

## Тема: Модель строения твердых тел. Механические свойства твердых тел. Аморфные вещества и жидкие кристаллы.

**Цель: Изучить различные классификации твёрдых тел, их свойства. Разобрать закон Гука и различные виды деформаций**

### Задание:

- Изучить теорию;
- Составить план и по нему написать конспект;
- Решить задачи и ответить на вопросы в конце лекции;
- Подготовить сообщение о жидких кристаллах и их применении.
- Фото конспекта и сообщение выслать в течении 3 дней со дня получения конспекта на [hvastov@rambler.ru](mailto:hvastov@rambler.ru)
- По вопросам обращаться по тел. 072-1098278 или [hvastov@rambler.ru](mailto:hvastov@rambler.ru)

Сегодня мы впервые в теме молекулярно-кинетической теории отойдём от изучения газов и подробнее остановимся на изучении твёрдых тел. Мы введём различные классификации тел, опишем их свойства. Также рассмотрим процесс деформации, его различные виды, сформулируем и объясним закон Гука.

### Кристаллические тела

Сейчас мы впервые приступаем к рассмотрению твёрдых тел с точки зрения молекулярно кинетической теории. Конечно же, твёрдые тела разительным образом отличаются от газов, а тем более идеальных газов, по своей структуре и свойствам, однако мы всё равно можем, пользуясь уже имеющимися знаниями, описать их.

Во-первых, вспомним, какое определение твёрдым телам вводилось в младших классах:

*Определение. Твёрдые тела* – тела, которые со временем не меняют своей формы и объёма. Теперь же для расширения теории о твёрдых телах мы введём классификацию твёрдых тел. Твёрдые тела делятся на...

1. Кристаллы (кристаллические тела)
2. Аморфные тела
3. Композиты (композитные тела) (рис. 1)



Рис. 1. Примеры кристаллических (соль) и аморфных (воск) твёрдых тел соответственно

Рассмотри кристаллические тела:

*Определение. Кристаллы* – твёрдые тела, у которых наблюдается упорядоченное расположение атомов или молекул (см. рис. 2).

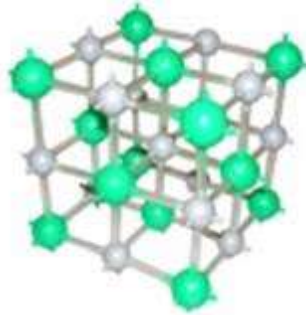


Рис. 2. Пример кристаллической решётки (каменная соль)

Кристаллы, в свою очередь, также делятся на два класса:

1. Монокристаллы, то есть вся структура тела представлена единым кристаллом (алмаз, рубин, сапфир...)
2. Поликристаллы, то есть структура тела представляет собой объединение большого количества малых кристаллов (гранит, большинство металлов...)

Следует также знать, что кристаллическая структура не является свойством, характерным для одних химических элементов или соединений, а для других нехарактерным. Дело в том, что многие твёрдые тела обладают так называемым свойством полиморфизма.

*Определение. Полиморфизм* – свойство твёрдых тел существовать в состоянии с различной кристаллической решёткой. Например, уже приводимые на одном из прошлых уроков в качестве примера алмаз и графит оба состоят из углерода, однако с различным расположением его атомов.

Кристаллы могут быть распределены на две группы также и по следующим свойствам: изотропия и анизотропия.

*Определение. Анизотропия* – зависимость физических свойств кристалла от направления. То есть кристаллическая структура не симметрична, и существует несколько осей, вдоль которых у кристалла проявляются различные свойства (механические, электрические, оптические). Анизотропия свойственна монокристаллам.

**Изотропия** – независимость физических свойств кристалла от направления. Свойственна поликристаллам, потому как несимметрические монокристаллы ориентируются хаотически, сводя на нет несимметричность.

Ещё одним принципом, по которому можно классифицировать кристаллы, является природа связей, которые удерживают узлы кристаллической решётки вместе:

1. Молекулярные связи характерны для кристаллов с очень низкой механической твёрдостью (кристаллы на основе водорода и гелия)
2. Ковалентные связи характерны, напротив, для кристаллов с высокой прочностью (алмаз)
3. Ионные связи (соли)
4. Металлические связи (металлы)

#### Аморфные тела

Перейдём к рассмотрению аморфных тел:

*Определение. Аморфные тела* – тела, не имеющие строгой кристаллической решётки, бесформенные тела (смола, стекло, графит...). Аморфные тела ещё называют переохлаждёнными вязкими жидкостями в связи с тем, что у них нет строгой температуры плавления, потому как нет явного перехода от твёрдого

состояния до жидкого: с увеличением температуры аморфные тела становятся только более текучими, а свойство текучести сохраняется у них даже при низких температурах.

Перейдём к рассмотрению композитных тел:

### Композитные тела

*Определение.* **Композитные тела** – искусственно созданные твёрдые тела, состоящие из жёсткой матрицы и нитевидного кристаллического наполнителя. Благодаря разнообразным комбинированиям этих двух составляющих, можно получать желаемую прочность, гибкость, упругость и т. д. материала.

Рассмотрим теперь такой физический процесс, как деформация, и опишем различные её разновидности.

### Деформация

*Определение.* **Деформация** – изменение формы или объёма твёрдого тела. Различают пять видов деформаций:

1. Растяжение – увеличение расстояния между молекулярными рядами
2. Сжатие – уменьшение расстояния между молекулярными рядами
3. Сдвиг – смещение молекулярных рядов друг относительно друга без изменения расстояния между ними
4. Кручение – поворот молекулярных рядов друг относительно друга
5. Изгиб – комбинация деформаций сжатия и растяжения

### Закон Гука

Совершенно очевидно, что для того, чтобы произвести деформацию тела, необходимо приложить силу. Но, по третьему закону Ньютона, со стороны тела будет действовать сила противодействия, или, как её называли, сила упругости. Существует закон, позволяющий определить величину этой силы в зависимости от величины деформации. Этот закон носит имя Роберта Гука – английского учёного (рис. 3). Но прежде, чем вывести его, сформулируем некоторые параметры материала и деформации.

*Определение.* **Абсолютная деформация (сдвига) -  $\Delta l$ :**

$$\Delta l = l - l_0$$

Здесь:  $l$  - конечная длина тела;  $l_0$  - начальная длина тела.

$$[\Delta l] = \text{м}$$

**Относительная деформация –  $\varepsilon$ :**

$$\varepsilon = \Delta l / l_0$$

$$[\varepsilon] = 1$$

**Механическое напряжение –  $\sigma$ :**

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

Здесь:  $F$  - сила упругости, действующая внутри тела;  $S$  - площадь сечения тела, перпендикулярного к направлению вектора силы.

$$[\sigma] = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па}$$

Закон Роберта Гука в общем виде выглядит следующим образом:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

Здесь:  $E$  - модуль Юнга или модуль упругости, табличная величина, характеризующая упругие качества вещества.

Увидим теперь, как можно связать вышеприведённую формулировку закона Гука со знакомой нам ещё из курса динамики:

$$F = k \cdot \Delta x$$

Подставим в формулу закона Гука в общем виде все определения для нововведенных величин:

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

Выразим из этого выражения силу:

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

Следовательно:

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

Очень важным является тот факт, что, во-первых, закон Гука, сформулированный на этом уроке, является более общим, нежели известный нам ранее, а во-вторых, закон Гука выполним только при небольших деформациях.



Рис. 3. Роберт Гук

### Диаграмма растяжений

Для иллюстрации деформационных качеств твёрдого тела очень хорошо подходит диаграмма растяжений, то есть график зависимости механического напряжения от относительной деформации (см рис. 4).

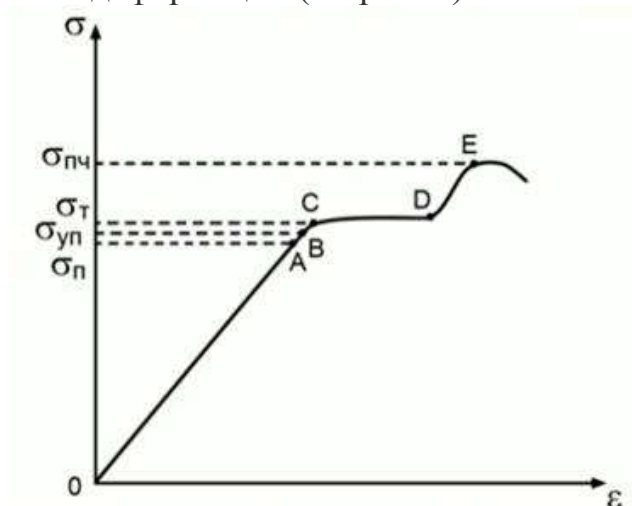


Рис. 4. Диаграмма растяжений

Участок ОА называется участком упругости, то есть при растяжениях, попадающих в этот участок, после снятия напряжения с образца тело принимает свою первоначальную форму и объём. Значение механического напряжения в точке А называется механическим напряжением пропорциональности. Участок CD, напротив, называется областью текучести, и при деформации большей, чем значение в точке С, деформация становится эластичной, то есть тело не возвращается в начальное состояние после снятия напряжения. Именно по величине этой зоны определяется устойчивость образца к разрыву. Значение механического напряжения в точке Е называется *пределом прочности* и соответствует той границе, при переходе которой образец разрушается.

В технике часто используется понятие «коэффициент безопасности».

**Определение. Коэффициент безопасности** – отношение механического напряжения пропорциональности к максимальному механическому напряжению, которое испытывает деталь, строение.

## 7. Жидкие кристаллы

Особенный интерес представляют собой тела, называющиеся жидкими кристаллами.

**Определение. Жидкие кристаллы** – тела, одновременно обладающие свойствами кристаллов (упорядоченное строение молекул и атомов) и жидкостей (текучесть). Важнейшее свойство жидких кристаллов – оптическая анизотропия, то есть неодинаковое прохождение света по разным направлениям.

Все жидкие кристаллы разделены на три типа (рис. 5):

1. Нематики – кристаллы имеют нитевидную структуру
2. Смектики – представляют собой некие мыльные растворы
3. Холестерики – содержат в своём составе холестерин

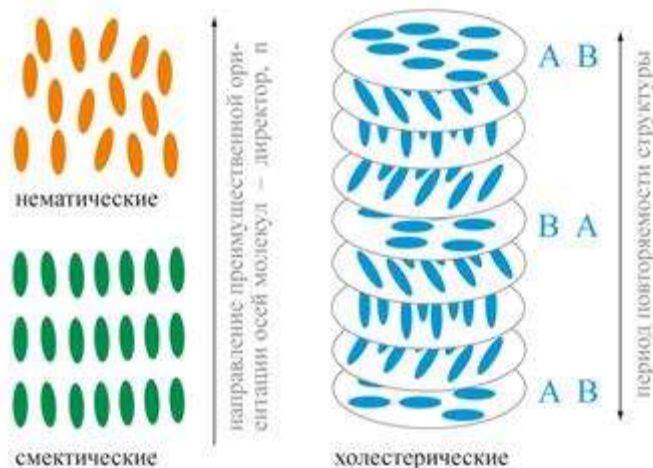


Рис. 5. Схема ориентации молекул различных типов жидких кристаллов

На следующем уроке мы начнём изучение нового раздела физики – термодинамики.

### Домашнее задание

1. Стр. 79: № 605–610. Физика. Задачник. 10-11 классы. Рымкевич А.П. – М.: Дрофа, 2013. ([Источник](#))
2. Как можно доказать, что стекло – аморфное тело, а соль – кристаллическое?
3. В таблицах температур плавления нет данных для парафина. Почему?
4. \* Каково механическое напряжение вблизи основания стального столба высотой 50 м?