

Механические свойства твердых тел

- Деформа́ция (от лат. *deformatio* — «искажение») — изменение взаимного положения частиц тела, связанное с их перемещением относительно друг друга. Деформация представляет собой результат изменения межатомных расстояний и перегруппировки блоков атомов. Обычно деформация сопровождается изменением величин межатомных сил, мерой которого является упругое механическое напряжение.

Виды деформаций:

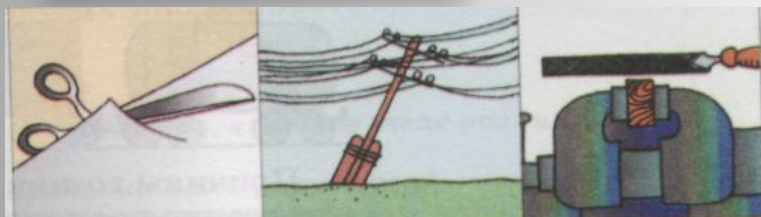
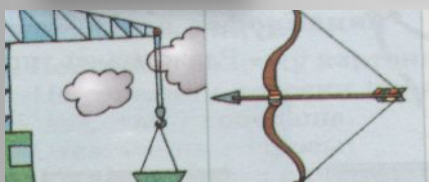
растяжение

сжатие

кручение

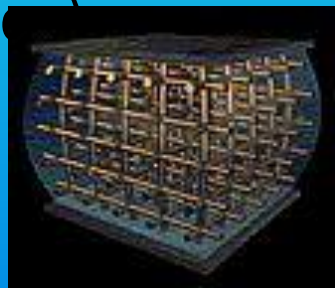
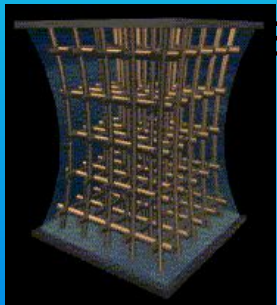
изгиб

СДВИГ



Виды деформации

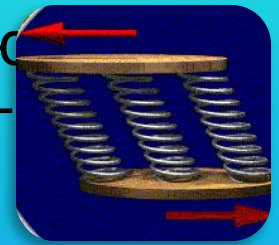
Деформация растяжения (сжатия) – деформация, при которой размер тела в направлении действия внешней силы увеличивается (уменьшается)



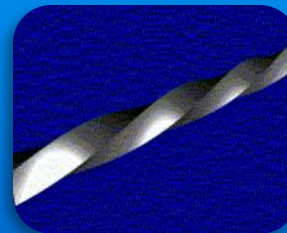
Деформация изгиба – деформация неравномерного растяжения (сжатия)



Деформация сдвига – деформация, при которой слои тела смещаются параллельно друг другу в направлении действия внешней силы



Деформация кручения – неоднородный сдвиг



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[Пластилин, 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

Пластилин, замазка, жевательная резинка, воск, алюминий



Закон Гука: Сила упругости прямо пропорциональна удлинению тела до некоторого предельного значения

$$|F_{\text{упр}}| = k\Delta l$$

$F_{\text{упр}}$ - Сила упругости (Н)

Δl абсолютное удлинение (м)

k коэффициент жесткости (Н/м)

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

σ - механическое напряжение (Па)

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

ε - относительное удлинение

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

E - модуль Юнга (Па)

$$\sigma = \frac{F}{S} = k \frac{l_0}{S} \varepsilon = E \varepsilon$$

Закон Гука

От чего зависит жесткость?

длины

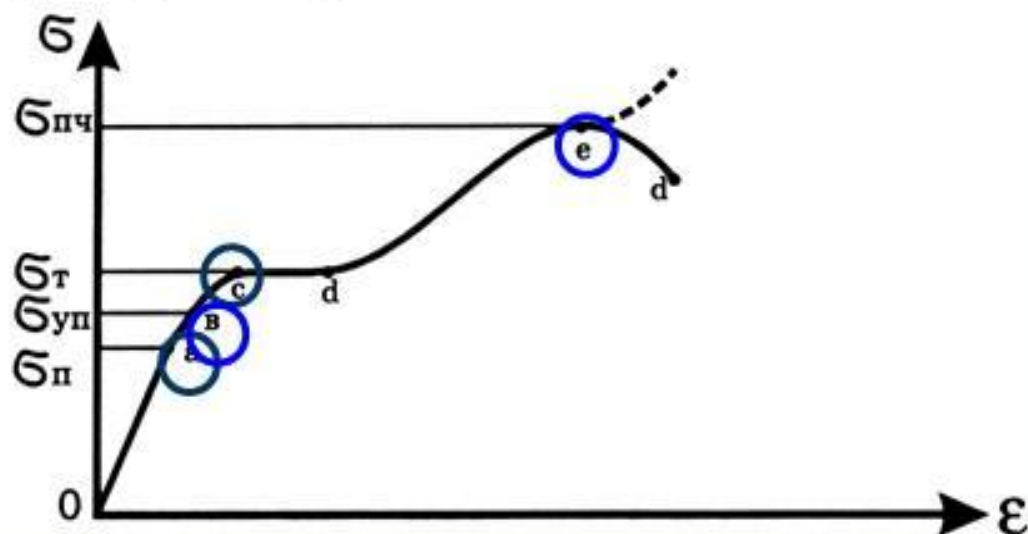
материала

площади поперечного сечения

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

$$k = \frac{ES}{l_0}$$

Диаграмма растяжения материала



| Механическая характеристика | Обозначение | Пояснения |
|-----------------------------|---------------|---|
| Предел пропорциональности | $\sigma_{п}$ | наибольшее напряжение, до которого справедлив закон Гука |
| Предел упругости | $\sigma_{уп}$ | наибольшее напряжение, при котором ещё не возникают заметные остаточные деформации |
| Предел текучести | $\sigma_{т}$ | напряжение, при котором происходит рост остаточных деформаций образца при практически постоянной силе |
| Предел прочности | $\sigma_{пч}$ | условное напряжение, соответствующее наибольшей силе, выдерживаемой образцом до разрушения |

Число n , показывающее, во сколько раз допустимое напряжение меньше предела прочности данного сооружения или конструкции, называется его **запасом прочности**

$$n = \frac{\sigma_{np}}{\sigma}$$

Запас прочности зависит от материала, из которого изготовлено сооружение или деталь, характера нагрузок, испытываемых ими, последствий разрушений и т.д.

Измерение деформации

тензомер

рентгеноструктурный
анализ

тензодатчики
сопротивления

поляризационно-оптический
метод



Причины возникновения деформации твёрдых тел

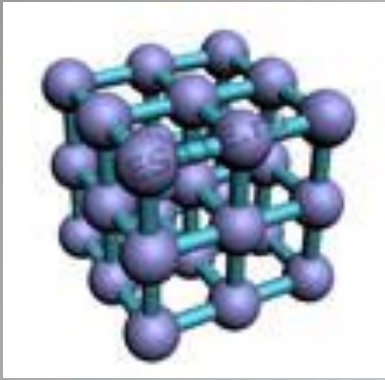
```
graph TD; A[Причины возникновения деформации твёрдых тел] --> B[следствием фазовых превращений, связанных с изменением объёма, теплового расширения]; A --> C[намагничивания магнитострикция]; A --> D[результатом действия внешних сил]; A --> E[появления электрического заряда (пьезоэлектрический эффект)];
```

следствием фазовых превращений, связанных с изменением объёма, теплового расширения

намагничивания магнитострикция

результатом действия внешних сил

появления электрического заряда (пьезоэлектрический эффект)



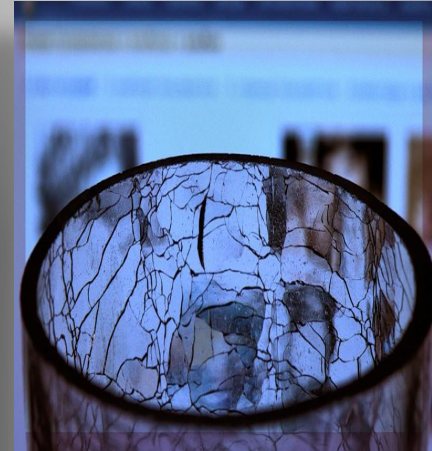
Почему при нагревании большинство твёрдых тел расширяются?

- Это происходит из-за того, что при увеличении температуры увеличивается кинетическая энергия движения частиц, которые находятся в узлах кристаллической решётки. Увеличение кинетической энергии, в свою очередь, приводит к увеличению амплитуды колебаний этих частиц около положения равновесия. В результате увеличения амплитуды колебаний увеличивается среднее расстояние между частицами в кристаллической решётке, что приводит к увеличению линейных размеров всего тела.

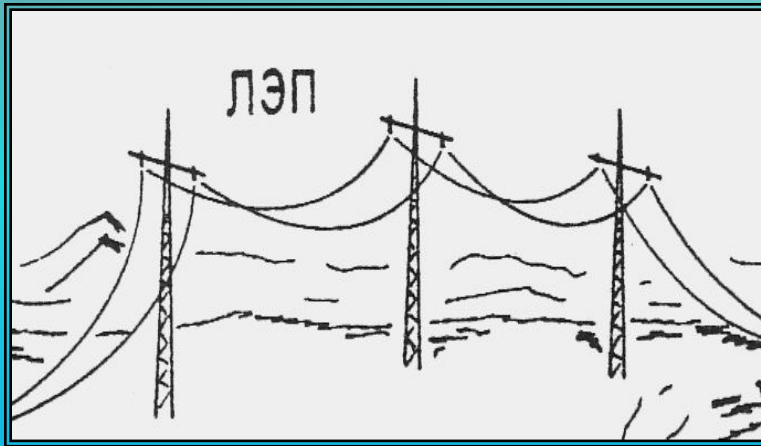
Почему при нагревании некоторые тела разрушаются?



Если в стеклянный стакан налить кипятка, то стакан может треснуть. Почему? Дело здесь в *неравномерном* нагреве. Стекло плохо проводит тепло, поэтому, когда мы наливаем кипяток, внутренняя поверхность стакана сразу нагревается до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, а внешняя ещё сохраняет комнатную температуру. В результате слои стекла, прилегающие к внутренней поверхности стакана, начинают расширяться, а слои, прилегающие к внешней поверхности стакана, - ещё нет. Получается так, как если бы мы приложили к внутренней поверхности стакана дополнительное давление. А стекло - вещество хрупкое, такого давления может и не выдержать. Причина — неравномерное расширение стекла. Толстые стаканы - как раз самые непрочные в этом отношении: они лопаются чаще, нежели тонкие



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)
- ✓ Использование биметаллических пластин в терморегуляторах

Небольшие изменения размеров могут быть опасны

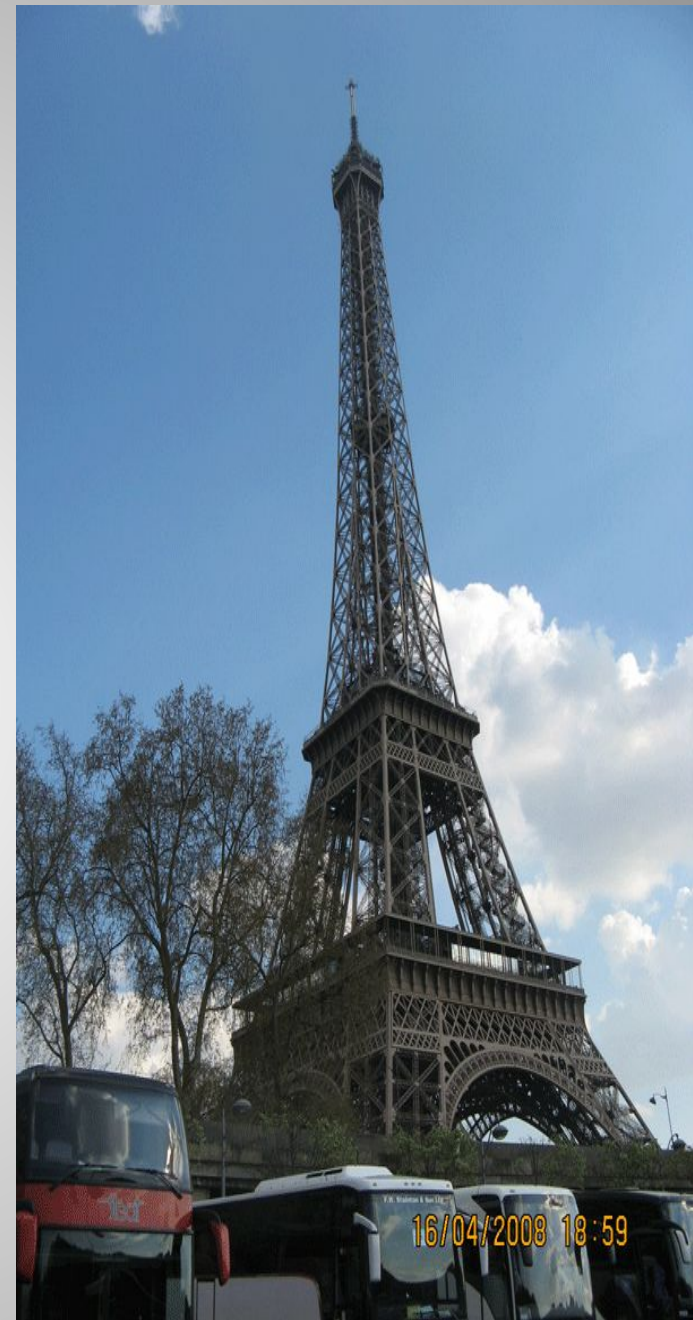
- Скажем прямо заметить такие изменения длины практически невозможно. Однако для хрупких веществ даже столь небольшие изменения размеров могут быть опасны. Взять, к примеру, асфальт. По сравнению со стеклом он при нагревании расширяется в 20 раз сильнее, поэтому асфальтовые покрытия на дорогах постоянно дают трещины и нуждаются в постоянном ремонте: ведь суточные колебания температуры приводят к неравномерному нагреву асфальта. А из-за этого возникают внутренние напряжения (как в стакане с кипятком), которые приводят к разрушению. Поэтому между плитами бетонного шоссе делают зазоры.





Если нас спросят, какова высота Эйфелевой башни, то прежде чем ответить: "300 метров", вы, вероятно, поинтересуетесь: В какую погоду — холодную или теплую?

- В теплый день вершина Эйфелевой башни поднимается выше, чем в холодный, на кусочек, равный 12см и сделанный из железа, которое, впрочем, не стоит ни одного лишнего сантиметра.



Механические свойства твердых тел:

- **Механические свойства** характеризуют способность материала сопротивляться воздействию внешних сил.
- **Прочность** – способность материала сопротивляться разрушению под воздействием нагрузок.
- **Пластичность** – способность материала изменять форму и размер под действием внешних сил.
- **Упругость** – способность материала восстанавливать первоначальную форму и размер.
- **Твердость** – сопротивление твердого тела изменению формы (деформации)

Все эти свойства проявляются под действием статических сил (постоянных по величине и направлению)