

Черные дыры и Квазары в Свете Новой Физики

Аннотация: В статье указано, что теория черных дыр Роджера Пенроуза, базирующаяся на Общей Теории Относительности, не способна описывать поведение системы и в частности черной дыры в динамике, поскольку образование новых частиц в процессе развития черной дыры приводит к нарушению симметрии во времени. После открытия галактической темной материи и межгалактической темной энергии, образующих 95% масс-энергии Вселенной, дальнейшее развитие теории зарождения и эволюции черных дыр, лежит на пути отказа от геометрической теории гравитации ОТО Эйнштейна и признания пятого взаимодействия между темной и барионной материей. Новые астрономические наблюдения последних лет со всей определенностью говорят, что черные дыры в своем развитии в квазары становятся не могильщиком барионной материи, а фабрикой барионной материи для новых галактик.

Ключевые слова: темная материя; барионная материя; черная дыра; квазар

PACS: 01.10.Fv, 04.50.-h, 12.10.Kt, 95.36.+x, 98.80.-k

1. Вступление

Черная дыра и квазар – это две самые интригующие тайны Вселенной. Никто с точностью не может сказать, что это такое, зачем они существуют и какие происходят процессы внутри них. Квазар не может существовать без черной дыры, в свою очередь, черная дыра – вполне может обойтись без квазара. О том, что квазары самые яркие объекты вселенной, знают многие. А вот то, что квазары рождаются в результате эволюции чёрных дыр, пока мало кому известно. Давайте более подробно познакомимся с гипотезой, объясняющей перерождение чёрных дыр в квазары. В формулировке Нобелевского комитета написано, что премия присуждается Пенроузу за «открытие того, что формирование черных дыр является надежным предсказанием общей теории относительности». Эта формулировка отражает тот факт, что и до работ Пенроуза было известно, что достаточно плотный объект (например, газовое облако, звезда или скопление звезд) может сжаться (говорят, сколлапсировать) в черную дыру. Однако, предыдущие расчеты были основаны на многих предположениях, наиболее важными из которых были сферическая форма рассматриваемых объектов и различные упрощающие предположения о свойствах коллапсирующей материи. Пенроузу удалось предложить новый революционный метод, который позволяет установить возможность коллапса без каких-либо особых предположений о природе и геометрии «схлопывающегося» тела при выполнении нескольких простых условий. Основы этого метода были сформулированы в классической работе Пенроуза 1965 года: «Гравитационный коллапс и пространственно-временные сингулярности» опубликованной в Phys. Rev. Lett. 14, 57. [1]. В свете последних открытий галактической темной материи и межгалактической темной энергии, образующих 95% масс-энергии Вселенной, выводы Роджера Пенроуза выглядят не так однозначно [2]. По результатам астрономических наблюдений телескопа Planck Вселенная состоит из [3]:

-темной энергии	(68.3%)
-темной материи	(26.8%)
-обычного(барионного вещества)	(4.9%)

Из приблизительно 5% барионного вещества, 4/5 массы приходится на межзвездную среду и только 0,5% средней плотности Вселенной сосредоточено в звездах. Темная материя заполняет пятую часть галактического пространства. Установлено, что гало темной материи образует сферы вокруг галактик, звезд, планет и черных дыр, которые вращаются вместе с ними (рис.1) [4].

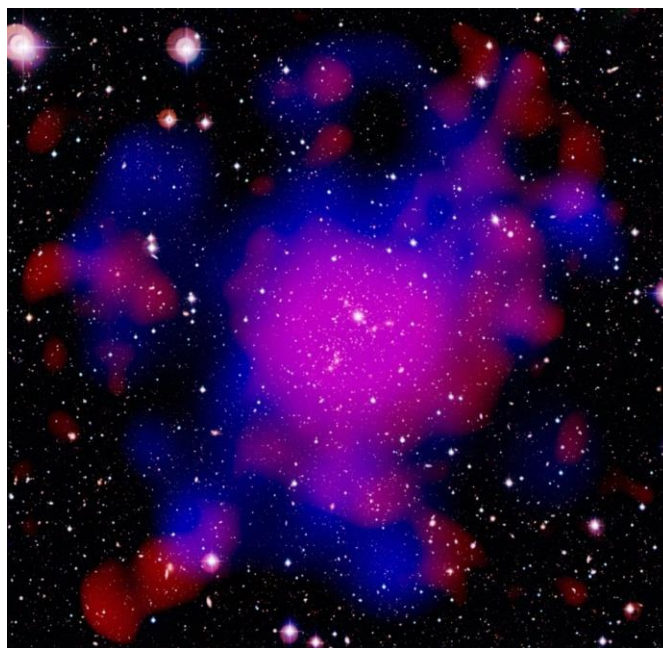


Рисунок 1. Компоненты скопления галактик Abell 2744. Белый цвет - галактики, красный цвет - горячий газ и синий цвет - темная материя.

Кстати, за открытие вращающегося ядра сверхчерной дыры в центре нашей галактики, лауреатами Нобелевской премии 2020 стали, вместе с Роджером Пенроузом, два других физика-немец Рейнхард Генцель и американка Андреа Гез. В новой космологии гало темной материи может выступать в первичной Вселенной тем достаточно плотным объектом, который может сжаться (сколлапсировать) под действием гравитационных сил в черную дыру. Встает вопрос могут ли вообще образовываться такого рода астрофизические конфигурации ядро-гало темной материи и остаются ли они стабильными в космологических временных масштабах. В новой статье Carlos R Argüelles, Manuel I Díaz, Andreas Krut, Rafael Yunis "On the formation and stability of fermionic dark matter haloes in a cosmological framework" на этот вопрос дается утвердительный ответ [5]. Более того, полученные результаты доказывают, что гало темной материи с морфологией ядро-гало является очень вероятным исходом на нелинейных стадиях структурообразования черных дыр. Более того, полученные результаты доказывают, что гало темной материи с морфологией ядро-гало является очень вероятным исходом на нелинейных стадиях структурообразования черных дыр. В целом соглашаясь с выводами авторов статьи [5], я считаю необходимым отметить совершенно необоснованным обращение авторов к общей теории относительности в качестве необходимого элемента для гравитационного коллапса ядра темной материи до образования черной дыры. В моей статье "Роджер Пенроуз и черные дыры" указано, что дальнейшее развитие теории зарождения и эволюции черных дыр, лежит на пути отказа от геометрической теории гравитации ОТО Эйнштейна и признания пятого взаимодействия между темной и барионной материей [2]. Новая концепция гравитации позволяет описывать гравитационные взаимодействия тел аналогично электрическому и магнитному взаимодействию и не противоречит другим экспериментально обоснованным подходам к описанию явления гравитации и инерции, в частности, некоторым моделям с участием темной материи, как сверхтекучей космической среде [6]. В то же время эксперименты показывают, что если на вакуум действует внешнее поле, то за счет его энергии возможно создание реальных частиц [7,8]. Именно потому, что вакуум - не виртуальный, а реальный физический объект (темная материя) и имеет структуру, поляризация вакуума приводит не к виртуальным, а к реальным радиационным поправкам к законам квантовой электродинамики [7]. В теории гравитации поляризация вакуума также присутствует, и теоретически она проявляется на чрезвычайно малых планковских расстояниях $\sim 10^{-35}$ м. Предполагается, что процессы гравитационной поляризации вакуума играют важную роль в космологии [7]. Гипотеза о существовании неоднородного квантового вакуума

(темной материи) в виде вакуумных доменов позволила доктору Вячеславу Дятлову, профессору Сибирского отделения Российской академии наук, определить энергию квантового вакуумного домена (ВД) в электрическом, гравитационном, магнитном и спиновом полях [9]. Исходя из этого, доктор Вячеслав Дятлов предлагает рассчитать энергию вакуумного диполя (ВД) как четырехдиполя в четырех полях (E - электрическое, M - магнитное, G - гравитационное, S - спиновое) в следующей форме:

$$W = W_E + W_G + W_M + W_S \quad (1)$$

Где

$$W_E = -\mathbf{d}\mathbf{E}_0; \quad W_G = -\mathbf{d}_G\mathbf{E}_{0G};$$

$$W_M = -\mu_0 \mathbf{l}_M \mathbf{H}_0; \quad W_S = -\mu_{0G} \mathbf{l}_S \mathbf{H}_{0S}.$$

\mathbf{d} и \mathbf{d}_G это два диполя ВД - электрическое \mathbf{d} и гравитационное \mathbf{d}_G

\mathbf{l}_M и \mathbf{l}_S это два момента ВД - магнитный \mathbf{l}_M и спиновой \mathbf{l}_S .

μ_0, μ_{0G} магнитная и магнитоспиновая проницаемость;

$$\mu_0 = 1.257 \times 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{kg} \cdot \text{c}^{-2} \cdot \text{A}^{-2} \quad \mu_{0G} = 0.9329 \times 10^{-26} \text{ m} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Вообще говоря, поля $\mathbf{E}_0, \mathbf{E}_{0G}, \mathbf{H}_0, \mathbf{H}_{0S}$ зависят от пространственных координат, но их можно приближенно считать константами внутри домена. Следовательно, дипольные силы, действующие на квантовую вакуумную область, руководствуясь работой академика Тамма [10], можно определить следующим образом:

$$\mathbf{F}_{DE} = -\nabla W_E; \quad (2)$$

$$\mathbf{F}_{DG} = -\nabla W_G; \quad (3)$$

$$\mathbf{F}_{DM} = -\nabla W_M; \quad (4)$$

$$\mathbf{F}_{DS} = -\nabla W_S; \quad (5)$$

Где

\mathbf{F}_{DE} -сила, действующая на ВД как на электрический диполь;

\mathbf{F}_{DG} -сила, действующая на ВД как на гравитационный диполь;

\mathbf{F}_{DM} -сила, действующая на ВД как магнитный диполь (магнитный момент);

\mathbf{F}_{DS} -сила, действующая на ВД как спиновый диполь (спиновый момент);

∇ -оператор градиента [9].

Эти силы участвуют в пятом фундаментальном взаимодействии между квантовым вакуумом и барионной материей. Доктор Джонатан Фенг из Калифорнийского университета в Ирвине в пресс-релизе в 2017 году сказал: «На протяжении десятилетий мы знали о четырех фундаментальных силах: гравитации, электромагнетизме, а также о сильных и слабых ядерных взаимодействиях. Открытие возможной пятой силы, действующей между барионной и темной материей, полностью изменит наше понимание Вселенной, что повлечет за собой объединение пятой силы и темной материи» [11]. Осевое вращения ядра черной дыры будет обусловлено образованием магнитного поля чудовищных значений 2 000 Тесла. Учет всех свойств магнитного поля в новой электродинамике [12] позволяет обнаружить, кроме известных поперечных сил Лоренца еще и продольные силы магнитного взаимодействия, приводящие во вращение ядро черной дыры, звезд и планет [13].

У границы черной дыры квантовый вакуум находится в условно напряженном состоянии, вследствие чего он квантовым образом поляризуется. Из Общей Теории Относительности Эйнштейна ничего подобного не следует. ОТО Эйнштейна, вообще, несовместима с квантовыми представлениями. А квантовая теория, в свою очередь, не может оперировать безразмерными материальными точками, которыми манипулирует ОТО. Изучая поведение квантовых полей вблизи чёрной дыры, Стивен Хокинг предсказал, что чёрная дыра обязательно излучает частицы

во внешнее пространство и тем самым теряет массу [14]. Этот эффект называется излучением (испарением) Хокинга. Упрощённо говоря, гравитационные и магнитные поля поляризуют вакуум (темную материю), в результате чего возможно образование не только виртуальных, но и реальных пар частица-античастица. По Хокингу на поверхности горизонта событий направление разлета рожденных частиц перестает быть случайным, т.е. становится поляризованным, а именно, ортогональным к поверхности ЧД [14]. Существование устойчивого излучения Хокинга — процесса излучения черной дырой разнообразных частиц — впервые доказали специалисты Израильского технологического института. Эксперимент, проводимый израильскими учеными, пришлось повторить 97 тысяч раз в течение 124 дней. Для создания аналога черной дыры длиной в 0,1 миллиметра исследователям потребовалось 800 атомов рубидия. Предполагается, что в будущем экспертам удастся добывать энергию из черных дыр с помощью сингулярного реактора. Если верить теории, энергия будет вырабатываться за счет излучения Хокинга. Научный материал, описывающий создание звукового подобия черной дыры в лабораторных условиях, опубликовали 19 февраля 2021 на сайте Phys.org. [15].

В результате в окружающее пространство черной дыры выбрасывается огромное количество материи. Материя эта представляет собой плазму из самых элементарных частиц вселенной. По сути, это огромное и всё ещё очень плотное облако плазмы, сохраняющее форму диска. Скорость его вращения близка к скорости света, а направление вращения совпадает с направлением вращения исходной чёрной дыры. Такой диск современные астрономы называют квазаром (Рис 2).



Рис. 2. Quasar Ulas j1342 + 0928 скрывает черную дыру.

2. Квазары – фабрики барионной материи и источник почти всех нейтрино

В лаборатории впервые было получено вещество, которое обладает свойствами, идентичными плазме в окрестностях черной дыры. Об этом говорится в совместной работе российских, японских и французских ученых [9]. В лабораторных условиях были получены аккреционные диски черной дыры. Это такая структура, которая возникает в результате диффузного материала, обладающего вращательным моментом, на массивное центральное тело. Сжатие вещества, а также выделение тепла в результате трения дифференциально вращающихся слоев, приводит к разогреву аккреционного диска. Плазма, перетекающая от одного компонента системы к другому, имеет значительный момент вращения: он появляется из-за орбитального движения. Поэтому частицы плазмы не могут падать на звезду радиально. Вместо этого они движутся вокруг нее по кеплеровским орбитам. В результате образуется плазменный диск, в котором распределение скоростей соответствует законам Кеплера. Согласно ему слои, расположенные ближе к звезде, будут иметь большие скорости. Однако из-за трения между слоями их скорости выравниваются, и внутренние слои передают часть своего момента импульса наружу. Вследствие этого внутренние слои приближаются к звезде и в конце концов падают на ее поверхность. Фактически траектории отдельных частиц плазмы имеют вид спиралей, которые медленно закручиваются. Радиальное смещение вещества в аккреционном диске сопровождается высвобождением гравитационной энергии, часть которой превращается в кинетическую энергию (ускорение движения газа при приближении к звезде), а другая часть превращается в тепло и

разогревает вещество диска. Поэтому аккреционный диск испускает тепловое электромагнитное излучение. Кинетическая энергия газа при столкновении с поверхностью звезды также трансформируется в тепловую энергию и излучается. Основным свойством образования таких рентгеновских источников будет сильное магнитное излучение. Его магнитное поле и индукция могут достигать нескольких тысяч Тесла, отмечают в своей работе исследователи из института ЛаПлаз, НИЯУ МИФИ и лаборатории CELIA Университета Бордо [9]. Уникальность эксперимента в том, что параметры полученной плазмы не нужно масштабировать, они соответствуют действительным параметрам плазмы в окрестности черной дыры тесных двойных систем типа Лебедь X-1. В объеме мишени на несколько пикосекунд образовалась материя с температурой в миллиарды градусов, плотностью 10^{18} частиц на см^3 и замороженным магнитным полем более 2 000 Тесла. Именно эти параметры можно обнаружить у плазмы в активной области рентгеновских источников. Объем раскаленной замагниченной материи был достаточным, чтобы обладать основными характеристиками своего космического прототипа. Этому также способствовали условия эксперимента, в частности то, что внутри объема плазмы магнитные поля были направлены навстречу друг другу таким образом, что в области соприкосновения встречных магнитных линий происходила аннигиляция магнитного поля, приводящая к возникновению потоков электронов и позитронов со скоростями, близкими скорости света. Этот процесс напоминает рождение релятивистских электрон-позитронных пар, обнаруженных в околоземное пространство при пересоединении - взрывном контакте между двумя силовыми линиями магнитного поля в тонких слоях магнитосферы Земли, детально изученный миссией MMS [10].

Проведенный эксперимент показал, что разработанная международной группой методика может создавать не только квазистационарные магнитные поля рекордной величины, но и моделировать состояние возникающей в них плазмы с высокой плотностью энергии вещества и электромагнитной энергии. В результате мы получим в окрестности черной дыры электронно-позитронную смесь, состоящую примерно из равного количества отрицательных электронов и положительных позитронов. В свободном состоянии электроны и позитроны аннигилируют – это неоспоримый факт. Однако, в аккреционном диске электроны и позитроны не совсем свободные. Они продолжают по инерции вращаться в составе плазменного диска с около световой скоростью. И именно эта скорость, а точнее сила инерции, удерживает их от прямых столкновений и полного взаимоуничтожения. На этом этапе электроны и позитроны образуют дипольные структуры – позитронии. Экспериментально такая пара впервые была обнаружена в 1951 году немецким физиком Мартином Дойчем (Рисунок 7) и надежно установлена профессором Д. Б. Кэссиди и его ассистентом А. П. Миллс-мл в 2007 году [11].

Кэссиди и Миллз подсчитали, что в их эксперименте плотность атомов позитрония составила 10^{15} на см^3 . Расчеты показывают, что при повышении этой плотности на три порядка, эти атомы при температуре 15 кельвинов сольются в единую квантовую систему — Бозе-Эйнштейновский конденсат [11]. Авторы статьи «Фундаментальная диссипация из-за связанных фермионов в пределе нулевой температуры» физик Самули Аутти и др. установили, что частицы в сверхтекучей жидкости прилипают к объекту, защищая его от взаимодействия с объемной сверхтекучей жидкостью, таким образом, предотвращая распад сверхтекучей жидкости [12]. «Сверхтекучий гелий-3 ощущается как вакуум для движущегося через него стержня, хотя это относительно плотная жидкость. «Сопротивления нет, никакого сопротивления», — сказал физик Самули Аутти из Ланкастерского университета в Великобритании. «Я нахожу это очень интригующим». Сверхтекучая жидкость — это жидкость, которая имеет нулевую вязкость и нулевое трение и поэтому течет без потери кинетической энергии. Их относительно легко сделать из бозонов изотопа гелия-4, которые при охлаждении до уровня чуть выше абсолютного нуля замедляются достаточно, чтобы перекрываться и образовывать кластер атомов с высокой плотностью, действующих как один «суператом». Однако эти «суператомы» образуют только один тип сверхтекучей жидкости. Поведение темной материи в таком энергетическом состоянии аналогично поведению атомов в конденсате Бозе-Эйнштейна (квантовое пятое состояние вещества), полученном, при температуре материи близком к абсолютному нулю - 273.5 по Цельсию или 0 Кельвина [12]. Теперь физики говорят, что вместо изучения пустого пространства

они могут создавать конденсат Бозе-Эйнштейна и изучать квантовый вакуум. Другой тип сверхтекучей жидкости основан на родном брате бозона, фермионе. Фермионы — это частицы, которые включают атомные строительные блоки, такие как электроны и кварки. При охлаждении ниже определенной температуры фермионы связываются в так называемые куперовские пары, каждая из которых состоит из двух фермионов, которые вместе образуют составной бозон. Эти куперовские пары ведут себя точно так же, как бозоны, и поэтому могут образовывать сверхтекучую жидкость. Команда создала свою фермионную сверхтекучую жидкость из гелия-3, редкого изотопа гелия, в котором отсутствует один нейтрон. При охлаждении до одной десятитысячной градуса выше абсолютного нуля (0,0001 Кельвина, или -273,15 градусов Цельсия) гелий-3 образует пары Купера [12]. Вещество плазменного диска постепенно расслаивается на электроны-позитроны и нейтроны. Массовое появление нейтронов на окраинах плазменного диска знаменует собой принципиально новый этап в жизни формирования вселенной. С этого момента начинает работать сборочный конвейер по производству химических элементов. Экспериментальной физикой доподлинно установлено, что свободный нейтрон примерно через 15 минут распадается на протон и электрон. Благодаря этому на выходе рождается самое распространённое во вселенной вещество - водород. Атомы водорода постепенно накапливаются внутри вращающегося плазменного диска. В какой-то момент плотность водорода достигает критического значения, и свободный выход нейтронов из плазменного диска становится затруднённым. Начинается следующий цикл синтеза атомов вещества. Свободные нейтроны вынуждены объединяться с протонами предыдущего водородного цикла. В результате формируются знакомые нам атомы из двух протонов и одного нейтрона. Это не что иное, как следующий химический элемент таблицы Менделеева – гелий. Такие циклы в нейтронной центрифуге повторяются для каждого нового химического элемента. Причём, чем дальше по таблице Менделеева мы продвигаемся, тем плотнее становится внешний нуклоновый слой и тем меньше атомов нового вещества формируется на выходе. Именно по этой причине в нашей вселенной водород составляет 70% от общей массы всех химических элементов. Описанный процесс позволяет понять, как протекает синтез всех химических элементов вселенной. Это не взрывоопасный термоядерный синтез в недрах нескольких поколений звёзд, а аккуратная сборка атомов химических элементов из элементарных частиц с помощью очень быстрой плазменной центрифуги. Такой синтез атомов вещества в отличие от термоядерного синтеза представляет собой чрезвычайно энергоёмкий процесс. В нашем случае источником энергии является чёрная дыра. Если быть абсолютно точным, то её масса умноженная на квадрат скорости света. Не смотря на колоссальное количество этой энергии синтез химических элементов рано или поздно должен прекратиться. Раньше астрофизики считали, что как только в галактике появляется квазар, образование звезд в нем заканчивается практически сразу. Позже астрофизики установили, что есть галактики, которые живут с квазарами, однако они холодные, то есть их запасы холодного газа не исчерпаны, и рождение звезд может продолжаться (рис. 3) [20].

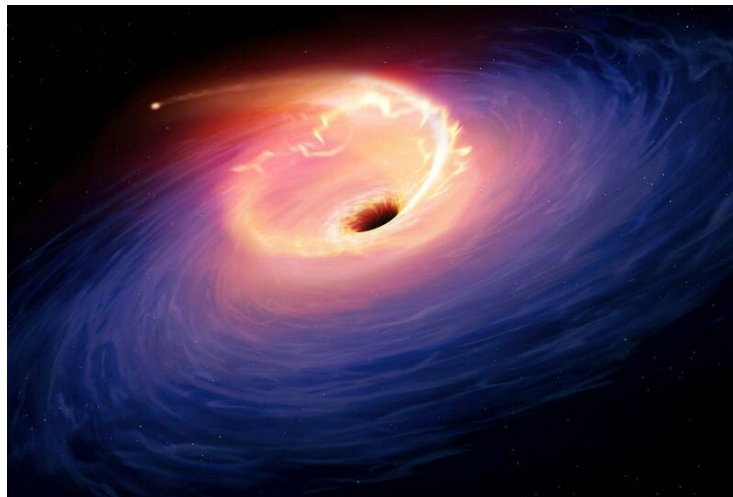


Рисунок 3. Галактика SQ4479 способна производить около 100 звезд в год.

Эллисон Киркпатрик, доцент Канзасского университета в Лоуренсе, говорит: «Galaxy CQ4479 показывает нам, что существование активных черных дыр не всегда останавливает рождение звезд». Это утверждение противоречит современным научным знаниям о таких системах [20]. Астрофизики наблюдают за холодным квазаром с помощью уникального инфракрасного телескопа НАСА SOFIA. Устанавливается на борту самолета Боинг 747. В первую очередь астрономов волнует процесс выделения энергии возле черной дыры. Если он увеличивается, это может остановить образование звезд. Благодаря CQ4479 стало ясно, что даже такой процесс, как наличие активных черных дыр, не влияет мгновенно на процесс рождения звезды. И это, конечно, не согласуется с известными до сих пор научными предсказаниями [20]. На 2021 год ученые запланировали новое исследование, с помощью которого попытаются выяснить, происходит ли это в других галактиках, происходят ли внутри них такие процессы, как рождение и развитие звезды и рост черной дыры, одновременно. Кроме того, это поможет понять, какое влияние квазары оказывают на форму галактики, в которой они существуют.

Помимо барионной материи астрофизики установили, что квазары сверхмассивных черных дыр в центрах галактик служат источником почти всех нейтрино, которые попадают на Землю из космоса [21, 22]. Нейтрино, которые летят с очень высокой скоростью, являются хорошим кандидатом для горячей темной материи. В частности, они не излучают и не поглощают свет - они выглядят «темными». Долгое время предполагалось, что нейтрино, которые бывают трех разных видов, не имеют массы. Но эксперименты показали, что они могут меняться (колебаться) от одного вида к другому. Важно отметить, что ученые показали, что это изменение требует от них массы - что делает их законным кандидатом на горячую темную материю. Несколько лет назад физики из обсерватории Пьера Оже обнаружили первые намеки на то, что все эти частицы имеют внегалактическое происхождение. Три года назад исследователи из Антарктической нейтринной обсерватории IceCube обнаружили один из возможных источников этих нейтрино - блазар TXS 0506 + 056. Блазар находится в созвездии Ориона, свет от которого идет до Земли примерно на 4,33 миллиарда лет. Образование сверхсветовых нейтрино связано со столкновением протонов сверхвысоких энергий с окружающими фотонами, при которых появляются нейтрино и исчезает протон. Протоны или более тяжелые ядра, ускоренные до сверхвысокой энергии вблизи темной дыры, сталкиваются с ядрами атомов или фотонами с низкой энергией. В этом случае образуются π - и K -мезоны, при распаде которых рождаются космические нейтрино высоких энергий. Можно предположить, что барионная материя (протон) перешла в частицу горячей темной материи (нейтрино) с поглощением энергии. Процесс, приводящий к рождению гамма-лучей и нейтрино, генерируемых взаимодействием протонов с ускорением до сверхвысоких энергий с веществом, представлен на (Рис. 4) [21].

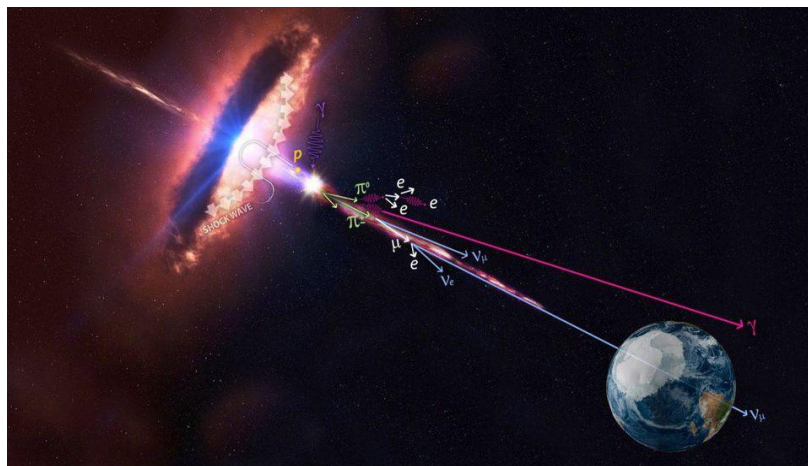
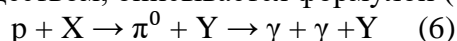


Рисунок 4. Художественное изображение того, как Блазар ускоряет протоны, которые генерируют пионы, которые, в свою очередь, генерируют нейтрино и гамма-лучи. Нейтрино всегда являются результатом адронных реакций. Гамма-лучи могут появляться как в адронных, так и в электромагнитных взаимодействиях.

Одна из возможных реакций при взаимодействии протонов, ускоренных в окрестности темной дыры с веществом, описывается формулой (6)



Хотя нейтрино очень слабо реагируют с веществом, вероятность реакции увеличивается с увеличением энергии, поэтому сверхсветовые нейтрино были с уверенностью обнаружены обсерваторией IceCube.

3. Заключение

Таким образом, новые астрономические наблюдения последних лет со всей определенностью говорят, что черные дыры в своем развитии в квазары становятся не могильщиком барионной материи, а фабрикой барионной материи для новых галактик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Roger Penrose "Gravitational Collapse and Space-Time Singularities" published in Phys. Rev. Lett. 14, 57. (1965)
2. S.I. Konstantinov, "Roger Penrose and Black Holes", International Journal of Advanced Research in Physical Science (IJARPS), Volume 8, Issue 1, (2021)
3. Jean – Loup Puget, The sight on the relic background - Scientific American, No.9, 2014
4. Konstantinov S.I., "Halo" of dark matter and gravitational waves", Global Journals Inc. (USA) GJSFR-A, Volume 20, Issue 4, Version 1.0, pp 5-11, (2020)
5. Carlos R Argüelles, Manuel I Díaz, Andreas Krut, Rafael Yunis, "On the formation and stability of fermionic dark matter haloes in a cosmological framework ", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 502, Issue 3, April 2021, Pages 4227–4246, <https://doi.org/10.1093/mnras/staa3986>
6. Konstantinov S.I., "Epistemological Dualism between Einstein's Relativity and Quantum Mechanics in the Five-Dimensional Continuum for Universe", Global Journals Inc. (USA) GJSFR-A, Volume 20, Issue 6, Version 1.0, pp 31-38, (2020)
7. Konstantinov Stanislav, "Polarization of Vacuum", Open Access Journal of Physics, Volume 2, Issue 3, pp. 15-24, (2018)
8. Adornov T.K., Gavrilov S.P., Gitman D.M., Ferreira R., Peculiarities of the production of particle pairs in a peak electric field, - M: Russian Physics Journal, Vol. 60, N3, (2017)
9. Dyatlov V.L. "Polarization model of an inhomogeneous physical vacuum" -, Novosibirsk, Institute of Mathematics, (1998).
10. Tamm I.E. "Fundamentals of the theory of electricity." - M.: GITTL, (1954).
11. Feng Jonathan L., Protophobic Fifth Force Interpretation of the Observed Anomaly in ^8Be Nuclear Transitions, arXiv: 1604.07411v2 [hep-ph], (15 Aug. 2016)
12. S.I. Konstantinov, "The Awake project at CERN and the T-15 MD tokamak in Sarovo (Russia) in the Light of Maxwell's Real Electrodynamics", International Journal of Advanced Research in Physical Science (IJARPS), Research in Physical Science (IJARPS), Volume 8, Issue 2, 2021, PP 13-21
13. Stanislav I. Konstantinov, "Review of some projects connected with of fundamental laws of physics", Journal of Computer and Electronic Sciences, (JCES), Vol. 1(2), pp. 32-41, 28 February, 2015
14. Stephen Hawking. «From the Big Bang to Black Holes». New York: Bantam Books, 1988.
15. Ingrid Fadelli , "Researchers observe stationary Hawking radiation in an analog black hole", Phys.org , FEBRUARY 19, 2021
16. K. F. F. Law, Y. Abe, A. Morace, Y. Arikawa, S. Sakata, S. Lee, K. Matsuo, H. Morita, Y. Ochiai, C. Liu, A. Yogo, K. Okamoto, D. Golovin, M. Ehret, T. Ozaki, M. Nakai, Y. Sentoku, J. J. Santos, E. d'Humières, Ph. Korneev, and S. Fujioka "Relativistic magnetic reconnection in laser laboratory for testing an emission mechanism of hard-state black hole system", Phys. Rev. E 102, 033202 – Published 3 September 2020

17. R. B. Torbert, et al. "Electron-scale dynamics of the diffusion region during symmetric magnetic reconnection in space," *Science* 15 Nov 2018: eaat2998, DOI: 10.1126/science.aat2998
18. D. B. Cassidy, A. P. Mills, Jr. "The production of molecular positronium" // *Nature*. V. 449. (2007) P. 195–197.
19. S. Autti, et al., "Fundamental dissipation due to bound fermions in the zero-temperature limit" *Nature Communications* volume11, Article number: 4742 (2020)
20. Kevin K. Cook, Allison Kirkpatrick, Michael Estrada, et al. , Light Die: A Vanishing Cold Quasar in X-Rays at $z \sim 0.405$, November 6, 2020, *Astrophysical Journal*. DOI: 10.3847 / 1538-4357 / abb94a
21. Станислав Константинов, "Сверхсветовые нейтрино - частицы горячей темной материи темных дыр", *Журнал Физическое образование в ВУЗах*, Том: 26,Номер: 3, (2020) Страницы: 12-21. УДК: 372.853
22. A. V. Plavin, Y. Y. Kovalev, Y. A. Kovalev, S. V. Troitsky "Directional Association of TeV to PeV Astrophysical Neutrinos with Radio Blazars", *Astrophysical Journal*, Volume 908, Number 2, (2021 February 19)
23. Luca Comisso and Felipe A. Asenjo, "Magnetic reconnection as a mechanism for energy extraction from rotating black holes", *Phys. Rev. D* 103, 023014 – Published 13 January 2021