**Динамика образования гомоядерных молекул под действием двух гауссовских**

**импульсов в условиях бозе-эйнштейновской конденсации**

***Зинган Анна Петровна***

*Аспирантка*

*Приднестровский Государственный Университет им. Т.Г. Шевченко,*

*физико-математический факультет, Тирасполь, Молдова*

*E-mail: fmfdekan@spsu.ru*

Процесс атомно–молекулярной конверсии под действием двух ультракоротких рамановских импульсов произвольной формы формально можно изобразить в виде реакции , где символы и представляют атом и молекулу соответственно, а и – фотоны с частотами и . Два свободных одинаковых атома, находящихся в бозе-конденсате с полной энергией , переходят в основное состояние гомоядерной молекулы с энергией через виртуальное возбужденное молекулярное состояние с энергией , одновременно поглощая и излучая кванты света с энергиями и соответственно (рис. 1).



**Рис. 1.** Энергетическая схема и квантовые переходы в трёхуровневой  – схеме

Гамильтониан взаимодействия , описывающий процесс индуцированной атомно–молекулярной конверсии под действием двух ультракоротких импульсов лазерного излучения как единый (одноступенчатый) процесс, можно представить в виде

, (1)

где , и – бозонные операторы уничтожения атомов, молекул и фотонов соответственно, – константа взаимодействия. Можно получить систему нелинейных дифференциальных уравнений для амплитуд (параметров порядка) материального , и электромагнитного полей

 (2)

 ,

где и т.д. означает производную по времени от функции и т.д.

В условиях точного резонанса решение уравнений (2) ищем в виде , , . В результате мы получаем новую систему нелинейных уравнений для амплитуд , , и разности фаз :

, , (3)

, , (4)

. (5)

 Найдем решения системы (3), задавая следующие начальные условия: , , , где и – плотности атомов и молекул в начальный момент времени.

 Полагаем, что оба импульса, падающие на систему атомов и молекул, являются ультракороткими. Амплитуды и полей этих импульсов будем считать заданными функциями времени и представим их в виде:

, (6)

где и – огибающие этих импульсов, а и – плотности фотонов в максимумах первого и второго импульсов. При этом мы считаем, что , т.е. мы рассматриваем эволюцию системы в приближении заданных плотностей фотонов обоих импульсов. Вместо времени введем переменную , которая определяется интегралом

. (7)

Функция является конечной для ограниченных во времени рамановских импульсов и существенно определяется степенью перекрытия их огибающих. Считая эти импульсы гауссовскими: , , где и – полуширины этих импульсов, а – временная задержка между пиками обоих импульсов, для функции получаем выражение

, (8)

где – функция вероятности. Переходя в (3) и (5) от к , получаем интеграл движения для плотностей атомов и молекул

, (9)

выражение для разности фаз через плотность частиц

 (10)

и нелинейное дифференциальное уравнение, описывающее эволюцию плотности молекул

. (11)

В случае, если , то решение уравнения (11) имеет вид:

. (12)

Из (12) следует, что при плотность молекул в любой момент времени . Следовательно, процесс распада молекул при с образованием свободных атомов не имеет места. Т.е. в отсутствие атомов в начальный момент времени отсутствует атомное стимулирование процесса и тогда, хотя плотности фотонов обоих импульсов и плотность молекул отличны от нуля, тем не менее система не эволюционирует.

 Из (12) видно, что решение со знаком (+) монотонно растет с ростом переменной и асимптотически стремится к значению при (рис. 2). Однако, функция ограничена сверху. Поэтому плотность молекул растет до некоторого предельного значения , которое определяется максимальным значением переменной . Это означает, что не все атомы успевают связаться попарно в молекулы за время действия импульсов и часть атомов сохраняется в системе. В данном случае переменная не обращается в бесконечность и именно по этой причине предельная плотность молекул меньше . Но в то же время сохранившиеся атомы не стимулируют систему, так как рост переменной заканчивается, как только оба импульса прошли через нее. Процесс атомно–молекулярной конверсии при является необратимым, так как учитываются только индуцированные переходы.



**Рис. 2.** Зависимость нормированной плотности молекул  от функции и нормированной начальной плотности молекул  при

Решение со знаком (–) на начальном этапе монотонно убывает из-за индуцированного распада молекул (рис. 2). При плотность молекул обращается в нуль и в системе имеются только атомы с плотностью . Затем с ростом далее плотность молекул начинает расти и при больших в системе генерируется то же предельное значение молекул, что и в случае решения со знаком (+). И в этом случае процесс конверсии является необратимым.