

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу **Марчука Александра Александровича** на соискание ученой степени «кандидат физико-математических наук» по специальности «01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия» (отрасль наук: «физико-математические») на тему «**Динамический статус газовых дисков спиральных галактик с точки зрения критерия двухжидкостной неустойчивости**»

Основное событие в эволюции галактик и главный механизм их структурного оформления - это звездообразование. Звездообразование сосредоточено главным образом в дисках галактик, наполненных холодным газом; и управляет ходом звездообразования гравитационная неустойчивость дисков. Несмотря на то, что теоретическую основу под описание этого процесса заложил еще Джинс сто лет назад, детали этого описания, которые собственно и формируют течение процесса звездообразования при различных локальных характеристиках дисков, до сих пор продолжают уточняться. И в этом плане тема диссертации Александра Марчука является крайне **актуальной** и находится в самом мейнстриме современных исследований звездообразования в дисках галактик. Диссертант развивает физическое описание гравитационной неустойчивости в дисках, опираясь на самые современные наблюдательные данные как по кинематике дисков галактик, так и по распределению в них плотности газа и звезд. Эти наблюдательные данные, необходимого для задач Марчука качества и детальности, появились только в самые последние годы, что и позволило диссертанту кардинально уточнить описание динамики газовых дисков. Привлечение этих данных позволило отказаться в модели от априорных предположений, снижающих точность описания, а иногда и просто несправедливых для конкретных галактик. Таким образом, модельное описание в диссертации Марчука является **новым и более обоснованным**, чем в предыдущих подходах исследователей к этой проблеме. **Достоверность выводов** обеспечивается строгим физическим подходом к динамике газовых дисков галактик. **Выводы работы весьма значимы** для улучшения нашего понимания процессов звездообразования в дисках галактик и для понимания эволюции галактик в целом.

Достоинством работы несомненно является цельность рассмотренной проблематики. Все три главы диссертации посвящены всестороннему обоснованию необходимости использования двухкомпонентного критерия гравитационной неустойчивости, учитывающего «совместную жизнь» звездного и газового дисков, и приложению этого подхода к реальным наблюдательным характеристикам реальных галактических дисков. В рамках этой модели диссертант разрешает несколько давних парадоксов, которые серьезно осложняли интерпретацию присутствия текущего звездообразования в областях галактических газовых дисков, где по классическому критерию Джинса его не должно было быть. По крайней мере на качественном уровне диссертанту удалось показать, что применение двухкомпонентного критерия гравитационной неустойчивости снимает все несоответствия и таким образом дает прочную физическую основу явлению «поджига» звездообразования в газовых дисках галактик. Вызывает уважение огромный объем фактического материала, который диссертант собрал и освоил в процессе усовершенствования применения двухкомпонентного критерия гравитационной неустойчивости к конкретным галактикам: это и фотометрические данные в различных диапазонах длин волн, и спектральные данные как в одномерном ('long-slit') варианте, так и в виде панорамных кубов данных, и наблюдения атомарного водорода и молекулярного газа...

Собственно, и небольшие недостатки работы, которые мне удалось заметить, вытекают из огромного объема наблюдательных данных, которые автор диссертации, будучи теоретиком, должен был собрать и осмыслить в рамках выполнения своей задачи. Сложная задача перевода поверхностной яркости в поверхностную плотность звездного

населения, на мой взгляд, требует более тонкого подхода, чем использует диссертант в главах 2 и 3. Он фиксирует отношение массы к светимости для конкретных галактик. Между тем, характеристики звездного населения меняются вдоль радиуса диска, и вместе с ними меняется и локальное отношение массы к светимости. Это заметно (и может быть учтено) по сильным градиентам цвета в дисках. То, что учет радиального изменения отношения массы к светимости может привести к критично иным результатам, известно, например, из исследования так называемых обрезанных ('truncated') звездных дисков: в поверхностной яркости у них наблюдается излом и резкое падение на периферии, тогда как грамотный переход к поверхностным плотностям превращает их в галактики с единым экспоненциальным масштабом на всем измеряемом протяжении диска (J. Vokos et al. 2008). Именно в процессе перевода поверхностной яркости в поверхностную плотность звездного населения дисков у диссертанта, на мой взгляд, наблюдается наибольшее количество шероховатостей подхода. Например, в Главе 2, Таблица 3 (стр. 71), мы видим, что значение $M/L(R)=4.95$ для NGC 1167, полученное в рамках модели максимального диска, характеризуется автором как слишком большое, и он переходит для этой галактики к модели субмаксимального диска. И рядом в этой же таблице значения $M/L(R)=7.32$ и 7.80 для NGC 5533 и NGC 3898 не вызывают у автора никаких протестов. Между тем последние два объекта - спиральные галактики, а NGC 1167 - линзовидная, и соответственно, звездное население диска NGC 1167 значительно старше; именно для этой галактики следовало ожидать максимального отношения $M/L(R)$ в диске. И модельные оценки в рамках эволюционного синтеза (см., например, Percival et al. 2009) показывают, что $M/L(R)=4.95$ для старого звездного населения - это абсолютно нормально. Загадочно затейлив оказался способ построения карты поверхностной плотности звездного населения NGC 628 в Главе 3: сначала карта на 3.6 мкм из обзора S4G модельным образом пересчитывалась в карту в фильтре K(2 мкм), а потом к этой пересчитанной карте в фильтре K(2 мкм) применялось фиксированное (почему?) отношение массы к светимости $M/L(K)=0.5$. Между тем, в рамках обзора S4G детально был исследован прямой путь перевода карт поверхностной яркости на 3.6 мкм в карты поверхностной плотности (с учетом незначительных вкладов пыли, красных сверхгигантов и т.д.), и судя по ссылке на статью [120], диссертант даже об этой работе знает. Конечно, надо было брать карту поверхностной плотности прямо из обзора S4G.


Среди других мелких недостатков диссертации следует отметить местами небрежное цитирование использованных работ. Например, в Главе 1 на стр. 25, описывая источники наблюдательных данных, автор перепутал, откуда какие галактики он взял: на самом деле, Засов и др. (2012) опубликовали кинематические данные для NGC 3245 и NGC 338, а не для NGC 1167 и NGC 4150, которые были исследованы ранее, в работе 2008 года. И более того, смелое утверждение диссертанта, что "Процесс обработки и наблюдения для галактик NGC 1167 и NGC 4150 ... не отличается от такового для двух других галактик NGC 338 и NGC 3245..." абсолютно неверно: хотя инициатором и заглавным автором обеих статей является А.В. Засов, в статье 2008 года данные обрабатывал Алексей Моисеев и применял кросс-корреляцию спектров галактик со спектрами звезд-гигантов поздних классов, тогда как в статье 2012 года обработкой и вычислением радиальных кинематических профилей занимался Иван Катков, а он всегда (и в данном случае тоже) использует прямой фиттинг спектров галактик эволюционными моделями. Так что методы обработки и анализа спектров были разные. Впрочем, известно, что оба метода дают согласующиеся результаты.

Однако вышеупомянутые недостатки не снижают в целом сильного положительного впечатления от работы диссертанта и никоим образом не умаляют обоснованности и достоверности основных выводов и заключений диссертации. Работа является самостоятельным научным исследованием мирового уровня в области динамики галактических дисков. Я считаю, что диссертация А.А. Марчука удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (Положение «О порядке присуждения ученых степеней»), а ее автор, Александр Александрович Марчук, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 - астрофизика и звездная астрономия. Выносимые на защиту

выводы полностью опубликованы в научной печати - в 3 статьях в высокоимпактном международном журнале Monthly Notices of the Royal Astronomical Society; автореферат диссертации правильно отражает ее содержание.

Зав. отделом физики эмиссионных звезд и галактик ГАИШ МГУ
(119991, Москва, Университетский проспект, 13)
доктор физ.-мат. наук

О.К. Сильченко


04.06.2018

Подпись зав. отделом ГАИШ МГУ О.К. Сильченко заверяю

Директор ГАИШ МГУ
академик РАН, профессор



А.М.Черепашук