

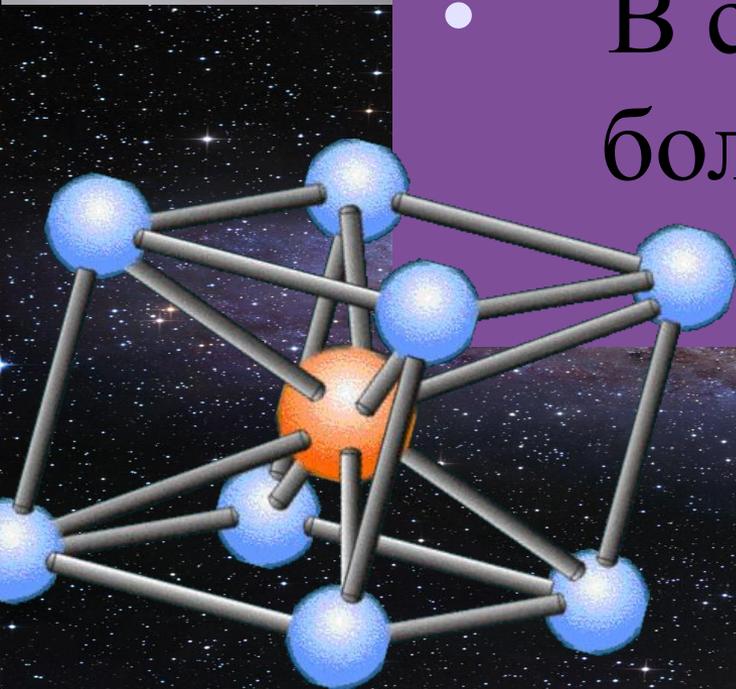
ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

- **Молекулярно-кинетическая теория (МКТ)** – это учение, которое объясняет тепловые явления в макроскопических телах и внутренние свойства этих тел движением и взаимодействием атомов, молекул и ионов, из которых состоят тела

В основе МКТ строения вещества лежат
три положения:

Первое положение

- Вещество состоит из частиц – молекул, атомов и ионов.
- В состав этих частиц входят более мелкие элементарные частицы

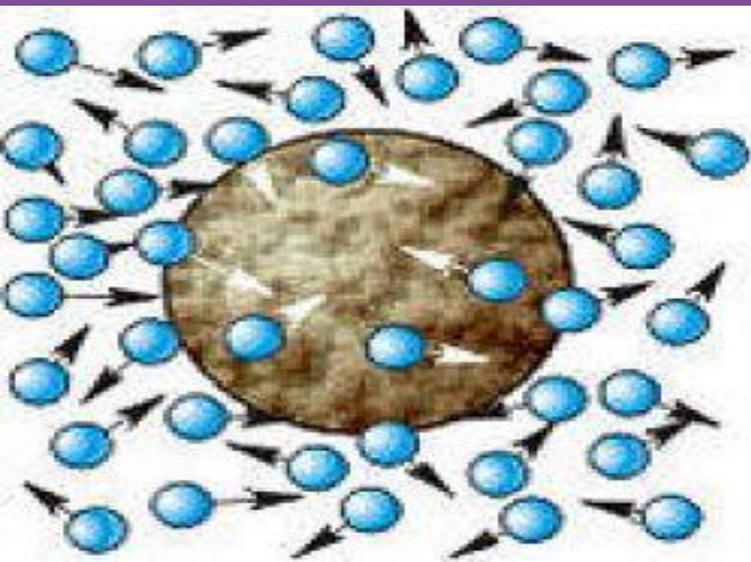


Первое положение МКТ

- Молекула – наименьшая устойчивая частица данного вещества.
- Молекула обладает основными химическими свойствами вещества.
- Молекула является пределом деления вещества, то есть самой маленькой частью вещества, которая способна сохранять свойства этого вещества
- Атом – это частица данного химического элемента.

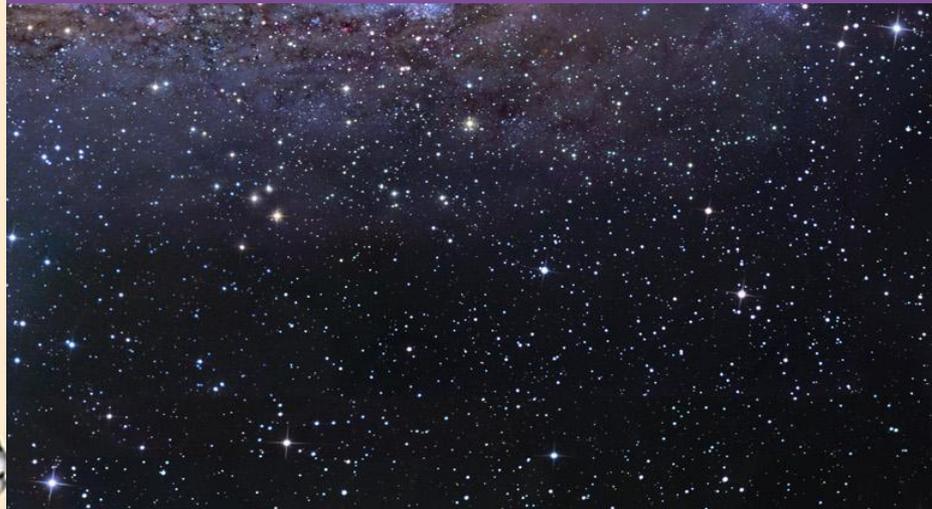
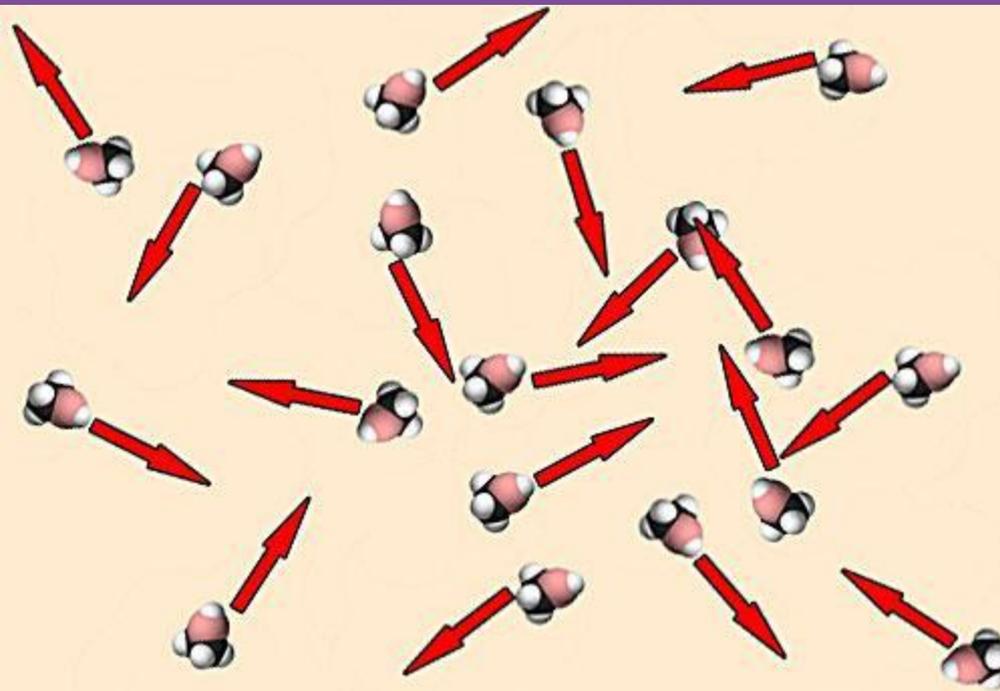
Второе положение МКТ

- Частицы, из которых состоит вещество, находятся в непрерывном хаотическом (беспорядочном) движении



Третье положение МКТ

- Частицы вещества взаимодействуют друг с другом – притягиваются и отталкиваются



Основные понятия МКТ

Моль - количество вещества, содержащее одно и то же число частиц, названное постоянной Авогадро

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

Молярная масса (M) – масса вещества, взятого в количестве 1 моль (Кг/моль)

Масса одной молекулы выражается формулой


$$m_0 = \frac{M}{N_A}$$

Основные понятия МКТ

Количеством вещества ν называется отношение числа молекул N к числу Авогадро N_A :

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

Если m — масса вещества, то

$$\nu = \frac{m}{M}$$

МОЛЬ

Явления переноса

В термодинамических системах возникают особые необратимые процессы, называемые явлениями переноса, в результате которых происходит пространственный перенос энергии, массы, импульса

- диффузия,
- теплопроводность
- внутреннее трение (вязкость)



Явления переноса

(48.1)

1. Теплопроводность – это процесс переноса тепловой энергии, обусловленный хаотическим движением молекул

Перенос энергии в форме теплоты подчиняется закону Фурье:

$$j_E = -\lambda \frac{dT}{dx}$$

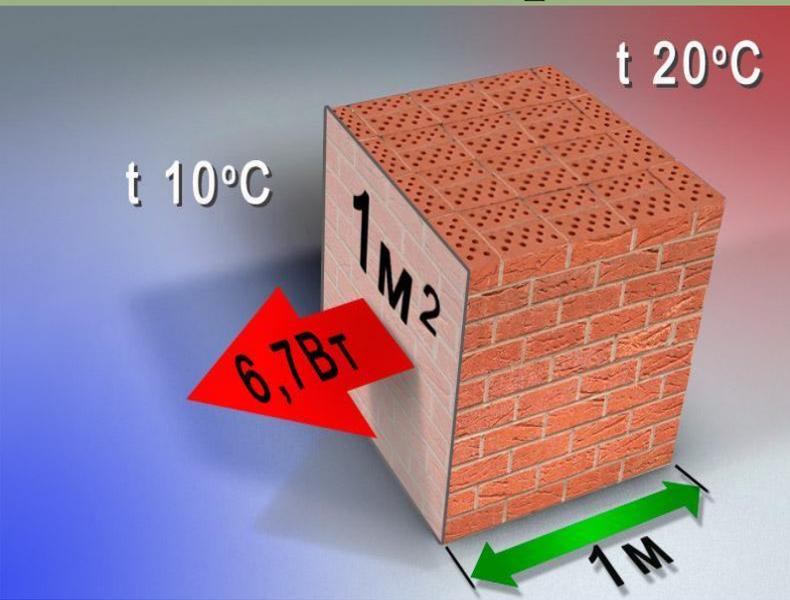
j_E - плотность теплового потока

λ – теплопроводность

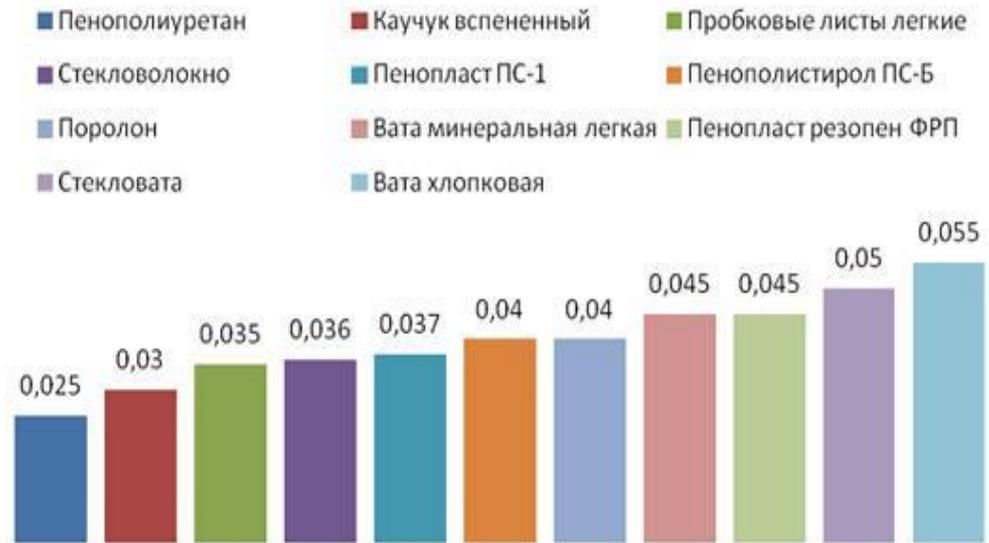
$\frac{dT}{dx}$ - градиент температуры

λ – теплопроводность (лямбда) (48.1) (коэффициент теплопроводности)

отражает свойство вещества проводить тепловую энергию. Чем больше значение коэффициента теплопроводности материала, тем лучше он проводит тепло ($\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$)



Коэффициенты теплопроводности
различных материалов

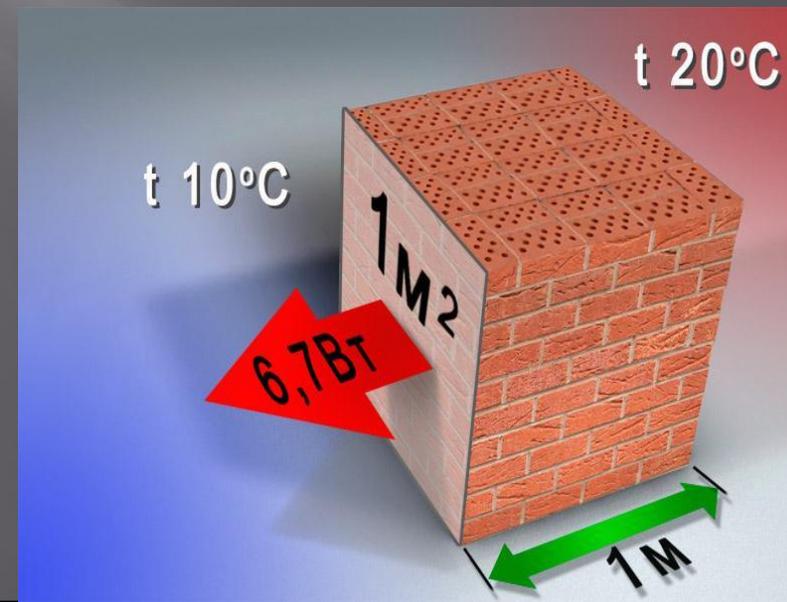


Тепловое сопротивление и ИЗОЛЯЦИЯ

тепловое сопротивление,
способность тела
(его поверхности или
какого-либо слоя)
препятствовать
распространению теплового
движения молекул.

**Тепловое сопротивление
– величина обратная
коэффициенту
теплопередачи**

$$\text{м}^2\text{К/Вт}$$



Явления переноса

2. Диффузия – это обусловленное тепловым движением молекул проникновение одних веществ в объём, занятый другими веществами

Явление диффузии для химически однородного газа подчиняется закону Фюка:

$$j_m = -D \frac{d\rho}{dx},$$

j_m — плотность потока массы

D — коэффициент диффузии

$d\rho/dx$ — градиент плотности

Коэффициент диффузии

j_m — плотность потока массы

D — коэффициент диффузии

$d\rho/dx$ — градиент плотности

$$j_m = -D \frac{d\rho}{dx}$$

Коэффициент диффузии позволяет провести оценку количества вещества, прошедшего через единицу площади (квадратный метр) за единицу времени (секунду).

Единица измерения $\text{м}^2/\text{с}$

Коэффициент диффузии определяется свойствами среды и типом диффундирующих частиц

Диффузия и осмос

В том случае, если диффундирующие вещества встречают на своем пути мембрану, движение замедляется, а в некоторых случаях прекращается. Диффузия воды по направлению от своего большего к меньшему химическому потенциалу через мембрану носит название осмоса

Диффузия и осмос

Иначе говоря, осмос - это диффузия воды или другого растворителя через полупроницаемую перепонку, вызванная разностью концентраций или разностью химических потенциалов



ОСМОС.

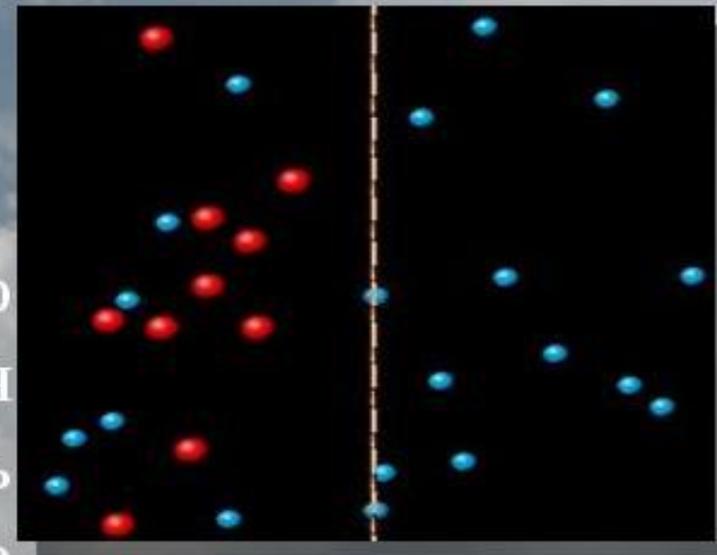
Впервые осмос наблюдал А. Нолле в 1748г., однако исследование этого явления было начато спустя столетие.



Жан-Антуан Нол
ле



Осмос через полупроницаемую мембрану. Частицы растворителя (синие) способны пересекать мембрану, частицы растворённого вещества (красные) — нет.

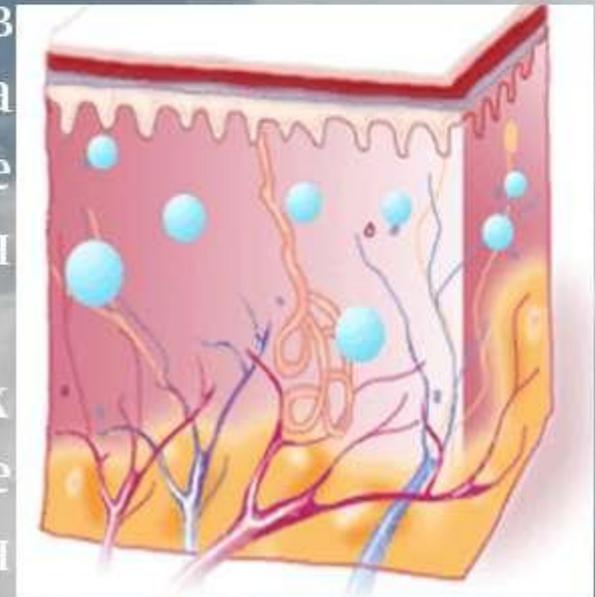
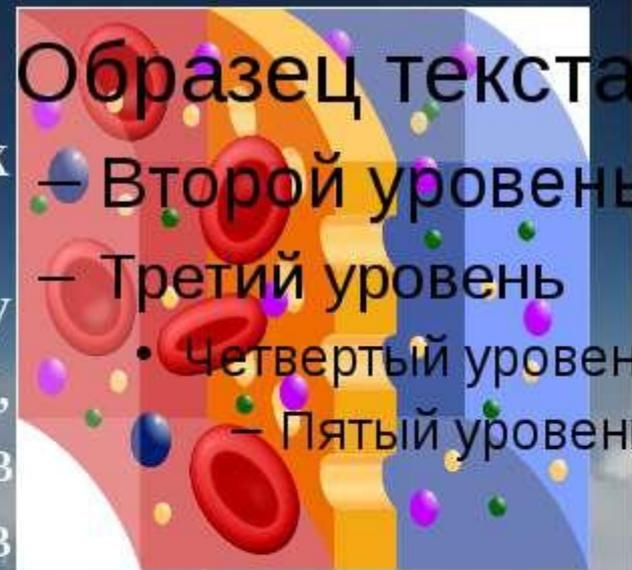


Значение осмоса.

Осмоз играет важную роль во многих биологических процессах.

Мембрана, окружающая нормальную клетку **крови**, проницаема лишь для молекул воды, **кислорода**, некоторых из растворенных в крови питательных веществ и продуктов клеточной жизнедеятельности; для больших **белковых** молекул, находящихся в растворенном состоянии внутри клетки, она непроницаема. Поэтому белки, столь важные для биологических процессов, остаются внутри клетки.

Осмоз участвует в переносе питательных веществ в стволах высоких деревьев, где капиллярный перенос не способен выполнить эту функцию.



Явления переноса

3. Внутреннее трение (вязкость) возникает вследствие переноса импульса молекул между слоями

сила внутреннего трения
между двумя слоями
газа (жидкости)
подчиняется закону
Ньютона:

$$F = \eta \left| \frac{dv}{dx} \right| S,$$

η - динамическая вязкость

dv/dx - градиент скорости,

S - площадь, на которую действует сила F

Вязкость жидкости



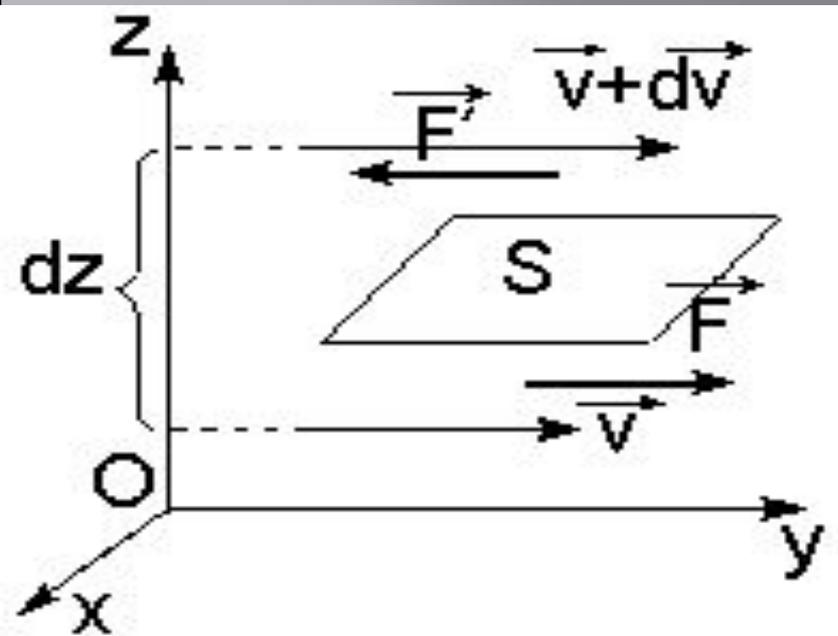
В реальной жидкости вследствие взаимного притяжения и движения молекул место внутреннее трение

Вязкость жидкости



Оно проявляется как сила
сопротивления при
помешивании жидкости,
вызывает замедление
движущихся в ней тел

Вязкость жидкости



$$F_B = -\eta \frac{\Delta v}{\Delta x} \cdot \Delta S$$

Сила внутреннего трения F_B возникающая в плоскости соприкосновения двух, скользящих относительно друг друга, слоев жидкости, пропорциональна площади соприкосновения слоев и градиенту скорости



Коэффициент вязкости η есть величина, численно равная силе трения, возникающей между двумя слоями текущей жидкости, соприкасающимися на площади, равной единице, при градиенте скорости между ними тоже равном единице.

Единица измерения коэффициента вязкости:

$$F_B = -\eta \frac{\Delta v}{\Delta x} \cdot \Delta S$$

$$1 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}^2} = 1 \text{Па} \cdot \text{с}$$



Вязкость жидкостей измеряют путем наблюдения за их течением в тонких трубках. В основе измерений лежит закон Пуазейля:

-Жан-Луи Пуазейль (1799 – 1869) изучал мощность сердца как насоса, качающего кровь, и исследовал законы движения крови в венах и капиллярах. Обобщив полученные результаты, он вывел формулу, оказавшуюся чрезвычайно важной для физики. За заслуги перед физикой его именем названа единица динамической вязкости – пуаз.



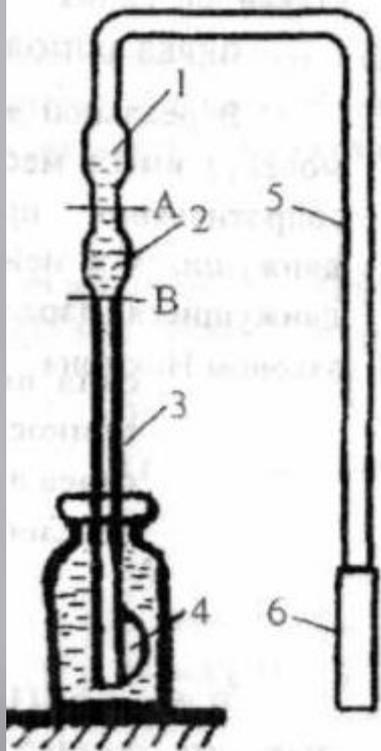


Рис. 11

$$V = \frac{\pi r^4 t}{8\eta} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta x}$$

Измерение коэффициента вязкости исследуемой жидкости вискозиметром Оствальда осуществляется путем сравнения с известным коэффициентом вязкости другой жидкости, взятой в качестве эталонной.

Идеальным газом называется газ, в котором молекулы движутся свободно и взаимодействуют между собой и со стенками сосуда только при столкновениях.

Модель идеального газа удовлетворительно описывает достаточно разреженные газы

Основное параметры газа

P - давление
V – объем
T-температура

$$pV = \frac{m}{M}RT ,$$



уравнение Менделеева-Клапейрона

$$R = kN_A = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \times \text{К}}$$

Универсальная
газовая постоянная

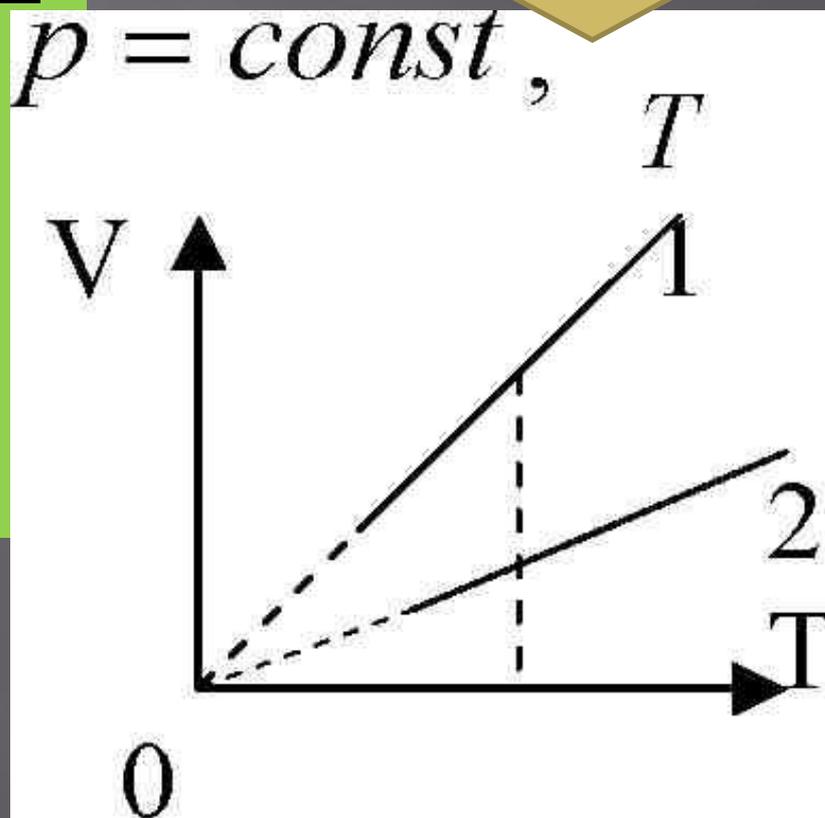
ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ

Изобарный процесс

Закон Гей-Люссака:

для газа постоянной массы
отношение объема к
температуре постоянно,
если давление газа не
меняется

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$



ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ

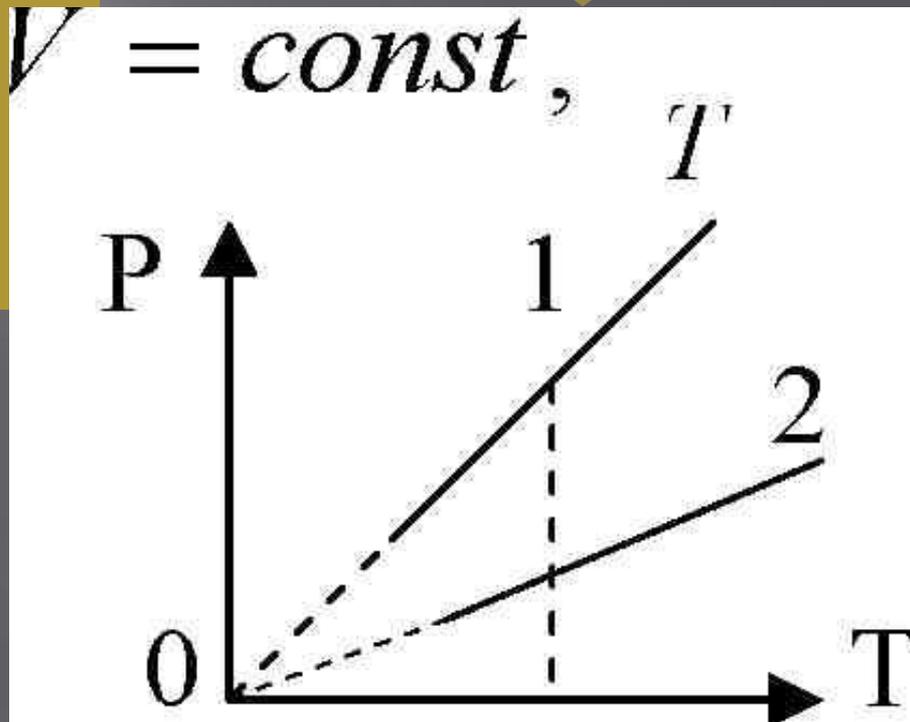
Изохорный процесс

Закон Шарля: для газа

постоянной массы

отношение давления к температуре постоянно, если объем не изменяется.

$$\frac{P}{T} = \text{const}$$

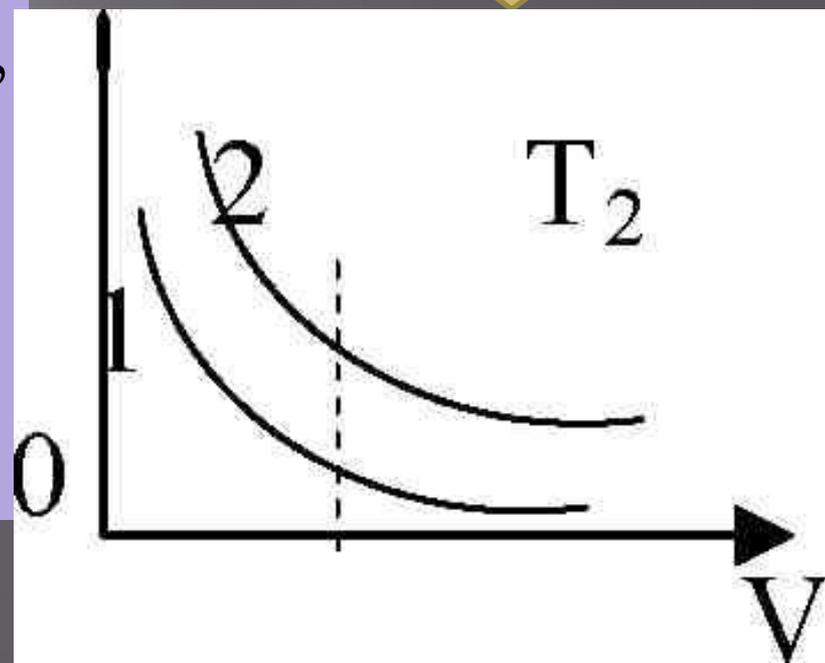


ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ

Изотермический процесс
Закон Бойля-Мариотта:
для газа постоянной массы
произведение давления на
объем остается постоянным,
если температура газа не
изменяется.

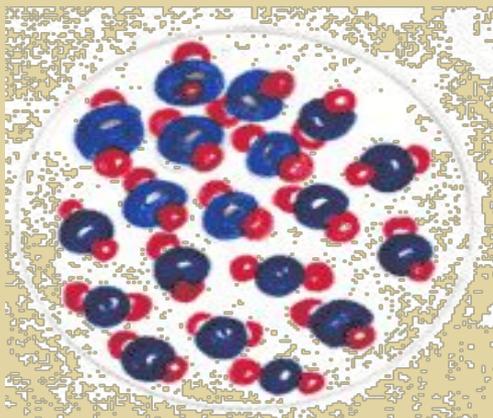
$$T = \text{const}$$

$$pV = \text{const}$$

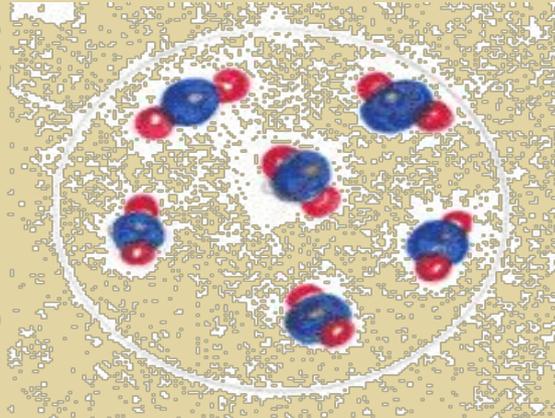


Молекулярные явления в ЖИДКОСТЯХ

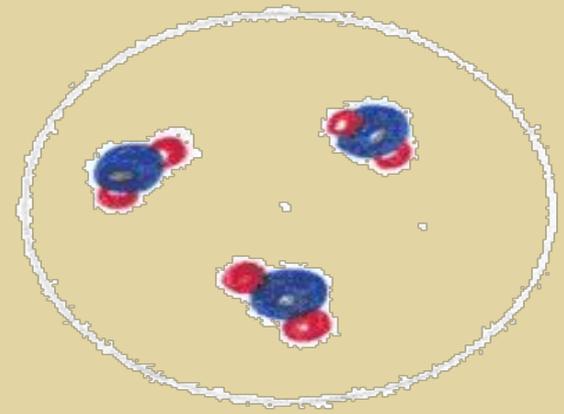
- Молекулярное строение жидкостей



Твердом теле



Жидкости

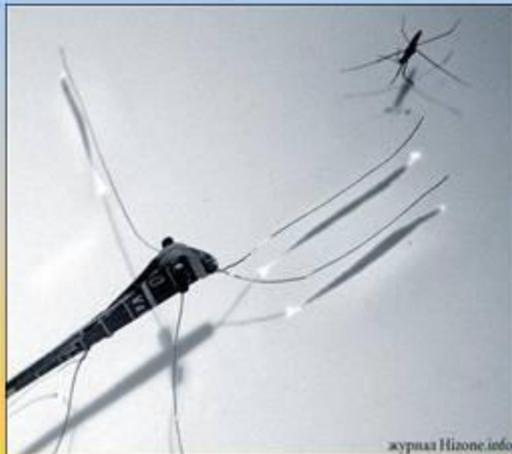


Газе

Молекулярное строение жидкостей

- Молекулы жидкости расположены близко друг к другу
- притяжение между ними не так велико и они могут скачками менять свое положение, поэтому жидкость сохраняет свой объем и принимает форму сосуда.
- Жидкости текучи; их трудно сжать.

Поверхностное натяжение



- У поверхности воды есть особое свойство – **поверхностное натяжение.**
- Это явление, при котором поверхность жидкости **пытается сжаться.**
- Благодаря **поверхностному натяжению** некоторые насекомые **скользят по водной поверхности**

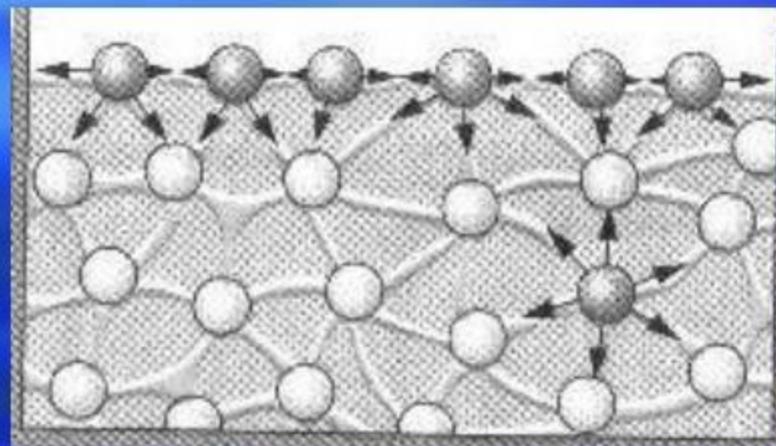


Поверхностное



натяжение

Способность жидкости сокращать свою поверхность.



На молекулы поверхностного слоя жидкости (на её границе с газом) действуют неуравновешенные силы притяжения к молекулам, расположенным внутри жидкости. Наличие этих сил приводит к поверхностному натяжению.

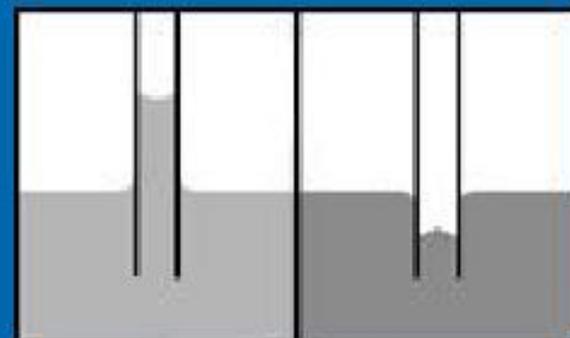
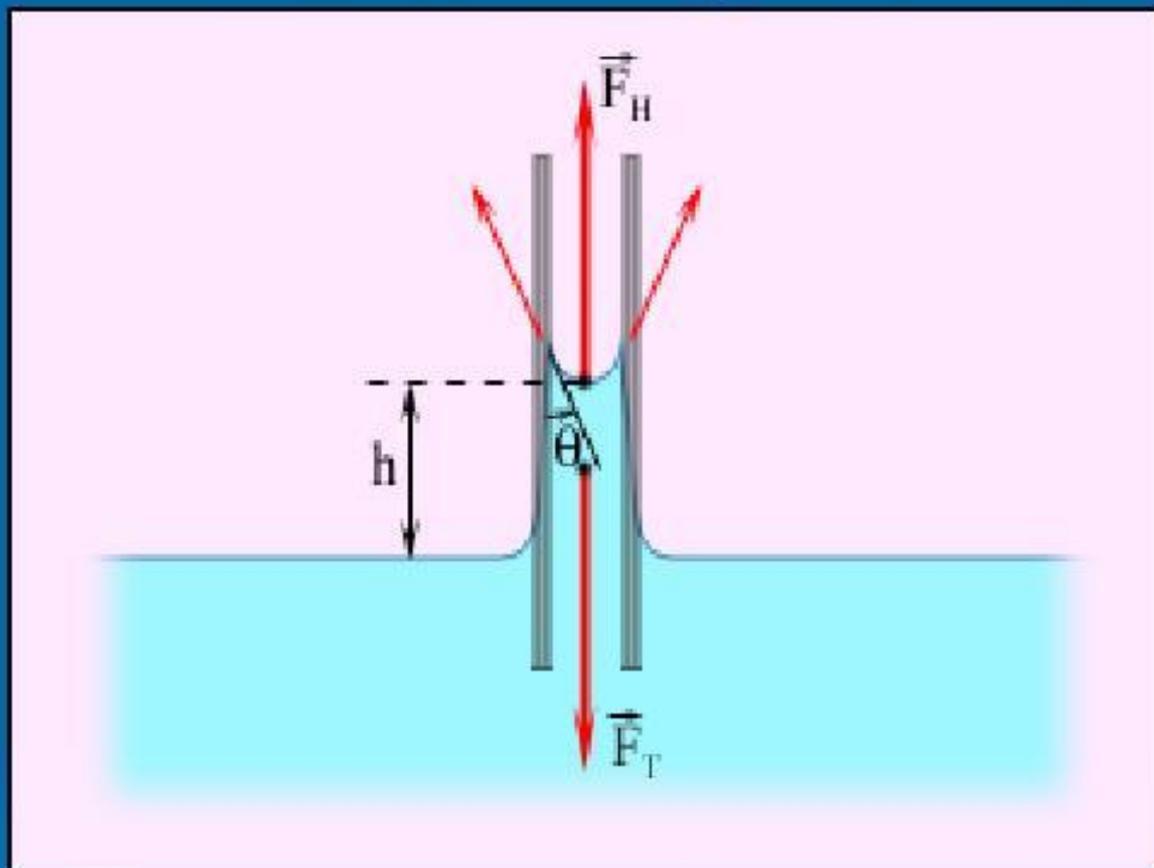
Сила поверхностного натяжения

- Молекулы поверхностного слоя испытывают действие сил, которые лежат в касательной плоскости к поверхности жидкости и ориентированны на сокращение ее площади до минимума. Они называются силами поверхностного натяжения F .
- Для их количественной оценки вводится понятие коэффициента поверхностного натяжения. Коэффициент поверхностное натяжение равен отношению силы поверхностного натяжения к длине границы поверхностного слоя.

$$F_{п.н.} = \sigma \cdot l$$

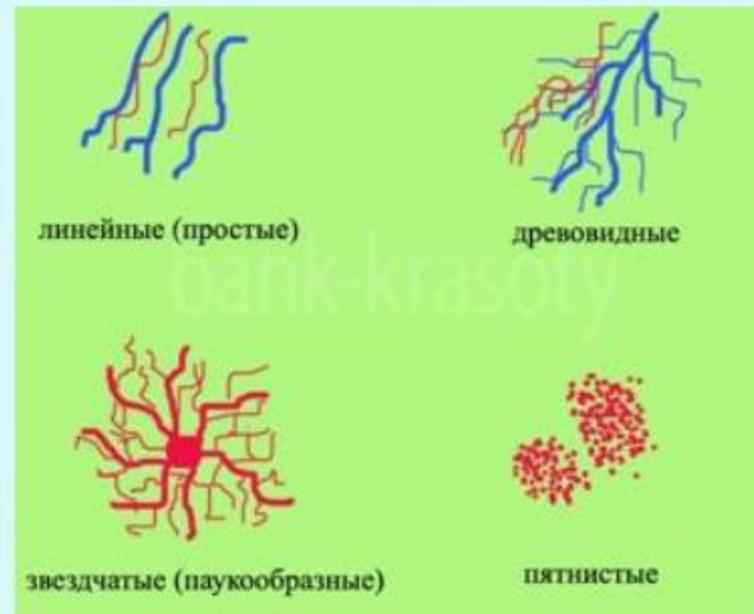
$$\sigma = \frac{F_{п.н.}}{l}$$

Капиллярные явления



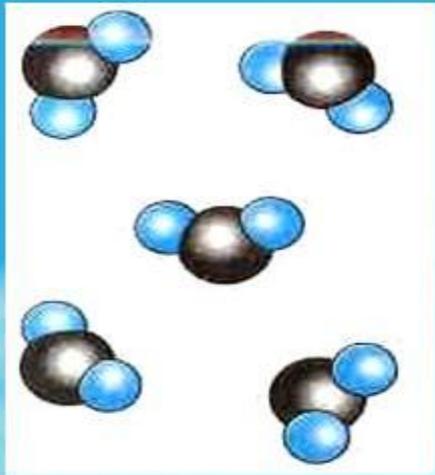
Капиллярными явлениями называют подъем или опускание жидкости в трубках малого диаметра

Капиллярные явления
весьма часто встречаются.
Поднятие воды в почве,
система кровеносных
сосудов в легких, корневая
система у растений,
фитиль, полотенце и
промокательная бумага —
это капиллярные системы.



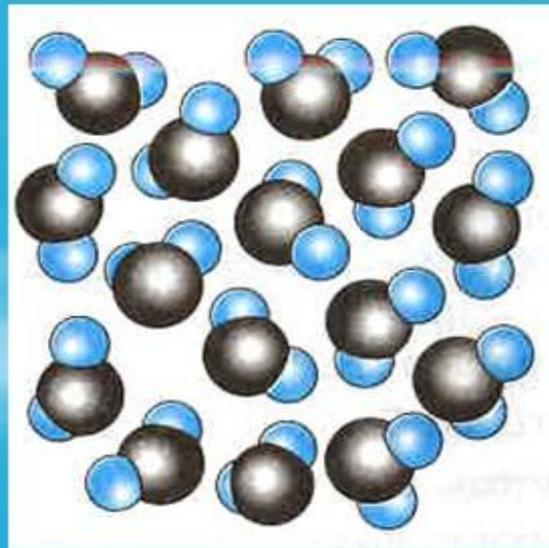
Молекулярные явления в твердых телах: межмолекулярное взаимодействие

*В газах молекулы
непрерывно
движутся от
столкновения до
столкновения*



*Взаимодействие
практически
отсутствует*

*В жидкостях
молекулы
колеблются и
перескакивают на
свободные места*



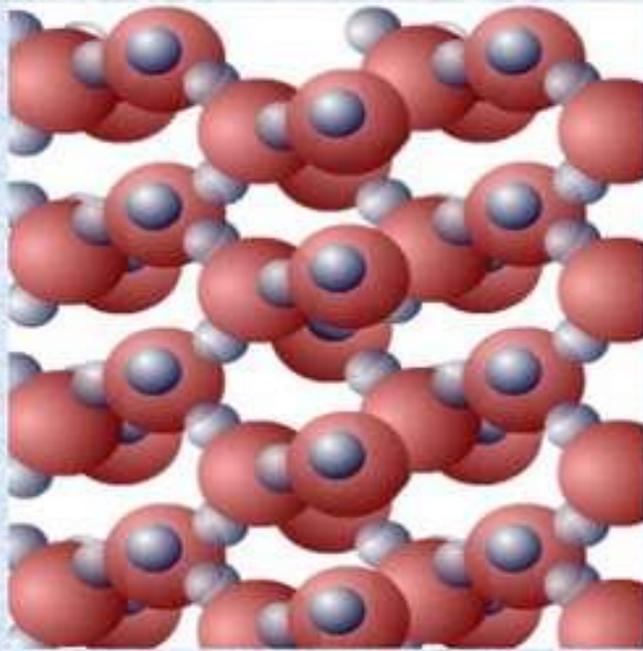
*Взаимодействие
слабое*

*В твёрдых телах
молекулы
колеблются
около положения
равновесия.*



*Взаимодействие
сильное*

Особенности молекулярного строения твёрдых тел



1. Расстояние между частицами - находятся очень близко друг к другу.
2. Расположение и движение частиц - образуют кристаллическую решетку, колеблются около положений равновесия.
3. Силы межмолекулярного взаимодействия - действуют силы притяжения и отталкивания.

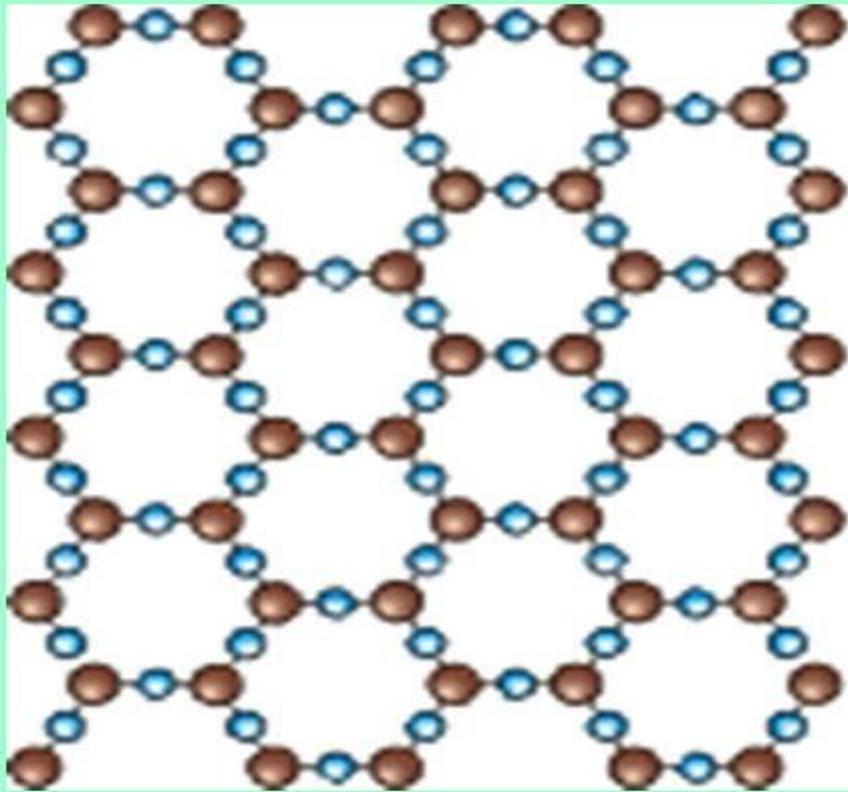
Потенциальная энергия молекул значительно больше их кинетической энергии: $E_n \gg E_k$

Твердые тела

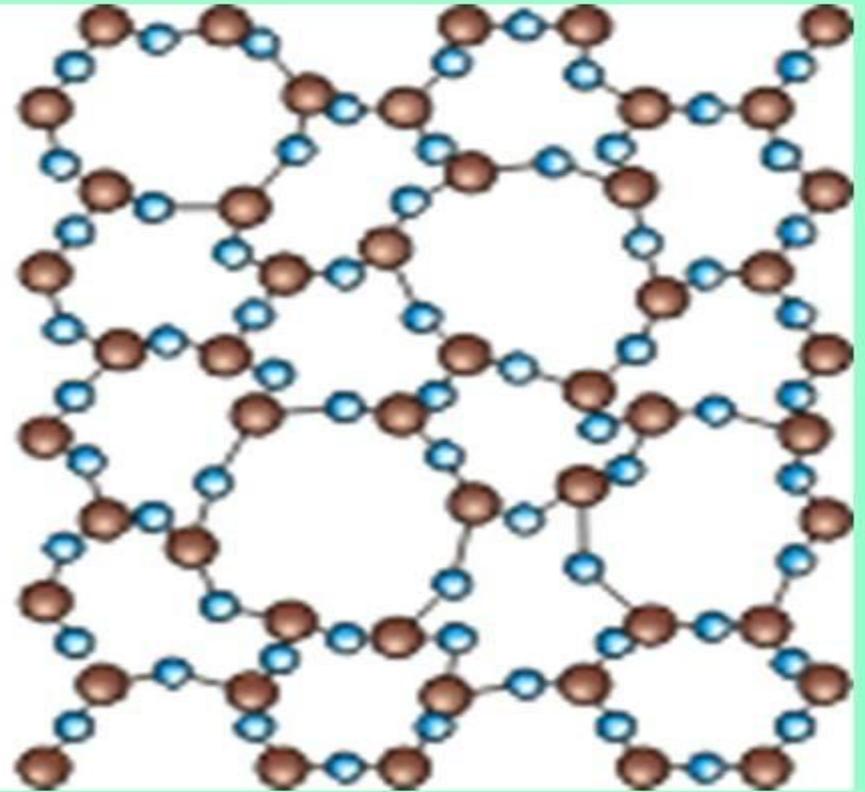
Кристаллические

Аморфные

Кристаллическое тело



Аморфное тело

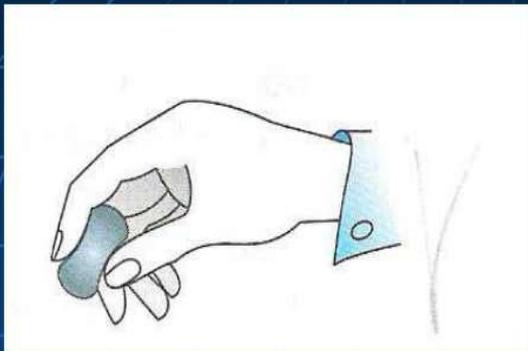


Механические свойства твердых тел:

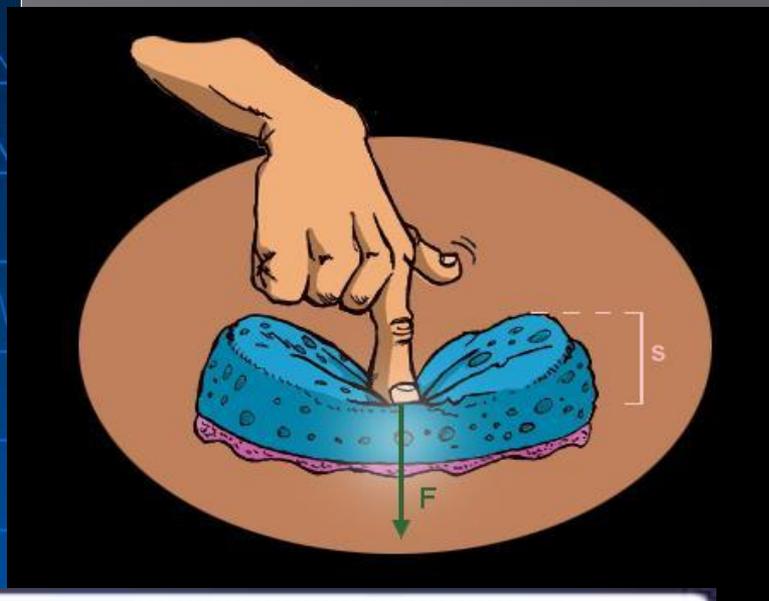
- **Механические свойства** характеризуют способность материала сопротивляться воздействию внешних сил.
- **Прочность** – способность материала сопротивляться разрушению под воздействием нагрузок.
- **Пластичность** – способность материала изменять форму и размер под действием внешних сил.
- **Упругость** – 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)

Деформация тела и ее виды



Деформация – любое изменение формы и размера тела.



Виды деформации:



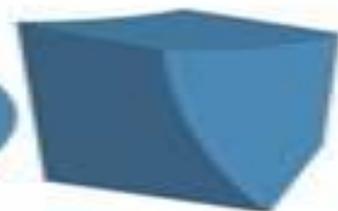
Изгиб



Растяжение



Сжатие



Кручение

Термодинамика рассматривает общие закономерности превращения энергии в форме тепла и работы между телами

Термодинамические параметры

Температура – T

Давление – P

Плотность – ρ

Концентрация - C

Теплоемкость –

Изменение хотя бы одного параметра приводит к изменению состояния системы в целом

Термодинамический процесс

- это изменение состояния системы, сопровождающийся изменением хотя бы одного из параметров системы во времени.



Первый закон термодинамики

$A_{\text{вн}}$ - работа
внешних сил

Q - количество
теплоты

ΔU - изменение
внутренней
энергии

$$\Delta U = Q + A_{\text{вн}}$$

В термодинамической системе изменение внутренней энергии равно сумме количества переданной теплоты и работы внешних сил.

Способы изменения внутренней энергии



Вечный двигатель первого рода

-устройство, способное бесконечно совершать работу-устройство, способное бесконечно совершать работу без затрат топлива или других энергетических-устройство, способное бесконечно совершать работу без затрат топлива или



Невозможность осуществления вечного двигателя первого рода постулируется в термодинамике как первое начало термодинамики.

Второе начало термодинамики

**Формулировка II-го начала
(принцип возрастания энтропии):**

Энтропия закрытой системы не может убывать (запрет на убывание энтропии в закрытой системе).

В обратимых процессах она (энтропия) остается постоянной, в необратимых – растет.

S_1 – начальное значение энтропии при протекании какого-либо процесса в системе;
 S_2 – конечное.

$$\Delta S = S_2 - S_1 - \text{изменение энтропии}$$

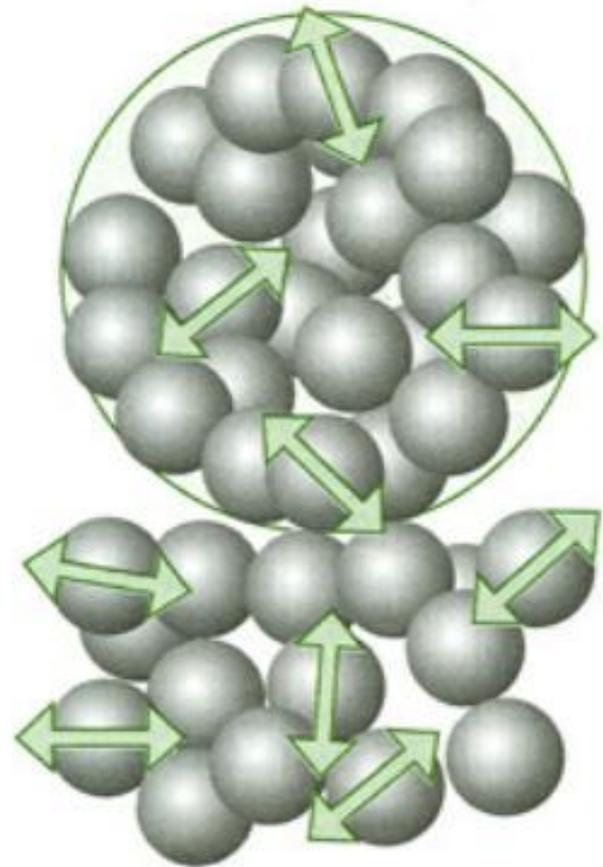
$\Delta S \geq 0$ (в закрытой системе изменение энтропии не может быть меньше 0).

Энтропия

Энтропия – это функция беспорядка в системе.

Во втором законе термодинамики энтропия используется для определения самопроизвольных процессов.

Самопроизвольный процесс всегда сопровождается рассеянием энергии в окружающую среду и **повышением энтропии.**



Энтропия замкнутой системы, т.е. системы, которая не обменивается с окружением ни энергией ни веществом, постоянно возрастает

Рудольф Клаузиус
(1822-1888)
Немецкий физик.



$$\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} < 0$$

Третье начало термодинамики

Недостатки первого и второго начал термодинамики в том, что они не позволяют определить значение энтропии при абсолютном нуле $T = 0^\circ \text{K}$.

На основании обобщения экспериментальных исследований свойств различных веществ при сверхнизких температурах был установлен закон, устранивший указанный недостаток. Сформулировал его в 1906 г. Нернст и называется он третьим началом термодинамики, или теоремой Нернста.



**Нернст Вальтер Фридрих
Герман** (1864 – 1941) –
немецкий физик и физико-
ХИМИК,

один из основоположников

физической химии. Работы в

области термодинамики, физики низких

температур, физической химии. Высказал

утверждение, что энтропия химически

однородного твердого или жидкого тела при

абсолютном нуле равна нулю (теорема Нернста).

Применение второго закона к биологическим системам в его классической формулировке приводит, как кажется на первый взгляд, к парадоксальному выводу, что процессы жизнедеятельности идут с нарушением принципов термодинамики



Однако увеличение энтропии в необратимых самопроизвольных процессах происходит в изолированных системах, а биологические системы являются открытыми

Илья Романович Пригожин

(25 января(25
января 1917(25
января 1917,
Москва(25 января
1917, Москва — 28
мая(25 января 1917,
Москва — 28 мая
2003(25 января
1917, Москва — 28
мая 2003, Брюссель
(25 января 1917,
Москва — 28 мая
2003, Брюссель,
Бельгия(25 января

