

## О Т З Ы В

научного руководителя

о выпускной квалификационной работе *Веселовой Ангелины Владимировны*  
«Параметрическое пространственное моделирование  
сегментов спиральных рукавов Галактики»  
(направление 03.06.01 «Физика и астрономия»,  
основная образовательная программа МК.3007.2015 Астрономия)

В работе был предложен, исследован и применен принципиально новый подход к пространственному моделированию сегментов спиральных рукавов Галактики, включающий определение расстояния до полюса (геометрического центра) спиральной структуры, т.е. расстояния до центра Галактики  $R_0$ . Предлагаемый метод является первым пространственным методом определения  $R_0$ , применимым к объектам плоской подсистемы Галактики. Метод может быть приложен к любым объектам, трассирующим галактическую спиральную структуру, и не требует дополнительных предположений о природе отдельных ее деталей.

Выпускная работа в основном посвящена апробации и тестированию нового подхода. Аспирантка решила эти задачи с присущими ей основательностью и тщательностью. Вначале был численно-аналитически исследован вопрос о восстановлении логарифмической спирали по точкам ее сегмента. Это оказалось неожиданно сложной проблемой. На основе полученных результатов был построен упрощенный (трехточечный) метод решения задачи, позволивший за разумное время осуществить обширные численные эксперименты, направленные на установление статистических свойств решения. Метод позволил также сразу выполнить апробацию нового подхода на реальных данных о пространственном положении мазеров с тригонометрическими параллаксами. Наконец, было проведено собственно тестирование работы метода на модельных данных.

Полученные в работе результаты свидетельствуют в пользу состоятельности оценки  $R_0$  по геометрии спирального сегмента. Дисперсия оценки  $R_0$  сильнее всего зависит от угловой протяженности сегмента, а также неопределенности параллаксов. Показано, что значимые смещения оценки в некоторых вариантах обусловлены в основном случайными ошибками в параллаксах. Это означает необходимость учета последних в последующих реализациях подхода, что возможно только в рамках метода наибольшего правдоподобия. При этом получен неожиданный фундаментальный результат: расстояние до полюса спирального сегмента определяется точнее, чем расстояние до центра кольца по его сектору при прочих равных условиях.

Наилучшими объектами для применения нового подхода оказались мазеры с тригонометрическими параллаксами. В частности, потому что неопределенность измерений параллаксов этих объектов с увеличением гелиоцентрического расстояния не остается постоянной, как ожидалось, а систематически снижается (!), как показано в работе. Апробация метода на данных о мазерах привела к первой в рамках нового подхода оценке  $R_0 = 8.8 \pm 0.5$  кпк по двум спиральным сегментам. При использовании большего числа сегментов точность итоговой оценки  $R_0$  может возрасти по крайней мере до  $\pm 0.3$  кпк. По мазерам определены параметры пяти сегментов спиральных рукавов. Подтверждено различие спиральных рукавов по углу закрутки. Показано, что сами углы закрутки в общем случае существенно зависят от величины  $R_0$ .



Представленные результаты полностью опубликованы и отмечены Научным Советом по астрономии РАН как одно из важнейших достижений в 2018 г. Выпускная работа включает лишь часть исследований, проведенных А. В. Веселовой в данном направлении. На самом деле более корректная техника пространственного моделирования деталей спиральной структуры в рамках метода наибольшего правдоподобия уже реализована применительно к мазерам и классическим цефеидам; результаты неоднократно докладывались на конференциях, но преимущественно еще не опубликованы. Этот материал не вошел в ВКР из-за ограничения на объем работы.

Аспирантка, обладая редкой способностью работать много и планомерно, блестяще справилась со всеми задачами, выполнив большой объем аналитической и сложной вычислительной работы. Развиваемое А. В. Веселовой направление имеет значительную перспективу, позволяя ставить и решать принципиально новые задачи. Выпускная квалификационная работа несомненно заслуживает оценки «отлично».

Доцент Кафедры небесной  
механики СПбГУ



И. И. Никифоров

11.06.2019