

## **Двойное ядро галактики UGC 4211 - кандидат в кротовые норы?**

Макушевич И. В. [ajir@ro.ru](mailto:ajir@ro.ru) Акустический институт им. акад. Н. Н. Андреева

**Аннотация.** Рассмотрены некоторые свидетельства в пользу того, что недавно обнаруженная двойная черная дыра в центре галактики UGC 4211 — возможно два близко расположенных входа в одну и ту же кротовую нору.

**Ключевые слова:** кротовые норы, Миллиметрон, Мультивселенная, Радиоастрон, черные дыры.

### **Введение**

Гипотетические кротовые норы — давний объект множества исследований, как теоретических, так и экспериментальных (астрономические поиски).

Теоретические исследования кротовых нор в рамках общей теории относительности начались с исходной статьи Эйнштейна и Розена [Einstein, Rosen, 1935], хотя, возможно, об этом писал еще Фламм [Flamm, 1916]. В [Алексеев, Ранну, Гареева, 2011] работа Фламма считается первой работой по кротовым норам:

«Впервые возможность существования пространственной геометрии в виде туннеля, соединяющего два мира, обсуждал еще в 1916 г. австрийский физик Л. Фламм».

В публикации [Lindley, 2005] работа Фламма считается лишь слабым намеком на кротовые норы. Мы не можем углубляться в историю, и не можем провести исчерпывающий обзор литературы о кротовых норах. Отметим только, что кротовые норы изучаются не только теоретически, их искали и в космосе, в т. ч. с помощью Радиоастрона (см. ниже).

Открытие кротовых нор имело бы огромное значение. В частности, кротовые норы могут связывать отдаленные области одной и той же вселенной (нашей или гипотетически — другой части Мультивселенной), разные вселенные (интересна гипотеза о том, как будет наблюдаться небо другой вселенной через кротовую нору [Шацкий, 2009]) или в самом фантастическом варианте — быть туннелями в прошлое, машиной времени.

В связи с возможностью кротовой норы быть машиной времени необходимо упомянуть идею Новикова о принципе самосогласованности (о ней см. [Компанеец, Штерн, 2015; Дубов, 2020]). Однако, возможно ли путешествие в прошлое и что делать с временными парадоксами — не основная тема нашей статьи.

Далее процитируем то, что о кротовых норах пишут Новиков и другие в недавней статье:

«Заметим, что в рамках ОТО был теоретически предсказан целый ряд объектов, которые вначале категорически отвергались как многими теоретиками, так и наблюдателями по причине их крайней необычности. Среди них можно назвать нейтронные звезды, чёрные дыры,  $\Lambda$ -член в уравнениях ОТО. Лишь спустя десятилетия после кропотливой работы теоретиков и наблюдателей они были открыты во Вселенной.

...

Открытие кротовых нор означало бы переворот в современной астрофизике, доказывающий существование принципиально новых объектов, сложную топологическую структуру пространства-времени и даже возможность существования других вселенных.

Результаты имеют не только фундаментальное значение для астрофизики, физики и науки в целом, но и носят мировоззренческий характер.» [Новиков и др., 2021. С. 425-426].

И ещё о значении кротовых нор:

«Кротовая нора — это гипотетический объект, описываемый несингулярным решением уравнений Эйнштейна с двумя большими (или бесконечными) областями пространства-времени, связанными горловиной. Рассматриваемые две большие области пространства-времени могут лежать в одной и той же Вселенной или даже принадлежать разным вселенным в модели Мультивселенной (см. [18]). В последнем случае "проходимые" КН представляют уникальную возможность исследовать другие Вселенные.» [Шацкий, Новиков, Кардашёв, 2008. С. 481].

В публикации Кардашёва Н. С., Новикова И. Д. и Репина С. В. [Кардашёв, Новиков, Репин, 2020] (для Кардашева Н. С. — посмертной) представлена и анализируется идея академика Кардашёва Н. С., ученика Шкловского И. С., о том, что некоторые двойные ядра галактик могут быть близкими входами в одну и ту же кротовую нору.

Существенный для настоящей работы вывод авторов:

"Если два близких входа в одну и ту же КН обладают радиальными магнитными полями, то направление полей должно быть противоположным у входов, так что во внешнем пространстве они составляют магнитный диполь. В этом случае весьма вероятно, что светящаяся плазма будет простирается от одного входа к другому. В других случаях такая структура поля, связывающая два объекта, невозможна и объяснения подобной видимой структуры затруднительны.

На рисунке 2 изображены двойные ядра некоторых галактик.

На рисунке 2г слабым пунктиром художник изобразил туннель, соединяющий два ядра и лежащий вне нашего пространства-времени.» [Кардашёв, Новиков, Репин, 2020, С. 668].

Рисунок 2 из этой работы воспроизведен на рис. 1.

Однако, не совсем понятно, почему для иллюстрации возможной кротовой норы авторы выбрали именно рис. 2г. Детальный анализ изображений в их работе не произведен (о самой проблеме анализа изображений см. ниже).

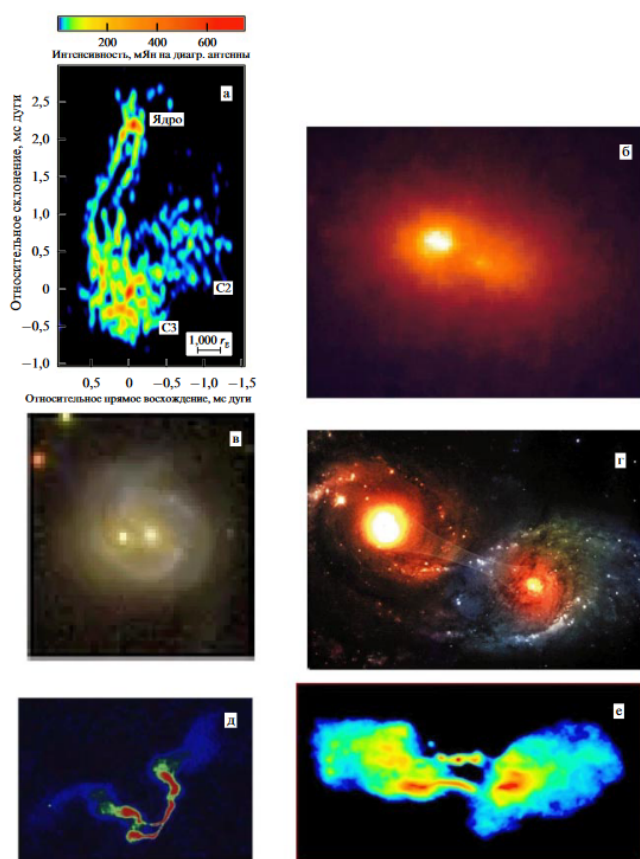


Рис. 1. Двойные ядра некоторых галактик. Рисунок из [Кардашёв, Новиков, Репин, 2020, С. 668].

## Двойное ядро галактики UGC 4211

В недавней (9 января 2023 г.) публикации [Koss et al., 2023] сообщается о подтвержденном открытии двойного активного ядра галактики с расстоянием между ядрами всего 230 пк. На рис. 2 воспроизведена Figure 1 из данной работы. Предоставлено изображение центра галактики UGC 4211 на шести волнах. Подробные изображения — второй и третий ряды.

На изображениях H $\alpha$  MUSE AO, а особенно HST 814W (космическая обсерватория Хаббл, фильтр 814W) — хорошо видна перемычка, предсказанная Кардашёвым и Новиковым, на изображении Кеск J она видна несколько хуже. При этом, на наш взгляд, перемычка видна лучше, чем на изображениях рис. 1. Это позволяет осторожно назвать двойное ядро галактики UGC 4211 кандидатом в кротовые норы.

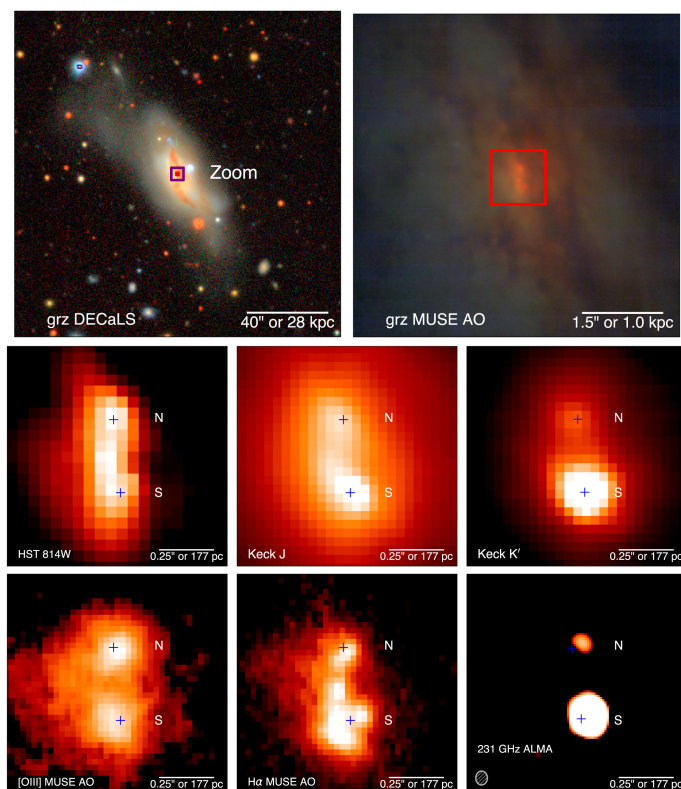


Рис. 2. Изображение центра галактики UGC 4211 из работы [Koss et al., 2023, p. 4].

Косвенным аргументом в пользу того, что это два входа в одну и ту же кротовую нору является также то, что измеренные массы ядер очень близки,

$$\log\left(\frac{M}{M_{\text{солнца}}}\right) \sim 8.1 \quad (\text{южное}) \quad \text{и} \quad \log\left(\frac{M}{M_{\text{солнца}}}\right) \sim 8.3 \quad (\text{северное}).$$

**Перспективы поиска кротовых нор на обсерватории Миллиметрон**

Существуют перспективы поиска кротовых нор после планируемого (довольно нескоро, конец 2020-х гг.) запуска космической радиообсерватории Миллиметрон. Но они неопределенные и по организационным, и по принципиальным вопросам.

В свое время планировали искать кротовые норы на предшествовавшей Миллиметрону космической радиообсерватории Радиоастрон.

В статье [Кардашёв, 2009] директор астрокосмического центра ФИАН Кардашёв Н. С. писал, что запуск Радиоастрона ожидается в 2010 году (оказалось в итоге в 2011 году) и возможно с его помощью откроют кротовые норы, а Миллиметрон будет запущен до 2020 года.

В 2016 году руководитель научной программы "Радиоастрона" Ковалёв Ю. Ю. в интервью сообщил, что кротовые норы не найдены, поиски продолжаются, но основная надежда на Миллиметрон:

«Изначально предполагалось, что "Радиоастрон" сумеет найти в космосе так называемые кротовые норы. Это теоретически предсказанный объект, через который можно попасть в другую точку Вселенной (или вообще в другую вселенную, или в другое время). Нечто похожее произошло в фильме "Интерстеллар". Скорее всего, обнаружить кротовые норы пока не получится. При этом "Радиоастрону" удаётся решать не менее интригующие задачи.

...

Структуры магнитного поля кротовой норы и чёрной дыры должны различаться. Пока всё, что мы видим, подтверждает гипотезу о чёрных дырах. Есть такое правило: пока "наблюдательная информация" не противоречит более простой модели, это значит, что более сложная не подтверждается. Это не значит, что кротовых нор нет. Но "Радиоастрону" это всё-таки сложно: нам должно немножечко повезти с объектами, да и разрешение нужно повыше. Мы пытались подойти очень близко к центральной машине самой близкой для наших целей галактики Дева А (M87). Но я буду крайне удивлён, если мы сможем что-то сказать на тему кротовой норы в её центре. "Миллиметрон" - следующий проект - будет в этом сильнее.» [Ковалёв, 2016]

В статье [Новиков и др., 2021] сообщалось, что Миллиметрон запустят в конце 2020-х гг. На сайте Миллиметрона сейчас имеется информация о том, что запуск будет в 2029 г. (на 10.08.2023).

Увы, для больших проектов космических обсерваторий это обычная история и у нас, и на Западе. К примеру, история с недавно начавшим работу долгожданным телескопом «Джеймс Уэбб». Скажем, в 2015-м писали, что запуск ожидается в 2018-м

[Березин, 2015]. В пресс-релизе 2018-го [NASA, 2018] NASA обещало запустить телескоп в начале 2021-го, но в итоге справились только 25 декабря 2021-го. Есть обзор [Войтюк, 2021] истории с «Джеймсом Уэббом».

Сравнение того, «где чаще и на дольше задерживают космические миссии», «где ответственнее изначально подходят к планированию» не входит в наши задачи. Если бы такую работу действительно сделать — это была бы как минимум отдельная интересная статья по истории науки.

Остается лишь надеяться, что Миллиметронтон все же рано или поздно запустят (это организационный и финансовый вопрос), и он все же найдет гораздо лучших кандидатов в кротовые норы, чем предлагаемый нами. Нельзя исключать и что вообще нет кротовых нор, и что они есть, но возможностей Миллиметронтона не хватит.

Далее обсудим опасности которые возникают при анализе изображений, когда «вроде на снимке неплохо видно то-то».

### **О проблеме визуального анализа изображений**

Рассмотрим три примера из истории науки: макроскопические флуктуации, «каналы» на Марсе и новейшую (первые открытия телескопа «Джеймс Уэбб») проблематику числа дисковых галактик в ранней Вселенной.

Первый. О спорных исследованиях известного биофизика Шноля С. Э. об явлении макроскопических флуктуаций. Эти исследования настолько интересны, что были предметом редкого случая – спора между двумя академиками, редакторами журнала «Успехи физических наук» и членами «Комиссии по борьбе с лженаукой» Гинзбургом В. Л. (был «за») и Кругляковым Э. П. (был «против»). По итогам спора в УФН были опубликованы и статьи Шноля, и их критика ([Шноль, Коломбет, Пожарский, Зенченко, Зверева, Конрадов, 1998; Чернавский, 1998; Дербин, Бахланов, Егоров, Муратова, 2000; Кушниренко, Погожев, 2000; Шноль, Зенченко, Зенченко, Пожарский, Коломбет, Конрадов, 2000]).

Во избежании недоразумений поясним, что подробности частных взаимоотношений Гинзбурга В. Л., Круглякова Э. П. и Шноля С. Э. нам известны, разумеется, не из каких-то «своих источников». Просто Кругляков Э. П. сам рассказывал об этом в интервью:

«Несмотря на возраст, более 10 последних лет жизни он оставался главным редактором известного журнала "Успехи физических наук" <http://ufn.ru/>, и это не был "свадебный генерал", он действительно редактировал статьи, рекомендовал авторов.

Были, конечно, ошибки. Мы с ним как-то сцепились по поводу статьи Шноля.

А в чём был предмет разногласий?

А предмет состоял в том, что Шноль, биолог, написал о том, что интенсивность излучения радиоактивного источника периодически менялось во времени. С точки зрения физики этого не могло быть. А Виталий Лазаревич эту статью опубликовал. Я Виталию Лазаревичу говорил, что этого не может быть, впрочем, не я один. Впрочем, после статьи Шноля он опубликовал возражения оппонентов, так что всё было в порядке. Но это редкий случай. Он очень хорошо чувствовал, что есть наука, а что - не наука.» [Кругляков, 2009].

Стоит отметить, что в 2018 г., уже после смерти и Гинзбурга В. Л. (1916-2009) и Круглякова Э. П. (1934-2012), но когда еще был жив Шноль С. Э. (1930-2021), об исследованиях Шноля С. Э. и бывшей в 1998-2000 гг. дискуссии в редакции УФН вспомнили при обсуждении новости о странной корреляции между обнаруженным гравитационным событием (GW 170817) и событиями в постоянно работающих детекторах  $\beta$ -распада ядер [Fischbach et al., 2018; Ерошенко, 2018].

Нас интересует эта дискуссия лишь в ключе того, что критики Шноля С. Э. настаивали, что нельзя использовать «экспертную» ручную оценку сходства или различия графиков, нужны чисто математические методы. Критики [Кушниренко, Погожев, 2000] предложили метод, основанный на одной из «мер сходства». Шноль С. Э. и др. отвечали [Шноль, Зенченко, Зенченко, Пожарский, Коломбет, Конрадов, 2000], что, к сожалению, все не так просто, приводили пример, когда визуально сходные и визуально разные гистограммы этот метод не различает, но соглашались, что разработка чисто автоматического метода действительно является актуальной задачей, но, увы, очень сложной.

В 2009-м г. Шноль С. Э. издал монографию о макроскопических флуктуациях [Шноль, 2009]. К тому времени автоматический метод разработан не был. Насколько нам известно, он не разработан и сейчас.

Второй. Перейдем к более близкому примеру из истории астрономии. Печально прославились «каналы» на Марсе. В недавно изданной книге астроном Сурдин В. Г. писал:

«Следует признать, что история с марсианскими каналами так и не получила исчерпывающего объяснения. Есть старые рисунки с каналами и современные фотографии без них (рис. 4.22). Где же каналы? Обычно говорят, что виной всему стали

зрительная иллюзия и воспаленное воображение. Но что это было на самом деле? Заговор астрономов? Массовое помешательство? Самовнушение? Трудно упрекнуть в этом ученых, отдавших жизнь науке. Возможно, разгадка этой темной страницы в истории изучения Марса ждет нас впереди.» [Сурдин, 2022. С. 87-88].

Саган К. писал:

«Марсианские каналы представляются следствием какого-то странного сбоя в совместной работе рук, глаз и мозга, проявляющегося у людей в сложных условиях наблюдения (по крайней мере, у некоторых людей; многие астрономы, располагая такими же, как у Лоуэлла, инструментами и условиями для наблюдения, заявляли, что никаких каналов нет). Но и это объяснение весьма далеко от удовлетворительного, и меня продолжают мучить сомнения, что какая-то существенная деталь в проблеме марсианских каналов остается нераскрытой. Лоуэлл всегда говорил, что правильная форма каналов является безошибочным признаком их разумного происхождения. Безусловно, это верно. Единственный нерешенный вопрос — с какой стороны телескопа находился этот разум.» [Саган, 2022].

Отметим, что Саган К. известен своим скептицизмом, и если он написал, что источник заблуждения с каналами не до конца понятен — это дорогого стоит.

Третий. Проблема визуальной работы с изображениями касается не только истории науки («каналы» на Марсе) и не только каких-то «спорных и сомнительных исследований» (работы Шноля С. Э. по макроскопическим флуктуациям). Недавно проблема вкралась в новейшие и мейнстримные исследования на космическом телескопе «Джеймс Уэбб».

Вскоре после начала работы телескопа было сообщено о том, что число дисковых галактик в ранней Вселенной очень велико, гораздо больше, чем раньше считали по наблюдениям на Хаббле. Первый научный снимок телескопа «Джеймс Уэбб» предоставили 12 июля 2022 г., а препринт о большом числе дисковых галактик был опубликован 19 июля 2022 г., всего через неделю (а 10 октября 2022 г. статья прошла рецензирование и была опубликована в журнале The Astrophysical Journal Letters).

Попов С. Б. написал тогда:

«Авторы используют первые данные JWST для изучения морфологии молодых галактик. Основной результат довольно удивительный: на  $z=3-6$  уже много дисковых галактик. Гораздо больше, чем получалось по данным Хаббла. Конечно, это только первый результат. Так что его еще надо проверять, уточнять и тп. Но уже ясно, что

JWST действительно поможет гораздо лучше понять раннюю эпоху эволюции галактик.» [Попов, 2022].

Написали об этом и в новостях физики в УФН в сообщении «Первые наблюдения космического телескопа им. Джеймса Уэбба»:

«Неожиданным результатом стало то, что на красных смещениях  $z = 3-6$  дисковые галактики составляли половину от числа всех галактик [9]. Это на порядок больше, чем следует из предыдущих оценок, и может свидетельствовать о том, что слияния галактик играли меньшую роль в их эволюции, чем считалось ранее.» [Ерошенко, 2022].

Борис Штерн в короткой заметке в Троицком Варианте от 20 сентября 2022 г. написал, что заявления о неверности теории Большого Взрыва по данным «Джеймса Уэбба» ерунда, а данные о числе дисковых галактик действительно интересны:

«3. Реально интересные результаты касаются формы далеких галактик, хотя и не относящихся к самой ранней Вселенной<sup>4</sup>. Авторы не без иронии назвали статью «Паника! По поводу дисков! Первые оптические наблюдения структуры галактик в их собственной системе отсчета...» («Panic! At the Disks: First Rest-frame Optical Observations of Galaxy Structure at  $z > 3$  with JWST in the SMACS0723 Field»). Раньше форму далеких галактик оценивали по снимкам «Хаббла», который видит только их ультрафиолет из-за большого красного смещения. JWST снимает в инфракрасном диапазоне, что соответствует максимуму светимости звезд в системе отсчета галактики. Оказалось, что большинство тех галактик, которые по снимкам «Хаббла» принимали за сфероиды, оказались дисками. В работе по наблюдениям на ALMA проанализировано поле зрения, снимок которого дан на фото ниже. Доля галактик разных морфологических типов дана на графике. Сферических галактик по данным JWST оказалось в два раза меньше (при  $z \sim 2-3$ , там, где можно сравнивать), доля дисков — намного выше, доля неправильных галактик сравнима.

На самом деле никаких оснований для паники нет: естественно, что оценка формы едва различимых галактик зависит от инструментов наблюдения.»

А в феврале 2023 г. Попов С. Б. написал, что результат подвергли критике вот каким образом:

«Помните большой шум в связи с тем, что JWST видит много дисковых галактик на больших красных смещениях? Так вот - не очевидно, что видит. В работе представлен детальный анализ, согласно которому то, что на первый взгляд кажется

дисковыми галактиками, таковыми не является.

Авторы использовали результаты моделирования TNG50, чтобы создать синтетические изображения, аналогичные полученным на JWST. Показано, что при визуальной классификации к дисковым относят галактики, таковыми не являющимися - просто выглядят похоже. В итоге, данные удастся объяснить без избытка дисков. Правда, при сопоставлении данных реальных наблюдений и моделирования выявляются некоторые различия в морфологии. Так что модель, конечно, будут уточнять. Но это не должно качественно влиять на ситуацию с дисками.» [Попов, 2023a].

Дискуссия о числе дисковых галактик на больших  $z$  еще ведется и будет продолжаться, нас интересует то обстоятельство, что проблема, возникающая при визуальной интерпретации изображений, вкралась и в новейшие исследования на телескопе «Джеймс Уэбб».

### **Практические перспективы**

Новиков И. Д. и др. размышляют в первую очередь о фундаментальном значении кротовых нор (см. выше).

В интервью 2015 г. Кардашёв Н. С. рассматривал как отдаленную перспективу путешествия через кротовые норы:

«Ведь кротовые норы крайне важны для дальнейшего развития не только астрономии. Их наличие — если, конечно, оно будет доказано,— указывает на возможность перемещения из одной точки Вселенной в другую или даже в другие вселенные за очень короткое время. Это могут практически использовать иные цивилизации и наша тоже, если технически «подрастет». Но не стоит забегать вперед: пока такие объекты не открыты.» [Кардашёв, 2015].

Отметим, что возможен и еще один вариант. Не лишь фундаментальное значение и не практические путешествия, а, скажем, навигация.

Кварзы (в качестве наиболее удаленных и потому с высокой точностью точечных и неподвижных объектов) давно используются как опорные точки для навигации, в том числе в системе GPS (см., например, [Цветков, 2021]).

По другому принципу, чем кварзы, в последнее время используются для космической навигации пульсары. Пульсар - это источник излучения с определенной частотой с высочайшей точностью. Измерение того, насколько наблюдаемая частота пульсара отличается от измеренной на Земле может служить для определения

относительной скорости космического аппарата (см., например [Родин и др., 2020]). Значима недавняя разработка, описанная в [Cacciatore et al., 2023; Попов, 2023б].

Разумеется на практике для вычисления вектора скорости надо измерять частоты многих пульсаров. У нас нет возможности углубляться в обзор навигации по квазарам и пульсарам, но можно предположить, что со временем при достоверном обнаружении удаленные кротовые норы займут свое место в практическом применении для навигации, наряду с квазарами и пульсарами.

### **Заключение**

Назовем аргументы, которые, с нашей точки зрения, позволяют осторожно предполагать, что недавно наблюдаемое двойное ядро галактики UGC 4211 на самом деле два близко расположенных входа в кротовую нору, то есть можно говорить о кандидате в кротовые норы.

Это, прежде всего, сравнение снимков двойного ядра галактики UGC 4211 с предсказаниями [Кардашёв, Новиков, Репин, 2020] того, как может выглядеть двойное ядро галактики, если оно не две черные дыры, а два близко расположенных входа в одну и ту же кротовую нору (наличие «перемычки»). Мы, безусловно, осознаем опасность такого визуального анализа.

Еще одним аргументом (хотя и косвенным) является близость измеренных масс ядер галактики.

### **Список литературы**

1. Flamm L. Beiträge zur Einsteinschen Gravitationstheorie // *Physikalische Zeitschrift*. 1916. B. 17, Nr. 19, S. 448-454.
2. Einstein A., Rosen N. The Particle Problem in the General Theory of Relativity // *Physical Review*. 1935. V. 48. I. 1. P. 73-77. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRev.48.73>
3. Шноль С. Э., Коломбет В. А., Пожарский Э. В., Зенченко Т. А., Зверева И. М., Конрадов А. А. О реализации дискретных состояний в ходе флуктуаций в макроскопических процессах. С послесловием Чернавского Д. С. // *Успехи физических наук*. 1998. Т. 168. № 10. С. 1129–1140. DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.0168.199810e.1129>
4. Дербин А. В., Бахланов С. В., Егоров А. И., Муратова В. Н. Замечание к статье «О реализации дискретных состояний в ходе флуктуаций в макроскопических процессах» // *Успехи физических наук*. 2000. Т. 170. № 2. С. 209–212.

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.0170.200002m.0209>

5. Кушниренко Е. А., Погожев И. Б. Комментарий к статье С. Э. Шноля и др. // Успехи физических наук. 2000. Т. 170. № 2. С. 213–214.

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.0170.200002n.0213>

6. Шноль С. Э., Зенченко Т. А., Зенченко К. И., Пожарский Э. В., Коломбет В. А., Конрадов А. А. Закономерное изменение тонкой структуры статистических распределений как следствие космофизических причин // Успехи физических наук. 2000. Т. 170. № 2. С. 214–218.

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.0170.200002o.0214>

7. Lindley D. The Birth of Wormholes // Physical Review Focus. 2005. V. 15. st. 11. URL: <https://physics.aps.org/story/v15/st11>

8. Шацкий А. А., Новиков И. Д., Кардашёв Н. С. Динамическая модель кротовой норы и модель Мультивселенной // Успехи физических наук. 2008. Т. 178. № 5. С. 481–488. DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.0178.200805c.0481>

9. Кругляков Э. П. Виталий Гинзбург: страницы истории. Вспоминает знаменитого учёного академик РАН Эдуард Кругляков // Компьютера 25.11.2009 URL: [http://www.ras.ru/digest/showdnews.aspx?\\_language=ru&id=fc8c6c69-dca5-4b42-ab82-e3095a72a639&print=1](http://www.ras.ru/digest/showdnews.aspx?_language=ru&id=fc8c6c69-dca5-4b42-ab82-e3095a72a639&print=1)

10. Шацкий А. А. Образ неба другой вселенной, наблюдаемый через горловину кротовой норы // Успехи физических наук. 2009. Т. 179. № 8. С. 861–864.

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.0179.200908c.0861>

11. Шноль С. Э. Космофизические факторы в случайных процессах. Stockholm (Швеция): Svenska fysikarkiva. 2009. 388 с. URL: <http://www.ptep-online.com/books/shnoll2009ru.pdf>

12. Кардашёв Н. С. «Радиоастрон» - радиотелескоп много больше Земли. Научная программа // Успехи физических наук. 2009. Т. 179. № 11. С. 1191–1202. DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.0179.200911e.1191>

13. Алексеев С. О., Ранну К. А., Гареева Д. В. Возможные наблюдательные проявления кротовых нор в теории Бранса-Дикке // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2011. Т. 140. № 4. С. 722–731.

14. Компанеец Д., Штерн Б. Игорь Новиков: первопроходец «кротовых нор» и черных дыр // ТрВ-Наука. № 192 от 17 ноября 2015 года. URL: <http://trv-science.ru/2015/11/igor-novikov-pervoprokhodec-krotovykh-nor-i-chernykh-dyr/>

15. Березин А. Наблюдения за белым карликом наметнули на возможность «омоложения» его планет // 27 июля 2015 N + 1 Интернет-издание URL: <https://nplus1.ru/news/2015/06/27/enanoblanc>
16. Кардашёв Н. С. Академик Н. С. Кардашёв: «Астрофизика объединяет человечество» // Наука Урала. 06.02.2015. URL: <http://www.uran.ru/node/3983>
17. Ковалёв Ю. Ю. Российская мегаконструкция дает ученым уникальные данные о галактике [беседу с руководителем научной программы "Радиоастрона" Юрием Ковалёвым провел Торгашев А.] // Российская газета. 28.07.2016. URL: <https://rg.ru/2016/07/28/kot-blackhole.html>
18. Fischbach E., Barnes V. E., Cinko N. et al. Indications of an unexpected signal associated with the GW170817 binary neutron star inspiral // 2018. arXiv:1801.03585 [astro-ph.HE]. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1801.03585>
19. Ерошенко Ю. Н. Новости физики в сети Internet (по материалам электронных препринтов). 5. «Гравитационный всплеск GW 170817 и  $\beta$ -распады ядер» // Успехи физических наук. 2018. Т. 188. № 2. С. 206. DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2018.01.038285>
20. NASA Completes Webb Telescope Review, Commits to Launch in Early 2021 // June 27, 2018. URL: <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-completes-webb-telescope-review>
21. Дубов А. Убить дедушку и выжить. Что позволяет физика путешественникам во времени // 20 октября 2020. N + 1. Интернет-издание. URL: <https://nplus1.ru/material/2020/10/20/on-time-travel>
22. Кардашёв Н. С., Новиков И. Д., Репин С. В. "Кротовые норы с близкими друг от друга входами" // Успехи физических наук. 2020. Т. 190. № 6. С. 664–668. DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2019.10.038689>
23. Родин А. Е., Орешко В. В., Потапов В. А., Пширков М. С., Сажин М. В. Принципы космической навигации по пульсарам // Астрономический журнал. 2020. Т. 97. № 6. С. 476-504. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0004629920070051>
24. Новиков И. Д., Лихачёв С. Ф., Щекинов Ю. А. и др. Задачи научной программы космической обсерватории Миллиметрон и технические возможности её реализации // Успехи физических наук. 2021. Т. 191. № 4. С. 404–443. DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2020.12.038898>
25. Войтюк А. Лети и смотри. Телескоп JWST наконец-то летит в космос. Астрономы ждали этого 25 лет // 24 декабря 2021 N + 1. Интернет-издание.

URL: <https://nplus1.ru/material/2021/12/24/jwst-faq>

26. Цветков А. С. Достижения космической астрометрии // Вестник российской академии наук. 2021. Т. 91. № 2. С. 142-156.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869587321020109>

27. Ерошенко Ю. Н. Новости физики в сети Internet (по материалам электронных препринтов). 5. Первые наблюдения космического телескопа им. Джеймса Уэбба // Успехи физических наук. 2022. Т. 192. № 8. С. 944.

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2022.07.039221>

28. Ferreira L., Adams N., Conselice C. J. et al. Panic! At the Disks: First Rest-frame Optical Observations of Galaxy Structure at  $z>3$  with JWST in the SMACS 0723 Field // [Submitted on 19 Jul 2022 (v1), last revised 31 Aug 2022 (this version, v3)] arXiv:2207.09428 [astro-ph.GA]. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.09428>

29. Паника! В дисках: первые исследование структуры оптических (в локальной системе отсчета) дисков по данным JWST на  $z>3$  в поле SMACS 0723 (Panic! At the Disks: First Rest-frame Optical Observations of Galaxy Structure at  $z>3$  with JWST in the SMACS 0723 Field) // Обзоры препринтов astro-ph. Вып. № 410: astro-ph за 01 - 31 июля 2022 года: избранные статьи. URL: [http://xray.sai.msu.ru/~polar/sci\\_rev/410.htm](http://xray.sai.msu.ru/~polar/sci_rev/410.htm)

30. Штерн Б. Большой взрыв, JWST и «паника» // ТрВ-Наука. № 362 от 20 сентября 2022 года. URL: <https://www.trv-science.ru/2022/09/bolshoj-vzryv-jwst-i-panika/>

31. Ferreira L., Adams N., Conselice C. J. et al. Panic! At the Disks: First Rest-frame Optical Observations of Galaxy Structure at  $z>3$  with JWST in the SMACS 0723 Field // The Astrophysical Journal Letters. 10 October 2022. V. 938. N. 1. L2. DOI: <https://doi.org/10.3847/2041-8213/ac947c>

32. Сурдин В. Г. Темная сторона Вселенной. М.: Дискурс, 2022. 368 с.

33. Саган К. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации. М.: Litres, 2022. URL: <https://books.google.ru/books?vid=ISBN9785457877658>

34. Koss M. J., Treister E., Kakkad D. et al. UGC 4211: A Confirmed Dual Active Galactic Nucleus in the Local Universe at 230 pc Nuclear Separation // The Astrophysical Journal Letters. 2023. V. 942. N. 1. L24. DOI: <https://doi.org/10.3847/2041-8213/aca8f0>

35. Cacciatore F., Ruiz V. G., Taubmann G. et al. PODIUM: A Pulsar Navigation Unit for Science Missions // 20 January 2023 arXiv:2301.08744 [astro-ph.IM]. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.08744>

36. Попов С. Б. PODIUM: комплекс пульсарного навигационного оборудования для научных спутников (PODIUM: A Pulsar Navigation Unit for Science Missions) //

Обзоры препринтов astro-ph. Вып. № 416: astro-ph за 01 - 31 января 2023а года: избранные статьи. URL: [http://xray.sai.msu.ru/~polar/sci\\_rev/416.html](http://xray.sai.msu.ru/~polar/sci_rev/416.html)

37. Попов С. Б. Природа дисков, наблюдаемых JWST/CEERS на больших красных смещениях, в сравнении с данными моделирования (On the nature of disks at high redshift seen by JWST/CEERS with contrastive learning and cosmological simulations) // Обзоры препринтов astro-ph. Вып. № 417: astro-ph за 01 - 28 февраля 2023б года: избранные статьи. URL: [http://xray.sai.msu.ru/~polar/sci\\_rev/417.html](http://xray.sai.msu.ru/~polar/sci_rev/417.html)