

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Макарова Даниила Дмитриевича

**«Анализ скоростей близких карликовых галактик и оценка массы
Млечного Пути, Туманности Андромеды и Местной Группы»,**
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия»

Тематику диссертации Даниила Макарова следует охарактеризовать как наблюдательную космологию: действительно, исследуя детально динамику близких галактик, спутников Млечного Пути и Туманности Андромеды, а также карликов Местной Группы, он вкладывает свои результаты в контекст локальных проявлений крупномасштабной структуры Вселенной и последствий ее эволюции. Наблюдения последнего десятилетия, особенно наблюдения космического аппарата Gaia, обеспечили огромный объем беспрецедентной по точности информации о положениях и скоростях (и самом существовании) карликовых галактик Местной Группы, давая таким образом возможность на основе этой информации проверить предсказания Λ CDM-модели относительно свойств Местной Группы – если считать Местную Группу типичной гравитационно-связанной системой галактик в современную эпоху. Комплексный подход к интерпретации этой информации, представленный диссертантом, позволил ему продвинуть наше понимание современного статуса «сборки» Местной Группы прямо по «горячим» следам, и его работа, несомненно, является крайне **актуальной**.

В диссертации – три больших главы, из которых в первой и третьей содержатся в известной степени сенсационные выводы. В первой главе обнаружено различие динамики внутренних и внешних спутников Млечного Пути, а в третьей на новом, более богатом наблюдательном материале подтверждена совершенно неожиданная (в рамках стандартной космологии) динамическая «холодность» Хаббловского потока в окрестностях Местной Группы. Во второй главе уточнены, с привлечением самых современных данных о расстояниях и кинематике спутников, динамические массы Млечного Пути и Туманности Андромеды. В этой главе сенсации не случается: полученные оценки укладываются в ожидания от работ предшественников.

Работа сделана очень тщательно: привлечен огромный объем информации, к которой приложены весьма продвинутые аналитические методы; все логические связи выверены и убедительны. Благодаря этому, выводы работы выглядят

абсолютно **достоверными и обоснованными**. Хотя в области оценки динамических масс Млечного Пути и Туманности Андромеды уже сделано много работ (и автор скрупулезно описывает все, что было сделано его предшественниками), но **новизна** результатов обеспечивается актуализацией вовлеченной в анализ информации и усовершенствованием алгоритмов, примененных для ее обработки. Результаты диссертации доложены на нескольких международных и всероссийских астрономических конференциях и опубликованы в трех больших статьях в высокорейтинговых международных астрономических журналах.

Если отмечать недостатки работы, то оппоненту не хватило внутренней согласованности трех глав работы (хотя в ходе обсуждений результатов попытки состыковать выводы этих трех глав делались). В первой главе фактически установлено, что внутренняя подсистема спутников упорядоченно вращается вокруг Млечного Пути (даже в процессе проверки основного вывода, что видимый избыточный диполь системы Солнце-внутренние спутники вызван приливным влиянием Большого Магелланова Облака, отмечено, что это влияние сказывается должным образом только на спутниках с повышенным угловым моментом). Тем не менее, во второй главе, после вывода основной формулы для «лучевой» массы Млечного Пути, куда входит средний эксцентриситет орбит системы спутников, диссертант, при расчете окончательного количественного результата, приравнивает этот средний эксцентриситет одной второй, предполагая изотропное распределение орбит спутников. Казалось бы, логичнее было бы пересчитать средний эксцентриситет на вращающуюся плоскость внутренних спутников; или же, предполагая изотропное распределение орбит, учитывать только внешние спутники, на расстояниях больше 90 кпк от Галактики.

При сравнении основных выводов второй и третьей глав несколько коробит «оптимизация» оценки массы Местной группы путем борьбы за минимизацию разброса оценок этой массы при включении спутников на разном расстоянии от барицентра. Это было бы оправдано, если бы разброс физически содержал только ошибку измерений (расстояний и скоростей). Однако тут же приводятся результаты космологических симуляций, где этот самый разброс (карликов за пределами вириального радиуса Млечного Пути и Туманности Андромеды относительно Хаббловского потока) имеет внутреннюю физическую природу и связан со стохастичностью прихода карликовых галактик в группу в процессе иерархического сгущивания. Результатом такой оптимизации становится фактическое расхождение с результатами второй главы: если в выводах второй

главы Туманность Андромеды в два раза тяжелее Млечного Пути, то в конце третьей главы они практически сравниваются по массе.

Небольшое замечание также хочется сделать относительно оформления работы.

Список литературы содержит перечисление статей в порядке их упоминания в диссертации, и в самом тексте работы ссылка делается на номер статьи в библиографии, часто без упоминания автора (авторов). Между тем, список библиографии (весьма обширный, надо признать) в конце диссертации оформлен очень пестро. У меньшей части статей описание начинается с фамилии первого автора курсивом, тогда как у большинства статей описание начинается с заголовка статьи, а следующие за этим фамилии авторов не выделены особым шрифтом; и отождествлять статью, не видя с ходу фамилии авторов, становится сложно.

На рис.2.4, внутри самого графика показано разделение спутников на внутренние и внешние по граничному расстоянию $D < (>) 87$ кпк, тогда как и в подписи, и в тексте фигурирует граничное $D=86$ кпк.

Однако упомянутые недостатки не снижают в целом хорошего впечатления от диссертации. Читать ее было истинным удовольствием. Результаты получены очень интересные, подходы к их получению описаны и обоснованы весьма тщательно. Текст написан отличным русским языком, грамматических ошибок вообще не замечено.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Диссертация Д.Д. Макарова «Анализ скоростей близких карликовых галактик и оценка массы Млечного Пути, Туманности Андромеды и Местной Группы» является законченным научно-исследовательским трудом и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК при Минобрнауки РФ к кандидатским диссертациям (утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842); а ее автор, Макаров Данила Дмитриевич, безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия».

Доктор физико-математических наук,
заместитель директора по научной работе
Государственного астрономического института
имени П.К. Штернберга Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования

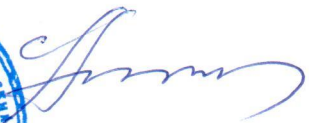
«Московский государственный университет имени
М.В. Ломоносова» (МГУ имени М.В. Ломоносова)



Сильченко Ольга Касьяновна

31 октября 2025 года
Почтовый адрес: 119234, Москва,
Университетский проспект д.13,
ГАИШ МГУ,
Телефон: +79175126451
Электронный адрес: sil@sai.msu.ru

Подпись О.К. Сильченко заверяю.
Ученый секретарь ГАИШ МГУ,
Канд. Физ.-мат. наук



О.К. АНТИПИН