

Кротовые норы с близкими друг от друга входами

Н.С. Кардашёв, И.Д. Новиков, С.В. Репин

Рассматриваются теоретические и наблюдательные свидетельства для проверки выдвинутой Н.С. Кардашёвым гипотезы о том, что некоторые из двойных изображений ядер галактик могут быть входами в одну и ту же кротовую нору.

Ключевые слова: кротовые норы, общая теория относительности Эйнштейна, Мультивселенная

PACS number: 98.70. – f

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2019.10.038689>

Содержание

1. Введение (664).
 2. Кротовые норы разных типов (665).
 3. Близкие входы кротовой норы (665).
 4. Наблюдательные данные о близких изображениях ядер галактик (668).
 5. Заключение (668).
- Список литературы (668).

1. Введение

История гипотезы кротовых нор (КН) в рамках общей теории относительности измеряется столетием [1]. Начиная с 1930-х годов проблема КН интенсивно обсуждается с разных точек зрения. Особенно интенсивно гипотеза развивается в последние десятилетия (см. ссылки в [2]).

В работах [3, 4] нами была выдвинута гипотеза, что, возможно, некоторые астрофизические объекты, например ядра некоторых галактик, являются входами в КН. Мы исследовали способы наблюдательной проверки этой гипотезы. В работе [2] была развита новая концепция КН, рассматривающая проблему кротовых нор под несколько иным углом зрения. В последнее десятилетие был получен интересный наблюдательный материал о двойных ядрах галактик [5, 6]. Цель данной работы — рассмотреть гипотезу КН в свете новых теоретических и наблюдательных открытий. Мы предлагаем исследовать возможность интерпретации двойных изображений ядер некоторых галактик как близких входов в одну и ту же КН.

КН до сих пор не открыты во Вселенной. В отличие от чёрных дыр (ЧД), которые долго были также только ги-

потезой, но уже давно открыты астрофизиками и всесторонне исследуются, КН до сих пор являются гипотезой. К. Торн пишет [7, с. 491]: "В то время как *чёрные дыры* представляют собой неизбежное следствие звёздной эволюции... аналогичного механизма образования *червоточин*¹ (кротовых нор) естественным путём не существует". "С другой стороны, есть причины надеяться, что естественные червоточины существуют на субмикроскопическом уровне в виде так называемой квантовой пены" [8]. "...Есть шанс, что... некоторые из микроскопических червоточин могут самопроизвольно разрастаться до человеческих или больших масштабов и что это происходило даже во время невероятно быстрого «инфляционного» расширения Вселенной" [8]. Процессы эволюции квантовой пены регулируются законами квантовой гравитации. Однако общепринятой версии этой теории до сих пор не существует. Туннели квантовой пены проходят вне нашего пространства-времени в так называемом гиперпространстве. Предполагается, что при возникновении микротуннеля какие-то сингулярности в двух разных местах Вселенной должны встретиться друг с другом в гиперпространстве и образовать туннель. Как пишет Торн [7, с. 491] о подобных сингулярностях: "...трудно понять, как две из них могли бы найти друга друга в бескрайнем гиперпространстве, чтобы образовать червоточину." Как сказано выше, теории этого процесса до сих пор не существует и мы пока можем опираться только на догадки и интуицию.

Вдобавок к догадке, что центры некоторых галактик могут быть входами в КН, мы высказываем предположение, что при некоторых условиях вероятность возникновения двух входов в одну и ту же КН относительно близко друг к другу во Вселенной может быть выше, чем далеко друг от друга. На основе этого предположения мы высказываем гипотезу, что в центрах некоторых галактик могут быть близкие два входа в одну и ту же КН. В данной работе мы рассмотрим новые теоретические данные о КН, посмотрим, как можно проверить те или иные новые гипотезы астрофизическими наблюдениями, и приведём новые наблюдательные данные о двойных

Н.С. Кардашёв⁽¹⁾, И.Д. Новиков^(1,2,3,a), С.В. Репин⁽¹⁾

⁽¹⁾ Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН,

Астрокосмический центр,

Профсоюзная ул. 84/32, 117997 Москва, Российская Федерация

⁽²⁾ Niels Bohr International Academy, Niels Bohr Institute, Blegdamsvej 17, DK-2100, Copenhagen, Denmark

⁽³⁾ Национальный исследовательский центр

"Курчатовский институт",

пл. Академика Курчатова 1, 123182 Москва, Российская Федерация

E-mail: ^(a)novikov@asc.rssi.ru

Статья поступила 19 сентября 2019 г.

¹ "Червоточина" — дословный перевод английского термина wormhole, тогда как в русскоязычной научной литературе более распространён термин "кротовая нора", который используется и в настоящей статье. (Примеч. ред.)

ядрах галактик и о возможных интерпретациях этих наблюдений.

2. Кротовые норы разных типов

В работе [2] проведён анализ свойств КН разных типов. Предложено различать три типа КН: 1) статические КН, 2) пространственно-подобные КН, 3) времениподобные КН. Для простоты мы будем рассматривать сферические КН.

Статические КН представляют собой статический, или квазистатический, или стационарный туннель в гиперпространстве, соединяющий два входа, расположенные в одной вселенной или даже в разных вселенных в модели Мультивселенной [9]. Как и КН второго типа, они пространственно-подобны. Их отличие от КН второго типа заключается в том, что последние сильно динамические и могут быть непроходимыми. Однако, как сказано выше, и тип 1) и тип 2) являются пространственно-подобными и в данной работе мы объединяем их в один класс: I — пространственно-подобные КН, а времениподобные будем называть "класс II". Во времениподобных КН время течёт вдоль туннеля, и они могут быть проходимыми заведомо только в одном направлении: от прошлого к будущему. В случае, если оба входа времениподобной КН лежат в одной вселенной, то она одновременно является и машиной времени [10]. Это не ведёт к каким-либо трудностям с принципом причинности (см. [11, 12]), однако, конечно, может вести к своеобразным физическим процессам [13]. Данная работа направлена на выявление возможных кандидатов в КН среди ядер галактик методами астрофизических наблюдений. Поэтому мы сосредоточимся главным образом на КН класса I, потому что они обладают наиболее яркими отличиями от входов в чёрные дыры.

Отметим, что класс I является классическим наблюдательным образцом моделей КН, с которых начиналась их история. Мы будем в дальнейшем говорить о классе I, лишь в необходимых случаях упоминая КН класса II.

Пустые КН нестатические [2]. Тяготение сильно искривлённого пространства стремится сжать туннель в линейную сингулярность. Для стабилизации туннеля необходимо его заполнить, например, экзотической материей с плотностью энергии $\epsilon < 0$. Антигравитация материи с $\epsilon < 0$ уравнивает тяготение искривленного пространства. В результате возможно построение статической модели. Такие модели бывают устойчивыми и неустойчивыми по отношению к малым возмущениям.

Массы входов КН первого класса могут быть любыми, не равными друг другу в каждой паре, и даже отрицательными. Входы (они же — выходы) не имеют, в отличие от чёрных дыр, горизонтов событий и вообще резких границ, в них можно входить и выходить. КН могут быть проходимыми в обоих направлениях для вещества и излучения. Сквозь них по туннелю может проходить радиальное магнитное поле от одного входа до другого, сдерживаемое от расширения топологией пространства — туннелями. Выходы тогда будут выглядеть как магнитные монополи противоположного знака. Заметим, что при отсутствии в природе элементарных магнитных монополей подобные поля в ЧД существовать не могут.

Подчеркнём следующее: при отсутствии элементарных магнитных монополей радиальные магнитные поля, помимо КН, могут существовать и у некоторых других гипотетических объектов. Так, после коллапса КН с магнитным полем вместо входов КН образуются чёрные дыры с оставшимся магнитным полем. Однако эти

объекты соединены сигнатурностью, возникшей в результате коллапса [14]. В решении Рейснера–Нордстрема входы и выходы объекта обладают радиальным магнитным полем. Но, как показано в [2], эти объекты являются входами во времениподобные КН. Возможны и более сложные случаи. Важно подчеркнуть, что все эти объекты связаны с КН. Обнаружение таких объектов эквивалентно обнаружению КН или результатов их эволюции.

Основными наблюдательными доказательствами того, что компактный объект является входом в КН, а не ЧД, можно считать следующие (см. [15]):

1. Магнитное поле у самого входа является монопольным (с учётом вышеприведённых оговорок). Оценки (см. [16, 17] и далее в этой работе) показывают, что максимальное магнитное поле у входов КН

$$H \approx 3 \times 10^{10} \left(\frac{3 \times 10^{14} [\text{см}]}{l} \right) [\text{Гс}]. \quad (1)$$

2. Возможность истечения материи из входа, т.е. наблюдение фиолетового смещения в излучении от такого течения вблизи входа, что невозможно для ЧД.

3. Возможность, в принципе, видеть сквозь туннель КН другие области нашей Вселенной или даже области других вселенных. Это ведёт к тому, что тень в случае КН будет специфической — с видимыми структурами на её фоне, много меньшими размеров тени.

4. Принципиальная возможность видеть внутренность КН и пространство вне противоположного входа ведёт к тому, что суммарное излучение, прошедшее сквозь КН, может варьировать интенсивность с характерным временем меньше, чем размер выхода, делённый на скорость света.

Все перечисленные наблюдательные свойства являются достаточными, но не необходимыми. Заметим в заключение, что строение туннелей времениподобных кротовых нор много сложнее, содержит, в частности, горизонты Коши и бесконечные области пространства-времени, не принадлежащие к нашей Вселенной. Поэтому процессы, протекающие за горизонтами Коши, зависят не только от условий в нашей Вселенной, но и от процессов в этих добавочных структурах (см. [2]).

3. Близкие входы кротовой норы

Главной целью настоящей работы является проверка гипотезы о том, что некоторые двойные изображения в ядрах галактик являются входами одной и той же КН. В этом разделе мы рассмотрим с теоретической точки зрения, какие наблюдательные свойства присущи этому объекту.

Напомним, что одной из возможных характерных особенностей КН является радиальное магнитное поле, пронизывающее её от одного выхода до другого. В этом случае выходы выглядят как магнитные заряды противоположного знака. Близкие выходы при этом составляют магнитный диполь. Рассмотрим его свойства.

Проанализируем простейшую модель. В качестве неё возьмём модель КН с нулевой массой [18–21], с магнитным полем [17].

Метрика записывается в виде ($c = 1, G = 1$):

$$ds^2 = dt^2 - dR^2 - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2), \quad (2)$$

$$r^2(R) = l^2 + R^2,$$

$q = \text{const}$ — радиус горловины КН.

Тензор энергии-импульса состоит из двух частей:

1) радиального магнитного поля

$$T_{0\text{magn}}^0 = T_{1\text{magn}}^1 = -T_{2\text{magn}}^2 = -T_{3\text{magn}}^3 = \frac{q^2}{8\pi r^4}, \quad (3)$$

остальные $T_{n\text{magn}}^m = 0$, q характеризует интенсивность магнитного поля;

2) экзотической пыли

$$T_{0d}^0 = \frac{q^2}{4\pi r^4}, \quad (4)$$

остальные $T_{nd}^m = 0$.

Мы рассматриваем простейшие идеальные модели и поэтому не обсуждаем вопросы устойчивости. В случае, если входы этой модели будут расположены близко друг к другу в пространстве, они составят магнитный диполь с нулевыми массами. Это и многие другие наблюдательные свойства КН модельно зависимы, определяются её внутренней структурой.

Рассмотрим более сложную модель. Это модель КН, которая аналогично модели [17] имеет нулевую массу ($m = 0$) на обоих входах. Метрика модели аналогична (2):

$$ds^2 = dt^2 - dz^2 - (z^2 + n^2)(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2), \quad (5)$$

n — скаляр, связанный с поддерживающей материей в геометрических единицах, $-\infty < z < \infty$. Материя, поддерживающая статичность КН, состоит из

1) радиального магнитного поля со следующим распределением:

$$T_i^k(e) = \frac{Xe^2}{8\pi r^4} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

$r^2 = z^2 + n^2$, X — доля магнитного поля и доля экзотической пыли в общей плотности энергии, e^2 — напряжённость магнитного поля в горловине $z = 0$.

2) Экзотическая пыль с плотностью ρ

$$T_i^k(\rho) = \frac{X\rho}{8\pi r^4} \begin{pmatrix} -2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad (7)$$

$-2\rho X = -2e^2 X$ — плотность пыли в горловине.

3) Экзотическое безмассовое скалярное поле с характеристической напряжённостью $-n^2 = T_0^0(n)$

$$T_0^0(n) = \frac{(1-X)(-n^2)}{8\pi r^4}. \quad (8)$$

Весь тензор $T_i^k(n)$ (см. в [21]).

Полный тензор T_i^k всех видов материи есть:

$$T_i^k = T_i^k(e) + T_i^k(\rho) + T_i^k(n). \quad (9)$$

Максимально возможное магнитное поле при метрике (5) соответствует $X = 1$, величина $X = 0$ соответствует отсутствию магнитного поля.

При фиксированном размере КН с горловиной $r^2 = n^2$ максимально возможное магнитное поле, пронизывающее КН, есть:

$$\frac{e}{r^2}, \quad e^2 = n^2. \quad (10)$$

Эта модель с $m = 0$ — конечно, также идеализированный случай, и логично рассмотреть модель с отличной от нуля массой, как уже сделано в [3]. Мы будем рассматривать массу как произвольный параметр, зависящий от структуры КН. Масса может быть разной у разных входов и даже отрицательной. Для нас главным образом представляют интерес связанные двойные системы. Только их мы и будем рассматривать. Предполагается, что анализируются условия, когда справедлива Ньютонская теория тяготения. Общая задача Кеплера, включая и тела с отрицательными массами, рассмотрена в [22]. В данной работе аналогичные задачи рассматриваются с учётом электромагнитного взаимодействия противоположно заряженных входов. Для выявления основных особенностей мы для простоты рассматриваем двойные системы (два входа в одну и ту же КН), движущиеся по круговым орбитам вокруг общего центра масс. Противоположные входы такой дипольной системы имеют равный эффективный магнитный заряд противоположного знака. Подобная задача для специальных условий рассматривалась в [3].

На рисунке 1 схематически показаны два входа в КН, имеющие массы m_1 и m_2 с одинаковыми зарядами q , вращающиеся вокруг общего центра масс на расстоянии \tilde{R} друг от друга. Сила взаимодействия определяется как кулоновским притяжением монополей $\pm q$, так и гравитационным взаимодействием масс m_1 и m_2 :

$$F = \frac{Gm_1m_2}{\tilde{R}^2} + \frac{q^2}{\tilde{R}^2} = \frac{Gm_1m_2 + q^2}{\tilde{R}^2}. \quad (11)$$

Здесь и далее считаем $G \neq 1$. Период обращения в такой системе составляет

$$T = 2\pi\tilde{R}\sqrt{\frac{m_1m_2\tilde{R}}{(Gm_1m_2 + q^2)(m_1 + m_2)}}, \quad (12)$$

а линейная скорость орбитального движения входа m_1 будет

$$v_1 = \sqrt{\frac{m_2(Gm_1m_2 + q^2)}{m_1(m_1 + m_2)\tilde{R}}}. \quad (13)$$

Эти выражения справедливы, если массы обоих входов положительны. Если один из входов, например m_2 , имеет отрицательную массу, т.е. $m_2 < 0$ (как на рис. 1б), то это накладывает ограничения на знак знаменателя в выражении (12) для периода T . Этот знаменатель должен быть отрицательным и в случае, если общая масса системы $m_1 + m_2$ положительна, должно выполняться неравенство $Gm_1m_2 + q^2 < 0$, что даёт ограничение на величину заряда:

$$q < \sqrt{-Gm_1m_2}. \quad (14)$$

Это же ограничение можно получить и из выражения (13) для скорости.

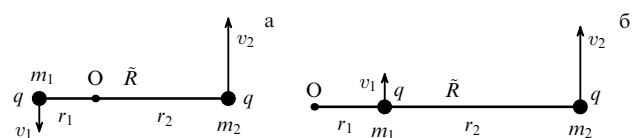


Рис. 1. Два входа в кротовые норы с массами m_1 и m_2 , обращающиеся вокруг общего центра масс O . (а) Обе массы m_1 и m_2 положительны. (б) Масса m_1 положительна, а m_2 отрицательна, причём $|m_1| > |m_2|$.

Для оценки времени жизни системы будем для простоты считать, что массы обоих входов КН одинаковые. Поскольку заряды движутся с ускорением, они должны излучать электромагнитные волны. Интенсивность дипольного излучения будет в этом случае [23]

$$I_{em} = \frac{2}{3c^3} \ddot{a}^2 = \frac{8q^2(Gm^2 + q^2)^2}{3c^3 m^2 \tilde{R}^4}. \tag{15}$$

Гравитационное излучение является квадрупольным, и его интенсивность равна [23]

$$I_{gr} = \frac{32 G \mu^2 \omega^6 \tilde{R}^4}{5c^5} = \frac{64G(Gm^2 + q^2)^3}{5c^5 m \tilde{R}^5}. \tag{16}$$

Полная потеря энергии системой определяется суммарными потерями на электромагнитное и гравитационное

излучение:

$$I = I_{em} + I_{gr} = \frac{8(Gm^2 + q^2)^2}{c^3 \tilde{R}^4 m} \left(\frac{q^2}{3m} + \frac{8G(Gm^2 + q^2)}{5c^2 \tilde{R}} \right). \tag{17}$$

Полная энергия системы с учётом электромагнитного и гравитационного взаимодействия

$$E = -\frac{Gm^2 + q^2}{\tilde{R}}. \tag{18}$$

Тогда время жизни системы по порядку величины можно получить как

$$\tau \approx \frac{E}{I} = \frac{m \tilde{R}^3 c^3}{8(Gm^2 + q^2)(q^2/3m + 8G(Gm^2 + q^2)/5c^2 \tilde{R})}. \tag{19}$$

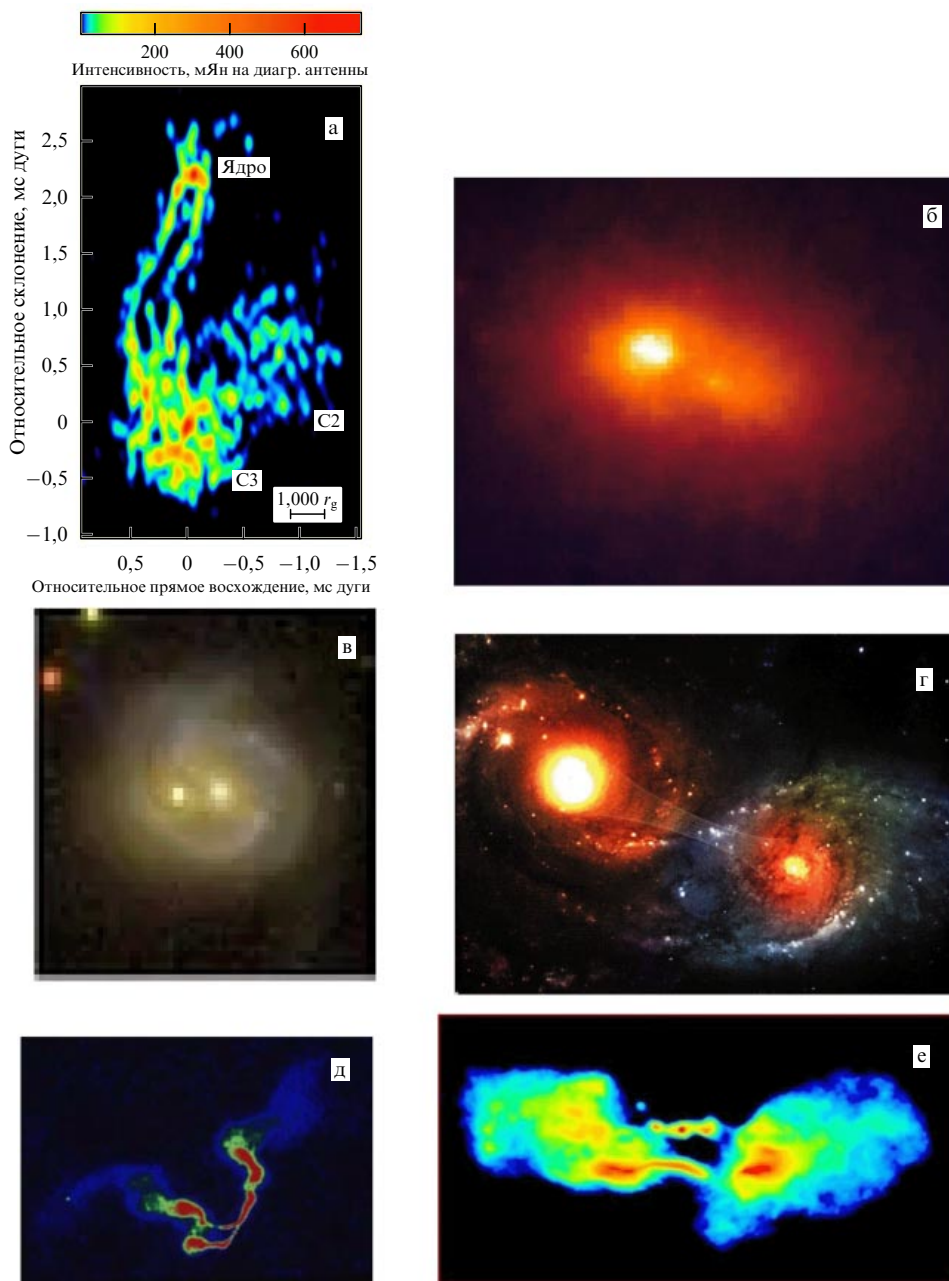


Рис. 2. (В цвете онлайн.) (а) Радиоизображение центрального парсека в 3C84 [24]; (б) двойное ядро в M31, <https://hubblesite.org/contents/media/images/1993/18/110-Image.html>; (в) двойное ядро в NGC 3758 [25]; (г) галактики NGC 2207 и IC 2163 [26]; (д) ядро квазара 3C75; (е) двойное ядро галактики NGC 6166.

4. Наблюдательные данные о близких изображениях ядер галактик

В предыдущем разделе мы привели теоретические соображения о возможности существования близких друг к другу входов в КН. Здесь мы приведём некоторые наблюдательные данные, свидетельствующие в пользу такой точки зрения.

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.

5. Заключение

Наблюдательные проявления КН с близкими входами будут зависеть от электромагнитных процессов в этих необычных условиях.

Оценим, какие могут быть поля у входов КН. Формула (1) получена для конкретной модели КН, построенной в [3]. Это модель, в которой магнитное поле и экзотическая пыль с $\epsilon < 0$ порождают антигравитацию, уравновешивающую тяготение сильно искривлённого пространства, и обеспечивают статичность модели. Для этого напряжённость магнитного поля H в горловине должна быть:

$$H \approx \frac{c^2}{G^{1/2}l}. \quad (20)$$

Заметим, что для решения Рейснера – Нордстрема [10], являющегося моделью КН второго класса, подобная же оценка получается из условия её существования [27]:

$$\frac{Ge^2}{c^4} = \frac{G^2 M^2}{c^4}. \quad (21)$$

Таким образом, возможные КН с близкими входами дают ещё одно наблюдательное свидетельство (см. рис. 2), которое может быть использовано для попытки их идентификации.

Благодарности. Работа выполнена при частичной поддержке программы РАН КП19-270 "Вопросы происхож-

дения и эволюции Вселенной с применением методов наземных наблюдений и космических исследований".

И.Н. и С.Р. благодарны родным Н.С. Кардашёва за переданные нам материалы из его архива, которые мы использовали для окончательной подготовки статьи.

С.Р. выражает свою благодарность О.Н. Суменковой, Р.Е. Бересневой и О.А. Косаревой за возможность плодотворно работать над настоящей задачей.

Список литературы

1. Flamm L *Phys. Z.* **17** 448 (1916)
2. Новиков И Д *УФН* **188** 301 (2018); Novikov I D *Phys. Usp.* **61** 280 (2018)
3. Кардашев Н С, Новиков И Д, Шацкий А А *Астрон. журн.* **83** 675 (2006); Kardashev N S, Novikov I D, Shatskii A A *Astron. Rep.* **50** 601 (2006)
4. Kardashev N S, Novikov I D, Shatskiy A A *Int. J. Mod. Phys. D* **16** 909 (2007)
5. Nesci R et al. *Astron. Astrophys.* **576** A124 (2015)
6. Menezes R B, Steiner J E *Astrophys. J.* **868** 67 (2018)
7. Thorne K S *Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Leg* (New York: W.W. Norton and Co., 1994); Пер. на русск. яз.: Торн К С *Чёрные дыры и складки времени. Дерзкое наследие Эйнштейна* (М.: Изд-во физико-математической литературы, 2007)
8. Thorne K *The Science of Interstellar* (New York: W.W. Norton and Co., 2014); Пер. на русск. яз.: Торн К *Интерстеллар. Наука за кадром* (М.: Манн, Иванов и Фербер, 2015)
9. Carr B (Ed.) *Universe or Multiverse?* (Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2007)
10. Frolov V P, Novikov I D *Black Hole Physics: Basic Concepts and New Developments* (Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1998)
11. Carlini A et al. *Int. J. Mod. Phys. D* **04** 557 (1995)
12. Novikov I "Can we change the past?", in *The Future of Spacetime* (New York: W.W. Norton and Co., 2002) p. 57
13. Novikov I "Physics in the presence of a Time Machine", in *2001, a Relativistic Spacetime Odyssey. Proc. of the Johns Hopkins Workshop on Current Problems in Particle Theory 25, Firenze, 2001 September 3-5* (Eds I Ciufolini, D Dominici, L Lusann) (River Edge, NJ: World Scientific, 2003) p. 89
14. Новиков И Д, Новиков Д И *ЖЭТФ* **156** 585 (2019); Novikov I D, Novikov D I *J. Exp. Theor. Phys.* **129** 495 (2019)
15. Новиков И Д и др. "Научные задачи космической обсерватории Миллиметрон" *УФН* (2020), на рассмотрении
16. Новиков И Д, Кардашев Н С, Шацкий А А *УФН* **177** 1017 (2007); Novikov I D, Kardashev N S, Shatskii A A *Phys. Usp.* **50** 965 (2007)
17. Шацкий А А, Новиков И Д, Кардашев Н С *УФН* **178** 481 (2008); Shatskii A A, Novikov I D, Kardashev N S *Phys. Usp.* **51** 457 (2008)
18. Ellis H G *J. Math. Phys.* **14** 104 (1973)
19. Bronnikov K A *Acta Phys. Polon.* **84** 251 (1973)
20. Armendáriz-Picón C *Phys. Rev. D* **65** 104010 (2002)
21. Morris M S, Thorne K S *Am. J. Phys.* **56** 395 (1988)
22. Шацкий А А, Новиков И Д, Кардашев Н С *УФН* **181** 399 (2011); Shatskiy A A, Novikov I D, Kardashev N S *Phys. Usp.* **54** 381 (2011)
23. Ландау Л Д, Лифшиц Е М *Теория поля* (М.: Физматлит, 2012); Пер. на англ. яз.: Landau L D, Lifshitz E M *The Classical Theory of Fields* (Oxford: Pergamon Press, 1975)
24. Giovannini G et al. *Nat. Astron.* **2** 472 (2018); arXiv:1804.02198
25. Brandt W, XMM-Newton Proposal 06017816 (2008)
26. Hawking S W et al. *The Future of Spacetime* (New York: W.W. Norton and Co., 2002)
27. Wald R M *General Relativity* (Chicago, IL: Univ. of Chicago Press, 1984)

Wormholes with entrances close to each other

N.S. Kardashev⁽¹⁾, I.D. Novikov^(1,2,3,a), S.V. Repin⁽¹⁾

⁽¹⁾ Lebedev Physical Institute, Astro Space Center, Russian Academy of Sciences, ul. Profsoyuznaya 84/32, 117997 Moscow, Russian Federation

⁽²⁾ Niels Bohr International Academy, Niels Bohr Institute, Blegdamsvej 17, DK-2100, Copenhagen, Denmark

⁽³⁾ National Research Center 'Kurchatov Institute', pl. Akademika Kurchatova 1, 123182 Moscow, Russian Federation

E-mail: ^(a) novikov@asc.rssi.ru

Theoretical and observational evidence is examined to verify the hypothesis put forward by N S Kardashev that some of the double images of galactic nuclei can be entrances to the same wormhole.

Keywords: wormholes, Einstein's general theory of relativity, Multiverse

PACS number: **98.70.-f**

Bibliography — 27 references

Uspekhi Fizicheskikh Nauk **190** (6) 664–668 (2020)

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFN.2019.10.038689>

Received 19 September 2019

Physics – Uspekhi **63** (6) (2020)

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFN.2019.10.038689>