

Лекция 20

Свойства жидкостей.

Смачивание.

Капиллярные явления.

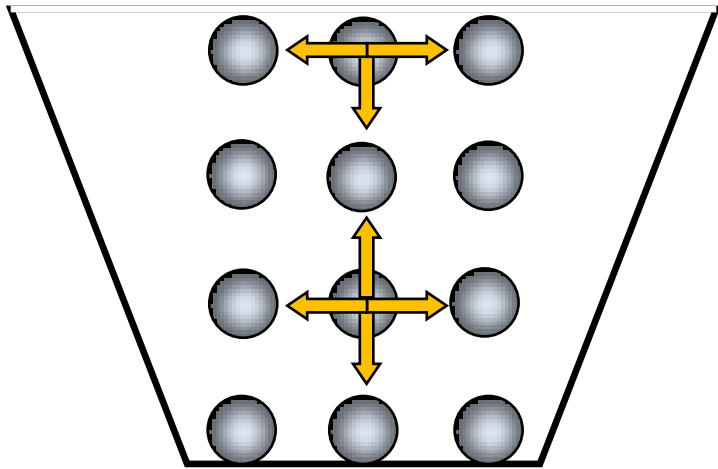
Твердые тела.

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.

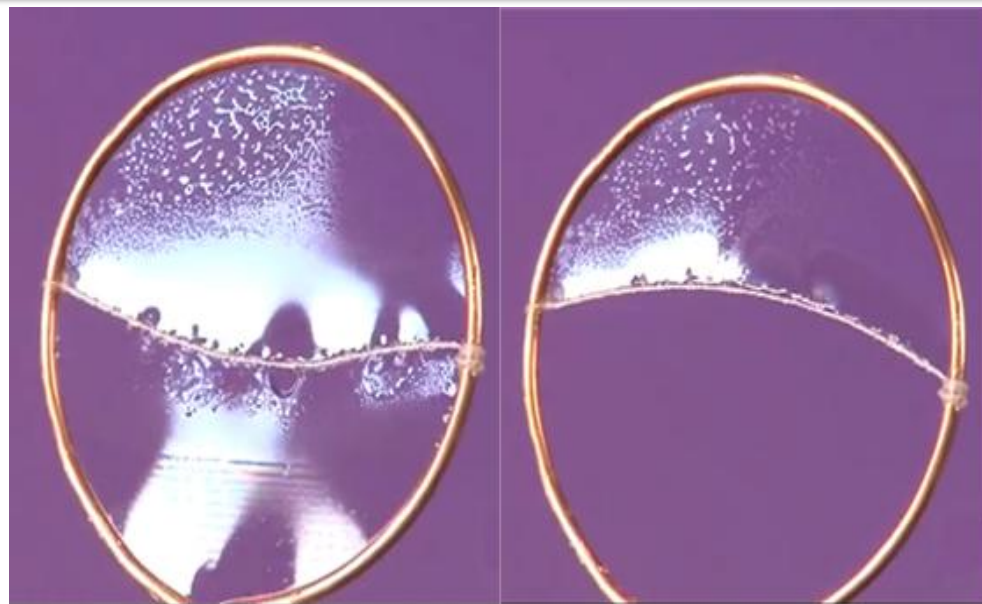
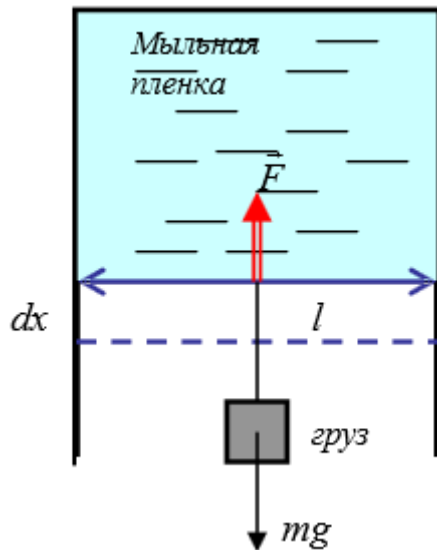
Молекулы в поверхностном слое обладают дополнительной потенциальной энергией.

$$E = \sigma S$$

σ - 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)

$$dA = F dx$$

$$dE = \sigma dS$$

$$dE = dA$$

$$dS = l dx$$

$$\sigma = F/l$$

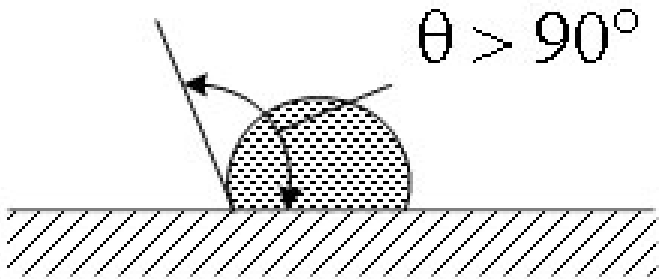
Коэффициент поверхностного натяжения - сила поверхностного натяжения, приходящаяся на единицу длины контура, охватывающего поверхность жидкости.

Вещество	Температура, °С	Поверхностное натяжение, (10 ⁻³ 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



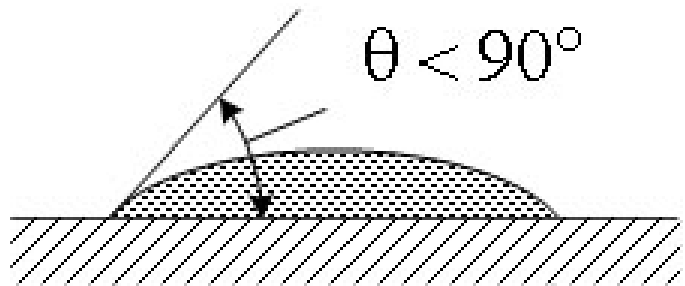
Молекулы жидкости притягиваются друг к другу сильнее, чем к молекулам твёрдого тела. В результате силы притяжения между молекулами жидкости собирают её в каплю. Примеры: ртуть на стекле, вода на жирной поверхности.

Полное несмачивание: вода – парафин.

$$\theta = \pi$$

Смачивание

Жидкость смачивает поверхность



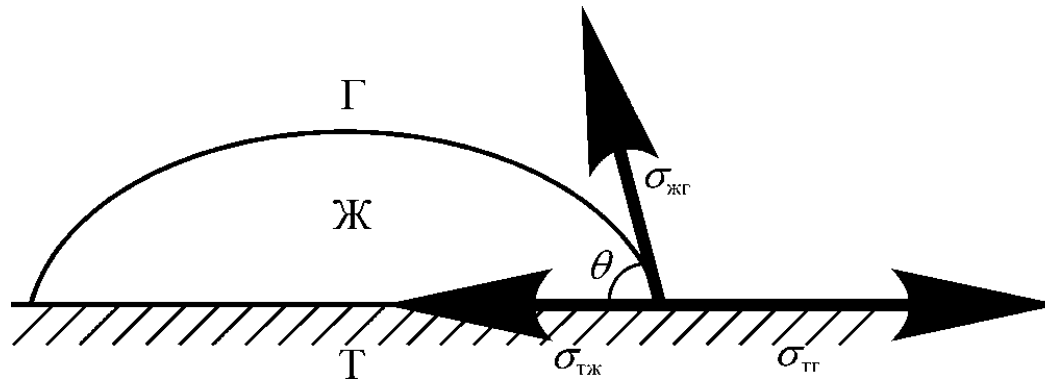
Молекулы жидкости притягиваются друг к другу слабее, чем к молекулам твёрдого тела. Жидкость стремится прижаться к поверхности, расплывается по ней. Примеры: вода на стекле, ртуть на поверхности цинка.

Полное смачивание: керосин – стекло.

$$\theta = 0$$

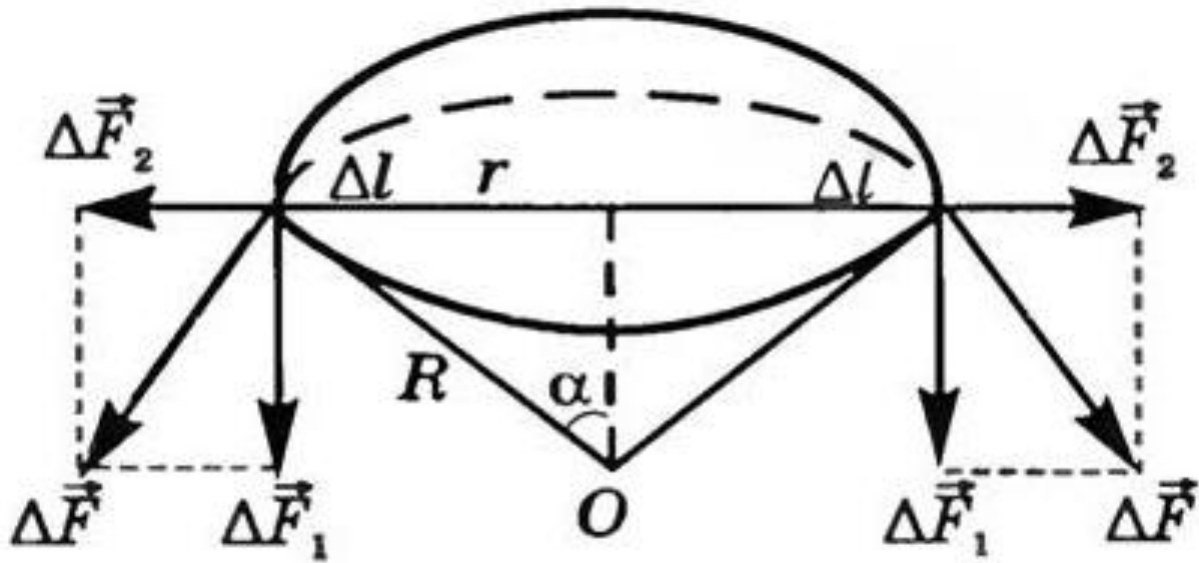
Смачивание

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.



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

Давление под искривленной поверхностью жидкости



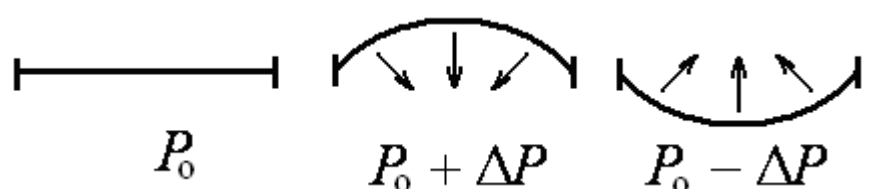
Формула Лапласа

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

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.

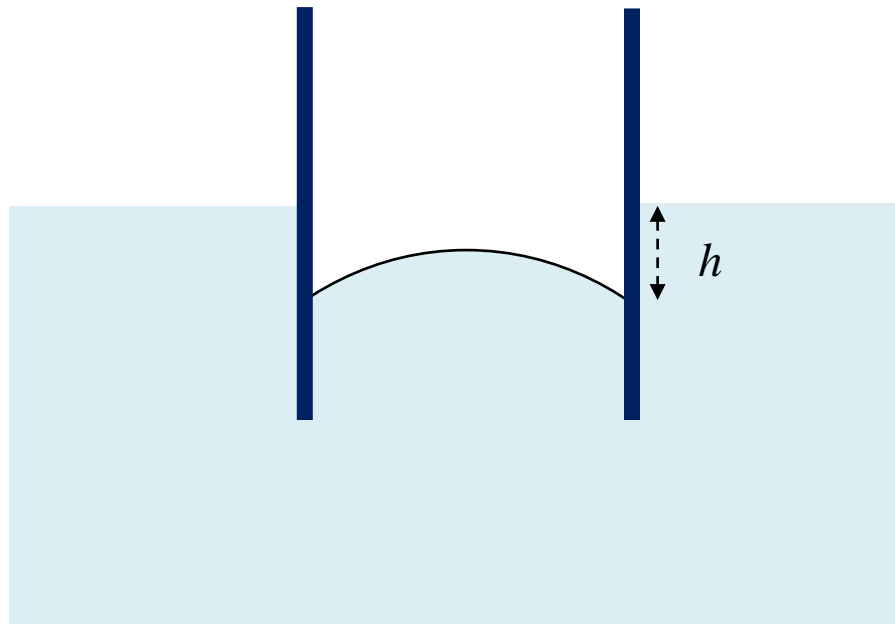

$$\Delta P = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

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

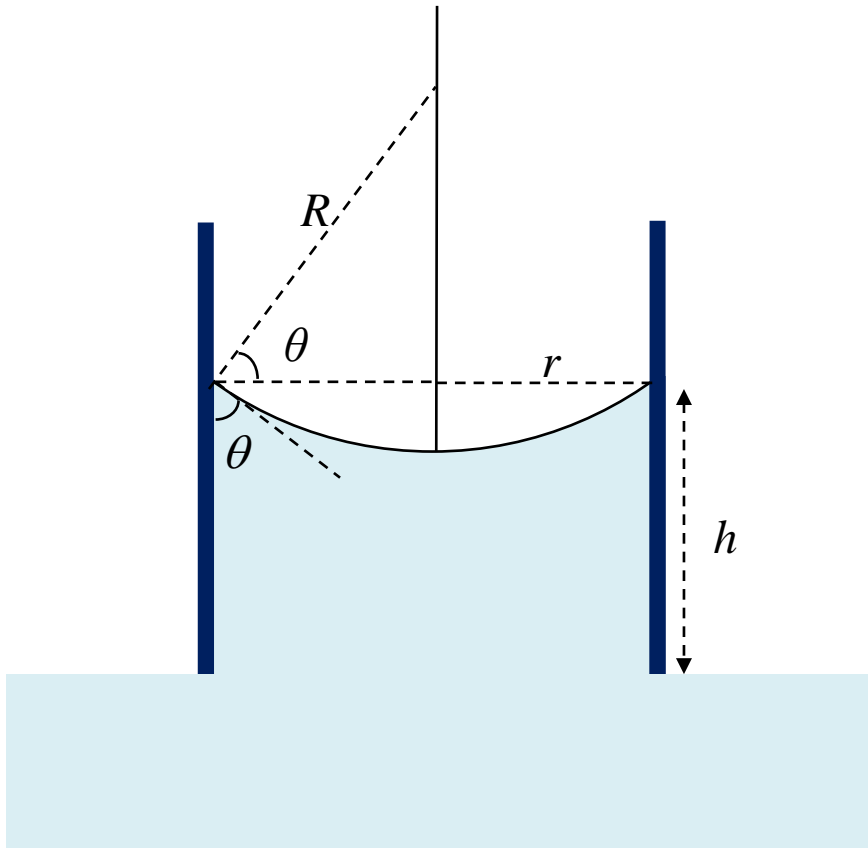
Мениск – искривленная поверхность жидкости вблизи поверхности твердого тела.



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° , плотность – 1 г/см^3 , коэффициент поверхностного натяжения $7 \cdot 10^{-2} \text{ н/м}$, радиус капилляра – 10 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

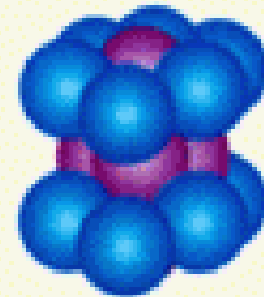
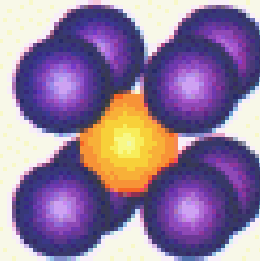
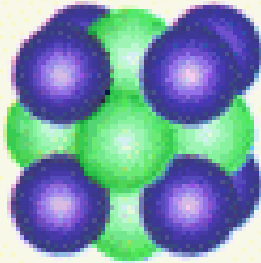
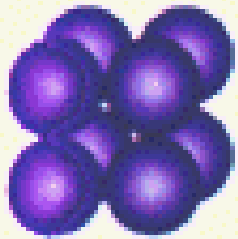
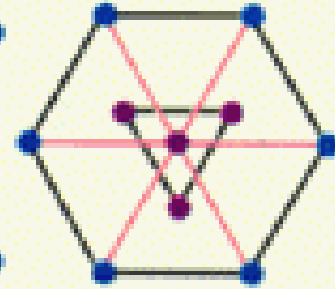
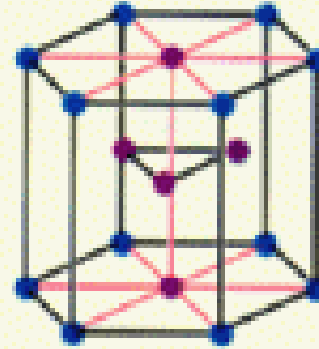
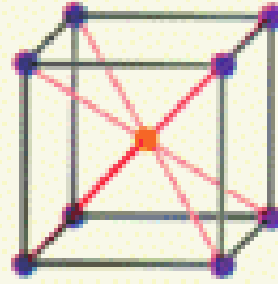
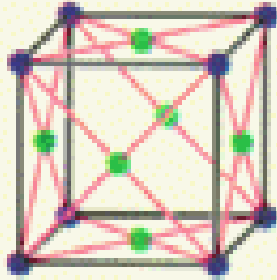
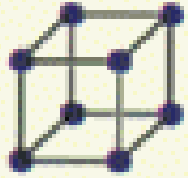
Кристаллическая решётка — пространственное регулярное расположение атомов или ионов в кристалле, характеризующееся периодичностью в трех измерениях.

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.

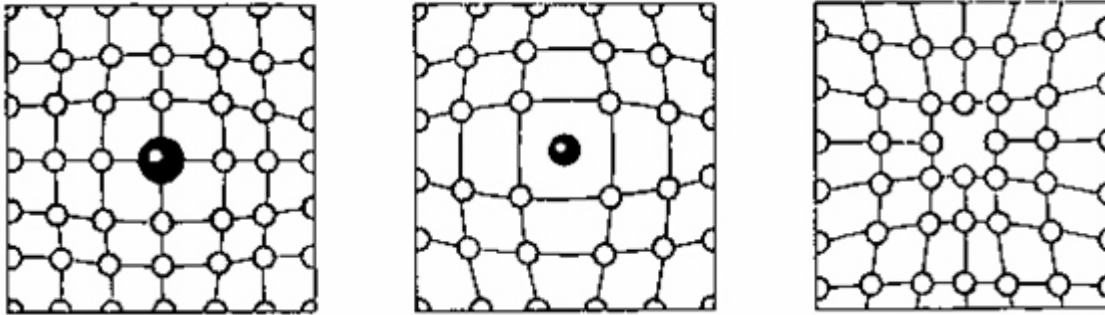
Кристаллическая решётка

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.

$$C_V = 3nR$$