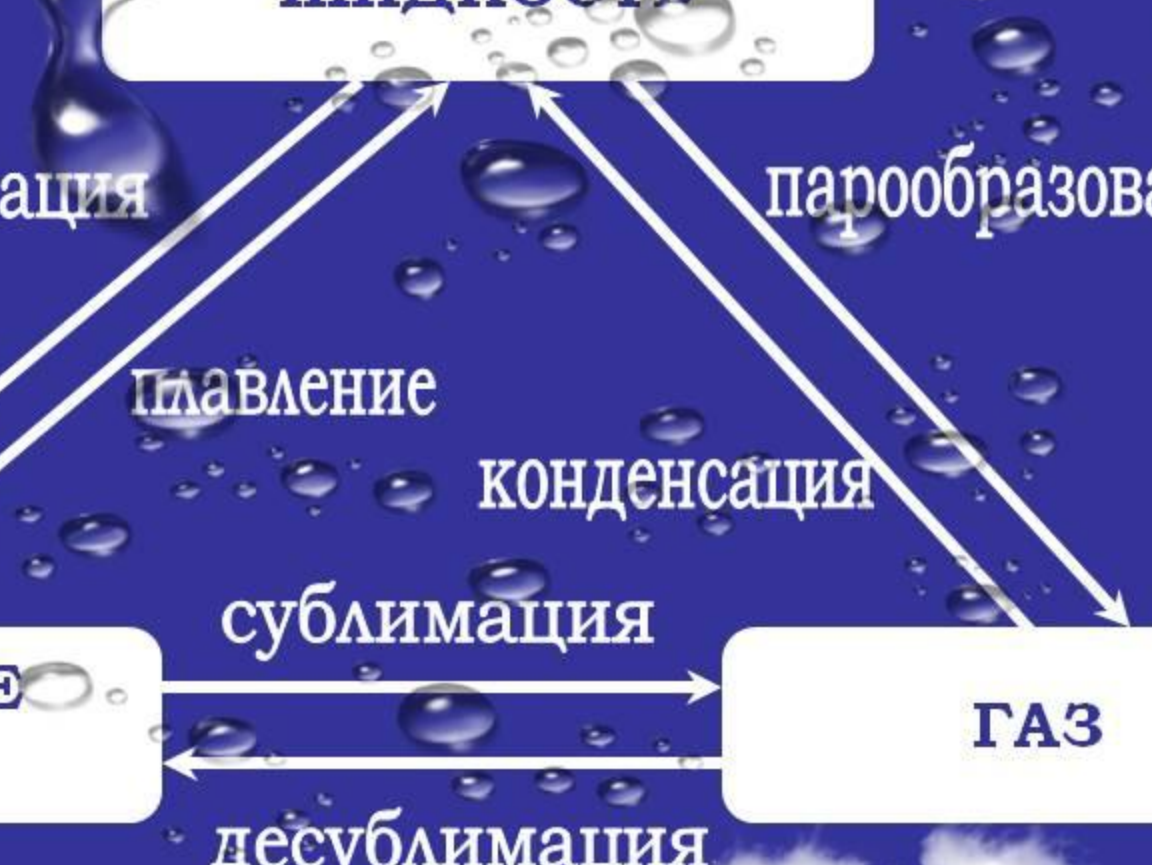
конденсация

сублимация

**ТВЕРДОЕ
ТЕЛО**

ГАЗ

десублимация



Плавление и отвердевание кристаллических тел

☀️ Переход вещества из твердого состояния в жидкое называют **плавлением**.

☀️ Температуру, при которой вещества плавятся, называют **температурой плавления** вещества.

☀️ Переход тела из жидкого состояния в твердое называют **отвердеванием** или **кристаллизацией**.

☀️ Температуру, при которой вещество отвердевает, называют **температурой отвердевания**.

Вещества отвердевают при той же температуре, при которой плавятся

Виды твёрдых тел

- 1. кристаллические** – атомы или молекулы расположены упорядоченно. Образую кристаллическую решётку, т.е. существует **дальний порядок** в расположении атомов
- 2. аморфные** – есть **ближний порядок** в расположении атомов и молекул
- 3. композиты** - **искусственно созданный** неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов с чёткой границей раздела между ними.

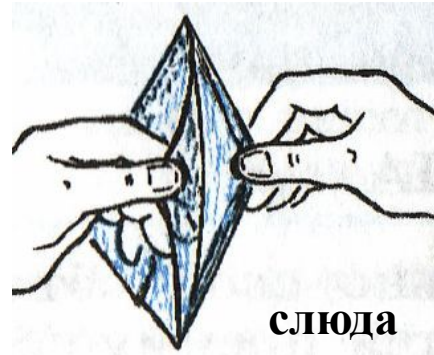
Кристаллы – это твердые тела, атомы или молекулы которых занимают определённые, упорядоченные положения в пространстве (периодичность дальнего порядка)



снежинка



кристалл
воды



слюда

Кристаллик сахара



Поваренная соль (NaCl)



Кристалл медного купороса



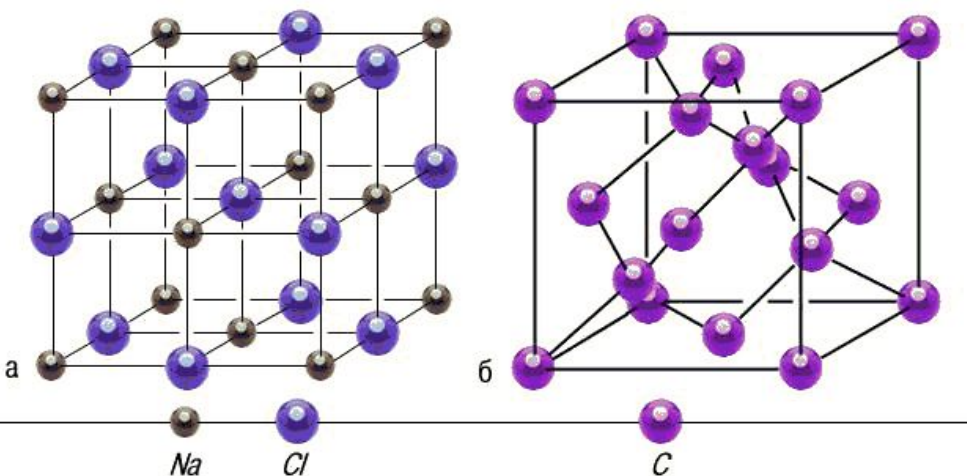
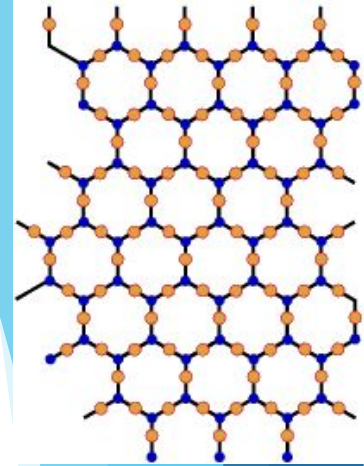
Кристаллы меди (Cu)



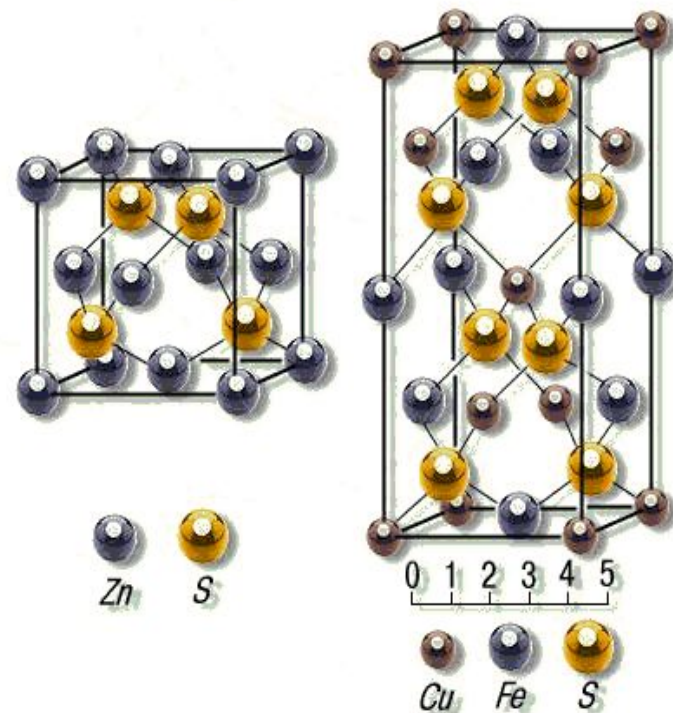
Кристаллическая сера

Что общего вы заметили?

Главное в кристалле – **правильная внешняя форма**,
а также *зависимость физических свойств от*
направления в кристалле – **анизотропия**.



Структура каменной соли (а) и алмаза (б).



Кристаллическая структура
сфалерита (слева) и халькопирита
(справа).

Сравнительная характеристика

Алмаз

Необычайно твердый

Прозрачный

Не проводит электрический ток
(диэлектрик)

Имеет большую теплопроводность

Обработанные алмазы- брильянты

Графит

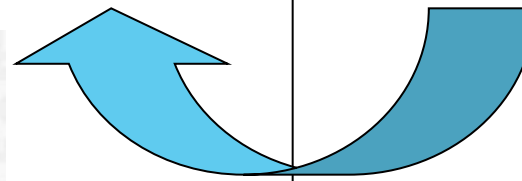
Мягко (легко расщепляется)

Непрозрачен

Электропроводен
(изготавливают электроды)

Жаропрочен

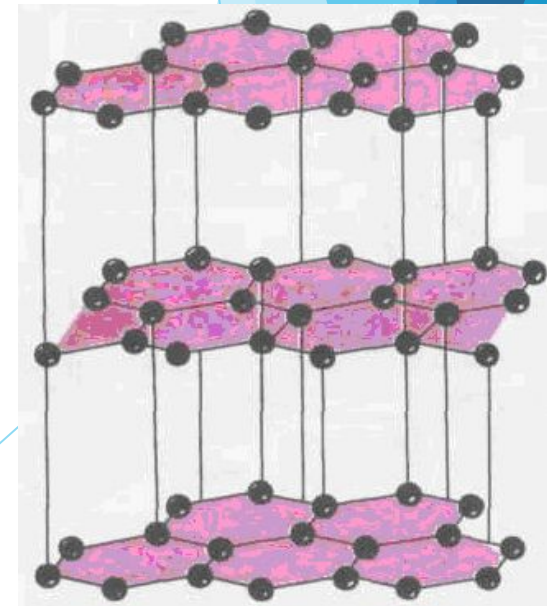
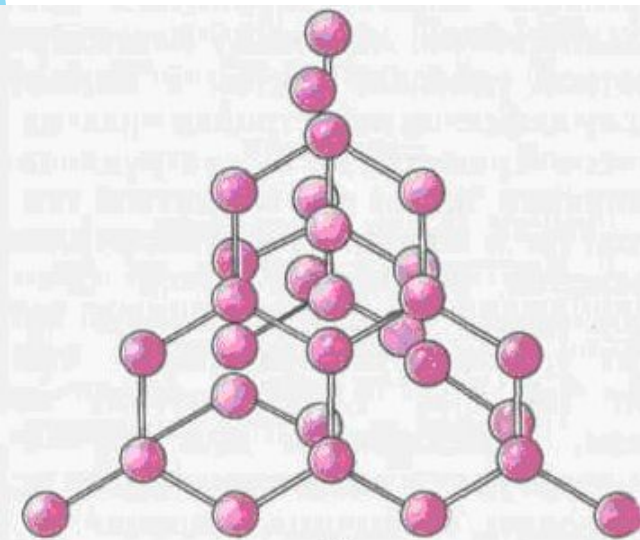
Не похож на драгоценный
камень



Перестроение
кристаллической решетки

$P=10\text{ГПа}$

$t=2000^{\circ}\text{C}$



Кристаллические тела

Монокристаллы

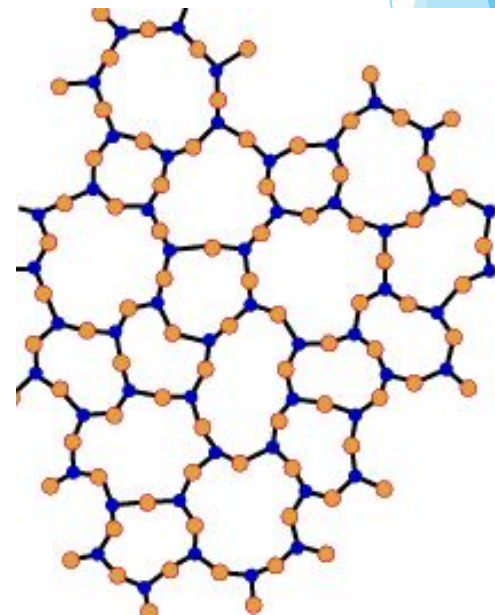
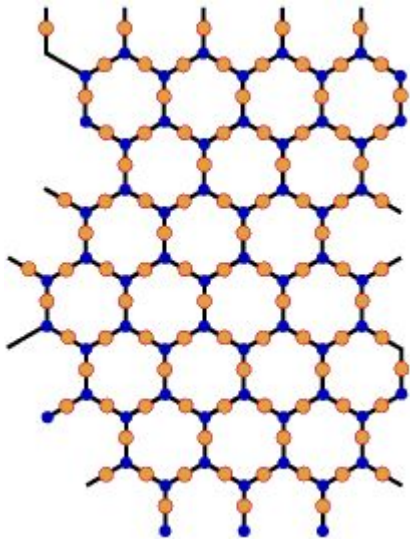
тела, представляющие собой одиночные кристаллы (поваренная соль, выращенный кристалл)

Поликристаллы

тела, состоящие из множества, расположенных беспорядочно мелких кристаллов, сросшихся между собой (кусоч сахара, металлы)

Аморфные тела

У них **нет строго порядка** в расположении атомов. Только ближайшие атомы-соседи располагаются в некотором порядке (нет строгой повторяемости).



Аморфные вещества



Янтарь



Жемчуг



Канифоль



Полиэтилен



Стекло



Пчелиный воск

Твердые тела

Кристаллические

- Кристаллическое строение, кристаллическая решетка
- Имеют определенную температуру плавления, например:

медь, $t_{\text{плавления}} = 1083^{\circ}\text{C}$

цинк, $t_{\text{плавления}} = 420^{\circ}\text{C}$

алюминий, $t_{\text{плавления}} = 600^{\circ}\text{C}$

- Анизотропны, т.е. их физические свойства зависят от направления в кристалле

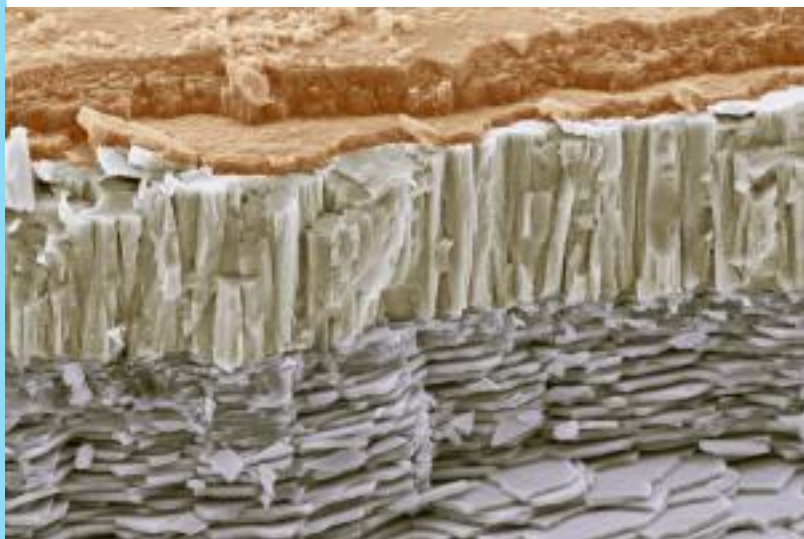
Аморфные

- Не имеют кристаллической решетки
- Не имеют определенной температуры плавления
- Изотропны, т.е. имеют одинаковые свойства по всем направлениям
- Обладают текучестью
- Имеют только ближний порядок расположения атомов
- Способны переходить в кристаллическое и жидкое состояние

Композиты

Состав композитов

1. **матрица** – полимерные металлические, углеродные, керамические материалы
2. **наполнитель** – нитевидные кристаллы, волокна, проволока



Примеры композитов:

железобетон – бетон + стальная арматура

железографит – металлокерамика (Fe=95-98%,
графит=2-5%)

стеклопластик – смесь стеклянных волокон и
отвердевшей смолы

кости человека и животных – коллаген +
минеральное вещество



Механические свойства твердых тел

Механические свойства характеризуют способность материала сопротивляться воздействию внешних сил.

Силы притяжения и отталкивания обуславливают механическую прочность твердых тел, т.е. их способность противодействовать изменению формы и объема.

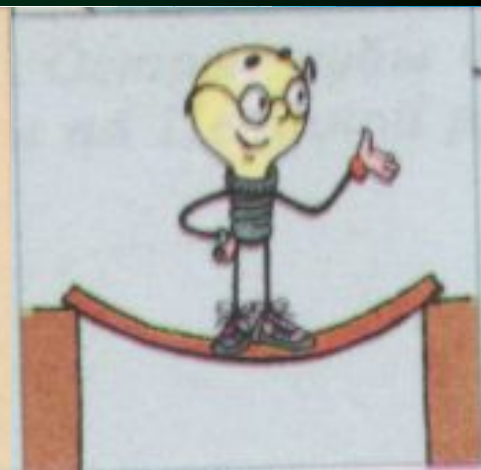
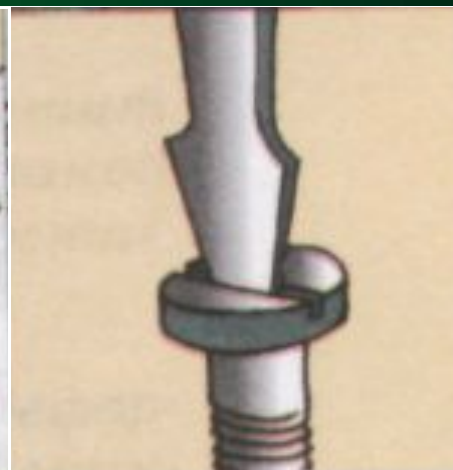
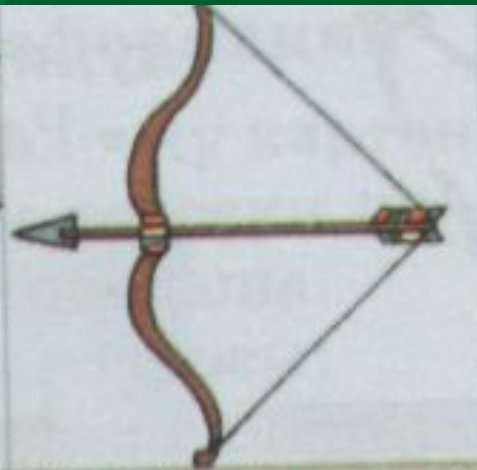
Растяжению тел препятствуют силы межатомного притяжения, а сжатию — силы отталкивания.

Механические свойства

Свойства	Определение
Прочность	Способность материалов выдерживать нагрузки без разрушения.
Твёрдость	Способность материалов сопротивляться проникновению других, более твёрдых тел.
Упругость	Способность материалов восстанавливать первоначальную форму после прекращения действия внешних сил.
Вязкость	Способность материалов необратимо поглощать энергию при мгновенном на них воздействии.
Хрупкость	Способность металлов и сплавов разрушаться под действием ударных нагрузок. Хрупкость – свойство, обратное вязкости.
Пластичность	Способность металлов и сплавов изменять свою форму и размеры под действием внешних сил, не разрушаясь, и оставаться в этом состоянии после прекращения действия этих сил.

Механические свойства твердых тел обусловлены их молекулярной структурой. Внешнее механическое воздействие на тело может приводить к изменению его формы и объема, т. е. к деформации.

Деформация — изменение формы и размера твердого тела под действием внешних сил.



деформация

```
graph TD; A[деформация] --> B[упругая деформация – деформация, исчезающая после прекращения действия внешней силы]; A --> C[Пластическая деформация – деформация, сохраняющаяся после прекращения действия внешней силы]; B --> D[Резина, сталь, кости, сухожилия, человеческое тело]; C --> E[Пластелин, замазка, жевательная резинка, воск, алюминий];
```

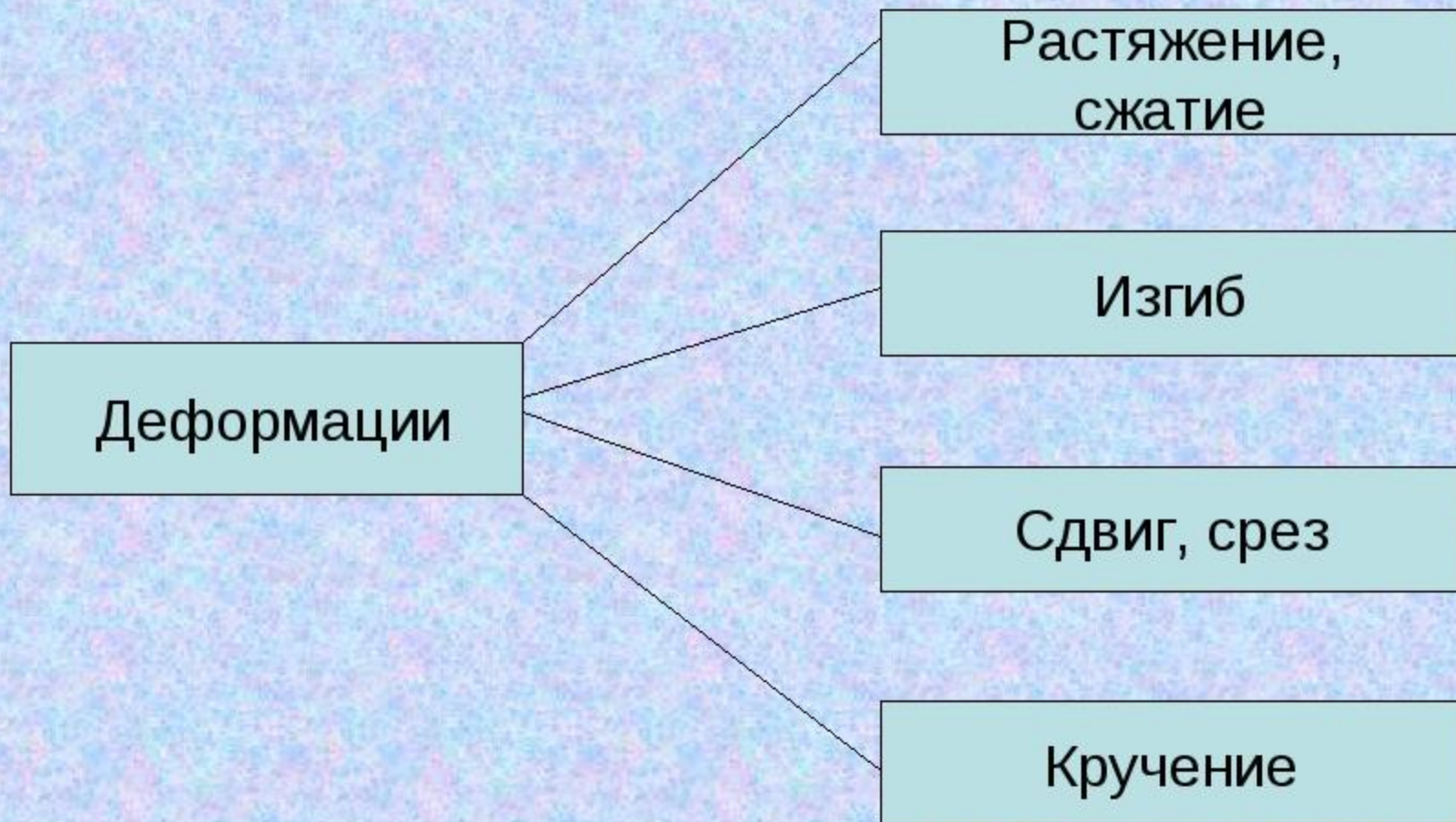
упругая деформация – деформация, исчезающая после прекращения действия внешней силы

Резина, сталь, кости, сухожилия, человеческое тело

Пластическая деформация – деформация, сохраняющаяся после прекращения действия внешней силы

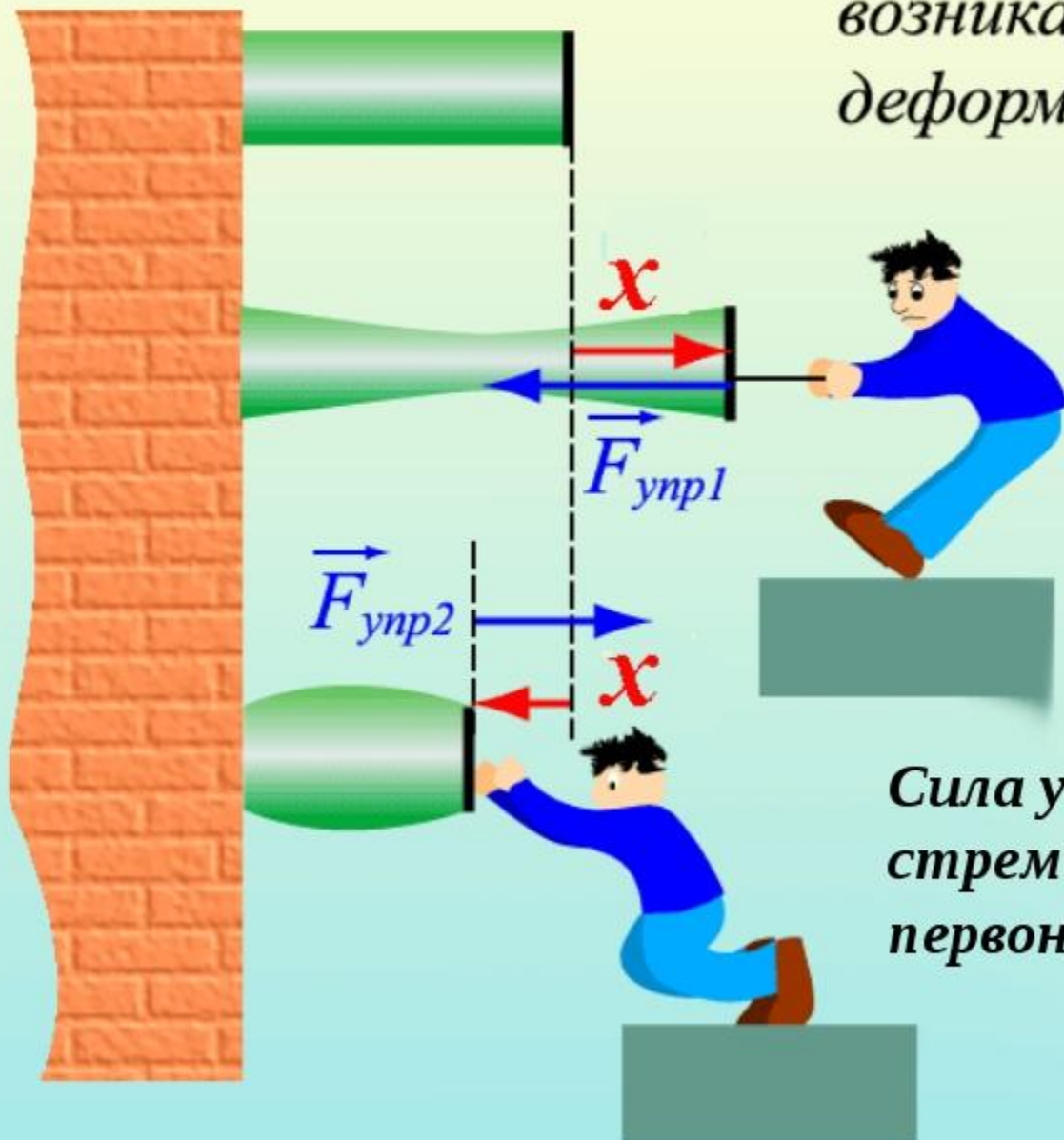
Пластелин, замазка, жевательная резинка, воск, алюминий

Виды деформаций



Сила упругости

Упругие силы – силы, возникающие при упругой деформации тел



Сила упругости стремится вернуть тело в первоначальное состояние.

Применение силы упругости

Силы упругости работают в технике и природе: в часовых механизмах, в амортизаторах на транспорте, в канатах и тросах, в человеческих костях и мышцах т.д.



Закон Гука:

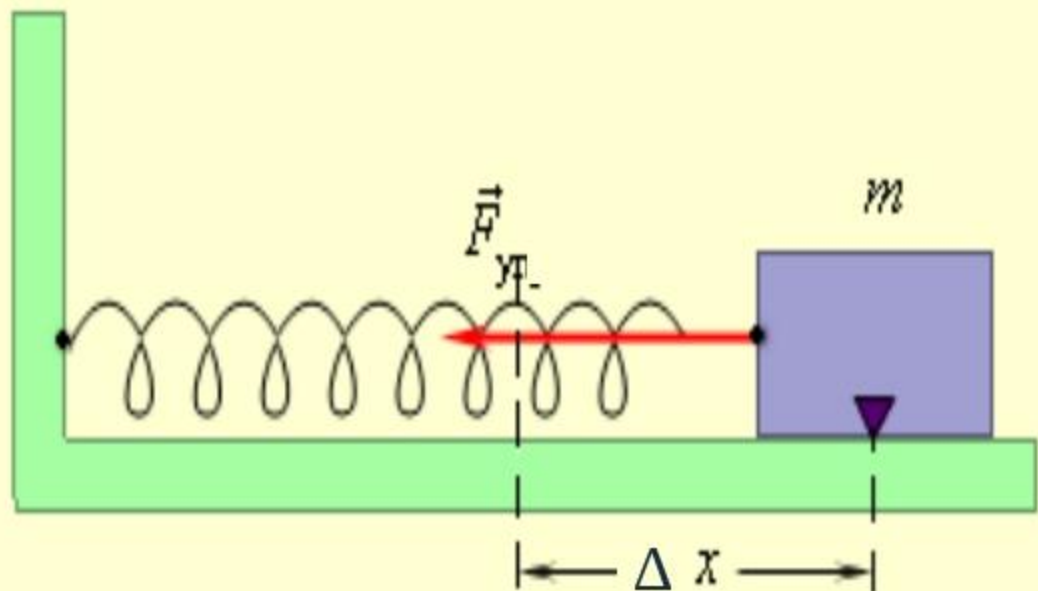
❖ Сила упругости, возникающая в теле при упругих деформациях, прямо пропорциональна его удлинению.

$$F_{\text{упр}} = -k\Delta x$$

k - жесткость пружины

Δx - удлинение пружины

$$[k]_{\text{Cu}} = 1 \frac{\text{H}}{\text{M}}$$



Границы применимости закона Гука

Закон Гука хорошо выполняется только при малых деформациях. При больших деформациях изменение длины перестаёт быть прямо пропорциональным приложенной силе, а при очень больших деформациях тело разрушается.



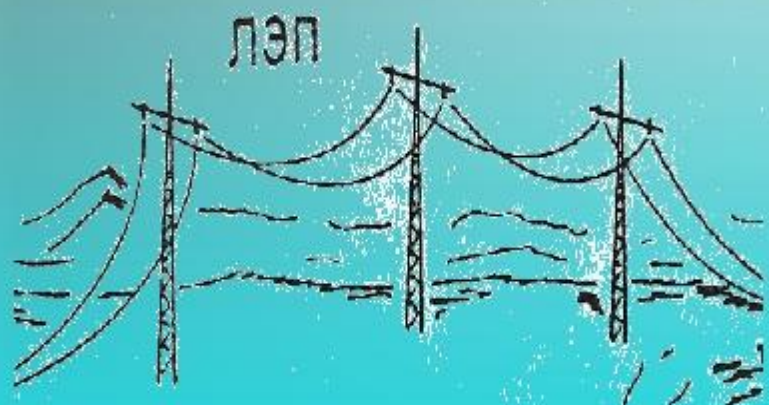
Тепловое расширение тел – жизненно важное явление

- При нагревании размеры твердых тел немного увеличиваются, а при охлаждении – уменьшаются. Для людей тепловое расширение – жизненно важное явление. Например, проектируя стальной мост через реку в городе с континентальным климатом, нельзя не учитывать возможного перепада температур в пределах от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$ в течение года. Такие перепады вызовут изменение общей длины моста вплоть до нескольких метров, и, чтобы мост не вздыбливался летом и не испытывал мощных нагрузок на разрыв зимой, проектировщики составляют мост из отдельных секций. Телеграфные провода в жаркую погоду провисают заметно больше, чем во время зимних морозов. В этом легко убедиться, если провести следующий опыт: нагревая натянутую проволоку электрическим током, мы видим, что она заметно провисает, а прекращении нагревания снова натягивается. Когда балалайку выносят из теплого помещения на мороз, ее стальные струны становятся более натянутыми и звучание изменится. Чаще всего причинами порчи зубов является очень холодная либо очень горячая еда, особенно если это чередуется сразу же друг за другом. От этого зубная эмаль трескается

Наблюдения:



Тепловое расширение тел



$$l = l_0(1 + \alpha\Delta t)$$

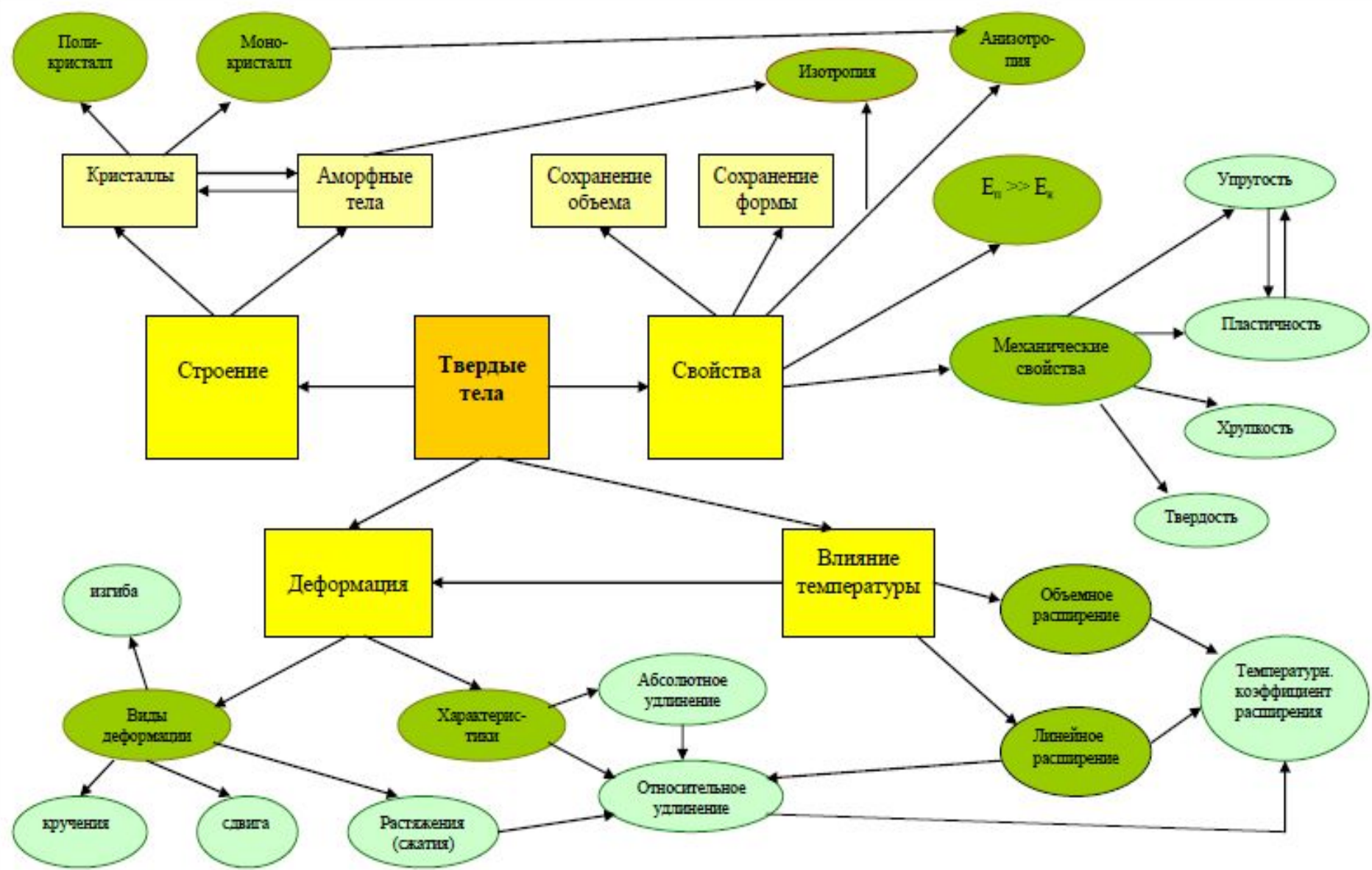
- линейное
расширение

$$V = V_0(1 + \beta\Delta t)$$

- объемное
расширение

$$\beta = 3\alpha$$

- ✓ Учет размеров тел при их нагревании и охлаждении:
 - при натяжении ЛЭП;
 - трубы водяного отопления...
- ✓ Использование разнородных материалов, подвергающихся периодическому нагреванию и охлаждению (например железобетон)



Проверь себя

1. Кристаллы - это...	А. Сохраняют форму и объем, имеют определенную температуру плавления, анизотропия
2. Анизотропия - это...	Б. Изотропны, нет определенной температуры плавления.
3. Поликристаллы - это...	В. Физические свойства одинаковы по всем направлениям.
4. Монокристаллы - это...	Г. Твёрдые тела, атомы или молекулы которых занимают определённые, упорядоченные положения в пространстве.
5. Аморфные тела - это...	Д. Одиночные кристаллы.
6. Свойства кристаллов:	Е. Зависимость физических свойств от выбранного в кристалле направления.
7. Свойства аморфных тел:	Ж. Тела, занимающие промежуточное положение между кристаллическими твёрдыми телами и жидкостями, атомы и молекулы которых располагаются в относительном порядке.
8. Изотропия - это...	З. Твёрдые тела, состоящие из большего числа маленьких кристалликов.

Домашнее задание

- ▶ Составить опорный конспект занятия
- ▶ Подготовить 5 интересных вопросов по данной теме (ответы должны быть прописаны)