**Теоретическое описание коллективного поведения мезоскопических экситонных кластеров**

**Слепцова Е.Р.**

студент

Национальный исследовательский университет «МИФИ», Москва, Россия

E–mail: *ersleptsova@gmail.com*

В последнее время эксперименты по наблюдению коллективных эффектов, таких как бозе-эйншейновская конденсация (БЭК) и сверхтекучесть, в популяциях экситонов ведутся в двумерных системах на основе различных полупроводниковых гетероструктур. Экситоны – это квазичастицы, образующиеся в полупроводниках при возбуждении светом электронов из валентной зоны в зону проводимости, представляющие собой метастабильное связанное состояние электрона и дырки. В силу наличия беспорядка в реалистичных системах при (умеренно) малых мощности лазерной накачки и температуре происходит локализация экситонов на примесях, и система разбивается на более мелкие подсистемы размером от 10 нм до 1 мкм. При фиксированной частоте внешней накачки в каждом из кластеров образуется когерентный бозе-конденсат [1]. Существует несколько теорий, основанных на гидродинамическом методе в квантовой теории поля и теории Боголюбова [2], описывающих БЭК в макроскопической системе. В данной работе строится теория, описывающая коллективное поведение (явление самоорганизации) экситонов в мезоскопических системах (с числом частиц, не являющимся большим).

Рассматривается экситонный кластер при температурах ниже температуры вырождения в однородном случае. Гамильтониан системы имеет вид:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

где *E*g – энергия щели, ***q***и *m* – импульс и масса экситона, *S* – площадь квантования, – фурье-образ потенциала парного взаимодействия, а оператор уничтожения экситона с импульсом ***q*** связан с оператором экситонного поля как .

В данной системе неприменимо стандартное определение БЭК, т.к. нет возможности перейти к макроскопическому пределу. Вводится оператор поля самоорганизованной компоненты: , где среднее – параметр порядка, – плотность самоорганизованной компоненты, а – часть, ответственная за флуктуации, в приближении Боголюбова и пренебрежении нелинейностями по операторам рождения и уничтожения .

В однородном случае стандартное преобразование Боголюбова дает диагональный (без учета ангармонизмов) вид гамильтониана самоорганизованной компоненты, а именно , со спектром , где

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

где – число заполнения состояний над самоорганизованной компонентой.

Для нормального коррелятора возбуждений имеем:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

В пределе функция Грина (ФГ) сшивается с ФГ асимптотического идеального газа со спектром , совпадающим с при и допускающим некоторый произвол при других значениях импульса. Связывая этот асимптотический идеальный газ с нормальной (несамоорганизованной) компонентой, выделим в операторе полного поля самоорганизованную и нормальную компоненты, тогда получим

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

где – число заполнения для частиц нормальной компоненты, – полное число частиц самоорганизованной компоненты. Проведено сравнение кривых *g*1(***r***), полученных в теории, с численным расчетом методом Монте-Карло с потенциалом взаимодействия *1/r9* для числа частиц в системе *N* = 3 (рис.1) и *N* = 100 (рис.2).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| ***Рис. 1.*** Зависимость одночастичной матрицы плотности *g1(r)* от r для различных температур при потенциале взаимодействия *1/r9* и плотности частиц *n* = 0.01331 | | |
|  |  |
| ***Рис. 2.*** Зависимость одночастичной матрицы плотности *g1(r)* от r для различных температур при потенциале взаимодействия *1/r9* и плотности частиц *n* = 0.0125 | | |

**Литература**

1. Бозе-конденсация межъямных экситонов в двойных квантовых ямах / А. В. Ларионов, В. Б. Тимофеев, П. А. Ни [и др.] //Письма в ЖЭТФ. — 2002. — Том 75. № 11. — С. 689-694.
2. Estimation of the condensate fraction from the static structure factor / Yu. E. Lozovik, I. L. Kurbakov, G. E. Astrakharchik, and J. Boronat // Phys. Rev. B — 2021. — Том 103. — С. 094511.