

Отзыв официального оппонента

доктора физико-математических наук Коловского А.Р.

на диссертацию Коваля Евгения Александровича

«Квантово-механический анализ двухчастичных систем с анизотропией

взаимодействия во внешнем поле в двумерном пространстве»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности **01.04.02** — теоретическая физика.

Диссертация посвящена исследованию связанных состояний и задаче о рассеянии двух частиц в двумерном пространстве. Данные задачи актуальны для холодных атомов в оптических ловушках, где пониженная размерность пространства достигается путем наложения стоячей лазерной волны высокой интенсивности, а также для экситонов и экситон-поляритонов (квазичастиц, состоящих из экситона и фотона) в двумерных полупроводниковых гетероструктурах. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, двух приложений и списка литературы. Ниже приведено рассмотрение диссертации по главам, с моими замечаниями по каждой отдельной главе.

Во введении представлен обзор исследований по теме диссертации, выполненных другими авторами к настоящему времени, перечислены цели и задачи диссертации, аргументирована научная новизна исследований, показана практическая значимость полученных результатов, представлены положения выносимые на защиту, и приведена информация об апробации работы. Сразу отмечу, что количество публикаций в известных физических журналах вполне достаточно для защиты кандидатской диссертации.

Основная цель первой главы – это тестирование нового численного метода для решения стационарного двумерного уравнения Шредингера для квантовой частицы в центральном потенциале, где положение частицы характеризуется двумя полярными координатами — расстоянием до центра и углом. (Вышеупомянутая задача о взаимодействии двух частиц сводится к этой задаче после перехода в координатную систему центра масс.) После описания численного метода и его преимуществ перед традиционным методом разложения в ряд Фурье по угловой переменной, автор рассматривает задачу “двух атомов в двумерной геометрии оптической ловушки”.

Получен энергетический спектр системы и продемонстрирована быстрая сходимость метода. В качестве замечания отмечу, что название главы на мой взгляд неудачно. Из названия можно заключить, что рассматривается задача двух тел в присутствии дополнительного гармонического потенциала ловушки. На самом деле, решается задача об одной частице в центральном потенциале с квадратичной асимптотикой для больших расстояний.

Во второй главе автор переходит к рассмотрению анизотропного взаимодействия, где потенциал взаимодействия зависит от значения угловой переменной. Согласно утверждению автора, новый алгоритм имеет преимущество над традиционным подходом именно для анизотропного потенциала. То, что алгоритм способен учитывать анизотропия потенциала наглядно продемонстрировано в задаче о рассеянии квантовой частицы на потенциальном барьере с эллиптическим основанием. Однако, глава выиграла бы, если бы автор провел сравнение (время счета, скорость сходимость, и т.д.) с традиционным подходом.

Во второй части второй главы автор рассматривает задачу о рассеянии (столкновении) двух частиц, имеющих дипольные моменты, например, двух полярных молекул. В этом случае на коротко-действующий отталкивающий потенциал накладывается дальнедействующее дипольное взаимодействие. Анизотропия взаимодействия появляется за счет произвольной ориентации дипольных моментов. Основное приближение задачи – это фиксированная ориентации диполей в пространстве. К сожалению, данное приближение совсем не обсуждается в тексте диссертации.

В третьей и четвертой главах анализируется энергетический спектр экситона в двумерной полупроводниковой структуре в присутствии магнитного поля. Формально эта задача эквивалентна двумерному атому водорода в магнитном поле. Усилия автора направлены на изучение случая, когда магнитное поле имеет произвольную ориентацию по отношению к плоскости движения электрона, что приводит к появлению анизотропии потенциала взаимодействия. Другими словами, потенциальный член в Гамильтониане зависит от угловой переменной и, соответственно, задача в общем случае не имеет аналитического решения. Используя предложенный численный метод автор рассчитал несколько первых низко-энергетических собственных функций двумерного атома водорода в магнитном поле и провел статистический анализ высоко-энергетических

уровней, который доказывает переход к режиму Квантового Хаоса. В качестве замечания отмечу, что детали анализа не указаны в тексте диссертации. В частности, не приведены гистограммы плотности состояний и не указан энергетический интервал, который был выбран для статического анализа спектра. Данные цифры важны, поскольку может оказаться, что для еще более высоких энергий режим движения системы может снова меняться на регулярный. Дополнительно, на рис.4.3 автор приводит нестандартное сечение Пуанкаре, поскольку при стандартном подходе к автономной системе двух степеней свободы траектории на сечении не могут пересекаться.

Несмотря на сделанные замечания, в целом, диссертация подтверждает квалификацию соискателя. В частности, научная новизна результатов, полученных в диссертации, состоит в следующем:

1. Впервые рассмотрена задача квантового рассеяния двух неполяризованных диполей на плоскости. Выполнен анализ зависимости сечения двумерного квантового рассеяния от взаимной ориентации диполей.

2. Исследованы энергетический спектр двумерного атома водорода и двумерного экситона в квантовой яме полупроводниковой гетероструктуры под действием произвольно направленного магнитного поля. Обнаружен эффект выраженной нелинейной зависимости энергетических уровней системы. Исследованы статистические свойства спектра в зависимости от угла наклона магнитного поля относительно плоскости движения частиц.

В заключение, диссертация Е.А. Коваля посвящена актуальным проблемам современной теоретической физики и в ней получены несколько результатов, представляющих практический интерес. Результаты полностью опубликованы в рецензируемых научных изданиях и апробированы на отечественных и международных конференциях. Диссертация соответствует заявленной специальности 01.04.02 – теоретическая физика и автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Таким образом, диссертация Ковалья Е.А. удовлетворяет всем требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а сам диссертант, Коваль Евгений Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

12 апреля 2018

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Института физики им. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук

А.Р. Коловский

Институт Физики им. Л.В. Киренского, 660036, Красноярск, Россия

E-mail: andrey.r.kolovsky@gmail.com

Телефон: +7 903 920 7315

Даю согласие на обработку моих персональных данных любым законодательно разрешенным способом.

Подпись Коловского А.Р. заверяю



Ученый Секретарь Института Физики им. Л.В. Киренского СО РАН

к. ф.-м. н. Злотников Антон Олегович