

ЖУРНАЛ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ

НЕБОСВОД



СТАТЬЯ НОМЕРА

Южное небо



11 '19
ноябрь

Небесный курьер (новости астрономии) История астрономии 2000-х годов
Двойные звёзды. Небо над нами: ноябрь - 2019

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



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

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>

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 ноябрь 2019 года <http://www.astronet.ru/db/news/>

Журнал «Земля и Вселенная» - издание для любителей астрономии с полувековой историей
<http://earth-and-universe.narod.ru>



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



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

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



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



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

<http://www.astronet.ru/db/sect/30000013>
<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!

Конец осени уже не радует мягкой погодой и ясными ночами. Хотя ночи становятся все длиннее, но погодные условия в средней полосе страны оставляют желать лучшего. Тем не менее редкими ясными ночами Млечный Путь пересекает зенит и позволяет наблюдать сокровищницу нашей галактики во всей красе. Поскольку проникающая сила любого оптического инструмента максимальна при наблюдении именно в зените, то это время позволяет увидеть даже те звезды, которые не были доступны невысоко над горизонтом. Новолуние начала и конца месяца позволяют проводить наблюдение самых слабых объектов нашего звездного острова, которых особенно много в созвездии Стрельца. Хотя, конечно, это созвездие не лучшее для наблюдений в ноябре. Но зато созвездие Лебедя и близлежащие созвездия, через которые проходит звездная россыпь нашей галактики, как никогда лучше подходит для наблюдений. Рассеянные звездные скопления, а также газопылевые туманности не оставят равнодушными созерцателей звездного неба. Даже самый скромный телескоп покажет удивительные образования нашего звездного дома, а хороший бинокль позволит детально рассмотреть протяженные объекты и астеризмы в звездных полях «молочной дороги». Жалко, что нет ярких комет на ноябрьском небе, хотя стало доброй традицией открытие новых ярких комет в осенние месяцы. Будем надеяться, что и в этом году любители астрономии смогут насладиться видом этих удивительных небесных тел. Но, конечно, самым интересным событием месяца будет прохождение Меркурия по диску Солнца 11 ноября. К сожалению, большая часть страны будет находиться вне видимости этого явления, но жители Европейской части страны все же увидят начало транзита Меркурия перед заходом Солнца. Наблюдайте, фотографируйте и присылайте ваши работы для публикации. Редакция журнала всегда ждет ваших статей, заметок, фото и других материалов в журнал «Небосвод»!

Ясного неба и успешных наблюдений!

Искренне Ваш Александр Козловский

Содержание

**4 Небесный курьер (новости астрономии)
Долгосрочные колебания альbedo
Венеры отражаются на ее климате**

7 Южное небо
Николай Демин

**13 Белые карлики в одиночестве живут
дольше, но скучнее, чем в парах**
Алексей Левин

23 История астрономии начала 21 века
Анатолий Максименко

**27 Прохождение Меркурия по диску
Солнца 11 ноября 2019 года**
Александр Козловский

30 Небо над нами: НОЯБРЬ - 2019
Александр Козловский

**Обложка: Туманность Северная Америка
в инфракрасном свете**
<http://www.astronet.ru/db/apod.html>

Старая луна взошла этим утром, ее убывающий освещенный Солнцем серп сиял над восточным горизонтом перед рассветом. Пепельный свет – свет, отраженный от яркой планеты Земля, освещал находящуюся в тени часть лунного диска и позволял увидеть знакомые очертания ближней стороны Луны тем, кто проснулся ранним утром. Описание пепельного света как солнечного света, отраженного земными океанами и освещающего темную поверхность Луны, было написано более 500 лет назад Леонардо да Винчи. В предыдущую лунацию старая Луна также восходила над восточным горизонтом. Ее освещенный Солнцем полумесяц и свет да Винчи были запечатлены на этой картинке. Экспозиции были сделаны 20 августа 2019 года в пустыне Бадаин Джилин во Внутренней Монголии в Китае. В этом году исполнилось 500 лет со дня смерти Леонардо да Винчи.

Авторы и права: [Дикай Лин](http://www.astronet.ru/db/apod.html)

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 03.10.2019

© *Небосвод*, 2019

Долгосрочные колебания альbedo Венеры отражаются на ее климате

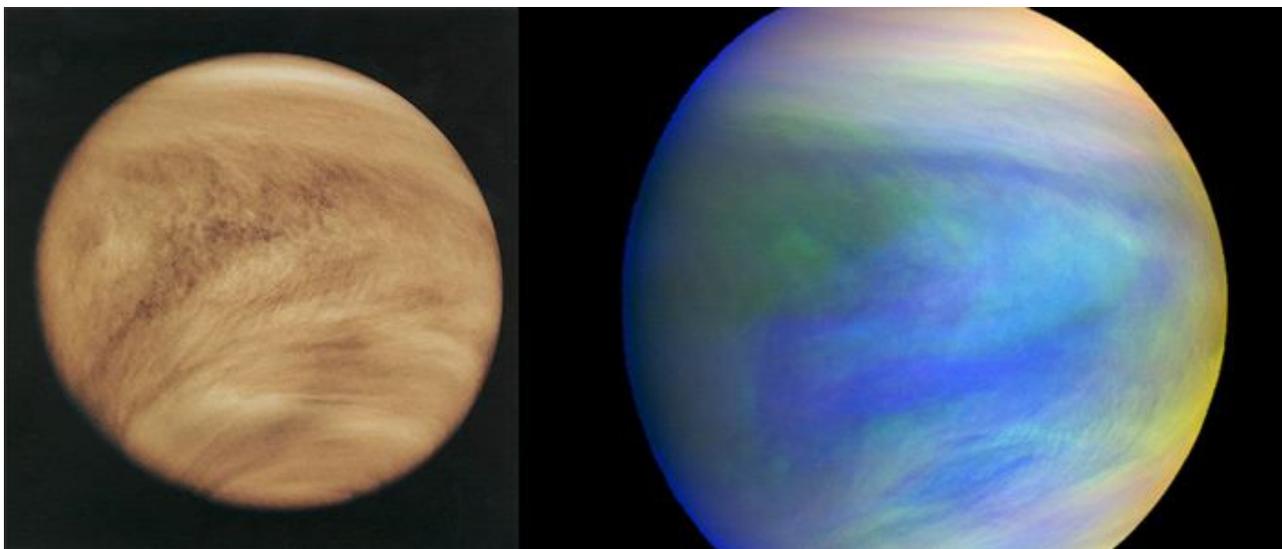


Рис. 1. Слева — облачный покров Венеры в ультрафиолетовых лучах, снимок сделан в 1979 году космическим аппаратом «Пионер-Венера-1»; фото с сайта ru.wikipedia.org. Справа — составное изображение Венера по данным японского зонда «Акацуки»; фото с сайта phys.org

В течение 10 лет ученые наблюдали за состоянием атмосферы Венеры с помощью датчиков, установленных на космических аппаратах. В результате выяснилось, что важной причиной циклических климатических изменений являются долгосрочные колебания альbedo (отражательной способности) этой планеты, а они в свою очередь связаны с количеством таинственных темных пятен в атмосфере Венеры. Эти пятна поглощают солнечное излучение гораздо эффективнее окружающих более светлых облаков, но их природа пока не ясна. По одной из версий они представляют собой скопления микроорганизмов, аналогичных тем, что были обнаружены в атмосфере Земли, хотя скорее всего всё прозаичнее и причина образования зон с пониженной отражательной способностью связана с химическими реакциями, происходящими в атмосфере Венеры.

Человеческому глазу даже в телескоп не видна поверхность Венеры, так как эта планета полностью окутана плотной оболочкой непрозрачных облаков, обладающих высокой отражательной способностью (рис. 1). В отличие от Земли, где большая часть солнечной энергии поглощается на уровне поверхности, на Венере эта энергия в основном задерживается в облаках, и от отражательной способности — альbedo — этих облаков во многом зависит климат на планете.

Альbedo

Альbedo — мера отражательной способности поверхности: отношение потока излучения, рассеянного поверхностью по всем направлениям, к падающему на эту поверхность потоку. Эта характеристика используется при исследованиях планет и их спутников, в частности — для оценки энергетического баланса в атмосферах планет и при расчетах поглощения и рассеяния солнечного излучения. Среднее альbedo Земли составляет около 0,35. Это значит, что примерно 35% солнечной энергии, поступающей к нашей планете, отражается обратно в космос. Альbedo Венеры — 0,65–0,76.

В статье, опубликованной недавно в журнале *The Astronomical Journal*, обобщается 10-летний опыт наблюдений за изменениями, происходящими в атмосфере Венеры, выполненных с помощью ультрафиолетовых сканеров, установленных на космическом аппарате Европейского космического агентства «Венера-экспресс» и автоматической межпланетной станции Японского агентства аэрокосмических исследований «Акацуки», а также спектрометров американской автоматической межпланетной станции «Мессенджер» (основной целью которой был Меркурий, см. картинку дня Картографирование Меркурия) и космического телескопа «Хаббл». В целом облака верхних слоев углекислотной атмосферы Венеры, состоящие в основном из сернистого газа и частиц серной кислоты, довольно плохо поглощают солнечное излучение, отражая до 75% падающего потока. Однако на их фоне наблюдаются темные пятна, в пределах которых поглощение составляет до 50% и более. Эти пятна со временем то появляются, то исчезают, меняя свое местоположение и четкость очертаний (рис. 2).

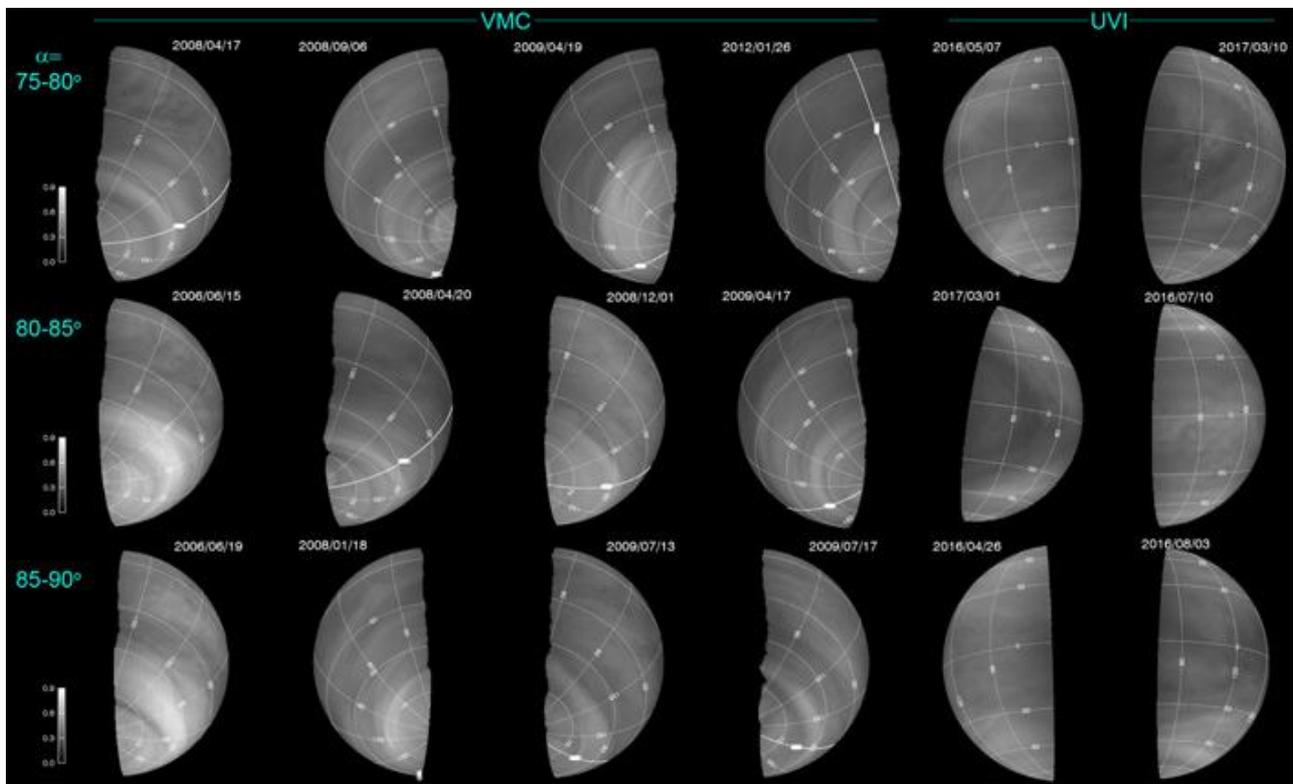


Рис. 2. Снимки видимой части Венеры, сделанные в 2006–2017 годах в диапазоне 365 нм с помощью ультрафиолетовых камер космического аппарата «Венера-экспресс» (VMC) и межпланетной станции «Акацуки» (UVI), показывают постоянные изменения конфигурации темных пятен. Слева — шкала альbedo от темного (0,0) до светлого (0,9); α — фазовый угол в момент наблюдения (чем больше фазовый угол, тем меньшая площадь планеты видна наблюдателю). Рисунок из обсуждаемой статьи в *The Astronomical Journal*

Впервые темные пятна в атмосфере Венеры были обнаружены наземными телескопами более века назад. По сути — это скопления крошечных частиц неизвестной природы (их так и называют — неизвестные поглотители), формирующиеся вблизи верхнего уровня облаков и характеризующиеся широким диапазоном спектра поглощения солнечной энергии — от ультрафиолета до видимого, достигающим максимального уровня в районе 340–380 нм.

Для объяснения природы темных пятен в разное время предлагались самые разные гипотезы: от чисто химических (образование в результате атмосферных реакций в верхних слоях атмосферы скоплений хлорида железа, аллотропов серы, диоксида серы и т. д.) до биогенных (частицы имеют примерно одинаковый размер и обладают такими же светопоглощающими свойствами, что и микроорганизмы, обнаруженные в атмосфере Земли).

Гипотезу о том, что темные пятна в облаках Венеры сложены микроорганизмами, в свое время поддерживали такие крупные ученые, как американский биофизик Гарольд Моровиц (Harold J. Morowitz) и известный астроном и астрофизик Карл Саган. На поверхности Венеры условия для жизни

экстремальные (температура в районе 450°C, давление больше 90 бар), но на высотах 50–65 км условия вполне приемлемые и напоминают земные, так что биогенную гипотезу нельзя просто так взять и отместить.

Ни наблюдения, ни результаты моделирования пока не смогли подтвердить правомерность той или иной гипотезы, так как ни один из видов микроорганизмов или неорганических веществ до конца не соответствует по своим спектральным характеристикам частицам темных пятен Венеры. Видимо, только появление более совершенного оборудования и новые исследовательские миссии, в рамках которых будут взяты пробы атмосферы Венеры, смогут поставить точку в этом вопросе.

Как показали результаты обсуждаемого исследования, именно увеличение или уменьшение в атмосфере Венеры количества неизвестных поглотителей, слагающих темные пятна, является главной причиной долгосрочных изменений альbedo Венеры, влияющих, в свою очередь, на климат планеты. Авторам на основе моделирования удалось вывести зависимость между содержанием в верхних слоях атмосферы неизвестного поглотителя и ожидаемым показателем альbedo (рис. 3).

Исследователям также удалось установить периодичность изменений альbedo Венеры, примерно укладывающуюся в десятилетний цикл (рис. 4).

В период с 2006 по 2014 год происходило непрерывное сокращение альbedo Венеры в ультрафиолетовом диапазоне: в итоге этот показатель уменьшился почти в два раза. Затем началось увеличение альbedo и в 2016–2017 годах оно достигло уровня 2008–2009 годов.

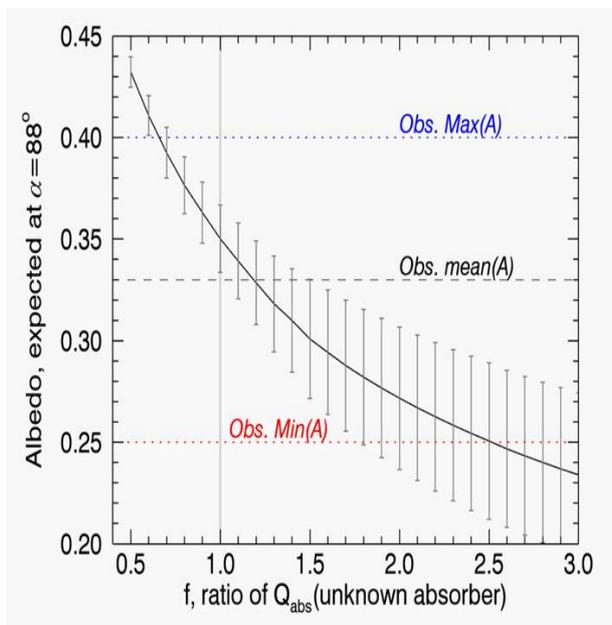


Рис. 3. Зависимость ожидаемого показателя альbedo (при условном фазовом угле 88°) от количества неизвестного поглотителя в атмосфере (f). За единицу принято среднее за период наблюдений значение f . Три горизонтальные пунктирные линии показывают максимальное (синий), среднее (черный) и минимальное (красный) наблюдаемые значения альbedo. Рисунок из обсуждаемой статьи в *The Astronomical Journal*

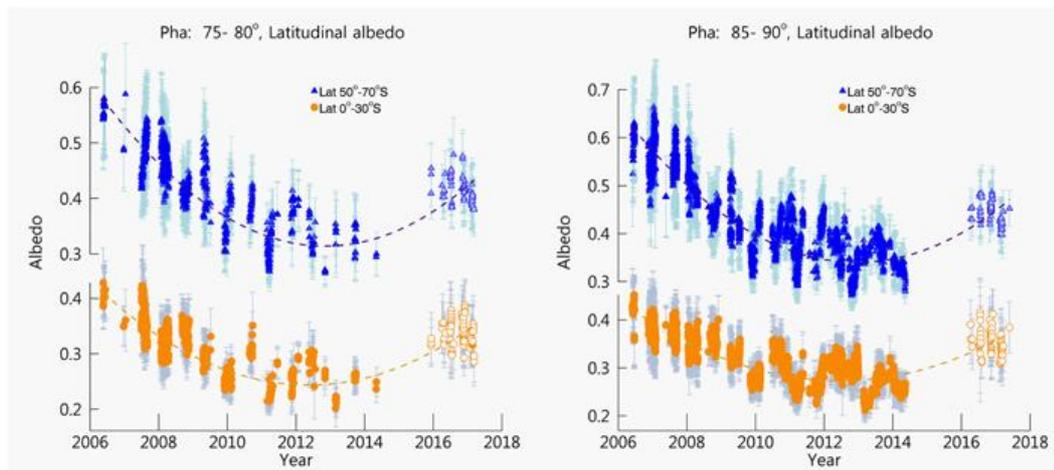


Рис. 4. Долгосрочные вариации альbedo на длине волны 365 нм для разных широтных зон Венеры ($50-70^\circ$ Ю. Ш. и $0-30^\circ$ Ю. Ш.) при фазовых углах $75-80^\circ$ (слева) и $85-90^\circ$ (справа). Закрашенные символы — данные космического аппарата «Венера-экспресс» (VMC); пустые символы — данные межпланетной станции «Акацуки» (UVI). Рисунок из обсуждаемой статьи в *The Astronomical Journal*

Моделирование, проведенное авторами исследования, позволило более детально воссоздать картину происходящих в атмосфере циклических изменений. Главными элементами атмосферной циркуляции Венеры являются зональные ветра, переносящие тепло между дневной и ночной сторонами планеты, и меридиональные ветра, обусловленные движением воздушных масс разной температуры между низкими и высокими широтами.

Серьезное падение альbedo в 2006–2014 годах и, как следствие, увеличение количества поглощаемой атмосферой солнечной энергии (на 25–40% в высоких широтах) привело к нагреву атмосферы и росту меридионального температурного градиента между полюсами и экватором. В результате средняя скорость зональных ветров выросла с 80–90 до 110 м/с. В меньшей степени, но также увеличилась и скорость меридиональных ветров. Аналогичным образом, увеличение альbedo в период 2014–2018 годов привело к снижению солнечного нагрева атмосферы и замедлению скоростей зональных ветров до 100 м/с, а также к уменьшению меридионального температурного градиента и падению скорости меридиональных ветров. Таким образом впервые был раскрыт сам механизм влияния альbedo на долгосрочные климатические изменения.

В качестве основы для моделирования использовалась последняя версия Глобальной климатической модели Венеры (Venus GCM — Venus Global Climate Model), разработанной в Институте Лапласа (Institut Pierre Simon Laplace, см.: I. Garate-Lopez, S. Lebonnois, 2018. Latitudinal variation of clouds' structure responsible for Venus' cold collar).

Авторы отмечают, что, с их точки зрения, изменения ультрафиолетового альbedo Венеры могут быть связаны с изменениями содержания в верхней зоне

облаков газообразного диоксида серы (SO_2), непосредственно влияющего на образование аэрозоля $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$, а также с солнечным циклом и вариациями плотности галактических космических лучей. Какими

бы ни были состав и природа темных пятен в атмосфере Венеры, ясно, что они оказывают существенное влияние на климат на этой планете, и интенсивность вариаций этого климата существенно выше, чем климатические изменения на Земле.

Источник: Yeon Joo Lee, Kandis-Lea Jessup, Santiago Perez-Hoyos, Dmitrij V. Titov, Sebastien Lebonnois, Javier Peralta, Takeshi Horinouchi, Takeshi Imamura, Sanjay Limaye, Emmanuel Marcq. Long-term Variations of Venus's 365 nm Albedo Observed by Venus Express, Akatsuki, MESSENGER, and the Hubble Space Telescope // *The Astronomical Journal*. 2019. DOI: 10.3847/1538-3881/ab3120.

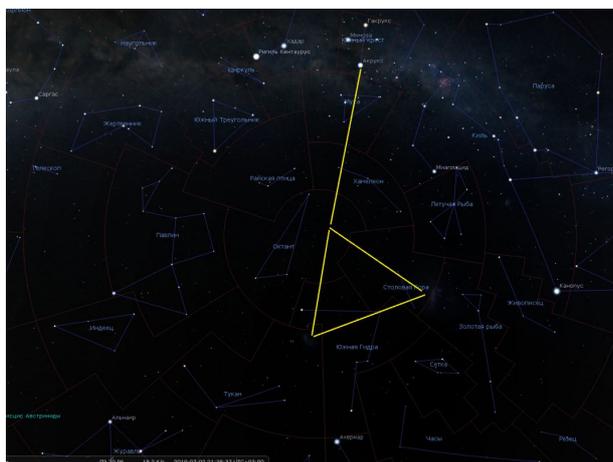
Владислав Стрекопытов,

https://elementy.ru/novosti_nauki/t/5272006/Vladislav_Strekopytov

Достопримечательности южного неба



Если мы будем внимательно наблюдать время в течение года, то увидим одну любопытную особенность: часть звёзд в северной части неба видны всегда — они вращаются вокруг Полярной звезды и никогда не опускаются ниже горизонта: такие звёзды называются незаходящими. Южнее них находятся такие звёзды, которые восходят на востоке, совершают свой путь по небу и заходят на западе — это заходящие звёзды. Заходящих звёзд на небе большинство — все они имеют разные условия видимости. В общем случае можно сказать, что чем звезда южнее, тем ниже она поднимается над горизонтом и тем меньший промежуток времени видна. Продолжая эти рассуждения, можно прийти к выводу, что ещё южнее находятся звёзды, которые в наших широтах не видны никогда — это невосходящие звёзды. Именно южному небу и будет посвящён наш рассказ.



Представим, что мы сейчас перенеслись в Антарктиду. На улице середина июля, полярная ночь и «жара» в -50 градусов по Цельсию (времена года в южном полушарии противоположны «нашим»). Первое, что обращает на себя внимание — это отсутствие сколь-либо яркой полярной звезды на южном небе — южный полюс мира находится в тусклом созвездии Октанта, а ближайшая к полюсу звезда — Сигма Октанта (она же Полярис Аустралис) едва видна невооружённым глазом и не может быть использована в качестве путеводной.

Поэтому методы астронавигации в южном полушарии гораздо сложнее, нежели в северном. Как же нам найти на небе южный полюс мира? В этом нам помогут другие ориентиры — созвездие Южного Креста, а также Большое и Малое Магеллановы облака. Для того, чтобы найти полюс, нам нужно сначала провести воображаемую линию через длинную перекладину Южного Креста, а потом — построить равносторонний треугольник, в двух углах которого будут находиться Магеллановы облака. Точка на небе, которая будет третьей вершиной такого треугольника, лежащая при этом на продолжении длинной перекладки Южного Креста и будет являться южным полюсом мира. Сложно, не правда ли?

Существует и другой, более простой, но менее точный способ — южный полюс мира лежит примерно в середине воображаемой линии, соединяющей две очень яркие звезды — Ахернар из созвездия Эридан и Хадар, расположенный в Центавре. Однако, использование этого метода, пожалуй, требует даже более глубокого знания неба, чем в предыдущем случае.



Вернёмся к уже упомянутому созвездию Южного Креста. Исторически так сложилось, что именно оно является самым известным из южных созвездий — он настолько популярен, что присутствует на флагах 8 стран, среди которых даже такие крупные, как Бразилия и Австралия. Главным «сокровищем» Южного Креста является рассеянное скопление «Шкатулка с драгоценностями», названное так за сходство его разноцветных и ярких звёзд с камнями-самоцветами. Другим интересным объектом здесь будет тёмная туманность Угольный мешок, выделяющаяся в виде чёрного провала на фоне Млечного Пути.

С трёх сторон Южный Крест окружён созвездием Кентавра (или Центавра), главной достопримечательностью которого является звезда Толиман, более известная как Альфа Центавра. Альфа Центавра представляет собой тройную систему, один из компонентов которой — красный карлик Проксима Центавра, считается ближайшей к Солнцу звездой, удалённой от него чуть больше, чем на 4 светового года.

К северу от Южного Креста мы найдём небольшое округлое туманное пятнышко с неясными краями — это шаровое скопление Омега Центавра, крупнейшее известное скопление в составе Млечного Пути и



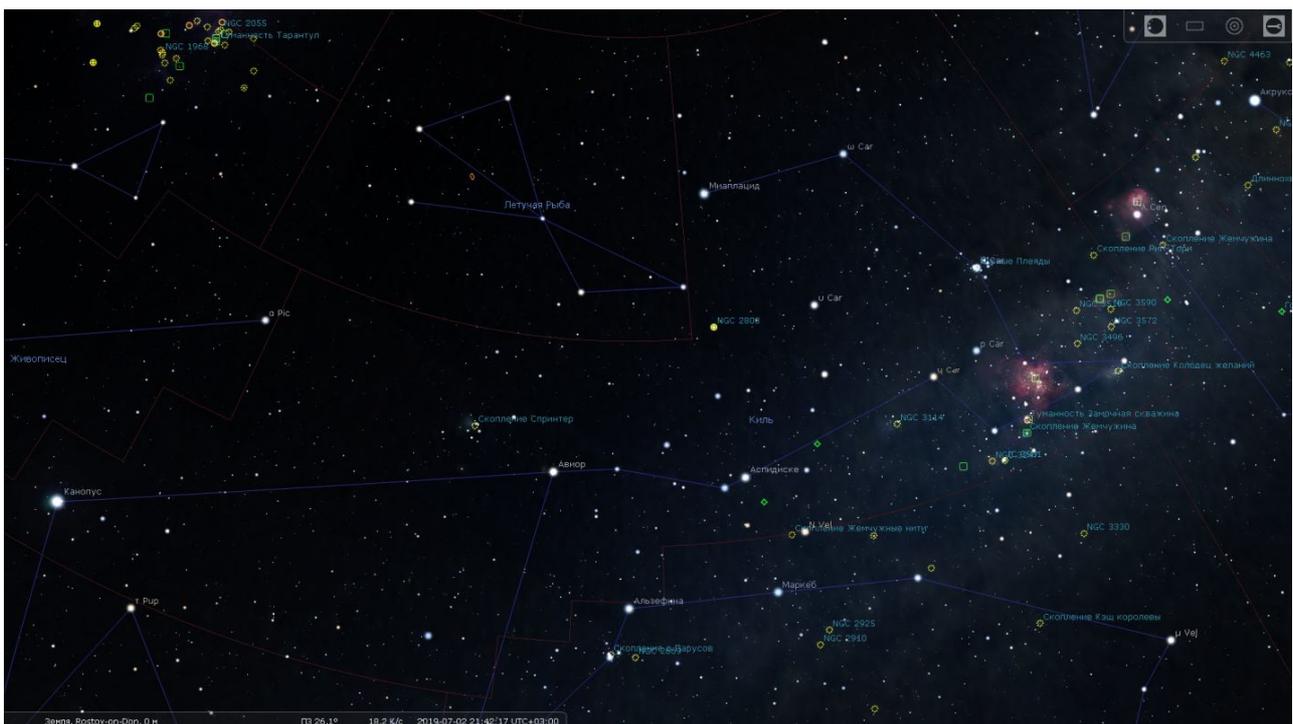


самое яркое из шаровых скоплений на земном небе. Омега Центавра состоит примерно из 2 миллионов звёзд и, по-видимому, является остатком карликовой галактики, поглощённой Млечным Путём несколько миллиардов лет назад. На хорошем небе данное скопление легко видно невооружённым глазом, а в любительский телескоп разрешается на сотни отдельных звёзд.

Если мы сместим свой взгляд ещё севернее, то обнаружим удивительную галактику Центавр А — ближайшую к нам галактику с активным ядром. Высокая активность является причиной её феноменальной яркости в радиодиапазоне. Если бы наш глаз был способен видеть в этом диапазоне, то галактика Центавр А казалась бы для него одним из самых ярких объектов на небе, уступающим в блеске только Солнцу и центральной части Млечного Пути.

Впрочем, даже визуально галактика очень интересна и при наблюдении в любительский телескоп кажется нам буквально «разрезанной» на две части центральной тёмной газопылевой полосой. Кстати, галактика Центавр А доступна для наблюдения из самых южных регионов России — Крыма, Кавказа и Приморья, где её весной можно найти в полевой бинокль низко-низко над южной частью горизонта.

Немного в стороне от Центавра на южном небе выделяется огромная область неба, богатая яркими звёздами — здесь располагаются созвездия Кормы, Килия и Парусов, ранее образовавшие крупнейшее на небе созвездие Корабля Арго. Именно из-за обилия ярких звёзд в XVIII веке его было решено разделить на несколько частей. Дело в том, что звёзды традиционно называются буквами греческого

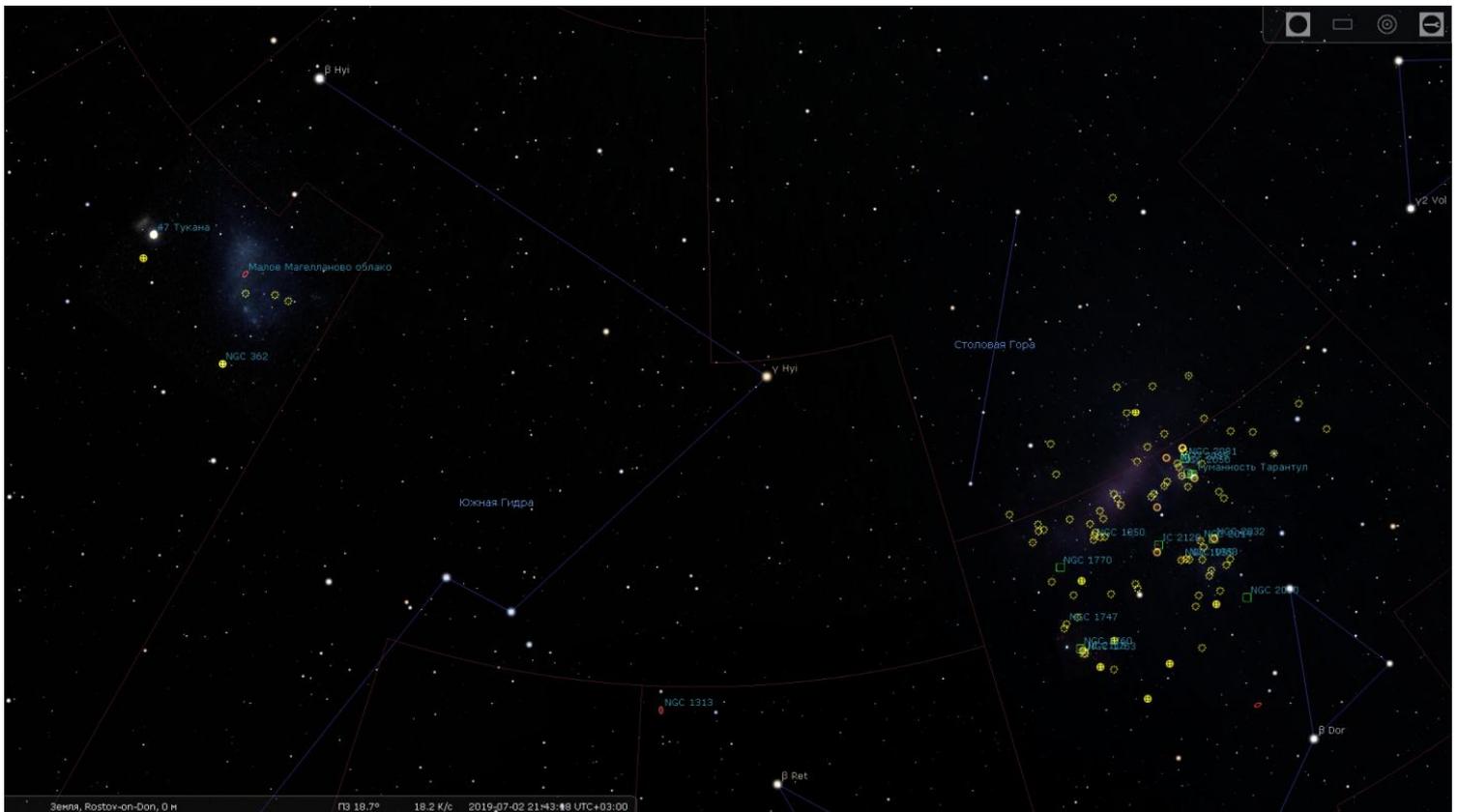




и латинского алфавита — этого правила хватало для обозначения ярких звёзд во всех созвездиях земного неба, кроме одного — Корабля Арго. Ввиду этого обстоятельства французский астроном Лакайль предложил звёзды разных частей корабля обозначать отдельно — так родились современные

созвездия Кормы, Киля и Парусов. Ещё через несколько лет всё тем же Лакайлем созвездие Парусов было разделено ещё раз — так на небе появился Компас, не имеющий к древнегреческому мифу об Аргонавтах никакого отношения и посвящённый эпохе географических открытий.





Самым ярким и примечательным из созвездий Корабля Арго, пожалуй, является созвездие Киля. Для начала, отметим, что здесь расположена вторая по яркости звезда всего ночного неба — Канопус, которая по видимому блеску лишь немного уступает Сириусу. В отличие от Сириуса, эта звезда сияет так ярко на небе из-за того, что её светимость действительно очень велика и примерно в 15 000 раз превосходит светимость Солнца. Любопытно, но для многих соседей Солнца в нашей Галактике именно Канопус является ярчайшей звездой на небе.

Наиболее же интересным и, я бы даже сказал, завораживающим, объектом в рассматриваемом нами созвездии Туманность Киля — ярчайшая из туманностей земного неба, по яркости примерно в 5 раз превосходящая знакомую российскому наблюдателю Туманность Ориона. Туманность Киля является крупнейшей известной областью звездообразования в Млечном Пути — здесь мы можем найти большое количество ярких голубых сверхгигантов, среди которых особо выделяется Эта Киля — ярчайшая звезда нашей Галактики, излучающая примерно в 5 миллионов раз больше света, чем наше Солнце.

По современным представлениям, Эта Киля — двойная звезда, с компонентами в 200 и 50 масс Солнца соответственно. Огромные светимости звёзд и сильное гравитационное взаимодействие между ними приводят к крайней нестабильности Эты Киля, которая выражается в мощных вспышках, сопровождающихся интенсивной потерей массы. Исключительно мощная вспышка произошла в середине XIX века — в результате неё звезда на несколько месяцев стала самой яркой на южном небе и потеряла около 10% своей массы. Выброшенную в результате той вспышки материю

сейчас мы можем увидеть в виде Туманности Гомункул, окружающей Эту Киля.

К югу от Туманности Киля мы найдём очень яркое и красивое рассеянное скопление «Южные Плеяды». Подобно Плеядам северным, оно также прекрасно доступно для наблюдения невооружённым глазом, однако не имеет столь выразительной формы ковша.

Если же мы вернёмся к Туманности Киля и отведём от неё взгляд на восток, то заметим другое столь же яркое скопление — «Колодец Желаний», состоящее из огромного числа тусклых звёзд. При наблюдении невооружённым глазом, «Колодец Желаний» кажется нам овальным туманным пятнышком с неясными очертаниями, но уже небольшой бинокль откроет нам незабываемое зрелище насыщенных и разноцветных звёздных полей: по полю зрения будут разбросаны россыпи красных, оранжевых, жёлтых, белых, голубых и синих звёзд. По праву это скопление можно назвать одним из красивейших на небе.

Вообще в этой области очень много интересных объектов — для того, чтобы рассмотреть все, наверное, потребуется несколько часов. Поэтому я хотел бы ещё выделить те сокровища Корабля Арго, которые мы всё-таки можем увидеть с территории России. Да-да, вы не ослышались — созвездия Кормы и Компаса из южных регионов нашей страны вполне видны. И если в Компасе мы ничего особенно примечательного не увидим, то Корма полна замечательных объектов дальнего космоса. Самыми яркими и доступными среди них можно назвать рассеянные скопления M46 и M47, которые расположены неподалёку друг от друга и легко видны в одном поле зрения бинокля. Скопление M46 примечательно тем, что в нём мы можем наблюдать планетарную туманность NGC 2438 — почти

точную копию знаменитого «Кольца» из летнего созвездия Лиры. Впрочем, в состав скопления эта планетарная туманность не входит — она расположена примерно вдвое ближе к нам, чем звёзды, слагающие M46.

К югу от Канопуса, на границе созвездий Золотой Рыбы и Столовой Горы, мы найдём достаточно большое туманное пятнышко, похожее на клочок Млечного Пути — это Большое Магелланово Облако. Наряду с Малым Магеллановым Облаком, находящимся в созвездии Тукана, оно является спутником нашей Галактики, удалённым от нас примерно на 160000 световых лет. Магеллановы облака расположены в пространстве относительно близко друг у другу и действительно образуют связанную физическую систему. В далёком прошлом обе эти галактики были спиральными, но за миллионы лет их форма была сильно искажена гравитационным притяжением более массивного Млечного Пути. Расчёты показывают, что в ближайшие 2-3 миллиарда лет эти карликовые галактики будут окончательно разрушены, а звёзды, входящие в их состав, станут частью Млечного Пути.



В Большом Магеллановом Облаке находится самая массивная и яркая из известных на данный момент звёзд — она имеет замысловатое обозначение R136a1, светит в 10 миллионов раз ярче Солнца (и вдвое ярче Эты Киля) и имеет массу в 315 солнечных. Любопытно, но исходя из современных представлений о физике звездообразования, такие яркие и массивные звёзды попросту не могут существовать — они неустойчивы даже на смешных по астрономическим меркам интервалах в несколько столетий. Для объяснения парадокса существования R136a1 было выдвинуто несколько гипотез — начиная от возможности её недавнего образования в результате слияния нескольких меньших звёзд и заканчивая необходимостью полного пересмотра целого ряда общепринятых астрофизических моделей.

R136a1 является частью Туманности Тарантул — области звездообразования, подобной Туманности Киля и Туманности Ориона, только ещё более грандиозной по размерам. Внутри этой туманности

по современным представлениям формируются около полумиллиона звёзд — это может свидетельствовать о том, что здесь мы являемся свидетелями рождения не рассеянного, как в случае с Орионом и Килем, а куда более яркого шарового звёздного скопления.



Кстати, о шаровых скоплениях. Недалеко от Малого Магелланова Облака находится 47 Тукана — второе по яркости шаровое скопление, уступающее только уже упомянутой Омеге Центавра. В 2017 году в центре этого скопления была обнаружена чёрная дыра средней массы — это самый редкий тип чёрных дыр, механизм формирования которого до сих пор не вполне понятен. Скорее всего, такие дыры могут образовываться в центральных районах наиболее плотных и массивных шаровых скоплений за счёт слияния большого количества обычных звёзд.

В заключение хотелось бы отметить, что в южном полушарии мы сможем пронаблюдать и многие хорошо знакомые нам созвездия — только они будут казаться нам перевёрнутыми «вниз головой». Конечно, в астрономии понятий «верха» и «низа» как таковых нет, но бытовая аналогия более чем понятна. Так, например, на южном небе мы легко сможем найти хорошо знакомые нам созвездия Большого Пса с ослепительно ярким Сириусом или Скорпиона, увенчанного насыщенно-красным Антаресом. А вот Большую или Малую Медведицу здесь мы точно никогда не увидим — они являются жемчужинами только нашего северного неба.

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

Белые карлики в одиночестве живут дольше, но скучнее, чем в парах

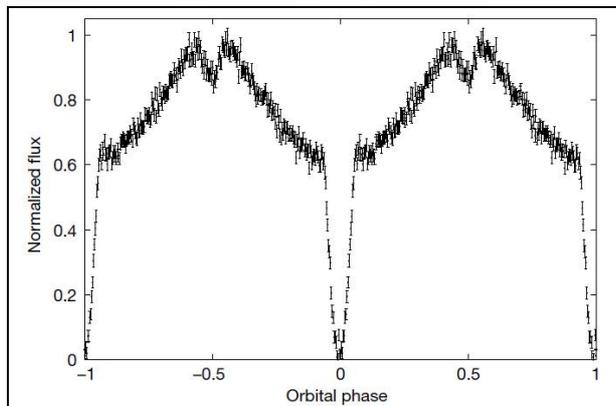


Рис. 1. Кривая блеска пары белых карликов ZTF J1539+5027, полученная при помощи высокоскоростного фотометра CHIMERA, установленного на 5-метровом телескопе Хейла в Паломарской обсерватории. Минимум блеска достигается, когда более легкий (а значит, более крупный и холодный) белый карлик заслоняет своего более массивного компаньона от нас (это происходит в целые значения фазы орбитального движения). Вторичный минимум (фаза $\pm 0,5$) соответствует прохождению более массивного карлика по диску более легкого. По вертикальной оси — нормализованный световой поток от системы. График из обсуждаемой статьи в Nature

Белые карлики — один из возможных финальных этапов звездной эволюции: в них превращаются недостаточно массивные «нормальные» звезды, которые не в состоянии породить нейтронную звезду. На сегодня известны тысячи белых карликов, подавляющее большинство которых входит в состав двойных систем (или систем большей кратности). Однако примеров тесных двойных систем, состоящих только из белых карликов, довольно мало. Недавно международный коллектив астрономов сообщил об обнаружении еще одной такой системы, находящейся на расстоянии около 8000 световых лет от нас. Ее компоненты обращаются в плоскости, которую мы видим почти с ребра, что позволяет с высокой точностью измерить их параметры. В будущем эта система, вероятно, станет одной из калибровочных целей для космического детектора гравитационных волн LISA, запуск которого планируется через 15 лет. А пока эта находка — хороший повод рассказать об уже достаточно долгой истории изучения белых карликов.

Еще одна парочка

В последнем из июльских номеров журнала Nature вышла статья астрономов из США, Германии и Израиля, в которой они сообщают об открытии чрезвычайно компактной двойной системы ZTF J1539+5027, образованной белыми карликами.

Она находится примерно в 8000 световых лет от нас в созвездии Волопаса. Их массы вполне обычны — 0,61 и 0,21 массы Солнца. Радиус более массивного партнера примерно равен 10 860 км (это всего 1,56% солнечного радиуса!), а более легкого — 21 850 км (рис. 2). Они обращаются вокруг барицентра по сильно вытянутым эллиптическим орбитам, совершая один оборот за 6 минут 55 секунд. Столь короткий период объясняется очень малой (конечно, по астрономическим масштабам) суммой больших полуосей их орбит относительно барицентра. Она составляет лишь 78 тысяч километров, что почти в пять раз меньше среднего расстояния от Земли до Луны! Длина большой полуоси орбиты легкого карлика пары равна 58 200 км, а тяжелого — 19 800 км. Теперь вспомним, что, например, средний радиус Сатурна — 58 232 км. Поэтому если поместить барицентр новооткрытой системы в его геометрический центр, то орбиты обоих белых карликов окажутся внутри этой планеты.

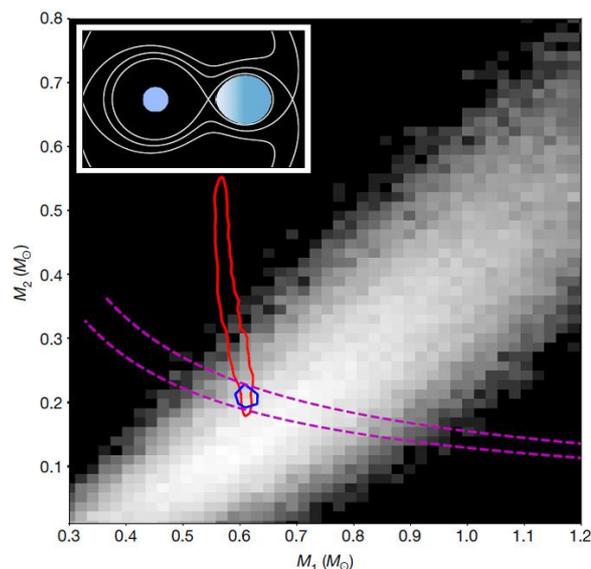


Рис. 2. Оценка массы компонентов системы ZTF J1539+5027 (сами массы откладываются по осям графика). Белыми «пикселями» указаны возможные значения масс, вычисленные на основе спектроскопии радиальных скоростей. Красный контур указывает на ограничения, возникающие из соотношений между массой и радиусом для более тяжелого и горячего белого карлика. Фиолетовые пунктиры — ограничения, основанные на измерениях чирп-массы этой системы (которая связана с потерей энергии из-за испускания гравитационных волн, см. Chirp mass). Синей линией показана область наиболее вероятного значения масс компонентов системы. Во врезке система ZTF J1539+5027 изображена с соблюдением масштабов расстояний, белыми линиями показаны эквипотенциальные поверхности для тяготения в этой системе. Рисунок из обсуждаемой статьи в Nature

Пара ZTF J1539+5027 не может считаться абсолютным чемпионом среди двойных белых карликов по малости орбитального периода. Самой короткопериодической системой до сих пор остается HM Cancri (другое название — J0806) с орбитальным периодом 5 минут 21,5 секунд, которая удалена на 1600 световых лет от Солнца. Она образована белыми карликами с одинаковой массой, равной половине солнечной, удаленными друг от друга приблизительно на 80 000 км. Еще один двойной белый карлик с менее чем десятиминутным (9,5-минутным) орбитальным периодом — это V407 Vul, открытый в 2000 году (T. R. Marsh, D. Steeghs, 2002. V407 Vul: a direct impact accretor). Однако ZTF J1539+5027 на сегодня является самой короткопериодической парой затменных белых карликов. Второе место в этом списке занимает система WD J0651+2844, которые затемняют друг друга каждые 6 с небольшим минут (дважды в течение орбитального периода, равного 12 минут 45 секунд). Дистанция между ними приблизительно равна 115 тысяч километров. Более тяжелый карлик имеет массу 0,49 массы Солнца при радиусе около 9880 км. Масса второго равна 0,247 солнечной, а радиус — 25 820 км.

Новооткрытые карлики, как им и положено, перекрывают свет друг друга приблизительно раз в три с половиной минуты. Эффективная температура более массивного карлика, измеренная на базе спектроскопии его излучения, приближается к 50 тысячам кельвинов. Температура его легкого партнера пока точно не измерена, однако, во всяком случае, не превышает 10 тысяч кельвинов.

Данные о массах и радиусах новооткрытой пары (и, для сравнения, также системы WD J0651+2844) хорошо иллюстрируют важную особенность белых карликов. Радиус этих звезд обратно пропорционален корню третьей степени из массы. Следовательно, с увеличением массы он не возрастает, а падает, что видно и в данном случае. Это противоречит интуиции (для сравнения, радиус звезд солнечного типа приблизительно пропорционален квадратному корню их массы, поэтому чем тяжелее такие звезды, тем они больше), но такова природа белых карликов. Она проявляется и в anomalously большом радиусе самого легкого из известных белых карликов J0917+46, о котором речь пойдет ниже.

Затменные двойные звезды (включая, естественно, и белые карлики), если так можно выразиться, очень выгодны для наблюдений. Фотометрические промеры световой кривой такой пары позволяют точно определить частоту затмений, а тем самым — и ее орбитальный период. Не входя в подробности, отмечу, что эта информация вкупе с данными об орбитальных скоростях звезд (которые измеряются по смещению спектральных линий на основе эффекта Доплера) сильно облегчает определение их масс и геометрических характеристик орбит (см. задачи Кривые блеска и экзопланеты и Радиальные скорости и экзопланеты). В описанных двух случаях астрономам очень помогло то обстоятельство, что обе орбиты видны почти с ребра (угол между

перпендикуляром к плоскости орбиты и лучом зрения равен 84 градусам для системы ZTF J1539+5027 и 87 градусам для WD J0651+2844). Такое расположение орбит сильно способствует спектроскопическому определению орбитальных скоростей.

Пара ZTF J1539+5027, как и все тесные пары белых карликов (а также и других компактных космических объектов) интенсивно излучает гравитационные волны. Вблизи Солнечной системы эти волны слишком слабы для того, чтобы их можно было детектировать на наземных гравитационных интерферометрах LIGO и Virgo. Однако их можно будет засечь с помощью космической гравитационной обсерватории LISA (Laser Interferometer Space Antenna), которая, как предполагается, может быть запущена где-то около 2034 года. Эти наблюдения позволят получить дополнительную информацию о параметрах системы ZTF J1539+5027 и надежно определить ее расстояние до Солнца. Вытекающие отсюда возможности детально проанализированы в статье Тайсона Литтенберга и Нила Корниша Prospects for Gravitational Wave Measurement of ZTF J1539+5027, которая 23 августа появилась в The Astrophysical Journal Letters. Поскольку о системе ZTF J1539+5027 уже сейчас известно очень много, она сможет послужить своего рода опорной базой для наблюдений на интерферометре LISA. Литтенберг и Корниш полагают, что собранные сведения помогут уточнить скорость распространения гравитационных волн. Согласно общей теории относительности, она равна скорости света, однако некоторые теории допускают несовпадение этих скоростей. Выявление таких различий стало бы открытием фундаментальной важности. Напротив, если новые измерения покажут, что обе скорости могут различаться намного меньше, чем допускали результаты прежних наблюдений, фундамент ОТО вновь укрепитя.

Бинарные системы HM Cancri и V407 Vul были открыты благодаря детектированию периодических всплесков рентгеновского излучения, исходящего из этих систем. В обоих случаях оно генерируется из-за аккреции плазмы с одного из карликов на поверхность другого. Новооткрытая пара белых карликов ZTF J1539+5027, напротив, не является рентгеновским источником, что свидетельствует об отсутствии значительной аккреции — по крайней мере, в настоящее время. А далее возможны варианты. Из-за излучения гравитационных волн члены пары теряют кинетическую энергию и постепенно сближаются. Это приводит к укорачиванию их орбитального периода, который сейчас каждую секунду уменьшается приблизительно на $2,7 \times 10^{-11}$ секунд. Через 130 тысяч лет он дойдет примерно до пяти минут. Как утверждают авторы статьи в Nature, на этом этапе начнется интенсивный перенос вещества с легкого карлика (имеющего, напомним, больший радиус) на массивный. Дальнейшая судьба этой системы будет зависеть от характера переноса, который однозначно не прогнозируется.

Открытие замечательной пары ZTF J1539+5027 дает хороший повод побольше рассказать о самих белых карликах и том, как их изучают. Этим я и займусь.

Космические субкомпакты

Все звезды вспыхивают одинаково, но заканчивают жизнь по-разному. Звезда рождается в результате гравитационного стягивания чисто газового (как это было в юной Вселенной) или газопылевого (в последующие космические эпохи) облака и поджога термоядерного горения водорода в его центральной зоне. Минимальная температура, необходимая для воспламенения водорода, составляет около 3 миллионов градусов по шкале Кельвина. Согласно модельным вычислениям, для достижения этого порога масса протозвезды должна быть больше 0,075 массы Солнца. Максимальные массы новорожденных звезд исчисляются сотнями солнечных масс, но, согласно некоторым астрофизическим моделям, на заре мироздания они могли достигать и миллиона масс Солнца.

После выгорания водорода звезды претерпевают различные превращения. В конце концов они иногда взрываются без остатка, а иногда дают начало объектам иной природы, которые называют компактными. Это белые карлики, нейтронные звезды и черные дыры. Первые в среднем в два миллиона раз плотнее Солнца, вторые — где-то в триста триллионов раз. О плотности черных дыр говорить не приходится, поскольку они вообще не содержат вещества даже в самых экзотических формах и представляют собой сгустки поля тяготения. Поэтому белые карлики — самые рыхлые из космических компактов, так сказать, субкомпакты.

Без остатка должны взрываться так называемые сверхновые с парной нестабильностью (pair-instability supernovae). Они еще не открыты, но модельные симуляции однозначно указывают на их существование. Считается, что такой конец ожидает (по крайней мере, некоторые) звезды-гиганты с начальной массой свыше 100 солнечных масс. Согласно теории, после сгорания гелия у такой звезды образуется богатое кислородом невырожденное ядро, в котором из-за высокой температуры происходит спонтанное рождение электронно-позитронных пар. Этот процесс снижает давление внутри ядра и вынуждает его очень быстро сжиматься под действием тяготения. Такое сжатие вызывает резкий рост температуры и запускает термоядерные реакции с участием кислорода в качестве первичного сырья, которые полностью уничтожают звезду, не оставляя после себя ни нейтронной звезды, ни черной дыры. Периодически появляются научные статьи с указанием на возможное (пока только возможное) наблюдение таких катаклизмов (см., например, S. Gomez et al., 2019. SN 2016iet: The Pulsational or Pair Instability Explosion of a Low-metallicity Massive CO Core Embedded in a Dense Hydrogen-poor Circumstellar Medium).

По происхождению белые карлики — тлеющие, но все еще весьма горячие остатки не особенно массивных нормальных звезд (как говорят астрономы, звезд главной последовательности), успевших выжечь термоядерное топливо и обреченных на постепенное затухание. Самые легкие звезды перерабатывают водород в гелий и на этом останавливаются, а светила потяжелее в конце жизни производят на свет и более тяжелые элементы. Если начальная масса звезды не превышает восьми солнечных, в ее ядре образуются углерод и кислород, а звезды малость потяжелее (до 10–11 солнечных масс), вырабатывают еще неон и магний. Затем термоядерный синтез прекращается, и звезда вступает в последнюю стадию своей активной жизни.

На этом этапе она дожигает остатки ядерного топлива и в процессе катаклизмических раздуваний и сжатий сбрасывает внешние слои. Так формируются планетарные туманности (рис. 2) — сброшенные газовые оболочки звезд, подсвеченные жесткими ультрафиолетовыми лучами, которые испускает поверхность новорожденного и потому все еще очень горячего (с температурой поверхности свыше ста тысяч кельвинов) белого карлика. Такая подсветка возбуждает атомы разлетающегося газового облака, которые в результате сами делаются источником фотонов разных длин волн (например, атомы кислорода при возвращении в основное состояние светятся голубым). Это свечение продолжается сравнительно недолго, тысячи или, максимум, десятки тысяч лет. Потом планетарная туманность остывает и рассеивается в пространстве.

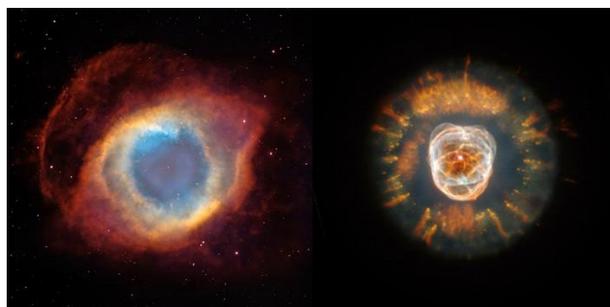


Рис. 3. Планетарные туманности Улитка (NGC 7293, слева) и Эскимо (NGC 2392). Оба изображения в искусственных цветах: монохромным снимкам, сделанным через разные фильтры, пропускающие свет только определенной длины волны, были присвоены привычные человеческому глазу цвета, а затем эти снимки были сложены в единое изображение. Фотографии с сайтов hubblesite.org и spacetelescope.org

В конце концов от звезды средней массы остается углеродно-кислородное ядро (возможно, с небольшим включением более тяжелых элементов), окруженное атмосферой из чистого водорода или смеси водорода и гелия (в разных пропорциях), нагретой до десятков и даже сотен тысяч градусов. Это и есть типичный белый карлик. Существуют также белые карлики с чисто гелиевыми ядрами — это останки самых легких звезд. Все сказанное справедливо лишь для звезд, не входящих в тесные

пары — о них особый разговор. Стоит отметить, что одиночные звезды с массами свыше 11 солнечных претерпевают гравитационный коллапс и превращаются в сверхновые.

Масса большинства белых карликов составляет от 0,5 до 1,3 массы Солнца, а средний радиус не превышает сотой доли солнечного. Правда, есть и выдающиеся (в обе стороны) примеры. Масса самого легкого на сегодняшний день карлика J0917+46 равна 0,17 массы Солнца (рис. 3), он же и самый большой, и самый рыхлый: его радиус составляет 8% солнечного. Самый тяжелый из известных белых карликов WD1143+321, как считается, тянет на 1,52 солнечной массы, но эта оценка не стопроцентно достоверна.

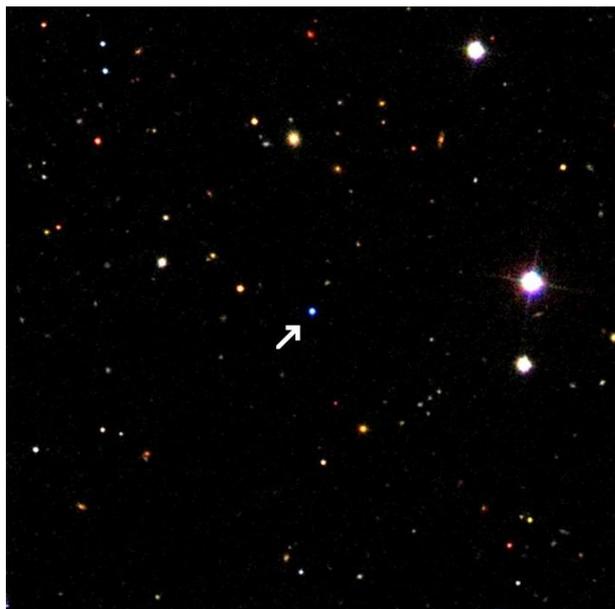


Рис. 4. Белый карлик J0917+46, расположенный на расстоянии примерно 7400 световых лет от нас на границе созвездий Рысь и Большая Медведица, — самый легкий из известных на сегодня: его масса составляет всего 17% от массы Солнца. Он обращается вокруг близкой звезды-компаньона, которая не видна на этом снимке. Размер кадра по стороне — примерно 4 угловые минуты, площадь неба, попавшая в кадр, составляет примерно 1/40 от площади полного лунного диска. Фото с сайта cfa.harvard.edu

Температуру ядра новорожденного карлика оценивают приблизительно в сто миллионов кельвинов. Естественно, оно остывает, но чрезвычайно медленно: чтобы она уменьшилась в 25 раз, то есть до 4 миллионов кельвинов, нужно без малого полтора миллиарда лет. Время, за которое белый карлик охладится до температуры окружающего пространства (точнее, до температуры реликтового излучения), измеряется сотнями миллиардов или даже триллионами лет. Стоит отметить, что первые теоретические оценки скорости остывания белых карликов сделал британский астрофизик Леон Местель (Leon Mestel) еще в начале 1950-х годов, и с тех пор они неоднократно уточнялись.

Горячие светлячки космоса

Открытием первого белого карлика наука обязана великому британскому астроному Уильяму Гершелю. 31 января 1783 года он наблюдал в телескоп довольно яркую (четвертой звездной величины) звезду в южном созвездии Эридана. Эта звезда, удаленная, как мы теперь знаем, на шестнадцать с половиной световых лет от Солнца, была известна под несколькими именами. В начале XVIII века первый Королевский астроном Британии и основатель Гринвичской обсерватории Джон Флемстид включил ее в свой звездный каталог под именем 40 Эридана (кстати, именно он ввел в астрономическую практику присвоение звездам индивидуальных номеров в каждом созвездии). Гершель заметил, что 40 Эридана имеет необычный спутник — гравитационно связанную звездную пару (то есть является частью тройной звездной системы). Эта пара состоит из красноватой звезды 11-й величины и чуть менее тусклой белой звезды 9-й величины. Гершель внес ее в свой каталог двойных звезд, опубликованный в 1785 году. Позднее эту пару неоднократно наблюдали и другие астрономы, однако считали ее вполне рядовой (за исключением того, что она была частью тройной системы) и особого внимания ей не уделяли. Звезда 9-й величины 40 Эридана В была белым карликом.



Рис. 5. Снимок звезд тройной системы 40 Эридана. Эта система находится на расстоянии немногим больше 16 световых лет от Солнца. 40 Эридана А — оранжевый карлик спектрального класса K1V с массой около 0,84 массы Солнца. Эта звезда видна невооруженным глазом (звездная величина — 4,42) и имеет традиционное название Кеид. Пара 40 Эридана ВС, состоящая из белого карлика (В, ~0,5 массы Солнца) и красного карлика (С, ~0,2 массы Солнца), обращается вокруг главной звезды системы примерно за 8 тысяч лет по орбите радиусом 400 а.е. По отдельности звезды этой пары впервые разглядел в 1783 году Уильям Гершель, а в 1910 году при помощи спектрометрических исследований было установлено, что 40 Эридана В — это белый карлик. Изображение с сайта cloudynights.com

Следующий шаг сделал замечательный немецкий астроном и математик, основатель Кенигсбергской обсерватории Фридрих Вильгельм Бессель. В 1844 году он заметил слабые аномалии движения двух ярких звезд-соседей — α Большого Пса, Сириуса, и α Малого Пса, Проциона. Надо сказать, что это потребовало гигантских усилий. Бессель сравнивал данные о видимом движении нескольких опорных звезд, собранных течение 90 лет наблюдателями в Западной и Восточной Европе (в том числе в России) и в Кейптауне. Он смог выявить очень малые (порядка нескольких угловых секунд) отклонения собственного движения Сириуса и Проциона от ожидаемой прямой линии на небесной сфере и предположил, что обе звезды входят в двойные системы, а эти отклонения объясняются притяжением их еще не открытых спутников.

Гипотеза оказалась верной, но Бессель об этом не узнал — два года спустя он умер от рака. В 1851 году его преемник на посту директора Кенигсбергской обсерватории Кристиан Август Фридрих Петерс показал, что пока еще невидимый спутник Сириуса обращается по сильно вытянутой эллиптической орбите с пятидесятилетним периодом, что с удивительной точностью совпадает с современными данными.

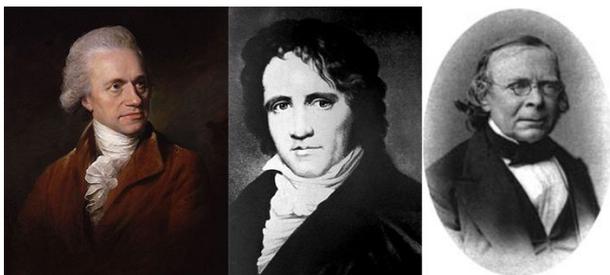


Рис. 6. Слева направо: Уильям Гершель (1738–1822, портрет авторства Лемюэля Эбботта), Фридрих Бессель (1784–1846) и Кристиан Петерс (1806–1880). Изображения с сайта ru.wikipedia.org

Первыми спутник Сириуса наблюдали владелец бостонской оптической фирмы Элвин Кларк и его сын и тезка, Элвин Грэм Кларк-младший. Произошло это случайно. Ясным вечером 31 января 1862 года они проверяли качество линз для телескопа-рефрактора, заказанного университетом Миссисипи. Поскольку труба телескопа не была еще готова, линзы смонтировали на временной раме, подвешенной к вращающейся стреле. Кларк-младший направил сборку на Сириус и буквально через несколько секунд заметил вблизи него очень тусклую звезду. Это и был предсказанный Бесселем спутник самой яркой звезды земного небосвода, о чем Кларки тогда не знали. Вскоре директор обсерватории Гарвардского колледжа Джордж Бонд сообщил об открытии в *American Journal of Science*, особо отметив, что замеченное Кларками небесное тело может оказаться именно тем спутником Сириуса, о котором писали Бессель и Петерс. Когда этот выпуск журнала был доставлен в Европу, астрономы подтвердили наблюдения Кларков. В этом же году Французская академия наук присудила Кларку-старшему свою высшую ежегодную награду за астрономические исследования — Лаландовскую

премию. А после того, как его фирма уже в 1880-е годы блестяще выполнила заказ Пулковской обсерватории на изготовление 30-дюймового объектива для нового телескопа, он получил золотую медаль от Александра III. В общем, бостонский оптик-самоучка не посрамил памяти своего пращура Томаса Кларка, одного из пассажиров знаменитого «Мэйфлауэра».

Но вернемся к спутнику Сириуса. В первое время его называли *Sirius comes* — «компаньон Сириуса» в переводе с латыни. В конце концов в соответствии с традицией, он получил имя Сириус В, а к названию Сириуса добавили букву А. Астрономы также сразу убедились, что видимая яркость новооткрытого Сириуса В на четыре порядка ниже, чем у сверкающего собрата. Само по себе это было весьма необычным, поскольку уже были известны сотни двойных звездных систем, но подобных различий в яркости еще не наблюдали.

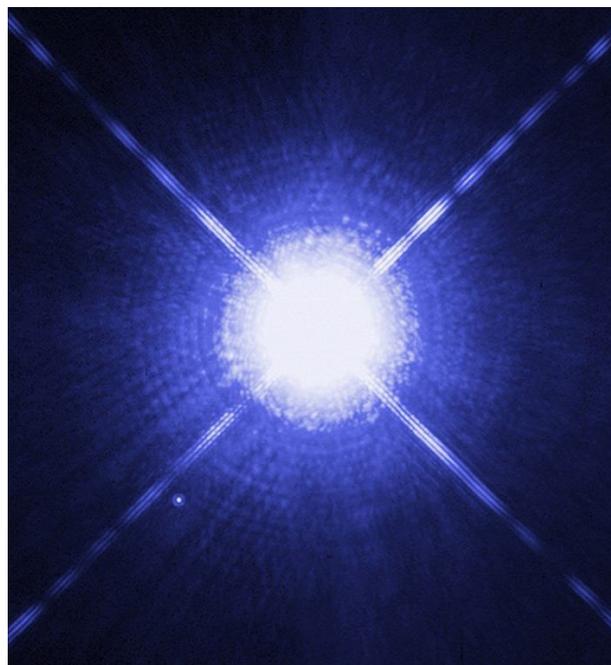


Рис. 7. Двойная звезда Сириус. Компонент этой системы Сириус В — белый карлик. На фото это небольшая точка левее и ниже гораздо более яркого компонента Сириус А, который является ярчайшей звездой на ночном небе. Фото телескопа «Хаббл» с сайта en.wikipedia.org

Четыре года спустя ситуация стала еще парадоксальней. В 1866 году директор Пулковской обсерватории Отто Струве (именно он через 13 лет посетил Кларка в Бостоне и заказал линзы для нового телескопа) пришел к выводу, что масса Сириуса А вдвое больше солнечной, а масса Сириуса В примерно ей равна (по современным данным, она составляет лишь 0,57 солнечной массы). Получалось, что массы звезд различаются вдвое, а светимости — в 10 тысяч раз. Это было еще одной загадкой спутника Сириуса. Струве понял важность этого парадокса и фактически пришел к выводу, что Сириус В по своей природе радикально отличается от Сириуса А. Насколько велико это различие, стало ясным только через 60 лет.

Потом подошла очередь Проциона. В 1896 году директор Ликской обсерватории Джон Шеберле обнаружил у него слабосветящийся спутник, предсказанный Бесселем. Это позволяло предположить, что существуют и другие вполне массивные звезды с аномально малой интегральной (то есть полной) светимостью.

В рамках тогдашних скромных знаний о происхождении звезд можно было предположить, что Сириус и Процион каким-то образом обзавелись массивными, но сравнительно холодными спутниками. Это казалось тем более вероятным, что звезду 40 Эрида В с массой в 0,4 массы Солнца считали красным карликом, сходным с 40 Эрида С. Однако в 1910 году сотрудник Гарвардской обсерватории Вильямина Флеминг к всеобщему удивлению обнаружила, что спектр этой звезды принадлежит тому же классу, что и спектр горячего Сириуса. Отсюда следовало, что ее температура сравнима с температурой Сириуса (сейчас известно, что она в два с половиной раза выше — 25 200 кельвинов против десяти тысяч). В 1915 году американец Уолтер Сидни Адамс отнес и Сириус В в один спектральный класс с Сириусом А. Но коль скоро две звезды равноудалены от Земли, примерно одинаково нагреты и в десять тысяч раз отличаются по светимости, то площади их поверхностей должны различаться в той же пропорции. Отсюда сразу следует, что радиус Сириуса В в сто раз меньше радиуса Сириуса А, а средняя плотность его вещества почти в миллион (100 в третьей степени) раз больше! Получалось, что Сириус В (а по аналогии — и 40 Эрида В) нужно отнести к неизвестному семейству сверхплотных и сверхкомпактных звезд.

В 1917 году Адриан ван Маанен из калифорнийской обсерватории Маунт Вильсон открыл в зодиакальном созвездии Рыб на расстоянии 14 световых лет от Солнца еще одну (на этот раз одиночную) звезду того же типа, которой через шесть лет присвоили его имя. Сейчас эти три звезды называют классическими белыми карликами.

Сириус В, 40 Эрида В и звезда ван Маанена находятся в радиусе пяти парсек от Солнца и потому обладают значительными собственными движениями — смещаются на небесной сфере относительно более далеких и потому кажущихся неподвижными светил. В 1923 году американский астроном с голландскими корнями Виллем Якоб Лейтен опубликовал каталог таких «путешествующих» звезд, включив туда эту тройцу. Ввиду их очевидного сходства он назвал их белыми карликами, и это название стало общепринятым. Стоит отметить, что Лейтен всю свою долгую жизнь (он умер в 1994 году) занимался измерениями звездных смещений и определил их для нескольких сотен тысяч звезд.

Их много, но будет больше

Целенаправленный поиск белых карликов начался в 1930-е годы. Пионером в этом деле стал Виллем Лейтен. Он исходил из вполне естественного

предположения, что даже в самые мощные (естественно, по тому времени) телескопы можно наблюдать лишь белые карлики в сравнительной близости от Солнца — все прочие не видны из-за малой светимости. Поскольку близким звездам свойственны заметные собственные движения, именно среди них белые карлики и следует искать. Эта стратегия оказалась успешной. Лейтен нашел немало кандидатов в белые карлики, чья природа была удостоверена с помощью анализа спектров их излучения. Белым карликом оказался и открытый Джоном Шеберле спутник Проциона.

Во второй половине XX века белые карлики принялись искать разными методами и много активней. В 1999 году был опубликован каталог, содержащий свыше 2200 звезд этого семейства. Их список увеличился вчетверо в результате Слоановского цифрового обзора небосвода (Sloan Digital Sky Survey), осуществление которого началось в 2000 году. Его ведут на 250-сантиметровом телескопе обсерватории Апачи-Пойнт в штате Нью-Мексико, оборудованном уникальной цифровой фотокамерой и спектрографами высокого разрешения. В 2006 году команда этого проекта опубликовала каталог из 9316 белых карликов, причем около шести тысяч нашли в ходе самого обзора. Каталог 2013 года содержит уже 19 712 белых карликов (S. J. Kleinman et al., 2012. SDSS DR7 White Dwarf Catalog).

Все известные белые карлики принадлежат нашей Галактике. Даже самый далекий из них RX J0439.8-6809 находится в ее гало на расстоянии 30 тысяч световых лет от Солнца (K. Werner, T. Rauch, 2015. Analysis of HST/COS spectra of the bare C–O stellar core H1504+65 and a high-velocity twin in the Galactic halo). Не удивительно, что он и самый горячий: температура его атмосферы составляет 250 тысяч кельвинов. Кстати, поверхность самого холодного представителя этого семейства нагрета всего до 3 тысяч кельвинов. Не приходится сомневаться, что белые карлики в изобилии имеются в других галактиках и что свыше 95% ныне активных звезд завершат жизнь, превратившись именно в белых карликов. Для идентификации белого карлика нужно промерить его спектр. Это стало ясным уже при изучении тройки классических белых карликов. Первая серия таких наблюдений в постклассическую (если это определение здесь уместно) эпоху была выполнена в 1930-е годы замечательным голландским астрономом Джерардом Койпером (кто не слышал о поясе Койпера?), который к тому времени перебрался в США. В 1941 году он опубликовал список из 38 белых карликов, утвержденных в этом статусе с помощью спектрографических наблюдений. Девять из них были ранее предложены в качестве кандидатов Лейтенем из его подборки звезд с заметными собственными движениями, прочие были отобраны по иным критериям. На основании своих наблюдений Койпер предложил первую, еще очень приблизительную, классификацию спектров белых карликов, которые, по его собственным словам, «демонстрировали лишь отдаленное сходство со спектрами обычных звезд».

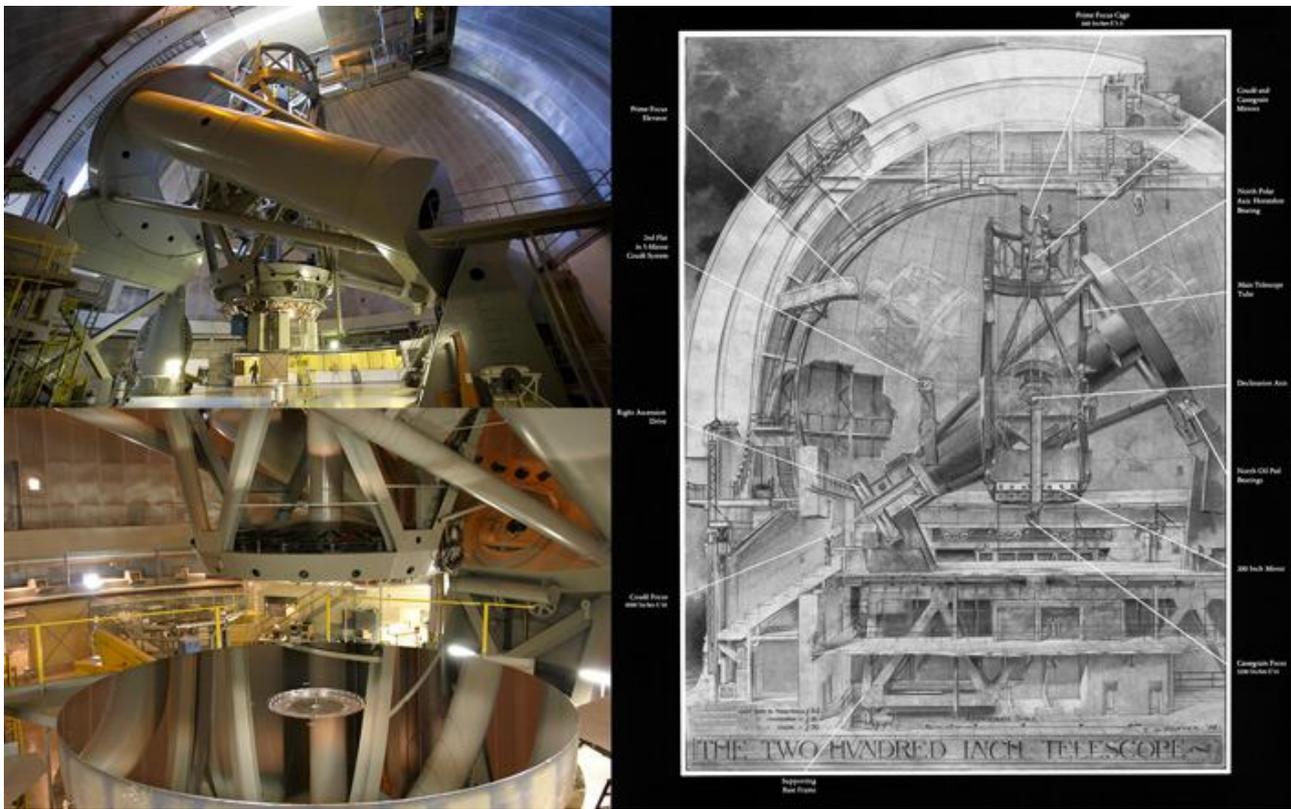


Рис. 8. Телескоп Хейла и его внутреннее устройство. Слева сверху: общий вид на телескоп изнутри купола. Телескоп установлен на экваториальной монтировке типа «ядро с подковой». С 1949 год и вплоть до ввода в строй 6-метрового БТА в 1976 году телескоп Хейла был крупнейшим в мире. Слева внизу: его зеркало во время технического обслуживания (его делают примерно раз в два года, чтобы подлатать тонкий слой алюминиевого покрытия). Справа: схема строения телескопа, выполненная Расселом Портером (Russell W. Porter). Видно, как идут лучи света внутри телескопа к двум его рабочим окулярам (Cassegrain focus и Coude focus). Изображения с сайтов jpl.nasa.gov и astro.caltech.edu

Еще одну номенклатуру в 1945 году предложил Лейтен, которых продолжал интересоваться белыми карликами. Число известных звезд этой группы к тому времени достигло восьмидесяти.

В 1948 году в астрономии произошло поистине великое событие. В калифорнийской обсерватории Маунт-Паломар неподалеку от Пасадены приступил к работе самый большой (и надолго оставшийся таковым!) телескоп с двухсотдюймовым зеркалом, названный в честь инициатора создания гигантских телескопов-рефлекторов Джорджа Эллери Хейла. Право первых наблюдений на этом инструменте получили сотрудники Калифорнийского технологического института и Смитсоновского института. Многолетний и весьма авторитетный сотрудник Йеркской обсерватории астрофизик Джесси Гринстайн, который именно тогда стал первым профессором астрономии Калтеха, без задержки воспользовался этой возможностью для спектрального анализа излучения кандидатов в белые карлики. Такие звезды уже считались на

тысячи, но до выявления их спектральных подписей были обречены оставаться в подвешенном статусе. Гринстайн изучил спектрограммы более чем пяти сотен тусклых звезд, большинство из которых оказались белыми карликами. К слову, он же создал в Калтехе радиоастрономическую группу и приложил немалые усилия для организации Национальной радиоастрономической обсерватории (National Radio Astronomy Observatory) в штате Вирджиния.

Вся сила в спектрах

Идентификация сотен белых карликов привела к значительному прогрессу в исследовании их свойств. Во второй половине XX века астрономы создали детальную классификацию их спектров, учитывающую температуры и наличие или отсутствие линий поглощения различных элементов. Например, класс DA объединяет белые карлики, чьи спектры содержат только линии основной (бальмеровской) серии водорода. В класс DZ включены самые холодные карлики с температурами не выше 9 тысяч кельвинов, чьи спектры не содержат подписей водорода и гелия, однако демонстрируют присутствие углерода и более тяжелых элементов — магния, кальция и даже железа. Сириус В и 40 Эридана В — очень типичные представители класса DA. Напротив, излучение белого карлика, открытого ван Мааненом, свидетельствует о наличии кальция в его внешней оболочке — это спектральный класс DZ. Разумеется, элементы тяжелее магния не могут синтезироваться в ядрах звезд, дающих начало белым карликам. Они приходят из окружающего пространства в результате космического загрязнения (согласно самой распространенной гипотезе — из-за падения на поверхность карлика небольших твердых тел) и

постепенно опускаются в их глубинные слои под действием тяготения.

Спектрограммы белых карликов (как и любых звезд), конечно, обретают смысл только в контексте теоретических моделей звездной эволюции и динамики звездных атмосфер. Они содержат информацию, позволяющую определить эффективную температуру белого карлика, его радиус, массу, химический состав атмосферы и силу тяготения на поверхности. Вряд ли стоит уточнять, что вот уже более полувека эти вычисления производят с помощью компьютерных методов, которые постоянно совершенствуются.

Информационный потенциал спектрального анализа в общем плане нетрудно объяснить. Общая форма спектра звезды прежде всего определяется эффективной температурой ее поверхности. Чем горячее звезда, тем сильнее ее излучение сдвинуто в область коротких длин волн (или, что то же самое, высоких частот). Спектр содержит темные линии, которые свидетельствуют, что на некоторых частотах излучение поглощается присутствующими в звездной атмосфере атомами. Ширина этих линий зависит от величины тяготения на поверхности звезды, которое замедляет течение времени и тем самым уменьшает частоту испускаемых фотонов — это эффект гравитационного красного смещения. Поэтому, чем сильнее тяготение (а на поверхности белого карлика оно на 4–6 порядков больше земного), тем, как правило, шире линии поглощения. Поскольку тяготение определяется массой карлика, промеры ширины линий поглощения позволяют ее вычислить. Наконец, поскольку электронные оболочки атомов поглощают электромагнитные волны лишь на определенных частотах, надежно выявленных лабораторными измерениями, анализ спектрограмм позволяет судить и о химическом составе звездной атмосферы.

Спектры белых карликов отличаются от спектров звезд главной последовательности как общей формой, так и наборами и шириной линий поглощения (например, у них уширение гораздо больше из-за большой силы тяготения). Например, у очень распространенных белых карликов упомянутого выше класса DA в спектрах один только водород. У самых горячих звезд главной последовательности класса O с примерно такой же температурой поверхности (25–100 тысяч кельвинов) водорода нет или очень мало, но есть гелий, углерод, азот, кислород и кремний. В спектре фотосферы Солнца вообще десятки тысяч линий поглощения великого множества элементов, а в солнечных пятнах регистрируется даже наличие некоторых термоустойчивых молекул, например, CN.

Конечно, эту информацию нужно еще получить и обработать. Сегодня в распоряжении астрономов имеются высокочувствительные детекторы излучения, оснащенные мегапиксельными матрицами с зарядовой связью. Уже пару десятилетий назад такие приборы позволяли определять эффективные температуры большинства

белых карликов с точностью до одного процента. Такова же по порядку величины и средняя точность измерения прочих физических характеристик белых карликов.

Пульсации и магнетизм

Без малого 400 лет (точнее, с 1638 года, когда Иоганн Хотьварда (Johannes Holwarda) установил переменность звезды Мира) астрономам известно, что некоторые нормальные звезды периодически меняют блеск. Для этого есть разные причины: в частности, звезда может периодически раздуваться и сжиматься — то есть пульсировать. Известно несколько типов подобных звезд, их объединяют под общим названием «пульсаторы». Около полувека назад были обнаружены пульсирующие белые карлики.

Как нередко бывает, произошло это практически случайно. В середине 1960-х годов астроном из университета Луизианы Арло Ландолт (Arlo U. Landolt) проводил в Национальной обсерватории Китт-Пик в штате Аризона фотометрические наблюдения за блеском нескольких тусклых звезд с переменной светимостью. Для пушей надежности (вернее, чтобы как можно меньше мешали колебания оптической плотности атмосферы), он сравнивал свет наблюдаемой звезды со светом соседки по небесной сфере, чью светимость считали постоянной. Полученные результаты почти всегда соответствовали ожиданиям, но для одной звезды они оказались просто нелепыми. Ландолт начал доискиваться до причин этой аномалии и вскоре обнаружил, что выбранная для контрольных наблюдений звезда-соседка тоже периодически меняет блеск.

Такая незадача не имела бы значения, не окажись эта звездочка белым карликом. Конечно, этим выгоревшим звездам было положено тускнеть из-за постепенного остывания. Однако никто не сомневался, что они, как показал еще Местель, остывают чрезвычайно медленно и сохраняют практически неизменный блеск на протяжении миллионов лет. Поэтому никто не ожидал, что их видимая яркость может столь заметно варьировать. Такие вариации разумно объясняются только пульсациями белого карлика.

Но главная проблема состояла в другом. Некоторые теоретические модели белых карликов допускали для них слабые пульсации, но с очень малыми периодами порядка нескольких секунд (или, самое большее, десяти-двадцати секунд). Период колебаний яркости белого карлика HL Tau 76, который наблюдал Ландолт, составил аж 750 секунд — 12 с половиной минут. Поэтому его статья *A New Short-Period Blue Variable*, опубликованная в 1968 году на страницах *Astrophysical Journal*, стала настоящей сенсацией.

Дальше эта загадка стала еще интересней. Замеченные Ландолтом изменения блеска приблизительно соответствовали синусоиде. В 1971 году Барри Ласкер (Barry Lasker) и Джеймс Хессер

(James E. Hesser) обнаружили белый карлик R548, чья световая кривая демонстрировала не синусоидальные колебания, а биения между двумя модами с периодами 213 и 274 секунд (B. M. Lasker, J. E. Hesser, 1971. High-Frequency Stellar Oscillations. VI. R548, a Periodically Variable White Dwarf). Кстати, ранее этот карлик был внесен в каталог переменных звезд, но как обычная звезда. Через несколько лет более точные наблюдения показали, что его излучение имеет и дополнительные иррегулярности. В общем, к середине 1970-х стало ясно, что белые карлики могут пульсировать, да к тому же весьма экзотическим образом. В дальнейшем число открытых пульсаторов этого типа быстро росло и к началу XXI века достигло примерно сотни.

Загадка пульсирующих белых карликов была столь интересной, что не могла не привлечь внимания множества астрономов. Сейчас она разрешена в общих чертах, но многие детали еще предстоит выяснить. Если коротко, то изменения световых кривых белых карликов возникают благодаря сложному устроенным волнам плотности, ионизации и температуры вещества этой звезды поблизости или не слишком далеко от ее поверхности. Эти волны не похожи на звуковые колебания и больше напоминают волны на поверхности воды. Своим возникновением они обязаны не колебаниям давления звездного вещества, а изменениям его плавучести в поле тяготения внутренних слоев звезды (так называемые *gravity modes*, или *g modes*). Они не обладают радиальной симметрией и поэтому неодинаково распространяются по различным направлениям. Как легко предположить, известны несколько групп белых карликов (шесть в настоящее время), для каждой из которых характерен свой тип подобных волновых процессов. Эти волны вызывают смещения атмосферы карлика и осцилляции ее температуры, которые и влекут за собой изменения блеска.

В нашем веке астрономы уделяют огромное внимание пульсирующим белым карликам. Они уже не выглядят чем-то экстравагантным — напротив, вполне типичны. Сейчас известно, что большинство этих звезд, за исключением только сильно немагнитных, в течение своего долгого жизненного пути хотя бы раз проходят через стадию пульсаций. Например, карлики класса DA начинают пульсировать, когда температура их поверхности опускается до 13 000 кельвинов. При этой температуре протоны начинают присоединять электроны, превращаясь в нейтральные атомы водорода. Этот процесс меняет тепловой баланс внутри белого карлика, что и запускает механизм пульсаций. Они продолжаются в течение нескольких сотен миллионов лет, до тех пор, пока поверхность не охладится еще примерно на две тысячи градусов. Сириус В, который относится как раз к этому классу, впадет в пульсационную стадию приблизительно через миллиард лет.

Наблюдения пульсаций белых карликов (которые, напомним, проявляют себя изменениями их видимого блеска) и сравнение полученных результатов с

модельными симуляциями позволяет получить уникальную информацию об их строении и скорости вращения. Этот раздел звездной астрономии, получивший название астросейсмологии, в наши дни весьма активно развивается. Разумеется, таким способом изучают и другие звезды, в том числе и Солнце (в этом случае его называют гелиосейсмологией). Полноты ради стоит отметить, что вертикальные колебания солнечной поверхности, типичные периоды которых составляет несколько минут, а типичные скорости — примерно 1 км/сек, были открыты еще в начале 1960-х годов.

А на сладкое нечто совсем уж новое. Сейсмология белых карликов может дать ценную информацию по ряду фундаментальных проблем физики. Теоретики полагают, что она позволит оценить верхний предел массы аксионов, гипотетических сверхлегких частиц, которые рассматривают как основных кандидатов в частицы темной материи (A. N. Corsico et al., 2012. An independent limit on the axion mass from the variable white dwarf star R548). Есть надежда, что она также позволит измерить дипольный магнитный момент нейтрино. В Стандартной модели элементарных частиц он равен нулю, однако, как допускают многие теоретики, в реальности может иметь и ненулевое значение. И, наконец, может случиться так, что применение методов астросейсмологии позволит ответить на вопрос, не изменяется ли во времени и пространстве гравитационная постоянная, которая в общей теории относительности считается абсолютной константой. Вот как много можно получить (или надеяться получить) от этих догорающих звездных останков!

Осталось сказать несколько слов о магнитных свойствах белых карликов. Выявить и оценить магнитное поле любой звезды в принципе нетрудно, поскольку оно вызывает поляризацию ее излучения и расщепление спектральных линий. Конечно, здесь имеются технические сложности, но они преодолимы. Уже установлено, что магнитные поля белых карликов далеко не одинаковы по силе. Их типичный диапазон простирается от десятков килогауссов до пятисот — а возможно, даже и тысячи — мегагауссов (для сравнения, у Солнца — в среднем 50 гауссов). Интересно, что температуры замagnetизированных белых карликов и карликов с очень малыми магнитными полями лежат в одном и том же диапазоне. Напротив, средняя масса магнитных белых карликов в полтора раза больше, чем немагнитных — 93% солнечной массы против 60%. Скорее всего, причина заключается в том, что они формируются из более массивных звезд.

Гигантские масштабы магнитных полей белых карликов вполне понятны. Их предшественники — звезды главной последовательности с достаточно сильными (конечно, для этих звезд) магнитными полями. При сжатии силовые линии магнитного поля звезды оказываются вморожены (это вполне профессиональный термин) во внутризвездную плазму. Благодаря этому сохраняется магнитный поток, который пропорционален произведению силы магнитного поля на квадрат звездного радиуса. Следовательно, если радиус карлика в сто раз

меньше радиуса материнской звезды, то для сохранения потока напряженность магнитного поля должна возрасти в десять тысяч раз. Так что если поле звезды-родительницы составляло 200 гауссов (что вчетверо больше, чем у Солнца), то магнитное поле на поверхности белого карлика будет равно двум мегагауссам. Не такая уж редкая намагниченность звезды-предшественницы в 25 килогауссов у карлика обернется полем в 250 мегагауссов. Как говорится, не слабо! Впрочем, это самый типичный сценарий, а есть и более экстравагантные. Стоит отметить, что полями в сотни мегагауссов располагают приблизительно 10 процентов белых карликов.

То, о чем не говорилось

Рассказ о белых карликах можно вести и дальше — тема эта очень богата. Однако, как неоднократно предупреждал Козьма Прутков, нельзя объять необъятное. Поэтому приведу несколько вариантов ее развития, не реализованных в этой статье.

Выше речь в основном шла о белых карликах, которые рождены светилами, не имеющими гравитационно связанных близких соседей. Но примерно половина звезд входит в двойные системы. Иногда дистанции между спаренными звездами настолько малы, что становится возможным переток вещества из одной звезды в другую. В таких системах тоже могут родиться белые карлики — однако, со своими особенностями. Вот лишь один пример.

Одинокая звезда с начальной массой более 11 солнечных масс не имеет шансов превратиться в белый карлик. Другое дело, если у нее есть звезда-компаньон с меньшей массой. Как показывают модельные вычисления, в этом случае даже звезда несколько (но не слишком!) тяжелее одиннадцати солнц может стать кислородно-неоновым белым карликом с массой от 1,1 до 1,4 массы Солнца. Особенно удивляться этому не стоит. Как писал ныне полузабытый классик марксизма, нельзя жить в обществе и быть свободным от его влияния.

Если белый карлик тесно спарен со звездой главной последовательности, аккреция плазмы из ее раздувшейся атмосферы может заставить его взорваться сверхновой типа Ia. Такие сверхновые проявляют довольно сильную стабильность в мощности и характере затухания излучения. У них примерно одинаковая пиковая светимость, в четыре миллиарда раз превышающая солнечную. Такое постоянство не абсолютно, но отклонения от среднего уровня не превышают 20–30% и без особых проблем поддаются учету. Поэтому наблюдение подобных взрывов позволяет довольно надежно оценить расстояния на космологических дистанциях, откуда излучение достигает Земли с красным смещением порядка единицы. В последние годы XX века этот метод сыграл первостепенную роль в состоявшемся в открытии ускоренного расширения Вселенной. Возможность белых карликов превращаться в так называемые стандартные свечи для сверхдальнего определения

астрономических масштабов очень важна, но и ее я оставлю за кадром.

В наши дни определение спектральных характеристик белых карликов и модели их остывания разработаны много лучше, чем во времена Местеля. Это дает возможность использовать данные по светимости белых карликов для получения ценной информации о динамике нашей Галактики. Вот еще одна отличная тема, которой я не коснулся.

Наконец, нельзя хотя бы вкратце не упомянуть загадку сверхвысокой плотности вещества белых карликов. Она была в принципе решена в 1926 году кембриджским астрофизиком Ральфом Фаулером. Через несколько лет другие ученые показали, что его модель работает лишь до достижения массой карлика верхней границы, которую сейчас называют пределом Чандрасекара. Уже во второй половине прошлого века теоретики выяснили, что этот предел первоначально был вычислен на основе предположений о свойствах вещества в центре белых карликов, которые физически никогда не реализуются. Эта история чрезвычайно интересна, но совсем коротко ее не расскажешь, а детальное изложение заведет нас слишком далеко. Поэтому попрошу читателей немного подождать. Осенью новосибирский журнал «Наука из первых рук» обещал опубликовать мою статью, целиком посвященную этой теме.

В заключение хочу развлечь читателей историей из разряда «нарочно не придумаешь». В 1970 году Виллем Лейтен запросил у Национальной ассоциации в поддержку науки грант для финансирования конференции по белым карликам, которая готовилась в Шотландии. Через несколько недель он получил официальный запрос от Генерального хирурга США, который желал узнать, будут ли на этой встрече обсуждаться или демонстрироваться эксперименты на людях. В письме сообщалось также, что закон запрещает выделять деньги из федеральной казны на организацию расово сегрегированных конференций. Впору процитировать Ильфа и Петрова: «Все рассказанное — не выдумки. Выдумать можно было бы и посмешнее».

Источники:

- 1) Kevin B. Burdge, Michael W. Coughlin, Jim Fuller, Thomas Kupfer, Eric C. Bellm, Lars Bildsten, Matthew J. Graham, David L. Kaplan, Jan van Roestel, Richard G. Dekany, Dmitry A. Duev, Michael Feeney, Matteo Giomi, George Helou, Stephen Kaye, Russ R. Laher, Ashish A. Mahabal, Frank J. Masci, Reed Riddle, David L. Shupe, Maayane T. Soumagnac, Roger M. Smith, Paula Szkody, Richard Walters, S. R. Kulkarni & Thomas A. Prince. General relativistic orbital decay in a seven-minute-orbital-period eclipsing binary system // Nature. 2019. DOI: 10.1038/s41586-019-1403-0.
- 2) Tyson B. Littenberg, Neil J. Cornish. Prospects for Gravitational Wave Measurement of ZTF J1539+5027 // The Astrophysical Journal Letters. 2019. DOI: 10.3847/2041-8213/ab385f.

Алексей Левин

https://elementy.ru/novosti_nauki/t/1763182/Aleksey_Levin

История астрономии начала 21 века

2007г 10 января на территорию Алтайского края упал метеорит. Эпицентр падения осколков космического тела нашли в мае южнее села Раздольного Родинского района. Уже в полевых условиях, применяя новейшую методику московского ученого Евгения Дмитриева по оперативному обнаружению выпавшего на Землю кометного вещества, поисковики пришли к выводу: в алтайской степи упал не традиционный астероидный (такие прилетают на Землю, как правило, с соседних планет - Луны, Марса), а кометный метеорит - с окраин Солнечной системы или даже из-за ее пределов.

Один из привезенных с Алтая обломков был идентифицирован в ГЕОХИ РАН как железокосменный метеорит, но там посчитали, что он имеет отношение к более раннему падению. Основная масса мелких осколков (нашли их в эпицентре падения большой россыпью и привезли с собой более 200 штук) определяется как тектитные, то есть кометные осколки. Состав находки оказался во многом идентичен метеориту, упавшему в 1990 году под Стерлитамаком в Башкирии.

2007г 25 апреля Европейские ученые сделали сенсационное открытие в области астрономии. Исследователи впервые обнаружили за пределами Солнечной системы планету, потенциально пригодную для жизни. Небесное тело, условно обозначенное «581 СИ», находится в созвездии Весов. От Земли его отделяют более 20 световых лет (около 200 триллионов километров), передает НТВ. Астрофизики полагают, что температура на поверхности планеты не превышает 40 градусов по Цельсию. Согласно расчетам, на «581 СИ», возможно, есть вода и должна быть атмосфера.



2007г 22 февраля в 06:28 (21 февраля в 21:28 UTC) с космодрома Утиноура (Япония) с помощью ракеты-носителя М-V запущен японский научный спутник для исследования космического пространства в инфракрасном диапазоне Akari (или Astro-F) (2006-005A, яп. «Свет»). Тип телескопа: Система Ричи-Кретьена,

Диаметр: 68,5 см, Фокусное расстояние: 4200 мм. Волновой диапазон: видимый, инфракрасный. Высота орбиты: 701×706 км, Период обращения: 98.86 мин, Масса: 952 кг. Вместе с обсерваторией на орбиту попутно также был выведены две полезные нагрузки — радиолобительский наноспутник CUTE-1.7 и экспериментальный солнечный парус Solar Sail.

Akari является продолжением миссии спутника IRAS, запущенном в 1983 году. Кроме Японии в разработке и изготовлении спутника приняли участие несколько британских и голландских организаций и учреждений. Кроме того ЕКА предоставила свои станции и центры для связи со спутником, обеспечения полёта и восстановления текущей ориентации обсерватории. Основная задача спутника состоит в создании инфракрасной карты небесной сферы в диапазоне от 50 мкм до 180 мкм с большей разрешающей способностью и с большей чувствительностью, чем у спутника IRAS, кроме этого в число исследований включено: поиск и изучение протогалактик; изучение процесса образования и эволюции звёзд и планетных систем; поиск коричневых карликов; поиск экзопланет и планетных систем; поиск комет

Инструменты:

FIS (Far-Infrared Surveyor) - Обзорная камера дальнего инфракрасного диапазона, предназначена для наблюдения в диапазоне от 50 до 180 мкм.

IRC (Infrared Camera) - Фотометрическая инфракрасная камера для работы в ближнем и среднем диапазоне, состоит из трёх частей: NIR, MIR-S, MIR-L которые предназначены для наблюдения в диапазоне 1,7-5,5 мкм; 5,8-14,1 мкм и 12,4-26,5 мкм соответственно.

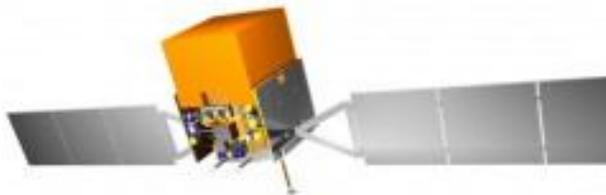
24 ноября 2011 года JAXA объявило о окончании миссии «Акари» и отключении служебных систем спутника.

2007г 13 июля увидел первый свет телескопом-рефлектором с самым крупным зеркалом в мире Большой Канарский телескоп (The Gran Telescopio CANARIAS (GTC)) — первичное шестиугольное зеркало, с эквивалентным диаметром 10,4 метра, составлено из 36 шестиугольных сегментов, изготовленных из ситаллов Zerodur, производства компании Schott AG. Оснащён активной и адаптивной оптикой. Телескоп расположен на пике потухшего вулкана Мучачос на высоте около 2400 метров выше уровня моря, на Канарском острове Пальма, в обсерватории Роке-де-лос-Мучачос. Инициатива постройки телескопа принадлежит Канарскому институту астрофизики и принцу Испании.



В работе над проектом GTC были задействованы несколько учреждений из Испании, Мексики, и университета Флориды (США). Строительство телескопа заняло 7 лет. Стоимость постройки телескопа и дополнительных инструментов: OSIRIS и CanariCam составила €105 миллионов.

По состоянию на конец 2017 года GTC возглавляет список самых больших оптических телескопов в мире.



2008г 11 июня при помощи ракеты-носителя «Дельта-II» с космодрома на мысе Канаверал (Флорида) запущен КА GLAST (Fermi Gamma-ray Large Area Space Telescope) или телескоп Ферми — космический телескоп для изучения больших областей космоса с помощью гамма-излучения с низкой земной орбиты. В задачи телескопа GLAST входит изучение космических источников гамма-излучения, таких как активные ядра галактик, чёрные дыры, нейтронные звёзды, пульсары, другие высокоэнергетические источники и тёмная материя. Дважды запуск откладывался. Первоначально была выбрана дата 16 мая 2008 года, однако из-за технических неполадок запуск отложили до пятого июня, а затем до одиннадцатого.

GLAST — совместный проект НАСА, Министерства энергетики США и правительственных агентств Франции, Италии, Японии и Швеции. Бюджет проекта составляет 690 миллионов американских долларов, из них 600 миллионов предоставили США. Телескоп обращается вокруг Земли на высоте 565 километров.

Оценочное время его эксплуатации — от пяти до десяти лет.

2008г 1 августа произошло полное солнечное затмение, полоса которого проходила через г.Новосибирск. Полная фаза в Новосибирске наступила в 17 часов 44 минуты 02 секунды по местному летнему времени и продлилась до 17 часов 46 минут 20 секунд. 2 минуты и 18 секунд наслаждались видом замечательнейшего астрономического явления (а если наблюдатель находился на 18 км западнее, где проходил центр затмения, то на 2 секунды больше).

Для России и стран СНГ затмение 1 августа 2008 года особенное. В густонаселенной территории нашей страны дальше нельзя будет наблюдать ни одного полного солнечного затмения до 20 апреля 2061 года! А до него через 18 лет после нынешнего затмения полоса полной фазы захватит небольшую северо-восточную часть полуострова Таймыр. Это произойдет 12 августа 2026 года, но попасть в данный район для наблюдений, пожалуй, труднее, чем слетать в Америку. В следующий раз тень Луны упадет на территорию России 9 апреля 2043 года (еще через 18 лет). И на этот раз полное затмение смогут наблюдать лишь жители населенных пунктов Чукотки и Камчатки, причем в весьма неблагоприятных условиях.



2009г 6 марта 2009 года в 22:49 по времени Восточного побережья США (7 марта в 06:49 по московскому времени) с База военно-воздушных сил на мысе Канаверал, Флорида ракетой-носителем Delta II состоялся Запуск КА «Кеплер» — космический фотометр, созданный НАСА, который должен стать первым космическим аппаратом, непосредственно ищущим экзопланеты, подобные Земле. Первичный подрядчик — «Ball Aerospace». Дважды, в январе и марте 2006 года, запуск откладывался из-за финансовых проблем. Миссия будет стоить приблизительно 467 миллионов долларов. Волновой диапазон 400–865 нм, высота орбиты 1а.е., период обращения 372,5 дней, масса 1039 кг, диаметр 0,95м.

Корабль будет наблюдать яркость более чем 100 000 звёзд в течение 3.5 лет, обнаруживая периодические транзиты звезды её планетами. Научная цель телескопа Кеплер состоит в том, чтобы исследовать структуру и разнообразие планетарных систем. Для этого, рассматривая множество звезд, необходимо достичь нескольких целей: Определить, сколько планет, подобных Земле, и больших планет находится возле пригодной для жизни зоны (для всех спектральных типов звёзд).



Вычислить диапазон размеров и форм орбит этих планет.

Оценить количество планет, находящихся в мультизвёздных системах.

Определить диапазон размеров орбиты, яркости, диаметра, массы и плотности короткопериодических планет-гигантов.

Обнаружить дополнительных членов в каждой найденной планетарной системы, используя другие методики.

Изучить свойства тех звёзд, у которых обнаружены планетарные системы.



В ноябре 2012 года Кеплер завершил основную часть своей миссии, но миссию продлили еще на 4 года. 16 мая 2013 появились сообщения об окончательном выходе из строя телескопа «Кеплер» из-за поломки двигателей ориентации. 30 мая 2014 года официально стартовала новая миссия «K2», которая представляет собой наблюдение за яркими звёздами разных участков в плоскости эклиптики в течение примерно 75 суток.

По состоянию на декабрь 2014 года подтверждено почти 1000 планет из около 4200 кандидатов, открытых телескопом. Среди всех кандидатов 48% имеют размеры меньше, чем 2 размера Земли. Примерно 40% кандидатов входят в состав многопланетных систем.

2009г 18 июня 2009 года в 21:32:33 UTC (19 июня в 01:32:33 мск) вместе с Lunar Reconnaissance Orbiter к Луне запущена автоматическая межпланетная станция НАСА Lunar Crater Observation and Sensing Satellite (LCROSS, Спутник для наблюдения лунных кратеров). От полёта LCROSS ожидают получить окончательные сведения о наличии водяного льда на южном полюсе луны, который мог бы сыграть важную роль для будущих пилотируемых экспедиций на Луну.

9 октября 2009 года в 11:31:19 UTC в районе кратера Кабеус (Cabeus) упал разгонный блок «Центавр». В результате падения выброшено облако из газа и пыли. LCROSS пролетел сквозь выброшенное облако, анализируя вещество, поднятое со дна кратера. LCROSS упал в тот же кратер в 11:35:45 UTC, успев передать на Землю результаты своих исследований. С лунной орбиты за падением следил зонд «LRO», с околоземной — космический телескоп Хаббл и европейский спутник «Odin». С земли — крупные обсерватории.

Высота облака частиц от взрыва оказалась существенно ниже рассчитанной — 1,6 километра вместо 10, так что шлейф от взрыва оказался недоступен для наблюдения наземными телескопами. Однако выброшенного количества породы хватило для её анализа LCROSS, и 14 ноября 2009 года НАСА опубликовало предварительные результаты, а 22 октября 2010, в журнале «Science» опубликованы результаты исследований зонда LCROSS. Сообщается, что на полюсах спутника Земли были обнаружены залежи льда и других веществ. Особенно неожиданным для учёных стало наличие на Луне большого количества ртути и серебра.

2009г 19 июня в 01:32 (Мск) с помощью ракеты-носителя Атлас V состоялся запуск Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO, Лунный орбитальный зонд) — автоматическая межпланетная станция, которая по планам НАСА должна стать искусственным спутником Луны. Задержка на полтора часа произошла из-за неблагоприятных погодных условий. 23 июня 2009 года зонд вышел на лунную орбиту. LRO вместе с другим аппаратом Lunar Crater Observation and Sensing Satellite (LCROSS) являются авангардом программы НАСА «Lunar Precursor Robotic Program»

по возвращению на Луну. Орбитальный аппарат несёт на себе комплекс из шести научных инструментов и одного прибора для проверки новых технологий. CRaTER (Cosmic Ray Telescope for the Effects of Radiation) — основным предназначением этого прибора является оценка вредного воздействия космических лучей и солнечной радиации на биологические объекты.



DLRE (The Diviner Lunar Radiometer Experiment) — измерение теплового излучения лунной поверхности и его изменения в течении суток, информация нужна для будущих работ на поверхности Луны.

LAMP (The Lyman-Alpha Mapping Project) — прибор для поиска льда в неосвещённых кратерах. Он наблюдает отражение ультрафиолетового излучения звёзд (линии серии Лаймана) от лунной поверхности.

LEND (The Lunar Exploration Neutron Detector) — прибор русского производства, для составления подробных карт содержания атомов водорода в лунной поверхности.

LOLA (The Lunar Orbiter Laser Altimeter) лазерный альтиметр для составления точной карты высот.

LROC (The Lunar Reconnaissance Orbiter Camera) главная оптическая камера, для получения фотографий поверхности Луны с разрешением до одного метра, с помощью которых будут искать подходящие места для посадки пилотируемых экспедиций. LROC состоит из двух камер: низкого и высокого разрешений, одна для общих планов местности, другая для фотографий с большим увеличением. Ожидается, что с помощью LROC будут сфотографированы исторические места посадок Аполлонов.

Mini-RF (The Miniature Radio Frequency) — тестирование нового легковесного радара с синтезированной апертурой.

Планируется, что LRO будет выведен на полярную орбиту сроком на один год. В дополнительной расширенной фазе миссии (ещё 5 лет) он может служить ретранслятором для будущих лунных спускаемых аппаратов и луноходов. Аппарат будет производить следующие исследования:

Изучение лунной глобальной топографии

Измерение радиации на лунной орбите

Изучение лунных полярных регионов, включающее в себя поиск залежей водяного льда и исследование параметров освещённости

Составление сверхточных карт с нанесением объектов не менее 0,5 метра с целью найти лучшие посадочные площадки.

17 июля 2009 г., перед 40-летним юбилеем первой высадки на Луну, были опубликованы сделанные Orbiter'ом фотографии. На будущее запланированы съёмки других памятных мест Луны, например стоянок «Луноходов».

6 сентября 2011 г. NASA представила более детальные снимки мест пилотируемых экспедиций, сделанные LRO, для этого зонд был переведен на более низкую орбиту над поверхностью Луны.

16 августа 2012 г. NASA сообщила о нахождении в атмосфере Луны атомов гелия при помощи спектроскопа LAMP. Кроме того, в почве на поверхности Луны исследователи обнаружили атомы аргона.

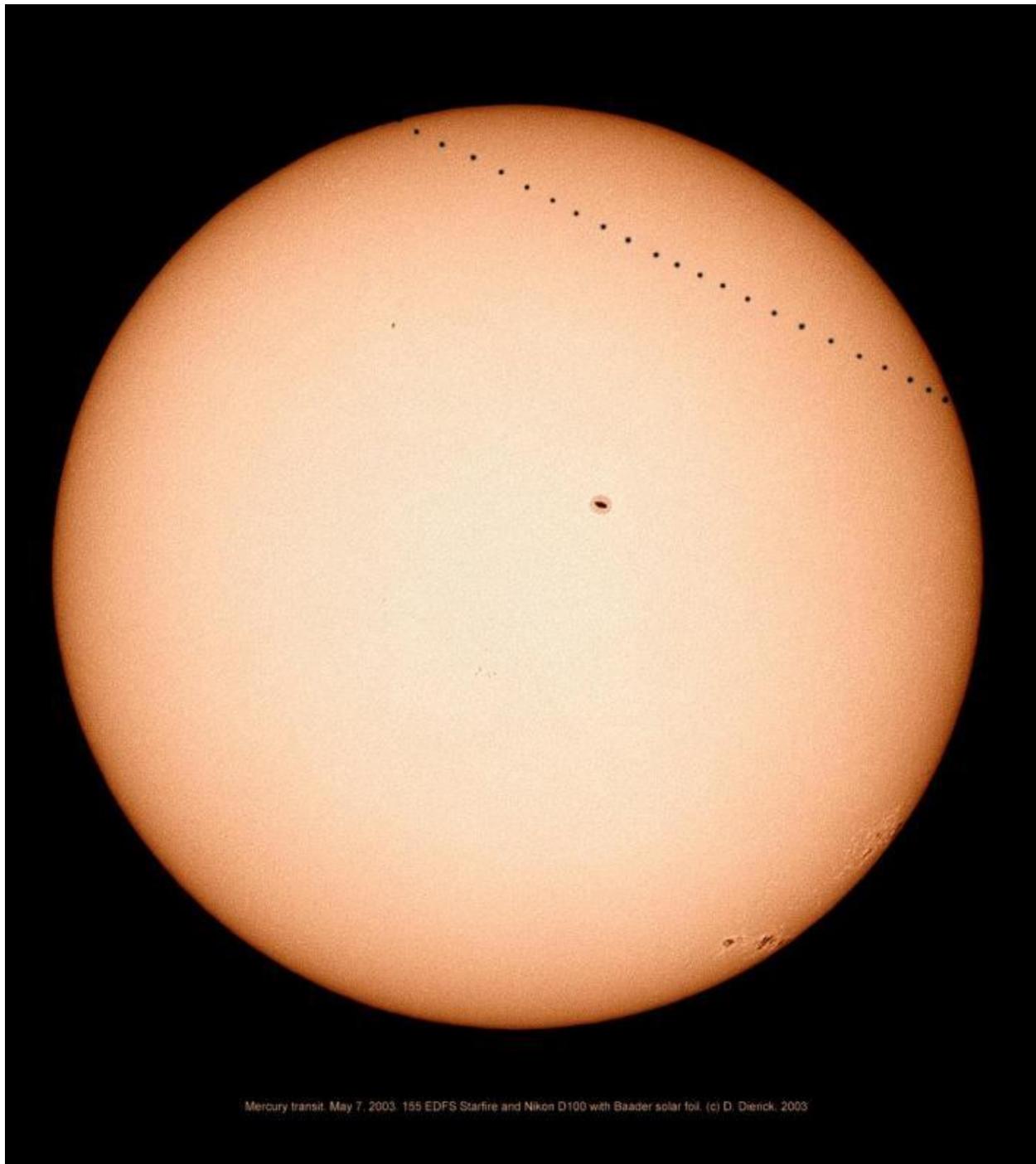
В начале сентября 2012 года с помощью легковесного радара с синтезированной апертурой (Mini-RF) были открыты залежи водяного льда, массовая доля которого составляет 5-10% вещества, слагающего стенки кратера Шеклтона. Эти цифры перекрыли предыдущие консервативные оценки количества воды в лунном грунте в 5-10 раз. Результаты позволяют с ещё большим оптимизмом смотреть на будущую колонизацию спутника Земли и строительство там стационарных населённых баз.

2009г В 2009 году было открыто 75 экзопланет и кандидатов в экзопланеты. В феврале с помощью орбитального телескопа COROT была открыта самая маленькая экзопланета COROT-Exo-7 b, диаметр которой всего в два раза больше земного. 7 марта был произведён запуск орбитального телескопа Кеплер, непосредственная цель которого — поиск внесолнечных планет. В июне был открыт первый кандидат в экзопланеты у звезды PA-99-N2 за пределами Млечного Пути — в галактике M31.

В августе британские астрономы впервые в истории науки обнаружили экзопланету (WASP-17 b), которая обладает ретроградной орбитой. В этом же месяце космический телескоп «Спитцер» зафиксировал столкновение двух экзопланет. В октябре группой астрономов из Европейской южной обсерватории в Чили было анонсировано открытие сразу 32 экзопланет. Также в этом году был изобретён новый способ обнаружения планет у других звёзд — с помощью спектрального анализа. Пониженное содержание лития в атмосфере звезды может означать наличие у светила планет.

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

Прохождение Меркурия по диску Солнца 11 ноября 2019 года



Mercury transit, May 7, 2003. 155 EDFS Starfire and Nikon D100 with Baader solar foil. (c) D. Dienck, 2003

Путь Меркурия по диску Солнца 7 мая 2003 года.
Изображение <http://astro.uni-altai.ru/pub/pic/890-1.jpg>

В моменты нижних соединений Меркурий может проецироваться на диск Солнца, вызывая своего рода частное затмение Солнца.

Но размеры видимого диска Солнца превышают видимые размеры Меркурия более чем в 150 раз и поэтому Меркурий виден на диске Солнца в виде небольшого черного правильного кружка при наблюдении в телескоп.

Подобные прохождения по диску Солнца происходили бы при каждом нижнем соединении с Солнцем, если бы плоскость орбиты Меркурия совпадала с плоскостью эклиптики. Но угол между плоскостью земной орбиты и плоскостью орбиты Меркурия составляет $7^{\circ} 00' 16''$ и поэтому прохождения планеты по диску Солнца могут происходить лишь вблизи одного из узлов орбиты Меркурия.

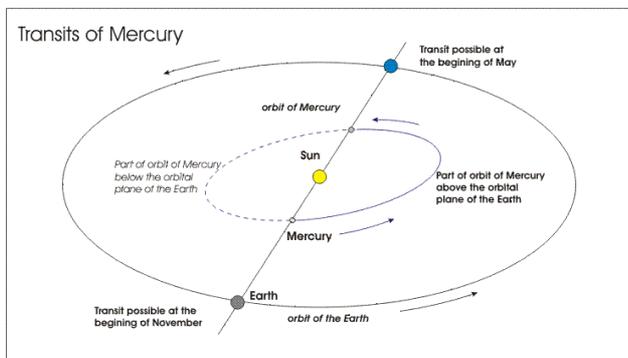


Схема орбит Земли и Меркурия. Изображение <http://voeto.ru/nuda/prohojdenie-merkuriva-po-disku-solnca/4.png>

Только в таком случае Солнце, Меркурий и Земля могут оказаться на одной линии. Поскольку долготы узлов орбит планет изменяются медленно, планеты находятся приблизительно в одних и тех же точках, когда пересекают эклиптику. Благодаря этому у Меркурия бывают ноябрьские прохождения вблизи его восходящего узла орбиты и майские прохождения - вблизи нисходящего узла орбиты. Поэтому, если некто скажет вам, что наблюдал прохождение Меркурия по диску Солнца в январе или августе, можете смело опровергать такое заявление. Чередование прохождений повторяется через каждые 217 лет.

Transit of Mercury: 2019 Nov 11

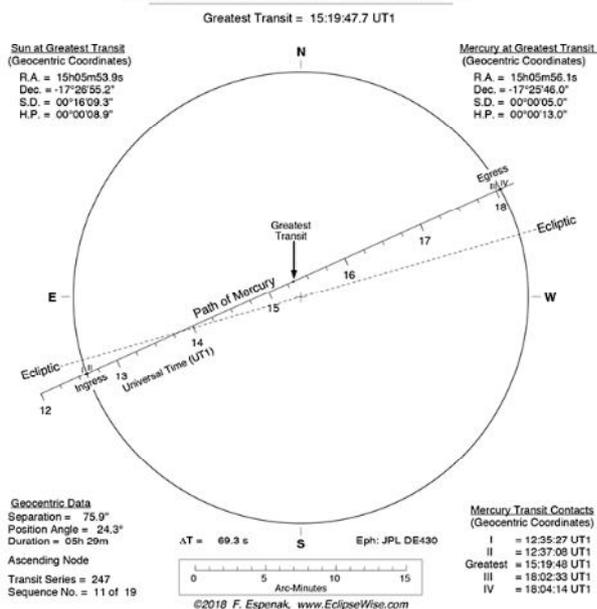


Схема прохождения Меркурия по диску Солнца 11 ноября 2019 года.

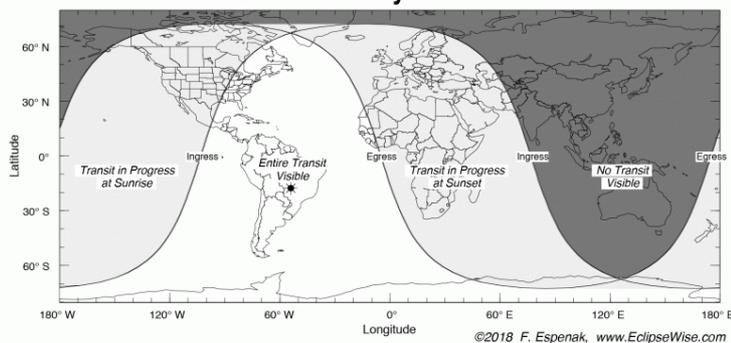
За этот период происходит 10 майских прохождений и 19 ноябрьских, при чем прохождения возможны через 7, 13, 33 года, как у майских, так и у ноябрьских прохождений. Однако, промежуток между прохождениями может быть и меньше, если, например, после ноябрьского наблюдать майское прохождение. Например, последнее майское прохождение наблюдалось 9 мая 2016 года, а следующее после 11 ноября 2019 года произойдет 12 ноября 2032 года. Эксцентриситет у орбиты Меркурия довольно большой 0,20564 и поэтому условия ноябрьских прохождений сильно

отличаются от условий майских прохождений. Для жителей России удобнее наблюдать майские прохождения, которые, к сожалению, случаются в 2 раза реже, чем ноябрьские, но следующее майское прохождение состоится только 7 мая 2049 года.

Прохождение Меркурия по диску Солнца 11 ноября 2019 года начнется в 12 часов 35 минут по всемирному времени. Это время может варьироваться в пределах минуты в зависимости от пункта наблюдения. Середина явления придется на 15 часов 19 минут по всемирному времени, а окончание произойдет в 18 часов 04 минуты UT. По моментам времени можно сделать вывод, будет ли вообще наблюдаться явление в той или иной местности.

Полностью прохождение будет видно в Америке и Западной Африке. Невидимость явления приходится на Австралию и близлежащие страны. В России восточнее Урала прохождение не будет видно вовсе.

Transit of Mercury: 2019 Nov 11



Карта-схема видимости прохождения Меркурия по диску Солнца 11 ноября 2019 года.

Любительские наблюдения прохождения Меркурия по диску Солнца 11 ноября 2019 года

Внимание! Наблюдения прохождения Меркурия по диску Солнца необходимо проводить сквозь темное стекло, которое ослабляет солнечный свет! Иначе можно повредить зрение. Подойдет защитное стекло, которым пользуются электросварщики. Фильтр необходимо устанавливать перед объективом, а не у окуляра инструмента. Причем объектив должен быть полностью закрыт фильтром! Если вы новичок в таких наблюдениях, обязательно проконсультируйтесь со специалистом в области астрономии!

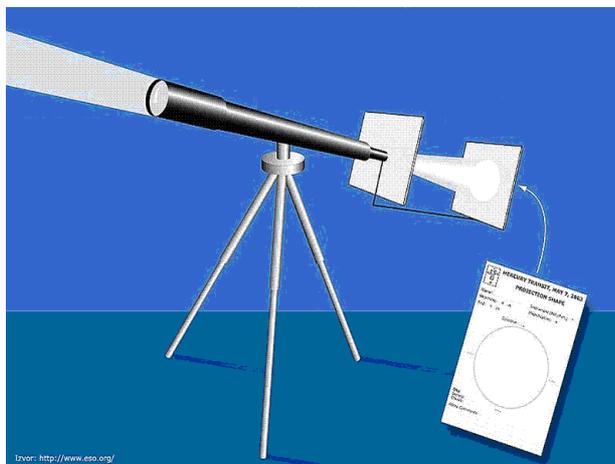
Диаметр видимого диска Меркурия на момент прохождения будет равен 10,0 угловых секунд. Диаметр Солнца в это время будет равен 32,3 угловых минут.

Телескоп или бинокль должен быть установлен на жесткую опору (штатив), которая позволит избежать дрожания изображения. Наблюдения, имеющие некоторое значение, заключаются в фиксации моментов контактов краев диска Меркурия с краем диска Солнца. Точность такой фиксации может составлять 0,1 секунды. Для этого необходимо иметь секундомер показывающий десятые (лучше сотые) доли секунды. Для того чтобы более точно зафиксировать моменты контактов, нужно

наблюдать Меркурий в инструмент с увеличением 100 крат и более.

Часы-секундомер должны быть выверены по сигналам точного времени по радио или по часам телевидения перед выпусками новостей. Начинать наблюдения нужно за несколько минут до расчетного времени. Нужно помнить, что в телескоп изображение видно перевернутым, нежели при наблюдении в бинокль. Момент первого контакта при наблюдении в бинокль необходимо ожидать в левой части солнечного диска. При наблюдении в телескоп вступление Меркурия на диск Солнца необходимо ожидать в правой части солнечного диска (перевернутое изображение). В момент первого контакта необходимо зафиксировать секундомер и записать показания с точностью, желательно, до 0,1-0,2 секунды. Так же нужно сделать при втором, третьем и четвертом контакте. При схождении планеты с диска Солнца наблюдать и фиксировать моменты гораздо легче, чем зафиксировать первый контакт. При записи на видеокамеру, часы камеры также должны быть выверены по сигналам точного времени.

Кроме прямых наблюдений в бинокль или телескоп можно проводить наблюдения на солнечном экране. Это безопаснее, чем непосредственные наблюдения в телескоп. Суть солнечного экрана состоит в размещении за окуляром белого листа бумаги закрепленного на картонной основе, перпендикулярно оптической оси телескопа.

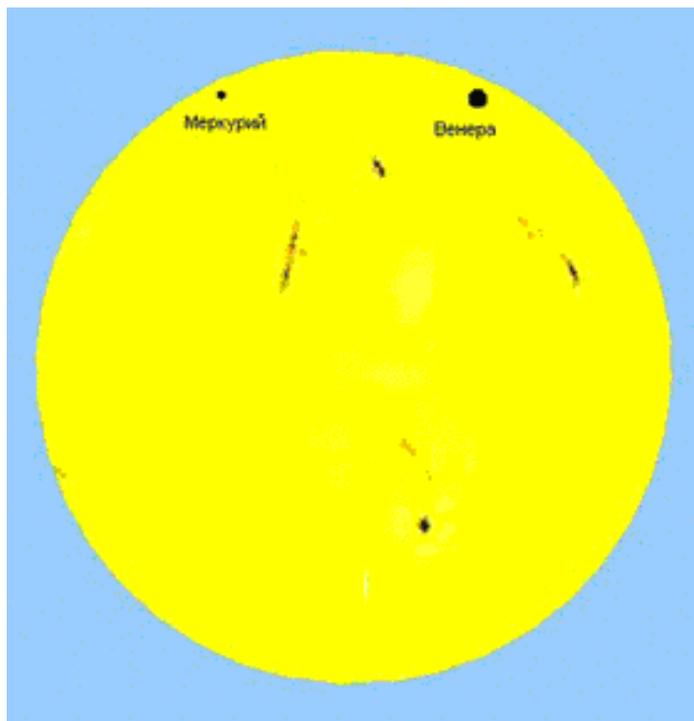


Наблюдение Солнца на солнечном экране, через телескоп.

Наводить телескоп на Солнце следует по его тени на экране. Телескоп, направленный точно на Солнце даст изображение солнечного диска на таком экране. Чем дальше экран будет от окуляра, тем больше (но тем менее ярким) будет изображение солнечного диска. Для защиты солнечного экрана от рассеянного солнечного света необходимо на конец телескопа, где расположен объектив надеть щит из картона загораживающий солнечный экран от солнечных лучей. В этом случае фиксация контактов теряет точность, но наблюдать Меркурий на диске Солнца можно будет в течение всего прохождения.

Ясного неба и успешных наблюдений!

Следует отметить, что Меркурий иногда проходит по диску Солнца вместе с Венерой! Но такие события чрезвычайно редки.



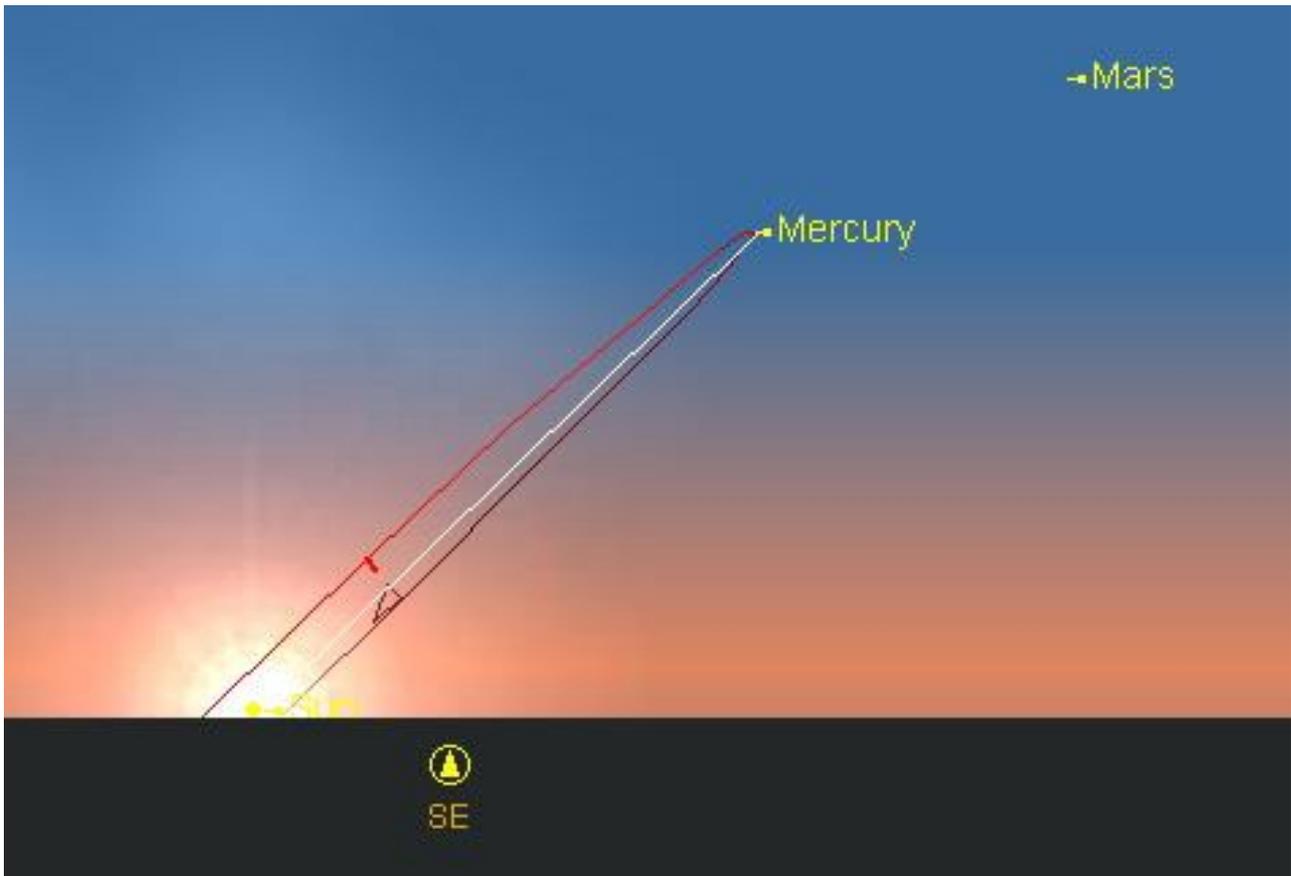
Меркурий и Венера на диске Солнца 26 июля 69163 года. Изображение StarryNightBackyard 3.1

В обозримом будущем такого явления не предвидится. Но через десятки тысяч лет наши далекие и забывшие о 21 веке потомки смогут наблюдать такое явление. Возможно, им будет невдомек, что больше 60000 лет назад люди уже знали о том, что 26 июля 69163 года с Земли можно будет наблюдать прохождение по диску Солнца сразу двух планет Солнечной системы Меркурия и Венеры. Это очень редкое событие, но, как видим, возможное.

На приводимом рисунке вы можете видеть, как будет происходить это явление. На диске Солнца, покрытом пятнами, практически не изменившемся за десятки тысяч лет, видны диски внутренних планет Солнечной системы - Меркурия и Венеры. Диаметр Меркурия не превышает 11 угловых секунд, а диаметр Венеры 62 угловых секунд. Венера уже заканчивает свое прохождение, а Меркурий только начинает свой путь по диску дневного светила.

Сколько замечательных явлений преподносит нам сама астрономия. Хотя мы и не сможем наблюдать эти явления собственными глазами, но, зная о них, еще больше восхищаешься самой замечательной наукой на свете! Ведь благодаря астрономии мы можем заглянуть на тысячи и миллионы лет вперед!

Александр Козловский, журнал «Небосвод»



Избранные астрономические события месяца (время всемирное - UT)

1 ноября - Луна ($\Phi = 0,26+$) в нисходящем узле своей орбиты,
 2 ноября - долгопериодическая переменная звезда Т Центавра близ максимума блеска (5 m),
 2 ноября - Луна ($\Phi = 0,27+$) проходит точку максимального склонения к югу от небесного экватора,
 2 ноября - покрытие Луной ($\Phi = 0,3+$) Сатурна при видимости в Новой Зеландии и Антарктиде,
 4 ноября - Луна в фазе первой четверти,
 7 ноября - Луна ($\Phi = 0,75+$) близ Нептуна,
 7 ноября - Луна ($\Phi = 0,76+$) в апогее своей орбиты на расстоянии 405060 км от центра Земли,
 8 ноября - долгопериодическая переменная звезда омикрон Кита близ максимума блеска (3 m),
 8 ноября - долгопериодическая переменная звезда V Кассиопеи близ максимума блеска (7 m),
 9 ноября - Венера проходит в 4 градусах севернее Антареса,
 10 ноября - Марс проходит в 3 градусах севернее Спика,

11 ноября - Луна ($\Phi = 0,98+$) проходит южнее Урана,
 11 ноября - Меркурий в нижнем соединении с Солнцем,
 11 ноября - прохождение Меркурия по диску Солнца,
 12 ноября - полнолуние,
 12 ноября - максимум действия метеорного потока Северные Тауриды (ZHR = 5),
 13 ноября - астероид Веста (4) в противостоянии с Солнцем,
 13 ноября - покрытие астероидом (1153) Wallenbergia звезды HIP33212 (6,7 m) из созвездия Близнецов при видимости в западной половине страны,
 14 ноября - долгопериодическая переменная звезда U Кита близ максимума блеска (6,5 m),
 14 ноября - Луна ($\Phi = 0,97-$) проходит севернее Альдебарана,
 14 ноября - долгопериодическая переменная звезда Т Геркулеса близ максимума блеска (7 m),
 15 ноября - покрытие Луной ($\Phi = 0,88-$) звезды эта Близнецов (3,3 m) при видимости на Европейской части России и в Сибири,

16 ноября - покрытие Луной ($\Phi = 0,87$ -) звезды мю Близнецов (2,9m) при видимости на Европейской части России и в Сибири,
 16 ноября - Луна ($\Phi = 0,85$ -) в восходящем узле своей орбиты,
 16 ноября - Луна ($\Phi = 0,83$ -) проходит точку максимального склонения к северу от небесного экватора,
 17 ноября - максимум действия метеорного потока Леониды (ZHR = 20),
 17 ноября - долгопериодическая переменная звезда Т Жирафа близ максимума блеска (7m),
 18 ноября - Луна ($\Phi = 0,65$ -) проходит через звездное скопление Ясли (M44),
 19 ноября - Луна в фазе последней четверти,
 20 ноября - Луна ($\Phi = 0,49$ -) проходит севернее Регула,
 20 ноября - Меркурий в стоянии с переходом от попятного движения к прямому,
 21 ноября - максимум действия метеорного потока альфа-Моноцеротиды (ZHR = 5 и более) из созвездия Единорога,
 23 ноября - Луна ($\Phi = 0,14$ -) в перигее своей орбиты на расстоянии 366721 км от центра Земли,
 23 ноября - Луна ($\Phi = 0,12$ -) близ Спики,
 24 ноября - Луна ($\Phi = 0,07$ -) близ Марса,
 25 ноября - Луна ($\Phi = 0,03$ -) близ Меркурия,
 26 ноября - новолуние,
 26 ноября - долгопериодическая переменная звезда V Волопаса близ максимума блеска (6m),
 27 ноября - Нептун в стоянии с переходом от попятного к прямому движению,
 28 ноября - покрытие Луной ($\Phi = 0,04$ +) Юпитера при видимости на востоке страны,
 28 ноября - Луна ($\Phi = 0,06$ +) близ Венеры,
 28 ноября - Меркурий достигает максимальной западной (утренней) элонгации 20 градусов,
 29 ноября - Луна ($\Phi = 0,08$ +) в нисходящем узле своей орбиты,
 29 ноября - Луна ($\Phi = 0,09$ +) проходит точку максимального склонения к югу от небесного экватора,
 29 ноября - покрытие Луной ($\Phi = 0,12$ +) Сатурна при видимости в Антарктиде.

Обзорное путешествие по звездному небу ноября в журнале «Небосвод» за ноябрь 2009 года (<http://astronet.ru/db/msg/1231668>).

Солнце, двигаясь по созвездию Весов, 23 ноября пересечет границу созвездия Скорпиона, а 29 ноября войдет в созвездие Змееносца. Склонение центрального светила к концу ноября достигает 21,5 градуса к югу от небесного экватора, поэтому продолжительность дня в северном полушарии Земли близка к минимальной. В начале месяца она составляет 9 часов 12 минут, а к концу описываемого периода уменьшается до 7,5 часов, принимая значение всего на полчаса больше минимальной продолжительности дня. Эти данные справедливы для широты Москвы, где полуденная высота Солнца за месяц уменьшится с 19 до 12 градусов. Наблюдать центральное светило можно весь день. **Но нужно помнить, что визуальное изучение Солнца в телескоп или другие оптические приборы нужно проводить**

обязательно (!!) с применением солнечного фильтра (рекомендации по наблюдению Солнца имеются в журнале «Небосвод» <http://astronet.ru/db/msg/1222232>).

Луна начнет движение по ноябрьскому небу в созвездии Стрельца при фазе 0,18+. Здесь Луна 1 ноября пройдет нисходящий узел своей орбиты при фазе 0,26+ близ точки максимального склонения к югу от небесного экватора. Вскоре после этого события ночное светило ($\Phi = 0,3$ +) покроет Сатурн при видимости в Новой Зеландии и Антарктиде. Затем лунный полудиск устремится к созвездию Козерога, которого достигнет 3 ноября при фазе 0,4+ Здесь ночное светило 4 ноября примет фазу первой четверти, а 5 ноября, перейдя в этот день в созвездие Водолея при фазе 0,62+. Здесь 7 ноября Луна ($\Phi = 0,75$ +) пройдет южнее Нептуна, а затем при фазе 0,76+ достигнет апогея своей орбиты на расстоянии 405060 км от центра Земли. 8 ноября яркая Луна ($\Phi = 0,83$ +) перейдет в созвездие Рыб, в этот же день достигнув созвездия Кита при фазе 0,87+. 10 ноября Луна вновь перейдет в созвездие Рыб уже при фазе 0,94+. 11 ноября при фазе 0,98+ ночное светило еще раз посетит созвездие Кита, где в этот день пройдет южнее Урана при той же фазе. 11 ноября яркая Луна ($\Phi = 0,99$ +) достигнет созвездия Овна, где 12 ноября примет фазу полнолуния. В этот же день лунный диск перейдет созвездие Тельца при фазе 1,0, где 14 ноября при фазе 0,97- пройдет севернее Альдебарана. 15 ноября при фазе около 0,9- лунный овал посетит созвездие Ориона, а затем перейдет в созвездие Близнецов. Здесь 15 ноября Луна ($\Phi = 0,88$ -) покроет звезду эта Близнецов (3,3m) при видимости на Европейской части России и в Сибири, а 16 ноября при фазе 0,87- звезду мю Близнецов (2,9m) при такой же видимости. 16 ноября лунный овал ($\Phi = 0,85$ -) окажется в восходящем узле своей орбиты, а также пройдет точку максимального склонения к северу от небесного экватора при фазе 0,83-. Созвездия Рака Луна достигнет 17 ноября при фазе 0,73-. Здесь 18 ноября при фазе 0,65- Луна пройдет севернее звездного скопления Ясли (M44), устремившись к созвездию Льва, в которое войдет 19 ноября при фазе 0,58-. В созвездии Льва 19 ноября Луна примет фазу последней четверти, а 20 ноября пройдет севернее Регула при фазе 0,49-. 21 ноября ($\Phi = 0,31$ -) лунный серп перейдет в созвездие Девы, где 23 ноября при фазе 0,14- достигнет перигея своей орбиты на расстоянии 366721 км от центра Земли. В этот же день тонкий серп пройдет севернее Спики при фазе 0,12-, а на следующий день при фазе 0,04- перейдет в созвездие Весов, находясь близ Марса и Меркурия. 26 ноября Луна почти при нулевой фазе перейдет в созвездие Скорпиона, где примет фазу новолуния. В этот же день самый тонкий растущий серп перейдет в созвездие Змееносца, где пробудет до 28 ноября, увеличив фазу до 0,03+. Перейдя в созвездие Стрельца молодой месяц 28 ноября при фазе 0,05+ сблизится с Юпитером и Венерой, а затем устремится к Сатурну, который покроет при фазе 0,12+ 29 ноября при видимости в Антарктиде (близ нисходящего узла своей орбиты). 30 ноября Луна ($\Phi = 0,19$ +) перейдет в созвездие Козерога и закончит здесь свой путь по осеннему небу при фазе 0,20+.

Большие планеты Солнечной системы.

Меркурий перемещается попятно по созвездию Весов, 20 ноября меняя движение на прямое. В начале месяца планета находится близ Венеры. Меркурий можно найти на вечернем небе, но его видимость малоблагоприятна, т.к. планета находится низко над горизонтом, а лучше всего Меркурий виден в южных широтах страны. Элонгация быстрой планеты уменьшается от 17 до 1 градуса ко времени нижнего соединения с Солнцем 11 ноября. В этот день Меркурий пройдет по диску Солнца, а видимость этого явления распространится на территории Европы, Африки и Америки. В России прохождение можно будет наблюдать на Европейской части России. После прохождения угловое расстояние Меркурия от Солнца начнет

увеличиваться, пока не достигнет максимальной (20 градусов) 28 ноября. Это будет завершающая утренняя видимость в 2019 году. Видимый диаметр Меркурия имеет значение около 9 угловых секунд в начале месяца, увеличивая это значение до 10 угловых секунд ко времени прохождения по диску Солнца, а затем будет уменьшаться до 6,5 угловых секунд к концу ноября. Фаза планеты постепенно уменьшается от 0,3 до 0 (11 ноября), а затем увеличивается до 0,65. Это означает, что при наблюдении в телескоп Меркурий будет иметь вид серпа до элонгации 28 ноября, когда превратится в полудиск. Блеск быстрой планеты постепенно уменьшается от +1m в начале описываемого периода до 6m к моменту прохождения, а затем начнет расти до -0,5m к концу ноября.

Венера движется в одном направлении с Солнцем по созвездию Скорпиона, 8 ноября переходя в созвездие Змееносца, а 23 ноября - в созвездие Стрельца. Планета видна на фоне вечерней зари в виде яркой звезды (в середине и конце месяца близ Юпитера). Угловое расстояние к востоку от Солнца к концу месяца увеличивается от 20 до 28 градусов. Видимый диаметр Венеры составляет около 11", а фаза имеет значение около 0,9 при блеске около -4m. В телескоп планета видна в виде небольшого белого диска.

Марс перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Девы. Планета видна на фоне утренней зари в виде достаточно яркой звезды. В телескоп виден крохотный диск без деталей. Блеск планеты составляет +1,7m, а видимый диаметр имеет значение около 4". Марс 27 ноября 2018 года прошел великое противостояние с Солнцем, а следующее противостояние (близкое к великому) будет иметь место в следующем году 13 ноября.

Юпитер перемещается в одном направлении Солнцем по созвездию Змееносца (близ звезды тета Орн с блеском 4,2m), 16 ноября переходя в созвездие Стрельца. Газовый гигант наблюдается на фоне вечерней зари. Угловой диаметр самой большой планеты Солнечной системы уменьшается от 33,5" до 32,0" при блеске около -1,8m. 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 в одном направлении Солнцем по созвездию Стрельца рядом с треугольником звезд пи, омикрон и кси Sgr. Наблюдать околовидную планету можно по вечерам. Блеск планеты составляет около +0,6m при видимом диаметре около 16". 2 и 29 ноября Сатурн покрывается Луной, но эти покрытия 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 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. Спутники Урана имеют блеск слабее 13m.

Нептун (7,9m, 2,3") движется попятно (до 27 ноября, меняя затем движение на прямое) по созвездию Водолея близ звезды фи Aqr (4,2m). 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 ноябре с территории нашей страны, расчетный блеск около 11m и ярче будут иметь, по крайней мере, две кометы: P/Blanpain (289P) и PANSTARRS (C/2017 T2). Первая при максимальном расчетном блеске около 8m движется по созвездию Водолея. Вторая перемещается по созвездию Возничего при максимальном расчетном блеске около 10m. 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 ноябре будут Веста (6,5m) - в созвездиях Тельца и Кита, а также Метида (8,7m) в созвездии Рыб. 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 markn112019.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: U Девы 8,2m - 1 ноября, T Центавра 5,5m - 2 ноября, S Близнецов 9,0m - 3 ноября, RR Весов 8,6m - 3 ноября, X Возничего 8,6m - 4 ноября, RR Орла 9,0m - 6 ноября, o Кита 3,4m - 8 ноября, S Секстанта 9,1m - 8 ноября, S Водолея 8,3m - 8 ноября, V Кассиопеи 7,9m - 8 ноября, SS Геркулеса 9,2m - 9 ноября, RR Пегаса 9,2m - 9 ноября, V Пегаса 8,7m - 11 ноября, X Гидры 8,4m - 12 ноября, U Кита 7,5m - 14 ноября, T Геркулеса 8,0m - 14 ноября, Y Андромеды 9,2m - 15 ноября, T Жирафа 8,0m - 17 ноября, R Жирафа 8,3m - 17 ноября, U Малого Пса 8,8m - 19 ноября, R Персея 8,7m - 21 ноября, X Близнецов 8,2m - 26 ноября, V Волоса 7,0m - 26 ноября, T Близнецов 8,7m - 28 ноября, S Малого Льва 8,6m - 30 ноября. Больше сведений на <http://www.aavso.org/>.

Среди основных метеорных потоков 12 ноября максимума действия достигнут Северные Тауриды (ZHR= 5) из созвездия Тельца. 17 ноября максимальным числом метеоров будут обладать Леониды (ZHR= 20). 21 ноября в максимуме действия окажутся альфа-Моноцеротиды (ZHR= 5 и более) из созвездия Единорога. Луна в период максимума первого и второго потоков близка к полнолунию, а третьего потока - к фазе последней четверти, поэтому лучшими условиями для наблюдений будут обладать альфа-Моноцеротиды. Из других основных потоков активны Южные Тауриды из созвездия Тельца. 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 № 11 за 2019 год](#) <http://www.astronet.ru/db/news/>

Александр Козловский, журнал «Небосвод»

Астротоп 100 России

Народный рейтинг астрокосмических сайтов

<http://astrotop.ru>



КА ДАР
ОБСЕРВАТОРИЯ

<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>

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

АСТРОФЕСТ

<http://astrofest.ru>

Два стрельца

<http://shvedun.ru>

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

astro.websib.ru



Астрономия .RF

<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>

Восход да Винчи



SK PHOTOGRAPHY

Небосвод 11 - 2019