

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ФАРҒОНА ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

**FarDU.
ILMIY
XABARLAR-**

1995 йилдан нашр этилади
Йилда 6 марта чиқади

1-2018
февраль

**НАУЧНЫЙ
ВЕСТНИК.
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года
Выходит 6 раз в год

Аниқ ва табиий фанлар

МАТЕМАТИКА

А.ЎРИНОВ, М.РАХИМОВА	
Иккинчи тартибли интегро-дифференциал тенглама учун аралаш чегаравий масала	5
А.МАДРАХИМОВ, С.КУКИЕВА	
Математик статистиканинг таҳлил қилиш усулининг бир масалага татбиғи	9
З.СИДДИҚОВ	
Математик моделлаштириш кўникмасини шакллантириш асосида талабаларни касбга йўналтириш	12

ФИЗИКА, ТЕХНИКА

Ш.ЯКУБОВА, Н.НОСИРОВ, О.ТЎЛАНОВ	
Газларнинг молекуляр-кинетик назариясининг асосий тенгламаси	17
З.ХУСАНОВ, Б.ОМОНОВ	
Умумий ўрта таълим мактабларида “Ой - Ернинг табиий йўлдоши” мавзусини ўқитишда интерфаол методлардан фойдаланиш	20

КИМЁ

М.АХМАДАЛИЕВ	
Дифурфурилиденацетон-ДИФА ҳосил бўлиш реакцияси	23

БИОЛОГИЯ, ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИ

Ё.ҚАЮМОВА, Д.КОМИЛОВА, Б.БАХРОМОВА	
Қўлоғирлик сезгисининг турли ёшдаги болаларда ривожланишининг психофизиологик хусусиятлари	28

ГЕОГРАФИЯ, ТУПРОҚШУНОСЛИК

Р.ПИРНАЗАРОВ	
Қурбонқўлнинг пайдо бўлиши ва қўл ҳавзасининг табиий шароити	31
У.МИРЗАЕВ	
Исфайрам-Шоҳимардонсой конус ёйилмалари тупроқлари шўрланиш ва шўрсизланишининг умумий қонуниятлари	34

Ижтимоий-гуманитар фанлар

ИҚТИСОДИЁТ

А.ЭРГАШЕВ	
Реал сектор корхоналарини инновацион ривожлантиришнинг асосий йўналишлари	39

ТАРИХ

С.ШАДМАНОВА	
XIX асрнинг охири – XX аср бошларида Тошкент шаҳрининг санитар аҳволи ва муаммолари	43
Б.УСМОНОВ	
Одилшоҳ Жалойир исёни: сабаб, жараён ва оқибат	47

ФАЛСАФА, СИЁСАТ

Т.АБДУЛЛАЕВ	
Фанлар интеграциялашувида фалсафанинг ўрни	51

ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ГАЗОВ

Ш.Якубова, Н.Носиров, О.Туланов

Аннотация

Мақолада молекулалар ҳаракатининг хаотик хусусиятидан келиб чиқиб, газлар молекуляр-кинетик назариясининг асосий тенгламаси ўрганилган.

Аннотация

В статье изучено основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов в хаотическом характере движения молекул.

Annotation

In the article, using the concept of chaotic behavior of gaz molecules, the properties of gases are explored.

Таянч сўз ва иборалар: молекуляр физика, идеал газ, кинетик назария, тенглама, концентрация, хаотик, микррозаррачалар, параметр.

Ключевые слова и выражения: молекулярная физика, идеальный газ, кинетическая теория, уравнение, концентрация, хаотический, микрочастицы, параметр.

Key words and expressions: the molecular physics, ideal gas, kinetic theory, equation, concentration, chaotic, microparticle, parameter.

Известно несколько способов получения основного уравнения молекулярно-кинетической теории газов, отличающихся степенью строгости и математической сложности. Следует сообщить учащимся, что в молекулярной физике широко используются модели, приближенно отражающие свойства реальных тел и облегчающие теоретическое изучение рассматриваемых явлений. Одной из таких моделей является модель идеального газа. Под идеальным газом в молекулярной физике понимают газ, взаимодействие между молекулами которого пренебрежимо мало, т.е. средняя кинетическая энергия молекул такого газа значительно больше потенциальной энергии их взаимодействия, а собственный объем молекул ничтожно мал по сравнению с объемом газа. При достаточно больших разрежениях реальные газы приобретают свойства, близкие к идеальным, поэтому такая идеализация реального газа вполне корректна и допустима. Далее надо отметить, что основное уравнение выводится для идеального газа, находящегося в состоянии термодинамического равновесия. В этом состоянии, несмотря на непрерывные изменения отдельных микрочастиц (координат и скоростей молекул), их средние значения остаются неизменными во времени.

Приступая непосредственно к выводу основного уравнения, следует еще раз оговорить, что газ весьма разрежен и температура не очень низкая. Только при наличии этих условий квантово-механические эффекты будут пренебрежимо малы и можно воспользоваться законами классической механики [1].

Используя вышеизложенные физические предпосылки, получают выражение для давления газа:

$$P = 1/3 m_0 n \overline{V^2} \quad (1)$$

где m_0 - масса одной молекулы n - концентрация молекул $\overline{V^2}$ -среднеквадратичная скорость движения молекул. Выражение (1) представляет собой основное уравнение кинетической теории газов. Зависимость давления газа от среднеквадратичной скорости молекул объясняется тем, что с увеличением скорости молекулы увеличивается ее импульс, следовательно, и сила удара. При этом возрастает число ударов и молекулы чаще будут соударяться со стенками. Если через $\overline{E_k}$ обозначить кинетическую энергию, приходящуюся в среднем на одну молекулу

($\overline{E_k} = \frac{m_0 \overline{V^2}}{2}$), то уравнение (1) принимает вид

$$p = 2/3 n \overline{E_k} \quad (2).$$

Из выражения (2) следует, что давление газа равно 2/3 суммарной кинетической энергии поступательного движения молекул, содержащихся в единице объема. Поскольку основное уравнение связывает функциональной зависимостью макропараметр с микропараметром, то это уравнение имеет статистический смысл. Газовые законы, полученные в виде следствий из основного уравнения, являются, таким образом,

Ш.Якубова – ФерГУ, доцент кафедры физики, кандидат педагогических наук.

Н.Носиров – ФерГУ, преподаватель кафедры физики.

О.Туланов – ФерГУ, студент.

статистическими. Достаточно сложной является проблема введения понятия термодинамической температуры. Если исходить из эмпирического соотношения между давлением газа и его температурой в виде $p=p_0(1+at)=p_0(1+t/273,15)$, т.е. из закона Шарля, и ввести величину

$$T=273,15+t, \quad (3)$$

назвав ее термодинамической температурой, то закон Шарля примет вид $P = \frac{P_0}{273,15} T$.

Сопоставив это выражение с формулой (2) получим

$$\bar{E} = \frac{3p}{2n} = \frac{3p_0}{2n \cdot 273,15} T = \frac{3}{2} kt \quad (4)$$

Единица термодинамической температуры – кельвин (К): 1 К равен 1°C . Зная, что при нормальных условиях давление газа $p_0=101325$ Па, а объем 1 моля $V_m=22,41 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, получим для концентрации газа значение

$$n_0 = \frac{NA}{Vm} = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{22,41 \cdot 10^{-3}} \text{ м}^{-3} = 2,687 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$$

Отсюда постоянная Больцмана

$$k = \frac{p_0}{n_0 \cdot 273,15} = \frac{101325 \cdot 22,41 \cdot 10^{-3}}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 273,15} \times$$

$$\times \text{Па} \cdot \text{м}^3 / \text{К} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} / \text{К}$$

Заметим, что в данном подходе использован один эмпирический закон – закон Шарля и один эмпирический коэффициент – температурный коэффициент давления газа

$$a = \frac{1}{273,15} \text{ К}^{-1}$$

Из выражения (4) вытекает молекулярно-кинетический смысл термодинамической температуры: термодинамическая температура является мерой кинетической энергии, приходящейся в среднем на одну молекулу. Следует разъяснить учащимся, что, так как мы имеем дело со средними значениями макровеличин (\bar{E}_k, \bar{v}) , то говорить о температуре отдельной молекулы не имеет смысла, потому что понятие среднего относится к ансамблю частиц – к телу в целом.

Возможен и другой подход к данной проблеме. Введем по определению термодинамическую температуру как величину, пропорциональную средней кинетической энергии молекул идеального газа, т.е. воспользуемся формулой (4) в качестве определения. По определению, $1\text{К}=1^\circ\text{C}$, где 1°C есть сотая доля температурного интервала между точкой плавления льда и точкой кипения воды [1,2].

Теперь остается вывести соотношения (3) между термодинамической температурой и температурой Цельсия. Сопоставив (2) и (4), получим $p = 2/3n \cdot 3/2kT = nkT$, т.е. закон Шарля оказывается следствием основного уравнения кинетической теории и принятого определения термодинамической температуры. Измерив теперь давление одной и той же массы газа в одном и том же объеме сначала при 0°C (T_0), а затем при 100°C ($T_{100}=T_0+100$), получим

$$\frac{P_{100}}{P_0} = \frac{T_{100}}{T_0} = \frac{T_0 + 100}{T_0} \quad (6)$$

Но опыт с газовым термометром [13, с.223=229] дает $p_{100}/p_0=1,3661$. Подставив это значение в (6), получим $T_0=273,15 \text{ К}$. Итак, температуре $t_0=0^\circ\text{C}$ термодинамическая температура $T_0=273,15 \text{ К}$, откуда следует соотношение (3). Второй подход основан на экспериментальном факте ($P_{100}/p_0=1,3661$) и на кинетическом определении термодинамической температуры. Что же касается закона Шарля и других газовых законов (Бойля – Мариотта и Гей-Люссака), то они оказываются частными случаями уравнения газового состояния, которое вытекает из соотношения (5), если концентрацию молекул n представить в виде $n=N/V$, где N – общее число молекул газа в объеме V . Поэтому уравнение (5) принимает вид

$$PV=NkT \quad (7).$$

Это уравнение целесообразно преобразовать так, чтобы в него вместо недоступного прямому измерению числа N входила легко измеряемая масса газа m . Для этого напомним учащимся, что общее число молекул N равно произведению числа Авогадро N_A на количество вещества ν (1): $N=N_A \nu$. Подставив значение N в уравнение (7), получаем

$$p = \frac{N_A \nu}{V} kT \text{ или } pV=N_A \nu kT \quad (8).$$

Произведение двух постоянных N_A и k также равно постоянной величине: $N_A k = R$, где R носит название молярной газовой постоянной. Поэтому уравнение (8) можно записать как:

$$pV=\nu RT \quad (9).$$

Количество веществ ν_4 согласно (2), равно $\nu=m/M_4$ тогда уравнение (9) примет окончательный вид.

$$pV = \frac{m}{M} RT \quad (10)$$

Это уравнение устанавливает связь между тремя параметрами, характеризующими состояние газа (p, V, N), и называется *уравнением состояния идеального газа Менделеева-Клапейрона*.

Из уравнения (10) можно легко получить все газовые законы (Бойля – Мариотта, Гей – Люссака, Шарля) при соответствующей фиксации одного из параметров.

При изучении уравнения состояния идеального газа необходимо обратить внимание учащихся на следующее:

1. Так как уравнение Менделеева – Клапейрона подтверждается опытом, а само оно было выведено из основного уравнения кинетической теории газов, то исходные предпосылки для вывода основного уравнения и сам вывод правильны.

2. Для реальных газов при больших разрежениях, т.е. когда можно пренебречь межмолекулярными силами взаимодействия и общим объемом молекул, уравнение Менделеева – Клапейрона применимо.

3. Уравнение Менделеева – Клапейрона характеризует *состояние* идеального газа при тепловом равновесии, а не процесс, так как переход из одного состояния в другое сопровождается изменением параметров газа. При этом в разных частях объема газа один и тот же параметр будет неодинаковым.

4. В уравнении состояния идеального газа один и тот же параметр будет неодинаковым. Полученное из основного уравнения кинетической теории газов выражение для средней кинетической энергии поступательного движения молекул $\overline{E_k} = 3/2 \overline{\Delta T}$ позволяет вычислить *изменение внутренней энергии* одноатомного идеального газа путем умножения $\overline{E_k}$ на число Авогадро и количество вещества:

$$\Delta U = N E_k = \nu N_A \cdot \frac{3}{2} k T = \frac{3}{2} \nu R T. \quad (11)$$

Из выражения (11) следует, что внутренняя энергия одноатомного идеального газа прямо пропорциональна термодинамической температуре и не зависит от объема газа. Таким образом, изменение внутренней энергии одноатомного газа равно $\Delta U = 3/2 \nu R \Delta T$ (12). Определив количественно изменение внутренней энергии одноатомного идеального газа, следует более подробно рассмотреть физический смысл этого понятия.

С молекулярно-кинетической точки зрения внутренняя энергия представляет собой суммарную энергию движения и взаимодействия микрочастиц, составляющих микросистему. По современным представлениям, в состав внутренней энергии входят: 1) кинетическая энергия поступательного, вращательного и колебательного движений молекул и атомов; 2) потенциальная энергия взаимодействия молекул и атомов; 3) энергия электронных оболочек атомов; 4) внутренняя энергия ядер. Однако в сравнительно небольшом интервале комнатных температур можно пренебречь колебательными степенями свободы; у одноатомного газа не возбуждаются и вращательные степени свободы. Если же газ достаточно разрежен, то можно пренебречь и энергией взаимодействия частиц. Поэтому для инертных газов (гелий, неон, аргон) и для паров металлов выражения (11) и (12) приводят к результатам, которые подтверждаются экспериментальными данными.

Литература:

1. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. – М.: Высшая школа, 1981.
2. Василевский А.С., Мултановский В.В. Статическая физика и термодинамика. – М.: Просвещение, 1985.

(Рецензент: С. Отажонов, доктор физико-математических наук, профессор).