

## ОТЗЫВ

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

В полупроводниковых кристаллах край фундаментального поглощения обусловлен переходами из заполненной валентной зоны в свободную зону проводимости. Кулоновское взаимодействие между электроном и дыркой приводит к формированию связанных состояний – экситонов, а при наличии легирования – к появлению трехчастичных комплексов – трионов. Электрон-дырочные комплексы в полупроводниках являются аналогами водородоподобных атомов и ионов, однако наличие кристаллического окружения и специфический энергетический спектр носителей заряда приводят к существенным количественным, а в ряде случаев и качественным отличиям экситонов и трионов от их атомных аналогов. Диссертационная работа М.А. Семиной посвящена разработке теории экситонов и трионов в полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах. Исследуются как традиционные системы – объемные полупроводники, квантовые ямы, нанокристаллы, квантовые точки, так и ставшие популярными в последние годы ван-дер-ваальсовы гетероструктуры на основе двумерных кристаллов. Подобие экситонов и высоковозбужденных атомов позволяет проводить аналогии между физическими процессами в таких разных областях физики, как атомная физика и физика твердого тела. На мой взгляд, актуальность и новизна исследований, их фундаментальная и практическая значимость не вызывают сомнений.

Глава 1 диссертационной работы посвящена описанию и апробации общего метода расчета состояний электрон-дырочных комплексов в наноструктурах, предложенного автором и используемого далее. Во второй главе разрабатывается теория локализации дырок в рамках гамильтониана Латтинжера, который учитывает специфику многих полупроводниковых кристаллов и то обстоятельство, что валентная зона состоит из нескольких близкорасположенных ветвей. Глава 3 содержит результаты применения развитых автором общих подходов к полупроводниковым квантовым точкам на основе материалов II-VI. Здесь результаты теории сопоставляются с данными экспериментов. Четвертая глава диссертации содержит теорию нейтральных и заряженных экситонов в экстремально-двумерных дихалькогенидах переходных металлов. Теоретические исследования, приведенные в этой главе, также тесно связаны с экспериментами. Наконец, глава 5 диссертационной работы содержит результаты теоретических исследований ридберговских экситонов в объемных кристаллах. Оказывается, что в таком классическом полупроводнике как закись меди можно наблюдать высоковозбужденные состояния экситонов. Здесь автор проводит широкое сопоставление с физикой атомов как в части тонкой структуры экситонных состояний, эффекта Штарка, скейлинговых зависимостей, ионизации экситонов во внешних полях. Найдены интересные ситуации, когда имеется качественное отличие между свойствами экситонов и аналогичными свойствами высоковозбужденных атомов. Теория подтверждается экспериментальными результатами, полученными коллегами М.А. Семиной.

Судя по автореферату и соответствующим публикациям его автора, диссертационная работа М.А. Семиной выполнена на высоком научном уровне. Работа в целом является актуальным и достоверным научным исследованием, имеющим фундаментальное значение. По моему мнению, она удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание научной степени доктора физико-математических наук по специальности теоретическая физика, а ее автор, Семина Марина Александровна, несомненно, заслуживает присуждения ей искомой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 – «теоретическая физика».

13 апреля 2020 г.

Зеленер Борис Борисович,

Доктор физико-математических наук,

Главный научный сотрудник,

Заведующий Лаборатории №1.4. - лазерного охлаждения и ультрахолодной плазмы

ФГБУН Объединенный институт высоких температур РАН

Телефон: +(495) 362-07-78

Электронная почта: bobozel@mail.ru

Подпись Б.Б. Зеленера удостоверяю.