

# МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

---



# Молекулярная физика –

это раздел физики, изучающий внутреннее строение тел, а также тепловые процессы, происходящие внутри вещества.

Идея о том, что все тела состоят из мельчайших частиц – атомов, и, что тепло представляет собой внутреннее движение и энергию этих атомов, высказывались еще античными философами.

Лишь к XVIIIв.

**М. Ломоносов** первым стал утверждать, что **тепло – это вращательное движение молекул тела.**

**МКТ** описывает явления в макроскопических телах, связанные с изменением их температуры, на основе представления о том, что все тела состоят из хаотически движущихся и взаимодействующих молекул.

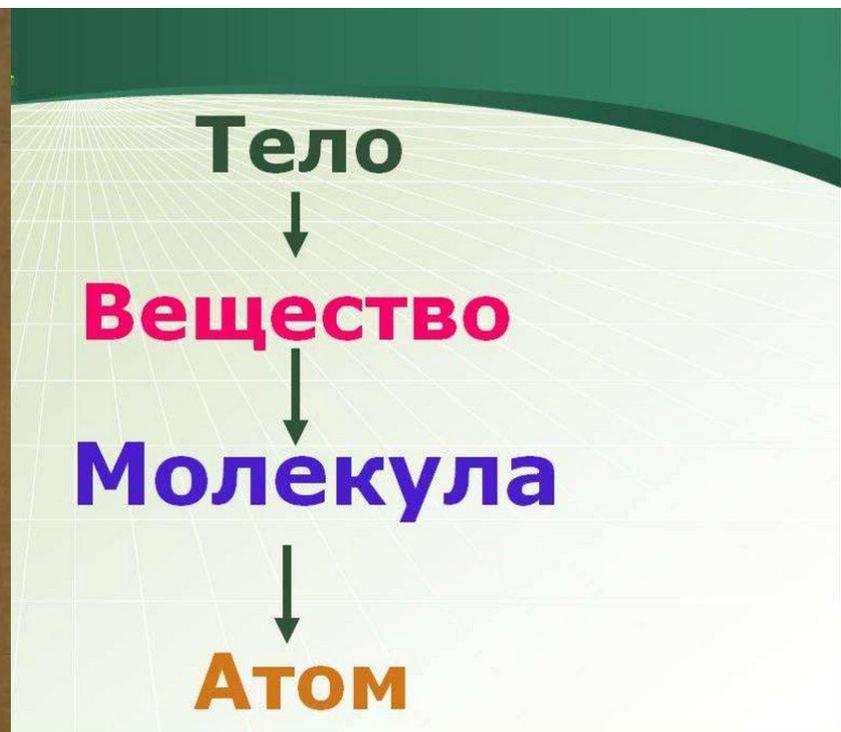


**Молекула** (с греч.- «массочка»)- наименьшая устойчивая частица вещества, обладающая его химическими свойствами.

МОЛЕКУЛЫ ОБРАЗУЮТСЯ ИЗ АТОМОВ

**Атом** – (с греч. – «неделимый») – наименьшая частица химического элемента, носитель его свойств

**Ионы**- положительно или отрицательно заряженные частицы



# **Основные положения МКТ**

- 1) Все тела состоят из огромного количества частиц, между которыми есть промежутки**
- 2) Частицы вещества непрерывно и хаотически движутся**
- 3) Частицы вещества взаимодействуют друг с другом**



## 1) Положение МКТ :

Все тела (вещества)

состоят из частиц

(молекул, атомов, ионов)

между которыми есть промежутки.

## Опытные обоснования:

- ▶ - крошение вещества;
- ▶ -испарение жидкости;
- ▶ -смешивание веществ;  
диффузия;
- ▶ -фотография туннельного микроскопа.



## 2) Положение МКТ :

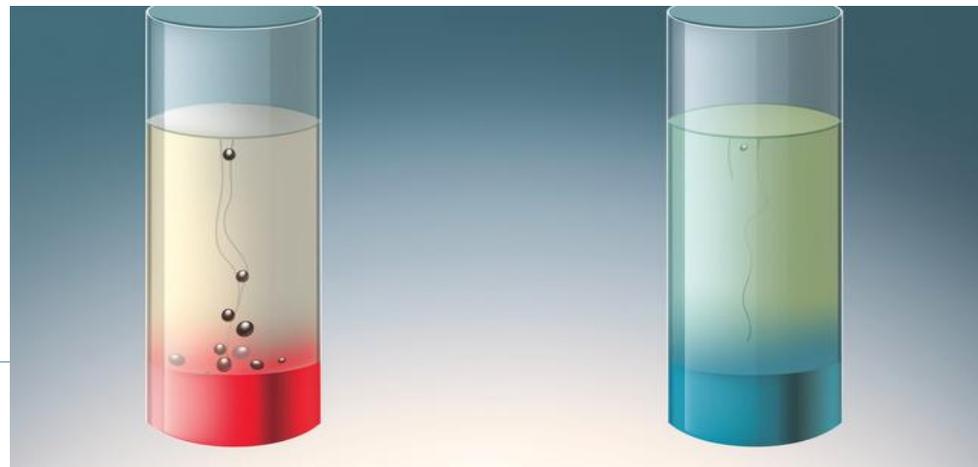
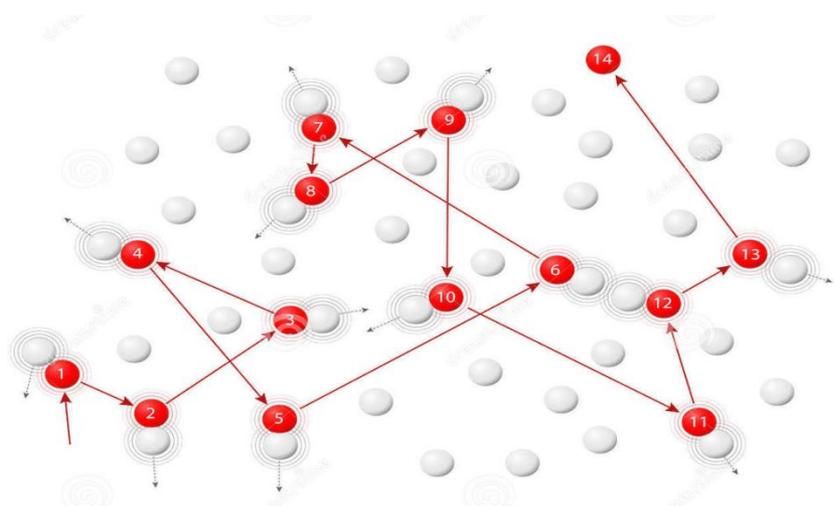
Частицы вещества непрерывно и хаотически движутся

### Опытные обоснования:

- **Броуновское движение** –  
постоянное, беспорядочное (хаотичное)  
движение частиц (тепловое движение)

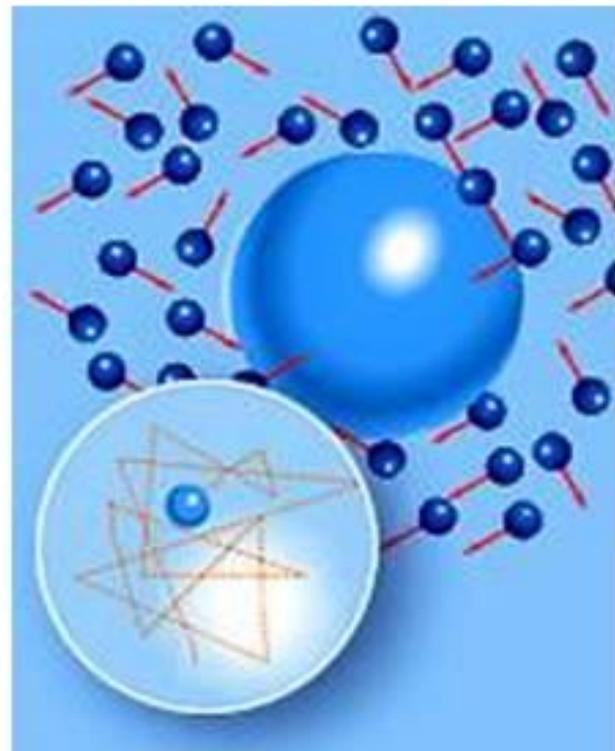
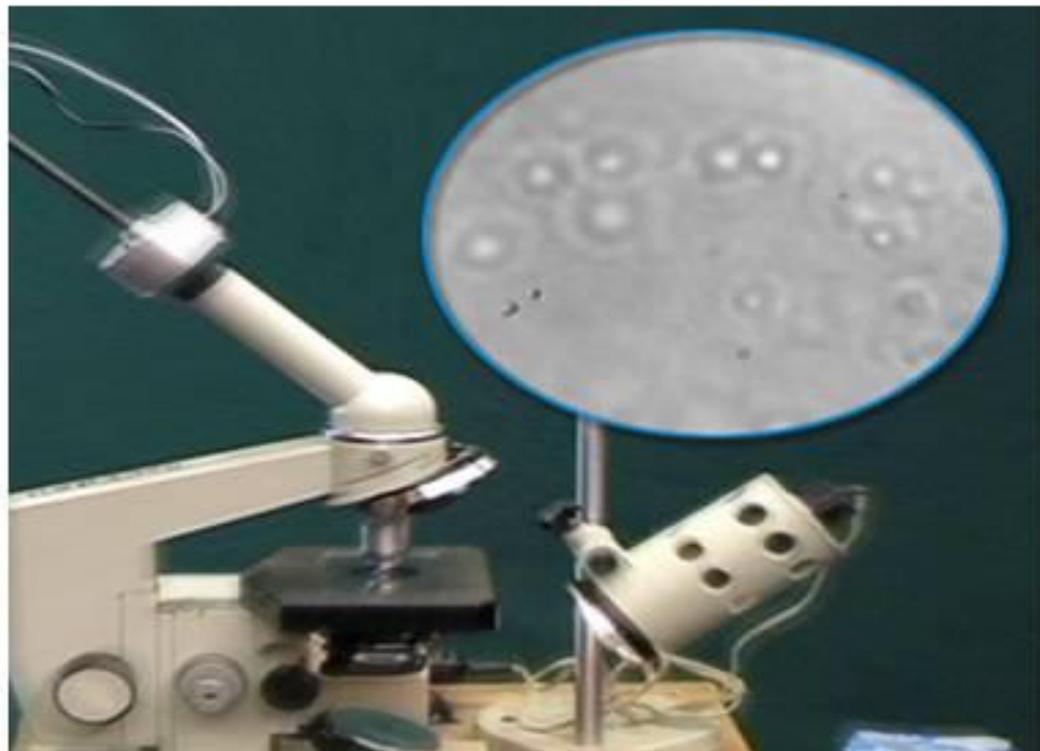
- **Испарение** -  
вылет частиц с поверхности вещества

- **Диффузия** -  
самопроизвольное проникновение частиц одного вещества  
в промежутки между частицами другого вещества



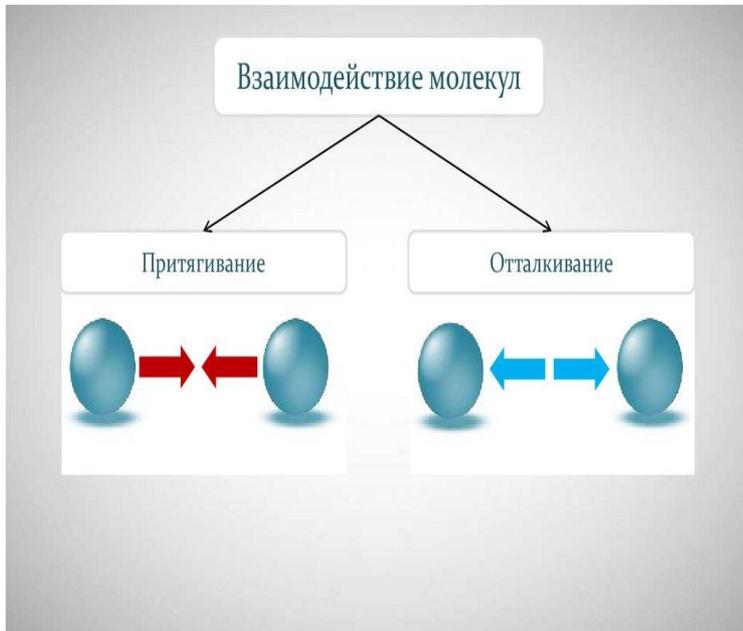
# Броуновское движение

*Броуновское движение* - тепловое движение взвешенных в жидкости или газе частиц.



### 3) Положение МКТ :

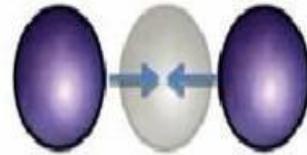
## Частицы вещества взаимодействуют друг с другом



Молекулы твердого тела находятся в непрерывном движении. Почему же твердые тела не распадаются на отдельные молекулы?



- Необходимо отметить, что **взаимное притяжение молекул проявляется только тогда, когда они находятся на расстоянии, сравнимом с их размером.**
- То есть, если между двумя молекулами можно втиснуть только одну молекулу, то между ними будет наблюдаться **взаимное притяжение.**



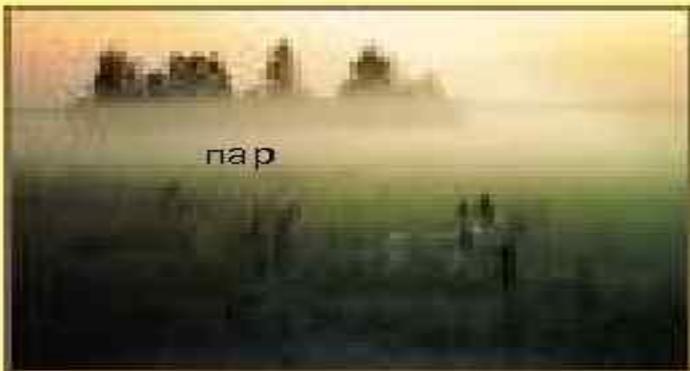
- Если же расстояние между ними увеличить, то притяжение очень быстро ослабевает.

# МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

изучает физические свойства тел в различных агрегатных состояниях на основе их молекулярного строения.

## Агрегатные состояния вещества

газообразное



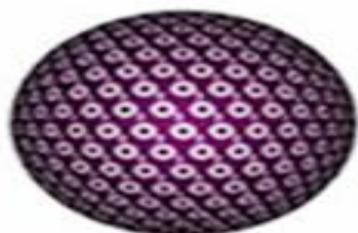
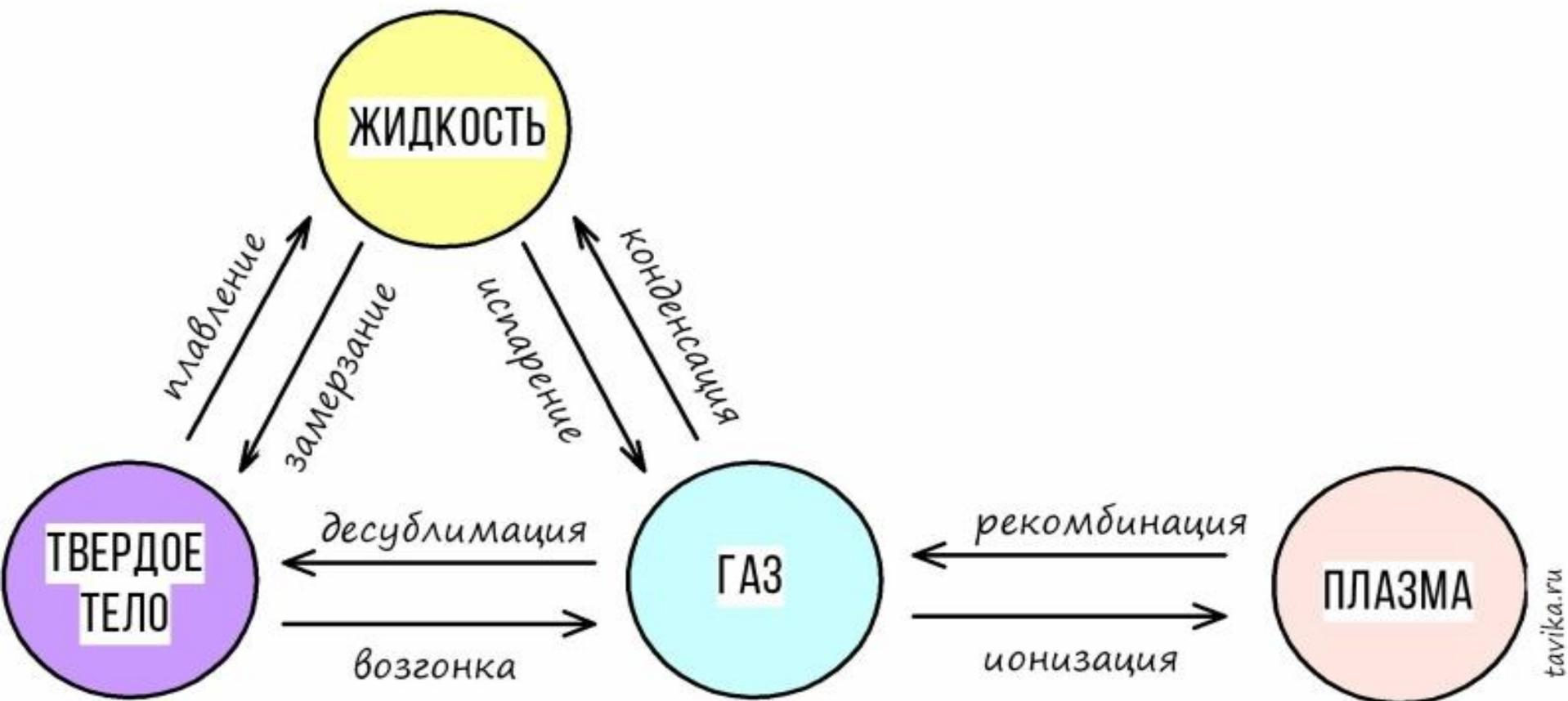
жидкое



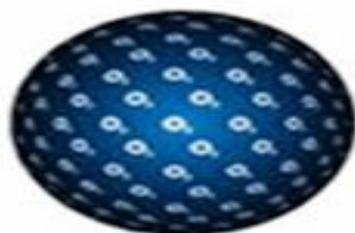
твёрдое



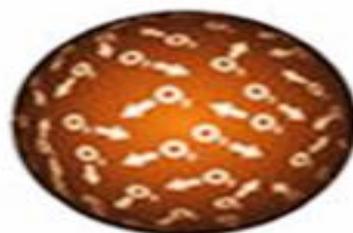
# Агрегатное состояние вещества



**Твердое тело**



**Жидкость**



**Газ**



**Плазма**

# Конденсация

- переход вещества из газообразного состояния в жидкое

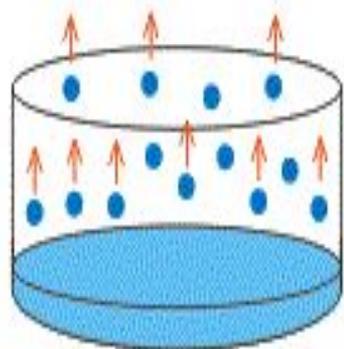


## З а п о м н и:

1. Конденсация – процесс перехода молекул из пара в жидкость.
2. Вылетающие молекулы уносят с собой энергию. Внутренняя энергия пара уменьшается.
3. Конденсация водяного пара связана с понижением температуры окружающего воздуха.

# Испарение

с поверхности жидкости или  
твёрдого тела вылетают молекулы



$$E_k > E_p$$

молекулы      притяжения  
молекул

Если кинетическая энергия молекулы  
больше потенциальной энергии  
притяжения соседних молекул,  
то молекула покидает поверхность - испаряется

Скорость испарения

зависит от:

- Рода вещества
- Температуры
- Площади поверхности
- Ветра над поверхностью

# Парообразование

- **Парообразование** — явление превращения жидкости в газ (пар).



Испарение над кружкой чая

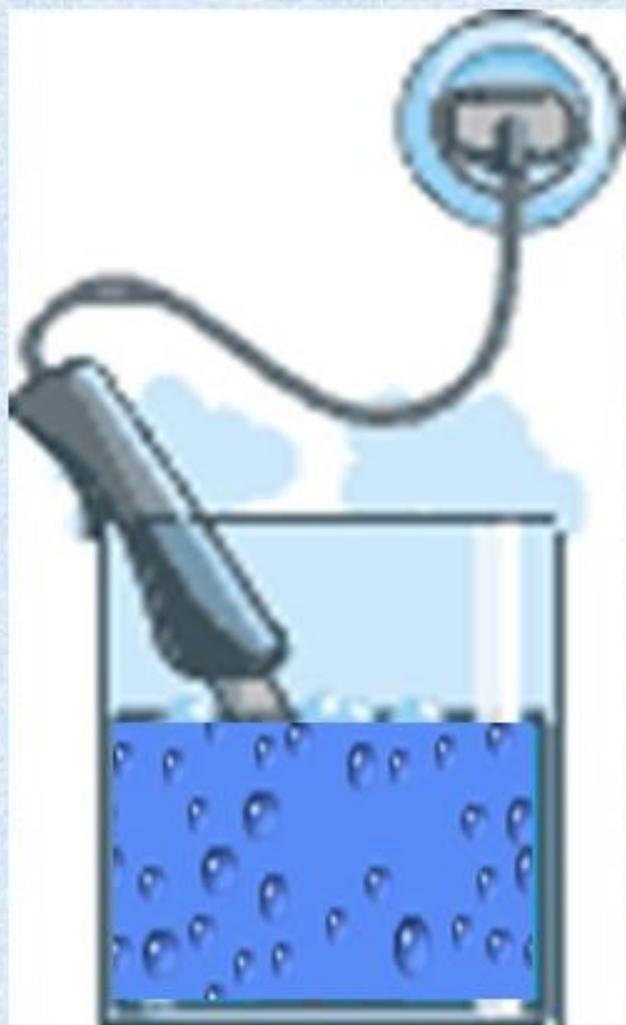
## Виды парообразования

### Испарение

Парообразование, происходящее с поверхности жидкости

### Кипение

Парообразование **внутри** жидкости



**Кипение** – это интенсивное парообразование, происходящее по всему объему жидкости при котором внутри жидкости растут и поднимаются вверх пузырьки пара.



# Температура кипения.

## Температура кипения для некоторых веществ

Вещество	$t_k, ^\circ\text{C}$
He	-268,9
H <sub>2</sub>	-252,9
N <sub>2</sub>	-195,8
O <sub>2</sub>	-182,9
H <sub>2</sub> O	100
Hg	356,6
S	444,6
Pb	1620
Ag	1950
Cu	2336
Au	2600

**Температура кипения** – температура, при которой давление насыщенного пара жидкости начинает превосходить внешнее давление на жидкость.



**Температура кипения зависит от внешнего давления на жидкость!!!**

На высоте  $h = 5$  км над уровнем моря  $t_k$  (воды) = 83 °С, так как давление в 2 раза ниже атмосферного.

Эверест -  $t_k$  (воды) = 74 °С

# Температура кипения.

При более высоком давлении и температура кипения выше

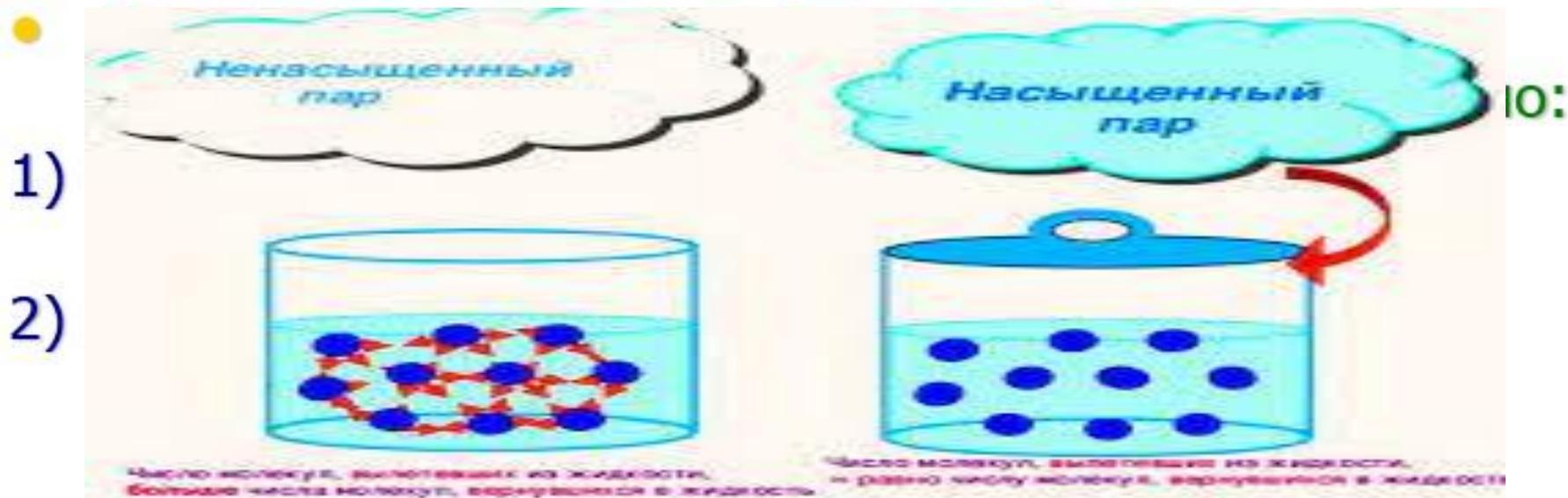


В котлах паровых машин, где давление пара порядка 15 атмосфер ( $1,5 \cdot 10^6$  Па)  
 $t_k$  (воды) = 200 °С

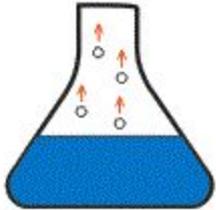
**ТЕМПЕРАТУРА КИПЕНИЯ ОСТАЕТСЯ ПОСТОЯННОЙ В ПРОЦЕССЕ КИПЕНИЯ!!!**

# Критическое состояние вещества (Менделеев, 1861 г)

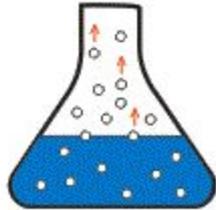
- **Критической температурой** называют абсолютную температуру кипения, при которой поверхностное натяжение в жидкости становится равным нулю, т. е. исчезает различие между жидкостью и парообразным состоянием вещества (насыщенным паром).



# Испарение и кипение



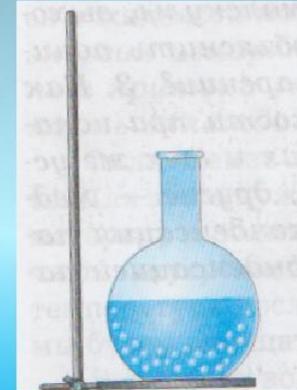
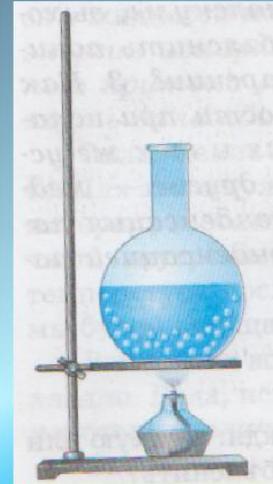
Когда жидкость испаряется, пар образуется только на ее поверхности



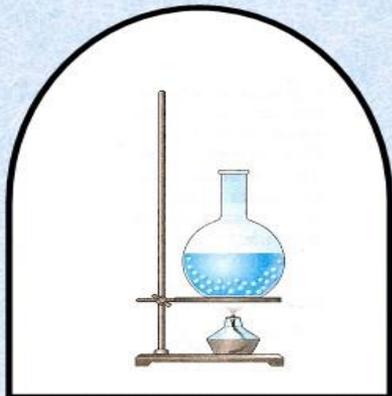
Когда жидкость кипит, пар образуется во всем ее объеме

## Проблема:

В какой колбе вода испарится быстрее?  
И почему?



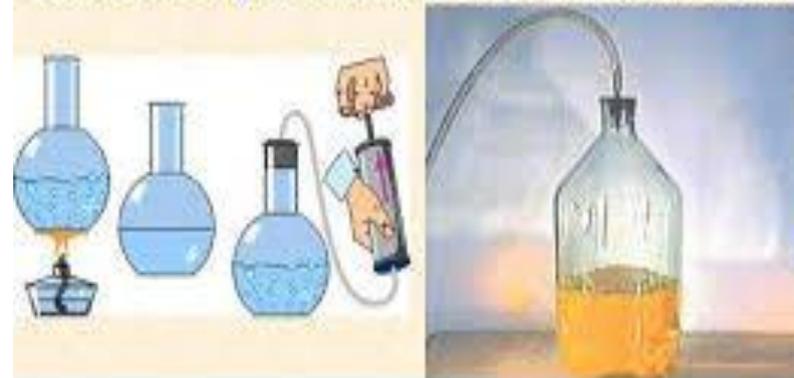
## Кипение воды под колоколом воздушного насоса



Опыт 2

- Жидкость закипает при температуре ниже 100 С.
- От чего зависит температура кипения?
- **Температура кипения жидкости зависит от внешнего давления.**

## Кипение при пониженном давлении



# Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение



Жидкость	Твердое тело
<ul style="list-style-type: none"><li>• Молекулы расположены почти вплотную друг к другу</li><li>• Молекулы жидкости обладают большей свободой (текучесть)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Молекулы образуют упорядоченные структуры во всем объеме кристалла</li><li>• Молекулы совершают тепловые колебания около фиксированных центров</li></ul>

Из-за сильного взаимодействия между близко расположенными молекулами они могут образовывать локальные (неустойчивые) упорядоченные группы, содержащие несколько молекул. Это явление называется ближним порядком (рис.1).

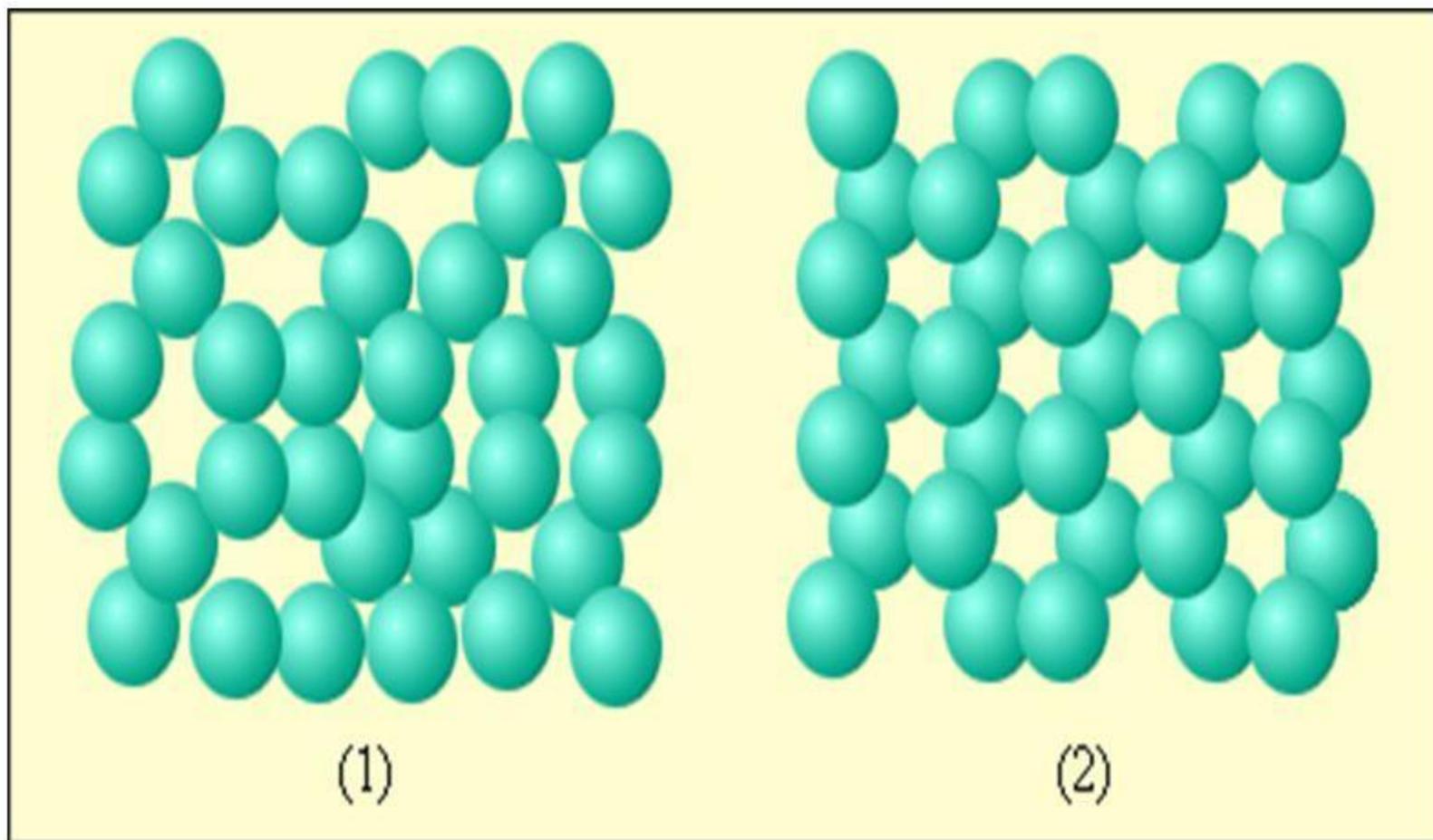
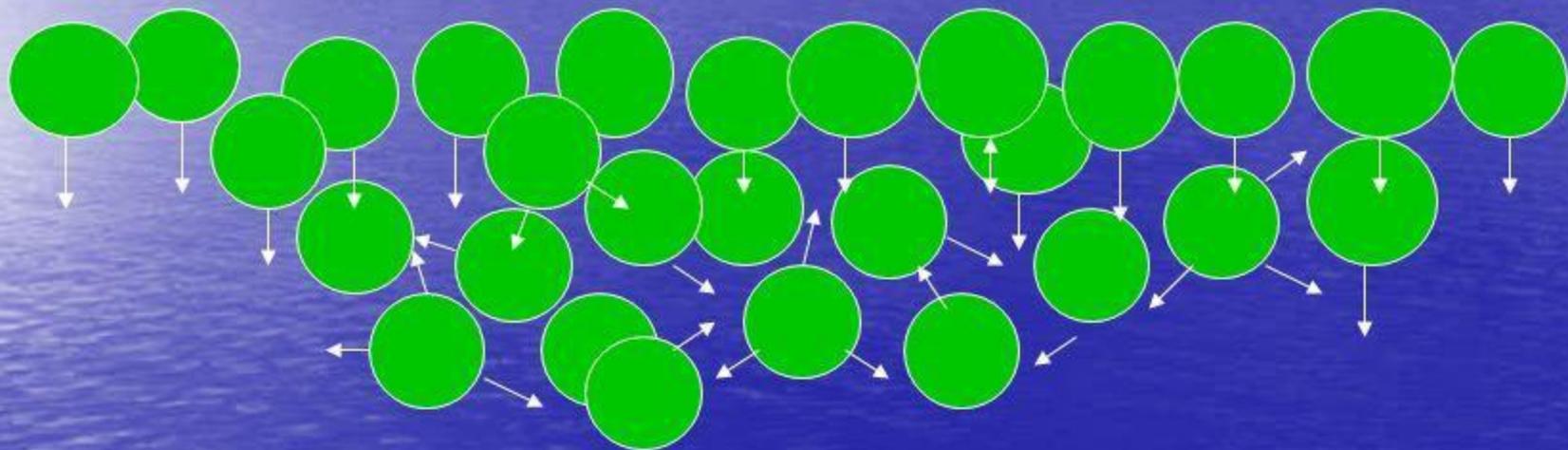


Рисунок 1. Пример ближнего порядка молекул жидкости и дальнего порядка молекул кристаллического вещества:

1 – вода; 2 – лед.

На поверхности жидкости  
образуется тонкая пленка из  
молекул.



Наличие сил поверхностного натяжения делает поверхность жидкости похожей на упругую растянутую пленку, с той только разницей, что упругие силы в пленке зависят от площади ее поверхности (то есть от того, как пленка деформирована), а силы поверхностного натяжения не зависят от площади поверхности жидкости. Мыльная вода образует тонкие пленки, и мыльные пузыри имеют сферическую форму.

# Определения:

Поверхностное натяжение-явление вызванное притяжением молекул поверхностного слоя к молекулам внутри жидкости.

Поверхностная энергия- дополнительная потенциальная энергия молекул поверхностного слоя жидкости.

Сила поверхностного натяжения- сила ,направленная по касательной к поверхности жидкости, перпендикулярно участку контура, ограничивающего поверхность, в сторону ее сокращения.

# Поверхностное натяжение.

**Поверхностное натяжение** – явление молекулярного давления на жидкость, вызванное притяжением молекул поверхностного слоя к молекулам внутри жидкости.



Это притяжение обуславливает дополнительную потенциальную энергию молекул на поверхности жидкости.



**Поверхностная энергия** – дополнительная потенциальная энергия молекул поверхностного слоя жидкости.

$$E_{\text{пов}} = \sigma S,$$

где  $\sigma$  — коэффициент пропорциональности, характеризующий энергию молекул на единице площади поверхности жидкости.

Коэффициент поверхностного натяжения измеряется работой молекулярных сил при уменьшении площади свободной поверхности жидкости на единицу:

$$\sigma = \frac{A}{\Delta S}$$

Единицы измерения.

Система СИ:

$$[\sigma] = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ м}}$$

# Сила поверхностного натяжения.

**Сила поверхностного натяжения** – сила, направленная по касательной к поверхности жидкости, перпендикулярно участку контура, ограничивающего поверхность, в сторону ее сокращения.



$$F_{\text{пов}} = \sigma \cdot l$$

где  $\sigma$  — поверхностное натяжение, характеризующее силу поверхностного натяжения, действующую на единицу длины границы поверхности.

Единица поверхностного натяжения — *нью-тон на метр* (Н/м).

Сила поверхностного натяжения в отсутствие внешней силы сокращает до минимума площадь поверхности пленки.

# Сила поверхностного натяжения.

Благодаря силе поверхностного натяжения по поверхности воды могут плавать легкие предметы и удерживаться водомерки.



Shared

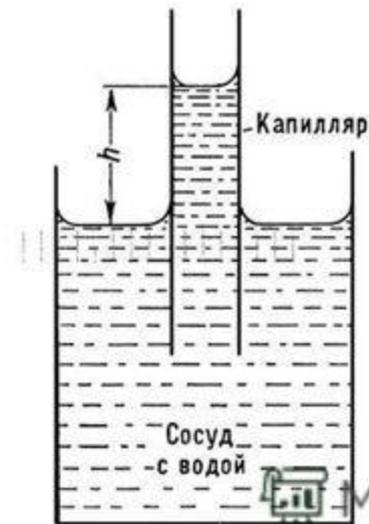
# Капиллярность

**Капиллярность** – явление подъема или опускания жидкости в капиллярах.

К капиллярности приводит различие сил взаимодействия молекул жидкости с молекулами твердого тела и сил взаимодействия между молекулами жидкости

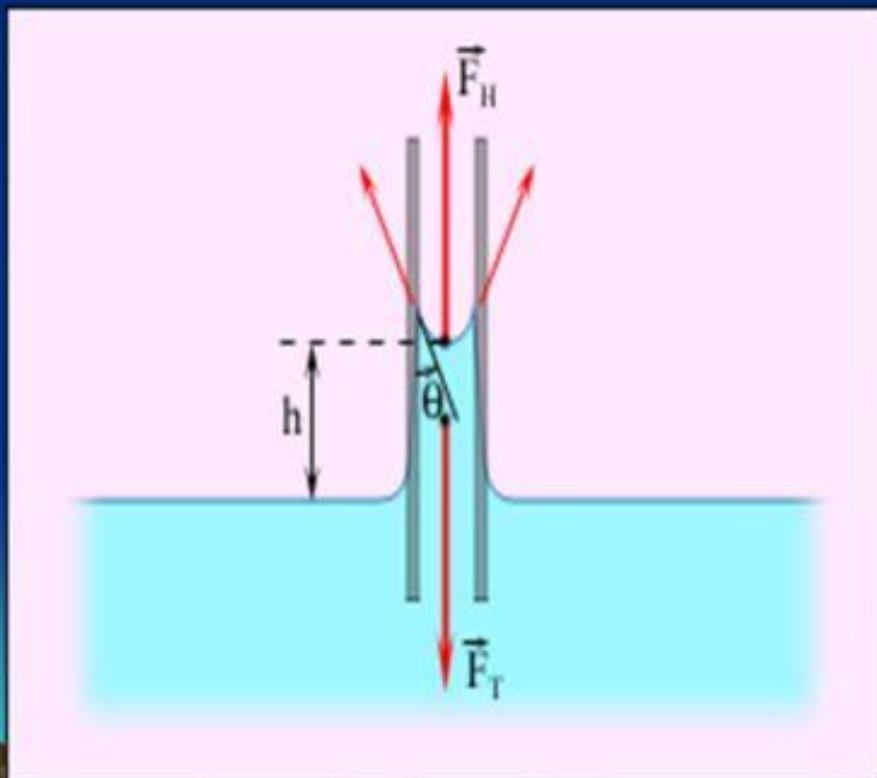
Высота поднятия жидкости в капилляре:

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



- **Капиллярными явлениями** называют подъем или опускание жидкости в трубках малого диаметра – **капиллярах**. Смачивающие жидкости поднимаются по капиллярам, несмачивающие – опускаются.

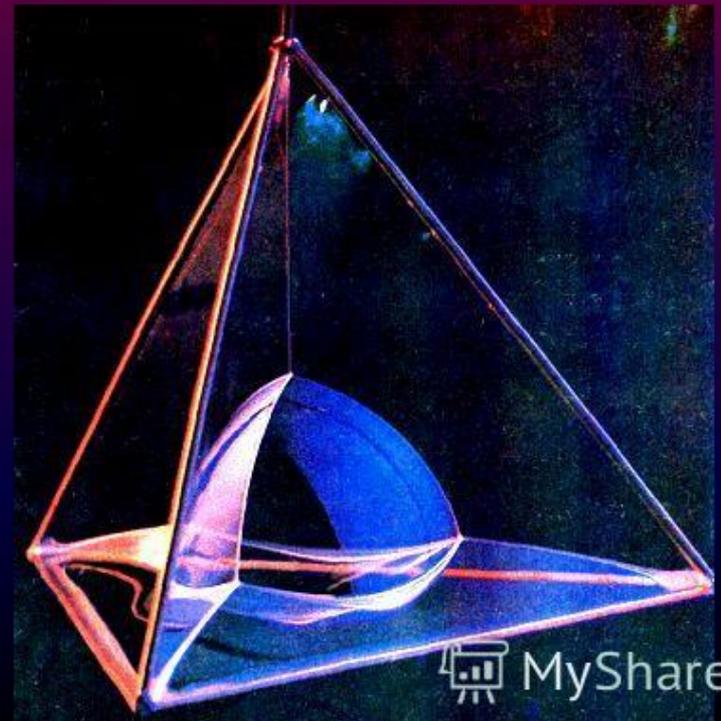
$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r}$$



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

# Формы минимальных поверхностей жидкостей

- Жидкость в свободном состоянии принимает форму шара
- Мыльные пленки на каркасах



$\sigma_{\text{чистой воды}} = 73 \text{ мН/м}$   
 $\sigma_{\text{мыльного раствора}} = 40 \text{ мН/м}$



Водомерки легко скользят по поверхности воды. Лапка водомерки, покрытая воскообразным налётом, не мачивается водой, поверхностный слой воды прогибается под давлением лапки, образуя небольшое углубление.



# Методы изучения явления поверхностного натяжения:

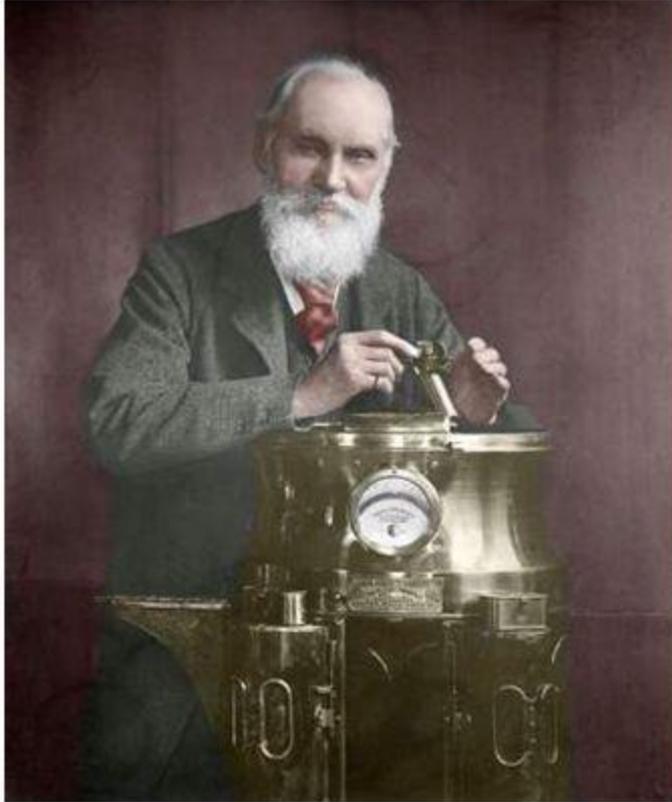
1. Метод пузырька

2. Метод проволочной рамки

3. Метод капли

и т. д.

# 1. Метод Пузырька



«Выдуйте мыльный пузырь и смотрите на него: вы можете заниматься всю жизнь его изучением, не переставая извлекать из него уроки физики», – писал великий английский физик лорд Кельвин.





# 3.Метод капли



# Расположение молекул в твердых телах

**В твердых телах расстояния между молекулами равно размерам молекул, поэтому твердые тела сохраняют форму. Молекулы расположены в определенном порядке, называемом кристаллическая решетка, поэтому в обычных условиях твердые тела сохраняют свой объём.**



# Свойства твердых тел

**Твердые тела сохраняют свою форму и объем.**

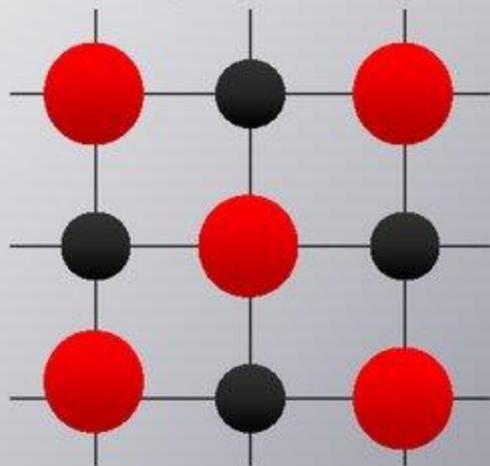


# Твердые вещества

Делятся на

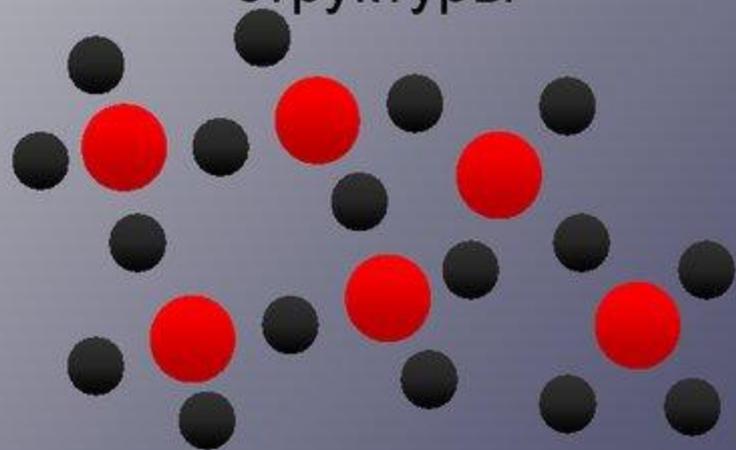
## Кристаллические

(греч. *krystallos* – лед, горный хрусталь) – твердые тела правильной симметричной многогранной формы



## Аморфные

(греч. *a* – частица отрицания, *morphe* – вид, форма) – вещества, не имеющие кристаллической структуры



# Твердые тела

Аморфные



Кристаллы

Моно  
кристаллы

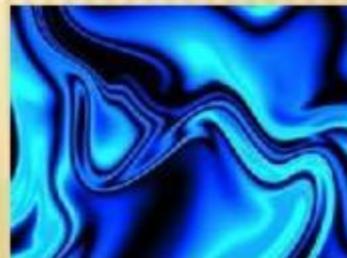


Поли

кристаллы



Жидкие  
кристаллы



# КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ТЕЛА

- 1. Монокристаллы  
(«моно» - один)  
одиначные  
кристаллы:  
кварц, алмаз, рубин,  
сапфир, изумруд



кварц



ограненные  
изумруды

- 2. Поликристаллы  
(«поли» - много)  
много сросшихся  
кристаллов: металлы  
и их сплавы, сахар...



сахар



медь



медный купорос



алма  
з



раухтопаз



сер  
а



рубин



## Аморфные вещества



**Янтарь**



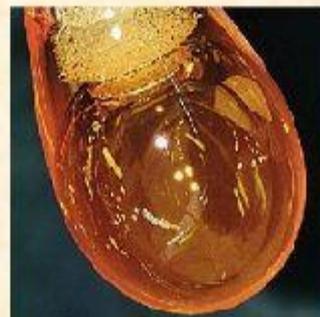
**Жемчуг**



**Канифоль**



**Полиэтилен**



**Стекло**



**Пчелиный воск**

# Механические свойства твердых тел

*характеризуют способность материала сопротивляться воздействию внешних сил.*

**Прочность**- сопротивление разрушению под воздействием нагрузки

**Пластичность** - способность изменять форму и размер под действием внешней силы

**Упругость** - способность восстанавливать форму и размер

**Твердость**- сопротивление изменению формы (деформации)

# Свойства твердых тел

- Упругость – свойство тел восстанавливать форму после снятия внешней силы (резина, сталь)
- Пластичность – свойство тел не восстанавливать форму после снятия внешней силы (пластилин, мокрая глина, воск)
- Хрупкость – свойство тел разрушаться при малых деформациях (стекло, фарфор, чугун)

# Агрегатные состояния

Агрегатные состояния	Форма	Объём	Расположение молекул	Притяжение молекул	Свойства
Твердое					твёрдость
Жидкое					текучесть
Газы					летучесть , сжимаемость



# Влажность воздуха

71 % поверхности Земли покрыта водой, поэтому окружающий нас атмосферный воздух вследствие непрерывного испарения содержит в себе водяные пары.



## Формула для расчёта относительной влажности

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%$$

Где  $\rho$  – абсолютная влажность воздуха,  
 $\rho_0$  - плотность насыщенного пара при той  
же температуре

**Чтобы судить о степени влажности воздуха, важно знать, близок или далёк водяной пар от насыщения.**

**Относительной влажностью воздуха  $\varphi$**

называют отношение абсолютной влажности воздуха  $\rho$  к плотности  $\rho_0$  насыщенного водяного пара при той же температуре, выраженное в %.

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \times 100\%$$

# АБСОЛЮТНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

Абсолютная влажность воздуха показывает, какая масса  $m$  (воды) содержится в единице объема.

$$\rho_a = \frac{m}{V}$$

Абсолютная влажность  $a$  (г/м<sup>3</sup>) — количество водяного пара, выраженное в граммах, содержащееся в 1 м<sup>3</sup> воздуха.



# Влажность:

```
graph TD; A[Влажность:] --> B[ρ - абсолютная]; A --> C[φ - относительная]; B --> D["[ρ] = g/m³"]; C --> E["[φ] = %"]
```

$\rho$  - абсолютная

$$[\rho] = \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$$

$\varphi$  - относительная

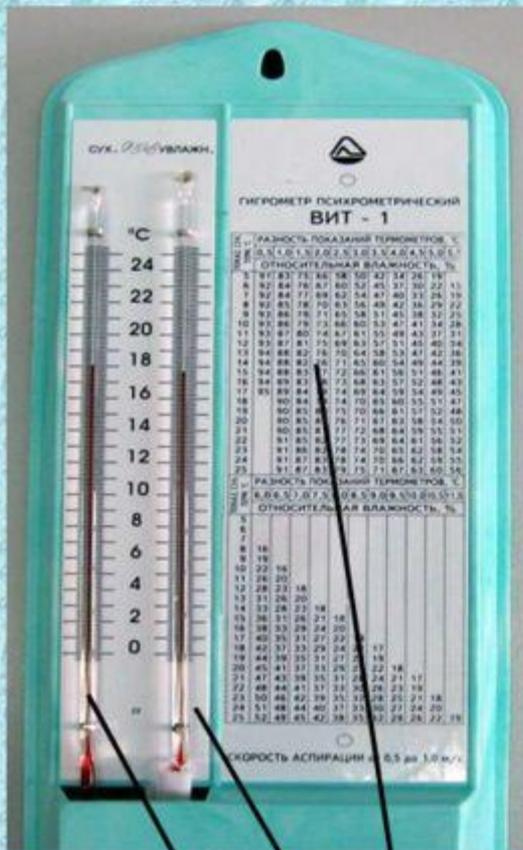
$$[\varphi] = \%$$

# Психрометр



- Прибор психрометр Августа- для определения относительной влажности воздуха.
- Инструкция:
  1. Снять показания сухого термометра.
  2. Измерить температуру влажного термометра.
  3. Найти разность  $t_c - t_{вл}$
  4. По таблице определить значение относительной влажности.

# Психрометр



- 1 - «Сухой» термометр –  
показывает температуру воздуха
- 2 - «Влажный» термометр –  
показывает «точку росы»
- 3 - Психрометрическая таблица

1. Снять показания «сухого»  
и «влажного» термометров;
2. Определить разность  
показаний термометров;
3. На пересечении столбцов  
«температура воздуха»  
(по вертикали)  
и  $\Delta t$  (по горизонтали) найти  
значение относительной  
влажности воздуха

# ДАВЛЕНИЕ НАСЫЩЕННОГО ВОДЯНОГО ПАРА (мм рт. ст.) И ЕГО ПЛОТНОСТЬ (г/м<sup>3</sup>, или 10<sup>-3</sup> кг/м<sup>3</sup>)

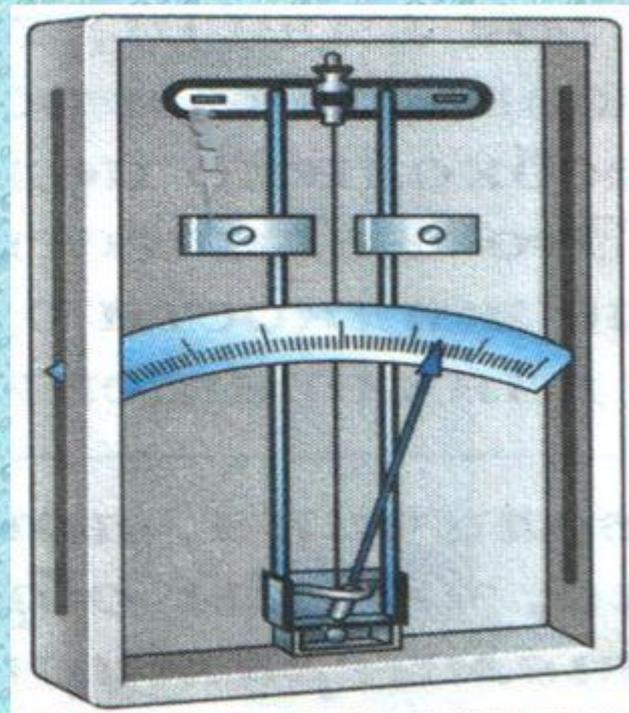
Температу- ра, °С	Давление	Плотность	Температу- ра, °С	Давление	Плотность
-10	1,95	2,14	11	9,8	10,0
-9	2,13	2,33	12	10,5	10,7
-8	2,32	2,54	13	11,2	11,4
-7	2,53	2,76	14	12,0	12,1
-6	2,76	2,99	15	12,8	12,8
-5	3,01	3,24	16	13,6	13,6
-4	3,28	3,51	17	14,5	14,5
-3	3,57	3,81	18	15,5	15,4
-2	3,88	4,13	19	16,5	16,3
-1	4,22	4,47	20	17,5	17,3
0	4,58	4,84	21	18,7	18,3
1	4,9	5,2	22	19,8	19,4
2	5,3	5,6	23	21,1	20,6
3	5,7	6,0	24	22,4	21,8
4	6,1	6,4	25	23,8	23,0
5	6,6	6,8	26	25,2	24,4
6	7,0	7,3	27	26,7	25,8
7	7,5	7,8	28	28,4	27,2
8	8,0	8,3	29	30,0	28,7
9	8,6	8,8	30	31,8	30,3
10	9,2	9,4	100	760	600
			200	11 628	

Показания сухого термометра , °C	Разность показаний сухого и влажного термометров, °C										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Относительная влажность, %										
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	-
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33

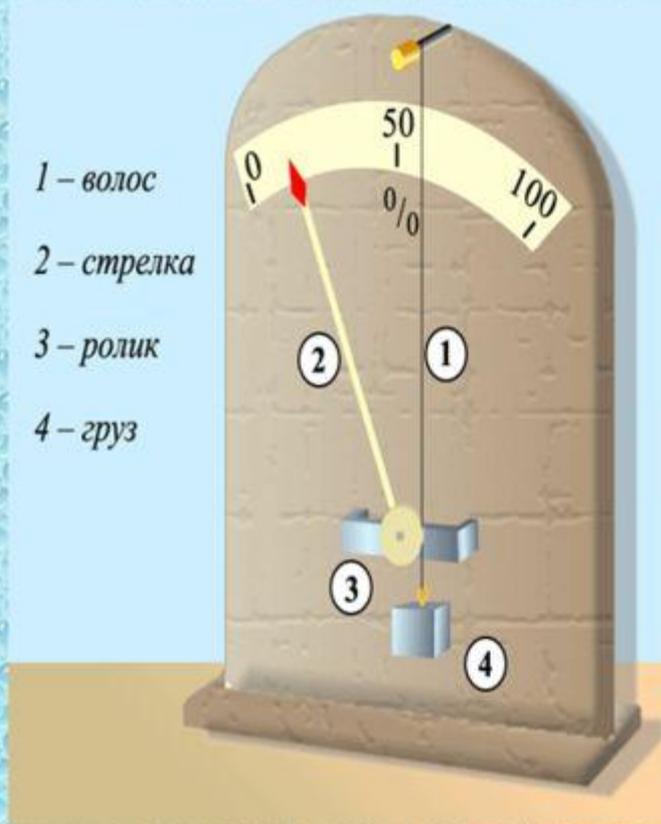
3. На пересечении столбцов  
«температура воздуха»  
(по вертикали)  
и  $\Delta t$  (по горизонтали) найти  
значение относительной  
влажности воздуха

# Волосной гигрометр

- Действие основано на свойстве человеческого волоса удлиняться при увеличении относительной влажности воздуха.



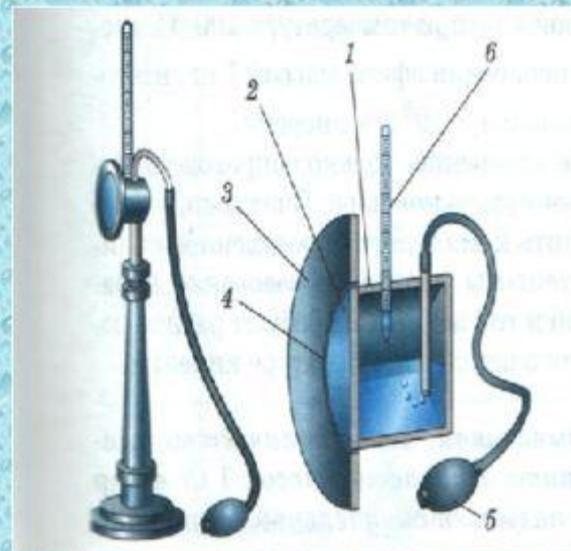
# Волосной гигрометр



**Человеческий волос при увеличении влажности воздуха удлиняется; при уменьшении влажности воздуха длина волоса уменьшается. Стрелка, соединённая с натянутым волосом, показывает относительную влажность воздуха.**

# Конденсационный гигрометр

- Предназначен для определения точки росы.
- По таблице плотности насыщенного водяного пара и определяют абсолютную влажность воздуха.



Если влажный пар охладить, то при некоторой температуре находящийся в нём пар станет насыщенным и начнёт конденсироваться (выпадает роса, иней, появляется туман)

**Температура**, при которой пар, находящийся в воздухе, становится насыщенным, называется **точкой росы**.



Если влажный пар охладить, то при некоторой температуре находящийся в нём пар станет насыщенным и начнёт конденсироваться (выпадает роса, иней, появляется туман)

- Температура, при которой пар, находящийся в воздухе, становится насыщенным, называется точкой росы.



# Значение влажности воздуха



Предсказание  
погоды



Производство  
тканей, конфет,  
табака и др.



Библиотеки,  
музеи



Картинные  
галереи



Больницы,  
поликлиники, аптеки



**Нормальная влажность  
воздуха 60 %**



Хранение  
овощей, фруктов и др.

# ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ

---



# ДИФФУЗИЯ

## В ГАЗАХ

Проходит быстро (мин)  
[распространение запаха]

## В ЖИДКОСТЯХ

Проходит медленно  
(мин-часы)  
[распространение краски в  
воде]

## В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

Проходит очень медленно  
(годы)  
[шлифование  
отшлифованных  
пластин металла]



# Величины МКТ

- ▶ **Число Авогадро** – число атомов в 12 граммах углерода.  
 $N_A = 6,02 * 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>

- ▶ **Количества вещества** – это количество вещества, в котором содержится столько же частиц, сколько атомов в 12 граммах углерода.

$$V = N / N_A$$

V- количество вещества

N- число частиц

- ▶ **Молярной массой M** называется величина, равная отношению массы вещества m к количеству вещества v (ню)

$$M = m / V$$

```
graph TD; A[МОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА ВЕЩЕСТВА] --- B[МАССА АТОМОВ. МОЛЯРНАЯ МАССА.]; A --- C[АГРЕГАТНЫЕ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА.]
```

МОЛЕКУЛЯРНАЯ  
СТРУКТУРА  
ВЕЩЕСТВА

МАССА АТОМОВ.  
МОЛЯРНАЯ МАССА.

АГРЕГАТНЫЕ  
СОСТОЯНИЯ  
ВЕЩЕСТВА.



# Идеальный газ –

это газ, взаимодействие между

---

молекулами которого пренебрежимо мало

## Свойства идеального газа

1. Суммарный объем молекул по сравнению с объемом, занимаемым газом, пренебрежимо мал.
2. Молекулы представляют собой упругие шарики
3. Внутренняя энергия газа определяется лишь кинетической энергией.

## Макропараметры идеального газа :

- Давление
- Температура
- Объем



## Идеальный газ (модель)

1. Совокупность большого числа молекул массой  $m_0$ , размерами молекул пренебрегают (принимают молекулы за материальные точки).
2. Молекулы находятся на больших расстояниях друг от друга и движутся хаотически.
3. Молекулы взаимодействуют по законам упругих столкновений, силами притяжения между молекулами пренебрегают.
4. Скорости молекул разнообразны, но при определенной температуре средняя скорость молекул остается постоянной.

## Реальный газ

1. Молекулы реального газа не являются точечными образованиями, диаметры молекул лишь в десятки раз меньше расстояний между молекулами.
2. Молекулы не взаимодействуют по законам упругих столкновений.

# МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА.

---

- Температура тела – мера средней кинетической энергии хаотического поступательного движения его молекул.
- Абсолютный нуль температуры- температура, при которой должно прекратиться движение молекул.

$$T = t + 273$$



# ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ МКТ:

---

- Давление идеального газа равно двум третям средней кинетической энергии поступательного движения молекул, содержащихся в единице объема
- $p = \frac{2}{3} n E_k$ ,
- где  $n$  – концентрация молекул



# ИЗОПРОЦЕССЫ.

ИЗОПРОЦЕСС  
-это процесс, при  
котором один из  
макроскопических  
параметров состояния  
данного газа остается  
ПОСТОЯННЫМ

Изотермический  
 $T = \text{const}$

Изобарный  
 $p = \text{const}$

Изохорный  
 $V = \text{const}$

ТЕРМОДИНАМИКА (от термо... и динамика), раздел физики, изучающий наиболее общие свойства макроскопических систем, находящихся в состоянии термодинамического равновесия, и процессы перехода между этими состояниями. (Неравновесные процессы изучает термодинамика неравновесных процессов.)

Термодинамика строится на основе фундаментальных принципов — начал термодинамики, которые являются обобщением многочисленных наблюдений и результатов экспериментов

Термодинамика возникла в 1-й пол. 19 в. в связи с развитием теории тепловых машин (С. Карно) и установлением закона сохранения энергии (Ю. Р. Майер, Дж. Джоуль, Г. Гельмгольц).

Основные этапы развития термодинамики связаны с именами Р. Клаузиуса и У. Томсона (формулировки второго начала термодинамики), Дж. Гиббса (метод термодинамических потенциалов), В. Нернста (третье начало термодинамики) и др.

Различают химическую термодинамику, техническую термодинамику и термодинамику различных физических явлений.

---



# Термодинамика.

- Внутренняя энергия тела – сумма кинетической энергии хаотического теплового движения частиц (атомов или молекул) тела и потенциальной энергии их взаимодействия.

U- внутренняя энергия

[U] – Дж

$$U = E_k + E_p \quad (1)$$

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT \quad (2)$$

$$U = \frac{3}{2} pV \quad (3)$$



---

**АДИАБАТНЫЙ ПРОЦЕСС** (адиабатический процесс), термодинамический процесс, при котором система не получает теплоты извне и не отдает ее. Быстропротекающие процессы (напр., распространение звука) могут приближенно рассматриваться как адиабатный процесс и при отсутствии теплоизолирующей оболочки.

