

# Лекция 11

***Кинетическая теория идеальных газов.***

***Давление и температура.***

***Опытные законы идеального газа.***

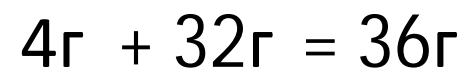
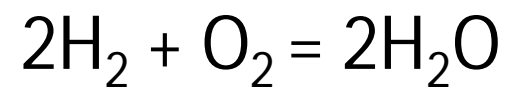
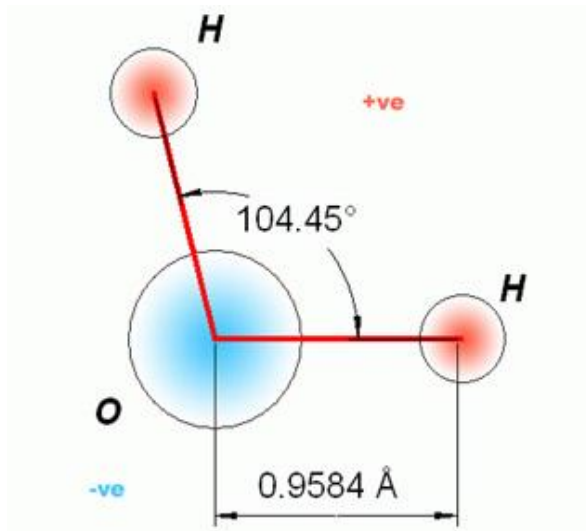
Молекулярно - кинетическая теория – раздел физики, изучающий свойства вещества на основе представлений о том, что оно состоит из атомов и молекул, находящихся в непрерывном и хаотичном движении.

Атом – наименьшая структурная единица химического элемента.

Молекула – наименьшая структурная единица химического соединения.

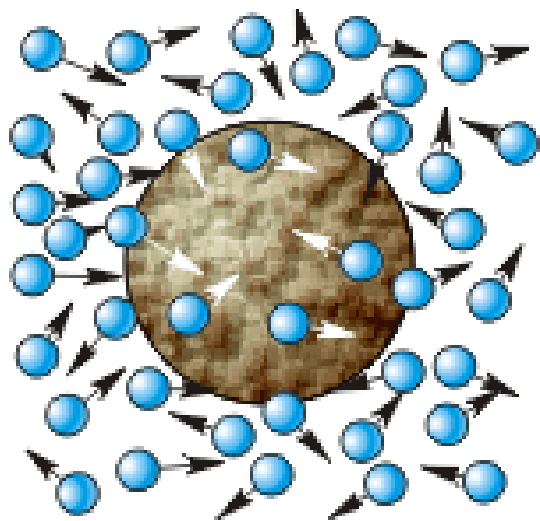
## ЗАКОН РАВНЫХ ОТНОШЕНИЙ

Для получения какого-либо вещества из двух других, необходимо брать определенное отношение масс этих исходных веществ.



# Атомы и молекулы находятся в постоянном хаотическом движении

Броуновское движение



# Уровни описания молекулярных систем

✓ **Механический уровень** — заключается в том, что в любой момент времени задаются координаты и скорости всех молекул системы.

✓ **Статистический** — задаются не точные координаты и скорости всех молекул, а лишь вероятность для произвольной молекулы иметь некоторую скорость и находиться в определенном месте пространства.

✓ **Термодинамический уровень** — задаются термодинамические параметры системы, характеризующие ее в целом.

# Термодинамика

Термодинамика — раздел физики, изучающий преобразование теплоты в другие формы энергии. Законы термодинамики носят самый общий характер и не зависят от строения вещества на атомарном уровне.

Термодинамическая система, состоящая из огромного числа частиц, отделяется от окружающего пространства реальной или мысленной поверхностью.

Состояние термодинамической системы описывается макроскопическими величинами (термодинамическими параметрами), такими как давление, температура, объем, концентрация.

## В термодинамике рассматриваются три типа систем:

- *Изолированные системы* - не обмениваются с внешней средой ни энергией, ни веществом
- *Закрытые системы* - обмениваются с внешней средой энергией, но не обмениваются веществом.
- *Открытые системы* - обмениваются с внешней средой и энергией, и веществом.

Термодинамическое равновесие — состояние изолированной системы, при котором остаются неизменными по времени ее термодинамические параметры.

Термодинамический процесс — процесс перехода термодинамической системы в другое состояние при изменении внешних параметров или при передаче энергии.

Бесконечно медленный термодинамический процесс, состоящий из последовательности равновесных состояний, называется равновесным или квазистатическим.



# Термодинамические параметры

Объём — количественная характеристика пространства, занимаемого телом.

*Единицы измерения: кубический метр [м<sup>3</sup>], литр [л].*

Температура — количественная характеристика степени нагретости тела.

*Единицы измерения: Кельвин [K], градус Цельсия [°C].*

Давление — физическая величина, численно равная силе, действующей на единицу площади поверхности перпендикулярно этой поверхности.

*Единицы измерения: Паскаль [Па], атмосфера [атм].*

Газ — одно из четырёх агрегатных состояний вещества, при котором вещество не имеет фиксированного объёма, не образует свободной поверхности, а стремится заполнить весь доступный объём.

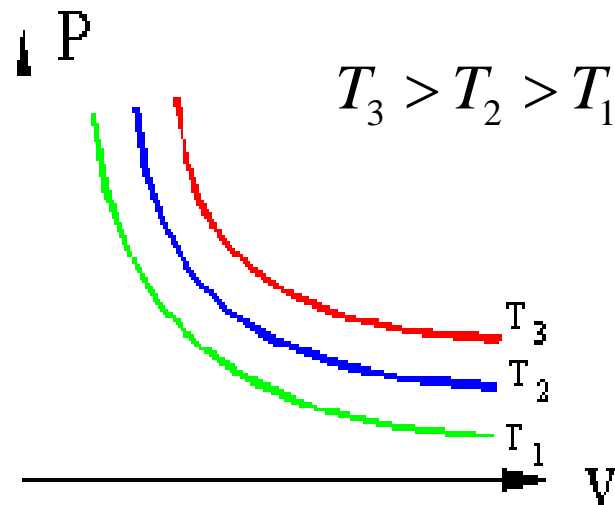
Идеальный газ – газ, для которого справедливо:

- собственный объем молекул пренебрежимо мал по сравнению с объемом вмещающего его сосуда;
- силой взаимодействия молекул можно пренебречь;
- столкновения молекул между собой и со стенками сосуда абсолютно упругие.

# Закон Бойля - Мариотта

При постоянной температуре и массе газа произведение давления газа на его объём постоянно.

$$PV = const$$



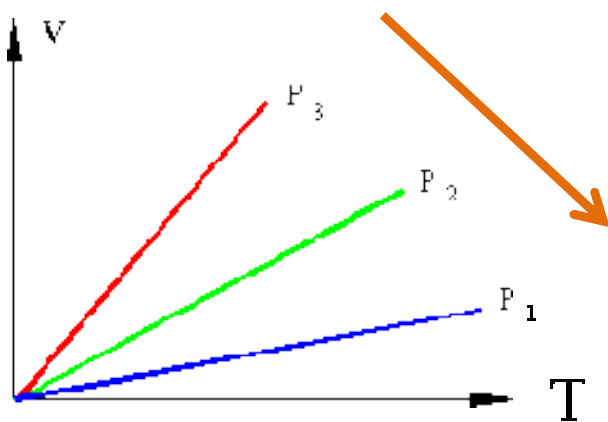
Изотермический процесс

Изопроцесс — термодинамический процесс, при котором один из термодинамических параметров системы остается неизменным.

# Закон Гей-Люссака (Шарля)

При постоянном давлении объём газа пропорционален абсолютной температуре.

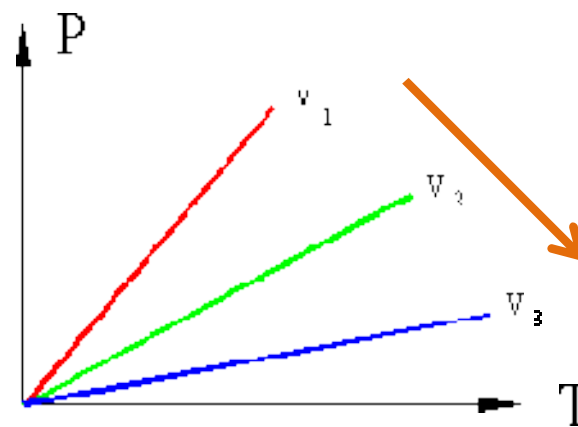
При постоянном объеме давление газа пропорционально абсолютной температуре.



Изобарный процесс

$$V = V_0 \alpha T$$

$$\alpha = 1/273.151 K^{-1}$$

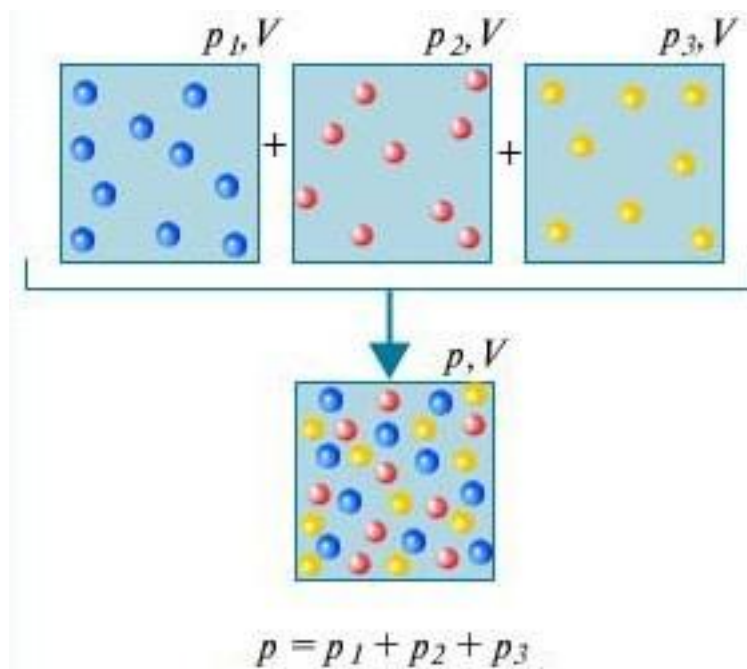


Изохорный процесс

$$P = P_0 \alpha T$$

# Закон Дальтона

Давление смеси, невзаимодействующих друг с другом химически, газов равно сумме парциальных давлений этих газов.



Парциальное давление – давление газа, входящего в состав смеси, если другие газы удалить из сосуда.

## Закон Авогадро

В равных объёмах любых газов, взятых при одинаковой температуре и давлении, содержится одно и то же число молекул.

Количество вещества — это физическая величина, прямо пропорциональная числу частиц, составляющих взятую порцию вещества.

Моль — количество вещества, в котором содержится структурных единиц (молекул, атомов, ионов) равное числу Авогадро.

*Постоянная (число) Авогадро  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$*

При нормальных условиях, температура  $0^\circ\text{C}$ , давление  $760 \text{ мм рт. ст.}$  объём одного моля газа равен  $22,4 \text{ л.}$

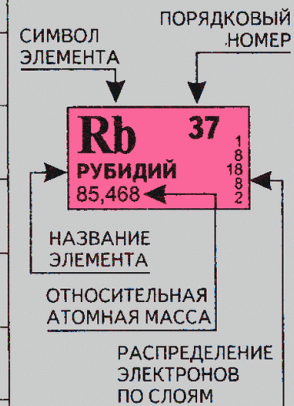
# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

www.calc.ru



Д.И. Менделеев  
1834–1907

Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																Энергетические уровни	
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			a
		a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	б			
1	1	<b>H</b> ВОДОРОД 1,008																<b>He</b> ГЕЛИЙ 4,003	2
2	2	<b>Li</b> ЛИТИЙ 6,941	<b>Be</b> БЕРИЛЛИЙ 9,0122	<b>B</b> БОР 10,811	<b>C</b> УГЛЕРОД 12,011	<b>N</b> АЗОТ 14,007	<b>O</b> КИСЛОРОД 15,999	<b>F</b> ФТОР 18,998										<b>Ne</b> НЕОН 20,179	10
3	3	<b>Na</b> НАТРИЙ 22,99	<b>Mg</b> МАГНИЙ 24,312	<b>Al</b> АЛЮМИНИЙ 26,982	<b>Si</b> КРЕМНИЙ 28,086	<b>P</b> ФОСФОР 30,974	<b>S</b> СЕРА 32,064	<b>Cl</b> ХЛОР 35,453										<b>Ar</b> АРГОН 39,948	18
4	4	<b>K</b> КАЛИЙ 39,102	<b>Ca</b> КАЛЬЦИЙ 40,08	<b>Sc</b> СКАНДИЙ 44,956	<b>Ti</b> ТИТАН 47,956	<b>V</b> ВАНАДИЙ 50,941	<b>Cr</b> ХРОМ 51,996	<b>Mn</b> МАРГАНЕЦ 54,938	<b>Fe</b> ЖЕЛЕЗО 55,849	<b>Co</b> КОБАЛЬТ 58,933	<b>Ni</b> НИКЕЛЬ 58,7								
	5	<b>Cu</b> МЕДЬ 63,546	<b>Zn</b> ЦИНК 65,37	<b>Ga</b> ГАЛЛИЙ 69,72	<b>Ge</b> ГЕРМАНИЙ 72,59	<b>As</b> МЫШЬЯК 74,922	<b>Se</b> СЕЛЕН 78,96	<b>Br</b> БРОМ 79,904											<b>Kr</b> КРИПТОН 83,8
5	6	<b>Rb</b> РУБИДИЙ 85,468	<b>Sr</b> СТРОНЦИЙ 87,62	<b>Y</b> ИТРИЙ 88,906	<b>Zr</b> ЦИРКОНИЙ 91,22	<b>Nb</b> НИОБИЙ 92,906	<b>Mo</b> МОЛИБДЕН 95,94	<b>Tc</b> ТЕХНЕЦИЙ [99]	<b>Ru</b> РУТЕНИЙ 101,07	<b>Rh</b> РОДИЙ 102,906	<b>Pd</b> ПАЛЛАДИЙ 106,4								
	7	<b>Ag</b> СЕРЕБРО 107,868	<b>Cd</b> КАДМИЙ 112,41	<b>In</b> ИНДИЙ 114,82	<b>Sn</b> ОЛОВО 118,69	<b>Sb</b> СУРЬМА 121,75	<b>Te</b> ТЕЛЛУР 127,6	<b>I</b> ИОД 126,905											<b>Xe</b> КСЕНОН 131,3
6	8	<b>Cs</b> ЦЕЗИЙ 132,905	<b>Ba</b> БАРИЙ 137,34	<b>La-71</b> ЛАНТАНОИДЫ	<b>Hf</b> ГАФНИЙ 178,49	<b>Ta</b> ТАНТАЛ 180,948	<b>W</b> ВОЛЬФРАМ 183,85	<b>Re</b> РЕНИЙ 186,207	<b>Os</b> ОСМИЙ 190,2	<b>Ir</b> ИРДИЙ 192,22	<b>Pt</b> ПЛАТИНА 195,09								
	9	<b>Au</b> ЗОЛОТО 196,967	<b>Hg</b> РУТУТЬ 200,59	<b>Tl</b> ТАЛЛИЙ 204,37	<b>Pb</b> СВИНЕЦ 207,19	<b>Bi</b> ВИСМУТ 208,98	<b>Po</b> ПОЛОНИЙ [210]	<b>At</b> АСТАТ [210]											<b>Rn</b> РАДОН [222]
7	10	<b>Fr</b> ФРАНЦИЙ [223]	<b>Ra</b> РАДИЙ [226]	<b>89-103</b> АКТИНОИДЫ	<b>Rf</b> РЕЗЕРФОРДИЙ [261]	<b>Db</b> ДУБНИЙ [262]	<b>Sg</b> СИБОРГИЙ [263]	<b>Bh</b> БОРИЙ [262]	<b>Hn</b> ХАНИЙ [265]	<b>Mt</b> МЕЙТНЕРИЙ [268]	<b>110</b>								
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		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											



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

## Л А Н Т А Н О И Д Ы

57 <b>La</b> ЛАНТАН 138,906	58 <b>Ce</b> ЦЕРИЙ 140,12	59 <b>Pr</b> ПРАЗЕОДИЙ 140,908	60 <b>Nd</b> НЕОДИМ 144,24	61 <b>Pm</b> ПРОМЕТИЙ [145]	62 <b>Sm</b> САМАРИЙ 150,4	63 <b>Eu</b> ЕВРОПИЙ 151,96	64 <b>Gd</b> ГАДОЛИНИЙ 157,25	65 <b>Tb</b> ТЕРБИЙ 158,926	66 <b>Dy</b> ДИСПРОЗИЙ 162,5	67 <b>Ho</b> ГОЛЬМИЙ 164,93	68 <b>Er</b> ЭРБИЙ 167,26	69 <b>Tm</b> ТУЛИЙ 168,934	70 <b>Yb</b> ИТТЕРБИЙ 173,04	71 <b>Lu</b> ЛЮТЕЦИЙ 174,97
-----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

## А К Т И Н О И Д Ы

89 <b>Ac</b> АКТИНИЙ [227]	90 <b>Th</b> ТОРИЙ 232,038	91 <b>Pa</b> ПРОТАКТИНИЙ [231]	92 <b>U</b> УРАН 238,29	93 <b>Np</b> НЕПУНИЙ [237]	94 <b>Pu</b> ПЛУТОНИЙ [244]	95 <b>Am</b> АМЕРЦИЙ [243]	96 <b>Cm</b> КЮРИЙ [247]	97 <b>Bk</b> БЕРКЛИЙ [247]	98 <b>Cf</b> КАЛИФОРНИЙ [251]	99 <b>Es</b> ЭЙНШТЕЙНИЙ [254]	100 <b>Fm</b> ФЕРМИЙ [257]	101 <b>Md</b> МЕНДЕЛЕВИЙ [258]	102 <b>No</b> НОБЕЛИЙ [259]	103 <b>Lr</b> ЛОУРЕНСИЙ [260]
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

# Молярная масса

Атомная единица массы — 1/12 массы атома Углерод-12.

$$m_a = 1.66 \cdot 10^{-24} \text{ г}$$

Относительная атомная масса  $\mu = m_0 / m_a$

Пусть масса газа -  $m$ , масса молекулы -  $m_0$ , число молекул -  $N$ , количество вещества (число молей) –  $\nu$ .

$$m = Nm_0 \quad N = \nu N_A \quad \longrightarrow \quad m = \nu N_A m_0 = \nu \mu N_A m_a$$

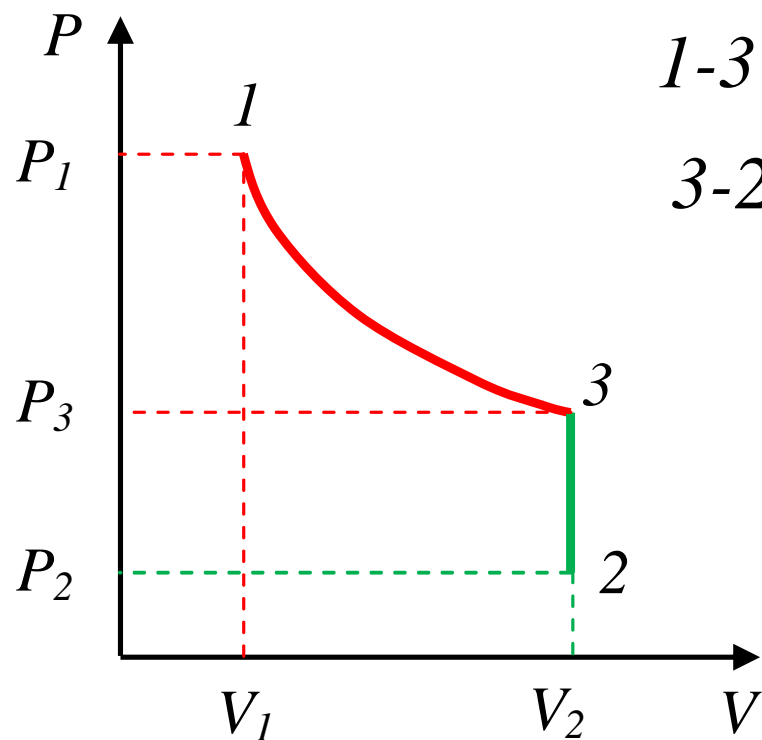
$$N_A m_a = 6.02 \cdot 10^{23} \cdot 1.66 \cdot 10^{-24} = 1 \quad \longrightarrow \quad m = \nu \mu$$

Молярная масса (масса одного моля) вещества — относительная атомная масса, выраженная в граммах.

$$\mu [\text{г/моль}]$$



# Закон Клапейрона - Менделеева



1-3 изотерма

$$T_3 = T_1$$

3-2 изохора

$$V_3 = V_2$$

$$\begin{cases} P_1 V_1 = P_3 V_3 \\ P_3 / P_2 = T_3 / T_2 \end{cases}$$



$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \rightarrow \frac{PV}{T} = \text{const}$$

$$\frac{PV_\mu}{T} = R$$

$$R = 8.31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$$

$$V = \frac{m}{\mu} V_{\mu} = \nu V_{\mu}$$

$$PV = \nu RT$$

$$P = \nu \frac{R}{V} T = \frac{N}{N_A} \frac{R}{V} T = \frac{R}{N_A} \frac{N}{V} T$$

$$k = R/N_A = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \quad \text{постоянная Больцмана}$$

$$n = N/V \quad \text{Концентрация — число частиц в единице объема.}$$

$$P = nkT \quad \text{представление Больцмана}$$