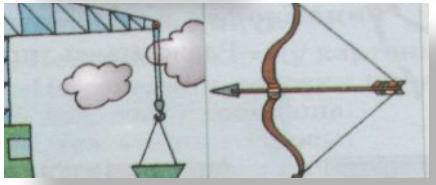
Механические свойства твердых тел

- **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.

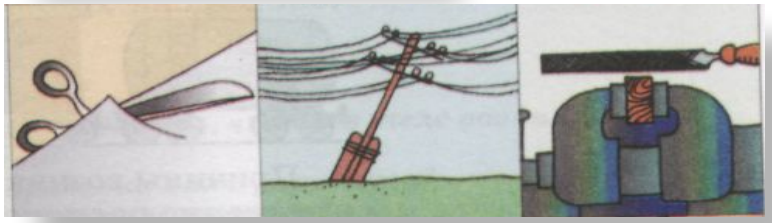
Виды деформаций:

растяжение

сжатие



кручение



изгиб

сдвиг

деформация

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

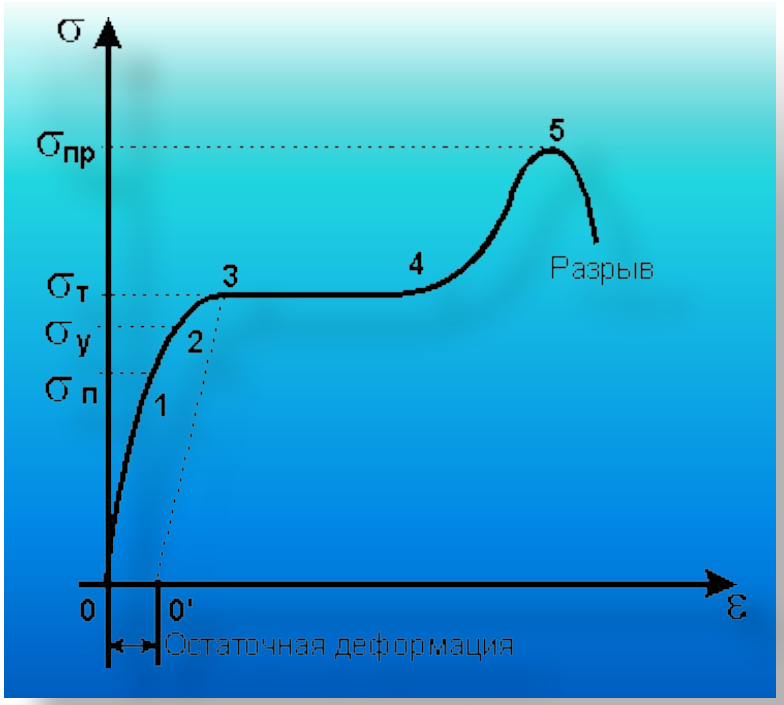
$$|F_{упр}| = k\Delta l$$

$F_{упр}$ - Сила упругости (Н)

Δl абсолютное удлинение (м)

K коэффициент жесткости (Н/м)

Диаграмма растяжения



участке 0-1 выполняется закон Гука, т. е. нормальное напряжение пропорционально относительному удлинению

(участок 1-2), не возникает остаточная деформация, называют *пределом упругости*.

Увеличение нагрузки выше предела упругости (участок 2-3) приводит к тому, что деформация становится остаточной.

(участок 3-4 графика). Это явление называют текучестью материала..

(участок 4-5 графика). Максимальное значение нормального напряжения $s_{пр}$, при превышении которого происходит разрыв образца, называют *пределом прочности*.

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

σ -механическое напряжение (Па)

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

ε -относительное удлинение

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

E -модуль Юнга (Па)

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

Закон Гука

От чего зависит жесткость?

длины

материала

площади поперечного сечения

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

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

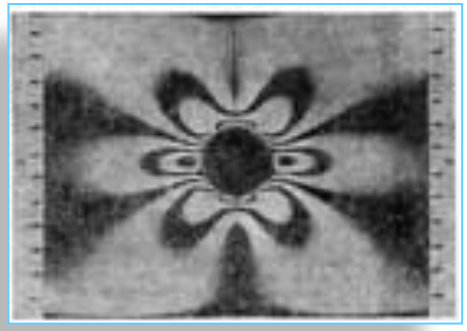
Измерение деформации

тензометр

тензодатчики сопротивления

поляризационно-оптический метод

рентгеноструктурный анализ



Причины возникновения деформации твёрдых тел

следствием фазовых превращений, связанных с изменением объёма, теплового расширения

результатом действия внешних сил

появления электрического заряда (пьезоэлектрический эффект)

намагничивания магнитострикция

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° С до +40°С 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:

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.

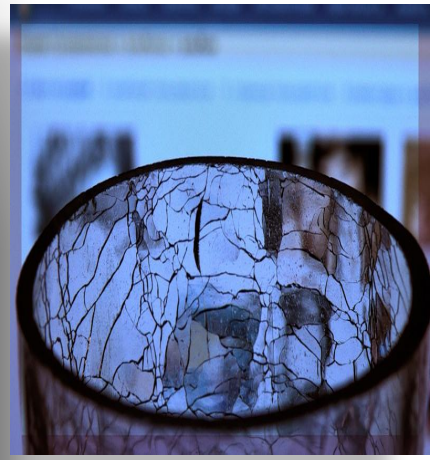
Как велики изменения размеров твёрдых тел при нагревании?

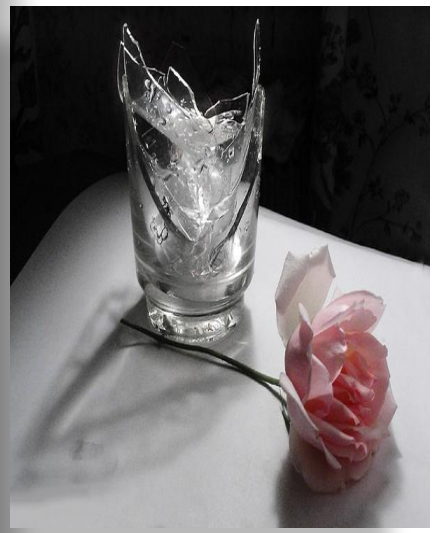
- Оказывается, очень малы. Приведем экспериментальные факты. Если изготовить стержни из различных материалов так, чтобы при 20° они имели длину точно 1 м, а затем нагреть их точно на 1°, то удлинения этих стержней будут такими, как показано в списке
- Асфальт -0,2 мм
- Бронза -0,0175 мм
- Медь -0,017 мм
- Инвар -0,005 мм

Изучая список можно сделать вывод, почему наиболее точные измерительные инструменты делаются из особого сплава – инвара, и зачем на точных измерительных инструментах указывается температура (обычно 20 °С)?

Почему при нагревании некоторые тела разрушаются?

Если в стеклянный стакан налить кипяток, 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 °С, 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





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?

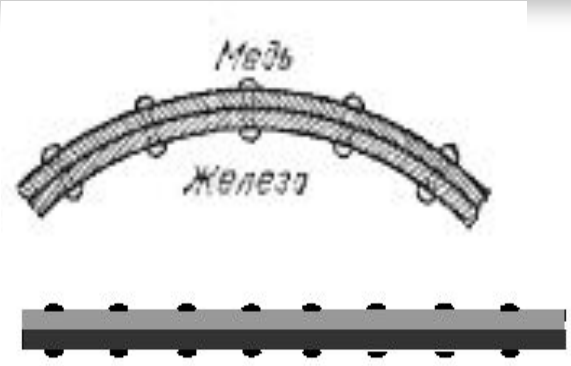
- вершина Эйфелевой башни поднимается выше, чем в холодный, на кусочек, равный 12см и сделанный из железа, которое, впрочем, не стоит ни одного лишнего сантима.

Тепловое расширение тел, изготовленных из разных материалов

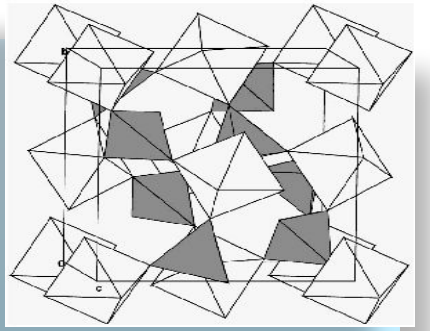
- Главное требование - одинаковое изменение размеров проволоки и стекла при изменении температуры. Если проволока будет расширяться сильнее или слабее, чем стекло, это вызовет в стекле внутренние напряжения (как в стакане, в который налили кипяток), и стекло может треснуть. Для пайки электродов в электрическую лампу применяют специальный сплав - платинид, расширяющийся при нагревании так же, как и стекло.

Значение силы упругости

- При температурном расширении или сжатии твердых тел развиваются огромные силы; это можно использовать в соответствующих технологических процессах. Например, это свойство использовано в электрическом домкрате для растяжения арматуры при изготовлении напряженного железобетона. В результате охлаждения и сокращения линейных размеров стержня развивается тянущее усилие порядка сотен тонн, которое растягивает холодную арматуру до необходимой величины. Так как в этом домкрате работают молекулярные силы, он практически не может сломаться.
  С помощью теплового расширения жидкости можно создать необходимые гидростатические давления. Обще известные биметаллические пластинки - соединенные каким-либо способом две металлические полоски с различным термо расширением - являются отличным преобразователем тепловой энергии в механическую.



Вещества, сжимающиеся при нагревании



- обычная вода обладает так называемой температурной аномалией - в области температур от 0 ^{0}C до 4 ^{0}C
- наночастицы оксида меди, сплавов, ceramics керамики на основе фосфатов,
- керамики на основе молибдатов циркония или гафния, полимеров,

Глянцевые натяжные потолки.

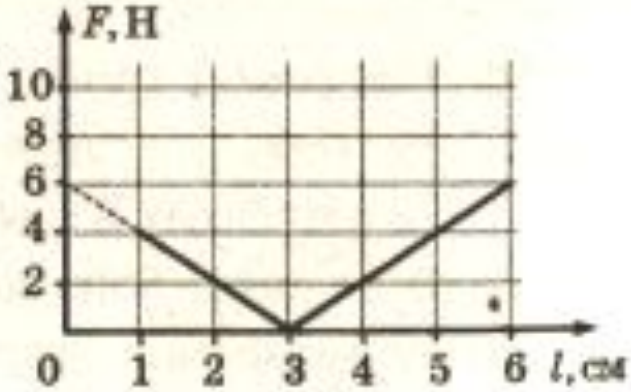
Механические свойства твердых тел:

- **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)

Задача ЕГЭ

А21. При проведении эксперимента ученик исследовал зависимость модуля силы упругости пружины от длины пружины, которая выражается формулой $F(l) = k|l - l_0|$, где l_0 — длина пружины в недеформированном состоянии. График полученной зависимости приведен на рисунке.



А. Длина пружины в недеформированном состоянии равна 7 см.

Б. Жёсткость пружины равна 200 Н/м.

1) только А
2) только Б
3) и А, и Б
4) ни А, ни Б

Груз какой массы следует подвесить к стальному тросу длиной 2 м и диаметром 1 см, чтобы он удлинился на 1 мм? Модуль Юнга для стали $E = 2 \times 10^{11}$ Па.

А. 400 кг;

В. 600 кг;

Д. 800 кг.

Б. 500 кг;

Г. 700 кг;

Дано

$l_0 = 2м$

$\Delta l = 10^{-3} м$

$d = 1см = 10^{-2} м$

$E = 2 \cdot 10^{11} Па$

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

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

$$E\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{4mg}{\pi d^2}$$

$$m = \frac{E\Delta l \pi d^2}{4 l_0 g} = \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-3} \cdot 3{,}14 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 2 \cdot 10}$$

$$m = 0.8 \cdot 10^3 кг = 800 кг$$

Для определения модуля упругости вещества образец площадью поперечного сечения 1 см^2 растягивают с силой $2 \cdot 10^4$ Н. При этом относительное удлинение образца оказывается равным 0,1%. Найдите по этим данным модуль упругости вещества образца.

А. 100 ГПа;

В. 200 ГПа;

Д. 300 ГПа.

Б. 150 ГПа;

Г. 250 ГПа;

Дано

$$\varepsilon = 0{,}1\% = 0{,}001$$

$$s = 10^{-2}\,см^2 = 10^{-4}\,м^2$$

$$F = 2 \cdot 10^4\,Н$$

$$\sigma = E\varepsilon$$

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

$$E\varepsilon = \frac{F}{s}$$

$$E = \frac{F}{\varepsilon s} = \frac{2 \cdot 10^4}{0{,}001 \cdot 10^{-4}}$$

$$E = 2 \cdot 10^{11} = 200 \cdot 10^9 = 200\,ГПа$$

Использованные ресурсы:

А.А. Пинский, Г.Ю. Граковский. Физика. –М.: 2002.
Е.К.Филатов, физика 7 класс, экспериментальный учебник для общеобразовательных учебных заведению – 3 – изд. М: ВШМФ «Авангард», 2004 г
http://ask.yandex.ru/questions/i42835215.4039
http://alexander-kynin.boom.ru/TRIZ/EXPANSION/EXPANSION-R.htm

Сабитова Файруза Рифовна
преподаватель физики ГАОУ СПО «Сармановский аграрный колледж»