

ЖУРНАЛ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ

НЕБОСВОД



СТАТЬЯ НОМЕРА

Осеннее небо

09^{'19}
сентябрь



Небесный курьер (новости астрономии) История астрономии 2000-х годов
Журнал «Земля и Вселенная» №3 за 2019 год Небо над нами: сентябрь - 2019

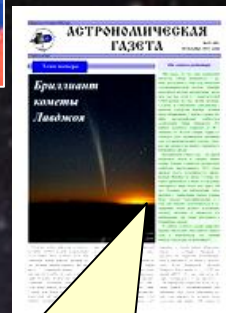
Книги для любителей астрономии из серии «Астробиблиотека» от 'АстроКА'



Астрономический календарь на 2005 год (архив – 1,3 Мб)
<http://files.mail.ru/79C92C0B0BB44ED0AAED7036CCB728C5>

Журнал «Земля и Вселенная» -
издание для любителей астрономии
с полувековой историей
<http://earth-and-universe.narod.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 2019 год <http://www.astronet.ru/db/msg/1364103>
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>

«Астрономическая газета»
<http://www.astro.websib.ru/astro/AstroGazeta/astrogazeta>
и http://urfak.petsu.ru/astronomy_archive/

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



Календарь наблюдателя – Ваш неизменный спутник в наблюдениях неба!
КН на сентябрь 2019 года <http://www.astronet.ru/db/news/>

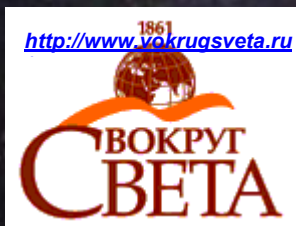


<http://www.nkj.ru/>



«Астрономический Вестник»
НЦ КА-ДАР –
<http://www.ka-dar.ru/observ>
e-mail info@ka-dar.ru

Вселенная.
Пространство. Время
<http://wselennaya.com/>



Вышедшие номера журнала «Небосвод» можно скачать
на следующих Интернет-ресурсах:

<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!

Еще один, очень удобный месяц для наблюдателей северного полушария.

Особенно красив Млечный Путь, протянувшийся прямо через зенит, с юго-запада на северо-восток, и проходящий через созвездия Стрельца, Щита, Орла, Лебедя, Ящерицы, Цефея, Кассиопеи, Персея, Возничего и Тельца!

По-прежнему бросается в глаза Летний Треугольник высоко на юго-западе. Идеальное время для изучения самых потаенных сокровищ Лебедя, Ящерицы и Цефея...

Сентябрь - на долгие годы лучший месяц для наблюдений далеких Урана и Нептуна, медленно движущихся по созвездиям Водолея и Козерога...

На западном небе неплохо видны созвездия Геркулеса, Змееносца, Змеи, Северной Короны и Волопаса...

В то время как на востоке доминируют Кит, Рыбы, Овен, Персей, Возничий и Телец.

Созвездия Большой Медведицы и Малого Льва прячутся над северным горизонтом...

И начинается сезон, когда можно с успехом пронаблюдать весьма экзотическое созвездие Южной Рыбы, с его самой яркой звездой Фомальгаут (α PsA; 1.16m)...

Двойные звезды: δ и ξ Цефея; η , σ и ϕ Кассиопеи; γ и π Андромеды; γ и λ Овна; α Рыб; θ и γ Кита...

Переменные звезды: SS Лебедя; β Лир; η Орла; δ Цефея; β Персея...

Зв. скопления, туманности и галактики: χ и h Персея, M2, M3, M8, M11, M13, M15, M27, M31, M32, M52, M57, M92...

<http://edu.zelenogorsk.ru/astron/constell/15sep.htm>

Ясного неба и успешных наблюдений!

Редакция журнала «Небосвод»

Содержание

4 Небесный курьер (новости астрономии)

Результаты проекта Galaxy Zoo заставляют пересмотреть теорию образования спиральных рукавов галактик

8 Звёзды осеннего неба

Николай Демин

13 Ави Лёб рассказывает об астрофизике настоящего и будущего

Алексей Левин

20 История астрономии начала 21 века

Анатолий Максименко

25 Журнал «Земля и Вселенная» номер 3 - 2019

Валерий Щивьев

28 Небо над нами: СЕНТЯБРЬ - 2019

Александр Козловский

Обложка: Метеоры из потока Персеид над Словакией

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

Эта ночь хороша для наблюдений метеоров. Пыль из кометы прольется дождем на планету Земля, на темном небе будут видны яркие вспышки во время максимума ежегодного метеорного потока Персеиды. Это изображение было получено в прошлом году, метеоры из потока Персеид запечатлены из парка темного неба Полонины в Словакии. Необычное здание на переднем плане – планетарий на территории обсерватории Колоница. Частицы пыли из кометы летят по параллельным траекториям, однако видимые следы метеоров выходят из одной точки на небе в созвездии Персея. Эта точка называется радиантом, а явление известно как эффект перспективы – нам кажется, что параллельные линии сближаются на большом расстоянии, как железнодорожные рельсы. Максимум потока Персеиды наступит этой ночью после полуночи. К сожалению, в этом году небо будет ярко освещено почти полной Луной.

Авторы и права: [Петр Хоралек](#)

Перевод: Д.Ю. Цветков

Журнал для любителей астрономии «Небосвод»

Издается с октября 2006 года в серии «Астробиблиотека» (АстроКА)

Гл. редактор, издатель: **Козловский А.Н.** (<http://moscowaleks.narod.ru> - «Галактика», <http://astrogalaxy.ru> - «Астрогалактика») (созданы редактором журнала совместно с Александром Кременчуцким)

Дизайнер обложки: **Н. Демин**, корректор **С. Беляков** stgal@mail.ru

В работе над журналом могут участвовать все желающие **ЛА России и СНГ**

Веб-ресурс журнала: <http://www.astronet.ru/db/author/11506>, почта журнала: 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 25.08.2019

© **Небосвод**, 2019

**Результаты проекта Galaxy Zoo
заставляют пересмотреть теорию
образования спиральных рукавов
галактик**

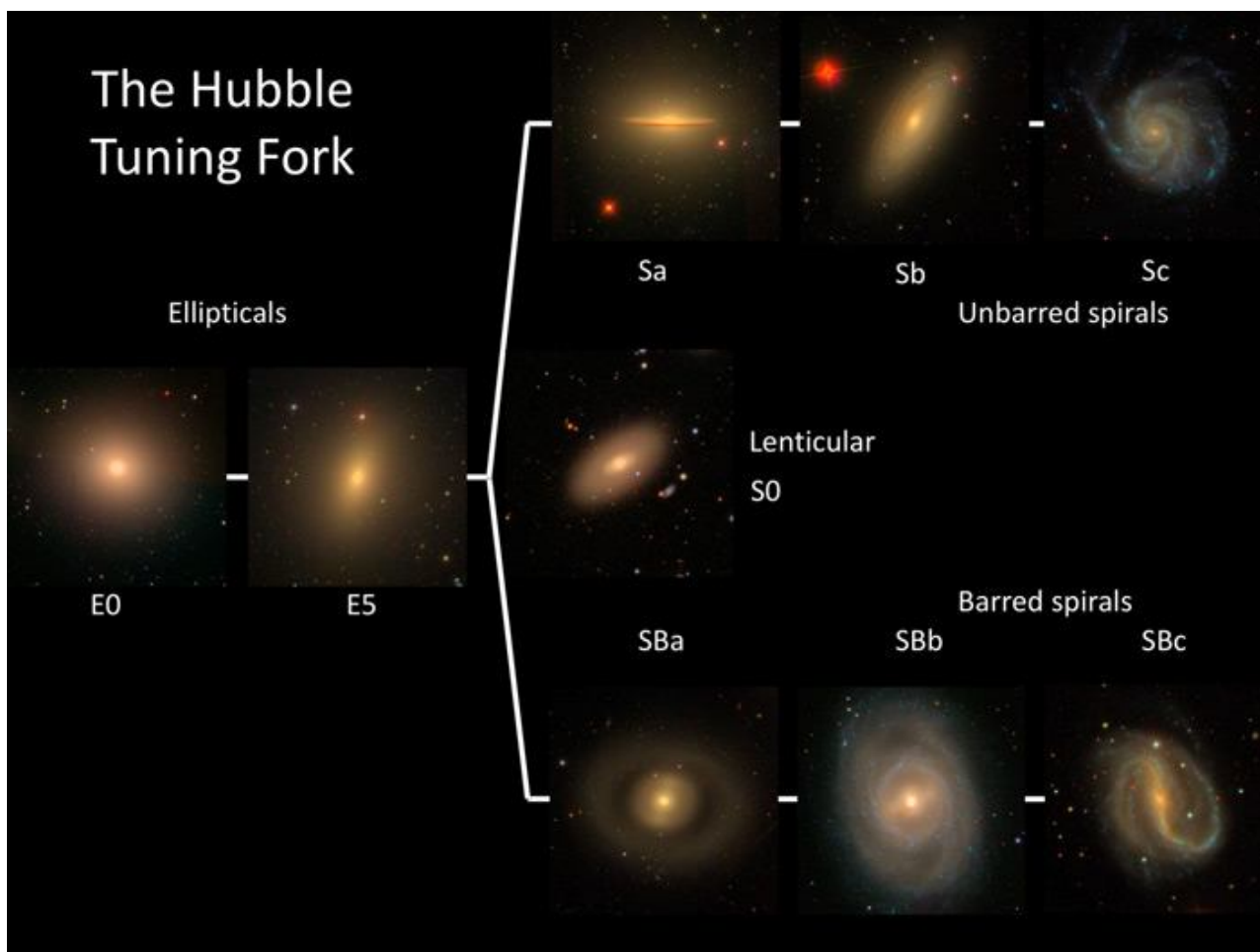


Рис. 1. Камертон Хаббла, проиллюстрированный галактиками, которые использовал сам Хаббл. Эти красивые снимки получены, конечно, сильно позже: они взяты из данных обзора SDSS. Класс Sa представляет знаменитая галактика Сомбреро, класс Sc — галактика Вертушка. Линзовидные галактики (класс S0) во времена Хаббла еще не были известны, поэтому на изображение помещена галактика NGC 6278, в то время уже открытая, но недостаточно изученная. Рисунок из обсуждаемой статьи в MNRAS

В 1924 году Эдвин Хаббл окончательно доказал, что во Вселенной есть и другие галактики помимо нашего Млечного Пути. В 1926 году он опубликовал первый вариант классификации галактик по их внешнему виду и строению. Эта классификация уточнялась в течение всего XX века и в итоге стала общепринятой.

Однако новое исследование, использовавшее результаты работы проекта гражданской науки Galaxy Zoo, участники которого вручную классифицировали тысячи галактик, показало, что здесь далеко до полной ясности. Выяснилось, что зависимость между массой балджа галактики и плотностью спиральных рукавов на самом деле не является прямой, как считалось ранее: у галактик с небольшим балджем рукава бывают как слабо, так и плотно намотаны вокруг центра. Из-за этого, по-видимому, надо пересматривать и теории формирования рукавов в спиральных галактиках.

В последнее десятилетие XIX века астрономы стали подозревать, что обнаруженные в середине того века «спиральные туманности» (тут надо оговориться, что несколько ближайших галактик — Большое и Малое Магеллановы облака, Туманность Андромеды и галактика Треугольника — были известны еще в средние века, но об их истинной природе ученые не догадывались), которые в то

время можно было наблюдать только в несколько самых крупных телескопов, могут быть такими же звездными системами (галактиками их тогда еще не называли), как и наш Млечный Путь. Чтобы доказать это, нужно было узнать расстояние до этих структур, поскольку небольшая планетарная туманность в пределах нашей Галактики и огромная спиральная галактика, удаленная от нас на миллионы световых лет, будут иметь одинаковый угловой размер и выглядеть очень похоже.

Дискуссии велись не один десяток лет (см., например, Большой спор), а окончательную точку в них поставил в 1924 году Эдвин Хаббл (Edwin Hubble). Имея доступ к самому совершенному на тот момент телескопу — 2,5-метровому телескопу Хокера в обсерватории Маунт-Вилсон, он первым разглядел отдельные переменные звезды в этих туманностях и, используя установленную за несколько лет до этого зависимость между светимостью звезды и периодом ее пульсаций, смог надежно установить, что эти звезды и туманности не могут находиться в Млечном Пути, а значит, представляют собой отдельные, очень удаленные от нас структуры, которые мы сейчас называем галактиками. Этот поразительный результат настолько увеличивал размеры известной человечеству Вселенной, что был впервые опубликован — неслыханное дело — не в научном журнале, а в газете The New York Times в виде небольшой заметки *Finds Spiral Nebulae Are Stellar Systems. Dr. Hubble confirms view that they are 'Island Universes' similar to our own* (ее полный текст можно прочитать [здесь](#)). Забавно, что репортер ошибся в написании фамилии Хаббла.

В 1926 году в *Astrophysical Journal* вышла ставшая знаменитой статья Хаббла, в которой была предложена первая классификация галактик (E. P. Hubble, 1926. *Extragalactic nebulae*). Он разделил галактики по внешнему виду на эллиптические и спиральные. Эллиптические галактики он классифицировал по степени вытянутости (от сферических, E0, до сигарообразных, E7), а спиральные, в свою очередь, — на два подтипа: с перемычкой (по-английски *bar*, SB) и без нее (S). В этой статье также высказывалась сильная идея о том, что существуют еще не открытые на тот момент галактики переходного типа — линзовидные (обозначенные S0). Ветвь эллиптических и две ветви спиральных галактик встречались как раз в точке S0, образуя знаменитый камертон Хаббла (рис. 1).

Спиральные галактики (и с баром, и без него) делились на 3 класса в зависимости от размера внутренней, наиболее яркой части, которая имеет сферическую форму и называется балджем, а также от степени закрученности спиралей вокруг нее: галактики классов Sa и SBa имеют самый большой балдж и самую плотную намотку спиральных рукавов, затем идут классы Sb и SBb, а у галактик из классов Sc и SBc балдж, как правило, трудно различим, а рукава слабо закручены.

Как видно, уже в самом начале исследования спиральных галактик была замечена связь между

размерами балджа и формой спиралей: чем более выражен балдж, тем сильнее намотаны на него спирали.

Несмотря на то, что многие предположения Хаббла об эволюции галактик (например, о переходе эллиптических галактик в спиральные по мере развития) позже не нашли подтверждения и были отвергнуты научным сообществом, сама классификация оказалась очень удобной. Второй половине XX века в работах Аллана Сэндиджа и Жерара де Вокулера были установлены более четкие критерии классификации, добавлен еще один класс спиральных галактик с самым тусклым балджем (Sd), а камертон Хаббла был окончательно утвержден в качестве удобной и универсальной классификации галактик, вошедшей во все учебники по астрономии.

Дальнейшее накопление наших знаний о галактиках показало удивительно тесную связь между морфологией (фактически — орбитами звезд) галактики и ее эволюционным путем. Это значит, что благодаря классификации можно многое сказать об истории галактики (как в ней шло звездообразование, были ли столкновения с другим галактиками, как менялись содержание газа и полная звездная массы и т. д.) в тех случаях, когда другой информации нет. В итоге со временем некоторые свойства галактик стали определять просто исходя из ее классификации: сначала после визуальной классификации относить ее к одному из типов (например, к типу SBc), а потом из этого выводили соотношения между массами различных ее компонентов (балдж, спиральные рукава, гало) и другие характеристики (даже средний возраст ее звездного населения).

Возникает вопрос: а насколько такой подход правомочен? Насколько можно доверять классификации, которая была составлена по результатам исследований нескольких сотен галактик (в оригинальной работе Хаббл анализировал всего около трех сотен галактик)?

Сейчас, в эпоху Big Data, количество известных галактик превысило несколько десятков миллионов и очень соблазнительно использовать этот объем информации для уточнения и перепроверки некоторых старых гипотез и теорий, на которые принято полагаться в астрономическом сообществе. Несмотря на то, что автоматические классификаторы, использующие машинное обучение, уже существуют и помогают в работе, для точной и надежной классификации все еще нужны люди — много людей, и даже астрономов всей планеты тут не хватит. На помощь приходит так называемая гражданская наука — привлечение добровольцев, многие из которых могут не иметь специального образования, для решения научных задач: в 2007 году был основан проект Galaxy Zoo, участники которого должны были помочь с визуальной классификацией галактик Слоановского цифрового обзора неба (SDSS).

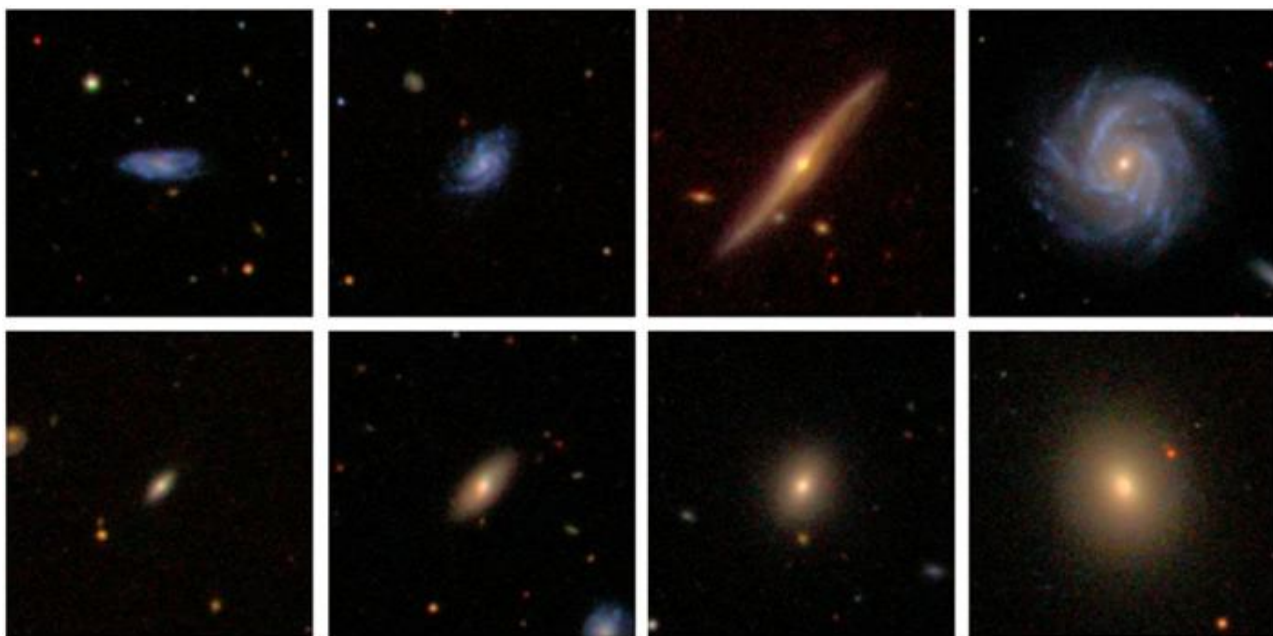


Рис. 2. Случайно выбранные галактики из числа предлагавшихся для анализа участникам проекта Galaxy Zoo. Верхний ряд — галактики, имеющие какие-нибудь особенности (спирали, балджи, яркие узлы скоплений и т. д.). Нижний ряд — эллиптические галактики, у которых нельзя выделить отдельных ярких признаков. Эти восемь галактик находятся от нас на одном и том же расстоянии (400 млн св. лет), а значит разница в видимых размерах и яркости обусловлена разными физическими размерами этих галактик (самые маленькие галактики — слева, самые крупные — справа). Рисунок из обсуждаемой статьи в MNRAS

Для них подготовили специальные цветные снимки галактик, полученные наложением оригинальных снимков, сделанных в трех разных фильтрах (рис. 2). Эти снимки нужно описывать, отвечая на вопросы вроде «Галактика эллиптическая или спиральная?», «Видите ли вы признаки перемычки?», «Есть ли на снимке признаки спиральных рукавов?», «Насколько велик балдж по сравнению со всей галактикой?» одним из предложенных вариантов ответа. Несмотря на кажущуюся простоту вопросов, участники проекта, фактически, повторили работу Эдвина Хаббла, только на намного большем числе объектов: вместо трех сотен галактик, учтенных в оригинальной работе Хаббла, на этот раз были классифицированы почти 300 000 галактик — в том числе намного более тусклых и меньших по размеру. Поскольку любой человек — неважно, астроном он или нет — может ошибиться, то каждую галактику независимо классифицировали 40 человек и ее финальное описание определялась с учетом разброса мнений.

Работу участников проекта Galaxy Zoo проанализировала группа астрономов под руководством Карен Мастерс (Karen L. Masters) из Хаверфордского колледжа. К их удивлению обнаружилось, что существующая классификация по Хабблу не точна, а значит определение физических

характеристик галактики по ее принадлежности к тому или иному классу может приводить к ошибкам.

Как говорилось выше, разделение спиральных галактик по классам Sa, Sb, Sc, Sd было завязано одновременно на размер балджа и на степень закрученности спиральных рукавов. В неоднозначных случаях классификация определялась именно по закрученности: например, если балдж не очень большой и, скорее, соответствует типу Sc, но при этом спиральные рукава плотно намотаны, то галактику относили к типу Sa. Сейчас стало понятно, что закрутку рукавов нельзя использовать в качестве надежного критерия и надо опираться только на размер балджа.

Чтобы показать это, авторы статьи охарактеризовали степень «намотки» спиральных рукавов через численный параметр $wavg$: при $wavg = 1,0$ рукава очень плотно прилегают к балджу, а при $wavg = 0,0$ — расходятся от него достаточно просторно. Размеры балджа определяются параметром $Bavg$, который меняется от нуля (для галактик без балджа) до единицы (для галактик, в которых балдж является самой значительной частью). Мастерс с коллегами значительно проредили изначальный каталог галактик, оставив только те снимки, где галактики не скрыты за областями газа или пыли, а также располагаются так, что структура рукавов и балджей ясно видна, а значит возможность ошибки при классификации минимальна. В итоговую выборку попали только 4830 галактик, но этого количества вполне достаточно, чтобы увидеть несоответствия между существующей теорией и текущими наблюдениями (рис. 3).

О том, что галактики с массивными балджами могут иметь только туго намотанные спирали, было известно и раньше. Это неудивительно, ведь обычно такие балджи бывают у массивных и ярких галактик, которые можно было уверенно наблюдать еще во времена Хаббла. Галактики же с малым балджем (то есть заведомо менее яркие), как оказалось, могут иметь все возможные типы спиралей. Это

наблюдение можно интерпретировать как открытие переменной скорости эволюции спиралей в зависимости от размера балджа (чем он массивнее, тем быстрее спирали, которые изначально могут иметь любую форму, окажутся плотно намотанными и прижатыми к балджу) и, вероятно, оно приведет к смене основной теории, объясняющей формирование спиралей — теории статических волн плотности.

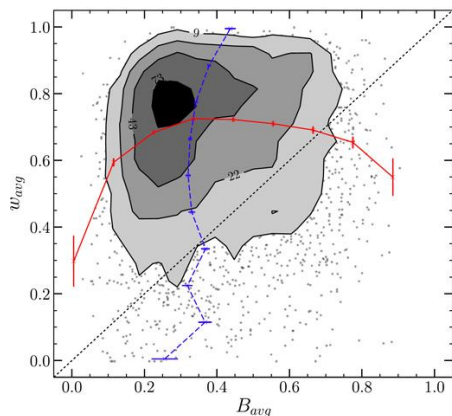


Рис. 3. Основные результаты обсуждаемой работы. По вертикальной оси отложен параметр w_{avg} , отражающий закрученность спиралей галактики, по горизонтальной оси — параметр B_{avg} , выражающий размеры балджа. Черная пунктирная линия качественно иллюстрирует прежние представления о строении галактик: малым балджам соответствует слабая намотка, массивным балджам — тугая намотка. Однако реальное распределение галактик на этом графике (каждая точка — отдельная галактика, серые области — от самой темной к самой светлой — соответствуют 0,5, 1, 1,5 и 2 стандартным отклонениям) свидетельствует о том, что если большим балджам действительно скорее свойственно иметь плотно намотанные спирали, то для малых балджей и близко не наблюдается преобладание слабой намотки. Красной и синей линиями показаны медианные значения плотности намотки и размера балджей, соответственно. Рисунок из обсуждаемой статьи в MNRAS

Эта теория, предложенная в 1964 году астрофизиками Цзя-Цзяо Линем и Фрэнком Шу, впервые дала математическое описание спиральных рукавов как неподвижных участков повышенной звездной плотности, в которые периодически попадают отдельные светила во время своего многомиллионного обращения вокруг центра галактики. Аналогией этой теории может быть автомобильная пробка, которая сама не движется, хотя машины сначала приближаются к ней на обычной скорости, потом медленно ползут в пробке, а потом снова ускоряются (такие эффекты обсуждаются в задаче Волновые эффекты в пробках). Математические уравнения, описывающие рукава в теории волн плотности, увязывали углы, под которыми спирали намотаны на балдж, с массой галактики (которая напрямую зависит от размера балджа). Немного неуклюжая, эта теория тем не менее смогла дать стройное объяснение долговременности спиралей: все предыдущие

модели (а также наш жизненный опыт) показывали, что в любой динамической системе спирали должны исчезать, либо быстро удаляясь от центра, либо наоборот, «наматываясь» на центральную область.

За последующие 50 лет копились наблюдения и результаты набирающих силу компьютерных симуляций, из которых следовало, что теория Линя и Шу неполна и, возможно, требует пересмотра. Однако результаты симуляций не считаются доказательством в астрофизике, а наблюдения были основаны либо на конкретных галактиках, не вписывающихся в теорию, либо на небольших выборках таких галактик, так что эта теория оставалась на плаву.

Со временем появились теории, в которых поведение спиральных рукавов объясняется приливными силами: в них рукава являются самостоятельными объектами — они гравитационно связывают звезды и вместе со звездами вращаются вокруг центра галактики, изменяясь со временем. Если какая-нибудь из этих теорий верна, то наблюдения, представленные на рис. 3, легко объяснить: в молодых спиральных галактиках изначально могут образовываться спиральные рукава разной формы и закрученности. При этом рукава не являются статическими образованиями, они эволюционируют и плотнее наматываются на галактику под воздействием массы ее центральной части и чем балдж массивнее, тем быстрее это происходит.

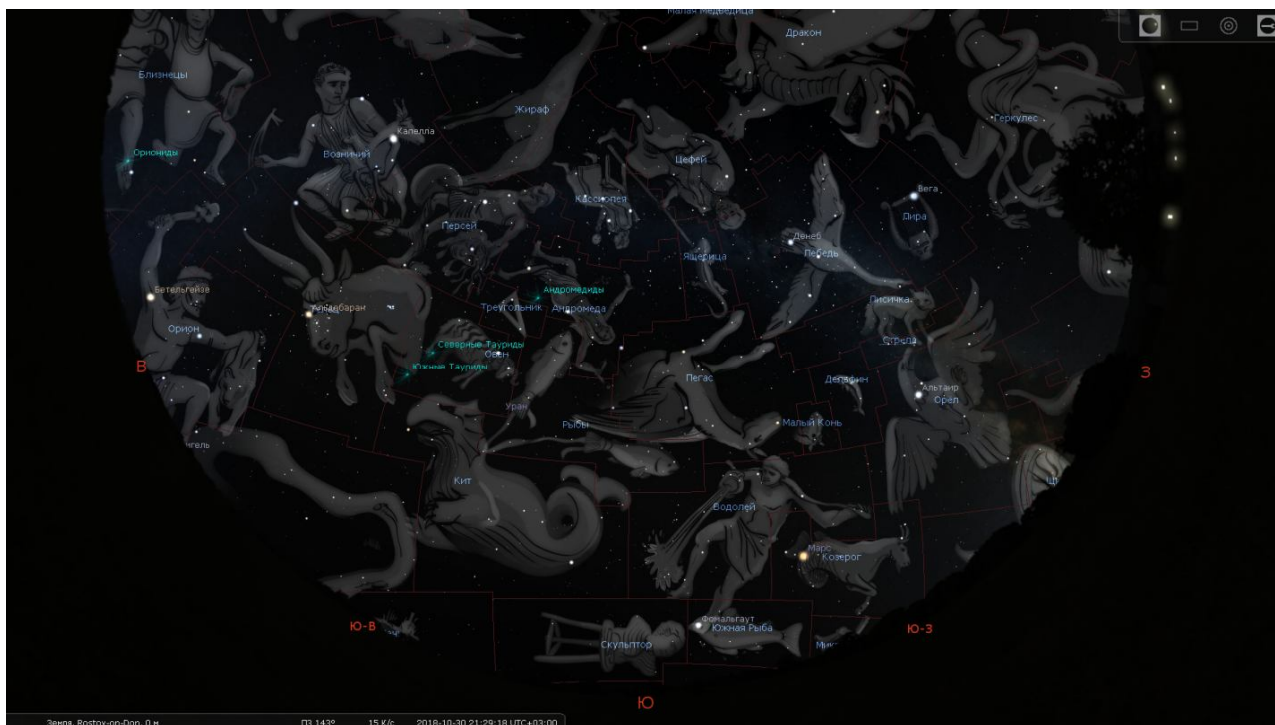
Возможно также, что дополнительно на формирование спиралей играют перемычки (бары), которые есть в ряде галактик — по наблюдениям авторов обсуждаемой статьи, чем более ярко выражена перемычка, тем слабее намотка спиралей в галактике. Авторы замечают, что, как это ни удивительно, но через 170 лет после открытия первых спиральных структур в «звездных туманностях», мы все еще не до конца понимаем, как они формируются. На самом деле в уточнении классификации нет ничего страшного: ситуация, когда по мере накопления знаний открываются новые детали, и старая классификация теряет актуальность, не нова — достаточно вспомнить «разжалование» Плутона из планет в карликовые планеты из-за открытия других транснептуновых объектов, орбиты некоторые из которых относительно близки к орбите Плутона. Если вы хотите помочь астрономам, то на сайте zooniverse.org есть много активных проектов на выбор: можно искать экзопланеты, звездные скопления в ближайших галактиках, гравитационные линзы, метеоры, коричневые карлики, малые планеты за Нептуном и многое другое.

Источник: Karen L. Masters et al. Galaxy Zoo: unwinding the winding problem — observations of spiral bulge prominence and arm pitch angles suggest local spiral galaxies are winding // MNRAS. 2019. DOI: 10.1093/mnras/stz1153.

Марат Мусин,

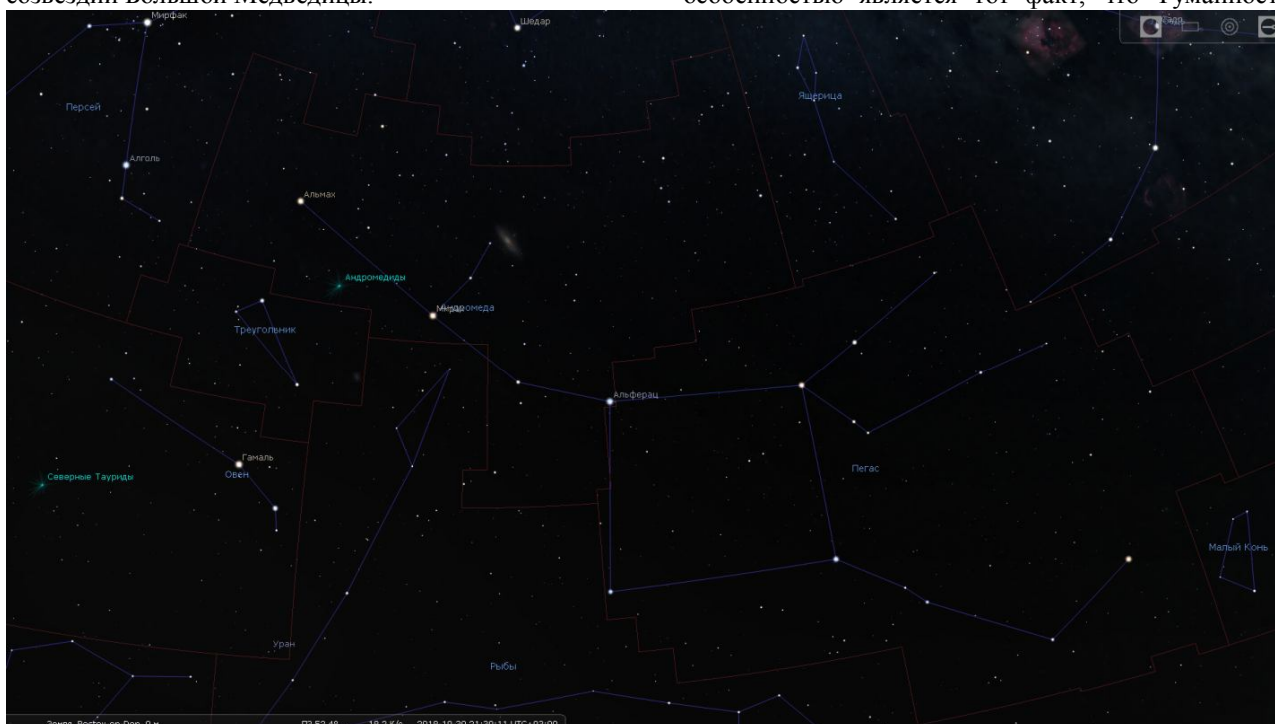
https://elementy.ru/novosti_nauki/t/5271928/Marat_Musin

Звёзды осеннего неба

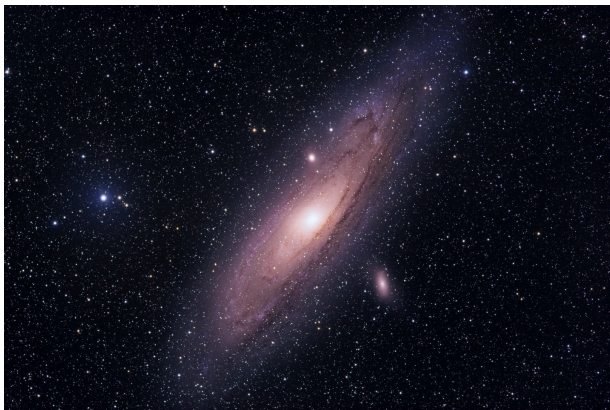


Самыми яркими на осеннем небе являются созвездия Андромеды и Пегаса, которые образуют ещё один хорошо видимый ковш, называемый Ковшом Пегаса. Мы можем сравнить этот ковш с более знакомым нам Ковшом Большой Медведицы. По размерам Ковш Пегаса даже больше, однако, звёзды, входящие в его состав, всё-таки несколько менее яркие, нежели те, что мы можем увидеть в созвездии Большой Медведицы.

Главной же достопримечательностью этих созвездий является, конечно, Туманность Андромеды, расположенная в одноименном созвездии. О Туманности Андромеды хотелось бы рассказать намного подробнее. Во-первых, это крупнейшая галактика нашего местного скопления – она примерно в полтора раза больше и массивнее, чем наш Млечный Путь. Другой её интересной особенностью является тот факт, что Туманность



Андромеды считается самым удалённым объектом, видимым невооружённым глазом — несмотря на то, что расстояние до неё составляет больше 2,5 млн. световых лет, её всё ещё можно увидеть невооружённым глазом, без применения оптики в виде очень маленького вытянутого пятнышка света. Но это справедливо только в том случае, если мы будем проводить свои наблюдения вдали от городской засветки. В городе Туманность Андромеды также можно пронаблюдать, но для этого нам потребуется небольшой телескоп или хотя бы полевой бинокль.



Интересно, но площадь, занимаемая Туманностью Андромеды на земном небе, примерно в 10 раз больше, чем видимые размеры Луны. Но почему же наш глаз не видит её настолько большой? Секрет заключается в том, что окраинные области Туманности Андромеды имеют очень низкую яркость и увидеть их можно только при помощи методов астрофотографии.

Совсем недалеко от Туманности Андромеды мы найдём ещё две галактики — это её спутники, карликовые галактики M32 и M110. M32 видна на небе в виде звезды, окружённой туманным сиянием, M110 же представляется нам вытянутым пятнышком света, очень похожим на Туманность Андромеды, но меньшим по размерам. Предполагается, что раньше эти галактики имели куда большие размеры, но позже значительная часть их вещества «перетекла» на главную галактику — об этом свидетельствуют мощные звёздные потоки, обнаруженные астрономами.

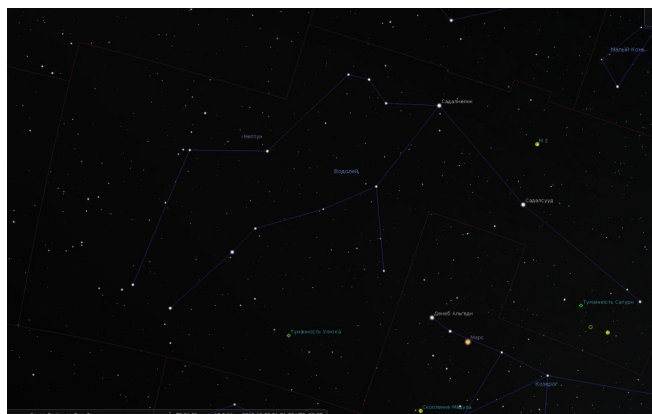


В соседнем с Андромедой созвездии Треугольника мы можем найти ещё одну близкую к нам галактику

— речь идёт о Галактике Треугольника — третьем крупном члене нашей Местной группы. Галактика Треугольника видна нам «плашмя», а поэтому является прекрасным примером строения спиральной галактики — Млечный Путь откуда-нибудь издалека будет выглядеть примерно так же. С Галактикой Треугольника связано одно крупное научное открытие — именно благодаря изучению её вращения было выдвинуто предположение о существовании тёмной материи — гипотетической субстанции, обладающей массой, но слабо взаимодействующей с электромагнитным излучением. Дело в том, что окраинные области этой галактики (и, как было выявлено потом, всех остальных галактик тоже) вращаются гораздо быстрее, нежели это ожидается из законов физики. Такое поведение можно объяснить только наличием там большого количества несветящейся материи, которую астрономы назвали «тёмной». Физическая природа тёмной материи пока остаётся неясной. Рассматриваются самые разные кандидаты на её роль — от нового типа элементарных частиц до миниатюрных чёрных дыр, но ни одна теория пока не нашла подтверждения на практике.



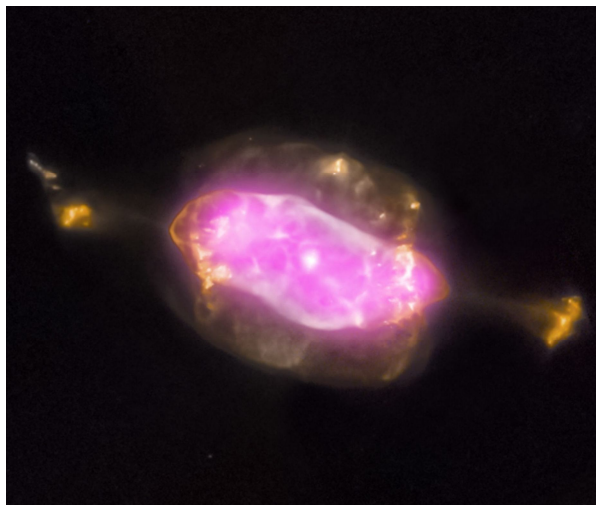
В созвездии Пегаса ярких галактик мы не найдём, но зато сможем найти интересные. Речь, прежде всего, идёт о Квинтете Стефана — группе из пяти галактик, четыре из которых являются взаимодействующими. Пятая же расположена в 10 раз ближе к нам, чем остальные, и лишь случайно оказалась в этой области неба. К сожалению, пронаблюдать Квинтет Стефана весьма сложно — для этого потребуется мощный телескоп и тёмное загородное небо.



К югу от Пегаса расположилось созвездие Водолея, которое известно сразу двумя примечательными планетарными туманностями.



Главным его украшением по праву считают туманность Улитка, которая ещё из-за своей формы получила прозвище «Глаз Бога». Эта туманность — одна из самых ярких и близких к нам на небе. Любопытно, но в астрономических масштабах планетарные туманности являются своеобразными мотыльками — однодневками: срок их жизни составляет всего несколько тысяч лет, в то время как звёзды и планеты могут жить миллионы и миллиарды лет. Расчёты показывают, что всего 10 тысяч лет назад никакой «улитки» тут не было — на её месте светилась совершенно рядовая и ничем не примечательная звёздочка, даже не видимая невооружённым глазом.



Второй интересной туманностью Водолея является Туманность Сатурн, названная так за сходство с одноименной планетой. При наблюдении в небольшой телескоп она кажется сине-зелёным шаром с боковыми выступами, очень напоминающими кольца Сатурна. Считается, что сложная форма этой туманности обусловлена не одним, а несколькими последовательными взрывами, проходившими на центральной звезде через небольшие (сотни лет) промежутки времени.

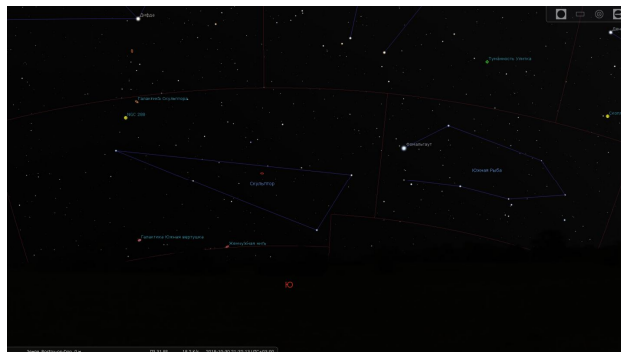
К югу от Водолея, вблизи горизонта мы увидим яркую белую звезду. Это Фомальгаут — ярчайшая звезда в созвездии Южной Рыбы и всего осеннего неба вообще. Интересной особенностью Фомальгаута является то, что он окружён протопланетным диском — иными словами прямо сейчас мы там можем наблюдать процесс

образования новых планет. Строго говоря, одна планета уже сформировалась — речь идёт об объекте Фомальгаут b, получившем название Дагон. Дагон считается первой экзопланетой, которую удалось непосредственно увидеть в телескоп — в 2008 году он был сфотографирован космическим телескопом Хаббла.

Вблизи от Фомальгаута расположено на первый взгляд ничем не примечательное созвездие Скульптора, не содержащее ни одной яркой или хотя бы заметной звезды. Но именно в нём скрывается одна из ярчайших галактик земного неба — Великая галактика Скульптора. Иногда из-за формы её ещё называют «Серебряная Монета». Интересной особенностью Великой галактики Скульптора является тот факт, что в её центре не одна чёрная дыра, а целых четыре, удалённых друг от друга на несколько тысяч световых лет и обращающихся вокруг общего центра масс по сложным траекториям. Это свидетельствует о том, что, весьма вероятно, «Серебряная Монета» образовалась миллиарды лет назад в результате слияния нескольких маленьких галактик.



Пронаблюдать Великую галактику Скульптора достаточно легко — она очень яркая, по своему блеску уступает только Туманности Андромеды. Единственная сложность заключается в низком положении над горизонтом — созвездие Скульптора буквально стелется над южным горизонтом, поэтому для проведения наблюдений лучше выбрать такое место, где южная часть неба будет открыта и, по возможности, не засвечена.



В непосредственной близости от галактики Скульптора мы найдём шаровое скопление NGC 288, знаменитое своим расположением вблизи южного полюса нашей Галактики. Само по себе скопление это невзрачное, но даёт нам простор для



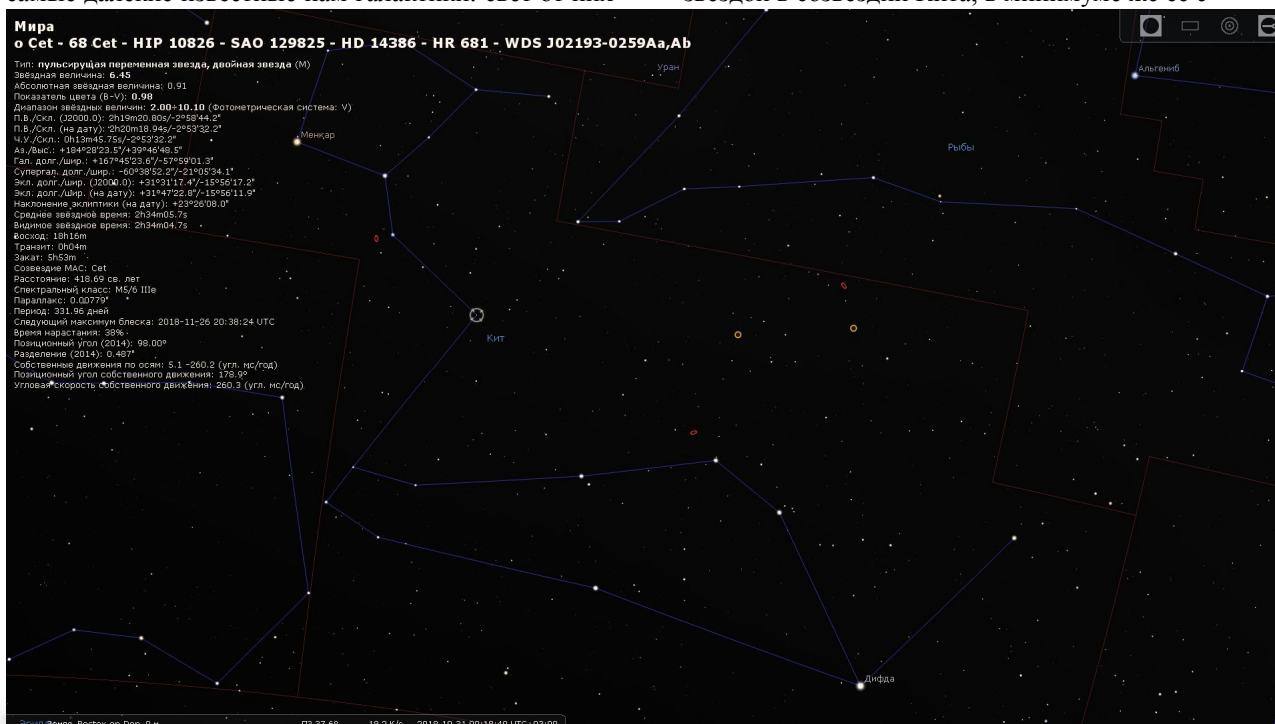
полёта мысли — именно оттуда Млечный Путь должен выглядеть особенно красиво и представлять собой огромную блестящую спираль на полнеба с выраженным ядром, по яркости сравнимым с нашей Луной.

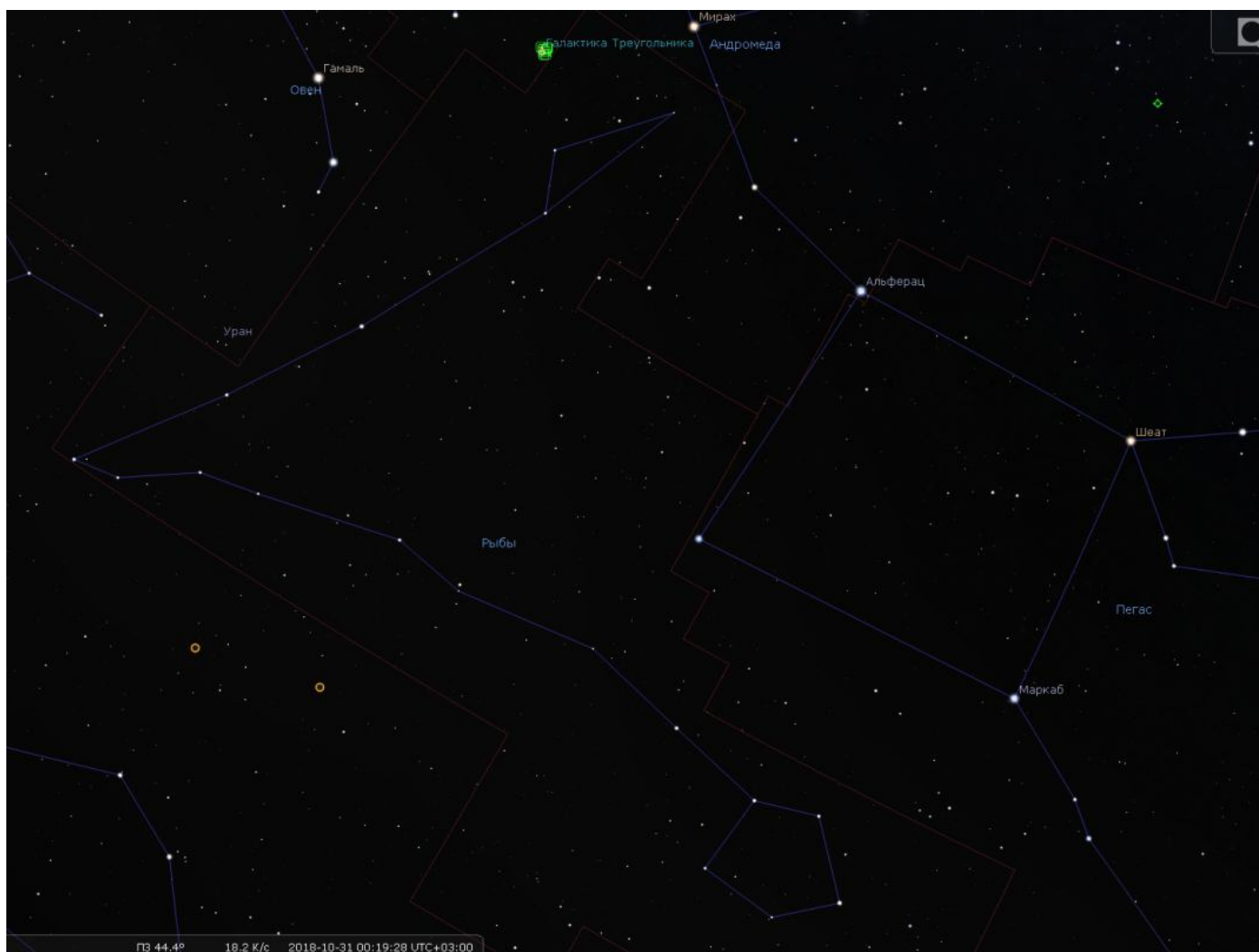
Восточнее Скульптора находится ещё одна на редкость тёмная область неба — здесь расположено созвездие Печи. Именно отсутствие ярких звёзд стало определяющим в выборе созвездия Печи в качестве цели для сверхдалёких обзоров, проводимых телескопом имени Хаббла. В течении примерно 11 дней телескоп непрерывно смотрел в направлении Печи, накапливая полезный сигнал. Результатом этой работы стало так называемое «Сверхдалёкое поле Хаббла» - фотография крошечного участка неба, во много раз меньшего видимого размера Луны, на которой запечатлены самые далёкие известные нам галактики: свет от них

шёл больше 12 миллиардов лет. Изучение столь отдалённых областей Вселенной помогло пролить свет на её строение и эволюцию.

Если мы поднимем глаза чуть выше, то найдём огромное созвездие Кита. Мифологически оно связано с Андромедой — согласно преданию, кит олицетворяет чудовище, убитое Персеем, которое должно было съесть прикованную к скалам Андромеду.

В составе созвездия Кита есть одна удивительная звезда, которая так и называется — Мира (в переводе с латинского — удивительная, замечательная). Чем же она замечательна? Дело в том, что она является первой открытой пульсирующей переменной звездой; позже по аналогии такие звёзды стали называть миридами. В максимуме блеска Мира является самой яркой звездой в созвездии Кита, в минимуме же её с





трудом можно найти даже в весьма мощный любительский телескоп. В 2007 году у Мира был обнаружен очень длинный хвост из газа и пыли, протянувшийся более чем на 15 световых лет. Появление такого хвоста связано с очень низкой плотностью Мира и её быстрым движением в облаке галактического газа — верхние слои звезды просто сдуваются в космическое пространство. Таким образом, в результате этого процесса Мира ежегодно теряет массу, примерно равную массе планеты Марс.

Ещё выше на небе мы найдём большое, но тусклое созвездие Рыб. Очень часто его разделяют на две части — Северную Рыбу и Западную Рыбу, но официального признания от Международного Астрономического Союза такое разделение не получило. Здесь мы можем найти красивую спиральную галактику M74, которая считается практически точной копией нашего Млечного Пути — она имеет примерно то же строение, возраст, размеры и массу, что и наша Галактика. К сожалению, M74 удалена от нас на 40 миллионов световых лет, что затрудняет её наблюдение любительскими средствами.

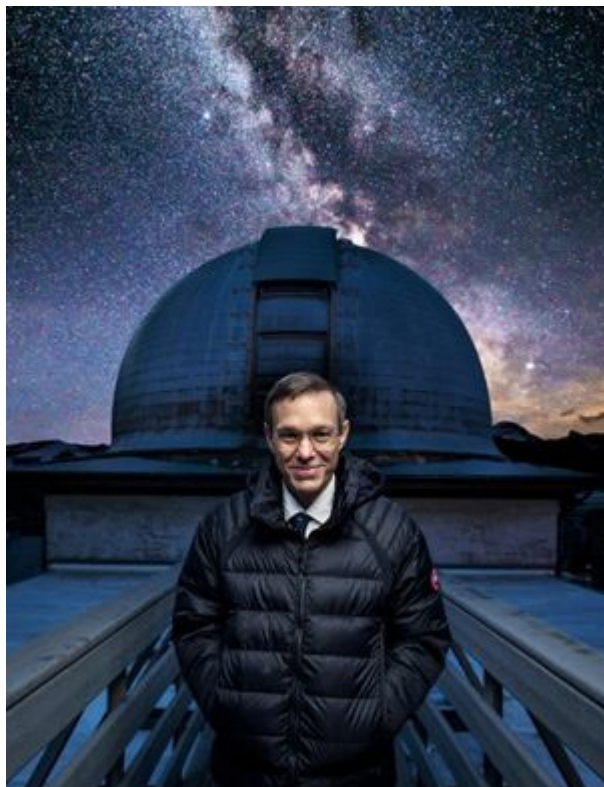
На осеннем небе мы найдём ещё два зодиакальных созвездия — Овна и Козерога. Как ни странно, но с точки зрения астрономии они ничем особенным не примечательны, если не считать их принадлежности к зодиаку. Иногда в этих созвездиях мы можем увидеть планеты Солнечной Системы — так,

например, в ближайшие 6 лет, до 2024 года, в созвездии Овна мы сможем наблюдать Уран — планету, знаменитую тем, что она движется вокруг Солнца, вращаясь «на боку»: её ось вращения практически перпендикулярна плоскости орбиты. Это обстоятельство создаёт очень причудливую смену времен года на Уране — зачастую самыми тёплыми районами там оказываются полярные шапки. Увидеть Уран невооружённым глазом практически невозможно, в бинокль же он будет казаться нам зеленоватой звездой. И только мощный любительский телескоп позволит различить диск этой далёкой и холодной планеты.

К сожалению, осень — не слишком благоприятный период для наблюдения за звёздным небом: в это время года оно то и дело оказывается затянутым тучами. Но расстраиваться не стоит — все осенние созвездия мы легко можем увидеть ясными августовскими ночами, если проводить свои наблюдения будем в предутренние часы. Наблюдайте! Наблюдайте больше и чаще — и небо обязательно откроет вам свои тайны.

Николай Демин, любитель астрономии,
г. Ростов-на-Дону
Специально для журнала «Небосвод»

Ави Лёб рассказывает об астрофизике настоящего и будущего



Ави Лёб на фоне купола 15-дюймового телескопа Гарвардской обсерватории. Фото с сайта cfa.harvard.edu

Астрономия и астрофизика сейчас развиваются очень быстрыми темпами. Эффекты, о которых еще несколько лет назад все говорили как о сугубо теоретических, уже становятся доступными прямому наблюдению. Пожалуй, наиболее громкий и явный пример последних лет — детектирование гравитационных волн от слияния далеких черных дыр. Один только апрель этого года подарил сразу несколько ярких открытий, о которых рассказывали и «Элементы»: достаточно назвать получение первой «фотографии» черной дыры в галактике M87. Об этих результатах и о том, как будет развиваться астрономия в обозримом будущем, мы побеседовали с Абрахамом Лёбом — одним из самых авторитетных американских астрофизиков, главой Астрономического отделения Гарвардского института, основателем Инициативы по изучению черных дыр и председателем Совета по физике и астрономии Национальных академий наук США.

В последнее время с небес буквально сыплется дождь астрономических и астрофизических открытий. 1 апреля возобновили работу модернизированные лазерные детекторы гравитационных волн LIGO и Virgo, с которых сразу стали приходить интереснейшие сообщения (см.: Открыт новый сезон охоты за гравитационными волнами, «Элементы», 09.04.2019). Так, 8, 12 и 21 апреля они зафиксировали три всплеска космического гравитационного фона, которые

интерпретируют как потенциальные индикаторы слияния черных дыр. 25 апреля был отловлен хороший кандидат на гравитационную подпись столкновения нейтронных звезд в 150 мегапарсеках (около 500 миллионов световых лет) от нашей Галактики — вторую за время работы этих детекторов и первую с августа 2017 года (о первом таком событии читайте в статье Сергея Попова Зафиксировано слияние нейтронных звезд!). Правда, на этот раз за регистрацией не последовало подтверждающих наблюдений ни в одном диапазоне электромагнитных волн, что можно объяснить удаленностью события (первое слияние нейтронных звезд случилось в 130 миллионах световых лет от Млечного Пути). Однако спектр гравитационно-волнового цуга хорошо соответствует тому, который должен иметь место при слиянии нейтронных звезд с последующим образованием черной дыры.

На этом апрельские сюрпризы не закончились. 26 числа появились сенсационные сообщения о возможном гравитационном следе поглощения черной дырой нейтронной звезды на расстоянии 375 мегапарсек от нас. Правда, этот вывод пока не окончательный, тем более что и на сей раз электромагнитный хвост события не обнаружен (возможно, тоже из-за огромного расстояния). Не исключено, что это было столкновение нейтронных звезд или даже ложный сигнал — время покажет. Тем не менее члены обеих коллабораций не теряют оптимизма. И все эти открытия были сделаны в течение месяца! Не случайно профессор Трентского университета в Италии Джованни Проди (Giovanni Prodi), который координирует обработку данных с детектора Virgo, назвал этот апрель несравненным месяцем для науки.

Наверное, здесь необходимы разъяснения. Общая численность звездной популяции нашей Галактики точно не известна, но скорее всего она лежит в диапазоне 200–300 миллиардов. Данные рентгеновской астрономии показывают, что Млечный Путь содержит приблизительно миллиард нейтронных звезд и 300 миллионов черных дыр. Казалось бы, этого вполне хватает, чтобы они сталкивались достаточно часто. Однако реально такая судьба ожидает лишь тесные пары нейтронных звезд и/или черных дыр, которые быстро теряют кинетическую энергию из-за излучения гравитационных волн и сближаются по спиральным траекториям. Хотя звездные бинарные системы весьма типичны, пары с участием нейтронных звезд и черных дыр встречаются редко. Для нашей Галактики расчетная частота слияний черных дыр составляет два случая на миллион лет, а нейтронных звезд — не более (а скорее — менее) десяти случаев. Так что неудивительно, что события, обнаруженные гравитационными детекторами, имели место в других галактиках, подчас весьма далеких.

Надо сказать, что природа сильно помогла астрономам. Все установки, которые получают из космоса информацию посредством электромагнитных волн, реагируют на яркость излучения (на квантовом языке — плотность фотонов). С увеличением дистанции эта плотность

падает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника. Гравитационные интерферометры, напротив, регистрируют изменения геометрии пространства, которые зависят от амплитуды волн тяготения. Конечно, она тоже уменьшается с расстоянием, но только линейно. Кроме того, гравитационные волны, в отличие от электромагнитных, не рассеиваются на межзвездной среде. Именно поэтому детекторы LIGO и Virgo способны отлавливать сигналы от событий, которые произошли более чем в миллиарде световых лет от нашей Галактики. Ожидается, что в начале 2020-х годов после увеличения их чувствительности и вступления в строй японской установки KAGRA радиус гравитационной прослушки Вселенной возрастет настолько, что ежегодное число зарегистрированных сигналов достигнет тысячи.

Апрельские сюрпризы не ограничились новостями гравитационной астрономии. Были шумевшие сообщения о первом симулированном изображении сверхмассивной черной дыры (Черная дыра галактики M87: портрет в интерьере, «Элементы», 14.04.2019) и открытии в одной из планетарных туманностей ионов гидрида гелия, с которых на заре существования Вселенной началась космическая химия (Гидрид гелия — первая молекула во Вселенной — образуется в космосе и сейчас, «Элементы», 22.04.2019). И — совсем уж на сладкое — 1 мая астрофизики из Колумбийского и Флоридского университетов сообщили в журнале Nature, что металлы семейства актиноидов появились в Солнечной системе благодаря слиянию пары нейтронных звезд (Тяжелые элементы попали в Солнечную систему из слившихся за 80 млн лет до ее образования нейтронных звезд, «Элементы», 24.05.2009). Оно произошло примерно в тысяче световых лет от предсолнечной газопылевой туманности за 80 миллионов лет до того, как из нее образовались Солнце и планеты.

В начале мая я обсудил достижения и перспективы современной науки о Вселенной с одним из наиболее авторитетных американских астрофизиков Абрахамом (в неформальном общении — Ави) Лёбом (Abraham (Avi) Loeb). Мы познакомились много лет назад, когда он был «всего лишь» профессором физики Гарварда. Сейчас он глава астрономического отделения этого прославленного университета, директор Института теории и вычислений (Institute for Theory and Computations, ITC), директор-основатель Инициативы по изучению черных дыр (Black Hole Initiative), председатель Совета по физике и астрономии Национальных академий наук США (Board on Physics and Astronomy of the National Academies). Вот мои вопросы и его ответы.

— Ави, все мы оказались свидетелями революционных перемен в астрономии и астрофизике. Во введении к нашей беседе я в качестве иллюстрации перечислил последние сообщения с гравитационных детекторов. Ты согласен с такой оценкой?

— Вполне согласен. Мы и в самом деле живем в замечательное время, которое приносит нарастающий поток интереснейших открытий. Признаюсь, что в качестве специалиста по теоретической астрофизике я поспособствовал кое-каким прорывам. Так, несколько лет назад мы с коллегами в ряде статей проанализировали

возможность построения изображения окрестностей черной дыры в ядре галактики M87. Теперь, как известно, его удалось получить методами компьютерного анализа результатов наблюдений нескольких радиотелескопов в рамках проекта Event Horizon Telescope. Прогрессивная на весь мир картинка, опубликованная не только в научных изданиях, но и на первых полосах газет, вполне соответствует нашему предсказанию.

Что касается гравитационной астрономии, не могу не вспомнить забавный случай. Лет пять назад я прочел на зимней школе лекцию для студентов и аспирантов, посвященную перспективам детектирования гравитационных волн для астрономии и астрофизики. Минут через десять после начала меня прервал другой лектор, спросивший, почему я трачу время молодых слушателей на обсуждение вопросов, которые нисколько не помогут успеху их научных карьер. Ровно через два года, в феврале 2016-го, члены коллаборации LIGO сообщили о первом гравитационном детектировании столкновения черных дыр! А ведь мой оппонент был сравнительно молодым человеком! Кстати, это еще раз показывает, что научный консерватизм не обязательно связан с возрастом.

Бывают курьезы и покруче. Во время подготовки проекта LIGO его главным теоретиком был профессор Калтеха Кип Торн, который в позапрошлом году получил за него Нобелевскую премию (совместно с Райнером Вайссом и Барри Бэрришем, см.: Нобелевская премия по физике — 2017, «Элементы», 13.10.2017). В 1973 году Торн, Чарльз Мизнер и Джон Арчибальд Уилер опубликовали фундаментальный труд «Гравитация», который четыре года спустя появился и на русском языке. Среди содержащихся там задач, есть такая: доказать, что лазерные системы не подходят для детектирования гравитационных волн.

— Можно ли сказать, что создание установок для регистрации гравитационных волн стало важнейшим шагом после становления астрономии всеволновых электромагнитных наблюдений во второй половине двадцатого века?

— Конечно. Причем возможности гравитационных детекторов сильно расширяются, если их удастся использовать параллельно с детекторами фотонных и нейтринных сигналов, которые тоже распространяются в космическом пространстве со скоростью света. И такое использование уже стало реальностью. Буквально на наших глазах всего за три года возникла новая астрономия, которую называют многоканальной¹. Так что революционные перемены, о которых ты говорил, действительно имеют место.

— Но ведь в новейшей астрономии, помимо столь быстро обретенной многоканальности, есть еще немало интересного?

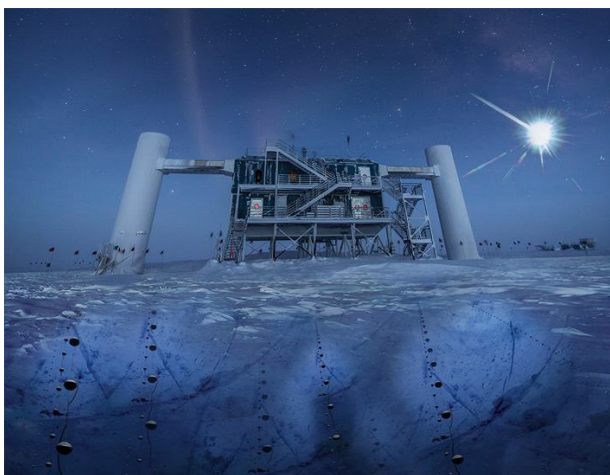
— Всего и не перечислить. Например, в последние годы мы сильно улучшили понимание механизмов возникновения первых звезд и формирования первых галактик. Теперь мы точно знаем, что эти звезды были чрезвычайно горячими и потому интенсивно светили в ультрафиолетовом диапазоне. Перед их появлением практически весь водород в

космическом пространстве существовал в форме нейтральных атомов и молекул. Ультрафиолетовые кванты разбивали атомы водорода на электроны и протоны — этот процесс называется вторичной ионизацией. Он способствовал росту, а затем и слиянию галактик и появлению в космосе крупных и сверхкрупных структур — исполинских галактик и галактических скоплений.

Вторичная ионизация закончилась, когда Вселенной исполнился примерно миллиард лет. Тонкие детали ее эволюции на этой стадии еще предстоит выяснить. В решении этой задачи очень полезен спектральный анализ фотонов, которые в те времена излучали атомы водорода при спонтанном изменении взаимной ориентации спинов протона и электрона. Когда она меняется скачком от параллельной к антипараллельной, излучается фотон с частотой 1,42 гигагерц, что соответствует² длине волны 21,1 см. Хотя в отдельных атомах такие переходы происходят очень редко, в галактических масштабах мощность излучения нейтрального водорода отнюдь не мала. Поэтому распределение водорода в межзвездном пространстве можно эффективно мониторить с помощью радиотелескопов.

Очень важно, что такие наблюдения позволяют отслеживать эволюцию Вселенной. Из-за космологического красного смещения радиоизлучение далеких галактик сдвинуто в сторону больших длин волн, причем тем сильнее, чем раньше они возникли. Сканируя это излучение на разных длинах волн, можно получить временные срезы распределения нейтрального водорода в космическом пространстве. Это направление исследований называется «космологией 21-го сантиметра», *twenty-one centimeter cosmology*.

Сейчас создаются детекторы радиоволн нового поколения. Когда они вступят в строй, мы сможем еще дальше углубиться в раннюю историю Вселенной.



Вид на надземную часть нейтринной обсерватории IceCube, к которому художник добавил нарисованные нити с фотоумножителями, при помощи которых регистрируется черенковское излучение (на самом деле эти детекторы располагаются глубоко во льду). Изображение с сайта icecube.wisc.edu

У многоканальной астрономии есть еще одно измерение — нейтринное. Если говорить о Большом Космосе, то оно самое новое. Солнечные нейтрино были впервые обнаружены еще полвека назад и с

тех пор интенсивно изучаются. В феврале 1987 года были детектированы нейтрино, рожденные взрывом сверхновой звезды SN 1987A в Большом Магеллановом облаке, спутнике нашей Галактики. Расстояние до этой звезды по космическим меркам очень невелико, всего-навсего 170 тысяч световых лет. А вот в сентябре 2017 года был зарегистрирован нейтринный сигнал, который с хорошей вероятностью удалось связать с активностью квазара, удаленного от нас почти на 4 миллиарда световых лет. Его поймала обсерватория IceCube, расположенная в Антарктиде на Южном полюсе. Этот многообещающий результат можно считать началом внегалактической нейтринной астрономии³.

И наконец, современная астрономия всё больше и больше занимается поисками внеземной жизни. Число известных экзопланет сейчас измеряется четырьмя тысячами и постоянно растет. Данные космической обсерватории «Кеплер» позволяют предположить, что примерно четвертая часть этих планет может быть пригодна для органической жизни. Наши аппаратные возможности позволяют искать следы бактериальной жизни по их проявлению в химическом составе планетных атмосфер. Об этом может свидетельствовать наличие кислорода и метана, но это отнюдь не единственные признаки. И я надеюсь, что скоро мы приступим к серьезному поиску разумной жизни. Правда, эта тема пока еще находится вне интересов мейнстримной астрономии, но времена меняются.

Раз уж мы об этом заговорили, нельзя не упомянуть первое в истории астрономии наблюдение небесного тела, которое вынырнуло из межзвездного пространства, прошло мимо Солнца и покинуло Солнечную систему. Это астероид 1I/Оумуамуа, открытый в октябре 2017 года. Он очень сильно вытянут в длину, что крайне необычно для астероидов Солнечной системы. К тому же он очень быстро вращается и имеет немало других странных свойств.

Оумуамуа был замечен, уже когда он удалялся от Солнца. Однако вполне возможно, что в гравитационном плену Солнечной системы удерживаются тысячи небесных тел аналогичного происхождения, потерявших часть кинетической энергии из-за гравитационных взаимодействий с планетами, главным образом с Юпитером. Совсем недавно мы с моим студентом Амиром Сираджем (Amir Siraj) опубликовали в *Astrophysical Journal* статью, где обсуждаются возможности поиска таких объектов. Алексей, ты представляешь, как было бы здорово найти и изучить небесное тело межзвездного происхождения! И это уже не пустые спекуляции!

— Ави, из твоих слов я понял, что замечательные перемены в науке о Вселенной сейчас явно ускоряются — как и сама Вселенная. Что скажешь?

— А ведь и правда! Отличная аналогия.

— Но ты ведь не только исследователь, но еще и наставник студентов и аспирантов, а также организатор и администратор, причем высокого ранга. Тебе это не мешает в основной работе?

— К счастью, мне пока хватает времени и на науку, и на преподавание. Что до прочих обязанностей, то они помогают видеть и понимать те перемены, о

которых мы с тобой говорили. И не только понимать, но и способствовать тому, чтобы они состоялись, иначе говоря, повышать эффективность научных исследований.

Но есть еще один момент. Для меня работа в науке — это способ удовлетворять собственное любопытство, как ни банально это звучит. Это возможность задаваться вопросами об устройстве мироздания, искать и находить ответы, учить других и учиться самому. А в своих административных ресурсах я прежде всего вижу средство увеличить эффективность коллективных исследований и помочь молодежи успешно работать на научном поприще. Я пытаюсь поддерживать и поощрять внутринаучную культуру, основанную на уважении к независимому мышлению, доверии к творческим инициативам и отсутствию страха перед рискованными проектами. И эту часть своей работы я считаю крайне важной.

А что до эффективности науки, вот лишь один пример. Тебе, конечно, известно имя астронома Отто Струве?

— Разумеется. Как и его российские корни. Он ведь родился и учился в Харькове, где его отец был университетским профессором и директором астрономической обсерватории.

Один из крупнейших астрофизиков прошлого века Отто Людвигович Струве принадлежит замечательной научной династии, занимающей почетное место в истории науки о Вселенной. Ее основал профессор Дерптского университета Василий Яковлевич Струве — инициатор создания Пулковской обсерватории и ее первый директор. Его правнук Отто выполнил фундаментальные исследования в области звездной спектроскопии. Он был профессором Чикагского университета, руководителем астрономического отделения Калифорнийского университета в Беркли, директором трех оптических обсерваторий и Национальной радиоастрономической обсерватории.

— Я и не сомневался. Так вот, в начале 1950-х годов Струве проделал очень интересный мысленный эксперимент. Он задумался, что было бы, если бы орбита Юпитера располагалась неподалеку от Солнца. Струве пришел к выводу, что в этом случае Юпитер своим притяжением вызывал бы периодические колебания движения Солнца по его внутригалактической траектории. В принципе, их можно было бы заметить с межзвездных дистанций с помощью спектроскопической аппаратуры. Мы теперь понимаем, что он указал путь к открытию массивных внесолнечных планет, обращающихся вблизи своих звезд. Именно таким способом профессор астрономии Женевского университета Мишель Мэйор и его аспирант Дидье Келоз в 1995 году обнаружили первую планету, обращающуюся вокруг обычной звезды. И вскоре метод доплеровской спектроскопии звездного излучения стал мощным оружием для охоты за экзопланетами.

Всё это произошло уже в наше время. Но ведь в течение сорока лет после предложения Струве на такие наблюдения не давали телескопного времени! Сейчас известно, что околозвездные массивные планеты, так называемые горячие Юпитеры, очень распространены в нашей Галактике. Однако тогдашние астрономы полностью исключали даже теоретическую возможность их существования. Они

доверяли стандартной модели планетогенеза, из которой следовало, что при формировании Солнечной системы Юпитер, как и другие планеты-гиганты, просто не мог стать близким спутником Солнца. Они рассуждали вполне рационально: открытие невозможно, зачем тратить ценное время телескопических наблюдений, чтобы в этом убедиться? Если бы авторитетные астрономы в те времена допустили, что эта модель не универсальна, горячие Юпитеры могли бы быть открыты много раньше.

Эта история — хороший пример, как консерватизм и неумеренная вера в авторитеты мешают даже компетентным ученым допустить реальность чего-то, что еще не удалось наблюдать. Я вижу в этом одну из главных причин снижения эффективности науки и в качестве научного менеджера всячески стараюсь ей противодействовать.

— Ави, таких случаев великое множество, и не только в астрономии.

— Натурально. Все знают, что сейчас детектирование гравитационных волн — это самый-самый передний край астрофизики. Но мои коллеги и учителя годами с полной убежденностью утверждали, что подобные эксперименты — бесполезная трата сил и денег. Так что, повторяю, я вижу свою задачу в том, чтобы помогать ученикам и коллегам мыслить широко и непредвзято, быть открытыми новым идеям. Этому нас учит вся история науки.

Отношение современников к работе Отто Струве вызывает в памяти другой подобный случай в точности из того же времени. На рубеже 1940–1950-х годов американский генетик Барбара Мак-Клинтон на примере кукурузы доказала существование в геноме мобильных элементов, которые позднее были названы транспозонами, или прыгающими генами. Сейчас эта работа считается одним из величайших открытий в генетике, однако в то время она была встречена полным молчанием либо откровенной враждебностью. Ее значение было признано только в конце 1960-х годов, а в 1983 году Барбара Мак-Клинтон получила за нее Нобелевскую премию. При этом она, как и Струве, в середине прошлого века уже была ученым с международной репутацией и огромным авторитетом в своей области. Это показывает, что даже высокий статус исследователя не гарантирует быстрого признания его открытий, если они сильно противоречат взглядам, которые на тот момент доминируют в профессиональной среде.

— Ави, ты заговорил о деньгах. Иногда приходится слышать, что современная астрономия и астрофизика стали слишком дорогим предприятием. Так ли это?

— Нет, не думаю. Моя наука, даже в ее нынешнем продвинутом состоянии, это всё же не физика элементарных частиц. Вот там действительно новые ускорители обходятся в миллиарды долларов, причем никто не может гарантировать, что полученные результаты оправдают такие бюджеты. А вот мы добиваемся фундаментальных результатов даже при умеренных ассигнованиях. Нужно просто быть умным и изобретательным. Выражаясь фигурально, скажу, что в моей области без больших затрат выращивают множество прекрасных цветов.

Конечно, и у нас есть многомиллиардные проекты — прежде всего, создание и запуск гигантского Космического телескопа имени Джеймса Уэбба, который сейчас планируется на 2021 год. Однако же — и в отличие от физики элементарных частиц! — можно с успехом работать на самом переднем крае астрономии и астрофизики, располагая относительно скромными бюджетами. Возьмем, например, мониторинг реликтового микроволнового излучения космической обсерваторией WMAP или картирование небосвода с помощью гравитационного микролинзирования. Эти проекты принесли фундаментальные результаты при весьма умеренных затратах.

Конечно, наши бюджеты зависят от того, в какой мере общество и его политические лидеры готовы поддерживать науку о Вселенной. Но каковы бы ни были наши ресурсы в будущем, мы всегда найдем возможность с толком их использовать в интереснейших исследовательских проектах. Вот в этом я уверен.

— Ави, теперь давай перейдем к конкретике. Возьмем хотя бы такой ключевой для космологии и астрофизики вопрос, как численное значение параметра Хаббла, который определяет темп расширения Вселенной. Пару десятилетий назад считалось, что оно известно достаточно точно, а теперь эта уверенность сильно поколеблена. Что ты об этом думаешь?

Хотя параметр Хаббла по традиции и называют константой (см. *The Hubble constant*), на самом деле он зависит от времени. Астрофизики обычно оперируют его современным значением, которое обозначается H_0 . В конце 1920-х годов Эдвин Хаббл вычислил эту величину на основе спектрального анализа гигантских переменных звезд из семейства цефеид, принадлежащих двум дюжинам галактик в окрестностях Млечного Пути. К тому времени было известно, что абсолютная светимость цефеид хорошо коррелирует с периодами изменения их видимой яркости, которые нетрудно измерить. Это позволяет использовать цефеиды в качестве так называемых стандартных свечей (*standard candles*). Если видимая яркость цефеиды и ее абсолютная светимость известны, то можно с неплохой точностью определить расстояние до этой звезды — а следовательно, и до содержащей ее галактики.

Зная красные смещения света таких звезд и считая, что они, согласно принципу Доплера, определяются радиальными скоростями их удаления от Млечного Пути, Хаббл и его ассистент Милтон Хьюмсон пришли к выводу, что эти скорости с хорошей достоверностью пропорциональны расстояниям до самих галактик. Полученный ими коэффициент пропорциональности и был назван постоянной Хаббла (*Hubble constant*). Хаббл и Хьюмсон пришли к выводу, что он равен 530–550 км/с на мегапарсек.

Правда, это значение оказалось многократно завышенным. Хаббл сделал несколько вполне простительных для своего времени ошибок, которые привели к тому, что он сильно недооценил дистанции до наблюдавшихся галактик. Например, Хаббл не знал, что существуют две популяции цефеид с разными отношениями между периодом и светимостью. Эту неточность исправил в середине XX века Вальтер Бааде, что сразу позволило вдвое снизить значение H_0 . Позже выяснилось, что Хаббл

принял несколько областей космического пространства, заполненных ионизированным водородом, за яркие звезды. Наконец, Хаббл не смог (фактически даже и не пытался) выявить статистическую погрешность своих вычислений.

Во второй половине XX века значение H_0 не раз уточняли на основе использования стандартных свечей — не только цефеид, но и сверхновых звезд типа Ia. Их пиковая светимость мало меняется от звезды к звезде, особенно в ближней инфракрасной зоне. Более того, существует сильная корреляция между светимостью и ее уменьшением в первые месяцы после взрыва. А поскольку мощность излучения этих сверхновых на шесть порядков выше, чем у цефеид, они могут работать стандартными свечами на дистанциях не в миллионы, а в миллиарды световых лет.

К началу нашего столетия сформировался консенсус по отношению к численной величине H_0 . Всё говорило за то, что она лежит в диапазоне 70–75 км/с на мегапарсек, причем скорее всего ближе к его середине. Самые свежие результаты использования метода стандартных свечей были опубликованы 7 мая в *Astrophysical Journal* Адамом Риссом (*Adam G. Riess*) и членами его группы. Анализ наблюдений семидесяти длиннопериодических цефеид из Большого Магелланова Облака на Космическом телескопе имени Хаббла в сочетании с информацией, полученной другими группами астрофизиков, привел их к выводу, что $H_0 = 74,03 \pm 1,42$ км/с на мегапарсек.

В чем же проблема? Дело в том, что недавно появился еще один способ определения H_0 , основанный на анализе спектров микроволнового реликтового излучения. Не вдаваясь в детали, скажу только, что он заметно снизил численное значение параметра Хаббла. Эта коррекция выявилась уже при анализе информации, полученной с космического зонда WMAP, и окончательно определилась после запуска европейского космического аппарата «Планк». В марте 2013 года были опубликованы результаты анализа данных, собранных за первые 15 месяцев его работы. «Планковское» значение коэффициента Хаббла, откорректированное с учетом «уилкинсоновских» данных, составило 67,3 км/с на мегапарсек. Вскоре появились и другие оценки, основанные на анализе реликтового излучения в комбинации с дополнительными источниками космологической информации. Все они лежат в диапазоне 67–68 км/с на мегапарсек. Столь заметная разница между результатами применения двух вроде бы вполне надежных методов создала контroversу, которая получила название *H_0 tension*, в вольном переводе — «напряженка со значением H_0 ».

Это противоречие интерпретируют по-разному. Можно допустить, что существуют еще неучтенные систематические ошибки в тех или иных способах определения H_0 , которые и служат причиной «напряженки». Это самое простое и безобидное объяснение: такие ошибки в принципе можно найти и устранить. Но нельзя исключить, что Вселенная устроена сложнее, чем допускает ее стандартная космологическая модель, — например, что она может быть не столь однородна и/или не столь изотропна. Наконец, можно даже предположить, что описание Вселенной на основе общей теории относительности не вполне

адекватно и нуждается в коррекции. Вот об этом я и спросил Ави Леба.

— Алексей, это очень непростая проблема, и обсуждать ее можно долго. Если не вдаваться в технические детали, то мое мнение таково: мы до сих пор не вполне понимаем масштабные линейки, которые применяем для оценки расстояний в ближней части Вселенной. Это относится и к использованию цефеид, и особенно к использованию сверхновых типа Ia в качестве стандартных свечей. Мы ведь все еще не знаем, какова их природа. Раньше считалось, что это белые карлики, вспыхнувшие в результате аккреции вещества с соседних звезд. Теперь мы допускаем, что некоторые сверхновые этого типа загораются вследствие столкновения пары белых карликов. Кроме того, пока не известны некоторые важные детали взрывных процессов, которые и порождают эти сверхновые. Такое положение дел чревато риском возникновения погрешностей в определении космических дистанций, которые могут достигать десяти процентов.

Ты спросишь, какой из методов заслуживает наибольшего доверия? В этом вопросе я полностью на стороне планковских данных. Их анализ основан на очень простой и в то же время фундаментальной физике, которая, как мы уверены, работала на ранней стадии существования Вселенной.

Конечно, мою точку зрения можно оспорить. Команда Рисса утверждает, что их оценка H_0 верна с возможной погрешностью менее двух процентов. Если это действительно так, H_0 не может быть меньше 72 км/сек на мегапарсек, что примерно на 6 процентов превышает планковское значение. Но я не думаю, что они устранили все возможные источники ошибок в определении дистанций до наблюдавшихся цефеид. А раз так, вопрос остается открытым.

Конечно, ситуация не безвыходная. Я надеюсь, что со временем появятся способы независимого и достаточно точного определения межгалактических дистанций. Это позволит заново определить значение H_0 и, возможно, даже поможет найти скрытые причины прежних неточностей в калибровке дистанций. В частности, для этого можно воспользоваться показаниями детекторов, регистрирующих гравитационные волны, возникшие при слиянии нейтронных звезд.

— Ты имеешь в виду метод стандартных сирен?

— Вот именно.

Этот метод был впервые предложен в заметке профессора Кардиффского университета Бернарда Шутца (Bernard F. Schutz), опубликованной в сентябре 1986 года в журнале *Nature*. Шутц отметил, что интерферометрические детекторы космических гравитационных волн, возникших при столкновении нейтронных звезд, регистрируют средние амплитуды этих волн и их частотные характеристики. Те и другие элементарно вычисляются (для любителей точности, в квадрупольном приближении) на основе уравнений ОТО. Я не стану приводить соответствующие формулы, хотя они очень просты. Достаточно сказать, что расстояние до звезд входит лишь в формулу для усредненной амплитуды, которая, как было сказано выше, ему обратно пропорциональна.

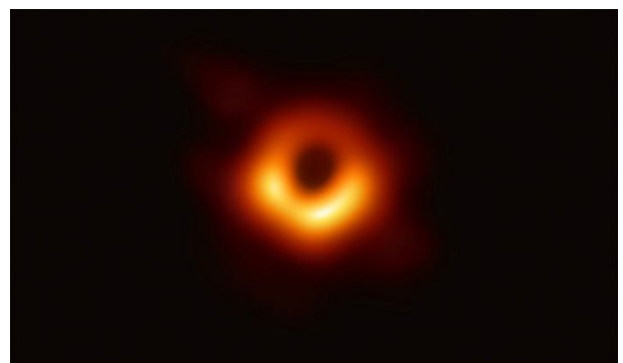
Кроме того, обе формулы содержат некоторую функцию масс сталкивающихся звезд, причем, что самое главное, одну и ту же. Так что, измеряя на интерферометрах амплитуды и частотные характеристики гравитационных сигналов, можно определить расстояния до столкнувшихся нейтронных звезд любой массы. Это позволяет осуществить абсолютную калибровку космических дистанций, которая не зависит от каких-либо конкретных моделей физических процессов и покоится лишь на фундаменте ОТО.

Конечно, это только общая идея метода, который позднее был развит и детализирован и самим Шутцем, и другими учеными. В опубликованное в 2005 году статье Дэниела Хольца (Daniel Holz) и Скотта Хьюза (Scott Hughes) он был назван методом стандартных сирен — по очевидной аналогии с методом стандартных свечей. Авторы отметили, что термин подсказали им коллеги — Стерл Финни (Sterl Phinney) и Шон Кэрролл (Sean Carroll). Название прилипло.

Метод стандартных сирен был опробован после того, как детекторы LIGO и Virgo зарегистрировали первое столкновение нейтронных звезд. Тогда погрешность в определении дистанции оказалась очень большой, приблизительно 15%. Однако ученые полагают, что через пять лет можно будет определять расстояния с двухпроцентной ошибкой.

— И как ты его оцениваешь?

— Метод стандартных сирен чрезвычайно перспективен, мы от него многого ожидаем. Нужно только подождать, когда он обеспечит большую точность. Кстати, для измерения расстояний можно использовать и наблюдения за черными дырами. Это будет еще один независимый способ калибровки дистанций в сотни миллионов и даже миллиарды световых лет. Так что разногласия с определением значения H_0 со временем будут устранены.



«Портрет» сверхмассивной черной дыры, расположенной в центре галактики M87, полученный участниками коллаборации Event Horizon Telescope на основе наблюдений, проводившихся в апреле 2017 года на длине волны 1,3 мм. Светящееся кольцо — излучение от аккреционного диска вокруг черной дыры, «тень» от которой мы видим как темное пятно в центре. Отсутствие светлой полосы, пересекающей область «тени» (которая, например, показана в кадрах с черной дырой Гаргантюа в фильме «Интерстеллар»), объясняется тем, что плоскость аккреционного диска почти перпендикулярна лучу зрения. Изображение с сайта nature.com

— Ави, напоследок расскажи об Инициативе по исследованию черных дыр.

— Вот об этом — с удовольствием. Это сейчас единственный в мире центр, который целиком и полностью занимается черными дырами. Ему всего лишь три года. Он начал работать в 2016 году, причем его открытие почтил своим посещением Стивен Хокинг. Мы решили собрать вместе многих специалистов, интересующихся этим предметом, — астрономов, математиков, физиков и даже философов. Я сначала опасался, что наши встречи будут чем-то вроде вавилонского столпотворения, но этого не случилось. Через несколько месяцев мы все притерлись друг к другу и нашли общий язык. Центр финансируется за счет трехлетнего гранта — надеюсь, что его продлят.

Наша работа уже дала результаты в виде того самого портрета сверхмассивной черной дыры в галактике M87, о котором мы с тобой говорили. Члены коллаборации Event Horizon Telescope работают в тесном контакте с нашим центром. Так что знаменитый портрет — в каком-то смысле и наш ребенок.

Хочу отметить также, что рабочие дискуссии на встречах участников нашей Инициативы оказались очень плодотворными во многих отношениях. Они даже подвигли меня на написание статьи для философского журнала, а этого я не делал никогда в жизни.

— С удовольствием прочту. А пока спасибо за замечательное интервью.

— И тебе спасибо. Надеюсь, что у нас будет еще немало интересных бесед.

Публикация беседы с Ави Лёбом совпадает по времени с очень важной датой в истории как физики, так и науки о Космосе. Ровно 100 лет назад, 29 мая 1919 года, две экспедиции британских астрономов провели наблюдения за полным солнечным затмением, тень от которого прошла через Атлантику узкой полосой от Южной Америки к Западной Африке. В ходе этих наблюдений, сделанных в бразильском поселке Собраль и на острове Принчипе в Гвинейском заливе, были обнаружены очень малые смещения видимого положения нескольких звезд, расположенных на небосводе вблизи солнечного диска. Наличие таких смещений и их численные величины неплохо (естественно, с учетом ошибок измерений) соответствовали предсказанному Эйнштейном эффекту отклонения световых (или любых электромагнитных) волн в поле тяготения Солнца. Это было первое подтверждение обнаруженной в ноябре 1915 года эйнштейновской теории тяготения, полученное на основе новой (а не уже накопленной, как в случае с вращением перигелия Меркурия) астрономической информации (см. Столетие ОТО, или Юбилей «Первой ноябрьской революции», «Элементы», 25.11.2015).

Обе экспедиции были посланы в основном благодаря настойчивости профессора астрономии и экспериментальной философии Кембриджского университета Артура Стенли Эддингтона, который заручился поддержкой Королевского астронома Фрэнка Дайсона. Эддингтон сам и возглавил гвинейскую экспедицию; главой бразильской команды стал гринвичский астроном Чарльз Дэвидсон. Всё предприятие обошлось английской казне в 1100 фунтов — не так уж много за столь фундаментальные достижения.

История обеих экспедиций описана и прославлена во множестве книг и статей. Однако куда менее известно, что астрономы и до того пытались проверить эйнштейновское предсказание звездных смещений — правда, сделанное гораздо раньше. В 1911 году он уже представил в журнале *Annalen der Physik* формулу, дающую оценку углового смещения звезд на небесной сфере (точно такой же результат в 1801 году получил и тремя годами позже опубликовал берлинский астроном и математик Иоганн

Георг фон Зольднер, который считал свет потоком корпускул, подчиняющихся законам ньютоновской механики). В статье Эйнштейн призвал астрономов проверить величину смещения, вычисленную на основе этой формулы, при наблюдениях звезд, которые появляются вблизи закрытого Луной солнечного диска во время полного солнечного затмения. Скорее всего, эту идею ему предложил Джордж Эллери Хейл, основатель и директор калифорнийской солнечной обсерватории Маунт-Вильсон, чьим мнением Эйнштейн очень дорожил.

Этим призывом Эйнштейн не ограничился. Еще до публикации статьи он вступил в переписку с молодым сотрудником Берлинской обсерватории Эрвином Фрейндлихом, с которым обсудил возможность обнаружить звездные смещения. Фрейндлих воспринял эту идею с большим энтузиазмом и начал ее пропагандировать среди коллег. В октябре 1911 года он заинтересовал ею посетившего Берлин американского астронома Чарльза Диллона Перрайна, который тогда возглавлял Аргентинскую национальную обсерваторию. Перрайн в это время готовил наблюдения полного солнечного затмения, которое должно было наблюдаться в Бразилии ровно через год. Он и стал первым астрономом, который подверг проверке предсказание Эйнштейна.

Однако же Перрайну не повезло. Он развернул свою аппаратуру в городке Кристина на юго-востоке Бразилии. Но в день затмения 10 октября 1912 года там стояла дождливая погода, так что фотографии звезд сделать не удалось. Тем не менее его предприятие оказалось не совсем безуспешным. В Бразилию для участия в наблюдениях прибыли и Дэвидсон, и Эддингтон, который еще не стал профессором и тоже был сотрудником Гринвичской обсерватории. Скорее всего, именно там Эддингтон впервые узнал от Перрайна об эйнштейновском проекте создания новой теории тяготения.

Двумя годами позже в работу включился Фрейндлих. Летом 1914 года он отправился в Крым для наблюдения солнечного затмения 21 августа. Его экспедиция, которую финансировал дипломат и пушечный король Густав Крупф фон Болен, добралась до Феодосии, но с началом Первой мировой войны была задержана российскими властями и в сентябре выслана в Германию.

Тогда же в Россию прибыли американские астрономы — и с той же целью. Это были сотрудники Ликской обсерватории во главе с ее директором Уильямом Кэмпбеллом. Собственно измерения положений звезд были возложены на ассистента Кэмпбела Эбера Кёртиса, впоследствии весьма известного астронома. Американцы, которым, разумеется, никто не мешал, установили свое оборудование в Броварах неподалеку от Киева. Однако во время затмения там шел дождь, так что наблюдения не получились. Тогда же в Минске при отличной погоде работала английская астрономическая экспедиция во главе с Дэвидсоном. Но британцы вели наблюдения за солнечной короной, отклонением звездных лучей они не занимались. Впрочем, от Дэвидсона открытие не ушло: в 1919 году именно его группа получила самые убедительные результаты, подтвердившие вычисления Эйнштейна (экспедиция на остров Принчипе под руководством Эддингтона из-за худших погодных условий сделала то же самое с меньшей достоверностью).

Надо сказать, что во всем этом Эйнштейну крупно повезло. В ноябре 1915 года он показал, что угловое отклонение звездного света вблизи Солнца должно вдвое превышать величину, которая вытекала из его первой (а также зольднеровской) формулы. Именно этот результат четырьмя годами позже удостоверяли экспедиции Эддингтона и Дэвидсона. Так что Эйнштейн позже имел полное право утверждать (правда, по другому поводу), что Бог изощрен, но не злонамерен.

1 По-английски многоканальная астрономия называется *multi-messenger astronomy*. См. также статью *Новый виток науки о космосе: пришествие многоканальной астрономии и сборник статей «Многоканальная астрономия»*.

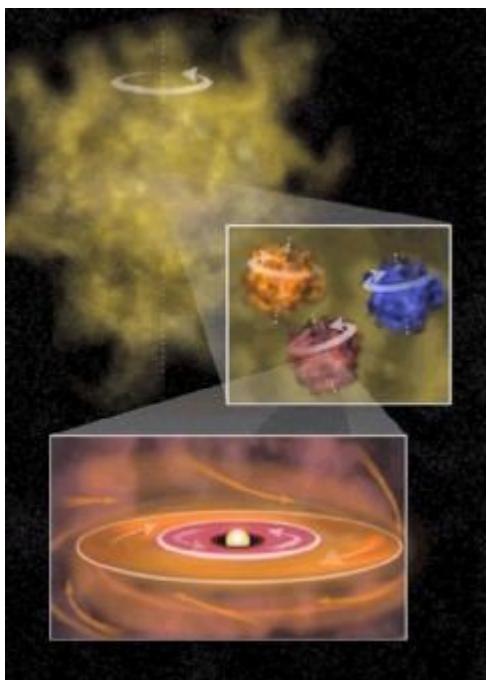
2 Это так называемая радиолиния нейтрального водорода (или линия HII).

3 Об этом читайте в новости *Многоканальные наблюдения установили источник высокоэнергетичного нейтрино, зарегистрированного IceCube («Элементы», 17.07.2018)*.

Алексей Левин,
https://elementy.ru/novosti_nauki/t/1763182/Aleksey_Levin

История астрономии начала 21 века

2006г 15 февраля у молодой звезды обнаружен газопылевой диск, внутренняя и внешняя области которого вращаются в одной плоскости, но в противоположных направлениях.



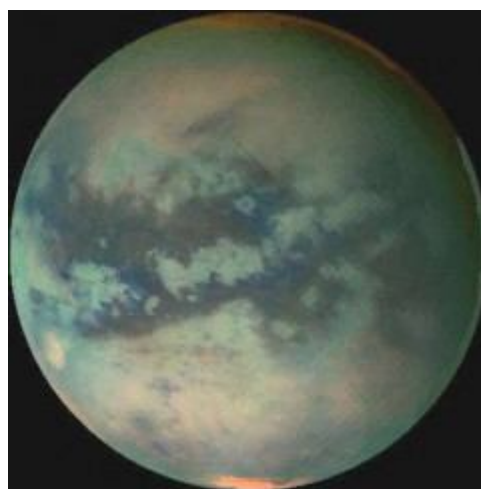
«Подобное явление удалось наблюдать впервые. Это означает, что процесс формирования планет из протопланетных дисков гораздо сложнее, чем считалось ранее», - комментирует руководитель исследования доктор Энтони Ремиджан (Anthony Remijan) из Национальной радиоастрономической обсерватории.

Вместе с д-ром Яном Холлисом (Jan M. Hollis) из Центра космических полетов Годдарда (NASA) д-р Ремиджан сделал это открытие, используя радиотелескопы VLA (National Science Foundation's Very Large Array). Астрономы анализировали движение молекул монооксида кремния (SiO) в газопылевом облаке, окружающем формирующуюся звезду, которая расположена в созвездии Змееносца (Ophiuchus) на расстоянии 500 световых лет от Земли. Молекулы SiO излучают радиоволны на частоте около 43 ГГц. Результаты анализа радиоволн, излучаемых внутренней областью диска, сравнили с проведенными ранее подобными измерениями во внешней области диска. Доплеровское смещение частоты указало на наличие двух различных дисков, которые вращаются в противоположных направлениях.

По мнению ученых, открытие не является столь уж неожиданным – подобное явление наблюдалось в галактических дисках. Последние открытия планетных систем у двойных звезд, белых карликов и сверхгигантов позволят пересмотреть некоторые положения теории формирования планет.

2006г Автоматическая межпланетная станция "Кассини" передала новые снимки Титана, полученные с помощью спектрометра в

видимом и инфракрасном диапазонах. Снимки сделаны 28.10.2005, 26.12.2005 и 15.01.2006, на их основе смонтирован видеоролик. На снимках удастся разглядеть ряд особенностей поверхности и атмосферы Титана. Выделяются два различных типа почвы - светлая и более темная в области экватора. На снимках видны и две яркие области, известные как Tui Reggio и Hotei Arcus. Предполагается, что у них вулканическое происхождение. Ярко-оранжевая область в районе южного полюса - "шапка смога", покрывающая южный регион Титана. Карта представлена в инфракрасном диапазоне.

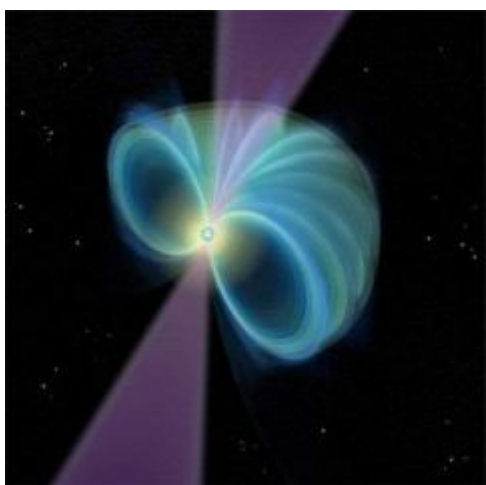


2006г Группа астрономов под руководством Эмили Мерсер (Emily Mercer) и Дэна Клеменса (Dan Clemens) из Бостонского университета, работающая с данными инфракрасного космического телескопа агентства NASA «Спитцер» обнаружила более 100 новых звездных рассеянных скоплений, спрятанных в пылевых облаках нашего Млечного Пути. Одна из основных задач орбитального телескопа "Спитцер" - составление полного обзора галактического диска в инфракрасном диапазоне. Она реализуется в рамках проекта GLIMPSE (Galactic Legacy Infrared Mid-Plane Survey Extraordinaire). Мощная инфракрасная обсерватория может видеть сквозь плотную, непреодолимую в оптическом диапазоне, пыль, которая расположена между Землей и этими скоплениями.

Группа астрономов разработала программу, которая анализирует изображения обзора GLIMPSE и выявляет на них "подозрительные" места, где могут находиться звездные скопления. Затем такие места проверяются человеком, и если подозрения подтверждаются, то космический телескоп проводит дополнительные наблюдения, чтобы разглядеть детали, которые могли ускользнуть при первоначальной обзорной съемке. Астрономы нашли, что на участке Млечного Пути, видимом из южного полушария Земли, скоплений, скрытых межзвездной пылью, в два раза больше, чем в северной части Галактики. Это может пролить свет на строение спиральных рукавов Млечного Пути.

2006г 17 февраля объявлено, что Большая международная группа астрономов, работавшая

на австралийском радиотелескопе CSIRO Parkes, открыла новый тип космических объектов. Всего таких объектов обнаружено 11 штук. Этот новый тип объектов получил название **Rotating Radio Transients (RRAT)**, или "вращающиеся радиоизлучающие переходные объекты" - вращающийся радиотранзистент". RRAT'ы по некоторым своим характеристикам похожи на радиопульсары (маленькие очень плотные нейтронные звезды, которые испускают импульсы радиоизлучения с частотой до нескольких сотен импульсов в секунду). Однако характер радиоизлучения RRAT'ов совсем другой. Большую часть времени они "молчат". У известных одиннадцати RRAT'ов это молчание длится от 4 минут до 3 часов. После такой продолжительной паузы происходит выброс одного единственного импульса длительностью от 2 до 30 миллисекунд, и опять наступает молчание. Поэтому обнаружить RRAT довольно сложно. Первый такой объект был зафиксирован во время работ по проекту поиска пульсаров Parkes Multibeam Pulsar Survey.



Проанализировав радиоизлучение этих объектов, астрономы определили, что 10 из 11 известных RRAT'ов, скорее всего, вращаются, но намного медленнее, чем обычные пульсары. Астрономы полагают, что это связано с тем, что у RRAT'ов магнитное поле в области излучения в сотни тысяч раз слабее, чем у нормального пульсара. Что касается численности RRAT'ов, то она, скорее всего, не так уж и мала, просто их сложно обнаружить. По оценкам астрономов, в нашей галактике может быть несколько сотен тысяч таких объектов ("нормальных" радиопульсаров в нашей галактике около 100 тысяч).

2006г В течение нескольких лет астрономов волновал вопрос фонового рентгеновского излучения. Ученые не могли определить источник X-лучей. Чтобы приблизиться к разгадке этой тайны была задействована космическая рентгеновская обсерватория «Чандра». В течение двухлетнего периода, в общей сложности 23 дня, ученые исследовали обширные участки неба. В результате было обнаружено 600 отдельных источников излучения по всем направлениям. Направивается вывод, что мы наблюдаем не общее фоновое излучение, а рентгеновское излучение от покрывающих небо сотен миллионов супермассивных черных дыр, подобных той, что находится в центре Млечного Пути. Иначе, излучение отдельных источников сливается в общий фон, который и наблюдается уже много лет.

Также в течение 10 лет проводились исследования с использованием рентгеновского космического телескопа Rossi X-ray Timing Explorer, которые показали, что рентгеновский фон в нашей галактике не диффузный, это излучение исходит от нескольких сотен миллионов отдельных источников. Большая часть этих источников представляет собой умершие звезды из класса "белых карликов", которые в видимом диапазоне выглядят очень тускло, а остальные рентгеновские источники (их меньшинство) - это звезды с аномально мощными коронами.

Если эти выводы подтверждаются, то будут решены довольно крупные проблемы теории образования и эволюции нашей галактики, так как сейчас "теоретическое" и "практическое" количество звезд Млечного Пути отличаются в сто раз.

2006г С помощью высокочувствительного спектрографа, установленного на телескопе Very Large Telescope Европейской Южной обсерватории в Чили, астрономы впервые обнаружили галактику, имеющую аномально высокое содержание металла. Вообще-то, они исследовали излучение квазара SDSS J1323-0021, расположенного на расстоянии 9 млрд световых лет от Земли. Однако оказалось, что часть излучения квазара поглощается облаком водорода и металлов, расположенном на линии, соединяющей квазар и Землю. Металлы образуются в недрах звезд. Это означает, что на пути света квазара находится не просто облако газа, а галактика, которая слишком далека (6,3 млрд световых лет), чтобы ее можно было наблюдать непосредственно. Однако она повлияла на спектр излучения более далекого квазара и это позволило определить ее состав. Оказалось, что содержание цинка в этой галактике в 4 раза больше, чем в нашем Солнце. В ней присутствуют и другие металлы, в том числе железо, и эти металлы содержатся в огромных облаках пыли.

Практически все химические элементы, существующие во Вселенной, формируются в процессе реакций термоядерного синтеза в недрах звезд. А звезды в свою очередь входят в состав галактик. Если хотя бы приблизительно оценить, сколько звезд образовалось за время существования Вселенной, то можно определить, какое количество металлов должно быть произведено во Вселенной к настоящему моменту времени. Однако результаты этих оценок сильно расходятся с результатами наблюдений. В наблюдаемых астрономами объектах до сих пор явно не хватало металлов. По расчетам выходило, что металла должно быть в 10 раз больше. Возможно, недостающий металл находится как раз в таких невидимых галактиках.



2006г Астрономы с помощью 10 радиотелескопов системы VLBA, растянутой на 8

тыс. км от Гавайев до Виргинских островов, определили точную скорость самого быстрого из известных пульсаров нашей галактики Млечный Путь - быстро вращающаяся нейтронная звезда **B1508+55**. Сейчас он находится на расстоянии около 7700 световых лет от Земли. Анализ спектра радиоизлучения этого пульсара показал, что он летит в пространстве со скоростью более 1075 км/сек. Этой скорости достаточно для того, чтобы пульсар преодолел гравитационное притяжение Млечного Пути, поэтому через некоторое время он должен покинуть нашу галактику.

Такую скорость этот пульсар, который является нейтронной звездой, получил в момент своего рождения. А эта нейтронная звезда образовалась в результате взрыва сверхновой, который произошел около 2,5 млн лет назад. Так что с момента своего рождения пульсар успел пересечь уже треть небосвода, видимого с Земли. По нынешним координатам и скорости движения пульсара астрономы определили место его рождения. Это произошло в созвездии Лебедя в одной из групп звезд-гигантов (такие звезды всегда заканчивают свой век взрывом сверхновой).



2006г 18 февраля на снимках с космического гамма-телескопа **Swift** астрономы **NASA** зафиксировали необычный космический взрыв, произошедший в созвездии Овна (снимок слева был сделан до события, справа - после возникновения вспышки). Поначалу взрыв выглядел как обычная гамма-вспышка. Однако произошла эта вспышка очень близко, на расстоянии около 440 млн световых лет от Земли, что примерно в 25 раз ближе большинства гамма-вспышек. Ближе нее за все время наблюдений была зафиксирована только одна гамма-вспышка. Кроме того, эта вспышка гамма-излучения, которая получила официальное наименование **GRB 060218**, продолжалась больше 33 минут, что примерно в 100 раз дольше, чем средняя продолжительность "обычных" гамма-вспышек.

Но в видимом диапазоне длин волн взрыв "продолжается". Астрономы, работающие на телескопе **Very Large Telescope** в Чили, получили данные, что яркость вспышки с момента ее возникновения начала возрастать, и что через неделю она станет такой яркой, что ее можно будет увидеть даже в любительские телескопы с апертурой 16 дюймов в точке: прямое восхождение - 03:21:39.71, склонение - +16:52:02.6.

Есть гипотеза, что вспышка **GRB 060218** была первой фазой взрыва сверхновой (на это указывает усиление яркости вспышки в оптическом диапазоне длин волн). Если это так, то **GRB 060218** стала первым взрывом сверхновой, который астрономы наблюдали от начала до конца в разных диапазонах длин волн, от радиоволн до рентгеновского диапазона.

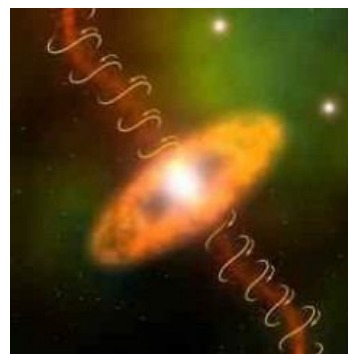
В настоящее время изучение космических гамма-всплесков перешло на новый качественный уровень в связи с запуском **NASA** специализированного

спутника **Swift**, способного определять координаты гамма-всплесков с точностью до угловых минут (прибор **BAT**) и практически одновременно наблюдать их ореолы в рентгеновском и УФ диапазоне (приборы **XRT** и **UVOT**, соответственно), давая их координаты с секундной точностью. Среди главных новых открытий, сделанных благодаря наблюдениям с борта **Swift**, - локализация коротких гамма-всплесков в галактиках различных морфологических типов и открытие вспышек рентгеновского излучения в ранних ореолах большинства гамма-всплесков. Первое даёт весомые аргументы в пользу гипотезы о происхождении коротких гамма-всплесков при слиянии двойных нейтронных звёзд (впервые высказанную в 1984г отечественными астрофизиками **С.И. Блинниковым** задолго до первых надёжных отождествлений гамма-всплесков), или нейтронных звёзд и чёрных дыр, обсуждавшуюся ещё раньше (**Латтимером** и **Шраммом** в США, но в менее эффективном механизме), второе указывает на более сложный и продолжительный характер активности "центральной машины", производящей гамма-всплеск, и на неоднородную структуру окружающей гамма-всплеск среды.



2006г 20 февраля опубликовано в печати, что редкое астрономическое явление зафиксировали японские астрономы из обсерватории Центра передовой науки и технологии /префектура Хиого/ - скрещение двух газовых колец вокруг звезды **Плейона (28 Tauri)**, ярчайшей в звездном скоплении **Плейад**.

Внутреннее и открытое в 1973 году внешнее газовые кольца звезды повернулись по отношению друг к другу под углом около 60 градусов, образовав крест. Причина, по которой газовые облака собираются в виде колец, еще не выяснена. Есть предположение, что это происходит в результате вращения самой Плейоны. Оба они состоят из водорода, которые выбрасывается с поверхности звезды. Температура внешнего пояса достигает 8 тыс. градусов Цельсия, а внутреннего - около 10 тыс.

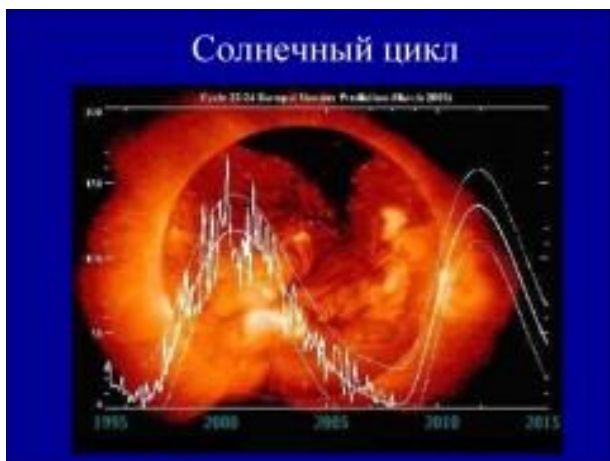


2006г 3 марта сообщено, что радиоастрономы обнаружили умирающую звезду с двойным

выбросом (джетами) окутанным мощным магнитным полем. Звезда расположена на расстоянии 8500 световых лет от Земли в созвездии Орла (Aquila), и находится на стадии формирования планетарной туманности. Многие звезды в конце своей жизни формируют туманности вокруг себя, благодаря сброшенной внешней оболочке. Кроме этого, часть вещества выбрасывается в пространство в виде плотных струй-джетов. У данной звезды джеты имеют винтообразную форму, что означает медленное вращение небесного тела на последней стадии своей эволюции.



2006г Астрономы долгое время были уверены, что ближайшая к нам галактика в созвездии Андромеды (M31) имеет другой путь развития, чем наш Млечный Путь, но теперь этот факт поставлен под сомнение. Международная группа исследователей провела исследования Туманности Андромеды на содержание металлов в ореоле этой галактики, и обнаружила, что M31 сравнительно бедна ими. И бедна настолько, что их количество почти один к одному совпадает с содержанием металлов в Млечном Пути. Если обе галактики имеют одинаковое количество металлов в их ореолах, значит, они раз-вивались аналогичными путями. Соседние галактики сформировались через полмиллиарда лет после Большого Взрыва и набрали массу за счет сбора фрагментов протогалактик. Исследования проводились с помощью космического телескопа GALEX.

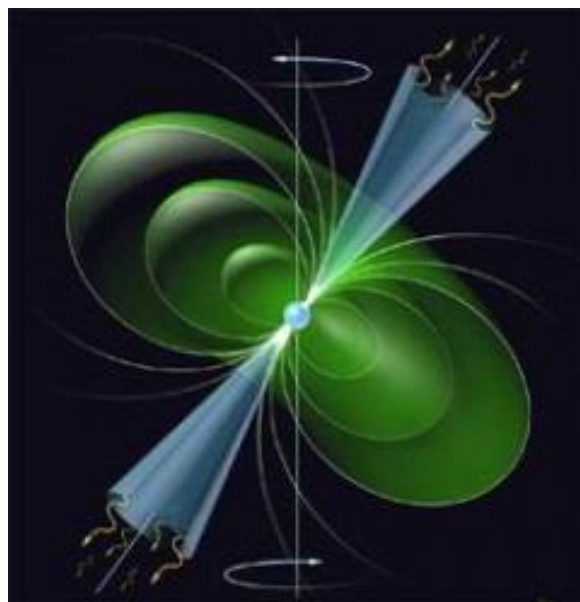


2006г Ученые, изучающие поведение ближайшей к Земле звезды, с большой долей уверенности склонны предполагать, что они, наконец, получили стройную теорию солнечных циклов, которая позволяет предсказывать поведение Солнца на много лет вперед. Результаты моделирования солнечной динамики, осуществленного специалистами национального

центра атмосферных исследований США (National Center for Atmospheric Research, NCAR) под руководством доктора Маусуми Дикпати (Mausumi Dikpati), свидетельствуют о том, что уже следующий цикл солнечной активности будет на 30 – 50% превышать по мощности последний, и без того отмеченный рядом сверхмощных катаклизмов. Этот 24-й цикл уступит по интенсивности солнечным вспышкам разве что 19-му циклу 1960-х годов. По всей видимости, прогноз точен – тестирование алгоритма показало, что он позволил определить мощность 8 последних циклов активности Солнца с вероятностью 98%.

Кроме этого, астрономам к марту 2006 года удалось отследить два крупных потока плазмы, от которых зависит величина солнечной активности. Эти потоки подобны ленте конвейера, тянущейся от экватора к полюсам вдоль магнитных силовых линий. Но, так как Солнце вращается быстрее на экваторе чем на полюсах, это активизирует магнитное поле Солнца, создавая тем самым высокую активность самого Солнца.

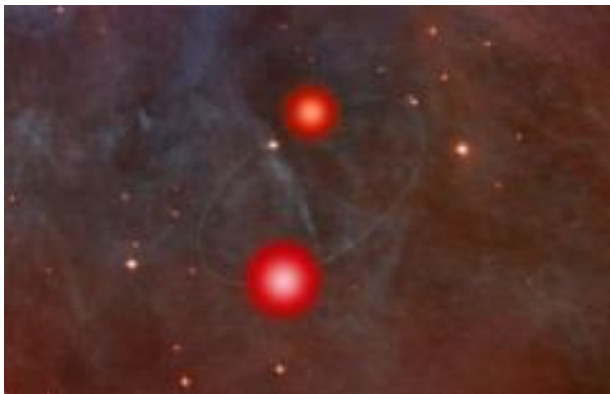
солнечная активность солнечная цикличность
список циклов солнечной активности



2006г 7 марта было сообщено, что астрономы из университета Манчестера, работавшие на 76-метровом радиотелескопе Lovell, обнаружили очень странный пульсар в 18 тысячах световых лет, получивший наименование PSR B1931+24. Кстати, первые Считается, что пульсары - это вращающиеся нейтронные звезды с сильным магнитным полем. Из-за этого магнитного поля излучение пульсара выглядит как луч прожектора. Когда луч этого вращающегося прожектора попадает на антенну радиотелескопа, фиксируются всплески излучения, причем импульсы эти имеют строгую периодичность (и период этот может составлять от нескольких сотых долей секунды до нескольких секунд).

Однако пульсар PSR B1931+24 ведет себя совсем иначе. Он испускает радиосигналы лишь часть "рабочего времени". По сообщению открывших его астрономов, в течение недели PSR B1931+24 работал нормально, а потом вдруг "выключился" и молчал почти месяц, после чего опять стал испускать радиоимпульсы. Исследовав характеристики его излучения, астрономы пришли к выводу, что в те периоды времени, когда пульсар испускает радиоимпульсы, то есть, находится во "включенном" состоянии, скорость его вращения

вдвое меньше, чем в "выключенном" состоянии. Астрономы полагают, что механизм торможения пульсара должен быть связан с его радиоизлучением и с процессами, создающими это радиоизлучение. Например, скорость вращения пульсара может изменяться, когда частицы звездного ветра покидают магнитосферу пульсара. Такое теоретическое предположение о механизме радиоизлучения звезд было высказано 37 лет назад, но только сейчас получены реальные данные, которые соответствуют этой теории. Так что астрономы не только нашли новый необычный пульсар, но и неожиданное подтверждение некоторых теоретических предположений о природе пульсаров.



2006г 15 марта опубликованы результаты по определению массы и размеров коричневых карликов - объектов, занимающих некое промежуточное положение между самыми маленькими звездами и самыми большими планетами. По причине того, что коричневые карлики очень тусклые их довольно сложно обнаружить, а уж тем более сложно определить их размеры. Но недавно астрономам крупно повезло. Им удалось обнаружить два коричневых карлика, образующих двойную систему. Определив параметры их движения вокруг общего центра тяжести, они смогли вычислить вес и размеры этих коричневых карликов.

Исследования заняли 12 лет с момента обнаружения этой парочки. В общей сложности наблюдения велись более 300 ночей. Были проведены 1600 измерений, и в результате были вычислены все необходимые параметры двух довольно молодых коричневых карликов (им не исполнилось еще и 1 миллиона лет), которые находятся на расстоянии 1500 световых лет от Земли в туманности Ориона. Диаметр большего по размерам карлика из этого дуэта в 55 раз превышает диаметр Юпитера, а меньший карлик примерно в 35 раз больше Юпитера (70% и 50% от диаметра нашего Солнца. Но, несмотря на такие солидные размеры, массы у них невелики: соответственно, 5,5% и 3,5% от массы Солнца.

Неожиданно оказалось, что температура поверхности выше у более легкого карлика. Хотя у "обычных" звезд все наоборот: чем больше масса звезды, тем эта звезда горячее. Эти два карлика, возможно, образовались не одновременно и не в одном месте, а объединились случайно в результате какого-то катаклизма. Поэтому и температуры у них оказались разными. Теперь с изрядной долей уверенности можно предположить, что остальные коричневые карлики, в том числе и те, которые не входят в состав двойных систем, тоже имеют примерно такие же размеры и массы.

2006г 16 марта на пресс-конференции в НАСА объявлено что американские астрофизики впервые получили экспериментальное подтверждение инфляционной теории эволюции Вселенной.

Согласно этой теории, после Большого взрыва, давшего начало нашей Вселенной, она за немыслимо короткий промежуток времени - триллионную долю секунды - превратилась из микроскопического объекта в нечто колоссальное, многократно превышающее всю наблюдаемую часть космоса, то есть претерпела инфляцию.

Информация, позволившая его сделать, была получена с помощью космического зонда Wilkinson по изучению анизотропии микроволнового излучения, который был запущен в 2001 году. Он фиксирует флуктуации температуры и яркости, своего рода рябь (отклонения от среднего уровня) на поверхности "океана" реликтового микроволнового излучения, родившегося спустя примерно 300 тыс. лет после Большого взрыва.

Новый анализ данных позволил установить, что вариации в яркости этого излучения на "небольших" участках космического пространства, протяженностью в миллиарды световых лет, разительно отличаются от таких флуктуаций на больших участках, протяженностью в сотни миллиардов световых лет. Если бы инфляционного периода в развитии Вселенной не было, то не было бы и этого расхождения, утверждают ученые.



2006г Космический телескоп NASA "Спитцер" обнаружил около знаменитой "взрывающейся" галактики - M82 (Сигара) - большие облака пыли и выбросов. Эта галактика хорошо известна, как обладатель обширных областей молодых, горячих звезд в местах бурного звездообразования. В видимом свете галактика выглядит похожей на другие звездные острова, но в инфракрасном диапазоне видно, что облако пыли, окружающее ее, в несколько раз больше самой M82. Это пылевое облако является самым большим из всех, известных до настоящего времени. Гигантское космическое образование раскинулось на 20000 световых лет.

Анатолий Максименко,
любитель астрономии, <http://astro.websib.ru>

Журнал "Земля и Вселенная" 3 - 2019



Аннотации основных статей журнала «Земля и Вселенная» № 3, 2019

«Тяжелые ядра космической радиации и планирование космических миссий». Доктор физико-математических наук **М.И. Панасюк** (НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ им. М.В. Ломоносова). Окончание (начало статьи опубликовано в «ЗиВ», 2019, № 2, с. 4–14).

Радиация в околоземном космическом пространстве сложна по своему составу, а диапазон ее энергий широк. Среди основных источников заряженных частиц – галактические космические лучи (ГКЛ), солнечные космические лучи (СКЛ) и захваченные в магнитное поле Земли частицы радиационных поясов (РП). Наиболее энергичные частицы – ГКЛ. Максимум их потока приходится на энергию около 400 МэВ/нуклон. Они более «свободно» проникают внутрь магнитного поля – в отличие от СКЛ, средняя энергия которых значительно меньше. Однако во время наиболее мощных солнечных вспышек максимальная энергия протонов СКЛ может достигать довольно больших значений – таких, как 10–30 ГэВ, что даже значительно больше энергий протонов ГКЛ в максимуме их потока. Но, в отличие от ГКЛ, их потоки – спорадические. Энергия ионов в радиационных поясах Земли находится в широком диапазоне – от сотен кэВ до 1 ГэВ (для протонов).

Что касается состава ионов в РП, то к настоящему времени экспериментально подтверждено существование элементов – вплоть до железа. Есть еще другие компоненты радиации на малых высотах. В первую очередь это – альбедные частицы – электроны и протоны, возникающие в результате распада нейтронов (продуктов ядерных реакций протонов ГКЛ с атомами атмосферы) и вылетающие обратно, в космическое пространство, где захватываются в магнитную ловушку, а также квазизахваченные частицы в магнитном поле (то есть совершающие не более одного оборота вокруг Земли), «высыпающиеся» из РП. Рассмотрим более детально эти основные природные компоненты космической радиации в плане присутствия в них тяжелых заряженных частиц (ТЗЧ).

«60 лет истории обратной стороны Луны». Доктор физико-математических наук **В.В. Шевченко**, кандидат физико-математических наук **Ж.Ф. Родионова** (Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ)

Сотни лет образованные европейцы разделяли мнение Аристотеля, который полагал, что Луна – идеальный шар. Их даже не смущало, что на ней есть хорошо различимые пятна. Земные наблюдатели могли описывать только видимую часть Луны. Дело в том, что Луна всегда повернута к нам одной стороной. Но связано это не с тем, что она не вращается (как ошибочно полагали некоторые астрономы), а с тем, что ее движение вокруг Земли и собственное вращение за миллиарды лет синхронизированы приливным воздействием нашей планеты. Долгие века обратная сторона Луны оставалась загадкой. Выдвигались самые сумасбродные гипотезы по поводу того, что же там может быть. Одновременно трезво мыслящие ученые мужи полагали, что законы небесной механики непреодолимы и человечество никогда не увидит обратное полушарие Луны.

«Космические позитроны». Доктор физико-математических наук **А.М. Быков** (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН).

Статья посвящена исследованию одной из интереснейших задач астрофизики высоких энергий – проблемы происхождения и эволюции космических позитронов. Приведены результаты прямых и косвенных наблюдений космических позитронов на внеатмосферных космических аппаратах. Обсуждаются основные возможные источники позитронов, связанные с распадом нестабильных ядер, произведенных в процессах синтеза химических элементов в звездах; с рождением электрон-позитронных пар в магнитосферах пульсаров и неупругих взаимодействиях космических лучей с межзвездной средой. Позитроны могут быть продуктами

аннигиляции и взаимодействий гипотетических частиц темной материи, и поэтому наблюдения космических позитронов используют для выбора возможных моделей темной материи.

«Проект “Breakthrough Starshot”». Ведущий научный сотрудник Е.П. Попова (Институт физики Земли РАН, НИИЯФ МГУ), кандидат технических наук И.Р. Габитов (Центр фотоники и квантовых материалов Сколковского института науки и технологий, Аризонский университет (США)).

«Breakthrough Starshot» (с англ. яз. – «Звездный прорыв») – научно-инженерный проект, который направлен на разработку межзвездных космических аппаратов, оснащенных парусом и ускоряемых давлением света мощных лазеров. По замыслу проектировщиков, КА такого типа совершит полет к звездной системе Альфа Центавра, удаленной на 4,37 св. лет от Земли, со скоростью примерно 15–20% от скорости света (45–60 тыс. км/с). Предполагается, что на аппаратах будут установлены камеры для фотографирования экзопланет. Проект требует решения многих сложнейших научно-технических задач: создания сверхмощного лазера, способного сфокусировать свою энергию на быстро удаляющемся небольшом парусе с поперечным размером всего лишь 2–3 м (мощность лазера до 100 ГВт, он должен работать в течение нескольких минут); создания системы контроля и наведения луча лазера, которая сможет компенсировать известный эффект дрожания атмосферы, мешающей астрономам получать точные изображения звезд; конструирования принципиально новой электронной наноаппаратуры управления наноспутником; сбора научной информации и связи с Землей; разработки и изготовления наноисточника энергии для обеспечения жизнедеятельности наноспутника. Особую сложность представляет создание сверхлегких материалов для паруса, способных эффективно отражать лазерный луч (без перегрева материала) и обеспечивать устойчивость ориентации космического аппарата.

«Солнце в декабре 2018 года – январе 2019 года». В.Н. Ишков (ИЗМИРАН).

«В.В. Белоусов и его книга “Очерки истории геологии”». Кандидат геолого-минералогических наук Л.И. Иогансон (Институт физики Земли РАН).

В 2017 г. исполнилось 110 лет со дня рождения Владимира Владимировича Белоусова (1907–1990) – выдающегося отечественного ученого в области наук о Земле и блестящего организатора международного научного сотрудничества, члена-корреспондента АН СССР, иностранного члена Индийской, Шведской, Нью-Йоркской и Итальянской академий наук, почетного члена Лондонского, Американского, Французского, Бельгийского и Индийского геологических обществ, почетного доктора Нью-Кастлского (Великобритания) и Лейпцигского (Германия) университетов. В.В. Белоусов внес существенный

вклад в развитие теоретических основ геотектоники и развитие планетарной геофизики.

«KPS-1b: первая экзопланета, открытая в рамках российского проекта». Научный сотрудник Астрономической обсерватории Иркутского Государственного Университета К.И. Иванов, аспирант Льежского Университета (Бельгия) А.Ю. Бурданов.

Термин «экзопланета», плотно вошедший в обиход астрономов в середине 1990-х гг., давно утратил экзотический оттенок. Несмотря на то, что о возможности существования планет за пределами Солнечной системы говорил еще Джордано Бруно в далеком 1584 г. (ЗиВ, 1998, № 6), подлинное развитие астрономии в области открытия и исследований экзопланет обрело смысл лишь в XXI в. Это случилось во многом благодаря стремительному научно-техническому прогрессу последних лет. Всего пара десятилетий потребовалась ученым для того, чтобы осознать всю важность данной темы, разработать десятки новых методов получения и обработки данных, создать специализированные телескопы и модифицировать уже имеющиеся, запустить космические обсерватории «Кеплер» и «TESS». Результатом проделанной работы стало открытие более 4000 экзопланет в почти 3000 системах, ни одна из которых, к немалому удивлению исследователей, не была в полной мере похожа на солнечную (ЗиВ, 1995, № 6; 1998, № 3, с. 67; 1999, № 6; 2005, №№ 4–6; 2008, № 2; 2009, № 1; 2010, № 4; 2011, №№ 3, 6; 2012, № 6; 2013, № 2, с. 70; 2014, № 5; 2015, № 5; 2016, № 2; 2017, № 6, с. 106; 2018, № 3, с. 15–17). Последнее обстоятельство обусловило стремительный рост актуальности темы экзопланет, выводя ее на один уровень с исследованиями темной энергии, гравитационных волн и фундаментальных проблем рождения и эволюции Вселенной.

Исследованиями экзопланет сегодня занимаются ученые многих стран мира. Не осталась в стороне и Россия, представившая научному сообществу экзопланету KPS-1b около звезды UCAC4775-030421 в созвездии Большой Медведицы, открытую в рамках проекта «Kourouka Planet Search» (KPS).

«Пятая Международная молодежная школа-конференция “Космическая наука”». Доктор физико-математических наук директор Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта Ю.А. Нефедьев, доцент Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта А.И. Галеев, младший научный сотрудник Института физики КФУ А.О. Андреев.

26–29 ноября 2018 г. в Казанском федеральном университете (КФУ) состоялась Пятая Международная молодежная школа-конференция «Космическая наука». Она была приурочена к юбилейным датам – выдающимся событиям в истории космических исследований в нашей стране: 55-летию полета на КК «Восток-6» 16 июня 1963 г. первой женщины-космонавта Валентины Владимировны Терешковой, 30-летию запуска

российского многоразового КК «Буран» и 20-летию работы МКС.

Возглавил научный оргкомитет конференции доктор физико-математических наук К.В. Холшевников (СПбГУ). Школа-конференция проходила в зале культурно-спортивного комплекса «УНИКС» (Университет, Культура, Спорт) КФУ.

26 ноября состоялось официальное открытие Молодежной школы-конференции. Последовали приветственные слова директора Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта (АОЭ) Ю.А. Нефедьева, выступили директор Института физики КФУ С.И. Никитин, заведующий отделом исследования Луны и планет ГАИШ МГУ В.В. Шевченко, заведующий кафедрой радиофизики Института физики КФУ О.Н. Шерстюков, генерал-майор В.Р. Шарипов (заместитель председателя Центрального совета Союза ветеранов космических войск, Москва) и другие докладчики из России и стран СНГ. С началом плодотворной работы форума поздравили также академик Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского генерал-лейтенант, заслуженный испытатель космической техники В.М. Власюк и космонавт-испытатель НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина Д.В. Матвеев. Они пожелали школьникам, студентам и аспирантам преумножать свои знания и открывать для себя новые горизонты познания.

«Метеорная астрономия». Кандидат физико-математических наук В.С. Усанин (Казанский (Приволжский) федеральный университет).

Непредсказуемость и кратковременность метеорных явлений делают метеорную астрономию одним из немногих разделов науки, существенный вклад в развитие которого могут внести любители. Дальность видимости отдельного метеора, даже при идеальных условиях, не превышает 1200 км; следовательно, метеоры, пролетающие, скажем, над Уралом, не видны из Москвы, а метеоры, пролетающие над Москвой, не видны на Кавказе. Наблюдаемость кратковременных метеорных потоков часто ограничивается лишь небольшой территорией, так как на остальной части земного шара либо радиант находится под горизонтом, либо – светлое время суток, либо – облачная погода. Профессиональные астрономы пока не имеют достаточных ресурсов для создания из наблюдательных инструментов сети необходимой плотности и равномерности, и поэтому иногда им нужны данные, полученные наблюдателями-любителями.

«Выбор монтировки любительского телескопа». Кандидат технических наук Р.Х. Бекашев.

Автора предлагаемой заметки без преувеличения можно причислить к ветеранам любительской астрономии – в частности, в области любительского телескопостроения. Действительно, занимается он этим более 40 лет (начиная с 1975 г.), а сейчас Ризвану Хусяиновичу уже 77 лет. За прошедшее время им было изготовлено несколько телескопов, о которых в свое время рассказывалось на страницах журнала «Земля и Вселенная». В этой

короткой статье приведены соображения автора по поводу целесообразности изготовления любительского телескопа в домашних условиях, поскольку в области занятий астрономией и связанным с ней телескопостроением за указанный период произошли существенные изменения.

«Небесный календарь: июль – август 2019 г.». Кандидат физико-математических наук Д.А. Кононов (ИНАСАН).

«Сейсмичность Земли во втором полугодии 2018 года». Кандидат физико-математических наук О.Е. Старовойт, кандидат физико-математических наук Л.С. Чепкунас, М.В. Коломиец (Единая геофизическая служба РАН (ФИЦ ЕГС РАН)).

В июле–декабре 2018 г. в Службе срочных донесений Геофизической службы РАН зарегистрировано и обработано более 2500 землетрясений, произошедших на земном шаре. Среди них около 35 имели магнитуду $M \geq 6,5$.

На территории России в этот период наблюдалась сравнительно невысокая сейсмическая активность – сильных разрушительных землетрясений не отмечено, более 50 вызвали сотрясения земной поверхности с интенсивностью не более 4–5 баллов.

Читайте в журнале «Земля и Вселенная» № 4, 2019:

ШЕВЧЕНКО В.В. Как Море Восточное оказалось на западе (история обратной стороны Луны продолжается)

МИТРОФАНОВ И.Г., ЗЕЛЁНЫЙ Л.М. Об освоении Луны. Планы и ближайшие перспективы

ЛЕОНОВ В.А. Ресурсы ближнего космоса, или зачем нам Луна?

ИВАНОВ М.А. Неразгаданные тайны Луны

БАЗИЛЕВСКИЙ А.Т. Что мы видим на поверхности Луны?

ИШКОВ В.Н. Солнце в феврале – марте 2019 г.

Юбилей Алины Иосифовны Еремеевой

Николай Семёнович Кардашёв

Рольд Саввович Кремнёв

ШУБИН П.Н. На заре лунной гонки...

ЛЕВИТАН Е.П. «Сказочная Вселенная (волшебная энциклопедия для детей о космосе)»

АРБИТМАН Р. Распиленная Луна доктора Каца

Адрес редакции журнала «Земля и Вселенная»: 117997, Москва, ул. Профсоюзная, 90, комн. 423
телефон: 8 (495) 276-77-28 доб. 42-31 или 42-32
e-mail: zevs@naukaran.com

Научно-популярный журнал Российской академии наук. Издается под руководством Президиума РАН. Выходит с января 1965 года 6 раз в год. «Наука» г. Москва. Подписной индекс – 70336 по объединенному каталогу «Пресса России».

Валерий Щивьев, любитель астрономии



Избранные астрономические события месяца (время всемирное - UT)

1 сентября - максимум действия метеорного потока Ауригиды из созвездия Возничего ($ZHR = 6$), 2 сентября - Марс в соединении с Солнцем,
3 сентября - Меркурий проходит в $0,6$ гр. севернее Марса,
4 сентября - Меркурий в верхнем соединении с Солнцем,
6 сентября - Луна в фазе первой четверти,
6 сентября - Луна ($\Phi = 0,52+$) проходит севернее Юпитера,
7 сентября - долгопериодическая переменная звезда R Андромеды близ максимума блеска ($6m$),
8 сентября - Луна ($\Phi = 0,72+$) проходит точку максимального склонения к югу от небесного экватора,
8 сентября - покрытие Луной ($\Phi = 0,73+$) Сатурна при видимости в Африке, Австралии и акватории Индийского океана,
8 сентября - Луна ($\Phi = 0,75+$) в нисходящем узле своей орбиты,
9 сентября - долгопериодическая переменная звезда T Кассиопеи близ максимума блеска ($7m$),

9 сентября - метеорный поток Сентябрьские эpsilon-Персеиды достигает максимума действия (зенитное часовое число метеоров - до 5),
10 сентября - Нептун в противостоянии с Солнцем,
13 сентября - Луна ($\Phi = 0,99+$) в апогее своей орбиты на расстоянии 406377 км от центра Земли,
13 сентября - Меркурий проходит в $0,3$ гр. южнее Венеры,
13 сентября - Луна ($\Phi = 1,0$) близ Нептуна,
14 сентября - полнолуние,
16 сентября - долгопериодическая переменная звезда R Кассиопеи близ максимума блеска ($6m$),
17 сентября - Луна ($\Phi = 0,9-$) проходит южнее Урана,
18 сентября - Сатурн в стоянии с переходом к прямому движению,
19 сентября - долгопериодическая переменная звезда U Геркулеса близ максимума блеска ($6,5m$),
20 сентября - Луна ($\Phi = 0,64-$) проходит севернее Альдебарана,
22 сентября - Луна в фазе последней четверти,

22 сентября - долгопериодическая переменная звезда R Гидры близ максимума блеска (3,5m),
 23 сентября - Луна ($\Phi = 0,4-$) проходит точку максимального склонения к северу от небесного экватора,
 23 сентября - осеннее равноденствие,
 23 сентября - Луна ($\Phi = 0,4-$) в восходящем узле своей орбиты,
 23 сентября - долгопериодическая переменная звезда R Рыси близ максимума блеска (7m),
 24 сентября - Луна ($\Phi = 0,2-$) проходит через звездное скопление Ясли (M44),
 24 сентября - долгопериодическая переменная звезда R Зайца близ максимума блеска (6m),
 26 сентября - Луна ($\Phi = 0,09-$) проходит севернее Регула,
 28 сентября - Луна ($\Phi = 0,01-$) в перигее своей орбиты на расстоянии 357804 км от центра Земли,
 28 сентября - Луна ($\Phi = 0,01-$) близ Марса,
 28 сентября - новолуние,
 29 сентября - Меркурий проходит в 1,3 гр. севернее Спика,
 29 сентября - Луна ($\Phi = 0,01+$) близ Венеры,
 29 сентября - долгопериодическая переменная звезда RS Геркулеса близ максимума блеска (7m),
 30 сентября - Луна ($\Phi = 0,02+$) близ Меркурия и Спика,
 30 сентября - Луна ($\Phi = 0,04+$) близ кометы P/SOHO (P/2008 Y12).

Обзорное путешествие по звездному небу сентября в журнале «Небосвод» за сентябрь 2009 года (<http://astronet.ru/db/msg/1236026>).

Солнце движется по созвездию Льва до 17 сентября, а затем переходит в созвездие Девы и остается в нем до конца месяца. Склонение дневного светила уменьшается с каждым днем все быстрее (достигая максимума к осеннему равноденствию 22 сентября), вследствие чего также быстро увеличивается продолжительность ночи. Осеннее равноденствие сравнивает продолжительность дня и ночи на всей Земле, а после перехода Солнца в южное полушарие неба ночь в северном полушарии Земли становится длиннее дня (астрономическая осень), а в южном полушарии Земли - короче (астрономическая весна). В начале месяца долгота дня на широте Москвы составляет 13 часов 47 минут, а в конце - 11 часов 38 минут, и продолжает быстро уменьшаться. Полуденная высота Солнца на широте Москвы уменьшится за месяц на 11 градусов (с 42 до 31 градуса). **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/122232>).

Луна начнет движение по осеннему небу в созвездии Девы около фазы новолуния. Пройдя при фазе 0,13+ севернее звезды Спика 2 сентября, молодой месяц 3 сентября покинет созвездие Девы, перейдя в созвездие Весов при фазе 0,22+. Увеличив фазу до 0,41+ лунный серп 5 сентября перейдет в

созвездие Скорпиона, перейдя в этот же день в созвездие Змееносца при фазе 0,45+, наблюдаясь на вечернем небе низко над горизонтом левее Юпитера, с которым максимально сблизится 6 сентября при фазе 0,52+, приняв перед этим фазу первой четверти. 7 сентября лунный овал ($\Phi = 0,6+$) перейдет в созвездие Стрельца, где пройдет точку максимального склонения к югу от небесного экватора при фазе 0,72+ 8 сентября. Через несколько часов после этого события ночное светило ($\Phi = 0,73+$) покроет Сатурн при видимости в Африке, Австралии и акватории Индийского океана. В этот же день Луна пройдет точку нисходящего узла своей орбиты при фазе 0,75+. Затем яркая Луна устремится к созвездию Козерога, которого достигнет 9 сентября при фазе 0,84+ Здесь ночное светило пробудет до 12 сентября, перейдя в этот день в созвездие Водолея при фазе 0,96+. Здесь 13 сентября Луна ($\Phi = 0,99+$) достигнет апогея своей орбиты на расстоянии 406377 км от центра Земли, а затем пройдет южнее Нептуна почти при фазе полнолуния, которую примет 14 сентября. В этот же день полная Луна перейдет в созвездие Рыб, на следующий день достигнув созвездия Кита. 16 сентября Луна ($\Phi = 0,95-$) вновь перейдет в созвездие Рыб, чтобы 17 сентября при фазе 0,9- еще раз посетить созвездие Кита, где в этот день пройдет южнее Урана. 18 сентября Луна ($\Phi = 0,85-$) достигнет созвездия Овна, а 19 сентября перейдет созвездие Тельца при фазе 0,77-. Здесь 20 сентября при фазе 0,64- лунный овал пройдет севернее Альдебарана. 22 сентября стареющий серп достигнет созвездия Ориона, уменьшив фазу до 0,5- и приняв фазу последней четверти. В этот же день Луна перейдет в созвездие Близнецов, где 23 сентября при фазе 0,4- пройдет точку максимального склонения к северу от небесного экватора, около восходящего узла своей орбиты. Продолжая уменьшать фазу стареющий серп перейдет в созвездие Рака 24 сентября при фазе 0,27-. Здесь в это же день лунный серп ($\Phi = 0,2-$) пройдет через звездное скопление Ясли (M44), устремившись к созвездию Льва, в которое войдет 25 сентября при фазе 0,15-. 26 сентября тонкий лунный серп ($\Phi = 0,09-$) пройдет севернее Регула, а 27 сентября перейдет в созвездие Девы при фазе 0,01-, пройдя севернее Марса. В созвездии Девы Луна примет фазу новолуния, находясь близ перигея своей орбиты на расстоянии 357804 км от центра Земли. 29 сентября молодой месяц ($\Phi = 0,02+$) пройдет севернее Меркурия, Спика и Венеры, но это сближение будет благоприятно для наблюдений лишь в южных широтах страны. 30 сентября лунный серп при фазе 0,04+ пройдет севернее кометы P/SOHO (P/2008 Y12), расчетный блеск которой должен составить +5m. В этот же день Луна ($\Phi = 0,06+$) перейдет в созвездие Весов, закончив здесь свой путь по сентябрьскому небу при фазе 0,07-..

Большие планеты Солнечной системы. **Меркурий** перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Льва, 10 сентября переходя в созвездие Девы. 29 сентября планета максимально сблизится со звездой Спика (до 1 градуса). Меркурий находится на утреннем небе до 4 сентября, когда вступит в верхнее соединение с Солнцем. После соединения планета переходит на вечернее небо и начинает отдаляться от Солнца, увеличивая элонгацию к концу месяца до 19 градусов. Но данная вечерняя видимость неблагоприятна для средних, а тем более северных широт страны, т.к. Меркурий находится низко над горизонтом. Весь месяц видимый диаметр Меркурия имеет значение около 5 угловых секунд. Фаза планеты постепенно уменьшается после соединения

с Солнцем до 0,85. Это означает, что при наблюдении в телескоп Меркурий будет иметь вид крохотного диска. Блеск быстрой планеты постепенно уменьшается от -2m в начале описываемого периода до 0m в конце сентября. 11 ноября 2019 года Меркурий пройдет по диску Солнца.

Венера движется в одном направлении с Солнцем по созвездию Льва, 9 сентября переходя в созвездие Девы. Планета не видна, а на вечернем небе средних широт появится ближе к концу месяца (рядом с Меркурием). Видимый диаметр Венеры составляет менее 10", а фаза имеет значение около 1 при блеске около -4m.

Марс перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Льва, 24 сентября переходя в созвездие Девы. Планета не видна, т.к. вступает в соединение с Солнцем 2 сентября. Блеск планеты составляет +1,8m, а видимый диаметр имеет значение около 3,5". Марс 27 сентября 2018 года прошел великое противостояние с Солнцем, а следующее противостояние (близкое к великому) будет иметь место в следующем году 13 октября.

Юпитер перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Змееносца (близ звезды тета Орх с блеском 4,2m). Газовый гигант наблюдается вечером и ночью. Угловой диаметр самой большой планеты Солнечной системы уменьшается от 39" до 36" при блеске около -2m. 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. Сведения о конфигурациях спутников имеются в таблицах выше.

Сатурн перемещается попятно, 18 сентября начиная движение в одном направлении с Солнцем по созвездию Стрельца рядом с треугольником звезд пи, омикрон и кси Sgr. Наблюдать окольцованную планету можно вечером и ночью. Блеск планеты составляет около +0,4m при видимом диаметре около 17". 8 сентября Сатурн покроется Луной, но это покрытие в России и СНГ не видно. В небольшой телескоп можно наблюдать кольцо и спутник Титан, а также другие наиболее яркие спутники. Видимые размеры кольца планеты составляют в среднем 40x15" при наклоне к наблюдателю 25 градусов.

Уран (5,9m, 3,4") перемещается попятно по созвездию Овна (близ звезды омикрон Psc с блеском 4,2m). Планета видна почти всю ночь. Разглядеть диск Урана поможет телескоп от 80 мм в диаметре с увеличением более 80 крат и прозрачное небо. Невооруженным глазом планету можно увидеть в периоды новолуний на темном чистом небе осенью и зимой. Спутники Урана имеют блеск слабее 13m.

Нептун (7,9m, 2,3") движется попятно по созвездию Водолея близ звезды фи Aqr (4,2m), вступая в противостояние с Солнцем 10 сентября. Планета видна всю ночь. Для поисков самой далекой планеты Солнечной системы понадобится бинокль и звездные карты в [Астрономическом календаре на 2019 год](#), а диск различим в телескоп от 100 мм в диаметре с увеличением более 100 крат (при прозрачном небе). Фотографическим путем Нептун можно запечатлеть самым простым фотоаппаратом с выдержкой снимка около 10 секунд. Спутники Нептуна имеют блеск слабее 13m.

Из комет, видимых в сентябре с территории нашей страны, расчетный блеск около 11m и ярче будут иметь, по крайней мере, две кометы: Africano (C/2018 W2) и P/SOHO (P/2008 Y12). Первая при максимальном расчетном блеске около 9m движется по созвездию Персея, Андромеды, Пегаса и Рыб. Вторая перемещается по созвездиям Весов и Девы при максимальном расчетном блеске также около 5m. 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 самыми яркими в сентябре будут Веста (7,2m) - в созвездии Тельца и Евномия (8,5m) в созвездии Водолея. Эфемериды этих и других доступных малым телескопам астероидов даны в таблицах выше. Карты путей этих и других астероидов (комет) даны в приложении к КН (файл [mapkn092019.pdf](#)). Сведения о покрытиях звезд астероидами на <http://asteroidoccultation.com/IndexAll.htm>.

Из относительно ярких долгопериодических переменных звезд (наблюдаемых с территории России и СНГ) максимума блеска в этом месяце по данным AAVSO достигнут: Т Скульптора 9,2m - 1 сентября, Y Единорога 9,1m - 4 сентября, R Микроскопа 9,2m - 5 сентября, X Дельфина 9,0m - 5 сентября, Z Орла 9,0m - 6 сентября, R Андромеды 6,9m - 7 сентября, R Голубя 8,9m - 7 сентября, SS Змееносца 8,7m - 8 сентября, Т Кассиопеи 7,9m - 9 сентября, X Жирафа 8,1m - 9 сентября, RS Большой Медведицы 9,0m - 12 сентября, R Кита 8,1m - 15 сентября, RZ Пегаса 8,8m - 15 сентября, W Возничего 9,2m - 16 сентября, R Кассиопеи 7,0m - 16 сентября, S Весов 8,4m - 17 сентября, U Геркулеса 7,5m - 19 сентября, Т Эрида 8,0m - 21 сентября, R Гидры 4,5m - 22 сентября, R Геркулеса 8,8m - 22 сентября, R Рыси 7,9m - 23 сентября, S Змеи 8,7m - 23 сентября, R Зайца 6,8m - 24 сентября, S Жирафа 8,1m - 27 сентября, U Кассиопеи 8,4m - 28 сентября, RS Геркулеса 7,9m - 29 сентября, S Ориона 8,4m - 30 сентября. Больше сведений на <http://www.aavso.org/>.

Среди основных метеорных потоков 1 сентября пик максимума будет у потока Ауригиды из созвездия Возничего (ZHR= 6). 9 сентября максимума действия достигнут Сентябрьские эпсилон-Персеиды (ZHR= 5). В период максимума Ауригид условия наблюдений благоприятные, т.к. максимум потока приходится на новолуние. Для максимума потока Сентябрьские эпсилон-Персеиды Луна будет около фазы первой четверти, поэтому условия наблюдений метеоров будут ограничиваться влиянием ночного светила. Подробнее на <http://www.imo.net>

Ясного неба и успешных наблюдений!

Дополнительно в Астрономическом календаре на 2019 год - <http://www.astronet.ru/db/msg/1364101>

Оперативные сведения о небесных телах и явлениях всегда можно найти на <http://www.astronomy.ru/forum/index.php> и на форуме Старлаб <http://www.starlab.ru/forumdisplay.php?f=58> Эфемериды планет, комет и астероидов, а также карты их видимых путей по небесной сфере имеются в [Календаре наблюдателя № 09 за 2019 год](#) <http://www.astronet.ru/db/news/>

Александр Козловский, журнал «Небосвод»

Астротоп 100 России

Народный рейтинг астрокосмических сайтов

<http://astrotop.ru>



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 2019 год

<http://www.astronet.ru/db/msg/1364101>

АСТРОФЕСТ

<http://astrofest.ru>

Два стрельца

<http://shvedun.ru>

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

astro.websib.ru



Астрономия .РФ

<http://астрономия.рф/>

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



большая вселенная

<http://www.biguniverse.ru>

**Метеоры из потока Персеид
над Словакией**

Небосвод 09 - 2019