

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №3 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-3.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/62TVN317.pdf>

Статья опубликована 13.06.2017

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Кочетков А.В., Федотов П.В. Уравнения состояния газа и модель идеального газа // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №3 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/62TVN317.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

## УДК 533

### Кочетков Андрей Викторович<sup>1</sup>

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Россия, Пермь  
Доктор технических наук, профессор  
E-mail: [soni.81@mail.ru](mailto:soni.81@mail.ru)

### Федотов Петр Викторович

ООО «Научно-исследовательский центр технического регулирования», Россия, Саратов  
Инженер  
E-mail: [klk50@mail.ru](mailto:klk50@mail.ru)

## Уравнения состояния газа и модель идеального газа

**Аннотация.** В современной научной и учебной литературе принято путать два понятия: уравнения состояния газа и уравнения идеального газа. В результате получается несовместимые словесные образования типа «уравнения состояния идеального газа».

В молекулярной теории основой является внутреннее строение, а уравнения состояния газов в виде законов Шарля, Бойля и Мариотта, Гей-Люссака и Менделеева-Клайперона являются термодинамическими уравнениями, не имеющих отношение к молекулярной теории строения газов. Они не содержат никаких упоминаний о молекулах в газе. В эти уравнения входят термодинамические параметры газа: масса, давление и температура.

Модель идеального газа, на основе которой построена молекулярно-кинетическая теория, является простейшей, но не единственно возможной теоретической моделью внутреннего строения газов.

**Ключевые слова:** уравнения состояния газа; термодинамика; модель; идеальный газ; молекулярно-кинетическая теория (МКТ); масса; давление; температура; молекулы; взаимодействие

### Введение

В современной научной и учебной литературе принято путать два понятия: уравнения состояния газа и уравнения идеального газа. В результате получается несовместимые словесные образования типа «уравнения состояния идеального газа».

---

<sup>1</sup> 410022, г. Саратов, ул. Азина, д. 38 «В», кв. 4

В научной (профессиональной) литературе такие идиоматические выражения вполне допустимы, т.к. ученые в состоянии разобраться в различении термодинамики и молекулярной теории [1-12].

Например, когда физики говорят «спин электрона», то физики понимают, что это выражение исторически сложилось и не определяет реальной ситуации, т.к. уже давно никто не представляет себе электрон как твердый шарик, вращающийся вокруг собственной оси<sup>2</sup> [7, с. 243].

Напротив, в школьных учебниках подобное недопустимо, особенно для тех, кто в последствии не предполагает стать профессиональным физиком, т.к. подобное смешение понятий остается в памяти. Как вполне нормальное явление.

### Постановка проблемы

Рассмотрим проблему подробнее [3-6]. В первую очередь, здесь надо привести определение, что такое «идеальный газ».

**«Идеальный газ.** Идеальный газ с точки зрения молекулярно-кинетической теории простейшая физическая модель реального газа.

Под моделью в физике понимают не увеличенную или уменьшенную копию реального объекта. Физическая модель - это создаваемая учеными общая картина реальной системы или явления, которая отражает наиболее существенные, наиболее характерные свойства системы.

В физической модели газа принимаются во внимание лишь те основные свойства молекул, учет которых необходим для объяснения главных закономерностей поведения реального газа в определенных интервалах давления и температуры.

**В молекулярно-кинетической теории идеальным газом называют газ, состоящий из молекул, взаимодействие между которыми пренебрежимо мало»** [1, с. 19].

Ключевым здесь является определение, что идеальный газ состоит из молекул. Каких именно молекул, круглых или квадратных, сферических или неправильной формы, вопрос второстепенный. Главное идеальный газ - это газ, состоящий из отдельных молекул.

С другой стороны, уравнения состояния газа, такие как законы Шарля, Гей-Люссака, Бойля-Мариотта и Клапейрона-Менделеева были открыты экспериментально задолго до внедрения в физику молекулярной теории.

Совершенно естественно, что они не содержат никаких упоминаний о молекулах в газе. В эти уравнения входят термодинамические параметры газа: масса, давление и температура.

Причем, что важно отметить, в термодинамике, которая зародилась задолго до внедрения в науку атомной теории строения вещества и появления самого термина «молекула газа», в отличие от молекулярной теории совершенно безразлично, из чего состоит газ. Чисто исторически ученые представляли себе газ в виде бесконечно делимой материи, не имеющей внутреннего строения.

Т.о., уравнения состояния газа (Законы Шарля, Бойля и Мариотта, Гей-Люссака и Менделеева-Клапейрона) являются термодинамическими уравнениями, а вовсе не молекулярными. Т.к., их формулировки не предполагают молекулярного строения, а точнее выполняются для любого строения газа [9-11].

---

<sup>2</sup> Spin (англ) - вращение, кружение (прим. авт.).

«В отличие от многих областей физики и химии термодинамика не оперирует какими-либо моделями строения вещества и вообще непосредственно не связана с представлением о микроструктуре вещества.

В этом и сила, и слабость термодинамики. Сама по себе термодинамика не может дать каких-либо сведений о свойствах вещества. Но если известны некоторые данные о свойствах веществ или систем, то термодинамические методы позволяют получить интересные и важные выводы» [2].

Здесь мы подходим ко второму недостатку смешения понятий термодинамики и молекулярной теории газов. Это привязка к конкретной модели газа. Модель «идеального газа» является простейшей, но не единственной.

Например, уже сейчас в науке различают две модели идеального газа: классическую и квантовую. «Существуют модель классического идеального газа, свойства которого описываются законами классической физики, и модель квантового идеального газа, подчиняющегося законам квантовой механики. Обе модели идеального газа справедливы для реальных классических и квантовых газов при достаточно высоких температурах и разрежениях» [8].

«ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ, теоретическая модель газа в которой пренебрегают размерами частиц газа, не учитывают силы взаимодействия между частицами газа, предполагая, что средняя кинетическая энергия частиц много больше энергии их взаимодействия, и считают, что столкновения частиц газа между собой и со стенками сосуда абсолютно упругие.

В модели классического идеального газа, газ рассматривают как совокупность огромного числа одинаковых частиц (молекул), размеры которых пренебрежимо малы. Газ заключен в сосуд, и в состоянии теплового равновесия никаких макроскопических движений в нем не происходит. Т.е. это газ, энергия взаимодействия между молекулами которого значительно меньше их кинетической энергии, а суммарный объем всех молекул значительно меньше объема сосуда.

Молекулы движутся по законам классической механики независимо друг от друга, и взаимодействуют между собой только во время столкновений, которые носят характер упругого удара. Давление идеального газа на стенку сосуда равно сумме импульсов, переданных за единицу времени отдельными частицами при столкновениях со стенкой, а энергия - сумме энергий отдельных частиц» [8].

Из приведенного определения ясно, что возможны и другие теоретические модели газа, например, учитывающие потенциальные взаимодействия между молекулами, неупругость столкновений с другими молекулами и стенками сосуда и т.д.

Называя термодинамические уравнения состояния газа законами идеального газа, мы тем самым строго ограничиваем возможности распространения термодинамических уравнений газа рамками единственной теоретической модели газа, а именно простейшей моделью идеального газа.

В принципе, различия между термодинамикой и моделью идеального газа точно такие же, как различия между арифметикой и алгеброй.

Если пишут:

$$2 + 2 = 4,$$

то, ясно, что это из арифметики.

А если записано:

$$a + b = c$$

то это уже из области алгебры.

В принципе естественно, что под буквенными обозначениями подразумеваются цифры, но в арифметике всегда оперируют конкретными цифрами, а в алгебре под буквами подразумевают обобщенные значения величин. Поэтому допустимо говорить «алгебраическое уравнение второй степени», но ни в коем случае нельзя «арифметическое уравнение второй степени».

Точно также и с уравнениями газов, модель идеального газа определяет жесткие рамки строения газа, а термодинамика не накладывает никаких ограничений на внутреннее строение вещества.

Третье, принципиальное соображение, почему нельзя смешивать термодинамические уравнения состояния газа и модель идеального газа, состоит в том, что уравнения состояния газа были открыты опытным путем.

Ученые Шарль, Гей-Люссак, Бойль и Мариотт работали не с каким-то идеальным газом, а с совершенно реальными газами, доступным в их время, и опытным путем выводили законы, носящие их имена [12].

А законы молекулярной теории газов, такие как законы распределения Максвелла и Больцмана были выведены чисто теоретически и обобщены также теоретически Гиббсом. Существуют другие законы и принципы молекулярной теории газов, и для модели идеального газа они определяют молекулярно-кинетическую теорию газов (МКТ).

Но нужно четко различать, что МКТ - это теория более или менее совпадающая с реальностью [9-12].

А уравнения состояния газов - это эмпирические соотношения обобщенных параметров (термодинамических), ограниченные определенными рамками условий проведения экспериментов [3-6].

### Выводы

1. Уравнения состояния газов в виде законов Шарля, Бойля и Мариотта, Гей-Люссака и Менделеева-Клайперона являются термодинамическими уравнениями, не имеющих отношения к молекулярной теории строения газов, т.к. являются эмпирическими соотношениями между обобщенными термодинамическими параметрами (температурой, массой газа и давлением).
2. Молекулярные модели газов являются чисто теоретическими построениями, не присущими термодинамике. Термодинамика не оперирует понятиями строения вещества, а в молекулярной теории основой является именно внутреннее строение.
3. Модель идеального газа, на основе которой построена МКТ, является простейшей, но не единственно возможной теоретической моделью внутреннего строения газов.
4. В связи с вышеизложенным, нелогично называть уравнения состояния газов (законы Шарля, Бойля и Мариотта, Гей-Люссака и Менделеева-Клайперона) уравнениями состояния идеального газа. В первую очередь потому, что перечисленные уравнения являются термодинамическими уравнениями, и во-

вторых, потому, что модель идеального газа является простейшей, но не единственной теоретической моделью молекулярного строения газов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Буховцев Б.Б., Климонтович Ю.Л., Мякишев Г.Я. Физика. Учебник для 9 класса. - М.: Просвещение, 1981. 72 с.
2. Кириллилин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. - М.: Издательство МЭИ, 2008. - 496 с.
3. Кочетков А.В., Федотов П.В. Уточнение перечня базовых параметров термодинамического состояния газа // Интернет-журнал «Науковедение». 2016. Том 8. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/103TVN216.pdf>.
4. Кочетков А.В., Федотов П.В. Необходимые дополнения к теории реальных газов // Интернет-журнал «Науковедение». 2016. Том 8. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/104TVN216.pdf>.
5. Кочетков А.В., Федотов П.В. Интерпретация опытных данных по сжимаемости газов при различных условиях. Атомно-фотонный газ. // Интернет-журнал «Науковедение». 2016. Том 8. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/130TVN216.pdf>.
6. Кочетков А.В., Федотов П.В. Проблемы гармонизации радикальных противоречий в аксиоматике естественных наук. - М.: Машиностроение, 2015. 320 с.
7. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. том. III. Квантовая механика (нерелятивистская теория). - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. 768 с.
8. Российский энциклопедический словарь. Кн. 1. // Бородулин В.И., Прохоров А.М. Горкин А.П., Карев В.М. - М.: Большая Российская энциклопедия, 2001, 1023 с.
9. Савельев И.В. Курс общей физики. Том I. Механика, колебания и волны, молекулярная физика. - М.: Наука, 1970. 511 с.
10. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 2. Термодинамика и молекулярная физика. - М.: Наука, 1990. 591 с.
11. Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. пособие для вузов. - М.: Высш. шк., 1990. 478 с.
12. Электронный учебник. Физика. Часть 1. Молекулярно-кинетическая теория. 3.3. Уравнение состояния идеального газа. Изопрцессы. [Электронный ресурс]. URL: <http://multiring.ru/course/physicspart1/content/chapter3/section/paragraph3/theory.html#.WJzI5MXWC1s>.

**Kochetkov Andrey Viktorovich**

Perm national research polytechnical university, Russia, Perm  
E-mail: [soni.81@mail.ru](mailto:soni.81@mail.ru)

**Fedotov Petr Viktorovich**

JSC research center of technical regulation, Russia, Saratov  
E-mail: [klk50@mail.ru](mailto:klk50@mail.ru)

## Equations of state of a gas and a model of an ideal gas

**Abstract.** In modern scientific and educational literature it is accepted to confuse two concepts: equations of a condition of gas and equation of ideal gas. As a result it turns out incompatible verbal educations like &quot; ideal gas law&quot;. In the molecular theory a basis is the internal structure, and the equations of a condition of gases in the form of Charles, Boyle and Marriott, Gay-Lussac and Mendeleyev-Clapeyron's laws are the thermodynamic equations, the gases which aren't concerning the molecular theory of a structure. They don't contain any mentions of molecules in gas. These equations include thermodynamic parameters of gas: weight, pressure and temperature. The model of ideal gas on the basis of which the molecular and kinetic theory is constructed, is the elementary, but not the unique theoretical model of an internal structure of gases.

**Keywords:** equations of a condition of gas; thermodynamics; model; ideal gas; molecular and kinetic theory (МКТ); weight; pressure; temperature; molecules; interaction