

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.032.01 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ИНСТИТУТА АСТРОНОМИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело N _____

Решение диссертационного совета от 22 октября 2026 г. № 56 о присуждении
Петрову Дмитрию Владимировичу, Российская Федерация,
ученой степени доктора физико-математических наук

Диссертация «Метод матриц формы и его применение для интерпретации поляриметрических наблюдений безатмосферных тел Солнечной системы и атмосфер комет» по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия принята к защите 2 июля 2026г., протокол № 53, диссертационным советом 24.1.032.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института астрономии Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования, 119017 Москва, ул. Пятницкая, д.48, состав совета утверждён приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1731/нк от декабря 2022г., частичные изменения состава внесены приказами Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 846/нк от 20.04.2023г., №36/нк от 26.01.2026г.

Соискатель Петров Дмитрий Владимирович, 1977 года рождения, имеет учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности «оптика, лазерная физика», присуждённую решением президиума Высшей аттестационной комиссии Украины от 30.06.2005г. (протокол № 10-07/6) на основании решения специализированного учёного совета Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина

Министерства образования и науки Украины, диплом кандидата наук ДК № 030364. Учёная степень кандидата наук, полученная на территории Украины, в соответствии с частями 1 и 2 статьи 6 Федерального закона от 05.05.2014 № 84-ФЗ признаётся в Российской Федерации и не требует легализации в отношении лиц, которые признаны гражданами Российской Федерации в соответствии с частью 1 статьи 4 Федерального конституционного закона от 21.03.2014 № 6 ФКЗ. В настоящее время Петров Д.В. работает ведущим научным сотрудником в отделе физики Солнца и Солнечной системы Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Крымская астрофизическая обсерватория РАН» (КрАО), Министерство науки и высшего образования РФ.

Диссертация выполнена в ФГБУН «Крымская астрофизическая обсерватория РАН», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается темой исследования и компетентностью в вопросах, рассматриваемых в диссертации. Компетентность подтверждается публикациями по схожей тематике оппонентов и сотрудников ведущей организации.

Официальные оппоненты:

д.ф.-м.н. **Бусарев Владимир Васильевич**, ведущий научный сотрудник Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова;

д.ф.-м.н., профессор **Ильин Владимир Борисович**, профессор кафедры астрофизики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»;

д.ф.-м.н., профессор РАН **Моисеев Алексей Валерьевич**, заведующий лабораторией спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов ФГБУН Специальной астрофизической обсерватории РАН

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория

Российской академии наук (ГАО РАН), г. Санкт-Петербург, – **в своем положительном отзыве**, составленном главным научным сотрудником лаборатории физики звёзд ГАО РАН д.ф.-м.н. **Силантьевым Николаем Алексеевичем**, обсуждённом на заседании объединенного семинара научных подразделений ГАО РАН и утверждённом директором ГАО РАН д.ф.-м.н. **Ихсановым Назаром Робертовичем**, указала, что представленные в диссертационной работе Петрова Дмитрия Владимировича метод матриц формы и модель сопряжённых случайных гауссовских частиц вносят новый вклад в понимание физики рассеянного излучения, существенно расширяя возможности моделирования физических свойств частиц реголитовых поверхностей безатмосферных тел, а также частиц атмосфер комет. Диссертация Петрова Д.В. является завершённым научным исследованием, удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор, Петров Дмитрий Владимирович заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Поступил отзыв на автореферат от д.т.н., с.н.с. Класс Елены Викторовны, главного научного сотрудника НИЦ нанотехнологий при ФГУП «ЦНИИХМ». В отзыве сказано, что автором разработан новый подход к моделированию формы сопряженных случайных гауссовских частиц, обладающих неровностями, как на крупном, так и на мелком масштабе, что позволяет достаточно реалистично описывать форму частиц, входящих в состав пыли на поверхности астероидов или в составе атмосфер комет. На базе проведенных исследований Петров Д.В. предложил новую поляриметрическую калибровку альbedo астероидов, позволяющую определять альbedo по степени асимметрии отрицательной ветви поляризации.

Соискатель имеет 77 печатных научных работ. **По теме диссертации опубликованы 38 работ** в рецензируемых научных изданиях, 35 из которых – в журналах, рекомендованных ВАК и входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования (WoS и/или Scopus). Из 35 работ 3 опубликованы в журналах категории КЗ, 4 статьи опубликованы в

русском журнале категории K2, остальные журналы (28 статей) имеют категорию K1. Основные результаты диссертации, выносимые на защиту, в этих работах изложены полностью. Случаев заимствования материала без ссылки на автора не выявлено.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

Петров Д.В., Киселев Н.Н. Положительная ветвь поляризации астероидов: наблюдательные данные и компьютерное моделирование // **Астрономический вестник**. – 2017. – т. 51, № 4. – с. 297–302.

Киселев Н.Н., Петров Д.В. О погрешностях построения фазовых зависимостей поляризации излучения тел Солнечной системы // **Астрономический вестник**. – 2018. – т. 52, № 3. – с. 285–288.

3. Петров Д.В., Киселев Н.Н. Модель сопряженных случайных гауссовских частиц и ее применение для интерпретации поляриметрических наблюдений комет // **Астрономический вестник. Исследования Солнечной системы**. – 2019. – т. 53, № 4. – с. 309-320.

Петров Д.В., Жужулина Е.А., Киселев Н.Н. Влияние спектральной зависимости показателя преломления на поляриметрические свойства ледяных частиц // **Астрономический вестник. Исследования Солнечной системы**. – 2020. – т. 54, № 1. – с. 81-95.

5. Rosenbush V., Ivanova O., Kleshchonok V., Kiselev N., Afanasiev V., Shubina O., Petrov D., Comet 2P/Encke in apparitions of 2013 and 2017: I. Imaging photometry and long-slit spectroscopy // **Icarus**. – 2020. – v. 348. – article id. 113767.

6. Kiselev N., Rosenbush V., Ivanova O., Kolokolova L., Petrov D., Kleshchonok V., Afanasiev V., et al., Comet 2P/Encke in apparition of 2017: II. Polarization and color // **Icarus**. – 2020. – v. 348. – article id. 113768.

7. Petrov D.V., Zhuzhulina E.A. Spectral dependence of quasi-Rayleigh polarization leap of nonspherical particles: polystyrene beads application // **Spectroscopy and Spectral Analysis**. – 2021. – v. 41, № 2, pp. 654-657.

8. Petrov, D.V. and Zhuzhulina, E.A. Silicate composition of sungrazing comet C/1965 S1 (Ikeya-Seki) // **Astronomische Nachrichten**. – 2022. – v. 343. – article id. e20023.

9. Zhuzhulina, E., Petrov, D., Kiselev, N., Karpov, N., Savushkin, A., Aperture polarimetry of selected comets in 2018–2020: Observations and computer simulation // **Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer**. – 2022. – v. 290. – p. 108321.

10. Kiselev N.N., Savushkin A.A., Petrov D.V., Antoniuk K.A., Zhuzhulina E.V., Karpov N.V., Afanasiev V.L., Results of polarimetric and photometric observations of NEAs 162082 (1998 HL1), 163373 (2002 PZ39), 52768 (1982 OR2), and 159402 (1999 AP10) // **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**. – 2024. – v. 527, № 2. – p. 3174–3182.

11. Shubina, O., Ivanova, O., Petrov, D., Luk'yanyk, I., Rosenbush, V., and Kiselev, N., Pre-perihelion observations of long-period comet C/2013 X1 (PANSTARRS) // **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**. – 2024. – v. 528, № 4. – p. 7027–7036.

Диссертация посвящена развитию нового подхода к решению задач рассеяния света для отдельных частиц и групп частиц с использованием как аналитических, так и численных решений уравнений Максвелла и использованию разработанного подхода для восстановления физических параметров в случае сложных и реалистичных моделей рассеивающих сред. Особое внимание уделено результатам применения разработанного подхода для интерпретации данных поляриметрических наблюдений объектов Солнечной системы, таких как кометы и астероиды.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– Разработан метод матриц формы, позволяющий получить характеристики рассеянного света – интенсивность и поляризацию, для частиц разнообразных форм. В отличие от других методов, которые используются для симметричных частиц, предложенный метод применяется для частиц неправильной, случайной формы, что позволяет более детально исследовать свойства пылевых частиц комет и астероидов.

– Создана новая модель сопряжённых случайных гауссовских частиц, реалистично представляющая частицы пыли с неровностями как крупного, так и мелкого масштабов.

– Предложена новая поляриметрическая калибровка альбедо астероидов, позволяющая определять альбедо по степени асимметрии отрицательной ветви поляризации.

– Доказано влияние зависимости показателя преломления от длины волны на поляриметрические свойства ледяных частиц. Оценено влияние этой зависимости на интерпретацию результатов наблюдений. Предложены показатели преломления льда для длин волн фильтров R, V и I, позволяющие минимизировать это влияние.

Теоретическая значимость исследования состоит в развитии методов изучения рассеяния света частицами неправильной формы и их применении к интерпретации поляриметрических наблюдений объектов Солнечной системы. С их помощью возможно дальнейшее уточнение существующих моделей и создание новых механизмов светорассеяния.

Практическое значение диссертации заключается в том, что методы поляриметрии позволяют получать информацию о размерах, морфологии и химическом составе частиц кометной комы и реголита поверхности. Предложенная в диссертации новая модель сопряжённых случайных гауссовских частиц даёт возможность получать реалистичные данные о физических характеристиках и химическом составе объектов Солнечной системы и будет востребована при дальнейшем изучении пыли комет и астероидов.

Достоверность результатов следует из их широкого представления на профильных международных конференциях и публикации значительной их части в рецензируемых журналах 1 категории, а также подтверждается использованием хорошо разработанных и апробированных численных методов и согласием результатов численного моделирования с имеющимися наблюдательными данными.

Личный вклад соискателя: Все результаты, выносимые на защиту, получены либо лично диссертантом, либо при его личном и определяющем участии в постановке задачи, разработке теории и компьютерных программ, подготовке и выполнении расчётов, анализе и интерпретации результатов, формулировке выводов и подготовке публикаций.

В ходе защиты диссертации были **высказаны критические замечания, на которые соискатель дал ответы:**

Замечание: Оценка свойств кометной пыли не согласуется с измерениями космических зондов.

Ответ: Оценка согласуется с данными других авторов. В частности, по данным прибора Giada (Rotundi, 2015), содержание водяного льда в кометах варьируется от 14 до 30%. По данным прибора Cosima (Bardin, 2017), углерода в кометах около 50%. При этом миссия Стардаст, которая исследовала комету 81P, обнаружила там очень малое количество углеродистого вещества. Это объясняется либо высокими скоростями углеродистых частиц (порядка 6 км/с), что делает их трудноулавливаемыми, либо тем, что миссия собирала образцы в обеднённом углеродом участке кометной комы, чей химический состав нехарактерен для всей кометы.

Замечание: Автор отождествляет рассеяние света отдельной микронной частицей и рассеяние поверхностью небесного тела.

Ответ: Я исхожу из того, что рассеяние отдельными частицами вносит основной вклад в рассеяние всей поверхностью. Например, в работе Шкуратова (2012) было показано, что вклад многократного рассеяния в интенсивность света, рассеянного составленной из частиц поверхностью, составляет порядка нескольких процентов.

Замечание: В конце главы 4 говорится о том, что расчётные кривые для всех трёх фильтров не совпадают. Разумно было бы обсудить, насколько этот эффект связан с молекулярными эмиссиями. Не следует ли выполнять сравнение моделей с данными в узких фильтрах?

Ответ: Да, эффект может объясняться, в том числе, и различным влиянием молекулярных эмиссий на разных длинах волн. Этот вопрос требует дополнительных исследований. И да, модели, конечно, лучше сравнивать с данными, полученными в узких фильтрах. Однако таких данных крайне мало, поскольку кометы очень редко бывают настолько яркими, чтобы позволить осуществить наблюдения в узких фильтрах. Но когда таких данных наберётся достаточно много, модели будут в первую очередь базироваться именно на них.

На заседании 22 октября 2026 г. диссертационный совет постановил: за решение научной задачи, имеющей значение для развития естественных наук, присудить Петрову Д.В. учёную степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 15 докторов наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия, участвовавших в заседании, из 21 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного
совета 24.1.032.01, д.ф.-м.н.

Ученый секретарь
диссертационного совета
24.1.032.01, к.ф.-м.н.



Бисикало Дмитрий
Валерьевич

Чупина Наталия
Викторовна