**Уравнение состояния неидеального газа в обобщённом формализме статистической физики**

***Накашидзе Д.В.***

*аспирант*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,   
физический факультет, Москва, Россия  
E–mail*: *nakashidze.dv16@physics.msu.ru*

Информационный подход к выводу статистических распределений на основе принципа максимума энтропии Джейнса [4] открывает широкий спектр возможностей для обобщения имеющихся результатов и расширения круга систем, которые могут быть описаны методами статистической теории. Так, например, обобщённые функционалы энтропий Реньи [6] и Тсаллиса [7] порождают статистические распределения, которые успешно применяются для анализа различных эмпирических данных (в области физики, биологии, экономики, лингвистики, медицины и других наук), для описания неаддитивных, открытых, сложных и фрактальных систем, а также для обобщения привычных результатов статистической физики [3, 8]. Краеугольным камнем данного формализма служит обобщающий параметр q, фигурирующий в энтропиях Тсаллиса и Реньи, физическая интерпретация математической природы которого не может считаться завершенной. Действительно, вопрос о связи обобщающего параметра q с физическими характеристиками соответствующих статистических систем был решен лишь для ограниченного количества конкретных систем (например, [2, 5]) и поэтому остается открытым, что служит мотивацией для дальнейших исследований.

Настоящее исследование посвящено поиску физического смысла параметра q с целью установления типов статистических моделей, к которым применимы обобщённые статистики Тсаллиса и Реньи. В рамках проводимого исследования был успешно применен развитый ранее подход [1], который основан на использовании вспомогательных гамма-распределений. Тем самым, используя результаты привычной статистики Гиббса, удалось ввести в рассмотрение обобщённый формализм корреляционных функций. Более того, было получено соотношение, представляющее собой обобщение вириального разложения статистической суммы для систем типа газа с двучастичным потенциалом взаимодействия. Все это позволило записать термическое уравнение состояния для рассматриваемой системы в двух вариантах: в общем виде, через парную корреляционную функцию, а также для частного случая потенциала твердых сфер с притяжением Леннард-Джонса. В последнем случае выведенное уравнение состояния системы представляет собой обобщение знаменитого уравнения Ван-дер-Ваальса, используемого для описания неидеальных систем. Как оказалось, выражение для обобщённой постоянной Ван-дер-Ваальса, характеризующей среднюю энергию взаимодействия частиц, содержит в себе зависимость от параметра q, что позволяет трактовать данный параметр как некоторую характеристику взаимодействия в системе. Полученные в рамках настоящего исследования результаты, несомненно, приближают нас к решению поставленной задачи. Действительно, записанное уравнение состояния рассмотренной системы проливает свет на физическую природу обобщающего параметра q, что открывает новые перспективные направления для дальнейших исследований в рамках обобщённого формализма статистической физики. Так, например, полученные результаты обозначили путь для изучения особенностей обобщённой статистики методами кинетической теории.

Работа выполнена при поддержке Фонда развития теоретической физики и математики «БАЗИС».

**Литература**

1. Накашидзе Д.В., Савченко А.М., Бакиев Т.Н. Использование гамма-распределения для получения статистики Максвелла–Реньи и других обобщённых распределений» // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон. 2024. №4. 2440103
2. Beck C. Generalised information and entropy measures in physics // Contemporary Physics. 2009. №50(4). pp. 495-510.
3. Gell-Mann M., Tsallis C. (ed.) Nonextensive entropy: interdisciplinary applications. Oxford University Press. 2004.
4. Jaynes E. T.: Information theory and statistical mechanics // Physical review. 1957. №106(4). p. 620.
5. Jiulin D. The nonextensive parameter and Tsallis distribution for self-gravitating systems //Europhysics Letters. 2004. №67(6). p. 893.
6. Renyi A. On measures of entropy and information, in Proceedings of the fourth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability, volume 1: contributions to the theory of statistics. University of California Press, 1961. № 4, pp. 547–562.
7. Tsallis C. Possible generalization of Boltzmann-Gibbs statistics, Journal of statistical physics. 1988. № 52, pp. 479–487.
8. Tsallis C. Introduction to nonextensive statistical mechanics: approaching a complex world. New York: Springer. 2009.