

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ФГБУН Института астрономии РАН (ИНАСАН)

Член-корреспондент  Б. М. Прустов

04.12.2015 г.



Отзыв

ведущей организации о диссертации Н. С. Лысковой,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
01.03.02 – Астрофизика и звездная астрономия

Представленная диссертация посвящена проблеме определения масс эллиптических галактик. Видимая их часть составляет по массе только небольшую долю (от 25 до 40 % в пределах некоторого характерного радиуса), а основную часть образует темная материя, проявляющая себя лишь посредством гравитационного взаимодействия. Простейшая теоретическая модель распределения темной материи, соответствующая наиболее часто встречающимся плоским кривым вращения, отвечает линейному росту массы темного гало с радиусом. Т.е. формально массы галактики как изолированной системы может и не существовать. Вместе с тем необходимость определения такой важнейшей характеристики, как масса, очевидна ввиду ее важности при изучении эволюционных процессов во Вселенной.

При наличии существенной доли темной материи основной характеристикой для анализа является скорость движения вещества. В отличие от спиральных галактик, где вещество на периферии движется в одной плоскости по почти круговым орбитам и поэтому масса определяется сравнительно легко, движение звезд в эллиптических галактиках существенно более сложное ввиду трехмерности задачи и более широкого разнообразия возможных орбит. Имеющиеся методы определения массы эллиптических галактик можно разделить на два типа. К первому типу относятся методы, включающие в себя анализ большого количества наблюдательных данных и построение самосогласованных моделей для отдельной галактики. Например, к нему относятся рентгеновский анализ и метод Шварцшильда. Ко второму типу относятся методы, не требующие построения динамиче-

ских моделей, и поэтому применимые для больших обзоров галактик. Среди них можно назвать гравитационное линзирование и оценки с использованием средней дисперсии лучевых скоростей. Заметим, что последние требуют знания данных по всей галактике, что не всегда возможно. Поэтому полезным было бы иметь метод, основанный не на усредненных, а на локальных характеристиках поведения профилей дисперсии и светимости. Именно исследованию и тестированию подобных локальных методов в основном и посвящена данная работа.

Диссертация состоит из Введения (Глава 1), четырех основных глав, заключения и списка литературы.

Традиционно, во Введении описываются проблемы, затронутые в диссертации, а также актуальность и цели работы. Вторая глава дает общий обзор методов, уделяя особое внимание локальным и глобальным методам расчета массы на специальном радиусе, где оценка наименее чувствительна к распределению звездных орбит. Эта глава также имеет вводный характер и не относится напрямую к исследованию диссертантки. Основные результаты, полученные автором, изложены в главах 3–5.

В Главе 3 тестируется локальный метод оценки масс на большой выборке модельных эллиптических галактик, полученных численным моделированием. Показано, что для наиболее массивных галактик метод позволяет получить несмещенную оценку круговой скорости, которая напрямую связана с искомой массой галактики, с среднеквадратичной точностью 5...8%. Отмечается, что при анализе с использованием лучевой дисперсии скоростей, сливающиеся галактики, а также галактики, имеющие значительное вращение и наблюдаемые вдоль оси вращения, должны быть исключены. Отдельно рассмотрены галактики с большим красным смещением ($z = 1$ и $z = 2$), для которых также продемонстрирована несмещенность оценки и умеренный разброс ошибки определения массы. Область применения локального метода оказывается не ограниченной лишь галактиками, и применима к скоплениям галактик.

В Главе 4 метод адаптируется к наблюдениям в режиме длинной щели и применен к реальным объектам. Применение метода с использованием профиля светимости и дисперсии скоростей, измеренных вдоль большой фотометрической оси галактики, требует коррекции, которая была предложена путем введения замены дисперсии скоростей на среднеквадратичную скорость, включающую проекцию скорости вращения на луч зре-

ния. Это также позволило получить несмещенную оценку с умеренным разбросом ошибок определения массы.

В той же главе для ряда галактик проведено сравнение результатов метода с оценками, полученными из анализа рентгеновских данных и получено хорошее согласие. Полученное в некоторых случаях отличие оказывается ожидаемым и объясняется особенностями методов. Для этих галактик определена доля темной материи в пределах специального радиуса, которое составило от 60 до 75 % в зависимости от принятой модели начальной функции масс.

Глава 5 посвящена сравнению локального и глобального методов оценки масс, основанных на анализе лучевой скорости и поверхностной светимости, на аналитических моделях, модельных галактиках и выборке реальных галактик, изученных ранее с помощью других, более сложных методов оценки масс. В целом, локальный метод оказывается предпочтительнее глобального.

В Заключение перечислены основные результаты, полученные в диссертации.

Перечислю свои замечания и вопросы относительно работы.

1) Одним из существенных фактов, влияющих на исследования в этой области, является вырождение между массой галактики и анизотропией. Этот факт упоминается несколько раз, но ссылок на работы, где изучалась эта проблема, нет.

2) Одна из основных анализируемых в диссертации величин, $\sigma_p(r)$, определена только на словах. С ней связано множество утверждений, например, что выражение (2.4) “строго не зависит от анизотропии”. Желательно было бы иметь определение этой величины как некоторое среднее от функции распределения, либо описание процедуры подсчета этой величины, которая проводилась автором при обработке численного моделирования галактик. Также было бы полезно дать связь этой величины с компонентами тензора дисперсии скоростей для используемого в работе изотермического потенциала.

3) Определение параметра анизотропии β различно на стр. 15 и 19.

4) Стр 15, формула (2.5). Используя данные в работе соотношения между радиусами, выражение (2.3) сводится к (2.5) с коэффициентом 10, а не 1.6. Тогда становится непонятно значительное отличие численных коэффициентов в формулах (2.5) и (2.8).

5) Стр 15. “... гравитационный потенциал эллиптических галактик близок к изотермическому. Это подтверждается ...” Необходимо было привести ссылки на соответствующие

работы.

б) Формулы (2.9), (2.11), отношение масса-светимость Υ . Величина $j(r)$ определена как объемная плотность. Тогда, согласно (2.11), $I(R)$ – поверхностная плотность. Но по данному в диссертации определению, это – поверхностная светимость. Если $j(r)$ на самом деле объемная светимость, то на каком основании к ней применяется уравнение Джинса? Такая подмена вполне оправдана, если отношение масса-светимость Υ звездной компоненты не зависит от радиуса, однако данный вопрос не обсуждается в нужном контексте.

Диссертация содержит и другие незначительные погрешности (в основном – опiski в формулах и следы от электронных версий публикаций автора), на которые диссертантке было указано рецензентом в ходе переписки. В целом диссертация производит очень хорошее впечатление, отлично структурирована, написана внятно и интересно. Все основные результаты опубликованы в ведущих международных журналах. Восхищает также виртуозное владение автором как теоретическими методами, так и умением связать их с наблюдательным материалом. Полученные в работе результаты несомненно найдут свое применение в галактической астрономии.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации и корректно описывает личный вклад автора. Считаю, что Н. С. Лыскова несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Отзыв заслушан и одобрен на заседании Ученого Совета ИНАСАН (Протокол № 15107 от 04.12.2015 г.).

Ведущий научный сотрудник, д.ф.-м.н.



Е. В. Поляченко