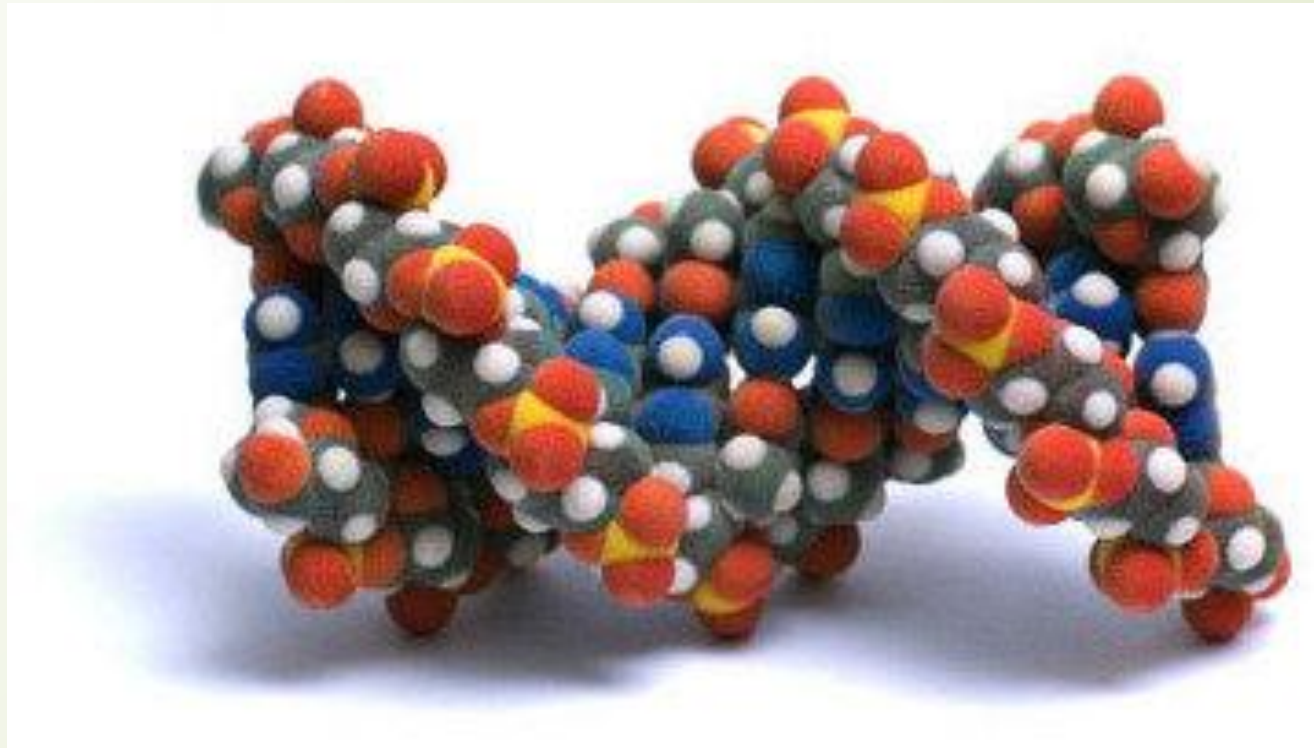
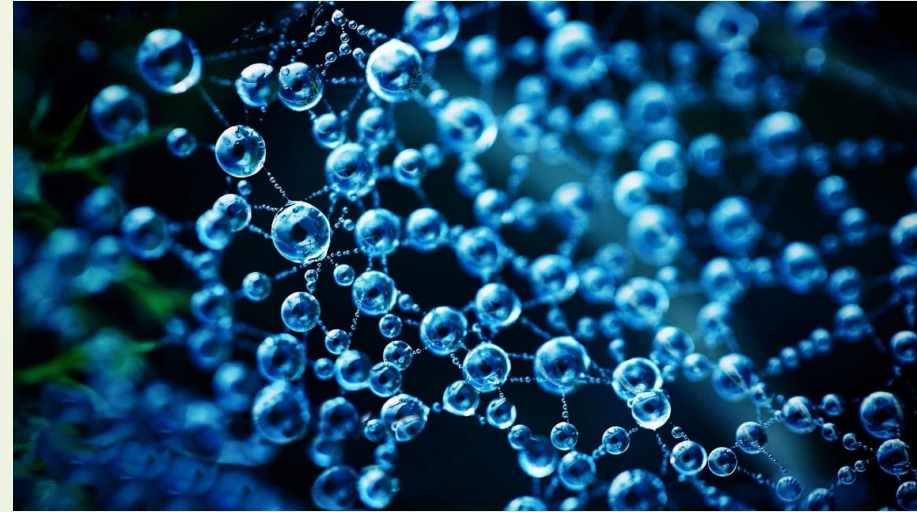
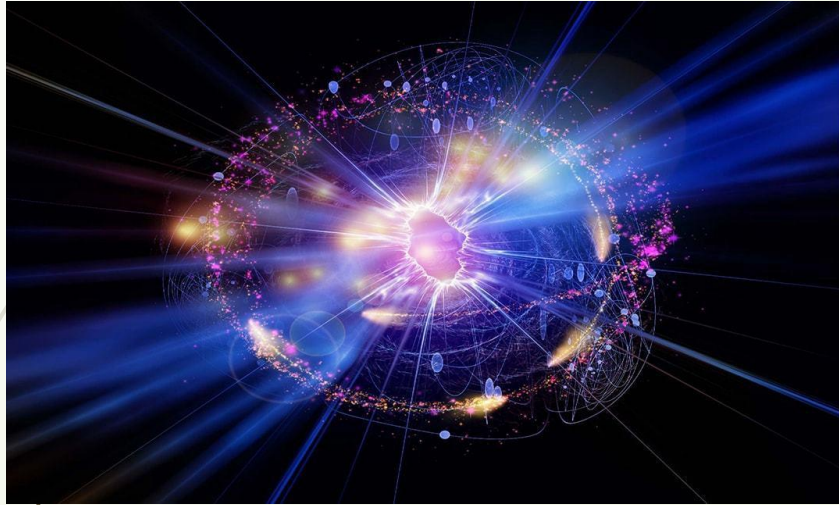


# **Молекулярная физика и термодинамика.**



- Молекулярная физика - раздел физики, изучающий строение и свойства вещества, исходя из молекулярно-кинетических представлений о его строении.
- Термодинамика изучает наиболее общие закономерности превращения энергии, но не рассматривает молекулярного строения вещества.



- Таким образом, при исследовании тепловых явлений выделились два научных направления:
  - Термодинамика, изучающая тепловые процессы без учета молекулярного строения вещества;
  - Молекулярно-кинетическая теория (развитие кинетической теории вещества в противовес теории теплорода);



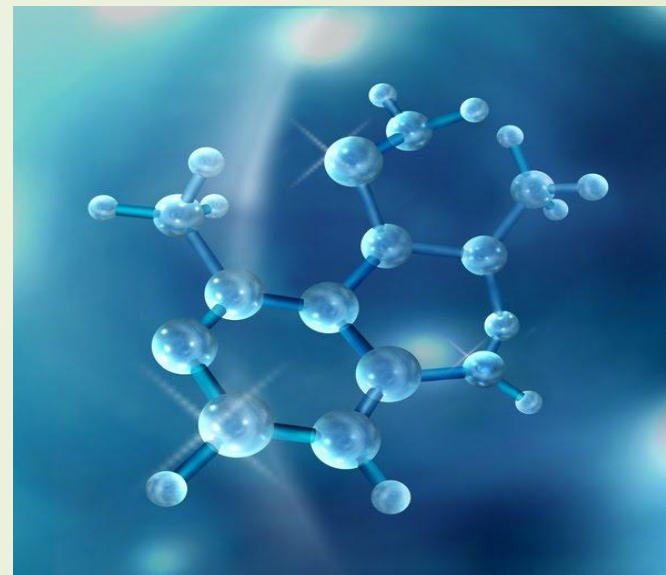
**Основные положения МКТ.  
Уравнение состояния идеального газа.**

# Основные положения молекулярно-кинетической теории

Молекулярно-кинетическая теория (МКТ) занимается изучением свойств веществ, основываясь при этом на представлениях о частицах вещества.

МКТ базируется на трех основных положениях:

- 1. Любое вещество состоит из мельчайших частиц — молекул и атомов. Они расположены в пространстве дискретно, то есть на некоторых расстояниях друг от друга.
- 2. Атомы или молекулы вещества непрерывно и беспорядочно движутся.
- 3. Атомы или молекулы вещества взаимодействуют друг с другом силами притяжения и отталкивания, которые зависят от расстояний между частицами.



- Атом — это наименьшая частица данного химического элемента, сохраняющая все его химические свойства. Химических элементов не так много — все они сведены в таблицу Менделеева.
- Молекула — это наименьшая частица данного вещества (не являющегося химическим элементом), сохраняющая все его химические свойства. Молекула состоит из двух или более атомов одного или нескольких химических элементов.

## Масса и размеры молекул

Согласно международному соглашению массы всех атомов принято сравнивать с массой атома углерода С (1 а. е. м. =  $1.66 \cdot 10^{-27}$  кг) В этом случае масса атома любого хим. Элемента выражается числом, очень близким к целому.

$$M_r = 12 + 2 \cdot 16 = 44,$$

$$m(\text{CO}_2) = 44 \text{ а.е.м.} = 44 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 73,5 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

## Молярный объем

Объем 1 моль –  
молярный

Масса 1 моль –  
молярная

$V_m$



$M$

$$m/V = M/V_m - \text{плотность}$$

MyShared

1 моль — количество вещества, в котором содержится столько же молекул или атомов, сколько их в 0,012 кг углерода.

Массу 1 моль вещества называют молярной массой и обозначают  $M$ .

$$\text{Число молей} \quad \nu(\text{ню}) = m/M$$

где  $m$  - масса вещества.

Единицей измерения молярной массы в СИ считается кг/моль.



- Так как, в одном моль вещества содержится число молекул, равное числу Авогадро ( $N_a = 6,02 \times 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ ), а масса 1 моль равна молярной массе, тогда масса одной молекулы

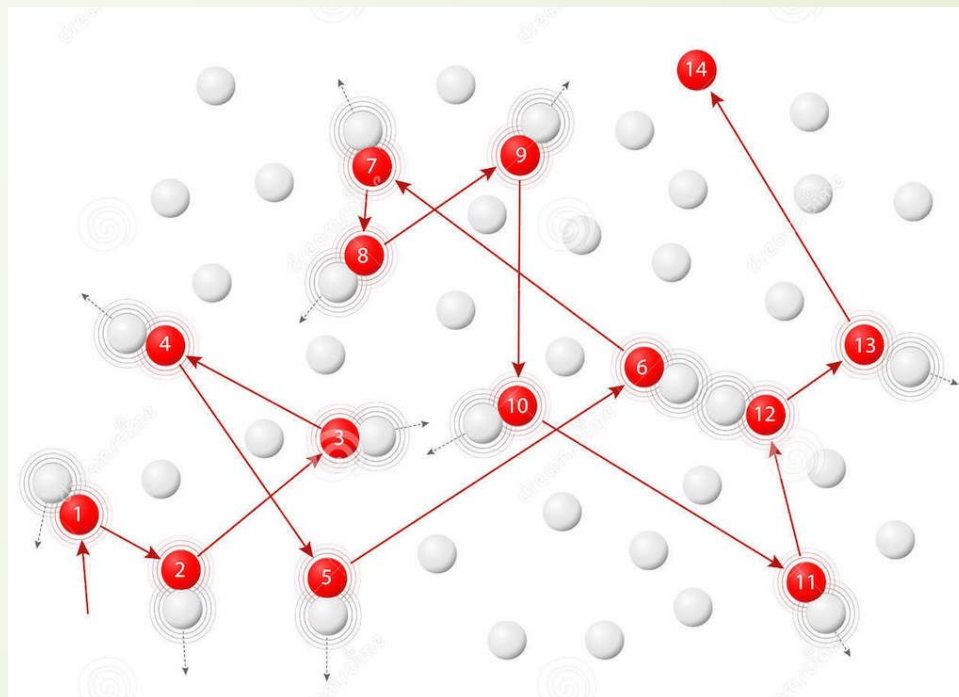
$$m_0 = \frac{M}{N_a}$$

Постоянная Авогадро — физическая константа, численно равная количеству специфицированных структурных единиц (атомов, молекул, ионов, электронов или любых других частиц) в 1 моле вещества.

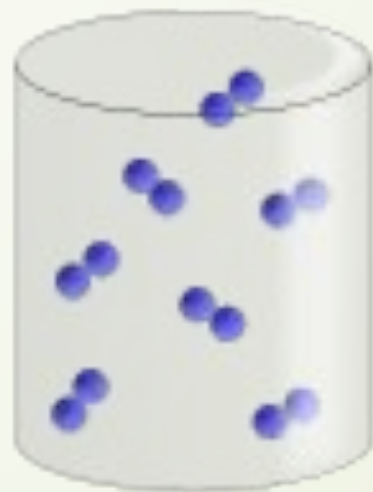
Количество вещества  $\nu$  — число молей в данной порции вещества — равно отношению числа молекул  $N$  в веществе к постоянной Авогадро  $N_A$ :

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

# ТЕПЛОВОЕ ДВИЖЕНИЕ



- Беспорядочное движение частиц, из которых состоят тела, называют тепловым движением.
- Молекула - наименьшая частица данного вещества, сохраняющая все его химические свойства. Молекулы расположены в пространстве дискретно, т. е. на некоторых расстояниях друг от друга, и находятся в состоянии непрерывного беспорядочного (хаотичного) движения.



Газ



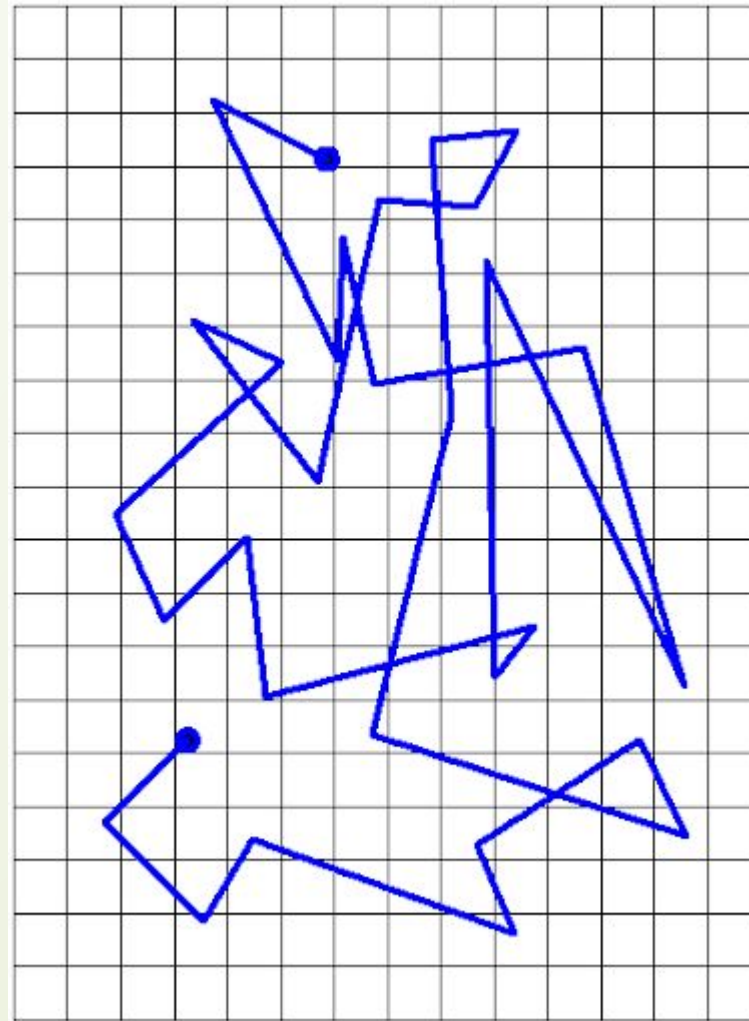
Жидкость



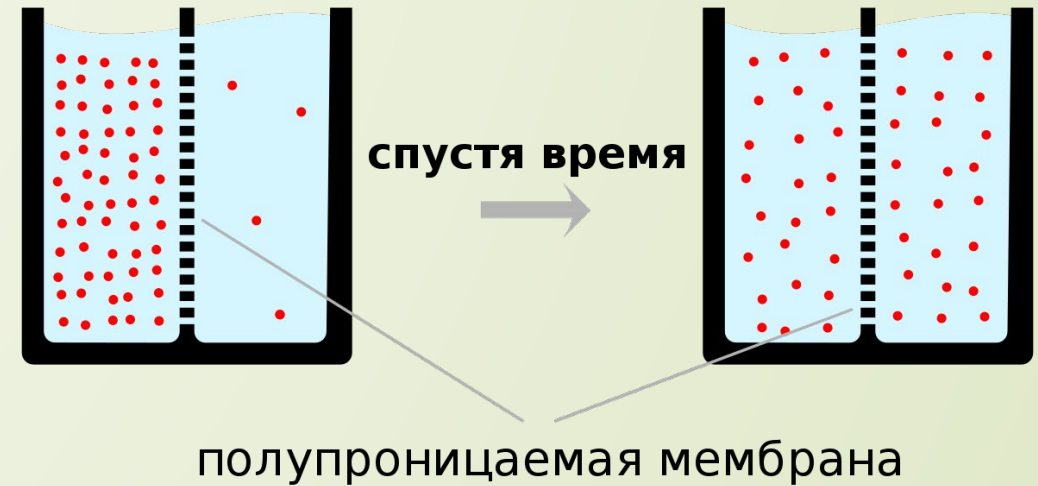
Твёрдое  
тело

- В жидкостях молекулы могут колебаться, вращаться и перемещаться относительно друг друга. В твердых телах молекулы и атомы колеблются около некоторых средних положений.
- В газах молекулы находятся на расстоянии превышающие размеры самих молекул, в жидкостях молекулы находятся на расстоянии соизмеримым с самими молекулами, а в твердых телах молекулы находятся на расстоянии значительно меньше размеров самих молекул.

# Броуновское движение



Непрерывное хаотичное движение очень маленьких частиц, взвешенных в жидкости или газе называют Броуновским движением



- Диффузия — явление проникновения молекул одного вещества в промежутки между молекулами другого вещества.

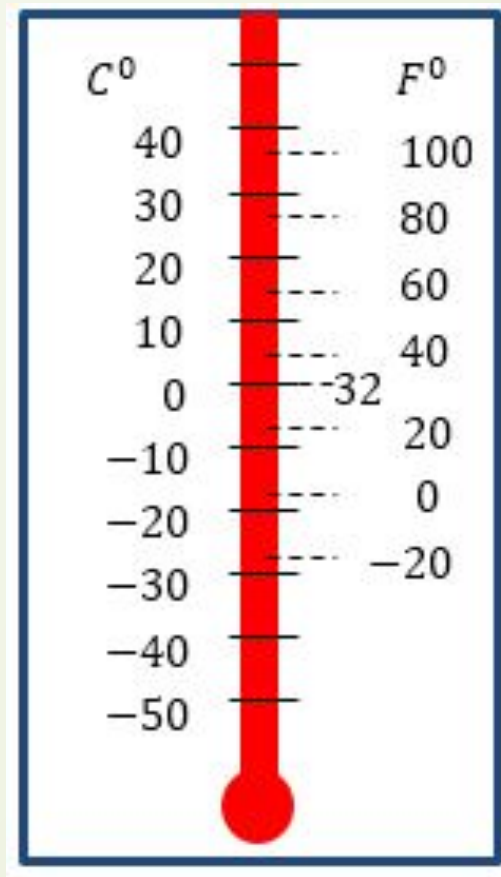
# Температура



- Температура  $T$  - - это физическая величина, характеризующая степень нагрева предмета, измеряемую в градусах по шкале Цельсия, Фаренгейта и некоторым другим.

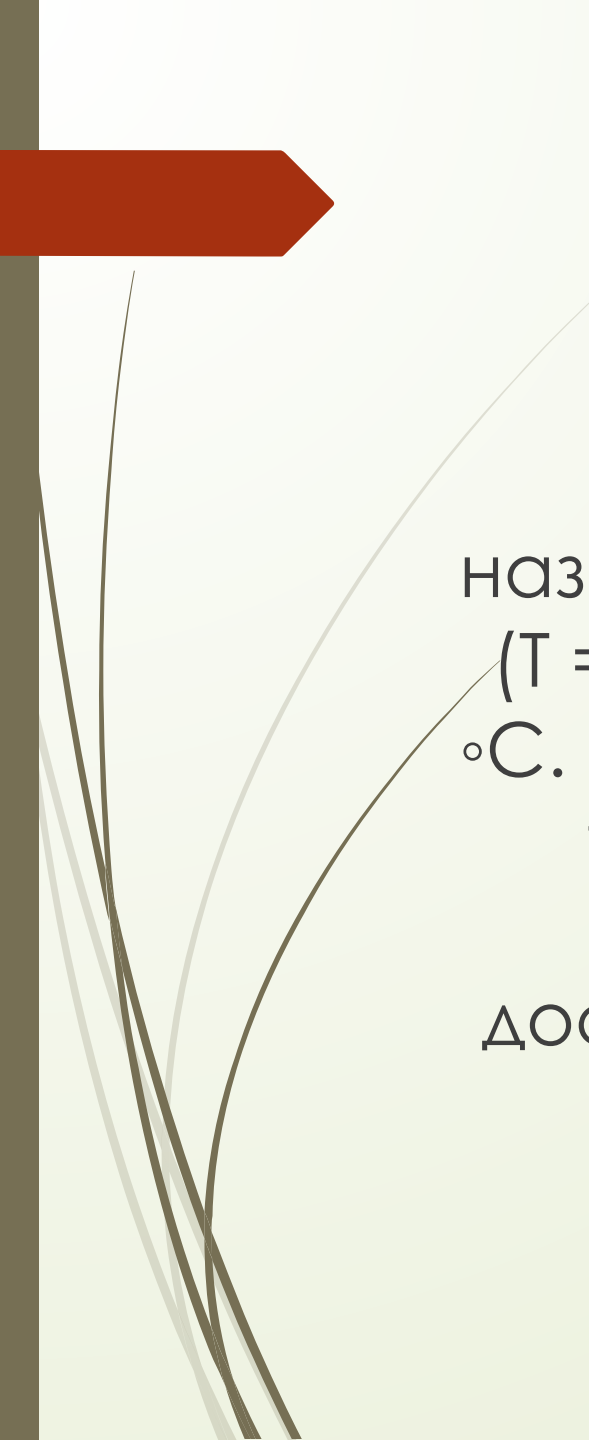


- Приборы для измерения температуры посредством контакта с исследуемой средой (телом) называются *термометрами* (от греч. *therme* — тепло, *metreo* — измеряю).



- **Температурная шкала**, началом отсчёта которой является абсолютный нуль, а единицей температуры — градус Цельсия, называется абсолютной температурной шкалой. Температура, измеряемая по абсолютной шкале, называется **абсолютной температурой** и **обозначается буквой Т**.
- Точка таяния льда по Фаренгейту 32 градуса, а точка кипения воды 212 градусов






□ Единица абсолютной температуры называется кельвином (К). Абсолютному нулю ( $T = 0$ ) соответствует температура  $t = -273,15$  °С. Поэтому связь абсолютной температуры и температуры по шкале Цельсия даётся формулой:  $T = t + 273,15$ . В задачах достаточно использовать формулу  $T = t + 273$



□ Другим подтверждением существования сил межмолекулярного взаимодействия служит **наличие трёх агрегатных состояний вещества**

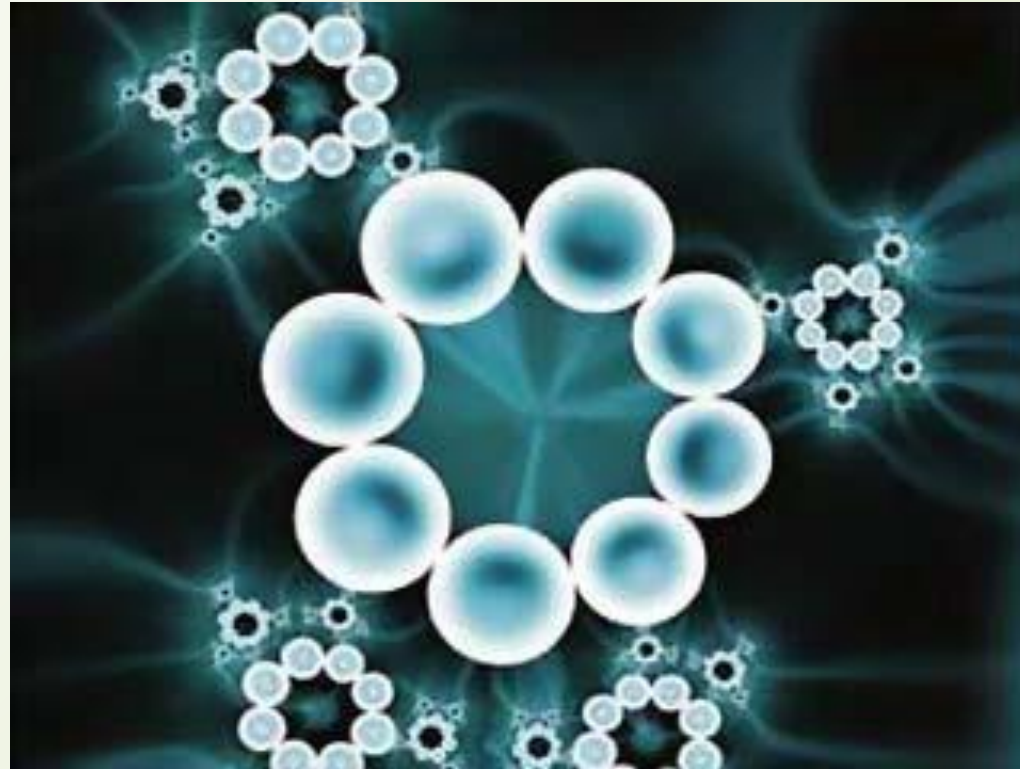
# Уравнение состояния идеального газа

- Для описания разреженных газов в физике используется модель идеального газа.
- **В рамках этой модели делаются следующие допущения:**
- 1. Пренебрегаем размерами молекул. Иными словами, молекулы газа считаются материальными точками.
- 2. Пренебрегаем взаимодействием молекул на расстоянии.
- 3. Соударения молекул друг с другом и со стенками сосуда считаем абсолютно упругими.


- 
- Таким образом, **идеальный газ** — это газ, частицы которого являются не взаимодействующими на расстоянии материальными точками и испытывают абсолютно упругие соударения друг с другом и со стенками сосуда.
  - Основным уравнением, описывающим поведение идеального газа, является **уравнение Менделеева-Клапейрона** (уравнение состояния идеального газа):
  - $p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T$ ,
  - где  $p$  — давление газа,  $V$  — объем, занимаемый газом,  $\nu$  — количество моль газа,  $T$  — абсолютная температура газа (размерность — К),
  - $R = 8,31$  Дж/моль · К — универсальная газовая постоянная.

# Первый и второй закон термодинамики. Работа идеального газа.

- ▣ **Термодинамической системой** называется макроскопическое тело или система тел, которые могут взаимодействовать друг с другом и с окружающими телами. стакан с водой — пример термодинамической системы. Термодинамическая система состоит из столь большого числа частиц, что совершенно невозможно описывать её поведение путём рассмотрения движения каждой молекулы в отдельности. **Термодинамическая система называется изолированной**, если она не может обмениваться энергией с окружающими телами.





- **Термодинамический процесс** (или просто процесс) — это изменение состояния газа с течением времени. В ходе термодинамического процесса меняются значения макроскопических параметров — давления, объёма и температуры.



□ Опираясь на работы Джоуля и Майера, Клаузиус впервые высказал мысль, сформировавшуюся впоследствии в первое начало термодинамики. Он сделал вывод, что всякое тело имеет внутреннюю энергию  $U$ . Клаузиус назвал ее теплом, содержащимся в теле, в отличие от “тепла  $Q$ , сообщенного телу”. Внутреннюю энергию можно увеличить двумя эквивалентными способами: проведя над телом механическую работу  $-A$ , или сообщая ему количество теплоты  $Q$ .

□  $\Delta U = Q - A$


- 
- 
- Количество теплоты, сообщенное газу, идет на увеличение внутренней энергии газа и совершение газом внешней работы

- $Q = \Delta U + A$

- Для бесконечно малых изменений имеем

- $dQ = dU + dA$









▣ **Две эквивалентные формулировки второго закона термодинамики принадлежат Клаузиусу и Томсону** (лорду Кельвину).

▣ **Постулат Клаузиуса.** Невозможен процесс, единственным результатом которого является передача тепла от менее нагретого тела к более нагретому. Процесс, при котором тепло передаётся от менее нагретого тела к более нагретому, происходит в холодильных машинах. Но эта передача тепла не является единственным результатом данного процесса. Происходят изменения и в других телах — например, работает внешний источник энергии. Постулат Клаузиуса утверждает невозможность самопроизвольной теплопередачи от холодного тела к горячему.



▣ **Постулат Кельвина.** Невозможен циклический процесс, единственным результатом которого является получение работы за счёт охлаждения теплового резервуара.

- 
- 
- Второе начало **термодинамики** (**второй закон термодинамики**) устанавливает существование **энтропии** как функции состояния термодинамической системы и вводит понятие абсолютной термодинамической температуры, то есть «второе начало представляет собой закон об энтропии» и ее свойствах.

- 
- 
- Основное уравнение это уравнение Больцмана, которое позволяет вычислять параметр энтропия.

$$\square \quad S = Q / T$$

- $S$  – энтропия,  $Q$  – теплота,  $T$  - температура

- 
- 
- Работу идеального газа можно выразить из 1 закона термодинамики:  
 $A = \Delta Q - \Delta U$
  - где  $Q$  – количество теплоты, которое система получает;  $U$  – изменение внутренней энергии системы.



# Задачи

- 1. В баллоне находится 20 моль газа. Сколько молекул газа находится в баллоне?

# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																Лантаноиды	
		I		II		III	IV		V		VI		VII		VIII		a		
		a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	б					
1	1	H 1,008															He 4,003		
2	2	Li 6,941	Be 9,012	B 10,811	C 12,011	N 14,007	O 15,999	F 18,998									Ne 20,180		
3	3	Na 22,990	Mg 24,305	Al 26,982	Si 28,086	P 30,974	S 32,06	Cl 35,453									Ar 39,948		
4	4	K 39,098	Ca 40,078	Sc 44,956	Ti 47,88	V 50,942	Cr 51,996	Mn 54,938	Fe 55,845	Co 58,933	Ni 58,69								
	5	Cu 63,546	Zn 65,37	Ga 69,72	Ge 72,6	As 74,922	Se 78,96	Br 79,904										Kr 83,8	
5	6	Rb 85,468	Sr 87,62	Y 88,906	Zr 91,224	Nb 92,906	Mo 95,94	Tc [98]	Ru 101,07	Rh 102,905	Pd 106,4								
	7	Ag 107,868	Cd 112,411	In 114,818	Sn 118,71	Sb 121,757	Te 127,6	I 126,905										Xe 131,29	
6	8	Cs 132,905	Ba 137,327	La-Lu	Hf 178,49	Ta 180,948	W 183,85	Re 186,207	Os 190,2	Ir 192,222	Pt 195,084								
	9	Au 196,967	Hg 200,59	Tl 204,37	Pb 207,2	Bi 208,98	Po [209]	At [210]										Rn [222]	
7	10	Fr [223]	Ra [226]	Ac-Lr	Rf [261]	Db [262]	Sg [263]	Bh [264]	Hs [265]	Mt [266]	Ds [267]								
Высшие окислы		R <sub>2</sub> O		RO		R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		RO <sub>2</sub>		R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		RO <sub>3</sub>		R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>		RO <sub>4</sub>			
Летучие водородные соединения						RH <sub>4</sub>		RH <sub>3</sub>		H <sub>2</sub> R		HR							



Д.И. Менделеев  
1834-1907



- s-элементы
- p-элементы
- d-элементы
- f-элементы

## ЛАНТАНОИДЫ

67 La 138,905	68 Ce 140,12	69 Pr 140,908	70 Nd 144,24	71 Pm [145]	72 Sm 150,4	73 Eu 151,96	74 Gd 157,25	75 Tb 158,925	76 Dy 162,5	77 Ho 164,93	78 Er 167,26	79 Tm 168,934	80 Yb 173,054	81 Lu 174,967
------------------	-----------------	------------------	-----------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	------------------	----------------	-----------------	-----------------	------------------	------------------	------------------

## АКТИНОИДЫ

89 Ac [227]	90 Th 232,038	91 Pa [231]	92 U 238,029	93 Np [237]	94 Pu [244]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [260]
----------------	------------------	----------------	-----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------



□ 2. Определить массу молекулы кислорода.



□ 3. Сколько молекул содержится в 5 кг кислорода?







□ 4. Сколько молекул содержится в 1 л  
ВОДЫ?




□ 5. Какое значение температуры по шкале Кельвина соответствует температуре  $100^{\circ}\text{C}$ ?





□ 6. Определить число молекул, содержащихся в 1 г воды.



□ 7. Определить количество вещества,  
содержащегося в медной отливке массой 96  
кг.





□ 8. Найти число молекул в 2 кг углекислого газа.



- 
- 
- Задача 9. Найти массу природного горючего газа объемом 64 м<sup>3</sup>, считая, что объем указан при нормальных условиях. Молярную массу природного газа считать равной молярной массе метана (CH<sub>4</sub>).






- Задача 10. Воздух объемом  $1,45 \text{ м}^3$ , находящийся при температуре  $20^\circ\text{C}$  и давлении  $100 \text{ кПа}$ , превратили в жидкое состояние. Какой объем займет жидкий воздух, если его плотность  $861 \text{ кг/м}^3$ ?




- 
- Задача 11. Какое количество вещества содержится в газе, если при давлении 200 кПа и температуре 240 К его объем равен 40 литров?
- 


- 
- Определить давление кислорода в баллоне объемом  $V = 1 \text{ м}^3$  при температуре  $t = 27^\circ \text{С}$ . Масса кислорода  $m = 0,2 \text{ кг}$ .
- 


- 
- Баллон емкостью  $V = 12$  л содержит углекислый газ. Давление газа  $P = 1$  МПа, температура  $T = 300$  К. Определить массу газа.

- 
- 
- При температуре  $T = 309$  К и давлении  $P = 0,7$  МПа плотность газа  $\rho = 12$  кг/м<sup>3</sup>.  
Определить молярную массу газа.


- 
- Какова плотность водорода при нормальном атмосферном давлении и температуре  $20^{\circ}\text{C}$ .


- 
- До какой температуры  $T_1$  надо нагреть кислород, чтобы его плотность стала равна плотности водорода при том же давлении ,но при температуре  $T_2 = 200 \text{ K}$ ?

- 
- Газ находился в цилиндре с поршнем площадью поперечного сечения  $200 \text{ см}^2$ . После того, как газ нагрели, сообщив ему количество теплоты в  $1,5 \cdot 10^5 \text{ Дж}$ , поршень сдвинулся на расстояние  $h=30 \text{ см}$ . Как изменилась внутренняя энергия газа, если его давление осталось равным  $2 \cdot 10^7 \text{ Па}$ .

- 
- Над газом была совершена работа 55 Дж, а его внутренняя энергия увеличилась на 15 Джоулей. Какое количество теплоты получил или отдал газ в этом процессе?



- 
- Кислород нагрели при постоянном давлении  $p=80$  кПа. Объем газа увеличился с 1 до 3 кубических метров. Определить изменение внутренней энергии кислорода, работу, совершенную газом, и количество теплоты, сообщенное ему.

- 
- Аргон, находящийся в сосуде объемом 5 л, нагревают так, что его давление возрастает с 100 кПа до 300 кПа. Какое количество теплоты получил газ?