

ОТЗЫВ

официального оппонента Ильина Владимира Борисовича
на диссертационную работу Петрова Дмитрия Владимировича
на тему «Метод матриц формы и его применение для интерпретации
поляриметрических наблюдений безатмосферных тел Солнечной системы
и атмосфер комет», представленную на соискание ученой степени доктора физико-
математических наук по научной специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия

Диссертационная работа Д.В. Петрова посвящена развитию нового метода теории рассеяния света несферическими частицами и использованию этого метода при анализе наблюдательных данных, имеющихся для небесных тел, в основном комет и астероидов. Подобные методы сегодня широко применяются в астрономии, вследствие появления все большего числа инструментов, измеряющих поляризацию излучения космических объектов. Такие методы также используются в разнообразных приложениях теории рассеяния света при диагностике дисперсных сред в оптике атмосферы и океана, биологии, медицине и многих других областях. Анализ информации о телах Солнечной системы по-прежнему востребован из-за необходимости доработки теории образования звезд и планет. В связи с этим тема диссертации представляется актуальной и важной.

Диссертационная работа состоит из Введения, 4-х глав, Заключения и Приложения. Во Введении перечислены актуальность работы, ее цели, новизна, практическое значение, апробация, а также положения, выносимые на защиту, и отмечен личный вклад автора.

Первая глава (объемом около 60 стр.) по сути является введением, в котором дано описание рассеянного излучения, кратко резюмированы наземные наблюдения небесных тел, отмечены предлагавшиеся механизмы формирования наблюдаемой отрицательной поляризации (когда направление поляризации рассеянного излучения лежит в плоскости рассеяния, что не очень типично) этих тел, пояснены наиболее популярные методы теории рассеяния света, включая метод T -матрицы, привлекавшиеся для интерпретации подобных наблюдений. Все описано кратко, но достаточно информативно.

Во второй главе (около 80 стр.) представлен развитый в основном соискателем новый подход к решению проблемы рассеяния света частицами – метод матриц формы (Sh -матриц). Пояснена идея метода и показаны почти все используемые математические соотношения. Приведены *аналитические* выражения для Sh -матриц, полученные в случаях трехмерных чебышёвских частиц, капсул, двойных шаров, конечных цилиндров (в том числе со сферической полостью), сферических микролинз, слипшихся сфероидов, кубических частиц, а также слоистых частиц и частиц произвольной формы, описываемой коэффициентами ее разложения по сферическим гармоникам. Приведены некоторые результаты расчетов для каждого вида частиц.

Описанный метод матриц формы является оригинальным и достаточно эффективным, что признано научным сообществом в области теории рассеяния света. Метод представляет собой модификацию широко распространённого метода T -матрицы, которая, как известно, полностью описывает рассеяние света частицей. Модификация состоит в отделении частей T -матрицы, зависящих от формы (Sh -матрицы), от частей, зависящих от размера и показателя преломления частиц. Поскольку Sh -матрица определяется только морфологией частицы, её нужно вычислить лишь один раз для данной формы; далее T -матрица для любого размера

или показателя преломления может быть получена с помощью аналитических операций. В итоге, метод *Sh*-матрицы представляет собой расширение метода *T*-матрицы, которое должно быть эффективно при расчётах рассеяния света ансамблями частиц сложной формы, особенно когда их размер или показатель преломления варьируются при фиксированной морфологии.

В третьей главе (12 стр.) и Приложении А (42 стр.) приведены результаты поляриметрических наблюдения астероидов, включая сближающихся с Землей (АСЗ), на ЗТШ КрАО по программе, предложенной соискателем. Отмечены выявленные особенности наблюдавшейся отрицательной поляризации для данных объектов и приведена новая калибровка их альбедо по полученным данным.

В четвертой главе (около 70 стр.) представлен ряд результатов, полученных в основном с применением метода *Sh*-матриц. В частности, предложена новая модель сопряженных случайных гауссовских частиц и рассмотрены ее оптические свойства, связанные с интерпретацией поляриметрических наблюдений небесных тел. Исследовано влияние показателя преломления m на параметры положительной ветви поляризации, наблюдаемой у астероидов, а также влияние волновой зависимости m на поляриметрические свойства ледяных частиц и формы частиц на силикатную полосу на 10 мкм. Приведены некоторые результаты моделирования поляриметрических наблюдений комет и астероидов.

Модели рассмотренных пылевых сред пока не совершенны, и полученные результаты и выявленные закономерности, несомненно, послужат для их дальнейшего уточнения. Это особенно касается моделирования фазовой зависимости степени поляризации рассеянного излучения с использованием полидисперсных ансамблей частиц сложной несферической формы.

Резюмируя, можно отметить, что все полученные в данной диссертационной работе результаты являются новыми. Достоверность полученных результатов следует из их широкого представления на профильных международных конференциях и их публикации в основном в рецензируемых журналах 1-го квартиля. Личный вклад Д.В. Петрова в данной работе и публикациях, на которых она основана, очевиден – им выполнены практически вся разработка метода матриц формы и огромный объем расчетов, а также анализ их результатов.

Научная значимость работы заключается в разработке нового метода теории рассеяния света и его применении для детального исследования свойств пылевых частиц комет и астероидов. Практическая значимость работы состоит в том, что разработанный метод матриц формы может быть применен в различных областях науки, где используются оптические методы исследования дисперсных сред. Кроме этого, некоторые результаты главы 4, будут востребованы при дальнейшем изучении пыли комет и астероидов.

Можно сделать следующие общие замечания к работе:

1. Во второй главе дано только формальное описание метода *Sh*-матриц. Мне кажется, что было бы естественно добавить информацию о его реализации. Во-первых, это сведения о верификации метода (кода), что косвенно дало бы сведения и о его характерной точности (лишь в конце диссертационной работы, в п. 4.9, есть пара абзацев о сравнении с теорией Ми для шаров). Во-вторых, данные об области применимости метода *Sh*-матриц. Очевидно, она в значительной степени определяется известными ограничениями базового метода *T*-матрицы, но должна иметь и свои особенности. В-третьих, сведения о величине и

зависимости времени расчетов от параметров, что, кстати, позволило бы лучше понять объем проделанной вычислительной работы.

2. В четвертой главе получены интересные результаты, но их значимость может быть несколько ниже ожидаемой. Как отмечает соискатель, его метод не может учесть сравнительно плотную упаковку частиц в рассматриваемых объектах, которая может ощутимо влиять на результаты. Кроме этого, используемая модель имеет ряд упрощений – частицы разного размера имеют одинаковую форму и структуру, не учитывается пористость частиц, которая также может зависеть от их размера, и т.д. Добавлю также, что подгонка кривых, обычно аппроксимируемых 4-6 параметрами, с помощью модели, имеющий 10 параметров, не всегда дает надежное решение.

3. В тексте диссертации довольно много опечаток, например: на стр. 13 написано: “Интенсивность электромагнитного излучения – это поток энергии через единичную площадку, перпендикулярную направлению распространения электромагнитной волны” (пропущено: в единичном телесном угле в заданном направлении); на стр. 16 должно быть только два раза $b_1(\alpha)$ в выражении для матрицы рассеяния и т.д. Наконец, после запятой в строчных формулах все-таки не принято делать новый абзац.

Несмотря на сделанные замечания, считаю, что диссертационная работа Д.В. Петрова вносит фундаментальный вклад в теорию рассеяния света, а также в современные исследования комет и астероидов.

Считаю также, что диссертационная работа Д. В. Петрова на тему «Метод матриц формы и его применение для интерпретации поляриметрических наблюдений безатмосферных тел Солнечной системы и атмосфер комет» отвечает критериям п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор, Петров Дмитрий Владимирович, заслуживает присуждения доктора физико-математических наук по научной специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Официальный оппонент

доктор физ.-мат. наук, профессор,

профессор каф. астрофизики СПбГУ

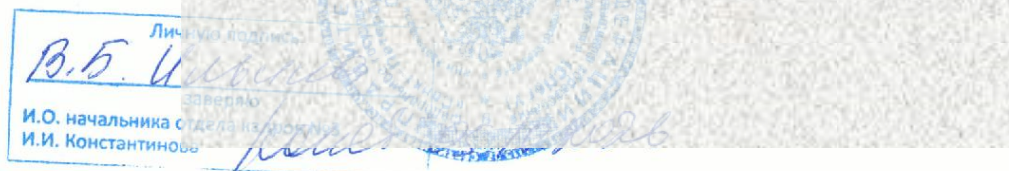
Ильин

Ильин Владимир Борисович

198504 Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский пр., 28, мат-мех фак. СПбГУ

email: y.b.ilin@spbu.ru; моб.: +7 911 7733772

05.10.2026



Документ подготовлен
в порядке исполнения
трудовых обязанностей