

ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ

# НЕБО СВОДА



**Реликтовые черные дыры  
и темная материя**

**02`25**  
февраль

Небесный курьер (новости астрономии)  
История астрономии 21 века Небо над нами: ФЕВРАЛЬ - 2025



## Книги для любителей астрономии из серии «Астробиблиотека» от 'АстроКА'



Астрономический календарь на 2005 год <http://astronet.ru>  
 Астрономический календарь на 2006 год <http://astronet.ru/db/msg/1208871>  
 Астрономический календарь на 2007 год <http://astronet.ru/db/msg/1216757>  
 Астрономический календарь на 2008 год <http://astronet.ru/db/msg/1223333>  
 Астрономический календарь на 2009 год <http://astronet.ru/db/msg/1232691>  
 Астрономический календарь на 2010 год <http://astronet.ru/db/msg/1237912>  
 Астрономический календарь на 2011 год <http://astronet.ru/db/msg/1250439>  
 Астрономический календарь на 2012 год <http://astronet.ru/db/msg/1254282>  
 Астрономический календарь на 2013 год <http://astronet.ru/db/msg/1256315>  
 Астрономический календарь на 2014 год <http://astronet.ru/db/msg/1283238>  
 Астрономический календарь на 2015 год <http://astronet.ru/db/msg/1310876>  
 Астрономический календарь на 2016 год <http://astronet.ru/db/msg/1334887>  
 Астрономический календарь на 2017 год <http://astronet.ru/db/msg/1360173>  
 Астрономический календарь на 2018 год <http://astronet.ru/db/msg/1364103>  
 Астрономический календарь на 2019 год <http://astronet.ru/db/msg/1364101>  
 Астрономический календарь на 2020 год <http://astronet.ru/db/msg/1364099>  
 Астрономический календарь на 2021 год <http://astronet.ru/db/msg/1704127>  
 Астрономический календарь на 2022 год <http://astronet.ru/db/msg/1769488>  
 Астрономический календарь на 2023 год <http://astronet.ru/db/msg/1855123>  
 Астрономический календарь на 2024 год <http://astronet.ru/db/msg/1393061>  
 Астрономический календарь на 2025 год <http://astronet.ru/db/msg/1393062>  
 Астрономический календарь на 2026 год <http://astronet.ru/db/msg/1393063>  
 Астрономический календарь на 2027 год <http://astronet.ru/db/msg/1393065>  
 Астрономический календарь на 2028 год <http://astronet.ru/db/msg/1393067>  
 Астрономический календарь на 2029 год <http://astronet.ru/db/msg/1393068>  
 Астрономический календарь - справочник <http://www.astronet.ru/db/msg/1374768>



Солнечное затмение 29 марта 2006 года и его наблюдение (архив – 2,5 Мб)

<http://www.astronet.ru/db/msg/1211721>

Солнечное затмение 1 августа 2008 года и его наблюдение (архив – 8,2 Мб)

<http://www.astronet.ru/db/msg/1228001>

Кометы и их методы их наблюдений (архив – 2,3 Мб)

<http://astronet.ru/db/msg/1236635>

Астрономические хроники: 2004 год (архив - 10 Мб)

<http://www.astronet.ru/db/msg/1217007>

Астрономические хроники: 2005 год (архив – 10 Мб)

<http://www.astronet.ru/db/msg/1217007>

Астрономические хроники: 2006 год (архив - 9,1 Мб)

<http://www.astronet.ru/db/msg/1219122>

Астрономические хроники: 2007 год (архив - 8,2 Мб)

<http://www.astronet.ru/db/msg/1225438>

Противостояния Марса 2005 - 2012 годы (архив - 2 Мб)

[http://www.astrogalaxy.ru/download/Mars2005\\_2012.zip](http://www.astrogalaxy.ru/download/Mars2005_2012.zip)



Календарь наблюдателя на февраль 2025 года <http://www.astronet.ru/db/news/>



<http://astronet.ru>



<http://www.nkj.ru/>



<http://www.popmech.ru/>



<http://www.vokrugsveta.ru>



Вышедшие номера журнала «Небосвод» можно скачать на многих Интернет-ресурсах, например, здесь:

<http://www.astronet.ru/db/sect/300000013>

<http://www.astrogalaxy.ru>

<http://www.shvedun.ru/nebosvod.htm>

<http://www.astro.websib.ru/sprav/jurnalN> (журнал + все номера КН)

<http://ivmk.net/lithos-astro.htm>

ссылки на новые номера - на <http://astronomy.ru/forum>



## Уважаемые любители астрономии!

В ясные ночи февраля можно совершать увлекательные путешествия по звездному небу. «Не знаю как вы, а я постоянно испытываю некоторый восторг, когда удается понаблюдать объекты, <принадлежащие> тому или иному экзотическому созвездию. Понятно, что деление созвездий на экзотические и нет - чисто номинальное, даже деление небосвода на созвездия - это не более чем условность, однако ж, приятно занести в журнал наблюдений, скажем, NGC 2437 из созвездия Кормы. Будто бы ты житель тропиков, созерцатель Магеллановых Облаков и знойного Канопуса Ан нет, у нас тут далеко не тропики, у нас февраль, самый вьюжный месяц в году. А рассеянное скопление NGC 2437, оно же M46, является визитной карточкой Кормы, тем объектом, с которого мы начинаем знакомство с этим прекрасным, насыщенным яркими объектами, но, к сожалению, лишь частично доступным в России созвездием. Скопление M46 конечно нельзя рассматривать в отрыве от своего соседа - рассеянного скопления M47. В данном случае перед нами пример соседства двух совершенно разных типов скоплений. M46 - крупное и немолодое скопление сотен звезд, отдаленное от нас на расстояние около 5400 световых лет. M47, напротив, весьма молодо (60 млн. против 300 млн. лет у M46), не столь многочисленно (50 звезд) и находится на расстоянии 1600 световых лет. Эта разница очень хорошо ощутима в бинокль, когда оба объекта лежат в поле зрения, и M47 предстает яркой горстью звездных бриллиантов, а M46 - всего лишь туманным пятнышком. Звезды M46 заметно холоднее звезд M47, самый <горячий> класс их <всего лишь> A0. Ярчайшие звезды M 47 - голубые гиганты шестой звездной величины, поэтому скопление можно различить глазом в виде туманного пятна, как это и было сделано его первооткрывателем - итальянским священником Джованни Батистой Годииерной, который в 1654 году описал этот объект как <туманность меж двух псов>. К слову, перу Годииерны принадлежит одна из самых первых классификаций туманных объектов - по степени их разрешимости на звезды» Полностью статью можно прочитать в февральском номере журнала «Небосвод» за 2009 год. Не смотря на давность публикации, она актуальна и сейчас.

*Ясного неба и успешных наблюдений!*

## Содержание

### 4 Небесный курьер (новости астрономии)

**Аккрецирующие нейтронные звезды  
и белые карлики различаются  
по спектру рентгеновских вспышек**

*Елена Сейфина*

### 8 Реликтовые черные дыры

**и темная материя**

*Алексей Левин*

### 11 История астрономии 21 века

*Анатолий Максименко*

### 22 Небо над нами: ФЕВРАЛЬ - 2025

**Обложка: Найдите человека на Луне**

<http://www.astronet.ru/db/apod.html>

Видели ли вы человека на Луне? Этот вопрос основан на способности людей видеть парейдолию – воспринимать смутные образы как знакомое отчетливое изображение. Богатая деталями поверхность полной Луны предоставляет возможность идентифицировать несколько знакомых объектов. Это свойственно не только современной западной культуре, но и фольклору разных стран на разных этапах истории. Например, в зависимости от ориентации Луны, на ней можно увидеть женщину или кролика. Если представить себе, что две темные круглые области – лунные моря – которые видны на картинке прямо над центром Луны – это глаза, то можно увидеть контур лица, часто называемый человеком на Луне. Однако на этом изображении Луны действительно есть человек. Если внимательно разглядывать картинку, то можно увидеть силуэт человека с телескопом на фоне Луны. Фотография была сделана в 2016 году в Кадальсо-де-лос-Видриос в Мадриде, Испания.

**Авторы и права:** [Дани Кахете](#)

**Перевод:** Д.Ю. Цветков

## Журнал для любителей астрономии «Небосвод»

Издается с октября 2006 года любителями астрономии

Веб-ресурс журнала: <http://www.astronet.ru/db/author/11506>, почта журнала: [stgal@mail.ru](mailto:stgal@mail.ru)

Тема журнала на Астрофоруме - <http://www.astronomy.ru/forum/index.php/topic,19722.0.html>

Веб-сайты: <http://astronet.ru>, <http://astrogalaxy.ru>, <http://astro.websib.ru>, <http://ivmk.net/lithos-astro.htm>

Сверстано в 2024 году

© Небосвод, 2025

## Новости астрономии

Аккрецирующие нейтронные звезды и белые карлики различаются по спектру рентгеновских вспышек

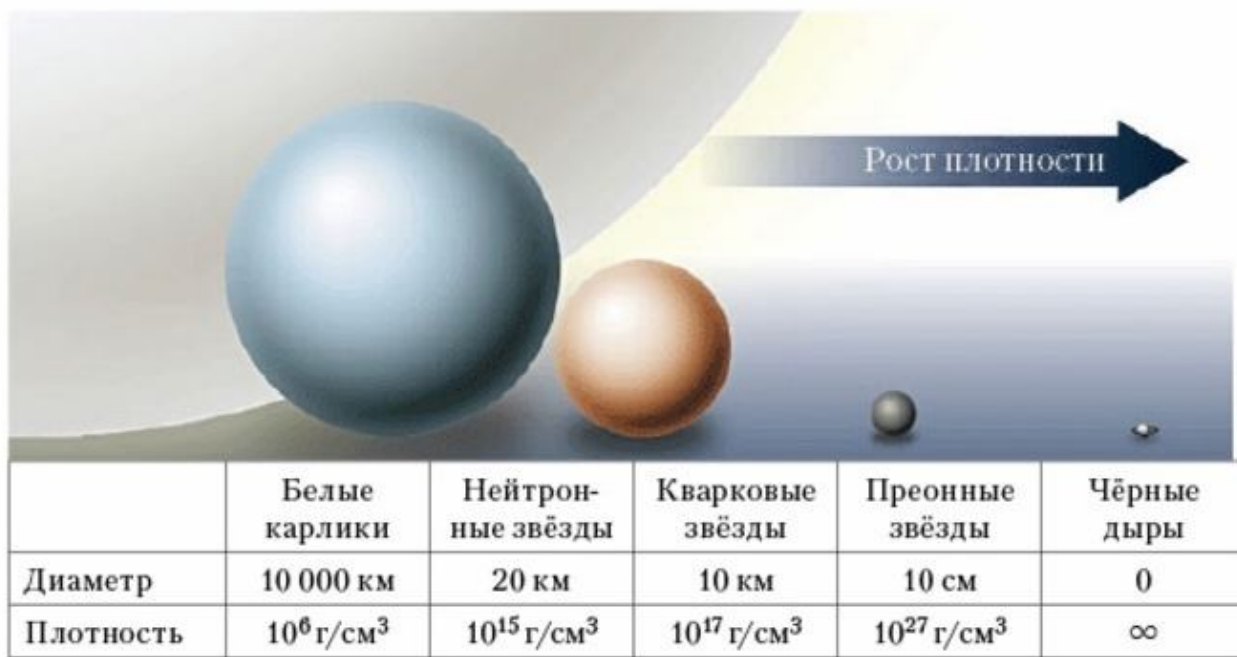


Рис. 1. Сравнительные характеристики белых карликов, нейтронных звезд и черных дыр. Для полноты картины в этом ряду показаны кварковые и преонные звезды, которые относятся к гипотетическим космическим объектам и состоят, соответственно, из так называемой «кварковой материи» и преонов (предполагаемых элементарных частиц, входящих в состав кварков). Рисунок с сайта [starcatalog.ru](http://starcatalog.ru)

Для астрофизики важно уметь отличать нейтронные звезды и белые карлики по данным наблюдений. И то, и другое — компактные остатки звезд, причем белый карлик — это в некотором смысле несостоявшаяся нейтронная звезда, которой не хватило массы. Радиус типичного белого карлика — несколько тысяч километров, радиус типичной нейтронной звезды — десятки километров. С учетом огромных космических расстояний эта разница почти незаметна. Поэтому наблюдательная грань между ними очень тонкая. Российским астрофизикам удалось нащупать эту грань с помощью рентгеновских наблюдений двойных систем, в которых происходит аккреция, а одним из компонентов является белый карлик или нейтронная звезда. Оказалось, что рентгеновские спектры таких систем имеют разную форму и по-разному эволюционируют во время рентгеновских вспышек. Эта разница легко распознается с помощью оценки фотонного индекса рентгеновского излучения таких объектов: для нейтронной звезды он равен  $\sim 2$ , для белого карлика —  $\sim 1,85$ . В обоих случаях величина индекса практически постоянна в ходе вспышки.

Авторы связывают эту разницу с разными свойствами поверхностей компактных объектов обоих типов, а стабильность индекса объясняют доминированием рентгеновского излучения внутренних слоев аккреционного диска над излучением его периферийной части.

Нейтронные звезды (НЗ) и белые карлики (БК) дают уникальную возможность исследования звезд на поздних стадиях эволюции. Когда термоядерный синтез в звезде завершается и давление излучения больше не может противостоять силам гравитации, звезда «умирает»: внешние слои сбрасываются, остается лишь компактное очень плотное ядро (если вообще что-нибудь остается). В зависимости от массы остаточного ядра  $M$  после «смерти» звезда может превратиться в белый карлик ( $M < \sim 1,4M_{\odot}$ , где  $M_{\odot}$  — масса Солнца), нейтронную звезду ( $\sim 1,4M_{\odot} < M < \sim 3M_{\odot}$ ) или черную дыру ( $M > \sim 3M_{\odot}$ ). «Пороговая» масса  $M \approx 1,4M_{\odot}$  называется пределом Чандрасекара. Радиус белых карликов составляет  $\sim 10\,000$  км, нейтронные звезды имеют радиус  $\sim 20$  км, а радиус Шварцшильда получающихся таким образом черных дыр равен  $\sim 8$  км. Это различие в размерах компактных объектов является их визитной карточкой, а белые карлики — самые крупные в этом ряду.

Как видно из рис. 1, для компактных объектов характерна обратная зависимость между размером и плотностью — чем меньше, тем плотнее. Оказывается, что плотность — удобный параметр для сравнения НЗ и БК. В самом деле, при «переходе» через предел Чандрасекара радиус

компактного объекта уменьшается на три порядка, а значит плотность возрастает на девять порядков. Так, например, масса чайной ложки вещества белого карлика составляет  $\sim 1$  тонну, а масса чайной ложки вещества нейтронной звезды —  $\sim 10^9$  тонн. Поэтому для теоретиков нет проблемы в том, чтобы различить БК и НЗ. Но на практике, при наблюдениях с Земли, эта задача оказывается весьма непростой, учитывая ограничения на точность наблюдений и удаленность реальных БК и НЗ от нас (например, ближайший к нам белый карлик Сириус В находится на расстоянии 8,6 световых лет, а ближайшая известная нейтронная звезда RX J1856.5-3754 удалена от нас на 400 световых лет).

Дело обстоит проще, если компактный объект (БК или НЗ) существует в паре с нормальной звездой, то есть в двойной системе. Тогда массу астрономических объектов можно определить по законам Кеплера. Для этого нужно построить кривую лучевых скоростей, а также знать множество параметров системы. Однако этот метод (так называемый «динамический» метод, основанный на анализе лучевых скоростей) работает не часто. Чтобы он давал правдоподобные результаты, сигналы от каждого из компонентов двойной системы должны надежно разделяться в спектре излучения (то есть двойная система должна быть спектрально-двойной), кроме того нужно знать отношение масс компонентов двойной системы, функцию масс хотя бы одного — а лучше обоих — компонентов системы и угол наклона орбитальной плоскости системы к лучу зрения (подробнее о «динамическом» методе «взвешивания» небесных тел см. новость Рентгеновские вспышки в аккреционном диске помогают «взвесить» черную дыру, «Элементы», 20.06.2023). Понятно, что так многосторонне изучить двойную систему не всегда можно, — особенно, если она слабо излучает в оптическом диапазоне. Наконец, «динамический» метод применим только для «спокойных» двойных систем, которые ведут себя «правильно» — то есть, по меньшей мере, не вспыхивают... Но такие системы не очень интересно изучать — гораздо интереснее системы, в которых что-то происходит и которые излучают. А значит, нужно иметь удобный способ идентифицировать компактные объекты по свойствам их излучения.

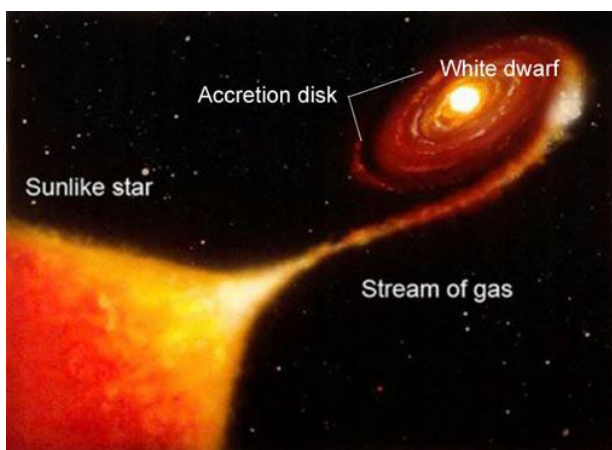


Рис. 2. Двойная система, состоящая из нормальной звезды (слева) и компактного объекта, в данном случае — белого карлика (справа). Видна струя газа, истекающая от нормальной звезды к БК, закручивающаяся по спирали и формирующая аккреционный диск. Рисунок с сайта [skyandtelescope.org](http://skyandtelescope.org)

В двойной системе может происходить перетекание вещества с одного объекта на другой. Как правило, нормальная звезда выступает донором вещества для своего компактного компаньона. В результате вокруг последнего образуется аккреционный диск. Вещество в аккреционном диске за счет трения нагревается до очень высоких температур и излучает фотоны в рентгеновском диапазоне. Этот процесс неравномерный — в зависимости от разных условий перетекания могут возникать вспышки в аккреционном диске вокруг компактного объекта. Если это происходит, источник резко становится более ярким.

Недавно российские астрофизики предложили метод, позволяющий различить нейтронные звезды и белые карлики по наблюдениям рентгеновского излучения во время вспышек в двойных системах. Они обнаружили, что во время рентгеновских вспышек фотонный индекс  $\Gamma$  (зависимость потока излучения от энергии фотонов в потоке) остается постоянным как для НЗ, так и для БК, но четко различается по своей величине: он равен  $\sim 2$  для нейтронных звезд и  $\sim 1,85$  для белых карликов. Теоретический расчет на основе решения уравнения переноса лучистой энергии с разными граничными условиями подтвердил результаты наблюдений. Результаты работы опубликованы в журнале *World Journal of Physics*.

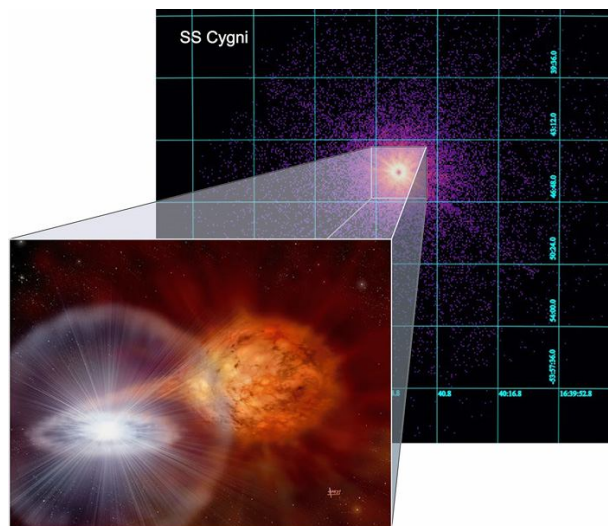


Рис. 3. Художественное изображение белого карлика в двойной системе на фоне рентгеновского изображения поля звездного неба во время вспышки SS Cygni. Фоновое изображение — это реальные наблюдения объекта во время вспышки, проводившиеся с 23 мая по 9 декабря 2014 года при помощи установленного на МКС рентгеновского телескопа MAXI/GSC. Координатная сетка: горизонтальные линии — прямое восхождение, вертикальные линии — склонение. Коллаж © Елена Сейфина

Но обо всем по порядку. Итак, авторы проверяли гипотезу о том, что во время рентгеновских вспышек в двойных системах с аккрецией возможно определить природу компактного объекта, основываясь на оценке фотонного индекса. Сначала проверка коснулась диаграмм, показывающих распределение числа отсчетов — сработавший счетчик детектора (оно пропорционально количеству зарегистрированных фотонов от источника) — в разных диапазонах энергий для НЗ и БК во время их вспышек.

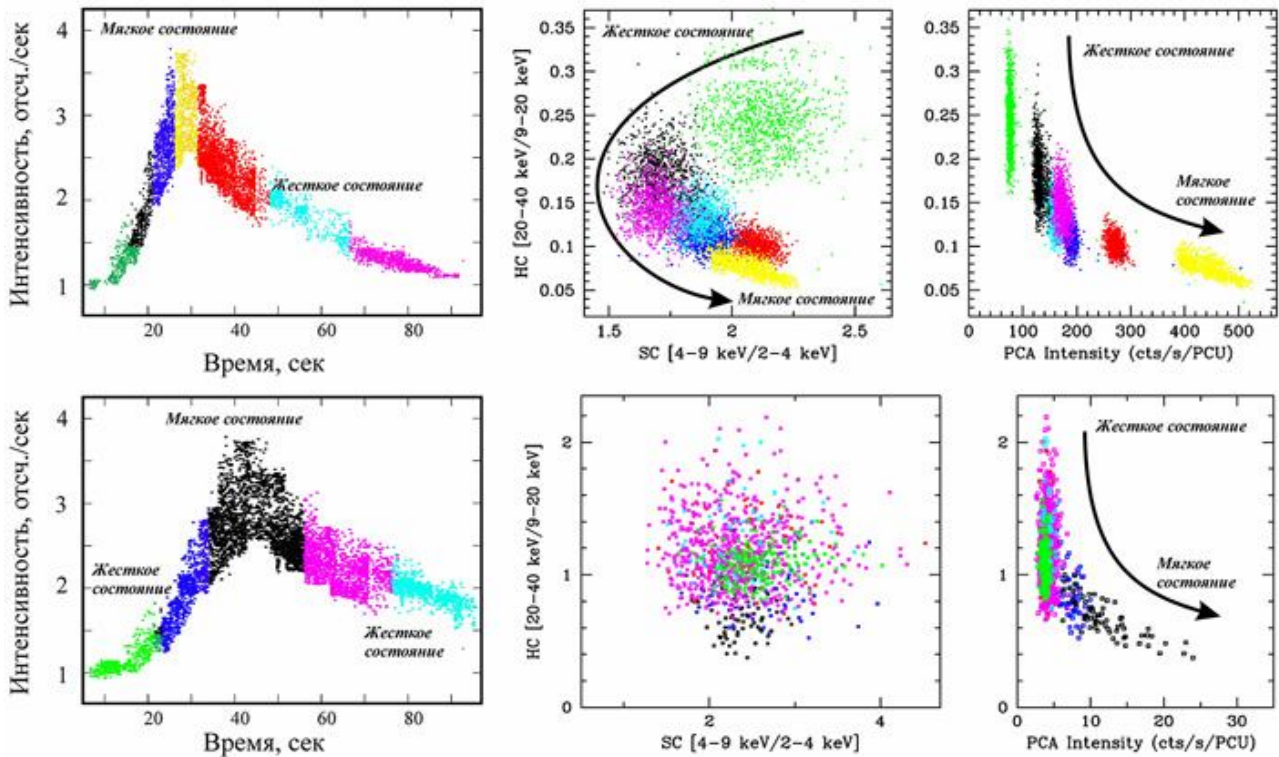


Рис. 4. Кривые блеска для нейтронной звезды 4U 1636–53 (слева сверху) и белого карлика SS Cygni (слева снизу) в сопоставлении с диаграммами соотношения количества зарегистрированных фотонов в разных диапазонах энергий для НЗ (справа сверху) и БК (справа снизу). Разными цветами показаны разные участки вспышки, развивающейся от жесткого состояния (начало вспышки) в мягкое состояние (пик вспышки) и обратно в жесткое состояние (конец вспышки). Рисунок из обсуждаемой статьи

Напомним, как детектор «считает» рентгеновские фотоны, прилетевшие от источника. Еще в начале эры рентгеновских наблюдений (1940–1960 годы) для этих целей в качестве регистрирующего прибора использовался модифицированный счетчик Гейгера — газоразрядная трубка, регистрирующая сигнал при прохождении через нее ионизирующего фотона. Принцип работы этого счетчика заключается в подсчете количества пролетов рентгеновских фотонов через пространство между анодом и катодом, к которым подведено напряжение, слегка не достигающее до «пробоя» (появления тока в цепи) между анодом и катодом. Вся эта конструкция помещается в герметичную стеклянную трубку, наполненную инертным газом.

При прохождении рентгеновского ионизирующего фотона через конструкцию счетчика, такой фотон сталкивается с элементами конструкции датчика (корпус, баллон, катод) и выбивает электроны, которые оказываются в пространстве между электродами. Эти электроны под действием ускоряющего напряжения направляются к аноду и ионизируют молекулы инертного газа, выбивая вторичные электроны. В результате происходит разряд между катодом и анодом. Тогда газовый промежуток в межэлектродном пространстве становится токопроводящим и в цепи возникает «скачок» тока в нагрузочном резисторе. После этого источник питания отключается на некоторое время (так называемое «мертвое» время), после чего счетчик Гейгера приводится в исходное состояние

— и прибор готов к регистрации нового фотона. Херберт Фридман модифицировал счетчик Гейгера, настроив его на детектирование квантов высоких энергий (например, из конкретного рентгеновского диапазона).

Эта простая схема позволяет подсчитывать количество таких «скачков» тока, число которых пропорционально количеству пролетевших через счетчик рентгеновских квантов (не считая упущенных квантов в течение «мертвого» времени). Даже на уровне таких простых подсчетов «срабатываний» счетчика можно провести сравнение диаграмм «отсчетов» для НЗ и БК и найти возможную разницу. Наряду с газоразрядными трубками сейчас работают чувствительные к рентгеновским квантам кристаллы, изменяющие свои токопроводящие свойства под действием определенных рентгеновских квантов. Однако термин «отсчеты» применяется и к ним.

Вспышки наблюдались спутниками NuSTAR, XMM-Newton, RXTE, BeppoSAX, Suzaku и ASCA. В качестве тестовых двойных систем были выбраны: с нейтронными звездами — 4U1636–53, 4U1728–34, 4U1700–37, 4U1705–44, 4U1820–30, GX3+1, X1658–298, GS1826–238, 1E1724–3045; с белыми карликами — SS Cygni, U Gem, VW Hyi и SS Aur. Оказалось, что форма таких диаграмм по данным детекторов сильно отличается для белых карликов (нижний ряд на рис. 4) и нейтронных звезд (верхний ряд на рис. 4).

Конечно, отслеживались самые интересные фазы развития вспышек и основное внимание фокусировалось на участке максимума и фазе угасания таких вспышек. При этом просто сравнивались отсчеты детекторов на этих участках вспышек источников и оценивалось их соотношение с помощью параметра «жесткости», HC, равного отношению отсчетов в диапазоне 20–40 кэВ к количеству отсчетов в диапазоне 9–20 кэВ в единицу времени. Это соотношение отсчетов (пропорциональное скорости счета фотонов) с течением времени может изменяться, и по этому изменению можно определить, с каким объектом мы

имеем дело. Оказывается, что если с течением времени отношение НС остается в области единицы, то это соответствует излучению белого карлика, а если меняется в соответствии с определенной тенденцией (указано черной изогнутой стрелкой сверху на рис. 4) в широком диапазоне ( $0,1 < \Gamma < 0,3$ ), то — излучению нейтронной звезды.

Следующий этап исследования — поиск отличий в спектрах. Во время вспышки спектры объектов изменяются. Их форма характеризуется уже упоминавшимся фотонным индексом  $\Gamma$ , потому отличия спектров НЗ и БК проще описывать в терминах  $\Gamma$ . Оказалось, что индекс  $\Gamma$  остается приблизительно постоянным во время вспышки — для нейтронных звезд  $\Gamma \approx 2,00 \pm 0,02$ , а для белых карликов  $\Gamma \approx 1,85 \pm 0,03$  (рис. 5).

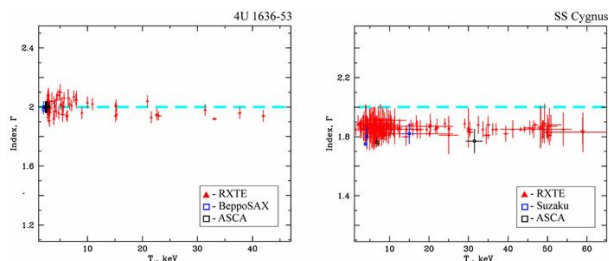


Рис. 5. Постоянство индекса  $\Gamma$  во время вспышки нейтронной звезды 4U 1636–53 (слева) и белого карлика SS Cygni (справа) на разных уровнях энергии. Наблюдения показаны крестами, голубой пунктирной линией отмечен теоретически рассчитанный уровень для нейтронных звезд во время вспышек. Рисунок из обсуждаемой статьи

Для объяснения этого факта авторы предложили теоретическую модель, основанную на обнаруженной во время наблюдений разной температуре поверхности объектов. У нейтронных звезд она составляла 2 кэВ (или  $2 \times 10^7$  К), а у белых карликов — 0,5 кэВ (или  $5 \times 10^6$  К). Эта разница в температурах поверхности объектов обуславливается разными свойствами поглощения и отражения, то есть поверхности звезд различаются граничными условиями.

Более высокая температура поверхности НЗ (2 кэВ) обеспечивает ее более высокую отражательную способность, чем у поверхности БК. В свою очередь, более низкая температура поверхности БК (0,5 кэВ) способствует поглощению поверхностью БК рентгеновских лучей, образующихся во внутренних частях аккреционного диска. Так вот оно — различие БК и НЗ — которое также легко может распознаваться в рентгеновских наблюдениях! Нужно только подольше понаблюдать двойную систему с компактным объектом во время вспышки, чтобы оценить, насколько он «зеркальный» или «бархатный» в отношении рентгеновского излучения. Если перейти на более технический язык, то из анализа длительных наблюдений по множеству спектров можно оценить модельную температуру поверхности компактного объекта. Если она окажется низкой ( $\sim 0,5$  кэВ), то поверхность этого объекта будет поглощать рентгеновское излучение (являющийся более горячим,  $\sim 2$  кэВ), а если модельная температура окажется высокой ( $\sim 2$  кэВ) — то поверхность объекта, будучи одинаково горячей с падающим на нее излучением, будет отражать его.

Однако для такой оценки не подойдут стандартные приемы или интуиция. Так что следует обратиться к строгой математической постановке задачи с граничными условиями и найти формальный

критерий, который чисто математически оперирует со спектрами в терминах индекса  $\Gamma$ . В обсуждаемой статье это было проделано, и задача свелась к решению уравнения переноса в диффузионном приближении со специфическими граничными условиями (отражающая граница для НЗ, поглощающая граница для БК). Эти разные граничные условия для НЗ и БК при решении уравнения переноса лучистой энергии приводят к разным спектральным индексам излучения НЗ и БК. Как уже говорилось выше, полученные из этой модели значения фотонного индекса совпадают с тем, что дают наблюдения. То есть экспериментальные значения индекса  $\Gamma$  в точности совпадают с теоретически предсказанными.

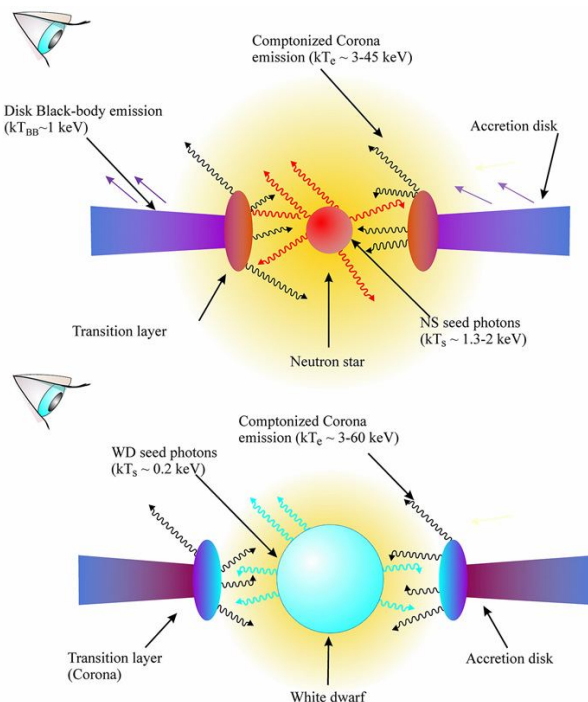


Рис. 6. Модель аккреции в системе с нейтронной звездой 4U 1636–53 (вверху) и в системе с белым карликом SS Cygni (внизу). Рисунок из обсуждаемой статьи

В завершение следует сделать одно замечание. Кроме различия в величинах индекса  $\Gamma$  для НЗ и БК, авторы обнаружили их постоянство во время вспышек как для НЗ, так и для БК. Возникает естественный вопрос: может ли предложенная модель объяснить это постоянство? Оказывается, да! Такое постоянство индексов действительно возможно в случае, когда энерговыделение в аккреционном диске много меньше энерговыделения в переходном слое (самой внутренней области аккреционного диска). Этот теоретический вывод также согласуется с наблюдениями, что подтверждает справедливость предложенной модели.

**Источник:** Lev Titarchuk, Elena Seifina. How to distinguish white dwarf and neutron star X-ray binaries during their X-ray outbursts? // World Journal of Physics. 2024. DOI: 10.56439/WJP/2024.1111.

**Елена Сейфина,**

[https://elementy.ru/novosti\\_nauki/t/5272179/Elena\\_Seyfina](https://elementy.ru/novosti_nauki/t/5272179/Elena_Seyfina)

## Реликтовые черные дыры и темная материя

**Реликтовые черные дыры и темная материя**  
«Троицкий вариант — Наука» №17(411), 27 августа  
2024 года

[Оригинал статьи на сайте «Троицкого варианта»](#)



*Алексей Левин*

Астрофизики из Польши, Британии и Израиля опубликовали итоги анализа данных, собранных в ходе двадцатилетних оптических наблюдений Большого Магелланова Облака, которые проводились для того, чтобы выявить события, связанные с присутствием гипотетических первичных черных дыр в этом звездном скоплении. Согласно ряду космологических теорий, такие дыры не только входят в состав темной материи, но и при выполнении определенных условий могут быть ее главным и даже единственным компонентом. Теперь ученые из Варшавского университета, Уорикского университета в британском Ковентри и отдела физики частиц и астрофизики Института имени Вейцмана в израильском Реховоте пришли к выводу, что даже если первичные черные дыры в наше время реально существуют, то их доля в общей массе темной материи вряд ли превышает несколько процентов. Этот результат представлен в статье в журнале *Nature*.

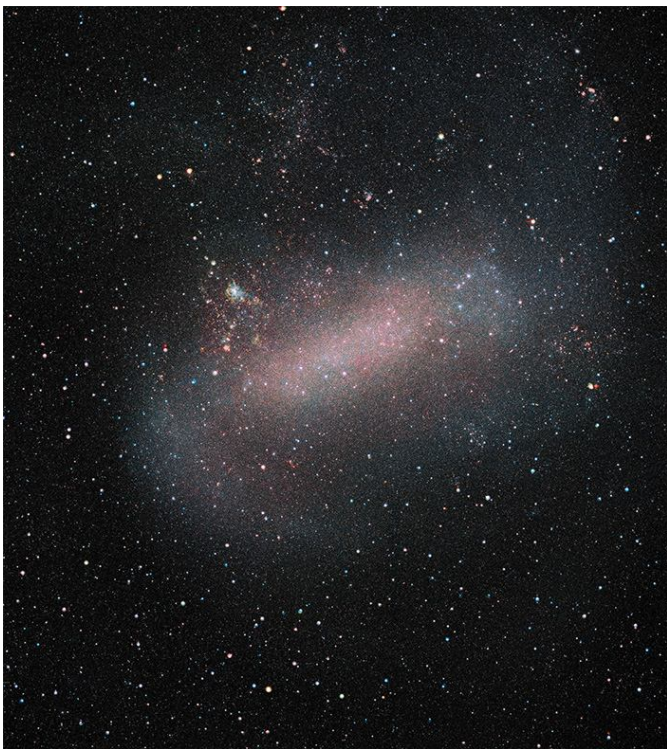
Современная концепция эволюции мироздания определяется Стандартной космологической моделью с нерелятивистской холодной темной материей и темной энергией (для краткости — моделью  $\Lambda$ CDM, она же Concordance Model). Согласно  $\Lambda$ CDM, Вселенная примерно на 68% состоит из темной энергии, на 27% — из темной материи и на 5% — из обычного (барионного) вещества (плюс малые добавки от фотонов и очень легких нейтрино, если таковые присутствуют в космическом пространстве). Физическая природа темной материи и энергии пока не установлена и служит предметом активных дискуссий. Однако очень важно, что при всем при том модель  $\Lambda$ CDM

хорошо согласуется практически со всем арсеналом данных наблюдений.

Большинство специалистов еще недавно полагало, что темная материя, скорее всего, состоит из так называемых вимпов, стабильных и достаточно массивных реликтовых частиц, которые взаимодействуют с барионной материей только посредством короткодействующих слабых сил и дальнодействующей гравитации. Многолетний поиск подобных частиц пока ни к чему не привел, несмотря на трату огромных человеческих, материальных и финансовых ресурсов. Сейчас вера в их существование заметно ослабла, но это уже самостоятельная тема. Есть, однако, и другие кандидаты, включая так называемые реликтовые (или первичные, *primordial*) черные дыры. Под этим термином понимают своего рода консерваты гравитационного поля, которые возникли в самые ранние эпохи существования Вселенной либо из вакуумных флуктуаций квантовых полей (например, инфлатонного поля), либо из сверхплотных сгущений горячей космической материи, вызывавших сильные локальные деформации метрики пространства. Те из деформаций, которые сохранили стабильность вплоть до нашей космологической эпохи, должны наблюдаться в виде черных дыр. Очень важно, что рождение таких дыр никак не связано с гибелью самых массивных звезд, исчерпавших свое термоядерное топливо и претерпевших гравитационный коллапс. Пока что реликтовые черные дыры не обнаружены ни в каких наблюдениях.

Теперь перейдем к статье в *Nature*. Пржемак Мруз и его коллеги обратились к итогам фотометрических наблюдений Большого Магелланова Облака (БМО), самого крупного и массивного галактического спутника Млечного Пути. БМО удалено от нас на смехотворное по космологическим масштабам расстояние, около 50 кпк (163 тыс. световых лет). Эта дистанция всего в пять раз превышает его собственный поперечник, около 10 кпк. Долгое время БМО считали ближайшим сателлитом Млечного Пути, однако 30 лет назад астрономы открыли карликовую галактику, удаленную на 20 кпк. А в 2003-м стало известно о существовании в созвездии Большого Пса карликовой галактики, которая расположена всего в 25 тыс. световых лет от нас (8 кпк) и в 42 тыс. световых лет от центра Млечного Пути. Барионная масса БМО определена с изрядной погрешностью, но по порядку величины она равна 10 млрд солнечных масс — плюс еще 138 миллиардов, если учесть темную материю. В отличие от нашей галактики, центр БМО, насколько сейчас известно, лишен сверхмассивной черной дыры.





*Изображение Большого Магелланова Облака в инфракрасном диапазоне, полученное с помощью телескопа Vista (ESO/VMC Survey)*

Наблюдения, о которых идет речь, проводились в рамках третьего и четвертого раундов проекта OGLE (Optical Gravitational Lensing Experiment), которые растянулись на два десятилетия. В ходе этих двух раундов был проведен мониторинг оптических сигналов 78,7 млн звезд с видимой яркостью не менее 22-й звездной величины (это приблизительно 0,3% звездной популяции БМО). Сигналы проверялись на предмет выявления эффекта микролинзирования, иначе говоря, отклонения звездного света компактным гравитирующим объектом, расположенным между звездой и Землей. Микролинзирование временно увеличивает видимую яркость звезды, а также при определенных условиях размножает ее изображение или создает другие оптические аберрации, например так называемые эйнштейновские кольца либо дуги. Источником гравитационного возмущения могут быть любые центры тяготения, включая, конечно, и гипотетические первичные черные дыры.

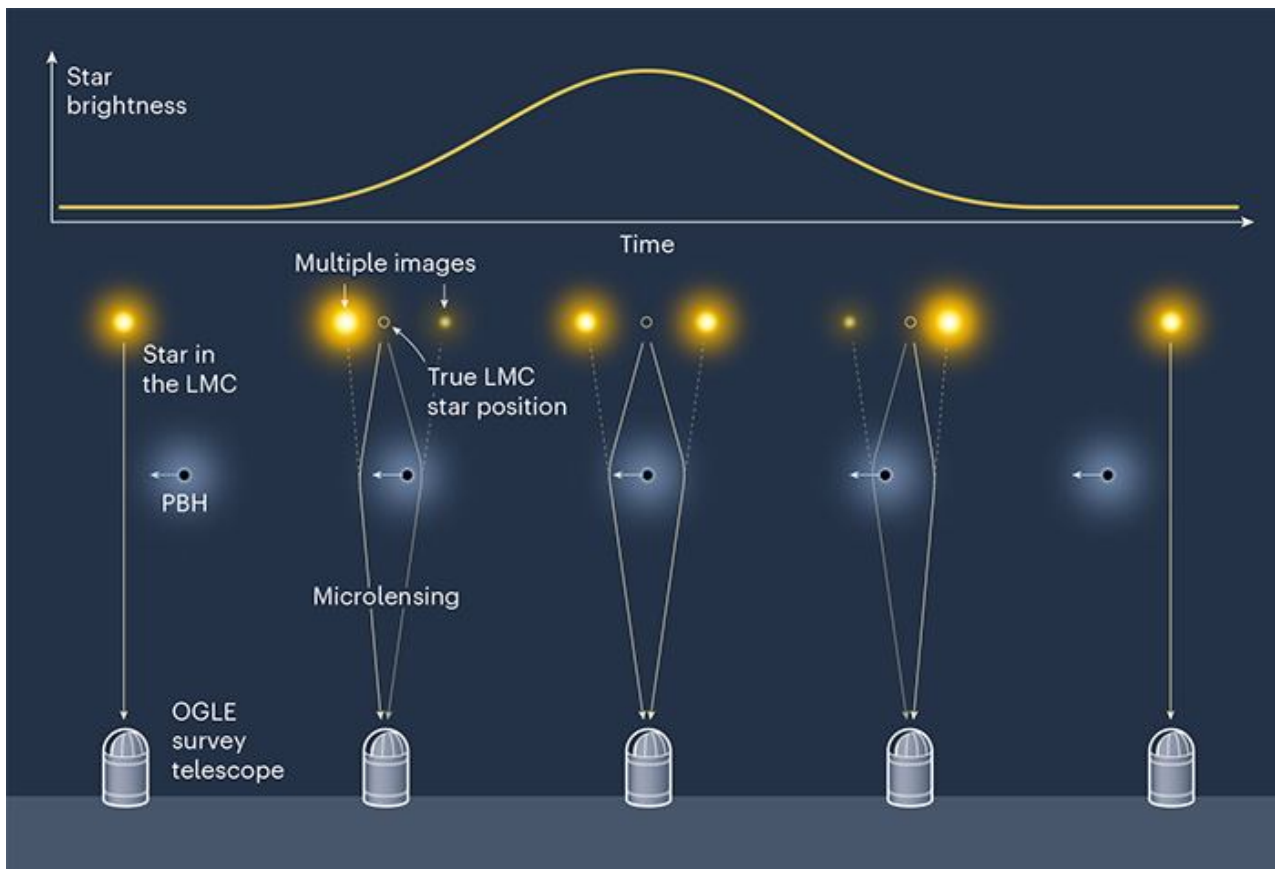
Изменение яркости светила и другие эффекты микролинзирования можно обнаружить с помощью совмещенных с телескопом фотометрических приборов. Возможность подобных измерений впервые пришла в голову известному норвежскому астроному Сюру Рефсдалу еще в 1960-е годы, но он как-то ей не заинтересовался. В начале 1980-х аспирантка Кембриджского университета Мария Петру рассмотрела этот эффект в своей диссертации, но ничего не опубликовала. В итоге признанная международным астрономическим сообществом пальма первенства в этом деле досталась выпускнику Варшавского университета, а впоследствии профессору Принстона, блестящему

астрофизику Богдану Пачинскому. В 1986 году он не только предложил использовать гравитационное микролинзирование для поиска носителей темной материи и четко объяснил, как это сделать на практике, — именно он и стал инициатором проекта OGLE.

Авторы публикации в Nature выявили 13 событий менее чем годовой продолжительности, которые прошли через все фильтры отбора и могли с достаточным основанием рассматриваться как примеры микролинзирования звездного света гравитирующими объектами, расположенными внутри Большого Магелланова Облака. Разумеется, это не обязательно должны были быть черные дыры, послезвездные или реликтовые. В этом качестве вполне могли выступать коричневые карлики, очень тусклые и потому невидимые звезды главной последовательности или, скажем, нейтронные звезды. Однако вычисления, основанные на известных данных о геометрии и звездной структуре Большого Магелланова Облака, показали, что если бы темная материя состояла исключительно из реликтовых черных дыр с массой порядка одной сотой массы Солнца, то за двадцать лет они должны были проявить свое присутствие как минимум в 1100 наблюдениях микролинзирования. Для черных дыр солнечной массы можно было ожидать 554 таких события, для дыр в десять солнечных масс — 258, в сто солнечных масс — 99, в тысячу солнечных масс — 27 событий.

Эти результаты уже сами по себе показывают, что наличие первичных черных дыр в составе темной материи маловероятно. Однако в статье даны и более конкретные оценки. Как показывает детальный статистический анализ, выполненный в ходе этого исследования, доля реликтовых черных дыр с массами в диапазоне от  $1,8 \times 10^{-4}$  до 6,3 массы Солнца в общей плотности массы темной материи не может превышать 1%. Даже если расширить диапазон допустимых масс до сегмента от  $1,3 \times 10^{-5}$  до 860 масс Солнца, эта доля вырастет только до 10%. В любом случае, если первичные черные дыры и существуют, они, скорее всего, не могут оказаться доминирующим компонентом темной материи. Кроме того, только что обнародованные результаты практически обнуляют вероятность гипотезы, согласно которой некоторые приходы волн тяготения, зарегистрированные в последние годы гравитационными детекторами, могут объясняться столкновениями реликтовых, а не послезвездных черных дыр.

Теперь отдадим должное проекту OGLE. Он осуществляется с 1992 года Варшавским университетом под руководством одного из авторов статьи профессора Анджея Удальского, который очень успешно продолжает дело Пачинского. Главная цель проекта состоит в изучении структуры нашей галактики и обоих Магеллановых Облаков — Большого и Малого — с особым акцентом на наблюдение и классификацию переменных звезд и событий микролинзирования.



Поиск первичных черных дыр с помощью эффекта микролинзирования. Черные дыры, образовавшиеся в ранней Вселенной, можно обнаружить с помощью наблюдений звезд в Большом Магеллановом Облаке. В ходе двадцатилетнего исследования OGLE обнаружено 13 кандидатов, выявленных с помощью эффекта микролинзирования, при котором объект отклоняет и искажает свет от фоновой звезды, создавая многократно увеличенные ее изображения. Копии невозможно различить, потому что они слишком близки друг к другу, но их суммарная яркость дает характерное увеличение светового потока. Мруз и др. использовали эффект микролинзирования для проверки гипотезы, что первичные черные дыры могут составлять значительную часть темной материи в нашей галактике (илл.: Eamonn Kerins. *Black holes are too scarce to explain dark matter. Nature. Vol 632, 22 August 2024, p. 743*)

В ходе первого раунда (1992–1995) его участники использовали телескоп с метровой апертурой «Генриетта Своуп», установленный в 1971 году в только что открытой Обсерватории Лас-Кампанас, расположенной в чилийской пустыне Атакама (телескоп назван в честь американского астронома Генриетты Хилл Своуп (1902–1980), которая внесла немалый вклад в изучение переменных звезд). Для следующих трех раундов применялся специально разработанный телескоп Варшавской южной обсерватории с апертурой 1,3 м, установленный также в Лас-Кампанас. В 2010 году, с начала четвертого раунда, его оснастили действующей и поныне 32-чиповой мозаичной ПЗС-камерой высокого разрешения. Помимо звездных наблюдений, участники проекта ведут поиск

внесолнечных планет, который к настоящему времени увенчался как минимум семнадцатью открытиями. Однако им так и не удалось обнаружить ни одной черной дыры в гало Млечного Пути, что они, судя по всему, считали бы своим главным призом<sup>2</sup>.

И вот что надо подчеркнуть в заключительном абзаце. Результаты Пржемека Мруза и его коллег вовсе не исключают возможности современного существования первичных черных дыр. Теории их возникновения не позже, чем через одну секунду после Большого взрыва, предсказывают широкий спектр их начальных масс — от  $10^{-5}$  г до  $10^9$  масс Солнца. Однако новые результаты позволяют как минимум сильно усомниться в реальности реликтовых черных дыр тех же масс, что и дыры, оставшиеся после взрывов массивных звезд (т. е. лежащих в диапазоне от трех до пятидесяти солнечных масс), либо возникших в результате их последующих двух или нескольких слияний. Дальнейшее подтверждение этого вывода, если таковое случится, стало бы весьма нетривиальным вкладом в астрофизику и космологию.

1 Przemec Mróz et al. No massive black holes in the Milky Way halo. *Nature*, Vol. 632, 22 August 2024, 749–751.

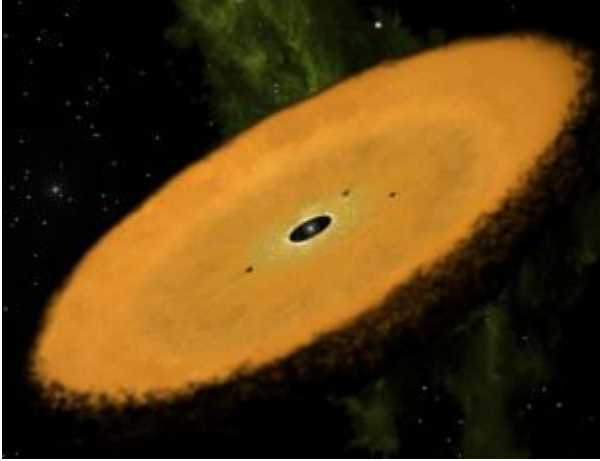
2 Графическую информацию о «Варшавском телескопе» можно найти по этому адресу.

**Алексей Левин,**

[https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/437199/Troitskiy\\_variant\\_Nauka\\_17\\_411\\_27\\_avgusta\\_2024\\_goda](https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/437199/Troitskiy_variant_Nauka_17_411_27_avgusta_2024_goda)

[https://elementy.ru/novosti\\_nauki/t/1763182/Aleksey\\_Levin](https://elementy.ru/novosti_nauki/t/1763182/Aleksey_Levin)

## История астрономии второго десятилетия 21 века



21 октября 2016 года Центр космических полетов имени Годдарда НАСА объявил, что группа астрономов под руководством Стивена Силверберга (Steven Silverberg) из Оклахомского университета и Джонатана Ганье (Jonathan Gagné) из Института Карнеги (США, гражданский научный проект Disk Detective, возглавляемый доктором Марком Кучнером (Marc Kuchner) из НАСА) с помощью телескопа WISE вокруг звезды на расстоянии около 331 светового года от Земли красного карлика WISE J080822.18-644357.3 обнаружили диск обломков вокруг со значительным избытком инфракрасного излучения как на 12, так и на 22 мкм. Классифицированный как диск Питера Пэна с номером AWI0005x3s в базе данных проекта.

Радиальная скорость звезды составляет  $20,6 \pm 1,4$  км/с, что связывает ее с молодой движущейся группой Кирины возрастом около 45 миллионов лет. Поскольку большинство дисков обломков М-карликов исчезают менее чем за 30 миллионов лет, это самый старый из околозвездных дисков – диска из газа и пыли, обращающегося вокруг молодой звезды, из которого могут формироваться планеты.

«Большинство дисков этого типа исчезают в течение менее чем 30 миллионов лет, - сказал Силверберг. – Однако этот конкретный красный карлик входит в состав звездной ассоциации Киля, поэтому его возраст составляет примерно 45 миллионов лет (как и для остальных звезд этой группы). Он является самым старым красным карликом с диском, который мы когда-либо видели в какой-либо из этих ассоциаций».

Последующее исследование оптического спектра, полученного с помощью 2,3-метрового телескопа ANU Siding Spring, показало богатую литием звезду M5 с сильным излучением Ha. Данные согласуются с низкой аккрецией 10-10 млн лет. Исследователи нашли лучшее соответствие с "теплым" внешним

диск с температурой около 240 К (-33 °С) и "горячий" внутренний диск с температурой около 1100 К (827 °С). Теплый внешний диск расположен на расстоянии около 0,115 а.е., а горячий внутренний диск расположен около 0,0056 а.е.

Наблюдения ALMA не выявили никакого монооксида углерода, но был обнаружен третий внешний диск с температурой 20 К (-253°С). Исследователи смогли оценить массу пыли в  $0,057 \pm 0,006 M_{\oplus}$ . Диск имеет радиус меньше 16 а.е. Отсутствие обнаружения CO объясняется двумя возможными сценариями: либо частицы пыли высвобождаются в каскаде столкновений, вызванных столкновениями планетезималей размером в километр, либо недавнее столкновение планетных тел породило большое количество мелких частиц пыли.

Наблюдения с помощью СТЮ показали сильную вспышку и вариации в линиях Пашена-β и Брэггетта-γ, что является явным признаком аккреции. Кривая блеска TESS показывает аperiодическое падение во временных масштабах 0,5–2 дня.

27 октября 2016 года сайт AstroNews сообщает, что впервые астрономы наблюдали диск из пыли вокруг молодой звезды, который фрагментируется с образованием множественной звездной системы. Ученые подозревали, что такой процесс, вызываемый гравитационной нестабильностью, имел место в ряде случаев, однако новые наблюдения, проведенные при помощи радиотелескопов Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) и Karl G. Jansky Very Large Array (VLA), позволили наблюдать этот процесс воочию.

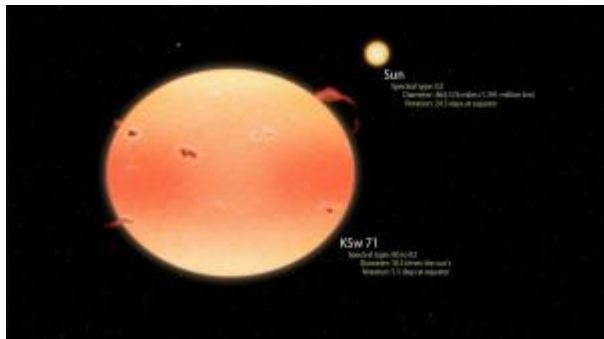
«Эта новая работа позволяет подтвердить предположение о том, что образование множественных звездных систем протекает по двум различным механизмам: по механизму фрагментации околозвездных дисков, который мы наблюдали в этом случае, и по механизму фрагментации более крупного облака из газа и пыли, из которого формируются молодые звезды», - сказал главный автор нового исследования Джон Тобин (John Tobin) из Университета Оклахомы, США, и Лейденской обсерватории, Нидерланды.

Тобин и его коллеги при помощи радиотелескопов ALMA и VLA изучали молодую тройную звездную систему под названием L1448 IRS3B, расположенную в облаке газа в созвездии Персея, на расстоянии примерно 750 световых лет от Земли. Центральная звезда системы отделена от двух других звездных компонент расстояниями соответственно 61 и 183 астрономические единицы (расстояния от Земли до Солнца). Все три звезды окружены диском из материи, который, согласно результатам наблюдений при помощи обсерватории

ALMA, имеет спиральную структуру, что может являться признаком гравитационной нестабильности в диске.

«Теперь мы надеемся увидеть другие примеры формирования множественных звездных систем по этому механизму, а также оценить его долю в формировании популяции множественных звездных систем», - сказал Тобин.

Исследование вышло в журнале Nature.



**2016г 28 октября 2016 года сайт AstroNews сообщает, что астрономы при помощи космических телескопов «Кеплер» и «Swift» обнаружили группу стремительно вращающихся звезд. Эти звезды, которые вращаются настолько быстро, что сжимаются вдоль оси вращения, приобретая сплюснутую форму, напоминающую форму тыквы, предположительно, являются результатом слияния двух звезд, подобных Солнцу, которые входят в состав одной двойной системы.**

«Эти 18 звезд вращаются вокруг своей оси с периодом всего лишь несколько суток, в то время как Солнце совершает один оборот вокруг собственной оси примерно за месяц. Сверхбыстрая скорость вращения усиливает активность в их недрах, ускоряя появление и угасание солнечных пятен и связанных с ними вспышек на поверхности этих звезд, буквально заставляя их уходить в “перегрузку”», - сказал Стив Хоуэлл (Steve Howell), старший научный сотрудник Исследовательского центра Эймса в Моффетт-Филд (НАСА, США) и руководитель команды исследователей, выполнивших эту новую работу.

Как рассказывает Хоуэлл, научная команда обсерватории заинтересовалась подобными “тыквенными” звездами, как они их называют, еще во время первого этапа работы “Кеплера”, когда он следил за почти 150 тысячами звезд, расположенных в созвездиях Лебеда и Лиры. Практически непрерывные наблюдения за этими светилами на протяжении четырех неполных лет раскрыли большие странности в поведении некоторых из них, яркость которых в рентгеновском диапазоне колебалась примерно в 100 раз быстрее, чем появляются и исчезают пятна на Солнце.

Быстрая частота появления и исчезновения пятен и вспышек на этих звездах указала на то, что они вращаются очень быстро, несмотря на относительно скромные размеры и достаточно пожилой возраст. Это удивило астрономов, и они детально изучили все 18 звезд, которые демонстрировали подобное поведение, при помощи другого телескопа НАСА, “Свифт”, работающего в рентгеновском диапазоне, и

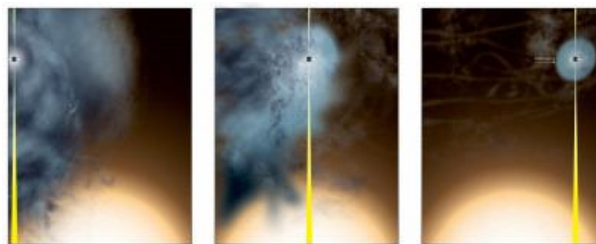
оптического телескопа Хейла в Паломарской обсерватории в Калифорнии.

Самый необычный член этой группы, оранжевый гигант спектрального класса K, получивший обозначение KSw 71, примерно в 10 раз крупнее Солнца, обращается вокруг своей оси всего лишь за 5,5 суток и испускает поток рентгеновского излучения, мощность которого превосходит мощность потока рентгеновского излучения, испускаемого нашим светилом, примерно в 4000 раз. Скорость вращения других оказалась очень высокой – они совершают один оборот всего за 2-3 дня, а самые быстрые звезды – KSw38, KSw57 и KSw78 – совершали один виток вокруг себя менее чем за день.

Согласно авторам работы все обнаруженные звезды являются представителями редкого класса звезд, образовавшихся в результате слияния звезд тесной пары, сопровождающегося образованием диска материи вокруг новой звезды, который исчезает затем примерно через 100 миллионов лет (модель Рональда Веббинка). Для всех обнаруженных звезд исчезновение такого диска произошло сравнительно недавно, говорят исследователи.

Когда одно из этих светил исчерпывает свои запасы “звездного горючего”, оно превращается в красного гиганта, разбухая до огромных размеров и поглощая вторую звезду. Умиравшая и еще молодая звезда сливаются, и на их месте возникает новое светило, похожее по своим свойствам на звезды, найденные “Кеплером”. О возможном существовании таких объектов астрономы начали говорить еще в 70 годах прошлого века, однако только сейчас ученым удалось найти их при помощи “Кеплера” и “Свифта”.

Работа вышла 1 ноября в журнале Astrophysical Journal.



**2016г 2 ноября 2016 года сайт AstroNews сообщает, что астрономы во главе с Джеймсом Кондоном (James Condon) из Национальной радиоастрономической обсерватории США при помощи радиотелескопа Very Long Baseline Array (VLBA) Национального научного фонда США обнаружили «кочки» относительно небольшой галактики, которая прошла сквозь более крупную по размерам галактику, но при этом потеряла почти всю свою материю, кроме центральной сверхмассивной черной дыры, которая теперь удаляется от места столкновения со скоростью более 3000 километров в секунду.**

Эти галактики являются частью скопления галактик ZwCl 8193, расположенного на расстоянии свыше 2 миллиардов световых лет от Земли. Это тесное столкновение, произошедшее много миллионов лет назад, лишило меньшую по размерам

галактику почти всех её звезд и газа. Теперь центральную черную дыру этой галактики окружает лишь небольшая часть галактики размером примерно 3000 световых лет. Для сравнения, размер Млечного Пути составляет примерно 100000 световых лет.

Эти остатки галактики, называемые V3 1715+425, говорят исследователи, вероятно, вскоре потеряют ещё больше массы, что приведет к приостановке звездообразования в них – этот космический объект тогда станет невидимым. Эта возможность навела авторов исследования на мысль о том, что такие «обнаженные черные дыры», являющиеся результатом столкновения галактик, могут быть шире распространены во Вселенной, чем считалось ранее. В дальнейшем команда Кондона планирует провести обширный поиск необычных объектов, подобных объекту V3 1715+425.

Работа увидела свет в журнале *Astrophysical Journal*.



**2016г 3 ноября 2016 года РИА Новости сообщают, что Испанские астрофизики доказали, что главным источником лития в Млечном Пути являются новые звезды, породившие за всю историю существования Вселенной примерно в 140 раз больше лития, чем весит Солнце, говорится в статье, опубликованной в журнале *MNRAS Letters*.**

"Литий был одной из основных проблем космологии – мы знали, что около 25% лития было рождено в ходе Большого взрыва, однако происхождение остальных 75% было для нас загадкой. Наблюдения за новой звездой V5668 показали, что ее вспышки порождают в десять раз больше лития, чем содержится в Солнце. Поэтому всего двух вспышек новых в год хватит для того, чтобы объяснить существование всего лития в нашей Галактике", — заявил Лука Иззо (Luca Izzo) из Института астрофизики Андалусии в Гранаде (Испания).

Новые звезды, или просто новые, возникают в двойных системах, одной из компонент которых является белый карлик. При падении материи со звезды-компаньона на белый карлик, на поверхности этих догорающих остатков звезды формируется поверхностный слой водорода, который при достижении определенной плотности вещества взрывается, что приводит к временному увеличению яркости системы до 100000 раз. Через несколько

недель такая система стабилизируется, и в дальнейшем процесс повторяется.

Считается, что в первые минуты после Большого взрыва возникли три самых распространенных элемента во Вселенной — водород (75% массы материи), гелий (25%) и литий (менее 1%). В последние годы астрономы пытаются вычислить точную пропорцию этих элементов. Особые проблемы вызывает доля лития — концентрация этого металла в материи самых старых звезд в нашей Галактике в три-четыре раза меньше, чем предсказывает теория Большого взрыва.

По словам Иззо, ученые давно подозревали, что источником этого металла являются так называемые "новые звезды". Вопреки своему имени, они, как объясняет исследователь, по своей природе не являются новыми светилами. Их внезапное появление на ночном небе объясняется взрывными процессами в давно существующих двойных звездных системах, один из компонентов которых является белым карликом, а второй — звездой чуть легче и холоднее Солнца.

Более массивный белый карлик высасывает из компаньона водород, и в какой-то момент его масса достигает критической отметки и он взрывается, из-за чего яркость звезды возрастает в десятки тысяч раз. Спустя дни, а иногда и годы яркость падает, однако существуют и повторные новые, где термоядерные "самоподрывы" могут происходить по несколько раз.

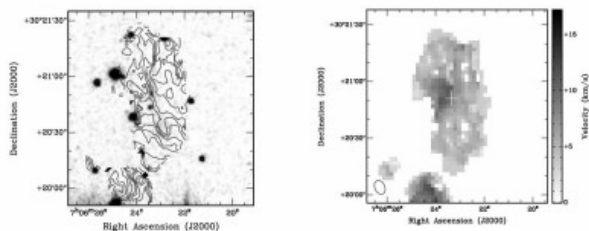
За последние годы Иззо и его коллегам, пытающимся понять, как рождается литий в ходе этих звездных взрывов, удалось увидеть две новые звезды, недавно переживших вспышки, — V1369 в созвездии Центавра, которая открыта при вспышке 2 декабря 2013 года, и V5668 в созвездии Стрельца – в прошлом году. Вспышки первого светила впервые помогли ученым увидеть, что литий действительно рождается, а вторая новая дала им возможность вычислить массу новорожденного металла.

В новом исследовании группа исследователей во главе с П. Моларо, изучая новую Стрельца 1015 N.2 при помощи инструмента UVES Очень большого телескопа (Very Large Telescope, VLT) Европейской южной обсерватории, на протяжении 24 суток, смогли впервые проследить эволюцию сигнала бериллия-7 (изотопы бериллия) внутри этой новой и рассчитать его текущее количество. Литий возник в ходе Большого взрыва и формируется в недрах звезд сегодня не напрямую в ходе термоядерных реакций, а путем распада ядер нестабильного бериллия-7, период полураспада которого составляет всего 53,2 дня. Соответственно, наблюдая за количеством этого металла в выбросах новых звезд и тем, как быстро его количество уменьшается, а количество лития растет, можно понять, как много лития вырабатывают подобные нестабильные светила.

Наблюдая за спектром V5668 при помощи телескопа VLT в Чили, Иззо и его коллеги обнаружили, что новые звезды вырабатывают значительные количества бериллия-7 — примерно в десять раз больше, чем предсказывают теоретические модели, и заметно больше, чем показывали наблюдения за новой звездой 2013 года.

В результате этого выбросы новых звезд содержат в себе в 10 тысяч раз больше лития, чем метеориты в

Солнечной системе, вырабатывая за одну вспышку примерно такое же количество металла, сколько весит Плутон или пятая часть Луны. Подобного количества лития, по словам ученых, вполне хватает для того, чтобы объяснить загадку его чрезмерно высокой концентрации во Вселенной.



**2016г 4 ноября опубликована работа на сервере предварительных научных сообщений arXiv.org (arXiv:1611.01271), что астрономы из России и Индии получили новые сведения о составе галактики UGC 3672. Согласно новой научной работе галактика UGC 3672 на самом деле представляет собой три карликовых галактик, находящихся в процессе слияния.**

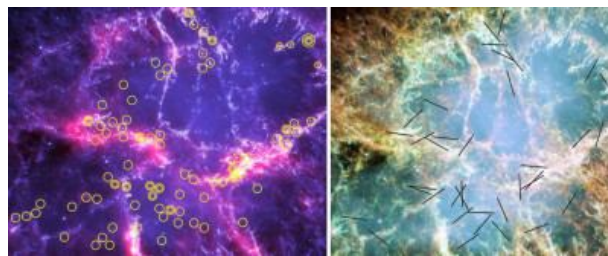
Галактика UGC 3672 расположена рядом с центром близлежащего межгалактического войда Рыси-Рака. Этот войд (пустота), находящийся на расстоянии примерно 59 миллионов световых лет от Земли, стал с недавних пор объектом подробных исследований из-за своей относительной близости к нашей планете.

В новом исследовании команда астрономов во главе с Джаярамом Ченгалуром (Jayaram Chengalur) из Национального центра радиоастрономии и астрофизики, Индия, проведя наблюдения при помощи телескопа Giant Metrewave Radio Telescope (GMRT), расположенного в г. Пуна, Индия, смогла выяснить, что галактика UGC 3672 на самом деле состоит из трех объединяющихся карликовых галактик, богатых газом. Самый слабый компонент имеет чрезвычайно дефицитен по металлу. Металличность этого карлика близка к "низу", наблюдаемому в звездообразующих галактиках. Триплет галактик расположен внутри общей оболочки HI с довольно правильной, дискообразной кинематикой. Однако при высоком угловом разрешении обнаруживается, что газ ограничен несколькими нитевидными приливными хвостами и перемычками. Кроме того, исследователи на примере галактики UGC 3672 выяснили, что столкновения богатых газом галактик, называемые «мокрыми» столкновениями, могут приводить к формированию богатых газом дисков.

**2016г 4 ноября 2016 года сайт АСТРОновости сообщает, что Исследователи из Швеции изучили особенности распределения пыли внутри туманности Краб (Крабовидная туманность), а именно определили координаты местонахождения и охарактеризовали свойства многочисленных пылевых глобул этих хорошо известных астрономам остатков сверхновой.**

Расположенная на расстоянии примерно 6500 световых лет от Земли в направлении созвездия Тельца, туманность Краб представляет собой богатые пылью остатки сверхновой, которые

сформировались в результате взрыва сверхновой 4 июля 1054 года. В 1977 г. впервые было установлено наличие пыли в этой туманности. Кроме того, исследования, проведенные в последние десятилетия, выявили, что эта пыль рассеяна по всему объему туманности и концентрируется в видимых в оптическом диапазоне нитевидных структурах, носящих название филаментов.



Проанализировав снимки, сделанные при помощи космического телескопа «Хаббл» (Hubble Space Telescope) за период с 1994 по 2014 гг., команда астрономов во главе с Тией Гренман (Tiia Grenman) из Технологического университета Лулео, Швеция, определила координаты для 92 пылевых глобул, расположенных внутри туманности Краб, а также получила значительное количество информации о свойствах этих объектов. Так, согласно этой работе, средний радиус этих глобул составляет от 400 до 2000 астрономических единиц (расстояний Земля-Солнце), и примерно 40 процентов из этих глобул имеют продолговатую форму с отношением большая ось/малая ось свыше 1,5. Их массы составляют от одной до 58 миллионов долей массы Солнца. Исследователи обнаружили, что эти глобулы распределены по всей туманности, однако в непосредственных окрестностях центрального пульсара плотность их расположения существенно ниже, чем в остальной части туманности. Ученые также отметили, что все эти глобулы движутся в направлении от центра туманности в соответствии с общим направлением её расширения.

Исследования пылевых глобул играют важную роль при определении происхождения пыли в остатках сверхновой – что представляет собой в настоящее время нерешенную научную проблему.

Исследование появилось 28 октября 2016 года на сервере научных препринтов arXiv.org.

**2016г 10 ноября 2016 года сайт AstroNews сообщает, что новые наблюдения в высоком разрешении обнаружили интересные особенности в протопланетных дисках, окружающих собой молодые звезды. Инструмент SPHERE, установленный на Очень большом телескопе (Very Large Telescope, VLT) Европейской южной обсерватории, сделал возможными наблюдения сложной динамики этих молодых планетных систем. Недавно опубликованные результаты от трех разных научных коллективов демонстрируют впечатляющие способности инструмента SPHERE получать изображения дисков, окружающих молодые звезды, на формирование которых зачастую большое влияние оказывают находящиеся в них планеты.**

В первой из этих работ команда ученых во главе с Джосом де Буром (Jos de Boer) из Лейденской

обсерватории, Нидерланды, открыла очень молодую планетную систему, возраст которой составляет всего лишь 1,8 миллиона лет, вокруг звезды RX J1615, лежащей в созвездии Скорпиона на расстоянии 600 световых лет от Земли. Наблюдаемый учеными диск вокруг этой звезды демонстрирует признаки присутствия планет и по форме представляет собой систему концентрических колец, напоминающих кольца Сатурна, что является большой редкостью для протопланетных дисков, чаще имеющих асимметричную форму со спиральными рукавами и разного рода завихрениями.



Вторая из этих работ посвящена наблюдениям звезды HD 97048, расположенной в созвездии Хамелеона на расстоянии примерно 515 световых лет от Земли. Протопланетный диск в этой системе также имеет необычную форму системы концентрических колец. Руководил этим коллективом исследователей Кристиан Джински (Christian Ginski), также из Лейденской обсерватории.

В третьем из описываемых здесь исследований группа астрономов под руководством Томаса Столкера (Tomas Stolker) из Института астрономии им. Антона Паннекука, Нидерланды, изучала систему звезды HD 135344B, расположенной на расстоянии примерно 460 световых лет от Земли в созвездии Волка. Высокое пространственное разрешение инструмента SPHERE позволило ученым рассмотреть обширную центральную полость в протопланетном диске вокруг этой звезды и два крупных спиральных рукава, вероятно, сформированных одной или несколькими массивными протопланетами, которые в конечном счете станут планетами, подобными Юпитеру.



**2016г 16 ноября 2016 года сайт РИА новости сообщают, что астрономы из ряда российских институтов и их зарубежные коллеги впервые увидели то, как пульсары превращаются в своеобразные "пропеллеры" в тех случаях, когда они "воруют" слишком много материи с соседней звезды и начинают разбрасывать ее по округе,**

**говорится в статье, опубликованной в журнале Astronomy & Astrophysics.**

"Понимание того, как устроены магнитные поля нейтронных звезд, крайне важно для изучения процессов их эволюции и формирования. Мы выяснили, как устроено магнитное поле у двух пульсаров и выяснили, как оно рождает эффект пропеллера, предсказанный теорией", — рассказывает Александр Лутовинов из Института космических исследований РАН в Москве.

Как рассказывают Лутовинов и его коллеги из Физтеха, а также ученые из ИКИ РАН и Пулковской обсерватории, существование этого эффекта было предсказано на теоретическом уровне более сорока лет назад, однако до настоящего времени его никто не наблюдал "вживую" во время наблюдений за реальными пульсарами.

Пульсары представляют собой особый вид нейтронных звезд, остатков взорвавшихся сверхновых, от полюсов которых исходят узкие пучки радиоволн. Обычно "новорожденные" пульсары вращаются очень быстро и постепенно замедляются, расходуя на излучение собственную энергию. Но если у пульсара есть сосед, обычная звезда больших или малых размеров, он может вновь раскрутиться, став своеобразным космическим вампиром и "воруя" вещество у нее. В таких случаях он превращается в рентгеновский пульсар, излучая не в радио, а в рентгеновском диапазоне.

В некоторых случаях, как выяснили астрофизики-теоретики еще в 70 годах прошлого века, этот процесс "воровства" материи может протекать необычным образом в тех случаях, когда звезда, плазму которой "пьет" пульсар-вампир, является сама по себе необычным объектом.

К примеру, если она вращается очень быстро или будет обладать очень большими размерами, то пульсар-"вампир" будет просто не успевать поглощать всю материю, которая будет перетекать на него с его "жертвы", и в буквальном смысле захлебываться, разбрасывая остатки обеда по окружающему космосу. Благодаря этому пульсар фактически сам себя лишает "обеда" и перестает поглощать новую материю, из-за чего его яркость резко падает.

Ученые назвали этот процесс "пропеллерным" эффектом, так как магнитное поле пульсара и центробежные силы будут разбрасывать материю соседней звезды примерно таким же образом, как пропеллер вентилятора разбрасывает льющуюся на него воду.

Лутовинову и его коллегам удалось увидеть то, как это происходит, наблюдая за двумя рентгеновскими пульсарами, 4U 0115+63 и V 0332+53 в созвездиях Кассиопеи и Персея, яркость которых периодически повышается или падает каждые 3-4 года.

Наблюдая за ними при помощи орбитального рентгеновского телескопа Swift, российские астрономы смогли понять, когда пульсар "включает" и "выключает" свой пропеллер и понять, что этим процессом управляют два главных физических свойства пульсара – сила его магнитного поля и скорость вращения.

Неожиданным образом выяснилось, что "пропеллер" у пульсаров бракованный – яркость пульсаров при включении пропеллера падала не в 400 раз, как показывали расчеты, а всего в 200 раз. Это означает, что часть ворующей материи соседней звезды все же как-то падает на пульсар, или же что он охлаждается пока непонятными для ученых физическими механизмами, которые еще предстоит изучить.



**2016г 17 ноября 2016 года сайт N+1 сообщает, что астрономы обнаружили в Млечном Пути группу звезд, очень быстро вращающихся вокруг галактического центра. Это открытие поможет исследователям лучше понять динамику движения рукавов нашей Галактики. Работа ученых принята к публикации в журнале Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, с текстом статьи можно ознакомиться на сайте ArXiv.**

Млечный Путь представляет собой спиральную галактику с перемычкой, от которой отходят как минимум пять рукавов. Они вращаются вокруг центра нашей Галактики и в основном состоят из рассеянных звездных скоплений и туманностей. Изучая эти структуры, можно точнее определить время их жизни и лучше понять характер их влияния на движение звезд в Млечном Пути. Однако раньше построению моделей рукавов, для которого необходима точность при наблюдении за множеством звезд, мешали различные факторы, например, поглощение излучения пылью. Но оборудование на новом телескопе Gaia, который был запущен в космос в 2013 году, позволило ученым устранить эти препятствия.

Авторы новой работы изучали, как движутся звезды в Млечном Пути вокруг галактического центра. Для этого они использовали каталог TGAS, в котором собраны сделанные с помощью Gaia измерения параллакса и собственного движения звезд нашей Галактики. Однако эти данные имели один недостаток: дело в том, что Gaia измеряет движение звезд по небосклону, но ничего не говорит об их радиальном движении (то есть о том, движется ли звезда к нам или от нас), которое тоже

необходимо учитывать при расчете скорости вращения небесных тел вокруг центра Галактики. Для вычисления радиальной скорости нужны спектроскопические исследования, которые провести для такого числа звезд затруднительно. Тем не менее, астрономы заметили, что если смотреть в направлении от или к галактическому центру, то примерно определить круговую скорость звезд без знания радиальной все-таки можно.

Поэтому ученые выбрали одну из таких «удобных» областей неба и построили распределение скоростей движения группы звезд вокруг галактического центра. Оно показало, что, несмотря на то, что большинство небесных тел перемещается с небольшой скоростью относительно нашего Солнца, часть звезд движется почти на 20 километров в секунду быстрее него. Все они находятся дальше, чем мы, от центра Галактики примерно на 0,1 — 0,6 килопарсека и находятся в между нами и рукавом Персея.

Необычное движение группы звезд вокруг галактического центра, по мнению исследователей, может объясняться гравитационным влиянием рукава Персея. Согласно предположению ученых, сначала «быстрые» звезды опережают рукав, также вращающийся вокруг центра Галактики, и летят некоторое время чуть впереди него, однако потом сила притяжения остальных звезд рукава тормозит их и они замедляются. После этого рукав Персея догоняет и обгоняет «медленные» звезды, и затем снова ускоряет их своей гравитацией по мере удаления от них.

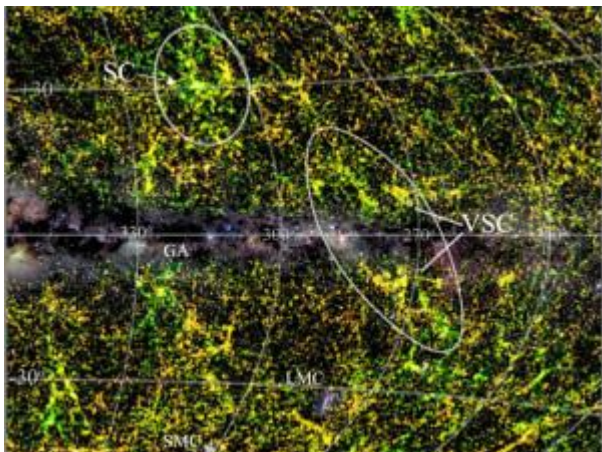
Такая гипотеза подразумевает, что рукава Млечного Пути либо могут вести себя как волны, придавая разное ускорение разным группам звезд по мере своего вращения вокруг центра Галактики, либо движутся равномерно, и ускоряют все звезды на своем протяжении одинаково. На данный момент исследователи не могут сказать, какая из этих теорий верна, так как для этого необходимо иметь данные о звездах, отстающих от рукава Персея на всем его протяжении, которых сейчас нет. Тем не менее, ученые склоняются в пользу второй теории, так как симуляция N-тел показывает, что скорость «быстрых» звезд, находящихся на разном расстоянии, остается примерно одинаковой.

Недавно ученым удалось измерить длину Местного рукава Млечного Пути, в котором находится наша Солнечная система. На основе тригонометрического параллакса ученые определили, что его длина может превышать 20 тысяч световых лет. Предыдущие оценки ученых показывали, что длина Местного рукава почти в два раза меньше — около 10 тысяч световых лет.

**2016г 17 ноября 2016 года сайт AstroNews сообщает, что международная команда астрономов открыла прежде неизвестное крупное скопление галактик в созвездии Парус, которое получило название сверхскопления Парус (обозначено как VSC на снимке).** Гравитационное притяжение, действующее со стороны этого гигантского скопления масс, находящегося в наших галактических окрестностях, может оказывать большое влияние на движение нашей Местной группы галактик, включающей галактику Млечный



путь. Оно также может помочь объяснить направление и величину скорости Местной группы по отношению к реликтовому излучению.



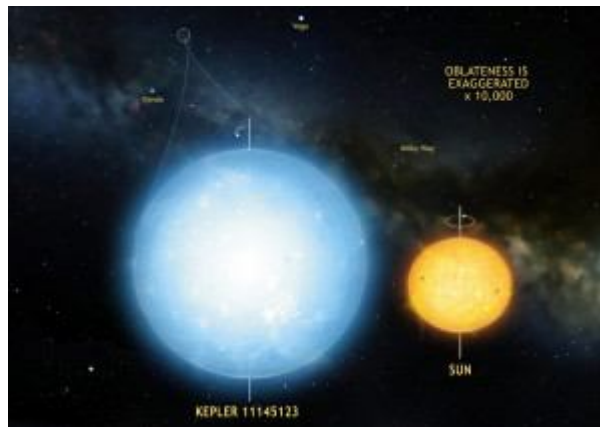
Сверхскопления галактик являются крупнейшими и наиболее массивными структурами во Вселенной. Они состоят из скоплений галактик и галактических нитей, протянувшихся на расстояния до 200 миллионов световых лет. Самое известное сверхскопление галактик носит название Сверхскопление Шепли (обозначено как SC на снимке), находится на расстоянии примерно 650 миллионов световых лет от нас и содержит примерно пару десятков массивных скоплений галактик, излучающих в рентгене. Для тысяч галактик, входящих в эти скопления, к настоящему времени были надежно измерены скорости галактик. Считается, что это сверхскопление галактик является самым крупным в своем роде в нашей космической округе.

В новом исследовании международная группа ученых открыла ещё одно крупное сверхскопление галактик, находящееся лишь чуть дальше от нас, на расстоянии примерно 800 миллионов световых лет, которое простирается на ещё большее расстояние, чем сверхскопление галактик Шепли. Сверхскопление галактик Парус ранее оставалось скрытым от наблюдений из-за расположения под плоскостью Млечного пути, так, что звезды и пыль нашей Галактики скрывали под собой лежащие позади них далекие галактики. Об открытии сверхскопления сообщили в конце декабря 2016 года Краан-Кортевег и др. на основе анализа красных смещений 4500 галактик по данным обзора 2dF Galaxy Redshift Survey, использующего телескопы Австралийской астрономической обсерватории и Большой южноафриканский телескоп (SALT)

Исследование опубликовано в журнале Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Letters.

**2016г 18 ноября 2016 года сайт AstroNews сообщает (17 ноября ВИКИНОВОСТИ), что звезды не являются идеальными сферами. При вращении они слегка сплюсчиваются под действием центробежной силы. Команда ученых под руководством Лорана Гизона (Laurent Gizon) из Института исследований Солнечной системы общества Макса Планка (Германия) в новом исследовании успешно измерила сплюснутость медленно вращающейся звезды с**

**беспрецедентной точностью. Исследователи определили сплюснутость звезды при помощи астросейсмологии – исследования колебаний звезд. Этот метод был применен к исследованию звезды, находящейся на расстоянии 5000 световых лет от Земли и показал, что разница между экваториальным и полярным радиусами этой звезды составляет всего лишь 3 километра – величину, ничтожно малую в сравнении со средним радиусом этой звезды, который оценивается в 1,5 миллиона километров; это означает, что газовая сфера, которую представляет собой звезда, имеет удивительно правильную форму.**



Все звезды вращаются, и поэтому сплюсчиваются вдоль оси вращения под действием центробежной силы. Наше Солнце вращается вокруг собственной оси с периодом 27 суток, и его экваториальный радиус превышает полярный радиус на 10 километров; для Земли разница аналогичных величин составляет 21 километр.

В новом исследовании Гизон и его коллеги изучили звезду под названием Kepler 11145123, размер которой примерно вдвое больше размера Солнца, а скорость вращения примерно в три раза меньше, чем скорость вращения нашей звезды. Проанализировав периодические изменения яркости звезды, происходящие за счет сжатия и расширения, ученые выяснили, что разница между экваториальным и полярным радиусами для нее не превышает трех километров.

Исследование вышло в журнале Science Advances.

**2016г 23 ноября 2016 года сайт AstroNews сообщает, что команда исследователей, возглавляемая учеными из Калифорнийского университета в Риверсайд, впервые обнаружила обширную популяцию далеких карликовых галактик, которые могут дать много информации о периоде интенсивного формирования звезд во Вселенной, имевшего место миллиарды лет тому назад.**

Считается, что карликовые галактики играли большую роль в реионизации Вселенной, процессе, в ходе которого Вселенная, которая раньше была темной, нейтральной и непрозрачной, стала яркой, ионизированной и прозрачной для света.

Далекие карликовые галактики с трудом поддаются наблюдениям, так как они очень тусклые. Это означает, что современная картина ранней Вселенной является неполной. Однако в новом

исследовании астрономы смогли обойти это препятствие, используя для наблюдений эффект гравитационного линзирования, существование которого вытекает из Общей теории относительности Эйнштейна. При помощи этого эффекта астрономы во главе с Анахитой Алави (Anahita Alavi) смогли обнаружить крупную популяцию карликовых галактик, существовавших во Вселенной в то время, когда её возраст составлял от двух до шести миллиардов лет.

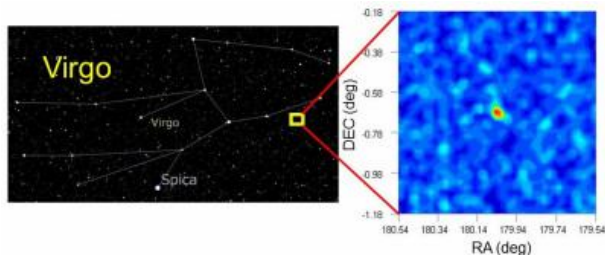


Результаты исследования показали, что число карликовых галактик во Вселенной уменьшается с увеличением её возраста в течение этого важного периода истории Вселенной, следовательно, в более ранние эпохи количество карликовых галактик в ней было ещё больше.

Несмотря на то, что карликовые галактики являются довольно тусклыми, они производили более половины всего ультрафиолетового излучения, наполнявшего Вселенную в этот период её истории. Так как ультрафиолетовое излучение испускают молодые звезды, в карликовых галактиках в то время была сосредоточена большая доля молодых звезд.

Это исследование свидетельствует о том, что карликовые галактики играли важную роль в реионизации Вселенной.

Работа вышла в журнале *Astrophysical Journal*.



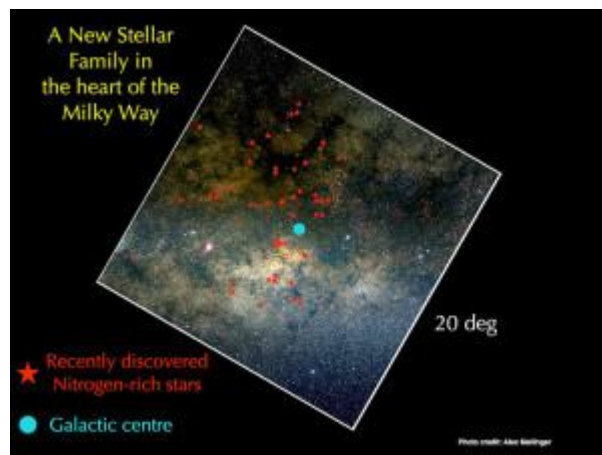
2016г 23 ноября 2016 года сайт *AstroNews* сообщает, что международная команда астрономов во главе с Дайсукэ Хомма (Daisuke Nomma) из Университета Тохоку (Япония) открыла экстремально тусклую карликовую галактику-спутник Млечного Пути. Это

открытие было сделано исследователями в рамках проекта *Subaru Strategic Survey* при помощи камеры *Hyper Suprime-Cam* (телескопом *Субару*). Этот галактический спутник Млечного пути под названием Дева I лежит в направлении созвездия Девы. Имеющий абсолютную звездную величину  $-0,8$  в оптическом диапазоне, этот объект вполне может оказаться самым тусклым известным спутником галактики радиусом 124 св.лет, обнаруженным на сегодня. Открытие этой галактики-спутника свидетельствует о том, что в гало Млечного пути может находиться большое число ещё не обнаруженных галактик-спутников, а также позволяет глубже понять формирование галактик посредством иерархической сборки темной материи.

В настоящее время идентифицировано 50 галактик-спутников Млечного пути. Примерно 40 из них представляют собой тусклые и диффузные галактики и принадлежат к категории так называемых «карликовых сфероидальных галактик».

Самыми тусклыми карликовыми галактиками, известными на сегодня, являются Segue 1 (абс. звезд. величина  $-1,5$ ) и Кит II (абс. звезд. величина  $0,0$ ). Таким образом, карликовая галактика Дева II может оказаться самой тусклой из открытых на сегодняшний день галактик-спутников. Она находится на расстоянии 280000 световых лет от Солнца.

Исследование опубликовано в журнале *Astrophysical Journal*.



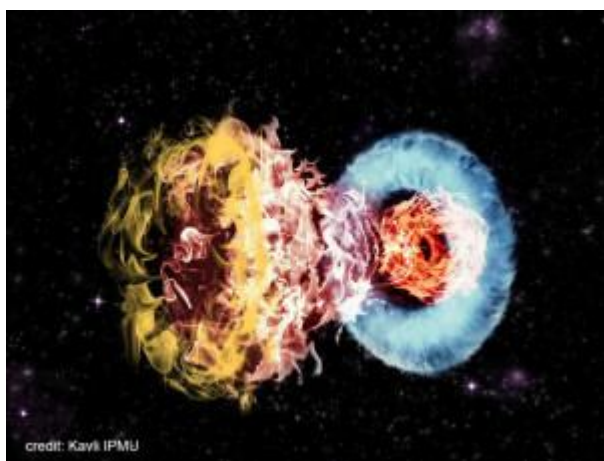
2016г 24 ноября 2016 года сайт *AstroNews* сообщает, что ученые-астрономы из Астрофизического научно-исследовательского института Ливерпульского университета им. Джона Мурса (Liverpool John Moores University, LJMU) обнаружили целое "семейство" весьма необычных звезд в пределах ядра Млечного Пути. Наличие этих звезд дает ученым некоторые подсказки относительно происхождения шаровидных скоплений и относительно некоторых процессов, происходивших во время самых ранних стадий формирования галактики.

Необычность нового открытия заключается в том, что звезды такого типа, в составе материи которых наблюдается достаточно высокая концентрация азота, в подавляющем большинстве случаев являются элементами шаровидных скоплений, насчитывающих миллионы звезд.

Отметим, что Ливерпульский университет является одним из участников программы Sloan Digital Sky Survey - международного сотрудничества, которое производит всесторонние исследования глубин космоса. Одной из частей этой программы является проект APOGEE (Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment), в рамках которого производится сбор данных в инфракрасном диапазоне о сотнях тысяч звезд Млечного Пути. Именно анализ инфракрасного света из области центра галактики привел к обнаружению там нетипичных для таких областей звезд. И ученые-астрономы уже успели выдвинуть несколько теорий, объясняющих наблюдаемый ими феномен.

Самой достоверной из этих теорий является теория о том, что обнаруженные звезды действительно принадлежали шаровому скоплению, которое было разрушено во время очень бурного начального этапа формирования Млечного Пути. Согласно некоторым теориям, в то время в составе Млечного Пути насчитывалось в 10 раз большее количество шаровидных скоплений, чем сейчас. Это, в свою очередь, означает, что значительная часть первых звезд сформировалась именно в шаровидных скоплениях, которые позже были разрушены и из которых "вылепилось" ядро нашей галактики.

"Все это является весьма захватывающим открытием, которое приоткрывает завесу тайны относительно природы звезд во внутренних областях Млечного Пути. Теперь нам становится понятна роль шаровидных скоплений и групп, которые сыграли очень важную роль в процессе формирования и развития Млечного Пути" - рассказывает Рикардо Шиафон (Ricardo Schiavon), ведущий исследователь, - "А далее нам потребуется получить подтверждения наличия таких же процессов в других галактиках. И это станет возможным после того, как в нашем распоряжении появятся новые инструменты, способные не только видеть далекие звезды, но и "прощупывать" их на предмет их химического состава".



2016г 29 ноября 2016 года сайт AstroNews сообщает, что в новом, уникальном в своем роде исследовании международная команда астрономов, включающая сотрудников Института физики и математики Вселенной им. Кавли (Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe, Kavli IPMU), построила модель мощных столкновений между

**сверхновыми и окружающим их газом – который выбрасывается звездой перед тем, как она вспыхнет как сверхновая, и после звездного взрыва начинает невероятно ярко светиться.**

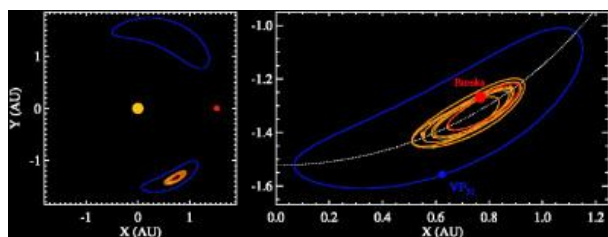
В последнее десятилетие учеными были открыты сверхновые, яркость которых на один-два порядка превышает яркость обычных сверхновых известных науке типов. Эти звездные взрывы называют сверхяркими сверхновыми (Superluminous Supernovae, SLSNe).

В спектрах некоторых из таких сверхновых наблюдается водород, в то время как другие сверхновые типа этого типа демонстрируют спектры, почти лишенные линий водорода. Эти последние носят название SLSNe-I, или сверхярких сверхновых I-го типа, бедных водородом. Объекты этого типа представляют собой научную проблему в теории эволюции звезд, поскольку учеными не до конца поняты даже обычные сверхновые, не говоря уже о сверхярких сверхновых.

В новом исследовании команда астрономов во главе с Еленой Сорокиной, приглашенным исследователем Kavli IPMU, разработала модель, объясняющую широкий спектр кривых блеска сверхновых типа SLSNe-I на основе сценария, предполагающего наименьшую энергию среди других предлагаемых учеными моделей.

Согласно этой модели звезда, из которой впоследствии формируется сверхновая типа SLSNe-I, остается почти лишенной водорода к окончанию своего жизненного цикла, и поэтому за несколько лет или месяцев перед взрывом теряет вместо богатых водородом внешних оболочек слои, обедненные водородом, но богатые углеродом и кислородом. Эти слои формируют вокруг звезды плотное облако, которое в результате последующего взрыва звезды как сверхновой начинает ярко излучать, формируя сверхяркую сверхновую I-го типа.

Исследование вышло в журнале *Astrophysical Journal*.

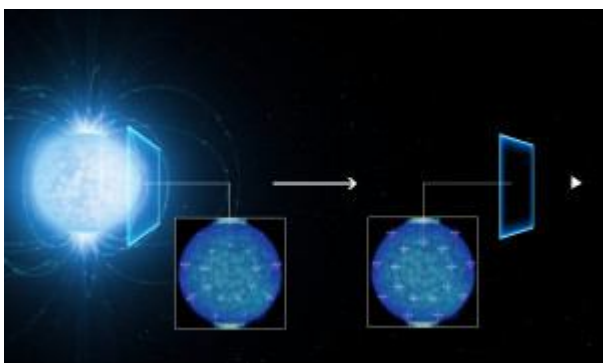


2016г 29 ноября 2016 года в статье, опубликованной журналом *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, ученые (главный автор Галин Борисов (Galina Borisov) с Апостолос Христом (Apostolos Christou) из Арманской обсерватории, Северная Ирландия) обращают внимание на популяции троянских астероидов Марса. Гравитационно связанные с планетой, они движутся с ней по орбите вокруг Солнца, оставаясь в точках, где притяжения планеты и Солнца взаимно уравновешиваются. Троянцы известны у Юпитера (примерно 6000), Земли и других планет, у Марса их обнаружено всего восемь.

Христо и Борисов использовали спектрограф X-SHOOTER, установленный в Чили на Очень

большом телескопе VLT, а также болгарский телескоп Rozhen для наблюдений. Объектами для работы стали марсианские троянцы (385250) 2001 DH47 и (311999) 2007 NS2, которые ученые сравнили с другим крупным объектом этой группы – (5261) Эврика.

Эврика – единственный троянский астероид Марса, остающийся в точке L5 и движущийся по орбите чуть позади планеты; остальные 7–8 астероидов находятся в L4 и движутся впереди Марса, занимая области с минимальной энергией перед планетой и позади неё. Эти точки носят название точек Лагранжа. Их разделяют миллионы километров, тем не менее, состав всех трех тел оказался чрезвычайно близок. Спектр, полученный в видимом, а также ближних инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах, позволил отнести объекты к астероидам довольно редкого класса A, богатым оливином – очевидно, они являются осколками мини-планеты, которая была разрушена в результате столкновения много лет назад. Так как минерал оливин обычно формируется внутри довольно массивных космических тел, таких как небольшие планеты, под действием высоких давлений. Это может означать, что троянские астероиды Марса являются осколками не астероида, а небольшой планеты, уничтоженной в результате космического столкновения много лет назад, приходят к выводу авторы работы.



2016г 1 декабря 2016 года сайт AstroNews сообщает, что изучая свет, испускаемый необычно плотной и сильно магнетизированной нейтронной звездой, при помощи Очень большого телескопа (Very Large Telescope, VLT) Европейской южной обсерватории, астрономы, возможно, впервые подтвердили наблюдениями загадочный квантовый эффект, впервые предсказанный в 1930-е гг. Поляризация наблюдаемого света указывает на то, что пустое пространство вокруг этой нейтронной звезды подвержено квантовому эффекту, известному как двойное лучепреломление в вакууме.

Научная команда, возглавляемая Роберто Мигнани (Roberto Mignani) из Национального астрофизического института (Istituto Nazionale di Astrofisica, INAF), Италия, при помощи телескопа VLT, установленного в Паранальской обсерватории, Чили, наблюдала нейтронную звезду под названием RX J1856.5-3754, находящуюся на расстоянии примерно 400 световых лет от Земли.

Нейтронные звезды представляют собой очень плотные ядра массивных звезд – по крайней мере в

10 раз более массивные, по сравнению с нашим Солнцем – которые взорвались как сверхновые в конце эволюционного цикла. Эти объекты располагают экстремально мощными магнитными полями, в миллиарды раз более мощными, по сравнению с магнитным полем Солнца, которые пронизывают их поверхность и космические окрестности.

Эти поля являются настолько мощными, что они могут влиять на свойства пустого пространства вокруг звезды. Обычно вакуум представляют идеально пустым, и свет должен проходить сквозь него без изменений. Однако в квантовой электродинамике пространство наполнено виртуальными частицами, непрерывно появляющимися и исчезающими. Очень мощные магнитные поля могут модифицировать это пространство так, что оно начинает оказывать влияние на проходящий через него свет, поляризуя его. Анализируя данные, собранные при помощи телескопа VLT, команда Мигнани обнаружила линейную поляризацию света, степень которой составляет 16 процентов.

«Эта высокая степень линейной поляризации, которую мы зафиксировали, не может быть объяснена иначе, кроме как с привлечением представлений квантовой электродинамики о двойном лучепреломлении в вакууме», – сказал Мигнани.

Работа опубликована в журнале Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.

2016г 6 декабря 2016 года сайт AstroNews сообщает, что исследователи при помощи радиотелескопа Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) впервые смогли с высокой точностью определить размер небольших частиц пыли, окружающих молодую звезду, при помощи измерения поляризации радиоволн. Высокая чувствительность телескопа ALMA к поляризованным радиоволнам стала залогом успеха этого исследования, позволившего глубже понять процессы формирования планет вокруг молодых звезд.

Астрономы считают, что планеты формируются из газа и частиц пыли, хотя подробный механизм этого процесса до сих пор остается загадкой. Одним из главных препятствий при изучении этого механизма является проблема измерения размеров частиц пыли.

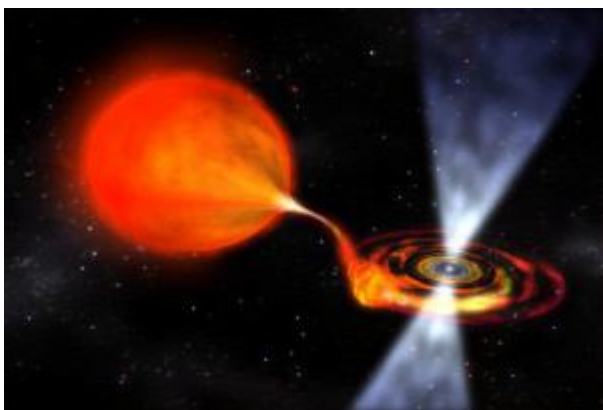
В новом исследовании группа астрономов во главе с Акимаса Катаока (Akimasa Kataoka) из Гейдельбергского университета (Германия) и Национальной астрономической обсерватории (Япония) смог решить эту проблему для одного отдельного случая, рассчитав размеры зерен пыли, окружающей молодую звезду HD 142527, через измерение параметров уникальной поляризационной картины, наблюдаемой для радиоволн, рассеянных на частицах пыли.

Согласно результатам команды Катаока размер частиц пыли, входящей в состав пылевого диска, окружающего эту звезду, не превышает 150 микрон, что примерно в 10 раз меньше, по сравнению с предыдущими расчетами, основанными на измерении параметров радиоволн, рассеиваемых на

частицах пыли. Такая большая нестыковка полученных данных может объясняться тем, что в предыдущих исследованиях размер частиц определялся, исходя из допущения о сферической форме частиц, в то время как в данных, полученных в результате нового исследования, может содержаться информация об истинной форме частиц, считают авторы статьи.



Работа опубликована в журнале *Astrophysical Journal*.



2016г 10 декабря 2016 года сайт *AstroNews* сообщает, что профессиональный астроном и астроном-любитель объединили усилия, чтобы открыть удивительные новые подробности о необычной двойной системе, включающей миллисекундный пульсар (*millisecond pulsar, MSP*), объект, который является одним из самых

**быстровращающихся пульсаров в нашей галактике.** Эта работа дает некоторые объяснения эволюции пульсаров, сообщает 8 декабря пресс-служба Университета Торонто со ссылкой на статью 7 декабря 2016 года в журнале *Astrophysical Journal*.

В ходе этих наблюдений впервые были идентифицированы звездные пятна на звезде-компаньоне *MSP*, носящего название *MSP J1723-2837*. Кроме того, эти наблюдения демонстрируют, что звезда-компаньон имеет мощное магнитное поле, и позволяют глубже понять причины внезапных «включений» и «выключений» двойных систем, включающих *MSP*.

Джон Антониадис (*John Antoniadis*), астроном из Торонтского университета, и Андре ван Штаден (*André van Staden*), астроном-любитель из Южной Африки проанализировали кривые блеска звезды-компаньона, проведенные Ван Штаденом в течение 15 месяцев 30-см телескопом-рефлектором и ПЗС-камерой на заднем дворе обсерватории в Вестерн Кейпе. Штаден начал изучать двойные системы с пульсарами в 2014 году, когда нашел в сети сайт Антониадиса, где эти системы были перечислены. Эти наблюдения выявили непериодические изменения яркости звезды-компаньона, наличие которых невозможно объяснить орбитальным движением и взаимодействием с пульсаром. Анализ этих результатов позволил ученым предположить существование на поверхности звезды-компаньона пульсара пятен, подобных солнечным пятнам, однако имеющим значительно большую относительную величину.

«Я заметил, что двойную систему *MSP J1723-2837* хорошо наблюдать в Южной Африке, и что световая кривая еще не была составлена для этой звездной системы. Этот пульсар наблюдали мало, потому что у профессионалов не доходят руки и они не могут позволить себе долго наблюдать один объект», — говорит ван Штадена.

Из наличия звездных пятен на поверхности звезды-компаньона Андре и Джон также сделали вывод о том, что эта звезда имеет мощное магнитное поле. Кроме того, наблюдения показали, что кривая блеска звезды-компаньона миллисекундного пульсара *MSP J1723-2837* не содержит характерных признаков так называемой «горячей точки» (*hotspot*), наличие которой связывают с звездным ветром пульсара, нагревающим ближайшую к нему область звезды-компаньона. Это указывает на то, что пульсарный ветер либо отсутствует, либо дует в противоположную от звезды-компаньона сторону.

**Анатолий Максименко,**

Любитель астрономии, <http://astro.websib.ru>



### Избранные астрономические события месяца (время всемирное - UT)

1 февраля - покрытие Сатурна Луной ( $\Phi = 0,09+$ ) при видимости в северных районах восточной части России,

1 февраля - Венера проходит в 3 градусах севернее Нептуна,

1 февраля - покрытие Луной ( $\Phi = 0,14+$ ) Нептуна при видимости на Чукотке,

1 февраля - Луна ( $\Phi = 0,15+$ ) близ Венеры,

1 февраля - Луна ( $\Phi = 0,15+$ ) в восходящем узле своей орбиты,  
2 февраля - Луна ( $\Phi = 0,16+$ ) в перигее своей орбиты на расстоянии 367457 км от центра Земли,  
4 февраля - Юпитер в стоянии с переходом от попятного движения к прямому,  
5 февраля - Луна в фазе первой четверти,  
5 февраля - Луна ( $\Phi = 0,56+$ ) близ Урана,  
6 февраля - Луна ( $\Phi = 0,61+$ ) проходит южнее рассеянного звездного скопления Плеяды (покрытие при видимости на востоке России),  
7 февраля - Луна ( $\Phi = 0,68+$ ) близ Юпитера и Альдебарана,  
8 февраля - максимальная южная либрация Луны по широте  $6,7^\circ$ ,  
8 февраля - Луна ( $\Phi = 0,83+$ ) проходит точку максимального склонения к северу от небесного экватора,  
9 февраля - максимум действия метеорного потока альфа-Центауриды ( $ZHR = 6$ ) из созвездия Центавра,  
9 февраля - Меркурий в верхнем соединении с Солнцем,  
9 февраля - Луна ( $\Phi = 0,92+$ ) близ Марса (покрытие при видимости на большей части России),  
10 февраля - максимальная восточная либрация Луны по долготе  $5,1^\circ$ ,  
11 февраля - Луна ( $\Phi = 0,98+$ ) проходит севернее рассеянного звездного скопления Ясли (M44),  
12 февраля - полнолуние,  
13 февраля - Луна в полнолуние близ Регула,  
15 февраля - Луна ( $\Phi = 0,93-$ ) в нисходящем узле своей орбиты,  
17 февраля - Луна ( $\Phi = 0,79-$ ) пройдет близ Спика (покрытие при видимости в акватории Тихого океана),  
18 февраля - Луна ( $\Phi = 0,74-$ ) в апогее своей орбиты на расстоянии 404882 км от центра Земли,  
20 февраля - Луна в фазе последней четверти,  
21 февраля - покрытие Луной ( $\Phi = 0,44-$ ) Антареса (при видимости в Южной Америке),  
22 февраля - максимальная северная либрация Луны по широте  $6,8^\circ$ ,  
22 февраля - Луна ( $\Phi = 0,28-$ ) проходит точку максимального склонения к югу от небесного экватора,  
23 февраля - максимальная западная либрация Луны по долготе  $6,7^\circ$ ,  
24 февраля - Марс в стоянии с переходом от попятного движения к прямому,

25 февраля - Меркурий проходит в полутора градусах севернее Сатурна,  
28 февраля - новолуние,  
28 февраля - Венера в стоянии с переходом от прямого движения к попятному,  
28 февраля - Луна ( $\Phi = 0,01+$ ) близ Сатурна.

**Солнце** движется по созвездию Козерога до 16 февраля, а затем переходит в созвездие Водолея. Склонение центрального светила постепенно растёт, а продолжительность дня быстро увеличивается, достигая к концу месяца 10 часов 38 минут на **широте Москвы**. Полуденная высота Солнца за месяц на этой широте увеличится с 17 до 26 градусов. Наблюдения пятен и других образований на поверхности дневного светила можно проводить практически в любой телескоп или бинокль и даже невооруженным глазом (если пятна достаточно крупные). Февраль - не лучший месяц для наблюдений Солнца, тем не менее, наблюдать центральное светило можно весь день. **Но нужно помнить, что визуальное изучение Солнца в телескоп или другие оптические приборы нужно проводить обязательно (!) с применением солнечного фильтра** (рекомендации по наблюдению Солнца имеются в журнале «Небосвод» <http://astronet.ru/db/msg/1222232>).

**Луна** начнет движение по небу февраля при фазе  $0,08+$  близ Сатурна, который покроет 1 февраля при видимости в северных районах восточной части России. В этот же день тонкий лунный серп ( $\Phi = 0,12+$ ) перейдет в созвездие Рыб, а при фазе  $0,14+$  пройдет южнее Венеры и покроет Нептун при видимости на Чукотке. 4 февраля лунный серп при фазе  $0,37+$  перейдет в созвездие Овна. Здесь 5 февраля Луна примет фазу первой четверти, а при фазе  $0,56+$  пройдет севернее Урана и перейдет в созвездие Тельца уже 6 февраля. В этот день Луна ( $\Phi = 0,61+$ ) пройдет южнее рассеянного звездного скопления Плеяды (покрытие при видимости на востоке России). 7 февраля Луна ( $\Phi = 0,68+$ ) будет наблюдаться севернее Юпитера и Альдебарана, а 8 февраля при фазе  $0,82+$  перейдет в созвездие Близнецов. Здесь 9 февраля Луна ( $\Phi = 0,92+$ ) покроет Марс при видимости на большей части России, а 10 февраля перейдет в созвездие Рака уже при фазе  $0,95+$ . 11 февраля лунный диск ( $\Phi = 0,98+$ ) будет наблюдаться близ рассеянного звездного скопления Ясли (M44). 12 февраля при фазе  $0,99+$  Луна перейдет в созвездие Льва, где в этот день примет фазу полнолуния, наблюдаясь всю ночь. 13 февраля полная Луна пройдет близ Регула, а 14 февраля ( $\Phi = 0,94-$ ) перейдет в созвездие Девы. В этом созвездии 17 февраля Луна ( $\Phi = 0,79-$ ) покроет Спика при видимости в акватории Тихого океана. 18 февраля лунный овал при фазе  $0,68-$  перейдет в созвездие Весов. Здесь ночное светило пробудет до 20 февраля, когда при фазе  $0,51-$  достигнет созвездия Скорпиона. Здесь в этот день Луна примет фазу последней четверти, а 21 февраля при фазе  $0,44-$  покроет Антарес при видимости в Южной Америке. В этот же день лунный серп ( $\Phi = 0,44-$ ) перейдет в

созвездие Змееносца, а 22 февраля - в созвездии Стрельца уже при фазе 0,31-. 25 февраля тонкий лунный серп 0,11- перейдет в созвездие Козерога, а 27 февраля при фазе 0,01- - в созвездие Водолея. Здесь Луна 28 февраля примет фазу новолуния и в этот же день пройдет близ Сатурна, выйдя на вечернее небо. В созвездии Водолея Луна закончит свой путь по небу февраля при фазе 0,01+.

### **Большие планеты Солнечной системы.**

**Меркурий** движется в одном направлении с Солнцем по созвездию Козерога, 12 февраля переходя в созвездие Водолея, а 26 февраля - в созвездие Рыб. Быстрая планета находится на утреннем небе до 9 февраля, когда пройдет верхнее соединение с Солнцем и перейдет на вечернее небо, увеличивая элонгацию до 15 градусов к концу месяца. Это лучшая вечерняя видимость в 2025 году. Блеск Меркурия после соединения уменьшается от -1,6m до -1m. Видимый диаметр Меркурия придерживается значения 5 угловых секунд. Фаза планеты уменьшается после соединения от 0,99 до 0,8 к концу месяца. В телескоп виден небольшой диск, переходящий в овал.

**Венера** движется в одном направлении с Солнцем по созвездию Рыб. Планета находится на вечернем небе. 1 февраля близ Венеры пройдет Луна. Угловое расстояние планеты от Солнца уменьшается от 45 до 30 градусов к востоку от Солнца. Видимый диаметр планеты составляет 32 - 49", а фаза изменяется от 0,4 до 0,15 при максимальном блеске -4,8m. В телескоп наблюдается небольшой серп без деталей.

**Марс** перемещается попятно по созвездию Близнецов близ противостояния с Солнцем. Загадочную планету можно найти на ночном небе. 9 февраля близ Марса пройдет Луна (покрытие). Блеск Марса уменьшается от -1m до -0,3 m, а видимый диаметр уменьшается от 14 до 11 секунд дуги. В телескоп наблюдается диск с деталями на поверхности планеты. Зимний период отличается лучшей видимостью планеты, позволяющей получать хорошие фотографии и зарисовки Марса.

**Юпитер** перемещается попятно по созвездию Тельца. Газовый гигант наблюдается на вечернем и ночном небе. 7 февраля близ Юпитера пройдет Луна. Угловой диаметр самой большой планеты Солнечной системы составляет 43 - 40" при блеске менее -2,5m. Диск планеты различим даже в бинокль, а в небольшой телескоп на поверхности Юпитера видны полосы и другие детали. Четыре больших спутника видны уже в бинокль, а в телескоп в условиях хорошей видимости можно наблюдать тени от спутников на диске планеты, а также различные конфигурации спутников.

**Сатурн** имеет прямое движение, перемещаясь по созвездию Водолея. Окольцованную планету можно наблюдать по вечерам. 1 и 28 февраля близ Сатурна пройдет Луна. Блеск планеты составляет около +1m при видимом диаметре около 16". В небольшой телескоп можно наблюдать кольцо и спутник Титан,

а также другие наиболее яркие спутники. Видимый наклон колец Сатурна составляет около 2 градусов.

**Уран** (6m, 3,5") перемещается прямым движением по созвездию Овна южнее звездного скопления Плеяды. Планета видна вечером и ночью. 5 февраля близ Урана пройдет Луна. Увидеть диск Урана поможет телескоп от 80 мм в диаметре с увеличением более 80 крат и прозрачное небо. Невооруженным глазом планета может быть найдена темном небе при отсутствии Луны и наземных источников света (лучше всего в период противостояния). Блеск спутников Урана слабее 13m.

**Нептун** (8m, 2,4") перемещается прямым движением по созвездию Рыб, близ звезды лямбда Psc (4,5m). Планета наблюдается по вечерам. 1 февраля Нептун покроется Луной. Найти планету в период видимости можно в бинокль с использованием звездных карт [Астрономического календаря на 2025 год](#). Диск планеты различим в телескоп от 100 мм в диаметре с увеличением более 100 крат (при прозрачном небе). Спутники Нептуна имеют блеск слабее 13m.

**Из комет месяца** расчетный блеск около 11m и ярче будут иметь, по крайней мере, две кометы: Tsuchinshan-ATLAS (C/2023 A3) и P/Giacobini-Zinner (21P). Первая при максимальном расчетном блеске около 11m движется по созвездиям Орла и Дельфина. Вторая перемещается по созвездию Водолея при максимальном расчетном блеске около 11m. Подробные сведения о других кометах месяца имеются на <http://aerith.net/comet/weekly/current.html>, а результаты наблюдений - на <http://195.209.248.207/>.

**Среди астероидов** месяца самой яркой будет Веста в созвездиях Девы и Весов с блеском около 7m. Сведения о покрытиях звезд астероидами на <http://asteroidoccultation.com/IndexAll.htm>.

**Долгопериодические переменные звезды** месяца. Данные по переменным звездам (даты максимумов и минимумов) можно найти на <http://www.aavso.org/>.

**Среди основных метеорных потоков** 9 февраля максимума действия достигнут альфа-Центауриды (ZHR= 6) из созвездия Центавра. Луна в период максимума этого потока близка к полнолунию и создаст помехи для наблюдений этого метеорного потока. Подробнее на <http://www.imo.net>.

Дополнительно в АК\_2025 - <https://www.astronet.ru/db/msg/1942896>

### **Ясного неба и успешных наблюдений!**

**Оперативные сведения о небесных телах и явлениях** всегда можно найти на <http://www.astronomy.ru/forum/index.php> Эфемериды планет, комет и астероидов, а также карты видимых путей по небесной сфере имеются в **Календаре наблюдателя № 02 за 2025 год** <http://www.astronet.ru/db/news/>

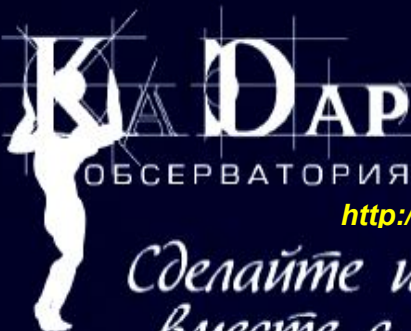
**Календарь наблюдателя 02 - 2025**



# Астротоп 100 России

Народный рейтинг астрокосмических сайтов

<http://astrotop.ru>



КА ДАР  
ОБСЕРВАТОРИЯ

Главная любительская обсерватория России  
всегда готова предоставить свои телескопы  
любителям астрономии!

<http://www.ka-dar.ru/observ>

Сделайте шаг к науке  
вместе с нами!

Астрономический календарь на 2025 год

<http://www.astronet.ru/db/msg/1942896>

# АСТРОФЕСТ

<http://astrofest.ru>

Два стрельца



<http://shvedun.ru>



<http://www.astro.websib.ru>

[astro.websib.ru](http://astro.websib.ru)



<http://астрономия.рф/>

Астрономия .RF

Общероссийский астрономический портал

ТЕЛЕСКОПЫ - НАША ПРОФЕССИЯ

Звездочет

<http://astronom.ru>

(495) 729-09-25, 505-50-04

Офис продаж: Москва. Тихвинский переулок д.7, стр.1 [\(карта\)](#)

О НАС    КОНТАКТЫ    КАК КУПИТЬ И ОПЛАТИТЬ    ДОСТАВКА    ГАРАНТИЯ

Найдите человека на Луне

