

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию ЧУЛКОВА Дмитрия Александровича «Исследование популяции визуальных двойных звезд» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 — физика космоса, астрономия

Диссертация **Дмитрия Александровича Чулкова** посвящена изучению визуальных двойных звезд. Наземные наблюдения таких двойных имеют длительную историю, а относительно недавно появились и космические наблюдения. Двойные и кратные системы играют важную роль в звездной астрономии.

Например, зная период обращения компонентов двойной вокруг центра масс и угловой размер орбиты, применяя третий закон Кеплера, можно осуществить метод динамического параллакса. Этим методом можно оценить как массы компонентов двойной, так и гелиоцентрическое расстояние до системы. В настоящее время, согласно коллаборации GRAVITY, анализ орбитального движения нескольких звезд вокруг центральной сверхмассивной черной дыры позволяет оценивать этим методом расстояние от Солнца до центра Галактики с относительной погрешностью около 0.3%, с маленькой погрешностью оценена и масса сверхмассивной черной дыры. Для целого ряда спектрально-двойных значения динамических параллаксов настолько точны, что позволили (наряду с другими независимыми источниками) контролировать смещение нуля-пункта тригонометрических параллаксов каталогов Gaia DR1, DR2 и EDR3 с высокой точностью.

В диссертации исследовано распределение отношения масс компонентов двойных и кратных систем, уточнена начальная функция масс, получены оценки масс компонентов большого количества двойных систем с известными орбитами. При этом были использованы высокоточные наблюдения проекта

Gaia, в том числе данные самой последней версии каталога, Gaia DR3. Таким образом, **актуальность работы** не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из введения, двух глав. Она изложена на 109 страницах, включает 16 таблиц и 26 рисунков, список литературы содержит 148 наименований.

**Сущность полученных результатов.** В стандартном введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы. Описаны цели и задачи исследования, дается характеристика научной новизны работы, а также научной и практической значимости полученных результатов. Все основные результаты диссертации описаны в двух главах.

В первой главе с помощью метода популяционного синтеза исследован наблюдательный ансамбль визуальных двойных звезд. Здесь использованы данные из таких каталогов, как WDS, Hipparcos, Tycho-2 и Gaia DR2. Составлена рабочая выборка из 1227 двойных и кратных систем. Модель генерирует распределение таких параметров двойных систем, как начальные массы компонентов, возраст, металличность, пространственное распределение, межзвездное поглощение и расстояние между компонентами. Полученные синтетические распределения сравниваются с наблюдаемыми с помощью статистических критериев согласия. Показано, что предложенная модель неплохо воспроизводит характеристики как одиночных звезд, так и двойных систем в околосолнечной окрестности радиусом 150-200 пк. В частности, модель хорошо воспроизводит наблюдаемые распределения блеска компонентов двойных и углового расстояния между этими компонентами. Получены ограничения на начальную функцию масс и распределение размера орбит двойных звезд.

Во второй главе изучены более 3000 визуальных двойных с известными орбитами из каталога ORB6 и параллаксами из самых современных выпусков Gaia, таких как Gaia EDR3 и Gaia DR3. Эта глава является наиболее важной и

интересной, так как в ней решается основная задача, для выполнения которой проводятся длительные наблюдения двойных звезд. А именно, оцениваются массы компонентов двойных систем на основе применения третьего закона Кеплера (оценка динамической массы).

Наиболее привлекательными являются около 500 двойных с тригонометрическими параллаксами Gaia, известными для каждого компонента. Однако диссертант не ограничивается рассмотрением только этих систем, а рассматривает разнообразные возможности, где применяются и не полные данные измерений. Проанализирован тип решения в зависимости от параметров двойной системы. Обнаружены кандидаты в оптические пары, выявлены физические системы с большим различием параллаксов, проанализированы погрешности опубликованных параллаксов. Проведен поиск далеких компонентов (третьего компонента кратной системы, или третьего света) для дополнительного привлечения параллаксов Gaia EDR3. Получено синтетическое соотношение масса-светимость для звезд главной последовательности в фотометрической полосе Gaia, которое использовано для оценок фотометрических масс.

В конечном итоге, в диссертации установлены параллаксы 3350 систем из каталога орбит визуальных двойных звезд с привлечением данных Gaia EDR3 и других каталогов. Получены оценки динамической и фотометрической массы для большого количества двойных систем. Показано, что для 326 двойных систем согласие между динамической и фотометрической массой составляет менее 20%.

**Научная новизна результатов** диссертации определяется тем, что в ней:

1). Получены ограничения на начальную функцию масс, распределение отношения масс компонентов и размера орбиты при анализе всенебесной выборки двойных звезд поля с учетом пространственного распределения с помощью созданной модели популяционного синтеза. 2). Оценены массы визуальных двойных звезд с известными орбитами. 3). Выполнена апробация

заявленных погрешностей параллакса Gaia EDR3 с помощью визуальных двойных звезд с известными орбитами. 4). Получено соотношение масса-светимость в фотометрической полосе Gaia для звезд главной последовательности.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, а также их достоверность.** Все результаты диссертации обоснованы. Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием современных высокоточных измерительных данных, применением объективных методов статистического анализа, а также согласием полученных результатов с опубликованными другими авторами.

**Замечания по диссертации:**

1). В предлагаемой модели (раздел 1.7, стр. 30) тонкий и толстый диски Галактики описываются на основе экспоненциального закона распределения плотности с различными значениями радиальной шкалы расстояний  $L$ .

В этом разделе хотелось бы видеть ссылки на работы других авторов по определению количественных характеристик радиальных и вертикальных шкал тонкого и толстого дисков Галактики. Хотелось бы так же видеть обоснование применению различных значений  $L$ .

По моему мнению, дискриминация дисков вполне может быть достигнута путем применением только параметров вертикального распределения – шкалы высот  $h$ , значения которой в настоящее время хорошо известны для самых разнообразных звездных выборок.

2). Хотелось бы иметь более подробный анализ рисунка 15. А именно, хотелось бы понять почему самые интересные звезды Gaia, для которых измерены параллаксы обоих компонентов, являются наиболее далекими во всей выборке?

Редакционные замечания:

1. Неудачное обозначение единиц измерения тригонометрического параллакса – мс, ведь речь идет о миллисекундах дуги, а не времени. Поэтому лучше использовать мсд. А обозначение единиц измерения собственного движения  $\mu$ , например, в формуле (7) и вовсе не корректно, так как вместо лет необходимо писать год, мсд/год (миллисекунды дуги в год).
2. Неудачной является запись звездных величин  $0,25^{\text{mag}}$ . Так как в русской литературе обычно используется более короткая запись  $0.25^{\text{m}}$ .
3. Стр.53. В предложении “Орбиты оцениваются 1-5 в зависимости от ...” пропущено слово классами, т.е., надо писать “Орбиты оцениваются классами 1-5 в зависимости от ...”

Диссертация написана ясным языком, в достаточной степени проиллюстрирована. Оценивая работу в целом, можно заключить, что она является законченным научным исследованием, направленным на глубокое изучение двойных звезд. Высказанные замечания не влияют на высокую оценку диссертации.

**Полнота представления результатов.** Основные результаты диссертации отражены в 5 научных статьях, из которых 4 работы опубликованы в реферируемых журналах, входящих в список ВАК. Результаты диссертации неоднократно докладывались на российских и международных астрономических конференциях. В работах, написанных в соавторстве, личный вклад соискателя четко обозначен. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

**Заключение.** Все вышеизложенное позволяет заключить, что диссертация Дмитрия Александровича Чулкова “Исследование популяции визуальных двойных звезд” является законченным самостоятельным исследованием, выполненном на высоком научном уровне. Диссертация соответствует специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия (по физико-математическим

наукам) и удовлетворяет критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Автор диссертации Чулков Дмитрий Александрович, безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 — физика космоса, астрономия.

Официальный оппонент  
доктор физ.-мат. наук,  
заведующий лабораторией динамики Галактики  
ГАО РАН  
Вадим Вадимович Бобылев

3 октября 2023 года

Контактные данные:  
тел. +7 812 363-7252,  
[vbobylev@gaoran.ru](mailto:vbobylev@gaoran.ru),  
Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация:  
01.03.01 - Астрометрия и небесная механика

196140, Россия, Санкт-Петербург,  
Пулковское шоссе д. 65 корп. 1,  
тел.+7(812)363-7207  
e-mail: [map@gaoran.ru](mailto:map@gaoran.ru)

Подпись В.В. Бобылева удостоверяю,  
Ученый секретарь ГАО РАН,  
кандидат физ.-мат. наук

О. Ю. Барсунова

03.10.2023 г.