

Заключение диссертационного совета 34.01.02.25
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе
Российской академии наук
по диссертации
на соискание учёной степени доктора наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 11.06.2026 № 4

О присуждении Смирнову Дмитрию Сергеевичу, гражданину РФ, учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Спиновая динамика и квантовые корреляции электронов и ядер в полупроводниках» по специальности 1.3.11. Физика полупроводников принята к защите 3 марта 2026 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом 34.01.02.25 в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук (194021, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26, приказ директора ФТИ им. А.Ф. Иоффе № 02.01-02-153 от 15 июля 2025 г.).

Соискатель Смирнов Дмитрий Сергеевич, дата рождения «17» ноября 1990 г., в 2012 году окончил с отличием бакалавриат Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» по направлению «Техническая физика». В 2014 году окончил с отличием магистратуру Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования и науки «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет Российской академии наук» по направлению «Теоретическая физика». В июле 2014 года поступил в аспирантуру ФТИ им. А.Ф. Иоффе.

Диссертацию на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук «Теория спиновых флуктуаций носителей заряда в полупроводниковых наноструктурах» защитил в 2018 году в диссертационном совете, созданном при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук. Работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук с 2011 г., в настоящее время в должности старшего научного сотрудника.

Диссертационная работа выполнена в Секторе теории квантовых когерентных явлений в твёрдом теле в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки

Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, расположенном по адресу 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26.

Официальные оппоненты:

I. **Алёшкин Владимир Яковлевич**, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физики микроструктур Российской академии наук, дал положительный отзыв на диссертацию.

В отзыве содержится 6 замечаний:

1. Автор делает некоторые утверждения без доказательств и пояснений. Например, везде в тексте полагается, что состояния дырок в квантовых точках имеют проекции момента импульса на нормаль к плоскости роста $+3/2$ или $-3/2$. Однако было бы неплохо пояснить, в каких условиях это возможно. Действительно, Е.Л. Ивченко показал, что за счет понижения симметрии на гетерогранице возможно замешивание состояний легких и тяжелых дырок. Оно отсутствует только в случае, когда нормаль является осью третьего порядка (например, для плоскости роста (111)). В том случае, когда используется плоскость роста (001), замешивание имеет место. Мне кажется, что было бы уместно в диссертации обсудить, когда это замешивание не влияет на полученные результаты или как это замешивание может повлиять на полученные результаты, если оно имеет место.
2. Автор не всегда достаточно подробно описывает модели, в которых проводились вычисления. Например, на рисунках 4.7 (a,b) приведены линии спиновой поляризации для n-GaAs, легированного кремнием. Однако в диссертации нет подробного описания модели, использованной для описания этого случая. Тогда как имеется модель для описания аналогичных явлений в квантовых точках InGaAs.
3. Автор некорректно использует термин «фотодиод» в четвертом основном результате, приведенном в заключении, и в главе 2. В физике полупроводников принято называть светоизлучающий диод при протекании через него тока светодионом. А термин фотодиод используется для обозначения диода, который поглощает фотоны и преобразует их энергию в фототок или фотонапряжение.
4. Автор часто использует одну букву для обозначения различных величин. Например, **J** после ф-лы (1.64) используется для обозначения суммарного ядерного спина и для характеристики спина дырок во второй главе.

5. Имеются стилистические погрешности в тексте диссертации. Например, во втором абзаце на стр. 98 имеется предложение «Расчеты на рис. 2.16 выполнены для . . . ». Очевидно, что расчеты выполнены для зависимостей, приведенных на рис. 2.16. Аналогичное утверждение можно найти на стр. 167 «Теоретическое моделирование зависимости спиновой поляризации электронов в квантовых точках от мощности зондирующих импульсов показано на рис. 4.7 . . . ». На рисунке 4.7 приведены зависимости, полученные в результате моделирования.
6. Вероятно, в последнем предложении на стр. 67 допущена ошибка. Параметр R описывает рекомбинацию темных экситонов.

В отзыве отмечено, что указанные замечания не являются принципиальными и не влияют на достоверность и значимость полученных результатов.

II. Коренев Владимир Львович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, дал положительный отзыв на диссертацию.

В отзыве содержится 2 замечания:

1. Как отмечено автором, теория динамической спиновой поляризации ядер с учётом конечного времени корреляции спина электрона развивалась также в работе [I. A. Merkulov, G. Alvarez, D. R. Yakovlev, T. C. Schulthess, Long-term dynamics of the electron-nuclear spin system of a semiconductor quantum dot, Phys. Rev. B 81, 115107 (2010)]. Остаётся, однако, неясным, как результаты этой работы и оригинальные результаты автора соотносятся между собой.
2. Теория измерений одиночного спина в квантовой точке при помощи света, близкого по частоте к трионному резонансу разрабатывалась также в работе [A. Shabaev, Al. L. Efros, D. Gammon, I. A. Merkulov, Optical readout and initialization of an electron spin in a single quantum dot, Phys. Rev. B 68, 201305(R) (2003)], ссылка на которую отсутствует в диссертации. В этой работе анализируются циркулярно поляризованные импульсы зондирования. Может ли их влияние классифицироваться и описываться в терминах квантового обратного действия так же, как для линейно поляризованных импульсов?

В отзыве отмечено, что представленные выше замечания носят рекомендательный характер и не влияют на общую высокую оценку работы.

III. Стрельцов Сергей Владимирович, доктор физико-математических наук, член-корр. РАН, заведующий лабораторией теории низкоразмерных спиновых систем

Института физики металлов имени М.Н. Михеева, дал положительный отзыв на диссертацию.

В отзыве содержится 3 замечания:

1. В параграфе 1.1.3 подробно рассматривается анизотропия сверхтонкого взаимодействия, задаваемая параметром λ . Однако в разделах 1.3.3 и 1.4 при анализе спиновой инерции и динамической поляризации ядер используется в основном изотропное приближение. Какие качественно новые эффекты в спиновой инерции можно было бы ожидать при сильной анизотропии ($\lambda \ll 1$ или $\lambda \gg 1$) и конечном времени корреляции τ_c ?
2. На рис. 1.14 представлены численные результаты для $N=6$ ядерных спинов. Согласно формулам (1.106)–(1.107), уширение магнитополевой зависимости ядерной поляризации определяется параметром τ_c/T_2^* . Для приведенных в подписи значений $\tau_c A/\hbar=10$ и $N=6$ получаем $\tau_c/T_2^* \approx 25$, что предсказывает уширение примерно в 25 раз по сравнению со случаем короткого τ_c . Однако на рисунке уширение составляет не более чем 2–3 раза. Чем вызвано это расхождение? Малым значением $N=6$? Или, может быть, в модели заложены иные значения T_2^* или есть другой физический механизм, ограничивающий уширение?
3. В первой главе диссертации термин «локализованные электроны» используется для описания широкого круга систем: доноров в объёмных полупроводниках, одиночных квантовых точек, их ансамблей, перовскитов и муаровых структур. Однако ключевые параметры теории — такие как время корреляции τ_c , число ядер в области локализации N , анизотропия сверхтонкого взаимодействия λ — существенно различаются для этих объектов. Хотелось бы уточнить:
 - Для каких именно экспериментальных систем, рассмотренных в главе 1 (или известных из литературы), теория даёт количественное или полуколичественное описание?
 - Каковы типичные диапазоны параметров N и τ_c для этих систем?
 - Существуют ли системы, где локализация настолько слаба или, наоборот, настолько сильна, что предложенный подход перестаёт работать, и где проходит граница его применимости?

В отзыве отмечено, что представленные вопросы и замечания не являются принципиальными и не влияют на общую высокую оценку работы.

Ведущая организация – Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук – предоставила положительный отзыв на диссертацию. Отзыв составил заместитель директора Федерального государственного бюджетного учреждения

науки Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук, доктор физ.-мат. наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика Бурмистров Игорь Сергеевич и утвердил директор ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН, доктор физико-математических наук, член-корр. РАН Колоколов Игорь Валентинович. В заключении указано, что представленная диссертационная работа в полной мере соответствует критериям, предъявляемым к докторским диссертациям в соответствии с Положением о присуждении ученых степеней ФГБУН ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН.

В отзыве ведущей организации содержится 2 замечания:

1. При обсуждении спиновых шумов в диссертации фактически предполагается, что спиновая динамика с учетом шума может быть описана уравнениями типа Блоха с флуктуирующим магнитным полем. В то же время известно, что из-за квантовой природы спина шум может содержать 4 независимых компоненты, а не три (см., например, A. Shnirman, Y. Gefen, A. Saha, I.S. Burmistrov, M.N. Kiselev, A. Altland, "Geometric quantum noise of spin", Phys. Rev. Lett. 114, 176806 (2015)). Было бы интересно узнать, почему в рассматриваемых в диссертации задачах это не так и все сводится только к флуктуациям магнитного поля.
2. В главе 4 представлен вывод эффективного параметра силы измерений, исходя из последовательного подхода в рамках уравнения Линдблада (формула 4.30 из диссертации). При этом этот вывод ограничен не слишком сильным полем волны, т.к. по его интенсивности делается теория возмущений. В то же время в той же главе приведены “общефизические” соображения, которые приводят в точности к такому же ответу для эффективного параметра силы измерений, что и теория возмущений в последовательной теории. Было бы полезно прокомментировать настоящую область применимости полученных формул для эффективного параметра силы измерений. Работает ли формула 4.30 за рамками теории возмущений, или, наоборот, “общефизические” соображения также предполагают не слишком сильную интенсивность поля?

Соискатель имеет 66 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликована 21 работа. Все статьи по теме диссертации опубликованы в рецензируемых изданиях, индексируемых в базах данных журналов уровня 1, 2 или 3 «Белого списка» Российского центра научной информации, и/или индексируемых базами данных Scopus, Web of Science Core Collection. Автором сделан определяющий вклад при постановке решаемых задач, разработке путей и методов их решения, проведении непосредственных расчетов, совместном обсуждении и интерпретации полученных результатов, подготовке публикаций. Все представленные в диссертации результаты получены лично автором.

Основные работы по теме диссертации:

1. **D. S. Smirnov**, E. A. Zhukov, D. R. Yakovlev, E. Kirstein, M. Bayer, and A. Greulich. Spin polarization recovery and Hanle effect for charge carriers interacting with nuclear spins in semiconductors. *Phys. Rev. B* **102**, 235413 (2020).

Соискатель внёс определяющий вклад в постановку задачи о влиянии анизотропии сверхтонкого взаимодействия, конечного времени корреляции электронов на центрах локализации и мощности импульсов оптической накачки на форму кривых Ханле и восстановления спиновой поляризации локализованных электронов, разработал соответствующую микроскопическую теорию, провёл сопоставление теоретических и экспериментальных результатов, внёс вклад в подготовку публикации.

2. P. Schering, G. S. Uhrig, and **D. S. Smirnov**. Spin inertia and polarization recovery in quantum dots: Role of pumping strength and resonant spin amplification. *Phys. Rev. Research* **1**, 033189 (2019).

Соискателем поставлена задача о расчёте эффекта резонансного спинового усиления в геометрии Фарадея, сформулирована теоретическая модель явления, сделан определяющий вклад в подготовку публикации.

3. **D. S. Smirnov**, E. A. Zhukov, E. Kirstein, D. R. Yakovlev, D. Reuter, A. D. Wieck, M. Bayer, A. Greulich, and M. M. Glazov. Theory of spin inertia in singly charged quantum dots. *Phys. Rev. B* **98**, 125306 (2018).

Соискателем разработана теория эффекта спиновой инерции локализованных электронов и дырок, сделан определяющий вклад в подготовку публикации.

4. **D. S. Smirnov** and K. V. Kavokin. Cooling and Heating Nuclear Spins by Strongly Localized Electrons. *Phys. Rev. Lett.* **134**, 016201 (2025).

Соискателем разработана микроскопическая аналитическая теория динамической спиновой поляризации ядер сильно локализованными электронами, проведены численные расчёты в рамках центральной спиновой модели, сделан определяющий вклад в подготовку публикации.

5. **D. S. Smirnov**, T. S. Shamirzaev, D. R. Yakovlev, and M. Bayer. Dynamic Polarization of Electron Spins Interacting with Nuclei in Semiconductor Nanostructures. *Phys. Rev. Lett.* **125**, 156801 (2020).

Соискателем предсказан эффект динамической спиновой поляризации электронов при неполяризованном оптическом возбуждении во внешнем магнитном поле, выполнен аналитический расчёт степени поляризации, проведено сопоставление с экспериментальными результатами по его измерению, сделан определяющий вклад в подготовку публикации.

6. T. S. Shamirzaev, A. V. Shumilin, **D. S. Smirnov**, J. Rautert, D. R. Yakovlev, and M. Bayer. Dynamic polarization of electron spins in indirect band gap (In,Al)As/AlAs quantum dots in a weak magnetic field: Experiment and theory. *Phys. Rev. B* **104**, 115405 (2021).

Соискателем сформулирована задача о влиянии темпов спиновой релаксации электронов и дырок на эффект динамической спиновой поляризации электронов,

сформулирована теоретическая модель, сделан существенный вклад в подготовку публикации.

7. A. V. Shumilin, T. S. Shamirzaev, and **D. S. Smirnov**. Spin light emitting diode based on exciton fine structure tuning in quantum dots. *Phys. Rev. Lett.* **132**, 076202 (2024).

Соискатель поставил задачу о генерации одиночных циркулярно поляризованных фотонов, сформулировал модель спиновой динамики в квантовой точке при электрической накачке с учётом ядерной спиновой динамики, сделал определяющий вклад в подготовку публикации.

8. **D. S. Smirnov**. Dynamic valley polarization in moiré quantum dots. *Phys. Rev. B* **104**, L241401 (2021).

Работа выполнена соискателем без соавторов.

9. **Д. С. Смирнов**, В. Н. Манцевич и М. М. Глазов. Теория оптически детектируемых спиновых флуктуаций в наносистемах. *УФН* **191**, 973 (2021).

Соискателем выполнен обзор современных экспериментальных и теоретических результатов, в том числе оригинальных, в области спиновых флуктуаций в нульмерных и одномерных системах, сделан определяющий вклад в подготовку публикации.

10. **D. S. Smirnov**. Spin noise of localized electrons interacting with optically cooled nuclei. *Phys. Rev. B* **91**, 205301 (2015).

Работа выполнена соискателем без соавторов.

11. **D. S. Smirnov**, Ph. Glasenapp, M. Bergen, M. M. Glazov, D. Reuter, A. D. Wieck, M. Bayer, and A. Grelich. Nonequilibrium spin noise in a quantum dot ensemble. *Phys. Rev. B* **95**, 241408(R) (2017).

Соискатель внёс вклад в постановку задачи о спектре спинового шума локализованных электронов в неравновесных условиях, провёл микроскопический расчёт, выполнил сопоставление теоретических результатов с экспериментальными, сделал существенный вклад в подготовку теоретической части публикации.

12. J. Wiegand, **D. S. Smirnov**, J. Hübner, M. M. Glazov, and M. Oestreich. Spin and reoccupation noise in a single quantum dot beyond the fluctuation-dissipation theorem. *Phys. Rev. B* **97**, 081403(R) (2018).

Соискатель внёс вклад в объяснение экспериментальных результатов по наблюдению зарядового шума в квантовой точке в магнитном поле, сформулировал микроскопическую модель, провёл аналитические расчёты, сделал определяющий вклад в подготовку теоретической части публикации.

13. **D. S. Smirnov** and K. V. Kavokin. Optical resonance shift spin-noise spectroscopy. *Phys. Rev. B* **101**, 235416 (2020).

Соискателем выполнен аналитический микроскопический расчёт спектров комбинационного рассеяния света и спектров флуктуаций фарадеевского вращения зондирующего луча при косвенной спектроскопии спиновых флуктуаций магнитных

примесей в полупроводниковых наноструктурах, сделан определяющий вклад в подготовку публикации.

14. **D. S. Smirnov**, B. Reznichenko, A. Auffèves, and L. Lanco. Measurement back action and spin noise spectroscopy in a charged cavity QED device in the strong coupling regime. *Phys. Rev. B* **96**, 165308 (2017).

Соискателем поставлена задача о расчёте фотонной корреляционной функции для света, проходящего через нульмерный микрорезонатор с заряжённой квантовой точкой, сформулирована теоретическая модель, проведены аналитические расчёты, сделан определяющий вклад в подготовку публикации.

15. N. V. Leppenen, L. Lanco, and **D. S. Smirnov**. Quantum Zeno effect and quantum nondemolition spin measurement in a quantum dot–micropillar cavity in the strong coupling regime. *Phys. Rev. B* **103**, 045413 (2021).

Соискатель сформулировал задачу о влиянии квантового обратного действия на спиновую динамику электрона в одиночной квантовой точке, сформулировал теоретическую модель, сделал определяющий вклад в подготовку публикации.

16. N. V. Leppenen and **D. S. Smirnov**. Optical measurement of electron spins in quantum dots: quantum Zeno effects. *Nanoscale* **14**, 13284 (2022).

Соискатель поставил задачу об описании квантового обратного действия при измерении спиновой поляризации ансамбля электронов в условиях сверхтонкого взаимодействия, разработал соответствующую микроскопическую модель, сделал определяющий вклад в подготовку публикации.

17. V. Nedelea, N. V. Leppenen, E. Evers, **D. S. Smirnov**, M. Bayer, and A. Greilich. Tuning the nuclei-induced spin relaxation of localized electrons by the quantum Zeno and anti-Zeno effects. *Phys. Rev. Research* **5**, L032032 (2023).

Соискателем инициированы экспериментальные измерения квантовых эффектов Зенона и анти-Зенона, сформулирована микроскопическая модель, проведена интерпретация результатов, сделан существенный вклад в подготовку теоретической части публикации.

18. A. V. Shumilin and **D. S. Smirnov**. Nuclear Spin Dynamics, Noise, Squeezing, and Entanglement in Box Model. *Phys. Rev. Lett.* **126**, 216804 (2021).

Соискателем сформулирована задача о когерентной ядерной спиновой динамике в квантовой точке в условиях однородного сверхтонкого взаимодействия, найдено её аналитическое решение, проведена интерпретация результатов и выполнено сопоставление с результатами численных расчётов, сделан определяющий вклад в подготовку публикации.

19. E. Kirstein, **D. S. Smirnov**, E. A. Zhukov, D. R. Yakovlev, N. E. Kopteva, D. N. Dirin, O. Hordiichuk, M. V. Kovalenko, and M. Bayer. The squeezed dark nuclear spin state in lead halide perovskites. *Nat. Commun.* **14**, 6683 (2023).

Соискателем поставлена задача об описании ядерной спиновой динамики в условиях экспериментов по измерению эффекта спиновой инерции, построена микроскопическая модель, проведено сопоставление с результатами эксперимента, подготовлена теоретическая часть публикации.

20. N. Leppenen and **D. S. Smirnov**. Birefringent Spin-Photon Interface Generates Polarization Entanglement. *Adv. Quantum Technol.* **7**, 2400193 (2024).

Соискателем сформулирована задача о генерации запутанных кластерных состояний фотонов в оптически анизотропных микрорезонаторах, сформулирована модель, проведена интерпретация результатов численных расчётов, сделан определяющий вклад в подготовку публикации.

21. Y. Serov, A. Galimov, **D. S. Smirnov**, M. Rakhlin, N. Leppenen, G. Klimko, S. Sorokin, I. Sedova, D. Berezina, Y. Salii, M. Kulagina, Y. Zadiranov, S. Troshkov, T. V. Shubina, and A. A. Toropov. Hidden anisotropy controls spin-photon entanglement in a charged quantum dot. *Phys. Rev. Applied* **23**, 044019 (2025).

Соискателем сформулирована задача о влиянии поляризации возбуждающих импульсов и направления магнитного поля на спин-фотонную запутанность, проведены микроскопические расчёты спутанности, выполнено сопоставление с результатами экспериментов, сделан определяющий вклад в подготовку теоретической части публикации.

Результаты исследований Д.С. Смирнова, вошедшие в диссертацию, докладывались на Российских конференциях по физике полупроводников (Санкт-Петербург, 2013, 2024; Москва, 2015; Екатеринбург, 2017; Новосибирск, 2019; Нижний Новгород, 2022), симпозиумах «Нанофизика и нанoeлектроника» (Нижний Новгород, 2017, 2024), Сoвещаниях по теории твёрдого тела (Санкт-Петербург, 2016, 2019, 2021, 2023), международных конференциях по физике полупроводников ICPS (Пекин, Китай, 2016; Монпелье, Франция, 2018), «Physics of Light-Matter Coupling in Nanostructures» (Вюрцбург, Германия, 2017), «50 years of optical orientation in semiconductors: From the original discovery to new horizons» (Париж, Франция, 2018), «Optics of Excitons in Confined Systems» (Санкт-Петербург, 2019; онлайн, 2021), «11th International Conference on Quantum Dots» (онлайн, 2020), «Landau Week» (Ереван, Армения, 2023), «Quantum Light & Nanophysics» (Абу-Даби, Объединенные Арабские Эмираты, 2024), а также в качестве приглашённых лекций на Зимней школе по физике полупроводников (Санкт-Петербург, 2023), Школе-конференции по теоретической физике конденсированного состояния и неравновесных процессов (Саров, 2024) и Летней школе фонда «БАЗИС» «Современные проблемы физики конденсированного состояния» (Московская область, 2024). Результаты исследований обсуждались также на семинарах ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербургского политехнического университета, Санкт-Петербургского государственного университета, Московского государственного университета, Московского физико-технического института, Института теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН (Черноголовка, Московская область), Института физики твёрдого тела

РАН (Черноголовка, Московская область), университетов Дортмунда и Ганновера (Германия).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1) **Отзыв к.ф.-м.н. Зиновьевой Айгуль Фанизовны и к.ф.-м.н. Ненашева Алексея Владимировича**, старших научных сотрудников института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН (630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13).

Отзыв положительный, содержит 1 замечание:

1. В качестве несущественных замечаний можно отметить употребление некоторых неудачно переведенных с английского языка терминов. В частности, вместо термина «спутанность» лучше все-таки употреблять более понятный термин «мера запутанности». Не совсем удачным считаем термин «спиновое сжатие ядер», который может ввести в заблуждение неискушенного читателя.

2) **Отзыв д.ф.-м.н. Ковалева Вадима Михайловича**, заведующего лабораторией института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН (630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13).

Отзыв положительный, содержит 3 вопроса:

1. Насколько сильно пространственная неоднородность волновой функции электрона в реальной квантовой точке ограничивает предельную степень «сжатия» ядерных спинов по сравнению с идеализированной моделью «ящика»? (с. 24).

2. Как сильная анизотропия или деформация слоев в муаровых структурах диалькогенидов влияет на эффективность предсказанной динамической долиной поляризации? (с. 14).

3. Существует ли возможность подобрать конфигурацию внешнего магнитного поля (не перпендикулярную оси роста), чтобы полностью нивелировать эффект «скрытой анизотропии» и сделать точность генерации кластерных состояний инвариантной к поляризации накачки? (с. 27).

Отзыв также содержит 3 замечания:

1. В автореферате основной акцент сделан на когерентную динамику; работа только выиграла бы от более подробного обсуждения температурных границ применимости предложенных моделей для перовскитов и муаровых структур.

2. В тексте используется ряд авторских терминов (например, «скрытая анизотропия»), более строгое определение которых во введении могло бы облегчить восприятие работы специалистами из смежных областей.

3. При обсуждении кластерных состояний фотонов автор ограничивается фундаментальной стороной вопроса, не уделяя внимания практическим ограничениям по темпам генерации сигналов в реальных линиях связи.

3) **Отзыв д.ф.-м.н. Вербина Сергея Юрьевича**, заведующего кафедрой физики твёрдого тела, профессора Санкт-Петербургского государственного университета (198504, Санкт-Петербург, Петергоф, Ульяновская ул., 1).

Отзыв положительный, без замечаний.

4) **Отзыв д.ф.-м.н. Кусраева Юрия Георгиевича**, руководителя отделения физики твёрдого тела ФТИ им. А. Ф. Иоффе (194021, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26).

Отзыв положительный, без замечаний.

5) **Отзыв д.ф.-м.н. Иорша Ивана Владимировича**, профессора университета ИТМО (191002, г. Санкт-Петербург, улица Ломоносова, д. 9).

Отзыв положительный, без замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обуславливался их высокой научной репутацией, а также сходством тематик работ, проводимых ведущей организацией и оппонентами, с тематикой диссертационной работы. **В ходе защиты на все замечания соискателем даны исчерпывающие ответы.**

Научная новизна и практическая значимость работы состоят в построении теории новых физических явлений в полупроводниковых низкоразмерных системах: спиновой инерции и глубокого охлаждения сильно связанной электрон-ядерной спиновой системы, магнитопольных осцилляций спиновой поляризации в геометрии Фарадея, динамической поляризации электронных спинов в малых магнитных полях, а также в развитии теории квантовых и классических флуктуаций локализованных спинов в равновесных и неравновесных условиях, квантового обратного действия при оптическом измерении спинов в квантовых точках, генерации многочастичной запутанности спинов ядер, электронов и фотонов.

Основные положения и выводы диссертации надежно обоснованы теоретически, а многие уже нашли экспериментальное подтверждение. Все рассмотренные эффекты имеют убедительные физические объяснения. Достоверность и надежность полученных теоретических результатов подтверждается их непротиворечивостью, внутренней согласованностью и согласием, где это возможно, с результатами других подходов и с экспериментальными данными.

Диссертационный совет отмечает, что рассмотренная диссертация является законченной научной работой, полученные соискателем результаты имеют существенное фундаментальное значение, и на своем заседании 11 июня 2026 г. принял решение присудить Смирнову Д. С. ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования участвовавшие в заседании члены диссертационного совета в количестве 21 человека (из них 17 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации) из 25 членов совета проголосовали:

за присуждение Смирнову Дмитрию Сергеевичу ученой степени доктора физико-математических наук 21, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета
Бурков Александр Трофимович

Ученый секретарь
диссертационного совета
Котова Любовь Викторовна

11 июня 2026 г.