

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Семиной Марины Александровны**
«Теория кулоновских комплексов в полупроводниках и наносистемах»,
представленной на соискание учёной степени
доктора физико-математических наук по специальности
01.04.02 – теоретическая физика.

Диссертационная работа М.А. Семиной посвящена теоретическому исследованию электронно-дырочных комплексов (экситонов, положительных и отрицательных трионов, экситонных молекул) в полупроводниках и наносистемах различной размерности. Помимо экситонных свойств и их проявления в оптических спектрах низкоразмерных структур, ставших уже традиционными (квантовые ямы, нити, точки), в диссертации рассмотрены экситонные комплексы в ван-дер-ваальсовых структурах на основе монослоев дихалькогенидов переходных металлов и ридберговские состояния экситонов в объемных полупроводниках, активно исследующиеся в последние годы. Детальный теоретический анализ строения и энергетического спектра экситонов и экситонных комплексов, выполненный в диссертационной работе, важен и актуален как с теоретической точки зрения, так и для должного понимания многочисленных экспериментальных результатов, а также для инженерии структур с заданными оптическими свойствами.

Приведем некоторые из полученных в диссертации результатов.

Для расчетов энергий связи экситонов и трионов разного знака в квантовых проволоках, ямах и точках с простым зонным спектром автором диссертации был использован вариационный подход, который с приемлемой точностью дает физически прозрачную картину строения электронно-дырочных комплексов и изменения их свойств в зависимости от параметров гетероструктур различных типов. Автором выполнен скрупулезный анализ результатов, полученных вариационным методом, и посредством сравнения с результатами прямой численной диагонализации гамильтониана определена точность вариационных расчетов. Для вычисления энергий связи экситонных комплексов, локализованных на неоднородностях интерфейсов квантовых ям и проволок, а также в квантовых точках диссертантом разработан универсальный метод построения пробной функции.

В дальнейшем вариационный метод был обобщен для расчетов энергий связи экситонных комплексов в гетеросистемах со сложной структурой зон. Предложен и реализован метод вычисления энергий и g -факторов дырок в квантовых точках с параболическим и гауссовым гетеропотенциалом.

Исследованы биэкситонные состояния в квантовых точках и определен вклад корреляций в движении одноименных носителей заряда в энергию связи экситонных молекул.

Построена теория экситонов и трионов в моно- и бислоях дихалькогенидов переходных металлов. Показано, что в структурах с монослоем экспериментально измеренная экситонная серия описывается потенциалом Рытовой-Келдыша с единым набором параметров. Установлено, что различие в энергиях связи положительных и отрицательных трионов, а также тонкая структура спектра отрицательных трионов в слоях на основе W обусловлены короткодействующей частью обменного взаимодействия между носителями заряда.

Разработана теория эффекта Парселла на экситонах в гетероструктурах с монослоями дихалькогенидов переходных металлов, возникающего благодаря интерференции света, многократно отраженного от монослоя и интерфейсов структуры. Показано, что этот эффект может приводить к изменению радиационного времени жизни экситона на порядок величины.

Построена теория ридберговских экситонов в кубических кристаллах. На примере закиси меди продемонстрировано отличие экситонной серии от водородоподобной; исследованы скейлинговые зависимости основных параметров экситонной серии от главного квантового числа, которые сопоставлены с аналогичными зависимостями для ридберговских атомов.

Таким образом, автором получен целый ряд новых значимых результатов. Там, где это было возможно, полученные результаты сопоставлены с имеющимися экспериментальными данными. Более того, часть работ выполнена М.А. Семиной в сотрудничестве с экспериментаторами. К достоинствам данной работы можно также отнести детальный анализ практически каждого полученного теоретического результата и области его применимости. Результаты могут быть использованы непосредственно для интерпретации и количественного обсуждения экспериментов на гетероструктурах различных типов.

В то же время, хотелось бы задать автору следующий вопрос. По-видимому, результаты, полученные при вычислении энергии связи экситонов в квантовых проволоках, могут быть использованы для расчетов энергии связи экситонов в объемных кристаллах в сильных магнитных полях, таких, что магнитная длина меньше (и даже много меньше) борковского радиуса экситона. Можно ли результаты, полученные для трионов в квантовых проволоках,

обобщить на случай сильного магнитного поля в объемных материалах; можно ли в этом случае получить магнитоустойчивый трион?

Подводя итоги сказанному выше можно заключить, что представленная диссертационная работа является законченным исследованием, при выполнении которого получены новые результаты, существенные для дальнейшего развития данного направления физики.

Работы автора хорошо известны специалистам. Они опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных журналах, представлялись и обсуждались на многочисленных национальных и международных конференциях.

Считаю, что диссертационная работа М.А. Семиной удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, а сама М.А. Семина безусловно заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Главный научный сотрудник
Отделения физики твердого тела ФИАН
д.ф.-м.н., член-корр. РАН

Н.Н. Сибельдин

Подпись Н.Н. Сибельдина удостоверяю.

Ученый секретарь ФИАН
к.ф.-м.н.

А.В. Колобов