

# Лекция 20

***Свойства жидкостей.***

***Смачивание.***

***Капиллярные явления.***

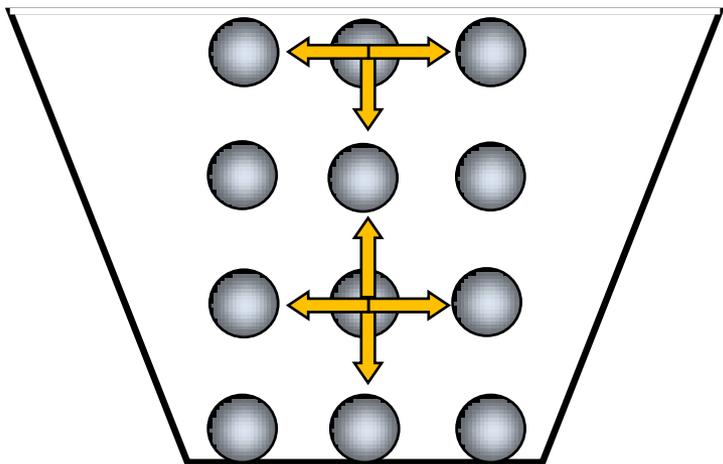
***Твердые тела.***

***Кристаллическая решётка.***

***Теплоемкость твердых тел.***

# Свойства жидкостей

Жидкость, как и твердое тело, обладает объемом, но, как газ, принимает форму сосуда. Между молекулами жидкости наблюдается ближний порядок взаимодействия. Молекулы жидкости образуют упорядоченную структуру на расстояниях, сравнимых с межатомными.



Свойства внутренних и поверхностных молекул различаются.

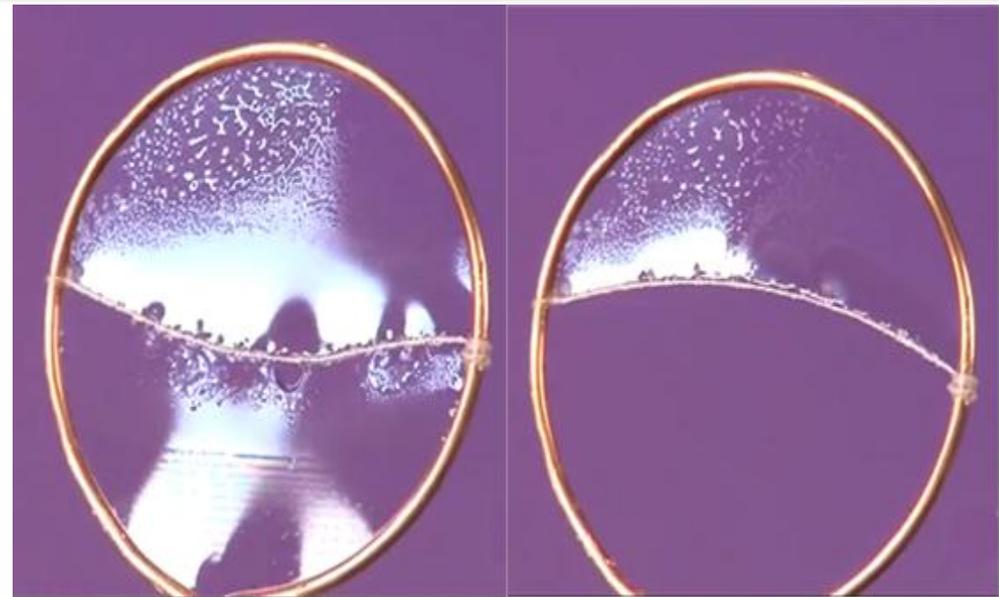
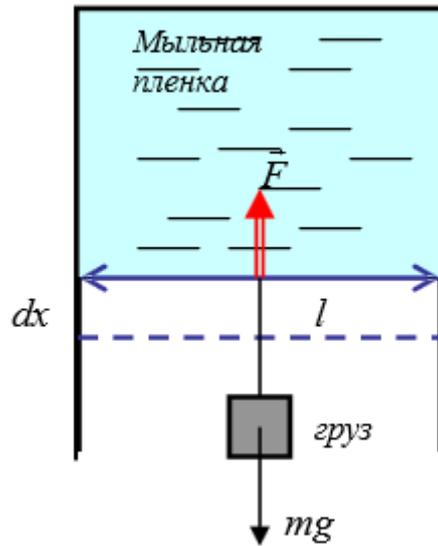
Молекулы в поверхностном слое обладают дополнительной потенциальной энергией.

$$E = \sigma S$$

$\sigma$  - плотность поверхностной энергии (поверхностное натяжение).

В устойчивом состоянии жидкость обладает минимальной поверхностной энергией. Жидкость стремится сократить свою поверхность.

# Поверхностный слой – растянутая упругая пленка.



а)

б)

$$dA = F dx$$

$$dE = \sigma dS$$

$$dE = dA$$

$$dS = l dx$$

$$\sigma = F/l$$

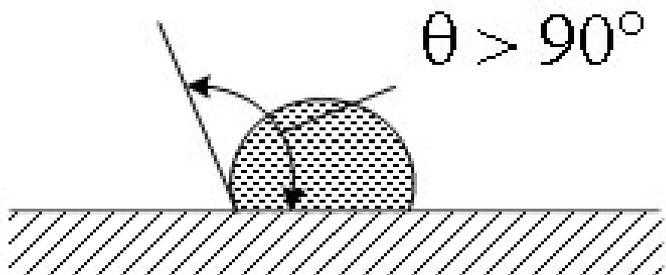
Коэффициент поверхностного натяжения - сила поверхностного натяжения, приходящаяся на единицу длины контура, охватывающего поверхность жидкости.

Вещество	Температура, °С	Поверхностное натяжение, (10 <sup>-3</sup> Н/м)
Вода	20	72,86
Ртуть	20	486,5
Раствор мыла	20	43
Глицерин	30	64,7
Глицерин	20	59,4
Спирт этиловый	20	22,8

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) — химические соединения, вызывающие снижение поверхностного натяжения.

# Смачивание

*Жидкость не смачивает поверхность*



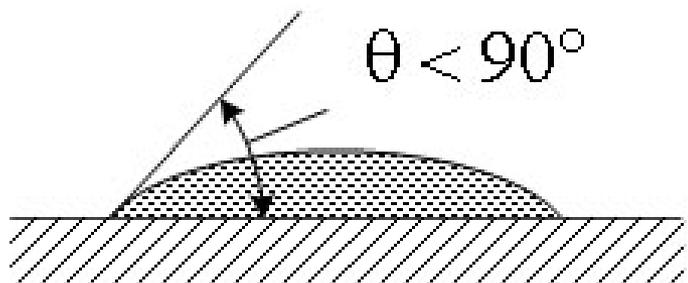
Молекулы жидкости притягиваются друг к другу сильнее, чем к молекулам твёрдого тела. В результате силы притяжения между молекулами жидкости собирают её в каплю. Примеры: ртуть на стекле, вода на жирной поверхности.

Полное несмачивание: вода – парафин.

$$\theta = \pi$$

# Смачивание

*Жидкость смачивает поверхность*



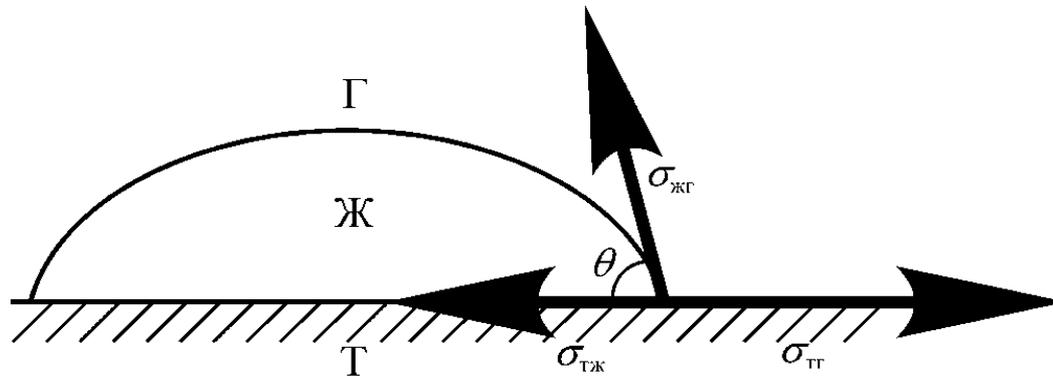
Молекулы жидкости притягиваются друг к другу слабее, чем к молекулам твёрдого тела. Жидкость стремится прижаться к поверхности, расплывается по ней. Примеры: вода на стекле, ртуть на поверхности цинка.

Полное смачивание: керосин – стекло.

$$\theta = 0$$

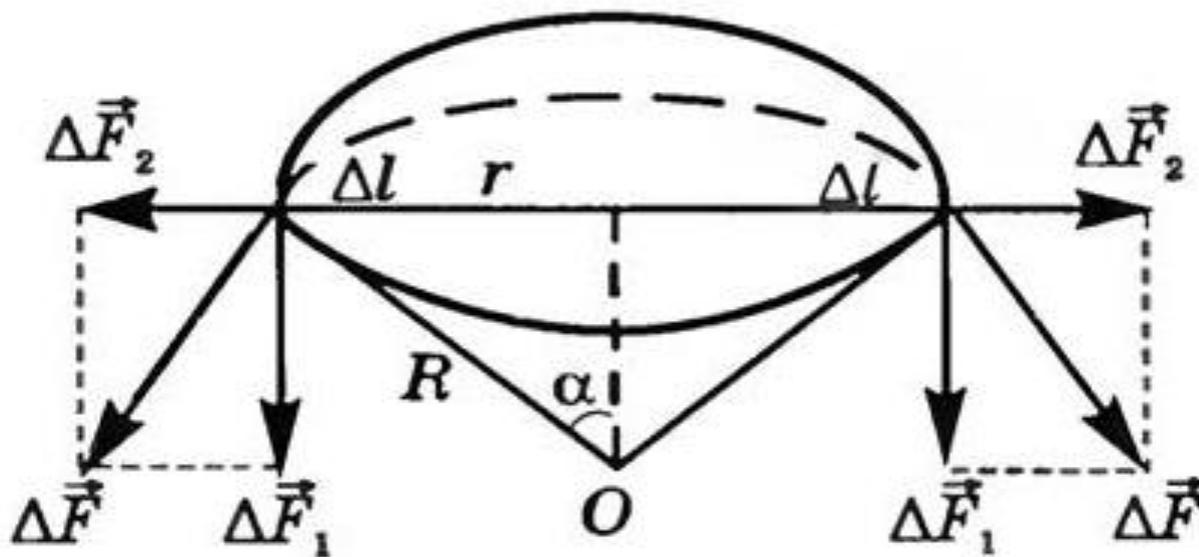
# Смачивание

Если граничат друг с другом сразу три вещества, то система принимает конфигурацию, соответствующую минимуму суммарной энергии. Так, равновесие жидкости и газа, расположенных на поверхности твердого тела, определяется равенством сил поверхностного натяжения, приложенных к каждому элементу контура границы.



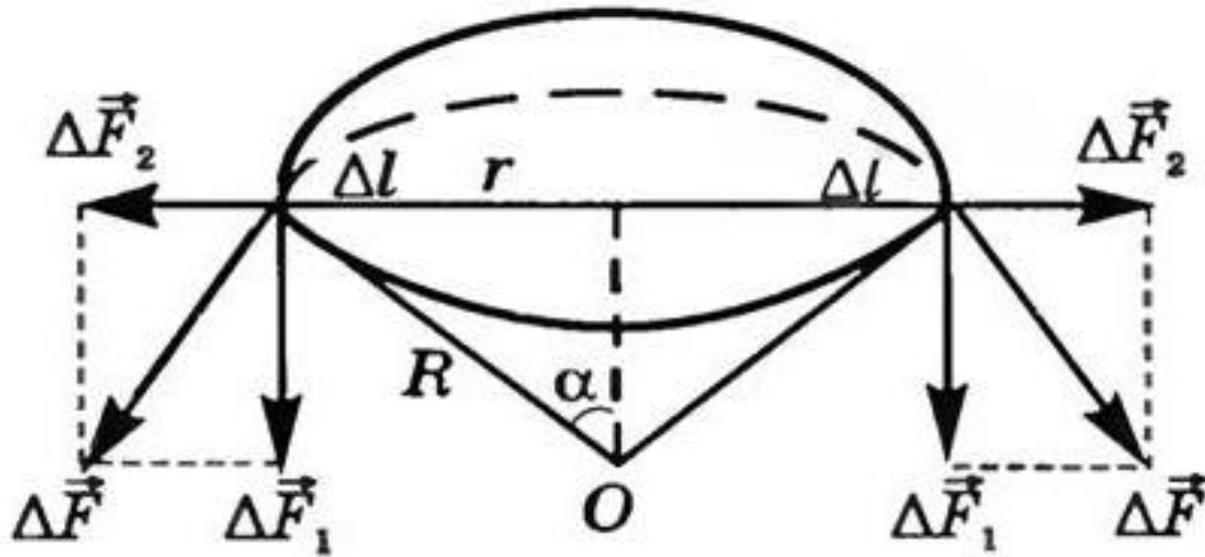
$$-\sigma_{тг} + \sigma_{тж} + \sigma_{жг} \cos \theta = 0$$

# Давление под искривленной поверхностью жидкости



На бесконечно малый элемент длины контура действует сила поверхностного натяжения, касательная к поверхности сегмента. Горизонтальные силы на противоположных сторонах контура направлены в противоположные стороны и взаимно уравновешиваются. Результант сил поверхностного натяжения, направлена перпендикулярно плоскости сечения внутрь жидкости и равна алгебраической сумме составляющих.

# Давление под искривленной поверхностью жидкости



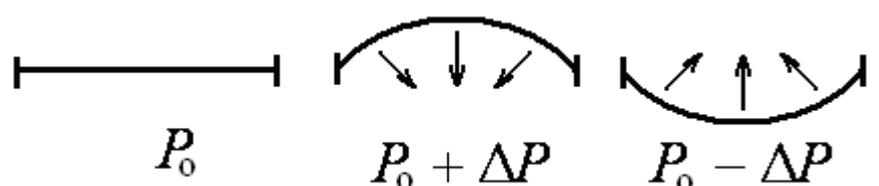
Формула Лапласа

$$\Delta P = \sigma \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$R_1, R_2$  – радиусы взаимно перпендикулярных нормальных сечений поверхности в данной точке.

# Давление под искривленной поверхностью жидкости

Радиус кривизны положителен, если центр кривизны сечения находится внутри жидкости, и отрицателен, если центр кривизны находится вне жидкости.

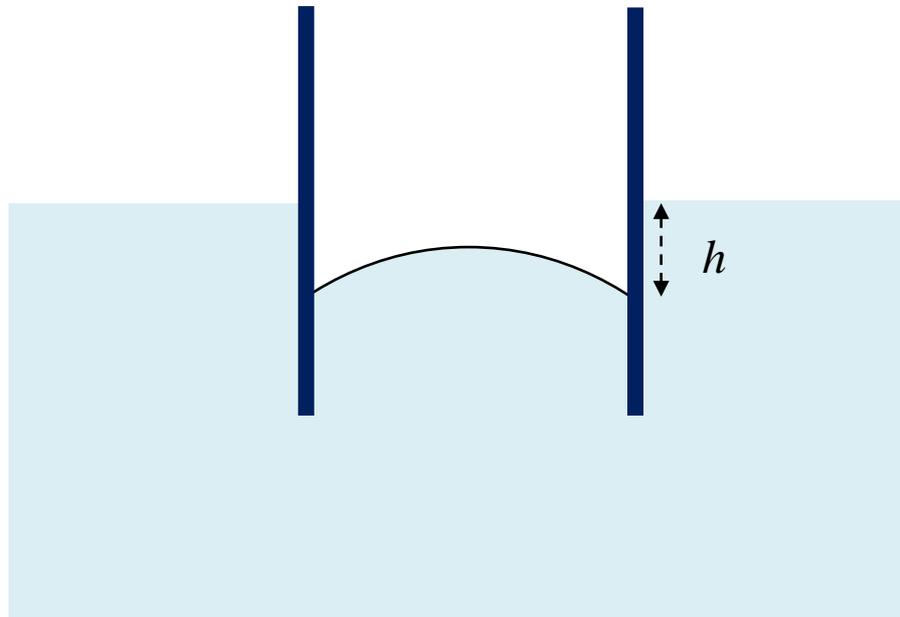

$$\Delta P = \sigma \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Поверхность:

- ✓ Сферическая -  $R_1 = R_2 = R$   $\Delta P = \frac{2\sigma}{R}$
- ✓ Цилиндрическая -  $R_1 = R, R_2 = \infty$   $\Delta P = \frac{\sigma}{R}$
- ✓ Плоская -  $R_1 = R_2 = \infty,$   $\Delta P = 0$

# Капиллярные явления

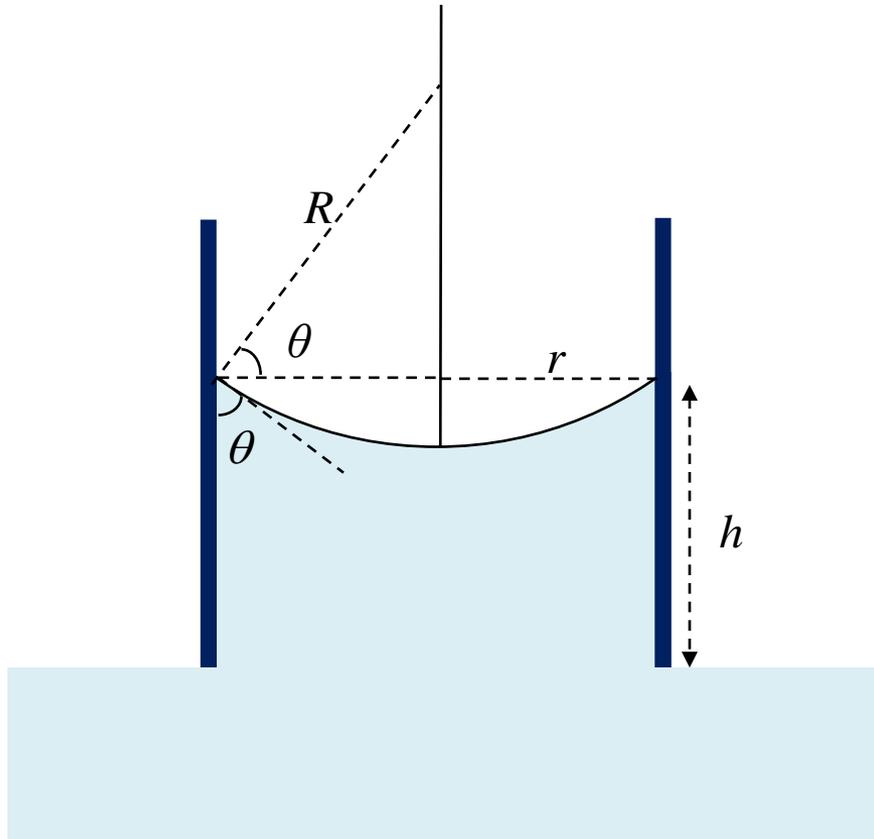
Мениск – искривленная поверхность жидкости вблизи поверхности твердого тела.



Если жидкость не смачивает капилляр, то мениск выпуклый.

Если жидкость смачивает капилляр, то мениск вогнутый.

# Капиллярные явления



$$r = R \cos \theta$$

$$\frac{2\sigma}{R} = \rho g h$$

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r}$$

*Вода: угол смачивания –  $0^\circ$ , плотность –  $1 \text{ г/см}^3$ , коэффициент поверхностного натяжения  $7 \cdot 10^{-2} \text{ н/м}$ , радиус капилляра –  $10 \text{ мкм}$ .  $h \sim 3 \text{ м}$ .*

# Твердые тела

Твердые тела сохраняют объем и форму.

Силы межмолекулярного взаимодействия значительны.

Потенциальная энергия взаимодействия атомов, соответствующая локальному минимуму, существенно превосходит кинетическую энергию.

Тепловое движение атомов представляет собой малые колебания около положений равновесия.

Атомы образуют кристаллическую решетку.

# Кристаллическая решётка

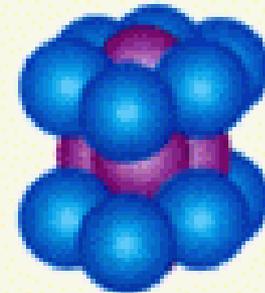
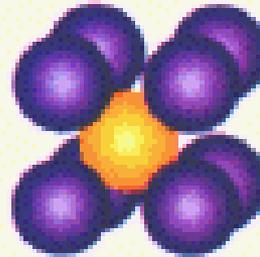
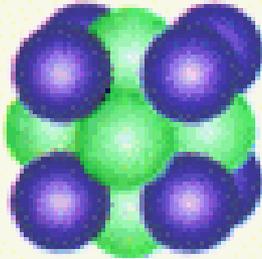
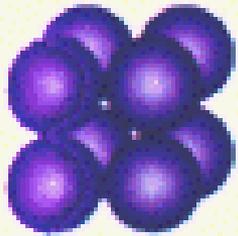
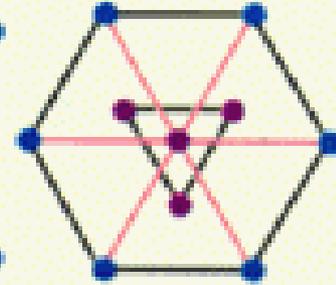
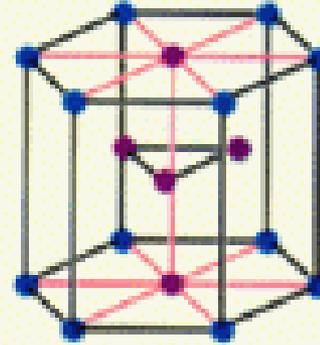
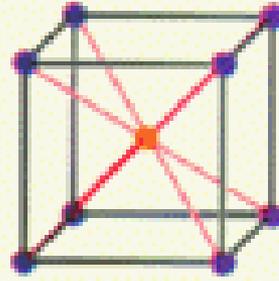
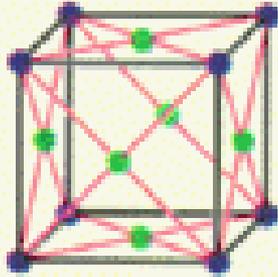
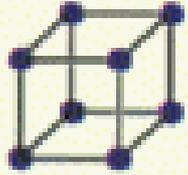
Кристаллическая решётка — пространственное регулярное расположение атомов или ионов в кристалле, характеризующееся периодичностью в трех измерениях.

Для описания кристаллической решётки достаточно знать расположение частиц в элементарной ячейке кристалла. Кристаллическая решётка образуется повторением элементарной ячейки.

# Кристаллическая решётка

В зависимости от пространственной симметрии, все кристаллические решётки подразделяются на семь кристаллических систем. Узел – точка решетки, в которой расположена частица. Ребро соединяет два узла. Ячейка полностью определяет решётку.

# Кристаллическая решётка



(1)

(2)

(3)

(4)

- 1 – простая кубическая решетка;  
2 – гранецентрированная кубическая решетка;  
3 – объемноцентрированная кубическая решетка;  
4 – гексагональная решетка.

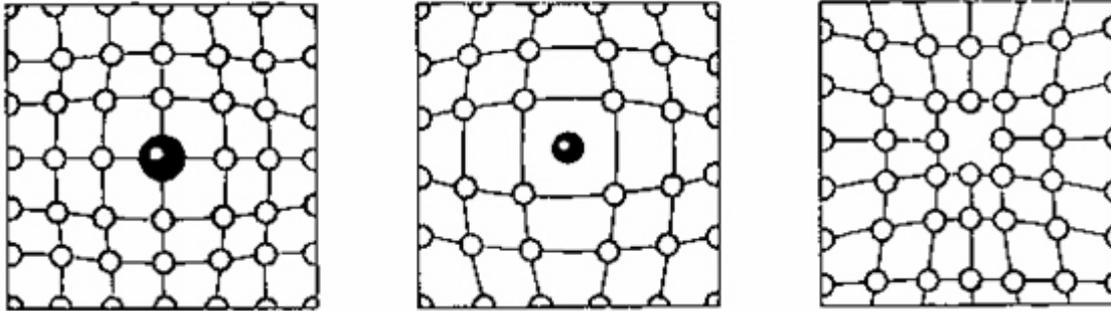
# Кристаллическая решётка

Если взять большое число одинаковых кристаллических ячеек и вплотную уложить их в определенном объеме, сохраняя параллельность ребер и граней, то мы будем иметь пример строения идеального монокристалла.

Анизотропия – зависимость физических свойств от направления.  
Кристаллы анизотропны.

# Кристаллическая решётка

Дефекты кристаллической решетки



Поликристалл отличается от монокристалла тем, что состоит из множества разноориентированных мелких монокристаллов.

# Типы кристаллов

Тип кристалла	Частицы, образующие решетку	Основные свойства	Примеры кристаллов
Молекулярный	Молекулы	Низкая температура плавления Низкая твердость	Нафталин
Металлический	Положительные ионы	Высокая электропроводность и теплопроводность	Металлы
Ковалентный	Атомы или группы атомов	Очень высокая температура плавления Очень большая твердость	Алмаз, кремний
Ионный	Ионы (положительные и отрицательные)	Высокая температура плавления Хрупкость	Поваренная соль

Физическая классификация основана на характере сил взаимодействия и рода частиц, расположенных в узлах.

# Теплоемкость твердых тел

Закон Дюлонга — Пти: молярная теплоёмкость твёрдых тел равняется  $3R$ .

Атом, расположенный в узле решетки, обладает тремя колебательными степенями свободы. По теореме Больцмана на каждую колебательную степень свободы приходится  $kT$  энергии.

$$U_{\mu} = 3N_A kT \qquad C_V = \frac{dU_{\mu}}{dT} = 3R$$

Теплоемкость твердых тел химических соединений равна сумме атомных теплоемкостей элементов составляющих это соединение.

$$C_V = 3nR$$