ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Т. 62, № 5 ФИЗИКА 2019

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И ТЕОРИЯ ПОЛЯ

УДК 539.42 DOI: 10.17223/00213411/62/5/29

В.В. СКОБЕЛЕВ

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ АТОМОВ

На основе первичных вероятностных соображений предложена теория пространственных переходов атомов в конфигурациях с числом пространственных измерений D = 1,23. Получены соотношения, связывающие вероятности переходов $1 \leftrightarrow 3$ и $2 \leftrightarrow 3$ и средние числа атомов в конфигурациях 1,2;3 в предположении существования только этих пар пространственных конфигураций, что и наблюдалось в ранее проведенных экспериментах. Аналогичная программа реализована и в ситуации с возможным одновременным существованием всех трех пространственных конфигураций с этими же переходами плюс переходы $1 \leftrightarrow 2$, а также найдены и средние числа атомов, хотя соответствующие эксперименты пока не проведены. Все выводы работы и адекватность используемого подхода могут быть проверены в экспериментах с системами атомов. В связи с этим обсуждается возможность распространения данной теории и на другие (в т.ч. необязательно физические) системы из неизменного числа тождественных объектов, которые могут находиться в двух или трех состояниях.

Ключевые слова: *атомы, размерность пространства, вероятность, переходы.*

Введение

В литературе приводятся положительные результаты экспериментов по получению атомов с пространственно-одномерными [1, 2] и двумерными [1] электронными структурами; например, в эксперименте авторов работы [1] наблюдался переход трехмерного бозе-конденсата атомов Na в одномерный или двумерный, а в [2] – эффект образования одномерных двухэлектронных атомов из трехмерных. В связи с этим представляет интерес теоретическое исследование этого вопроса.

Очевидно, в экспериментах такого типа и в равновесном состоянии системы атомов, согласно общим принципам квантовой механики [3], любой «изначально» трехмерный ($i=3$) атом может с вероятностью $W(i \to j)$ трансформироваться в одномерную ($j=1$) или двумерную ($j=2$) конфигурацию, и наоборот – с вероятностью $W(j \to i)$.

В данной работе мы получаем общие соотношения, связывающие эти вероятности в случае, когда в системе атомов возможны только две пространственные конфигурации $i \neq j$ (п. 1), как это и имело место в упомянутых экспериментах, с перспективой их проверки в аналогичных.

В п. 2 и 3 рассмотрен более сложный для анализа вариант с возможной реализацией всех трех ($i,k,j=\{1,2,3\}$; $j \neq i,k; i \neq k$) пространственных конфигураций системы атомов; эта ситуация, насколько нам известно, еще не была осуществлена на эксперименте. В п. 4 обсуждаются полученные результаты и перспективы их развития.

С другой стороны, сейчас нам неизвестны теоретические работы, в которых тоже рассматривалась подобная проблематика, поэтому список литературы по вопросу невелик и ограничен ссылками на упомянутые экспериментальные работы, имеющие к нему непосредственное отношение (включая и классическую книгу [3]).

1. Вероятности переходов 3↔1, 3↔2, 2↔1 и числа атомов в состояниях с размерностью 1, 2;3 при возможности реализации одной пары $i \neq j$ пространственных размерностей

Сначала рассмотрим, например, переходы $3 \leftrightarrow 1$. При среднем числе трехмерных атомов N_3 среднее число одномерных N_1, если система атомов, как выше указано, находится в равновесном состоянии, очевидно, есть $N_1 = W(3 \to 1)\, N_3$. Однако следует учесть и то обстоятельство, что данный переход может происходить в общем случае по усложненной схеме, включающей и этот простой переход (при $k=0$ в формуле (1)) и с выполнением суммирования по всем возможным «промежуточным состояниям»:

$$N_1 = W(3 \to 1) \left(\sum_{k=0}^{\infty} {W_{31}}^k \right) N_3 , \tag{1}$$