

Раздел 2. Молекулярная физика и термодинамика


2.1 Молекулярно – кинетическая теория газов

2.1.1 Основные положения молекулярно-кинетической теории.

2.1.2 Наблюдения и опыты, подтверждающие атомно-молекулярное строение вещества

2.1.3 Идеальный газ. Давление газа.

2.1.4 Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов



Молекулярная физика – раздел физики, в котором изучаются физические свойства тел в различных агрегатных состояниях на основе рассмотрения их молекулярного строения, силы взаимодействия между частицами, образующими тела и характеры теплового движения этих частиц.

Молекулярно – кинетической теорией (МКТ) называют раздел физики, в котором свойства тел и явления, происходящие внутри вещества, объясняются исходя из законов движения частиц вещества.

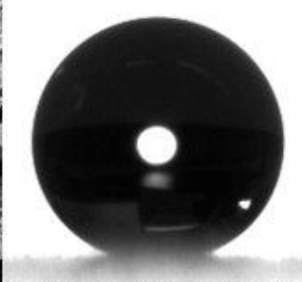
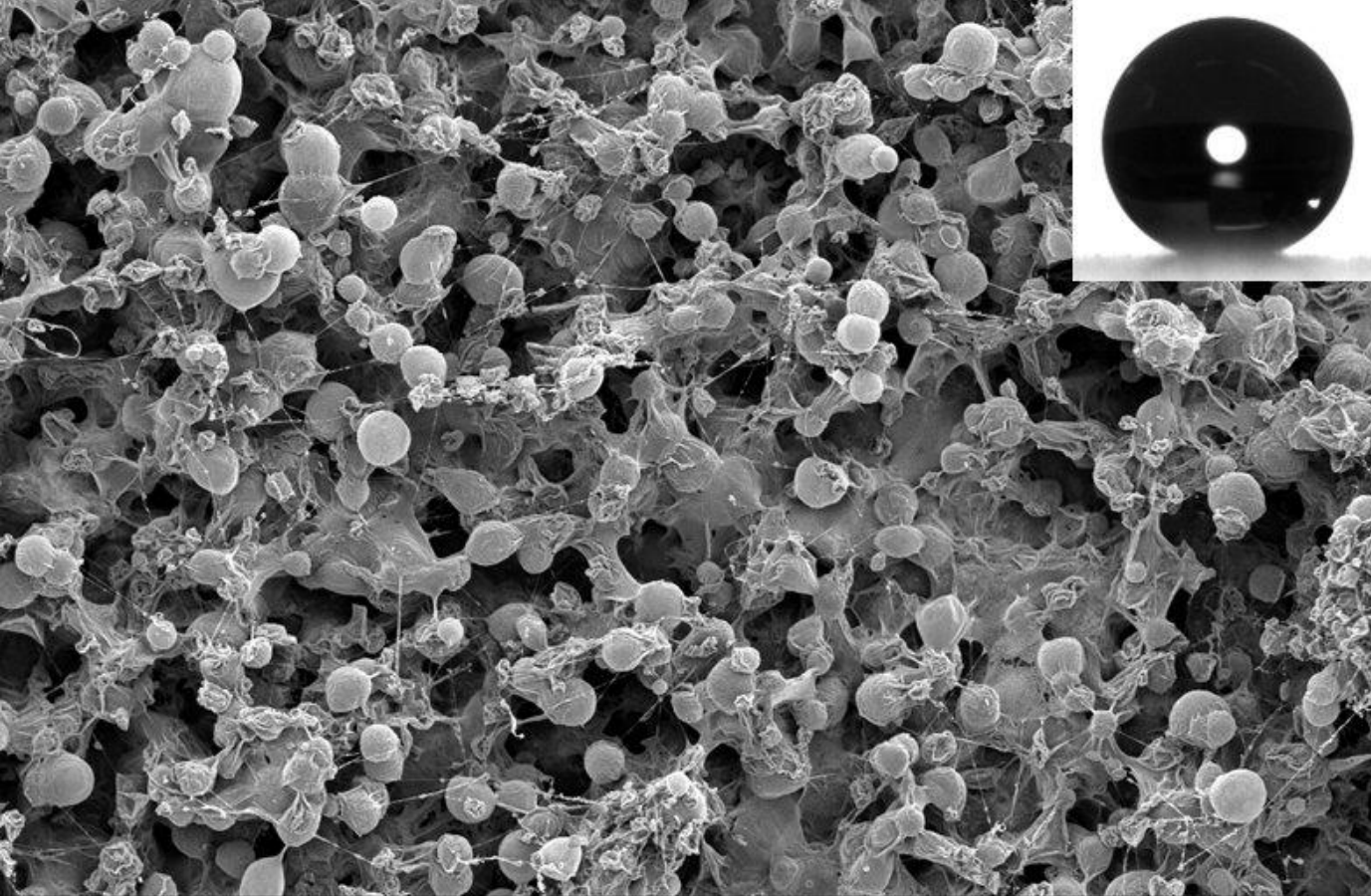
Все вещества состоят из большого количества частиц – молекул и атомов.

Определение.

Атом – мельчайшая частица химического элемента. Размеры атомов (их диаметр) имеет порядок 10^{-10} м.

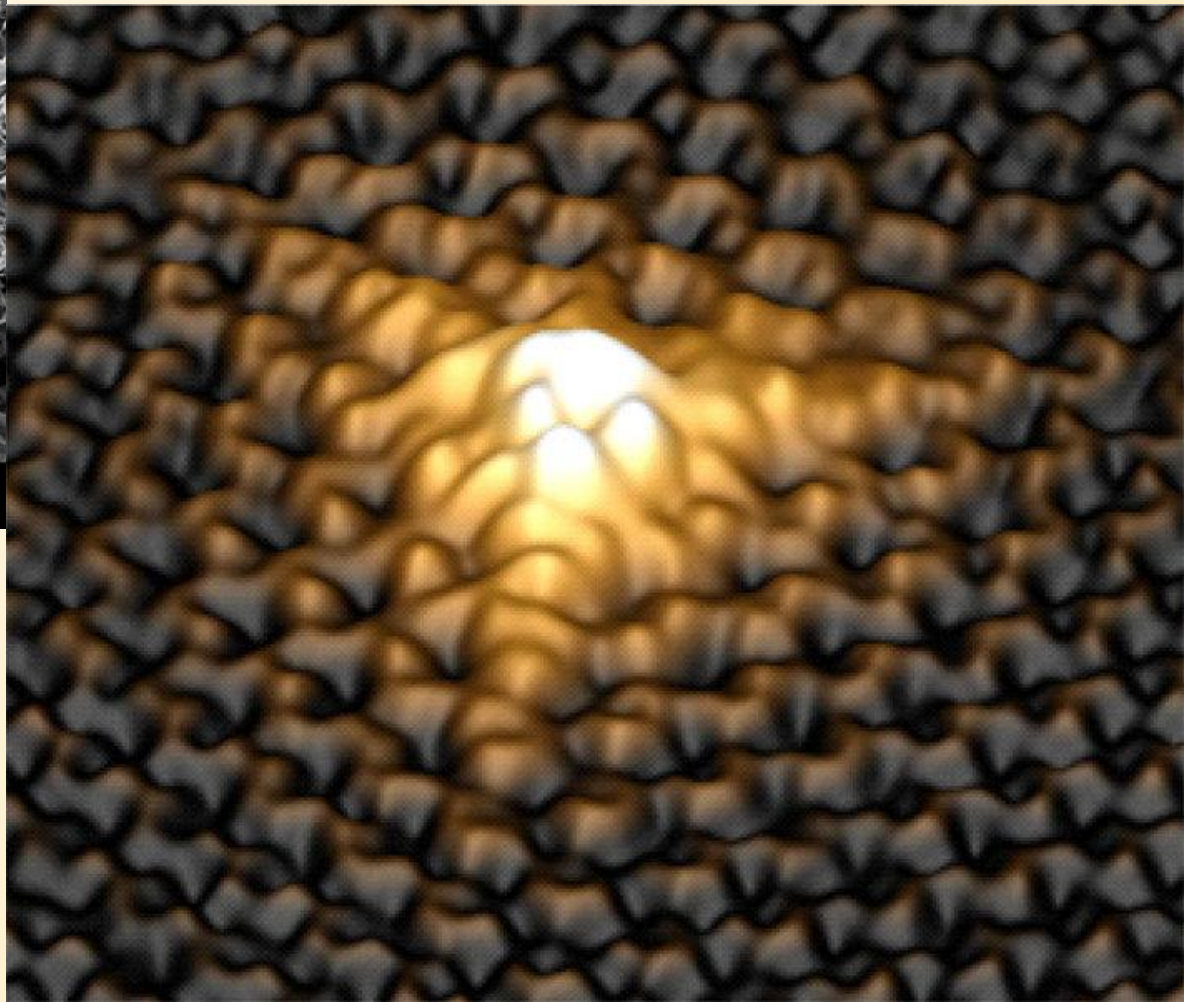
		ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА										VII (H)		VIII					
1	1	1 H 1,01 ВОДОРОД											2 He 4,00 ГЕЛИЙ						
2	2	3 Li 6,94 ЛИТИЙ	4 Be 9,01 БЕРРИЛЛИЙ	5 B 10,81 БОР	6 C 12,01 УГЛЕРОД	7 N 14,01 АЗОТ	8 O 16,00 КИСЛОРОД	9 F 19,00 ФТОР	10 Ne 20,18 НЕОН										
3	3	11 Na 22,99 НАТРИЙ	12 Mg 24,31 МАГНИЙ	13 Al 26,98 АЛЮМИНИЙ	14 Si 28,09 КРЕМНИЙ	15 P 30,97 ФОСФОР	16 S 32,06 СЕРА	17 Cl 35,45 ХЛОР	18 Ar 39,95 АРГОН										
4	4	19 K 39,10 КАЛИЙ	20 Ca 40,08 КАЛЬЦИЙ	21 Sc 44,96 СКАНДИЙ	22 Ti 47,90 ТИТАН	23 V 50,94 ВАНАДИЙ	24 Cr 52,00 ХРОМ	25 Mn 54,94 МАРГАНЕЦ	26 Fe 55,85 ЖЕЛЕЗО	27 Co 58,93 КОБАЛЬТ	28 Ni 58,70 НИКЕЛЬ								
4	5	29 Cu 63,55 МЕДЬ	30 Zn 65,38 ЦИНК	31 Ga 69,72 ГАЛЛИЙ	32 Ge 72,59 ГЕРМАНИЙ	33 As 74,92 МЫШЬЯК	34 Se 78,96 СЕЛЕН	35 Br 79,90 БРОМ	36 Kr 83,80 КРИПТОН										
5	6	37 Rb 85,47 РУБИДИЙ	38 Sr 87,62 СТРОНЦИЙ	39 Y 88,91 ИТТРИЙ	40 Zr 91,22 ЦИРКОНИЙ	41 Nb 92,91 НИОБИЙ	42 Mo 95,94 МОЛИБДЕН	43 Tc 98,91 ТЕХНЕЦИЙ	44 Ru 101,07 РУТЕНИЙ	45 Rh 102,91 РОДИЙ	46 Pd 106,42 ПАЛЛАДИЙ								
5	7	47 Ag 107,87 СЕРЕБРО	48 Cd 112,41 КАДМИЙ	49 In 114,82 ИНДИЙ	50 Sn 118,69 ОЛОВО	51 Sb 121,75 СУРЬМА	52 Te 127,60 ТЕЛЛУР	53 I 126,90 ИОД	54 Xe 131,30 КСЕНОН										
6	8	55 Cs 132,91 ЦЕЗИЙ	56 Ba 137,33 БАРИЙ	57 La 138,91 ЛАНТАН	72 Hf 178,49 ГАФНИЙ	73 Ta 180,95 ТАНТАЛ	74 W 183,85 ВОЛЬФРАМ	75 Re 186,21 РЕНИЙ	76 Os 190,20 ОСМИЙ	77 Ir 192,22 ИРИДИЙ	78 Pt 195,09 ПЛАТИНА								
6	9	79 Au 196,97 ЗОЛОТО	80 Hg 200,59 РУТУТЬ	81 Tl 204,37 ТАЛЛИЙ	82 Pb 207,20 СВИНЕЦ	83 Bi 208,98 ВИСМУТ	84 Po [209] ПОЛОНИЙ	85 At [210] АСТАТ	86 Rn [222] РАДОН										
7	10	87 Fr [223] ФРАНЦИЙ	88 Ra 226,03 РАДИЙ	89 Ac [227] АКТИНИЙ	104 Ku [261] КУРЧАТОВИЙ	105 Ns [261] НИЛЬСБОРИЙ	106 Sg [263] СИБОРГИЙ	107 Bh [262] БОРИЙ	108 Hs [265] ХАССИЙ	109 Hs [268] МЕЙТНЕРИЙ									
* ЛАНТАНОИДЫ																			
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71						
Ce 140,12 ЦЕРИЙ	Pr 140,91 ПРАЗЕОДИМ	Nd 144,24 НЕОДИМ	Pm [145] ПРОМЕТИЙ	Sm 150,40 САМАРИЙ	Eu 151,96 ЕВРОПИЙ	Gd 157,25 ГАДОЛИНИЙ	Tb 158,93 ТЕРБИЙ	Dy 162,50 ДИСПРОЗИЙ	Ho 164,93 ГОЛЬМИЙ	Er 167,26 ЭРБИЙ	Tm 168,93 ТУЛИЙ	Yb 173,04 ИТТЕРБИЙ	Lu 174,97 ЛЮТЕЦИЙ						
** АКТИНОИДЫ																			
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103						
Th 232,04 ТОРИЙ	Pa 231,04 ПРОТАКТИНИЙ	U 238,03 УРАН	Np 237,05 НЕПТУНИЙ	Pu [244] ПЛУТОНИЙ	Am [243] АМЕРИЦИЙ	Cm [247] КЮРИЙ	Bk [247] БЕРКЛИЙ	Cf [251] КАЛИФОРНИЙ	Es [254] ЭЙНШТЕЙНИЙ	Fm [257] ФЕРМИЙ	Md [258] МЕНДЕЛЕВИЙ	(No) [255] НОБЕЛИЙ	(Lr) [256] ЛОУРЕНСИЙ						





Размеры атома: 10^{-10} м

X220 100 μm



Молекула – структурная единица вещества, состоящая из атомов. В отличие от атомов, они больше и тяжелее последних, а главное, они обладают огромным разнообразием.

Вещество, молекулы которого состоят из одного атома, называются **атомарными**, из большего количества – **молекулярными**.



Утверждения МКТ:

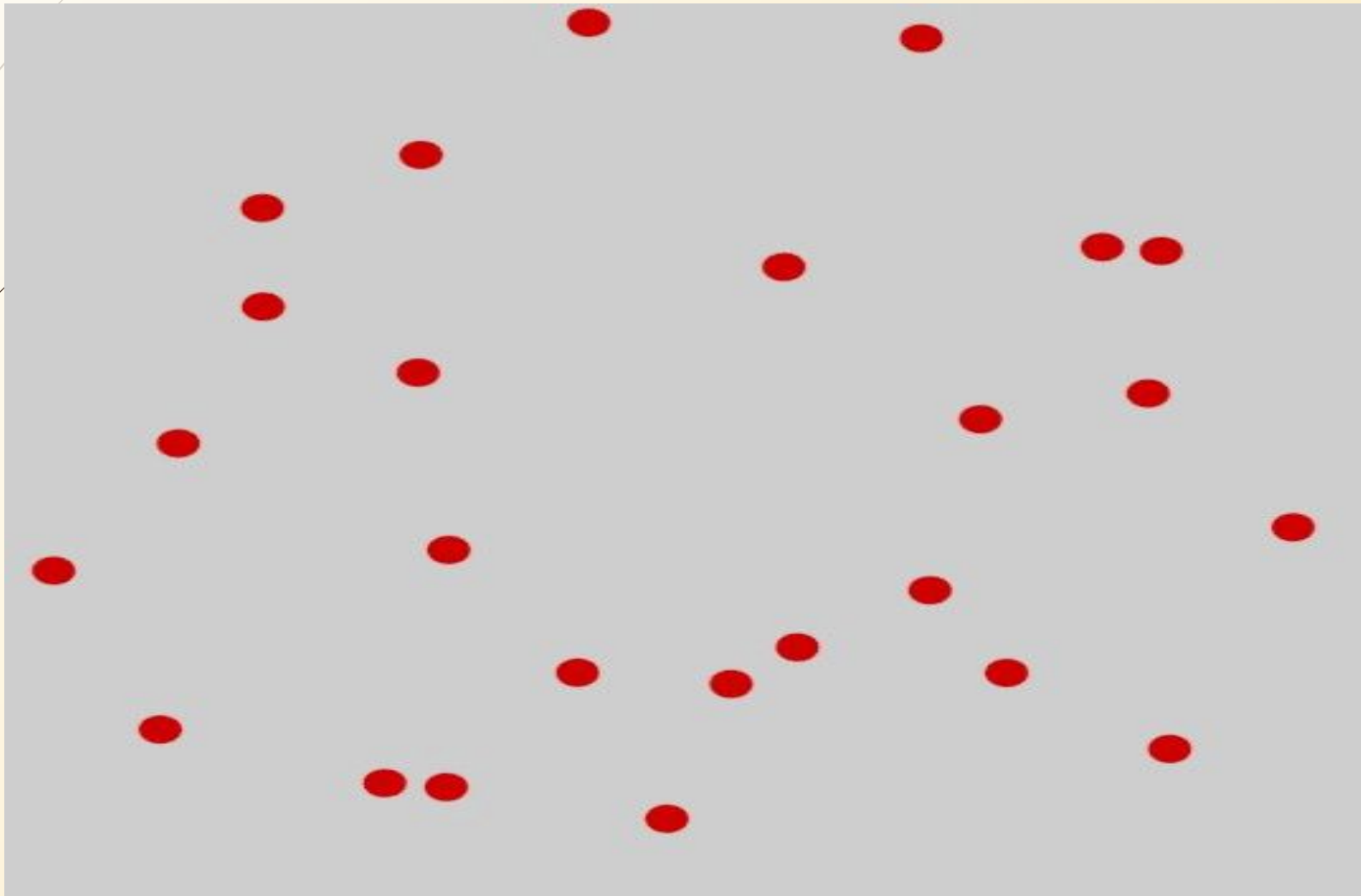
1. Все тела состоят из отдельных частиц – атомов, молекул или ионов.
2. Частицы беспорядочно движутся.
Интенсивность их движения увеличивается вместе с температурой.
3. Между частицами существуют силы взаимодействия (отталкивание и притягивание)



Подтверждение:

1. Молекулярное строение вещества подтверждено химическими исследованиями, растворимостью, диффузией, методами электронной микроскопии.
2. Движение частиц подтверждается диффузией, броуновское движение.
3. Взаимодействие молекул подтверждается самим существованием твердых и жидких тел (если бы не взаимодействовали – разлетелись бы по всем направлениям).

Броуновским движением называют беспорядочное движение малых частиц, взвешенных в жидкости или газе (1827г)



Самый лёгкий элемент - водород. Его масса принята за эталон массы и названа *атомной единицей массы (а.е.м)*.

Атомная масса – масса химического элемента (атома), выраженная в атомных единицах массы.

Атомная масса элемента (A) по водородной шкале показывает, во сколько раз масса его атома больше массы атома водорода.

Атомные массы всех химических элементов приведены в таблице Менделеева.

Молекулярная масса – масса молекулы, выраженная в атомных единицах массы. На практике, молекулярная масса равна сумме атомных масс входящих в неё элементов.

В 20 веке было установлено, что $1\text{г} = 6,02252 \cdot 10^{23}$ а. е. м. Это число называется **постоянной Авогадро (N_A)**

$$N_A = 6,02252 \cdot 10^{23} \text{ а. е. м/г}$$

Для нахождения абсолютных масс атомов и молекул (в граммах) : $m_0 = \frac{A}{N_A}$, где m_0 - масса атома или молекулы в граммах; A -атомная масса в а.е.м

Порция вещества, содержащая N_A частиц, называется **МОЛЬ**.

Масса одного моль называется **молярной массой (μ)**

$$\mu = m_0 \cdot N_A = \frac{A}{N_A} \cdot N_A = A$$

Молярная масса в граммах совпадает с атомной массой

Моль – порция вещества, масса которой в граммах численно равна его атомной массе.


Число, показывающее, сколько моль содержит данная порция вещества, называется **количеством вещества (ν)**. Единица количества вещества – моль.

$$\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{\mu},$$

где N - количество частиц в данной порции вещества; m – её масса.

Массы атомов и молекул вычисляются по формуле:


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



Газообразным называется такое состояние вещества, в котором среднее расстояние между его молекулами значительно больше их размеров, а силы взаимодействия между молекулами малы.

Газ не имеет ни формы, ни объёма и полностью занимает тот сосуд, в котором находится.

При столкновении молекул газа со стенками сосуда (или с поверхностями других тел) он оказывает на них силовое воздействие. Давление, созданное этим воздействием, называется **давлением газа**.



Идеальный газ – математическая модель газа, являющаяся упрощенной моделью реального газа, в которой предполагается, что:

- а) потенциальной энергией взаимодействия молекул можно пренебречь по сравнению с их кинетической энергией;
- б) суммарный объём молекул газа пренебрежимо мал. Между молекулами не действуют силы притяжения или отталкивания, соударения частиц абсолютно упруги, а время взаимодействия между молекулами пренебрежимо мало по сравнению со средним временем между столкновениями.

Кинетическая энергия – это энергия движения, то есть она зависит от скорости, рассмотрим скорости теплового движения молекул.

Несмотря на то, что молекулы одного и того же газа являются одинаковыми, скорости у них разные.



Принято считать, что все молекулы идеального газа двигаются с одинаковой скоростью, которую назвали средней квадратичной.

Средняя квадратичная скорость – это скорость, равная корню квадратному из средней арифметической величины квадратов скоростей отдельных молекул; она несколько отличается от средней арифметической скорости молекул.

$$v_{\text{ср.кв}} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}{N}}$$

Где v_1, v_2, v_n – скорости отдельных молекул, N – число молекул.

Концентрация молекул (n) показывает, сколько молекул находится в единице объёма.

$$n = \frac{N}{V},$$

Где N - число молекул, V - объём.

Давление однородного идеального газа прямо пропорционально концентрации его молекул, массе молекул и среднему квадрату скорости их движения – основное уравнение МКТ

$$P = \frac{1}{3} n \cdot m_0 \cdot \bar{v}^2$$

Произведение концентрации на массу молекулы равно плотности газа:


$$n \cdot m_0 = \frac{N}{V} \cdot m_0 = \frac{m}{V} = \rho$$

Запишем основное уравнение МКТ в новом виде:

$$P = \frac{1}{3} \rho \cdot \bar{v}^2$$

Теперь можем найти среднюю квадратичную скорость молекул однородного газа по измерениям давления и плотности:

$$v_{\text{КВ}} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$


$$m_0 \cdot \bar{v}^2 = 2 \frac{m_0 \cdot \bar{v}^2}{2} = 2\bar{E}_k$$

Где \bar{E}_k - средняя кинетическая энергия движения молекул

Тогда, **основное уравнение МКТ** примет вид:

$$P = \frac{2}{3} n \cdot \bar{E}_k$$